



Effekte von Road Pricing – einige Beispiele

Corinne Stauffiger

Semesterarbeit
Studiengang Umweltwissenschaften

 Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Institute for Transport Planning and Systems

Januar 2006

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Typen von Road Pricing	2
1.2	Verhaltensänderungen durch Road Pricing.....	3
1.3	Elastizität	5
2	Fallbeispiele.....	8
2.1	Singapur	10
2.1.1	Area Licencing Scheme	10
2.1.2	Electronic Road Pricing System	12
2.2	Norwegen	15
2.2.1	Bergen	15
2.2.2	Oslo	17
2.2.3	Trondheim	19
2.3	London.....	21
2.4	USA.....	29
2.4.1	Hintergrund.....	29
2.4.2	Lee County	29
2.5	Europa allgemein.....	36
3	Schlussfolgerungen	38
4	Dank	43
5	Literatur.....	44

Semesterarbeit Studiengang Umweltnaturwissenschaften

Effekte von Road Pricing – einige Beispiele

Corinne Stauffiger
Buchenweg 24
4657 Dulliken

Telefon: 062 295 39 71
e-Mail-Adresse:
corinnes@student.ethz.ch

Januar 2006

Kurzfassung

Diese Arbeit bietet einen Überblick über die Anwendungen des Road Pricings. Es werden einige wichtige Begriffe definiert, sowie das Konzept der Elastizitäten zur Messung von Nachfrageänderungen auf Grund von Road Pricing vorgestellt. An Hand der bestehenden Literatur wurde untersucht, welche Effekte Road Pricing haben kann. Hierzu wurden einige Städte ausgewählt, in denen Road Pricing bereits eingeführt wurde. Es sind dies Singapur, die drei Norwegischen Städte Bergen, Oslo und Trondheim sowie London und ein Beispiel von Brückenbemaunung aus den USA, Lee County. Diese Fallbeispiele decken verschieden Typen von Systemen ab, die jeweils kurz vorgestellt werden. Anschliessend wird hauptsächlich auf die Effekte der Einführung von Road Pricing eingegangen. So auf die Auswirkungen auf das Verkehrsvolumen, auf die Fahrtzeit, auf die Wahl des Verkehrsmittels und weitere. Der Vergleich der Auswirkungen mit den Zielen der Regierungen zeigt, welche der vorgestellten Beispiele als erfolgreich beurteilt werden können. Zum Schluss wird diskutiert, welche Faktoren für die erfolgreiche Einführung von verkehrsreduzierenden Massnahmen wichtig sind.

Schlagworte

Road Pricing; Nachfrageänderungen; Elastizitäten

Zitierungsvertrag

Stauffiger, C. (2006) Effekte von Road Pricing - einige Beispiele. Semesterarbeit des Studiengangs Umweltnaturwissenschaften, ETH Zürich.

1 Einführung

In den letzten Jahren wurde Road Pricing zu einem bekannten Begriff für verkehrsreduzierende Massnahmen. Mit der ständigen Zunahme des Verkehrs in den urbanen Gebieten wird immer häufiger davon gesprochen, solche Massnahmen auch in der Schweiz einzuführen. Allerdings wird der Begriff sehr breit verwendet, weshalb in einem ersten Abschnitt dieser Arbeit einige Definitionen zu finden sind.

In einigen Städten in Europa und auch in Asien und den USA wurden teilweise bereits vor 30 Jahren Road Pricing Systeme eingeführt. In dieser Arbeit soll an Hand von einigen Beispielen aufgezeigt werden, welche Effekte die Einführung von Road Pricing in Städten haben kann. Hierbei wurde das Augenmerk vor allem auf das Verkehrsaufkommen gerichtet. Wo Informationen über Verhaltensänderungen und weitere Effekte vorhanden waren, wird auch auf diese eingegangen. Anhand der tatsächlichen Veränderungen im Vergleich mit den ursprünglichen Zielen der Regierung kann auch beurteilt werden, ob die Einführung des Systems erfolgreich war oder nicht. Die durchgeführte Literaturrecherche zeigte, dass zum Thema Road Pricing viel geschrieben wurde, auf spezifische Effekte wird jedoch nur in wenigen Arbeiten eingegangen. Um die Auswirkungen zu erfassen, wurde die Literatur dieser Untersuchungen gelesen und die wichtigsten Resultate zusammengetragen. Zusätzlich werden auch einige Hintergrundinformationen über die Art des Systems und die Rahmenbedingungen bereitgestellt. Die Fallbeispiele wurden an Hand der zur Verfügung stehender Literatur und dem Bekanntheitsgrad ausgewählt. Die Arbeit stellt keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit, sie soll lediglich einen Überblick über bereits existierende Systeme und Varianten bieten. Es sollte allerdings möglich sein, aus den Ergebnissen und Erfahrungen der gewählten Beispiele Lehren für die Zukunft zu ziehen, unter anderem für die Einführung von Road Pricing in Schweizer Städten.

1.1 Typen von Road Pricing

Die Bevölkerung der Erde wächst, in Folge dessen steigt auch die Zahl der Autos, der Verkehr nimmt immer mehr zu. Probleme ergeben sich hauptsächlich in städtischen Gebieten, wo die Verkehrskapazitäten begrenzt sind – es kommt zu Stau. Um dieses Problem zu lösen wurden in Städten auf der ganzen Welt Massnahmen ergriffen. Eine der häufigsten stellt Road Pricing dar. Nebst der Reduktion von Staus kann Road Pricing auch dem Generieren von Einnahmen für den Bau und Unterhalt von Verkehrswegen dienen.

Unter **Road Pricing** versteht man ganz allgemein das Erheben von direkten Gebühren für die Benutzung von Verkehrswegen. Dies können einzelne Spuren einer Schnellstrasse, eine Brücke, ein Tunnel oder auch ganze Stadtgebiete sein. Es gibt auch landesweit gültige Systeme; dazu gehören beispielsweise auch die Autobahngebühren in Form einer Vignette. Die genauen Definitionen und Bezeichnungen können von Autor zu Autor variieren. Im Folgenden wird eine Auswahl der Begriffe vorgestellt:

Area Tolls: Gebühren, welche von Autofahrern bezahlt werden müssen, um in ein bestimmtes Gebiet, meist das Stadtzentrum zu gelangen (Online TDM Encyclopedia).

Cordon Tolls: Diese Gebühren werden erhoben, um Geld für Strassenprojekte zu generieren. Die Einnahmen sind nur für die Finanzierung von Strassenprojekten zu verwenden, dies ist gesetzlich abgesichert (Larsen 2001). Die Gebühr wird ebenfalls von Autofahrern bezahlt, die in ein definiertes Gebiet fahren.

Bridge/Tunnel/Road Tolls: Für die Benutzung von bestimmten Brücken, Tunnels oder Strassen muss eine Maut bezahlt werden. Diese wird meist für den Unterhalt der Infrastruktur verwendet (Online TDM Encyclopedia). Diese Art von Road Pricing wird meist bei Projekten verwendet, die durch Konzessionsvergabe gebaut wurden.

Congestion Pricing: Hierbei handelt es sich um variable Gebühren, welche sich im Laufe des Tages ändern. Zu Spitzenzeiten wird ein höherer Betrag eingefordert als in Randstunden. So soll erreicht werden, dass sich der Verkehr gleichmässiger über den ganzen Tag verteilt. Dieses System wird z.B. mit den Area Tolls kombiniert (Online TDM Encyclopedia).

HOT-lanes (High Occupancy Toll Lanes): Fahrbahn meist einer Schnellstrasse, welche für zahlende Autofahrer oder für Autos mit mehreren Insassen reserviert ist (Online TDM Encyclopedia).

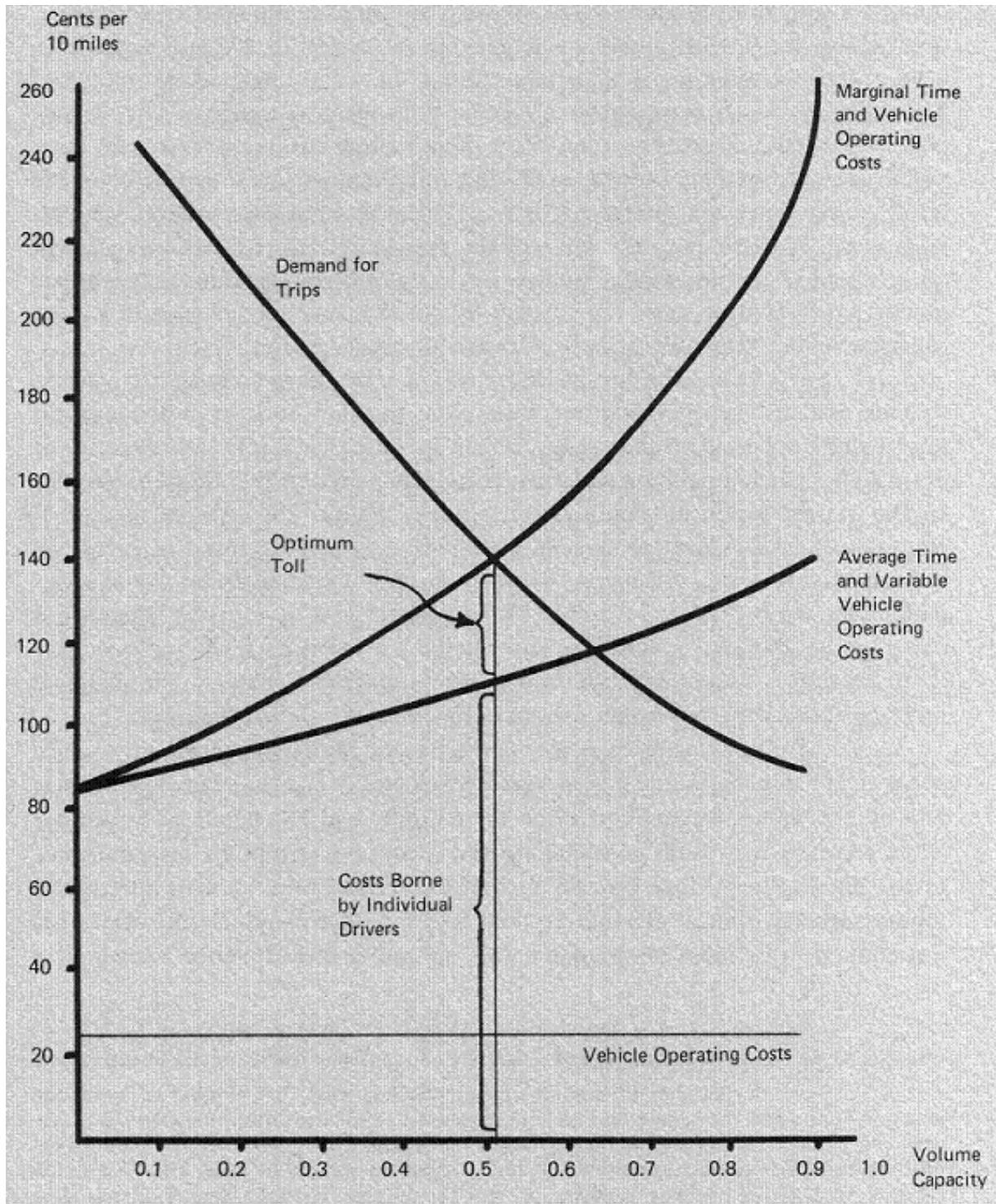
1.2 Verhaltensänderungen durch Road Pricing

Die Entscheidung für ein Verkehrsmittel wird auf Grund des soziodemographischen Hintergrundes der Person, des Angebotes, der Situation und der Kosten getroffen. Die Kosten werden mittels der generalisierten Kosten ausgedrückt. Die **generalisierten Kosten** des Verkehrs sind die Summe der entscheidungsrelevanten und subjektiv gewichteten Ressourcenverbräuche und Bedingungen der Fahrten (Axhausen 2005). Dazu gehören:

- * Die Elemente der Reisezeit
- * Geplante Verfrühungen und Verspätungen (Zuverlässigkeit)
- * (Subjektiv entscheidungsrelevante) Monetäre Kosten
- * Komfort

Wichtigstes Element für die Entscheidung ist der Zeitgewinn. Je nachdem wie wichtig dieser für eine Person ist, kann er die Wahl des Verkehrsmittels stark beeinflussen. Wichtig sind allerdings auch die Kosten, vor allem für Haushalte mit geringerem Einkommen. Durch die Einführung von Road Pricing erhöhen sich für die Pkw-Fahrer die monetären Kosten. Autofahrer unterschätzen jedoch die Kosten für eine Fahrt im Allgemeinen. So ziehen sie die Kosten, die sie durch ihre Verkehrsteilnahme an die totalen Verkehrskosten beitragen meist nicht mit ein. Wie aus der Abbildung 1 zu erkennen ist, beträgt die optimale Höhe der Strassengebühr den Unterschied zwischen den marginalen Kosten einer Fahrt und den durchschnittlichen Kosten (Button 1993).

Abbildung 1: Marginale und durchschnittliche Kosten von Autofahrten



Quelle: Mohring (1976), p. 19

Die Erhöhung der Kosten für die Pkw-Fahrer kann kurz- oder langfristige Verhaltensänderungen nach sich ziehen, bei welchen auch oben genannte Faktoren eine Rolle spielen. Stehen alternative, gebührenfreie Routen zur Wahl, kann die Fahrroute angepasst werden. Besonders im Freizeitverkehr besteht die Möglichkeit ein anderes Ziel, ausserhalb des gebührenpflichtigen Gebietes zu wählen (z.B. ein anderes Einkaufszentrum), oder ein Ziel, welches über eine gebührenfreie Strecke erreicht werden kann. Dies beeinflusst natürlich längerfristig das Gewerbe im gebührenpflichtigen Gebiet. Beim Congestion Pricing besteht die Möglichkeit die Abfahrtszeit anzupassen um die Zahlstelle in einer billigeren Tarifspanne oder sogar in einer gebührenfreien Zeit zu passieren. Besonders bei einkommensschwächeren Haushalten bietet sich auf lange Sicht eine Umstellung auf öffentliche Verkehrsmittel wie Bus, Metro oder Bahn an. Diese werden oft als begleitende Massnahme bei der Einführung von Road Pricing ausgebaut. Eine Alternative für kürzere Distanzen stellt auch der Langsamverkehr (zu Fuss gehen, Fahrrad, Mofa, Motorrad) dar, da Zweiräder meist nicht gebührenpflichtig sind. Für den Arbeitsverkehr eignet sich das Carpooling, also das Besetzen eines Autos mit mehreren Insassen. Oft sind Wagen mit mehr als drei Personen von den Gebühren ausgenommen. Als Reaktion auf die Einführung von Road Pricing wird oftmals auch die Gesamtzahl der Fahrten im Allgemeinen reduziert. Die Menschen versuchen also mehrere Dinge mittels einer Fahrt zu erledigen beziehungsweise überlegen zuerst, ob eine Fahrt ins gebührenpflichtige Gebiet wirklich notwendig ist. Über einen langen Zeitraum gesehen, stellt sich auch die Frage, ob nicht der Verkauf des Autos sinnvoll wäre. Stattdessen kann das Geld in ein Abonnement für den öffentlichen Verkehr oder in die Anschaffung eines Zweirades investiert werden.

