

inFRAS

Rapp | Trans

SVI-Forschungsprojekt 2001/523

Road Pricing Modelle auf Autobahnen und in Stadtregionen

Schlussbericht

Zürich/Basel, 19. Januar 2006

SVI-ROADPRICING-SB_FINAL.DOC

RAPP Trans AG

Hochstrasse 100
CH-4018 Basel
Tel: ++41 61 335 77 77
Fax: ++41 61 335 77 70
trans@rapp.ch
www.rapp.ch

INFRAS AG

Gerechtigkeitsgasse 20
Postfach
CH-8039 Zürich
Tel: ++41 44 205 95 95
Fax: ++41 44 205 95 99
zuerich@infras.ch
www.infras.ch

ROAD PRICING MODELLE AUF AUTOBAHNEN UND IN STADTREGIONEN

SVI-Forschungsprojekt 2001/523

Schlussbericht, Zürich/Basel, 19. Januar 2006

INFRAS:

Daniel Sutter

Markus Maibach

Martin Peter

Mario Keller

RappTrans:

Matthias Rapp

Robert Yen

Christian Egeler

svi-roadpricing-sb_final.doc

SVI Begleitkommission:

Martin Buck, SNZ (Präsident)

Ueli Balmer, Bundesamt für Raumentwicklung

Andreas Gantenbein, Bundesamt für Strassen

Philippe Flückiger, Eidg. Zollverwaltung

Ruedi Ott, Tiefbauamt der Stadt Zürich

Katrin Schneeberger, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS)

Urs Schwegler, Büro für Verkehrsplanung

Markus Traber, Elektrowatt Infra AG

ÜBERSICHT

ZUSAMMENFASSUNG	8
RÉSUMÉ	24
SUMMARY	41
TEIL I: GRUNDLAGEN FÜR DIE MODELLBILDUNG	
1. EINLEITUNG	55
2. AKTUELLE ERFAHRUNGEN AUS DEM AUSLAND	60
3. DIE ROAD PRICING SYSTEM-PARAMETER	86
4. MÖGLICHE ROAD PRICING MODELLE FÜR DIE SCHWEIZ	107
TEIL II: VIER ILLUSTRATIVE FALLSTUDIEN	
5. AUSWAHL DER FALLSTUDIEN	119
6. FALLSTUDIE 1: TECHNISCHE UND BETRIEBLICHE MACHBARKEIT VON ROAD PRICING AM GOTTHARD	124
7. FALLSTUDIE 2: VALUE PRICING IN DER AGGLOMERATION BASEL	144
8. FALLSTUDIE 3: UMFASSENDES GEBIETSPRICING IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH	177
9. FALLSTUDIE 4: FLÄCHENDECKENDE KILOMETERABGABE FÜR PW MIT DIFFERENZIERUNGEN	226
TEIL III: ERKENNTNISSE UND FOLGERUNGEN	
10. VERGLEICH DER ERGEBNISSE DER VIER FALLSTUDIEN	256
11. ERKENNTNISSE FÜR ROAD PRICING MODELLE	262
12. FORSCHUNGSFRAGEN FÜR WEITERE VERTIEFUNGEN	267
ANNEX 1: FORMATIVE SYSTEMANALYSE DER EINFLUSSFAKTOREN EINES ROAD PRICING SYSTEMS	269
ANNEX 2: DETAILLIERTE VERKEHRSDATEN ZU DEN FALLSTUDIEN	279
GLOSSAR	287
LITERATUR	291

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	8
RÉSUMÉ	24
SUMMARY	41
TEIL I: GRUNDLAGEN FÜR DIE MODELLBILDUNG	
1. EINLEITUNG	55
1.1. AUSGANGSLAGE	55
1.2. FORSCHUNGSAUFTTRAG UND FRAGESTELLUNGEN	58
2. AKTUELLE ERFAHRUNGEN AUS DEM AUSLAND	60
2.1. ROAD PRICING AUF AUSLÄNDISCHEN AUTOBAHNEN	60
2.1.1. Herkömmliche Autobahngebühren in Europa	60
2.1.2. Ausländische distanzabhängige Autobahngebühren für den Schwerverkehr	63
2.1.3. Autobahngebühren in Übersee	66
2.1.4. Wirkungen von Road Pricing auf Autobahnen	69
2.2. ROAD PRICING IN AUSLÄNDISCHEN STÄDTEN: ERFAHRUNGEN	71
2.2.1. Road Pricing in Singapur	73
2.2.2. Road Pricing in Oslo und anderen norwegischen Städten	75
2.2.3. Congestion Charging London	77
2.2.4. Zufahrtsbeschränkungen und Gebühren in Rom und anderen italienischen Städten	81
2.3. FOLGERUNGEN FÜR DIE SCHWEIZ	84
2.3.1. Erkenntnisse für die Modellbildung	84
2.3.2. Erfolgs- und Akzeptanzfaktoren	85
3. DIE ROAD PRICING SYSTEM-PARAMETER	86
3.1. ÜBERSICHT	86
3.2. DIE STRATEGISCHE EBENE	88
3.2.1. Ziele von Road Pricing	88
3.2.2. Tarifierungsprinzipien	90
3.2.3. Der Bezug zu den Finanzierungssystemen	92
3.2.4. Akzeptanz und Gerechtigkeit	92
3.2.5. Anknüpfungspunkte für die Schweiz	93
3.3. DIE BETREIBEREBENE	95
3.3.1. Involvierte Akteure	95

3.3.2.	Betreibermodelle	95
3.3.3.	Anknüpfungspunkte für die Schweiz	96
3.4.	DIE VOLLZUGSEBENE	97
3.4.1.	Erhebungssysteme	97
3.4.2.	Funktionale Anforderungen an Erhebungssysteme	98
3.4.3.	Erhebungstechnologien	100
3.4.4.	Behandlung der Fahrzeuge ohne Erfassungsgerät	104
3.4.5.	Eignung der Erhebungstechnologien	104
3.4.6.	Interoperabilität der Erhebungssysteme	105
4.	MÖGLICHE ROAD PRICING MODELLE FÜR DIE SCHWEIZ	107
4.1.	AUSLEGEORDNUNG	107
4.2.	ROAD PRICING MODELLE AUF AUTOBAHNEN	108
4.2.1.	Formen von Autobahnabgaben und deren Erhebung	108
4.2.2.	Anwendung in der Schweiz	109
4.2.3.	Mögliche Modelle für die Schweiz	113
4.3.	MODELLE IN AGGLOMERATIONEN	114
4.3.1.	Formen von Road Pricing und deren Erhebung	114
4.3.2.	Anwendungsmöglichkeiten für die Schweiz	115
4.3.3.	Interessante Modelle für die Schweiz	117
TEIL II: VIER ILLUSTRATIVE FALLSTUDIEN		
5.	AUSWAHL DER FALLSTUDIEN	119
5.1.	ANFORDERUNGEN AN DIE FALLBEISPIELE	119
5.2.	INTERESSANTE GEBIETE FÜR DIE SCHWEIZ	120
5.3.	VIER FALLSTUDIEN ZUR ILLUSTRATION	122
6.	FALLSTUDIE 1: TECHNISCHE UND BETRIEBLICHE MACHBARKEIT VON ROAD PRICING AM GOTTHARD	124
6.1.	ZIEL UND FRAGESTELLUNGEN	124
6.2.	CHARAKTERISIERUNG	124
6.2.1.	Verkehrsmenge	124
6.3.	TECHNISCHE MÖGLICHKEITEN DER BEMAUTUNG DES BESTEHENDEN GOTTHARDTUNNELS	127
6.3.1.	Mauttechnik	127
6.3.2.	Anzahl und Aufteilung der Fahrspuren an der Mautstelle	131
6.3.3.	Technische Ausrüstung	133

6.3.4.	Platzierung der Mautstelle	134
6.3.5.	Nutzergruppen	138
6.3.6.	Enforcement	139
6.4.	KOSTEN EINES MAUTSYSTEMS AM GOTTHARD	140
6.4.1.	Investitionskosten	140
6.4.2.	Betriebskosten	141
6.5.	ERKENNTNISSE	142
7.	FALLSTUDIE 2: VALUE PRICING IN DER AGGLOMERATION BASEL	144
7.1.	ZIEL UND FRAGESTELLUNGEN	144
7.2.	CHARAKTERISIERUNG	148
7.2.1.	Stausituation 2004	149
7.2.2.	Verkehrsmengen und Kapazitäten	150
7.2.3.	Örtliche Verhältnisse (Spurenplan)	152
7.3.	BEMAUTUNG DES AUTOBAHNABSCHNITTES (VALUE PRICING)	155
7.3.1.	Technische Ausrüstung	156
7.3.2.	Kosten des Mautsystems	160
7.3.3.	Tarifgestaltung	162
7.4.	GROBEVALUATION	167
7.4.1.	Finanzielle Auswirkungen	167
7.4.2.	Verkehrstechnische Machbarkeit	168
7.4.3.	Kombination Value Spur/Sonderspur für Fahrzeuge mit hohem Besetzungsgrad	171
7.4.4.	Qualitative Evaluation nach Kriterien	173
7.4.5.	Akzeptanzfragen	174
7.5.	ERKENNTNISSE	175
8.	FALLSTUDIE 3: UMFASSENDES GEBIETSPRICING IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH	177
8.1.	AUSGANGSLAGE UND ZIEL	177
8.2.	CHARAKTERISIERUNG	179
8.2.1.	Räumliche Abgrenzung und Systemabgrenzung	179
8.2.2.	Heutige Problemlage	181
8.3.	AUSGESTALTUNG	184
8.3.1.	Mögliche Teilschritte und Etappen	184
8.3.2.	Wahl der Zonen eines umfassenden Gebietspricings	186
8.3.3.	Illustratives Road Pricing Modell 2008	189

8.4.	GROBEVALUATION	205
8.4.1.	Verkehrliche Wirkungen	205
8.4.2.	Finanzielle Wirkungen	214
8.4.3.	Qualitative Evaluation nach Kriterien	218
8.5.	ERKENNTNISSE	221
9.	FALLSTUDIE 4: FLÄCHENDECKENDE KILOMETERABGABE FÜR PW MIT DIFFERENZIERUNGEN	226
9.1.	AUSGANGSLAGE UND ZIEL	226
9.2.	CHARAKTERISIERUNG	228
9.2.1.	Modelltypen und Entwicklungspfade	228
9.2.2.	Verkehrsmengen und Eckzahlen	233
9.3.	AUSGESTALTUNG	234
9.3.1.	Kilometerabgabe für Autobahnen	234
9.3.2.	Flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen	241
9.4.	GROBEVALUATION	247
9.4.1.	Verkehrliche Wirkungen	247
9.4.2.	Finanzielle Wirkungen	249
9.4.3.	Qualitative Evaluation nach Kriterien	250
9.5.	ERKENNTNISSE	252
TEIL III: ERKENNTNISSE UND FOLGERUNGEN		
10.	VERGLEICH DER ERGEBNISSE DER VIER FALLSTUDIEN	256
11.	ERKENNTNISSE FÜR ROAD PRICING MODELLE	262
12.	FORSCHUNGSFRAGEN FÜR WEITERE VERTIEFUNGEN	267
ANNEX 1: FORMATIVE SYSTEMANALYSE DER EINFLUSSFAKTOREN EINES ROAD PRICING SYSTEMS		
		269
ANNEX 2: DETAILLIERTE VERKEHRSDATEN ZU DEN FALLSTUDIEN		
		279
GLOSSAR		
		287
LITERATUR		
		291

ZUSAMMENFASSUNG

1. ZIEL UND INHALT DER STUDIE

Road Pricing ist ein Instrument marktwirtschaftlicher Ausprägung, das sowohl die Verkehrsnachfrage beeinflussen als auch einen Beitrag zur Generierung von Verkehrseinnahmen leisten kann. Dieses SVI-Forschungsprojekt analysiert mögliche Ausgestaltungsformen für die Schweiz. Dazu werden zunächst die Erfahrungen im Ausland untersucht und die einzelnen Modellparameter systematisch diskutiert. Anhand von vier illustrativen Fallstudien werden verschiedene denkbare Anwendungsformen in der Schweiz skizziert und grob evaluiert. Damit leistet die Studie einen Beitrag an mögliche Vertiefungen (auf nationaler oder auf regionaler Ebene). Das Projekt fokussiert sich auf Benützungsabgaben für den rollenden motorisierten Individualverkehr; weitere Instrumente des Mobility Pricing (z.B. Parkplatzgebühren und Tarife im öffentlichen Verkehr) sind nicht Gegenstand der Untersuchung.

2. GRUNDLAGEN FÜR DIE MODELLBILDUNG

Aus der Analyse der einzelnen Erfahrungen von Road Pricing auf Autobahnen und Agglomerationen im Ausland und der Analyse der einzelnen Modellparameter können folgende Ergebnisse abgeleitet werden:

- › Road Pricing funktioniert: Die Beispiele im Ausland geben Aufschluss über die Faktoren einer erfolgreichen Umsetzung, sowohl zu Finanzierungszwecken als auch zur Beeinflussung des Verkehrs. Momentan ist eine starke Entwicklung erkennbar. Zentrale Treiber sind die Probleme im Schwerverkehr (Schwerverkehrsabgaben), die zunehmenden Kapazitäts- und Finanzierungsprobleme der bestehenden Strasseninfrastruktur, die technische Entwicklung von Abgabensystemen und die erkennbare Bereitschaft zur Umsetzung des Verursacherprinzips im Verkehrsbereich. Erfolgreiche Modelle für den Strassenpersonenverkehr finden sich vor allem in städtischen Räumen (z.B. London, Oslo, Rom).
- › Es ist sinnvoll, die Systemparameter von Road Pricing auf drei Ebenen zu unterscheiden:
 - › Die strategische Ebene: Wie ist der verkehrspolitische Bezug von Road Pricing in Bezug auf Zielsetzungen (v.a. Verkehrsmanagement und -finanzierung), Stellenwert und Einbettung in das gesamte verkehrspolitische Instrumentarium?
 - › Die Betreiberbene: Wer hat welche Rolle und Kompetenzen bei der Umsetzung von Road Pricing? Wer hat welche rechtlichen Ansprüche auf die Einnahmen?

- › Die Vollzugsebene: Wie wird Road Pricing umgesetzt, in Bezug auf Erfassung, Inkasso und Kontrolle?
- › Daraus lassen sich verschiedene Modelle ableiten: Für Autobahnen sind es das Objektpricing (Bepreisung eines Strassenabschnitts), das integrale Netzpricing (Bepreisung eines gesamten Netzes oder Netzteils) und das Value Pricing (Mehrwert in Form von Stauumfahrung). Für die Agglomerationen kommen weitere Modelle hinzu: Kordonpricing (Bepreisung eines Stadtrings), Area Licensing/Stadtvignette (Bepreisung einzelner Zonen) und umfassendes Gebietspricing (Kombination von Netzpricing und Area Licensing).
- › Für die Umsetzung sind zwei Wege zu unterscheiden: ‚Bottom up‘ mit Bepreisung von einzelnen Problemgebieten (z.B. Stadtgebiete oder einzelne Strassenabschnitte) oder ‚Top down‘, wo ganze Netze (im Extremfall flächendeckend) bepreist werden.

3. DIE EINZELNEN FALLBEISPIELE

Fallstudie 1: Technische und betriebliche Machbarkeit von Road Pricing am Gotthard

Ziele

Die Fallstudie setzt sich mit der Machbarkeit von Road Pricing für ein Einzelobjekt auseinander, gezeigt am Beispiel des Gotthardtunnels. Die Fallstudie beschränkt sich auf die betrieblichen und technischen Aspekte der Machbarkeit inklusive den Kosten für den Aufbau und Betrieb des Erhebungssystems. Die verkehrsplanerischen und finanzpolitischen Aspekte werden ausser Acht gelassen, weil sie in einer parallelen Studie „Road Pricing am Gotthard“ durch die Planungsfirma Metron AG bearbeitet werden. Es geht deshalb bei der Fallstudie lediglich um die Fragestellung: Auf welche Weise liesse sich eine Durchfahrtsgebühr für den Gotthardtunnel erheben, wenn eine solche aus verkehrspolitischen Gründen beschlossen würde?

Konzept, Ausgestaltung

Eine allfällige Gebührenerhebung für den Gotthardtunnel beschränkt sich auf den PW-Verkehr, weil der Schwerverkehr mit der LSVA bereits erfasst wird. Eine zusätzliche LKW-Alpentransitabgabe steht wegen des Transitabkommens Schweiz – EU momentan nicht zur Diskussion.

Der Verkehr durch den Gotthardtunnel variiert stark. Er schwankt zwischen 3'400 und 15'500 Fahrzeugen pro Tag und Richtung. Ein Gebührenerhebungssystem muss so ausgestaltet sein, dass es selbst an Spitzentagen nicht zusätzliche Verkehrsstaus verursacht.

Aus technischer Sicht bieten sich für die Bemaatung des Gotthard-Tunnels prinzipiell zwei Verfahren an: Die manuelle Bemaatung bzw. Automatenlösung und die elektronische Bemaatung. Bei der elektronischen Bemaatung wiederum sind zwei Grundtypen zu unterscheiden:

1. Erfassung auf einer Spur (Single Lane Tolling)
2. Erfassung im Verkehrsfluss auf mehreren Spuren (Free Flow Multilane Tolling)

Aus verkehrstechnischen Gründen und in Anbetracht des beschränkten Platzes wäre Free Flow Multilane Tolling vorzuziehen. Das grosse Problem liegt jedoch – wie bei jedem Mautsystem – bei den gelegentlichen Benutzern, welche ohne Fahrzeuggerät bzw. ohne Erwerb einer Durchfahrtsberechtigung am Tunnelportal erscheinen und entweder dort abgefertigt werden oder Gelegenheit haben müssen, ihre Durchfahrtsberechtigung innerhalb eines gewissen Zeitraums an geeigneter Stelle zu erwerben. Der Mautbetreiber müsste diejenigen Benutzer, welche der nachträglichen Registrierungs- und Zahlungspflicht nicht nachkommen, aufspüren, mahnen und gegebenenfalls rechtlich belangen können, was angesichts des hohen Anteils ausländischer Fahrzeuge einen hohen Kontroll- und Sanktionsaufwand erfordern würde. Weil die Probleme des Erwerbs der Fahrberechtigung von Gelegenheitsbenutzern bei einer touristisch wichtigen internationalen Verbindung praktisch unlösbar sind, muss für den Gotthard-Tunnel auf ein Free Flow Multilane Erhebungssystem verzichtet werden.

Somit kommt nur ein technisches Mischkonzept in Frage, d.h. elektronische Bemaatung in Kombination mit manueller Bemaatung/Automatenlösung, um einerseits die Vorteile der automatischen Bemaatung aufgrund des haltefreien Bezahlvorgangs zu nutzen und andererseits den nicht mit einer Nahfunkausrüstung (DSRC-Tag) ausgestatteten Fahrzeugen die Passage zu ermöglichen. Eine Ausrüstungspflicht der Fahrzeuge mit DSRC-Geräten würde das Diskriminierungsverbot verletzen.

Die Bemaatung der Gotthard-Röhre mittels eines Mischkonzepts mit manuellen und elektronischen Zahlspuren macht die Einrichtung von Mautstellen erforderlich, welche für jede Fahrrichtungen im Bereich vor dem Tunnelportal platziert werden müssen. Das Bemaatungssystem ist in das bereits bestehende System des Tropfenzählers auf beiden Seiten des Tunnels zu integrieren. Als günstigste Lösung erweist sich die Anordnung der Mautstelle zwischen Dosierstelle und Tunnelportal. Die Dosierung und Vordosierung des Schwerver-

kehrs hat den Vorteil, dass auch im Fall von Störungen nicht nur der Tunnel, sondern auch die Mautstellen nur mit soviel Verkehr beschickt werden, wie sie verarbeiten können.

Eine erste Analyse ergibt für beide Mautstellen den Bedarf von drei Mautspuren mit Kreditkarten- und Münzautomaten und Schranken, die je nach Verkehrsaufkommen auch mit Bedienpersonal versehen sind, und einer Funkmautspur für LSVA-pflichtige Fahrzeuge und Fahrzeuge mit DSRC-Gerät, welche ohne Anhalten passiert werden kann. Zusätzlich müssen die Einfahrtspuren von Göschenen bzw. Airolo ebenfalls mit Automaten ausgerüstet werden. Diese Anlagen müssen auf engstem Raum angeordnet werden.

Beurteilung, Erkenntnisse

- › Die Erhebung einer Gebühr für den Gotthardtunnel für den PW-Verkehr ist erhebungstechnisch und vollzugsseitig grundsätzlich machbar. Die bauliche Machbarkeit müsste aufgrund örtlicher Projektstudien erst noch nachgewiesen werden.
- › Die Bemaunung kann nicht im Free Flow Multilane Tolling-Verfahren erfolgen, sondern es müssen beidseits der Tunnels Mautstationen mit Einzelspuren vorgesehen werden.
- › Voraussetzung für die Mautstellen ist die vorgängige Realisierung der Schwerverkehrszentren beidseits des Gotthardtunnels. Der Platzbedarf für die Mautstellen vor den Tunnelportalen geht auf Kosten von Standstreifen und Flächen für die Kontrolle und Abfertigung der Gefahrguttransporte und für die Interventionsdienste. Dies bedingt, dass diese Kontrollen in den Schwerverkehrszentren (SVZ) Erstfeld und Bodio vorgenommen werden können. Für die Interventionsdienste müssen Alternativflächen gefunden werden.
- › Fahrzeuge, die der LSVA unterstellt sind, sind am Gotthard nicht zusätzlich mautpflichtig. Diese Fahrzeuge können die elektronische Mautspur gratis befahren, welche zu diesem Zweck mit der notwendigen Klassifikationsausrüstung zu versehen ist.
- › Die Kosten für eine Bemaunung des Verkehrs am Gotthard belaufen sich auf:
 - › Investitionskosten: rund 18 Mio. CHF, sofern die heutige Verkehrs- und Reservefläche ausreicht, andernfalls kommen Infrastrukturkosten in unbestimmten Umfang hinzu.
 - › Betriebskosten: rund 8 Mio. CHF/Jahr.

Fallstudie 2: Value Pricing in der Agglomeration Basel

Ziele

In den USA werden in verschiedenen Agglomerationen Value Spuren eingerichtet. Value Spuren sind Sonderfahrstreifen auf der Autobahn, auf welchen nur Fahrzeuge zirkulieren dürfen, die eine kostenpflichtige Benutzungsberechtigung erworben haben. Der Tarif für die

Benutzung wird so gestaltet, dass die Value Spur an ihrer oberen Kapazitätsgrenze operiert, d.h. dass so viele Fahrzeuge wie möglich die Value Spur nutzen, der flüssige Verkehrsfluss jedoch stets gewährleistet bleibt und nicht durch eine Überlastung der Spur zusammenbricht. Dies verlangt eine vom Verkehrsaufkommen abhängige Tarifgestaltung.

Das Beispiel A2 Augst-Basel wurde gewählt, weil dieser dreistreifige Autobahnabschnitt mit 60'000 Fahrzeugen pro Tag und Richtung eine der höchsten Verkehrsbelastungen in der Schweiz aufweist mit entsprechend hoher Häufigkeit von Staus (2004: 273 Stunden, wovon 166 wegen Verkehrsüberlastung). Bei Staus infolge Verkehrsüberlastung erhöht sich die Durchfahrtszeit um bis zu 15 Minuten.

Konzept, Ausgestaltung

Auf der A2 zwischen der Verzweigung Augst und der Ausfahrt Basel-Süd befinden sich die Ein- und Ausfahrten Liestal und Pratteln sowie die Verzweigung Hagnau. Der Abschnitt ist heute durchgehend dreistreifig, im Bereich der Verzweigung Hagnau wird er heute mittels Fahrstreifenlichtsignalen (FLS) auf zwei Spuren reduziert, um die Verflechtung der Einfahrt der H18 zu vereinfachen. Nach der Totalsanierung 2006/2007 wird der Ausfahrtstreifen zur H18 auf Kosten des Standstreifens bis zum Tunnel Schweizerhalle verlängert, sodass die Autobahn auf rund 3 Kilometern vierstreifig wird.

Für eine Value Spur in der Agglomeration Basel kommt der äusserste linke Fahrstreifen der Autobahn A2 von der Verzweigung Augst bis Abfahrt Basel-City (Verzweigung Basel-Süd) in Betracht. Die Value Spur ist durch eine Profillinie mit zusätzlichen Reitern von den anderen Streifen abgegrenzt, die von Rettungsdiensten überall überfahren werden kann. Für normale Fahrzeuge kann die Value Spur nur auf der ganzen Länge von Augst bis Basel befahren werden; Ein- und Ausfahrten dazwischen sind nicht erlaubt. Dadurch wird der Verkehrsfluss gewährleistet und die Systemtechnik massgebend vereinfacht.

Das Value Pricing Augst-Basel geht davon aus, dass unterhalb des Engpasses Verzweigung Hagnau keine weiteren Engpässe im Abschnitt Osttangente vorhanden sind, weil vorgängig auf Basel-Städtischem Gebiet weitere kapazitätssteigernden Massnahmen realisiert werden.

Um eine Kapazitätserhöhung des betroffenen Autobahnabschnittes zu erreichen, muss der Tarif direkt in Abhängigkeit zu der Verkehrssituation stehen, das heisst, bei leichtem Verkehrsaufkommen kostet die Value Spur nichts oder sehr wenig, bei sehr hohem Verkehrsaufkommen, stockendem Verkehr oder Stau, verhältnismässig viel. Damit soll erreicht werden, dass die Value Spur immer ausgelastet ist, die Kapazitätsgrenze (ca. 1'500 bis 1'800

Fahrzeuge/h) jedoch nicht überschritten wird und somit der Verkehrsfluss auf der Value Spur gewährleistet ist und die Kapazität auf dem Abschnitt erhöht wird. Bevor die Value Spur genutzt wird, muss der Preis für die Durchfahrt eindeutig klar sein.

Solange wenig über die Zahlungsbereitschaft von Automobilisten für die Vermeidung von Staus bekannt ist, müssen bei der Tariffestsetzung hypothetische Annahmen getroffen werden. Es wird angenommen, dass sich die Tarife während der Spitzenzeit zwischen 3 und 4 CHF bewegen dürften. Aufgrund der Ganglinien würden die Gebühren an 1'500 Stunden pro Jahr erhoben. Weil die Gebühren während den Nichtspitzenzeiten relativ klein angesetzt werden müssten, fallen sie trotz hoher Stundenzahl für die Gesamteinnahmen nicht ins Gewicht.

Zur Berechnung der Tarife und Einnahmen werden zwei Tarifpläne betrachtet:

- › Tarifplan A: niedrigere Tarife und weniger Abstufungen,
- › Tarifplan B: höhere Tarife und mehr Abstufungen

Bei beiden Tarifplänen wird auf Abstufungen nach Fahrzeugkategorien oder Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) verzichtet.

Zur Erhebung der Maut bietet sich die DSRC Technologie an („Funk-Maut“). Das Erfassungssystem beruht auf einer obligatorischen Ausrüstung der Fahrzeuge mit einem DSRC-OBU (OBU: On-Board-Unit). Die OBU weist die Fahrzeuge per Funk über die Fahrberechtigung aus und dient der Erfassung der Benützung der Value Spur im Hintergrundsystem zwecks periodischer Rechnungsstellung. Die Kontrolle erfolgt automatisch, und für die Sanktionen werden die gleichen Abläufe benützt wie bei den automatischen Geschwindigkeitskontrollen.

Auf eine Differenzierung nach Besetzungsgrad in den Fahrzeugen muss verzichtet werden. Die Erfassung und Kontrolle ist mit allzu hohem Aufwand und Unsicherheiten verbunden.

Wirkungen

Gegenwärtig fehlen in der Schweiz quantitative Angaben über die Zahlungsbereitschaft von Automobilisten bezüglich Strassenbenützungsabgaben. Diese Wissenslücke wird im Forschungspaket Mobility Pricing des ASTRA geschlossen werden. In Ermangelung dieser Kenntnisse wurde eine grobe Abschätzung der Bruttoeinnahmen auf der Basis von „educated guess“ vorgenommen, beruhend auf folgenden Annahmen:

- › Festsetzung der Tarife gemäss Tarifplan,

- › Maximaler Durchfluss auf der Value Spur 1'500 Fz/h,
- › mittlerer Durchfluss während des betreffenden Zeitabschnitts 80–90% während der Spitzenzeit, 60% während der übrigen verkehrstarken Zeit,
- › Keine Mindereinnahmen durch Mautpreller, aber auch keine Mehreinnahmen aus Bearbeitungsgebühren/Bussen von Mautprellern.

Unter den getroffenen Annahmen ist mit Bruttoeinnahmen von 5 bis 10 Mio. CHF/Jahr zu rechnen und nach Abzug der Erhebungskosten (Investition und Betrieb) mit Nettoeinnahmen von 2 bis 6 Mio. CHF/Jahr. Das schlechte Verhältnis zwischen den Kosten des Erhebungssystems und den Einnahmen ergibt sich aus dem Umstand, dass das System nur während einem Sechstel (Tarifplan A) bzw. der Hälfte der gesamten Jahresbetriebszeit (Tarifplan B) Einnahmen generiert, die fixen Kosten jedoch permanent anfallen. Dieses Phänomen ist bei allen Road Pricing Systemen zu beobachten, welche darauf ausgelegt sind, Verkehrsspitzen zu brechen.

Die Value Spur erhöht den Durchfluss des Querschnitts gegenüber dem Fall „totaler Verkehrskollaps“ um 10%. Anders ist dies bei der Situation „instabiler Verkehr“, wo die Kapazität mit der Value Spur um 8% abnimmt, weil auf der Value Spur gegenüber dem theoretischen Höchstwert immer eine gewisse Reserve für Schwankungen vorgehalten werden muss. Praktisch bedeutet dies, dass bei zunehmender Verkehrsmenge die Value Spur dazu beiträgt, dass der Stau eher früher eintritt, dass sie jedoch hilft, wenn er einmal aufgetreten ist. Es muss bezweifelt werden, dass es gelingt, das System mit der Bepreisung so fein zu steuern, dass es nicht zum „Flip-Flop“ Stau – stockender Verkehr – Stau kommt, besonders wenn man bedenkt, dass Witterungs- oder Lichteinflüsse eine grössere Auswirkung auf die Kapazität haben.

Beurteilung, Erkenntnisse

Die Fallstudie zeigt, dass der Einsatz eines Pricing-Systems für die Bewirtschaftung von stark belasteten Strassenstücken grundsätzlich zu einem höheren Durchfluss führen kann. Dies ist aber nur bei totalem Verkehrszusammenbruch der Fall. Es gibt auch Belastungszustände, wo die Value Spur tendenziell zur Verminderung des Durchflusses führen kann. Die Umsetzung ist eine grosse steuerungstechnische Herausforderung. Eine notwendige Voraussetzung für die Machbarkeit sind die weitergehenden Kapazitätssteigerungsmaßnahmen auf der Osttangente in Basel, die realisiert sein müssten, wenn man die Idee Value Spur weiter

verfolgen möchte. Value Spuren haben nur dort einen Sinn, wo sie durch einen Engpass führen und unterhalb diesem nicht weitere Engpässe auftauchen.

Das Verhältnis zwischen Kosten und Einnahmen ist schlecht, weil die Einnahmen nur während einer beschränkten Zeit anfallen. Bei Value Pricing Projekten werden die generierten Nettoeinnahmen niemals ausreichen, um zusätzliche Autobahn-Fahrstreifen zu bauen.

Bei der technischen Machbarkeit sind die offenen Fragen bezüglich Spurabtrennung mit flexiblen Elementen und Schneeräumung gesondert abzuklären.

Fallstudie 3: Umfassendes Gebietspricing in der Agglomeration Zürich

Ziele

Ein Road Pricing in der Agglomeration Zürich soll helfen, die vorhandenen Strassenkapazitäten besser auszulasten und Staus und die damit verbundenen Kosten zu verringern. Die bestehenden Verkehrsmanagementinstrumente können diese Probleme zwar punktuell mildern, weisen aber keine flächendeckende Wirkung auf und können dem anhaltenden Verkehrswachstum und der abnehmenden Verkehrsqualität damit nicht entgegenwirken.

Nebst den verkehrlichen Problemen stösst auch das heutige Finanzierungssystem für den Strassenverkehr im Kanton Zürich an seine Grenzen. Für die Zukunft ist eine ganze Reihe von Verkehrsinvestitionen geplant, welche mit einem hohen Finanzbedarf verbunden sind. Die Finanzierung dieser Verkehrsinfrastrukturen ist mit den vorhandenen Mitteln und den gegenwärtigen Finanzierungsinstrumenten nicht gesichert.

Ein Road Pricing in der Agglomeration Zürich sollte deshalb sowohl einen Beitrag zum Verkehrsmanagement als auch zur Finanzierung leisten können, sowohl in der Stadt Zürich als auch den umliegenden Netzteilen in der Agglomeration (v.a. Hochleistungsstrassen).

Konzept, Ausgestaltung

Beim untersuchten Road Pricing Modell für die Agglomeration Zürich handelt es sich um ein umfassendes Gebietspricing. Dabei wird die Stadt sowie das nahe Agglomerationsgebiet in einzelne Zonen unterteilt, analog zum Zonensystem im öffentlichen Verkehr.

Ein Zonenmodell hat den Vorteil, dass einzelne Gebiete je nach aktueller, verkehrlicher Problemlage unterschiedlich stark bepreist werden können und damit ein hoher Differenzierungsgrad möglich ist. Ein Zonenmodell erlaubt überdies eine etappierte Einführung. Zudem ist dieses Tarifsysteem für den Nutzer gut verständlich und der Bevölkerung aus dem öffentlichen Verkehr bereits bekannt.

Die Einführung eines umfassenden Zonenpricings kann auf unterschiedliche Weise geschehen:

1. **Eine einzigen Stadtzone** analog zum Modell in London. In Zürich würde eine solche Zone in etwa das Stadtgebiet umfassen. In späteren Schritten könnte das System dann von innen nach aussen in die Agglomeration ausgeweitet werden.
2. **Ein ganzer Sektor** mit einer Stadtzone im Innern und zwei Aussenzonen in speziell belasteten Agglomerationsgebieten: In Zürich würde damit gemäss dem heute herrschenden Problemdruck in der Agglomeration das Limmattal und der Gubrist, eventuell auch das Glattal in das Road Pricing Gebiet einbezogen. Auch dieses Modell liesse sich später auf die anderen Agglomerationsgebiete ausweiten.
3. **Umfassendes Gebietspricing** mit einer Stadtzone als auch verschiedenen Zonen im gesamten Agglomerationsgebiet mit dem gesamten Autobahn-Umfahrungsring. In Zürich wäre ein System mit einer Stadtzone und fünf Aussenzonen denkbar.

Bei allen drei Varianten werden den Einwohnern des jeweiligen Road Pricing Gebiets Tarifreduktionen gewährt. Für die Verwendung der Einnahmen ergeben sich verschiedene Möglichkeiten. Im Zentrum steht die Senkung bestehender Abgaben (v.a. die kantonale Motorfahrzeugsteuer). Im Weiteren kann ein Teil der Einnahmen auch für den Bau von Strasseninfrastrukturprojekten sowie für den Ausbau des öffentlichen Verkehrs verwendet werden.

Die technische Ausgestaltung geschieht mit einer Kombination von Nahfunk- und Videotechnologie. Regelmässige Strassenbenutzer können ihr Fahrzeug mit einer On-Board Unit (OBU) ausrüsten. Somit wird ihre Fahrt an Funkbaken automatisch erfasst. Strassenbenutzer ohne OBU müssen ihre Fahrt manuell registrieren lassen (z.B. übers Internet, per SMS, am Kiosk). Für die Kontrolle werden fix installierte und mobile Videosysteme eingesetzt, mit denen die Kontrollschilder automatisch erkannt und überprüft werden können.

Wirkungen

Mit dem vorgeschlagenen Road Pricing Modell können gemäss ersten groben Berechnungen spürbare verkehrliche Wirkungen erzielt werden. Angenommen wird ein Zonenpreis von 4 Franken pro Fahrt, der nach verschiedenen Kriterien differenziert wird (Spitzenzeiten, Emissionsklassen). Damit wird die gesamte tägliche Verkehrsmenge mit Ausnahme des Stadtgebietes um einige Prozent reduziert. Mit einer deutlichen Reduktion der Verkehrsmengen ist jedoch dank des entsprechend differenzierten Preissystems während den Spitzenzeiten zu rechnen. Die Verkehrsreduktion beträgt gemäss ersten Abschätzungen wäh-

rend den Spitzenzeiten bei den Stadteinfahrten 8% bis 18%, bei den Einfahrten in die Agglomeration 5% bis 10%. Dieser Rückgang während den Spitzenzeiten führt zu einer Verminderung der Stauereignisse. Vor allem während der Spitzenzeiten kann überdies mit einer merklichen Verlagerung von der Strasse auf den öffentlichen Verkehr und den Langsamverkehr gerechnet werden. Die grössten verkehrlichen Effekte ergeben sich erwartungsgemäss beim umfassenden Mehrzonenmodell. Das beschriebene Modell führt im Weiteren zu einer erwünschten Verlagerung des städtischen Transitverkehrs auf den Autobahn-Umfahrungsring.

Die durch das gewählte Road Pricing Modell generierbaren Bruttoeinnahmen sind beträchtlich. Sie belaufen sich gemäss ersten Abschätzungen je nach Variante auf ca. 150 Mio. CHF (nur Stadtzone) bis 500 Mio. CHF (Mehrzonenmodell). Allerdings wird ein beträchtlicher Teil (gut 15%) dieser Bruttoerträge für den Bau und Unterhalt der Erfassungsstellen sowie den Betrieb (Gebührenerhebung, Inkasso etc.) verbraucht. Mit diesen Einnahmen kann ein Potenzial in der Grössenordnung der kantonalen Verkehrsabgaben (ca. 260 Mio CHF) erwartet werden.

Die dargestellten Ergebnisse zu den verkehrlichen und finanziellen Wirkungen der vorliegenden Fallstudie beruhen auf zahlreichen Annahmen und relativ groben Berechnungen. Für eine detaillierte Prüfung der Machbarkeit dieses Road Pricing Modells müssten vor allem die verkehrlichen und finanziellen Wirkungen verifiziert und in einer weitergehenden Studie vertiefter analysiert und berechnet werden (u.a. mit Hilfe eines bimodalen Verkehrsmodells).

Beurteilung, Erkenntnisse

Das untersuchte Road Pricing Modell ist technisch grundsätzlich gut umsetzbar, weil es sich auf eine erprobte Technologie stützt. Je höher der Komplexitätsgrad und je grösser das Einzugsgebiet, desto grösser die erwünschten Wirkungen, desto geringer auch die Gefahr, dass Verkehr in die umliegende Agglomerationsgemeinden verdrängt wird. Bei einem höheren Komplexitätsgrad (z.B. beim Mehrzonenmodell) ist andererseits die technische Umsetzung sehr aufwändig. Ein Vorteil des vorgeschlagenen, umfassenden Gebietspricings liegt darin, dass die Tarife zonenweise angepasst werden können, was ein hohes Potenzial für zeitliche und räumliche Differenzierungen bietet.

Fallstudie 4: Flächendeckende Kilometerabgabe für PW

Ziele

Mit der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) hat die Schweiz ein flächendeckendes Abgabemittel für den LKW-Verkehr entwickelt und erfolgreich umgesetzt. In dieser Fallstudie wird die Einführung einer ähnlichen, flächendeckenden Kilometerabgabe für Personenwagen untersucht. Im Zentrum steht dabei ein Umbau des heutigen Strassenfinanzierungssystems, hin zu einem stärker verursacherabhängigen Abgabesystem mit besseren Lenkungsmöglichkeiten. Die zeitliche Ausrichtung ist längerfristig.

Heute stösst die Mineralölsteuer als Finanzierungsinstrument an Grenzen, infolge der Erdölpreisentwicklung einerseits und wegen möglicher Ausweicheffekte („Tanktourismus“) andererseits. Gleichzeitig kann sowohl die pauschale Nationalstrassenabgabe (Autobahn vignette) als auch die kantonale Motorfahrzeugsteuer das Verursacherprinzip zu wenig umsetzen und keinen Lenkungseffekt erzielen. Eine moderne Kilometerabgabe für PW würde im Gegensatz zu den anderen Fallstudien die gesamte Schweiz betreffen und ‚Top-down‘ eingeführt. Im Vordergrund stehen bei diesem Modell folgende strategischen Ziele:

- › Neues Finanzierungsinstrument auf Bundesebene, das räumlich und zeitlich differenziert werden und somit auch eine Lenkungsfunktion übernehmen kann.
- › Ablösung heutiger pauschaler Finanzierungssysteme und Entlastung der Funktion der Mineralölsteuer.

Konzept, Ausgestaltung

Für die Einführung einer nationalen Kilometerabgabe gibt es grundsätzlich zwei mögliche Stossrichtungen. Die eine Möglichkeit beinhaltet eine distanzabhängige Bepreisung (Kilometerabgabe) des Nationalstrassennetzes (Netzpricing). Es handelt sich demnach zunächst um eine reine Bundeslösung. Die zweite Variante dagegen beinhaltet eine flächendeckende Kilometerabgabe auf allen Strassen (Gebietspricing). Die erste Variante (Kilometerabgabe für Autobahnen) kann unter Umständen in einem zweiten Schritt auch in eine flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen münden. Dazu müssen allerdings die entsprechenden technologischen Voraussetzungen erfüllt sein. Bezüglich technischer Umsetzung, Tarifniveau und Einnahmenverwendung sehen die beiden Varianten folgendermassen aus:

1. **Kilometerabgabe für Autobahnen:** Aus technischer Sicht lässt sich die Kilometerabgabe für Autobahnen mit den heute vorhandenen Technologien umsetzen, Einschränkungen gibt es allerdings mit dem Vollzug an der Grenze. Die Erfassung der Fahrzeuge erfolgt mittels Nahfunktechnologie, wobei dazu alle Fahrzeuge obligatorisch mit einer On-

Board Unit (OBU) ausgerüstet sein müssen. Im Weiteren müssen alle Abschnitte des schweizerischen Autobahnnetzes mit Nahbereichsfunk-Portalen ausgerüstet werden. Weil an der Grenze die Ausrüstung sämtlicher ausländischen Fahrzeuge mit einer OBU aus verkehrstechnischen und betrieblichen Gründen nicht möglich ist, ist es nötig, dass auch der überwiegende Anteil der ausländischen Fahrzeuge bereits über eine OBU verfügt. Für die Kontrolle der Fahrzeuge werden automatische Videostationen mit Kontrollschilderkennung (fix und mobil) sowie herkömmliche visuelle Kontrollen eingesetzt. Bezüglich Abgabenhöhe sind zwei Stufen denkbar. In einem ersten Schritt wird die Abgabenhöhe so gewählt, dass damit die heutige Autobahnvignette abgeschafft und durch die neue, distanzabhängige Abgabe ersetzt werden kann. So ergibt sich ein Tarif von ca. 1.5 Rp. pro Kilometer Autobahn. In einem zweiten Schritt könnte die Abgabe erhöht werden und zusätzlich auch der Mineralölsteuer-Zollzuschlag ersetzt werden. Die Tarife erhöhen sich damit auf rund 9 bis 10 Rp. pro Kilometer. Die Kilometerabgabe für Autobahnen kann räumlich und zeitlich weiter differenziert werden, z.B. durch Zuschläge zu Spitzenzeiten oder auf stark belasteten Abschnitten. Überdies ist auch eine punktuelle räumliche Ausdehnung auf weitere Strassen denkbar.

2. **Flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen:** Die technischen Voraussetzungen für eine flächendeckende Abgabe für alle Strassen sind heute noch nicht gegeben. Die Nahfunktechnologie ist für einen flächendeckenden Einsatz nicht geeignet und ein LSVA-ähnlicher Ansatz für PW im Moment nicht umsetzbar. Somit bleibt einzig die GPS-Technologie, die für einen flächigen Einsatz zwar ideal wäre und ein grosses Differenzierungspotenzial bieten würde, aber zurzeit für eine flächige Anwendung noch nicht ausgereift ist. Während die Erfassung mittels GPS-Technologie erfolgt, geschieht die Kontrolle mit einer Kombination von Nahfunk- und Videotechnologie. Voraussetzung ist jedoch, dass alle Fahrzeuge (inkl. den ausländischen) obligatorisch mit entsprechenden Geräten (OBUs) ausgerüstet sind.

Bezüglich Abgabenhöhe sind wiederum zwei Schritte denkbar. In einem ersten Schritt könnte die Abgabenhöhe so gewählt werden, dass damit die kantonale Motorfahrzeugsteuer ersetzt werden kann. In einem nächsten Schritt könnten dann alle für den Strassenverkehr zweckgebundenen Einnahmen auf dem Kilometerpreis überwälzt werden (Autobahnvignette, kant. Motorfahrzeugsteuer und alle zweckgebundenen Teile der Mineralölsteuer) und somit das Finanzierungssystem vollständig umgebaut werden. Auf diese Weise ergeben sich Gebühren von durchschnittlich 8 bis 9 Rp. pro Kilometer Strasse (auf gesamtem Strassennetz). Auch beim flächendeckenden System für alle Strassen

besteht ein grosser Spielraum für Differenzierungen (räumlich, zeitlich, nach Emissionskategorie etc.). Im Gegensatz zur Kilometerabgabe auf Autobahnen ist bei der flächendeckenden Kilometerabgabe eine Rückverteilung eines Teils der Einnahmen an die Kantone notwendig, wenn die kantonale Motorfahrzeugsteuer ersetzt wird.

Wirkungen

Grundsätzlich schafft vor allem die Variabilisierung der heute fixen Abgaben (Autobahnvignette, kantonale Motorfahrzeugsteuer) Anreize für eine Verkehrsreduktion. Durch die Umlegung der Autobahnvignette auf eine Kilometerabgabe für Autobahnen ergibt sich gemäss Grobschätzung eine Verkehrsreduktion von 1–3% auf den Autobahnen. Eine Ablösung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer und der Autobahnvignette durch eine flächendeckende Kilometerabgabe auf allen Strassen führt zu einer Reduktion von ungefähr 4–6% auf allen Strassen. Die Umlegung der Mineralölsteuer in eine distanzabhängige Abgabe hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Verkehrsmenge, weil auch die Mineralölsteuer leistungsabhängig ist. Allerdings hat eine differenzierte Kilometerabgabe den grossen Vorteil, dass zusätzlich eine zeitliche und räumliche Lenkung möglich ist.

Bei der Kilometerabgabe auf Autobahnen wären Verdrängungseffekte des Verkehrs auf das untergeordnete Strassennetz zu erwarten, die mit geeigneten flankierenden Massnahmen minimiert werden müssten (z.B. wichtigste Ausweichrouten weniger attraktiv machen bzw. punktuell ebenfalls bemaute). Die Erfahrung zeigt allerdings, dass die entsprechenden Möglichkeiten beschränkt sind.

Auf das Einnahmenniveau haben die Kilometerabgaben per Definition keinen Einfluss, weil die Tarife auf das heutige Einnahmenniveau ausgerichtet sind. Das gesamte Abgabenniveau steigt also nicht an. Allerdings werden die Betriebs- und Investitionskosten bei einer Kilometerabgabe höher sein als heute.

Beurteilung, Erkenntnisse

Während eine auf Autobahnen beschränkte Kilometerabgabe aus technischer Sicht umsetzbar ist, sind die technischen Voraussetzungen für eine flächendeckende Abgabe für alle Strassen heute noch nicht gegeben. Die flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen ist eine Langfristvision für ein vollständig verursachergerechtes Strassenabgabensystem, das zudem sehr stark differenziert werden kann (nach diversen räumlichen oder zeitlichen Kriterien). Obwohl technisch umsetzbar, stellen sich auch bei der Kilometerabgabe für Autobahnen im Vollzug gewisse Probleme (z.B. OBU-Verteilung an ausländische Fahrzeuge), so-

dass eine Einführung nur längerfristig denkbar ist (im Zusammenhang mit der Einrichtung des europäischen elektronischen Mautdienstes, European Electronic Tolling Service EETS).

Eine Variabilisierung der heutigen Nationalstrassenabgabe kann einen möglichen ersten Schritt darstellen für den Beginn der Umgestaltung des schweizerischen Strassenabgabensystems. Allerdings ist zu beachten, dass bei einem allfälligen Übergang von einer Autobahn-Abgabe zu einer flächendeckenden Abgabe ein aufwändiger Technologiewechsel nötig sein könnte, wenn für die Autobahnabgabe auf ein Nahfunk-/Videosystem gesetzt würde.

Das beschriebene System einer nationalen Kilometerabgabe ist auch kombinierbar mit anderen Road Pricing Modellen, insbesondere einem Road Pricing in Agglomerationen oder einem Value Pricing, wie es in Fallstudie 3 (Agglomeration Zürich) bzw. Fallstudie 2 (Value Pricing Basel) dargestellt ist.

4. GESAMTERKENNTNISSE UND FOLGERUNGEN

Allgemeine Erkenntnisse

Die vier vertieften Fallbeispiele leuchten ganz unterschiedliche Aspekte und Zeithorizonte von Road Pricing aus. Entsprechend schwierig gestaltet sich ein direkter Vergleich. Interessant sind aber folgende Aspekte:

- › Road Pricing umfasst ein Spektrum vom einfachen Bepreisen (Bemauten) eines Strassenabschnitts bis hin zu einer Umgestaltung des Abgabensystems für den Strassenverkehr in der Schweiz. Grundsätzlich ist dieses ganze Spektrum – mit unterschiedlichen strategischen Zielen und unterschiedlicher Ausrichtung – für die Schweiz denkbar.
- › Die Ausgestaltung von Road Pricing auf strategischer Ebene ist sehr stark abhängig vom Problemdruck, von den vorhandenen verkehrspolitischen Zielen und von der Aufgabenteilung und den Zuständigkeiten (v.a. Bund – Kanton – Gemeinden). Vor dem Hintergrund der aktuellen verkehrspolitischen und finanzpolitischen Diskussionen sind verschiedene strategische Ausrichtungen und Kompetenzebenen für Road Pricing denkbar.
- › Die Ausgestaltung hängt auch stark von der eingesetzten Technologie ab. In der Schweiz sind – im Gegensatz zu verschiedenen ausländischen Beispielen – manuelle Erfassungen unzuweckmässig und deshalb von Anfang an elektronische Erfassungs- und Abrechnungssysteme einzusetzen. Mit Ausnahme des Falls Value Pricing müssen Lösungen gefunden werden, wie Gelegenheitsbenützer ohne Erfassungsgerät an Mautstellen diskriminierungsfrei abgefertigt werden können. Dies ist mit bedeutenden Kosten verbunden. Grundsätzlich lässt sich festhalten: Je einfacher ein Modell, desto eher sind die heutigen zur Verfü-

gung stehenden technischen Möglichkeiten (insbesondere Nahfunktechnologie und automatische Nummernschilderkennung mittels Videotechnik) mit vernünftigem Aufwand einsetzbar. Je komplexer und differenzierter ein Modell, desto eher empfiehlt sich eine Einführung erst dann, wenn ein europaweit kompatibles System zur Verfügung steht und eine europaweite Ausrüstungspflicht der Fahrzeuge mit Erfassungsgeräten besteht.

- › Die verkehrlichen Wirkungen sind sehr stark abhängig von drei Parametern: Vom Tarifniveau, von den Alternativen (zeitlich, Route, Verkehrsmittel) und von den flankierenden Massnahmen (z.B. Senkung von anderen Abgaben, Massnahmen zur Verhinderung von unerwünschten Ausweicheffekten). Die Beispiele für Value Pricing Augst-Basel und Gebietspricing Zürich zeigen auf, dass mit substantiellen Tarifen durchaus auch spürbare Wirkungen erzielt werden können, dies insbesondere in den Spitzenzeiten mit guten Alternativen. Das Beispiel Value Pricing zeigt aber auch, dass sich der Einsatz von Preisinstrumenten bei gewissen Belastungszuständen auch kontraproduktiv auf die Durchflussmenge auswirken kann.
- › Die finanziellen Wirkungen können als abgeleitete Grösse der Ausgestaltung und den verkehrlichen Wirkungen bezeichnet werden. Die Beispiele (insbesondere für Zürich und die gesamte Schweiz) zeigen, dass mit Road Pricing spürbare Einnahmen erzeugt werden können, die ein Potenzial aufweisen, bestehende Strassenabgaben zu ersetzen. Im Gegensatz dazu generieren Road Pricing Systeme, welche darauf ausgelegt sind Verkehrsspitzen zu brechen, nur geringe Einnahmen. Je nach Modell ist dies jedoch ein sekundäres Ziel. Selbst bei stark lenkungsorientierten Modellen wie etwa einem Value Pricing in Basel können positive Nettoeinnahmen erzielt werden.
- › Die Verwendung der Einnahmen ist ein ganz zentrales Element für die Ausgestaltung und auch für die Akzeptanz. Wiederum sind zweckmässige Möglichkeiten von den Zielen abhängig:
 - › Bei einem lokal begrenzten Road Pricing mit starkem Fokus auf der verkehrlichen Zielsetzung (Fallbeispiele Value Pricing Augst-Base und allenfalls Gotthard) werden die Einnahmen sinnvollerweise für das Lenkungsziel eingesetzt (z.B. Beseitigung Staus, Umlagerung des Verkehrs auf eine Umfahrungsachse, Minimierung der Umweltbelastungen des Strassenverkehrs).
 - › Bei einem flächendeckenden Road Pricing bieten sich verschiedene Lösungen an. Nahe liegend und in einzelnen Modellen auch skizziert ist die Senkung oder Abschaffung bestehender (v.a. fixer) Abgaben. Erst eine Nettoerhöhung der Abgabenlast führt aber zu Mehreinnahmen: In diesem Fall spielt wiederum der Problemdruck und der Einsatz

von zweckmässigen Alternativen eine wichtige Rolle. Die Verwendung der Einnahmen aus Road Pricing für den öffentlichen Verkehr ist dann sinnvoll, wenn dieser eine solche Alternative darstellt.

Vertiefungsbedarf

Die Fallbeispiele sind als erste Skizzen zu verstehen und leuchten in erster Linie die Palette von Ausgestaltungsmöglichkeiten aus. Vertiefungsbedarf besteht sowohl auf der strategischen Ebene (institutionelle Einbettung, v.a. auch Rollenteilung Bund-Kanton-Gemeinden; Einbettung in das Verkehrsmanagement und in das Finanzierungssystem), auf der Wirkungsebene (empirische Grundlagen für die Schweiz, Einsatz von Verkehrsmodellen) und auf der Vollzugsebene (Detailausgestaltung zur Klärung der technischen Machbarkeit und Kostenfolgen). Dazu sind sowohl Vertiefungen auf der Ebene der Forschung als auch der konkreten Anwendung zweckmässig. Mit dem Forschungsprogramm ‚Mobility Pricing‘ hat der Bund die wichtigen Forschungsfragen aufgenommen. Parallel ist die Detailausgestaltung von Versuchsbetrieben sinnvoll, um 1:1 Erfahrungen zu erhalten und auch die Akzeptanzfragen zu konkretisieren. Die Studie hat gezeigt, dass bei der Umsetzung von möglichen Road Pricing Formen in jedem Fall eine dynamische Betrachtungsweise notwendig ist, d.h. die Modelle in Etappen angedacht und entwickelt werden müssen.

RESUME

1. BUT ET CONTENU DE L'ETUDE

Le péage routier est un instrument d'ordre économique en mesure d'influencer la demande en matière de transport et de contribuer à la génération de recettes. Ce projet de recherche SVI analyse les différentes possibilités de mise en œuvre d'un péage routier en Suisse. Dans cette optique, on examinera tout d'abord les expériences faites à l'étranger, puis les différents paramètres de ces modèles seront systématiquement discutés. Différentes formes d'application envisageables en Suisse seront esquissées, puis grossièrement évaluées à l'aide de quatre études de cas illustratives. L'étude apporte ainsi une contribution à d'éventuels projets plus approfondis (au niveau national ou régional). Le projet est focalisé sur des redevances d'utilisation perçues sur le trafic motorisé privé; d'autres instruments de péage routier (p. ex. taxes de stationnement et tarifs des transports publics) ne sont pas l'objet de cette étude.

2. FONDEMENTS DES MODELES

L'analyse des différentes expériences de péages routiers faites à l'étranger sur les autoroutes et agglomérations ainsi que l'analyse des paramètres de ces modèles permettent de tirer les conclusions suivantes:

- › Le péage routier fonctionne: les exemples à l'étranger mettent en lumière les facteurs qui garantissent une mise en œuvre couronnée de succès, tant sur le plan des objectifs de financement que de l'influence du trafic. On assiste en ce moment à une évolution importante dont les causes principales sont les problèmes dans le domaine du trafic lourd (redevances sur le trafic des poids lourds), les problèmes croissants de capacité et de financement des infrastructures existantes, le développement technique des systèmes de redevance et la constatation que la population est disposée à accepter le principe du pollueur-payeur dans le domaine des transports. C'est en premier lieu dans les zones urbaines (p. ex. Londres, Oslo, Rome) que l'on trouve des modèles efficaces en matière de circulation automobile privée.[^]
- › Il est judicieux de différencier trois niveaux parmi les paramètres du système du péage routier:
 - › Le niveau stratégique: Quelle est la fonction du péage routier en matière de politique des transports quant aux objectifs fixés (principalement gestion et financement du

trafic), à son importance et à son intégration dans l'ensemble des instruments de politique des transports?

- › Le niveau d'exploitation: Qui aura quel rôle et quelles compétences dans le cadre de l'application du péage routier? Qui possède quels droits légaux sur les recettes?
 - › Le niveau d'exécution: Comment résoudra-t-on les questions d'enregistrement, d'encaissement et de contrôle lors de la mise en œuvre du péage routier?
- › On peut dériver différents modèles à partir de ces éléments de base: pour les autoroutes, il existe une redevance perçue sur l'objet (taxation d'un tronçon de route), une redevance perçue sur l'intégralité du réseau (taxation de tout un réseau ou partie d'un réseau) et, enfin, un péage de congestion (Value Pricing) (plus-value sous forme de contournement des embouteillages). Il existe encore d'autres modèles pour les agglomérations: le péage d'entrée dans une ville (taxation d'une autoroute de contournement), le système de l'«Area Licensing» ou vignette urbaine (taxation de zones particulières) et un péage complexe de région (combinaison entre une redevance perçue sur le réseau et une redevance de type «Area Licensing»).
- › Il convient de distinguer deux voies d'application: la méthode ascendante (bottom up) qui prévoit la taxation de zones à problèmes spécifiques (p. ex. les régions à forte densité urbaine ou des tronçons de route particuliers) ou la méthode descendante (top down) avec laquelle des réseaux entiers sont soumis à la redevance (voire même l'ensemble du territoire dans un cas extrême).

3. LES EXEMPLES DE CAS

Etude de cas 1: Faisabilité technique et administrative d'un péage routier au Gothard

Buts

Cette étude de cas analyse la faisabilité d'un péage routier sur un objet spécifique à l'exemple du tunnel du Gothard. L'étude de cas se limite aux aspects administratifs et techniques de la faisabilité dans lesquels sont compris les coûts d'instauration et d'exploitation du système de perception du péage. Les aspects relatifs à la planification du trafic et à la politique financière ne sont pas pris en considération, ceux-ci étant l'objet d'une étude parallèle «Péage routier au Gothard» réalisée par l'entreprise de planification Metron. C'est pourquoi cette étude se penche uniquement sur la question de savoir comment percevoir

une taxe de passage au tunnel du Gothard si, pour des raisons de politique des transports, on décidait d'instaurer un tel péage.

Concept, mise en œuvre

Une éventuelle perception de redevances au tunnel du Gothard se limite au trafic des voitures de tourisme, vu que le trafic des poids lourds est déjà pris en compte par la RPLP. Une redevance supplémentaire sur le transit alpin des poids lourds n'est pas sujette à discussion en ce moment en raison de l'accord sur le transit conclu entre la Suisse et l'UE.

La circulation à travers le tunnel du Gothard est soumise à de très fortes variations. Elle fluctue en effet entre 3'400 et 15'500 véhicules par jour et par direction. Un système de perception de redevances doit être aménagé de telle façon qu'il ne cause pas d'embouteillages supplémentaires aux jours de pointe.

Techniquement, on disposerait en principe de deux méthodes différentes pour l'instauration d'un péage au tunnel du Gothard: d'une part le péage manuel ou par caisses automatiques, d'autre part le péage électronique. A son tour, le péage électronique se subdivise en deux catégories principales:

1. La saisie sur voie unique (Single Lane Tolling)
2. La saisie sur voies multiples sans restriction du flux de trafic (Free-flow Multilane Tolling)

Des raisons liées à la technique de transport et au manque de place disponible rendraient le péage de type «Free-flow Multilane» plus avantageux. Le problème épineux à résoudre est – comme pour tous les systèmes de péage – celui des usagers occasionnels qui ne disposent pas de l'équipement ad hoc dans le véhicule ou qui arrivent à l'entrée du tunnel sans droit de transit et doivent être enregistrés sur place ou avoir la possibilité de s'acquitter du péage dans un certain délai auprès des postes appropriés. Dans le même temps, l'exploitant du péage devrait être en mesure de repérer les usagers qui ne s'acquitteraient pas de l'obligation d'enregistrement et de paiement ultérieurs, de les mettre en demeure et, le cas échéant, de les poursuivre en justice, ce qui occasionnerait d'importantes dépenses liées au contrôle et à l'application de sanctions, compte tenu de la proportion élevée de véhicules étrangers. Il faut donc renoncer au système de perception de type «Free-Flow Multilane» pour le tunnel du Gothard, puisque les problèmes d'acquisition du droit de circulation pour les usagers occasionnels sont pratiquement insolubles sur une liaison internationale fortement touristique.

Seul un concept mixte entre donc en ligne de compte, c'est-à-dire un péage électronique combiné à un péage manuel/par caisses automatiques, pour profiter d'un côté des avantages que possède le péage automatique dont le procédé de paiement ne nécessite pas l'arrêt du véhicule et permettre d'autre côté le passage des véhicules non équipés d'un dispositif d'identification par radiofréquences (DSRC-Tag). L'introduction d'une obligation d'équiper les véhicules de dispositifs DSRC représenterait une violation de l'interdiction de discriminer.

Le péage du tunnel du Gothard au moyen d'un concept mixte comprenant des voies de paiement manuelles et électroniques rend indispensable l'installation de postes de péage devant l'entrée du tunnel dans les deux sens de circulation. Le système de péage doit être intégré dans le dispositif de «compte-gouttes» déjà existant des deux côtés du tunnel. Il est avantageux d'installer le poste de péage entre la zone de régulation et l'entrée du tunnel. La régulation et pré-régulation du trafic lourd présente l'avantage – même en cas de dysfonctionnements – de ne laisser passer que le nombre de véhicules pouvant passer sans encombres, aussi bien par le tunnel que par le poste de péage.

Une première analyse a montré qu'il était nécessaire d'équiper chacun des deux postes de péage de trois voies dotées de caisses de paiement automatiques (carte de crédit et monnaie) et de barrières, celles-ci pouvant également être occupées par du personnel d'exploitation en cas de forte affluence, ainsi que d'une voie de péage via dispositif DSRC pouvant être franchie sans s'arrêter. De plus, les voies d'entrée de Göschenen et respectivement d'Airolo doivent également être équipées de caisses automatiques. Ces installations doivent être disposées sur une surface très restreinte.

Appréciation, conclusions

- › En principe, la perception d'une redevance pour le tunnel du Gothard appliquée au trafic des voitures de tourisme est réalisable, aussi bien du point de vue de la technique que de l'exécution. La faisabilité des constructions serait encore à établir sur la base d'études de projets locales.
- › La redevance ne peut être perçue au moyen du procédé de péage «Free-Flow Multilane»; il faut au contraire prévoir des postes de péage à voies séparées des deux côtés du tunnel.
- › Toutefois, l'instauration des postes de péage présuppose la réalisation préalable de centres de compétence pour le trafic lourd des deux côtés du tunnel du Gothard. La place nécessaire pour les postes de péage devant les entrées du tunnel est occupée au détriment des bandes d'arrêt d'urgence et des aires destinées au contrôle et à l'enregistrement des trans-

ports de marchandises dangereuses ainsi que pour les services d'intervention. Cela implique que ces contrôles doivent pouvoir être effectués dans les centres de compétence pour le trafic lourd (CCTL) d'Erstfeld et de Bodio. Des surfaces de remplacement doivent être trouvées pour les services d'intervention.

- › Les véhicules déjà soumis à la RPLP ne doivent pas payer en plus une redevance au Gothard. Ces véhicules peuvent circuler gratuitement sur la voie de péage électronique qui doit être dotée à cette fin de l'équipement de classification nécessaire.
- › Les coûts d'instauration d'un péage sur le trafic au Gothard se montent à:
 - › Frais d'investissement: 18 millions de CHF environ, pour autant que l'aire de trafic et de réserve actuelle soit suffisante, sinon des coûts d'infrastructure d'un montant indéterminé s'y ajouteraient.
 - › Frais d'exploitation: 8 millions de CHF/année environ.

Etude de cas 2: Péage de congestion (Value Pricing) dans l'agglomération bâloise

Buts

Aux Etats-Unis, des voies de congestion sont aménagées dans diverses agglomérations. Les voies de congestion sont des voies de circulation spéciales sur l'autoroute sur lesquelles ne peuvent circuler que les véhicules ayant payé un droit d'utilisation. Le tarif d'utilisation est aménagé de telle façon que la voie de congestion fonctionne à la limite supérieure de sa capacité, c'est-à-dire qu'un nombre maximum de véhicules circulent sur cette voie, sans que la fluidité du trafic ne soit entravée à aucun moment et que le trafic ne soit totalement paralysé par une fréquentation excessive de la voie. Ceci implique une tarification variable en fonction de l'intensité du trafic.

L'exemple de l'autoroute «A2 Augst-Bâle» a été choisi parce que ce tronçon à trois voies, avec 60'000 véhicules par jour et par direction, est l'un des plus fréquentés de Suisse avec des embouteillages d'une fréquence correspondante (2004: 273 heures dont 166 dues à une surcharge de trafic). Lors d'embouteillages dus à une surcharge de trafic, le prolongement de la durée de transit peut atteindre 15 minutes.

Concept, mise en œuvre

Sur l'A2, entre l'embranchement d'Augst et la sortie de Bâle-Sud, se trouvent les entrées et les sorties de Liestal et Pratteln ainsi que l'embranchement de Hagnau. Aujourd'hui, le tronçon est à trois voies sur toute la longueur, mais il est actuellement resserré à deux voies au moyen de signaux lumineux à proximité de l'embranchement de Hagnau, afin de simplifier

l'entrecroisement de l'entrée de la H18. Après l'assainissement général de 2006/2007, la voie de sortie en direction de la H18 sera prolongée jusqu'au tunnel de Schweizerhalle au détriment de la bande d'arrêt d'urgence, de telle sorte que l'autoroute sera dotée de quatre voies sur près de 3 km.

On peut envisager d'utiliser la voie de circulation située à l'extrémité gauche de l'autoroute A2 comme voie de congestion dans l'agglomération bâloise, depuis l'embranchement d'Augst jusqu'à la sortie «Basel-City» (embranchement Bâle-Sud). La voie de congestion est séparée des autres voies par une ligne profilée avec cavaliers supplémentaires qui peut être franchie sur toute la longueur par les services de sauvetage. En revanche, les véhicules usuels ne peuvent circuler que sur toute la longueur de la voie de congestion, entre Augst et Bâle; des entrées et des sorties intermédiaires ne sont pas tolérées. De cette manière, la fluidité du trafic est garantie et la technologie du système s'en trouve sensiblement simplifiée.

Avec le concept de péage de congestion Augst-Bâle, on part du principe qu'il n'y a plus d'autres goulots d'étranglement sur le tronçon de la tangente Est en aval du goulot d'étranglement de l'embranchement de Hagnau, du fait que des mesures supplémentaires d'augmentation de capacité seront réalisées dans la région urbaine de Bâle.

Pour parvenir à augmenter la capacité du tronçon d'autoroute concerné, le tarif doit être en rapport direct avec la situation du trafic. L'utilisation de la voie de congestion ne coûtera donc rien ou très peu en cas de faible trafic, tandis que le tarif augmentera proportionnellement en cas de fréquentation élevée, de trafic en accordéon ou d'embouteillage. On souhaite ainsi faire en sorte que la voie de congestion soit toujours chargée, que sa capacité limite (env. 1'500 à 1'800 véhicules/h) ne soit toutefois pas dépassée et que la fluidité du trafic sur la voie de congestion soit ainsi garantie à tout moment et que la capacité sur le tronçon soit augmentée. Avant d'utiliser la voie de congestion, le prix de transit doit être fixé de façon claire.

Aussi longtemps que nous ne disposons que de peu de renseignements sur la disposition des automobilistes à payer pour éviter les embouteillages, il faudra s'appuyer sur une tarification qui repose sur de simples hypothèses. On partira donc du principe que les tarifs pourraient s'élever à 3 ou 4 CHF durant les heures de pointe. Sur la base des courbes de variation, les taxes pourraient être prélevées sur une durée de 1'500 heures par année. Vu que les taxes doivent être fixées à un niveau relativement bas en dehors des heures de pointe, elles n'influencent pas le montant total des recettes, bien qu'elles soient perçues sur un nombre d'heures élevé.

Deux plans de tarification sont pris en considération pour le calcul des tarifs et des recettes:

- › Plan de tarification A: tarifs bas et peu d'échelons tarifaires
- › Plan de tarification B: tarifs plus élevés et plus d'échelons tarifaires

Dans ces deux plans de tarification on renonce à une tarification progressive en fonction des catégories de véhicules ou du taux d'occupation (nombre de personnes par véhicule).

Le péage peut être perçu à l'aide de la technologie DSRC («péage électronique»). Le système de saisie repose sur l'équipement obligatoire des véhicules d'un dispositif OBU DSRC (OBU: On-Board-Unit). L'OBU permet l'identification des véhicules via radiofréquences relativement à l'autorisation de circuler et sert à la saisie de l'utilisation de la voie de congestion dans le système de fond en vue de la facturation périodique. Le contrôle est effectué automatiquement et les sanctions sont appliquées selon la même procédure que pour les contrôles de vitesse.

Il convient de renoncer à une différenciation en fonction du taux d'occupation des véhicules. La saisie et le contrôle entraîneraient des frais trop élevés, tout en laissant place à des incertitudes.

Effets

Actuellement, il manque en Suisse des indications quantitatives sur la disposition des automobilistes à payer des redevances d'utilisation routière. Cette lacune va être comblée par le paquet de recherche «Mobility Pricing» de l'OFROU. En l'absence de ces connaissances, une évaluation grossière des recettes brutes a été effectuée sur la base d'une «supposition fondée», qui repose sur les hypothèses suivantes:

- › Tarifs fixés selon le plan de tarification
- › Débit maximum sur la voie de congestion: 1'500 véhicules/h
- › Débit moyen durant la période concernée: 80% à 90% durant l'heure de pointe, 60% le reste du temps par forte densité de trafic
- › Pas de moins-perçu à cause des resquilleurs mais pas non plus d'excédents dus aux frais d'établissement/amendes de ces derniers.

Sur la base de ces hypothèses, on compte sur des recettes brutes de 5 à 10 millions de CHF/année et, après déduction des frais de perception (investissement et exploitation), sur des recettes nettes de 2 à 6 millions de CHF/année. Le rapport désavantageux entre les coûts du système de perception et les recettes résulte du fait que le système ne peut géné-

rer des recettes que durant 1/6 (plan de tarification A), respectivement la moitié du temps (plan de tarification B), alors que les frais fixes sont permanents. Ce phénomène est observable sur tous les systèmes de péage routier qui sont destinés à éliminer les pointes de trafic.

La voie de congestion augmente de 10% le débit de la section comparé à une situation de «paralyse totale du trafic». Il en va autrement dans le cas d'un «trafic instable» où la capacité diminue de 8% avec la voie de congestion, puisqu'une certaine réserve de capacité qui prend en compte les fluctuations doit toujours être maintenue par rapport à la valeur théorique maximale. Pratiquement, cela signifie qu'en cas d'augmentation de trafic la voie de congestion accélère la formation de l'embouteillage, mais qu'elle est d'un grand secours une fois que celui-ci s'est produit. Il est loin d'être évident que le système de tarification puisse être piloté de manière si fine que l'on parvienne à éviter l'embouteillage à effet de «bascule» - trafic en accordéon - en particulier si l'on considère que les conditions météorologiques ou de luminosité ont une grande influence sur la capacité.

Appréciation, conclusions

L'étude de cas montre que la mise en œuvre d'un système de péage pour l'exploitation de tronçons routiers particulièrement fréquentés peut en principe engendrer un débit accru. Mais ceci est uniquement le cas lors d'une paralysie totale du trafic. Dans certaines conditions de fréquentation, il est même possible que la voie de congestion ait tendance à engendrer une baisse de débit. L'application de ce système représente donc un défi important du point de vue de la technique de pilotage. Une des conditions nécessaires à la faisabilité d'une voie de congestion - si l'on voulait en poursuivre l'idée - serait la réalisation préalable de plus amples mesures d'augmentation de capacité sur la tangente Est à Bâle. Il n'est judicieux de créer des voies de congestion que là où elles conduisent à travers un goulot d'étranglement et qu'aucun autre goulot d'étranglement n'apparaît en aval.

Le rapport entre les coûts et les recettes est désavantageux du fait que les recettes ne sont générées que durant une période limitée. Les recettes nettes générées par les projets de péage de congestion ne suffiront jamais au financement de la construction de voies de circulation supplémentaires sur les autoroutes.

Pour ce qui est de la faisabilité technique, les questions ouvertes concernant la séparation de la voie à l'aide d'éléments mobiles et le déneigement doivent être clarifiées séparément.

Etude de cas 3: Péage complexe de région dans l'agglomération zurichoise

Buts

Un péage routier dans l'agglomération zurichoise doit contribuer à mieux exploiter les capacités routières existantes et à diminuer les embouteillages et les coûts y relatifs. Les instruments de gestion du trafic existants peuvent atténuer ponctuellement ces problèmes, mais ils ne produisent aucun effet généralisé et ne peuvent donc pas faire face à un essor continu du trafic ni à la baisse de qualité du trafic qui en résulte.

Outre les problèmes liés au trafic, c'est aussi le système de financement actuel du trafic routier dans le canton de Zurich qui atteint ses limites. Toute une série d'investissements pour l'avenir sont planifiés dans le domaine des transports, ce qui va de pair avec des besoins financiers élevés. Les moyens disponibles et les instruments de financement actuels n'assurent pas le financement de ces infrastructures de transport.

C'est pourquoi un péage routier dans l'agglomération zurichoise devrait contribuer à la fois à la gestion du trafic et à son financement, aussi bien dans la ville de Zurich que sur les parties avoisinantes du réseau dans l'agglomération (en particulier sur les routes à grand débit).

Concept, mise en œuvre

Le modèle de péage routier étudié pour l'agglomération zurichoise est un péage complexe de région. Dans ce modèle, la ville ainsi que l'agglomération proche sont subdivisées en zones, de façon comparable au système de zones adopté dans le domaine des transports publics.

Une tarification par zones présente l'avantage que les différentes régions peuvent être taxées plus ou moins fortement en fonction des problèmes de trafic actuels, ceci permettant un degré de différenciation élevé. Une tarification par zones permet de plus une introduction progressive. En outre, ce système tarifaire est facile à comprendre pour l'utilisateur et déjà connu de la population dans le domaine des transports publics.

L'introduction d'un péage complexe par zones peut être effectuée de diverses manières:

1. **Une zone urbaine unique** comme dans le modèle londonien. A Zurich, une telle zone engloberait à peu près toute la région urbaine. Lors d'étapes ultérieures, le système pourrait être étendu à l'agglomération de l'intérieur vers l'extérieur.
2. **Un secteur complet** englobant une zone urbaine à l'intérieur et deux zones périphériques dans des régions de l'agglomération particulièrement chargées: à Zurich, le Limmat-tal, le Gubrist et éventuellement le Glattal seraient intégrés dans la région de péage pour

répondre au problème aigu qui se pose actuellement dans l'agglomération. Ce modèle pourrait lui aussi être étendu ultérieurement à d'autres régions de l'agglomération.

3. **Un péage complexe de région** englobant non seulement une zone urbaine, mais aussi différentes zones dans toute la région de l'agglomération ainsi que l'ensemble de l'autoroute de contournement. A Zurich, on pourrait envisager un système comprenant une zone urbaine et cinq zones périphériques.

Les trois variantes prévoient des réductions tarifaires pour les habitants de la région de péage respective. Les recettes pourraient être utilisées de diverses manières. On pense en premier lieu à une baisse des redevances existantes (entre autres de la taxe cantonale sur les véhicules à moteur). En outre, une partie des recettes pourrait également être utilisée pour la construction d'infrastructures routières ainsi que pour le développement des transports publics.

La mise en œuvre technique est effectuée à l'aide d'une technologie mixte par radiofréquences et vidéo. Les usagers réguliers peuvent équiper leur véhicule d'un dispositif embarqué (On-Board-Unit, OBU). Ainsi, leur déplacement sera automatiquement enregistré sur des radiobalises. Les usagers de la route sans OBU doivent faire enregistrer leur déplacement manuellement (p. ex. via Internet, SMS ou au kiosque). Des systèmes vidéo fixes et mobiles seront installés pour le contrôle, et permettront de reconnaître et de vérifier automatiquement les plaques minéralogiques.

Effets

Selon des premiers calculs grossiers, le modèle de péage routier proposé peut avoir des répercussions sensibles sur le trafic. On part du principe que le tarif pour une zone s'élève à 4 francs par déplacement et qu'il varie selon divers critères (heures de pointe, catégories d'émissions). Le trafic quotidien global, à l'exception de la région urbaine, diminuera ainsi de quelques pour cent. Grâce à un système de tarification différencié durant les heures de pointe, on peut toutefois compter sur une nette réduction du trafic. Selon les premières estimations, la réduction du trafic durant les heures de pointe compterait 8% à 18% aux entrées de la ville et 5% à 10% aux entrées dans l'agglomération. Cette baisse durant les heures de pointe entraîne une diminution des embouteillages. En particulier aux heures de pointe, on peut de plus s'attendre à un transfert notable du trafic routier vers les transports publics et la mobilité douce. Comme prévu, c'est la tarification complexe multizone qui pro-

duit les effets les plus sensibles sur le trafic. Le modèle décrit aboutit en outre à un transfert souhaitable du trafic urbain de transit sur l'autoroute de contournement.

Les recettes brutes générées par le modèle de péage routier choisi sont considérables. Selon les premières estimations, elles se montent – selon les variantes – de 150 millions de CHF environ (zone urbaine seulement) à 500 millions de CHF (modèle multizone). Toutefois, une part importante de ces recettes brutes (15% au moins) sont utilisées pour la construction et la maintenance des postes de saisie ainsi que pour l'exploitation (perception des redevances, encaissement, etc.). L'ordre de grandeur potentiel de ces recettes est comparable à celui des taxes cantonales sur le trafic (260 millions de CHF).

Les résultats exprimés en matière d'effets sur le trafic et de retombées financières de la présente étude de cas reposent sur de nombreuses hypothèses et sur des calculs relativement grossiers. Un examen détaillé de la faisabilité de ce modèle de péage routier nécessiterait en particulier que les effets sur le trafic et les retombées financières soient vérifiés puis analysés et calculés de façon plus approfondie dans une étude plus complète (entre autres à l'aide d'un modèle de trafic bimodal).

Appréciation, conclusions

En principe, la mise en œuvre technique du péage routier étudié ne pose pas de problèmes particuliers du fait que celui-ci repose sur une technologie éprouvée. Plus le degré de complexité est élevé et plus la région de perception est grande, plus les effets souhaités seront importants et plus le risque de provoquer un refoulement de trafic vers les communes attenantes de l'agglomération est faible. D'un autre côté, un degré de complexité élevé (p. ex. avec un modèle multizone) entraîne des dépenses d'application technique très importantes. Un des avantages du péage complexe de région proposé réside dans la possibilité d'adapter les tarifs zone par zone, ce qui offre un plus grand potentiel de différenciations en fonction de l'heure et du lieu.

Etude de cas 4: Taxe kilométrique généralisée pour les voitures de tourisme

Buts

Avec la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (RPLP), la Suisse a développé et mis en œuvre avec succès un instrument de taxation généralisé pour le trafic des poids lourds. Dans cette étude de cas on examine l'introduction d'une taxe kilométrique généralisée équivalente pour les véhicules particuliers. L'objectif central est la transformation du système actuel de financement des routes en un système de redevance plus

fortement axé sur le principe de causalité et doté de meilleures possibilités de régulation du trafic. Cette étude de cas est axée sur une plus longue échéance.

Aujourd'hui, l'impôt sur les huiles minérales atteint ses limites en tant qu'instrument de financement : d'une part, en raison de l'évolution des prix du pétrole, d'autre part à cause des effets d'évitement possibles («tourisme à la pompe»). Dans le même temps, ni la redevance routière nationale forfaitaire (vignette autoroutière), ni la taxe cantonale sur les véhicules à moteur ne permettent une mise en œuvre plus générale du principe de causalité et la génération d'effets incitatifs. Contrairement aux autres études de cas, une taxe kilométrique moderne pour les véhicules particuliers toucherait l'ensemble de la Suisse et serait introduite suivant la méthode descendante (top down). Dans ce modèle les buts stratégiques suivants sont prioritaires:

- › Nouvel instrument de financement au niveau fédéral qui peut être différencié en fonction du lieu et de l'heure et peut ainsi également jouer un rôle incitatif.
- › Remplacement du système actuel de financement forfaitaire et soulagement de la fonction de l'impôt sur les huiles minérales.

Concept, mise en œuvre

En principe, l'introduction d'une taxe kilométrique nationale peut se faire selon deux variantes. La première possibilité comprend une taxation en fonction de la distance (taxe kilométrique) sur l'ensemble du réseau des routes nationales (péage perçu sur le réseau). Il s'agit dès lors en premier lieu d'une solution purement fédérale. La deuxième variante comprend en revanche une taxe kilométrique généralisée pour toutes les routes (péage de région). Selon les circonstances, la première variante (redevance VP sur les autoroutes) peut déboucher, lors d'une seconde étape d'application, sur une taxe kilométrique généralisée pour toutes les routes. Pour ce faire, il faudrait toutefois que les conditions technologiques correspondantes soient remplies. En ce qui concerne la mise en œuvre technique, le niveau tarifaire et l'utilisation des recettes, les deux variantes sont aménagées comme suit:

1. **Taxe kilométrique sur les autoroutes:** d'un point de vue technique, la redevance VP d'utilisation des autoroutes peut être mise en œuvre à l'aide des technologies disponibles, à l'exception toutefois de l'exécution à la frontière. La saisie des véhicules est effectué au moyen d'une technologie de radiofréquences pour laquelle tous les véhicules doivent obligatoirement être équipés d'un dispositif embarqué (On Board Unit, OBU). Par ailleurs, tous les tronçons du réseau autoroutier suisse doivent être équipés de postes de péage. Etant donné que l'équipement de tous les véhicules étrangers aux frontières n'est

pas réalisable pour des raisons liées à la technique de transport et à l'exploitation, il est nécessaire que la plupart des véhicules étrangers soient déjà équipés d'un OBU. Le contrôle des véhicules est réalisé par le biais de postes vidéos automatisés (fixes et mobiles) munis d'un système d'identification des plaques minéralogiques ainsi que de contrôles visuels traditionnels. Concernant le niveau de la redevance, on peut envisager deux étapes. Dans une première étape, le niveau de la redevance est choisi de telle façon que la vignette autoroutière actuelle puisse être abolie et remplacée par la nouvelle redevance basée sur la distance. Il en résulte un tarif de 1,5 centime env. par kilomètre d'autoroute. Dans une seconde étape, le niveau de la redevance pourrait être augmenté pour remplacer également les droits de douane sur les huiles minérales. Les tarifs augmenteraient dans ce cas à environ 9 à 10 centimes par kilomètre. La taxe kilométrique sur les autoroutes peut encore être différenciée en fonction du lieu et de l'heure, p. ex. avec des suppléments aux heures de pointe ou sur des tronçons particulièrement fréquentés. On peut de surcroît envisager une extension géographique ponctuelle à d'autres routes.

2. **Taxe kilométrique généralisée sur toutes les routes:** Les conditions techniques préalables pour la taxe généralisée sur toutes les routes ne sont actuellement pas réunies. La technologie par radiofréquences ne convient pas à une application généralisée et une solution semblable à la RPLP pour les voitures particulières n'est actuellement pas réalisable. Il ne reste donc que la technologie GPS qui serait certes idéale pour une utilisation généralisée et offrirait un potentiel de différenciation élevé, mais n'est pas encore assez sophistiquée pour une application généralisée. Alors que la saisie se fait via technologie GPS, le contrôle est effectué au moyen d'une technologie mixte de radiofréquences et vidéo. Ceci à condition cependant que tous les véhicules (y compris ceux étrangers) soient obligatoirement équipés des appareils nécessaires (OBU). Concernant le niveau de la redevance, on peut de nouveau envisager deux étapes. Dans une première étape, le niveau de la redevance pourrait être choisi de manière à pouvoir remplacer la taxe cantonale sur les véhicules à moteurs. Dans l'étape suivante, toutes les recettes consacrées au transport routier (vignettes autoroutière, taxe cantonale sur les véhicules à moteur et toutes les parts de l'impôt sur les huiles minérales destinées à des fins déterminées) pourraient être répercutées sur le tarif kilométrique et le système de financement pourrait ainsi être entièrement restructuré. Cela conduirait à des taxes moyennes de 8 à 9 centimes par kilomètre de route (sur l'ensemble du réseau routier). Même le système généralisé sur toutes les routes laisse une grande marge de manœuvre

pour introduire des différenciations (d'ordre géographique, horaire, selon la catégorie d'émissions, etc.). Contrairement à la taxe kilométrique sur les autoroutes, la taxe kilométrique généralisée nécessite la redistribution d'une partie des recettes aux cantons, dans la mesure où la taxe cantonale sur les véhicules à moteur est abrogée.

Effets

En principe, c'est essentiellement la variabilisation des redevances fixes actuelles (vignette autoroutière, taxe cantonale sur les véhicules à moteur) qui stimule une modération du trafic. Selon une évaluation grossière, le passage de la vignette autoroutière à la taxe kilométrique sur les autoroutes permettrait de réduire le trafic de 1% à 3% sur les autoroutes. Le remplacement de la taxe cantonale sur les véhicules à moteur et de la vignette autoroutière par une taxe kilométrique généralisée sur toutes les routes entraînerait une réduction de trafic de 4% à 6% sur toutes les routes. La transformation de l'impôt sur les huiles minérales en une redevance basée sur la distance n'a pas d'impacts notables sur le trafic, vu que l'impôt sur les huiles minérales est également lié aux prestations. Par contre, la taxe kilométrique différenciée possède le grand avantage de permettre une régulation du trafic en fonction de l'heure et du lieu.

Dans le cas d'une taxe kilométrique sur les autoroutes, il faut s'attendre à des effets de refoulement du trafic sur le réseau routier secondaire qu'il s'agit de minimiser à l'aide de mesures d'accompagnement adéquates (p. ex. rendre les principaux itinéraires de déviation moins attrayants ou les soumettre également à un péage).

Les taxes kilométriques n'ont par définition aucune influence sur le niveau des recettes, puisqu'elles ont été déterminées en fonction du niveau de recettes actuel. Le niveau de redevance global n'augmente donc pas. Toutefois, l'introduction d'une taxe kilométrique occasionnerait des frais de fonctionnement et d'investissement plus élevés qu'aujourd'hui.

Bilan, conclusions

Alors que la mise en œuvre d'une taxe kilométrique limitée aux autoroutes est techniquement réalisable, les conditions techniques requises pour une taxe généralisée sur toutes les routes ne sont pas encore remplies actuellement. La taxe kilométrique généralisée sur toutes les routes est une vision à long visant l'instauration d'un système de péage routier parfaitement équitable au regard du principe de causalité, et qui peut en outre être très fortement différencié (selon divers critères géographiques ou horaires). Bien qu'elle soit techniquement réalisable, la taxe kilométrique sur les autoroutes pose, elle

aussi, un certain nombre de problèmes d'exécution (p. ex. l'obligation OBU, même pour les véhicules étrangers), ce qui reporte son introduction à une plus longue échéance.

Une variabilisation des redevances routières nationales actuelles peut éventuellement être un premier pas qui initiera la transformation du système suisse de redevances routières. Il faut toutefois noter que le passage d'une taxe autoroutière à une taxe généralisée nécessiterait une mutation technologique onéreuse si l'on devait opter pour un système DSRC/vidéo dans le cas de la taxe autoroutière.

Le système de taxe kilométrique nationale décrit précédemment peut aussi être combiné avec d'autres modèles de péage routier, en particulier avec un péage routier dans les agglomérations ou un péage de congestion, comme indiqué dans l'étude de cas 3 (agglomération zurichoise) ou dans l'étude de cas 2 (péage de congestion Bâle).

4. CONCLUSIONS GENERALES ET CONSEQUENCES

Conclusions générales

Les quatre exemples de cas approfondis éclairent divers aspects et perspectives temporelles du péage routier. Il est donc difficile de les comparer directement. Les aspects suivants sont toutefois intéressants:

- › Le péage routier englobe une gamme allant de la simple taxation (péage) d'un tronçon de route à un réaménagement du système de redevances sur la circulation routière en Suisse. En principe, toute cette gamme de péages routiers est envisageable pour la Suisse – avec divers objectifs stratégiques et orientations.
- › L'aménagement du péage routier au niveau stratégique dépend pour une large part de l'acuité du problème, des objectifs existants en matière de politique des transports et de la répartition des tâches et des compétences (Confédération – canton – communes). Sur la toile de fond des débats actuels en matière de politique des transports et de politique financière, on peut envisager pour le péage routier diverses orientations stratégiques et niveaux de compétences.
- › La mise en œuvre dépend aussi très largement de la technologie appliquée. Contrairement aux différents exemples de l'étranger, les systèmes de saisie manuelle ne sont pas adéquats en Suisse et c'est pourquoi il convient d'introduire dès le début des systèmes de saisie et de facturation électroniques. Exception faite du péage de congestion (Value Pricing), il est nécessaire de trouver des solutions pour l'enregistrement sans discrimination aux postes de péage des usagers occasionnels ne disposant pas d'un

dispositif de saisie. Ceci occasionne des coûts importants. On peut dire en principe que plus le modèle est simple, plus les dépenses liées à la mise en œuvre des moyens techniques disponibles actuellement (en particulier la technologie de radiofréquences et l'identification automatique des plaques minéralogiques via technique vidéo) seront raisonnables. Plus le modèle est complexe et différencié, plus il serait judicieux de n'opter pour une introduction que lorsqu'un système européen compatible sera disponible et qu'une obligation d'équiper les véhicules de dispositifs de saisie sera en vigueur.

- › Les effets sur le trafic varient massivement suivant trois paramètres: le niveau de tarification, les alternatives (horaire, itinéraire, moyen de transport) et les mesures d'accompagnement (p. ex. diminution d'autres redevances, mesures d'empêchement des effets d'évitement indésirables). Les exemples relatifs au péage de congestion Augst-Bâle et au péage de région à Zurich montrent qu'on peut – même avec des tarifs substantiels – produire des effets notables, ceci en particulier durant les heures de pointe, avec les bonnes alternatives. Mais l'exemple du péage de congestion montre aussi que l'application d'instruments tarifaires peut avoir des effets contre-productifs sur le débit dans des situations de charge particulières.
- › Les effets financiers peuvent être considérés comme des grandeurs dérivées de la mise en œuvre et des effets sur le trafic. Les exemples (en particulier celui de Zurich et de l'ensemble de la Suisse) montrent que l'on peut générer des recettes considérables par le biais du péage routier, potentiellement à même de remplacer les redevances routières existantes. Par contre, les systèmes de péage routier dimensionnés pour éliminer les pointes de trafic génèrent de trop faibles recettes. Selon le modèle, cette fonction reste toutefois un objectif secondaire. Même les modèles prioritairement axés sur les effets incitatifs, comme le péage de congestion à Bâle, peuvent réaliser des recettes nettes positives.
- › L'utilisation des recettes est un élément tout à fait central pour l'aménagement et aussi pour l'acceptation du péage. Ici aussi, les possibilités appropriées dépendront des objectifs:
 - › Dans le cas d'un péage routier local limité et principalement focalisé sur des objectifs relatifs au trafic (exemple du péage de congestion Augst-Bâle et éventuellement de celui du Gothard), il sera judicieux d'utiliser les recettes pour un objectif incitatif (p. ex. élimination des embouteillages, transfert du trafic sur un axe de contournement, réduction de la pollution due à la circulation routière).

› Dans le cas du péage routier généralisé, on peut envisager différentes solutions. La plus évidente est la diminution ou la suppression des redevances existantes (en particulier les redevances fixes), solution qui a été esquissée dans différents modèles. Or des excédents de recettes ne peuvent être générés que par une hausse nette de la charge des redevances. Dans ce cas, c'est l'acuité du problème et la mise en œuvre d'alternatives appropriées qui jouent, de nouveau, un rôle important. L'utilisation des recettes du péage routier au profit des transports publics n'est judicieuse qu'à partir du moment où celui-ci représente une telle alternative.

Approfondissements nécessaires

Les exemples de cas présentés sont à considérer comme des premières esquisses et mettent d'abord en évidence la palette des possibilités en matière d'aménagement. Un approfondissement est nécessaire aussi bien au niveau stratégique (intégration institutionnelle, en particulier concernant la répartition des tâches Confédération-canton-communes; intégration dans la gestion du trafic et dans le système de financement), au niveau de l'impact (bases empiriques pour la Suisse, utilisation de modèles de trafic) et au niveau de l'exécution (modalités de mise en œuvre en vue de clarifier la faisabilité technique et les dépenses y relatives). Pour ce faire, des approfondissements sont nécessaires aussi bien au niveau de la recherche que de l'application concrète. La Confédération a pris en charge les questions de recherche primordiales dans le programme de recherche «Mobility Pricing». Il est judicieux en parallèle de disposer d'une mise en œuvre détaillée d'entreprises tests en vue de rassembler des expériences grandeur nature et de concrétiser les questions d'acceptation. L'étude a montré qu'il était en tout cas nécessaire d'avoir un point de vue dynamique en ce qui concerne l'application des diverses formes de péages routiers, qu'il fallait en l'occurrence concevoir et développer ces modèles par étapes.

SUMMARY

1. OBJECTIVES AND SCOPE OF THE STUDY

Road Pricing is an instrument of the market economy which can influence traffic demand as well as contribute to generating transport revenues. The research project of the Swiss Association of Traffic Engineers analyses the possible implementation scenarios for Switzerland. For this purpose, first the experiences from foreign countries are examined and the individual model parameters are discussed systematically. Then the possible application schemes in Switzerland are sketched and broadly evaluated using four illustrative case studies. The project prepares the ground for further in-depth studies on national and regional level. The project is focussed on road user charges; the other instruments of mobility pricing (e.g. parking fees and public transport fares) are outside the scope of the project.

2. SCHEME KEY WORKING ASSUMPTIONS

The following conclusions have been drawn from the evaluation of the road pricing schemes for motorway networks and in urban areas outside Switzerland and from the analysis of the individual scheme parameters:

- › Road Pricing is working: Numerous examples from foreign countries show the factors for successful implementations of schemes aimed at road financing and travel demand management (TDM). To date, significant developments are visible. Key driving forces are the problems relating to heavy vehicles traffic (heavy vehicles charging), the growing problems related to a lack of capacity and road infrastructure financing, the technological developments of Electronic fee collection systems, and the willingness to apply the user pays principle in transport. Successful models can be seen primarily in urban areas (e.g. London, Oslo, Rome).
- › It makes sense to distinguish between three levels for the scheme parameters:
 - › The strategic level: the integration of road user charging in the overall transport policy and the relationship between the various objectives (in particular financing and/or traffic demand management)
 - › The institutional level: roles and responsibilities of the actors for implementing road user charging, distribution of the generated income
 - › Operations level: how road user charging is implemented with respect to collecting, invoicing, and enforcement.

- › Different basic schemes are identified: for motorways it is object charging (charging on one single section), integral network charging (charging on the entire motorway network) and Value Pricing (charging on individual lanes for bypassing congested sections). For urban areas additional schemes are: Cordon-Pricing (Charging for entering a charging zone), Area Licensing (Charging for the right to drive in a particular zone), and comprehensive area pricing (combination of network charging and area licensing).
- › Two paths can be followed for implementing road user charging: “bottom up” with charging of selected problem areas (urban zones or parts of networks) or “top down” (entire networks or the entire national territory, in the extreme).

3. THE CASE STUDIES

Case Study 1: Technical and operational feasibility of road pricing of the Gotthard Tunnel

Objectives

The case study focuses on the feasibility of charging a single object using the example of the Gotthard Tunnel. Only the technical and operational aspects are analysed including an estimation of the cost of a fee collection system. The traffic planning aspects and the financial and political aspects are not considered because they are being treated in a parallel study “Road Pricing am Gotthard” (Road Pricing on the Gotthard route) which is being conducted by Metron AG. For this reason the present case study is reduced to the question: how would a user fee be technically implemented if ever such a fee was decided politically?

Concept and characteristics

A potential fee for the Gotthard Tunnel would be limited to light vehicles because the heavy vehicles are already subjected to LSVA (the Swiss Heavy Vehicle Fee). An additional lorry charge for crossing the Alps would contradict the Bilateral Treaty between Switzerland and the EU and, therefore, is not being discussed.

The traffic across the Gotthard Tunnel is very variable. It varies between 3,400 and 15,000 vehicles per day and per direction. A fee collection system must be able to handle maximum traffic for avoiding additional congestion during peak conditions.

Technically two methods are available for fee collection of the Gotthard Tunnel: manual/automatic fee collection and electronic fee collection (EFC). For EFC two types must be distinguished:

1. Single lane tolling
2. Free flow multi-lane tolling

For reasons of traffic flow and limited availability of space, free flow multi-lane tolling would be preferable. The problem lies with the occasional users – as is the case with any EFC system. Occasional users, who do not have a registration or an on-board unit, must either be dealt with when they want to use the tunnel or they must be given an opportunity to buy their right to pass in an easy manner at a convenient place. The EFC operator must enforce users who do not comply with the registration and payment obligation. In view of the high number of foreign vehicles passing through the Gotthard, the enforcement cost or the lost revenue are considered too high and for this reason a free flow multi-lane EFC system has been rejected.

Only a traditional toll plaza with a mix of EFC lanes and manual lanes and lanes equipped with cash and credit card machines is possible. Regular users would be equipped with DSRC tags for the EFC lanes whereas occasional users could use other payment means. The non-discrimination rules forbid an obligation that all users be equipped with DSRC tags.

A toll plaza with manual and EFC lanes would have to be placed for each direction at the tunnel entrances. One single toll plaza for both directions is not possible because of restricted space. The toll plazas would have to be integrated with the existing traffic metering system. If the toll plaza is located between the metering signal and the tunnel entrance, this allows the function of metering the approaching traffic to take place in the capacity of the toll plaza.

Preliminary analysis shows the need for three manual lanes with machines for cash and credit cards, and one EFC lane. The EFC lane also handles the heavy goods vehicles that are not subjected to the charge. The manual lanes can be staffed with collecting personnel during times of high traffic capacity. The toll plazas on either side must be arranged on the smallest possible space.

Evaluation, results

- › Fee collection at the Gotthard tunnel is technically feasible but the civil engineering feasibility has yet to be examined
- › Free flow multi-lane EFC is not possible because of the occasional users. Instead, toll plazas have to be installed on either side of the tunnel.
- › Before the toll plazas can be installed the planned lorry compliance centres, on either side of the pass, have to be implemented. The space for the toll gates is taken from the

hard shoulder and extra space where today exceptional loads and dangerous goods vehicles are handled. Only if these tasks are performed in the Compliance Centres will there be space for toll gates.

- › Vehicles subjected to LSVa are not additionally tolled at the Gotthard. They are identified by the classification unit of the EFC lanes.
- › The costs for tolling at the Gotthard are estimated as follows:
 - › Investment cost: approx. CHF 18 million if it turns out that the available surface is sufficient. If not, additional civil engineering costs must be considered.
 - › Annual cost: approx. CHF 8 million per year, including amortisation of investments.

Case Study 2: Value pricing in the Basel Area

Objectives

In the US, value pricing lanes (or pay lanes / HOT lanes) are being installed in several conurbations. On these lanes only vehicles are allowed to travel that have acquired a usage right beforehand. The tariff for the usage is set in a manner that the pay lane picks up as much traffic as possible without ever reaching its capacity limit and thus guaranteeing uncongested flow. Therefore, the tariff is dependent on the traffic volumes.

The example of the A2 motorway Augst – Basel has been selected because this section with three lanes per direction carries one of the highest traffic volumes in Switzerland with frequent experiences of congestion (2004: 273 hours, of which 166 were due to traffic overload). At times of “normal” congestion the travel times increase by 15 minutes.

Concept and characteristics

On the A2 motorway between the Augst junction and the Basel-Süd Exit there are the entrances and exits of Liestal and Pratteln and the Hagnau interchange. The section has three lanes per direction. In the area of the Hagnau interchange the carriageway is reduced to two lanes by means of section control lane signals in order to keep one lane available for the entering traffic. A comprehensive maintenance programme is being executed at present on the Augst – Basel section.

After the 2006/2007 restoration the exit lane of the H18 exit will be extended up to the Schweizerhalle Tunnel so that effectively the motorway will have four lanes on a section of 3 kilometres.

The leftmost lane could be transformed into a pay lane between the Augst Junction and the Exit Basel South. The pay lane would be separated by means of a line with a profile and

additional markers. The lane may be crossed by emergency vehicles. Normal vehicles are not allowed to change from the pay lane to the other lanes and vice versa at the intermediate exits. This arrangement assures that the traffic flow can be kept up and it simplifies the EFC system significantly.

The value pricing concept is based on the assumption that there will be no further bottlenecks downstream, i.e. on the Basel City part of the motorway where a programme of capacity increasing measures are being implemented in the next few years.

In order to reach the optimum capacity on the motorway section the tariff of the pay lane must be in a direct relationship with the traffic situation, i.e. there is no charge when the traffic volume is low and there is a relatively high charge during times of congestion. The aim is to load the pay lane as much as possible (approx. 1,500 to 1,800 veh/hour) but not to exceed the capacity and cause a traffic breakdown. The user must know the amount of the charge when they have to make the decision of whether to use it or not.

As long as there is no solid knowledge about the willingness of the motorists to pay, there are only hypotheses on the tariff schedule. The study assumes charges of 3 to 4 CHF per passage during peak hour. Traffic variation statistics show that these charges could be levied during about 15,000 hours per year. During off-peak hours there will be minimal charges and they are not relevant for the revenues even when the number of hours when they are applied is high.

For estimation the revenues two tariff scenarios are considered:

- › Tariff scenario A: relatively low charges and little variation of tariffs
- › Tariff scenario B: higher charges and more variations

Neither tariff scenario includes variations of the charge according to vehicle categories or to the vehicle occupancy.

The charge will be collected by means of EFC using DSRC technology. Vehicles that want to use the pay lanes must be equipped with an OBU with a DSRC transponder.

The OBU transmits the vehicle ID to the Road Side beacon and this information is used for periodic billing by the central system. There is an automatic enforcement gantry and for the enforcement of non compliant vehicles the same procedures are used as with the speed cameras. For enforcement reasons there is no differentiation of the vehicle occupancy because there is no reliable automatic system available to recognise the number of persons in a vehicle.

Effects

At present there are no quantitative data available about the willingness to pay road user charges by Swiss motorists. This gap will be filled in the Swiss Research Programme about Mobility Pricing commissioned by the Swiss Federal Road Authority FEDRO. Notwithstanding the knowledge gap, the gross revenues of the pay lane scheme have been estimated, as an educated guess based on the following hypotheses:

- › Charge levels according to the tariff schedule
- › Maximum throughput on the pay lane 1,500 veh/hr
- › Average usage 60–80% of the capacity during peak time and 60% during the other busy times
- › No revenue loss caused by charge evaders but also no additional revenues generated by excess charges or fines

Under these hypotheses the gross revenues are estimated to 5 to 10 million CHF/a and the net revenues after consideration of the operation cost and amortisation of the investments are estimated to 2 to 6 million CHF/a. The relatively poor relationship between revenues and costs comes from the fact that the system is generating income only 1/6 (Tariff Schedule A) or 1/2 (Tariff Schedule B) of the operating time. This phenomenon can be observed at all road user charging schemes that are aimed at reducing peak hour congestion.

The transformation of an existing lane into a pay lane increases the traffic throughput on the entire section by 10% compared to the existing situation within a total gridlock condition. The situation is different when the traffic conditions are unstable, but no total breakdown occurs, when the total throughput is 8% lower because there must always remain a certain reserve capacity on the pay lane for taking traffic variations into account. This means that when traffic volumes increase, the pay lane rather contributes to an earlier happening of a breakdown, but on the other hand it helps that the breakdown is not as severe as without a pay lane. There is reasonable doubt that the tariff schedules can be set so fine as to avoid this contra situation, in particular if one considers that the weather and lighting conditions may influence the throughput of lanes much more than relatively modest charges.

Evaluation, results

The case study shows that a charging scheme can contribute to a higher throughput at traffic bottlenecks because of the flow rates being higher when the traffic density can be

kept lower. This phenomenon only holds true for the gridlock situation. In busy conditions without an outright gridlock, pay lanes will have a lesser throughput than non-pay lanes. Transforming a lane to a pay lane on a busy motorway section will, therefore, provide an extraordinary challenge for traffic control and price setting. In the Augst-Basel case a pay lane would only make sense if the capacity improvement measures downstream of the pass lane section have been implemented.

The relationship between revenues and costs is unsatisfactory because revenues are only generated during a small time period. Value pricing projects are likely not to generate enough income to significantly contribute to the construction costs of additional motorway lanes. In the Swiss climate there is the additional challenge to find flexible lane division markings that are not damaged by snow removal equipment in winter.

Case Study 3: Comprehensive area pricing in the Zurich Area

Objectives

Road Pricing in the Zurich Area aims at better use of the existing road capacities and to reduce congestion and the affiliated cost. The existing traffic management tools can mitigate the problems but do not show an area wide effect and cannot offset the continuous traffic growth and the diminishing traffic quality.

Besides the traffic problems the existing traffic financing system in the Canton of Zurich also reaches its limit. A series of transport investments are planned for the future associated with a high need for financing. The financing of these investments is not assured with the existing instruments.

Therefore, road pricing in the Zurich Area should contribute both to traffic management and to financing, within the City of Zurich and on parts of the network in the surrounding area (in particular suburban motorways).

Concept and characteristics

The scheme evaluated for the Zurich Area is a comprehensive area charging scheme. The city and the surrounding area are divided into zones similar to a zone scheme for public transport.

A zone scheme has the advantage that individual areas can show different charge levels according to the level of traffic problems and that a subtle differentiation is possible. In addition, a zone scheme allows for a staged implementation. Zone schemes are understandable for the users who are familiar with them from public transport fare schemes.

A comprehensive zone charging scheme can be introduced in many ways:

1. **One single City zone** analogous to the Central Charging Zone of London. In Zurich this zone would include the City area. In further stages the scheme could be extended to other parts of the conurbation.
2. **A total sector** with a City zone and two exterior zones in busy areas of the conurbation. In response to the existing problem the charging area would include the Limmat Valley and the Gubrist area, eventually also the Glatt Valley. This scheme, too, could be extended to other parts of the conurbation.
3. **Comprehensive Area Charging** with one City zone and various other charging zones in the urban area as well as the motorway ring around Zurich. In Zurich a scheme with one City zone and five outer zones would make sense.

For all scheme scenarios the residents would be given fee rebates. There are multiple options for using the revenues. The most likely measure would be to reduce the Cantonal motor vehicle taxes. In addition, a part of the revenue could also be used for highway construction and for public transport projects.

The technology applied would be a combination of dedicated short range communication (DSRC) and video technology. Regular users would equip their vehicles with on-board units (OBU) and their journeys would be registered with beacons at the zone boundaries and on the motorway segments. Users without OBU would have to register their usage rights manually (e.g. on the internet, at kiosks or per SMS). Fixed and mobile video enforcement equipment would be used to check the compliance using automatic number plate reading technology (ANPR).

Effects

The first rough calculations show that the proposed road user charging scheme could have significant traffic effects. The hypothesis is a zone fee of 4 CHF per journey, differentiated according to various parameters (peak time, emission class). The total daily traffic demand is lowered by a few percent, excluding the City area. A significant reduction can be shown during peak hours. According to preliminary estimates the traffic reduction at the City entrances during peak hours is between 8% and 18%, at the entrances of the urban area 5% to 10%. This reduction leads to a reduction in the number of traffic breakdowns. In particular during peak times a significant transfer to public transport and to non-motorised travel modes can be observed. The most significant effects can be shown with the comprehensive

multi-zone scheme. In addition, the City through traffic is diverted to the motorway ring around the City.

The gross revenues generated with the charging scheme are significant. According to preliminary estimates they are for the different alternatives: approx. 150 million CHF (City zone only) to 500 million CHF (multi-zone scheme). Some 15% of the revenues are used for building, maintaining and operating the fee collection system. The expected income from charging is comparable to the income of the Cantonal motor vehicle taxes (approx. 260 million CHF/a).

The traffic and financial effects shown are based on numerous hypotheses and relatively rough calculations. For a detailed evaluation of the feasibility of the charging schemes, the traffic effects and the financial effects need to be validated and analysed in a further study, using a bimodal traffic model.

Evaluation, results

The evaluated road user charging scheme is technically feasible because it is based on proven technology. The more complex the charging scheme is and the bigger the charging area, the bigger are the desired effects and the smaller the danger that the traffic is diverted to other towns of the urban area. Schemes with a high complexity (e.g. the multi-zone model) demand a relatively expensive technological implementation. An advantage of the comprehensive area charging scheme is the possibility to adapt the fee levels in the zones individually with a high potential for time and area differentiation.

Case study 4: Distance-based area charging for light vehicles

Objectives

Switzerland has developed, and successfully implemented, a distance-based area charging scheme for heavy goods vehicles, called LSV. In the case study a similar scheme is studied for cars. The aim is to move from the existing transport financing system toward a more usage-based system with more possibilities for traffic demand management. The perspective is more long-term.

Today the fuel tax is reaching limits caused by the increase of petrol prices and possible tax avoidance ("petrol tourism"). The flat national motorway charge ("Motorway Vignette") and the Cantonal motor vehicle taxes do not sufficiently reflect the user pays principle and cannot show a TDM effect. Contrary to the other scheme evaluated in this project the mod-

ern national distance-based fee would include the entire country and it would be implemented in a top-down manner. The following strategic objectives are set:

- › New financing instrument on the national level with the potential for time and area differentiation aimed at TDM
- › Replacement of existing flat tax schemes and recovery of the petrol tax

Concept and characteristics

Basically there are two possible paths for the introduction of a national distance-based charge. The first scheme is a distance-based charge on the national motorway network (network charging). The project would be limited to the federal level. The second scheme is a distance-based charge on the total national territory (area charging). It is possible to move from the first scheme (motorway network charging) to the second scheme when the technological requirements are met. The two schemes have the following characteristics:

1. **Distance-based motorway charging:** The existing EFC technologies allow the implementation of distance-based motorway charging but operational problems arise where the motorways cross the borders. All vehicles would have to be equipped with DSRC tags for capturing charging data. Additionally, all segments of the Swiss motorway network would have to be equipped with DSRC gantries. The distribution and personalisation of tags for all cars at the borders is not practical for reasons of traffic management and therefore it would be necessary for a large number of foreign vehicles to already be equipped with a tag and a contract with the Swiss operator. Fixed enforcement stations and mobile enforcement units would assure compliance based on ANPR. The tariffs would be set in two stages. At the first stage the charge would be set to offset the current motorway vignette, i.e. 1.5 centime per kilometre. At the second stage the charge would be increased in order to additionally offset the national motorway tax (which is charged on top of the petrol duty). This would mean a charge of 9 to 10 centimes per kilometre travelled on motorways. The kilometre charge could be differentiated with extra charges at peak times or in sensitive areas. In addition, there is the potential for extending it to parallel roads.
2. **Distance-based area charging on all roads:** To date, the technology for distance based area charging is not yet available. DSRC is not usable on all roads and a tachograph based system similar to LSVVA would require all cars to have reliable odometers. Only the GPS technology remains which would be ideal for all roads charging including a great potential for differentiations but which is not yet mature enough for charging in all ar-

eas and which would require all cars in Europe to be permanently fitted with OBU. The enforcement would be done using a combination of DSRC and ANPR technology.

Regarding tariffs again two stages are possible: At the first stage the charge level would be determined to offset the Cantonal motor vehicle taxes. At the second stage all road traffic related charges (motorway vignette, cantonal motor vehicle tax, and all earmarked parts of the petrol tax) would be replaced by the distance-based charge so that the financing system would be totally remodelled. The resulting charges would amount to 8 to 9 centimes per kilometre road (including private roads). The area charging scheme would also allow differentiation (area, time, emission class etc.). When the cantonal motor vehicle taxes are replaced, a redistribution of a part of the revenue to the Cantons is necessary.

Effects

The existing flat charges (motorway vignette, cantonal motor vehicle tax, and all earmarked parts of the petrol tax) would become variable and this would create incentives for traffic reduction. According to preliminary estimates traffic will be reduced by 1–3% on the motorways when the motorway vignette is replaced by a distance-based fee. A replacement of the cantonal motor vehicle taxes and the flat motorway vignette would lead to a traffic reduction of 4–6% on all roads. The replacement of the petrol tax by an area charge would not have an effect because the petrol tax is usage-based, too. But a distance-based area charge would have the additional advantage to allow TDM by means of area and time differentiation.

When only the motorways are charged there will be traffic diversion on the parallel secondary roads which would have to be mitigated by means of additional traffic regulations. Experience shows, that the possibilities are limited in this respect.

The distance-based charging schemes have no effect on the total income of the road financing instruments because, by definition, the tariffs are determined in accordance with the existing revenues of the replaced flat taxes. Yet the investment costs and the operations costs will be higher than today.

Evaluation, results

Distance-based charging on motorways is technologically feasible but the technological conditions for distance-based area charging for cars are not yet met. The latter is a long-term vision for a totally usage-based road user charging scheme which can be differentiated

according to geographic and temporal criteria. Even if technologically feasible, distance-based charging on the national motorways will cause operational problems at the borders (selling DSRC tags to foreign cars), and, therefore, this option, too, can only be considered for the mid-term in connection with the European Electronic Tolling Service EETS.

To make the existing motorway charges variable could be a first step towards the renovation of the Swiss system of road financing. But when later a distance-based motorway charging EFC system based on DSRC would have to be transformed into a distance-based area charging system the change of technology could perhaps become expensive.

Both schemes of distance-based charging on a national level can be combined with local road user charging schemes, in particular with schemes in urban areas or with value pricing as shown in the case studies 3 (Zurich Area) and 2 (Value Pricing Augst-Basel).

4. FINDINGS AND CONCLUSIONS

General Findings

The four case studies consider quite different aspects and time horizons for road user charging. Therefore, a direct comparison is difficult. The following aspects seem to be interesting:

- › Road user charging comprises the whole spectre from simple tolling of a road section up to the total remodelling of a national road financing system. Basically the whole spectre is thinkable for Switzerland.
- › The characteristics of road user charging on a strategic level depends on the problem and issues, the transport, political and financial policy, the repartition of roles and responsibilities between Cantons and the Confederation.
- › The characteristics of the scheme depend on the technology options. Contrary to other countries manual tolling is considered not opportune and, therefore, EFC technology is to be employed from the very start. With the one exception of Value Pricing, in all cases there must be suitable and non-discriminatory solutions for occasional users. This will be associated with considerable costs. The simpler the scheme the more technology is available at present at reasonable costs (in particular DSRC and ANPR technology). The more schemes are complex and differentiated, the more implementation is only recommended when a European Electronic Tolling Service is available and when there is a requirement of compulsory OBU in all cars travelling in Europe.

- › The traffic effects are heavily dependent on three parameters: the tariff level, the alternative travel options of the users (time, route, travel modes) and of the accompanying measures (e.g. offsetting other taxes, measures against traffic diversion and charge avoidance). The examples of Value Pricing Augst-Basel and Area Charging Zurich show that significant effects can be caused with substantial tariffs, in particular during peak times. The Value Pricing example shows also that contra productive effects on the traffic throughput may be triggered.
- › The financial impacts depend on the charge tariffs and on the traffic impacts. The cases of Zurich and the national schemes show that significant revenues can be generated which may be used to offset existing taxes. In contrast, congestion charging schemes only yield little income. For these schemes generating revenues is secondary. Still, with schemes entirely oriented to traffic management net revenues can be generated.
- › The use of the revenues is a central element of any scheme and important for the acceptance of the scheme. Several alternatives are available, depending on the overall goals:
 - › In a local charging scheme focussed on traffic management (Case Study Value Pricing Augst-Basel and possibly case study Gotthard) the revenues should be used for meeting the traffic objectives (e.g. congestion relief, transferring traffic to other modes, reducing environmental damage of road traffic),
 - › In an area charging scheme there are numerous possibilities of revenue use, most obviously the cutting of existing flat taxes. Only if the net charges are increased is additional income generated. Their use depends on the issues at hand. The use of revenues from road user charging for public transport makes sense if public transport is a useful alternative to using the charged network.

Need for further studies

The case studies must be seen as sketches only aimed at throwing light on different aspects of road user charging. There is a need for an in-depth study on the strategic level (institutional issues, in particular repartition of roles and responsibilities between Confederation, Cantons and Municipalities; relationship to TDM and to the financing system) and on the operational level (detailed characteristics of collection system, technical feasibility, and cost impacts). In-depth studies are required both in terms of basic research and application studies. In parallel, the design of pilot applications would enable the collection of 1:1 experiences and to gain knowledge about the acceptance. The present project has shown that

in any case road user charging should be viewed as a dynamic process and that the solutions must be developed in different stages.

TEIL I: GRUNDLAGEN FÜR DIE MODELLBILDUNG

1. EINLEITUNG

1.1. AUSGANGSLAGE

Road Pricing auf der verkehrspolitischen Agenda

Road Pricing als Instrument für eine verursachergerechte Finanzierung und als Beitrag zur Verkehrsbeeinflussung hat in den letzten Jahren sowohl international als auch national an Bedeutung gewonnen. Ursprünglich von der Verkehrsökonomie als effizientes Preissystem für den Strassenverkehr propagiert, das insbesondere einen Beitrag dazu leistet, Kapazitätsengpässe im Strassenverkehr mit Knappheitspreisen zu steuern, hat Road Pricing verschiedene Facetten erhalten. Stossrichtungen wie ‚Gerechte Preise statt Steuern für den Strassenverkehr‘, ‚Kostenwahrheit‘, ‚Internalisierung der externen Kosten‘, ‚Neue Finanzierungsformen und Betreibermodelle‘ haben dem Ansatz Aufwind gegeben. Dank den Entwicklungen im technischen Bereich (Gebührenerhebung, Inkasso) mit Einsatz modernster Mittel der Telematik konnten auch für die Praxis zukunftsorientierte Lösungen ausgearbeitet und positive praktische Erfahrungen gesammelt werden.

Zu unterscheiden sind verschiedenste Anwendungsformen, die zur Finanzierung des Autobahnnetzes oder teurer einzelner Strassentstücke dienen und/oder einen Beitrag zu einem effizienten Verkehrsmanagement (v.a. im städtischen Raum) und zur Senkung der Umweltbelastung leisten.

Stand der Diskussion um Road Pricing in der Schweiz

Die Diskussion um Road Pricing ist in jüngster Zeit aus verschiedenen Gründen intensiviert worden.¹ Nach den positiven Erfahrungen mit der LSV (als flächendeckendes Road Pricing für den Schwerverkehr, allerdings ohne örtliche und zeitliche Differenzierung) werden nun auch Ansätze für den motorisierten Strassenpersonenverkehr diskutiert. Einerseits soll Road Pricing einen Beitrag zum Abbau von Staus (v.a. auf Autobahnen im Agglomerationsraum) leisten. Andererseits wird Road Pricing als möglicher Baustein eines neuen und modernen

¹ Zum Beispiel öffentliche Diskussion „Road Pricing – Wundermittel oder unnötige Gebührenlast?“, veranstaltet vom Tagesanzeiger mit Diskussteilnehmern Dorothea Fierz, Vorsteherin der Baudirektion des Kantons Zürich, Rudolf Dieterle, Direktor ASTRA, Matthias Rapp, Experte und Lorenz Knecht, Direktor ACS Zürich

Finanzierungssystem für die Verkehrsinfrastruktur betrachtet. Dies folgt aus der Einsicht, dass die heutigen zentralen Finanzierungspfeiler in Zukunft an Grenzen stossen werden.

Mineralölsteuer:

Die Mineralölsteuer ist mit jährlichen Einnahmen von 4.8 Mia. CHF (2002) mit Abstand die wichtigste Einnahmenquelle auf Bundesebene. Folgende Probleme werden allerdings langsam deutlich:

- › Finanzvolumen der Mineralölsteuer²: Die Mineralölsteuer kann die zukünftige Strassenfinanzierung nicht allein sicherstellen. Die Einnahmen können aus verschiedenen Gründen rückläufig werden:
 - › Die Steuer hält nicht Schritt mit der Inflation
 - › Erhöhte Treibstoffeffizienz der Fahrzeuge
 - › mögliche neue Treibstoffarten (Elektro, Wasserstoff, Brennstoffzelle).
- › Enger Spielraum der Mineralölsteuer: Der Spielraum ist eng wegen dem Grenzverkehr. Zudem sind Treibstoffzollerhöhungen unpopulär.
- › Fehlende Lenkungsfunktion und Differenzierungsmöglichkeit: Die Mineralölsteuer lässt sich nicht differenzieren und leistet nur einen geringen Beitrag zur Verkehrsbeeinflussung. Folgende Faktoren können Tariffdifferenzierend genutzt werden:
 - › Fahrzeugkategorie (Motorrad, PKW, Anhänger usw.),
 - › Emissionsfaktoren (Ausnahme verbleit/bleifrei),
 - › Strassenkategorie,
 - › Zeit (Tageszeit/Wochentag/saisonal),
 - › Verkehrssituation (z.B. staugefährdet/frei),
 - › Gebiet (z.B. Agglomeration/Mittelland/Berggebiet).

2 Bei der Diskussion um Road Pricing wird oft argumentiert, dass sich die gleichen Ziele viel einfacher mit einer Erhöhung der Mineralölsteuer erzielen liessen. Dass dem nicht so ist, zeigt das Beispiel Staugebühr: Wollte man in Zürich eine Staugebühr von 12 Franken analog zu London erheben, um den Verkehr zu reduzieren, so würde dieser Preis bei einer Fahrt von Küsnacht in die Zürcher Innenstadt und zurück einem Preis von 1.-Franken pro Kilometer entsprechen. Um die gleiche Preiswirkung zu erzielen, müsste der Benzinpreis um 10 Franken pro Liter erhöht werden. In den Berggebieten würden entsprechende Fahrten ins nächstgelegene Zentrum prohibitiv teuer: Eine Fahrt beispielsweise von Versam nach Chur und zurück würde sich auf 80 Franken verteuern. Von Küsnacht nach Zürich gibt es allein 70 Zugverbindungen und unzählige Busverbindungen pro Tag, von Versam nach Chur 18 Verbindungen mit dem öffentlichen Verkehr.

Nationalstrassenabgabe (vgl. 4.2.2):

Sie generiert heute ein Finanzvolumen von 306 Mio. CHF (2003) und ist damit deutlich weniger relevant als die Mineralölsteuer. Die Pauschalität der Abgabe verhindert zudem jede Lenkungswirkung.

Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (vgl. 4.2.2):

Die jährlichen Einnahmen (2002: 772 Mio. CHF)³ fliessen zu zwei Dritteln (481 Mio. CHF) in den Fonds zur Finanzierung der Grossprojekte des öffentlichen Verkehrs (NEAT, Bahn 2000, HGV-Ausbau); ein Drittel (250 Mio. CHF) wird an die Kantone ausgeschüttet. Ein kleiner Teil (41 Mio. CHF) dient zur Deckung des Vollzugs- und Kontrollaufwands. Eine weitere Differenzierung der Abgabe ist im Moment nicht vorgesehen. Relevant bez. Gebührenhöhe sind insbesondere die Vereinbarungen mit der EU im Rahmen der Bilateralen Abkommen. Denkbar (und technisch) möglich wäre aber, dass die Abgabe auch bezüglich Strassennetz weiter differenziert werden könnte, indem z.B. für einzelne Passagen Zuschläge erhoben würden. Eine weitere Möglichkeit wäre eine Abgabe bei den Alpenübergängen (Alpentransitabgabe ATA). Diese steht aber momentan nicht zur Diskussion.

Kantonale Motorfahrzeugsteuer:

Auch die kantonale Motorfahrzeugsteuer ist in allererster Linie eine Finanzierungsquelle. Insgesamt generiert sie 1.9 Mia. (2002) an Einnahmen für die Kantone, die in der Regel zweckgebunden sind. Als nicht leistungsbezogene Abgabe ist auch sie wenig verursachergerecht. Zudem tauchen in diversen Kantonen Widerstände bezüglich Erhöhung der Abgabe auf. So hat der Souverän im Kanton Zürich beispielsweise eine Erhöhung sechs Mal an der Urne verworfen.

Die heutige Bundesverfassung verbietet grundsätzlich die Erhebung von Strassenbenutzungsgebühren (Bundesverfassung, Art. 82) und untersagt damit auch die Einführung eines flächendeckenden und distanzbezogenen Road Pricing. Entsprechend ist eine nationale Diskussion unumgänglich, wenn Road Pricing Modelle umgesetzt werden sollen. Räumlich beschränkte Road Pricing Pilotprojekte sind allerdings möglich, weil die Bundesversammlung die Erhebung von Strassenbenutzungsgebühren in Ausnahmefällen bewilligen kann.

3 Mit der Erhöhung der LSVA von 1.6 auf 2.5 Rappen pro gefahrenen Kilometer und Tonne Gesamtgewicht ab 1.1.2005 steigen die Einnahmen deutlich an.

1.2. FORSCHUNGSaufTRAG UND FRAGESTELLUNGEN

Road Pricing oder Strassenbenutzungsabgaben: Steuern oder Gebühren?

Zunächst ist eine Begriffsklärung wichtig. Wir verstehen Road Pricing als ein modernes System von Strassenbenutzungsabgaben, das sowohl Finanzierungs- als auch Lenkungszielen dienen könnte.

Der Begriff Abgabe ist als Oberbegriff für Steuern, Kausalabgaben und Gebühren zu verstehen. Gebühren sind nur Abgaben für konkrete staatliche Gegenleistungen die sich – im Gegensatz etwa zu Lenkungs- oder Umweltabgaben – an den Prinzipien der Kostendeckung und der Äquivalenz auszurichten haben.

Road Pricing kann sowohl eine Abgabe im Sinne einer Gebühr zur Deckung der durch die Leistung entstandenen Kosten⁴ sein als auch eine Steuer beispielsweise zur Beeinflussung der Verkehrsflüsse.

Ziel des Forschungsauftrags

Der SVI-Forschungsauftrag ‚Road Pricing Modelle auf Autobahnen und in Stadtregionen‘ ist umsetzungsorientiert. Ausgehend von den heutigen Kenntnissen und Erfolgsfaktoren sollen relevante Modelle für die Schweiz skizziert und evaluiert werden. Im Vordergrund stehen einerseits Modelle für die Agglomerationen, die sowohl einen Beitrag zum Verkehrsmanagement als (allenfalls) auch zur Finanzierung leisten können. Je nach Modell können dabei auch Autobahnen einbezogen werden, insbesondere dann, wenn sie eine Umfahrungsfunktion für den städtischen Verkehr aufweisen. Andererseits sollen weitere Modelle für Autobahnen diskutiert werden, die (ausserhalb von Agglomerationen) sowohl Lenkungs- als auch Finanzierungsziele aufweisen können. Ziel ist es, eine möglichst breite Palette von möglichen Anwendungsformen zu skizzieren.

Konkret sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- › Erfahrungen: Wie sind die Erfahrungen aus dem Ausland für die Schweiz zu interpretieren?
Welche Folgerungen für die Umsetzung in der Schweiz lassen sich daraus ableiten?

⁴ Unter einer Gebühr versteht die herrschende Lehre und Rechtsprechung ein Entgelt, das die gebührenpflichtige Person für eine bestimmte Amtshandlung oder für die Benutzung einer öffentlichen Einrichtung schuldet. Dementsprechend wird zwischen Verwaltungsgebühren und Benutzungsgebühren unterschieden (http://www.ow.ch/parlament/Vorlagen/Amtsjaar2004_2005/22September2004/Gebuehren_Botschaft.pdf).

- › Typisierung: Welche Parameter sind beim Road Pricing zu unterscheiden? Welche grundlegenden Modelle von Road Pricing gibt es? Welche Typologisierung ist auch für die Schweiz zielführend?
- › Modellbildung für Fallbeispiele: Wie sehen konkrete und repräsentative Fallbeispiele für die Schweiz aus, die übertragbar und anwendbar und damit eine Basis für mögliche Pilotversuche sind? Wie lassen sich diese evaluieren?
- › Konkretisierung und Evaluation von Fallbeispielen? Wie lassen sich die Typisierung und das Evaluationsgerüst auf die Fallbeispiele anwenden? Wie wirkt Road Pricing? Welche Elemente sind bei der Umsetzung zu berücksichtigen?
- › Welche spezifischen Folgerungen (für die Weiterentwicklung der einzelnen Fallbeispiele), welche allgemeinen Folgerungen (für die Weiterentwicklung von Road Pricing in der Schweiz) lassen sich ziehen?

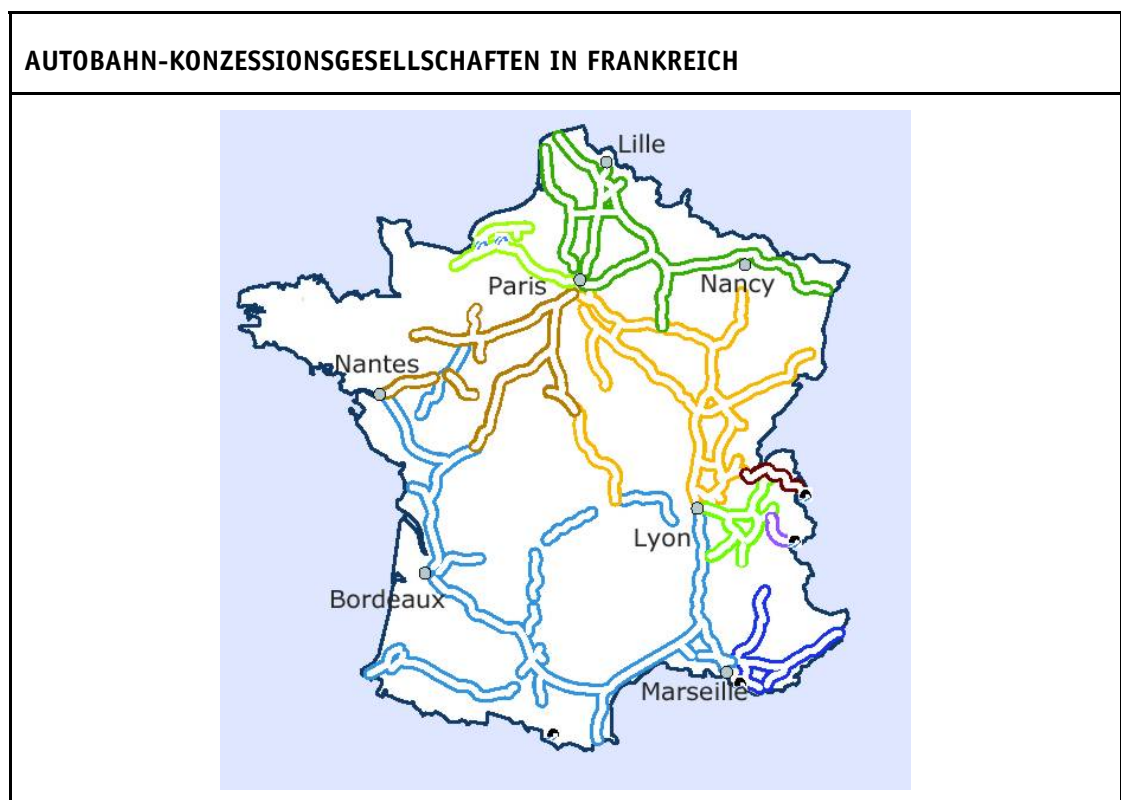
2. AKTUELLE ERFAHRUNGEN AUS DEM AUSLAND

2.1. ROAD PRICING AUF AUSLÄNDISCHEN AUTOBAHNEN

2.1.1. HERKÖMMLICHE AUTOBAHNGEBÜHREN IN EUROPA

Frankreich

In Frankreich haben Strassenbenutzungsgebühren bereits lange Tradition. Schon vor 50 Jahren wurde per Gesetz die Möglichkeit der Finanzierung bzw. Refinanzierung des Baus und Betriebs von Autobahnen mittels Erhebung von Benutzungsgebühren geschaffen. In Frankreich gibt es neun verschiedene Konzessionsgesellschaften, die Strassenabschnitte besitzen und auch die Gebühren erheben (Figur 1). Heute sind gut 75% der rund 10'000 km Autobahnen gebührenpflichtig. Bepreist werden jeweils einzelne Autobahnabschnitte, wobei die Preise in etwa distanzabhängig sind. Bisher wurde die Gebührenhöhe so festgelegt, dass die Infrastrukturkosten (Bau, Betrieb) gedeckt werden.

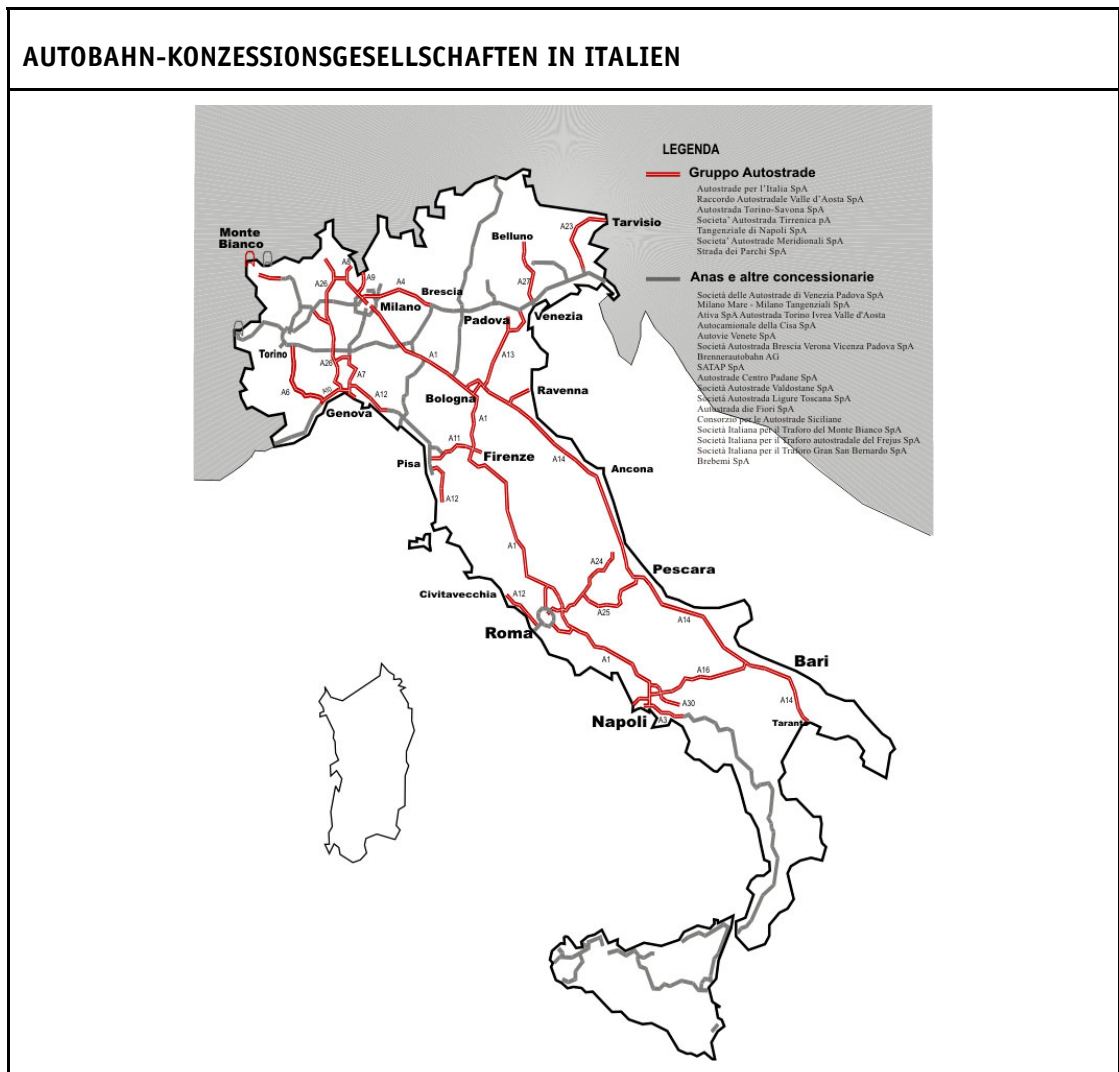


Figur 1

Für die Zukunft bestehen Pläne für einen Einbezug von externen Kosten in den Preis. Zudem soll mit den Benutzungsgebühren auch vermehrt Verkehrsbeeinflussung betrieben werden. Deshalb gibt es Versuche mit variablen Gebühren. Dabei erfolgt die Variation der Preise nach Tageszeit, Route und Emissionsmenge. Erste Versuche werden seit 1992 auf der Autobahn Lille – Paris durchgeführt, wo die Gebührenhöhe in Spitzenzeiten 25% heraufgesetzt und in verkehrsarmen Zeiten um 25% gesenkt worden ist. Das System ist ein Erfolg: die Verkehrsmenge konnte in den Spitzenzeiten um 10% reduziert und die Stauzeiten deutlich reduziert werden (Kossak 2004).

Italien

Italien besitzt das älteste Mautsystem in Europa mit rund 80 gebührenpflichtigen Strecken. Mit Ausnahme einiger Strecken im Süden des Landes sind auf allen Autobahnen Gebühren zu leisten. Die Gebühr wird streckenweise erhoben und richtet sich (in etwa) nach der Streckenlänge. Strasseneigentümer sind in Italien verschiedene Konzessionsgesellschaften (u.a. die heute privatisierte „Autostrade per l’Italia“). Alle Konzessionsgesellschaften verwenden u.a. das von Autostrade betriebene EFC „Telepass“ zur Erhebung der Autobahngebühr. Der Benutzer des Autobahnnetzes kann jedoch immer noch auch direkt an der Mautstelle bei einem Automaten oder bei einem Mautner seine Gebühr bezahlen.

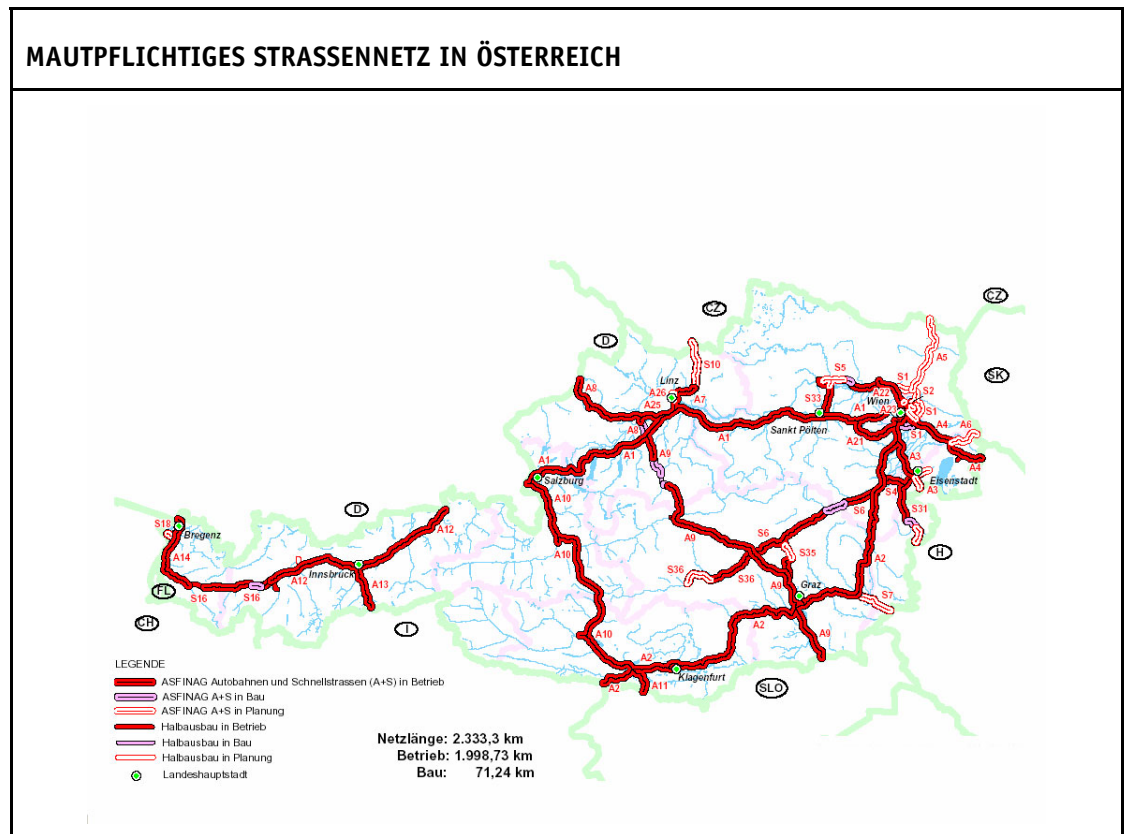


Figur 2

Österreich

Das Gebührensystem auf dem österreichischen Autobahn- bzw. Schnellstrassensystem besteht aus zwei Elementen. Einerseits gilt für das gesamte Hochleistungsstrassennetz eine generelle Vignettenpflicht, andererseits werden auf speziellen Streckenabschnitten zusätzliche Gebühren erhoben (z.B. Brenner-Autobahn, Arlberg-Tunnel etc., Figur 3). Die Gebühren sind jedoch wenig differenziert. Die Vignette ist für drei verschiedene Zeiträume erhältlich (10 Tage, 2 Monate, 1 Jahr), die Durchfahrtsgebühren sind in der Regel nach Fahrzeugtyp abgestuft. Strasseneigentümer ist in Österreich die ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstrassen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft), welche über eine Tochterfirma auch die

Vignettengebühren einzieht. Die gesamten Nettoeinnahmen durch Road Pricing (d.h. Bruttoeinnahmen abzüglich Betriebskosten) fließen in den Strassenbau und -unterhalt.



Figur 3

Seit Anfang 2004 gibt es in Österreich für den Schwerverkehr (Fahrzeuge über 3,5 t Höchstgewicht) auf dem gesamten Autobahn- und Schnellstrassennetz eine distanzabhängige Gebühr (Details siehe unten).

2.1.2. AUSLÄNDISCHE DISTANZABHÄNGIGE AUTOBAHN- UND SCHNELLSTRASSEN-GEBÜHREN FÜR DEN SCHWERVERKEHR

Deutschland

Mit einiger Verzögerung infolge technischer Schwierigkeiten wurde Anfang 2005 in Deutschland eine flächendeckende LKW-Maut in Betrieb genommen. Das neue Gebührensystem gilt für alle LKW über 12 Tonnen Gesamtgewicht und auf sämtlichen Bundesautobahnen und nicht wie bei der LSVA auf dem gesamten Strassennetz (Figur 4). Die Preise sind dis-

tanzabhängig und variieren zudem je nach Achsenzahl und Emissionsklasse des Fahrzeugs (zwischen 9 und 14 Cent pro Kilometer).



Figur 4

Die Ziele des neuen Maut-Systems sind vielseitig: Finanzierung des weiteren Ausbaus und der Unterhaltung der Verkehrsinfrastruktur, verursachergerechte Anlastung der Infrastruk-

turkosten, Schaffung eines Anreizes zur ökologisch sinnvollen Verlagerung des Gütertransports auf die Verkehrsträger Schiene und Wasserstrasse und effizienterer Einsatz der LKW. Die Einnahmen der LKW-Maut fliessen zu 50% in den Ausbau von (Fern-)Strassen, zu 38% in den Schienenverkehr und zu 12% in den Ausbau von nationalen Wasserstrassen.

Die Gebührenerhebung erfolgt mit zwei Systemen. Einerseits gibt es das automatische, satellitengestützte Gebührensystem (GPS/GSM-Technik), bei dem das mit einer On-Board Unit (OBU) ausgerüstete und registrierte Fahrzeug die befahrenen Autobahnstrecken automatisch erkennt und gemäss der Länge der gefahrenen Strecke automatisch eine Gebühr erhoben wird. Für die Fahrzeuge ohne OBU gibt es ein Einbuchungssystem, bei dem die Fahrt (Route, Zeit, Fahrzeugtyp etc.) per Internet oder an speziellen Terminals registriert (und bezahlt) werden kann. Die Überwachung der Fahrzeuge geschieht automatisch an rund 280 Kontrollbrücken (per Infrarot (DSRC) für Fahrzeuge mit OBU bzw. mit Videounterstützung für LKW ohne OBU) sowie zusätzlich durch Standkontrollen sowie mobile Kontrollen auf der Strasse durch das Bundesamt für Güterverkehr (BAG). Zahlen zur Wirkung der neuen LKW-Maut auf das Verkehrsaufkommen sind bis jetzt noch keine vorhanden, erste Erfahrungen beim Vollzug dagegen gibt es bereits (BAG 2005). Acht Monate nach dem Start der LKW-Maut, d.h. Ende August 2005, waren bereits über 460'000 LKW mit einer OBU ausgerüstet (Toll Collect 2005). Insgesamt geschieht bisher die Einbuchung bei 86% aller Fahrten automatisch mittels OBU, bei den restlichen 14% der Fahrten geschieht die Einbuchung manuell (per Internet, an Mautstellen-Terminals und via Call Center). Gemäss Bundesamt für Güterverkehr (BAG) werden rund 12% aller LKW-Fahrten kontrolliert, wobei die Beanstandungsquote bisher erstaunlich tief lag, nämlich bei weniger als 2% (BAG 2005, Toll Collect 2005).

Österreich

Seit Anfang 2004 wird in Österreich für Fahrzeuge über 3.5 Tonnen Höchstgewicht eine distanzabhängige Autobahn- und Schnellstrassengebühr erhoben. Im Unterschied zur LSVA in der Schweiz gilt die LKW-Gebühr in Österreich wie in Deutschland nur für Autobahnen und Schnellstrassen. Die Gebühr wird auf dem gesamten Autobahn- und Schnellstrassennetz mit Hilfe von rund 400 fix installierten Mautportalen auf der Basis von Mikrowellentechnologie (Funk DSRC) automatisch und spurunabhängig erhoben (ETC, Electronic Toll Collection), ohne den Verkehrsfluss zu stören (Free Flow multilane system). Für die Gebührenerfassung sind alle abgabepflichtigen Fahrzeuge an der Windschutzscheibe mit einer OBU, der sogenannten „GO-Box“, ausgerüstet. Über die GO-Box kann das Fahrzeug durch die Baken

identifiziert und die für diesen Mautabschnitt spezifische Gebühr vom entsprechenden Konto abgebucht werden. Das LKW-Gebührensysteem in Österreich wird von der „EUROPPASS LKW-Mautsystem GmbH“, einer Tochtergesellschaft der italienischen Autostrade S.p.A, im Namen der ASFINAG betrieben.

Das Hauptziel des österreichischen LKW-Gebührensystems ist die Finanzierung von Autobahnen und Schnellstrassen. Die erwarteten Einnahmen belaufen sich auf rund 600 Mio. € pro Jahr (ECMT 2004). Detaillierte Zahlen zur Veränderung des Verkehrsaufkommens seit der Einführung der LKW-Maut in Österreich existieren (noch) nicht. Der Ausweichverkehr wurde aber bereits untersucht: Eine Studie schätzt das Ausmass der von den Autobahnen und Schnellstrassen auf das untergeordnete Strassennetz verlagerten LKW-Fahrleistung derzeit auf 2–3% (Fusseis 2004).

2.1.3. AUTOBAHN GEBÜHREN IN ÜBERSEE

Aus den unzähligen Anwendungen von Road Pricing in Übersee werden im Folgenden ein paar besonders interessante Beispiele aufgegriffen.

Toronto Highway 407

Im Norden Torontos existiert auf über 100 km des Highway 407 ein Road Pricing System. Die Erfassung und Bezahlung erfolgt völlig elektronisch. Das Erfassungssystem ist dual: Entweder besitzt das Fahrzeug einen Transponder (On-Board Unit), der von den Erfassungsbaken erkannt wird, oder aber die Fahrzeugerkennung erfolgt per Videoerkennung der Kontrollschildnummer. Die gesamte Fahrzeugerkennung erfolgt bei freier Fahrt (Free Flow Multi-lane System). Die Gebühren sind abhängig von der gefahrenen Distanz sowie von Fahrzeugtyp und Tageszeit. Der Highway 407 wird von einer privaten Firma betrieben⁵.

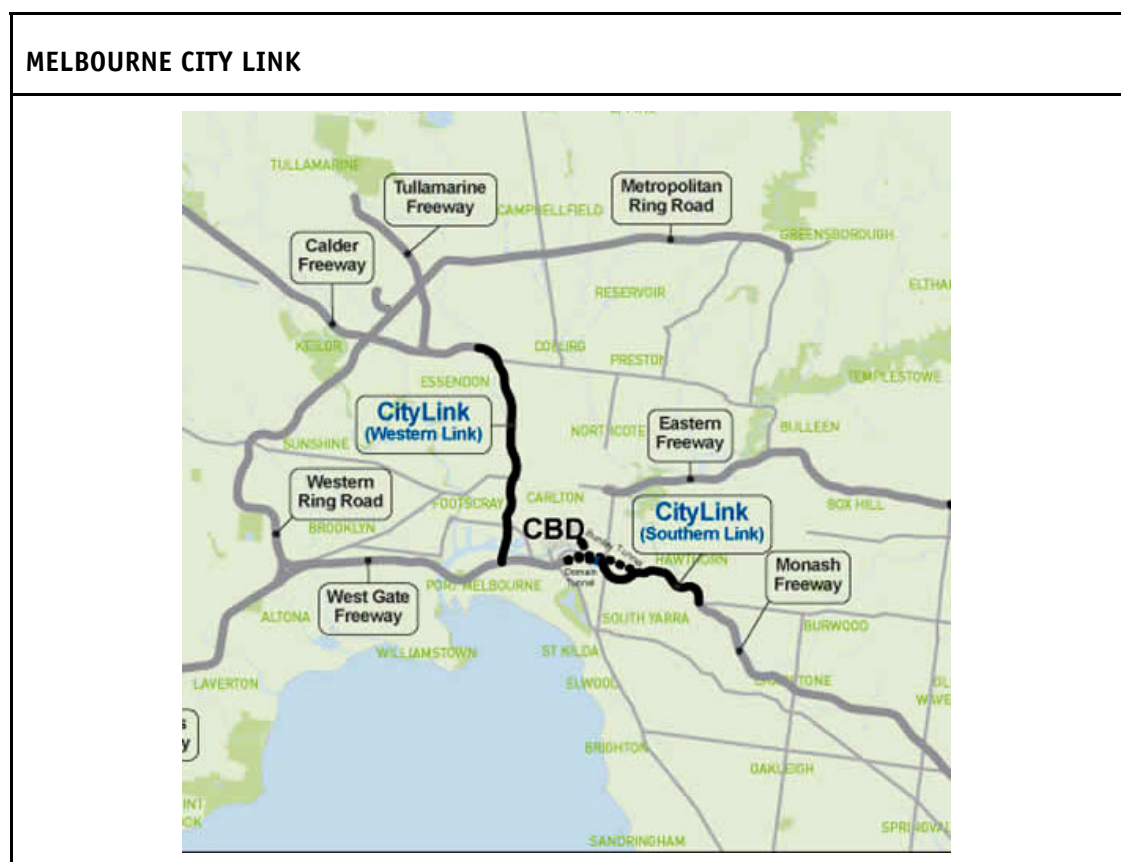
Melbourne City Link

City Link umfasst drei wesentliche Autobahnen im Stadtgebiet von Melbourne, die die inneren und äusseren Vorstädte mit dem zentralen Geschäftsbezirk, dem Flughafen, dem Zugnetz und dem Hafen verbinden. Auf seiner 22 km Länge führt der City Link durch zwei Tunnel und eine Hauptbrücke über den Yarra River. Der Bau des City Link wurde 1996 begonnen und im Jahr 2000 fertig gestellt. Die Errichtung und Finanzierung dieses Projekts wurde durch Transurban, einem privatwirtschaftlichen Strasseninfrastrukturentwickler,

⁵ www.407etr.com

sichergestellt. Zur Refinanzierung wird mit einem elektronischen Mautsystem, basierend auf 5.8 GHz DSRC-Mikrowellentechnologie und einem ANPR-Videoerkennungssystem, eine Benutzungsabgabe erhoben.

Von den 1.4 Mio. registrierten Fahrzeugen sind ca. 970'000 Fahrzeuge mit einem DSRC-TAG (Transponder) ausgerüstet. Täglich finden mehr als 675'000 Transaktionen statt und jeden Monat werden 4'000 Fahrzeuge neu registriert. Annähernd 2.2 Mio. einfache Tagespassagen werden jedes Jahr verkauft.

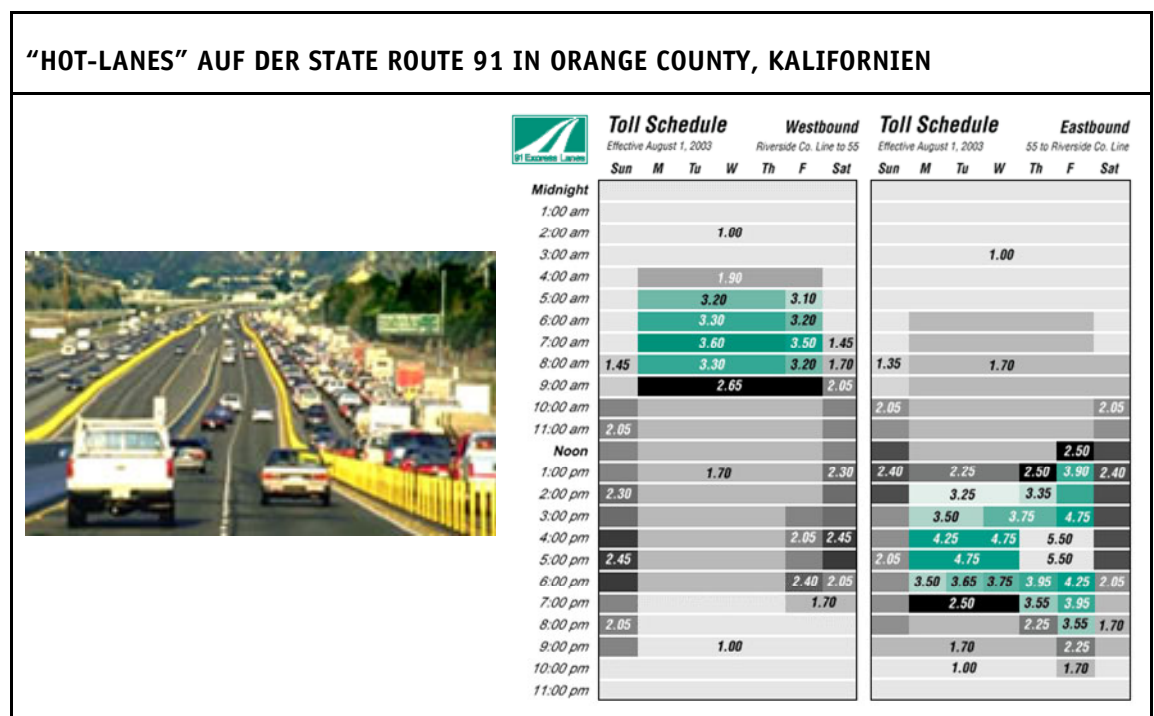


Figur 5

USA/Kalifornien

In den USA gibt es eine grosse Anzahl von Road Pricing Systemen auf Autobahnen. Zusammen mit den städtischen Mautsystemen gibt es in den Vereinigten Staaten mehr als 250 Road Pricing Systeme (Kossak 2004). Systeme mit (u.a. zeitlich) variablen Gebührensätzen sind verbreitet und werden als wichtiges Instrument der Verkehrsbeeinflussung angesehen. Weit verbreitet ist Road Pricing insbesondere in Kalifornien.

Ein besonders interessantes System existiert auf der State Route 91 in Kalifornien. Auf dieser Autobahnzufahrt nach Los Angeles existieren nebst den kostenlosen Fahrspuren auch gebührenpflichtige Express-Spuren, so genannte HOT-Lanes (High Occupancy and Toll Lanes, Figur 6). Die Fahrzeugerkennung erfolgt mit Funkbaken (DSRC). Die Fahrzeuge müssen dazu mit einem Transponder (On-Board Unit) ausgerüstet sein. Die Gebühren für die Benutzung dieser Expressspuren sind sehr stark differenziert. Die Preise variieren je nach Attraktivität der Schnellspuren im Vergleich zur Auslastung der freien Fahrbahnen und unterscheiden sich je nach Wochentag und Tageszeit⁶. Zusätzlich erhalten Fahrzeuge mit drei oder mehr Personen einen Rabatt von 50%. Die private Betreibergesellschaft verkauft mit dem System der HOT-Lanes eigentlich ihren zahlungswilligen Kunden einen Mehrwert im Sinne einer staufreien Fahrt. Bei der Benutzung der HOT-Lane erfahren die Kunden eine durchschnittliche Zeitersparnis von 45 Minuten und können zudem ihre Fahrzeit gut kalkulieren. Das System auf der State Route 91 ist damit ein Beispiel für Value Pricing auf Autobahnen. Die Akzeptanz der HOT-Lane auf der State Route 91 ist sehr hoch.



Figur 6

⁶ www.91expresslanes.com

2.1.4. WIRKUNGEN VON ROAD PRICING AUF AUTOBAHNEN

Bei der Einführung einer Strassengebühr auf Autobahnen sind grundsätzlich fünf Reaktionen der Benutzer möglich. Einerseits können die Benutzer die Gebühren akzeptieren und bezahlen, andererseits haben sie vier Möglichkeiten, ihr Verhalten zu ändern. 1) Wechsel des Verkehrsmittels, in der Regel vom Personenwagen auf den öffentlichen Verkehr. 2) Änderung der Routenwahl, z.B. durch Ausweichen auf das untergeordnete Strassennetz oder andere, nicht gebührenpflichtige oder billigere Strassen. 3) Änderung der Zieldestination (und damit auch der Route). 4) Reduktion der Häufigkeit einer Fahrt/Reise. Damit wird auf gewisse Fahrten verzichtet.

Bei der Einführung von zeitlich differenzierten Gebühren ist zudem eine weitere Verhaltensänderung möglich: Strassenbenutzer können den Zeitpunkt ihrer Fahrt/Reise verändern und damit auf billigere Zeiten ausweichen.