Alle genannten Verhaltensänderungen spiegeln sich im Rückgang des Autoverkehrs wider. Der totale Effekt, sowie die Veränderungen in den einzelnen Fahrzeugkategorien und -typen kann gemessen werden.

1.3 Elastizität

Um über Erfolg oder Misserfolg der Einführung von Road Pricing urteilen zu können, muss man die Effekte messen können. Da es sich bei den Veränderungen, die durch Road Pricing ausgelöst werden um Preissensitivitäten handelt, benutzt man dazu Elastizitäten.

Definition: Die Nachfrageelastizität ist definiert als die prozentuale Veränderung der Nachfrage nach einem Produkt, verursacht durch die Preisänderung des Produktes. Ein negatives Vorzeichen weist darauf hin, dass der Effekt der Ursache

entgegenwirkt (Online TDM Encyclopedia), beispielsweise weniger Fahrten über eine Brücke in Folge der Einführung von Nutzungsgebühren.

Mathematisch betrachtet ist die Preiselastizität der Nachfrage die Ableitung nach dem Preis der Nachfragefunktion: $E_{x(N), p} = \delta x^N / \delta p * p / x^N$. Ist die Nachfragefunktion bekannt, kann die Elastizität für jeden Preis berechnet werden. Da dies jedoch meist nicht der Fall ist, gibt es weitere Formeln, um Elastizitäten zu berechnen. Die häufigste ist die „**Arc Elasticity**“. $\eta = (\log Q_1 - \log Q_2) / (\log P_1 - \log P_2)$ mit Q_1 und Q_2 als Nachfrage vor und nachher, sowie P_1 und P_2 als Preis/Service vor und nachher (Online TDM Encyclopedia). Mit dieser Art der Berechnung werden also zwei Zustände miteinander verglichen.

Mit Hilfe der Berechnung von Elastizitäten kann man beurteilen, ob die Nachfrage nach einem Gut elastisch oder inelastisch ist. Die Nachfrage wird als **elastisch** bezeichnet, wenn die Nachfrage überproportional auf eine Preisänderung reagiert (Betrag von $E > 1$) und als **inelastisch**, wenn sie weniger als proportional reagiert (Betrag von $E < 1$) (Schubert 2002).

Kreuzelastizitäten geben die Nachfrageänderung eines Produktes auf Grund einer Preisveränderung eines anderen Produktes an (Online TDM Encyclopedia). Beispielsweise mehr verkaufte Bahnkarten in Folge des steigenden Benzinpreises.

Es wird unterschieden zwischen **ultrakurz-**, **kurz-** und **langfristigen** Elastizitäten, je nach Untersuchungszeitraum der betreffenden Studie. Bei den kurzfristigen Messungen handelt es sich meist um Zeiträume von drei Monaten bis zu einem Jahr (Larsen 1995), langfristige Untersuchungen liegen darüber. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die langfristigen Elastizitäten meist höher sind als die kurzfristigen, da die Verkehrsteilnehmer sich erst an die neue Situation gewöhnen müssen und Zeit brauchen, eine allfällige Verhaltensänderung zu vollziehen (Oum et al. 1992). Die langfristigen Werte können zwischen 50 und 300% höher liegen, als die kurzfristigen (Goodwin 1992). Ultrakurzfristige Elastizitäten können sehr hoch sein, sind jedoch meist nicht von langer Dauer (Button 1993). Problematisch ist, dass die Grenze zwischen kurz- und langfristig oft zufällig gewählt wird und von verschiedenen Autoren unterschiedlich angewendet wird (Oum et al. 1992). Es gibt verschiedene Methoden und Modelle um Elastizitäten zu berechnen. Hierbei sind Zeitreihen vor allem für kurzfristige Elastizitäten geeignet, währenddem Querschnittsdaten eher benutzt werden um langfristige Elastizitäten zu berechnen. (Button 1993).

Die Größenordnung von Elastizitäten für Road Pricing bewegt sich für konstante Gebühren zwischen -0.03 und -0.35 . Bei variablen Gebühren zwischen -0.16 und -1.0 . Die absoluten Werte sind für variable Gebühren (Tageszeit oder Staulevel) höher, da mehr Anreize für die Autofahrer bestehen, nach Alternativen zu suchen (Burris et al. 2004). Weitere Faktoren die die Elastizität beeinflussen können sind:

- * der Ort (städtisch-ländlich)
- * die Art der Gebührenerhebung (Punkt, Areal oder distanzabhängig)
- * die Gebührenstruktur (konstant oder variabel) (Olszewski&Xie 2005)
- * das Angebot an verschiedenen Verkehrsmittel und Infrastruktur
- * der soziodemographische Hintergrund der Bevölkerung
- * sowie die Siedlungsverhältnisse.

Die Verwendung von Elastizitäten als Messinstrument für Nachfrageveränderungen bringt verschiedene Vorteile. Goodwin (1992, p. 155) charakterisiert Nachfrageelastizitäten wie folgt:

Demand elasticities are in general rather crude and approximate measures of aggregate response in a market. They do, however, have the great attractions of being empirically estimable, reasonably easily understood, tested by experience, and directly usable for policy assessment.

Ein weiterer Vorteil zeigt sich in der kostengünstigen Durchführung von Wirkungsabschätzungen und Verkehrsprognosen (Vrtic et al. 2000).

Als Kritik an der Methode ist anzumerken, dass es schwierig ist, Nachfrageveränderungen auf einen bestimmten Faktor zurückzuführen. Es stellt sich also jeweils die Frage, ob die beobachteten Effekte wirklich nur durch die Einführung von Road Pricing begründet werden. Für Vorher-Nachher- Vergleiche ist es also nötig, die Daten vor und nach der Einführung der Massnahme zu erheben (Vrtic et al. 2000). Um der Zuordnungs-Problematik gerecht zu werden, wird in den verschiedenen Berechnungsmodellen versucht, weitere mögliche Faktoren einbeziehen und die Abhängigkeiten zwischen ihnen zu simulieren. Ein weiterer Kritikpunkt ist das Mitteln von Elastizitäten über verschiedene Gruppen (Button 1993), hier ist bei der Interpretation der Zahlen Vorsicht geboten. Elastizitäten sollten immer in einen genauen Kontext gestellt werden, um Klarheit zu schaffen auf welche Gruppen sich die Zahlen beziehen (Button 1993).

2 Fallbeispiele

Road Pricing wird auf der ganzen Welt aus verschiedenen Gründen eingesetzt. Im Folgenden werden einige Beispiele vorgestellt, wobei neben den Hintergründen vor allem auf die Effekte der Massnahme eingegangen wird. Untenstehende Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Aspekte der Fallbeispiele.

Die Beispiele wurden an Hand der zur Verfügung stehenden Literatur sowie dem Bekanntheitsgrad ausgewählt. In der letzten Spalte der Tabelle sind die Referenzen zu finden, auf die sich die Informationen beziehen.

Tabelle 1: Übersicht über die Fallbeispiele

	Start	System	Ziel	Effekte	Referenzen
<i>Singapur</i>	1975	Area Licencing Scheme	Verkehrsreduktion	Reduktion des	Ol-
			Erhöhung des	Autoverkehrs	szewski&Xi
	1998	Electronic Road Pricing System mit variablen Gebühren	Tempos Weniger Stau Lenkung	um 76%, Verlagerung auf Bus und Carpooling	e 2005; Phang&Toh 2004; Button 1993
<i>Bergen</i>	1986	Cordon Tolls manuell	Finanzierung von Strassenprojekten	Verkehrsreduktion um 6-7%	Larsen&Ostmoe 2001
<i>Trondheim</i>	1991	Cordon Tolls elektronisch, variable Gebühren	Finanzierung von Strassenprojekten	Abnahme der Fahrten ins Zentrum um ca. 10%	Larsen&Ostmoe 2001
<i>Oslo</i>	1990	Cordon Tolls elektronisch	Finanzierung von Strassenprojekten	Rückgang des Verkehrs ins Zentrum um ca. 10%	Larsen&Ostmoe 2001
<i>London</i>	2003	Area Licencing Scheme (Congestion Charging)	Verkehrsreduktion Verbesserung des ÖV Verbesserung der Reisezeit Lenkung	Rückgang des gesamten Verkehrs um 15%, starke Verlagerung auf den ÖV	Santos&Shaffner 2004; Transport for London 2005
<i>Lee County USA</i>	1998	Discount-System	Bessere Verteilung des Verkehrs	Umverteilung von Rush Hour in Rabattzeiten jedoch nur kurzfristig	Cain et al. 2000, Burris et al. 2004

2.1 Singapur

Ein sehr interessantes Beispiel für Road Pricing mit einer umfassenden Geschichte ist Singapur. Bedingt durch das heisse und feuchte Klima ist die Nachfrage nach klimatisiertem Privattransport hoch (Phang&Toh 2004). Davon zeugt die Tatsache, dass Strassen bereits 12% der Inselfläche ausmachen, gleichviel wie die Wohnfläche (Phang&Toh 2004). Massnahmen zur Reduktion des Verkehrs waren folglich schon früh unumgänglich. Wobei die Geographie der Stadt (Insel) die Einführung von verkehrsregulierenden Eingriffen erleichterte.

2.1.1 Area Licencing Scheme

Wie bereits erwähnt, hat Singapur eine lange Erfahrung mit Road Pricing. Bereits im Juni 1975 wurde ein coupon-basiertes **Area Licencing Scheme (ALS)** im Stadtzentrum eingeführt. Wobei die Gebühr für einen Tag 3 Singapur-Dollars¹ betrug. Singapur war die erste Stadt überhaupt, die ein umfassendes Road Pricing System einführte. Bei der Einführung zeigten sich jedoch einige Effekte, die korrigiert werden mussten. So musste die Zeitspanne der Gebührenerhebung am Morgen bereits im August 1975 von ehemals 7.30 - 9.30 Uhr um 45 Minuten bis 10.15 Uhr verlängert werden. Dies, da der Verkehr jeweils kurz vor und nach der Gebührenperiode stark anstieg (Schulter-Effekt) (Button 1993, Phang&Toh 2004). Ebenfalls konnte eine Umverteilung des Verkehrs auf Fluchtrouten ausserhalb des bemauteeten Zentrums beobachtet werden. Man behob diesen Effekt durch Anpassungen der Lichtsignale sowie anderen Kontrollmassnahmen (Button 1993). Die ursprüngliche Hoffnung, der morgendliche Effekt würde sich auf den Abend übertragen wurden nicht erfüllt, so dass im Juni 1989 auch während der abendlichen Rush Hour eine Zahlungspflicht eingeführt wurde (Button 1993).

Vier Wochen nach der Einführung des ALS im Juni 1975 war die Zahl der Pkw's während der gebührenpflichtigen Zeit um über 76% zurückgegangen, wogegen kurz vor dem Tarifbeginn die Zahl der Autos um fast 22% zunahm (Phang&Toh 2004). Der totale Verkehr ging zwischen 7.30 und 9.30 Uhr um 45% zurück. Man muss jedoch beachten, dass diese Reaktion zu den ultrakurzen Effekten zu zählen ist, da die Zahlen nur vier Wochen nach der Einführung erhoben wurden. Nachdem die unerwünschten Nebeneffekte durch bereits oben genannte Massnahmen eingedämmt werden konnten, betrug die totale Verkehrsreduktion im Oktober 1975 noch immer 44% (Phang&Toh 2004). Das Ziel, die morgendliche Verkehrsspitze

¹ 1986 war 1 US\$ = 2.10 Singapur \$

um 25-30% zu reduzieren war folglich übertroffen worden. Von 1975 bis 1983 stieg der Anteil der Fahrten in die Stadt mit dem Bus von 33% auf 69%. Das Carpooling nahm von 23% der einfahrenden Autos auf 47% zu (Morrison 1986). Auch die Verkehrsgeschwindigkeit nahm zu, um 22% (Button 1984). Die Folge des starken Rückgangs war allerdings, dass die Kapazität der Strassen nicht mehr ausgeschöpft wurde. In Folge dessen sollte man erwarten, dass die Gebühren gesenkt wurden, dies war jedoch nicht der Fall. Im Gegenteil, die Gebühren wurden Ende 1975 sogar noch erhöht.

Tabelle 2: Zahl der in die Stadt einfahrenden Fahrzeuge.

Zeit	Verkehr März 1975	Verkehr Mai 1976	Verkehr Mai 1979	Verkehr Mai 1983
<i>Autos</i>				
07.00-07.30	5'384	5'675	5'723	6'413
07.30-10.15	42'790	10'754	13'181	15'473
10.15-10.45	--	6'459	5'527	7'069
<i>Alle Fahrzeuge</i>				
07.00-07.30	9'800	10'332	10'596	11'280
07.30-10.15	74'014	35'787	49'606	57'035
10.15-10.45	--	13'441	15'179	16'490

Quelle: abgeändert nach Button 1993, p. 157

Die Zahlen aus Tabelle 2 bestätigen auch den langfristigen Erfolg des ALS. Obwohl die Zahl der Fahrzeuge in den folgenden Jahren wieder zunahm, blieb das Verkehrsvolumen geringer, als es ohne Road Pricing gewesen wäre. Im Mai 1983 betrug der Rückgang noch immer 22.9%.

Die Einführung der Abendgebühren im Jahr 1989 reduzierte den Abendverkehr in die Zone um 44%. Mit der Einführung der Abendgebühren wurden die Tarife gesenkt. Im November 1989 war die Zahl der Fahrzeuge, welche innerhalb der morgendlichen Gebühren ins Zentrum fuhren praktisch gleich wie im Oktober 1975 (Phang&Toh 2004). Im Januar 1994 wurde das

Ganztages-ALS eingeführt, um den Schultereffekt auszugleichen. Diese Massnahme war ebenfalls erfolgreich.

2.1.2 Electronic Road Pricing System

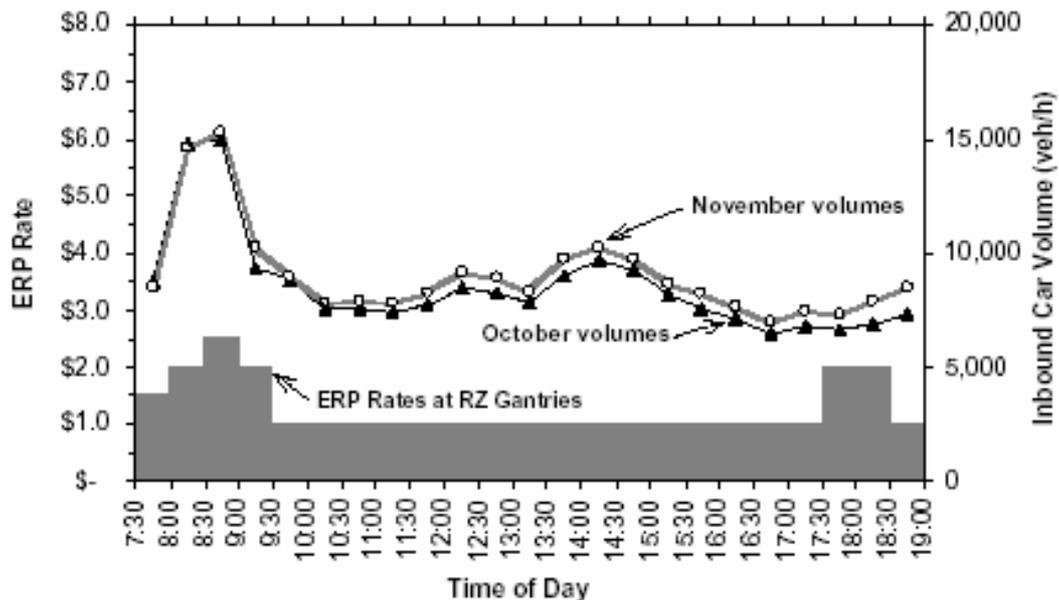
Im September 1998 wurde das bestehende manuelle System in ein automatisches **Electronic Road Pricing (ERP) System** umgewandelt. Dieses ermöglicht variable Gebühren in Abhängigkeit des Ortes, der Tageszeit und des Fahrzeugtyps, so dass die Preise jeweils auf das aktuell verursachte Staulevel abgestimmt sind (Olszewski&Xie 2005). Zum jetzigen Zeitpunkt bestehen 45 Zahlstellen, an welchen die Gebühren automatisch von einer Pre-Paid-Karte am Fahrzeug abgezogen werden. Die Gebühren werden alle drei Monate an das Verkehrsaufkommen angepasst, sind jedoch niedriger als beim ALS. Als Kontrolle wurden Ziel-Geschwindigkeiten definiert, werden diese überschritten wird die Gebühr gesenkt und umgekehrt.

Nach der Einführung des neuen Systems ging das Verkehrsvolumen verglichen mit dem ALS um 15% zurück. Dies als Folge davon, dass nun die Gebühren pro Fahrt erhoben werden, im Gegensatz zum alten System, bei welchem eine Tagesgebühr bezahlt werden musste (Phang&Toh 2004, Olszewski&Xie 2005). Die Umstellung traf also vor allem Bewohner, die bisher mehrmals am Tag ins Stadtzentrum fahren.

Im September 1999 wurden weitere Bereiche in das ERP eingeschlossen, so dass das System nun aus 45 Zahlstellen, 4 Schnellstrassen und 4 Zufahrtsstrassen (arterial roads) besteht (Phang&Toh 2004). Auf den Schnellstrassen und den Zufahrtsstrassen sind die Gebühren jedoch beschränkt auf die morgendliche Hauptverkehrszeit (Olszewski&Xie 2005).

Da der Verkehr unter das erwartete Niveau sank und die Strassenkapazitäten nicht mehr ausgeschöpft wurden, wurden im November 1998 die Gebühren um 20% gesenkt. Olszewski&Xie (2005) nahmen diese Preisänderung als Anlass, die Elastizitäten zu untersuchen. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der Pkws über den Tag vor (Oktober) und nach der Preissenkung (November) sowie die Tarifzeiten und den Tarifen.

Abbildung 2: In die ERP-Zone einfahrende Personenwagen 1998 in Abhängigkeit der Gebührenrate
 Anmerkung: Im August 2004 Singapur\$ 1.0 = US\$ 0.58 = € 0.48



Quelle: Olszewski&Xie 2005

Die Untersuchung von Olszewski&Xie (2005) hat gezeigt, dass die Elastizitäten der Zufahrtsstrassen und der Schnellstrasse höher sind als jene im Stadtzentrum. Dies deshalb weil bei diesen Strassen mehr gebührenfreie Alternativen zur Wahl stehen oder weil die Abfahrtszeit an die morgendlichen Gebühren angepasst werden kann. Wie aus Tabelle 3 zu erkennen ist, sind zudem die Elastizitäten der Personenwagen höher als jene der anderen Fahrzeuge, sowohl für das Stadtzentrum wie auch für die Schnellstrassen. Elastizitäten von arealgebundenen Gebühren scheinen allgemein tiefer zu sein, als solche von punktuellen Gebühren (Brücken, Expressways, etc.), wie die Daten von Norwegen, welche ähnlich denen von Singapur sind, bestätigen.

Tabelle 3: Elastizitäten verschiedener Fahrzeugkategorien während der morgendlichen Rush Hour 1998

Fahrzeug-Kategorie	gebührenpflichtige Zone	Schnellstrassen
<i>Autos</i>	-0.106	-0.195
<i>Motorräder</i>	-0.040	-0.134
<i>Taxis</i>	-0.015	-0.112
<i>Leichttransporter</i>	-0.023	-0.044
<i>Schwertransporter und Busse</i>	-0.007	-0.109
<i>Alle Fahrzeuge</i>	-0.069	-0.151

Quelle: abgeändert nach Olszewski&Xie 2005

Tabelle 4 zeigt die Elastizitäten zu verschiedenen Zeiten für den Verkehr ins Zentrum. Es ist deutlich zu sehen, dass während der Abend-Hauptverkehrszeit die Sensitivität der Nachfrage am höchsten ist (Olszewski&Xie 2005). Die niedrigsten Werte findet man während der morgendlichen Rush Hour. Die Begründung liegt darin, dass die morgendliche Fahrt ins Zentrum nicht so leicht verschoben werden kann, wie diejenige am Abend, da es sich dabei meist um die Fahrt zur Arbeit handelt.

Tabelle 4: Elastizitäten des Verkehrs in das Zentrum zu verschiedenen Zeitintervallen

Zeitperiode	Autos	Andere Fahrzeuge	Alle Fahrzeuge
7.30-9.30	-0.106	-0.019	-0.069
9.30-15.00	-0.082	-0.080	-0.083
15.30-17.30	-0.123	-0.151	-0.143
17.30-19.00	-0.324	-0.189	-0.265
7.30-19.00	-0.123	-0.106	-0.118

Quelle: Olszewski&Xie 2005

Es ist zu beachten, dass die Elastizitäten kurz nach der Gebührensenkung erhoben wurden. Es handelt sich hierbei um ultrakurzfristige Nachfrageänderungen. Es besteht demnach die Wahrscheinlichkeit, dass die Bevölkerung ihr Verhalten noch ändern wird.

Mit der Einführung des neuen Systems waren die Massnahmen in Singapur noch nicht abgeschlossen. Das System wurde um weitere Komponenten erweitert und wird laufend an die Entwicklungen angepasst.

2.2 Norwegen

In Norwegen wurde in den vergangenen Jahren in den drei grössten Städten Oslo, Bergen und Trondheim Strassengebühren eingeführt. In Oslo und Bergen war das Problem exzessiver Stau, verglichen mit der Grösse der Städte (Larsen 1995). In Trondheim wurde die Einführung der Gebühren mit Umweltproblemen begründet. In allen drei Städten ist jedoch der hauptsächliche Zweck dieser Gebühren, Staatseinnahmen zu generieren, um neue Strassenprojekte zu finanzieren. Gemäss Definition handelt sich bei dieser Art von Gebühren somit um Toll Cordons.

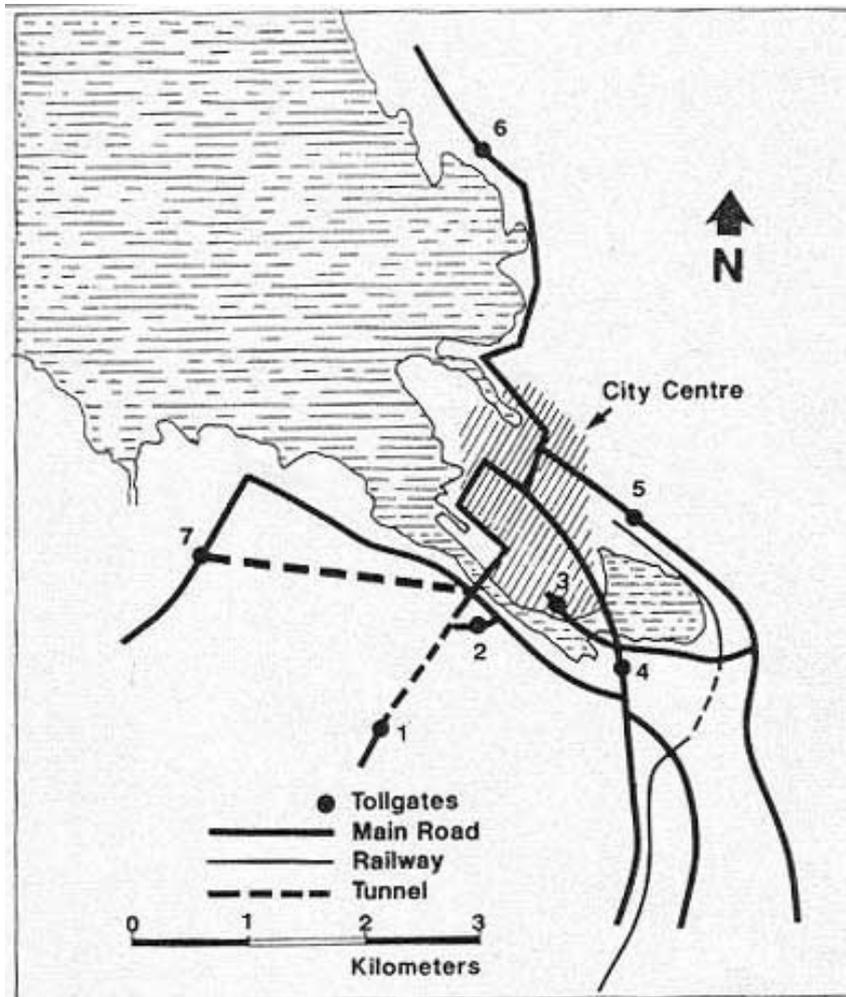
In allen drei Städten wurden vor und nach der Einführung der Gebühren eine Umfrage in der Bevölkerung sowie zum Teil Verkehrszählungen durchgeführt, um die Effekte der Abgaben messen zu können.

2.2.1 Bergen

Die Idee zur Einführung von Toll Cordons tauchte als erstes in Bergen, einer Stadt mit 200'000 Einwohnern an Norwegens Westküste auf. Bei einer Untersuchung des Strassennetzes im Jahr 1984 erkannte man, dass die Gelder für eine Anpassung an das damals aktuelle Verkehrsaufkommen nicht ausreichten. So beschloss man im Januar 1985 die Einführung von Toll Cordons. Gemäss diesem Beschluss ist die Massnahme ab der Einführung im Januar 1986 auf 15 Jahre beschränkt, sie wurde jedoch um zehn Jahre verlängert.

Aus Abbildung 3 ist ersichtlich, dass die Lage der Stadt der Einführung von Strassengebühren entgegenkommt. Da Bergen auf einer Halbinsel liegt, war es möglich mit wenigen Zahlstellen das ganze Gebiet abzudecken. Die Zahlstellen sind an drei Brücken und zwei Hauptstrassen gelegen. Eine bereits existierende Zahlstelle bei einem Tunnel wurde in das neue System integriert (Larsen 1995). Heute gibt es in Bergen 7 Zahlstellen.

Abbildung 3: Übersicht Zahlstellen in Bergen



Quelle: Larsen 1995

Das System in Bergen ist manuell, Angestellte in Häuschen fordern den Betrag ein. Es gibt jedoch reservierte Spuren für Bewohner, die einen Monats-, Halbjahres-, oder Jahrespass besitzen. Ein Kleber auf der Windschutzscheibe weist die Passbesitzer aus, so dass sie nicht anhalten müssen. Der Anteil der Passbesitzer liegt etwa bei 63%. Bemaute wird nur der in die Stadt einführende Verkehr, dies jedoch von Montag bis Freitag und von morgens um 6 Uhr bis abends um 22 Uhr. Der zu zahlende Betrag bleibt den ganzen Tag konstant bei 5 Norwegischen Kronen² für Autofahrer und höheren Beträgen für Lastwagen.