Im EU-Forschungsprojekt EUROTOLL (European Research Project for Toll Effects and Pricing Strategies, EUROTOLL) wurde der Einfluss von Gebührenerhebungen auf die Nachfrage bzw. die Verkehrsaufkommen anhand diverser Fallstudien untersucht. Die Resultate beruhen auf realen Erfahrungen und sind bei den verschiedenen Fallbeispielen aus dem Forschungsprojekt recht unterschiedlich:

- › Österreich A12/A13 Gebühr auf Autobahnabschnitt: Bei den PW zahlten 67% die Gebühr, 33% änderten die Route. Eine veränderte Verkehrsmittelwahl konnte jedoch nicht beobachtet werden. Bei den LKW zahlten 88% die Gebühr und nur 12% änderten entweder die Route (9%) oder aber die Zieldestination (3%).
- › Deutschland/Stuttgart, Bepreisung von Autobahnabschnitt bei starkem Verkehr (peak pricing): Wenn die Bepreisungsspeaks 0.5 Stunden dauern, weichen 5.2% der Fahrer auf eine andere off-peak Periode aus. Wenn die Bepreisungsphase eine Stunde dauert, weichen nur noch 3.3% der Fahrzeuge aus, und bei einer Dauer von zwei Stunden gar nur 1.9%. Der Wechsel auf ein anderes Verkehrsmittel (ÖV, Langsamverkehr) betrug beim Beispiel von Stuttgart maximal 5%. Ca. 3–5% der Benutzer wechseln vom PW auf den öffentlichen Verkehr. 0.6–13.6% der Benutzer ändern die Routenwahl.
- › Leicester/GB: Gut 2% der Strassenbenutzer wechselten vollständig vom Auto auf den Bus und 14.9% wechselten teilweise, indem sie von Park & Ride Einrichtungen Gebrauch machten. Allerdings war die zur Verfügung stehende ÖV-Alternative dank erwähntem P&R-System qualitativ sehr hoch stehend. Da die Preise für die Strassenbenutzung und die P&R-Gebühren in Leicester variierten, konnte der Zusammenhang zwischen Modal Split und Preisdifferenz zwischen Strassengebühr und P&R-Gebühr ermittelt werden:

PW-Anteil ohne P&R (Modal Split, in %) = $76.9 - 1.65 * (\text{Preisdiff. Road Pricing/Park \& Ride, in GBP})$.

Die Preiselastizität des Modal Split beträgt also -1.65%. Das bedeutet, dass pro zusätzlichem Pfund (GBP) Preisdifferenz zwischen Strassengebühr und P&R-Gebühr, der Anteil der PW-Fahrer (ohne P&R) um 1.65% sinkt.

- › Florenz, Italien (Autobahn A11): 5% der Strassenbenutzer wechselten vom MIV auf den öffentlichen Verkehr.
- › Brennerautobahn und andere österreichische Autobahnen: Beobachtete Verhaltensänderungen nach verschiedenen Preiserhöhungen (basierend auf Fallstudien):

VERHALTENSÄNDERUNGEN GEMÄSS VIER PREISSTUFEN AUF ÖSTERREICHISCHEN AUTOBAHNEN						
Preis	Finale Verhaltensänderungen, nach gewisser Zeit					Anfängliche Verhaltensänderung
	Änderung der Zieldestination	Reduktion der Fahrhäufigkeit	Umstieg auf anderes Verkehrsmittel	Andere Routenwahl	Verhaltensänderung total, nach gew. Zeit	Verhaltensänderung total, zu Beginn
0.022 ECU/Fzkm	2%	3%	5%	20%	30%	58%
0.036 ECU/Fzkm	3%	4%	7%	23%	37%	69%
0.072 ECU/Fzkm	4%	5%	9%	24%	42%	80%
0.11 ECU/Fzkm	5%	5%	10%	31%	51%	90%

Tabelle 1 Quelle: EUROTOLL 1999, S. 56f.

Aus den Resultaten dieser österreichischen Untersuchungen wurde der Zusammenhang zwischen dem Anteil der Personen, die die Gebühren akzeptieren („final acceptance“) und der Gebührenhöhe abgeleitet. Die „final acceptance“ entspricht dem Anteil der Personen, die ihr Verhalten *nicht* verändert haben (Anteil „Verhaltensänderer“ + Anteil „Akzeptierer“ =1). Daraus abgeleitete Elastizität:

- › Final Acceptance (in %) = $-0.271 - 0.0895 * \ln(\text{Strassengebühr pro Fzkm, in ECU})^7$.

Im Weiteren können aus den Werten aus Tabelle 1 auch für die finalen Verhaltensänderungen Preiselastizitäten abgeleitet werden⁸. Dabei ergeben sich folgende Elastizitäten (Verhaltensänderung in % pro Preiszunahme in %):

- › Summe aller Verhaltensänderungen: $E = 0.35$

⁷ Quelle: EUROTOLL 1999, S. 57

⁸ Annahme: Ohne Road Pricing sind nur die variablen Kilometerkosten (Kosten pro Fzkm) relevant für die Nachfrage.

- › Änderung der Zieldestination: $E = 0.05$,
- › Reduktion der Fahrhäufigkeit: $E = 0.03$,
- › Umstieg auf anderes Verkehrsmittel: $E = 0.09$,
- › Andere Routenwahl: $E = 0.18$,

Elastizität $E = \text{Anteil der Benutzer mit Verhaltensänderung (\%)/Erhöhung von Kilometerpreis infolge Road Pricing (in \%)}.$

Wichtig ist der Hinweis, dass alle diese Werte nur für Bedingungen gelten, die gleich oder ähnlich sind wie bei diesen Studien in Österreich: ursprünglich keine Gebühren, Einführung nur auf Autobahnen und Schnellstrassen, Alternativen vorhanden (andere Verkehrsmittel, andere Routen).

Eine neuere Studie zu Road Pricing auf Schnellstrassen/Autobahnen in England stellt fest, dass durch die Einführung von zeitlich und örtlich differenzierten Benutzungsgebühren im gesamten Strassennetz Englands eine Reduktion der Stauzeit in der Summe von rund 44% möglich ist (CFIT 2002, Kossak 2004). Das gesamte Verkehrsvolumen auf den Strassen nähme zudem um 4.2% ab (Umstieg auf andere Verkehrsmittel bzw. Reduktion der Fahrten) und die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit würde um 2.9% steigen.

2.2. ROAD PRICING IN AUSLÄNDISCHEN STÄDTEN: ERFAHRUNGEN

Tabelle 2 gibt eine kurze Übersicht über interessante Beispiele in verschiedenen Städten. In den meisten Städten dient Road Pricing sowohl Lenkungs- wie auch Finanzierungszielen. Vor allem die aktuellen Erfahrungen von London haben gezeigt, dass heute ein transparentes Abgabensystem mit einer gut begleiteten Einführung und einem hohen technischen Standard akzeptiert wird. Allerdings gibt es auch diverse Beispiele von gescheiterten Road Pricing Projekten in Europa (z.B. in Belgien, Niederlande⁹ und Finnland¹⁰). In Frankreich ist die Bilanz durchzogen. In Lyon beispielsweise wurde 1997 eine nördliche Stadtumfahrung mit Strassengebühren in Betrieb genommen und von einer privaten Gesellschaft betrieben. Der Protest der Verkehrsteilnehmer war jedoch so stark, dass die Stadt den Strassenabschnitt wieder zurückkaufen und die Gebühren senken musste. Das städtische Beispiel von Lyon zeigt, wie schwierig eine Netzintegration mit einem privaten Betreiber einer neuen

9 Ein wichtiger Grund war dabei der Verwendungszweck der Einnahmen. Road Pricing für allgemeine Budgetzwecke weist eine niedrige Akzeptanz auf; Eliasson J., M. Lundberg 2003; S. 14f.

10 www.progress-project.org/Progress/hels.html

Umfahrungsstrasse sein kann. Auf der anderen Seite sind die Beispiele in Marseille und Paris positiv zu würdigen¹¹. In Marseille wird für Stadteinfahrt durch einen neuen Strassentunnel (ehem. Eisenbahntunnel) von einem privaten Betreiber eine Gebühr erhoben. Dank hohem Zeitgewinn, eher tiefen Preisen sowie gutem Marketing ist die Akzeptanz in der Bevölkerung hoch.

Städtisches Road Pricing war das Thema von diversen europäischen Forschungsprojekten. Das Projekt PRIMA (Pricing Measures Acceptance) untersuchte dabei die Akzeptanz von Road Pricing Systemen in einer Reihe von europäischen Städten (u.a. Zürich und Bern, siehe Güller et al. 2000). Die EU-Projekte PROGRESS (Pricing Road for Greater Responsibility, Efficiency and Sustainability in Cities) und CUPID (Co-ordinating Urban Pricing Integrated Demonstrations) legten den Fokus ebenfalls auf städtisches Road Pricing und begleiteten verschiedene europäische Städte bei der Einführung und Erweiterung von Road Pricing Systemen oder Pilotprojekten (PROGRESS 2004, CUPID 2004). Im Schlussbericht des Projekts PROGRESS werden die Erfahrungen aus den Fallbeispielen dargelegt und daraus die 55 wichtigsten Empfehlungen für städtisches Road Pricing abgeleitet (PROGRESS 2004, S.113-117).

AUSGEWÄHLTE BEISPIELE VON ROAD PRICING IN STÄDTEN		
Stadt	Ausgestaltung	Erfahrungen
Singapur ¹²	Electronic Road Pricing, unterschiedliche Preise je nach Fahrzeugtyp und Tageszeit, alle 3 Monate Preisanpassung je nach Stauentwicklung. Die Mittel fließen der allg. Staatskasse zu.	Hohe Lenkungswirkung nach der Tarifierenzierung. Modalsplitwirkung sehr hoch (ÖV-Anteil 46% im Jahr 1974, heute 60%). Hohe Akzeptanz.
Norwegische Städte: Bergen, Oslo, Trondheim, Kristiansand etc. ¹³	Städtische Mautringe (Toll Cordon), bisher mit Zweckbindung der Einnahmen für Strassenprojekte. Bis jetzt ohne Differenzierung nach Tageszeit. Hauptziel Mehreinnahmen, begleitende Untersuchung zu den Detailwirkungen. Finanzielle Anreize vom Staat für Pilotstädte.	Wichtige Finanzierungsquelle, allerdings in beschränktem Raum. Bei Einführung positive Modalsplitwirkung, Trend zu Differenzierung (mehrere Mautringe) zeigt interessante Weiterentwicklungsformen. Bergen: 2. Etappe realisiert, Oslo: 2. Etappe realisiert und 3. Etappe in Planung.
London ¹⁴	Einfaches Area Pricing mit fixer Abgabe für Fahrberechtigung im Zentrumsbereich von London (anfänglich 5£ pro Tag, seit Juli 2005 8£/Tag). Einnahmen werden zur Finanzierung von Investitionen in das Bussystem und die U-Bahn verwendet. Zurzeit ist Gebietsausdehnung geplant.	Einführung 2003 ist problemlos erfolgt. Hohe Lenkungswirkung mit Verkehrsrückgang gegen 20% in die Innenstadt sowie Staureduktion um 30%. Hohe Akzeptanz wegen Problemdruck.

11 Vgl. Güller 2002

12 www.lta.gov.sg/motoring_matters/index_motoring_erp.htm

13 www.brotunnel.no (Bergen), www.fjellinjen.no (Oslo), www.bomringen.no/english/default.asp (Trondheim)

14 www.cclondon.com

AUSGEWÄHLTE BEISPIELE VON ROAD PRICING IN STÄDTEN		
Stadt	Ausgestaltung	Erfahrungen
Rom ¹⁵	Zugangsbewirtschaftung für MIV zur Innenstadt über automatisches Kontrollsystem (Stadteinfahrten kontingentiert). Kontingente (total 200'000 Fz) für gewisse Benutzerkategorien ohne Gebühr (Anwohner, Behinderte, gewerbl. Verkehr), andere Benutzerkategorien mit Jahresgebühr (340€/a). Mittel dienen zur Finanzierung von Mobilitätsprojekten.	Hohe Akzeptanz, deutliche Verkehrsabnahme (-20%) und Umlagerung auf den ÖV (+6%).
Genua ¹⁶	Road Pricing Versuchsprojekt auf der Ost-West-Tangentiale (Geografischer Engpass).	Noch offen.
Stockholm ¹⁷	Cordonpricing mit einer Zone. Passagegebühr bei Ein- und Ausfahrt 10–20 SEK (CHF 1.60–3.20), abgestuft nach Tageszeit. Ausgeklügelte Ausnahmeregelungen für gewisse „Zwangs“-Fahrten.	Einführung ist erfolgt am 3.1.2006. Versuchsphase im 1. Halbjahr 2006. Referendum 17.9.2006 über permanenten Betrieb.
Melbourne ¹⁸	Seit 1999 Road Pricing auf Zufahrts-/Ringstrassen um Stadtzentrum. Vollelektronisches System ähnlich wie in London. Preisanpassung alle 3 Monate.	Staus signifikant reduziert, Sicherheit auf Strassen erhöht und Luftverschmutzung reduziert.

Tabelle 2 Viele dieser Beispiele sind noch jung. Interessant sind vor allem die positiven Erfahrungen mit den Ansätzen in Rom, London sowie den norwegischen Städten.

2.2.1. ROAD PRICING IN SINGAPUR

Singapur gilt als Vorreiter des städtischen Road Pricings. Als erste grosse Stadt hat Singapur schon im Jahr 1975 ein Road Pricing System eingeführt, das so genannte „Area Licensing Scheme“ (mit Vignette). Das System wurde in der Folge laufend ausgebaut und auch auf die Schnellstrassen ausgedehnt. Im Jahr 1998 wurde das manuelle System durch ein elektronisches Gebührensystem ersetzt (ERP, Electronic Road Pricing), womit auch der Gebühreneinzug automatisiert wurde. Fahrzeuge, die die Innenstadt oder gewisse Abschnitte des Strassennetzes befahren wollen, müssen sich registrieren und ein elektronisches Fahrzeuggerät mit Transponder und einer Chipkarte erwerben und die Chipkarte mit Gebühreneinheiten aufladen. An den Einfallsachsen sind Signalbrücken mit Funkbaken, sog. „Gantries“, aufgestellt. An diesen Gantries werden die Gebühren mittels Nahbereichsfunkkommunikation (DSRC Dedicated Short Range Communication) abgebucht. Ist kein Fahrzeuggerät oder kein

¹⁵ www.sta.roma.it

¹⁶ www.amt.genova.it/progetti/progress.asp

¹⁷ www.stockholm.se/miljoavgifter

¹⁸ www.transurban.com.au, <http://www.citylink.com.au>

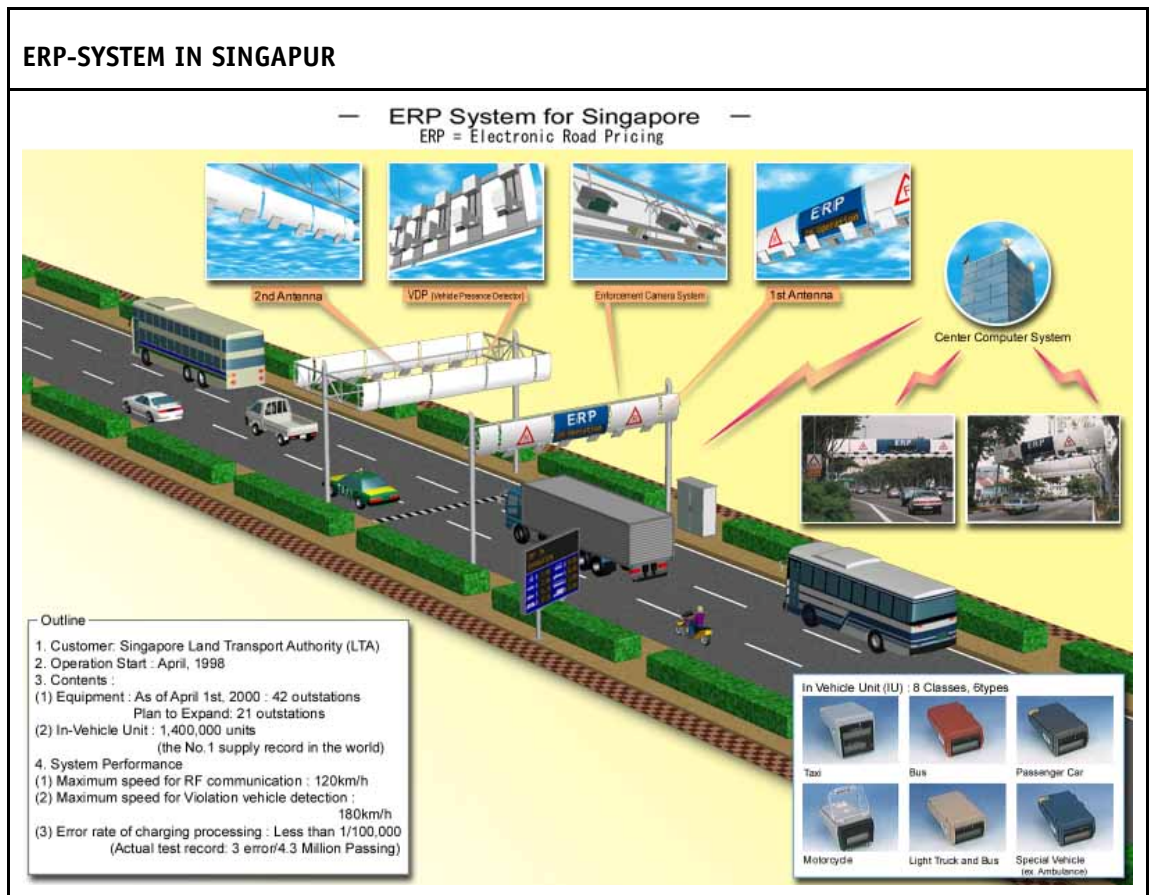
Guthaben vorhanden, werden die Fahrzeuge fotografiert. Nichtzahlern drohen drakonische Strafen.

Die Tarife sind tageszeitlich sowie nach Fahrzeugtyp abgestuft und wurden festgesetzt mit dem Ziel, Verkehrsstaus abzubauen. Ein Jahr nach Einführung des ERP-Systems wurde in der Gebührenzone während der gebührenpflichtigen Zeit ein Verkehrsrückgang von 15% registriert. Dabei ist der Rückgang der Fahrtenanzahl nicht auf eine Verlagerung zum öffentlichen Nahverkehr zurückzuführen. Diese Verlagerung erfolgte bereits bei der Einführung des Vignettensystems. Als Hauptgrund für die Reduktion des Verkehrsaufkommens wurde der Rückgang der täglichen Mehrfachfahrten um 34% identifiziert (Kossak 2004). Die Verkehrsteilnehmer planen also ihre Fahrten sorgfältiger, weil sie jede Fahrt zahlen müssen, während beim Vignettensystem Mehrfachfahrten keine Zusatzkosten verursachten. Die durch die zeitliche Variation der Gebühren beobachteten Nachfrageelastizitäten (prozentuale Nachfrageänderung/prozentuale Preisänderung) betragen für PW -0.12 bis -0.35 und für Motorräder -0.7 bis -2.8 (Menon 2000).

Insgesamt wurde die Gebührenlast mit der Einführung des ERP-Systems nicht erhöht, sondern sogar gesenkt: Die Bruttoeinnahmen gingen gegenüber dem manuellen System dank reduzierter Tarife um rund 40% zurück (Menon 2000). Das Ziel des elektronischen Road Pricing Systems ist also explizit nicht die Gewinnung zusätzlicher Einnahmen, sondern ein erfolgreiches Verkehrsmanagement.

Das ERP-System in Singapur ist insofern speziell, weil es in einem besonderen Umfeld realisiert wurde:

- › Singapur ist praktisch ein Inselstaat und hat keinen internationalen Autoverkehr ausser Grenzpendlern. Es ist deshalb möglich, nur Fahrzeuge im Stadtgebiet zirkulieren zu lassen, die obligatorisch mit DSRC-Transpondern ausgerüstet sind.
- › Das politische Umfeld in Singapur ist stark marktwirtschaftlich orientiert. Basisdemokratische Einflüsse mussten nicht berücksichtigt werden.



Figur 7

2.2.2. ROAD PRICING IN OSLO UND ANDEREN NORWEGISCHEN STÄDTEN

In Oslo, Bergen und Trondheim wurden in den neunziger Jahren Kordongebühren für die Einfahrt in das Stadtgebiet eingeführt. Auf allen Einfallstrassen in das Stadtgebiet befinden sich am Rand des gebührenpflichtigen Gebiets Mautstationen, an denen die Gebühr bei der Einfahrt zu entrichten ist. Die Mautstationen können auf Automaten Spuren (Münz- und Kartenautomaten) oder auf EFC-Spuren (Electronic Fee Collection) durchfahren werden. Es gibt auch bediente Mautstationen. EFC-Spuren können nur von Fahrzeugen mit DSRC-Transpondern befahren werden. Jede Spur durch die Mautstation ist mit einer Barriere versehen, die sich bei der Bezahlung bzw. Abbuchung der Gebühr automatisch öffnet (Figur 8).

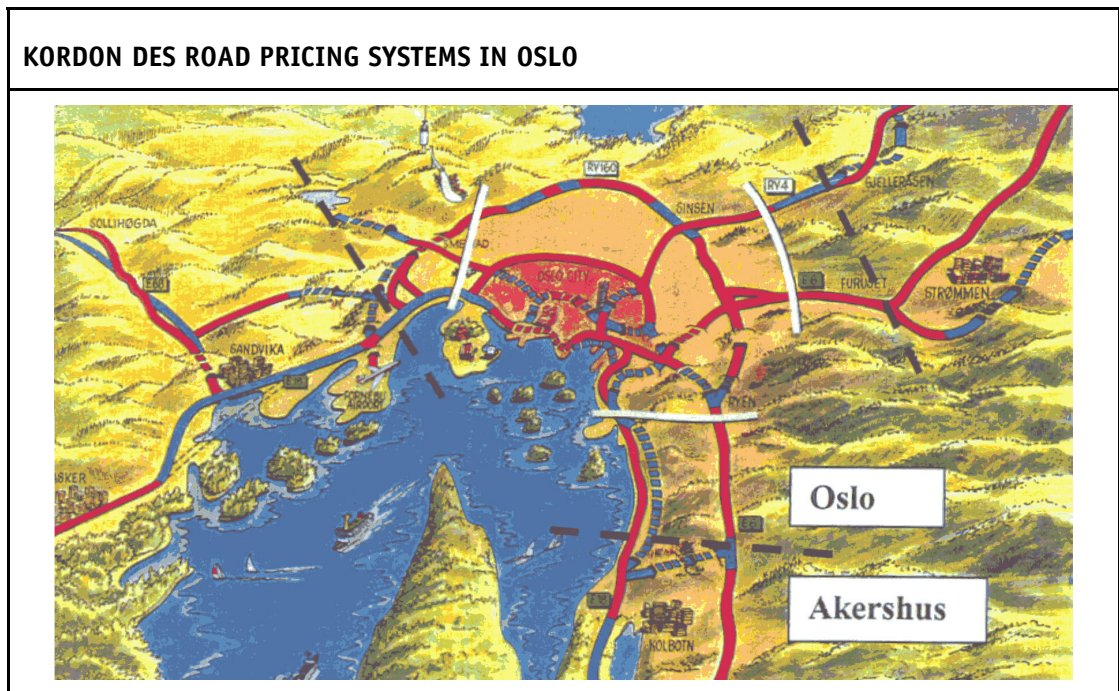
MAUT-STATION FÜR CORDON ROAD PRICING IN NORWEGEN



Figur 8 Zwei Spuren sind mit Münzautomaten und eine Spur mit DSRC Funkbaken („AutoPASS“) ausgerüstet.

Die geografische Lage der drei Städte mit Meerbusen und den Tälern folgender Siedlungsstruktur hat den Vorteil, dass der (Halb-)Ring um die Städte mit verhältnismässig wenigen Mautstationen abgedeckt werden kann. In Oslo gibt es 19 Mautstationen, die von 250'000 Fahrzeugen pro Tag durchfahren werden (Figur 9). An den Mautstationen benutzen 76% der Fahrzeuge die EFC-Spuren, je 12% der Benutzer bezahlen entweder an den Münzautomaten oder benutzen bediente Spuren.

Die Gebühr in Oslo ist fix und beträgt umgerechnet 3 Franken pro Einfahrt. Die Einnahmen betragen rund 160 Mio. CHF pro Jahr; 10% der Einnahmen werden für den Betrieb des Mautsystems aufgewendet.



Figur 9

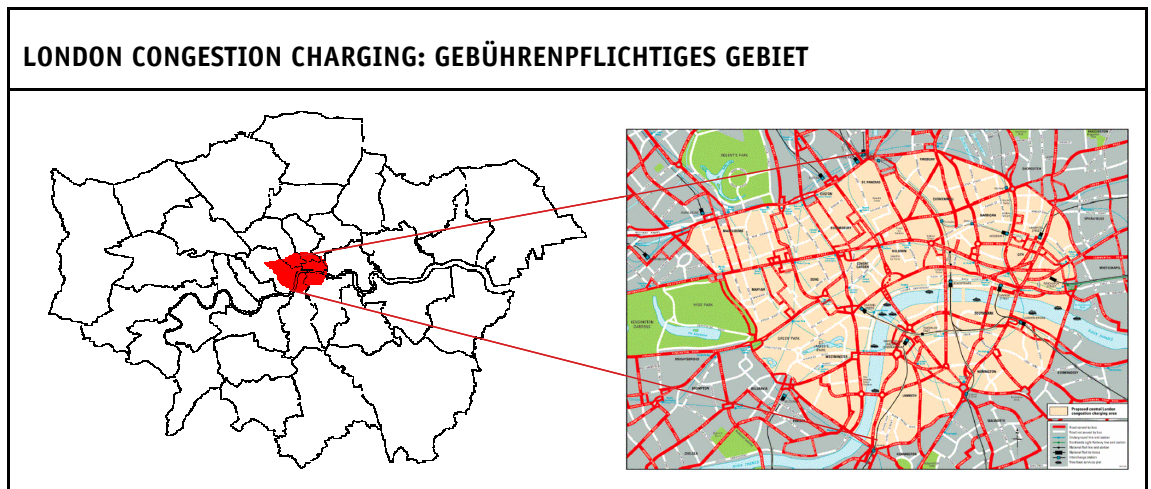
In Oslo werden die Einnahmen zur Finanzierung von 50 verschiedenen Strassenprojekten verwendet. Ein Grossteil der Projekte ist inzwischen finanziert. 25% des norwegischen Strassenbaubudgets stammen aus Road Pricing Quellen.

Weil die Gebühren relativ niedrig sind, ist deren Wirkung auf die Verkehrsnachfrage gering. Für Lenkungseffekte müssten sie auf 10–15 CHF pro Einfahrt erhöht werden. Die Akzeptanz des Mautrings in Oslo ist nach der Einführung von 30% auf 50% gestiegen. Die grössten Diskussionen verursacht die Lage des Kordons.

In Oslo werden Überlegungen angestellt, die bestehenden fixen Kordongebühren in ein Road Pricing System mit tageszeitabhängigen Staugebühren zur Lenkung der Verkehrsnachfrage zu überführen.

2.2.3. CONGESTION CHARGING LONDON

Seit Februar 2003 wird in London für Fahrzeuge, welche die Innenstadt zwischen 07.00 und 18.30 Uhr befahren, eine Gebühr – die „Congestion Charge“ – erhoben. Ursprünglich betrug die Gebühr 5£ pro Tag, im Juli 2005 wurde sie auf 8£ pro Tag (ca. 18.5 CHF/Tag) angehoben.



Figur 10

Die Zielsetzung der so genannten Congestion Charge ist doppelt:

- 1) Nachfragebeeinflussung mit Staugebühr
- 2) Finanzierung: Verkehrsinfrastruktur, insbesondere ÖV

Der Fokus liegt aber eindeutig bei der Verkehrsbeeinflussung. Die Gebühr gilt für den Personen- und Güterverkehr. Anwohnern wird ein Rabatt von 90% gewährt. Daneben gibt es Ausnahmen für spezielle Transporte sowie umweltfreundliche Fahrzeuge.

Das Erhebungssystem beruht auf dem Prinzip der automatischen Kennzeichenerfassung der Fahrzeuge. Vor dem Befahren der Londoner Innenstadt müssen die Benutzer ihr Fahrzeug registrieren und die Gebühr bezahlen. Dafür stehen mehrere Kanäle zur Verfügung:

- › Kiosk (wird von 35% der Benutzer gewählt),
- › Internet (25%),
- › Telefon Call Center (20%),
- › SMS (19%),
- › Post (1%).

Zur Kontrolle der Registrierung der Fahrzeuge sind an den Ein- und Ausfahrten des gebührenpflichtigen Gebietes und auf häufig benutzten Durchfahrtsstrassen Kameras montiert, mit deren Hilfe die Kennzeichen aller Fahrzeuge erfasst werden. In einem Rechenzentrum werden die Bilder soweit als möglich automatisch ausgewertet; nicht automatisch lesbare Kennzeichen werden von Hand ausgewertet.

Die Bussen bei Nichtregistrierung sind relativ hoch: £40, wenn innerhalb von 14 Tagen bezahlt wird, £80, wenn Zahlung nach Ablauf von 14 Tagen und £125, wenn Zahlung nach

28 Tagen erfolgt. Über 65% der Bussen werden bezahlt, 88% davon innerhalb von 14 Tagen. Fahrzeuge von Nichtzahlern werden abgeschleppt.

Insgesamt sind die Erfahrungen positiv. Der Verkehr hat im gebührenpflichtigen Gebiet um 15–20% abgenommen (TfL 2005a). Von den 60'000 Fahrten, die pro Tag nicht mehr in die Innenstadt fahren, sind heute (TfL 2005a):

- › 20 bis 30% Umwegverkehr,
- › 50 bis 60% Umstieg auf ÖV,
- › 15 bis 25% Umstieg auf andere Transportmittel (zu Fuss, Velo, Taxi) oder Fahrtverzicht.

Die Verkehrsreduktion in der Innenstadt ist nicht mit einer Zunahme des Verkehrs auf den Ringstrassen rund um die Innenstadt einhergegangen. Der Mehrverkehr auf der Inner Ring Road infolge Umwegfahrten ist kleiner als die Verkehrsabnahme infolge Reduktion der Fahrten in Richtung Innenstadt.

Die grösste Wirkung liegt bei der Reduktion der Stauzeiten (TfL 2005a):

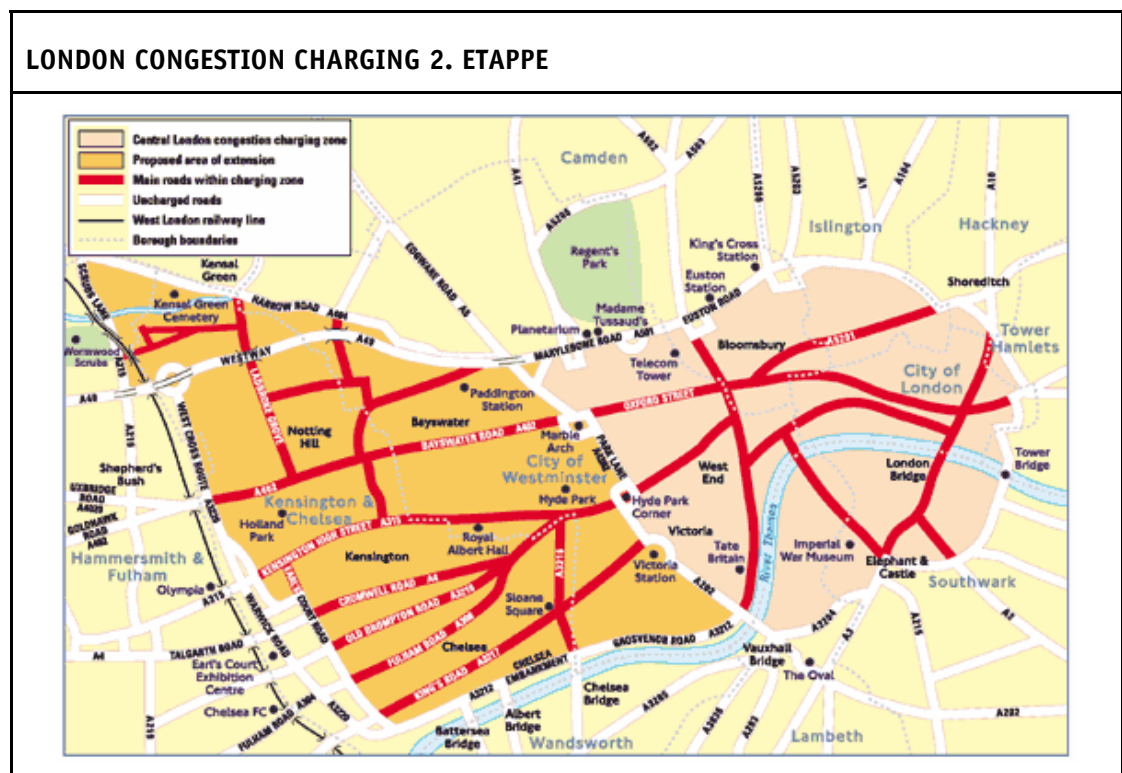
- › 30% Fahrzeitreduktion Binnenverkehr,
- › 14% Fahrzeitreduktion Ziel-/Quellverkehr,
- › 30% höhere Zuverlässigkeit der Fahrzeit.

Von der Reduktion der Stauzeiten profitieren insbesondere die Busse und Taxis. Die Reisegeschwindigkeit und die Zuverlässigkeit der Busse ist sowohl in der Charging Zone als auch auf der Inner Ring Road gestiegen.

Umstritten sind die volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Congestion Charging. Das Erhebungssystem selbst ist sehr teuer. Sowohl die Betriebskosten als auch die Investitionskosten des Londoner Systems sind sehr beträchtlich: den Gesamteinnahmen von 190 Mio. £ pro Jahr (davon 72 Mio. budgetiert für Busseneinnahmen) stehen Erhebungskosten von 92 Mio. £ gegenüber. Insgesamt schätzt man, dass die Transportkosten infolge Staureduktion um 50 Mio. £ pro Jahr geringer sind als vor der Einführung des Congestion Charging. Die Geschäfte in der Innenstadt beklagten sich über Umsatzeinbussen. Allerdings ging die Einführung der Congestion Charge mit einem Rückgang der wirtschaftlichen Entwicklung einher. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Umsatzentwicklung der Innenstadtgeschäfte und der Einführung der Congestion Charge konnte nicht beobachtet werden. Eine Umfrage der Gründe des Wirtschaftsabschwungs im Herbst 2003 wies 12% des Rückgangs dem Congestion Charging, 46% dem allgemeinen Wirtschaftsrückgang und 42% andern Gründen zu (saisonale, innerbetriebliche, touristische Gründe). Per saldo begünstigt die

bessere Erreichbarkeit die Standortgunst von zentralen Lagen. Entsprechend ist die Akzeptanz nach Einführung deutlich besser als vorher.

Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung war der starke politische Wille des Londoner Bürgermeisters Ken Livingston. Der Bürgermeister stellte denn auch seine Wiederwahl im Juni 2004 unter das Zeichen der Ausdehnung des Congestion Charging in die Stadtteile Kensington, Chelsea und Westminster im Westen der Stadt, während sein Wahlkampfgegner deren Abschaffung am ersten Tag seiner Amtszeit versprach. Livingston gewann die Wiederwahl mit einer Mehrheit von 56%, und das Congestion Charging Gebiet soll im Jahr 2007 wesentlich vergrößert werden.



Figur 11

Auch in anderen Städten Grossbritanniens wird Road Pricing diskutiert. Das für Edinburgh geplante Congestion Charging Projekt wurde jedoch durch ein Referendum im Februar 2005 gestoppt. An der Urne sprachen sich 74% der Stimmbürger gegen die Stauabgabe von £2 pro Tag aus, mit deren Einkünften der Bau neuer Tramlinien hätte finanziert werden sollen.

2.2.4. ZUFAHRTSBESCHRÄNKUNGEN UND GEBÜHREN IN ROM UND ANDEREN ITALIENISCHEN STÄDTEN

In verschiedenen italienischen Städten sind in den letzten Jahren Verkehrsregimes mit Zufahrtsbeschränkungen in der Innenstadt (Zone mit Zufahrtsbeschränkung: Zona Traffico Limitato, ZTL) eingeführt worden. Den Anfang machte Bologna Mitte der neunziger Jahre. Die verkehrsbeschränkten Zonen dürfen nur von berechtigten Fahrzeugen befahren werden, wobei die Berechtigungen als Kontingente entweder gratis an gewisse privilegierte Kategorien von Benutzern (Behinderte, Anwohner, Taxi, Güterverkehr) oder gegen Gebühr an andere Benutzer (z.B. Auswärtige) abgegeben werden. Die Beschränkungen gelten für die Hauptverkehrszeiten. Ziel ist die Staubekämpfung durch Beschränkung der Fahrten.

Die Registrierung erfolgt über verschiedene Kanäle. Das Erfassungssystem ist interoperabel mit dem Telepass-Gebührenerhebungssystem auf den italienischen Autobahnen, d.h. die mit einem Telepassstransponder ausgerüsteten Fahrzeuge werden, sofern sie registriert sind, mittels Nahbereichskommunikation an den Eingängen der Zone erkannt. Bei den anderen Fahrzeugen muss das Kontrollschild mittels Kameras erfasst, automatisch ausgelesen und auf die Berechtigung geprüft werden.

In Rom umfasst die ZTL 5 km². Das Ziel ist es, nicht mehr als 200'000 Fahrzeuge in der ZTL zuzulassen. Die Fahrbeschränkungen gelten für folgende Zeiten:

06.30–18.00 an Werktagen

14.00–18.00 an Sonntagen

ZTL ROM: ZONEN MIT FAHRBESCHRÄNKUNG



Figur 12 ZTL: Zona Traffico Limitato.

Die Bewilligungen werden folgendermassen auf die Benutzerkategorien aufgeteilt:

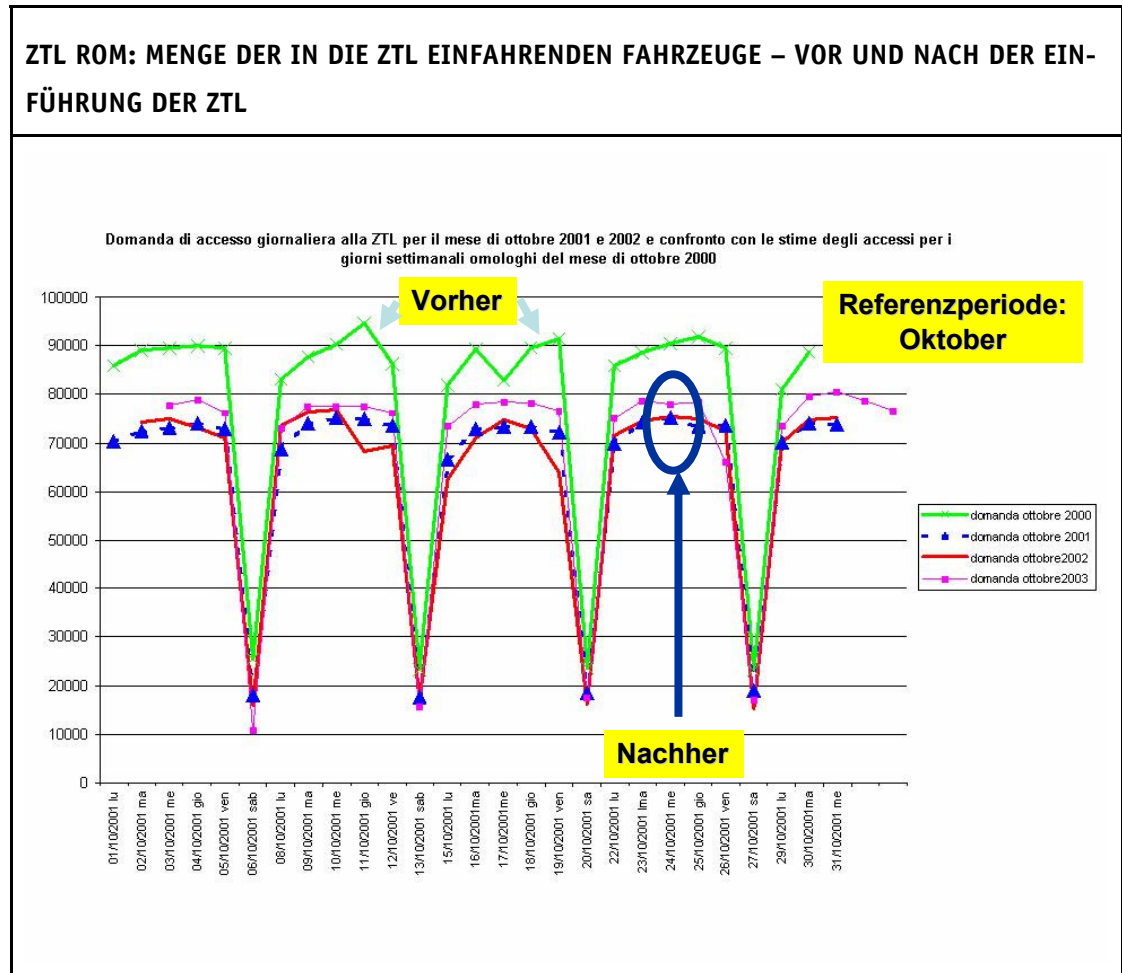
- › Behinderte: 41% (!),
- › Anwohner: 14%,
- › Güterverkehr: 4%,
- › Taxi: 4%,
- › Limousinen-Service: 2%,
- › Öffentlicher Verkehr: 7%,
- › Auswärtige: 17%,
- › Andere: 16%.

Auswärtige Fahrzeuge bezahlen in Rom 340 €/Jahr; für die anderen Benutzerkategorien werden keine Gebühren verlangt.

Die ZTL wirkt sich auf das Verkehrsaufkommen in den entsprechenden Zonen und auf den Zufahrtsstrassen zu diesen Zonen aus. In Rom betrug die Verkehrsabnahme nach der

Einführung der ZTL 20%. Allerdings wurde diese Abnahme in der Zwischenzeit bereits wieder durch die allgemeine Verkehrszunahme kompensiert.

Die Gebühreneinnahmen und deren Verwendung stehen nicht im Vordergrund.



Figur 13

Ein besonderes Problem bei den italienischen ZTL ist die Erkennung der Benutzerkategorien. Weil die Fahrzeuge registriert sind und nicht deren Lenker, ist insbesondere bezüglich der Kategorie Behinderte ein grosses Missbrauchspotenzial vorhanden.

2.3. FOLGERUNGEN FÜR DIE SCHWEIZ

2.3.1. ERKENNTNISSE FÜR DIE MODELLBILDUNG

Die verschiedenen Beispiele lassen sich am einfachsten nach der Art der Fahrberechtigung gliedern, welche mit der Bezahlung der Abgabe erworben wird. Daraus ergeben sich folgende Typen:

EBENE 1: RÄUMLICHER BEZUG	EBENE 2: ART DER BERECHTIGUNG	EBENE 3: TARIF-MODULATION
<ul style="list-style-type: none"> › Passageabgaben: Recht zu passieren › Netzaufgaben (Autobahnabgabe): Recht auf Netzbenutzung › Gebietsabgaben: Recht, in einem Gebiet zu fahren › Value Pricing (z.B. Abgabe für eine weniger befahrene Spur): Recht auf einen gewissen Servicelevel (Qualität) 	<ul style="list-style-type: none"> › zeitbezogen › distanzbezogen 	<ul style="list-style-type: none"> › zeitabhängig (z.B. spezieller Tarif während einer bestimmten Tageszeit) › emissionsabhängig (unterschiedlicher Tarif entsprechend der Schadstoffklasse) › usw.

Die folgende Tabelle ordnet die verschiedenen ausländischen Erfahrungen diesen Typen zu.

EINORDNUNG DER VERSCHIEDENEN (STÄDTISCHEN) BEISPIELE				
Gebiet	Zweck	Einnahmenverwendung	Road Pricing Typ	Technologie
Lyon, Marseille, Rostock, Lübeck (im Bau)	Finanzierung eines bestimmten Abschnitts	Bau- und Unterhaltskosten	Objektmaut	Manuell od. Münz- u. Kartenautomaten + DSRC
Oslo, Trondheim, Stockholm	Verkehrsbeeinflussung, Stockholm: Umweltabgabe	Verkehrs- und Umweltschutzfinanzierung	Cordon Pricing	Münz- und Kartenautomaten + DSRC
London, Rom	Verkehrsbeeinflussung	Finanzierung öff. Verkehr	Area Licensing (zeitabhängige Gebietsgabe)	Rom: DSRC + ANPR London: ANPR
Melbourne City Link, Toronto 407	Finanzierung von Autobahnneu- und ausbauten	Bau- und Unterhaltskosten	Autobahngebühr	Melbourne: DSRC + ANPR Toronto: DSRC
Singapur	Verkehrsbeeinflussung	Verkehrsfinanzierung/Umgestaltung Finanzsystem	Kombination Cordon Pricing und Abschnittsgebühr	DSRC (obligatorisch)
Los Angeles SR 91	Autobahnstauumfahrung	Autobahnausbau (Bau von zusätzlichen Fahrstreifen)	Value Pricing	DSRC (obligatorisch)

Tabelle 3 Vgl. die Ausführungen zur Erhebungstechnologie im Kapitel 3.4.3.

2.3.2. ERFOLGS- UND AKZEPTANZFAKTOREN

Auf Basis der verschiedenen praktischen Erfahrungen und den Akzeptanzuntersuchungen (z.B. Güller 2002) lassen sich folgende Erfolgsfaktoren für Road Pricing ableiten:

- › Eine Problemlage (sowohl verkehrs- als auch finanzpolitisch), die den Willen für Neues schafft (sog. Politikfenster),
- › Eine Ausgestaltung des Systems, die mehreren Zielen dienen kann (Beseitigung von Verkehrsproblemen, Finanzierung), gleichzeitig aber überschaubar und einfach ist,
- › Geeignete geografische und städtebauliche Voraussetzungen für die Netzintegration,
- › Valable Alternativen (ÖV, LV, zeitlich), die eine Reaktion auf die Pricing-Massnahmen erlauben,
- › Eine Mittelverwendung, die ebenfalls zur Lösung von Verkehrsproblemen beiträgt: Entlastung bei übrigen Verkehrsabgaben, Finanzierung von Investitionen im Verkehrsbereich, wenn möglich und sinnvoll für Strasse und Schiene/ÖV und LV. Road Pricing soll als sinnvolles Preissystem als Entgelt für einen konkreten Gegenwert wahrgenommen werden, nicht als zusätzliche Steuer,
- › Eine stufenweise Einführung, klar kommuniziert von Beginn weg, und eine gute Informationspolitik mit Einbezug der Bevölkerung,
- › Testphasen mit finanziellen Anreizen für Pilotstädte und entsprechende Berichterstattung (Evaluation),
- › Die Gewährung der Rechtssicherheit für Betreiber und Benutzer; bei letzteren sind auch die Bedürfnisse des Datenschutzes zu berücksichtigen,
- › Gestaltung von Ausnahmeregelungen für Sonderfälle und Ausnahmesituationen zur Förderung der Akzeptanz,
- › Keine negativen Auswirkungen (z.B. infolge Ausweicheffekten) für Nichtbenutzer,
- › Eine starke politische Führung des Einführungsprojektes.

3. DIE ROAD PRICING SYSTEM-PARAMETER

3.1. ÜBERSICHT

Es ist sinnvoll, die Parameter auf drei Ebenen zu unterscheiden:

- 1) Die strategische Ebene: Wie ist der verkehrspolitische Bezug von Road Pricing in Bezug auf Zielsetzungen, Stellenwert und Einbettung in das gesamte verkehrspolitische Instrumentarium?
- 2) Die Betreiberebene: Wer hat welche Rolle und Kompetenzen bei der Umsetzung von Road Pricing? Wer hat welche rechtlichen Ansprüche auf die Einnahmen?
- 3) Die Vollzugsebene: Wie wird Road Pricing umgesetzt, in Bezug auf Erfassung, Inkasso und Kontrolle?

Die folgende Übersicht zeigt die wichtigsten Parameter und möglichen Ausgestaltungsmöglichkeiten dieser drei Ebenen. Sie dient als Strukturierungshilfe für die Vertiefungen in den folgenden Kapiteln.

Strategische Ebene

- › Zielsetzung: Finanzierung; Kapazitätsmanagement; Risikoverteilung,
- › Kompetenzhierarchie: Bund; Kantone; Städte/Gemeinden,
- › Tarifierungsprinzip: Infrastrukturkosten; Einbezug von externen Kosten (z.B. Kosten für Umweltschutzmassnahmen); Verkehrsbeeinflussung,
- › Tarifgestaltung und -differenzierung: Einfache Abgabe; zeitliche und räumliche Differenzierung; Differenzierung nach Fahrzeugkategorien,
- › Verwendung der Einnahmen: Zweckbindung MIV, Zweckbindung ÖV; übergeordnete Fonds Strasse-Schiene; Umweltschutzmassnahmen; allg. Staatsmittel,
- › Bezug zum bestehenden Gebühren- und Abgabensystem: Zusätzliche Abgabe; Ersatz von bestehenden Abgaben (z.B. Ersatz der Motorfahrzeugsteuer),
- › Schnittstellen zu weiteren Systemen (ruhender Verkehr, Ausland, öffentlicher Verkehr): Eigenständige Abgabe; Einbettung in weitere Systeme,
- › Flankierende Massnahmen: keine; Ausnahmeregelungen; Kompensationen,
- › Umsetzungsetappen: einstufig; mehrstufig.

Betreiberebene

- › Involvierte Akteure (Institutionen): staatlich; halbstaatlich; privatwirtschaftlich,
- › Bezug zu anderen Leistungsaufträgen: nur Road Pricing Vollzug; Unterhalt; Neubau/Ausbau,
- › Zusammenhang mit Infrastrukturprojekten: Modelle des Franchising bzw. Konzessionierung,
- › Modelle des Service Contracting: z.B. Service- und Management Contracting; Konzessionierung,
- › Finanzierungsformen: Direkte Einnahmen; Shadow Tolling etc.

Vollzugsebene

- › Erfasste Fahrzeug- und Nutzerkategorien: z.B. alle Fahrzeuge; PW; Zweiräder; Lieferwagen,
- › Gebührenpflichtige Strasseninfrastruktur: z.B. nur Einfahrtsachsen; gesamtes Stadtnetz; Einbezug kantonales Netz; Einbezug Autobahnen; Netz oder Streckenprinzip,
- › Gebührenerhebung: z.B. pro Durchfahrt, laufend oder Einfahrtsort/Ausfahrtsort,
- › Zahlungsmittel: Bargeld; elektronisches Geld; Wertmarke/Jeton; Abonnement/Vertrag,
- › Träger des Zahlungsmittels: Portemonnaie oder Fahrkarte (manuelle Gebührenerhebung); Magnetkarte oder Chipkarte (automatische Gebührenerhebung); Bordgerät (elektronische Gebührenerhebung),
- › Führung des Verkehrs an der Zahlstelle: Auftrennung in einzelne Zahlspuren („Single Lane Systeme“); mehrstreifige Zahlstellen ohne Einschränkung des Verkehrsflusses („Multilane Electronic Fee Collection“),
- › Distanzerfassung und Übermittlung der abgaberelevanten Daten: mittels Selbstdeklaration (z.B. LSVA), über Mobiltelefonie (GSM) oder durch dedizierte Nahbereichskommunikation (DSRC); Distanzerfassung mittels Satellitennavigation (GPS/GNSS) und Tachograph,
- › Kontrolle/Vollzugssicherheit: Deklarationsprinzip/Kontrolle mittels automatischer Kontrollschilderfassung.

Figur 14 Übersicht über die wichtigsten Ausgestaltungsparameter von Road Pricing.

3.2. DIE STRATEGISCHE EBENE

3.2.1. ZIELE VON ROAD PRICING

Wie aus der aktuellen Diskussion um Road Pricing Systeme ersichtlich wird, kann Road Pricing verschiedenen Zielen dienen. Es leistet insbesondere einen Beitrag zu

- › **Finanzierung** von Verkehrsinfrastrukturen, entweder direkt (verknüpft mit einem entsprechenden Betreibermodell) oder indirekt, indem die Einnahmen (oder ein Teil der Einnahmen) zweckgebunden für die Realisierung von Infrastrukturen im Verkehrsbereich eingesetzt werden. Dabei muss Road Pricing in das bestehende Abgaben- und Finanzierungssystem eingebettet werden. Damit kann auch eine Quersubventionierung von Strassenverkehr zu Langsamverkehr oder Schienenverkehr verbunden sein. Denkbar ist auch eine Finanzierung von einzelnen (schwer finanzierbaren) Elementen der Verkehrsinfrastruktur, z.B. spezifische Umweltschutzmassnahmen (Lärmschutz, Natur und Landschaft, städtebauliche Aufwertungen). Entsprechend unterschiedlich sind die Ansprüche an die Abgabenhöhe, die Einbettung in das Gesamtsystem und das Betreibermodell.
- › **Verkehrsbeeinflussung** und Management: Bei dieser Zielsetzung soll Road Pricing einen Beitrag zur optimalen Auslastung von vorhandenen Kapazitäten leisten, dies in Abstimmung mit anderen Möglichkeiten zur Verkehrsbeeinflussung, z.B. Lichtsignalanlagen, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Informationssysteme Soll- und Ist-Zustand. Voraussetzung für einen effizienten Einsatz von Road Pricing – dies im Unterschied zur Finanzierungsfunktion – ist eine Differenzierung nach Strassenbelastung, zum Beispiel in Abhängigkeit der Staugefahr oder nach Tageszeiten. Voraussetzung für die Realisierung dieser Zielsetzung ist das Vorhandensein einer Alternative (z.B. ÖV-Alternative oder zeitliche Verlagerung der Fahrt).
- › Beitrag zur Senkung der **Umweltbelastung**: Anders als beim obigen Ziel geht es hier um eine Reduktion der Verkehrsvolumina und/oder der Umweltbelastung im Strassenverkehr. Dies kann erreicht werden durch Anreize zum Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr (indem der MIV relativ verteuert wird) oder durch eine starke Differenzierung der Fahrzeuge nach Umweltkriterien (Anreize zur Benutzung von umweltfreundlichen Fahrzeugen).
- › Beitrag zur **Verursachergerechtigkeit**: Road Pricing leistet naturgemäss einen Beitrag zu einem verursachergerechten Abgabensystem. Diese Verursachergerechtigkeit hat verschiedene Komponenten und umfasst
 - › Kostendeckung im Strassenverkehr (kostendeckende Einnahmen durch Road Pricing).

- › Leistungsorientiertes Abgabensystem: Wer mehr fährt und wer andere Verkehrsteilnehmer beeinflusst, bezahlt mehr (fahrleistungsabhängige und qualitätsorientiertes Abgabensystem), oder anders formuliert: Wer mehr profitiert, soll mehr bezahlen.
- › Territoriale Gerechtigkeit: Man bezahlt dort, wo man fährt (klare Zuschreibung der Einnahmen zu den Strassenkategorien und -hoheiten).
- › Internalisierung der externen Kosten: Anlastung von Unfall- und Umweltfolgekosten.
- › Anlastung der zusätzlichen Kosten (Kostendeckung der sozialen Grenzkosten als Basis für ein effizienzorientiertes Road Pricing).

Diese vier Ziele enthalten grundsätzliche Zielkonkurrenzen (Trade-offs) und Synergien:

- › Je grösser die Lenkungswirkung von Road Pricing, desto geringer das Einnahmepotenzial.¹⁹
- › Umgekehrt können die Finanzierungsziele auch direkt auf das Lenkungsziel ausgerichtet werden, indem die Einnahmen von lenkungsorientiertem Road Pricing für die Sicherung der Schutzmassnahmen (z.B. Umwelt) oder der Alternative (z.B. ÖV oder Strassenalternative) eingesetzt werden.²⁰
- › Die Ziele der Verursachergerechtigkeit sind grundsätzlich mit allen anderen Zielen kompatibel, geht es doch hier sowohl um Kostendeckung (Kongruenz mit dem Finanzierungsziel), um Vermeidung der Staukosten (Kongruenz mit dem Verkehrsbeeinflussungsziel) als um Internalisierung von externen Kosten (Kongruenz mit dem Umweltziel).

Die Erfahrungen sowohl im Ausland als auch im Inland (LSVA) haben gezeigt, dass eine erfolgreiche Umsetzung in der Regel mehrere Ziele umfassen sollte, um einerseits die Vielschichtigkeit der Probleme zu lösen als auch eine möglichst hohe Akzeptanz zu erreichen.

¹⁹ Auch die LSVA weist diesen Konflikt auf, indem sie sowohl Finanzierungsfunktionen (FinÖV) als auch Lenkungsfunktionen aufweist (Verlagerungspolitik vorab im Alpenquerenden Verkehr). Dank dem relativ hohen Einnahmepotenzial wird diese Konkurrenzsituation aber abgeschwächt. Bei kleineren Projekten (z.B. die Finanzierung einer Stadtautobahn) wird dieser Zielkonflikt aber offensichtlich. So hat sich bei der Evaluation von Road Pricing Lösungen für einen Seetunnel in Zürich gezeigt, dass eine Bepreisung des Seetunnels derart starke Ausweicheffekte aufweist, dass die Finanzierungsfunktion nicht mehr wahrgenommen werden kann.

²⁰ Auch hier kann die LSVA erwähnt werden, wo die Einnahmen zumindest teilweise (NEAT) zur Förderung des Schienengüterverkehrs eingesetzt werden.

3.2.2. TARIFIERUNGSPRINZIPIEN

Die Tarifierungsprinzipien sind direkt abhängig vom Ziel, das Road Pricing verfolgen will. Wir können sowohl verschiedene Kostendeckungsprinzipien, Nutzungsprinzipien wie auch Lenkungsprinzipien unterscheiden:

TARIFIERUNGSPRINZIPIEN			
Prinzip	Relevante Bezugsgrösse	Anspruch an Gebührenhöhe und Differenzierung	Anwendungsbeispiele
Deckung der Infrastrukturkosten	Infrastrukturkosten pro Fahrzeugkategorie	<ul style="list-style-type: none"> › Durchschnittskosten pro Fahrzeug › Differenzierung nach Fahrleistung, Gewicht und Grösse 	Finanzierungsabgaben Autobahngebühren in Südeuropa
Deckung der externen Kosten	Ungedeckte Infrastrukturkosten, externe Unfall- und Umweltfolgekosten	<ul style="list-style-type: none"> › Durchschnittskosten pro Fahrzeug › Differenzierung nach Fahrleistung, Emissions- und Lärmklassen 	LSVA in der Schweiz
Deckung der sozialen Grenzkosten	Zusätzliche Kosten pro Fahrzeug (Infrastruktur, Stau, Unfall- und Umweltkosten)	<ul style="list-style-type: none"> › Grenzkosten pro Fahrzeugkilometer › Differenzierung nach Fahrleistung, Stausituationen, Emissions- und Lärmklassen 	Kein konkretes Beispiel
Nutzung der Infrastruktur	Nutzen (bzw. Zusatznutzen) aus der Benutzung (Mehrwert)	<ul style="list-style-type: none"> › Zahlungsbereitschaft pro Fahrzeug › Differenzierung nach Nutzerkategorien (z.B. Anzahl Personen) 	Pay Lanes in den USA (Value Pricing)
Lenkungsabgabe	Lenkungsziel (z.B. Stau, Umwelt)	<ul style="list-style-type: none"> › Elastizität, abhängig von Angebot von Alternativen › Differenzierung nach Ansprüchen Lenkungsziel (z.B. Stausituation, Umweltkriterien) 	Congestion Pricing London, Singapur

Tabelle 4

Die Gebührenhöhe kann sich also auf Kostensätze oder auf Lenkungsziele ausrichten. Die folgende Tabelle präsentiert einen Überblick über die aktuellen Kostensätze für verschiedene Kostenarten. Es sind dies approximative Grössenordnungen für die Bestimmung von (grenzkostenorientierten) Tarif- bzw. Gebührenniveaus.

KOSTENSÄTZE STRASSENVERKEHR						
Rp./Fzkm	Personenwagen		Lastwagen		Gesamter Strassenverkehr	
	DK	GK	DK	GK	DK	GK
Infrastrukturkosten	10.1	0.7 - 0.8	39.5	5.6 - 8.0	11.5	1.0 - 1.8
Betreiberkosten ÖV ^{a)}	46.9	12.3				
Fahrzeugbetriebskosten (MIV)	51.3	20.5	267.6	53.1	70.4	22.6
Staukosten	1.7	---	1.5	---	1.6	---
Unfallkosten ^{b)}	13.7	1.5 (Autobahn) - 18 (Innerorts)	20.3	1.0 (Autobahn) - 40 (Innerorts)	17.3	6.5
Luftverschmutzungsbedingte Gesundheitskosten	1.5	0.5	20.2	6.7	2.6	0.9
Luftverschmutzungsbedingte Gebäudekosten ^{c)}	0.2	0.2	4.4	4.4	0.4	0.4
Lärmkosten ^{b)}	0.7	0.1 (ausserorts) - 3.7 (innerorts)	10.4	0.3 (ausserorts) - 33.6 (innerorts)	1.5	
Natur und Landschaft ^{c)}	1.1	1.1	3.0	3.0	1.1	1.1
Klima/weitere Kosten ^{c)d)}	0.8	0.8	2.9	2.9	0.9	0.9

Tabelle 5 Überblick über die Grenzkostensätze und Beurteilung der Datenlage im Strassenverkehr. (Quelle: INFRAS/Ecoplan 2005, Transportkostenrechnung)

DK = Durchschnittskosten

GK = Grenzkosten

^{a)} Wert bezieht sich auf den gesamten öffentlichen Verkehr auf der Strasse. Er wird aus darstellerischen Gründen beim Personenwagen ausgewiesen.

^{b)} Die weiter differenzierten Grenzkostensätze befinden sich im entsprechenden Abschnitt.

^{c)} Die Grenzkostensätze entsprechen gemäss Annahme den Durchschnittskosten.

^{d)} Hier werden nur die Klimakosten berücksichtigt.

„---“ = keine übertragbaren Werte vorhanden

Die Tarifierung von Lenkungszielen hängt sehr stark von den Reaktionsmöglichkeiten für den betroffenen Verkehr ab. Für die Schweiz gibt es diesbezüglich wenige Erfahrungswerte.

Wir können folgende Reaktionsweisen unterscheiden:

- › Ausweichen auf andere Routen: Ist bei Road Pricing in der Regel nicht erwünscht; die Elastizitäten sind allerdings relativ hoch.
- › Ausweichen auf andere Zeitfenster (bei Differenzierung nach Tageszeiten): Ist vor allem im Freizeit- und Einkaufsverkehr möglich. Der Berufsverkehr reagiert eher unelastisch.
- › Umsteigen auf andere Verkehrsmittel: Vor allem im städtischen Verkehr sind Ausweicheffekte auf Motorräder (falls nicht bepreist), vor allem aber auf den Langsamverkehr, sichtbar. Letztere Reaktionsweise ist sehr erwünscht. Das Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr hängt sehr stark vom entsprechenden Angebot und dessen Kapazität ab. Im Innenstadtbereich und auf Korridoren sind die Elastizitäten positiv.

- › Kauf von neuen Fahrzeugen: Bei einer Differenzierung von Road Pricing nach Fahrzeugmerkmalen (z.B. Euronormen) sind Reaktionen spürbar, wenn flächendeckende Road Pricing Lösungen angestrebt werden.

Eine wichtige Rolle für die Reaktion der Verkehrsteilnehmer spielt schliesslich die Wahrnehmbarkeit der Bepreisung: Je einfacher die Bepreisung, je stärker die Informationspolitik, je spürbarer das Inkasso, desto grösser die Reaktion. In der Praxis ergibt sich deshalb ein gewisser Trade-off zwischen der Transparenz (einfache und gut kommunizierbare Lösungen) und der Verursachergerechtigkeit (Differenzierung der Abgabe).

3.2.3. DER BEZUG ZU DEN FINANZIERUNGSSYSTEMEN

Je nach Zielsetzung von Road Pricing ist der Bezug enger oder weniger eng.

- › Wenn Road Pricing als Finanzierungslösung von spezifischen Infrastrukturen eingesetzt wird (auch verbunden mit eigenen Betreibermodellen), ist das Instrumentarium Teil eines neuen (in der Regel partiellen) Finanzierungssystems.
- › Wenn das Finanzierungsziel eine wichtige Rolle spielt bei der Einführung, dann können die Einnahmen entweder speziell behandelt werden, indem beispielsweise Fondslösungen für bestimmte Finanzierungszwecke eingesetzt werden (Beispiel LSVA und FinÖV). Weitergehende Lösungen beeinflussen auch die gesamte Abgabenstruktur. Die Einführung von Road Pricing kann dazu führen, dass anderer Abgaben reduziert oder abgeschafft werden.
- › Wenn das Finanzierungsziel eine untergeordnete Rolle spielt (also vor allem Lenkungsziele im Vordergrund stehen), dann ist die Verwendung der Einnahmen grundsätzlich frei. Sie richtet sich in erster Linie nach Gerechtigkeits- und Akzeptanzzielen.

3.2.4. AKZEPTANZ UND GERECHTIGKEIT

Die strategische Ebene von Road Pricing muss sich sehr stark mit der Akzeptanz auseinandersetzen, weil Road Pricing in jedem Fall mit einem Systemwechsel bei der Abgabenpolitik verbunden ist. Die Akzeptanz ist von diversen Faktoren abhängig und oft auch situativ zu betrachten. Basierend auf den bisherigen Erfahrungen und den verschiedenen Akzeptanzstudien lassen sich folgende allgemeine Leitlinien festhalten (gemäss Güller et al. 2000).

Wie bereits in Kapitel 2.3.2 dargestellt, hängt die Akzeptanz zusammen mit:

- › der Problemlast und den für die Verkehrsteilnehmer und die Betroffenen erfassbaren Nutzen,
- › der Verfügbarkeit und Attraktivität alternativer Verkehrsmittel,

- › der Höhe der Preise,
- › den Verteilungseffekten auf gesellschaftliche Gruppen und Standorte,
- › der Konzeption des Einführungsweges (schrittweise, Lernprozesse),
- › der Verhandlungsfähigkeit der involvierten Behörden verschiedener staatlicher Ebenen,
- › der Kommunikation zwischen allen Beteiligten – zu Beginn des Entscheidungsprozesses, während der Implementierung und in späteren Betriebsphasen,
- › bereits bestehenden Erfahrungen (z.B. Bepreisung Fernstrassen),
- › dem generellen Main Stream zur Privatisierung und zu neuen Technologien von Telematik und elektronischem Zahlungsverkehr,
- › der permanenten Adaptionfähigkeit an sich ändernde Verhältnisse,
- › Zuverlässigkeit des Erhebungssystems.

3.2.5. ANKNÜPFUNGSPUNKTE FÜR DIE SCHWEIZ

Welche strategischen Pfeiler sind für die Diskussion von Road Pricing in der Schweiz relevant? Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten strategischen Aspekte zusammen und beurteilt die Anwendungsmöglichkeiten im Sinne einer ersten Einschätzung.

Die Tabelle zeigt, dass grundsätzlich mehrere strategische Stossrichtungen in Frage kommen. Angesichts der schweizerischen Problemlage dürfte aber eine Kombination von strategischen Zielen im Vordergrund stehen. Wenn ein Road Pricing verschiedene Ziele verfolgen und erreichen kann, erhöht dies die Akzeptanz. Gemäss aktueller Einschätzung ist der Beitrag zum Verkehrsmanagement (Verkehrsbeeinflussung Strasse) und damit verbunden ein Abbau von Stausituationen und ein abnehmender Druck für Strassenausbauten am vordringlichsten. Dieses Ziel muss aber in Kombination mit dem Finanzierungsziel (z.B. Äufnung eines Infrastrukturfonds Strasse-Schiene) gesehen werden. Ebenfalls relevant ist dabei die Umgestaltung des heutigen Abgabensystems hin zu einem verursachergerechteren und effizienteren Preissystem im Strassenverkehr.

WICHTIGSTE STRATEGISCHE PARAMETER UND ANWENDUNG FÜR DIE SCHWEIZ				
Zielsetzung	Tarifierungsprinzip	Ansprüche an die Ausgestaltung	Bezug zum bestehenden Gebührensystem CH	Anwendungsmöglichkeiten in der Schweiz
Finanzierung einzelner Infrastrukturen mit eigenem Betreibermodell	Ausrichtung auf Vollkosten (oder Betrieb- und Unterhaltskosten)	Spezifisches Finanzierungsmodell und Leistungsauftrag für Betreiber	Grundsätzlich Fremdkörper (Ausnahme Gr. St. Bernhard)	Sehr beschränkt (z.B. 2. Röhre Gotthardtunnel)
Finanzierung von Strasseninfrastruktur	Ausrichtung auf Durchschnittskosten Strasseninfrastruktur	Fahrleistungsabhängige Ausgestaltung; Zweckbindung der Mittel	Einpassbar, z.B. Ablösung Vignette oder Reduktion kant. Motzfzsteuer	Grundsätzlich denkbar (Umgestaltung des bestehenden Finanzierungssystems)
Finanzierung von Verkehrsinfrastruktur	Ausrichtung auf Durchschnittskosten Strasseninfrastruktur	Fahrleistungsabhängige Ausgestaltung; Einbettung von Fondslösungen	Analogie zu LSVA für PV, Ergänzung und Umstrukturierung	Grundsätzlich denkbar (Anknüpfungspunkt Agglomerationsfonds oder Infrastrukturfonds)
Finanzierung von Umweltmassnahmen od. weiteren Massnahmen im Verkehrsbereich	Kombination mit (leichter) Lenkungswirkung; gezielte Abgabe	Differenzierung nach Problemlast (Umweltbelastung) sinnvoll, aber nicht zwingend	Ergänzung (in der Regel eigenständige Abgabe)	Vor allem im Agglomerationsverkehr grundsätzlich denkbar
Beitrag zum allgemeinen Staatshaushalt	Grundsätzlich flexibel	Flexibel	Ergänzende Abgabe	Kaum denkbar, wenig sinnvoll
Verkehrsbeeinflussung, auf Stau bezogen	Ausrichtung an Lenkungsziel und Elastizitäten	Örtliche Differenzierung nach Kapazitätsverhältnissen;	Ergänzende Abgabe; Verwendung der Einnahmen für Kapazitätsausbau	In Agglomerationsräumen denkbar (Einbezug von Autobahnen)
Verkehrsbeeinflussung, auf Modalsplit bezogen	Ausrichtung an Lenkungsziel und Elastizitäten	Differenzierung nach Korridoren oder Ballungsräumen	Ergänzende Abgabe, allenfalls Umgestaltung; Verwendung der Einnahmen zur Förderung der Alternativen	In Agglomerationsräumen und für einzelne Korridore (Alpentransit) denkbar
Verkehrsbeeinflussung, auf Umwelt bezogen	Ausrichtung an Lenkungsziel und Elastizitäten	Differenzierung nach Belastungsgebieten und Fahrzeugkategorien;	Ergänzende Abgabe, allenfalls Umgestaltung; Verwendung der Einnahmen für Umweltschutzmassnahmen	In Agglomerationsräumen und für einzelne Korridore (Alpentransit) denkbar
Umsetzung Verursacherprinzip	Ausrichtung an Verkehrskosten	Differenzierung nach Belastungsgebieten und Fahrzeugkategorien	Umgestaltung des Abgabensystems	Als allgemeines Argument sinnvoll (mit Bezug zu den obigen Zielen)

Tabelle 6

3.3. DIE BETREIBEREBENE

3.3.1. INVOLVIERTE AKTEURE

An einem Road Pricing System können zahlreiche Akteure beteiligt sein:

ROAD PRICING: INVOLVIERTE AKTEURE	
Akteur	Rolle bezüglich Road Pricing
Staatliche Autorität über Steuern und Abgaben (meist Finanzministerium bzw. entsprechende regionale oder lokale Behörde)	Festlegung des Abgabenrahmens
Konzessionsbehörde (Verkehrsministerium)	Festlegung der Bedingungen für die Konzessionserteilung an Konzessionsgesellschaften (Autobahnen, Tunnels, Brücken)
Strasseneigentümer/-betreiber auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene	Dulden von strassenseitigen Einrichtungen und Verkehrsführungen für den Gebühreneinzug
Strassenverkehrsbehörde	1. Erlass von Signalisationsvorschriften und Ausrüstungsvorschriften für Fahrzeuge 2. Führen der Register der Fahrzeuge und Fahrzeughalter
Behörde für Masse und Gewichte	Erlass von Messvorschriften, Typengenehmigung von Messgeräten
Road Pricing Betreiber	Errichtung und Betrieb von Einrichtungen für den Gebühreneinzug
Fahrzeughalter	1. Anschaffung und Einbau von Fahrzeuggeräten 2. Entrichtung der Abgabe im Falle eines Abgabekontos (prepaid) oder Solidarhaftung mit Fahrzeuglenker
Fahrzeuglenker	1. Mitwirkung bei der Abgabenerhebung (z.B. Eingabe von Daten, Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit von Fahrzeuggeräten) 2. Entrichtung der Abgabe soweit nicht durch Fahrzeughalter sichergestellt
Polizei	Amtshandlungen beim Abgabenvollzug
Technologiehersteller und -anbieter	Herstellung und Anbieten der Mauttechnologie, z.B. Erfassungs- und Kontrolltechnologie, OBU.
Autowerkstätten	Einbau von Fahrzeuggeräten bei fest installierten Fahrzeuggeräten
Automobilverbände	Interessenswahrung der Benutzer, Mitwirkung bei der Kommunikation und Schulung
EU Kommission	Überwachung des Diskriminierungsverbots
Andere Road Pricing Betreiber	Partner bei Interoperabilität der Systeme

Tabelle 7

3.3.2. BETREIBERMODELLE

Die Funktion des Strasseneigentümers kann von staatlichen Behörden an private Konzessionsgesellschaften delegiert werden. Dies ist in der Schweiz im Falle des Gr. St. Bernhard-Tunnels der Fall. In Frankreich, Süd- und Osteuropa steht ein grosser Teil des Autobahnnet-

zes im Eigentum von privaten, halb- oder ganzstaatlichen Konzessionsgesellschaften und wird von diesen betrieben. In den meisten Fällen finanzieren sich diese Konzessionsgesellschaften über Strassenabgaben (sog. Maut). Es gibt aber auch Konzessionsgesellschaften, die vom Staat über Leistungsaufträge finanziert werden (sog. Shadow Tolling).

Die Funktion des Road Pricing Betreibers kann durch den Strasseneigentümer oder die Finanzbehörde ausgeübt werden oder an eine oder mehrere Spezialgesellschaften für den Vollzug der Abgabenerhebung vergeben werden, wie die folgenden Beispiele zeigen:

BEISPIELE VON BETREIBERMODELLEN		
Beispiel	Strasseneigentümer	Road Pricing Betreiber
Nationalstrassenabgabe (Vignette)	Bund (ASTRA)/Kantone	Eidgenössische Zollverwaltung EZV (an der Grenze), Erhebung und Kontrolle im Inland Kantone
LSVA	Bund/Kantone/Gemeinden	Eidgenössische Zollverwaltung EZV (Kontrolle Sache der Kantone)
Autobahnmaut Frankreich	Konzessionsgesellschaften: SAPRR, AREA, SANEF, Cofiroute etc.	Konzessionsgesellschaften: SAPRR, AREA, SANEF, Cofiroute etc.
Autobahnmaut Italien	Autostrade per l'Italia und verschiedene weitere Autobahnkonzessionsgesellschaften	Autostrade per l'Italia
Autobahnmaut Österreich inkl. Schwerverkehrsmaut	ASFINAG (Autobahnen und Schnellstrassen Finanzierungs AG)	1. EUROPPASS (Abgabesystem) 2. ASFINAG (mobile Kontrolle)
LKW-Maut Deutschland	Bund/Länder	1. Toll Collect (Abgabesystem) 2. Bundesamt für Güterverkehr BAG (mobile Kontrolle)
London Congestion Charging	Transport for London TfL Street Management	1. CAPITA (Abgabesystem) 2. Transport for London TfL (Kontrolle und Vollzug)
United Kingdom Lorry Road User Charging (LRUC)	Highways Agency (national)/ Lokalbehörden	1. HM Customs and Excise (Management Authority) 2. Betreibergesellschaft für Abgabenerhebung 3. Betreibergesellschaft für Kontrolle 4. Betreibergesellschaft für Hintergrundsystem

Tabelle 8

3.3.3. ANKNÜPFUNGSPUNKTE FÜR DIE SCHWEIZ

Während sich Kantons- und Gemeindestrassen im Eigentum und Verantwortungsbereich der (Kantone bzw. Gemeinden befinden, sind der Bau, Unterhalt und Betrieb der Nationalstrassen heute Verbundaufgaben von Bund und Kantonen. Mit der Neuordnung des Finanzaus-

gleichs (NFA)²¹ wird sich die Aufgabenteilung bei den Nationalstrassen wesentlich ändern: die Fertigstellung bleibt eine Gemeinschaftsaufgabe, jedoch werden Ausbau, Erweiterung, Unterhalt und Betrieb vollständig auf den Bund übergehen.

Im Zusammenhang mit NFA ist auch vorgesehen, das Verkehrsmanagement auf nationaler Ebene neu zu strukturieren.²² Der Bund ist für alle Funktionen des Verkehrsmanagements und der Verkehrsinformation auf den Nationalstrassen und der Anschlussstellen zuständig. Er kann jedoch auch auf anderen Strassen die Verkehrslenkung und zugehörige Verkehrsinformation vornehmen, soweit dies für das Verkehrsmanagement der Nationalstrassen notwendig ist. Angedacht ist eine vom Bund aufzubauende und zu betreibende Nationale Verkehrsmanagementzentrale mit den Aufgaben Verkehrslenkung, Verkehrsleitung, Verkehrssteuerung und Bereitstellung von Verkehrsinformationen.

Soweit Road Pricing Massnahmen eine den Verkehr beeinflussende Wirkung haben sollen – und dies dürfte in der Schweiz immer der Fall sein – müssen sie mit dem Verkehrsmanagement abgestimmt sein. Sobald Verkehrsbeeinflussungen auch die Nationalstrassen betreffen – und auch dies dürfte in allen praktischen Fällen der Fall sein – wird demnach der Bund als Träger des nationalen Verkehrsmanagements einzubeziehen sein.

3.4. DIE VOLLZUGSEBENE

3.4.1. ERHEBUNGSSYSTEME

Alle Road Pricing Systeme benötigen ein Erhebungssystem für den Einzug der Abgabe. Die Erhebungssysteme haben sich im Laufe der letzten Jahre stark entwickelt:

- › manueller Abgabeneinzug mittels Zahlschalter an Mautstationen mit Einzelspuren,
- › Ausrüstung einzelner Spuren der Mautstation mit Münzautomaten,
- › Ausrüstung einzelner Spuren mit Kartenautomaten (Kredit- und Debitkarten, Karten mit elektronischer Geldbörse),
- › elektronische Abgabenerhebung (EFC, Electronic Fee Collection) in einzelnen Spuren mit Barriere.
- › elektronische Abgabenerhebung über mehrere Spuren ohne Barriere (Multilane EFC) (Figur 15).

²¹ Botschaft zur Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgaben zwischen Bund und Kantonen (NFA) (1. NFA-Botschaft), 14. November 2001 (01.074), Bundesblatt No. 12/2002.

²² Botschaft zur Ausführungsgesetzgebung zur Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung zwischen Bund und Kantonen (NFA) (2. NFA-Botschaft), 7. September 2005 (05.070), Bundesblatt No. 42/2005.

MAUTPORTAL FÜR MULTILANE-EFC IN ÖSTERREICH (DSRC- UND ENFORCEMENT GANTRY)



Figur 15

3.4.2. FUNKTIONALE ANFORDERUNGEN AN ERHEBUNGSSYSTEME

Die Anforderungen an die Funktionen sind abhängig vom Road Pricing Typ. Die grössten Unterschiede liegen zwischen den Anforderungen für Gebietsabgabe und denjenigen für Passage- und Netzabgabe:

- › Erkennung der **Durchfahrt eines Fahrzeugs** an einem physischen oder virtuellen Querschnitt oder Aufzeichnung von gefahrenen Kilometern in einem Gebiet;
- › Erkennen des abgabepflichtigen Fahrzeugs bei der **Einfahrt in ein Gebiet** oder Erkennung dessen **Zirkulierens irgendwo in diesem Gebiet**.