² 1 NOK = ca. 0.80 US\$

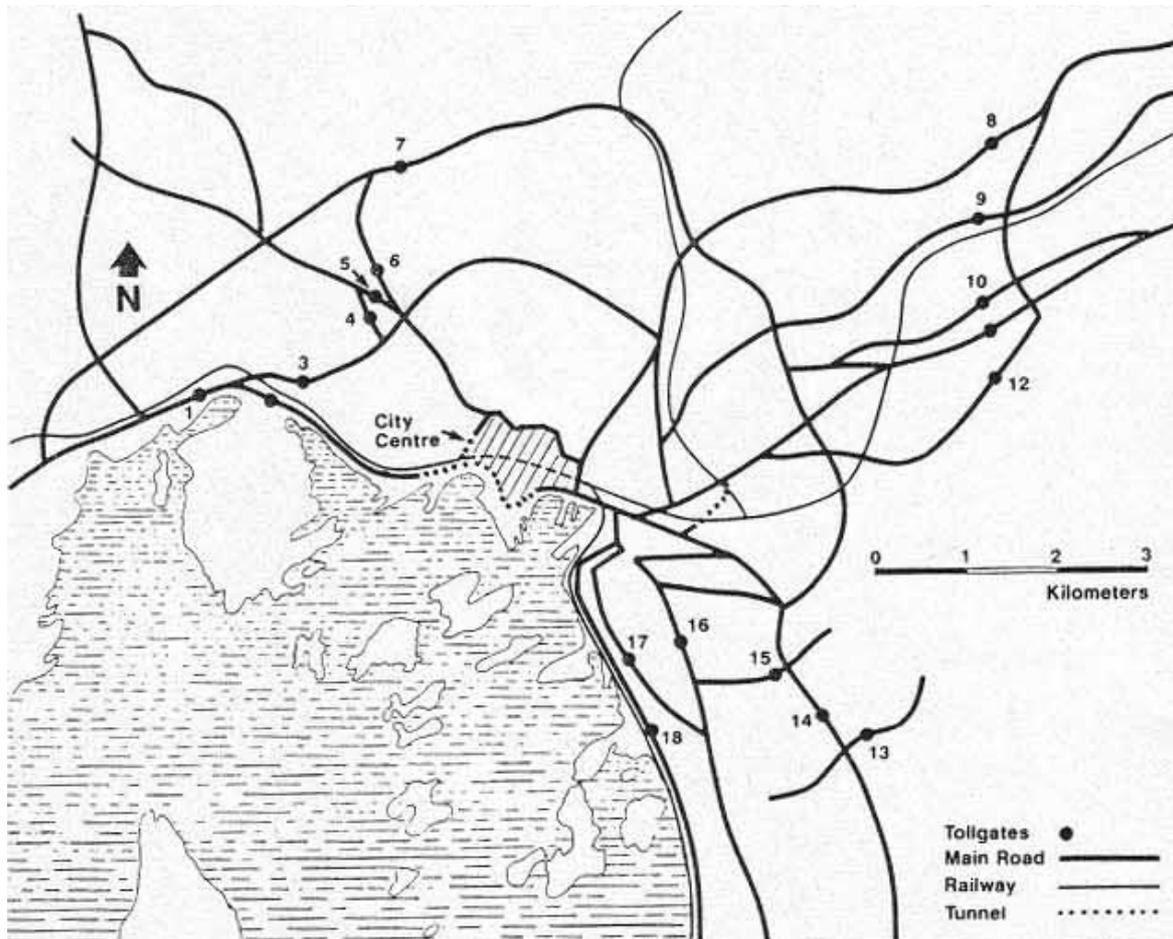
Eine Befragung der Bevölkerung, sowie Verkehrszählungen zwei Monate vor, und drei Monate nach der Einführung von Road Pricing ergaben, dass der Verkehr während den Tarifzeiten um 6-7% gesunken war. Dieser Prozentsatz ging auf das Konto von Autofahrern ohne Saisonpass. Das Verkehrsaufkommen in der tariffreien Zeit nahm dagegen um 10% zu (TCRP Report 1995). Es gab jedoch keine Anzeichen einer Zunahme von Passagieren im öffentlichen Verkehr oder einer Zunahme von Insassen pro Auto.

2.2.2 Oslo

Oslo, ein Stadtgebiet mit 900'000 Einwohner, hatte noch grössere Finanzierungsprobleme als Bergen. Zusätzlich stellte sich ein Problem mit einem neuen Tunnel. Dieser sollte nämlich gebührenpflichtig werden, war aber über alternative Routen leicht zu umfahren. Mit dem Entscheid Toll Cordons einzuführen, konnte man den Tunnel in das geplante System integrieren und so gleich zwei Probleme lösen.

Das System in Oslo wurde im Februar 1990 für ursprünglich 15 Jahre eingeführt und war demjenigen in Bergen sehr ähnlich. Es gab reservierte Spuren für Saisonpass-Besitzer, Spuren mit bemannten Zahlstellen, sowie solche mit Münzautomaten (Larsen 1995). Total existieren in Oslo 19 Zahlstellen, welche sich aus geographischen Gründen auf drei Hauptkorridore beschränken (Abbildung 4). Das System läuft kontinuierlich und die Gebühren betragen konstant 11 Kronen.

Abbildung 4: Übersicht Zahlstellen in Oslo



Quelle: Larsen 1995

Im November 1990 stellte Oslo das System auf einen elektronischen Saisonpass um, einem Chip auf der Frontscheibe der Automobile, von welchem automatisch die Gebühren abgebucht werden. Dies ermöglicht eine verbesserte Kontrolle über die Benutzung der reservierten Spuren. Im Dezember 1991 wurde das System auf eine Pre Paid Zahlungsoption ausgedehnt, bei welcher der Nutzer einen Betrag im Voraus auf ein Konto einzahlen kann. Aktuell wird in Oslo über eine Weiterführung der Toll Cordon nach 2007 diskutiert.

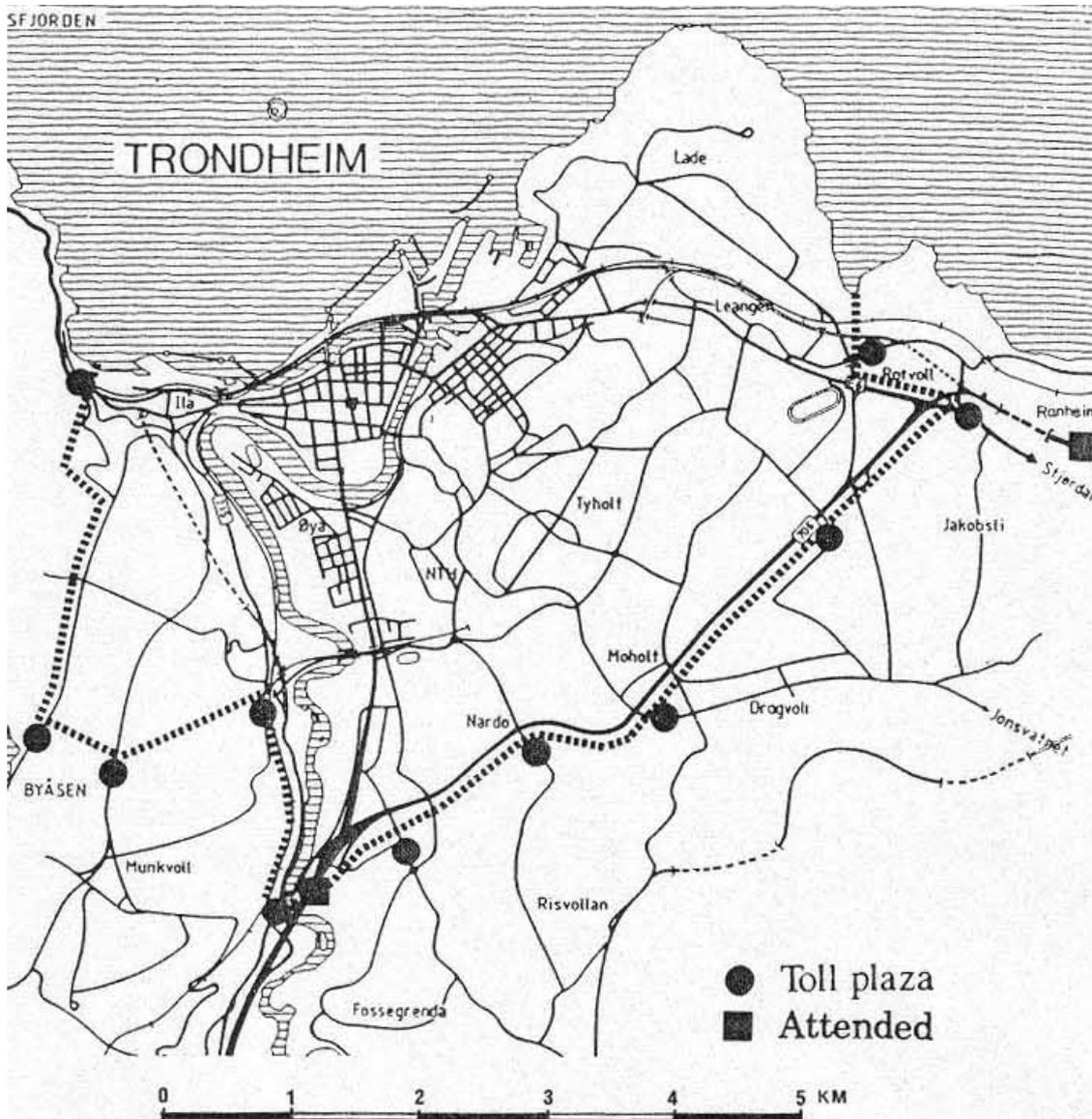
Die Befragung der Einwohner erfolgte 2-3 Monate vor der Einführung der Toll Cordon und 10-11 Monate danach. Die Auswertung ergab eine Abnahme der Fahrten um 10.6%. Die Ergebnisse der Verkehrszählungen im März 1989 und Juni 1990 zeigen einen Rückgang der Zentrumsfahrten um 8%, mit einer Unsicherheit von 2%. Andere Studien untersuchten die Elastizitäten in Oslo. Diese betragen zwischen -0.03 und -0.22 für Pkws (Olszewsky&Xie

2005). Die Antworten der Umfrage wiesen darauf hin, dass vor allem Abend- und Wochenendfahrten reduziert wurden, es handelt sich also um Freizeitfahrten (TCRP Report 1995). Weder die Umfrage, noch die Ticketverkäufe des öffentlichen Verkehrs wiesen auf eine Verlagerung auf andere Verkehrsmittel hin (Larsen 1995). Daraus kann die Folgerung gezogen werden, dass der Rückgang der Fahrten durch die Anpassung des Ziels sowie durch eine Reduktion der totalen Fahrtenzahl begründet ist.

2.2.3 Trondheim

Das Toll Cordon-System in Trondheim wurde im Oktober 1991 gestartet, nachdem die Stadt vor demselben Problem wie Bergen stand. Das System ist zum grossen Teil elektronisch und läuft über einen Chip an der Frontscheibe. Zwei von insgesamt 12 Zahlstellen (Abbildung 5) werden von Angestellten betreut, die anderen sind automatisch. Es ist möglich an jeder Zahlstelle Tickets per Automat zu kaufen. Für die Benutzer des elektronischen Systems gibt es die Möglichkeit von Pre Paid oder Post Paid. Diese Benutzer können für sie reservierte Fahrspuren nutzen. Saisonpässe werden keine verkauft (Larsen 1995). Die maximale Anzahl Fahrten ins Zentrum die zu zahlen sind, beträgt 75 pro Monat bzw. eine pro Stunde. Werden diese überschritten, werden die zusätzlichen Fahrten nicht mehr berechnet. Das System operiert Montag bis Freitag, jeweils von 6 Uhr morgens bis 17 Uhr abends. Die Tarife betragen am Morgen 10, den Tag durch 8 Norwegische Kronen. Nach 17 Uhr abends und am Wochenende wird keine Gebühr erhoben.

Abbildung 5: Übersicht der Zahlstellen Trondheim



Quelle: Larsen 1995

Auch in Trondheim wurde eine Umfrage durchgeführt, diese fand ein Jahr vor und ein Jahr nach der Einführung der Gebühren statt. Der Vergleich zeigt, dass die Zahl aller Fahrten um 19% abgenommen hat. Vermutlich wurden jedoch in der zweiten Umfrage nicht alle Fahrten angegeben, weshalb die Zahlen vorsichtig zu interpretieren sind. Die totale Anzahl Fahrten mit dem Auto sank um 5.6% (Larsen 1995). Die Anzahl Fahrten mit dem Auto in das gebührenpflichtige Gebiet nahm um 10% ab, sowohl in der Haupt-, wie auch in der Nebentarifzeit. Im Gegenzug nahm der Personenwagenverkehr in der gebührenfreien Zeit zu (nach 17 Uhr

um 9%, an den Wochenenden um 8%). Weitere Untersuchungen weisen Elastizitäten für den morgendlichen Autoverkehr von -0.30, für den Autoverkehr über den ganzen Tag betrachtet von -0.1 aus (Olszewski&Xie 2005).

Als Reaktion auf die Einführung der Cordon Tolls hatten die Geschäfte ihre Öffnungszeiten verlängert, weshalb ein Teil des Effektes auf diese Massnahme entfällt. Die Busfahrten unter der Woche nahmen um 7% zu (TCRP Report 1995). Generell betrachtet blieb die Zahl der Fahrten mit dem öffentlichen Verkehr während der Hauptverkehrszeit konstant, während die Zahl der Velofahrten signifikant zunahm. Umgekehrt verhielt es sich in der Nebentarifzone, dort nahm die Zahl der Fahrten mit den öffentlichen Verkehrsmitteln signifikant zu, wogegen die Zahl der Fahrten mit dem Velo bzw. die Zahl der Fussgänger gleich blieb.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass eine zeitliche Verschiebung der Autofahrten in Richtung gebührenfreie Zeit stattgefunden hat. Ausserdem sind Veränderungen in der Wahl des Verkehrsmittels zu beobachten, besonders die Zunahme der Velofahrten in der Hauptverkehrszeit sowie der Zuwachs an Fahrten mit dem öffentlichen Verkehr in der Nebentarifspanne.