Ein Road Pricing Erhebungssystem bei **Netzabgaben** muss die folgenden Funktionen erfüllen:

- › **Registrierung** der Benutzer (zumindest Zahlungsmittel) und deren Fahrzeuge,
- › **Kategorisierung**: Erkennen, ob ein Fahrzeug an einer Mautstelle abgabenpflichtig ist und wenn ja, zu welcher Abgabekategorie es gehört,
- › **Detektion**: Erfassung der Durchfahrt eines Fahrzeugs an einer Mautstelle (strassenseitige Anlage),
- › **Transaktion** der für die Abgabeberechnung notwendigen Daten vom Fahrzeuggerät direkt in das zentrale Abrechnungssystem,
- › **Enforcement**: Erkennen und Beweissicherung von abgabepflichtigen Fahrzeugen ohne gültige Transaktion.
- › **Abgabeberechnung, Rechnungsstellung und Inkasso**.

Ein Road Pricing Erhebungssystem bei **Gebietsabgaben** muss die folgenden Funktionen erfüllen:

- › **Registrierung** der Benutzer und deren Fahrzeuge,
- › **Kategorisierung**: Erkennen, ob ein Fahrzeug an einer Mautstelle bei der Einfahrt in das abgabepflichtige Gebiet abgabepflichtig ist und wenn ja, zu welcher Abgabekategorie es gehört,
- › **Detektion**: Erfassung der Durchfahrt eines Fahrzeugs an einer Mautstelle (strassenseitige Anlage an den Gebietsgrenzen) oder Erfassung der Distanz durch ein komplexes Fahrzeuggerät (z.B. über Tachograph bei der LSVA),
- › **Transaktionen** der für die Abgabeberechnung notwendigen Daten vom Fahrzeuggerät werden direkt in das zentrale Abrechnungssystem weitergeleitet oder Selbstdeklaration, indem die im Erfassungsgerät gesammelten Erfassungsdaten mit einer Chipkarte ausgelesen und an den Betreiber übermittelt werden,
- › **Enforcement**: Erkennen und Beweissicherung von abgabepflichtigen Fahrzeugen ohne gültige Transaktion,
- › **Abgabeberechnung, Rechnungsstellung und Inkasso.**

Daneben gibt es zahlreiche funktionale Anforderungen, die von der Art der Tarifierung und der Dienstleistung abhängen, welche der Mautbetreiber seiner Kundschaft anbieten will bzw. welche der Gesetzgeber festgelegt hat, zum Beispiel,

- › Mautstellen mit einspuriger Einreihung der Fahrzeuge (Geschwindigkeitsreduktion oder Anhalten) oder mehrstreifig mit freiem Verkehrsfluss (Multilane Free Flow Tolling) usw.,
- › Zahlungsmodus: prepaid und/oder postpaid (Rechnungstellung), Erfordernis der Zahlungsgarantie vor der Fahrt,
- › Fahrzeugkategorien, die der Abgabe unterworfen sind (Gesamter Strassenverkehr oder nur LKW),
- › Fahrzeugkategorisierung aufgrund von Eigenschaften, die an der Mautstelle gemessen werden können (Achszahl, Fahrzeughöhe und/oder -länge) oder aufgrund deklarerter Eigenschaften (z.B. Fahrzeuggewicht und Emissionsklasse gemäss Fahrzeugausweis), die von einem Fahrzeuggerät über Funk übermittelt werden,
- › Geräteobligatorium ja oder nein (z.B. LSVA: Tripon-Gerät für alle Schweizer LKW obligatorisch, österreichische LKW-Maut: Go-Box DSRC-Gerät für alle in- und ausländischen LKW obligatorisch,

- › rechtliche Haftung für die Entrichtung der Abgabe: Fahrzeugführer oder Fahrzeughalter oder beide solidarisch, Mitwirkungspflicht des Abgabepflichtigen.

Weitere Anforderungen gelten grundsätzlich für alle Road Pricing Typen:

- › Das Erfassungssystem muss diskriminierungsfrei sein: Fahrzeuge mit und ohne Erfassungsgesetzgerät müssen gleichbehandelt werden hinsichtlich Abgabehöhe (gleiche Abgabe für gleiche Fahrt unabhängig von der verwendeten Erfassungstechnik) und Benutzbarkeit (z.B. keine umständlichen Prozeduren für ausländische Fahrzeuge),
- › Alle Stufen des Erfassungsprozesses müssen nachvollziehbar sein und gerichtsfest belegt werden können.

3.4.3. ERHEBUNGSTECHNOLOGIEN

Die verschiedenen Funktionen der elektronischen Gebührenerhebung werden durch Teilsysteme wahrgenommen, für die jeweils mehrere Technologien eingesetzt werden können. Entscheidend ist die Wahl der Technologie für das Teilsystem Detektion/Transaktion, denn sie bestimmt auch die Ausprägung der übrigen Teilsysteme.

DSRC-Systeme („Funkmaut“)

Bei der klassischen Art der elektronischen Gebührenerhebung, der Funkmaut, werden die Detektion der Fahrzeuge und die Transaktion der Gebührendaten durch fahrzeugseitige Transponder und strassenseitige Funkbaken wahrgenommen, welche über Mikrowelle (Dedicated Short Range Communication, DSRC) miteinander kommunizieren. In Europa hat sich der Mikrowellenstandard 5.8 GHz durchgesetzt, in den USA werden vornehmlich 288 MHz verwendet. Vereinzelt wird auch Infrarot als Luftschnittstelle eingesetzt.

Die fahrzeugseitigen Transpondergeräte sind klein und billig. Sie sind batteriebetrieben und können deshalb ohne Verkabelung an der Windschutzscheibe angeklebt werden. Die Funkbaken müssen auf ca. 6 Meter Höhe über der Fahrbahn bzw. Mautspuren an Portalen angebracht werden. Zurzeit werden Versuche gemacht mit seitlich der Fahrbahn an Masten der Strassenbeleuchtung angebrachten Funkbaken, weil Mautportale für städtische Road Pricing Systeme aus ästhetischen Gründen unerwünscht sind.

Die DSRC-Technologie hat sich bewährt. Die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit ist hoch. DSRC Geräte sind sowohl für Autobahnmauten als auch Brücken-, Tunnel- und städtische Cordon-Gebühren millionenfach im Einsatz. Mit der Einführung der österreichischen LKW-

Maut anfangs 2004 hat DSRC die Bewährungsprobe auch für Multilane Free Flow Tolling bestanden.

Allerdings benutzen nicht alle europäischen Länder den 5.8 GHz-Standard, insbesondere weicht das in Italien weitverbreitete Telepasssystem von der Norm ab. Hingegen benutzt das schweizerische LSVA-Erfassungssystem die Norm für die Transaktion an der Grenze und für das Enforcement.

ANPR-Systeme („Video Maut“)

Unter ANPR (Automatic Number Plate Recognition) wird das automatische Auslesen von Fahrzeugkontrollschildern verstanden. Bei der Detektion eines Fahrzeugs wird dessen Nummernschild von Digitalvideokameras erfasst und mittels einer Bilderkennungssoftware interpretiert. Die Kennzeichenummer wird im zentralen Computersystem mit der Liste der registrierten Fahrzeuge abgeglichen. Videobilder, die keine automatische Erkennung der Kontrollschilder zulassen, werden an Bildschirmen von Auge ausgelesen.

ANPR-Systeme haben den Vorteil, dass keinerlei fahrzeugseitige Geräte notwendig sind. Somit entfällt das Phänomen der „nichtausgerüsteten Fahrzeuge“, welches im Zusammenhang mit der Diskriminierungsfreiheit bei allen andern EFC-Systemen ein Problem darstellt. ANPR-Systeme haben aber auch Nachteile:

- › Die Fahrzeugkontrollschilder sind in Europa alles andere als einheitlich. Viele Nummernkombinationen kommen mehrfach vor,
- › Viele Fahrzeuge, insbesondere Lastwagen haben mehrere oder schlecht lesbare Kontrollschilder,
- › Trotz sich laufend verbessernder Software sind längst nicht alle Videobilder automatisch interpretierbar. Der Aufwand für die manuelle Interpretation ist erheblich.
- › ANPR wurde erstmals im grossen Stil für die Gebühr auf der Stadtautobahn in Toronto eingesetzt. Das London Congestion Charging System beruht ebenfalls auf ANPR-Technologie. In der Schweiz wird die Möglichkeit untersucht, ANPR für die Erhebung der Nationalstrassenabgabe (Autobahnvignette) einzusetzen.
- › Möglicherweise kann das ANPR-System in ferner Zukunft durch das elektronische Nummernschild ERI (Electronic Registration Identification) abgelöst werden. In Europa bestehen seitens der EU und seitens der Fahrzeughersteller Bestrebungen, jedem Fahrzeug bei der Herstellung einen unzerstörbaren Chip mit einer eindeutigen Erkennungsnummer einzubauen. Dieser Chip wäre mittels Nahbereichsfunk auslesbar.

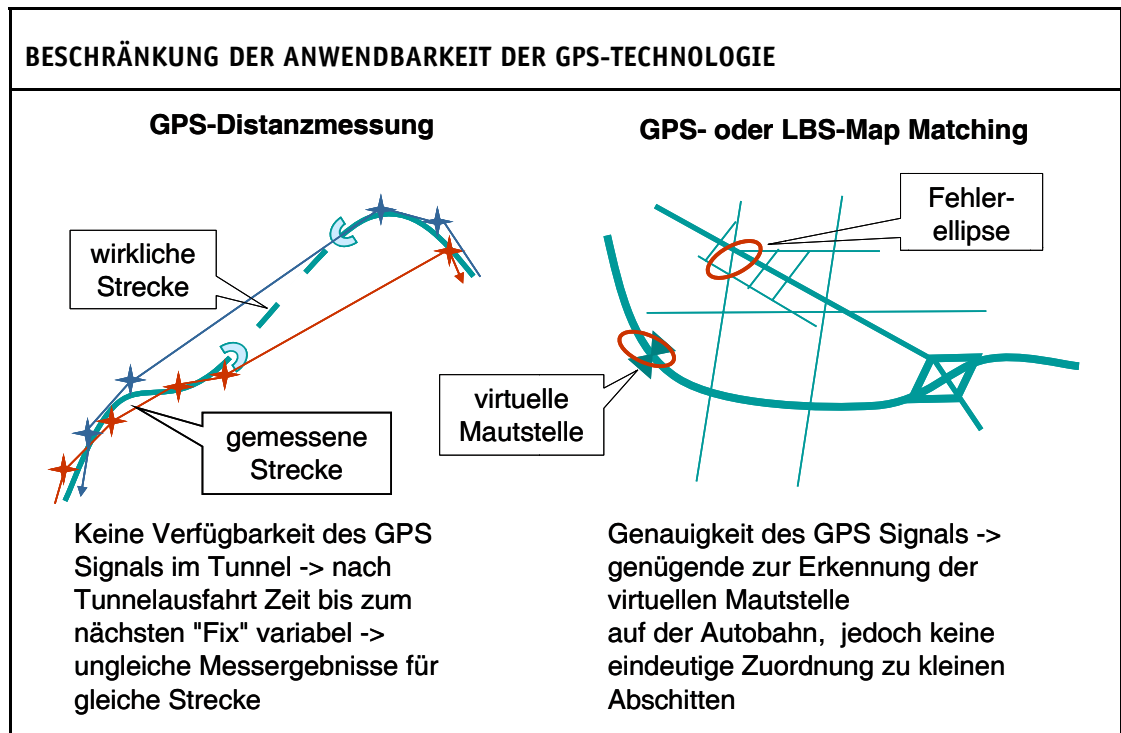
GPS/GSM-Map Matching Systeme

Hier erfolgt die Detektion der Mautstelle durch das Fahrzeuggerät mit Satellitenortung; heute mittels GPS (Global Positioning System) und in Zukunft angereichert oder ersetzt durch GALILEO (das europäische Projekt zur örtlichen Erfassung per Satellit). Die Mautstelle muss nicht mehr mit Mautspuren oder Funkbaken ausgerüstet sein, sondern wird lediglich virtuell als Koordinate definiert. Für die Transaktion der Daten wird die Mobiltelefontechnologie GSM verwendet. Ein GPS/GSM System wird seit dem 1. Januar 2005 erstmalig in der deutschen LKW-Maut angewendet.

GPS/GSM-Systeme können durch Map Matching angereichert werden: das Fahrzeuggerät besitzt eine digitale Karte und kann deshalb die Zuordnung von der gemessenen GPS-Koordinate zum plausibelsten Netzabschnitt softwaremässig vornehmen. Dies bedeutet allerdings, dass die Fahrzeuggeräte aktuelle digitale Strassenkarten (mindestens des bemaute-ten Netzes) haben müssen, was einen beträchtlichen organisatorischen und Kommunikationsaufwand mit entsprechenden Kosten nach sich zieht.

Auch wenn das Vermeiden physischer Mautportale erstrebenswert sein mag, so ist die GPS Technologie für die EFC-Anwendung mit Problemen verbunden:

- › GPS hat keinerlei rechtliche Verankerung. Besonders für Strassenabgaben mit Fiskalcharakter ist dies mehr als unbefriedigend.
- › GPS hat eine beschränkte Genauigkeit. Die Genauigkeit mit Fehlerellipsen von typischerweise 30 Meter Achslänge ist für die Ortung von Autobahnrestrecken genügend, für feinmaschige Netze mit Ein- und Ausfahrten aus Privatarealen und Parkplätzen zu grob.



Figur 16

Das grösste Problem ist die mangelnde Verfügbarkeit des GPS-Signals. In Tunnels, Strassenschluchten, Bergtälern oder auf Waldstrecken geht das Signal verloren. Wenn es auf freier Strecke wieder erscheint, benötigt das Gerät 4 bis 20 Sekunden, um einen neuen Fix zu rechnen. Während dieser Zeit kann ein Fahrzeug möglicherweise von einem mautpflichtigen Netz auf eine unbemautete Strasse gefahren sein. Beispielsweise könnte bei Autobahnausfahrten unmittelbar nach Tunneln die Tunnelstrecke nicht mehr erkannt werden. Um dieses Problem zu lösen, mussten bei der deutschen LKW-Maut nachträglich rund 200 Funkstützbaken aufgestellt werden, welche die Identifikation von Strecken mit ungenügender GPS-Zuverlässigkeit garantieren.

Die Genauigkeits- und Verfügbarkeit hängt von der momentanen Stellung der GPS-Satelliten ab und von der Position der Fahrzeugantenne in Bezug auf die Satelliten. Dies bedeutet, dass für dieselbe Fahrt zu unterschiedlichen Zeiten, unterschiedlichen Fahrrichtungen und mit unterschiedlichen Fahrzeugen jeweils andere Daten für die Abgabeberechnung erzeugt werden. Wie die Gerichte mit der mangelnden Nachvollziehbarkeit dieser Daten umgehen werden, bleibt nach Einführung der deutschen LKW-Maut abzuwarten.

Kombinierte Technologien

Für Road Pricing mit distanzabhängigen Gebietsgebühren müssen nicht nur die Ein- und Ausfahrt am Gebietsrand detektiert, sondern auch die gefahrenen Kilometer innerhalb des Gebiets gemessen werden. Für Lastwagen, die obligatorisch mit Tachographen ausgerüstet sind, bietet sich eine Kombination an:

- › Tachograph zur Distanzmessung,
- › DSRC zur Detektion und zur Datenübertragung an der Gebietsgrenze,
- › GPS zur Überwachung der korrekten Aufzeichnung der Distanz durch den Tachographen und des Erkennens der Landesgrenze. Als redundantes Überwachungssystem gibt es keine Probleme bezüglich Verfügbarkeit und Genauigkeit.

Dieses Prinzip hat sich beim schweizerischen LSVA-Erfassungssystem bestens bewährt.

3.4.4. BEHANDLUNG DER FAHRZEUGE OHNE ERFASSUNGSGERÄT

Ausser ANPR benötigen alle Erhebungstechnologien Geräte, die im Fahrzeug angebracht werden müssen. Das Erfassungsgerät hat neben den technischen Komponenten wie DSRC oder GPS auch die Funktion des Zahlungsmittels. Es stellt sich deshalb die Frage, ob Benutzern, welche über kein Erfassungsgerät verfügen, eine Alternative angeboten werden muss.

Das Diskriminierungsverbot der EU, das auch für die Schweiz gilt, lässt nicht zu, dass Geräte vor der Benutzung des abgabepflichtigen Strassennetzes zum Voraus beschafft und in einer Werkstatt eingebaut werden müssen. Genau dies trifft aber bei GPS- oder Tachographentechnologie zu. Aus diesem Grund werden bei der LSVA und der deutschen LKW-Maut parallel zur Gerätelösung so genannte Einbuchungslösungen mittels Buchungsautomaten angeboten: bei der LSVA, um den Tachograph-Kilometerstand bei Einfahrt an der Grenze zu deklarieren und bei der deutschen LKW-Maut, um eine Autobahnfahrt von A nach B zu lösen.

3.4.5. EIGNUNG DER ERHEBUNGSTECHNOLOGIEN

Überlagert man die funktionalen Anforderungen der verschiedenen Road Pricing Systeme mit den Merkmalen der Erhebungstechnologien, so erhält man eine Eignungsmatrix gemäss Tabelle 9.

EIGNUNGSMATRIX DER ERHEBUNGSTECHNOLOGIEN					
Road Pricing Typ		DSRC Funkmaut	ANPR Video- maut	GPS/GSM/ Map Matching	Kombination Tachograph/ DSRC/GPS
Passageabgabe	Objektgebühr ("Brückenzoll", Tunnelgebühr, "Strassenzoll")	X	X		
	Cordon Pricing	X	X		
Autobahnabgabe	Zeitabhängig		X		
	Distanz- oder streckenabhängig (Autobahnmaut)	X	X	X	
Gebietsabgabe	Area Licensing	X	X		
	Distanzabhängige Gebietsgebühren (Area Charging)				X (nur schwere Fz)
Value Pricing		X	X		

Tabelle 9

3.4.6. INTEROPERABILITÄT DER ERHEBUNGSSYSTEME

Die Vielfalt von Anforderungen und Technologien führt unweigerlich zum Ruf nach Vereinheitlichung. Das Schreckbild des Fahrzeuglenkers, der nicht mehr aus seiner Windschutzscheibe sieht, weil sie mit Erfassungsgeräten zugestrichelt ist, geht um. Die EU hat im Mai dieses Jahres eine Richtlinie für Interoperabilität der Gebührenerhebungssysteme erlassen. Sie schreibt vor, dass die Mautbetreiber bis 2009 für LKW und bis 2011 für PW neben ihren bestehenden Systemen ein einheitliches gesamteuropäisches Gebührenerhebungssystem EETS (European Electronic Toll Collection System) anbieten müssen, das eine oder mehrere der folgenden Techniken verwendet,²³

- › Satellitenortung,
- › Mobilfunk nach der GSM/GPRS-Norm,
- › Mikrowellentechnik 5.8 GHz.

Zurzeit ist noch nicht klar, wie diese Richtlinie in der Praxis umgesetzt werden kann. Die EU-Kommission will die Merkmale des EETS bis zum 1. Juli 2006 entscheiden. Nimmt man die Einführung des digitalen Tachographs für LKW in der EU als Massstab, so erscheint der Zeitplan allerdings unrealistisch.

²³ Richtlinie 2004/52/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über die Interoperabilität elektronischer Mautsysteme in der Gemeinschaft

Vielmehr ist anzunehmen, dass in naher Zukunft nur einfache Road Pricing Konzepte wie Brücken-, Tunnel-, Autobahnggebühren und Cordon Pricing sowie für LKW distanzabhängige Gebietsgebühren technisch realisierbar sind, dass diese Systeme aber zunehmend interoperabel werden. Die Realisierung der Vision eines Road Pricing Konzeptes, wo jedes Fahrzeug ein Gerät besitzt, das auf jeder Strasse von der Quartierstrasse bis zur Autobahn ein auf die örtlichen und zeitlichen Gegebenheiten abgestimmte Abgabe erfassen kann, liegt in weiter Ferne.

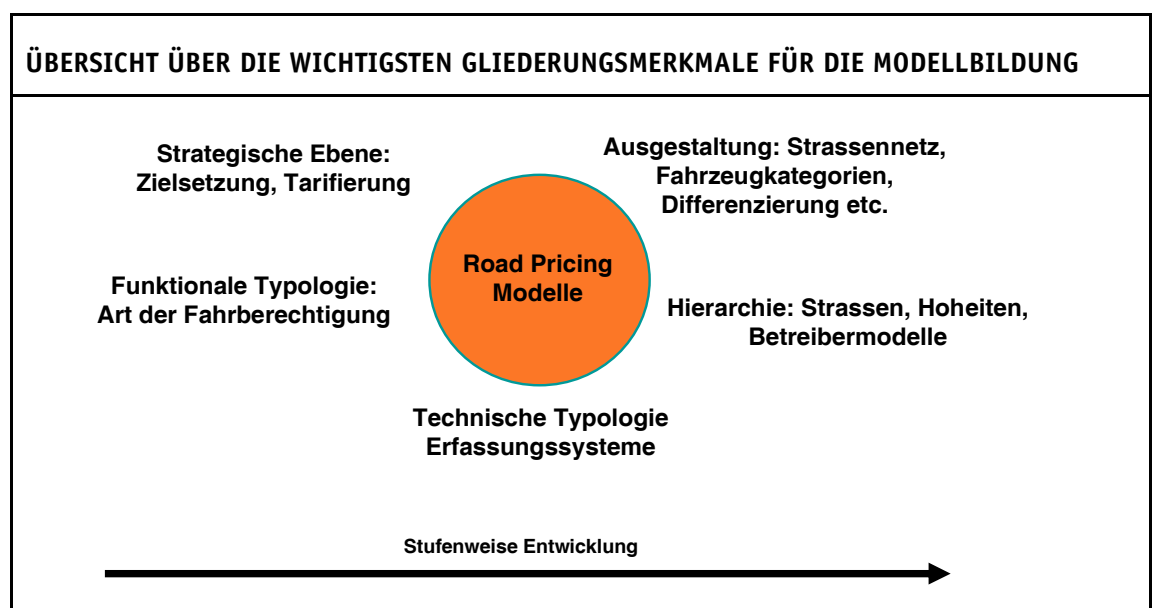
4. MÖGLICHE ROAD PRICING MODELLE FÜR DIE SCHWEIZ

4.1. AUSLEGEORDNUNG

Das Ziel dieses Kapitels besteht darin, die Modelle sowohl für Autobahnen als auch für Stadtregionen (in der Folge als Agglomerationen bezeichnet) zu strukturieren und zu konkretisieren, um im folgenden Kapitel 5 möglichst repräsentative Fallbeispiele für die Schweiz zu benennen. Die Strukturierung basiert auf der Analyse der einzelnen Parameter gemäss dem vorhergehenden Kapitel 3, wo die verschiedenen Dimensionen von Road Pricing ausgeleuchtet worden sind. Andererseits werden auch die aus der Analyse der Praxis in Kapitel 2 erkannten Typen als Gliederungsmerkmal einbezogen. Eine wichtige weitere Dimension ist die dynamische Komponente, die letztendlich die Kompatibilität sicherstellen kann. Wir können dabei folgende Entwicklungsrichtungen unterscheiden:

- › Von einfachen zu komplexen Modellen (Einbezug weiterer Fahrzeugkategorien, weiterer Strassen, weiterer Netze,
- › Von unten nach oben: Räumlich abgegrenztes Modell hin zu einem flächendeckenden Modell,
- › Von oben nach unten: von einem flächendeckenden Modell hin zu einer stärkeren räumlichen Differenzierung.

Die folgende Figur vermittelt eine Übersicht:



Figur 17

Erfahrungsgemäss ist für die Modellbildung eine gesunde Mischung von systematischen Strukturanalysen und praxisbezogenen Elementen notwendig. Die folgenden Modellbildungen für die Autobahnen einerseits und für die Agglomerationen andererseits beruhen auf diesen zwei Elementen. Für die theoretische Analyse haben wir eine formative Szenarioanalyse durchgeführt, um die wichtigen Zusammenhänge der einzelnen Parameter besser zu verstehen. Sie ist im Annex 1 aufgeführt.

4.2. ROAD PRICING MODELLE AUF AUTOBAHNEN

4.2.1. FORMEN VON AUTOBAHNABGABEN UND DEREN ERHEBUNG

In zahlreichen Ländern sind Benutzergebühren die Hauptquelle zur Finanzierung von Autobahnen. Die möglichen Modelle setzen sich aus folgenden Charakteristiken zusammen:

- › Betroffene Infrastruktur:
 - › Einzelobjekt (Brücke, Tunnel),
 - › Einzelne Fahrstreifen (HOT-Lanes) oder Passagen (Stauumfahrung),
 - › Autobahnstück,
 - › Gesamtnetz.
- › Infrastruktur-Betreibermodell:
 - › Bau, Betrieb und Unterhalt obliegen staatlicher Behörde. Beispiel Schweiz. Nationalstrassen,
 - › Bau, Betrieb und Unterhalt sind an staatliche oder halbstaatliche Unternehmung unter Staatsaufsicht übertragen worden. Beispiel Asfinag (Österreich), SFDI (State Infrastructure Development Fund, Tschechische Republik),
 - › Konzessionsübertragung an private Autobahngesellschaft (evtl. mit erheblicher staatlicher Kapitalbeteiligung),
 - › Mischmodelle.
- › Finanzierungsmodell:
 - › vollständige Finanzierung durch Benutzergebühren,
 - › Teilfinanzierung durch Benutzergebühren (Rest durch staatliche Subventionen).
- › Risikoteilung:
 - › Investitionsrisiko (Baukosten, Bauzinsen),
 - › Betriebsrisiko (Betriebskosten),
 - › Verkehrsrisiko (Risiko der verkehrsabhängigen Einnahmen).

4.2.2. ANWENDUNG IN DER SCHWEIZ

Organisation der schweizerischen Nationalstrassen

Das schweizerische Autobahnnetz umfasst zurzeit 1702 Kilometer; nach Fertigstellung des Netzes werden es 1892 Km sein. Der Bund sorgt gemeinsam mit den jeweiligen Standortkantonen für Bau, Unterhalt und Betrieb der Nationalstrassen. Die Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung NFA sieht bezüglich Nationalstrassen folgendes vor:

- › der Bund baut, unterhält und betreibt die Nationalstrassen, exklusive Fertigstellung des Netzes,
- › Der Bund trägt die Kosten dafür voll,
- › Die Nationalstrassen gehen in das Eigentum des Bundes,
- › Der Bund überträgt seine Nationalstrassen-Aufgaben einer selbständigen öffentlichen Anstalt SNS,
- › Das Inkrafttreten ist auf 1.1.2008 geplant.

Der Betrieb der Nationalstrassen wird durch Leistungsaufträge primär an Kantone in 11 geografischen Gebietseinheiten übertragen. Das Verkehrsmanagement auf den Nationalstrassen wird Sache des Bundes. Die Interventionsdienste (Polizei, Schadenwehren, Sanität/Rettenungskette) bleiben hoheitliche Aufgaben der Kantone.

Nationalstrassenabgabe NSA

Bis 1984 war die Benutzung der Nationalstrassen an keinerlei Abgaben gebunden. Seit 1985 wird die Nationalstrassenabgabe in Form einer Vignette erhoben. Der Abgabebetrag war bis 1994 auf 30 CHF festgesetzt, seit 1995 beträgt er 40 CHF.

Jährlich werden ca 7.6 Mio Vignetten verkauft. Die Einnahmen betragen brutto rund 300 Mio CHF/Jahr und die Erhebungskosten rund 34 Mio. CHF/Jahr.

Die Missbrauchsquote wird auf rund 10% geschätzt, d.h. es gehen dem Bund jährlich zwischen 25 und 30 Mio. Franken verloren. Es gibt zwei Arten von Missbräuchen:

1. Es wird keine Vignette gelöst, aber trotzdem das Nationalstrassennetz befahren. Ausländische Fahrzeuglenker wählen für die Einfahrt in die Schweiz einen Grenzübergang ohne Autobahn, fahren bei frühester Gelegenheit auf die Nationalstrasse und Verlassen diese wieder vor dem Autobahnzollamt. Weil auf der Autobahn aus Gründen der personellen Ressourcen der Polizei und wegen der Verkehrssicherheit

wenige Kontrollen gemacht werden können, bleibt der grösste Teil des Missbrauchs unentdeckt.

2. Die Vignette wird verbotenerweise von einem Fahrzeug auf ein anderes übertragen. Viele Ausländer führen eine Vignette mit, kleben sie aber nicht auf die Windschutzscheibe. Bis Ende 2004 gab es überdies diverse Aufklebehilfen, die ein Ablösen ohne Beschädigung erlauben: Original-Trägerfolie, Klarsichtfolie oder Lippenstift. Gebrauchte Schweizer Vignetten werden im Internet über ebay gehandelt, ebenso ist der Verkauf über Kleinanzeigen und der Austausch unter Bekannten üblich.

Wegen der gezwungenermassen lückenhaften Kontrolle ist die Zahl der ausgesprochenen Bussen sehr gering. Im Jahr 2002 wurden 18'271 Bussen ausgesprochen. In Österreich mit einem ausgebauten Vignettenkontrollsystem wurde im gleichen Jahr die vierfache Menge an Vignettensündern gebüsst.

Der Vertrieb der Vignette erfolgt einerseits über die Zollverwaltung und andererseits über die kantonalen Strassenverkehrsämter bzw. deren Vereinigung asa.

Aus mehreren Gründen stellte die Oberzolldirektion OZD in jüngster Zeit Überlegungen über eine Modernisierung der Nationalstrassenabgabe an:

- › Gemäss neuer Bundesverfassung kann die Nationalstrassenabgabe nicht mehr auf Verordnungsstufe geregelt werden, sondern benötigt ein eigenes Gesetz.
- › Der seit 1995 unveränderte Preis sollte angepasst werden, doch ist aus Akzeptanzgründen eine Preisanpassung nach oben kaum mehr möglich.
- › Der Jahres-Pauschalpreis ist für einmalige, kurze Fahrten von ausländischen Fahrzeugen ungerecht. Eine zeitliche Stückelung analog der Abgabe in Österreich sollte erwogen werden.
- › Der Vignettenverkauf an den Autobahn-Grenzübergängen behindert den Verkehr.
- › Die Klebevignette lädt zu Missbrauch ein, weil die Kontrolle sehr schwierig ist.

Die Oberzolldirektion untersuchte verschiedene Abgabevarianten, darunter:

- › Beibehaltung der Klebevignette, jedoch Optimierung des Vertriebssystems.
- › „e-Vignette“ mit elektronischer Registrierung der Autobahn-Fahrberechtigung und deren Kontrolle mittels automatischer Kontrollschilderfassung an festinstallierten und mobilen Enforcement-Stationen.

- › Elektronischer „Tag“, d.h. Fahrzeugtranspondergerät mit Auslesung der Fahrberechtigung an DSRC-Gantries.

Während die dritte Variante fallengelassen wurde, stehen die beiden anderen Varianten weiterhin zur Diskussion²⁴. Die e-Vignette würde eine Preisanpassung mit zeitlicher Stückelung ermöglichen, womit die Akzeptanz bei Gelegenheitskunden verbessert und die Missbrauchsquote reduziert würde. Gleichzeitig würde die Kontrollmöglichkeit massiv verbessert. Auch der flächendeckende Vertrieb im Ausland wäre dank Internetregistrierung gegeben.

Eine e-Vignette liesse sich zu einem gewissen Grade auch zu einem Erhebungssystem für Passagegebühren ausbauen. Neben der Fahrberechtigung auf Autobahnen müsste auch die Berechtigung zum Passieren gewisser Mautpunkte – zum Beispiel Alpenübergänge – bei der Registrierung erworben werden. Das Erhebungssystem der e-Vignette entspricht jenem des London Congestion Charging und ermöglicht theoretisch beliebige örtliche und zeitliche Differenzierungen. Praktisch sind der Differenzierung allerdings enge Grenzen gesetzt, weil komplizierte Tarifzonengrenzen und Preisabstufungen für die Benutzer unverständlich sind und zu hohen Missbrauchsquoten führen.

LSVA

Seit dem 1. Januar 2001 wird in der Schweiz für Fahrzeuge über 3.5 t eine leistungsabhängige Abgabe für alle Strassen in der Schweiz erhoben. Die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe bemisst sich nach den gefahrenen Kilometern und nach dem Gewicht des Fahrzeugs. Der Tarif liegt seit der Erhöhung des national zulässigen Gesamtgewichts von 34t auf 40t (Anfang 2005) je nach Abgabekategorie zwischen 2.15 Rappen und 2.88 Rappen pro Tonnenkilometer. Die Abgabekategorie ist abhängig von der EURO-Emissionskategorie des Fahrzeugs.

Die Erhebung der LSVA erfordert ein komplexes Erhebungssystem, das einerseits die Fahrleistung erfasst und andererseits die Angaben zum Gewicht überwacht. Der Vollzug der Abgabe obliegt der Eidgenössischen Zollverwaltung, EZV. Jedes in der Schweiz immatrikulierte Fahrzeug für den Güterverkehr über 3,5t Gesamtgewicht ist verpflichtend mit einem Gerät zur Erfassung der LSVA ausgerüstet. In ein im Ausland immatrikulierte Fahrzeug kann freiwillig ein Erfassungsgerät installiert werden. Anderenfalls hat der ausländische

²⁴ Entscheide des Bundesrates sind noch ausstehend.

Nutzer die Möglichkeit, seine in Anspruch genommene Fahrleistung an einem Abfertigungsterminal zu deklarieren. Derzeit sind rund 52'200 inländische und 1'990 ausländische Fahrzeuge mit einer OBU ausgerüstet. Es sind rund 560'000 ausländische Fahrzeuge ohne OBU registriert.

Die OBU zeichnet alle für die Veranlagung der LSVa relevanten Ereignisse in einem Logfile auf. Im Logfile wird z.B. einmal täglich der Kilometerstand erfasst, es werden Grenzübertritte aufgezeichnet oder Informationen über einen Ausfall von Komponenten bzw. über einen Manipulationsverdacht erfasst.

Nicht alle Daten werden automatisch erfasst. Es gilt grundsätzlich das Prinzip der Selbstdeklaration. Der Fahrer ist deshalb verpflichtet, Anhänger oder Auflieger an der OBU zu deklarieren. Jede An-Deklaration bzw. Ab-Deklaration eines Anhängers wird im Logfile verzeichnet.

Das Selbstdeklarations- und Veranlagungsprinzip der LSVa funktioniert analog der Deklaration und Veranlagung von Einkommenssteuern in den meisten europäischen Staaten. Jeder Fahrzeughalter eines in der Schweiz immatrikulierten Fahrzeugs ist verpflichtet, am Ende einer Abgabeperiode seine Fahrleistung an die EZV zu deklarieren. Die Abgabeperiode ist derzeit gemäss LSVa-Verordnung ein Kalendermonat²⁵.

Bei der EZV wird die Deklaration auf Widersprüche geprüft und veranlagt. Die veranlagte Abgabe wird dem Fahrzeughalter verrechnet. Die Veranlagung muss dabei nicht mit den deklarierten Angaben des Fahrzeughalters übereinstimmen, sondern kann durch die EZV nach Überprüfung der deklarierten Daten in begründeten Fällen angepasst werden. Die Deklaration der LSVa am Periodenende erfolgt, indem das Logfile auf eine Chipkarte ausgelesen wird und die Deklarationsdaten an die EZV übermittelt werden. Dies kann durch Versenden der Chipkarte per Post geschehen oder indem die Deklarationsdaten über einen Chipkartenleser an einem Computer des Fahrzeughalters ausgelesen und per Internet die EZV übermittelt wird.

Bei ausländisch immatrikulierten Fahrzeugen mit OBU werden bei jeder Ausreise die Deklarationsdaten automatisch per Funk ausgelesen. Passiert das Fahrzeug die Funkbaken am Zollamt, so wird das Logfile von der OBU per DSRC-Funk an die Bake übertragen und an die EZV weitergeleitet.

²⁵ Art. 24 in der Verordnung über eine leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (Schwerverkehrsabgabeverordnung, SVAV), SR 641.811, 6. März 2000.

Die Erfassungssicherheit der LSVA wird durch ein komplexes Erfassungsgerät mit mehreren Überwachungsfunktionen sowie durch Kontrollen durch Zollpersonal an den Grenzen und durch stationäre und mobile Kontrollanlagen erreicht.

Die LSVA wird auf allen Strassen erhoben. Eine flächendeckende Kontrolle ist daher nicht praktikabel. Auch die Grenzkontrollen sind nur beschränkt wirksam, da ein grosser Teil der Fahrzeuge nie oder selten die Schweiz verlässt. Die OBU muss von sich aus, auch ohne regelmässige externe Kontrollen, eine hohe Erfassungssicherheit bieten. Deshalb enthält die OBU neben einem primären Erfassungssystem auch verschiedene redundante Komponenten, mit denen technische Störungen und Manipulationen am Primärsystem detektiert werden können.

Im Gesetz über die LSVA wird die Interoperabilität der Schweizer Erfassungsmittel mit Erfassungsgeräten aus der EU im Rahmen der Möglichkeiten gefordert²⁶. Seit 1. Januar 2004 besteht die Möglichkeit, das Erfassungsgerät der LSVA für die LKW-Maut in Österreich zu verwenden. Die Interoperabilität Österreich-Schweiz ist weltweit die erste Interoperabilität von elektronischen Gebührenerhebungssystemen zweier Länder. Technische Basis für die Interoperabilität ist die Verwendung der europaweit genormten DSRC-Schnittstelle in beiden Ländern.

Die Investitionskosten für das Erhebungssystem LSVA lagen bei rund 290 Mio. CHF. Im Jahr 2003 wurden 758.4 Mio. CHF durch die LSVA eingenommen. Dem gegenüber stehen jährliche Betriebskosten von 4–6% der Einnahmen. Unter Berücksichtigung der Abschreibungskosten der LSVA-Erfassungsgeräte, die ja kostenlos abgegeben werden, belaufen sich die Erhebungskosten insgesamt auf rund 9% der Einnahmen.

Auf rund 16'000 monatlich veranlagte Rechnungen gib es durchschnittlich 90 Einsprachen. Damit beträgt die Einspruchsrate 0.57%.

4.2.3. MÖGLICHE MODELLE FÜR DIE SCHWEIZ

Bezogen auf die Road Pricing Typologie von Tabelle 9 lassen sich für die Autobahnen die folgenden Road Pricing Modelle erkennen:

²⁶ Art. 11, Abs. 2 im Bundesgesetz über eine leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (Schwerverkehrsabgabegesetz, SVAG), SR 641.81, 19. Dezember 1997.

PROJEKTION DER ROAD PRICING FORMEN AUF DIE PROBLEMTYPEN BEI AUTOBAHNEN			
Modell	Welche Verkehrsprobleme sollen gelöst werden?	Welche Finanzierungsprobleme sollen gelöst werden?	Anforderung an die Ausgestaltung
Objektmaut	Fehlendes Teilstück oder Erweiterungsbauwerk auf einem Teilstück (z.B. 2. Röhre Gotthard)	Hohe Zweckmässigkeit des Projektes, aber keine Finanzierungsquellen	Individuelle Bemaussung generiert genügend Einnahmen und senkt Attraktivität des Teilstücks unwesentlich; klarer Bezug der Einnahmen zur Finanzierung mit Betreibermodell
HLS-Pricing ²⁷	Kapazitätsengpässe auf dem HLS-Netz; vorhandene Alternativen (z.B. zeitlich)	Fehlende Mittel für den Kapazitätsausbau des HLS-Netzes	Abstimmung des Preisniveaus und der Preisstruktur auf die Alternativen, um zu verhindern, dass Verkehr das untergeordnete Netz belastet und damit den ÖV beeinträchtigt.
Value Pricing	Allokation einzelner Fahrstreifen (bestehend oder neu) auf überlasteten Autobahnspuren nach der Zahlungsbereitschaft der Benutzer	Hohe Zweckmässigkeit von zusätzlichen Fahrstreifen, aber keine Finanzierungsquellen	Sicherstellung eines klaren Vorteils bei der Benutzung der Pay Lane; optimale Preissteuerung, um hohe Auslastung sicherstellen zu können.

Tabelle 10

Die Kombinationsmöglichkeiten mit Road Pricing Modellen in Agglomerationen sind in Abschnitt 4.3.3 aufgeführt.

4.3. MODELLE IN AGGLOMERATIONEN

4.3.1. FORMEN VON ROAD PRICING UND DEREN ERHEBUNG

Im Vergleich zu den Autobahn-Modellen ist die Modellbildung in Agglomerationen aus mehreren Gründen komplexer:

- › Das Strassennetz umfasst verschiedene Hierarchieebenen: Nationalstrassen, Kantonsstrassen, Gemeindestrassen. Um Ausweicheffekte zu vermeiden, sind grundsätzlich mehrere Hierarchieebenen einzubeziehen.
- › Aufgrund der Verkehrsprobleme (Kapazitätsprobleme Strasse, Umlagerungspotenziale ÖV) ist das Zielsystem komplexer. Auf der strategischen Ebene kommen verschiedene Ziele in Betracht.

²⁷ HLS: Hochleistungsstrasse(n) wie Autobahnen, Autostrassen.

› Vom Tarifierungsprinzip her betrachtet treten ähnliche Probleme auf, wie sie aus der Tarifierung des öffentlichen Verkehrs bekannt sind. In der Regel sind sowohl Zonentarife (bezogen auf eine Fläche oder einen Netzteil) als auch Passagetarife wie streckenbezogene Tarifierungen möglich.

Wir können – vor allem auch aufbauend auf den Erfahrungen – auf folgenden Formen aufbauen. Sie richten sich nach der in Kapitel 3 aufgezeigten Typologie.

FORMEN VON ROAD PRICING IN AGGLOMERATIONEN				
Modell	Ziel	Ansatzpunkte	Verwendung Einnahmen	Ausgestaltung
Objektmaut	Finanzierung	Spezifischer Stadt-Bypass	Direkte Finanzierung, mit Betreibermodell	Maut auf neuem Abschnitt (DSRC)
Innenstadtkordon	Verkehrsbeeinflussung Stadt	Innenstadtkordon	Aufteilung Stadt – Kanton	Zeitlich differenzierte Abgaben (ANPR)
Area Licensing, Stadtvignette	Verkehrsbeeinflussung Stadt	Gesamtes Stadtgebiet, evtl. Teile der Agglomeration	Aufteilung Stadt – Kanton	Modell London evtl. zeitlich differenziert
HLS-Pricing	Verkehrsbeeinflussung und Finanzierung	HLS-Netz plus Teile Stadtnetz	Kanton	Autobahnmaut (DSRC)
Umfassendes Gebietspricing	Verkehrsbeeinflussung und Finanzierung	Stadtgebiet plus HLS-Netz	Stadt und Kanton	Kordon plus Abschnittsmaut, zeitl. differenziert
Value Pricing	Differenzierung Level of Service	HLS-Einfahrt in Stadt/Agglo.	Finanzierung der Ausbauten	Pay Lane Prinzip

Tabelle 11

Diese sieben Typen weisen ein unterschiedliches Niveau von Komplexität auf. Verschiedene Modelle können auch im Rahmen von Entwicklungsetappen ineinander übergeführt werden. So sind beispielsweise ein Area Licensing und ein HLS-Pricing mögliche Bestandteile von komplexen Modellen wie einem umfassenden Gebietspricing.

4.3.2. ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR DIE SCHWEIZ

Bisher hat sich die Diskussion in der Schweiz vor allem mit folgenden Ausgestaltungsmöglichkeiten auseinandergesetzt:

› Passageabgabe in Bern: Um die Finanzierung des Schanzentunnels als Bypass in Bern zu sichern, ist der Vorschlag einer Passagemaut auf die politische Agenda gekommen. Der Vorschlag wurde schliesslich in einer Volksabstimmung (1997) abgelehnt.

- › Passageabgabe in Genf: Zur Finanzierung der „Traversée de la Rade“ war die Einführung einer Passagegebühr geplant, wurde jedoch im Jahr 1996 von der Bevölkerung abgelehnt.
- › In Zürich sind neue Finanzierungsformen und Betreibermodelle für den Seetunnel als Südumfahrung diskutiert worden. Die Modellrechnungen und die Diskussionen mit potenziellen Financiers haben aber letztendlich aufgezeigt, dass eine einseitige Bepreisung des Seetunnels zu wenig Verkehr anzieht, um genügend Einnahmen zu generieren.

Betrachtet man die strategische Ebene, wird deutlich, dass das Verkehrsmanagement, also ein Beitrag von Road Pricing zum Abbau von Kapazitätsengpässen, im Zentrum steht. Dies bedingt, dass die Modelle einen engen Bezug aufweisen zu bereits bestehenden Elementen des Verkehrsmanagements wie:

- › Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen (z.B. Ramp Metering, Harmonisierung der Geschwindigkeit),
- › Bevorzugung von öffentlichem Verkehr am Lichtsignalanlagen,
- › Parkplatzmanagement (vor allem im städtischen Raum),
- › Mobilitätsberatung und -management allgemein,
- › Tariffdifferenzierung im öffentlichen Nahverkehr.

Daneben sind aber auch Anknüpfungspunkte im Bereich Finanzierung zu sehen. Zu berücksichtigen sind insbesondere folgende:

- › Diverse (z.T. bereits konkrete) Strassenprojekte im städtischen Raum weisen eine wichtige Entlastungsfunktion für das bestehende Netz auf. Sie sind allerdings sehr teuer. Aufgrund der neuen Aufgabenteilung gemäss NFA hängt für die Finanzierung viel davon ab, ob der Bund solche Projekte in das Nationalstrassennetz (Grundnetz) einbezieht und entsprechend bei der Realisierung priorisiert. Gute Beispiele dafür sind der Stadttunnel oder die Glattalautobahn K10 (Verbindung Gubrist-Brüttisellen) in der Agglomeration Zürich.
- › Die Finanzierung von wichtigen übergeordneten Netzteilen im Rahmen der Agglomerationsprogramme ist nicht gesichert. Die politische Diskussion ist momentan im Gange. Dies betrifft insbesondere auch Projekte für den öffentlichen Verkehr.
- › Die Akzeptanz, die bestehenden Finanzierungsinstrumente auf Kantons- oder Gemeindeebene zu stärken, ist gering. Auf kantonaler Ebene ist die Bereitschaft zur Erhöhung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer oder eine verstärkte Budgetfinanzierung kaum gegeben. Ähnliches gilt auf städtischer Ebene für die allgemeine Budgetfinanzierung oder beispielsweise die Erhöhung von Parkplatzabgaben.

4.3.3. INTERESSANTE MODELLE FÜR DIE SCHWEIZ

Die in Tabelle 12 dargestellten Modelle bilden den Rahmen für konkrete Modelle in der Schweiz. Im Prinzip sind alle Modelle als Anwendungsformen denkbar. Grundsätzlich gilt: Je komplexer der Raum, desto höher der Anspruch an ein komplexes System, das aber auch stufenweise (von unten nach oben bzw. von innen nach aussen) entwickelt werden kann.

Deshalb ist es wichtig, die einzelnen Modelle klarer auf die konkret auftretenden Probleme in den einzelnen Agglomerationstypen zu projizieren. Dies wird in der folgenden Tabelle versucht.

PROJEKTION DER ROAD PRICING FORMEN AUF DIE PROBLEMTYPEN IN AGGLOMERATIONEN			
Modell	Welche Verkehrsprobleme sollen gelöst werden?	Welche Finanzierungsprobleme sollen gelöst werden?	Anforderung an die Ausgestaltung
Objektmaut	Fehlender Bypass; Spielraum nach Realisierung Bypass	Hohe Zweckmässigkeit des Projektes, aber keine Finanzierungsquellen	Individuelle Bemaatung generiert genügend Einnahmen und senkt Attraktivität des Bypasses unwesentlich; klarer Bezug der Einnahmen zur Finanzierung mit Betreibermodell
Innenstadtkordon	Hohe Verkehrsbelastung in der Innenstadt mit Durchgangsverkehr; Strassenalternative (Umfahrungsmöglichkeit) ist vorhanden	Eher im Hintergrund: Konkrete Verbesserungen Strassenraumgestaltung oder öffentlicher Verkehr	Preisniveau auf Lenkungsziel ausgerichtet, allenfalls Differenzierung nach Tageszeiten; unerwünschte Ausweicheffekte müssen allenfalls mit flankierenden Massnahmen vermieden werden.
Aera Licensing, Stadtvignette	Hohe Verkehrsbelastung in der Innenstadt mit Durchgangsverkehr und Binnenverkehr, Behinderung ÖV	Fehlende städtische Finanzierungsquelle im Verkehrsbereich (MIV, ÖV, Langsamverkehr)	Erfassung möglichst aller Fahrzeuge, gute ÖV-Alternative, Abstimmung mit PP-Management
HLS-Pricing	Kapazitätsengpässe auf dem HLS-Netz; vorhandene Alternativen (z.B. zeitlich)	Fehlende Mittel für den Kapazitätsausbau des HLS-Netzes in der Agglomeration	Abstimmung des Preisniveaus und der Preisstruktur auf die Alternativen, um zu verhindern, dass Verkehr das untergeordnete Netz belastet und damit den ÖV beeinträchtigt.

PROJEKTION DER ROAD PRICING FORMEN AUF DIE PROBLEMTYPEN IN AGGLOMERATIONEN			
Modell	Welche Verkehrsprobleme sollen gelöst werden?	Welche Finanzierungsprobleme sollen gelöst werden?	Anforderung an die Ausgestaltung
Umfassendes Gebietspricing	Generelle Kapazitätsprobleme und Modalsplitprobleme	Generelle Finanzierungsprobleme Strasse-Schiene	Optimale Abstimmung der Bepreisung; Differenzierung; dynamisierbare Technologie
Value Pricing	Vorhandene Alternative mit deutlichen Vorteilen	Fehlende Finanzierungsquelle für diese Alternative	Sicherstellung eines klaren Vorteils bei der Benutzung der Pay Lane; optimale Preissteuerung, um hohe Auslastung sicherstellen zu können.

Tabelle 12 Schattiert sind diejenigen Elemente, die in der Schweiz eine grosse Bedeutung aufweisen.

Die Tabelle zeigt, dass die für die Schweiz interessanten Modelle eher in Richtung eines umfassenden Gebietspricings hinzielen, das Elemente eines Area Licensings oder HLS-Pricings enthalten kann. Je nach Problemgebiet ist der Anspruch an die Komplexität unterschiedlich. Letztlich spielt die Strassenanordnung eine entscheidende Rolle. Denkbar ist auch, dass ein Gebietspricing auf wenige Einfahrpunkte beschränkt werden kann, wenn damit die Alternativen optimal einbezogen werden können. Interessant ist hier vor allem die Ausgangslage, insbesondere, ob eine entsprechende Alternative (in Form einer Umfahrungsmöglichkeit) vorhanden ist oder eben nicht. Im letzteren Fall kann diese Alternative eben auch mit Unterstützung von Road Pricing realisiert und (mit-)finanziert werden. Diesbezüglich ist ein Value Pricing, das sich gezielt auf den Mehrwert einer neuen Infrastruktur ausrichtet, relevanter für die Schweizer Agglomerationen als eine Objektmaut. Mögliche Anknüpfungspunkte wären etwa dritte Spuren bei einem Kapazitätsausbau des HLS-Netzes.

Im Vordergrund steht der Einbezug von Personenwagen. Sinnvoll (je nach Differenzierung) sollten auch Motorräder und Lieferwagen einbezogen werden. Mit der LSVA ist der LKW bereits besteuert. Hier ist lediglich eine zusätzliche Differenzierung zu diskutieren mit dem Ziel der Verhinderung von Transitfahrten durch das Stadtgebiet, die dazu dienen, Kilometer zu sparen, und als Beitrag zur Kapazitätssteuerung in Spitzenzeiten.

TEIL II: VIER ILLUSTRATIVE FALLSTUDIEN

5. AUSWAHL DER FALLSTUDIEN

5.1. ANFORDERUNGEN AN DIE FALLBEISPIELE

Die vorgesehenen vier Fallstudien sollen folgende Anforderungen erfüllen:

- › **Repräsentativität:** Die Fallstudien sollen die verschiedenen Aspekte der Modelldiskussion so ausleuchten, dass die entscheidenden Modellparameter analysiert werden können. Das bedeutet beispielsweise, dass mindestens zwei Fallbeispiele die Aspekte der Agglomerationen ausleuchten. Gleichzeitig sollen auch kurz- und längerfristig realisierbare Möglichkeiten erörtert werden. Aus den Beispielen sollen verallgemeinerbare Schlussfolgerungen gezogen werden können.
- › **Relevanz:** Ausgewählt werden Fallbeispiele, die auch explizit diskutiert werden. Damit kann der Praxisbezug erhöht werden und auch ein Input in die Weiterentwicklung im Hinblick auf mögliche Pilotversuche geleistet werden. Das bedeutet umgekehrt, dass die Fallbeispiele positiv auszurichten sind. Sie sollen nicht dazu dienen, um zu zeigen, was nicht geht, sondern was geht.
- › **Beitrag zur Konkretisierung der Umsetzung:** Die Fallbeispiele sollen klären helfen, welche Modelle konkret umsetzbar sind, unter Berücksichtigung von möglichen Etappen. Das heisst, dass nicht ‚pfannenfertige Detailmodelle‘ in den Fallbeispielen evaluiert werden, sondern die Evaluation dazu beiträgt, ein optimales Modell und einen Umsetzungspfad zu finden. Dabei sollen am Ende der Bearbeitung der Fallstudie auch weitere offene, noch zu klärende Fragen thematisiert werden.
- › **Beitrag zur Klärung der kritischen offenen Fragen:** Die Beispiele sollen die im Moment zur Diskussion stehenden Fragen aufgreifen und soweit möglich klären. Aus unserer Sicht sind für die schweizerische Diskussion dabei folgende Fragen relevant:
 - › Kann ein Road Pricing überhaupt einen spürbaren Beitrag zur Lösung von Kapazitätsproblemen leisten, vor allem relativ zu den bereits bestehenden Steuerungsinstrumenten? Welche Anforderungen sind dafür relevant?
 - › Sind die technischen Möglichkeiten für eine langfristige Lösung in der Schweiz vorhanden? Ist es sinnvoll, auf den heutigen technischen Möglichkeiten aufzubauen?

- › Was ist ein sinnvoller Start für die Umsetzung von Road Pricing in der Schweiz? Welcher Umsetzungspfad steht im Vordergrund, sowohl für Road Pricing auf Hauptachsen, für Agglomerationen als auch für flächendeckende Lösungen?
- › Wie können sinnvolle Pilotversuche für Road Pricing aussehen? Welche Anforderungen müssen sie erfüllen?

5.2. INTERESSANTE GEBIETE FÜR DIE SCHWEIZ

Wir haben die Anknüpfungspunkte für schweizerische Fallbeispiele bereits in der Modelldiskussion aufgegriffen. In Bezug auf die konkreten Räume lassen sich folgende Ergänzungen anbringen:

Interessante Netzteile bei Autobahnen

Die Auswahl der Fallbeispiele richtet sich einerseits nach der Relevanz des Themas und dem Stand der politischen Vordiskussion, andererseits besteht bei diesen Fallstudien die Möglichkeit, einen schweizweiten Ansatz zu berücksichtigen. Aus unserer Sicht stehen die folgenden zwei Dimensionen im Vordergrund:

- › Streckenbezogene Betrachtung: Insbesondere im Alpen transit (v.a. Gotthardachse) gibt es – ausserhalb der Agglomerationsräume – Diskussionen um Lenkung oder Finanzierung mittels Road Pricing. In diesem Zusammenhang sind auch neue Betreibermodelle interessant. Ein weiterer Anknüpfungspunkt wäre allenfalls ein grenzüberschreitender Netzteil. Die möglicherweise interessantesten Anknüpfungspunkte liegen aber in den Agglomerationsräumen. Autobahnabschnitte in Agglomerationen werden jedoch in separaten Fallbeispielen zu den Agglomerationen betrachtet (siehe unten).
- › Flächendeckende Betrachtung: Als Pendant zur streckenbezogenen Diskussion ist die flächendeckende Bepreisung von Autobahnen bzw. eine integrale Kilometerabgabe zu sehen. Eine solche Top-down-Stossrichtung (vom Bund gesteuert) ist auch als Alternative (allenfalls auch Ergänzung) zu einem längerfristigen Umsetzungspfad in der Schweiz zu sehen, der eher Bottom-up (aus den Agglomerationen) entwickelt wird.

Interessante Agglomerationen

Wir erachten Road Pricing in den verschiedensten Agglomerationen interessant. Unter Berücksichtigung der obigen Anforderungen stehen folgende Kriterien für die Auswahl der Fallbeispiele im Vordergrund:

- › Netzcharakteristika:
 - › Agglomerationen mit Kapazitätsproblemen auf Umfahrrouten (z.B. Zürich, St. Gallen, Luzern)
 - › Agglomerationen ohne Kapazitätsprobleme auf Umfahrrouten (z.B. Baden-Wettingen, Zürich West nach Eröffnung N20 Süd).
- › Finanzierungscharakteristika: schwer finanzierbare Projekte (Strasse und ÖV).
- › Verteilungscharakteristika: Grosse bzw. kleine Spillover Effekte zwischen Stadt und Umland.
- › Praktikabilität: Zugang der Forschungsgemeinschaft zu Daten, Vorkenntnisse, um eine maximale Bearbeitungstiefe erzielen zu können.
- › Stand der Diskussion: Aktives Engagement der politischen Akteure für Road Pricing; Interesse an einem Pilotversuch. Dies ist gemäss unserem Wissen in folgenden Agglomerationen der Fall:
 - › Zürich: Die Diskussion um Road Pricing Modelle auf Ebene Stadt und Kanton hat sich nach den Analysen von Finanzierungsmodellen für den Seetunnel auf komplexere Formen verlagert. Eine Beschränkung auf einen Strassenabschnitt allein oder auf die Stadt allein macht wenig Sinn.
 - › Basel: Ein HOT-Fahrstreifen (High Occupancy and Toll Lane) oder auch Stauumfahrungsspur wäre auf dem dritten Fahrstreifen zwischen Augst und der Hagnau denkbar.²⁸ Im Knoten Hagnau ist die priorisierte Einfädelung in den übrigen Verkehr sicherzustellen. Die Parallelachse durch die Hard könnte mit einem durchgehenden Ausbau auf vier Spuren als Entlastungsstrecke in Spitzenzeiten gezielt eingesetzt werden. Zudem wäre eine Kombination mit einer teilweisen Aktivierung des Pannestreifens als vierte Spur denkbar.
 - › Region Baden-Wettingen: Um die neue Umfahrroutenkapazität mit Eröffnung des Baretztunnels optimal zu nutzen und gleichzeitig die laufenden Kapazitätsprobleme bei den Zufahrten zu den einzelnen Gemeinden zu lösen und vor allem den öffentlichen Verkehr zu bevorzugen, ist ein aktives Engagement für die Bepreisung von Ortseinfahrten entstanden.

²⁸ Vorschlag der Handelskammer beider Basel (HKBB 2004)

5.3. VIER FALLSTUDIEN ZUR ILLUSTRATION

Auf dieser Voranalyse aufbauend, werden folgende vier Fallstudien für eine vertiefte Analyse ausgewählt:

1. **Road Pricing am Gotthard (Objektpricing):** Die Fallstudie beschränkt sich auf die technische und betriebliche Machbarkeit der Abgabenerhebung.
2. **Value Pricing in der Agglomeration Basel:** Stark belastete Autobahn mit Transit- und Erschließungsfunktion, Stauumfahrung, Aufnahme einer aktuellen Diskussion, Finanzierung und Verkehrsbeeinflussung, Mehrwert für Nutzer
3. **Umfassendes Gebietspricing in der Agglomeration Zürich:** Einbezug von HLS- und HVS-Netz – Stadt und Agglomeration, Verkehrsbeeinflussung und Finanzierung, Konkretisierung von möglichen Modellen
4. **Flächendeckende Kilometerabgabe für PW mit Differenzierungen:** gesamtschweizerischer Ansatz (Nationalstrassennetz bzw. gesamtes Strassennetz), Umbau Finanzierungssystem, Langfristlösung

Charakter und Stellenwert der Fallstudien

Die im F²⁹olgenden dargestellten vier Fallstudien sind als illustrative Auswahl zu verstehen. Sie haben nicht den Anspruch, bereits umsetzbare Road Pricing - Formen zu präsentieren. Vielmehr geht es darum, anhand dieser Beispiele die verschiedenen Facetten von Road Pricing auszuleuchten und grob zu evaluieren, um Erkenntnisse für vertiefte Analysen zu gewinnen.

Wirkungsanalyse

Die verkehrliche Wirkungsanalyse erfolgt ohne Modelleinsatz. Im Zentrum steht eine Grob-analyse der funktionalen Abhängigkeiten der bepreisten Abschnitte mit möglichen Alternativen. Auf dieser Basis werden situative Reaktionsparameter (Verschiebung Tageszeit, Veränderung Route, Veränderung Verkehrsmittel etc.) ausgeleuchtet und anhand von den zur Verfügung stehenden Verkehrs-Eckdaten grob quantifiziert. Die verwendeten Elastizitäten bauen auf Erfahrungen im Ausland auf.

Kriterien für die Beurteilung

Die Beurteilung der Road Pricing Modelle erfolgt nach folgenden Kriterien:

²⁹ HLS: Hochleistungsstrasse(n) wie Autobahnen, Autostrassen. HVS: Hauptverkehrsstrasse(n).

- › Beitrag zum Verkehrsmanagement: Abbau von Stausituationen, Minimierung Umwegverkehr, Verlagerung auf ÖV etc.
- › Beitrag zum Finanzierungsziel: Strassenverkehr, Gesamtverkehr,
- › Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung,
- › Machbarkeit und Praktikabilität,
- › Kompatibilität mit anderen Abgabensystemen,
- › Dynamisierbarkeit und Entwicklungsfähigkeit.

6. FALLSTUDIE 1: TECHNISCHE UND BETRIEBLICHE MACHBARKEIT VON ROAD PRICING AM GOTTHARD

6.1. ZIEL UND FRAGESTELLUNGEN

Die im folgenden Kapitel beschriebene Fallstudie setzt sich mit der Machbarkeit von Road Pricing für ein Einzelobjekt auseinander, gezeigt am Exempel des Gotthardtunnels. Die Fallstudie beschränkt sich auf die betrieblichen und technischen Aspekte inklusive den Kosten für en Aufbau und Betrieb des Erhebungssystems.

Die verkehrsplanerischen und finanzpolitischen Aspekte werden in der Fallstudie ausser Acht gelassen, weil sie in einer gleichzeitig bearbeiteten Studie „Road Pricing am Gotthard“ durch die Planungsfirma Metron AG untersucht werden.

6.2. CHARAKTERISIERUNG

Seit Ende 2002 ist das so genannte Tropfenzählersystem am Gotthard in Betrieb. Dieses beinhaltet beidseitig des Tunnels angeordnete Pfortner-Lichtsignalanlagen und Vordosierungen am Fusse der Süd- und Nordrampe der Gotthard-Autobahn. Die Tropfenzähler erlauben eine Begrenzung des Schwerverkehrs auf 1 bis 2.5 Lastwagen pro Minute d.h. 60 bis 150 LKW/h pro Richtung in Abhängigkeit der PW-Verkehrsmengen. Mit Blick auf einen möglichst optimalen und sicheren Verkehrsfluss können 1'000 Personenwageneinheiten (PWE) pro Stunde und Richtung durch den Tunnel geleitet werden, wobei 1 LKW 3 PWE entspricht. Die maximale Obergrenze der Anzahl LKW pro Stunde und Richtung zur Sicherstellung eines sicheren und flüssigen Verkehrs wurde auf 150 LKW/h festgelegt. Diese Obergrenze gilt auch bei geringem PW-Verkehr. Die Untergrenze von 60 LKW/h ermöglicht einen minimalen LKW-Durchfluss auch bei sehr starkem PW-Aufkommen, wobei fallweise auch der PW-Verkehr bewirtschaftet werden kann zugunsten eines sicheren und regelmässigen Verkehrsflusses durch den Gotthardtunnel und zur Gewährleistung eines minimalen Schwerververkehrsanteils.

6.2.1. VERKEHRSMENGE

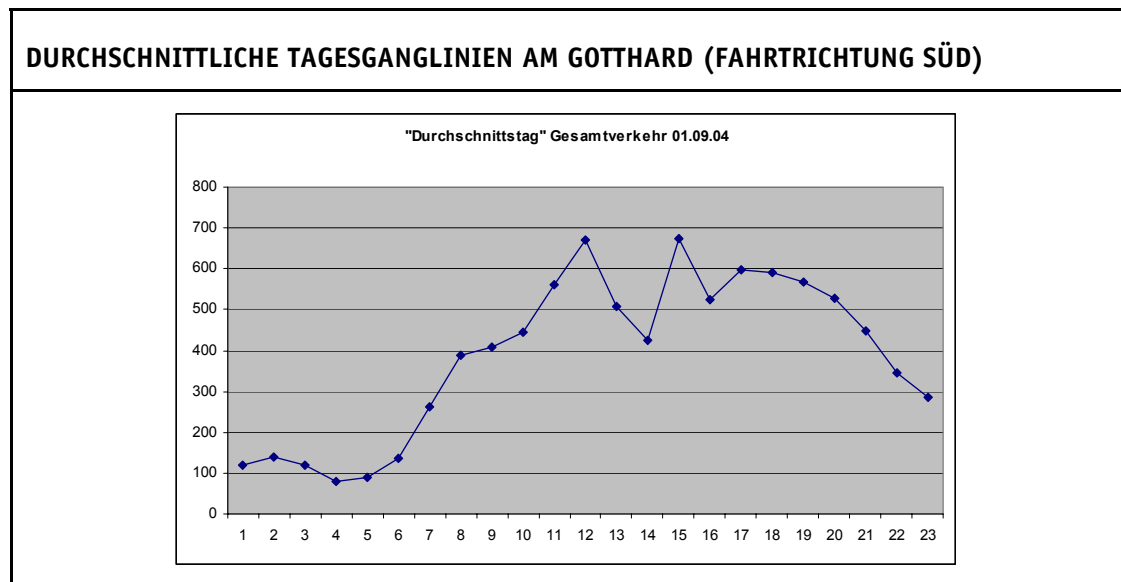
Die diesem Kapitel zu Grunde liegenden Verkehrsmengen basieren auf den Verkehrszahlen 2004 der ASTRA-Zählstelle 150 (Gotthardtunnel). Diese automatische Zählstelle ist als „Swiss 10“-Zählstelle ausgestattet. Dies bedeutet, dass die Fahrzeuge in zehn Fahrzeugkategorien eingeteilt werden können.

Für oben beschriebene Fragestellung bezüglich Road Pricing Gotthard sind nur folgende zwei Kategorien relevant:

- › Nicht-LSVA-Zahler (Car, Motorräder, PW und Lieferwagen)
- › LSVA-Zahler (Lastwagen, Lastenzüge und Sattelzüge)

Verkehrsmenge in Richtung Süden:

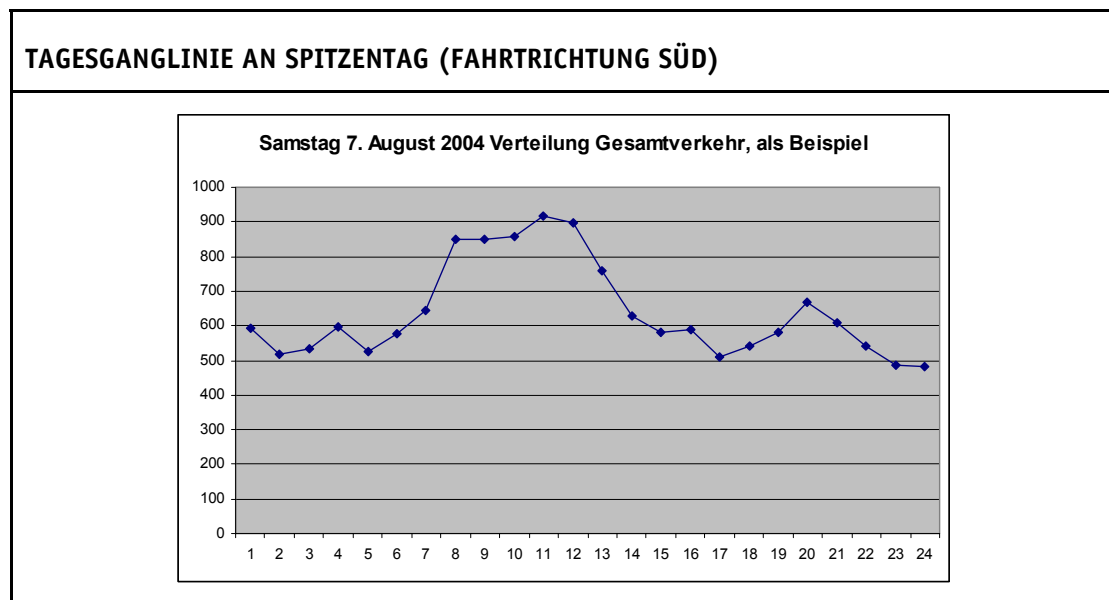
Der DWV (durchschnittlicher Werktagsverkehr pro Tag) liegt in Richtung Süden zwischen ca. 3'400 und 15'500 Fahrzeugen. Um einen für die weiteren Ausführungen relevanten „Durchschnittstag“ zu definieren wurden pro Monat Durchschnittswerte gebildet. An einem „Durchschnittstag DWV“ passieren 7'900 Fahrzeuge pro Tag den Tunnel. Der Anteil der LSVA-Zahler liegt bei ca. 10 bis 30% (je nach Wochentag und Ferienzeit). Ausgehend von einem mittleren LKW-Anteil von 20% passieren an Werktagen im Jahresmittel 1'580 LSVA-Zahler und 6'320 Nicht-LSVA-Zahler den Tunnel in Richtung Süden. Figur 18 zeigt die durchschnittliche Tagesganglinie am Gotthard in Fahrtrichtung Süd. Im Annex 2 sind weitere Ganglinien (z.B. unterschieden nach LSVA-Zahlern und Nicht-LSVA-Zahlern) dargestellt.



Figur 18 Ganglinie Fz/h durchschnittlicher Werktagsverkehr Fahrtrichtung Süd.

In den Sommermonaten (Mai bis September) liegen die Gesamtverkehrszahlen zwischen 11'000 und 15'000 Fahrzeuge pro Tag (mit einem LKW-Anteil von <5%). In den nachfolgenden Berechnungen werden Samstagszahlen als „Spitzentage“ (siehe Figur 19) ebenfalls be-

rücksichtigt. Die Sonntage sind in dieser Fahrtrichtung Süden nicht relevant, da die Verkehrsmengen deutlich unter den Samstagzahlen liegen.



Figur 19 Ganglinie Fz/h an Spitzentagen, Fahrtrichtung Süd.

Verkehrsmengen in Richtung Norden

In Richtung Norden liegt der durchschnittliche Werktagsverkehr zwischen 3'700 und 14'160 Fahrzeugen pro Tag. Auch in dieser Richtung wird anhand des monatlichen Durchschnitts ein „Durchschnittstag“ definiert. An einem mittleren Werktag fahren 7'650 Fahrzeuge pro Tag in Richtung Norden bei. Der LKW-Anteil liegt zwischen 10 und 40%. Ausgehend von einem mittleren LKW-Anteil von 25% fahren an Werktagen im Jahresmittel 1'900 LSVA-Zahler und 5'750 Nicht-LSVA-Zahler in Richtung Norden durch den Tunnel. Figuren mit den Tagesganglinien in Fahrtrichtung Norden sind im Annex 2 zu finden.

In Fahrtrichtung Nord liegt die Gesamtverkehrsmenge an Samstagen und Sonntagen grösstenteils zwischen 12'000 und 16'000 Fahrzeugen pro Tag. Der Anteil der LSVA-Zahler liegt an Samstagen meist über 10%; an Sonntagen ist er verschwindend klein und wird nicht berücksichtigt. In Fahrtrichtung Nord werden Spitzentage (Beispiel Ganglinie siehe Annex 2) mit 15'000 Fahrzeugen und mit 10% LKW-Anteil den Berechnungen zu Grunde gelegt.

Die Spitzenstunde liegt sowohl bei den Nicht-LSVA-Zahlern als auch bei den LSVA-Zahlern bei ca. 10% des durchschnittlichen Tagesverkehrs (DTV).

Zusammenfassung der für diese Studie relevanten Verkehrsmengen:

ZUSAMMENFASSUNG: VERKEHRSMENGEN AM GOTTHARDTUNNEL		
	Mittlerer Werktag Fahrzeuge/Tag	Spitzentag Fahrzeuge/Tag
Fahrtrichtung Süd		
Nicht-LSVA-Zahler	6'320	
LSVA-Zahler	1'580	< 5%
Gesamtverkehr	7'900	11'000 bis 15'000
Fahrtrichtung Nord		
Nicht-LSVA-Zahler	5'750	13'500
LSVA-Zahler	1'900	1'500
Gesamtverkehr	7'650	15'000

Tabelle 13

6.3. TECHNISCHE MÖGLICHKEITEN DER BEMAUTUNG DES BESTEHENDEN GOTTHARDTUNNELS

6.3.1. MAUTTECHNIK

Aus technischer Sicht bieten sich für die Bemautung des Gotthard-Tunnels prinzipiell zwei Verfahren an: Die manuelle Bemautung bzw. Automatenlösung und die elektronische Bemautung.

Automatenlösung/manuelle Bemautung

Bei der manuellen Bemautung erfolgt das Bezahlen des Mautbetrages an einer mit einem Automaten (Münz- und Kartenautomat) ausgestatteten Zahlstelle. Zu diesem Zweck muss der Verkehr auf einzelne Bezahlspuren aufgetrennt werden. Zum Bezahlen der Maut muss das Fahrzeug am jeweiligen Automaten anhalten und den für seine Fahrzeugkategorie (im hier dargestellten Szenario ist nur eine Fahrzeugkategorie vorgesehen, da Busse und LKWs über 3.5t Fahrzeug-Gesamtgewicht ihre Abgabe über die LSVA bzw. PSVA begleichen) gültigen Betrag entrichten. Nach dem Bezahlen der Maut erhält der Benutzer auf Wunsch eine Quittung (meist Papierticket). Um zu verhindern, dass Fahrzeuge die Zahlstelle ohne Bezahlen passieren, sind diese mit Schranken ausgestattet. D.h. erst nach korrekter Bezahlung und Öffnen der Schranke ist die Einfahrt in den Tunnel möglich. Dies garantiert eine Zahlungsquote von theoretischen 100 Prozent. Ausserhalb der Spitzenzeiten werden die Automaten durch Betriebspersonal überwacht und Benutzer mit Bedienungsschwierigkeiten un-

terstützt; während Spitzenzeiten wird zusätzliches Personal für die teilweise manuelle Bema-
mung aufgeboren.

Der Nachteil dieser Form der Bemaung ist die relativ geringe Durchsatzmenge auf-
grund des obligatorischen Stopps an der Zahlstelle.

Elektronische Bemaung

Für die die regelmässigen Benützer bietet die Elektronische Mauterhebung auf Basis der
Mikrowellen Nahbereichskommunikation (DSRC 5.8 GHz) mehr Vorteile als die Videomaut.
Beim DSRC-Verfahren werden die für den Zahlvorgang notwendigen Daten zwischen einer
strassenseitigen Einrichtung (Funkbake) und einem Fahrzeuggerät (DSRC-Tag) ausgetauscht.
Bei dieser Technologie handelt es sich um ein erprobtes Verfahren zur Mauterhebung. Tele-
pass in Italien, TIS in Frankreich sowie die LKW-Maut in Österreich benutzen diese Verfah-
ren für die Bemaung der Autobahnen. In Europa sind zurzeit rund 10 Millionen DSRC-OBU
im Einsatz.

Mautpflichtige Fahrzeuge (Motorräder, PWs) müssen sich im Vorfeld mit einem DSRC-Tag
ausstatten, um die elektronischen Mautspuren befahren zu können.



Figur 20

GEGENÜBERSTELLUNG VON AUTOMATENLÖSUNG UND ELEKTRONISCHER BEMAUTUNG		
Verfahren	Vorteile	Nachteile
Automat (mit manueller Unterstützung im Bedarfsfall)	<ul style="list-style-type: none"> › Erfassungsquote nahe 100% › offener Systemzugang (kein Fahrzeuggerät/Vertrag notwendig) 	<ul style="list-style-type: none"> › Hohe Betriebskosten › geringer Durchsatz an der Zahlstelle durch notwendigen Halt zum Bezahlen, möglicher Verkehrsstau bei ungenügender Kapazität
Elektronische Bemaутung	<ul style="list-style-type: none"> › kein Halt an der Zahlstelle notwendig, weniger Staugefahr › Interoperabilität mit Gebührenerhebung auf ausländischen Autobahnen 	<ul style="list-style-type: none"> › Vertriebsstruktur für den Erwerb der DSRC-Tags › höherer technischer Enforcement-Aufwand

Tabelle 14

Bei der elektronischen Bemaутung sind zwei Grundtypen zu unterscheiden:

1. Single Lane Tolling
2. Free Flow Multilane Tolling

Die Unterschiede zwischen den beiden Grundtypen sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

UNTERSCHIEDE ZWISCHEN SINGLE LANE TOLLING UND FREE FLOW MULTILANE TOLLING		
	Single Lane Tolling	Free Flow Multilane Tolling
Verkehrsführung	Auftrennung auf einzelne Mautspuren	Keine Fahrstreifenauftrennung
Erhebungssystem	Funkmaut (DSRC) oder Videomaut (ANPR)	Funkmaut (DSRC), Videomaut (ANPR) oder GPS/GSM
Fahrzeugkategorisierung (je nach Unterscheidung der Tarifkategorien)	Messung der Fahrzeugmasse und Achszahl in der Mautspur, evtl. DSRC-Kommunikation von deklarierten Merkmalen (Funkmaut) oder Zuordnung der Merkmale zu Fz-Kontrollschildnummer (Videomaut)	Dreidimensionale Vermessung der Fahrzeuge (z.B. 3D-Laser), evtl. DSRC-Kommunikation von deklarierten Merkmalen (Funkmaut) oder Zuordnung der Merkmale zu Fz-Kontrollschildnummer (Videomaut)
Behandlung von Fahrzeugen ohne Erfassungsgerät (DSRC oder GPS/GSM), bzw. ohne Registrierung (Videomaut)	Separate Spur(en) mit manueller Bezahlung/Automat	Erfassungsgerät oder Registrierung (Fahrten-Einbuchung) obligatorisch
Kontrolle	Elektronische Kontrolle, Durchsetzung mittels Barriere	Elektronische Kontrolle und Beweissicherung, jedoch Sanktion nicht am Ort der Bemaутung
Probleme	Verkehrsfluss an der Mautstelle	Diskriminierungsfreie Behandlung von Gelegenheitsbenutzern (nicht mit Erfassungsgeräten ausgerüstete bzw. nicht registrierte Benutzer), Verfolgung von Mautprellern

Tabelle 15

Aus verkehrstechnischen Gründen und in Anbetracht des beschränkten Platzes wäre Free Flow Multilane Tolling bei Weitem vorzuziehen. Das grosse Problem liegt jedoch – wie bei jedem Mautsystem – bei den gelegentlichen Benutzern, welche ohne Fahrzeuggerät oder Erwerb einer Durchfahrtsberechtigung am Tunnelportal erscheinen und entweder dort abgefertigt werden müssen oder Gelegenheit haben müssen, ihre Durchfahrtsberechtigung innerhalb eines gewissen Zeitraums an geeigneter Stelle zu erwerben. Der Mautbetreiber müsste diejenigen Benutzer, welche der nachträglichen Zahlungspflicht nicht nachkommen, aufspüren, mahnen und gegebenenfalls rechtlich belangen können, was einen ungeheuren Kontroll- und Sanktionsaufwand erfordern würde. Weil die Probleme des Erwerbs der Durchfahrtsberechtigung von Gelegenheitsbenutzern bei einer touristisch wichtigen internationalen Verbindung als unlösbar angesehen werden, wird für die Fallstudie Gotthard-Tunnel auf ein Free Flow Multilane Erfassungssystem trotz der anderen aufgezeigten Vorteile verzichtet.

Für die Bemaatung am Gotthard kommt somit nur ein technisches Mischkonzept in Frage, d.h. elektronische Bemaatung in Kombination mit manueller Bemaatung/Automatenlösung, um einerseits die Vorteile der automatischen Bemaatung aufgrund des haltefreien Bezahlvorgangs zu nutzen und andererseits den nicht mit einem DSRC-Tag ausgestatteten Fahrzeugen die Passage zu ermöglichen. Eine Ausrüstungspflicht der Fahrzeuge mit DSRC-Geräten würde zurzeit das Diskriminierungsverbot verletzen.