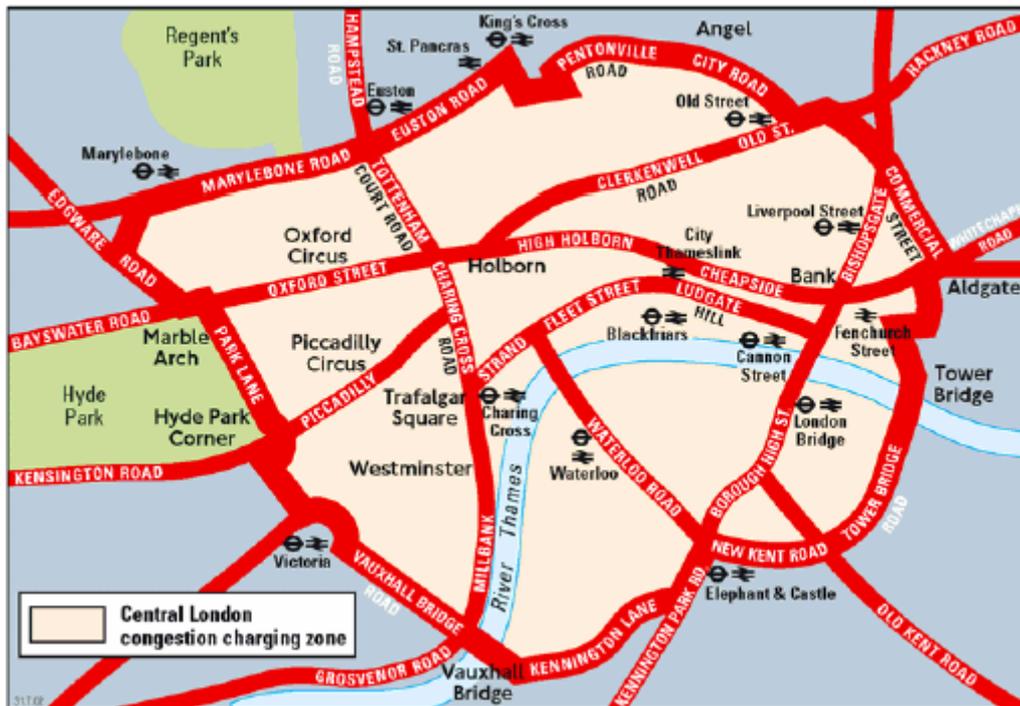
2.3 London

Das aktuellste Beispiel für die Einführung von Road Pricing, ist die Stadt London. Nach langen Diskussionen und Studien von verschiedenen Möglichkeiten, trieb seit Mai 2000 der neu gewählte Mayor von London, Ken Livingstone, die Einführung einer Maut im Stadtzentrum stark voran. Dies nachdem das Verkehrsaufkommen im Stadtzentrum zu immer langsameren Fahrgeschwindigkeiten geführt hatte (Ison 2005). Das System ist seit Februar 2003 in Betrieb und hat zum Ziel den Stau um 20-30% zu reduzieren, das Verkehrsaufkommen um 10-15% zu verkleinern, die Geschwindigkeiten um 10-15% zu steigern (Ison 2005), den Busservice radikal zu verbessern, die Abschätzbarkeit der Autoreisezeit zu verbessern sowie Auslieferungen und Services effizienter zu machen (Transport for London 2005). Zusätzlich werden mit dem System Einnahmen generiert, welche das Erreichen der gesetzten Ziele allgemein unterstützen.

Zur Kontrolle des Erfolges wurde ein umfangreiches Monitoring-Programm erstellt. Es umfasst den Zeitraum von einem Jahr vor der Einführung bis vier Jahre nach der Einführung des Systems. Dabei werden nicht nur die unmittelbaren Effekte im Verkehr untersucht, sondern

auch soziale, ökonomische und Umwelt-Einflüsse. Die Ergebnisse wurden bis anhin jährlich in einem Bericht veröffentlicht.

Abbildung 6: Bemaute Zone im Stadtgebiet von London.



Quelle: Transport for London 2005

Beim eingeführten System handelt es sich um Area Tolls. Die gebührenpflichtige Zone umfasst ein Gebiet von 22 km² im Stadtzentrum von London (Abbildung 6), begrenzt durch die „Inner Ring Road“. Für die Benutzung der Ring Road muss nicht bezahlt werden. Die Gebühr beträgt 5£ pro Tag für Fahrer (Pkw und Lkw), welche ihr Auto in die Zone hineinfahren oder dort auf öffentlichem Grund parkieren. Hierin unterscheidet sich das System in London von jenem in Singapur oder auch in Norwegen, wo nur für die Fahrt ins Zentrum hinein bezahlt werden muss. Es gibt 174 Ein/Ausgänge um die Zone (Santos&Shaffner 2004), welche mit Schildern und Strassenmarkierungen angezeigt werden. Als Technologie wurde die automatische Nummernschild-Erkennung gewählt. Alle Nummernschilder der Fahrzeuge, welche einen Eingang passieren, werden gefilmt und jeden Abend automatisch mit einer Datenbank der bezahlten Beträge abgeglichen. Personen, die die Gebühr nicht bezahlt haben, erhalten eine Busse von 80£. Es besteht die Möglichkeit die Gebühren täglich, wöchentlich, monatlich oder jährlich zu begleichen. Die Gebühren können im Voraus oder am selben Tag bis 22 Uhr bezahlt werden. Es stehen verschiedene Zahlungsweisen zur Verfügung.

Das System operiert von Montag bis Freitag jeweils von 7.00 bis 18.30 Uhr, ohne Wochenenden und Feiertage. Taxis, Motorräder, Fahrräder und Busse müssen keinen Tarif bezahlen, Anwohner erhalten 90% Rabatt. Zusätzlich gibt es weitere umfassende Regelungen für Sonderfälle wie Krankenwagen, Behinderte etc. Diese Regelungen werden auch fortlaufend weiter angepasst.

Aus den Untersuchungen, welche im Frühling 2002 und ein Jahr später im Frühling 2003 durchgeführt wurden, können die kurzfristigen Effekte abgeleitet werden. Aus Tabelle 5 ist abzulesen, dass die Zahl aller bemauteeten Fahrzeuge zurückgegangen ist. Im Gegensatz dazu ist die Zahl der gebührenfreien Verkehrsmittel gestiegen. Die grösste Änderung erfolgte in der Zahl der Personenwagen, welche um 33% abnahm. Die Zunahme der Motorräder und Fahrräder überstieg die Erwartung, ist jedoch nicht überraschend, da diese Kategorien von Gebühren befreit sind (Santos&Shaffner 2004). Der totale Rückgang im Verkehr um 15% entspricht dem oberen Ende der Erwartungen, welche einen Rückgang von 10-15% voraussahen. Es handelt sich jedoch um kurzfristige Effekte, da das System erst wenige Monate vor der Zählung eingeführt wurde.

Tabelle 5: Verkehrszählungen nach Fahrzeugtypen Frühling 2002 und 2003, sowie prozentuale Veränderung

Fahrzeug-Typ	Total Frühling 2002	Total Frühling 2003	% Veränderung Total Fahrzeuge	Elastizität³
<i>Total</i>	754'044	635'328	-15	- 0.085
<i>4+ Räder</i>	671'083	548'456	-18	- 0.101
<i>Autos</i>	386'752	258'168	-33	- 0.199
<i>Taxis</i>	113'007	131'753	+17	0.077
<i>Busse & Cars</i>	26'472	31'253	+18	0.083
<i>Leichttransporter</i>	113'267	99'405	-12	- 0.065
<i>Schwertransporter & Andere</i>	31'585	27'878	-12	- 0.062
<i>Fahrräder</i>	25'181	30'666	+22	0.098
<i>Motorräder</i>	48'780	56'205	+15	0.071

Quelle: abgeändert nach Santos&Shaffner 2004

Der Rückgang des gesamten Verkehrs im Stadtzentrum um 15% hatte auch eine positive Auswirkung auf die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit. Diese stieg von 14 km/h auf 17 km/h was einer Zunahme von 21% entspricht, was ebenfalls die Erwartungen übertraf. Transport for London erwartete als Nebeneffekt einen Anstieg des Verkehrs auf orbitalen Routen um maximal 5%. Diese Vorhersage erwies sich als zutreffend. Um den Einfluss auf den Stau zu messen, wurde eine neue Einheit eingeführt: Stau wird durch Transport for London als Differenz zwischen der durchschnittlichen Netzwerk-Reise-Rate und der staufreien Netzwerk-Reise-Rate in Minuten pro Fahrzeug-Kilometer definiert. Gemäss dieser Definition ist der Stau von 2.3 (vor der Einführung) auf 1.6 min/km zurückgegangen.

³ Aus den vorliegenden Daten gemäss Formel von Olszweski&Xie 2005 p. 758 berechnet: $E = [\Delta Q(C_1 + C_2) / 2] / [\Delta C(Q_1 + Q_2) / 2]$ mit Q für die Verkehrsnachfrage und C für den Preis, 1=vor dem System, 2=mit System. Die berechneten Elastizitäten beziehen sich nur auf die Veränderung auf Grund des Road Pricing (also die Erhöhung der Gebühr von 0£ auf 5£).

Im Vorfeld wurde geschätzt, dass im Morgenverkehr ungefähr 20'000 Personen vom Personenwagen auf den öffentlichen Verkehr wechseln würden. Von diesen 20'000 würden 5'000 auf die U-Bahn umsteigen und 14'000 auf den Bus. Die Übrigen würden das Bahnnetz brauchen. Die Zahl der Umsteiger auf die Busse bestätigte sich, nicht jedoch diejenige für die U-Bahn. Die Passagierzahlen der U-Bahn waren sogar rückläufig. Die Ursache dafür steht jedoch nicht im Zusammenhang mit Road Pricing. Um der erwarteten zusätzlichen Belastung gerecht zu werden, wurde die Zahl der Busse während des Jahres vor der Einführung des Systems kontinuierlich um insgesamt 19% erhöht. Ebenso wurden neue Linien eingeführt und teilweise normale Busse durch Doppeldecker-Busse ersetzt. Im Bericht der Transport for London für das Jahr 2003 wurde ein Anstieg der Buspassagiere im Vergleich zu 2002 um 70'000 verzeichnet. Davon kann die Hälfte als direkte Folge des Road Pricing betrachtet werden (Transport for London 2005).

Die langfristigen Effekte des Road Pricing im Zentrum von London können an Hand der Daten aus den Monitoring-Berichten aufgezeigt werden. Die Daten von 2003 und 2004 weisen noch immer einen Rückgang des Verkehrs ins Stadtzentrum um 14% aus. Dieser Wert scheint also stabil zu bleiben. Tabelle 6 zeigt, dass die Zahlen für die verschiedenen Fahrzeugkategorien allgemein seit 2003 ziemlich konstant sind. Es gibt Hinweise auf einen weiteren Rückgang von Lastwagen und auf einen weiteren Anstieg von Bussen und Cars, sowie Fahrräder, diese Veränderungen sind jedoch statistisch nicht signifikant (Transport for London 2005).

Tabelle 6: Veränderungen der Verkehrsnachfrage [in %] in und aus dem Stadtzentrum während der Tarifzeit. Jahresmittel von 2002, 2003 und 2004.

Fahrzeug-Typ	Veränderung des einfahrenden Verkehrs 2003 vs. 2002	Veränderung des ausfahrenden Verkehrs 2003 vs. 2002	Veränderung des einfahrenden Verkehrs 2004 vs. 2003	Veränderung des ausfahrenden Verkehrs 2004 vs. 2003
<i>Alle Fahrzeuge</i>	-14	-18	0	-1
<i>4+ Räder</i>	-18	-21	0	-1
<i>Potentiell gebührenpflichtig</i>	-27	-29	-1	-2
<i>Autos</i>	-33	-35	-1	-2
<i>Lieferwagen</i>	-11	-15	-1	-1
<i>Lastwagen & Andere</i>	-11	-12	-5	-5
<i>Lizensierte Taxis</i>	+17	+8	-1	0
<i>Busse & Cars</i>	+23	+21	+8	+4
<i>Motorisierte Zweiräder</i>	+12	+12	-3	-4
<i>Fahrräder</i>	+19	+6	+8	+8

Quelle: Transport for London 2005, p. 25

Auch die Verspätungen sind seit der Einführung des Systems mehr oder weniger konstant zwischen 1.4 min/km und 1.8 min/km mit einem Mittelwert wie oben von 1.6 min/km. Nachfolgende Tabelle 7 verdeutlicht die Verbesserung der Stausituation. Besonders interessant ist der Rückgang vor und nach der gebührenpflichtigen Zeitspanne. Die Einführung der Gebührenscheinpflicht scheint also generell die Zahl der Fahrzeuge zu senken, auch vor und nach den Tarifzeiten. Auf der Inner Ring Road war die Reisezeit gleich wie vor der Einführung der Gebühren, was die Befürchtungen, es könnte auf diesen Strassen auf Grund von Umfahrungseffekten zu Stau kommen, nicht bestätigt. Die letzten Daten zeigen einen leichten Anstieg in der Reisezeit, was auf eine Verkehrszunahme hinweist.

Tabelle 7: Verspätungen während den Tarifzeiten

Zeitperiode	Durchschnittliche überflüssige Verspätungen (Minuten pro Kilometer)	
	Vor Einführung der Gebühr	Nach Einführung der Gebühr
<i>Vormittags-Schulter (06.00-07.00)</i>	1.0	0.5
<i>Vormittags-Spitze (07.00-10.00)</i>	2.3	1.5
<i>Vormittags-Zwischenspitze (10.00-13.00)</i>	2.5	1.7
<i>Nachmittags-Zwischenspitze (13.00-16.00)</i>	2.5	1.6
<i>Nachmittags-Spitze (16.00-18.30)</i>	2.5	1.6
<i>Nachmittags-Schulter (18.30-20.00)</i>	2.2	1.5

Quelle: Transport for London 2005, p. 16

Die Zahl der Buspassagiere stieg im Jahr 2004 verglichen mit 2003 um weitere 12% an, nachdem sie nach der Einführung schon um bis zu 38% zugenommen hatte (Tabelle 8). Die Zahl der Fahrgäste pro Bus blieb jedoch praktisch konstant, ein Hinweis auf die Aufstockung des Busdienstes. Ebenfalls konnte die Zuverlässigkeit des Services verbessert werden, dies ist jedoch auch auf das bessere Management zurückzuführen. Die Passagierzahlen der U-Bahn haben sich erholt und nähern sich über das gesamte Netz betrachtet nun dem Level von 2002, vor der Einführung von Road Pricing. In und um das Zentrum bleiben sie jedoch weiterhin tiefer.