Langfristig kann davon ausgegangen werden, dass mit der Einführung des europäischen elektronischen Mautsystems (European Electronic Tolling Service, EETS) praktisch alle Fahrzeuge über ein DSRC-fähiges Erfassungsgerät verfügen, sodass eine Ausrüstungspflicht denkbar wäre. Allerdings müsste gewährleistet sein, dass in der Nähe von allen mautpflichtigen Strassenabschnitten im In- und Ausland Verkaufsstellen für Geräte und für die Benutzerregistrierung vorhanden wären. Es ist selbstverständlich, dass ein solches Konzept für eine Gotthard-Maut allein nicht in Frage kommt.

6.3.2. ANZAHL UND AUFTEILUNG DER FAHRSPUREN AN DER MAUTSTELLE

Die Aufteilung der Fahrspuren pro Mautstelle könnte wie folgt aussehen:

- › **3 Fahrspuren** für die **Automaten-Bemautung**, d.h. mit Zahlautomat und Schranke, wobei bei einer Spur die Zahlung ausschliesslich mit Kreditkarte, bei den beiden anderen Spuren die Bezahlung mit Kreditkarte und Bargeld möglich ist,
- › **1 Fahrspur** für die **elektronische Bemautung**, d.h. mit Bake/DSRC-Tag System, und für die Durchfahrt der von der Maut befreiten Fahrzeuge.

Die oben gewählte Aufteilung und Anzahl der Fahrspuren basiert auf den Erfahrungen mit der Durchsatzfähigkeit von Mautspuren in verschiedenen europäischen Ländern (Frankreich, Italien, Österreich) und den bereits dokumentierten Verkehrsaufkommen am Gotthard. Wie aus der oben dargestellten Skizze ersichtlich, ist die Spur für die Automatische Bemautung ausschliesslich für mit DSRC-Tag ausgerüsteten mautpflichtigen Fahrzeuge (Höchstgewicht <3.5, t z.B. PW) und die generell nicht mautpflichtigen LKW und Busse bestimmt. Diese Konstellation wurde aufgrund der begrenzten räumlichen Gegebenheiten vor Ort gewählt.

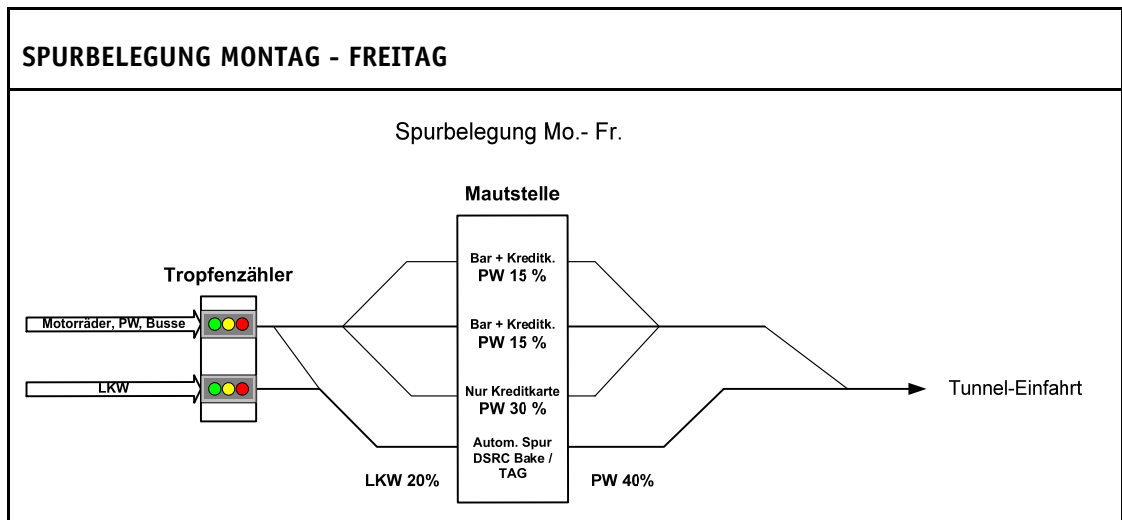
MAXIMAL MÖGLICHER DURCHSATZ PRO ZAHLSPUR ENTSPRECHEND DER BEMAUTUNGSART	
Art der Bemautung	Max. Durchsatz pro Fahrspur
Zahlspur, Zahlungsmittel Bargeld	180 Fzg./h
Zahlspur, Zahlungsmittel Kreditkarte	360 Fzg./h
Elektronische Mautspur, DSRC Bake/DSRC-Tag	1800 Fzg./h

Tabelle 16

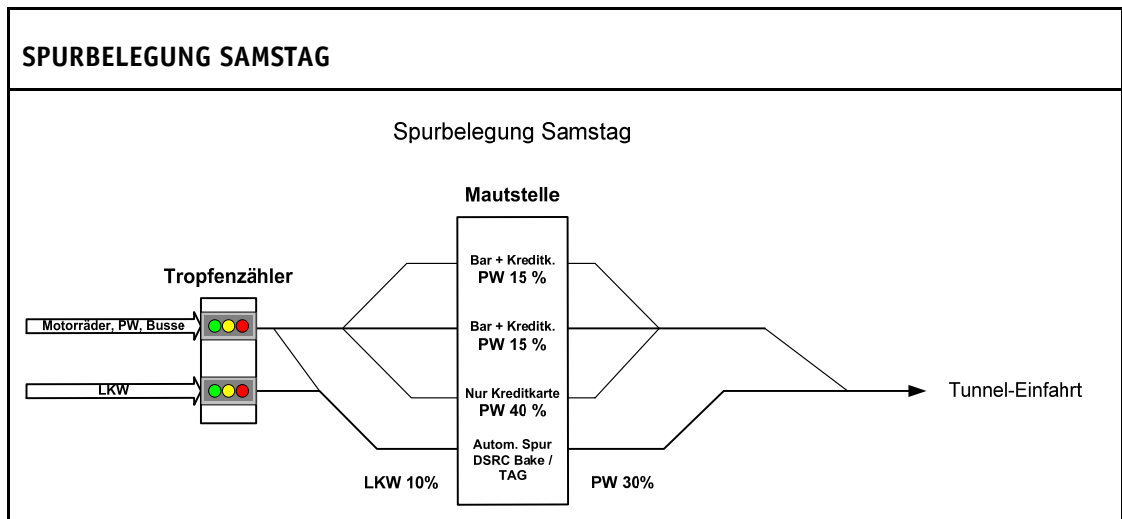
Die folgende Tabelle und Abbildungen zeigen schematisch die Spurbelegung an einer Mautstelle an verschiedenen Wochentagen.

ZAHLSPUR BELEGUNGSBILANZ				
Wochentag	LKW ¹⁾	PW mit DSRC-Tag ²⁾	PW Kreditkarte	PW Bargeld
Mo.- Fr.	20%	40%	30%	30%
Samstag	10%	30%	40%	30%
Sonntag	0%	30%	40%	30%
¹⁾ Anteil am Gesamtverkehr				
²⁾ Anteil innerhalb der Gruppe PW				

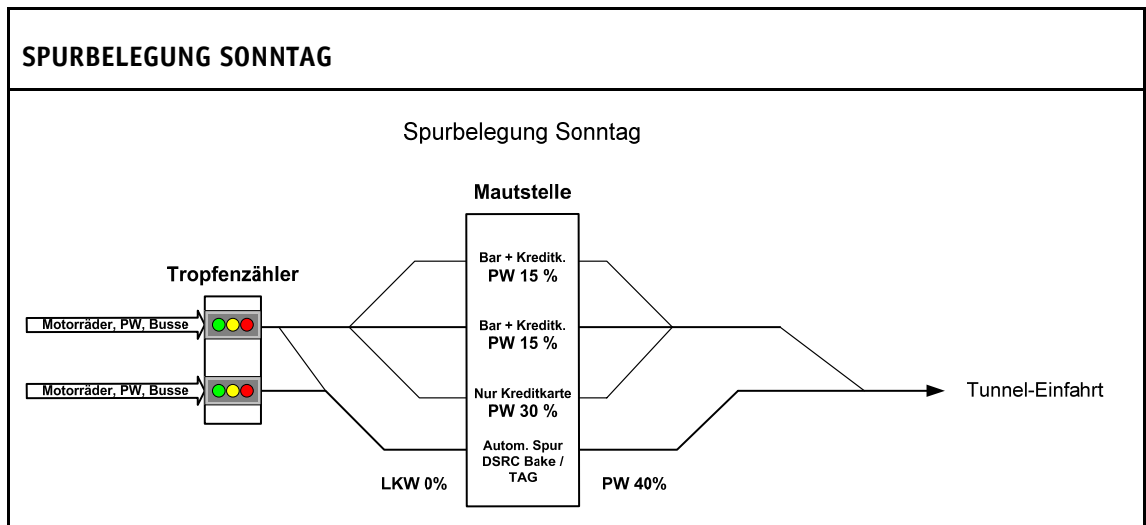
Tabelle 17



Figur 21 Schematische Darstellung der Spurbelegung an einer Mautstelle von Montag bis Freitag.



Figur 22 Schematische Darstellung der Spurbelegung an einer Mautstelle am Samstag.



Figur 23 Schematische Darstellung der Spurbelegung an einer Mautstelle am Sonntag.

6.3.3. TECHNISCHE AUSRÜSTUNG

AUSRÜSTUNG FÜR MANUELLE BEMAUTUNG PRO FAHRSPUR	
Gegenstand	Eigenschaften
Zahlautomat	<ul style="list-style-type: none"> › Kreditkarten/Bargeld › Mensch-Maschine-Schnittstellen › Hilfefunktion (Verbindung zu Leitstelle/Zentrale)
Schrankenanlage	<ul style="list-style-type: none"> › Automatisches Öffnen nach korrektem Bezahlen › Sensorik zum automatischen Schliessen nach Durchfahrt
Ampel	› Rot/Grün
Klassifizierungseinrichtung	› Automatische Erkennung der Fahrzeuge gemäss Tarifklassen (Lichtschranke)
Videokamera	› Hochauflösend (Beweissicherung bei Vandalismus, Forcieren der Barriere etc.)

Tabelle 18

AUSRÜSTUNG FÜR DIE AUTOMATISCHE BEMAUTUNG PRO FAHRSPUR	
Gegenstand	Eigenschaften
Bake/Mautportal	DSRC 5.8 GHz CEN TC 278 konform, CARDME Transaktion
Enforcement-Ausrüstung	Siehe Tabelle 21

Tabelle 19

Zu den oben beschriebenen technischen Ausrüstungen kommen noch diverse Hinweisschilder auf der Zufahrt zur Mautstation. Eine Management-Zentrale bzw. die Integration dieser Funktion in die Überwachungszentralen des Gotthardtunnels ist notwendig.

6.3.4. PLATZIERUNG DER MAUTSTELLE

Die Verkehrsflächen vor dem Gotthardtunnel scheinen auf den ersten Blick grosszügig. Dennoch ist das Platzangebot vor den Tunnelportalen sehr beschränkt, da sehr viel Raum für Räumfahrzeuge, Interventionsdienste und Helikopter reserviert ist.



Figur 24

EINFAHRT IN DEN GOTTHARDTUNNEL IN AIROLO (S-N RICHTUNG)


Figur 25

Die Bemaunung der Gotthard-Röhre mittels eines Mischkonzepts mit manuellen und elektronischen Zahlspuren macht die Einrichtung einer Mautstelle erforderlich. Hierbei kommen prinzipiell zwei Möglichkeiten in Frage:

- › Die Errichtung einer Mautstelle für beide Fahrrichtungen auf der Nord- oder Südseite des Tunnels, d.h. in der einen Fahrrichtung zahlen die Benutzer vor der Passage des Tunnels, in der anderen nach der Passage des Tunnels.
- › Die Errichtung von einer Mautstelle sowohl auf der Nord- als auch auf der Südseite für jeweils eine Fahrrichtung, d.h. die Bezahlung der Maut findet vor der Passage des Tunnels statt.

GEGENÜBERSTELLUNG EINE ODER ZWEI MAUTSTELLEN		
Variante	Vorteile	Nachteile
1 Mautstelle	<ul style="list-style-type: none"> › Geringere Investitionen für Kommunikation und Energieversorgung › Geringere Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> › Gefahr von Rückstau in den Tunnelraum für eine Fahrrichtung › Höherer lokaler Flächenbedarf
2 Mautstellen	<ul style="list-style-type: none"> › Geringerer lokaler Flächenbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> › Höhere Investitionen und Betriebskosten

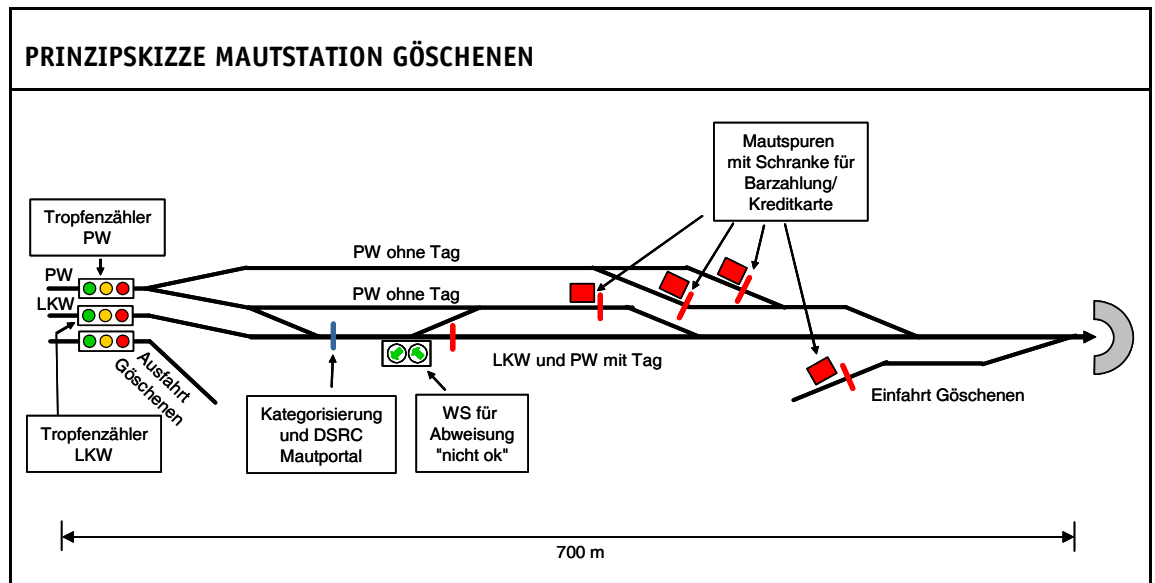
Tabelle 20

Um das Risiko eines Rückstaus in den Tunnel zu vermeiden und aufgrund des fehlenden Platzes im Bereich der Tunnelsüdseite bzw. –nordseite ist die Variante mit einer einzigen Mautstelle nicht möglich. Das Bemaatungssystem ist in das bereits bestehende System des Tropfenzählers auf beiden Seiten des Tunnels zu integrieren.

Falls eine Mautstelle zwischen Dosierstelle und Tunnelportal eingerichtet werden würde, müsste sie auf engstem Raum platziert werden. Um Platz zu sparen, wird die LKW-Spur mit der DSRC-Spur zusammengelegt (Durchfahrt ohne Anhalten), auch die Busse nutzen diese Spur. Somit sind die drei weiteren Spuren nur für PW und Lieferwagen zu dimensionieren, was Platz spart. Die Inseln, auf denen die Automaten stehen, werden mit einer Breite von 1.50 m bemessen, die Fahrspurbreite mit 2.50 m (nach VSS-Norm 640 201). Dies ergibt ein Platzbedarf von 4.00 m pro Spur. Um den Platzbedarf zu beschränken, werden die Spuren schräg versetzt angeordnet (Figur 26).

Das elektronische Mautportal mit Kategorisierungseinheit und DSRC-Funkbake befindet sich vor der Automaten-Mautstelle. Nach dem elektronischen Mautportal ist eine „Weiche“ angeordnet in der Form eines Wechselsignals und einer automatischen Schranke in der Elektronik-Spur, welches Fahrzeuge ohne LSVA-Kategorisierung mit unvollkommener DSRC-Transaktion abweist und auf die Automatenspur leitet. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass der Durchfluss auf der die DSRC-Spur auch bei Fahrzeugen ohne Berechtigung nie unterbrochen wird. Diese Anordnung hat sich in den elektronischen Mautsystemen insbesondere von Spanien für hohe Verkehrsmengen bewährt.

Unmittelbar nach der Mautstelle vereinigen sich die 4 Mautspuren auf einen einzigen Fahrstreifen in Richtung Tunnelportal. Diese Anordnung ist typisch für die Mautstationen an Tunnelleingängen (z.B. Mont Blanc, Fréjus). Aus Platzgründen sind die Verflechtungstrecken kurz. Da die Fahrzeuge bei hohem Verkehrsaufkommen auf Grund der Dosierung bzw. Bemaatung langsam fahren, sollte dies nur bedingt zu Problemen führen, was jedoch anhand einer örtlichen Projektstudie zu überprüfen ist.



Figur 26

Trotz dieser platzsparenden Anordnung lässt sich der Zielkonflikt mit den Erfordernissen der Interventionsdienste nicht vermeiden. Heute wird der überbreite Standstreifen im Bereich vor dem Portal für die Gefahrgutkontrolle und die Abfertigung der ADR/SDR-Bewilligungen benützt (täglich bis zu 30 LKW pro Richtung). In Zukunft werden diese Kontrollen im SVZ (Schwerverkehrszentrum) Erstfeld gemacht, sodass sich gewisse Entlastung beim Bedarf von Interventionsflächen ergibt. Die Einrichtung von Mautstellen wird mit Kosten für die Schaffung der geeigneten Fläche für die Mautstellen vor den Portalen verbunden sein. Aus Witterungsgründen muss ein Teil dieser Fläche überdacht werden.

Es wurde auch überlegt, ob das Tropfenzählersystem nicht in die Mautstation integriert werden kann, wie dies auf der französischen Seite des Mont-Blanc-Tunnels und des Fréjus-Tunnels der Fall ist: die Barrieren der Mautspuren öffnen sich nur, wenn die Tropfenzählerkapazität dies erlaubt. In diesem Fall müsste auch die LSVA-/DSRC-Spur mit einer Barriere ausgerüstet sein. Der Nachteil dieser Integration liegt darin, dass die Zufahrt zur Mautstation nicht mehr dosiert erfolgt und somit bei Überlastung die Gefahr besteht, dass sich die Fahrzeuge gegenseitig behindern und der Verkehr gänzlich zusammenbricht. Aus diesem Grund wurde diese Lösung verworfen.

Die obigen Aussagen stützen sich nicht auf eine ingenieurmässige Projektierung, sondern sind nur schematischer Art. Die Frage, ob auf den vorhandenen Strassen- und Reserveflächen in den Portalbereichen genügend Platz für die skizzierten Mautstationen geschaffen

werden kann, muss im Bedarfsfall aufgrund von Vorprojekten für Göschenen und Airolo erst noch nachgewiesen werden.

6.3.5. NUTZERGRUPPEN

Für die Bemaung am Gotthard kann zwischen folgenden Benutzergruppen unterschieden werden:

Nutzergruppe 1 - Mautpflichtige Fahrzeuge mit DSRC Tag

Zur Teilnahme an der elektronischen Bemaung am Gotthard, d.h. zur Benutzung der dafür vorgesehenen Mautspur, ist es zwingend erforderlich, mit einem gültigen DSRC Tag (einfaches Fahrzeuggerät, ohne Verbindung zur Fahrzeugelektrik/-elektronik) ausgerüstet zu sein. Dies kann an den verschiedenen vom Gotthard Mautbetreiber vorzusehenden Vertriebsstellen im In- oder Ausland geschehen. Hierfür bieten sich insb. Tankstellen, Rasthöfe etc. im Inland und grenznahen Ausland an. Die Ausgabe des DSRC-Tags erfolgt gegen eine Gebühr. Bei der Ausgabe wird die Verbindung der Identifikationsnummer des DSRC-Tags zu einem autorisierten Zahlungsmittel (Kreditkarte, Tankkarte, Debitkarte) in einem zentralen IT-System hinterlegt. Es wird empfohlen als Zahlungsmodus nur das Postpayment anzubieten, d.h. die Mautgebühren werden erst im Nachhinein zusammengefasst beglichen, meist für einen Monat. Dies setzt eine vertragliche Vereinbarung zwischen dem Fahrzeughalter und dem Gotthardtunnel-Mautbetreiber voraus.

Der DSRC-Tag wird hinter der Windschutzscheibe befestigt. So ausgestattet kann das Fahrzeug die Fahrspur zur elektronischen Mauterhebung am Gotthard benutzen. Die jeweiligen Zahlungstransaktionen finden dann zwischen DSRC-Tag und Bake beim Passieren statt.

Es ist vorstellbar, dass es zu Interoperabilitätsabkommen zwischen den Mautbetreibern des benachbarten Auslands (vor allem Autostrade in Italien) und dem Mautbetreiber des Gotthardtunnels kommen könnte. Damit wäre die automatische Spur auch durch Fahrzeuge, die mit einem europäischen DSRC-Tag eines anderen Betreibers ausgerüstet sind, möglich. In diesem Fall müssten Verträge abgeschlossen werden einerseits zwischen Fahrzeughalter und Contract-Issuer (Organisation, welche interoperable DSRC-Tags mit Benützerverträgen für verschiedene Mautbetreiber herausgibt) und andererseits zwischen Gotthardtunnel-Mautbetreiber und Contract Issuer.

Nutzergruppe 2 – Mautpflichtige Fahrzeuge ohne DSRC Tag (Manuelle Zahler)

Fahrzeuge, die über keinen gültigen DSRC-Tag verfügen, benutzen bei Ankunft an der Gotthard Tunnel Mautstelle eine der Fahrspuren zur Bemaung am Automaten. Eine Spur-

unterscheidung entsprechend der mautpflichtigen Fahrzeugklassen ist nicht vorgesehen. In den beiden linken Spuren kann mittels Bargeld und Kreditkarte die Maut beglichen werden. Die darauf folgende Spur ist eine reine Kreditkarten-Spur. LSVA- und PSVA-pflichtige Fahrzeuge verwenden die Spur der elektronischen Zahler ganz rechts.

Der geschuldete Mautbetrag wird direkt – je nach Zahlungsmittel - am Automaten beglichen. Ist der Mautbetrag gemäss Tarifklasse beglichen, erhält der Fahrzeugführer einen Zahlbeleg in Form einer Papier-Quittung, die Signalanlage schaltet auf „Grün“, die Schranke öffnet sich, das Fahrzeug kann passieren.

6.3.6. ENFORCEMENT

Das Enforcement bei einem Mautsystem dient der Überprüfung und Einhaltung der Zahlungspflicht bei der Benutzung des gebührenpflichtigen Objektes, im Falle der Nichteinhaltung bis hin zur Nacherhebung und Vollstreckung.

Enforcement bei Zahlspuren (Bargeld und Kreditkarte)

Die Einhaltung und Überprüfung der Zahlungspflicht bei diesen beiden Zahlspuren ist durch das Vorhandensein der jeweiligen Schrankenanlage sichergestellt. D.h. die Weiterfahrt und damit die Benutzung des Tunnels ist erst durch das Öffnen der Schranke nach Begleichung des korrekten Mautbetrages möglich. Wie schon vorher erwähnt, ist zusätzlich eine Videokamera pro Fahrspur angebracht, zur Sicherung von Beweismaterial bei eventuellen Vandalismusakten.

Enforcement bei der Fahrspur zur elektronischen Bemaung

Das Enforcement ist bei der elektronischen Bemaung technisch anspruchsvoller, da die Überprüfung der Fahrzeug- und Tarifparameter sowie die Beweissicherung in sehr kurzer Zeit geschehen müssen. Jedoch haben die Erfahrungen mit sich in Betrieb befindenden Free Flow Mautsystemen gezeigt, dass die hierbei eingesetzten Technologien ausgereift und den Anforderungen gewachsen sind. Die typische technische Ausrüstung einer Enforcement-Station ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

ENFORCEMENT AUSRÜSTUNG DER ELEKTRONISCHEN MAUTSPUR	
Ausrüstung	Verwendungszweck
DSRC Bake	Kommunikation mit DSRC-Tag
3D Laser Scanner	Fahrzeugdetektion u. -klassifizierung
Videokamera mit Infrarotblitz	Optische Kontrollschilderkennung und Beweissicherung
Stationsrechner/Enforcement-Zentrale	Rechenleistung, Datenspeicherung, Komponentensteuerung

Tabelle 21

Für die elektronische Mautspur am Gotthard bedeutet dies, dass die Kategorisierungseinheit und die DSRC-Funkbake vor der „Weiche“ angebracht werden müssen, damit Fahrzeuge ohne Bezahlung bzw. LSVA-Berechtigung mittels Signal und Schranke in die Automaten-Mautspur abgewiesen werden können.

6.4. KOSTEN EINES MAUTSYSTEMS AM GOTTHARD

6.4.1. INVESTITIONSKOSTEN

Die Investitionskosten beinhalten einerseits die Kosten für die baulichen Massnahmen der Mautstationen beidseits des Gotthard-Tunnels und andererseits die Kosten der Mauttechnik. Die Kosten der Mauttechnik wiederum teilen sich auf die Kosten der elektromechanischen Einrichtungen an den Mautstellen, den Fahrzeuggeräten und dem IT-Hintergrundsystem.

Die *baulichen Massnahmen* umfassen den Umbau der Verkehrsflächen, die Sockel und Portale der elektromechanischen Ausrüstungen und die Überdachung der Mautstationen. Diese Kosten lassen sich nur aufgrund von örtlichen Vorprojekten abschätzen. Für Vergleichszwecke im Rahmen dieser Forschungsstudie wird von einer Grössenordnung von je CHF 5 Mio. für beide Mautstellen ausgegangen. Sollte der Platz vor den Portalen für die Schaffung der Mautstationen nicht ausreichen, würden sehr grosse Investitionen in den Bau oder Umbau der Gesamtanlagen der Anschlüsse Göschenen und Airolo notwendig sein.

Unter *Automaten* werden die verschiedenen Zahlungsterminals in den manuellen Spuren verstanden, an denen der Nutzer des Tunnels seine Maut entrichten kann. Das *DSRC-Equipment* umfasst einen Stationsrechner und die DSRC-Bake, die in der Elektronikspur die Durchfahrt eines mit einer DSRC-OBU ausgerüsteten Fahrzeugs detektiert und eine Abbuchung vornimmt. Die Kategorisierungseinheit besteht aus Laser-Scanner und Video/ANPR-Einheit, die es erlauben, LSVA-pflichtige Fahrzeuge zu erkennen und von der Maut zu befreien.

Das *Zentralsystem* bildet die zentrale Datenbank, in der alle Prozesse von der Registrierung bis zur manuellen Nachbearbeitung der Kontrollfälle abgebildet und sowohl Fahrzeughalter-, Fahrzeug und Kontrolldaten gespeichert werden.

Es wird mit 15'000 bis 20'000 regelmässigen Nutzern gerechnet. Daher sind als Investition zunächst 20'000 *DSRC-OBUs* vorgesehen. Der relativ hohe Preis je OBU ergibt sich aus der niederen Stückzahl. Die Kosten für die OBU können eventuell zu mindest zu Teilen auf die Nutzer abgewälzt werden.

6.4.2. BETRIEBSKOSTEN

Die im Folgenden dargestellten Betriebskosten schliessen auch die Abschreibungen und Finanzierungskosten mit ein. Der Betrieb umfasst sowohl die Elektronikspur als auch die manuellen Spuren. Geht man davon aus, dass die Überwachung der Mautstelle an sieben Tagen in drei Schichten zu acht Stunden gewährleistet sein sollte, so sind zumindest fünf Mitarbeiter notwendig. Bezieht man die anderen Aufgaben an der Mautstelle, wie die manuelle Nachbearbeitung und die Ahndung von Kontrollfällen, die Pflege der Automaten und der Elektronikspur und einen gewissen Service Level für die Nutzer, mit ein, so muss man mit insgesamt *zehn Angestellten* rechnen.

Zu den Personalkosten kommen die Kosten für die *Wartung* der technischen Ausrüstung, die in der Regel 10% der dafür veranschlagten Investitionskosten ausmachen. Die Vertriebskosten setzen sich aus den Kosten für jede Transaktion an einer Vertriebsstelle zusammen, ungeachtet ob es sich um eine Registrierung, einen Gerätetausch oder eine Sperrung der OBU usw. handelt. Jährlich wird an den beiden Mautstellen abhängig von den Tunnel-Passagen mit insgesamt rund 2.5 Mio. *Kreditkarten- oder Tankkartentransaktionen* gerechnet.

ÜBERSICHT ZU DEN KOSTEN EINER BEMAUTUNG DES GOTTHARD-TUNNELS			
Kosten Maut Gotthard-Tunnel			
Investitionskosten			
	Menge	Einzelpreis (in CHF)	Zwischensumme (in Mio CHF)
Bauliche Massnahmen Mautstelle*	2	5'000'000	10.00
Automaten	8	40'000	0.32
DSRC-Equipment und Kategorisierungseinheit (Elektronikspur)	4	80'000	0.32
Enforcement-Equipment	8	20'000	0.16
Zentralsystem	1	2'500'000	2.50
DSRC-OBU (Einzelpreis in CHF)	20'000	75.00	1.50
Einführungskosten (Entwicklung, Marketing)	1	3'000'000	3.00
Summe Investitionskosten (gerundet)			18.00
Betriebskosten / Jahr			
	Menge	Einzelpreis (in CHF)	Zwischensumme (in Mio CHF)
Überwachung und Enforcement (7/24 Nord & Süd)	10	130'000	1.30
Wartung	10%	4'480'000	0.45
Vertriebskosten	15'000	10.00	0.15
Kreditkarten-Kosten	2'500'000	1.00	2.50
Management und Kommunikation	1	500'000.00	0.50
Finanzierung und Abschreibungskosten	15%	18'000'000.00	2.70
Summe Betriebskosten (gerundet)			8.00
<i>* In den baulichen Massnahmen sind Baukosten, die zur Schaffung von zusätzlicher Fläche vor den Tunnelleinfahrten benötigt werden, nicht enthalten.</i>			

Figur 27

Für die rund 6 Mio. Personenwagen, die jährlich den Gotthardtunnel passieren, ergeben sich demnach Erhebungskosten von CHF 1.30 pro Fahrt.

6.5. ERKENNTNISSE

Die Beschränkung der Fallstudie auf die technischen und betrieblichen Aspekte lässt nur Schlüsse in diesen beiden Bereichen zu. Die Hauptfrage, ob eine Bemaunung des Gotthardtunnels die Verkehrssituation am Gotthard verbessern würde und welche wirtschaftlichen und verkehrsplanerischen Auswirkungen dies für die Gebiete längs der Gotthardroute und benachbarter alpenquerender Routen hätte, soll in der Studie Metron/ Alpeninitiative beantwortet werden.

Die vorliegende Fallstudie liefert folgende Erkenntnisse:

- › Ein einfaches Objektpricing für den PW-Verkehr ist verkehrstechnisch und vollzugsseitig im Gotthardtunnel prinzipiell machbar. Für die Beurteilung der baulichen Machbarkeit müssen örtliche Projektstudien unternommen werden.
- › Der Platzbedarf für die Mautstelle geht auf Kosten von Standstreifen und Flächen für die Kontrolle und Abfertigung der Gefahrguttransporte und für die Interventionsdienste. Dies bedingt, dass diese Kontrollen in den Schwerverkehrszentren Erstfeld und Bodio vorgenommen werden können. Für die Interventionsdienste müssen Alternativflächen gefunden werden.
- › Die Mautstellen sind auf jeder Seite des Tunnels vor der Tunneleinfahrt anzuordnen.
- › Jede Mautstelle muss mindestens vier Spuren aufweisen, davon ist eine als elektronische Mautspur und die andern drei für manuelle Bezahlung bzw. für Bezahlung am Automaten auszurüsten.
- › Der Tropfenzähler für LKW und PW dient zur Vordosierung der Mautstelle. Durch den Tropfenzähler wird verhindert, dass es innerhalb der Mautstelle zu Staus und gegenseitigen Behinderungen kommt.
- › Fahrzeuge, die der LSVA bzw. der PSVA unterstellt sind, sind am Gotthard nicht mautpflichtig. Diese Fahrzeuge können die elektronische Mautspur benutzen, welche zu diesem Zweck mit der notwendigen Klassifikations-Ausrüstung zu versehen ist.
- › Die Kosten für eine Bemaunung des Verkehrs am Gotthard belaufen sich auf:
 - › Investitionskosten: rund 18 Mio. CHF, sofern die heutige Verkehrs- und Reservefläche ausreicht, andernfalls kommen Infrastrukturkosten in unbestimmten Umfang hinzu.
 - › Betriebskosten: rund 8 Mio. CHF/Jahr.

7. FALLSTUDIE 2: VALUE PRICING IN DER AGGLOMERATION BASEL

7.1. ZIEL UND FRAGESTELLUNGEN

In den USA werden in verschiedenen Agglomerationen Value Spuren eingerichtet. Verschiedene Bezeichnungen sind üblich: Value Pricing, Fast-Track, Pay-Lanes, HOT-Lanes. Am weitesten verbreitet ist das Konzept, bestehende Fahrstreifen für Fahrzeuge mit hohem Belegungsgrad (High Occupancy Vehicles, HOV) zu kombinierten HOT-Lanes (HOV/Toll-Lane) aufzurüsten, bei denen die von Carpool-Fahrzeugen zu gering belegte Spur durch zahlende Einpersonen- oder Zweipersonen-Fahrzeuge bis zur Erreichung der Verkehrsstärke von Qualitätsstufe D aufgefüllt werden.

Die Fallstudie beschreibt den Einsatz von Value Pricing als verkehrssteuernde Massnahme – im Sinne eines „finanziellen Tropfenzählers“. Die dargestellten Überlegungen gehen von der aktuellen Stausituation aus und geben einen Ausblick auf das Jahr 2010. Inwiefern die durch das Value Pricing erworbenen Mittel für die Finanzierung einer vierten Spur genutzt werden, ist nicht Teil dieser Studie.

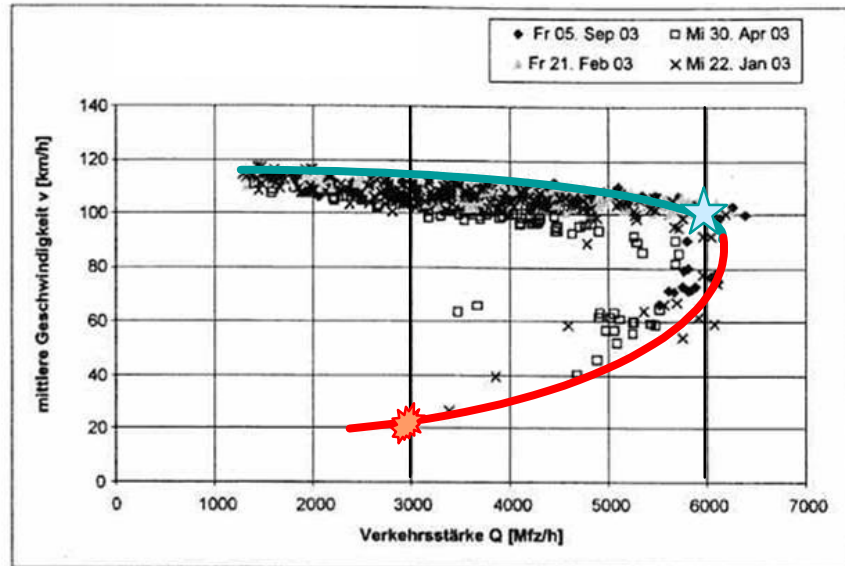
Ziel ist es, die Value Spur an ihrer oberen Kapazitätsgrenze zu führen, d.h. den Tarif für die Benutzung der Value Spur so zu gestalten, dass so viele Fahrzeuge wie möglich die Value Spur nutzen, der flüssige Verkehrsfluss jedoch stets gewährleistet bleibt und nicht durch eine Überlastung der Spur zusammenbricht. Dies verlangt jedoch eine dynamische Tarifgestaltung, abhängig vom Verkehrsaufkommen. Ein weiterer Effekt zur Erhöhung der Kapazität hinsichtlich der transportierten Personen soll durch die Differenzierung des Tarifs der Value Spur abhängig vom Besetzungsgrad des Fahrzeugs erfolgen (vgl. Kapitel 7.4.3).

Fundamentaldiagramm

Eine solche Erhöhung der Kapazität eines Strassenabschnitts kann erreicht werden, indem durch den Preis für die Benutzung einer Value Spur die Verkehrsmenge geregelt wird und der Verkehrsfluss mit einer gleichmässigen Geschwindigkeit somit gewährleistet ist. Mit der Gewährleistung des Verkehrsflusses kann somit auf dieser Spur eine sehr hohe Kapazität (ca. 1'500 bis 1'800 Fz/h) erreicht werden. Bei Stau oder stockendem Verkehr (niedrige Geschwindigkeit) sinkt die Kapazität der Fahrspuren.

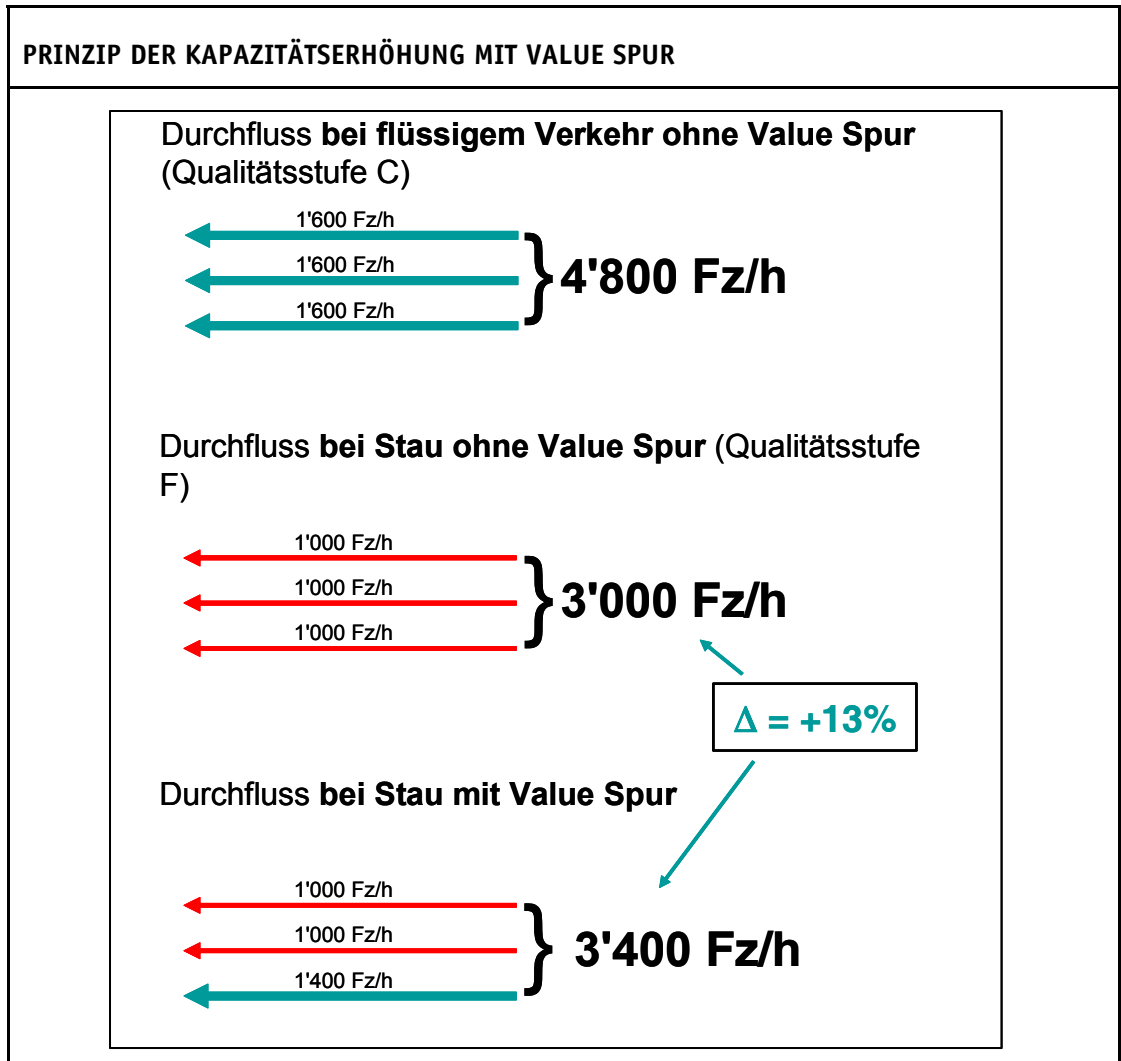
Diese Aussagen werden auf Basis des Fundamentaldiagramms getroffen (siehe Beispiel Figur 28). Das Fundamentaldiagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke, Geschwindigkeit und der Dichte des Verkehrsflusses auf einem Strassenquerschnitt.

FUNDAMENTALDIAGRAMM



Figur 28 Fundamentaldiagramm, Geschwindigkeit/Verkehrsstärke für Autobahnabschnitt Basel-Augst.

Daraus wird ersichtlich, dass bei niedrigen Geschwindigkeiten die Verkehrsstärke sinkt und somit die Kapazität der Fahrspuren bei stockendem Verkehr oder Stau abnimmt. Verdeutlichung der Kapazitätserhöhung mit Value Spur bei starkem Verkehrsaufkommen:



Figur 29

Allgemeine Vorteile der Value Spur

Die Einführung einer Value Spur bietet viele Vorteile für unterschiedliche Nutzergruppen. Es ist ein wichtiges Werkzeug innerhalb des Verkehrsmanagements zur Verbesserung der Bedingungen einer grossen Anzahl von Verkehrsteilnehmern. Die grössten Nutzen sind:

- › *Planbarkeit und Zuverlässigkeit von Reisezeiten:* Das Verkehrsvolumen auf Value Spuren wird immer so geregelt, dass ein kontinuierlicher Verkehrsfluss mit kalkulierbaren Reisezeiten gegeben ist. Dies gerade bei Spitzenlast-Zeiten.
- › *Einsparungen von Reisezeiten:* Benutzer von Value Spuren reisen mit einer höheren Durchschnittsgeschwindigkeit als die Benutzer der anderen Spuren.

- › *Verringerung der Gesamt-Fahrzeugstunden:* Die Einführung einer Value Spur verbessert auch die Verkehrssituation auf den anderen herkömmlichen Fahrspuren. Diese Verbesserungen bringen auch die Verlagerung von Verkehr von untergeordneten Parallelstrassen auf das hochrangige Netz, was zu einer generellen Verbesserung des Verkehrsflusses und Erhöhung der Reisegeschwindigkeit innerhalb des gesamten Verkehrskorridors führt.
- › *Generierung von Einnahmen:* Value Spuren dienen als zusätzliche Einnahmequelle und damit zur Finanzierung von Investitionen zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse.
- › *Verbesserung für den öffentlichen Verkehr:* Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs können auf Value Spuren zugelassen werden und erhalten damit die Möglichkeit der Stau-Umfahrung. Im Weiteren können die Einnahmen aus Value Spuren zur Verbesserung des öV eingesetzt werden.
- › *Verbesserung der Mobilität im Korridor:* Erhöhte Zuverlässigkeit bei Reisezeiten, höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten, Einsparungen bei den Reisezeiten und die Möglichkeiten zur Verbesserung des Transitverkehrs führen zu einer verbesserten Mobilität im gesamten Korridor.
- › *Verbesserter Umweltschutz:* Die Verminderung von Stop-and-Go Verkehrs auf der Value Spur trägt zur Reduktion des Schadstoffausstosses auf dem betreffenden Autobahnsegment bei. In jenen Fällen, wo Tarifrabatte für Fahrzeuge mit hohem Belegungsgrad gewährt werden, trägt dieser Anreiz zur Bildung von Fahrgemeinschaften dazu bei, dass weniger Fahrzeuge benutzt werden, was ebenfalls dem Umweltschutz dient.
- › *Möglichkeiten der Streckenwahl:* Bei hoher Verkehrsdichte und Stockung des Verkehrs besteht für zahlungsbereite Nutzer die Möglichkeit auch bei geringem Besetzungsgrad die Value Spur zu benutzen und sich somit durch Zahlung eines höheren Entgeltes einen Reisevorteil zu erkaufen.
- › *Nutzung von Überkapazitäten:* Value Spuren bieten die Möglichkeit zur Effizienzsteigerung bei der Nutzung von existierenden Spuren, die ausschliesslich bei entsprechendem Besetzungsgrad befahren werden dürften.
- › *Erhöhung des Interesses an bewirtschafteten Spuren:* Durch die Steigerung der Auslastung bei nur vom Besetzungsgrad abhängigen Spuren durch die zusätzliche Bemaufung steigt das generelle Interesse an Verfahren zur Spurbewirtschaftung.
- › *Abhilfe bei nicht ausgelasteten, vom Besetzungsgrad abhängigen Spuren:* In manchen Gebieten steigt der öffentliche Druck, nicht ausgelastete Carpool-Spuren in normale Spuren zurück zu wandeln. Die zusätzliche Möglichkeit der Nutzung durch Bezahlen kann einen Beitrag zur besseren Auslastung bringen.

7.2. CHARAKTERISIERUNG

Ausgehend von der aktuellen Situation und unter Vorwegnahme des stetig steigenden Verkehrsaufkommens wird in den folgenden Kapiteln die Errichtung einer Value Spur zur Erhöhung der Kapazität des Autobahnabschnitts der A2 zwischen der Verzweigung Augst und der Verzweigung Basel-Süd erörtert.



Figur 30 Foto: R. Keller AG.

Die Darstellung des Value Pricings in der Agglomeration Basel geht dabei von folgenden Voraussetzungen aus:

- › Der Kapazitätsengpass an der Ausfahrt Basel-City/Süd wird im Zuge anderer Projekte gelöst, wie beispielsweise in der Studie „Kapazitätserhöhung Osttangente“ beschrieben.
- › Der Verkehrsfluss zwischen Basel-Süd und dem Grenzübergang Basel/Weil am Rhein ist gewährleistet.

Der Abschnitt der A2 zwischen der Verzweigung Augst und der Verzweigung Basel-Süd gehört zu den meist befahrenen Strassen der Schweiz. Werktags nutzen durchschnittlich 60'000 Fahrzeuge (pro Fahrtrichtung) diesen Autobahnabschnitt (vgl. Kapitel 7.2.2). Vermehrt kommt es auch an Samstagen zu einer Verkehrsüberlastung in diesem Abschnitt. Auch der im Dezember 2003 veröffentlichte Bericht des Bundesamtes für Strassen („Schlussbericht KABEWISTRA: Kapazitätsbewirtschaftung von Strassen gesamtschweizeri-

scher Bedeutung“ 2. Dezember 2003) macht auf die problematische Situation in Basel aufmerksam.

7.2.1. STAUSITUATION 2004

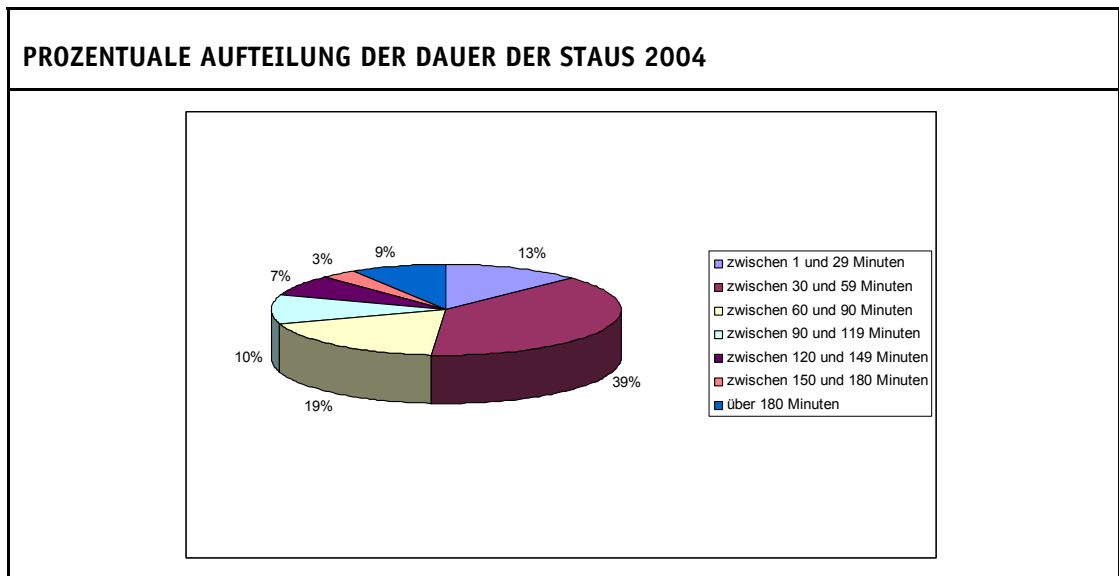
Um die Verkehrssituation auf dem Autobahnabschnitt Basel-Augst abschliessend beurteilen zu können, wurde die Stausituation basierend auf Daten 2004 des Kantons Basel-Landschaft analysiert. Nach „KABEWISTRA“ spricht man bei den Verkehrsqualitätsstufen E und F von Stau.

Auf dem Autobahnabschnitt Basel-Augst wurden im Jahr 2004 gesamthaft (beide Fahrtrichtungen zusammen) 353 Staustunden registriert. Davon entfielen auf die Fahrtrichtung Basel 273 Staustunden (77%) und auf die Fahrtrichtung Augst 82 Staustunden (23%). Damit wird die Entscheidung, die Value Spur in Richtung Basel zu untersuchen, massgeblich unterstützt. Die weitere Analyse beschränkt sich auf die Fahrtrichtung Basel.

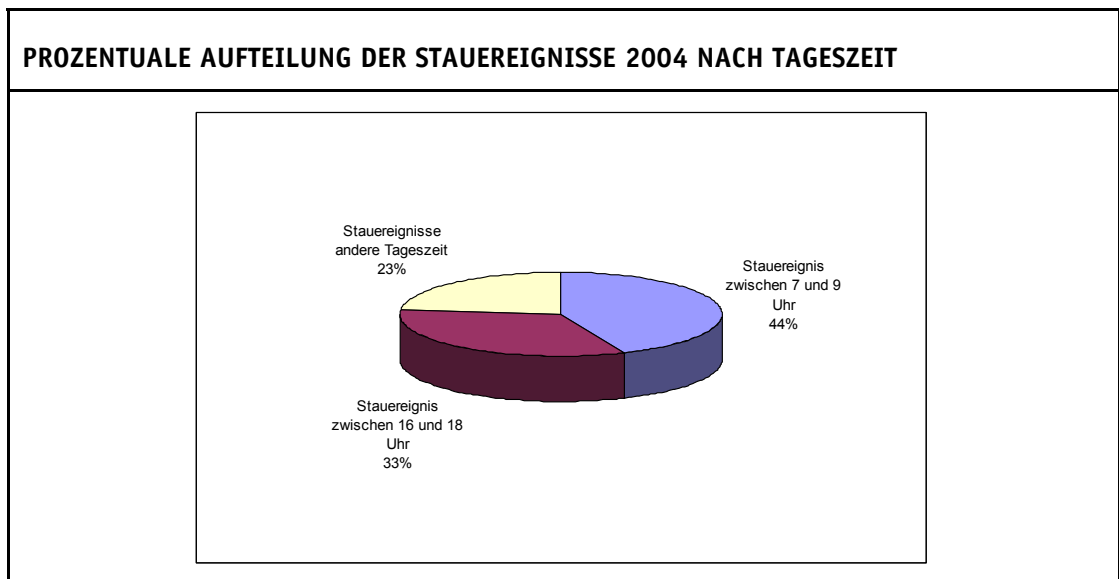
Die Staustunden teilten sich auf 206 Stauereignisse auf, wovon 61% auf Verkehrsüberlastung zurückzuführen sind.

44% der Stauereignisse (ca. 90) wurden an Werktagen zwischen 7.00 Uhr und 9.00 Uhr erfasst und 33% (68) zwischen 16.00 und 18.00 Uhr. Die weiteren Stauereignisse verteilen sich zufällig über den ganzen Tag (vor 6.00 Uhr und nach 21.00 Uhr ist 2004 kein Stau aufgetreten) (siehe auch Figur 32). In 39% der Stauffällen dauerte der Stau zwischen 30 und 60 Minuten. 9% der Stauereignisse dauern über 180 Minuten siehe auch Figur 31).

Für die angedachte Value Spur wurde die Stauanalyse für den Abschnitt von der Verzweigung Augst bis vor der Verzweigung Basel Süd (Fahrtrichtung Basel) vertieft. Diese Untersuchungen ergeben, dass im Jahr 2004 auf diesem Abschnitt ca. 70% der analysierten Stauereignisse und 61% der Stauminuten fielen. Die Gesamtstaudauer in diesem Abschnitt belief sich auf ca. 166 Stunden (die Stunden mit leicht stockendem Verkehr sind nicht Bestandteil der 166 Staustunden).



Figur 31



Figur 32

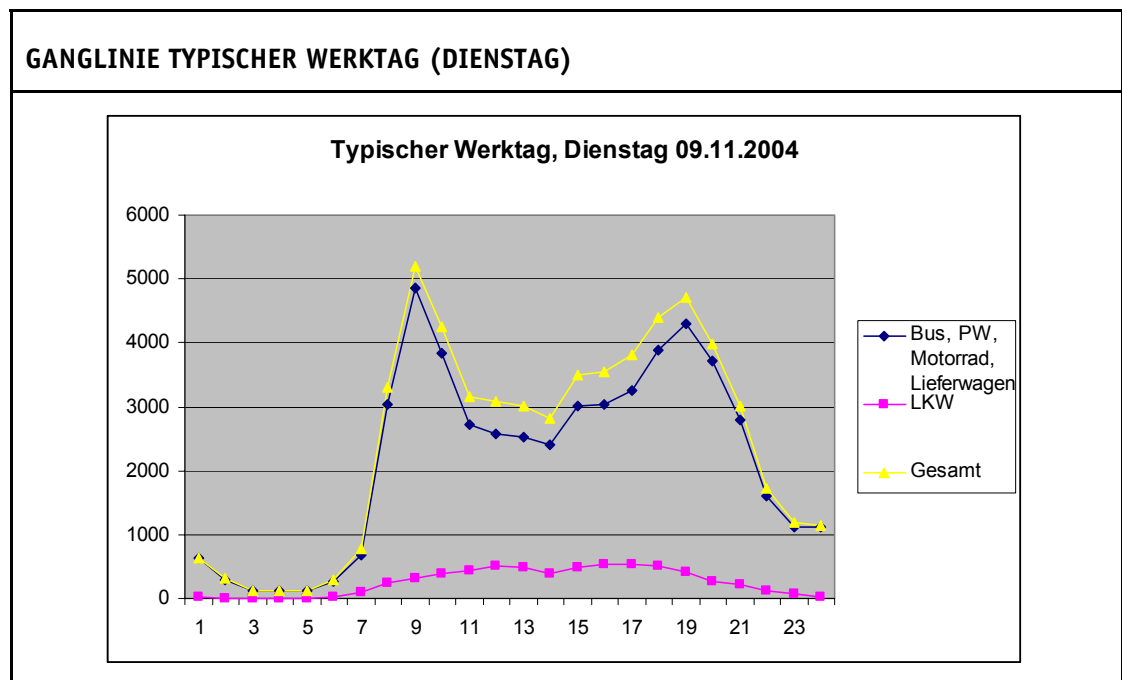
7.2.2. VERKEHRSMENGEN UND KAPAZITÄTEN

Zwischen Basel und Augst befindet sich die ASTRA-Zählstelle 081 Muttenz, Hard. Die nachfolgenden Verkehrszahlen basieren auf den von dieser Zählstelle gelieferten Rohdaten. Diese automatische Zählstelle ist als „Swiss 10“-Zählstelle ausgestattet.

Für die weitere Betrachtung der Value Spur wurden die Verkehrszahlen in die Klassen 1 (Bus, Motorrad, Lieferwagen und PW) und in die Klasse 2 (LKW und Sattelschlepper) eingeteilt.

Werktags von Montag bis Freitag (im Jahr 2004) liegen die durchschnittlichen Tageswerte bei 52'000 bis 65'000 Fahrzeugen. An den Samstagen werden diese Werte ebenfalls nahezu erreicht. Sonntags liegt der durchschnittliche Tagesverkehr bei ca. 35'000 bis 55'000 Fahrzeugen.

Die eingefügten Ganglinien zeigen eine typische Verteilung des Verkehrs an Werktagen.



Figur 33

Diese Ganglinien bestätigen, dass sowohl morgens als auch abends Verkehrsspitzen auftreten, die den Verkehrsfluss häufig zum Erliegen bringen.

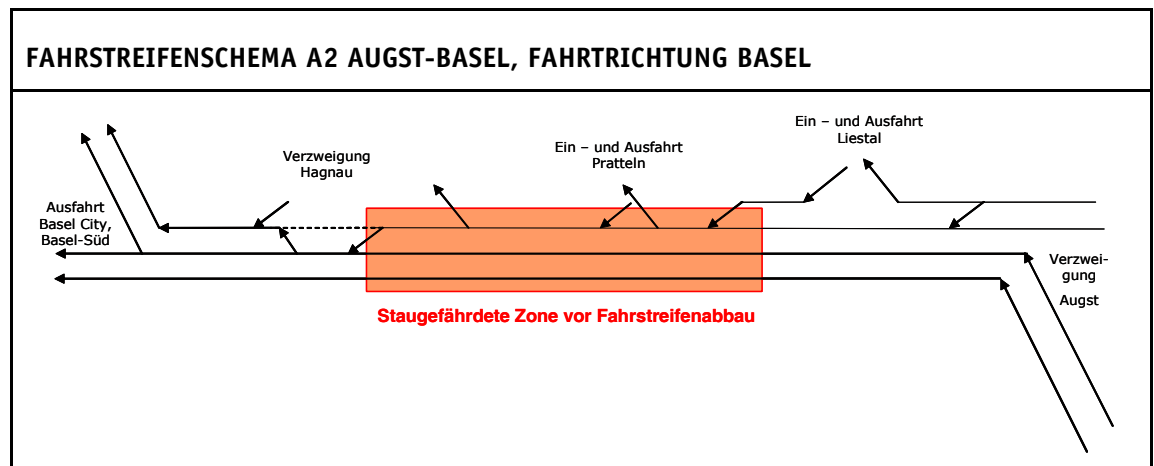
Nach VSS-Norm 640 018 gilt für Autobahnen mit 2x3 Fahrstreifen, reduziertem Ausbauquerschnitt (Tunnel Schweizerhalle) und 10% Schwerverkehrsanteil bis 4'000 Fahrzeuge in der Stunde die Verkehrsqualitätsstufe C (befriedigend, Bewegungsspielraum des Fahrers bemerkbar eingeschränkt, bis 4'900 gilt die Verkehrsstufe D (ausreichend, Bewegungsspielraum stark eingeschränkt, ständige Behinderungen), bis 5'100 Fahrzeugen ist die Verkehrsqualität mangelhaft, kleine Inhomogenitäten führen rasch zum Stillstand und darüber gilt Stufe F mit Verkehrsüberlastung und stockendem oder stillstehendem Kollonnenverkehr.

Die typischen Tagesganglinien zeigen, dass täglich über 5'000 Fahrzeuge in der Spitzenstunde über diesen Abschnitt fahren und somit schon heute die Verkehrsqualität sehr stark eingeschränkt ist.

7.2.3. ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE (SPURENPLAN)

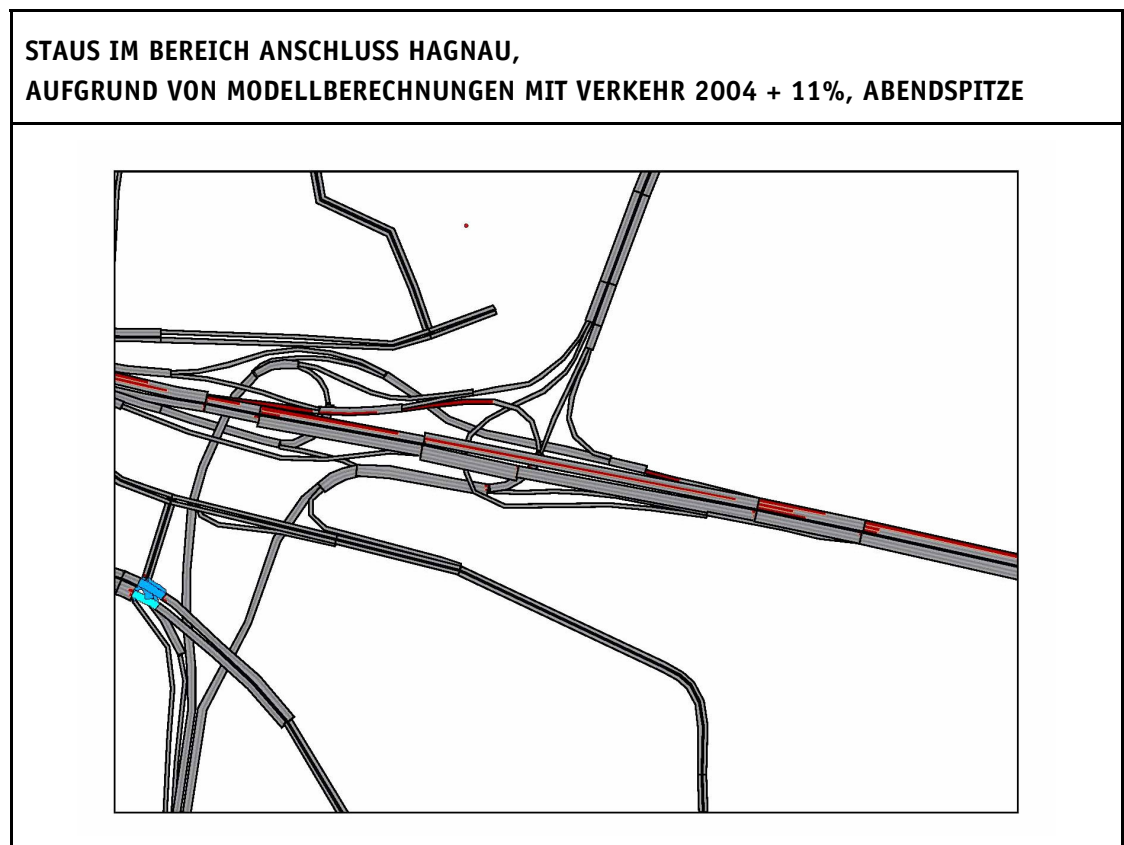
Zwischen der Verzweigung Augst und der Ausfahrt Basel City (Basel-Süd) befinden sich die Ein- und Ausfahrten Liestal und Pratteln sowie die Verzweigung Hagnau (siehe Figur 34). Des Weiteren liegt die Raststätte Pratteln in diesem Bereich (nicht eingezeichnet). Der Abschnitt ist heute durchgehend dreispurig, im Bereich der Verzweigung Hagnau wird jedoch während Spitzenzeiten mittels FLS (Fahrstreifenlichtsignalisation) auf zwei Spuren reduziert, um die Verflechtung bei der Einfahrt der H18 Richtung Basel zu vereinfachen.

Der Abschnitt wird zwischen 2006 und 2008 in verschiedenen Etappen total instandgestellt. Bei der Wiedereröffnung im Frühling 2008 ist vorgesehen, den Ausfahrtsstreifen der Verzweigung Hagnau bis zum Tunnel Schweizerhalle auf Kosten des Standstreifens zu verlängern, sodass auf ca. 2 Km vier Fahrstreifen Richtung Basel zur Verfügung stehen. Die Auswirkungen dieser neuen Fahrstreifenanordnung wurden in der vorliegenden Studie nicht untersucht.



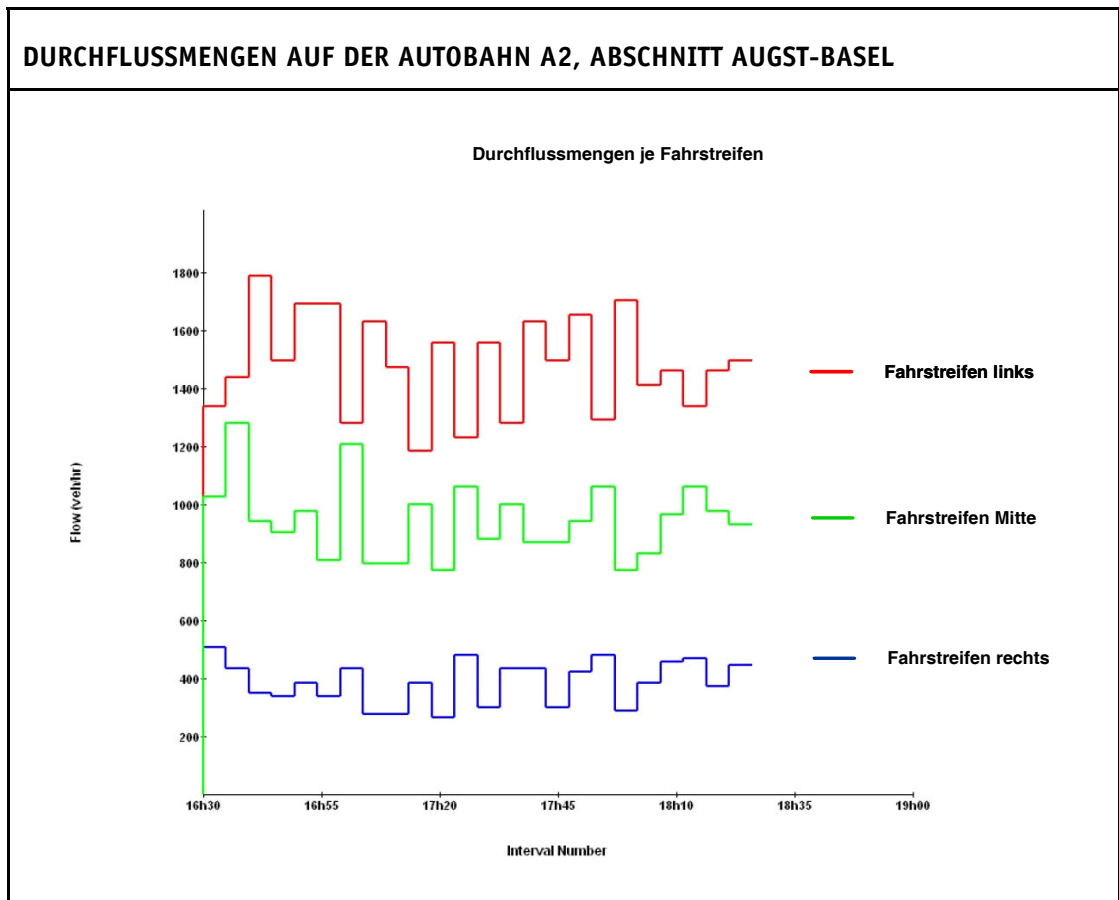
Figur 34

Figur 35 zeigt die Stausituation auf der Autobahn A2 Augst-Basel im Bereich des Anschlusses Hagnau, abgeschätzt mittels Modellberechnungen mit Verkehrsmengen der Werktags-Abendspitze um + 11% erhöht.³⁰ Auf dem Segment unmittelbar vor dem Fahrstreifenabbau zirkuliert der Verkehr auf dem linken Fahrstreifen am flüssigsten. Der Stau findet vor allem auf dem mittleren und rechten Fahrstreifen statt. Dies zeigt sich an den Durchflussmengen der drei Fahrstreifen: während der linke Fahrstreifen eine Menge von rund 1'500 Fz/h bewältigt, fällt die Menge auf dem Mittleren Fahrstreifen auf rund 1'000 Fz/h und auf dem rechten Fahrstreifen auf rund 500 Fz/h zurück (Figur 36).



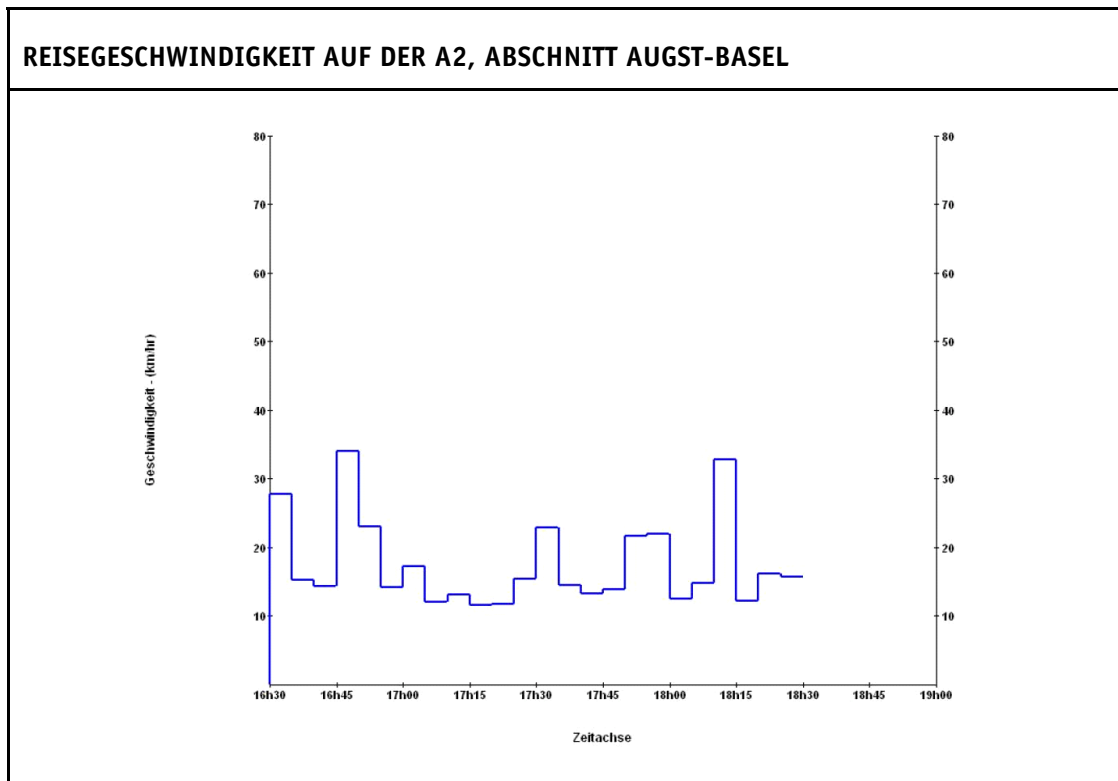
Figur 35 Die dünnen, roten Striche auf den einzelnen Fahrspuren stellen die Intensität des Staus pro Fahrstreifen des betreffenden Segmentes dar.

³⁰ Gemäss Studie Kapazitätssteigerungsmassnahmen im Bereich Osttangente, HPA Basel-Stadt 2005



Figur 36 Durchflussmengen auf den drei Fahrstreifen auf dem Segment unmittelbar oberhalb des Fahrstreifenabbaus vor der Einfahrt der H18 zwischen 16.30 und 18.30. Legende: unterste Kurve: rechter Fahrstreifen, mittlere Kurve: mittlerer Fahrstreifen, obere Kurve: linker Fahrstreifen.

Während der Abendspitze wird sich die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit auf allen drei Fahrstreifen mit den um 11% erhöhten Verkehrsmengen auf dem betrachteten Abschnitt zwischen 12 km/h und 35 km/h bewegen; der Mittelwert liegt bei 30 km/h (Figur 37). Der Zeitverlust auf der 10 km langen Strecke gegenüber der signalisierten Geschwindigkeit von 120/100/80 km/h liegt in der Grössenordnung von 15 Minuten.



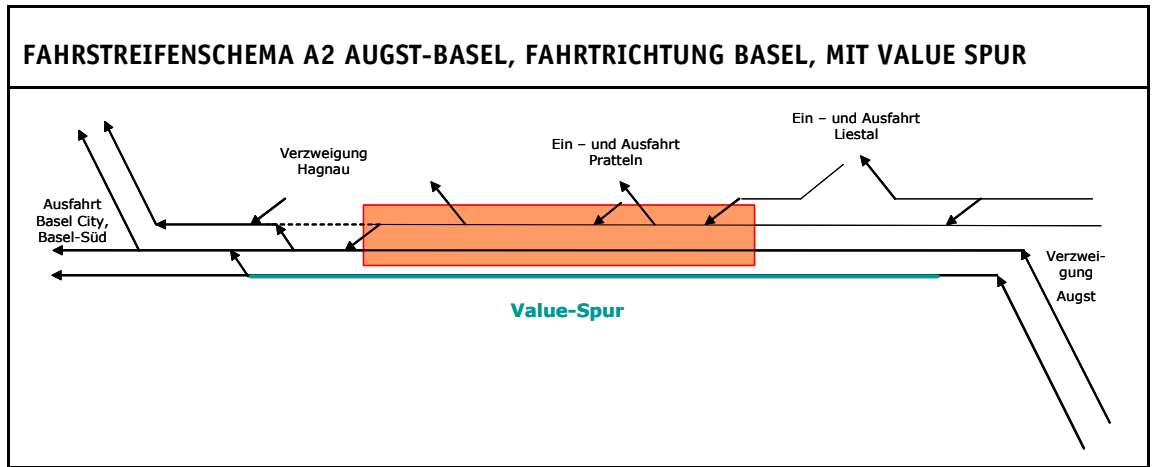
Figur 37 Modellierter durchschnittliche Reisegeschwindigkeit auf allen drei Fahrstreifen zwischen 16.30 und 18.30, Verkehrsmengen Jahr 2005 +11%.

7.3. BEMAUTUNG DES AUTOBAHNABSCHNITTES (VALUE PRICING)

Grundsätzlich ist die Value Spur als „Transit-Spur“ gedacht. Dies bedeutet, dass eine Zu-beziehungsweise Abfahrt zwischen der Verzweigung Augst und Basel-Süd nicht möglich ist. Dadurch wird der Verkehrsfluss gewährleistet und die Systemtechnik massgebend vereinfacht.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits dargestellt, ist eine Tariffdifferenzierung nach Zeit der Benutzung und dem Besetzungsgrad vorgesehen (HOT-Lane). Weiterhin ist die Benutzung der Value Spur nur für PWs (Fahrzeuge Gesamtgewicht < 3.5t) angedacht. In den USA gibt es langjährige Erfahrungen mit dem Betrieb von so genannten HOV-Lanes und neuere Erfahrungen mit den HOT-Lanes. Die Kombination von zeitlich differenzierten Tarifen und Besetzungsgraden stellt hohe Anforderungen an die Erhebungstechnik und insbesondere an das Enforcement.

Für eine Value Spur in der Agglomeration Basel kommt der äusserst linke Fahrstreifen der Autobahn A2 von der Verzweigung Augst bis Abfahrt Basel-City (Verzweigung Basel-Süd) in Betracht (Figur 38).



Figur 38

7.3.1. TECHNISCHE AUSRÜSTUNG

Physische Trennung

Für die physische Separierung des Fahrstreifens kommt wegen des Erfordernisses des Zugangs für Rettungsdienste keine durchgängige Trennung in Form von Jersey-Elementen in Frage. Die Value Spur muss durch eine Profillinie mit aufgesetzten flexiblen Reitern abgegrenzt werden. Diese würde eine Überfahung in Gefahrensituationen erlauben. Allerdings birgt diese Lösung für die Schneeräumung erhebliche Probleme, die in Zusammenarbeit mit den Unterhaltsdiensten gelöst werden müssten.

Aus Gründen der Verkehrssicherheit und um den Fahrzeugführern genügend Zeit zur Nutzungsentscheidung zu geben, ist es erforderlich, auf den vorausgehenden Autobahnkilometern mehrmals auf die kommende Nutzungsmöglichkeit hinzuweisen. Der Hinweis kann mit Hilfe von variablen Verkehrszeichen geschehen. Die folgende Abbildung stellt ein solches Verkehrszeichen (mit Preisinformationen) beispielhaft dar.



Figur 39

Geschwindigkeitssignalisation

Grundsätzlich wird im Bereich der Value Spur die bestehende dynamische Geschwindigkeitssignalisation genutzt, um auf die Verkehrssituationen direkt einwirken zu können. Im Bereich vor und nach der Value Spur müssen die Fahrzeuge auf dem ganzen Querschnitt die gleiche Geschwindigkeit haben, um die Verflechtung zu ermöglichen (80 km/h oder 100 km/h). Die Geschwindigkeitssignalisation der Value Spur soll unabhängig von der Geschwindigkeitssignalisation der zwei weiteren Spuren geschaltet werden können, da es durchaus vorstellbar ist, auf der Value Spur eine höhere Höchstgeschwindigkeit anzuzeigen, als auf den zwei weiteren Spuren. Allerdings findet durch die physische Abtrennung eine Fahrbahnverengung statt, und somit wird auch auf der Value Spur 100 km/h als Höchstgeschwindigkeit vorgeschlagen. Auf den zwei weiteren Spuren soll bei hohem Verkehrsaufkommen die Geschwindigkeit auf 80 km/h reduziert werden können, um einen besseren Verkehrsfluss zu gewährleisten.

Erhebungstechnik

Zur Erhebung der Maut bietet sich die DSRC Technologie (Normierte 5.8 GHz Nahbereichskommunikation gemäss CEN TC 278) an. Hierbei werden die notwendigen Zahlungsdaten bei der Durchfahrt zwischen einer strassenseitigen Einrichtung – der DSRC Funkbake – und einem einfachen Fahrzeuggerät – dem DSRC-Tag – ausgetauscht.

Der DSRC-Tag kann über verschiedene Distributionskanäle in der Region Basel und dem grenznahem Ausland bezogen werden, z.B. an Tankstellen, eigenen Vertriebspunkten des Betreibers, bei Geschäftstellen des TCS/ACS bis hin zum Postversand. Bei der Registrierung

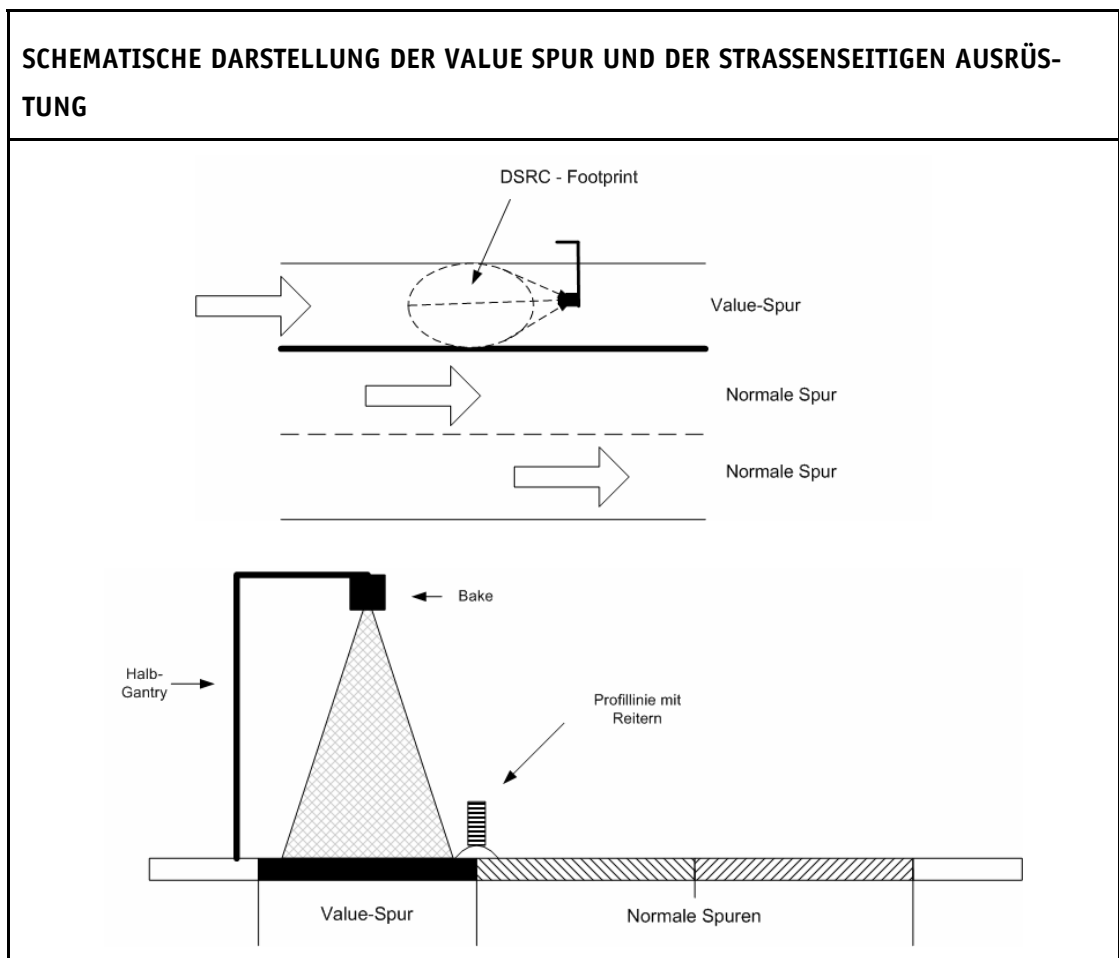
werden die notwendigen Fahrzeugparameter auf dem DSRC-Tag gespeichert. Der DSRC-Tag muss durch den Benutzer der Value Spur entgeltlich erworben werden. Als Zahlungsart kommt das Post-Paymentverfahren zum Einsatz, d.h. der Nutzer zahlt erst im Nachhinein für die Passagen eines bestimmten Zeitraumes, meist für einen Monat, mittels Überweisung oder Bankeinzug. Hierfür ist eine vertragliche Vereinbarung zwischen dem Nutzer und dem Betreiber der Value Spur erforderlich. Diese Form der Zahlungsweise wurde gewählt, weil davon auszugehen ist, dass die Value Spur primär von lokal ansässigen Häufignutzern (Berufspendlern, Geschäftsreisenden etc.) benutzt wird.

Der DSRC-Tag ist mittels lösbarer Klebeverbindung hinter der Windschutzscheibe zu befestigen. Es bedarf keiner weiteren Einbaumaßnahmen.

Um dem Besetzungsgrad als zusätzlichem Tarifparameter Rechnung zu tragen, ist der DSRC-Tag mit einer Eingabemöglichkeit hierfür ausgestattet. Dies geschieht mittels einfachem Tastschalters und Leuchtdioden-Anzeige. Ein aufwendiges grafisches Display ist hierfür nicht erforderlich. Die **Figur 20** zeigt die im Österreichischen LKW-Mautsystem verwendete GO-BOX. Der BASEL-TAG wäre in Design und Funktionalität ähnlich.

Vor Benutzung der Value Spur muss der Fahrzeugführer die Anzahl der sich im Fahrzeug befindlichen Passagiere eingeben. Diese Information wird später beim Passieren an die Bake auf der Value Spur gesendet. Die Bake wiederum hat die Informationen über den aktuell gültigen Zeittarif pro Besetzungsgrad. Dieser Tarif wird dem Fahrzeughalter später in Rechnung gestellt. Da es sich bei der Value Spur nur um eine Spur handelt, mit nur einer Zu- und Abfahrt, ist die Errichtung mit nur einem Halb-Portal mit einer DSRC-Bake möglich.

Die beiden folgenden Darstellungen zeigen die Aufstellung des Portals und die Anbringung der DSRC-Baken. Die Anbringung der Bake oberhalb der Fahrbahn wurde aufgrund der räumlichen Nähe der Value Spur zu den normalen Spuren gewählt. Es wäre auch eine Anbringung direkt am Fahrbahnrand denkbar, was eine Vereinfachung bei notwendigen Wartungsarbeiten bedeuten würde. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass die Kommunikationszone der Bake in den Bereich der benachbarten nichtgebührenpflichtigen Fahrbahn hineinstrahlt. Das könnte wiederum zu nicht gerechtfertigten Buchungen bei dortigen Fahrzeugen führen.



Figur 40

Enforcement

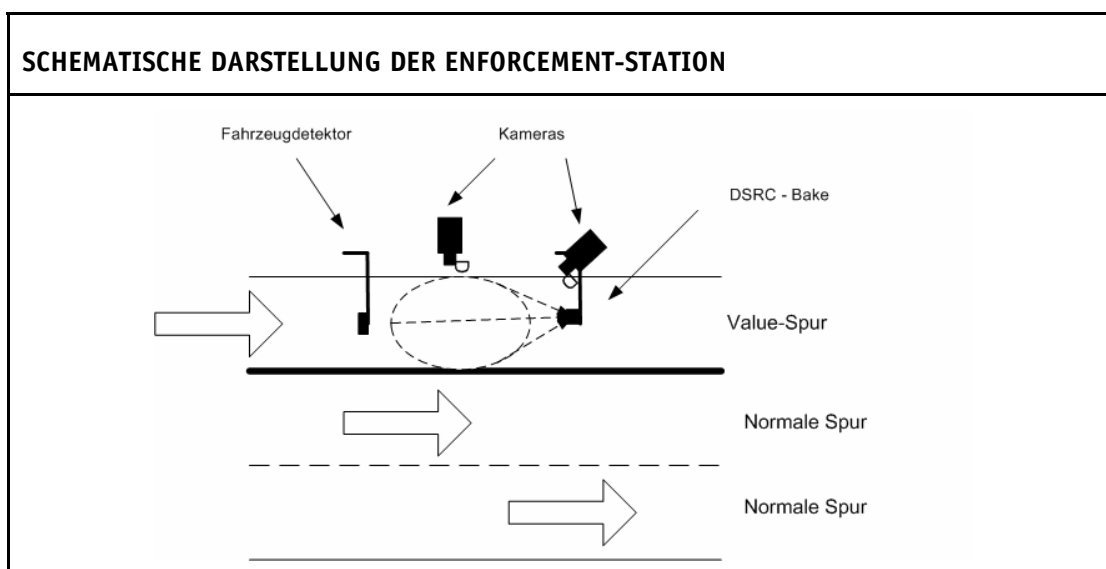
Sofern die Value Spur nur tageszeitliche Tarifabstufungen kennt, ist die Ausrüstung für das automatische Enforcement relativ simpel. Insbesondere kann auf die Fahrzeugklassifikation und die heutzutage noch unlösbare automatische Erkennung des Besetzungsgrades verzichtet werden.

Die technische Ausgestaltung des Enforcement-Systems zur Überprüfung der Berechtigung setzt sich wie folgt zusammen:

TECHNISCHE AUSRÜSTUNG DES ENFORCEMENTSYSTEMS	
Ausrüstung	Verwendungszweck
DSRC Bake	Kommunikation mit DSRC-Tag
Laser Scanner oder Lichtschranke	Fahrzeugdetektion
2 Videokameras mit Infrarotblitz (vorn/seitlich)	Optische Kontrollschilderkennung und Beweissicherung
Stationsrechner/Enforcement-Zentrale	Rechenleistung, Datenspeicherung, Komponentensteuerung

Tabelle 22

Die Bake/Gantry Kombination zur Erhebung der Maut kann in die Konzeption der technischen Enforcement-Anlage mit einbezogen werden. Die einheitliche Erhebungs- und Enforcement-Anlage würde wie folgt aussehen:



Figur 41

Feststellungen von Verstößen durch das automatische Enforcement, d.h. Benutzung ohne DSRC-Tag mit Fahrberechtigung werden - analog wie bei Geschwindigkeitsüberschreitungen - dem Nacherhebungs- und Bussenprozess zugeführt.

7.3.2. KOSTEN DES MAUTSYSTEMS

Investitionskosten

Die Investitionskosten beinhalten die Kosten zur Errichtung der einer DSRC Erfassungs- und Kontrollanlage und die Abtrennung einer Fahrspur von den anderen Spuren.

Die *bauliche Abtrennung der Fahrspur* hat derart zu erfolgen, dass in Notfällen immer noch die Abgrenzung zur Value Spur überfahren werden kann. Die *baulichen Massnahmen DSRC und Enforcement* beinhalten die Fundamente und den Galgen, auf dem die Bake und die Videokontrollanlage montiert werden.

Das *DSRC-Equipment* umfasst einen Stationsrechner und die DSRC-Bake, die in der Elektronikspur die Durchfahrt eines mit einer DSRC-OBU ausgerüsteten Fahrzeugs detektiert und eine Abbuchung vornimmt. Das *Enforcement-Equipment* setzt sich aus Videokontrollanlage und verschiedene Module für den Stationsrechner zusammen.

Das *Zentralsystem* bildet die zentrale Datenbank, in der alle Prozesse von der Registrierung bis zur manuellen Nachbearbeitung der Kontrollfälle abgebildet und sowohl Fahrzeughalter-, Fahrzeug und Kontrolldaten gespeichert werden.

Es wird mit 30'000 regelmässigen Nutzern gerechnet. Daher sind als Investition zunächst 30'000 *DSRC-OBU* vorgesehen. Der relativ hohe Preis je OBU ergibt sich aus der niederen Stückzahl. Die Kosten für die OBU können jedoch zu mindest zu Teilen auf die Nutzer abgewälzt werden.

Betriebskosten

Die hier dargestellten Betriebskosten beziehen sich auf die reinen Nettokosten ohne Abschreibungen und Finanzierungskosten. Geht man davon aus, dass die Überwachung der Value Spur in erster Linie während der Kostenpflicht auf der Value Spur notwendig ist, müssten drei Mitarbeiter ausreichen. Die Ahndung der Kontrollfälle ist in der Kalkulation nicht berücksichtigt und hat durch die Kantonspolizei zu erfolgen. Es darf angenommen werden, dass die entsprechenden Kosten durch die Busseneinnahmen mehr als gedeckt sind.

Zu den Personalkosten kommen die Kosten für die *Wartung* der technischen Ausrüstung, was in der Regel 10% der dafür veranschlagten Investitionskosten ausmacht. Die Vertriebskosten setzen sich aus den Kosten für jede Transaktion an einer Vertriebsstelle zusammen, ungeachtet ob es sich um eine Registrierung, einen Gerätetausch oder eine Sperrung der OBU usw. handelt. Jährlich wird bei einer monatlichen Abrechnung der Maut mit rund 360'000 *Kreditkarten- oder Tankkartentransaktionen* gerechnet.

ÜBERSICHT ZU DEN KOSTEN EINES VALUE PRICINGS IN DER AGGLOMERATION BASEL			
Kosten Value Pricing Basel			
Investitionskosten			
	Menge	Einzelpreis (in CHF)	Zwischensumme (in Mio CHF)
Bauliche Massnahmen Abtrennung Fahrspur	8000	100	0.80
Bauliche Massnahmen DSRC +Enforcement	1	50'000	0.05
DSRC-Equipment	1	80'000	0.08
Enforcement-Equipment	1	170'000	0.17
Zentralsystem	1	2'500'000	2.50
DSRC-OBU (Einzelpreis in CHF)	30'000	60	1.80
Einführungskosten (Entwicklung, Marketing)	1	2'500'000	2.50
Summe Investitionskosten (gerundet)			8.00
Betriebskosten / Jahr			
	Menge	Einzelpreis (in CHF)	Zwischensumme (in Mio CHF)
Überwachung und Enforcement (5/10 Nord & Süd)*	5	130'000	0.65
Wartung	10%	2'750'000	0.28
Vertriebskosten	23'000	2.50	0.06
Kreditkarten-Kosten	360'000	0.95	0.34
Management, Kommunikation	1	500'000.00	0.50
Finanzierung und Abschreibungskosten	15%	8'000'000.00	1.20
Summe Betriebskosten (gerundet)			3.00

Figur 42

7.3.3. TARIFGESTALTUNG

Um eine Kapazitätserhöhung des betroffenen Autobahnabschnittes zu erreichen, muss der Tarif direkt in Abhängigkeit zu der Verkehrssituation stehen, das heisst bei leichtem Verkehrsaufkommen kostet die Value Spur nichts oder sehr wenig, bei sehr hohem Verkehrsaufkommen, stockendem Verkehr oder Stau verhältnismässig viel. Damit soll erreicht werden, dass die Value Spur immer ausgelastet ist, die Kapazitätsgrenze (ca. 1'500 bis 1'800 Fahrzeuge/h) jedoch nicht überschritten wird und somit der Verkehrsfluss auf der Value Spur gewährleistet ist und die Kapazität auf dem Abschnitt erhöht wird.

Allerdings wird von einer Dynamisierung des Systems abgesehen, d.h. die Tarife sind nicht direkt von der aktuellen Verkehrssituation abhängig und werden nicht automatisch angepasst. Die Benützer sollen die Tarife zum voraus kennen und sich vor des Befahrens des Verzweigungspunktes entscheiden können, damit die kurzfristige Wahl der Spur vermieden das Unfallrisiko verringert werden kann. Bevor die Value Spur genutzt wird, muss der Preis für die Durchfahrt eindeutig klar sein.

Aus der Verkehrs- und Stauanalyse wurden Tarifpläne entwickelt, die dem oben erwähnten Grundsätze Rechnung tragen.

Geht man davon aus, dass bei Stau auf dem Abschnitt Augst-Basel ein Zeitverlust von 10 bis 15 Minuten entsteht, erscheint ein Tarif von 3 CHF bis 4 CHF während der Zeit der Verkehrspitze gerechtfertigt.

Zur Berechnung der Tarife und Einnahmen werden zwei Tarifpläne betrachtet:

- › **Tarifplan A:** niedrigere Tarife und weniger Abstufungen
- › **Tarifplan B:** höhere Tarife und mehr Abstufungen

Bei beiden Tarifplänen wird auf Abstufungen nach Fahrzeugkategorien oder Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) verzichtet. Die Frage der Kombination mit dem Besetzungsgrad wird im Kapitel 7.4.3 diskutiert.

Tarifplan A

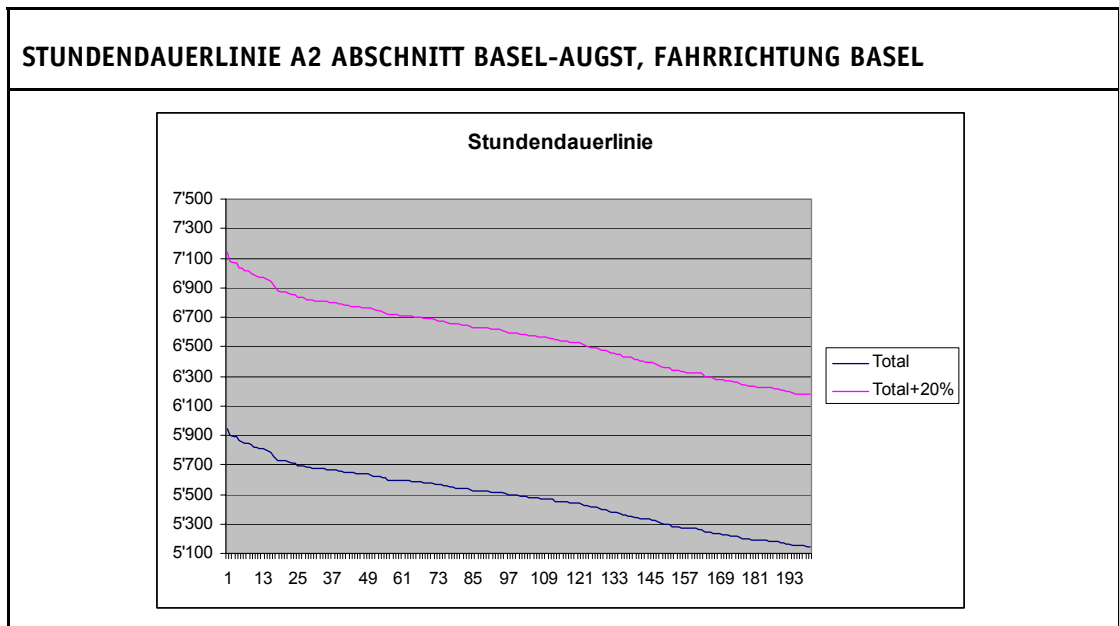
Wie in den Kapiteln 7.2.1 (Stausituation 2004) und 7.2.2 (Verkehrsmengen und Kapazitäten) beschrieben, findet heute der Stau am häufigsten zwischen 7.00 Uhr und 9.00 Uhr und zwischen 16.00 Uhr und 20.00 Uhr statt. Ansonsten gibt es kaum Stau, allerdings ist die Kapazitätsgrenze werktags zwischen 6.00 und 7.00 Uhr und zwischen 9.00 und 16.00 Uhr sowie an den Wochenenden zwischen 11.00 Uhr und 22.00 Uhr erreicht.

Somit ergibt sich für den Ist-Zustand folgender Tarifplan A:

TARIFPLAN A							
	Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
0.00 bis 1.00 Uhr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00 bis 2.00 Uhr							
2.00 bis 3.00 Uhr							
3.00 bis 4.00 Uhr							
4.00 bis 5.00 Uhr							
5.00 bis 6.00 Uhr							
6.00 bis 7.00 Uhr							
7.00 bis 8.00 Uhr							
8.00 bis 9.00 Uhr							
9.00 bis 10.00 Uhr							
10.00 bis 11.00 Uhr							
11.00 bis 12.00 Uhr							
12.00 bis 13.00 Uhr							
13.00 bis 14.00 Uhr							
14.00 bis 15.00 Uhr							
15.00 bis 16.00 Uhr							
16.00 bis 17.00 Uhr							
17.00 bis 18.00 Uhr							
18.00 bis 19.00 Uhr							
19.00 bis 20.00 Uhr							
20.00 bis 21.00 Uhr							
21.00 bis 22.00 Uhr							
22.00 bis 23.00 Uhr							
23.00 bis 24.00 Uhr							

Figur 43

In diesem Tarifplan ist die Value Spur insgesamt während 1'500 Stunden pro Jahr tarifpflichtig, d.h. während 17% der gesamten Betriebszeit. Heute herrscht auf dem Abschnitt während 166 Stunden Stau. Bei zunehmendem Verkehr, wird sich die Dauer der Verkehrsspitzen ausdehnen. Wie Figur 44 zeigt, ist der Verlauf der Dauerstundenlinie sehr flach. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Staustunden bei zunehmendem Verkehrsaufkommen überproportional steigt. Eine Verdoppelung der Staustunden bei 10%-iger Verkehrszunahme ist nicht unwahrscheinlich.



Figur 44 x-Achse: Anzahl Stautunden pro Jahr. y-Achse: Anzahl Fz/h. Die Kurve zeigt, während wie vielen Stunden pro Jahr eine Verkehrsmenge von x Fz/h oder mehr erreicht wird.

Tarifplan B

Der Tarifplan B dient zur Abschätzung der Sensitivität der Einnahmen. Er beruht auf der Annahme, dass sich bei zunehmender Stausituation während der Spitzenzeit 25% höhere Tarife erzielen lassen (CHF 4.00 statt CHF 3.00) und dass sich auch in den stark verkehrsbelasteten Zwischenzeiten genügend Benutzer finden lassen, die bereit sind, für die Vermeidung eines potenziellen Staurisikos eine Gebühr von CHF 1.00 zu entrichten. Bei diesem Plan werden während 4'700 Stunden pro Jahr, d.h. rund 50% der Betriebszeit, Benützungsgebühren erhoben.

TARIFPLAN B							
	Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
0.00 bis 1.00 Uhr	0.00			0.00			0.00
1.00 bis 2.00 Uhr							
2.00 bis 3.00 Uhr							
3.00 bis 4.00 Uhr							
4.00 bis 5.00 Uhr							
5.00 bis 6.00 Uhr	1.00			1.00		1.00	
6.00 bis 7.00 Uhr							
7.00 bis 8.00 Uhr							
8.00 bis 9.00 Uhr							
9.00 bis 10.00 Uhr							
10.00 bis 11.00 Uhr							
11.00 bis 12.00 Uhr							
12.00 bis 13.00 Uhr							
13.00 bis 14.00 Uhr							
14.00 bis 15.00 Uhr							
15.00 bis 16.00 Uhr	3.00			3.00		1.00	
16.00 bis 17.00 Uhr							
17.00 bis 18.00 Uhr							
18.00 bis 19.00 Uhr							
19.00 bis 20.00 Uhr							
20.00 bis 21.00 Uhr	0.00			0.00		0.00	
21.00 bis 22.00 Uhr							
22.00 bis 23.00 Uhr							
23.00 bis 24.00 Uhr	0.00						0.00

Figur 45

Wie im Tarifplan B (Figur 45) dargestellt, wird ein vierstufiges Tarifsystem gewählt. An den Werktagen zwischen 20.00 Uhr und 6.00 Uhr und am Wochenende von 22.00 Uhr bis 11.00 Uhr kostet die Benutzung der Value Spur nichts, da die Verkehrszahlen so klein sind, dass keine Überlastung zu erwarten ist. An den Wochentagen Montag bis Freitag von 6.00 Uhr bis 7.00 Uhr und an den Wochenenden zwischen 11.00 Uhr bis 22.00 Uhr wird die Verkehrsdichte stärker, einzelne Staus sind durchaus zu erwarten, somit wird der Tarif auf 1.00 CHF erhöht. Zwischen Montag und Freitag 16.00 Uhr bis 18.00 Uhr ist heute die Stauwahrscheinlichkeit schon recht hoch, deshalb erhöht sich der Tarif auf 3.00. Zwischen 7.00 Uhr und 9.00 Uhr ist die Stauwahrscheinlichkeit sehr gross, somit wird in diesem Zeitraum der Maximaltarif von 4.00 CHF angesetzt.

Selbstverständlich muss bei Einführung einer Value Spur eine ständige Justierung der Tarife stattfinden, um die gewünschte Verkehrsmenge auf der Value Spur zu erreichen.

7.4. GROBEVALUATION

7.4.1. FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN

Gegenwärtig fehlen in der Schweiz quantitative Angaben über die Zahlungsbereitschaft von Automobilisten bezüglich Strassenbenutzungsabgaben³¹. Diese Wissenslücke wird im Forschungspaket Mobility Pricing des ASTRA geschlossen werden³². In Ermangelung dieser Kenntnisse wurde eine grobe Abschätzung der Bruttoeinnahmen auf der Basis von „educated guess“ vorgenommen, beruhend auf folgenden Annahmen:

- › Festsetzung der Tarife gemäss Tarifplan
- › Maximaler Durchfluss auf der Value Spur 1'500 Fz/h
- › mittlerer Durchfluss während des betreffenden Zeitabschnitts 80% - 90% während der Spitzenzeit, 60% während der übrigen verkehrstarken Zeit
- › Keine Mindereinnahmen durch Mautpreller, aber auch keine Mehreinnahmen aus Bearbeitungsgebühren/Bussen von Mautprellern.

ABSCHÄTZUNG DER BRUTTOEINNAHMEN										
Tarifplan	Zeitabschnitt		Tarif	Stunden pro Tag	Tage pro Jahr	Stunden pro Jahr	Max. Durchfluss	mittlerer Belegungsgrad der Value Spur %	mittl. Durchfluss der Value Spur Fz/h	Brutto Einnahmen
	Wochentag	Tageszeit	CHF	h	d	h	Fz/h			Mio. CHF/a
Var. A	Montag-Freitag	07.00 - 09.00	3.00	2	250	500	1'500	90%	1'350	2.0
	Montag-Freitag	16.00 - 20.00	2.50	4	250	1'000	1'500	80%	1'200	3.0
Total Variante A						1'500				5.0
Var. B	Montag-Freitag	06.00 - 07.00	1.00	1	250	250	1'500	60%	900	0.2
	Montag-Freitag	07.00 - 09.00	4.00	2	250	500	1'500	90%	1'350	2.7
	Montag-Freitag	09.00 - 16.00	1.00	7	250	1'750	1'500	60%	900	1.6
	Montag-Freitag	16.00 - 20.00	3.00	4	250	1'000	1'500	80%	1'200	3.6
	Samstag-Sonntag	11.00 - 22.00	1.00	11	110	1'210	1'500	60%	900	1.1
Total Variante B						4'710				9.2

Figur 46

Die Bruttoeinnahmen dürften sich damit zwischen 5 und 10 Mio. CHF pro Jahr bewegen. Unter Berücksichtigung der Betriebskosten inkl. Kapitalkosten von 3 Mio. CHF/Jahr ergeben sich Nettoeinnahmen von zwischen 2 und 6 Mio. CHF/Jahr. Die Erhebungskosten pro Fahrzeug, das die Value Spur benützt, betragen 1 CHF (Tarifplan B) bis 2.50 CHF (Tarifplan A).

³¹ Im Forschungsprojekt PRIMA wurde Frage der Zahlungsbereitschaft von Schweizer Automobilisten in Expertengesprächen qualitativ thematisiert.

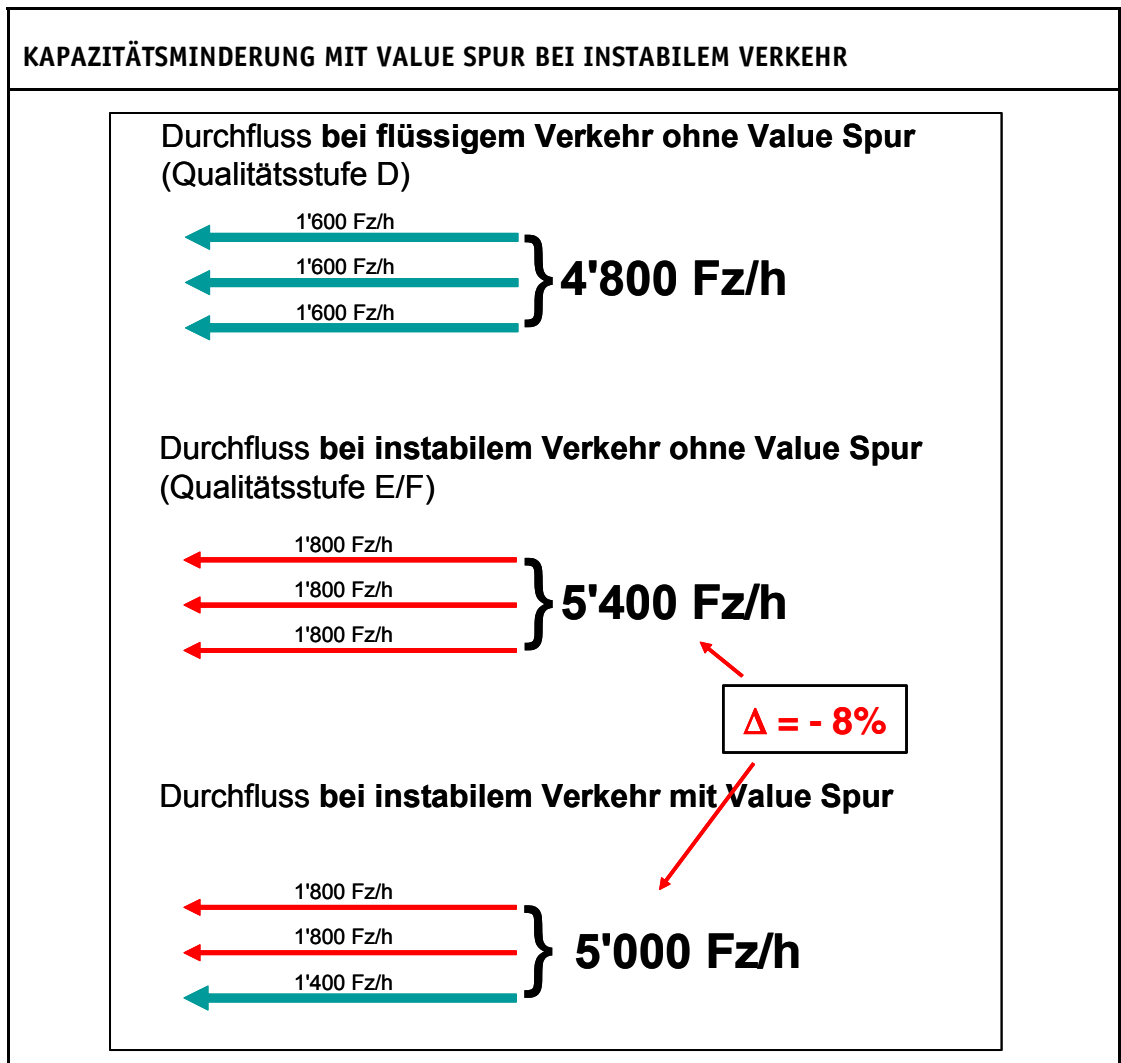
³² Forschungsprojekt SVI 2005-04 Einbezug von Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens, voraussichtlicher Abschluss Dezember 2006.

Das schlechte Verhältnis zwischen den Kosten des Erhebungssystems und den Einnahmen ergibt sich aus dem Umstand, dass das System nur während einem Sechstel (Tarifplan A) bzw. der Hälfte der gesamten Jahresbetriebszeit (Tarifplan B) Einnahmen generiert, die fixen Kosten jedoch permanent anfallen. Dieses Phänomen ist bei allen Road Pricing Systemen zu beobachten, welche darauf ausgelegt sind, Verkehrsspitzen zu brechen.

7.4.2. VERKEHRSTECHNISCHE MACHBARKEIT

Die grösste Herausforderung des Value Pricing liegt darin, dass das System nur dann funktioniert, wenn die Value Spur nicht zuviel aber auch nicht zu wenig Verkehr erhält. Dies lässt sich nur zu einem gewissen Grad über den Tarif steuern, weil der Tarif nicht gemäss effektivem Verkehrsaufkommen in Echtzeit festgelegt wird, sondern aufgrund von historischen, statistischen Werten.

Eine besondere Herausforderung ergibt sich aus dem Umstand, dass die Value Spur die Kapazität des Querschnitts nur gegenüber dem Fall „totaler Verkehrskollaps“ erhöht, wie in Figur 17 gezeigt (Kapazitätserhöhung > 50%). Anders ist dies bei der Situation „stockender Verkehr“ (Figur 47), wo die Kapazität um 5% abnimmt. Die Modellrechnungen auf der Strecke Augst-Basel zeigen, dass der linke Fahrstreifen auch bei stockendem Verkehr auf den beiden anderen Fahrstreifen flüssig befahren werden kann und ein höherer Durchfluss hat, als dies auf der Value Spur möglich ist, weil dort gegenüber dem theoretischen Wert von 1'500 Fz/h immer eine gewisse Reserve für Schwankungen vorgehalten werden muss (Annahme 10%, d.h. max. Durchfluss 1'350). Praktisch bedeutet dies, dass bei zunehmender Verkehrsmenge die Value Spur dazu beiträgt, dass der Stau eher früher eintritt, dass sie jedoch massiv hilft, wenn er einmal aufgetreten ist. Es muss bezweifelt werden, dass es gelingt, das System mit der Bepreisung so fein zu steuern, dass es nicht zum „Flip-Flop“ Stau - stockender Verkehr - Stau kommt, besonders wenn man bedenkt, dass Witterungs- oder Lichteinflüsse eine grössere Auswirkung auf die Kapazität haben.



Figur 47

Bei bester preislicher Nachfragesteuerung auf der Value Spur kann es vorkommen, dass auch die Value Spur überläuft, d.h. dass es an ihrem Ende Rückstaus gibt. Dies insbesondere, weil der kritischste Querschnitt der A2 in Richtung Basel/Deutschland im Abschnitt Gellertdreieck und damit unterhalb des Endes der Value Spur liegt. Im Abschnitt Anschluss Hagnau bis Basel Breite wird nach der Ausfahrt Basel Süd ein Fahrstreifen abgebaut (Verengung von 3 auf 2 Fahrstreifen). Erst nach der Vereinigung mit dem Südast des Gellertdreiecks Basel Süd- Basel Breite ist die Stammlinie der A2 wieder 3-streifig. Zurzeit werden vom Hochbau- und Planungsamt (HPA) des Kantons Basel-Stadt Überlegungen angestellt, wie dieser Engpass behoben werden könnte.

Durch die Value Spur wird die Kapazität des Autobahnabschnittes der A2 zwischen der Verzweigung Augst und der Ausfahrt Basel City/Süd erhöht und damit auch das Verkehrsaufkommen an der Ausfahrt Basel-City/Süd und an der Fortsetzung der Autobahn in Richtung Grenzübergang Basel/Weil am Rhein. Bereits heute ist an der Ausfahrt Basel-City/ Süd am Morgen verkehrsreicher Tage ein Rückstau bis auf die Autobahn zu verzeichnen. Voraussetzung für das Gelingen der Kapazitätserweiterung durch eine Value Spur an diesem Autobahnabschnitt sind folgende beide Punkte:

- › Die Lösung von Kapazitätsengpässen an der Ausfahrt Basel-City/Süd (Projekt „Kapazitätserhöhung Osttangente“³³)
- › Die Gewährleistung des Verkehrsflusses zwischen Basel-Süd und dem Grenzübergang Basel/Weil am Rhein

Eine Implementierung der Value Spur vor Inbetriebnahme kapazitätssteigernder Massnahmen auf der Osttangente macht keinen Sinn.

Bei einer Detailplanung sind in besonderer Weise auch die zusätzlichen Verflechtungen des Verkehrs zu berücksichtigen, die durch die Value Spur an ihrer Einfahrt und an ihrer Ausfahrt notwendig werden. Verflechtungen stellen immer auch ein besonderes Gefahrenpotenzial aber auch eine Reduktion des Verkehrsflusses dar.

Da die hier dargestellte Value Spur auf dem bestehenden Strassennetz errichtet werden soll und nicht als zusätzliche Fahrspur geplant ist, ist der zur Verfügung stehende Raum sehr begrenzt. Dies muss vor allem bei der Planung und Errichtung der strassenseitigen Anlagen des DSRC-Systems und des Enforcement-Systems Berücksichtigung finden. Durch die Beschränkung der Nutzung der Value Spur auf PWs wird diesem Tatbestand bereits in den oben dargestellten Überlegungen Rechnung getragen.

Staus auf der Value Spur untergraben die Glaubwürdigkeit des Systems. Im Minimum sollte das System in der Lage sein, Staus auf der Value Spur zu erkennen und bei Stau keine Gebühr abzubuchen. Daneben sind weitergehende Rückerstattungen, Umtriebsentschädigungen und Kundenbindungsrabatte, ins Auge zu fassen, wie sie im Transportwesen üblich sind.

Besondere betriebliche Probleme ergeben sich bei Schneefall. Deren Lösung muss in Zusammenarbeit mit den Unterhaltsdiensten erst noch erarbeitet werden.

³³ Projekt Kapazitätserhöhung Osttangente des HPA (Hochbau- und Planungsamt) Basel Stadt, 2005

7.4.3. KOMBINATION VALUE SPUR/SONDERSPUR FÜR FAHRZEUGE MIT HOHEM BESETZUNGSGRAD

Um auf den Besetzungsgrad (Personen pro Fahrzeug) positiv einzuwirken, wird dieser mit in das Tarifsystem aufgenommen. Bei zwei Personen pro Fahrzeug sind noch 50% des oben angegebenen Tarifs zu zahlen, ab drei Personen ist die Benutzung der Value Spur frei.

Der heutige Besetzungsgrad liegt an Wochentagen (Montag bis Freitag) bei 1.45, Samstagen bei 1.94 und an Sonntagen bei 2.14. Dies ergibt einen Durchschnittswert von 1.59 an allen Tagen.

BESETZUNGSGRAD: ANZAHL PERSONEN PRO AUTO (IN %)			
Personen	1	2	3+
Arbeit	91	7	2
Ausbildung	87	10	2
Einkauf	46	23	10
Geschäft/Dienst	86	11	3
Freizeit	57	29	15
Service-/Begleitweg	37	41	23

Tabelle 23 Quelle: Hintergrundbericht zu "Mobilität in der Schweiz" Mikrozensus Verkehrsverhalten 2000 (ARE 2001).

Sonderfahrstreifen auf Autobahnen für Fahrzeuge mit hohem Besetzungsgrad sind in den USA verbreitet (HOV-Lanes). In den in den letzten Jahren wurden sie auch in europäischen Agglomerationen eingeführt (Figur 48).

EINFAHRT IN EINE REVERSIBLE HOV/BUS SPUR IN MADRID.

Figur 48 Foto: M. Rapp.

Das Problem von Sonderfahrstreifen für Fahrzeuge mit hohem Besetzungsgrad liegt beim Enforcement. Es gibt noch keine zuverlässige Methode für die automatisierte Feststellung des Besetzungsgrades. Erfahrungen aus den USA haben gezeigt, dass selbst bei Koppelverfahren (visuell und thermisch) bei der reinen automatischen Kontrolle nicht die erforderliche Genauigkeit erzielt wird. Der Besetzungsgrad muss durch die Polizei am Ort der Übertretung kontrolliert werden. Dies wiederum erfordert Abstellflächen für Polizeifahrzeuge und kontrollierte Fahrzeuge (Beispiel Figur 49).

ABSTELLFLÄCHEN FÜR KONTROLLFAHRZEUGE DER POLIZEI NEBEN DER REVERSIBLEN HOV/BUS SPUR IN MADRID



Figur 49 Foto: M. Rapp.

Für die Value Spur Augst-Basel wird ein manuelles Kontrollverfahren als nicht durchführbar angesehen, weshalb empfohlen wird, auf die Kombination von Value Spur und HOV-Spur zu verzichten.

7.4.4. QUALITATIVE EVALUATION NACH KRITERIEN

Die folgende Tabelle gibt eine qualitative Übersicht über die Bewertung der vorliegenden Fallstudie nach diversen Kriterien.

GROBEVALUATION DER FALLSTUDIE VALUE PRICING A2 AUGST-BASEL	
Kriterium	Value Pricing Basel
Beitrag zur Verkehrsbeeinflussung	●●
Beitrag zum Finanzierungsziel	● kein Finanzierungsziel, nur Lenkungsziel
Reduktion Umweltbelastung	●● Abbau der Anzahl vom Stau betroffener Fahrzeuge
Machbarkeit und Praktikabilität	●● Abhängig von weiteren Verkehrsmanagement-Massnahmen auf der Osttangente in Basel-Stadt. Verkehrstechnische Praktikabilität kann nicht schlüssig beantwortet werden.
Kompatibilität mit anderen Systemen	●●●●● Gleiche Ausrüstung wie andere europäische DSRC-Systeme
Dynamisierbarkeit	●●● Räumlich ausdehnbar auf andere geeignete Autobahnabschnitte

Tabelle 24 Legende: Zielerfüllungsgrad

- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering

7.4.5. AKZEPTANZFRAGEN

Die Idee einer Value Spur auf der Autobahn A2 im Abschnitt Augst-Basel wurde erstmals in einem Bericht der Handelskammer beider Basel aufgegriffen und wird seither in Zusammenhang mit Road Pricing Diskussionen eifrig diskutiert.

Die Argumente dagegen sowie deren Entgegnung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

MÖGLICHE VORBEHALTE GEGENÜBER EINEM VALUE PRICING	
Argument gegen die Einführung einer Value Spur Augst-Basel	Entgegnungen
Autobahn ohnehin überlastet, die Abtrennung eines Sonderfahrstreifens reduziert die Kapazität zusätzlich	Der Verkehrsfluss auf dem Sonderfahrstreifen ist höher als wenn der Fahrstreifen nicht bewirtschaftet wäre, d.h. die Gesamtkapazität der Strecke nimmt zu.
Value Spuren sind unsozial: die „Reichen“ können fahren – die „Armen“ stehen im Stau	Viele Dienstleistungen werden mit unterschiedlichen Qualitätsstufen zu unterschiedlichen Preisen angeboten. Die hohen Preise bei innerstädtischen öffentl. Parkgaragen werden nicht als unsozial angesehen. Amerikanische Erfahrungen zeigen, dass sich auch viele weniger zahlungskräftige Autofahrer mit einem Value Spur DSRC-Tag ausrüsten, um die Spur benützen zu können, wenn sie in Eile sind oder zu einer fixen Zeit am Ziel sein müssen.
Gebühren erheben ohne zusätzliche Infrastruktur anzubieten, ist „Abzockerei“	Wenn die Einnahmen zur Finanzierung von Verkehrsinfrastrukturen oder für deren Betrieb benützt werden, entfällt dieses Argument.

Tabelle 25

7.5. ERKENNTNISSE

Die Fallstudie zeigt, dass der Einsatz eines Pricing-Systems für die Bewirtschaftung von stark belasteten Strassenstücken grundsätzlich zu einem höheren Durchfluss führen kann. Dies ist aber nur bei totalem Verkehrszusammenbruch der Fall. Es gibt auch Belastungszustände, wo die Value Spur tendenziell zur Verminderung des Durchflusses führen kann. Die Umsetzung ist eine grosse steuerungstechnische Herausforderung. Eine notwendige Voraussetzung für die Machbarkeit sind die weitergehenden Kapazitätssteigerungsmassnahmen auf der Osttangente in Basel, die realisiert sein müssten, wenn man die Idee Value Spur weiter verfolgen möchte..

Zurzeit werden auf dem betrachteten Abschnitt 166 Staustunden aufgrund von Verkehrsüberlastung festgestellt. Bei Staus erhöht sich die Durchfahrtszeit um bis zu 15 Minuten.

Das Value Spur Erfassungssystem beruht auf einer obligatorischen Ausrüstung der Fahrzeuge mit einem DSRC-Tag. Der Tag weist die Fahrzeuge über die Fahrberechtigung aus und dient der Erfassung der Benützung der Value Spur im Hintergrundsystem zwecks periodischer Rechnungsstellung. Die Kontrolle erfolgt automatisch und für die Sanktionen werden die gleichen Abläufe benützt wie bei den automatischen Geschwindigkeitskontrollen.

Solange wenig über die Zahlungsbereitschaft von Automobilisten für die Vermeidung von Staus bekannt ist, müssen bei der Tariffestsetzung hypothetische Annahmen getroffen

werden. Es wird angenommen, dass sich die Tarife während der Spitzenzeit zwischen 3 und 4 CHF bewegen dürften. Aufgrund der Ganglinien würden die Gebühren an 1'500 Stunden pro Jahr erhoben. Ob während verkehrsstarken Zwischenzeiten auch Gebühren erhoben werden sollen und wie hoch diese sein sollten, ist später abzuklären. Weil die Gebühren während den Nicht-Spitzenzeiten relativ klein angesetzt werden müssten, fallen sie trotz hoher Stundenzahl für die Gesamteinnahmen nicht besonders stark ins Gewicht.

Unter den getroffenen Annahmen ist mit Bruttoeinnahmen von 5 bis 10 Mio. CHF/Jahr zu rechnen und nach Abzug der Erhebungskosten (Investition und Betrieb) mit Nettoeinnahmen von 2 bis 6 Mio. CHF/Jahr. Das Verhältnis zwischen Kosten und Einnahmen ist so schlecht, weil die Einnahmen nur während einer beschränkten Zeit anfallen.

Auf eine Differenzierung nach Besetzungsgrad in den Fahrzeugen muss verzichtet werden. Die Erfassung und Kontrolle ist mit allzu hohem Aufwand und Unsicherheiten verbunden.

Bei der technischen Machbarkeit sind die offenen Fragen bezüglich Spur-Abtrennung mit flexiblen Elementen und Schneeräumung gesondert abzuklären.

8. FALLSTUDIE 3: UMFASSENDES GEBIETSPRICING IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH

8.1. AUSGANGSLAGE UND ZIEL

Hoher Finanzbedarf für Verkehrsinvestitionen

Die Agglomeration Zürich ist der grösste Wirtschaftsraum der Schweiz, umfasst 1.2 Mio. Einwohner/innen und überschreitet längst die Kantonsgrenzen. Entsprechend gross ist die Dynamik, was sich auch auf den Verkehrsbereich auswirkt. Mit der Gesamtverkehrsstrategie, dem Agglomerationsprogramm und den regionalen Gesamtverkehrskonzepten hat der Kanton Zürich – in Zusammenarbeit mit den umliegenden Kantonen – aufgezeigt, welche zukünftige Verkehrsinfrastruktur notwendig ist, um die siedlungspolitisch erwünschte Verdichtung nach innen zu fördern und die wachsende Verschlechterung der Verkehrsqualität zu verhindern. Dazu sind sowohl Grossprojekte für Strasse und Schiene als auch diverse kleinere Massnahmen für alle Verkehrsträger notwendig. Der Finanzbedarf für diese Projekte liegt in einer Grössenordnung von mehreren Milliarden Franken.

Die Grenzen des heutigen Finanzierungssystems

Der Kanton Zürich finanziert seine Strasseninvestitionen mit einem Strassenfonds, der gespiesen wird durch die Einnahmen der kantonalen Motorfahrzeugsteuer und den Strassenverkehrsbeiträgen des Bundes (inkl. LSVA). Nach sechs gescheiterten Volksabstimmungen für eine Erhöhung der Motorfahrzeugsteuer (vor allem Anpassung an die heutige Kostenbasis) ist die Akzeptanz für eine Weiterentwicklung dieser Einnahmenquelle äusserst beschränkt.

Für Infrastrukturinvestitionen für den öffentlichen Verkehr existiert ein Verkehrsfonds, der jährlich aus Budgetgeldern gespiesen wird. Auch dieser Fonds gerät mit den zunehmenden Finanzproblemen des Kantons immer stärker unter Druck.

Verkehrsmanagement für eine verbesserte Auslastung der heutigen Kapazitäten

Nach Eröffnung des Baregg隧NELs haben die Verkehrsströme nach Zürich vor allem auf den Tangentialrouten (Nordumfahrung) stark zugenommen, was zu vermehrten täglichen Staus in den Spitzenzeiten führt. Für eine verbesserte Steuerung der knappen Verkehrskapazitäten hat der Kanton deshalb ein Verkehrsbeeinflussungssystem eingerichtet. Mit einer Dosierung der Autobahnzufahrten in der Umgebung von Zürich (v.a. Limmattal, Glattal, sog.

Ramp Metering) wird die Zufahrtskapazität begrenzt. Basierend auf einer ersten Auswertung hat der Kanton damit positive Erfahrungen gemacht.

Erster Workshop mit Vertretern von Bund, Stadt und Kanton zur Road Pricing Modellen

Der Kanton und die Stadt Zürich haben im Zusammenhang mit der Evaluation von Strassenvarianten (zunächst Seetunnel, dann Stadttunnel) den Einsatz von Road Pricing (v.a. für die Finanzierung) geprüft. Dabei hat sich gezeigt, dass die Umsetzung einer solchen Objektmaut relativ schwierig ist (problematische Einbettung ins Netz, grosse Ausweicheffekte, keine Generierung der notwendigen Einnahmen). Im Rahmen eines gemeinsamen Workshops im Herbst 2004 sind verschiedene Stossrichtungen grob geprüft worden (s. folgende Tabelle):

GRUNDMODELLE FÜR ROAD PRICING IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH				
Modell	Ziel	Ansatzpunkte	Verwendung Einnahmen	Ausgestaltung
Objektmaut	Finanzierung	Stadttunnel	Direkte Finanzierung, mit Betreibermodell	Maut auf neuem Abschnitt (DSRC)
Innenstadtkordon	Verkehrsbeeinflussung Stadt	Innenstadtkordon	Aufteilung Stadtkanton	Zeitlich differenzierte Abgaben (ANPR)
Aera Licensing, Stadtvignette	Verkehrsbeeinflussung Stadt	Gesamtes Stadtgebiet	Aufteilung Stadtkanton	Modell London evtl. zeitlich differenziert
HLS-Pricing	Verkehrsbeeinflussung und Finanzierung	HLS-Netz plus Teile Stadtnetz	Kanton	Autobahnmaut (DSRC)
Umfassendes Gebietspricing	Verkehrsbeeinflussung und Finanzierung	Stadtgebiet plus HLS-Netz und evtl. Teile von Agglo.	Stadt und Kanton	Kordon plus Abschnittsmaut, zeitl. differenziert
Value Pricing	Differenzierung Level of Service	Stadttunnel, 3. Gubriströhre, Glat-talautobahn K10	Finanzierung der Ausbauten	Pay Lane Prinzip

Tabelle 26

Der Workshop hat ergeben, dass insbesondere ein umfassendes Gebietspricing am ehesten die Kriterien für ein zweckmässiges System erfüllen könnte. Gleichzeitig ist auch erkannt worden, dass die einzelnen Modelle mögliche zeitliche Etappen hin zu einem komplexeren System sein könnten.

Ziel der Fallstudie

Die Fallstudie knüpft an die obigen Erkenntnisse an. Ziel ist es, eine Ausgestaltung inkl. Entwicklungspfad zu skizzieren, die sowohl Ansprüche bezüglich Verkehrsmanagement wie auch Finanzierung erfüllt und sowohl einen Lösungsbeitrag in der Stadt Zürich als auch auf den umliegenden Netzteilen leisten kann. Aufgrund der Komplexität hat diese Fallstudie in erster Linie den Charakter einer Skizze, als Idee und Anknüpfungspunkt für weitere Vertiefungen. Dies gilt insbesondere auch für die Auswirkungenanalysen.

8.2. CHARAKTERISIERUNG

8.2.1. RÄUMLICHE ABGRENZUNG UND SYSTEMABGRENZUNG

Die Fallstudie zu einem Road Pricing in der Region Zürich umfasst sowohl die Stadt Zürich als auch die nahen Agglomerationsgebiete inklusive den Hochleistungsstrassen um Zürich herum. Der Grund für den Einbezug von Stadt und Agglomeration mit HLS- und HVS-System³⁴ liegt in der Tatsache, dass die Verkehrsprobleme in der Region Zürich nicht nur die Innenstadt, sondern auch die Agglomerationen sowie die stadtnahen Autobahnen betreffen. Damit unterscheidet sich Zürich von anderen Grossstädten wie London oder Rom, in denen die Verkehrsprobleme vor allem in der Innenstadt liegen und das Road Pricing diese Gebiete vom motorisierten Individualverkehr entlasten soll. In Zürich würde ein Road Pricing, welches nur das Stadtgebiet oder gar nur die Innenstadt umfasst, wenig Sinn machen. Bei einer alleinigen Bemautung der Stadt würde der Verkehr noch stärker auf das heute schon überlastete HLS-System sowie auf das HVS-Netz in der Agglomeration gedrängt. Damit ist auch der grundsätzliche Interessenskonflikt zwischen der Stadt und dem Kanton Zürich angesprochen, der sich aus den unterschiedlichen verkehrspolitischen Aufträgen von Stadt und Kanton ergibt. Während die Stadt Zürich vor allem Wert auf einen guten Verkehrsfluss (MIV und ÖV) auf den Hauptverkehrsstrassen innerhalb der Stadt legt, steht für den Kanton vor allem das Funktionieren des HLS- und HVS-Netzes im Vordergrund. Aus diesem Grund muss ein Road Pricing Modell in Zürich unbedingt sowohl die Stadt als auch die Agglomeration und das stadtnahe HLS- und HVS-Netz einbeziehen.

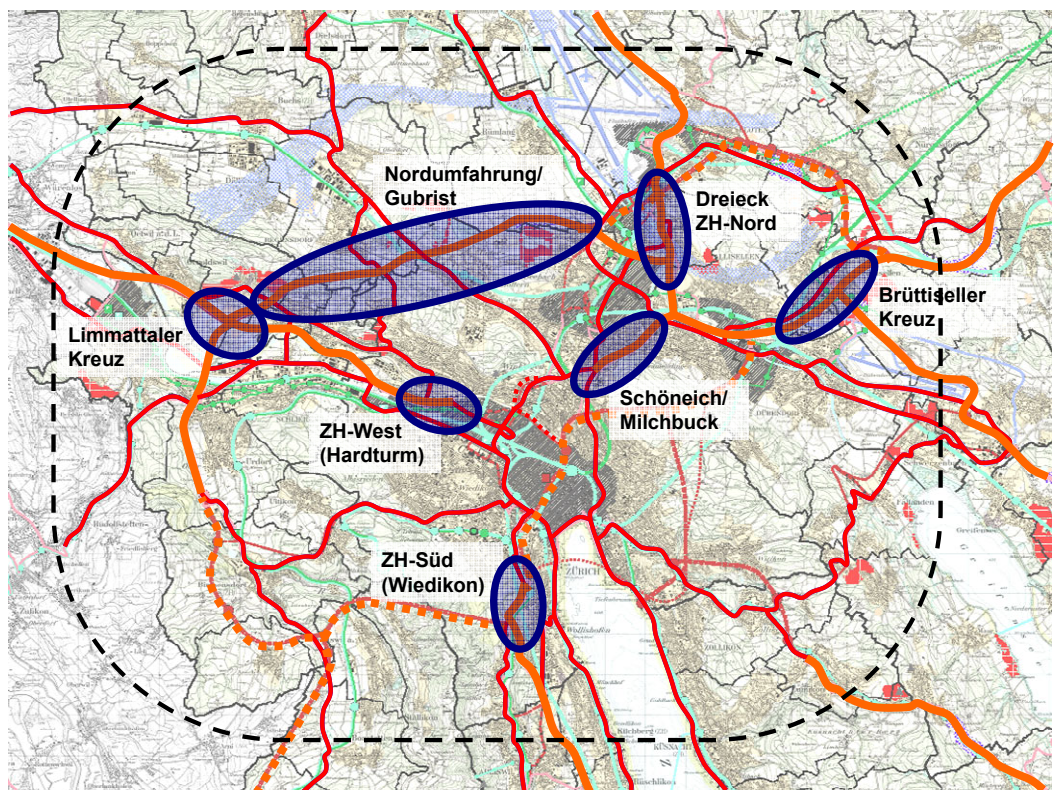
Die angenommene räumliche Ausdehnung des Road Pricing Gebiets in der Fallstudie zur Agglomeration Zürich ist in Figur 50 dargestellt. Im Westen reicht das Gebiet bis an die Kantonsgrenze (oder sogar noch darüber hinaus), im Norden bis nördlich des Flughafens, im

³⁴ HLS: Hochleistungsstrasse(n) wie Autobahnen, Autostrassen. HVS: Hauptverkehrsstrasse(n).

Osten bis über das Brüttiseller Kreuz (d.h. inklusive dem Anschluss der Oberlandautobahn A53) sowie dem Anschluss der Forchautobahn (A52) und im Süden bis zum Islisbergtunnel bzw. dem Gebiet südlich der neuen Autobahndreiecke Zürich-West und Zürich-Süd. Mit dieser räumlichen Abgrenzung gehören nebst der Stadt Zürich auch die Ortskerne verschiedener umliegender Gemeinden vor allem des Glatt- und Limmattals ins Road Pricing Gebiet (u.a. Opfikon-Glattbrugg, Wallisellen, Dietlikon, Kloten, Schlieren, Urdorf, Dietikon).

Strassenseitig wird wie erwähnt das HLS- und HVS-Netz einbezogen. Betreffend Fahrzeugkategorien konzentrieren wir uns auf die PW und Lieferwagen. Für den Schwerverkehr wären allenfalls differenzierte Zuschläge zur LSVa zu prüfen, damit auch er einen Beitrag zu einem verbesserten Verkehrsmanagement leisten kann. So könnten beispielsweise die heute bezüglich LSVa billigeren (weil kürzeren) Transitfahrten durch die Stadt gegenüber der Umfahrung verteuert werden.

RÄUMLICHE AUSDEHNUNG DES ROAD PRICING GEBIETS UND HEUTIGE ENGPÄSSE AUF DEM STRASSENNETZ IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH



Figur 50 Die breiten, hellen Strassen stellen das HLS-System dar (geplante Strassen gestrichelt), die schmalen, dunklen Strassen zeigen das HVS-System. Die eingefärbten Ellipsen zeigen die heutigen Schwachstellen des Strassennetzes, d.h. jene Abschnitte, die häufig von Stau betroffen sind.

Für die vorliegende Fallstudie in der Agglomeration Zürich kann ein öffentliches oder aber ein privates Betreibermodell gewählt werden. Bei einem öffentlichen Betreibermodell könnte beispielsweise der Kanton Zürich das Road Pricing System betreiben – idealerweise in enger Zusammenarbeit mit der Stadt Zürich und den betroffenen Agglomerationsgemeinden sowie auch dem Bund, dem das Nationalstrassennetz untersteht. Die der Ausgestaltung des Betreibermodells und die Kompetenzverteilung zwischen den einzelnen Institutionen soll auf die heutige (bzw. die nach der Einführung des NFA neu gültige) Aufgabenteilung der Institutionen abgestimmt werden.

8.2.2. HEUTIGE PROBLEMLAGE

Gesamtverkehr, Modalsplit

Die Agglomeration Zürich ist schweizweit die grösste und am dichtesten besiedelte Agglomerationsregion und damit auch die Region mit dem grössten Verkehrsaufkommen. Alleine in der Stadt Zürich gibt es an Werktagen fast eine Million MIV-Personenfahrten und rund 800'000 ÖV-Personenfahrten. Das Verkehrsaufkommen in der Agglomeration Zürich hat in den letzten Jahren sehr stark zugenommen und wird auch in den kommenden Jahren weiter steigen. Eine detaillierte Übersicht über die täglichen Personenfahrten in der Stadt Zürich sowie dem Glatt- und Limmattal ist im Annex 2 zu finden.

Die Tabelle 27 zeigt die modale Aufteilung des Gesamtverkehrs in der Agglomeration Zürich. Auffallend ist der hohe ÖV-Anteil in der Stadt Zürich (41%), während der ÖV im Glattal nur 30% und im Limmattal gar nur 23% des Gesamtverkehrs ausmacht. Verglichen mit ländlichen Gebieten ist aber auch der ÖV-Anteil im Limmattal und vor allem im Glattal noch ziemlich gross. Der verhältnismässig hohe Modalsplit ist auf die äusserst gute ÖV-Erschliessung der Stadt und Agglomeration Zürich zurückzuführen.

MODALSPLIT (TRIMODAL), NACH VERKEHRSLEISTUNG (PKM)			
	Binnenverkehr	Ziel-/Quellverkehr	Total
Stadt Zürich			
Langsamverkehr	35%	4%	18%
Mot. Individualverkehr (MIV)	23%	54%	41%
Öffentlicher Verkehr (ÖV)	42%	42%	41%
Glattal			
Langsamverkehr	k.A.	k.A.	16%
Mot. Individualverkehr (MIV)	k.A.	k.A.	54%
Öffentlicher Verkehr (ÖV)	k.A.	k.A.	30%
Limmattal			
Langsamverkehr	k.A.	k.A.	19%
Mot. Individualverkehr (MIV)	k.A.	k.A.	58%
Öffentlicher Verkehr (ÖV)	k.A.	k.A.	23%

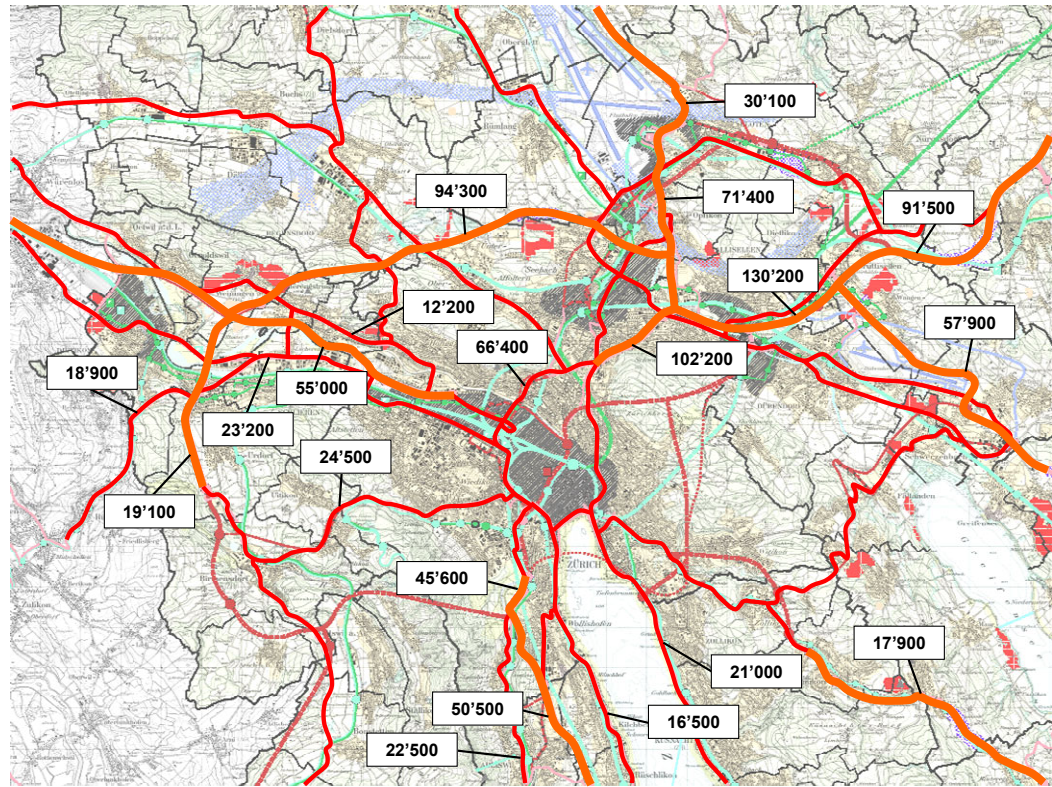
Tabelle 27 Die Zahlen umfassen nur den Ziel-/Quellverkehr sowie den Binnenverkehr, nicht aber den Transitverkehr. Die Modalsplits unterscheiden sich leicht von den Zahlen in Tabelle 47 im Annex, weil dort der Modalsplit nach Anzahl Personenfahrten angegeben ist und hier nach Verkehrsleistung (pkm).
Quelle: regionale Gesamtverkehrskonzepte der Stadt Zürich, des Glatttals und des Limmattals (AFV 2004a, 2004b, 2005).
Datengrundlage für die Zahlen: Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten (ARE 2001).

In der Agglomeration Zürich ist heute die Qualität des öffentlichen Verkehrs zwar sehr gut. Der ÖV stösst jedoch an verschiedenen Stellen an seine Grenzen. Vor allem beim Bahnverkehr gibt es einige Probleme. Zum einen gibt es Engpässe bei der Infrastruktur, zum anderen sind viele Strecken an der Kapazitätsgrenze bzw. überlastet. Mit der 3. Teilergänzung der S-Bahn soll ein Teil dieser Probleme gelöst werden.

Strassenverkehr: Verkehrsmengen und Verkehrsqualität

Figur 51 gibt einen Überblick über die durchschnittlichen täglichen Verkehrsmengen (DTV) auf verschiedenen Strassenabschnitten in der Stadt Zürich sowie der nahen Agglomeration.

TÄGLICHE VERKEHRSMENGEN (DTV) IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH



Figur 51 Die Zahlen geben den durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) auf dem entsprechenden Strassenabschnitt in beide Richtungen an (Anzahl Motorfahrzeuge im Jahresdurchschnitt). Die Zahlen stammen aus den Jahren 2003 bzw. 2004. Quelle: Verkehrszählungen des ASTRA und des Tiefbauamtes des Kantons Zürich (TBA) (www.verkehrsdaten.ch, www.laerm.zh.ch).

Im Tagesverlauf zeigen sich auf den am stärksten befahrenen HLS-Abschnitten zwei Spitzenzeiten: Die erste Spitze erfolgt am Morgen zwischen 6.30 und 9 Uhr, die zweite, höhere Spitze erfolgt am frühen Abend zwischen 16 und 19 Uhr. Im Annex 2 sind für ausgewählte Strassenabschnitte in der Agglomeration Zürich die Tagesgänge dargestellt.

Die morgendlichen und abendlichen Spitzenzeiten führen in der Agglomeration Zürich auf den stark belasteten Strassen oft zu Stau. In der Agglomeration Zürich staut sich der Verkehr vor allem auf den HLS-Umfahrungsstrassen sowie den HLS-Einfallsachsen in die Stadt. Die grössten Stauprobleme ergeben sich zurzeit am Gubristtunnel sowie dem Limmataler Kreuz. Dank der Einführung des „Tropfenzählersystems“ (Ramp Metering) konnten der Stau jedoch etwas reduziert werden. Fast täglich staut sich der Verkehr auch auf den Autobahnen im Glattal, v.a. am Brüttseller Kreuz sowie dem Dreieck Zürich Nord. Zudem kommt es auch auf den HLS-Einfallsachsen in die Stadt häufig zu Stausituationen (A1-Nordeinfahrt

Schöneichtunnel/Milchbuck, A3-Südeinfahrt ZH-Wiedikon/Sihlhochstrasse, A1-Westefahrt in ZH-Altstetten/Hardturm).

In der Stadt selber gibt es vergleichsweise wenig Staus, am ehesten an den stark befahrenen Transitachsen (z.B. Weststrasse, Seebahnstrasse) oder spezifischen Knoten (z.B. Quai-brücke). Überdies gibt es ausserhalb der Stadt in vielen Ortskernen der Agglomeration stark überfüllte Strassen und regelmässige Staus während den Spitzenzeiten.

Heute gibt es im Rahmen eines integrierten Verkehrsmanagements (IVM) bereits eine Reihe verschiedener Massnahmen zur Reduktion der Verkehrsmenge bzw. zur Verbesserung der Verkehrsqualität (Stauminderung) in der Region Zürich:

- › Rampenbewirtschaftung: „Tropfenzählersystem“ (z.B. im Limmattal und Glattal für die Bewirtschaftung der Kapazitäten im Gubrist-Tunnel)
- › Aufeinander abgestimmte Lichtsignalanlagen in Stadt und Agglomeration,
- › Parkplatzbewirtschaftung, insbesondere in der Stadt Zürich (Innenstadt-Regime, Anwohnerregime).

Finanzierungsprobleme

Zum heutigen Zeitpunkt ist die Finanzierung von diversen geplanten Verkehrsinfrastrukturprojekten in der Agglomeration Zürich noch nicht gesichert. Dabei handelt es sich sowohl um Projekte des öffentlichen Verkehrs als auch des Strassenverkehrs. Die wichtigsten Grossprojekte sind:

- › Strasse: Glattalautobahn (K10), Waidhaldetunnel, Stadttunnel.
- › ÖV-Schiene: Durchgangsbahnhof Löwenstrasse, diverse Ausbauten auf dem S-Bahn-Netz, Ausbau Tramnetz.

8.3. AUSGESTALTUNG

8.3.1. MÖGLICHE TEILSCHRITTE UND ETAPPEN

Die in den kommenden zwanzig Jahren geplanten bzw. bereits im Bau stehenden Erweiterungen der Strassenverkehrsinfrastruktur (v.a. des HLS-Systems) in der Agglomeration Zürich führen zu einer laufenden Veränderung und Verlagerung der Verkehrsprobleme. Ein Road Pricing in der Agglomeration Zürich bietet für jede Etappe und deren spezifischen Verkehrs- und Finanzierungsprobleme Lösungspotenziale. Eine etappenweise Einführung und Anpassung eines Road Road Pricings scheint aufgrund der sich ständig ändernden Prob-

lemlage zweckmässig. Die Etappierung erfolgt sinnvollerweise entlang der Inbetriebnahme der verschiedenen Ausbauprojekte. Tabelle 28 teilt die kommenden 20 Jahre in sechs Phasen ein und gibt eine Übersicht über die jeweiligen Verkehrsprobleme, Finanzierungsaspekte sowie möglichen Lösungspotenziale von Road Pricing.

ZEITLICH ETAPPIERTE EINFÜHRUNG VON ROAD PRICING IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH					
Zeitraum	Stand Verkehrsinfrastruktur	Verkehrsprobleme	Lösungspotenziale von RP	Intermodalität	Finanzierungsaspekte
Heute (2005)	Vor Eröffnung Westumfahrung und Üetlibergtunnel	Limmattaler Kreuz, Gubrist, Brüttiseller Kreuz, Stadteinfahrt Zürich Nordost	Brechen von Spitzen bei Nordumfahrung und Einfallsachsen in Stadt, gewisse Verlagerung von MIV auf ÖV auf Einfallsachsen in Stadt (von Nord, West und Süd)	Direkte ÖV-Alternative Glattal-Limmatthal fehlt weitgehend, viele ÖV-Strecken bereits an Kapazitätsgrenze, gew. Verlagerung auf Einfallsachsen möglich	Verwendung der Einnahmen z.B. für Ausbau des ÖV-Angebots (Einfahrt Innenstadt, Tangentialverbindung Glatt-/Limmatthal) sowie für flankierende Massnahmen zur Reduktion der Verdrängungseff.
2008	Nach Eröffnung Westumfahrung und Üetlibergtunnel	Innenstadt wird entlastet (v.a. Achse A3-A1-West), Nordumfahrung noch stärker belastet	„Füllen“ des neuen Gefässes Westumfahrung, Reduktion der Stadtdurchfahrten (z.B. A3-A1-West, A3-A1-Ost)	Dito wie oben. Eröffnung von 1. Etappe Glattalbahn bringt Verlagerung auf ÖV und Entlastung des Glattals/ ZH Nord.	Evtl. Verwendung der RP-Einnahmen für späteren Ausbau der Nordumfahrung (Gubrist)
2010	Inbetriebnahme A4, Knonaueramt	Druck von Süden (A3) auf Stadtnetz steigt	Durchfahrt durch Stadt erschweren, Mehrverkehr aus Zentralschweiz (A4) abfedern	Verlagerung von Mehrverkehr aus Zentralschweiz auf zusätzl. ÖV-Verbindungen. Ausbau von Strecke Kloten-Winterthur erhöht Modalspilt zw. Zürich und Winterthur.	Dito. Evtl. zusätzlicher Ausbau des ÖV-Angebots Zürich-Zentralschweiz

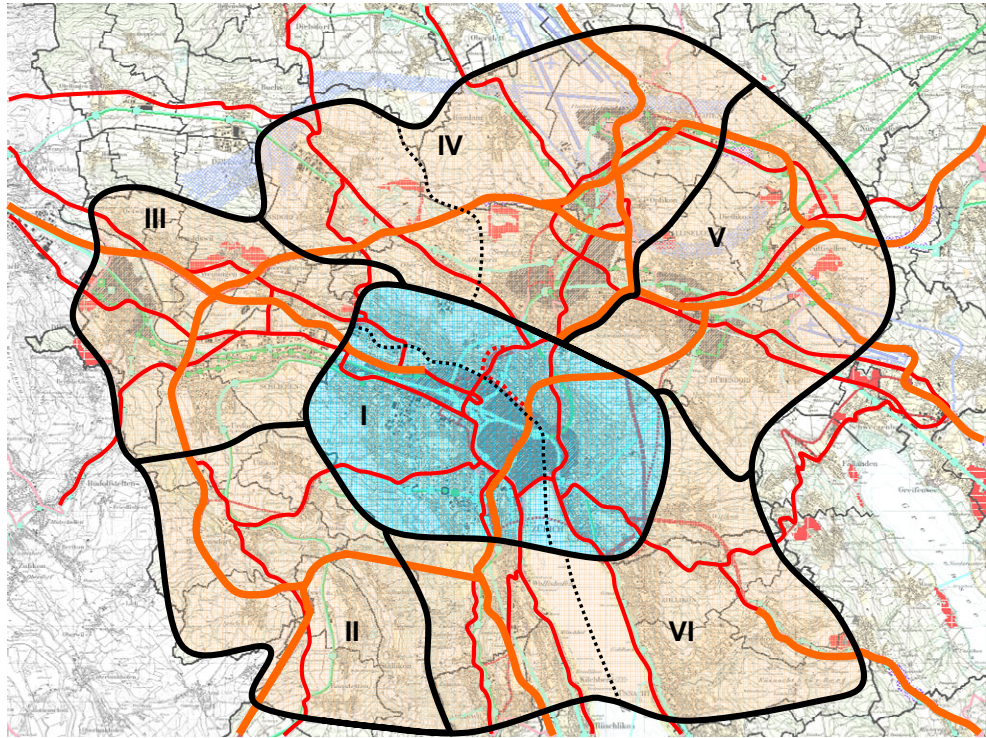
ZEITLICH ETAPPIERTE EINFÜHRUNG VON ROAD PRICING IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH					
Zeitraum	Stand Verkehrsinfrastruktur	Verkehrsprobleme	Lösungspotenziale von RP	Intermodalität	Finanzierungsaspekte
2013/15	Ausbau Nordumfahrung (Gubristtunnel)	Verlagerung des Flaschenhalses in Richtung Zürich Nord/ Ost/ Brüttis. Kreuz	Mehrverkehr Ost-West (A1) abfedern, Brechen von Spitzen in Zürich Ost. Verlagerung auf ÖV.	Ausbau von Glattalbahnhof bringt zusätzliche Entlastung und Verlagerung auf ÖV. Neuer Durchgangsbahnhof Löwenstrasse stärkt ÖV.	Verwendung von RP-Einnahmen aus Problemregion Zürich Nord/Ost für Bau von K10. Verwendung der Einnahmen für Bau Stadttunnel.
2020	Glattalautobahn (K10)	Verbindung A3-A1-Ost noch nicht gewährleistet, daher Innenstadt (Transit) immer noch stark belastet; verstärkte Probleme in Winterthur	Steuerung von Verkehr von Osten (A1) auf die Nordumfahrung bzw. von Nordost in die Stadt rein. Verlagerung auf ÖV.	Möglicher Zimmerberg-Basistunnel verbessert Verbindung Zürich-Zentralschweiz und erhöht Modalsplit.	Verwendung der Einnahmen für Bau Stadttunnel.
2025	Stadttunnel Zürich	Entlastung der Stadt (Transitachse), Entlastung der Nordumfahrung, Probleme wohl zunehmend auf HVS, z.B. in der Stadt und den nahen Agglo.gebieten	Füllen“ des neuen Gefässes Stadttunnel, Verhinderung der Transitdurchfahrt durch die Stadt. Verstärkte Verlagerung auf ÖV.		

Tabelle 28

8.3.2. WAHL DER ZONEN EINES UMFASSENDEN GEBIETSPRICINGS

Die folgende Abbildung zeigt die Ausdehnung des Road Pricing Gebiets sowie eine mögliche Einteilung in verschiedene Zonen. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen einer inneren Zone (Stadtzone) und äusseren Zonen (Agglomeration und HLS-Ring). Mit einem derartigen Zonensystem kann jede Zone separat bepreist werden, das heisst, bei der Durchfahrt durch jede Zone kann eine Abgabe erhoben werden. Die mögliche Ausgestaltung eines solchen Zonensystems wird im folgenden Kapitel genauer beschrieben.

ZONEN EINES ROAD PRICING MODELLS IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH



Figur 52 Die Karte zeigt das aktuelle sowie das geplante HLS- und HVS-Netz der Agglomeration Zürich, wie es ungefähr im Jahr 2025 aussehen könnte. Im Weiteren ist die mögliche Ausdehnung eines Road Pricing Gebiets (umfassendes Gebietspricing mit Zonen) dargestellt. Die Zone I stellt die innere Zone (Stadtzone) dar, die äussere Zone (Agglomerationszone) besteht aus den Zonen II bis VI. Die breiten, hellen Strassen stellen das HLS-System dar, die schmalen, dunklen Strassen zeigen das HVS-System. Die schwarzen Linien repräsentieren die Zonengrenzen.

Beschreibung und Begründung der Zonenfestlegung:

Die innere Zone umfasst das Stadtgebiet, ohne die beiden Kreise 11 und 12 sowie ohne die Quartiere Wollishofen und Leimbach. Die städtische Innenzone kann evtl. durch die Limmat in zwei Teile geteilt werden.

- › Grundsätzlich stimmt die innere Zone mit der Stadtgrenze überein. Die Kreise 11 und 12 im Glattal werden aus geografischen Überlegungen jedoch nicht mehr zur Stadtzone gezählt, weil die Linie Zürichberg – Käferberg – Hönggerberg die nördliche Grenze der Innenzone darstellt. Bei den regionalen Gesamtverkehrskonzepten (rGVK) des Kantons Zürich wurde im Übrigen gleich vorgegangen: die Stadtkreise 11 und 12 wurden nicht im rGVK der Stadt Zürich sondern im rGVK Glattal bearbeitet.
- › Die südlichen Quartiere Leimbach und Wollishofen werden nicht mehr zur Stadtzone gezählt, weil sich das künftige Autobahn-Dreieck Zürich-Süd in Wollishofen befinden wird.

Ziel ist es aber, dass der Umfahrungsring (mit Ausnahme des Stadttunnels) und die dazugehörigen Autobahnkreuze allesamt zur äusseren Road Pricing Zone gehören. Schliesslich soll man bei der Umfahrung der Stadt z.B. auf der Westumfahrung von West nach Süd nicht in die teurere Innenzone gelangen. Nur so kann der Transitverkehr effizient um die Stadt auf die HLS-Umfahrungsstrassen gelenkt werden.

Die äussere Zone (Agglomerationszone) umfasst das Agglomerationsgebiet rund um die bestehenden bzw. geplanten Teile des Autobahnringes um die Stadt Zürich. Der gesamte HLS-Umfahrungsring und alle Autobahn-Dreiecke mit den HLS-Einfallsachsen in die Agglomeration Zürich sowie die umliegenden Agglomerationsgemeinden gehören zur äusseren Road Pricing Zone. Die relevanten HLS-Einfallsachsen sind: A1-West im Limmattal, A51 Flughafenautobahn, A1-Ost bei Brüttisellen, A53 Oberlandautobahn, A52 Forchautobahn, A3-Süd am linken Seeufer, A4 Konaueramt.

- › Zur Agglomerationszone (Aussenzone) gehören damit die Zürcher Limmattalgemeinden (Urdorf, Dietikon, Schlieren, Ober-/Unteringstringen, Weiningen, Geroldswil, Oetwil a. d. L.), Regensdorf, das stadtnahe Glattal (Rümlang, Kloten, Bassersdorf, Opfikon-Glattbrugg, die Stadtzürcher Kreise 11 und 12, Wallisellen, Dietlikon, Wangen-Brüttisellen, Dübendorf), die stadtnahen Seegemeinden (Zollikon, Zumikon, Küsnacht, Kilchberg), die Stadtquartiere Wollishofen und Leimbach, im Sihltal Adliswil, sowie schliesslich die Gemeinden jenseits des Üetlibergs (Birmensdorf, Aesch, Uitikon, Stallikon, Wettswil, Bonstetten).
- › Die Agglomerationszone wird durch die heute bestehenden bzw. geplanten HLS-Zufahrtsachsen in die Agglomeration Zürich in fünf Sektoren geteilt:
 - › das Limmattal mit der A1-Westzufahrt,
 - › das nordwestliche Glattal mit der Flughafenautobahn (A51),
 - › das südöstliche Glattal mit der A1-Ostzufahrt sowie der Oberlandautobahn (A53),
 - › den Zürichsee mit der A3-Südzufahrt sowie der Forchautobahn (A52),
 - › das Knonaueramt inkl. Reppischtal mit der geplanten A4 aus Richtung Zentralschweiz.
- › Die Grenzen zwischen den einzelnen Agglomerationszonen werden mehrheitlich durch die Geografie festgelegt: Die zwei Glattalzonen (Zonen IV und V) werden durch die Linie Adlisberg – Zürichberg – Hönggerberg – Gubrist – Altberg von den Glattalzone, der Stadtzone und der Sezone abgetrennt. Die Grenze zwischen den beiden Glattalzonen wiederum verläuft zwischen den beiden HLS-Einfallsachsen Flughafenautobahn und A1. In Stadtnähe bildet die A1-Osteinfallsachse in die Stadt (zwischen Dreieck Zürich-Ost und dem Milch-

buck) die Grenze zwischen den beiden Glattalzonen. Im Südosten bildet die Albiskette mit dem Üetliberg die Grenze zwischen der Südwestzone und der Seezone.

› Mögliche zusätzliche Zonen sind:

- › Die städtische Innenzone kann durch die Limmat in zwei Teile geteilt werden: eine Zone südwestlich der Limmat (Kreise 2, 3, 4, 5, 9 und Teile von Kreis 1) und eine Zone nordöstlich der Limmat (Kreise 6, 7, 8, 10 und Teile von Kreis 1).
- › Die untere Glattalzone (Zone IV in Figur 52) kann in zwei Teile geteilt werden, sodass die westliche Teilzone das Gubrist-Ostportal sowie die Einfallsachsen aus dem Furttal umfasst.
- › Zweiteilung der Zürichseezone: eine Zone am rechten Seeufer (mit Forchautobahn A52) und eine Zone am linken Seeufer (mit A3).