Tabelle 8: Zahl der Passagiere und Busse, sowie Fahrgäste pro Bus im Herbst 2002 und Herbst 2003

	Morgendliche Spitze einfahrender Verkehr (07.00-10.00)			Gebührenpflichtige Zeitspanne einfahrender Verkehr (07.00-18.30)		
	Passagiere	Busse	Passagiere pro Bus	Passagiere	Busse	Passagiere pro Bus
<i>Herbst 2002</i>	77'000	2'400	32	193'000	8'280	23
<i>Herbst 2003</i>	106'000	2'950	36	264'000	10'500	25
<i>Prozentuale Differenz</i>	+38%	+23%	+12%	+37%	+27%	+8%

Quelle: Transport for London 2005, p. 45

Das Zentrum von London umfasst auch ein grosses Einkaufsgebiet, vor allem die Oxford Street ist als Ladenstrasse bekannt. Von den Detailhändlern und Ladenbesitzern wurde viel geklagt, dass das Road Pricing einen negativen Effekt auf ihre Verkäufe habe. Bell et al. (2005) untersuchten in einer Studie den Einfluss des Congestion Charging auf die Gesamtverkäufe im Stadtzentrum, sowie auf die Verkäufe der John Lewis Einzelhandels-Kette. In die Modelle wurden verschiedene zusätzliche Einflussvariablen einbezogen, so der Irak-Krieg, die vorübergehende Schliessung der „Central Line“ Untergrund-Linie, Arbeitslosigkeit und weitere. Die Auswertung ergab, dass kein Einfluss des Road Pricings auf die Gesamtverkäufe im Stadtzentrum nachzuweisen ist. Im Gegensatz dazu scheint der Rückgang der Verkäufe in der John Lewis-Filiale an der Oxford Street tatsächlich auf das Road Pricing zurückzuführen sein. Wie eine Umfrage unter den Kunden ergab, ist nämlich der Anteil der John-Lewis-Kunden, die mit dem Auto in die Stadt fahren höher als der Durchschnitt, was eine mögliche Erklärung sein könnte. Zudem ist es möglich, dass sich die Verkäufe aus dem Stadtzentrum teilweise auf Geschäfte ausserhalb der Zone verlagert haben. Dieser Effekt wurde nicht in das Modell einbezogen. Es bleibt also weiterhin unklar, inwiefern das Congestion Charging die Umsätze von einzelnen Geschäften beeinflusst.

Die Einführung einer Strassengebühr hatte in London einen Erfolg, der die Erwartungen der zuständigen Behörden sogar noch übertraf. Durch das umfassende Monitoring-Programm, welches noch weiter gepflegt wird, können die Effekte deutlich nachgewiesen werden. Allerdings profitiert von den positiven Folgen vor allem das Stadtzentrum, während die Verkehrsverhältnisse über das gesamte Stadtgebiet betrachtet noch immer schlecht sind. Deshalb wer-

den immer wieder Einzelheiten geändert und das System weiter angepasst. So wurde die Gebühr im April 2005 wegen ungenügenden Einnahmen von 5 auf 8£ für Privatfahrzeuge erhöht. Weiter hat die Regierung entschieden im Jahr 2007 die gebührenpflichtige Zone nach Westen hin zu erweitern.

2.4 USA

2.4.1 Hintergrund

Road Pricing hat in den Vereinigten Staaten eine lange Geschichte. Die erste Strassengebühr wurde bereits im Jahr 1792 in Pennsylvania eingeführt. Damals mussten Karren und Kutschen für die Benutzung einer Strasse zahlen. Um 1956 wurde mit Investitionen in das Highway-Netz versucht, den Staus in den grösseren Städten entgegenzuwirken. Diese Massnahme war jedoch nicht besonders erfolgreich. In den späten 60er richtete sich das Augenmerk auf den öffentlichen Verkehr. Geringe Kreuzelastizitäten bestätigten jedoch, dass kein grosser Einfluss auf den Autoverkehr bestand (Button 1984). Ab Mitte der 70er Jahre bestand für Städte das Angebot einer finanziellen Unterstützung für das Testen von Systemen, ähnlich jenem in Singapur. Das Projekt zeigte jedoch keinen Erfolg. Aktuell sind in den USA mehrere hundert Gebühreneinrichtungen zu finden (Lindsay 2003), welche total 8'030km bemaute Strassen, Brücken und Tunnels umfassen. Zu verschiedenen dieser Einrichtungen gibt es Studien über die Effekte (z.B. New York, Hirschmann et al. 1995; Boston, Fauth&Gomez-Ibañez 1980). Für das hier gewählte Beispiel existierten jedoch sowohl kurz- als auch langfristige Daten.

2.4.2 Lee County

Lee County, ein Gebiet im Südwesten des Bundesstaates Florida gelegen, erlebte in den Jahren 1980 bis 1996 eine Bevölkerungszunahme von 82% (TCRP Report 2003). Die beiden Städte in diesem Gebiet, Fort Myers und Cape Coral werden durch einen Fluss getrennt. Um über den Fluss zu gelangen, benutzen die meisten Anwohner eine der beiden gebührenpflichtigen Brücken, Midpoint Memorial Bridge oder Cape Coral Bridge. Im Rahmen eines staatlichen Pilotprogrammes wurde auf diesen am 3. August 1998 ein variables Preisschema eingeführt. Ziel des Projektes war es, die Autofahrer, welche in den Verkehrsspitzen die Brücken benutzen, dazu zu bringen ihre Abfahrtszeiten zu ändern (Burris et al. 2004). So würde der Verkehr gleichmässiger über den Tag verteilt werden.

Die vorherige Gebührenstruktur ermöglichte es häufigen Benutzern der Brücken für 40\$ einen Jahrespass zu erwerben, welcher 0.5\$ Ermässigung pro Überquerung bot. Allerdings waren die meisten Passbesitzer Fahrer, welche die Brücken zu den Stosszeiten benützten. Um dieses Problem zu lösen und um die Widerstände der Bevölkerung gegen eine Gebührenerhöhung zu berücksichtigen, fanden die Planer folgende Lösung: Wer in den Nebenverkehrszeiten eine der Brücken überquert erhält einen Rabatt von 50% auf die Gebühr. Die Rabattzeiten umfassen 6:30-7:00, 9:00-11:00, 14:00-16:00 und 18:30-19:00 Uhr jeweils von Montag bis Freitag. Allerdings können nur Autofahrer profitieren, welche im elektronischen Gebührenprogramm registriert sind, das sind etwa 25% aller Brückennutzer. Die eine Gruppe zahlt normalerweise 1\$ für die Überquerung, mit Rabatt also 0.5\$. Die andere besitzt einen Jahrespass und zahlt normalerweise pro Überquerung 0.5\$, mit Rabatt also 0.25\$.

Die kurzfristigen Effekte können aus der Studie von Cain et al. (2000) herausgelesen werden. Dabei wurden die Daten von Januar bis Juni 1998 und Januar bis Juni 1999 verglichen. Frühere Daten wurden nicht benutzt, da die Midpoint Memorial Brücke erst im Oktober 1997 geöffnet wurde und das Verkehrsaufkommen natürlich beeinflusste.

Tabelle 9: Veränderungen der profitierenden Verkehrsteilnehmer für die Midpoint Brücke.

Zeitperiode	Prozent der täglichen Nachfrage		Prozentuale Nachfrageverschiebung
	Vor Rabattsystem	Rabattsystem	
<i>Vor Vormittags-Spitzen Rabatt (06.30-07.00)</i>	4.1	4.8	17.8
<i>Vormittags-Spitze (07.00-09.00)</i>	19.5	18.0	-7.5
<i>Nach Vormittags-Spitzen Rabatt (09.00-11.00)</i>	8.6	9.1	5.6
<i>Nebenzeiten (11.00-14.00)</i>	13.3	13.4	0.6
<i>Vor Nachmittags-Spitzen Rabatt (14.00-16.00)</i>	11.9	12.5	5.6
<i>Nachmittags-Spitze (16.00-18.30)</i>	23.1	22.2	-4.0
<i>Nach Nachmittags-Spitzen Rabatt (18.30-19.00)</i>	2.9	3.0	2.7

Quelle: abgeändert nach Cain et al. 2000

Auf dem aggregierten Level sind bei den profitierenden Benutzern nur geringe Verschiebungen in Richtung Nebenverkehrszeiten zu beobachten. Bei denjenigen Fahrern, welche nicht von den Vergünstigungen profitieren können, hat sich die Verteilung gar nicht verändert. Auf dem disaggregierten Level, welches die prozentuale Veränderung in Beziehung setzt mit der Nachfrage sieht es jedoch anders aus. Bei beiden Brücken ist in allen Discount-Perioden eine Zunahme der Nachfrage zu beobachten, während der Hauptverkehrszeit eine Abnahme (Tabelle 9 und Tabelle 10). Generell sind die Veränderungen auf der Cape Coral Brücke geringer. Die Einflüsse des neuen Systems sind am Morgen bedeutender als am Abend. Begründungen hierfür sind der grössere Verkehrsansturm am Morgen und damit mehr Autofahrer welche ihre Abfahrtszeit anpassen können. Ausserdem ist die Rabattspanne am Abend relativ spät angesetzt.

Tabelle 10: Veränderungen der profitierenden Verkehrsteilnehmer für die Cape Coral Brücke.

Zeitperiode	Prozent der täglichen Nachfrage		Prozentuale Nachfrageverschiebung
	Vor Rabattsystem	Rabattsystem	
<i>Vor Vormittags-Spitzen Rabatt (06.30-07.00)</i>	3.1	3.4	10.0
<i>Vormittags-Spitze (07.00-09.00)</i>	16.9	16.3	-3.8
<i>Nach Vormittags-Spitzen Rabatt (09.00-11.00)</i>	10.1	10.6	5.4
<i>Nebenzeiten (11.00-14.00)</i>	15.6	15.3	-1.9
<i>Vor Nachmittags-Spitzen Rabatt (14.00-16.00)</i>	12.5	13.2	5.4
<i>Nachmittags-Spitze (16.00-18.30)</i>	21.4	20.9	-2.3
<i>Nach Nachmittags-Spitzen Rabatt (18.30-19.00)</i>	2.9	2.9	1.3

Quelle: abgeändert nach Cain et al. 2000

Aus den Veränderungen lassen sich für jeden Zeitabschnitt die Elastizitäten berechnen. Der grosse Nachfragerückgang in der morgendlichen Rush Hour von 17.8% resultiert in einer Elastizität von -0.36 (Cain et al. 2000). Ausser diesem Wert, welcher sich eher am oberen Ende der Erfahrungswerte befindet, sind alle Elastizitäten eher gering (Tabelle 11). Dies ist jedoch insofern nicht erstaunlich, da es sich um kurzfristige Effekte handelt. Zusammenfassend sind die Resultate eher enttäuschend, wenn man bedenkt, dass sich die Nachfrageveränderungen nur auf einen Viertel aller Brückenbenutzer beziehen. Dies bedeutet, dass sich das gesamte Verkehrsvolumen nur sehr geringfügig verändert hat und das Ziel der gleichmässigen Verteilung nicht erreicht wurde.

Tabelle 11: Preiselastizitäten der Midpoint Bridge und der Cape Coral Bridge

Discount Period	Midpoint Brücke			Cape Coral Brücke		
	Prozentuale Preisände- rung	Prozentuale Nachfrage- änderung	Berechnete Elastizität	Prozentuale Preisände- rung	Prozentuale Nachfrage- änderung	Berechnete Elastizität
<i>Vor Morgen- spitze</i>	-50.0	17.8	-0.36	-50.0	10.0	-0.20
<i>Nach Mor- genspitze</i>	-50.0	5.6	-0.11	-50.0	5.4	-0.11
<i>Vor Nach- mittags- spitze</i>	-50.0	5.6	-0.11	-50.0	5.4	-0.11
<i>Nach Nachmit- tagsspitze</i>	-50.0	2.7	-0.05	-50.0	1.3	-0.03

Quelle: Cain et al. 2000

In einer weiteren Studie von Burris et al. (2004) wurden die langfristigen Effekte des Discount-Systems untersucht. Dazu wurden neben dem Verkehrsaufkommen auch weitere Daten erhoben, unter anderem wurde eine Telefonumfrage unter den Autofahrern mit elektronischem Pre Paid-Konto durchgeführt. Aus den Daten wurden mit zwei verschiedenen Methoden die Nachfrageelastizitäten berechnet.

Tabelle 12: Elastizitäten der Cape Coral Brücke

Analyse	Jahr	06.30-07.00		09.00-11.00		14.00-16.00		18.30-19.00	
		PED ⁴ (a)	PED (r)	PED (a)	PED (r)	PED (a)	PED (r)	PED (a)	PED (r)
Methode 1	1999	0.20	0.27	0.10	0.12	0.11	0.14	0.02	-0.01
	2000	0.10	0.09	0.01	0.14	0.09	0.10	0.02	-0.01
	2001	0.13	0.13	0.09	0.13	0.10	0.10	-0.01	-0.03
	2002	0.03	0.01	0.07	0.09	0.08	0.07	-0.06	-0.08
Methode 2	1999	0.24	0.31	0.09	0.10	0.10	0.10	0.04	0.05
	2000	0.15	0.17	0.06	0.10	0.07	0.07	0.01	0.02
	2001	0.21	0.22	0.06	0.10	0.06	0.06	-0.02	0.01
	2002	0.08	0.06	0.04	0.06	0.05	0.06	-0.04	-0.03

Quelle: Burris et al. 2004

Wie aus Tabelle 12 und Tabelle 13 zu entnehmen ist, sind die Elastizitäten über die Zeit zurückgegangen. Die Ergebnisse dieser Studie entsprechen somit nicht dem üblichen Trend, dass langfristige Elastizitäten höher sind als kurzfristige. Allerdings ist der Rückgang je nach Methode und Zeitintervall etwas verschieden. Am stärksten ist der Rückgang in der Periode frühmorgens. Die Ergebnisse der Telefonumfrage weisen darauf hin, dass dies durch starre Arbeitszeiten begründet werden kann, da nur 17.8% der Befragten die Möglichkeit hatten, ihre Arbeitszeiten anzupassen.