8.3.3. ILLUSTRATIVES ROAD PRICING MODELL 2008

Als mögliches Startjahr eines Road Pricings wird bei der vorliegenden Fallstudie das Jahr 2008 angenommen. Zu diesem Zeitpunkt wird die Westumfahrung inkl. Üetlibergtunnel in Betrieb genommen. Dieser Zeitpunkt wäre für die Einführung von Road Pricing ideal, weil das Road Pricing einen Beitrag zur Lösung der dann neu auftauchenden Verkehrsbeeinflussungs- und Finanzierungsprobleme leisten kann³⁵.

Für das Jahr 2008 werden im Folgenden drei mögliche Varianten der Ausgestaltung von Road Pricing untersucht. Bei allen Varianten handelt es sich um eine Gebietsbepreisung („Area Licensing“). Die drei Varianten unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer räumlichen Ausdehnung und ihrer Komplexität. Grundsätzlich ist das Ziel bei allen drei Varianten eine umfassende Zonenbepreisung, wie in Figur 52 dargestellt. Es gibt jedoch verschiedene Wege, wie man zu einem solchen komplexen Zonensystem kommt:

- › **Von innen nach aussen:** Road Pricing beginnt in einer Kernzone und lässt die äusseren Gebiete in der Agglomeration noch beiseite.
- › **Sektorweise:** Road Pricing wird in einer Kernzone sowie zusätzlich in einzelnen Teilen der Aussenzonenzone eingeführt, in welchen ein spezifischer Problemdruck (Staus) herrscht.
- › **Umfassend:** Road Pricing wird direkt sowohl in der Innenzone als auch der gesamten Aussenzonenzone eingeführt.

³⁵ Es ist jedoch anzufügen, dass die kurze Implementierungszeit in der Praxis nicht ausreichen würde, um im Jahr 2008 ein Road Pricing System einzuführen. Vom Zeitpunkt des polit. Entscheids bis zur Einführung dauert es mind. 5–6 Jahre.

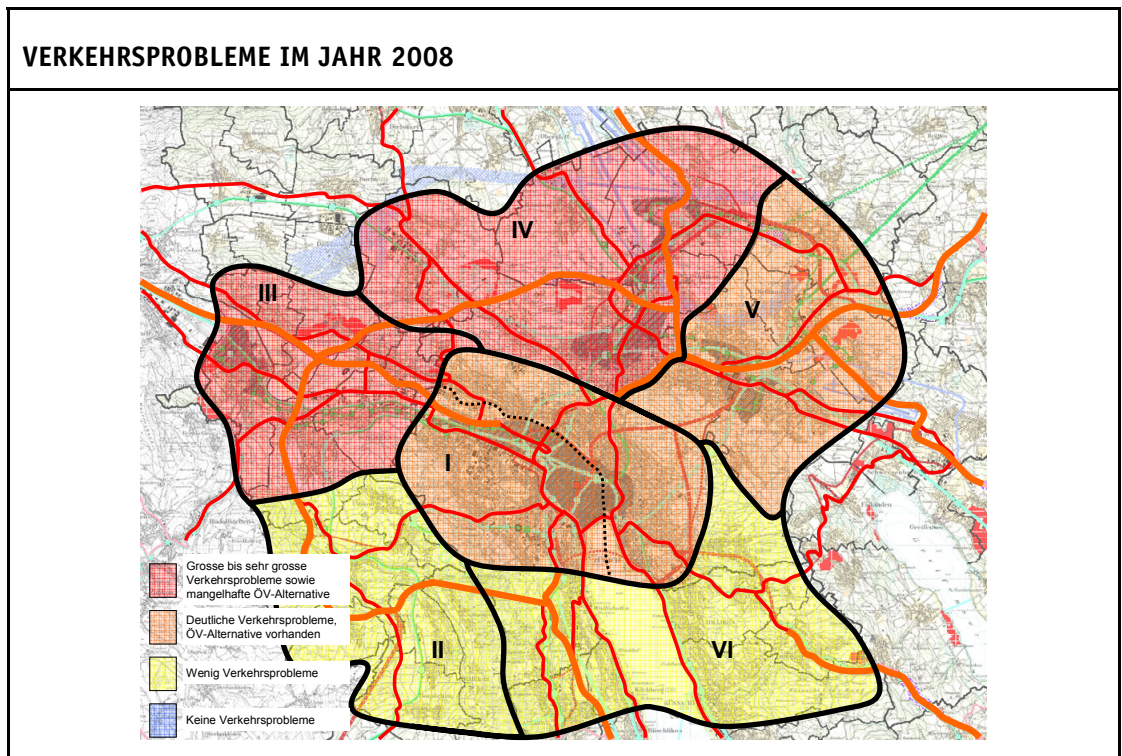
Diese drei Möglichkeiten der Einführung eines umfassenden Gebietspricings werden in dieser Fallstudie genauer dargestellt und untersucht.

Als Grundlage für den Beschrieb der drei ausgewählten Varianten werden zuerst aber kurz die Verkehrslage und -probleme in der Agglomeration Zürich im Jahr 2008 dargestellt.

Verkehrsprobleme 2008

Insgesamt sind die Verkehrsprobleme in der Agglomeration Zürich im Jahr 2008 nach der Inbetriebnahme der Westumfahrung weitgehend gleich wie heute. Überlastet sind hauptsächlich das HLS-System sowie z.T. die städtischen Transitachsen:

- › Überlastung mit Staus auf HLS-System im Limmattal (v.a. Limmattaler Kreuz, Gubrist) und Glattal (Brüttiseller Kreuz, Dreiecke Zürich Ost und Zürich Nord). Probleme vor allem während den Spitzenstunden abends und morgens.
- › Überlastung der Stadteinfahrtstrecken: im Nordosten (Schöneich-, Milchbucktunnel), z.T. im Süden (Brunau, Wiedikon) und Westen (Schlieren, Hardturm).
- › Starke Belastung der Innenstadt durch den Transitverkehr (Transitachse).
- › Aber: Verglichen mit heute wird die Innenstadt durch die Inbetriebnahme der Westumfahrung inkl. Üetlibergtunnel etwas entlastet, da ein Teil des Transitverkehrs (v.a. West-Süd) nun nicht mehr durch die Stadt geht.



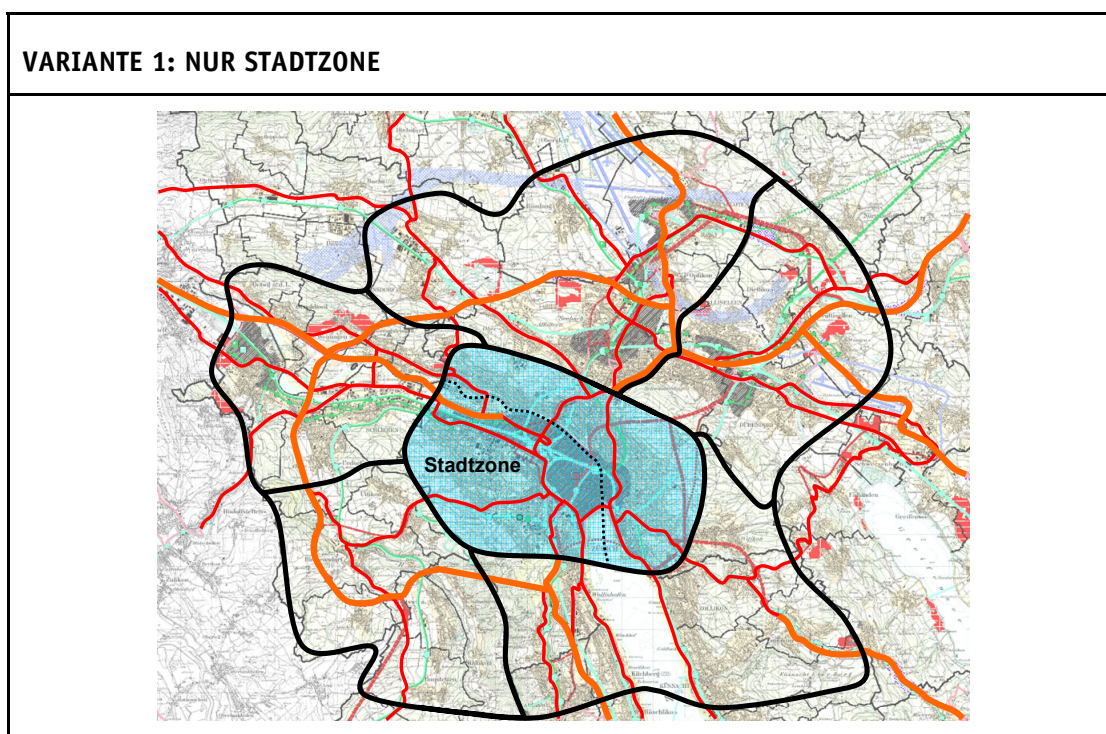
Figur 53 Situation nach der Eröffnung der Westumfahrung und des Üetlibergtunnels.

Variante 1: Nur Stadtzone

Die einfachste Variante und unterste Stufe bei der Einführung eines Gebietspricings in der Agglomeration Zürich umfasst das Stadtgebiet – in unserem Fall die so genannte Innenzone (Stadt Zürich ohne die Kreise 11 und 12 sowie ohne die Quartiere Wollishofen und Leimbach).

Verkehrliche Ziele:

- › Verlagerung des West-Süd- sowie Nord-Süd-Transitverkehrs aus der Stadt auf die neue Westumfahrung, welche mit Verkehr „gefüllt“ werden muss.
- › Generelle Reduktion des Transit- und Zielverkehrs in die Stadt Zürich.
- › Verlagerung von Verkehr auf den ÖV (Erhöhung Modalsplit).
- › Brechen der Stauspitzen auf den Stadteinfahrtstrecken.



Figur 54

Ausgestaltung der Tarife:

- › Grundtarif für die gesamte Stadtzone (=Innenzone): 4 CHF/Tag³⁶
- › Zuschläge:
 - › Stauzuschlag für die gesamte Stadtzone während Stauphasen³⁷: 2 CHF/Stauphase.
- › Preisreduktionen für Einwohner:
 - › Bewohner der Stadtzone: Haben die Möglichkeit, ein stark verbilligtes Jahresabonnement zu erwerben, mit dem sie freie Fahrt in der ganzen Stadtzone und zu allen Zeiten haben. Preis sollte stark reduziert sein, z.B. 100 CHF pro Jahr (entspricht 90% Preisreduktion auf 250 Tagstarifen).
 - › Bewohner von unmittelbar an Stadtzone angrenzenden Gebiete: Evtl. Reduktion auf Grundtarif und Stauzuschlag möglich oder ebenfalls verbilligtes „Jahresabonnement“.

³⁶ Die Größenordnung ist das Ergebnis einer Iteration, die sich an folgenden Eckpunkten orientiert: 1. Erzielen eines signifikanten Einnahmenpotenzials, das sich an der Größenordnung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer orientiert; 2. spürbare Größenordnung, um einen Beitrag zum Verkehrsmanagement leisten zu können; 3. Orientierung an den externen Grenzkosten (vgl. Kapitel 3.2.2).

³⁷ Täglich gibt es jeweils zwei Stauphasen: eine am Morgen von 6.30–8.30 Uhr und eine am Abend von 16.30–18.30 Uhr. Damit beträgt der Stauzuschlag pro Tag 4 CHF, wenn man morgens *und* abends zu den Stauzeiten unterwegs ist.

› Ermässigungen für emissionsarme Fahrzeuge: Im Sinne einer Fördermassnahme ist es wünschbar, dass emissionsarme Fahrzeuge (z.B. durch erneuerbare Energien angetriebene Fahrzeuge) von der Abgabe befreit sind (wie beispielsweise in London). In der Praxis ist dies aber nicht ganz einfach umzusetzen, weil damit für die OBU bzw. den TAG zwingend eine Fahrzeugbindung³⁸ gewährleistet sein muss, um einem Missbrauch vorzubeugen.

Technische Ausgestaltung (Erfassung, Enforcement):

Für die technische Ausgestaltung steht eine Kombination von Nahfunktechnologie (DSRC-System, für Erfassung) und Videotechnologie (ANPR, für Kontrolle) im Vordergrund. Alternativ dazu wäre auch eine reine Videolösung denkbar, wie sie bis jetzt in London angewandt wird. Eine reine Videolösung hat aber den Nachteil, dass das Enforcement relativ kostspielig ist, weil ein beträchtlicher Anteil der Kontrollschilder nicht automatisch gelesen werden können und manuell nachkontrolliert werden muss³⁹. Aus diesem Grund wird beim vorliegenden Road Pricing Modell also eine kombinierte DSRC-/Videotechnologielösung angenommen, weil dank der Fahrzeuge mit OBU die Kontrolle und auch die Einwahl einfacher wird. Bei den kürzlich in London durchgeführten „London Congestion Charging Technology Trials“ (TfL 2005b) ist eine derartige Kombination von DSRC- und Videotechnologie als interessante Lösung für die weitere Entwicklung des Londoner Road Pricing Modells identifiziert worden. Weil mit dieser kombinierten Technologie ein beträchtlicher Teil der Fahrzeuge automatisch erfasst werden kann, können die Betriebskosten erheblich gesenkt werden. Sowohl die DSRC- als auch die Video-Technologie sind in der Praxis mehrfach erfolgreich erprobt worden. Bei der Umsetzung der hier gewählten Kombinationslösung DSRC/Video müssen drei Nutzergruppen unterschieden werden:

› Fahrzeuge mit On-Board Unit (OBU): Häufige Strassenbenutzer, z.B. Einwohner der stadtnahen Umgebung sowie Pendler in die Stadt Zürich, können ihr Fahrzeug auf freiwilliger Basis mit einer On-Board-Unit (d.h. einem so genannten DSRC-Tag) ausrüsten⁴⁰. Damit können diese Nutzer an den entsprechenden DSRC-Mautstellen automatisch erfasst werden. Die OBU dient in diesem Fall als Echtzeiterfassungsgerät. Eine manuelle Einbuchung bzw. Registrierung fällt damit weg. Die Erfassung der Fahrt und damit auch die Ermittlung der Gebühr erfolgt automatisch. Die Fahrzeugbesitzer, welche beim Bezug ihrer OBU registriert werden (Kontrollschild, Zahlungsadresse bzw. Zahlungsmittel), müssen ihre Fahr-

38 Fahrzeugbindung bedeutet, dass die OBU eindeutig einem Fahrzeug zugeordnet wird und nicht übertragen werden kann.

39 In London können z.B. mit dem aktuellen System rund 70–80% der Kontrollschilder automatisch gelesen und erfasst werden. Beim Rest braucht es eine aufwändige, manuelle Nachbearbeitung.

40 Es ist offen, ob die Benutzer die Kosten der OBU selber tragen müssen oder diese kostenlos abgegeben wird.

ten periodisch (z.B. monatlich) bezahlen, d.h. die Gebühren werden erst im Nachhinein zusammengefasst beglichen (Post-Payment). Für die mit OBU ausgerüsteten Fahrzeuge ist ein umfassendes DSRC-Erfassungssystem („Funkbaken“) nötig.

- › Fahrzeuge ohne On-Board Unit (OBU): Alle Strassenbenutzer ohne OBU müssen ihre Fahrt manuell registrieren lassen. Die Registrierung (Autonummer, Fahrt) und Bezahlung kann über diverse Kanäle erfolgen: Einbuchungsterminals z.B. an Tankstellen (analog zu Billettautomaten im ÖV), Kiosk, Telefon, SMS oder Internet. Dabei muss der Nutzer seine Fahrt entweder im Voraus oder aber nach seiner Fahrt innerhalb von z.B. 24 Stunden registrieren und bezahlen.

Bei der Variante 1 mit wenigen Differenzierungen ist die manuelle Registrierung relativ gut machbar. Je komplexer und differenzierter das Road Pricing System jedoch wird, desto schwieriger und aufwändiger wird die manuelle Einbuchung.

- › Einwohner des Road Pricing Gebiets: Die Einwohner des Road Pricing Gebiets in der Stadt Zürich haben wie bereits erwähnt die Möglichkeit, ein stark verbilligtes Jahresabonnement zu erwerben, mit dem sie freie Fahrt in der ganzen Stadtzone geniessen. Besitzer eines solchen Abonnements werden ebenfalls mit einer OBU ausgerüstet, welches als Zahlungsbestätigung dient. Mit Hilfe der OBU werden die entsprechenden Fahrzeuge an den Kontrollstellen als Jahresabonnenten erkannt, die ihre Zahlung bereits geleistet haben. Einwohner der Stadtzone ohne OBU müssen jede einzelne Fahrt manuell registrieren lassen.

Für das **Enforcement** werden Videosysteme (ANPR) eingesetzt. Sie dienen bei allen drei Nutzergruppen zur Überprüfung und Einhaltung der Zahlungspflicht bei der Benutzung des gebührenpflichtigen Gebiets. Ein Teil der Video-Enforcement-Systeme sind *fix installiert*. Diese Videosysteme befinden sich idealerweise an derselben Stelle wie die Funkbaken. Kombinierte Mautanlagen mit Funkerfassung und Video-Enforcement sind technisch erprobt. Es existieren heute nebst den klassischen Baken auch Kandelabersysteme, die seitlich am Strassenrand angebracht sind. Solche Systeme wurden jüngst auch in London (bei den Technology Trials, TfL 2005b) getestet. Figur 41 und Tabelle 22 im Kapitel 0 zeigen die mögliche Ausgestaltung einer solchen kombinierten Anlage⁴¹. Zusätzlich zu den *fixen* Video-Enforcement-Stationen werden auch *portable* Videokontrollanlagen angewandt, deren Standorte periodisch verändert werden können. Als dritte Kontrollmöglichkeiten werden

41 Allerdings wäre bei der vorliegenden Fallstudie im Gegensatz zur HOV-Lane keine seitliche Kamera nötig.

überdies *mobile* Kontrollsysteme eingesetzt, die sich in Fahrzeugen befinden und von der Polizei analog zu Geschwindigkeitskontrollen eingesetzt werden können.

Für eine Zonenbepreisung wäre theoretisch eigentlich die GPS-Technologie die eleganteste Lösung. Damit würden – im Gegensatz zur Funk- bzw. Videotechnologie – spezifische Mautportale überflüssig. Die Grenzen der einzelnen Road Pricing Zonen könnten als virtuelle Grenzen bzw. virtuellen Mautportale definiert werden. Weil mittels GPS-Lösung die Fahrzeuge im Gegensatz zur DSRC- bzw. Videotechnologie nicht nur punktuell erfasst werden, könnte damit zudem der Ausweichverkehr verkleinert werden. Insgesamt weist die GPS-Technologie aber heute noch mehrere bedeutende Nachteile aus (z.B. Stromverbrauch, Kauf und Nachrüstung von GPS-Systemen in Fahrzeugen, Pufferbereich an der Zonengrenze etc.), wie sich unter anderem in den Technology Trials von London gezeigt hat (TfL 2005b). In London wird daher auch bei der Ausdehnung der Mautzone auf GPS verzichtet. Die GPS-Technologie wird noch als zu wenig ausgereift betrachtet für eine städtische Anwendung in London. Deshalb wird auch in dieser Fallstudie auf diese Technologie verzichtet.

Lage der Mautportale:

› In der vorliegenden Fallstudie zur umfassenden Gebietsbepreisung in der Agglomeration Zürich wird wie erwähnt eine Kombination DSRC-/Videotechnologie eingesetzt. Weil es sich um ein flächiges Bepreisungssystem handelt, sollten die DSRC-Erfassungsstationen einen möglichst grossen Teil des Strassennetzes abdecken. Prioritär müssen vor allem möglichst *alle Einfahrtsstrassen* in das Road Pricing Gebiet mit Erfassungsstationen ausgerüstet sein. Zusätzlich sollten auch an den wichtigsten Passagen innerhalb der Bepreisungszone Erfassungsanlagen angebracht werden. Bei der Variante 1 braucht es demnach an folgenden Orten DSRC-Erfassungsstationen:

- › An den HLS-Einfallachsen in die Stadtzone: A1-West (Schlieren), A1-Nordeinfahrt (Schöneich), A3-Süd (Brunau/Wiedikon).
- › An allen weiteren Zufahrtstrassen in die Stadtzone: linkes Seeufer (Seestr., Mythenquai, Bellariastr., Mutschellenstr., Scheideggstr., Allmendstr.), Waldegg, Altstetten (Badenerstr., Vulkanstr., Hätzlergasse, Bernerstr.), Höngg (Limmattal-, Rütihof-, Regensdorfstr.), Höneggerberg, Milchbuck/ Bucheggplatz (Käferholz-, Hofwiesen-, Wehntaler-, Buchegg-, Schaffhauser-, Winterthurer-, Frohburgstr.), Zürichberg (Zoo, Tobelhofstr., Witikonstr., Trichtenhausenstr.), Forchstr., rechtes Seeufer (Bellerive-, Seefeld-, Zolliker-, Bleuler-, Witellikerstr.). Weitere sehr kleine Einfahrtssträsschen und -wege müssen allenfalls mit einem Fahrverbot belegt werden, um Ausweichverkehr zu verhindern.

- › Zudem Erfassungsstellen an wichtigen Hauptverkehrsstrassen bzw. Brücken innerhalb der Stadt: z.B. Europabrücke, Hardbrücke, Kornhausbrücke, Walchebrücke, Bahnhofbrücke, Quaibrücke, Badenerstr., Rosengartenstr., Sihlquai, Universitätsstr., Birmensdorferstr. etc.
- › Insgesamt ergibt dies 45–50 DSRC-Kontrollstationen (gut 30 am Stadtrand und rund 10–20 innerhalb der Stadt).
- › Während die DSRC-Erfassungsstationen möglichst alle Einfahrtsstrassen abdecken müssen, braucht es nicht gleich viele stationäre Videokontrollstationen. Ein Teil der DSRC-Erfassungsstationen können mit fixen Videokontrollsystemen ergänzt werden (v.a. an den wichtigsten HLS- und HVS-Einfallachsen). Die weiteren Kontrollen können mittels portablen Kontrollanlagen sowie mobilen Systemen (in Fahrzeugen) erfolgen.

Einnahmenverwendungsmöglichkeiten:

- › Senkung von bestehenden Verkehrsabgaben, z.B. der kantonalen Motorfahrzeugsteuer.
- › Verwendung eines Teils der Einnahmen (z.B. Teil von Grundgebühr) für den ÖV (Durchgangsbahnhof Löwenstrasse, Ausbau des städtischen ÖV-Systems (Tram, Busse), Ausbau ÖV-Verbindungen wie z.B. Tangentialverbindung Glatt-/Limmattal).
- › Verwendung eines Teils der Einnahmen (z.B. Stauzuschläge) für den Ausbau des Gubrist und den Bau der K10.

Variante 2: Stadtzone plus Limmattal/Glattal (Gubrist)

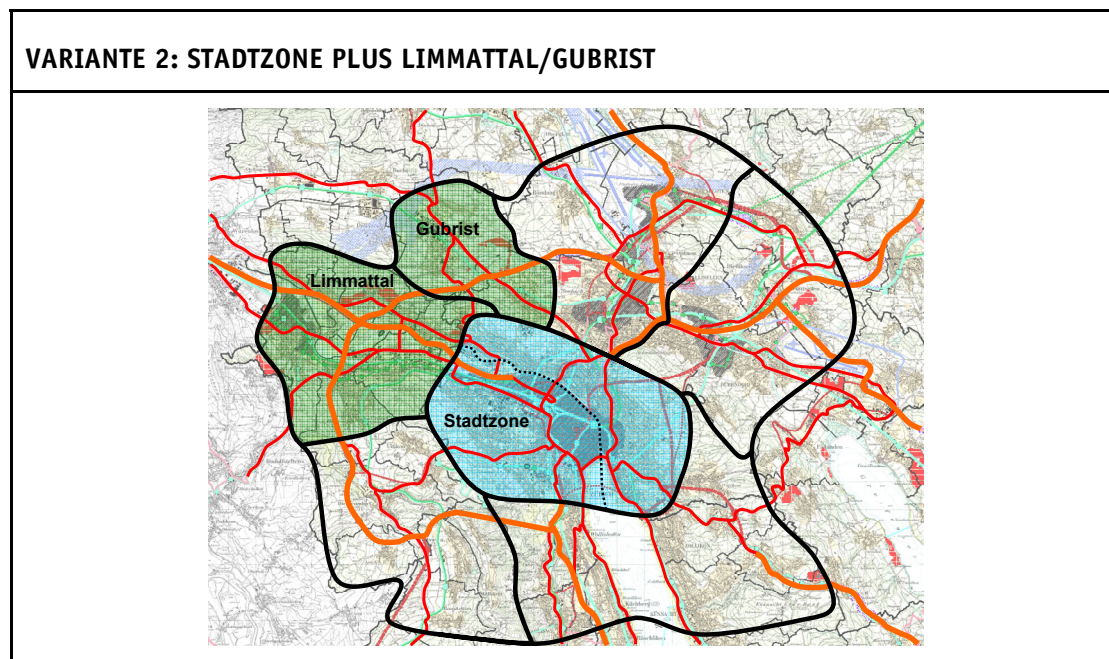
Als zweite Variante bietet sich eine sektorweise Einführung des Road Pricing an. Dabei werden nebst der städtischen Innenzone auch jene Gebiete einbezogen, in denen die grössten Verkehrsprobleme herrschen: das Limmattal und den Gubrist. Durch den Einbezug eines Teils der Aussenzone kann das Road Pricing einen Beitrag zur Lösung der Probleme auf den HLS-Achsen leisten. Durch den Einbezug einer separaten Zone „Gubrist“ kann der Verkehr durch den Gubristtunnel spezifischer beeinflusst werden. Der Fokus dieser Variante liegt also auf der aktuellen Hauptproblemstelle im HLS-System: Gubrist/ Limmattaler Kreuz.

Figur 55 zeigt den Umfang und die räumliche Abgrenzung des Road Pricing Gebiets.

Verkehrliche Ziele:

- › Brechen der Stauspitzen v.a. auf der Nordumfahrung, aber auch den Stadteinfahrtstrecken. Als Folge davon: Staureduktion beim Gubrist und im Limmattal (sowie in reduzierter Masse auch im Glattal).
- › Verlagerung des West-Süd- sowie Nord-Süd-Transitverkehrs aus der Stadt auf die neue Westumfahrung, welche mit Verkehr „gefüllt“ werden muss.

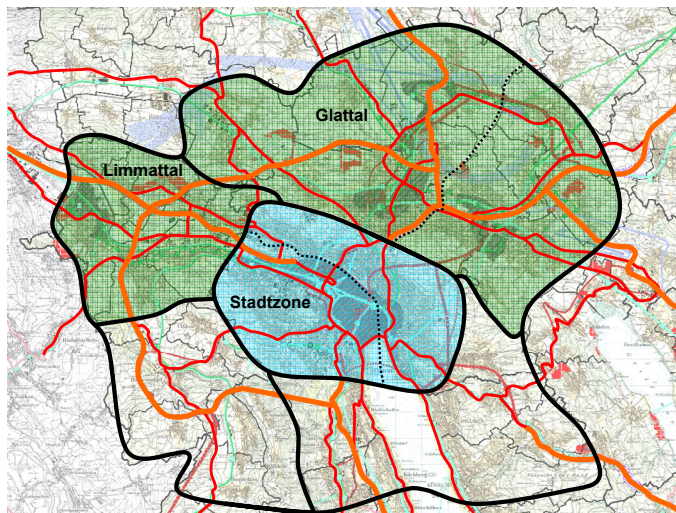
- › Generelle Reduktion des Transit- und Zielverkehrs in die Stadt Zürich.
- › Verlagerung von Verkehr auf den ÖV (Erhöhung Modalsplit).



Figur 55

Als Alternative könnte das gesamte Glattal in das Road Pricing Gebiet einbezogen werden. Damit könnten auch die Verkehrsprobleme im Glattal (Autobahn-Dreiecke Brüttiseller Kreuz, Zürich-Ost und Zürich-Nord) besser angegangen werden. Bei diesem Modell gäbe es also zwei Aussenzonen: eine Zone Limmattal und eine Zone Glattal.

MÖGLICHE ALTERNATIVE ZU VARIANTE 2: STADTZONE PLUS LIMMATTAL/GLATTAL



Figur 56

Ausgestaltung der Tarife:

› Grundtarife:

- › Gesamte Stadtzone (=Innenzone): 4 CHF/Tag,
- › Aussenzone Limmattal: 2 CHF/Tag,
- › Aussenzone Gubrist: 2 CHF/Tag.

› Zuschläge:

- › Stauzuschlag für das gesamte Road Pricing Gebiet (Stadtzone, Limmattal, Gubrist) während Stauphasen⁴²: 2 CHF/Stauphase.

› Preisreduktionen für Einwohner:

- › Bewohner der Stadtzone: Haben die Möglichkeit, ein stark verbilligtes Jahresabonnement zu erwerben, mit dem sie freie Fahrt in der ganzen Stadtzone und zu allen Zeiten haben. Preis sollte stark reduziert sein, z.B. 100 CHF pro Jahr (entspricht 90% Preisreduktion auf 250 Tagestarifen). Für restliche Zonen müssen sie normal bezahlen.
- › Bewohner der äusseren Zonen (Limmattal, Gubrist): Haben ebenfalls die Möglichkeit, ein stark reduziertes Jahresabonnement zu erwerben (z.B. 100 CHF), mit dem sie freie Fahrt in ihrer jeweiligen Wohnzone haben. In der Stadtzone sowie der anderen Aussenzone müssen sie die normalen Tarife bezahlen.

⁴² Täglich gibt es jeweils zwei Stauphasen: eine am Morgen von 6.30–8.30 Uhr und eine am Abend von 16.30–18.30 Uhr. Damit beträgt der Stauzuschlag pro Tag 4 CHF, wenn man morgens *und* abends zu den Stauzeiten unterwegs ist.

- › Bewohner von eng an Road Pricing Gebiet angrenzende Gebiete: Evtl. Reduktion auf Grundtarif und Stauzuschlag möglich oder ebenfalls verbilligtes „Jahresabonnement“ für nächste Zone.
- › Ermässigungen für emissionsarme Fahrzeuge: siehe Variante 1.

Technische Ausgestaltung (Erfassung, Enforcement):

- › Kombination DSRC-/Videotechnologie, analog wie in Variante 1.

Lage der Mautportale:

- › Analog wie in Variante 1, aber: Ausweitung der Zone verglichen mit Variante 1. Einbezug der beiden Aussenzonen Limmattal und Gubrist. Damit sind auch zusätzliche DSRC-Erfassungsstellen (und punktuell auch zusätzliche Video-Enforcementanlagen) notwendig:
 - › An allen HLS-Einfallachsen in die Aussenzonen: A1-West bei Dietikon, A3-Westumfahrung bei Urdorf, A1-Nordumfahrung bei Zürich-Affoltern.
 - › Zudem an den allen weiteren Zufahrtsstrassen in die beiden Aussenzonen: Die wichtigsten dieser Zufahrtsstrassen sind die Hauptverkehrsstrassen im Limmattal (bei Dietikon und Oetwil), der Mutschellen, die Südzufahrt nach Urdorf (von Birmensdorf), die Strasse Weiningen-Regensdorf, die Hauptstrassen im Furttal (Regensdorf) sowie die Wehntalerstrasse in Zürich-Affoltern. Erfassungsstellen müssen aber auch an allen weiteren, hier nicht genannten, kleineren Zufahrtsstrassen angebracht werden.
 - › An weiteren wichtigen Knoten bzw. Durchfahrten innerhalb und zwischen den beiden Aussenzonen (z.B. im Gubrist, am Limmattaler Kreuz etc.).

Einnahmenverwendungsmöglichkeiten:

- › Analog zur Variante 1 (Senkung kantonale Verkehrsabgabe, ÖV-Ausbau, Ausbau Gubrist, Bau K10). Bei der Variante 2 dürfte der Fokus aber stärker auf der Strassenfinanzierung liegen, die die spezifischen, aktuellen Probleme beheben sollen (v.a. Gubrist-Ausbau, Bau der K10).
- › Zusätzlich könnten die Einnahmen auch für ÖV-Projekte in den Problemgebieten Glatt- und Limmattal verwendet werden, z.B. für den Ausbau der Glattalbahn, der Erweiterung des S-Bahn-Netzes oder der Stärkung von Tangentialverbindungen Glattal – Limmattal.

Variante 3: Stadtzone plus gesamte Agglomerationszone

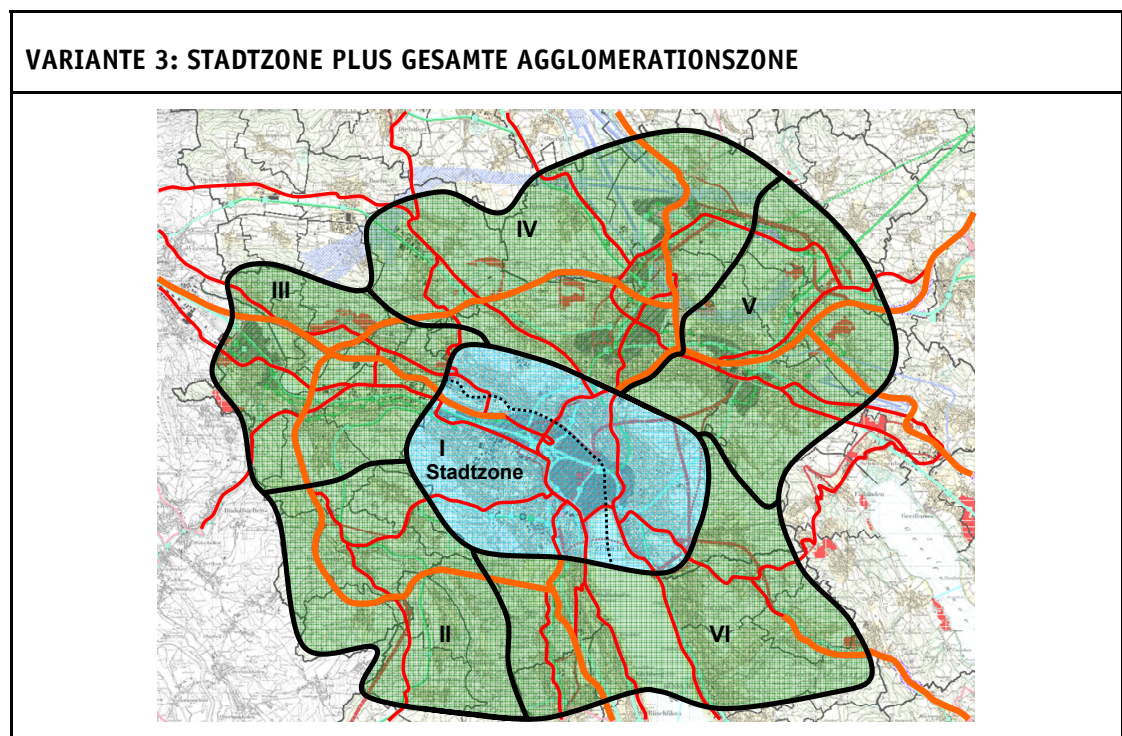
Die dritte Variante sieht eine umfassende Einführung von Road Pricing sowohl in der Stadtzone (=Innenzone) als auch der gesamten Agglomerationszone (=Aussenzone) vor. Durch den Einbezug des gesamten HLS-Umfahrungsrings und den stadtnahen Agglomerationen

können die Verkehrsprobleme der Agglomeration umfassender angegangen werden. Mit einer differenzierte Ausgestaltung des Zonentarifsystems lässt sich zudem die Verkehrsbeflussung verbessern und auf die jeweiligen Probleme anpassen.

Das Road Pricing Gebiet sowie die Einteilung der Zonen ist in Figur 57 dargestellt.

Verkehrliche Ziele:

› Ziele analog wie in Variante 2 (Brechen der Stauspitzen und damit Staureduktion, Verlagerung des Transitverkehrs auf die Westumfahrung, Verlagerung auf den ÖV). Aber: Die verkehrlichen Ziele können dank dem Zonentarifsystem differenzierter angegangen werden.



Figur 57

Ausgestaltung der Tarife:

› Grundtarife:

- › Gesamte Innenzone (= Stadtzone): 4 CHF/Tag,
- › Aussenzonen: Preis ist abgestuft je nach Anzahl Aussenzonen, die befahren werden:
1 Zone: 2 CHF/Tag; 2 Zonen: 3 CHF/Tag; 3 Zonen: 4 CHF/Tag; 4–5 Zonen: 5 CHF/Tag.

› Zuschläge:

- › Stauzuschlag für das gesamte Road Pricing Gebiet (Stadtzone sowie sämtliche Aussenzonen) während Stauphasen⁴³: 2 CHF/Stauphase.

› Variationen:

- › Die Zonen mit besonders grossen Verkehrsproblemen können verteuert werden, entweder durch einen Aufschlag auf den Zonengrundtarif oder einen erhöhten Stauzuschlag in der entsprechenden Zone.
- › Der Stauzuschlag könnte statt pauschal ebenfalls zonenweise erhoben werden.

› Preisreduktionen für Einwohner:

- › Bewohner der Stadtzone: Haben die Möglichkeit, ein stark verbilligtes Jahresabonnement zu erwerben, mit dem sie freie Fahrt in der ganzen Stadtzone und zu allen Zeiten haben. Preis sollte stark reduziert sein, z.B. 100 CHF pro Jahr (entspricht 90% Preisreduktion auf 250 Tagestarifen). Für restliche Zonen müssen sie normal bezahlen.
- › Bewohner der der Agglomerationszonen: Haben ebenfalls die Möglichkeit, ein stark reduziertes Jahresabonnement zu erwerben (z.B. 100 CHF), mit dem sie freie Fahrt in ihrer jeweiligen Wohnzone haben. In der Stadtzone sowie den anderen Aussenzonen müssen sie die normalen Tarife bezahlen.
- › Bewohner von eng an Road Pricing Gebiet angrenzenden Gebiete: Evtl. Reduktion auf Grundtarif und Stauzuschlag möglich oder ebenfalls verbilligtes „Jahresabonnement“ für nächste Zone.

› Ermässigungen für emissionsarme Fahrzeuge: siehe Variante 1.

Technische Ausgestaltung (Erfassung, Enforcement):

- › Kombination DSRC-/Videotechnologie, analog wie in Variante 1 und 2.

Lage der Mautportale:

- › Analog wie in Variante 2, aber: Ausweitung der Zone unter Einbezug sämtlicher Agglomerationszonen. Damit sind auch eine sehr grosse Menge zusätzlicher DSRC-Erfassungsstellen (und punktuell auch zusätzliche Videokontrollanlagen) notwendig:
 - › An allen HLS-Einfallsachsen in die Aussenzonen: A51-Flughafenautobahn bei Kloten, A1-Ost bei Brüttilellen/Baltenswil, A53-Oberlandautobahn bei Wangen, A52-Forchautobahn bei Forch/Zumikon, A3-Süd bei Kilchberg.

⁴³ Täglich gibt es jeweils zwei Stauphasen: eine am Morgen von 6.30-8.30 Uhr und eine am Abend von 16.30-18.30 Uhr. Damit beträgt der Stauzuschlag pro Tag 4 CHF, wenn man morgens *und* abends zu den Stauzeiten unterwegs ist.

- › An den allen Zufahrtsstrassen in die Agglomerationzone: Die wichtigsten dieser Zufahrtsstrassen sind die links- und rechtsufrigen Seestrassen, die Zufahrten aus dem Knonauseramt und Freiamt, die HVS im Glattal (Rümlang, Kloten, Bassersdorf, Brüttisellen-Wangen, Dübendorf), die Zufahrten Pfaffhausen, Ebmatingen etc. Erfassungsstellen müssen aber auch an allen weiteren, hier nicht genannten, kleineren Zufahrtsstrassen angebracht werden.
- › An allen Verbindungsstrassen zwischen den einzelnen Agglomerationszonen, um den Übertritt von einer Zone in die andere erfassen zu können.
- › Zudem an wichtigen HLS-Knoten und HVS-Verbindungen innerhalb der einzelnen Aussonden: Dreiecke Zürich-Nord, Zürich-Ost, Zürich-West, Üetlibergtunnel etc.
- › Ein solch dichtes Netz an Erfassungsstellen führt zu sehr hohen Investitionskosten.

Einnahmenverwendungsmöglichkeiten:

- › Analog zur Variante 2.

Festlegung der Tariffhöhe

Die Festlegung der oben vorgeschlagenen der Tarife geschah mit Blick auf den erwünschten Lenkungseffekt *und* das erhoffte Einnahmenziel. Würde – wie beispielsweise in London – nur das Lenkungsziel im Vordergrund stehen, müssten die Gebühren noch höher liegen. Im vorliegenden Modell ist es aber auch ein Ziel, Einnahmen zu generieren, die auf einem ähnlichen Niveau liegen wie die heutigen Erträge aus der kantonalen Motorfahrzeugsteuer, um diese möglicherweise abschaffen oder zumindest deutlich reduzieren zu können. Überdies sind die Tarife so gewählt, dass mit den Einnahmen falls erwünscht auch zusätzliche Finanzmittel generiert werden können, mit denen anstehende Verkehrsprojekte – sei dies im Strassenverkehr oder im ÖV – finanziert werden können, die andernfalls nicht realisierbar wären. Ob das Gesamtniveau aller Strassenabgaben mit der Einführung des Road Pricing gleich bleibt (indem die Motorfahrzeugsteuer entsprechend gleich stark gesenkt wird), oder ob das Einnahmesubstrat steigt, ist letztlich eine politische Entscheidung. Möchte der Kanton Zürich allerdings einen zusätzlichen finanziellen Handlungsspielraum erhalten, müsste das gesamte Einnahmenniveau leicht steigen. Vor allem bei der vorgeschlagenen Variante 3 mit einem System, das die Stadt und die gesamte Agglomeration umfasst, dürfte dies der Fall sein. Allerdings hebt sich das gesamte Abgabenniveau für die Bewohner des Kantons Zürich auch in diesem Fall nicht unbedingt, weil ein erheblicher Teil dieser Zusatzeinnahmen nicht durch Zürcher, sondern durch Bewohner der Nachbarkantone bezahlt wird.

Bei einer kompletten Abschaffung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer zugunsten eines Road Pricings in der Agglomeration wären die Verteilungswirkungen zu berücksichtigen. Autofahrer/innen des Kantons Zürich ausserhalb der bemauteten Zonen würden von einer Entlastung profitieren, solange sie nicht in das Agglomerationsgebiet fahren würden.

Exkurs: Vergleich des vorgeschlagenen Modells mit der Congestion Charge in London

Tabelle 29 vergleicht das vorgeschlagene Road Pricing System der Agglomeration Zürich mit jenem von London.

VERGLEICH DES LONDONER SYSTEMS MIT VORGESCHLAGENEM ROAD PRICING ZÜRICH		
Vergleichsparameter	Umfassendes Gebietspricing Agglomeration Zürich	Congestion Charge London
Hauptziel des Road Pricings	Verkehrsbeeinflussung (Staureduktion) <i>und</i> Verkehrsfinanzierung, Verursachergerechte Bepreisung	Verkehrsbeeinflussung (Staureduktion)
Road Pricing Typ	Fahrt im Road Pricing Gebiet ist gebührenpflichtig (Area Licensing): Variante 2, 3: Mehrzoniges System: umfassendes Gebietspricing Variante 1: analog wie London nur einfaches Gebietspricing	Fahrt im Road Pricing Gebiet ist gebührenpflichtig (Area Licensing): Einfaches Gebietspricing
Technologie: Erfassung	Erfassung mittels DSRC-Funksystem und manueller Einwahl für Fz ohne OBU	Erfassung/Registrierung nur manuell (Telefon, Internet, Kiosk)
Technologie: Kontrolle	Kontrolle mittels Videosystem (ANPR)	Kontrolle mittels Videosystem (ANPR)
Tarifgestaltung	Tarife ausgerichtet auf Lenkungseffekt <i>und</i> Einnahmziel (z.B. so hoch, dass kant. Motorfz.steuer abgeschafft wird oder dass Infrastrukturprojekt finanziert werden kann) Tarifhöhe: 4–8 CHF/Tag (für Stadtzone, je nach Benutzungszeit)	Tarife hauptsächlich auf Lenkungseffekt ausgerichtet. Tarifhöhe: 8 GBP/Tag (=18–19 CHF)
Einnahmenverwendung	- Senkung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer - Finanzierung von geplanten Strasseninfrastruktur-Projekten - Stärkung des ÖV	Grösstenteils für den ÖV (80% der Nettoeinnahmen fließen in das Bussystem; weiter gehen u.a. 11% in die Strassensicherheit und 6% in den Langsamverkehr)
Kosten	Kosten dank kombinierter Technologie DSRC/ANPR tiefer; bei den mehrzonigen Varianten aber immer noch ziemlich hoch.	Sehr hohe Betriebskosten (fast 50% der Bruttoeinnahmen), v.a. weil gesamte Erfassung manuell
Vorteile	- Beitrag zu Verkehrsbeeinflussung und Finanzierung - Räumlich und zeitlich sehr spezifisch dynamisierbar - System umfasst Stadtzone und Agglomeration	- Einfaches System - Hohe Akzeptanz - Hohe Lenkungseffekte
Nachteile	- Mehrzonige Modelle relativ komplex und teuer - Aufwärtskompatibilität eingeschränkt, wenn z.B. sich ein landesweites GPS-System durchsetzte	- Mangelnde Dynamisierbarkeit - Hohe Betriebskosten, daher ökonomisch nicht effizient

Tabelle 29

8.4. GROBEVALUATION

8.4.1. VERKEHRLICHE WIRKUNGEN

Berechnungsmethodik

Die Analyse der verkehrlichen Wirkungen erfolgt grob ohne Modellunterstützung anhand einer einfachen Wirkungsanalyse. Dabei liegt der Fokus auf der Analyse der verkehrlichen Wirkung von Road Pricing auf bestimmten Relationen (z.B. Transit West-Ost), für welche Referenzrouten (z.B. Baden-Winterthur) untersucht wurden. Als Basis für die Berechnung der absoluten Veränderung der Verkehrsbelastung dienen Prognosen zu den Verkehrszahlen im Jahr 2008 auf den wichtigsten HLS- und HVS-Strassen (Quelle: Tiefbauamt Kanton Zürich auf Basis des kantonalen Verkehrsmodells). Deshalb sind die Daten zu den verkehrlichen Wirkungen zwar gute und fundierte Schätzwerte, haben aber doch nur eine beschränkte Genauigkeit.

Die verkehrlichen Effekte auf diesen Referenzrouten werden mit einem Elastizitätsansatz berechnet. Dazu wird für die einzelnen Relationen zuerst die Erhöhung der Reisekosten durch die Einführung von Road Pricing berechnet. Ohne Road Pricing setzen sich die Reisekosten aus Wegkosten und den Zeitkosten zusammen. Für die Wegkosten werden die variablen Kilometerkosten verwendet, welche in der Schweiz im Jahr 2004 bei einem Personenwagen 0.375 CHF/km betragen (TCS 2004). Die Zeitkosten sind abhängig vom Stundenansatz (z.B. 25 CHF/h) und der Durchschnittsgeschwindigkeit. Bei der vorliegenden Berechnung wurden durchschnittliche Zeitkosten von gut 30 Rp./km verwendet. Insgesamt erhält man so Reisekosten von knapp 0.70 CHF/km.

Für die Berechnung der Wirkung von erhöhten Reisekosten durch die Einführung von Road Pricing auf das Verkehrsaufkommen werden einfache Elastizitäten verwendet. Da das Vorhandensein und die Qualität einer ÖV-Alternative auf einer Relation einen Einfluss auf die verkehrliche Wirkung haben, wird die Höhe der Elastizität je nach ÖV-Qualität variiert (siehe Tabelle 30). Zusätzlich sind die Elastizitäten zu den Stauzeiten und den restlichen Zeiten unterschiedlich: Zu den Stauzeiten gibt es eine zusätzliche Ausweichreaktion, nämlich die zeitliche Verlagerung der Reise in eine Restzeit. Die Tabelle 30 zeigt die verwendeten Elastizitäten. Die Elastizitäten wurden festgesetzt auf der Basis von Ergebnissen des EU-Projekts EURO TOLL (EURO TOLL 1999, z.B. Preiserhöhungen auf österreichischen Autobahnen) sowie Erfahrungen aus dem Londoner Congestion Charging System. Die verwendeten Elastizitäten entsprechen *langfristigen* Elastizitäten.

VERWENDETE ELASTIZITÄTEN			
	ÖV-Alternative		
	gut	mittel	schlecht
Restzeit (Off-Peak)	-0.30	-0.25	-0.20
Stauzeit (Peak)	-0.40	-0.35	-0.30

Tabelle 30

Durch die Einführung von Road Pricing sind grundsätzlich folgende Verhaltensreaktionen der Verkehrsteilnehmer zu erwarten:

- › Fahrtverzicht,
- › Bilden von Fahrgemeinschaften,
- › Andere Routenwahl,
- › Andere Zielwahl,
- › Umstieg auf den öffentlichen Verkehr oder Langsamverkehr,
- › Zeitliche Verlagerung der Fahrt (Verlagerung von Stauzeiten in Off-Peak-Perioden),
- › Keine Verhaltensänderung.

Eine zeitliche Verlagerung der Reise ist nur zu Stauzeiten zu erwarten. Im vorliegenden Fall wird die Elastizität der zeitlichen Verlagerung auf -0.10 geschätzt, d.h. bei Verdoppelung der Reisekosten reagieren 10% der Benutzer mit einer zeitlichen Verlagerung ihrer Fahrt (basierend auf Erfahrungen in Pilotprojekten im EU-Projekt EUROTOLL, siehe EUROTOLL 1999). Die Elastizität für den Fahrtverzicht (inkl. Bildung von Fahrgemeinschaften) wird ebenfalls auf -0.10 geschätzt (Basis: Ergebnisse aus EUROTOLL (EUROTOLL 1999) und Erfahrungen aus London: TfL 2005a), jene für weitere Verhaltensänderungen (Wahl von anderem Ziel bzw. anderer Route). Die Änderung der Routenwahl ist beim vorliegenden Projekt jedoch nur sehr bedingt möglich. Die relevantesten Routenänderungen sind bei der Transitdurchfahrt durch die Stadt möglich. Dort wird angenommen, dass nach Eröffnung der Westumfahrung im Jahr 2008 alle Transitfahrten aus der Stadt verlagert werden, sofern für die Umfahrung ein niedrigerer Preis zu bezahlen ist als bei der Stadtdurchfahrt. Die Elastizität für den Modalshift (von MIV zu ÖV bzw. LV) variiert zwischen -0.05 und -0.15, je nach Qualität der ÖV-Alternative.

Wirkung einer Reduktion der kantonalen Motorfahrzeugsteuer:

Weil in der vorliegenden Wirkungsanalyse nebst den Zeitkosten nur die *variablen* Kilometerkosten berücksichtigt werden, ergibt sich daraus implizit die Annahme, dass eine Verän-

derung der Motorfahrzeugsteuer keine Verlagerungswirkung hat. Diese Annahme ist zwar eine Vereinfachung und nicht exakt zutreffend; es hat sich aber gezeigt, dass in der Tat der Einfluss der Fixkosten auf das Verkehrsverhalten viel kleiner ist als jener der variablen Kosten (z.B. Benzinpreis, Kilometergebühr).

In der vorliegenden Wirkungsanalyse wurde also nicht zusätzlich berechnet, welchen Einfluss eine gleichzeitige Reduktion der kantonalen Motorfahrzeugsteuer hätte. Die Resultate beschreiben daher insbesondere die verkehrlichen Wirkung des Road Pricing bei gleichzeitiger Beibehaltung der Motorfahrzeugsteuer auf gleichem Niveau. Geht man allerdings davon aus, dass die Motorfahrzeugsteuer als fixe, nicht distanzabhängige Abgabe nur eine sehr kleine Verkehrswirkung hat, dürften die errechneten verkehrlichen Wirkungen auch bei einer gleichzeitigen Reduktion der Motorfahrzeugsteuer in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Wir gehen davon aus, dass deshalb die angenommenen kurzfristigen Elastizitäten auch in etwa den langfristigen Elastizitäten entsprechen. Infolge der Senkung der Motorfahrzeugsteuer kann längerfristig kaum ein zusätzlicher Effekt erwartet werden.

Entwicklung der Verkehrsmengen

Für die drei Varianten ergeben sich für ausgewählte Relationen (Referenzrouten) die folgenden Veränderungen der Verkehrsmengen (Tabelle 31). Die Zahlen zeigen den Rückgang der Verkehrsmenge (Anzahl Fahrten) nach der Einführung von Road Pricing im Vergleich zum Zustand vor der Einführung von Road Pricing.

REDUKTION DER VERKEHRSMENGE AUF AUSGEWÄHLTEN REFERENZROUTEN							
Relation	Referenzroute	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		Off-Peak	Stauzeiten	Off-Peak	Stauzeiten	Off-Peak	Stauzeiten
Transitverkehr							
Ost-West	Winterthur-Baden	-	-	-1.5%	-5%	-1.5%	-5%
Nordost-Süd	Bülach-Wädenswil	-	-	-1.0%	-3%	-1.0%	-4%
West-Süd	Baden-Horgen	-	-	-0.5%	-3%	-1.0%	-4%
Zielverkehr							
West-Glattal	Baden-Glattbrugg	-	-	-2%	-8%	-1.5%	-7%
Nordost-Glattal	Winterthur-Glattbrugg	-	-	-	-	-2%	-8%
Süd-Glattal	Horgen-Glattbrugg	-	-	-1.0%	-5%	-1.5%	-5%
West-Limmattal	Baden-Schlieren	-	-	-1.5%	-10%	-1.5%	-10%
Nordost-Limmattal	Winterthur-Schlieren	-	-	-2%	-6%	-2%	-6%
Süd-Limmattal	Horgen-Schlieren	-	-	-0.5%	-5%	-1.5%	-6%
West-City	Baden-City	-3%	-9%	-4%	-12%	-4%	-12%
Nordost-City	Winterthur-City	-3%	-9%	-3%	-9%	-4%	-11%
Süd-City	Horgen-City	-3%	-11%	-3%	-11%	-5%	-14%
Binnenverkehr (Aussenzone-Innenzone)							
Limmattal-City	Dietikon-City	-5%	-18%	-8%	-22%	-8%	-22%
Glattal-City	Dübendorf-City	-6%	-21%	-6%	-21%	-9%	-26%

Tabelle 31 Die Reduktionen zu den Off-Peak-Perioden berücksichtigen, dass ein Teil der Verkehrsreduktion während den Stauzeiten durch eine Verlagerung in die Off-Peak-Periode erfolgt. Die primäre Reduktion der Verkehrsmengen während den Off-Peak-Perioden ist also höher, wird aber durch die Verlagerung eines Teils des Peak-Verkehrs in die Off-Peak-Periode wieder vermindert. Für alle Relationen wurden Retourfahrten angenommen. Leere Kästchen (-) bedeuten, dass die Route in der entsprechenden Variante nicht in oder durch ein Gebiet mit Road Pricing führt. Alle Werte unter 2% sind auf halbe Prozentpunkte gerundet, Werte über 2% auf ganze Prozentpunkte.

Die Variante 1 führt nur bei Routen, welche durch die Stadt führen, zu einer Reduktion der Verkehrsmenge. Bei den Transitrouten wird davon ausgegangen, dass es keine Transit-Stadtdurchfahrten mehr gibt, weil die Stadtdurchquerung verglichen mit der Benutzung des Umfahrungsrings klar teurer ist. Bei der Variante 1 ergeben sich bei den Routen mit der Stadt Zürich als Zieldestination Verkehrsreduktionen von 3–6%. Während den Stauzeiten ergibt sich gar ein Rückgang der Verkehrsmenge von 9–21%. Auch die Varianten 2 und 3 führen vor allem bei den Stadteinfahrten zu deutlichen Verkehrsreduktionen: zu Off-Peak-Zeiten ein Rückgang von 3–9%, zu Stauzeiten Reduktionen zwischen 9% und 26%.

Die Varianten 2 und 3 führen auch beim Transitverkehr zu einer leichten Reduktion der Verkehrsmengen: während Stauzeiten -3% bis -5%, während den Restzeiten um 0.5% bis 1.5%.

Mit Hilfe von Verkehrsdaten sowie zusätzlichen Annahmen zum Anteil von einzelnen Relationen an der Verkehrsmenge auf einem gewissen Strassenabschnitt können auch die verkehrlichen Auswirkungen der Einführung von Road Pricing auf ausgewählten Strassenabschnitten abgeschätzt werden (siehe Tabelle 32).

REDUKTION DER VERKEHRSMENGE AUF GEWISSEN STRASSENABSCHNITTEN						
Strassenabschnitt	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	Off-Peak	Stauzeiten	Off-Peak	Stauzeiten	Off-Peak	Stauzeiten
Stadteinfahrten						
A1 Westeinfahrt in die Stadt	-2%	-8%	-4%	-11%	-4%	-11%
A1 Nordeinfahrt in die Stadt	-4%	-14%	-4%	-15%	-6%	-18%
A3 Südeinfahrt in die Stadt	-3%	-10%	-3%	-11%	-5%	-14%
Einfahrten in die Agglomeration						
A1-West (Dietikon)	-1%	-4%	-3%	-9%	-3%	-9%
A1-Ost (Brüttisellen)	-1%	-4%	-2%	-6%	-3%	-9%
Weitere Abschnitte						
A1 Gubristtunnel	+1%	+1%	-2%	-6%	-2%	-6%
A3 Westumfahrung (Birmensdorf)	+2%	+2%	-1%	-4%	-1%	-5%

Tabelle 32 Die Reduktionen zu den Off-Peak-Zeiten berücksichtigen, dass ein Teil der Verkehrsreduktion während den Stauzeiten durch eine Verlagerung in die Off-Peak-Periode erfolgt.

Bei allen drei Varianten ist die Reduktion der Verkehrsmengen auf den Stadteinfahrten deutlich. In den Off-Peak-Zeiten gehen die Verkehrsmengen (Anzahl Fahrten) auf den Stadteinfahrten um 2–6% zurück. Während den Stauzeiten sind die Reduktionen bedeutend grösser, nämlich 8–18% verglichen mit dem Zustand ohne Road Pricing. Die starke Reduktion des Verkehrs in die Stadt hinein rührt von den höheren Zonentarifen in der Stadtzone verglichen mit der Agglomerationszone. Diese Preise sind bewusst so gewählt, um den Transitverkehr aus der Stadt auf den HLS-Ring zu verlagern.

Auf den Zufahrtsstrecken in die Agglomerationszone nimmt der Verkehr während den Off-Peak-Zeiten nur relativ schwach ab (1–3% Rückgang). Es findet jedoch vor allem bei den Varianten 2 und 3 eine bedeutende Verkehrsverlagerung während den Stauzeiten statt (in der Variante 3 um 9%). Diese beiden Varianten (2 und 3) führen auch auf dem Umfahrungsring – beispielsweise am Gubrist – zu den Spitzenzeiten zu Reduktionen von 5–6%. Damit werden die Stauspitzen auf den Umfahrungsstrecken relativ gut gebrochen.

Die leichte Zunahme der Verkehrsmengen bei der Variante 1 im Gubristtunnel und auf der Westumfahrung ist auf die räumliche Verlagerung des Transitverkehrs (z.B. von Nordos-

ten nach Süden) von der Stadt auf den Umfahrungsring zurückzuführen. Abgesehen von dieser (gewollten) Verlagerung des Ausweichverkehrs auf die Umfahrung ergeben sich bei der Variante 1 auf dem Umfahrungsring keine Veränderungen der Verkehrsmengen.

Insgesamt können durch die Erhöhung oder Verminderung der Tarife bei allen Varianten die verkehrlichen Wirkungen beeinflusst werden. Die Variante 3 bietet dazu den grössten Handlungsspielraum, weil das Tarifsysteem am stärksten dynamisiert werden kann. Insgesamt wird der gesamte Strassenverkehr aber nur in geringem Masse reduziert, dafür wird eine erhebliche zeitliche Verlagerung erreicht. Wenn auch der gesamte Tagesverkehr stärker reduziert werden sollte, wären höhere Tarife nötig.

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass für die Berechnung der oben dargestellten verkehrlichen Wirkungen kein umfassendes Verkehrsmodell angewandt worden ist. Deshalb sind die Daten zwar gute und fundierte Schätzwerte, haben aber nur eine beschränkte Genauigkeit. Für eine detaillierte Prüfung der Machbarkeit dieses Road Pricing Modells müssten die verkehrlichen und finanziellen Wirkungen noch vertiefter analysiert und berechnet werden (u.a. mit Hilfe eines Verkehrsmodells).

Umlagerungseffekte MIV-ÖV/LV

Durch die Einführung von Road Pricing ergeben sich Umlagerungseffekte vom motorisierten Individualverkehr (MIV) zum öffentlichen Verkehr (ÖV) und Langsamverkehr (LV). Die folgende Tabelle zeigt an, welcher Anteil der MIV-Fahrten auf den öffentlichen Verkehr und den Langsamverkehr verlagert werden.

VERLAGERUNG DES MIV AUF DEN ÖV/LV							
Relation	Referenzroute	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		Off-Peak	Stauzeiten	Off-Peak	Stauzeiten	Off-Peak	Stauzeiten
Transitverkehr							
Ost-West	Winterthur-Baden	-	-	-1%	-2%	-1%	-2%
Nordost-Süd	Bülach-Wädenswil	-	-	-0.5%	-1%	-0.6%	-1%
West-Süd	Baden-Horgen	-	-	-0.3%	-1%	-0.6%	-1%
Zielverkehr							
West-Glattal	Baden-Glattbrugg	-	-	-1%	-2%	-1%	-2%
Nordost-Glattal	Winterthur-Glattbrugg	-	-	-	-	-1%	-3%
Süd-Glattal	Horgen-Glattbrugg	-	-	-0.7%	-1%	-0.8%	-2%
West-Limmattal	Baden-Schlieren	-	-	-1%	-4%	-1%	-4%
Nordost-Limmattal	Winterthur-Schlieren	-	-	-1%	-2%	-1%	-2%
Süd-Limmattal	Horgen-Schlieren	-	-	-0.4%	-1%	-1%	-2%
West-City	Baden-City	-2%	-3%	-3%	-4%	-3%	-4%
Nordost-City	Winterthur-City	-2%	-3%	-2%	-3%	-3%	-4%
Süd-City	Horgen-City	-2%	-4%	-2%	-4%	-3%	-5%
Binnenverkehr (Aussenzzone-Innenzone)							
Limmattal-City	Dietikon-City	-3%	-7%	-5%	-8%	-5%	-8%
Glattal-City	Dübendorf-City	-4%	-8%	-4%	-8%	-6%	-10%

Tabelle 33 Die Zahlen geben die prozentuale Reduktion des MIV zugunsten des ÖV an. Leere Kästchen (-) bedeuten, dass die Route in der entsprechenden Variante nicht in oder durch ein Gebiet mit Road Pricing führt.

Der Rückgang der MIV-Fahrten zugunsten des ÖV erscheint vor allem beim Transitverkehr sowie beim Zielverkehr relativ klein. Wenn man jedoch berücksichtigt, dass der Modalsplit MIV/ÖV z.B. im Glatt- und Limmattal bei 65–72% liegt (AFV 2004a, 2004b), ergibt beispielsweise eine Abnahme der MIV-Fahrten von 5% eine Zunahme der ÖV-Personenfahrten von mehr als 10%. Deshalb nehmen die ÖV-Fahrten vor allem während den Stauzeiten je nach Relation um bis zu gut 20% zu. Die Verlagerung des MIV auf den Langsamverkehr spielt eine eher untergeordnete Rolle, weil Binnenfahrten von Einwohnern innerhalb ihrer Zone stark reduzierte Tarife haben.

Mit der Zunahme des Modalsplits zugunsten des ÖV und LV ergibt sich auch eine Reduktion der Umweltbelastung. Vor allem bei den Stadteinfahrten sowie -durchfahrten ergeben sich damit vor allem zu den Spitzenzeiten beträchtliche Lärmreduktionen. In der Stadtzone führt der Verkehrsrückgang überdies zu verminderten Feinstaubemissionen und damit zu einer Verbesserung der Luftqualität. Die Videoerfassungstechnologie lässt eine differenzierte Preisgestaltung je nach Fahrzeugkategorie und Verbrauchseigenschaften leider nicht zu.

Räumliche Verkehrsverlagerungseffekte

Das hauptsächliche räumliche Lenkungsziel betrifft den Transitverkehr durch die Stadt, der auf die Autobahnumfahrung verlagert werden sollte.

- › *Variante 1:* Die Verlagerung ist sehr effizient. Die Transitdurchfahrt durch die Stadt ist massiv teurer (5 bis 7.5 CHF) als die Umfahrung der Stadt, wo keine Road Pricing Gebühr erhoben wird.
- › *Variante 2:* Der West-Süd-Verkehr wird effizient aus der Stadt auf die Westumfahrung verlagert, weil erstens die Westumfahrung sehr direkt ist und zweitens 4 CHF weniger kostet als die Stadtdurchfahrt. Der Transitverkehr von Nordosten nach Süden wird jedoch durch das Road Pricing nicht zusätzlich auf die Umfahrung verlagert, weil die Westumfahrung gleich teuer ist wie die Stadtdurchfahrt.
- › *Variante 3:* Die Verlagerung ist ziemlich effizient. Sowohl für den West-Süd- als auch den Nordost-Süd-Verkehr kostet die Stadtdurchfahrt 2–3 CHF mehr als die Westumfahrung.

Einfluss auf Stausituationen

Eine Reduktion des Staus wird vor allem am Gubristtunnel, aber auch im Glattal (Dreiecke Zürich-Ost, Zürich-Nord und Brüttiseller Kreuz) erwünscht.

- › *Variante 1:* Trägt nicht zur Reduktion des Staus auf dem HLS-Ring bei. Der Stau wird eher noch etwas verschärft, weil die Stadtdurchfahrt durch den Transitverkehr gemieden wird. Bei den Stadteinfahrten gibt es eine deutliche Staureduktion.
- › *Variante 2:* Trägt vor allem am Gubristtunnel zur Staureduktion bei. Zudem wird aber auch der Stau im Glattal etwas reduziert.
- › *Variante 3:* Analog zur Variante 2. Die Staureduktion im Glattal ist jedoch noch ausgeprägter als in Variante 2.

Ausweichverkehr

Durch die Wahl eines Gebietspricings wird der Ausweichverkehr stark reduziert. Ein effizientes Erfassungs- und Kontrollsystem vorausgesetzt, findet Ausweichverkehr eigentlich nur ausserhalb des gesamten Road Pricing Gebiets statt. Weil in der vorliegenden Fallstudie die Zufahrtsstrassen in das Road Pricing Gebiet flächendeckend mit DSRC-Erfassungsstellen ausgerüstet sind, haben Fahrzeuge mit OBU keine Ausweichmöglichkeit innerhalb des bepreisten Gebiets. Fahrzeuge ohne OBU können natürlich versuchen, einen Einfahrtsweg ohne Videokontrollanlage zu finden und so Ausweichverkehr verursachen. Dank des Einsatz-

zes von portablen sowie mobilen Kontrollsystemen kann solcher Ausweichverkehr jedoch erfasst und damit auch stark minimiert werden.

Eine Verdrängung von Verkehr aus dem Road Pricing Gebiet heraus auf unbemautetes Gebiet ist vor allem bei der Variante 1 zu erwarten, wo mit einem gewissen Mass an Ausweichverkehr auf dem HLS-Umfahrungsring zu rechnen ist. Dieser Ausweichverkehr ist jedoch nicht sehr beträchtlich, weil nur der Transitverkehr diese Route nützen kann. Bei den anderen Varianten ist nur ein grossräumiger Ausweichverkehr möglich. Bei der Variante 2 wird beispielsweise der West-Ost-Ausweichverkehr durch das Furttal zur Umfahrung des Gubristtunnels durch die Aussenzone „Gubrist“ ebenfalls erfasst, sodass sich diese Ausweichroute nicht lohnt.

Denkbar ist bei den Varianten 2 und 3 dafür z.B. grossräumiger Ausweichverkehr beim Ost-Süd-Transitverkehr, der über das Zürcher Oberland bzw. Rapperswil verdrängt wird. Derartige grossräumige Umfahrungen sind aber nur für den Transitverkehr denkbar, der jedoch verglichen mit dem Ziel-/Quellverkehr sowie dem Binnenverkehr in der Agglomeration Zürich deutlich weniger relevant ist.

Räumliche Wirkungen

Ein räumlich beschränktes Road Pricing, wie es in dieser Fallstudie beschrieben wird, kann einen Einfluss auf die räumliche Entwicklung haben. Die Siedlungsentwicklung kann je nach Ausgestaltung eines Road Pricings in einer Agglomeration zu einer Verdichtung oder einer Verdrängung führen.

Im vorliegenden Fall sind die räumlichen Wirkungen, die sich durch das Road Pricing ergeben, nur sehr pauschal abschätzbar. Nebst der genauen Lage und geografischen Ausdehnung eines Road Pricing Gebiets spielt nämlich auch die detaillierte Ausgestaltung eine bedeutende Rolle. Sehr wichtig ist zum Beispiel, welche Rolle der öffentliche Verkehr als Alternative zum MIV einnimmt und wie die Einwohner im Innern des Road Pricing Gebiets behandelt werden.

Bei der Variante 1 mit nur einer Stadtzone wäre ein Verdrängungseffekt in die Agglomeration zu erwarten, weil sich das Leben in der Stadt weiter verteuert. Allerdings wird dieser Effekt gemindert, wenn – wie im vorliegenden Fall angenommen – den Einwohnern innerhalb der Road Pricing Zone erhebliche Tarifierduktionen gewährt werden. Damit wird umgekehrt für Leute mit der Stadt Zürich als Arbeitsort die Stadt auch als Wohnort wieder attraktiver, weil sie als Pendler aus der Agglomeration in die Stadt stärker zur Kasse gebeten werden als der Stadtbewohner. Allerdings ist zu erwarten, dass sich gewisse Unternehmen

vermehrt ausserhalb des Road Pricing Gebiets ansiedeln, um den Arbeitnehmern die Fahrt in dieses Gebiet zu ersparen. Damit ergäben sich gewisse Verdrängungseffekte, denen allerdings mit der Verlagerung von Arbeitsplätzen aus der Stadt heraus auch eine potenzielle Verminderung des Verkehrsvolumens in die Stadt gegenüber steht.

Bei den Varianten 2 und 3, wo ein grösseres Gebiet inklusive den stadtnahen Agglomerationen in das Road Pricing Gebiet einbezogen wird, dürften die räumlichen Effekte geringer sein. Da wiederum die Bewohner innerhalb des bepreisten Gebiets weniger belastet werden, wird die Stadt Zürich und das stadtnahe Gebiet als Wohngegend eher attraktiver gegenüber der fernerer Agglomeration sowie den ländlichen Peripheriegebieten. Auch bei diesen Varianten ist es zwar denkbar, dass sich einige Unternehmen eher am Rand ausserhalb der Road Pricing Zone ansiedeln, doch dürften die positiven Effekte innerhalb des bepreisten Gebiets (Stauminderung, Stärkung des ÖV und der Verkehrsinfrastruktur allgemein etc.) die negativen Folgen ungefähr aufwiegen.

Ganz grundsätzlich führt das hier beschriebene Road Pricing Modell also dazu, dass die räumliche Trennung von Arbeits- und Wohnort tendenziell wieder geringer wird.

Insgesamt ist es aber von grosser Bedeutung, dass ein Road Pricing System in einer Agglomeration dynamisch gestaltbar ist, damit auf allfällige negative, räumliche Effekte reagiert werden kann. Zum anderen ist es sehr wichtig, dass die Raumplanung und die Verkehrsplanung auch beim Thema Road Pricing Hand in Hand gehen, damit unerwünschte, negative Einflüsse des Verkehrs auf den Raum und umgekehrt frühzeitig erkannt und wenn möglich planbar werden.

8.4.2. FINANZIELLE WIRKUNGEN

Einnahmen

Auf der Basis der prognostizierten Verkehrsmengen auf gewissen Strassenabschnitten sowie den verkehrlichen Wirkungen des Road Pricings können die durch das Road Pricing generierbaren Bruttoeinnahmen grob quantifiziert werden. Die Quantifizierung basiert jedoch hauptsächlich auf den Fahrzeugen, welche sich auf dem HLS-System in der Road Pricing Zone bewegen. Damit sind die Schätzungen sehr konservativ und liegen tiefer als die effektiven Einnahmen. Die Zahlen geben nur die Bruttoeinnahmen an. Nicht berücksichtigt sind allerdings die Einnahmen (sowie Ausgaben) aus dem Enforcement (Bussen etc.), welche noch zusätzlich anfallen.

DURCH DAS ROAD PRICING GENERIERBARE BRUTTOEINNAHMEN	
	Gesamteinnahmen pro Jahr
Variante 1 (nur Stadtzone)	ca. 150 Mio. CHF/a
Variante 2 (Stadtzone plus Limmattal/Gubrist)	ca. 270 Mio. CHF/a
Variante 3 (Stadtzone plus gesamte Agglomerationszone)	ca. 500 Mio. CHF/a

Tabelle 34

Ein Vergleich der Schätzungen mit der Londoner Congestion Charge zeigt, dass in London die Bruttoeinnahmen in einer ähnlichen Grössenordnung liegen. Zurzeit betragen die effektiven Gebühreneinnahmen 117 Mio. GBP pro Jahr (ca. 280 Mio. CHF). Dazu kommen allerdings noch zusätzliche Einnahmen aus dem Enforcement im Umfang von jährlich 72 Mio. GBP (gut 170 Mio. CHF).

Die Schätzungen der Bruttoeinnahmen eines Gebietspricings in der Agglomeration Zürich liegen in einer ähnlichen Grössenordnung wie die aktuellen Einnahmen des Kantons Zürich im Verkehrsbereich. Der Reinertrag der kantonalen Verkehrsabgaben beträgt zurzeit rund 260 Mio. CHF, die kantonalen Anteile der Mineralölsteuer sowie der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe belaufen sich auf je 30 Mio. CHF. Der Strassenfonds des Kantons Zürich wird also aktuell mit rund 320 Mio. CHF pro Jahr gespiesen. In den Verkehrsfonds für Investitionen im öffentlichen Verkehr ist überdies jährlich eine Einlage von mind. 70 Mio. CHF vorgesehen (zurzeit rund 100 Mio. CHF/a). Dazu kommen noch die Ausgaben von Kanton und Gemeinden für den ZVV (Rahmenkredit), welche insgesamt etwa 300 Mio. CHF pro Jahr belaufen.

Die Einnahmen der vorliegenden drei Road Pricing Varianten könnten zumindest einen beträchtlichen Teil oder (bei Variante 3) gar für die gesamten kantonalen Verkehrsabgaben ersetzen. Überdies sind diese Einnahmen genügend gross, dass ein Teil davon auch für Investitionen in zukünftige, zum heutigen Zeitpunkt noch nicht finanzierte, Verkehrsprojekte verwendet werden. Zu diesem Zweck könnte ein neuer Fonds für Verkehrsinfrastrukturen geschaffen werden, mit welchem drängende, bis jetzt nicht finanzierte, Projekte finanziert werden könnten.

Kosten

Für die Variante 1 der vorliegenden Fallstudie (Road Pricing nur in der Stadtzone) wurde eine grobe Abschätzung der Kosten vorgenommen. Eine Übersicht über die Kostenschätzungen zeigt die Tabelle 35.

a. Investitionskosten:

Bei der Berechnung der Investitionskosten wird davon ausgegangen, dass an insgesamt 50 Standorten **DSRC-Erfassungsanlagen** errichtet werden (35 davon an Einfahrtsachsen in die Road Pricing Zone und 15 zusätzlich innerhalb der Zone). Von diesen 50 Mautportalen sind 17 zugleich mit einer **Kontrollanlage** ausgerüstet.

Es wird davon ausgegangen, dass bei allen breiteren, zweispurigen und dreispurigen Einfahrtsstrassen in die Stadt die DSRC-Erfassungsanlagen gleichzeitig auch mit Kontrollanlagen ausgerüstet sind. Ausschliesslich für die einspurigen bzw. schmalen zweispurigen Fahrbahnen sind reine DSRC-Erfassungsanlagen vorgesehen. Die Erfassung und Kontrolle erfolgt immer nur in eine Fahrtrichtung⁴⁴. Je breiter die Fahrbahn ist, die durch einen Galgen bzw. eine Mautbrücke überspannt werden muss, desto kostenintensiver wird die Erfassungs- bzw. Kontrollanlage. Von den 33 einspurigen DSRC-Erfassungsanlagen befinden sich 15 Anlagen innerhalb des abgabepflichtigen Gebiets. Diese Anlagen sollen zusätzlich den innerhalb des Road Pricing Gebiets stattfindenden Verkehr erfassen bzw. in Verbindung mit einer **portablen Kontrollanlage** kontrollieren. Die Kosten für die Kontrolle lassen sich über die angestrebte Kontrolldichte steuern. Das hier kalkulierte Szenario ermöglicht eine relativ hohe Kontrolldichte in Anbetracht der geringen Fläche und den Umfahrungsmöglichkeiten. Die **mobilen Kontrollanlagen** umfassen Fahrzeuge und elektronische Kontrollausrüstungen. Das **Zentralsystem** bildet die zentrale Datenbank, in der alle Prozesse von der Registrierung bis zur manuellen Nachbearbeitung der Kontrollfälle abgebildet und sowohl Fahrzeughalter-, Fahrzeug- und Kontrolldaten gespeichert werden. Die Registrierung der Fahrzeuge von nicht regelmässigen Nutzern soll über **Registrierungsautomaten, Vertriebsstellen** und über Internet möglich sein. Die Abgabe von On-Board Units (OBU) an Nutzer geschieht ausschliesslich an Vertriebsstellen. Es wird mit 750'000 regelmässigen Nutzern gerechnet. Daher sind als Investition zunächst 750'000 **DSRC-OBUs** vorgesehen. Die Kosten für die OBU können jedoch auf die Nutzer abgewälzt werden. Alle Einwohner des kostenpflichtigen Gebiets sollten aufgefordert werden, ihre Fahrzeuge mit einer OBU auszurüsten und die Möglichkeit haben, ein vergünstigtes Jahresabonnement zu lösen. Bei der Einführung fallen überdies Kosten für das **Marketing** und die **Entwicklung** an.

Die gesamten Investitionskosten belaufen sich gemäss diesen Abschätzungen auf 39.5 Mio. CHF. Bei einer jährlichen Abschreibungsrate von 15% ergeben sich somit Abschreibungskosten von knapp 6 Mio. CHF pro Jahr.

⁴⁴ Bei einem mehrzonigen System muss dann allerdings die Erfassung an den Zonengrenzen in beide Fahrtrichtungen möglich sein.

b. Betriebskosten:

Die hier dargestellten Betriebskosten beziehen sich auf die reinen Nettokosten ohne Abschreibungen und Finanzierungskosten (diese ergeben sich aus den Investitionskosten). Der relativ hohe Personalaufwand ergibt sich aus der Komplexität des Systems und den Aufgaben im Bereich der Kontrolle und Ahndung. Zu den **Personalkosten** kommen die Kosten für die **Wartung** des technischen Equipments, das in der Regel 10% der dafür veranschlagten Investitionskosten ausmacht. Die **Vertriebskosten** ergeben sich aus den Kosten für jede Transaktion an einer Vertriebsstelle, ungeachtet, ob es sich um eine Registrierung, einen Gerätetausch oder eine Sperrung der OBU etc. handelt. Jährlich wird bei einer monatlichen Abrechnung der Maut und unter Berücksichtigungen der Registrierungen ohne OBU mit rund 3.2 Mio. **Kreditkarten- oder Tankkartentransaktionen** gerechnet. Die gesamten Betriebskosten belaufen sich auf rund 17.6 Mio. CHF pro Jahr.