⁴ PED (a) Preiselastizitäten der Nachfrage geschätzt mit Verwendung der absoluten Verkehrsänderungen

PED (r) Preiselastizitäten der Nachfrage geschätzt mit Verwendung der relativen Verkehrsänderungen

Preiselastizitäten der Nachfrage sind positiv erfasst, negative Werte bedeuten keinen Effekt des „variable pricing“.

Tabelle 13: Elastizitäten der Midpoint Memorial Brücke

Analyse	Jahr	06.30-07.00		09.00-11.00		14.00-16.00		18.30-19.00	
		PED (a)	PED (r)	PED (a)	PED (r)	PED (a)	PED (r)	PED (a)	PED (r)
Methode 1	1999	0.36	0.34	0.10	0.12	0.11	0.11	0.06	0.07
	2000	0.30	0.22	0.06	0.05	0.14	0.12	0.05	0.06
	2001	0.14	0.13	0.11	0.05	0.15	0.10	-0.02	-0.02
	2002	0.12	0.03	0.17	0.04	0.18	0.08	-0.03	0.00
Methode 2	1999	0.43	0.42	0.09	0.10	0.10	0.09	0.11	0.11
	2000	0.39	0.28	0.07	0.05	0.14	0.09	0.07	0.06
	2001	0.21	0.14	0.10	0.06	0.13	0.06	0.07	0.06
	2002	0.31	0.11	0.14	0.06	0.14	0.05	0.08	0.03

Quelle: Burris et al. 2004

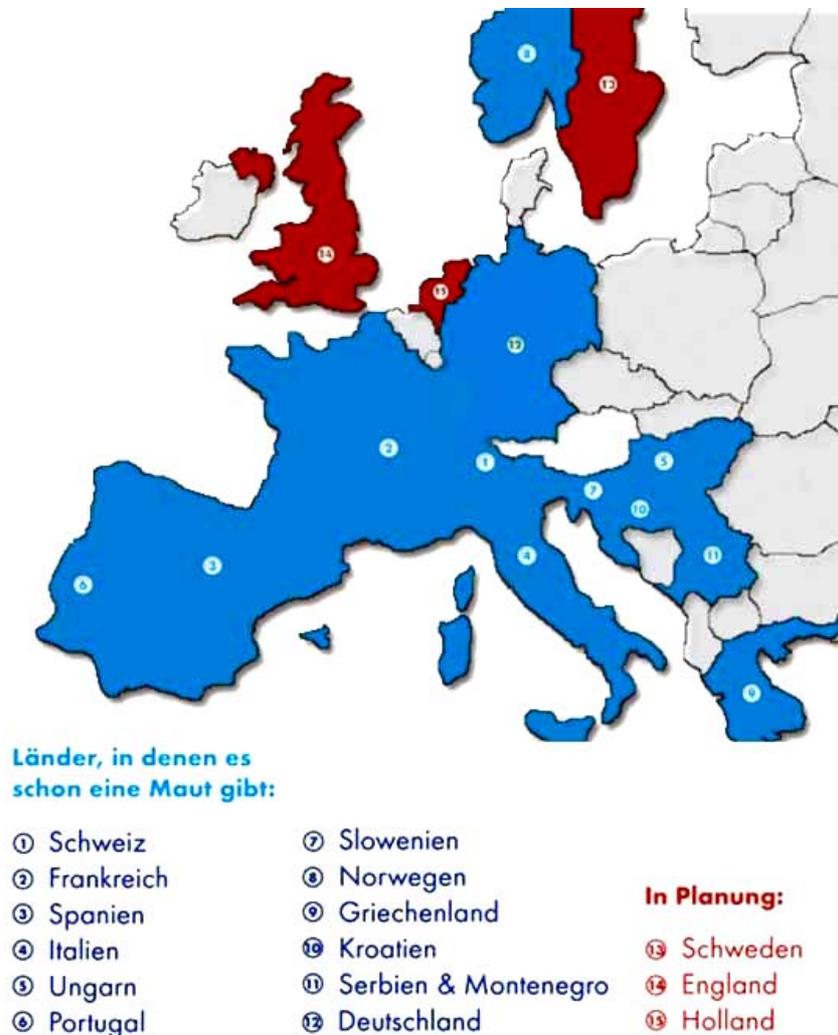
Der weniger starke Rückgang, bzw. leichte Anstieg in den Perioden vormittags und am Nachmittag liegt darin begründet, dass es sich hier wohl um Personen handelt, welche die Brücken unregelmässig benutzen, so zum Beispiel für Einkaufsfahrten. Ausserdem sind diese beiden Rabatt-Perioden länger als die anderen, was den Benutzern einen grösseren Raum für Anpassungen lässt. Der Rückgang der Elastizitäten und somit der Nachfrage nach einer Brückenquerung in einer Discountperiode lässt sich jedoch erklären. Da die meisten der profitierenden Autofahrer nur 0.25\$ pro Überquerung sparen, sind viele wieder zu ihren alten Gewohnheiten zurückgekehrt. Es scheint, als wäre dem meisten eine Einsparung von einem Viertel Dollar für eine Verschiebung ihrer Reisezeit zu wenig.

2.5 Europa allgemein

Nicht nur in den USA, auch in Europa ist Road Pricing weit verbreitet. In vielen Ländern muss für die Benutzung von Schnellstrassen und Autobahnen eine Maut bezahlt werden, so zum Beispiel in Frankreich, Italien und Spanien (Studie zu Spanien: Matas&Raymond 2003). Dabei wird die Gebühr jeweils nur für einen bestimmten Abschnitt der Strasse entrichtet, ist dieser zu Ende, folgt eine weitere Zahlstelle. Oftmals übernimmt eine private Firma die Verwaltung der Mautsysteme im Namen der Landesregierung. Die heutigen Systeme sind teilweise bereits elektronisch, so dass der Fahrer nicht mehr anzuhalten braucht.

Eine spezielle Form des Road Pricing existiert in der Schweiz und in Lichtenstein. Hier beschränkt sich die Zahlungspflicht auf den Schwerverkehr (ab 3.5 Tonnen). Bei der so genannten Leistungsabhängigen Schwerverkehrs-Abgabe (LSVA) erfolgt die Berechnung der Gebühren nach gefahrenen Fahrzeugkilometern, dem Gewicht des Fahrzeuges sowie dessen Emissionen. Der Abgabesatz beträgt zurzeit 2.44 Rappen pro Tonnenkilometer. Ziel dieser Abgabe war unter anderem den Schwerverkehr vermehrt auf die Schiene zu verlagern, da viele Lastwagen die Schweiz nur durchqueren. Daten zu den Effekten der LSVA sind im Bericht des GVF Dienst für Gesamtverkehrsfragen (1997) zu finden. Österreich führte im Jahr 2004 ebenfalls eine leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe ein, 2005 folgte auch Deutschland. In diesen beiden Ländern ist der Geltungsbereich jedoch auf Autobahnen und Schnellstrassen beschränkt. In Österreich existieren zudem wenige Streckenabschnitte, meist Tunnel- oder Brückenbauten, für die wegen hohen Unterhaltskosten generell eine Maut bezahlt werden muss, auch von Pkw-Fahrern. Nach der erfolgreichen Einführung von Abgaben für den Schwerverkehr in den genannten Ländern, diskutieren auch Schweden, Tschechien, Holland und England über eine ähnliche Einrichtung. Abbildung 7 zeigt eine Übersicht über Länder mit Mautsystemen in Europa.

Abbildung 7: Übersicht Europäischer Länder mit Mautsystemen



Quelle: ASFINAG 2005

Nach der erfolgreichen Einführung von Road Pricing in verschiedenen Städten in Europa (Florenz, Rom, London, Oslo und andere) wird auch in anderen grösseren Städten über das Erheben von Gebühren diskutiert. In der Schweiz denken vor allem die beiden Städte Zürich und Genf bereits laut darüber nach. Vom Zentrum für Technologiefolgenabschätzung TA-Swiss wurde bereits eine Untersuchung zu diesem Thema durchgeführt (Rey 2004). Kürzlich veröffentlichte das Bundesamt für Strassen die ersten Ergebnisse einer Fallstudie bezüglich vier Varianten von Road Pricing in der Schweiz. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Situation entwickeln wird.

3 Schlussfolgerungen

Die hier vorgestellten Beispiele widerspiegeln einige der möglichen Effekte, welche Road Pricing zur Folge haben kann. Die wichtigsten Effekte bezüglich der untersuchten Fallbeispiele sind auch in Tabelle 1 zu sehen. Allerdings darf man bei der Interpretation die Rahmenbedingungen und die Ziele nicht aus den Augen verlieren. Es kommt nicht nur auf die absolute Reduktion des Verkehrs an. In den drei Norwegischen Städten beispielsweise war der Rückgang des Verkehrs mit 5-10% eher klein. Dies hängt aber auch damit zusammen, dass sowohl in Bergen wie auch Oslo die Gebühren konstant sind und deswegen die Änderung der Abfahrtszeiten nicht unterstützt wird. Zusätzlich stellt die Umstellung auf den öffentlichen Verkehr zumindest in Oslo keine gute Alternative dar (May 1992). Auch die Daten aus Bergen weisen darauf hin, dass keine Umstellung auf den öffentlichen Verkehr stattgefunden hat. Einzig in Trondheim konnte ein solcher Effekt beobachtet werden. Dort nahm auch der Fahrradverkehr zu. Das Ziel in Norwegen war aber nicht, den Verkehr zu reduzieren, sondern Einkommen zu generieren, um neue Infrastruktur finanzieren zu können. Darin unterscheiden sich die drei Städte klar von den anderen Beispielen in dieser Arbeit. Die Diskussion um eine Verlängerung des Systems deutet darauf hin, dass die Massnahmen in dieser Beziehung erfolgreich waren. Allerdings hat man auch in Norwegen erkannt, dass eine Verkehrsreduktion mit einer Anpassung des Systems ebenfalls möglich wäre.

In Singapur übertraf die starke Reaktion der Autofahrer die Erwartungen der Behörden bei weitem. Der Rückgang des Autoverkehrs um bis zu 76% war durch einen Umstieg auf Busse, sowie Carpooling zurückzuführen (Morrison 1986). Allerdings deutet ein Effekt dieser Größenordnung stark darauf hin, dass die Gebühren zu hoch angesetzt waren, so dass ihr Anteil am Haushaltsbudget der Einwohner zu gross war. Unterstützt wird diese Vermutung durch den starken Anstieg des Verkehrs auf den Umfahrungsrouten, sowie kurz vor und nach der Tarifspanne unmittelbar nach der Einführung des ALS. Diese Nebenwirkungen konnten von der Regierung jedoch erfolgreich eingedämmt werden. Mit einiger Verzögerung senkte die Regierung in der Folge auch die Tarife. Dies änderte jedoch nichts am nachhaltigen Erfolg der Massnahme. Der Verkehr in Singapur scheint also sehr sensitiv gegenüber des ERP zu sein, obwohl die Gebühren von S\$ 3.00 auf den Schnellstrassen beziehungsweise S\$ 2.50 für die Zone nach der Gebührensenkung nun relativ gering sind; sie entsprechen etwa den Parkgebühren für eine Stunde. Dies wird von den, durch Olszewski und Xie (2005) berechneten Elastizitäten bestätigt. Die Gebührensenkung von 20% im November 1998 schlug sich in Elastizitäten von beispielsweise -0.106 für Pkws (Zone, Vormittagsspitze) oder -0.123 (Pkws,

ganzer Tag) nieder. Diese Werte können angesichts der eher geringen Reduktion von 20% als eher hoch eingestuft werden. Allerdings ist zu beachten, dass die Berechnungen für Singapur mit den Daten für Oktober und November des Jahres 1998 gemacht wurden, es handelt sich also um ultrakurzfristige Elastizitäten, welche sich erfahrungsgemäss noch stark verändern können.

Transport for London stellte 2003 eine Übersicht der Netto-Effekte des London Congestion Charging zusammen (Tabelle 14). So wurde geschätzt, dass pro Tag 65'000 bis 70'000 weniger Autofahrten absolviert werden. Die Zahl der Fahrten, welche einen Ort ausserhalb der Zone zum Ziel hatten und das Stadtzentrum nur durchquerten, hat sich um ca. 20-25% gesenkt. Diese Personen umfahren nun die Zone, indem sie zum Beispiel die Inner Ring Road benutzen. Der mit 70% grösste Effekt, der für die Reduktion der Fahrten verantwortlich ist, zeigt sich in der Umstellung auf den öffentlichen Verkehr. Weitere Veränderungen sind die Umstellung auf andere Verkehrsmittel, das Reisen ausserhalb der Tarifspanne, sowie Ändern des Fahrzieles bzw. generelle Reduktion der motorisierten Fahrten.

Tabelle 14: Geschätzte Netto-Effekte von Autofahrten ins Zentrum von London pro Tag

Veränderung	Anzahl
Total Netto-Reduktion von Autofahrten an der Zonengrenze.	65'000 bis 70'000
Durchgangsfahrten – Umfahrungen der Gebührenzone, andere Veränderungen.	15'000 bis 20'000
Einstellung der Autofahrten – Umstieg auf Bus, Untergrund, Zug.	35'000 bis 40'000
Einstellung der Autofahrten – Umstieg auf Fahrrad, zu Fuss, Motorrad, Taxi.	5'000 bis 10'000
Einstellung der Autofahrten – Fahren ausserhalb der gebührenpflichtigen Zeit.	unter 5'000
Fahren zu anderen Zielen, reduzierte Frequenz	unter 5'000

Quelle: abgeändert nach Transport for London 2005, p.54

Die gesetzten Ziele wurden somit mehrheitlich erreicht. Dabei traten kaum unerwünschte Verhaltensänderungen auf, die Umfahrungseffekte hielten sich bis jetzt in Grenzen. Zu verdanken ist dies wohl unter anderem dem massiven Ausbau des öffentlichen Verkehrs, was natürlich grosse Investitionen erforderte. Zudem wurde die Einführung des Systems von langer Hand geplant und es wurden im Vorfeld mehrere Studien durchgeführt. Einziges Problem ist, dass das System in den Augen der Regierung zu wenig Geld einbringt, verglichen mit den hohen Investitionen und Unterhaltskosten. Letztere betragen ungefähr 230 Millionen Schwei-

zerfranken betragen pro Jahr. Deshalb wurden auch die Gebühren erhöht und kürzlich entschieden die Zone zu erweitern.

Eine Gebühr von nun 8£ pro Tag erscheint auf den ersten Blick hoch. Verglichen mit den hohen Parkgebühren von 3-8£ pro Stunde ist sie jedoch angemessen. Man könnte annehmen, dass vor allem Einkaufs- und Freizeitfahrten reduziert wurden, da sich die Fahrt zur Arbeit mit dem Auto schon wegen der hohen Parkgebühren auch vor Einführung des Congestion Charging kaum gelohnt hat. Ein Teil des Rückgangs ist sicherlich darauf zurückzuführen, vor allem Umfahrfahrten, Fahrten ausserhalb der Tarifzeit und Fahrten zu anderen Zielen. Allerdings weist die Zunahme der Buspassagiere im Morgenverkehr auch auf einen Effekt bezüglich Fahrten zur Arbeit hin. Dies kann vielleicht damit erklärt werden, dass bei vielen Autofahrern nun die Schmerzgrenze bezüglich Fahrtkosten erreicht ist. Ausserdem sind von der Gebühr natürlich auch Angestellte betroffen, denen ein Parkplatz zur Verfügung gestellt wird.

Die mit der Formel von Olszewski und Xie (2005) berechneten Elastizitäten liegen im Erfahrungsbereich. Der Wert von -0.2 für Pkws ist eher hoch, insbesondere da er sich nur auf das Road Pricing bezieht und keine weiteren Kosten einbezogen wurden. Der Wert für den gesamten Verkehr von -0.085 ist ungefähr vergleichbar mit dem von Singapur. Es ist jedoch fraglich, ob London und Singapur so direkt verglichen werden dürfen, da es sich nicht um das gleiche Road Pricing-System handelt, die Gebühren in London konstant, in Singapur variabel sind, sowie die Elastizitäten in Singapur in Bezug auf die Gebührensenkung bezogen wurden. Andere Vergleichsmöglichkeiten sind jedoch kaum vorhanden.

Am Beispiel von London lässt sich auch der wirtschaftliche Effekt zeigen. Da Road Pricing-Massnahmen oftmals vor allem das Stadtzentrum betreffen, wo sich meist auch das wirtschaftliche Zentrum befindet, sollte von einem negativen Effekt ausgegangen werden. Allerdings haben Untersuchungen in London den Rückgang der Verkäufe nicht ausschliesslich auf die Einführung des Congestion Charging zurückführen können.

Road Pricing muss nicht immer erfolgreich sein, wie das Beispiel von Lee County, USA gezeigt hat. Das ausgeklügelte Rabattsystem zeigte zwar in einer ersten Phase die gewünschte Wirkung. Es konnte eine Verlagerung des Verkehrs von den Hauptverkehrszeiten in die Rabattzeiten beobachtet werden. Allerdings hielt der Effekt nicht lange an. Problematisch am Design des Systems war, dass die Einsparungen für die betroffenen Autofahrer pro Fahrt sehr gering waren. Autofahrer, die die Brücken häufig benutzen, konnten ihre Kosten bereits vorher durch den Erwerb eines Jahrespasses reduzieren. Genau diese Gruppe benutzt die Brücken jedoch meistens in der Hauptverkehrszeit. Zusätzlich bestand nur für wenige die Mög-

lichkeit langfristig ihre Arbeitszeiten an die Tarifgestaltung anzupassen. Ausserdem konnte nur ein Viertel der Brückennutzer von dem Rabattsystem profitieren, da es Bedingung war, am elektronischen Gebührenprogramm teilzunehmen. Die Zielgruppe der Massnahme war sehr klein. Bei diesem Beispiel scheiterte also das Road Pricing, das Ziel wurde nur vorübergehend erreicht, zumindest für die Cape Coral Brücke. Dies bestätigt auch ein Vergleich der Elastizitäten mit der Studie von Hirschman et al. (1995). Die dort untersuchten Langzeit-Elastizitäten für verschiedene Brücken in New York waren im Schnitt -0.1 , mit einer Spanne von -0.03 bis -0.5 . Die Werte für die Cape Coral Brücke von zuletzt -0.03 beziehungsweise -0.08 (Tabelle 12) sind somit mit dem niedrigsten Wert in New York vergleichbar. Für die Midpoint Memorial Brücke sind die Elastizitäten deutlich besser, wenn auch hier ein stetiger Rückgang offensichtlich ist. Die zuletzt erhobenen Daten mit Werten von -0.12 beziehungsweise -0.31 (Tabelle 13) entsprechen je nach Methode in etwa dem New Yorker Schnitt. Allerdings ist es wahrscheinlich, dass die Elastizitäten in den folgenden Jahren noch weiter zurückgegangen sind.

Dass Road Pricing-Massnahmen Erfolg haben, ist nicht von vornherein anzunehmen. Das Design des Systems muss zu den Zielen und den Rahmenbedingungen passen. Entscheidend ist auch, dass klar ist, was man mit der Einführung einer solchen Massnahme erreichen will. Eine Verkehrsreduktion, eine Verbesserung der Umweltbedingungen, eine gleichmässige Verteilung des Verkehrs, die Generierung von Geldern? Eine ebenfalls sehr wichtige Rolle spielen die Kosten für die Autofahrer und das Einkommen der Bevölkerung, wie am Beispiel von Singapur zu sehen ist. Die Gebühr muss hoch genug sein, dass sie für die Autofahrer relevant ist und eine Wirkung erzielt, jedoch nicht zu hoch, da sonst die Strassenkapazitäten nicht mehr ausgeschöpft werden. Diese optimale Gebühr zu finden ist schwierig, zu diesem Thema gibt es einige Studien. Allerdings gibt es Möglichkeiten, wie z.B. die regelmässige Anpassung der Gebühren an Hand von Monitoring-Daten, wie es heute in Singapur üblich ist. Weiter können im Gegenzug andere Abgaben reduziert werden, z.B. die Fahrzeugsteuer. Es stellt sich auch die Frage, wie man unerwünschte Nebeneffekte verhindern kann. Dazu braucht es meistens einige ergänzende Massnahmen. Sicherlich eine der wichtigsten, ist der Ausbau des öffentlichen Verkehrs, da man den Einwohnern eine Alternative zum Auto bieten muss. Ebenfalls in Betracht zu ziehen sind die geographischen Gegebenheiten und die gesetzlichen Rahmenbedingungen. Nicht zuletzt spielt natürlich auch der Widerstand der Bevölkerung und jener der Ladenbesitzer eine Rolle. Auch zu diesem Thema gibt es zahlreiche Untersuchungen.

Wichtig ist auch sich von ersten positiven Effekten nicht blenden zu lassen. Die Entwicklung sollte weiterhin beobachtet werden, damit auch langfristige Effekte sichergestellt und bei Bedarf die Massnahmen angepasst werden können.

Die Beurteilung von Road Pricing-Massnahmen an Hand von Elastizitäten ist nicht einfach, obwohl Elastizitäten ein gutes Kontrollinstrument für Erfolg darstellen. Es bestehen zwar viele Studien zu Verkehrsnachfrage-Elastizitäten bezüglich Benzinpreise, Parkgebühren oder generellen Fahrkosten. In Bezug auf städtische Strassengebühren sind jedoch noch eher wenige Untersuchungen (Olszewski&Xie 2005) vorhanden. Es ist schwierig die vorhandenen Daten richtig einzuschätzen, da noch kaum Vergleichsmöglichkeiten bestehen. Somit ist es auch schwierig den Erfolg bzw. Misserfolg einer Road Pricing Massnahme einzustufen.

Ob eine Road Pricing-Massnahme erfolgreich ist, oder nicht, hängt wie gesagt von einer grossen Zahl von Faktoren und deren Beziehungen untereinander ab. Diese Faktoren sollten demnach gut untersucht werden, wenn über eine Einführung von Road Pricing-Massnahmen diskutiert wird. Eine individuell angepasste Lösung ist wird am ehesten zum Erreichen der gewünschten Effekte beitragen.

4 Dank

Mein Dank gilt Herrn Professor Kay W. Axhausen vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, IVT an der ETH Zürich für das schnelle und unkomplizierte Angebot dieser interessanten Semesterarbeit, sowie die kompetente Betreuung. Weiter danke ich Herrn Dr. Milenko Vrtic vom IVT für die hilfreichen Tipps und Anregungen, sowie die Bereitstellung einiger wichtiger Unterlagen. Danke auch an Herrn Alexander Erath, ebenfalls vom IVT, für die spannenden Links und die nützlichen Hinweise.

5 Literatur

- ASFINAG (Autobahnen-und Schnellstrassen Finanzierungs Aktiengesellschaft) Österreich.
www.asfinag.at ,29. Dezember 2005
- Axhausen, K.W. (2005) Entscheidungsmodelle, Verkehrsplanung, ETH Zürich Sommersemester 2005.
- Bell, M.G.H., A. Carmel und M. Quddus (2005) The congestion charge's impact on retail-The London experience, Working Paper, 12, Greater London Authority, London.
www.london.gov.uk/mayor/economic_unit/docs/impact-of-congestion-charge-on-retail2.pdf ,29. Dezember 2005
- Burris, M.W., K.K. Konduru und C. R. Swenson (2004) Long run changes in driver behavior due to variable tolls, *Transportation Research Record*, **1864**, 78-85.
- Button, K.J. (1984) Road pricing- an outsider's view of American experiences, *Transport Reviews*, **4** (1) 73-98.
- Button, K.J. (1993) *Transport Economics*, (second ed.) Edward Elgar: University Press Cambridge.
- Cain, A., M.W. Burris und R.M. Pendyala (2000) The impact of variable pricing on the temporal distribution of travel demand, TRB Paper Nr. 01-2257.
[http://knowledge.fhwa.dot.gov/cops/hcx.nsf/0/4ae9c4f61269518185256dc500680ac3/\\$FILE/TRB%202001%20paper%20on%20elasticities.pdf](http://knowledge.fhwa.dot.gov/cops/hcx.nsf/0/4ae9c4f61269518185256dc500680ac3/$FILE/TRB%202001%20paper%20on%20elasticities.pdf) ,3. Oktober 2005
- Dawson, J. A. L. und I. Catling (1986) Electronic road pricing in Hong Kong, *Transportation Research*, **20A** (2) 129-134.
- Fauth, G.R. und J.A. Gomez-Ibañez (1980) Downtown auto restraint policies- The costs and benefits for Boston, *Journal of Transport Economics and Policy*, **14** 133-153.
- Goodwin, P. B. (1992) A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes, *Journal of Transport Economics and Policy*, **26** (2) 155-163.

- GVF Dienst für Gesamtverkehrsfragen (1997) Auswirkungen der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) und der Ablösung der Gewichtslimite im Strassengüterverkehr, GVF-Auftrag Nr 287.
- Hau, T.D. (1990) Electronic Road Pricing: Developments in Hong Kong 1983-89, *Journal of Transport Economics and Policy*, **24** (2) 203-214.
- Hirschman, I., C. Mcknight, J. Pucher, R.E. Paaswell und J. Berechman (1995) Bridge and tunnel elasticities in New York, *Transportation*, **22** (2) 97-113.
- Ison, S. and T. Rye (2005) Implementing road user charging: The lessons learnt from Hong Kong, Cambridge and Central London, *Transport Reviews*, **25** (4) 451-465.
- Larsen, O. I (1995) The toll cordons in Norway: an overview, *Journal of Transport Geography*, **3** (3) 187-197.
- Larsen, O. I. und K. Ostmo (2001) The experience of urban toll cordons in Norway, *Journal of Transport Economics and Policy*, **35** (3) 457-471.
- Lindsey, R. (2003). Road pricing issues and experiences in the US and Canada. Imprint-Europe 4th Seminar. "Implementing Pricing Policies in Transport: Phasing and Packaging." Katholieke University of Leuven, Belgium, 13.-14. May 2003. http://www.imprint-eu.org/public/papers/IMPRINT4_lindsey-v2.pdf, 3. Oktober 2005
- Matas, A. und J.L. Raymond (2003) Demand elasticity on tolled motorways, *Journal of Transportation and Statistics*, **6** (3) 91-108.
- May, A.D. (1992) Road pricing: An international perspective, *Transportation*, **19** (4) 313-333.
- Morrison, S. A. (1986) A survey of road pricing. *Transportation Research*, **20A** (2) 87-97.
- Odeck, J. und S. Brathen (2002) Toll financing in Norway: The success, the failures and perspectives for the future, *Transport Policy*, **9** (3) 253-260.
- Olszewski, P. und L. Xie (2005) Modelling the effects of road pricing on traffic in Singapore, *Transportation Research Part A*, **39** (7-9) 755-772.

- Online TDM Encyclopedia www.vtpi.org ,3. Oktober 2005
Transportation Elasticities www.vtpi.org/tdm/tdm11.htm
Road Pricing www.vtpi.org/tdm/tdm35.htm
Success Stories www.vtpi.org/tdm/tdm71.htm
- Oum, T.H., W.G. Waters und J.S. Young (1992) Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates, *Journal of Transport Economics and Policy*, **36** (2) 139-154.
- Phang, S.-Y. and R.S. Toh (2004) Road congestion pricing in Singapore: 1975 to 2003, *Transportation Journal*, **43** (2) 16-25.
- Rey, L. (2004) Publifocus Road Pricing. Ein Spiel mit dem kleinsten gemeinsamen Nenner, TA-Swiss, Bern.
- Santos, G. and B. Shaffer (2004) Preliminary results of the London congestion charging scheme, *Public Works Management & Policy*, **9** (2) 164-181.
- Schubert, R. (2002) Ökonomie I – Volkswirtschaftslehre, Kapitel 2, UMNW, ETH Zürich, Zürich.
- Stopher, P.R. (2004) Reducing road congestion: a reality check, *Transport Policy*, **11** (2) 117-131.
- TCRP Report 95 (2003) Road Value Pricing, Chapter 14, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Transport for London (April 2005) Central London Congestion Charging: Impact Monitoring, Third Annual Report, TfL, London.
- Vrtic, M., O. Meyer-Rühle, S. Rommerskirchen, P. Cerwenka und W. Stobbe (2000) Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr, *SVI Forschungsberichte*, **44/98**, Bundesamt für Strassen, Bern.