Die folgende Tabelle zeigt die Kosten in einer Übersicht:

KOSTEN DES GEBIETSPRICINGS IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH (VARIANTE 1)			
	Menge	Einzelpreis (in CHF)	Zwischentotal (in Mio. CHF)
Investitionskosten			
DSRC-Mautstation 1 & 2 Spur (Equipment und Bau)	33	120'000	3.96
Stationäre Kontrollanlage (inkl. DSRC-Mautstation): 1 Spur (Equipment und Bau)	10	300'000	3.00
Stationäre Kontrollanlage (inkl. DSRC-Mautstation): 2 Spur (Equipment und Bau)	4	500'000	2.00
Stationäre Kontrollanlage (inkl. DSRC-Mautstation): 3 Spur (Equipment und Bau)	3	800'000	2.40
Portable Kontrollanlagen	20	90'000	1.80
Mobile Kontrollanlagen (Fahrzeuge)	5	70'000	0.35
Zentralsystem	1	4'500'000	4.50
Registrierungsautomaten	50	30'000	1.50
Vertriebsstellen	100	20'000	2.00
DSRC-OBU	750'000	20	15.00
Einführungskosten (Entwicklung, Marketing)	1	3'000'000	3.00
Summe Investitionskosten (gerundet, ohne MWST)			39.5
Betriebskosten			
Personal (Betrieb und Enforcement)	60	130'000	7.80
Wartung	10% der Investit.kosten ohne OBU und Einführungskosten		2.15
Vertriebskosten	1'400'000	2.50	3.50
Kreditkartenkosten OBU-Besitzer	3'150'000	1.00	3.15
Management und Kommunikation	1	1'000'000	1.00
Summe Betriebskosten (gerundet, ohne MWST)			17.6

Tabelle 35

Werden die jährlichen Abschreibungskosten für die Investitionen sowie die Betriebskosten addiert, ergeben sich für das Gebietspricing Modell mit einer Stadtzone Zürich **jährliche Kosten von rund 24 Mio. CHF**. Die jährlichen Kosten machen also gut 15% der geschätzten Bruttoeinnahmen (150 Mio. CHF/a) aus. Die Nettoerträge betragen entsprechend mindestens 125 Mio. CHF pro Jahr. Da die Schätzung der Bruttoeinnahmen eher konservativ ist und überdies die (Netto-)Einnahmen durch das Enforcement (Kontrollen) noch nicht berücksichtigt sind, dürfte der Nettoertrag eher noch höher liegen.

Für die anderen beiden, komplexeren Varianten des Gebietspricings in der Agglomeration Zürich ist eine Kostenschätzung sehr viel komplizierter. Allerdings ist sicher, dass die Kosten bei den mehrzonigen Modellen deutlich höher liegen würden. Unter anderem müssten sehr viel mehr Erfassungsstellen angebracht werden. Beispielsweise müssten an den Grenzen zwischen den Zonen jeweils Erfassungsstellen an den Ein- und Ausfahrten angebracht werden, während bei der Zonenaussengrenze jeweils eine Erfassungsstelle bei der Einfahrt ausreicht.

Eine detaillierte Berechnung der Kosten wurde für die Varianten 2 und 3 aufgrund ihrer hohen Komplexität nicht durchgeführt. In einer sehr groben Schätzung können die Kosten dieser beiden Varianten aus dem Ergebnis für die Variante 1 auf Basis der zu erwartenden Anzahl benötigten Erfassungs- und Kontrollanlagen ermittelt werden. Geht man davon aus, dass bei der Variante 2 rund doppelt so viele Erfassungs- und Kontrollstellen nötig wären wie bei der Variante 1 (also rund 100 Erfassungsstellen), dürften auch die Kosten etwa doppelt so hoch liegen – also bei jährlich knapp 50 Mio. CHF (Betriebskosten plus jährliche Abschreibungskosten). Bei der Variante 3 kann etwa mit 200 bis 250 Erfassungsstellen gerechnet werden, womit die Kosten rund vier bis fünf mal höher wären als bei der Variante 1. Es ergeben sich also jährliche Kosten von 90 bis 120 Mio. CHF (Betriebskosten plus jährliche Abschreibungskosten). Auch bei den Varianten 2 und 3 belaufen sich somit die jährlichen Kosten auf 15% bis 20% der geschätzten Bruttoeinnahmen.

8.4.3. QUALITATIVE EVALUATION NACH KRITERIEN

Die Tabelle 36 gibt eine qualitative Übersicht über die Bewertung der drei Varianten nach diversen Kriterien.

GROBEVALUATION DER DREI VARIANTEN			
Kriterium	Variante 1: Nur Stadtzone	Variante 2: Stadtzone plus Limmat- tal/Gubrist	Variante 3: Stadtzone plus gesamte Agglomerationszone
Beitrag zu verbessertem Verkehrsmanagement	●● V.a. Stadtgebiet	●●● V.a. Stadtgebiet und Brechen der Stauspitzen (Gubrist, Limmattal)	●●●● V.a. Stadtgebiet und Brechen der Stauspitzen (Gubrist, Limmat-, Glattal)
Beitrag zum Finanzierungsziel	●●●	●●●●	●●●●●
Reduktion Umweltbelastung	●●	●●● 1)	●●● 1)
Machbarkeit und Praktikabilität	●●●	●●●	●●
Kompatibilität mit anderen Systemen	●●(●) Stark abhängig von Technologieentwicklung bzw. Festlegung der Standardtechnologie	●●(●) Stark abhängig von Technologieentwicklung bzw. Festlegung der Standardtechnologie	●●(●) Stark abhängig von Technologieentwicklung bzw. Festlegung der Standardtechnologie
Dynamisierbarkeit	●●●● Räumlich ausdehnbar auf Agglomerationsgebiet	●●●● Räumlich weiter ausdehnbar auf restliche Agglomerationen	●●●● Weitere zeitliche, räumliche und tarifliche Differenzierungsmöglichkeiten

Tabelle 36 Legende: Zielerfüllungsgrad

- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering

1) falls Differenzierung der Fahrzeuge nach Emissionskriterien

Der Beitrag zu einem verbesserten Verkehrsmanagement (Reduktion der Fahrten und v.a. des Staus) sowie die Reduktion der Umweltbelastung ist in der Variante 3 am höchsten (weil sie am stärksten differenziert werden kann), bei der Variante 1 dagegen am niedrigsten. Es ist jedoch festzuhalten, dass die gesamte Verkehrsreduktion nicht besonders gross ist. Bedeutend dagegen sind vor allem die zeitlichen Verschiebungen und damit die Verkehrsreduktionen zu den Spitzenzeiten, wodurch die Stauzeiten erheblich verringert werden können.

Das grösste Finanzvolumen würde in der Variante 3 generiert, da bei dieser Variante die räumliche Ausdehnung mit Abstand am grössten ist und daher am meisten Fahrzeuge von einer Abgabe betroffen sind.

Bezüglich Machbarkeit und Praktikabilität dagegen schneidet die Variante 1 am besten ab. Die Variante 1 wäre technisch am einfachsten und mit geringerem Aufwand umsetzbar. Die direkte Einführung von Road Pricing mit einem Mehrzonenmodell (Variante 3) dagegen

wäre schwieriger machbar, alleine schon wegen der grösseren räumlichen Ausdehnung (führt zu grösserem Aufwand für Erfassung und Enforcement und zu einer grösseren Zahl an involvierten Gemeinden/Behörden). Die Kosten für Bau und Betrieb wären bei einem komplexen Mehrzonenmodell beträchtlich. Die Nettoeinnahmen reduzieren sich entsprechend. Sie liegen bei der Variante Variante 1 bei ca. 120 Mio CHF, bei der Variante 2 bei 220 Mio CHF und bei der Variante 3 bei 380 Mio CHF pro Jahr.

Die Kompatibilität des Road Pricing Systems ist stark davon abhängig, was auf nationaler Ebene bzw. europäischer Ebene geschieht und welche technischen Standards angewandt werden. Die Kompatibilität der DSRC-Technologie („Funk-Maut“) ist gut, wenn bei anderen Systemen ebenfalls auf diese Technologie gesetzt wird und man dieselbe On-Board-Unit z.B. auch bei anderen Road Pricing Systemen (z.B. nationale Kilometerabgabe für Nationalstrassen oder Road Pricing in anderen Städten) verwenden kann. Die Interoperabilität der On-Board-Unit mit anderen DSRC-Systemen ist daher wichtig. Wird aber zukünftig in der Schweiz oder Europa ganz auf die GPS-Technologie gesetzt, ist die Kompatibilität in der vorliegenden Fallstudie eingeschränkt. Weil im Moment aber davon ausgegangen wird, dass sich die GPS-Technologie noch nicht so schnell durchsetzen wird, dürfte die DSRC-Technologie zumindest mittelfristig am häufigsten eingesetzt werden.

Akzeptanz

- › Für die Akzeptanz der Bevölkerung ist es zunächst von grosser Bedeutung, ob das gesamte Niveau der Strassenabgaben gleich bleibt oder steigt. Werden die zusätzlichen Abgaben des Road Pricing durch eine Reduktion oder Abschaffung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer kompensiert, ist die Akzeptanz grundsätzlich denkbar. Bei einem Anstieg der Nettoabgabenlast spielt der Verwendungszweck eine zentrale Rolle. Wird beispielsweise von Beginn weg deutlich gemacht, dass ein definierter Teil der Einnahmen in den Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen gesteckt wird und man damit einen konkreten Gegenwert erhält, wirkt dies positiv auf die Akzeptanz.
- › Ob ein Teil der Einnahmen für den öffentlichen Verkehr verwendet wird oder nicht, ist bezüglich heutiger Akzeptanz kritisch zu beurteilen. Gemäss aktuellen Trends (TA-Swiss, Aussagen economiesuisse) akzeptiert ein Grossteil der Bevölkerung und Wirtschaft Road Pricing einzig unter der Bedingung, dass die Einnahmen im Strassenverkehr bleiben.
- › Grundsätzlich positiv für die Akzeptanz wirkt sich aber aus, dass der öffentliche Verkehr in der Region Zürich gut ausgebaut ist und einen sehr guten Ruf genießt und somit den Betroffenen eine valable Alternative zum MIV zur Verfügung steht.

- › Positiv auf die Akzeptanz wirkt sich die Tatsache aus, dass das Road Pricing in der Agglomeration Zürich sowohl die Verkehrsbeeinflussung als auch die Finanzierung zum Ziel hat.
- › Vor allem die Variante 1 mit nur einer Stadtzone, in der die Stadtbewohner stark ermässigte Tarife geniessen, würde bei den Stadtbewohnern eine höhere Akzeptanz geniessen, weil der innerstädtische Verkehr reduziert würde, ohne dass die Stadtbewohner stark zusätzlich belastet würden. Ganz grundsätzlich ist die Akzeptanz bei der Bevölkerung, die innerhalb der jeweils bepreisten Zone wohnt, deutlich höher. Einerseits sind sie dank der Ermässigungen weniger stark von den Abgaben betroffen, andererseits werden in ihrer Gegend die Verkehrsprobleme reduziert. Geringer ist dagegen die Akzeptanz der Berufspendler von ausserhalb des Road Pricing Gebiets. Sie werden am stärksten zur Kasse gebeten.
- › Wenig Freude – vor allem an einem grossflächigeren Modell wie in den Varianten 2 und 3 – dürften speziell auch die Nachbarkantone von Zürich haben. Denn ihre Autofahrer könnten nicht von einer allfälligen Reduktion der Motorfahrzeugsteuer profitieren und würden damit durch das Road Pricing deutlich stärker belastet.
- › Ein rein städtisches Road Pricing wie in der Variante 1 dürfte auch beim Kanton Zürich weniger Akzeptanz geniessen, da damit die Verkehrsprobleme auf den Hochleistungsstrassen um Zürich nicht gelöst werden, sondern sich eher noch leicht verschärfen. Für den Kanton wäre es wichtig, dass möglichst rasch auch die kritischen Abschnitte des HLS-Netzes um Zürich in das Road Pricing Gebiet einbezogen werden, wie es z.B. in der Variante 2 mit dem Gebiet Limmattal/Gubrist gemacht wird.
- › Dass das vorgeschlagene Road Pricing System stufenweise eingeführt und problembezogen ausgeweitet und verfeinert werden kann, wirkt sich positiv auf die Akzeptanz aus.
- › Ein weiterer entscheidender Punkt für die Akzeptanz betrifft die Wirksamkeit. Nur wenn die Bevölkerung davon überzeugt werden kann, dass das neue System auch eine positive verkehrliche Wirkung hat (z.B. Staureduktion), wird ein Road Pricing akzeptiert. Genau dieser Punkt war für die hohe Akzeptanz der Congestion Charge in London entscheidend, weil dort rasch messbare Erfolge nachgewiesen werden konnten.

8.5. ERKENNTNISSE

Strategische Ebene

- › Mit einem umfassenden Gebietspricing in der Agglomeration Zürich kann sowohl ein Beitrag zum Verkehrsmanagement als auch zur Verkehrsfinanzierung geleistet werden. Somit kann es ein geeignetes zukünftiges Instrument sein für die Lösung der Verkehrskapazi-

tätsprobleme sowie der Finanzierungsengpässe für anstehende Verkehrsinfrastrukturprojekte.

- › Mit einem Zonenmodell können einzelne Gebiete je nach verkehrlicher Problemlage unterschiedlich stark bepreist werden. Ein Zonenmodell ist überdies dynamisierbar und transparent.
- › Die Einführung eines umfassenden Zonenpricings kann auf unterschiedliche Weise geschehen.
 - › 1. Start mit **einer einzigen Stadtzone** im Kern und damit einem ähnlichen System wie es in London angewandt wird: In Zürich würde eine solche Zone in etwa das Stadtgebiet umfassen. In späteren Schritten könnte das System dann von innen nach aussen in die Agglomeration ausgeweitet werden. Dieses Modell lässt sich technisch verhältnismässig einfach umsetzen, ist überschaubar und einfach, kann aber keinen Beitrag zur Problemlösung auf den stark belasteten Autobahnabschnitten sowie den Agglomerationsgebieten leisten. Der Lenkungseffekt wäre eher gering.
 - › 2. Bei der Einführung des Gebietspricings wird gleich **ein ganzer Sektor** mit einer Stadtzone im Innern und einer oder zwei Aussenzonen in speziell belasteten Agglomerationsgebieten einbezogen. In Zürich würde damit gemäss dem heute herrschenden Problemdruck in der Agglomeration das Limmattal und der Gubrist, eventuell auch das Glattal in das Road Pricing Gebiet einbezogen. Auch dieses Modell liesse sich später auf die anderen Agglomerationsgebiete ausweiten. Mit einem solchen Sektormodell kann der Fokus des gesamten Road Pricing Systems sehr spezifisch auf die stark belasteten Gebiete gelegt und damit ein höherer Lenkungseffekt erzielt werden. An stark belasteten Stellen (z.B. Gubrist) ist dank des erhöhten Tarifs zu Spitzenzeiten mit einer messbaren Staureduktion zu rechnen.
 - › 3. Das Gebietspricing wird von Beginn weg **umfassend** eingeführt, das heisst, sowohl die Stadtzone als auch das gesamte Agglomerationsgebiet mit dem gesamten HLS-Umfahrungsring werden einbezogen. In Zürich wäre ein System mit einer Stadtzone und fünf Aussenzonen denkbar. Auf diese Weise können die Verkehrsprobleme in der gesamten Region Zürich (inkl. HLS-Ring und Agglomerationsgebiete) umfassend und differenziert angegangen werden. Mit diesem Modell könnten die höchsten Lenkungseffekte und Staureduktionen erzielt werden. Allerdings wäre die Umsetzung deutlich komplizierter.
- › Bei der Einführung eines spürbaren Abgabenniveaus können gemäss ersten groben Berechnungen auch spürbare verkehrliche Wirkungen erzeugt werden. Allerdings ist mit

Ausnahme des Stadtgebietes nicht mit einer deutlichen Reduktion der gesamten Verkehrsmenge zu rechnen. Während den Spitzenzeiten kann aber mit einem entsprechend differenzierten Preissystem eine erhebliche Verkehrsreduktion erreicht werden, was zu Stauminderungen führt. Die Höhe der Lenkungswirkung ist abhängig von der Qualität des öffentlichen Verkehrs. Ist auf einem Korridor eine qualitativ gute ÖV-Alternative vorhanden, kann vor allem zu Spitzenzeiten mit einem höheren Umsteigeeffekt vom MIV zum ÖV/LV gerechnet werden.

Tarifgestaltung und Einnahmenverwendung

- › Beim vorgeschlagenen, umfassenden Gebietspricing können die Tarife zonenweise angepasst werden, was ein hohes Potenzial für (zeitliche und räumliche) Differenzierungen bietet.
- › Die Festlegung der Tarife orientiert sich vor allem an den verkehrlichen Wirkungen, aber auch am Einnahmenziel. Die mit den gewählten Tarifen generierbaren Einnahmen liegen auf einem ähnlichen Niveau wie die heutigen Erträge aus der kantonalen Motorfahrzeugsteuer, womit diese folglich zumindest teilweise oder gar vollständig durch das neue Road Pricing ersetzt werden könnte. Ob allerdings das Gesamtniveau aller Strassenabgaben steigen wird, ist letztlich eine politische Entscheidung. Vor allem bei der Variante 3 mit der ausgedehnten Pricing-Zone dürften die Gesamteinnahmen insgesamt steigen, selbst bei einer Abschaffung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Allerdings hebt sich das gesamte Abgabenniveau für die Bewohner des Kantons Zürich auch in diesem Fall nicht unbedingt, weil ein erheblicher Teil dieser Zusatzeinnahmen durch Bewohner der Nachbar Kantone bezahlt wird.
- › Die Bruttoeinnahmen des gewählten Road Pricing Modells sind beträchtlich. Allerdings wird ein Teil (gut 15%) dieser Bruttoerträge für den Bau und Unterhalt der Erfassungsstellen sowie den Betrieb (Gebührenerhebung, Inkasso etc.) verbraucht.
- › Die verbleibenden Nettoeinnahmen können für verschiedene Zwecke eingesetzt werden. Nahe liegend ist wie erwähnt eine Senkung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Allerdings würden damit die peripheren Gebiete des Kantons Zürich bevorteilt, weil diese zwar von dieser Reduktion profitierten, ohne aber wesentliche zusätzliche Kosten tragen zu müssen. Im Weiteren könnten mit einem Teil der Einnahmen dringende Strasseninfrastrukturprojekte in der finanziert werden, die andernfalls nicht realisierbar wären. Weil bei Road Pricing in einer Agglomeration die Stärkung des öffentlichen Verkehrs wichtig ist, kann ein Teil der Einnahmen für den Ausbau des ÖV-Systems in der Stadt sowie der

Agglomeration verwendet werden. Insgesamt erhält der Kanton Zürich einen grösseren finanziellen Handlungsspielraum im Verkehrsbereich.

Vollzugs- und Betreiberebene

- › Technisch bietet sich aus heutiger Sicht für ein umfassendes Gebietspricing in der Region Zürich die Nahfunktechnologie an. Diese Technologie ist erprobt und daher gut umsetzbar. Allerdings nimmt der Erfassungsaufwand mit zunehmender Anzahl Tarifzonen massiv zu.
- › Das einfachste Modell mit nur einer Stadtzone wäre technisch relativ einfach und mit dem geringsten Aufwand umsetzbar. Die direkte Einführung eines mehrzonigen Modells dagegen wäre schwieriger umzusetzen und deutlich aufwändiger, alleine schon wegen der grossen räumlichen Ausdehnung. Mit dem Einbezug der Agglomerationen nimmt nebst dem Vollzugaufwand auch die Zahl der involvierten Akteure (z.B. Gemeinden) deutlich zu.
- › Für die Wahl der Technologie ist die Entwicklung in der Schweiz sowie Europa von zentraler Bedeutung. Setzte beispielsweise die Schweiz auf ein nationales GPS-Modell, würde ein Road Pricing mit Funk-Maut in der Agglomeration Zürich wenig Sinn machen.

Fazit und Ausblick

Die Fallstudie hat gezeigt, dass ein umfassendes Gebietspricing für die Agglomeration Zürich ein interessantes Modell ist, das sowohl im verkehrlichen als auch im finanziellen Bereich Lösungsansätze aufzeigt. Die Analyse des beschriebenen Modells zeigt eine Reihe von positiven, viel versprechenden Aspekten, bringt aber auch einige Vorbehalte und ungelöste Probleme an den Tag.

Das dargestellte Modell ist als erste Skizze zu verstehen, das mögliche Wege für die Umsetzung aufzeigt. Die dargestellten Ergebnisse zu den verkehrlichen und finanziellen Wirkungen der vorliegenden Fallstudie beruhen dabei auf groben Berechnungen. Für eine detaillierte Prüfung der Machbarkeit dieses Road Pricing Modells müssten deshalb vor allem die verkehrlichen und finanziellen Wirkungen noch verifiziert und in einer weitergehenden Studie vertiefter analysiert und berechnet werden (u.a. mit Hilfe eines Verkehrsmodells). Dies gilt insbesondere auch für die Berechnungen der Auswirkungen in den Spitzenzeiten und die Umlagerungswirkungen auf den öffentlichen Verkehr. Im Weiteren müssten auch Akzeptanzfragen und technische Fragen noch vertieft behandelt werden.

Es ist zudem wichtig anzumerken, dass das in dieser Fallstudie untersuchte Road Pricing Modell nur eines von vielen möglichen Modellen für die Agglomeration Zürich ist. Andere

denkbare Modelle können möglicherweise ganz andere Vor- und Nachteile haben und müssen somit wieder neu untersucht und beurteilt werden.

9. FALLSTUDIE 4: FLÄCHENDECKENDE KILOMETERABGABE FÜR PW MIT DIFFERENZIERUNGEN

9.1. AUSGANGSLAGE UND ZIEL

LSVA als Ausgangspunkt

Mit der LSVA hat die Schweiz ein flächendeckendes Instrument für den LKW-Verkehr (>3.5 Tonnen Gesamtgewicht) entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Die LSVA ist in der heutigen Ausgestaltung eine Kilometergebühr, differenziert nach Gesamtgewicht und EURO-Klasse. Eine Differenzierung nach Strassentyp (Netzzuschlag, z.B. für Nationalstrassen) wäre mit der heutigen Erfassungstechnologie grundsätzlich möglich, allerdings aufwändig zu realisieren, weil mit der GPS-Technologie alle Autobahnzufahrten und -abfahrten erfasst werden müssten. Damit würde sich die LSVA von der Erhebungstechnologie her der deutschen LKW-Maut angleichen. Einfacher realisierbar wären aber Zuschläge auf bestimmten Strecken, z.B. auf stark belasteten Abschnitten.

Kilometerabgabe als Ablösung der kant. Motorfahrzeugsteuer

Schon seit längerer Zeit in Diskussion ist eine Variabilisierung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer für Personenwagen, in Richtung einer kilometerabhängigen Abgabe. Erste Überlegungen (Prognos 1984) gingen von einem Zuschlag auf die Mineralölsteuer aus. Ursprünglich wäre eine Höhe von 5 Rappen pro Liter vorgesehen gewesen, um ein vergleichbares Steueraufkommen zu erzielen. Neu wäre aber das Aufkommen auf Bundesebene angefallen, was letztlich der Hauptgrund für das politische Scheitern der Idee war. Die Kantone hätten die Finanzhoheit ihrer Hauptfinanzquelle an den Bund verloren, ohne dass ein konkretes Rückverteilungsmodell in Sicht gewesen wäre.

In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre ist ein fahrleistungsabhängiger Ökobonus für den PW-Verkehr diskutiert worden. Mit Hilfe eines Radumdrehungszählers (plombiert) wären die Kilometer berechnet worden.⁴⁵ Bei dem als Lenkungsabgabe (v.a. aus Lufthygiene-Überlegungen, später Klimadiskussion) gedachten Ökobonus wären die Einnahmen pro Kopf an die Bevölkerung rückerstattet worden. Diese Idee ist sowohl an der politischen Akzeptanz als auch an technischen Hürden gescheitert. Die Montage an den verschiedenen Rädern wäre zu aufwändig gewesen.

⁴⁵ Die damalige Technologie stammte aus Skandinavien, die damit eine PW-Steuer für Dieselfahrzeuge eingerichtet hatte, um den Dieselpreis nicht erhöhen zu müssen.

In den neunziger Jahren hat sich die Diskussion bei den PW vor allem auf die CO₂-Thematik ausgerichtet. Im Vordergrund stehen Modelle, die Anreize zur Senkung des spezifischen Treibstoffverbrauchs setzen. Momentan ist vor allem ein aufkommensneutrales Bonus-Malus-System in Diskussion.

Moderne Kilometerabgabe als Ergänzung des heutigen Abgabensystems

Wie im Teil I dieses Berichts dargestellt, stösst die Mineralölsteuer als Finanzierungsinstrument an Grenzen, infolge der verstärkten klimapolitischen Diskussion einerseits, und wegen möglicher Ausweicheffekte (Tanktourismus) andererseits. Gleichzeitig kann sowohl die pauschale Autobahnvignette als auch die kantonale Motorfahrzeugsteuer das Verursacherprinzip zu wenig umsetzen und keinen Lenkungseffekt erzielen.

Eine moderne Kilometerabgabe kann als Weiterentwicklung der bisherigen Diskussion betrachtet werden. Im Unterschied zu den Modellen in den anderen Fallstudien betrifft sie das gesamte Gebiet der Schweiz und ist auf Bundesebene angesiedelt. Somit kann diese Abgabe ‚top down‘ entwickelt werden. Folgende strategischen Ziele stehen bei diesem Modell im Vordergrund:

- › Neues Finanzierungsinstrument auf Bundesebene, das modulartig differenziert und somit auch eine Lenkungsfunktion übernehmen kann.
- › Ablösung heutiger pauschaler Finanzierungssysteme und Entlastung der Funktion der Mineralölsteuer.
- › Analogie zur LSVA: Parallele Weiterentwicklungsmöglichkeiten der beiden Systeme.

Weiterentwicklung der Nationalstrassenabgabe

Aktuell diskutiert wird eine elektronische Ausgestaltung der Autobahnvignette (Nationalstrassenabgabe NSA). Je nach Entwicklungspfad könnte dies ein Startpunkt oder eine Alternative zu einem flächendeckenden Kilometerpricing sein. Für den Moment ist eine Einführung einer elektronischen Vignette jedoch zurückgestellt worden.

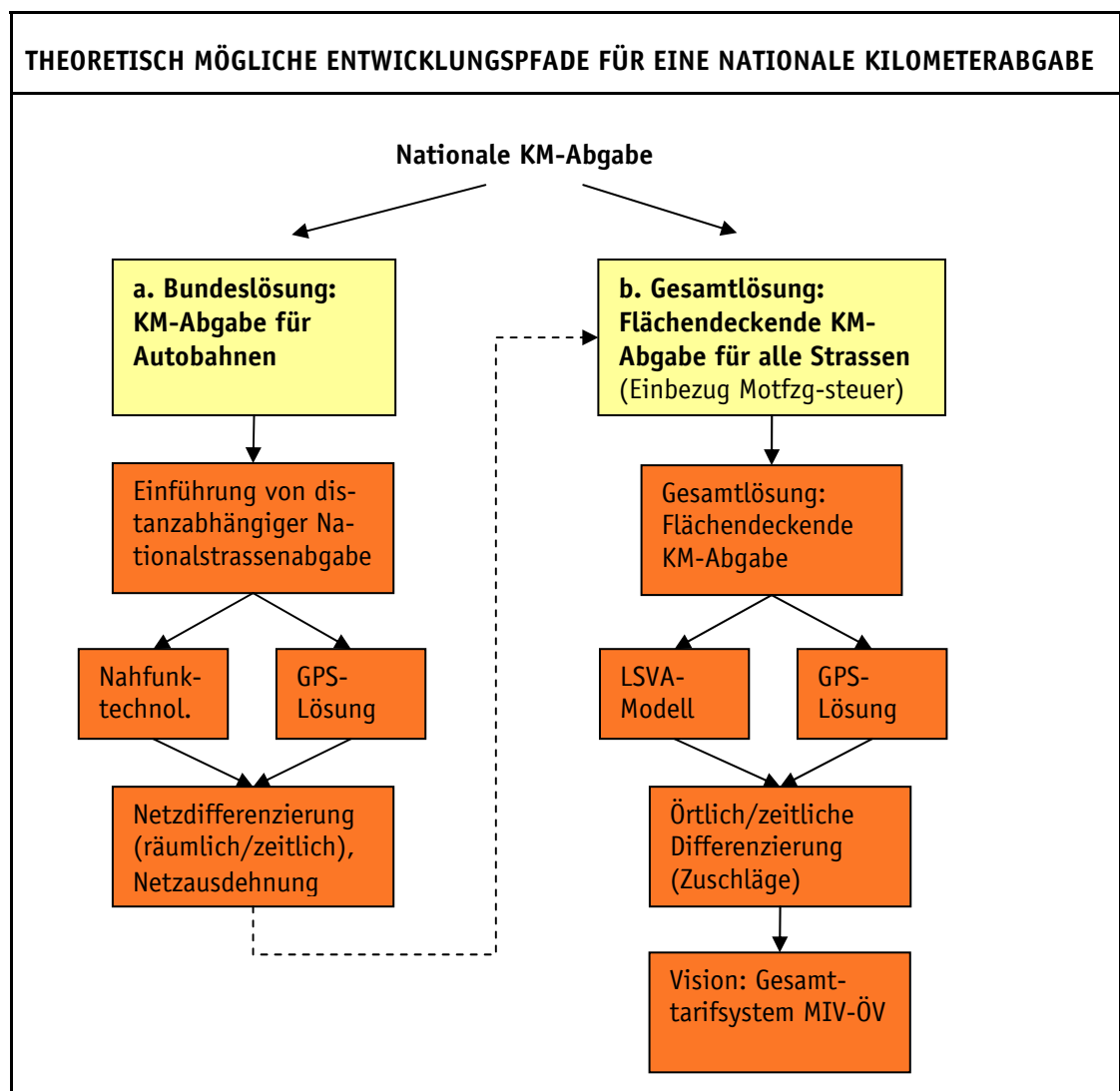
Ziel der Fallstudie

Auf Basis von zwei Modelltypen (Nationalstrassen, gesamtes Strassennetz) sollen Entwicklungspfade einer Schweizer Kilometerabgabe für PW diskutiert werden. Dabei stehen die Potenziale für einen Umbau des Finanzierungssystems sowie die Dynamisierung der Modelle im Zentrum.

9.2. CHARAKTERISIERUNG

9.2.1. MODELLTYPEN UND ENTWICKLUNGSPFADE

Durch seinen schweizweiten Lösungsansatz setzt das vorliegende Modell einen Kontrapunkt zu den Modellen in den anderen Fallstudien und weist je nach eingesetzter Technologie und Umsetzungspfad auch einen anderen Zeithorizont auf. Grundsätzlich sind folgende Entwicklungspfade denkbar:



Figur 58 Die gelben Kästchen zeigen die beiden möglichen Hauptstossrichtungen einer nationalen, distanzabhängigen Strassenbenutzungsabgabe: a. eine distanzabhängige Bepreisung des Nationalstrassennetzes (Kilometerabgabe für Autobahnen), b. eine flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen.

Prinzipiell können also zwei Stossrichtungen unterschieden werden. Die eine Möglichkeit beinhaltet eine distanzabhängige Bepreisung (Kilometerabgabe) des Nationalstrassennetzes.

Es handelt sich demnach zunächst um eine reine Bundeslösung. Die zweite Variante dagegen beinhaltet eine umfassende Lösung, nämlich eine flächendeckende Kilometerabgabe auf allen Strassen. Beiden Varianten ist gemeinsam, dass es sich um eine schweizweite Strassenbenutzungsgebühr handelt. Beide Modelle können Startpunkt für eine nationale Kilometerabgabe sein. Die erste Variante (Kilometerabgabe für Autobahnen) kann unter Umständen in einem zweiten Schritt auch in eine flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen münden. Dazu müssen allerdings die entsprechenden technologischen Voraussetzungen erfüllt sein.

Bei den in Figur 58 skizzierten Pfaden sind verschiedene technische und institutionelle Restriktionen zu beachten, die für die Eignung möglicher Modelle eine grosse Bedeutung aufweisen:

- › Die Einführung einer distanzabhängigen Abgabe auf Nationalstrassen ist mit verschiedenen vorhandenen Erhebungstechnologien grundsätzlich möglich. Im Vordergrund steht die Nahfunktechnologie, denkbar wäre aber auch eine GPS-Lösung analog zur deutschen LKW-Maut auf Autobahnen. Die Nahfunktechnologie ist technisch erprobt und wäre gut umsetzbar. Eine GPS-Lösung für PKW auf Autobahnen wäre analog zum deutschen System technisch ebenfalls machbar. Die Technologie wurde aber bis jetzt noch nie im grösseren Stil für Personenwagen eingesetzt und erprobt.
- › Bei einer flächendeckenden Abgabe ist das LSVA-Modell mit obligatorischem Tachograph für Personenwagen aus heutiger Sicht nicht umsetzbar, weil die Technologie für PW zurzeit nicht zur Verfügung steht und überdies der Aufwand für die Ausrüstung aller PW enorm wäre. Zudem wäre die Manipulationsgefahr bei einfacheren Lösungen (z.B. plombierter Kilometerzähler) zu gross. In Kombination mit GPS als sekundärem Kontrollsystem, wie es bei der LSVA angewandt wird, ist es jedoch denkbar, dass in Zukunft eine entsprechende Technologie zur Distanzmessung bei PW vorhanden sein könnte.
- › Eine Gesamtlösung mit einer flächendeckenden Kilometerabgabe auf allen Strassen ist mit den heute zur Verfügung stehenden GPS-Technologien (noch) nicht möglich (keine einwandfreie Erfassung der gefahrenen Distanz möglich).⁴⁶ Im Unterschied zu den anderen Lösungen ist diese Option Zukunftsmusik und nur unter der Bedingung zu entwickeln, dass die technischen Voraussetzungen europaweit vorhanden sind.

⁴⁶ Dies ist auf Autobahnen einfacher, weil sich die Erfassung auf die Zufahrten beschränken kann (Netzpricing).

Die Tabelle 37 zeigt die mögliche Ausgestaltung der beiden Modelle (Kilometerabgabe Autobahnen, flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen) auf. Zudem ist in der Tabelle dargestellt, wie die jeweiligen Weiterentwicklungspfade und Differenzierungsschritte der beiden Modelle aussehen könnten (grau schattiert).

Zu betonen ist, dass das erste Modell aus technischer Sicht in naher Zukunft umsetzbar wäre, also einer mittelfristigen Optik unterliegt. Dagegen unterliegt das zweite Modell (flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen) einer klar langfristig ausgerichteten Betrachtungsweise, da die dazu nötige Technologie zum heutigen Zeitpunkt noch nicht zur Verfügung steht.

VON DER AUTOBAHNVIGNETTE HIN ZU EINER NATIONALEN KILOMETERABGABE				
Modell	Zweck	Änderung Finanzierungs-system	Differenzierung	Lenkungs-funktion
a. Bundeslösung: Kilometerabgabe für Autobahnen				
Kilometerabgabe für Autobahnen	Distanzabhängige Bepreisung des Nationalstrassennetzes (leistungsabhängige Abgabe)	Ablösung pauschale Vignette, plus evtl. Kompensation Mineralölsteuer-Zollzuschlag	Nach Gewicht und EURO-Klassen	Gering
Differenzierung der Abgabe (räuml./zeitl.)	Erhöhung der Lenkungswirkung	dito	Zuschläge für bestimmte Korridore Zuschläge für Agglomerationen Zeitliche Differenzierungen	Mittel
Räumliche Ausdehnung	Erhöhung Lenkungswirkung, Minimierung Ausweichverkehr	Dito Evtl. Senkung der kant. Motfz.steuern	Punktueller Ausdehnung auf einzelne Hauptstrassen in stark belasteten Gebieten (z.B. Agglomerationen)	Gross
b. Gesamtlösung: Flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen				
Flächendeckende Kilometerabgabe Schweiz (für alle Strassen)	Neues Tarif- und Finanzierungssystem MIV, Einbezug aller Strassen	Ablösung Autobahnvignette und kantonale Motfz.steuer, evtl. auch zweckgebundene Teile von Mineralölsteuer	Nach Gewicht und EURO-Klassen	Gross
Differenzierung der Abgabe	Erhöhung der Lenkungswirkung	dito	Zuschläge für bestimmte Korridore Zuschläge für Agglomerationen Zeitliche Differenzierungen	Gross

Tabelle 37 Grau schattiert sind mögliche Entwicklungsstufen der beiden Grundmodelle dargestellt.

Denkbar ist auch, dass eine Kilometerabgabe für Autobahnen in mehreren Zwischenschritten zu einer flächendeckenden Abgabe ausgedehnt wird. Dies kann aber nur mit einer Technologie geschehen, die eine Ausdehnung in die Fläche erlaubt. Die Nahfunktechnologie ist dazu beispielsweise wenig geeignet. Bei einer GPS-Lösung dagegen dürfte dieser Schritt in Zukunft eher möglich sein.

Die Entwicklungspfade der einfachen Kilometerabgabe für Autobahnen zu einer stärker differenzierten Abgabe (und evtl. gar zu einer flächendeckenden Gesamtlösung für alle Strassen) können unterschiedlich sein und abgabentechnische, räumliche sowie weitere Differenzierungskomponenten aufweisen:

› Abgabentechnisch:

- › Grundsätzlich könnte der Bund die distanzabhängige Autobahnabgabe erhöhen und gleichzeitig die Mineralölsteuer senken. Eine Möglichkeit wäre die Abschaffung des Mineralölsteuerzuschlags, der ja letztlich in erster Linie für die Finanzierung des Autobahnnetzes eingesetzt worden ist.
- › Mit der räumlichen Ausdehnung (siehe unten) ergibt sich auch ein Potenzial, die kantonale Motorfahrzeugsteuer sukzessive zu senken.

› Räumliche und zeitliche Differenzierungen: Um den Lenkungseffekt zu erhöhen, könnten weitere Differenzierungen vorgenommen werden. Zum einen könnten auf bestimmten, stark belasteten Korridoren oder Knoten – z.B. in Agglomerationen – Zuschläge erhoben werden. Zum anderen wären auch zeitliche Differenzierungen denkbar, z.B. indem das gesamte Netz oder bestimmte Korridore/Knoten während den Spitzenstunden stärker bepreist würden.

› Räumliche Ausdehnung: Der Bund kann die Abgabe zunächst auf weitere Strassen ausdehnen, einerseits, um Ausweichfahrten zu vermeiden, andererseits, um den Problemen (v.a. in den Agglomerationen) Rechnung zu tragen. Damit ergibt sich auch eine Parallele mit dem Fallbeispiel 3 (Road Pricing Agglomeration Zürich). Die durch eine solche räumliche Ausdehnung anfallenden zusätzlichen Einnahmen könnten den Kantonen zurückerstattet werden.

Die vorliegende Fallstudie weist – je nach Entwicklungspfad – auch Parallelen zu den vorher analysierten Fallstudien auf. Der grosse Unterschied besteht darin, dass die Entwicklung Top-down (vom Bund her und über die Bepreisung der Nationalstrassen) erfolgt und eine

umfassende Langfristvision enthält, die mit den heute zur Verfügung stehenden technischen Mitteln noch nicht möglich ist.

Exkurs e-Vignette

Die in dieser Fallstudie untersuchten Modelle (Kilometerabgabe auf Autobahnen und flächendeckende Kilometerabgabe für alle Strassen) haben eine gewisse Ähnlichkeit mit der so genannten ‚e-Vignette‘, dürfen aber nicht mit ihr verwechselt werden.

Die e-Vignette wurde als Alternative zur heutigen Autobahnvignette von der Oberzolldirektion geprüft. Bei der ‚elektronischen Vignette‘ wird die Autobahn-Benutzungsberechtigung nicht mehr mit einer Klebevignette dokumentiert, sondern durch die Registrierung des Fahrzeugkontrollschildes. Die Registrierung kann am Internet, per Post mittels Einzahlungsschein oder an Verkaufsterminals geschehen. Die Kontrolle erfolgt durch das automatische Lesen der Kontrollschilder an fix installierten und/oder mobilen Kontrollanlagen (ANPR). Von der technischen Umsetzung her entspricht die e-Vignette daher dem Londoner System (manuelle Registrierung und Kontrolle mittels ANPR-Technologie).

Die e-Vignette unterscheidet sich jedoch deutlich vom Modell dieser Fallstudie, weil die e-Vignette keine kilometerabhängige Gebührenerhebung erlaubt. In dieser Fallstudie liegt der Fokus jedoch genau auf solchen distanzabhängigen Abgaben (d.h. Kilometerabgaben). Während diese kilometerabhängigen Modelle eine eher langfristige Option bilden, wäre die e-Vignette aus technischer und vollzugsseitiger Sicht einfacher und rascher umsetzbar.

9.2.2. VERKEHRSMENGEN UND ECKZAHLEN

Die folgenden beiden Tabellen zeigen das zentrale Mengengerüst für dieses Fallbeispiel.

Relevant sind die aktuellen Fahrleistungen und die Einnahmen im Strassenverkehr für Bund und Kantone.

AKTUELLE EINNAHMEN AUS STRASSENABGABEN								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anrechenbarer Mineralölsteuerertrag	4'345	4'461	4'420	4'645	4'789	4'910	4'835	4'755
<i>Mineralölsteuer Benzin</i>	2'034	2'076	2'085	2'188	2'230	2'253	2'190	2'135
<i>Mineralölsteuer Diesel</i>	537	558	554	596	634	678	701	711
<i>Mineralölsteuerzuschlag Benzin</i>	1'445	1'492	1'458	1'518	1'553	1'576	1'527	1'489
<i>Mineralölsteuerzuschlag Diesel</i>	329	335	323	343	372	403	417	420
Zollertrag aus Motorfahrzeugimporten	130	132	165	202	228	243	259	229
Motorfahrzeugsteuern und Gebühren	1'527	1'608	1'655	1'687	1'749	1'798	1'836	1'899
Autobahnvignetten	237	243	249	258	262	269	274	270
SVA + LSVA für Strassenzwecke	174	169	167	174	176	340	354	378
Anteil Mehrwertsteuer	-1	3	3	17	24	48	64	67
Total anrechenbare Einnahmen	6'412	6'616	6'659	6'983	7'228	7'608	7'622	7'598
Entwicklung der Einnahmen (1995 = 100)	100	103	104	109	113	119	119	118
LSVA nicht für Strassenzwecke							316	386

Tabelle 38 Quelle: BFS Strassenrechnung 2002.

AKTUELLE FAHRLEISTUNGEN SOWIE FINANZZAHLEN (EINNAHMEN BUND UND KANTONE)						
	Fahrzeugkilometer 2005 (in Mio. Fzkm)		Abgaben Kanton (Mio. CHF)	Abgaben Bund (Mio. CHF)		
	National- strassen	Übrige Strassen		Total	Autobahn- vignette	Mineral- ölsteuer
<i>PW Benzin</i>	15'670	29'110	1'314	222	3'448	-
<i>PW Diesel</i>	3'110	5'790	261	44	469	-
PW Total	18'780	34'900	1'576	266	3'917	-
<i>Lieferwagen Benzin</i>	598	1'001	47	8	140	-
<i>Lieferwagen Diesel</i>	1'616	2'727	127	21	213	-
Lieferwagen total	2'214	3'728	174	29	353	-
LKW Diesel/Total	1'121	1016	63	-	437	772

Tabelle 39 KM-Zahlen für 2005 (Quelle: BUWAL 2004), Finanzzahlen für 2002 (Quelle: TRAKOS, INFRAS/Ecoplan 2005). Die Aufteilung der Einnahmen auf die einzelnen Fahrzeugkategorien wurde grob vorgenommen.

9.3. AUSGESTALTUNG

9.3.1. KILOMETERABGABE FÜR AUTOBAHNEN⁴⁷

Fahrzeugkategorien

Die Autobahnvignette gilt heute für alle Fahrzeugkategorien unter 3.5 Tonnen Gesamtgewicht. Entsprechend stellt sich die Frage, ob neben den Personenwagen auch weitere Fahrzeugkategorien einbezogen werden sollen. Aus verkehrspolitischer Sicht ist es sicher sinnvoll, dass alle Fahrzeugkategorien gleich behandelt werden. Aus Vollzugssicht können sich allerdings Grenzen stellen. Sinnvoll ist es aber sicher, die wichtigen Fahrzeugkategorien Lieferwagen und PW einzubeziehen. Idealerweise umfasst die Abgabe alle vignettenpflichtigen Fahrzeuge bzw. alle Fahrzeuge, die nicht ‚LSVA-pflichtig‘ sind. Der Einbezug der Lieferwagen rechtfertigt sich insbesondere auch aufgrund der zunehmenden Bedeutung und den Abgrenzungen zu den LKW, die weiterhin der LSVA unterstellt sind. Bei den Motorzweirädern könnte aufgrund der relativ geringen Relevanz (2.2% der Fahrleistung auf Nationalstrassen) und dem zu erwartenden geringen Lenkungseffekt⁴⁸ und den hohen Aufwendungen für die Erfassung die Pauschallösung weiter geführt werden.

Tarifsystem

Bezüglich Abgabenhöhe sind zwei Stufen denkbar. **In einem ersten Schritt** wird die heutige Autobahnvignette für PW und Lieferwagen elektronisch und distanzabhängig ausgestaltet und variabilisiert. Auf Basis obiger Eckzahlen sind folgende Durchschnittsabgaben notwendig, um das heutige Einnahmenniveau der Nationalstrassenabgabe zu erreichen:

- › Für PW und Lieferwagen ca. 1.5 Rappen pro Kilometer Autobahn

Die Differenzierung erfolgt nach Massgabe der gefahrenen Kilometer und neu nach der Euro-Emissionskategorie (Euronorm). Vergleicht man die Grenzkosten der Fahrzeuge, so ergibt sich eine Spannbreite von ca. 50%. Eine Differenzierung nach Benzin und Diesel erscheint allerdings aufgrund der energietechnischen Vorteile einerseits sowie der emissionsseitigen Nachteile des Diesels andererseits nicht sinnvoll. Eine zusätzliche Differenzierungsmöglichkeit ergäbe sich aber eventuell bezüglich CO₂-Emissionen. Es wäre denkbar, Fahrzeuge mit tieferen CO₂-Emissionen pro Fahrzeugkilometer weniger stark zu besteuern als Fahrzeuge mit hohen Kohlendioxid-Emissionen. Auf diese Weise könnten überdies eine ausgewogenere

⁴⁷ Genau genommen ist eine Kilometerabgabe für Nationalstrassen gemeint. Der Begriff ‚Autobahnen‘ wird im Folgenden der Einfachheit halber synonym mit dem Begriff ‚Nationalstrassen‘ verwendet.

⁴⁸ Zu erwarten sind eher negative Lenkungswirkungen, weil die Motorzweiräder das Hauptstrassennetz benützen würden.

Bepreisung zwischen verbrauchsstärkeren Lieferwagen und sparsameren Personenwagen geschaffen werden. Alternativ wäre auch eine gewichtsabhängige Preisdifferenzierung denkbar.

In einem zweiten Schritt könnte die Abgabe erhöht werden und zusätzlich auch den Mineralölsteuer-Zollzuschlag ersetzen. Um wiederum dasselbe Einnahmenniveau (2.1 Mia. CHF/a, Einnahmen aus Mineralölsteuer-Zollzuschlag und Autobahnvignette) zu erzielen, resultiert eine Abgabe von:

› Für PW Benzin	ca. 10.4 Rappen pro km Autobahn
› Für PW Diesel	ca. 7.0 Rappen pro km Autobahn
› Für PW Mittel	ca. 9.9 Rappen pro km Autobahn
› Für Lieferwagen Benzin	ca. 15.9 Rappen pro km Autobahn
› Für Lieferwagen Diesel	ca. 6.2 Rappen pro km Autobahn
› Für Lieferwagen Mittel	ca. 8.8 Rappen pro km Autobahn

Die starken Unterschiede ergeben sich unter anderem aus dem unterschiedlichen Niveau der Mineralölsteuersätze und -zuschläge für Benzin und Diesel. Eine derartige Differenzierung der Sätze hätte eine massive Verteilungswirkung zwischen Benzin und Diesel zur Folge. Um dies zu verhindern, wäre eine **Pauschalabgabe von ca. 9 bis 10 Rappen pro Kilometer Autobahn** für alle Fahrzeuge (PW und Lieferwagen) sinnvoll. Anstelle einer auf den heutigen Mineralölsteuersätzen basierenden Differenzierung wäre auch bei diesem zweiten Schritt eine Differenzierung nach Emissionskategorie (Euronorm oder CO₂-Emissionen) denkbar.

Weil der zweite Schritt infolge der Senkung der Mineralölsteuer-Zuschläge auch die LKW betrifft, müsste der Einnahmenschwund bei den LKW über die LSVA kompensiert werden. Dies entspricht einer Erhöhung der LSVA um ca. 20%. Ähnliches gilt für die Motorzweiräder. Spätestens hier stellt sich für diese Fahrzeugkategorie die Frage, ob ein Einbezug in die Kilometerbesteuerung möglich wäre, weil ansonsten nur mit einem Zuschlag auf die fixe Abgabe (d.h. Motorfahrzeugsteuer) der Einnahmenschwund kompensiert werden könnte.

Technische Umsetzung und Vollzug

Aus technischer Sicht lässt sich die vorgeschlagene Kilometerabgabe für Autobahnen mit den heute vorhandenen Technologien umsetzen. Nahe liegend ist eine Umsetzung mittels Nahfunktechnologie (DSRC). Dazu werden die Fahrzeuge mit einer einfachen, billigen On-

Board Unit (OBU) ausgerüstet und strassenseitig mittels Nahbereichsfunk erfasst. Die Nationalstrassen müssen jeweils zwischen Ein- und Ausfahrten mit Funkbaken ausgerüstet sein, sodass auf jedem Nationalstrassenabschnitt eine Erfassung erfolgen kann und die Abschnitte entsprechend ihrer Länge bepreist werden können⁴⁹. Damit ergeben sich die Grundlagen für die rechnerische Distanzerfassung aller Fahrzeuge. Das Erfassungssystem entspricht somit der gleichen Technologie, wie sie in Österreich seit anfangs 2004 bei der distanzabhängigen LKW-Maut auf Autobahnen und Schnellstrassen angewandt wird.

Grundsätzlich wäre ein duales Erfassungssystem (automatische Erfassung der Fahrzeuge mit OBU; manuelle Einbuchung an Terminals, übers Internet oder per SMS der restlichen Fahrzeuge) analog zur Fallstudie 3 (Agglomeration Zürich) wünschenswert, damit nicht alle Fahrzeuge (z.B. alle ausländische Touristen) eine OBU benötigen. Allerdings lässt sich eine manuelle Einbuchungslösung bei einem distanzabhängigen, schweizweiten System für Personenwagen nur sehr schwierig umsetzen. Weil sich eine manuelle Einwahllösung bei Kilometerabgaben relativ kompliziert und aufwändig gestaltet, würde eine Einbuchung insbesondere an den Landensgrenzen zu langen Wartezeiten und Staus führen. Was für LKW in Deutschland noch funktioniert, dürfte für Personenwagen sehr schwierig umsetzbar sein. Aus diesem Grund muss die Installation einer **OBU für alle Fahrzeuge obligatorisch** sein. Damit wird auch der Kontrollaufwand verringert.

Aufgrund der Verkehrs- und Platzverhältnisse an den Grenzübergängen ist es nicht möglich, an der Grenze alle ausländischen Fahrzeuge mit einer OBU auszurüsten. Folglich ist es nötig, dass auch möglichst viele ausländische Fahrzeuge bereits vor dem Grenzübertritt mit einer OBU ausgerüstet sind und über einen entsprechenden Vertrag mit dem schweizerischen Betreiber des Erfassungssystems verfügen. Die verwendete OBU muss also interoperabel sein mit anderen, im Ausland gebräuchlichen, Systemen. Eine europaweit standardisierte OBU würde für eine Umsetzung helfen. Wenn nach Einrichtung des europäischen elektronischen Mautdiensten (EETS) ein überwiegender Anteil der Fahrzeuge mit entsprechenden OBUs und Benutzungsverträgen ausgerüstet ist, käme diese Lösung in Frage.

Je später eine solche schweizerische Road Pricing Lösung eingeführt wird, desto eher besteht die Gewähr, dass praktisch alle Fahrzeuge mit den notwendigen Geräten ausgerüstet sind (z.B. infolge obligatorischer Vorschrift in der Schweiz oder auf internationaler Ebene) und gesamteuropäische Verträge für die Mautabrechnung bestehen.

⁴⁹ Ein Abschnitt reicht jeweils von einer Einfahrt bis zur nächsten Ausfahrt.

Das Enforcement erfolgt einerseits mittels normaler, visueller Kontrollen (wie heute). Mit der erhöhten Abgabe sind zudem weitere, elektronische Kontrollen notwendig. Diese erfolgen mittels Stichprobensystem und Videoerfassung (mit fixen und mobilen Stationen) an wichtigen Ein- und Ausfahrten.

Weil es sich bei der DSRC-Technologie um ein bewährtes System (z.B. Österreich) handelt, wäre eine Umsetzung aus technischer Sicht sehr bald möglich. Mögliche Hindernisse liegen in der Differenzierung der Tarife nach Emissionskategorie bzw. Gewicht. Wie die Erfahrungen mit der LSVA gezeigt haben, stellt insbesondere die Klassifizierung der ausländischen Fahrzeuge (z.B. nach Euronorm) ein nicht zu unterschätzendes Problem dar.

Als Alternative zur Nahfunktechnologie wäre auch eine GPS/GSM-Lösung analog zur deutschen LKW-Maut denkbar. In Deutschland wird zurzeit die Ausdehnung der LKW-Autobahnmaut auf Personenwagen diskutiert. Aus technischer Sicht scheint eine solche Lösung mittelfristig machbar. Weil ein solches GPS-System für PW jedoch noch nirgends im grösseren Stil erprobt worden ist, sind die mit der Umsetzung verbundenen Unsicherheiten heute noch beträchtlich. Aus betrieblicher Sicht kommt die GPS-Lösung zudem erst in Frage, wenn alle inländischen Fahrzeuge obligatorisch und eine überwiegende Mehrheit der ausländischen Fahrzeuge freiwillig mit GPS-OBUs ausgerüstet sind, weil Einbuchungslösungen im grossen Stil für den PW-Verkehr nicht praktikabel sind. Der Vorteil einer GPS-Lösung läge aber vor allem in der Aufwärtskompatibilität, das heisst der Möglichkeit, bei entsprechender Weiterentwicklung der Technologie das Abgabensystem flächendeckend auf allen Strassen auszuweiten.

Als Betreiber einer Kilometerabgabe für Autobahnen könnte der Bund entweder eine halbstaatliche oder private Gesellschaft einsetzen oder aber die Gebührenerhebung vollständig selber durchführen. Würde eine Betreibergesellschaft gewählt, könnte diese entweder nur sehr begrenzte Aufgaben und Kompetenzen haben und wäre beispielsweise nur für die Erhebung der Gebühren sowie die Kontrolle zuständig (analog Toll Collect in Deutschland). Alternativ dazu wäre es denkbar, dass die Betreibergesellschaft gleichzeitig auch das gesamte Nationalstrassennetz übernehme und damit nicht nur für die Gebührenerhebung zuständig, sondern auch für den Bau und Unterhalt des Netzes verantwortlich wäre und damit eine Hoheit über die finanziellen Einnahmen hätte.

Einnahmenverteilung

Da es sich bei der Kilometerabgabe für Autobahnen um eine reine Bundeslösung handelt, fallen die Einnahmen grundsätzlich alle dem Bund zu. Wie bereits oben beschrieben, wür-

den die Einnahmen als Ersatz für andere Abgaben (Autobahnvignette, evtl. auch Mineralölsteuer-Zollzuschlag) verwendet, welche im Zuge der Umgestaltung des Strassengebührensysteams gestrichen bzw. reduziert würden. Insgesamt bliebe damit das Einnahmensubstrat für den Bund ungefähr gleich gross.

Weitere Differenzierungsschritte

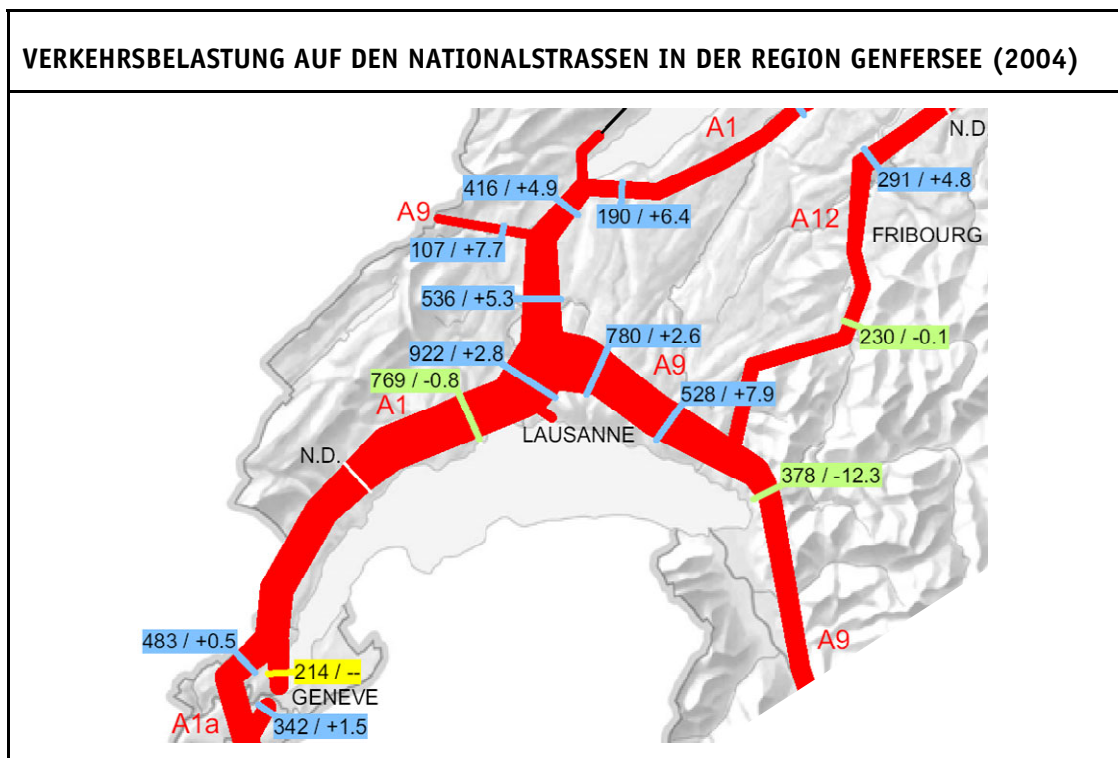
Die Weiterentwicklung der einfachen Kilometerabgabe auf Autobahnen hin zu einer stärker differenzierten Abgabe weist eine ganze Reihe von Freiheitsgraden auf. Anhand einer konkreten Region soll in der Folge beispielhaft gezeigt werden, wie die räumliche und zeitliche Differenzierung der Kilometerabgabe auf Autobahnen aussehen könnte.

Grundsätzlich stehen die folgenden Differenzierungsmöglichkeiten im Vordergrund:

- › Räumliche Differenzierung: Zuschläge stark belasteter Korridore oder Knoten, z.B. in Agglomerationen.
- › Zeitliche Differenzierung: Zuschläge zu Spitzenzeiten auf bestimmten Abschnitten des Nationalstrassennetzes, welche zu diesen Zeiten überlastet sind (s. dazu die Ausführungen im Road Pricing Modell Agglomeration Zürich, Fallstudie 3).
- › Räumliche Ausdehnung: Einbezug von wichtigen Hauptstrassenverbindungen und Einfahrten in Ballungsräume. Dabei können die Kantone mögliche Strassen bezeichnen. Die Erfassung könnte der Einfachheit halber punktuell erfolgen. Wer bestimmte Querschnitte passiert, wird per Nahfunk erfasst und bezahlt einen fixen Zuschlag.

Fallbeispiel für weitere Differenzierungen: Agglomeration Lausanne

Am Beispiel der Agglomeration Lausanne soll aufgezeigt werden, wie mögliche Schritte von einer generellen Kilometerabgabe auf Autobahnen hin zu einem stärker differenzierten Abgabesystem aussehen könnte. Wie Figur 59 zeigt, weisen die Nationalstrassen in der Region Lausanne die höchsten Verkehrsbelastungen in der Romandie auf. Die Autobahnumfahrung von Lausanne zwischen Morges, Crissier und Belmont weist denn auch eine hohe Anfälligkeit auf Staus auf. Im Jahr 2003 wurde auf der Umfahrung Lausanne an 175 Tagen Stau registriert. Insgesamt waren 417 Staustunden zu verzeichnen (ASTRA 2004). Besonders stark belastet ist die Region Lausanne West im Dreieck Lausanne – Crissier – Morges.

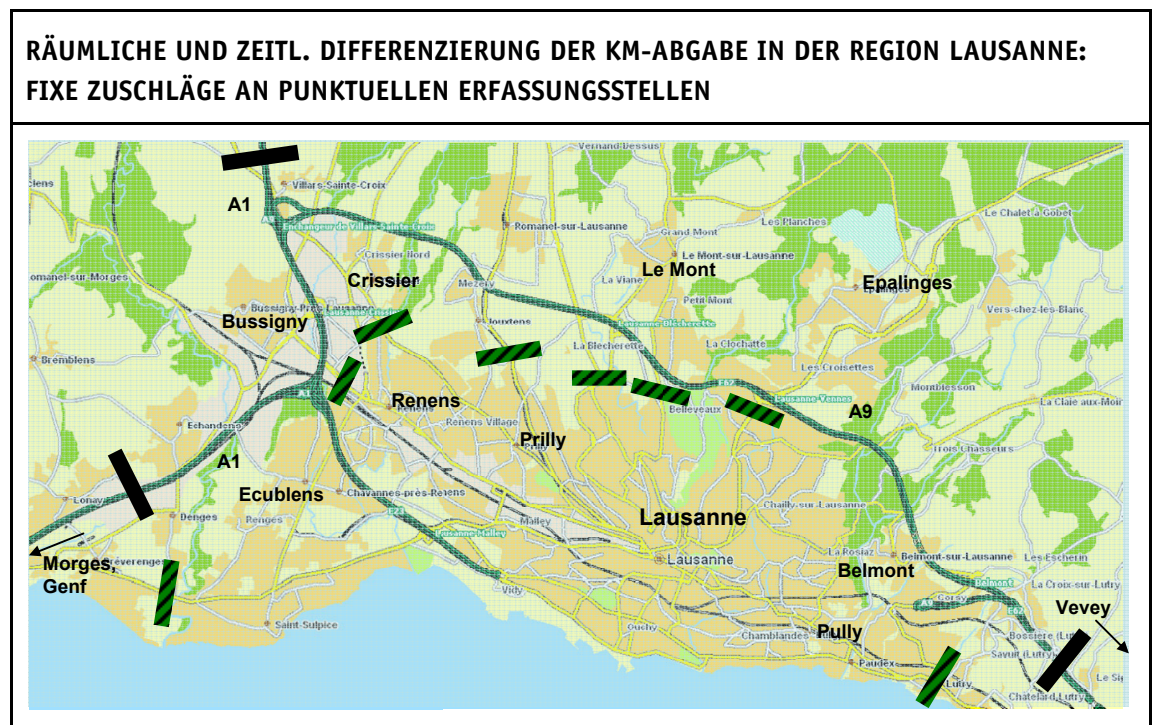


Figur 59 Die Zahlen sind wie folgt zu interpretieren: Dreistellige Zahlen vor Schrägstrich: Durchschnittlicher Tagesverkehr (DTV) im Jahr 2004 in 100 Fahrzeugen; Zahlen nach dem Schrägstrich: Zu- bzw. Abnahme der Verkehrsmenge gegenüber 2003 in %. Quelle: www.verkehrsdaten.ch

Aufgrund der hohen Verkehrsbelastung und der häufigen Stauereignisse wäre die Region Lausanne prädestiniert, um nach einer ersten Einführung einer generellen Kilometerabgabe auf Autobahnen gewisse zeitliche und räumliche Differenzierungen der Abgabe vorzunehmen.

In einem ersten Schritt könnte auf den drei Autobahn-Einfallachsen in die Agglomeration Lausanne (A1 von Genf/Morges, A1 von Norden und A9 von Osten (Vevey)) ein Zuschlag erhoben werden. Dabei müssten die Fahrzeuge bei der Passage von gewissen Querschnitten (schwarze Markierungen in Figur 60) eine Gebühr entrichten, beispielsweise 3 CHF pro Durchfahrt. Die Erfassung der Fahrzeuge erfolgte analog zur oben beschriebenen Technologie mittels Funkbaken. Im Weiteren würden technische Umsetzung und Vollzug analog wie bei der Kilometerabgabe für Autobahnen geschehen. Die Gebührenerhebung kann entweder zeitlich undifferenziert (d.h. Bepreisung während des ganzen Tags) geschehen, oder aber es wird nur während den Spitzenzeiten (z.B. werktags von 6.30–8.30 Uhr und 16–19 Uhr) eine Gebühr erhoben. Mit einer solchen, zeitlich differenzierten Gebühr könnten Stauspitzen gebrochen werden.

Das beschriebene System von punktuellen, zeitlichen oder räumlichen Zuschlägen gleicht dem Prinzip der Sondermauten für LKW auf dem österreichischen Autobahnnetz, welche zusätzlich zur generellen, distanzabhängigen LKW-Maut an spezifischen Stellen erhoben werden.



Figur 60 Die schwarzen Markierungen zeigen die Punkte, an denen auf den drei Autobahn-Einfallachsen Zuschläge erhoben bzw. erfasst werden, die gestreiften Markierungen zeigen Hauptstrassenzufahrten, die ebenfalls zusätzlich bepreist werden können.

Durch diese punktuelle, räumliche und zeitliche Differenzierung würde selbstverständlich der Ausweichverkehr auf das untergeordnete Hauptstrassennetz gefördert. Um dem entgegenzuwirken, könnten zudem die wichtigsten Hauptstrassenzufahrten in der Agglomeration Lausanne ebenfalls punktuell bepreist werden. In der Figur 60 sind einige mögliche Querschnitte dargestellt, an welchen zusätzlich auf Hauptstrassen ein Zuschlag (z.B. ebenfalls 3 CHF pro Durchfahrt) erhoben wird (gestreifte Markierungen in Figur 60). Damit würde ein System entstehen, das dem Modell in der Fallstudie 3 (Agglomeration Zürich) stark ähnelt. Es entstünde damit eine Kombination zwischen einer Kilometerabgabe auf Autobahnen (Netzpricing) und einem Road Pricing in Agglomerationen.

In einem weiteren Schritt könnte überdies auf weniger stark belasteten Abschnitten des Nationalstrassennetzes die Kilometergebühr gesenkt werden, wenn sie im Gegenzug auf stark befahrenen Abschnitten verteuert würde. Dank der Unterteilung des gesamten Nationalstrassennetzes in Abschnitte wären gesamtschweizerisch räumlich und zeitlich fast beliebig viele Differenzierungen möglich.

Die im oben beschriebenen Beispiel der Agglomeration Lausanne anfallenden Zusatzeinnahmen durch räumliche und zeitliche Zuschläge auf die Kilometerabgabe könnten insbesondere für den Ausbau der lokalen und regionalen Verkehrsinfrastruktur benutzt werden. Dabei wären beispielsweise im Raum Lausanne sowohl der Strassenverkehr (z.B. Ausbau der Nationalstrassenabschnitte, die an Kapazitätsgrenze stossen wie u.a. der Korridor Lausanne - Morges) als auch der öffentliche Verkehr (insbesondere Ausbau S-Bahn in der Agglomeration Lausanne sowie regionaler Bahnverkehr in Richtung Morges - Genf) zu berücksichtigen. Durch eine Stärkung des ÖV könnte der verkehrslenkende Effekt der regionalen Zuschläge noch verstärkt werden.

Die Hoheit über die zusätzlichen Einnahmen durch die Bepreisung von untergeordneten Strassen könnte generell bei den Kantonen liegen. Somit hätten die Kantone nicht nur ein Mitspracherecht bei der Bestimmung der regionalen und zeitlichen Preisdifferenzierungen, sondern könnten auch an den Einnahmen teilhaben. Eventuell könnten sie auch einen Teil der Einnahmen dazu verwenden, die kantonalen Motorfahrzeugsteuern zu senken.

9.3.2. FLÄCHENDECKENDE KILOMETERABGABE FÜR ALLE STRASSEN Fahrzeugkategorien

Bei dieser langfristigen Lösung müssten alle Fahrzeugkategorien des motorisierten Individualverkehrs einbezogen werden. Ansonsten wäre der Umbau des heutigen Finanzierungssystems nicht in vollem Umfang möglich. Denkbar wäre aber wiederum, dass bei der Umlagerung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer auf eine Kilometerabgabe bei den Motorzweirädern eine Ausnahme gemacht werden könnte. Die LKW, für die mit der LSVA bereits eine flächendeckende Kilometerabgabe existiert, sind wie beim ersten Modell wiederum ausgenommen.

Tarifsystem und Differenzierung

Auch bei diesem flächendeckenden Modell können wir verschiedene Stufen unterscheiden.

Im ersten Schritt könnte eine Abgabe in der Höhe der kantonalen Fahrzeugsteuer erhoben werden. Diese Abgabe würde auf allen ‚übrigen‘ Strassen (d.h. auf allen Strassen mit

Ausnahme der Nationalstrassen) erhoben. Auf den Nationalstrassen würde weiterhin eine Abgabe im Umfang der Nationalstrassenabgabe (Autobahnvignette) und evtl. des Mineralölsteuer-Zollzuschlags erhoben. Die Abgabenhöhe bliebe also auf den Nationalstrassen gleich wie im Kapitel 9.3.1 dargestellt.

Auf den *übrigen Strassen* ergäben sich mit der Umlegung der kantonalen Motorfahrzeugsteuern auf eine distanzabhängige Gebühr Abgabesätze von:

- › Für PW 4.5 Rappen pro Kilometer
- › Für Lieferwagen 4.7 Rappen pro Kilometer

Weil der Wegfall der kantonalen Motorfahrzeugsteuer auch die LKW betrifft, müsste der Einnahmefall bei den LKW wiederum über die LSVA kompensiert werden (Erhöhung der LSVA um ca. 8%), es sei denn die Motorfahrzeugsteuer bliebe für LKW erhalten.

Im zweiten Schritt (vollständige Umgestaltung des Finanzierungssystems) würden alle für den Strassenverkehr zweckgebundenen Einnahmen auf den KM-Preis überwält (d.h. Nationalstrassenabgabe, kantonale Motorfahrzeugsteuern, Mineralölsteuer-Zollzuschlag und 50% des Mineralölsteuer-Grundzolls). Nur die nicht zweckgebundenen Teile der Mineralölsteuer (50% des Grundzolls) würden verbleiben. Um ein vergleichbares Finanzsubstrat zu erhalten, müssten die Abgabensätze auf allen Strassen folgendermassen angepasst werden. In diesem Fall würden auch die Autobahntarife neu angepasst werden und für das *gesamte Strassen-netz* folgende, einheitliche Tarife resultieren:

- › Für PW Benzin ca. 8.9 Rappen pro Kilometer
- › Für PW Diesel ca. 7.0 Rappen pro Kilometer
- › Für PW Mittel ca. 8.6 Rappen pro Kilometer
- › Für Lieferwagen Benzin ca. 10.5 Rappen pro Kilometer
- › Für Lieferwagen Diesel ca. 6.8 Rappen pro Kilometer
- › Für Lieferwagen Mittel ca. 7.8 Rappen pro Kilometer

Wiederum ergeben sich grosse Unterschiede zwischen den Abgabensätzen bei Benzin- und Dieselfahrzeugen, die sich hauptsächlich aus der heutigen unterschiedlichen Besteuerungspraxis ergeben. Auch hier macht eine solche Differenzierung wenig Sinn, weil unerwünschte Verteileffekte entstünden. Deshalb wäre eine **Pauschalabgabe von 8 bis 9 Rappen pro Kilometer Strasse** für alle Fahrzeuge sinnvoll.

Um den Einnahmehausfall bei den LKW durch die Reduktion der Mineralöl- sowie Motorfahrzeugsteuer auszugleichen, müsste die LSVA um insgesamt 28% erhöht werden.

Mit dem flächendeckenden System besteht nun ein grosser Spielraum für Differenzierungen, natürlich immer abhängig vom entsprechenden Vollzugsaufwand, der aus heutiger Sicht aufgrund der fehlenden technischen Möglichkeiten nicht absehbar ist:

- › Differenzierung nach Fahrzeugkategorien (bzw. Emissionskategorien), wie bereits beim Modell für Autobahnen dargestellt,
- › Differenzierung zwischen Nationalstrassen und übrigen Strassen,
- › Differenzierung nach Verkehrsdichte der Strasse: Je dichter der Verkehr (z.B. pro Spur) desto höher der Preis pro Kilometer,
- › Die zeitliche Differenzierung kann auch ‚real time‘ angewendet werden, indem die Abgaben je nach aktueller Verkehrsdichte abgestimmt werden,
- › Differenzierung in Abhängigkeit des ÖV-Potenzials (in Ballungsräumen, auf einzelnen Korridoren).

Die hier beschriebenen Differenzierungen können wiederum am Beispiel der **Agglomeration Lausanne** veranschaulicht werden. Beispielsweise könnte bei einer flächendeckenden Kilometerabgabe mittels GPS-Lösung ein ganzes Gebiet mit Lausanne sowie der nahen Agglomeration während den Spitzenzeiten verteuert werden. Die Probleme des Ausweichverkehrs könnten auf diese Weise deutlich reduziert werden. Bei einer Echtzeitanwendung könnte beispielsweise bei einem Stau auf der Autobahnumfahrung bei Lausanne-Crissier der entsprechende Abschnitt für diese Zeit verteuert werden. Wären andererseits die Verkehrsprobleme in einer Region vor allem auf den Hauptstrassen gross, könnte der Kilometertarif dieser Strassen gegenüber den Nationalstrassen erhöht werden, um den Verkehr auf die Nationalstrassen zu verlagern.

Exkurs: Einbezug der externen Kosten und Mobility Pricing

Die obigen Ausgestaltungsvarianten beziehen sich allesamt auf die Umgestaltung des heutigen Finanzierungssystems und orientieren sich an dem heutigen Einnahmenniveau aus den Strassenverkehrsabgaben.

Bei der Umgestaltung ergibt sich ein konzeptionelles Ungleichgewicht zwischen der Besteuerung der PW und Lieferwagen und der Besteuerung der LKW. Bei Letzteren bezieht sich die Kilometerabgabe zu einem grossen Teil auf die externen Kosten, namentlich die berechenbaren Kosten für Unfälle, Luftverschmutzung und Lärm. Würde eine ähnliche Philoso-

phie auch für die PW und Lieferwagen angewendet, würden – auf Basis der aktuellen Schätzungen der Schweiz (vgl. ARE 2003, ARE 2004a, b, c, INFRAS/Ecoplan 2005) folgende durchschnittlichen Zuschläge resultieren:

› Für PW	6 Rappen pro Kilometer
› Für Lieferwagen	12 Rappen pro Kilometer
› Für Motorräder	27 Rappen pro Kilometer (sehr hohe Unfall- und Umweltfolgekosten)

Diese Gegenüberstellung zeigt, dass mit dem Argument der Kosteninternalisierung (mit den heutigen Kostensätzen) ein Spielraum für eine spürbare Erhöhung der skizzierten Durchschnittssätze pro Kilometer vorhanden ist.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Differenzierung nach Strassenkategorien oder nach Gebieten (z.B. Ballungsräume, übrige Räume) nach Massgabe der externen Kosten zu differenzieren. Wie bereits im Teil I dieses Berichts dargestellt, ergeben sich hier Anknüpfungspunkte an die Grenzkosten pro Kilometer. Die Differenzierung zwischen Stadt und Land könnte nach diesem Massstab um Faktoren variieren, vor allem wenn auch die Staukosten berücksichtigt werden.

Ein zusätzlicher Erweiterungs- und Abstimmungspfad ist der Bezug zum öffentlichen Verkehr. Mit der Umgestaltung des heutigen Systems mit einer flächendeckenden differenzierten Kilometerabgabe ist es möglich, ein eigentliches Tarifsystem MIV Schweiz zu bilden. Dabei bietet sich eine Abstimmung mit dem öffentlichen Verkehr an. Dies kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden:

- › Abstimmung auf die Kostenwahrheit: Auch im öffentlichen Verkehr werden differenzierte Tarife eingeführt, wobei auch der Abgeltungsbeitrag pro Kilometer ausgestaltet wird.
- › Zusätzliche Lenkungsfunktion, indem die ÖV-Tarife dort erhöht werden, wo die Wettbewerbsfähigkeit stark ist.

Technische Umsetzung und Vollzug

Eine flächendeckende Abgabe kann wie bereits mehrfach betont nur dann sinnvoll betrieben werden, wenn ein ausgeklügeltes, technisch erprobtes Abgabensystem zur Verfügung steht, das die Differenzierungen auch zulässt. Dazu ist ein europaweiter Standard notwendig, der auch das Enforcement sicherstellt. Wir gehen davon aus, dass dies mit der Nahfunktechnologie nicht möglich sein wird, weil eine flächendeckende Abgabe auf dem gesamten Strassennetz extrem viele Erfassungsbaken aufweisen müsste. Im Vordergrund steht eine Anwendung auf Basis der GPS-Technologie.

Bei der GPS-/GSM-Technologie geschieht die Erfassung der mit einer On-Board Unit ausgerüsteten Fahrzeuge und der gefahrenen Distanz via GPS. Strassenseitige Einrichtungen (z.B. Baken) sind für die Erfassung nicht mehr notwendig. Nicht ausgerüstete Fahrzeuge könnten ihre Fahrt theoretisch auch manuell einbuchen (an Einbuchungs-Terminals oder per Internet). Allerdings wäre eine manuelle Einbuchung für ein flächendeckendes System äusserst kompliziert und in der Praxis nicht durchführbar. Deshalb muss die **Installation einer OBU obligatorisch** vorgeschrieben werden. Während dies für inländische Fahrzeuge mit entsprechenden Gesetzesänderungen in der Schweiz theoretisch möglich ist, würde die Ausrüstungspflicht für ausländische Fahrzeuge eine Änderung der internationalen Bestimmungen über die Ausrüstungspflicht der Fahrzeuge (UN ECE Vorschriften) bedingen, was einen gesamteuropäischen Konsens in dieser Frage voraussetzt.

Das Enforcement geschieht bei dieser Technologie zum einen mittels automatischen Kontrollen an fest installierten Mautbrücken (Kombination DSRC und ANPR), zum anderen mittels mobilen und stationären Kontrollen.

Mit der erfolgreichen Einführung der LKW-Maut in Deutschland hat diese Technologie ihren ersten echten Praxistest bestanden. Allerdings bestehen bei einer flächendeckenden Kilometerabgabe für PW in der Schweiz zwei wichtige Unterschiede zum deutschen System: erstens beschränkt sich die Maut in Deutschland vorläufig auf LKW und zweitens umfasst sie nur das Autobahnnetz.

Eine Ausdehnung der Maut auf Personenwagen wird in Deutschland allerdings zurzeit auch diskutiert und wäre – gemäss Angaben der Betreibergesellschaft Toll Collect – technisch absolut möglich. Selbstverständlich wäre der gesamte technische und vollzugsseitige Aufwand infolge der viel grösseren Anzahl PW massiv höher. Toll Collect geht aber davon aus, dass sie – wenn der entsprechende politische Wille vorhanden ist – die Maut innert weniger Jahre auch auf Personenwagen ausdehnen könnte. Ungleich schwieriger scheint jedoch eine flächendeckende Anwendung der GPS-Technologie. Bis heute ist die Genauigkeit der GPS-Technologie für eine flächige Anwendung auf allen Strassen zu wenig genau. Die teilweise mangelnde Verfügbarkeit des GPS-Signals ist ein weiteres Problem, das bei einer Anwendung auf dem Nationalstrassennetz mit zusätzlichen Funkbaken umgangen werden kann, bei einem flächendeckenden System aber grössere Probleme nach sich zieht. Die deutsche Maut-Betreibergesellschaft Toll Collect gibt sich aber überzeugt, dass diese technischen Probleme lösbar sind und sie mit ihrer GPS-Technologie zukünftig auch in die Fläche gehen können. Aus heutiger Sicht ist es aber nicht absehbar, wann die GPS-Technologie ohne parallele Einbuchungslösung für Fahrzeuge ohne OBU für eine flächige Anwendung

verfügbar sein wird und eine gesamteuropäische Ausrüstungspflicht der Fahrzeuge erlassen wird. Allerdings könnten weitere Anwendungen im Ausland – z.B. auch eine Ausdehnung der deutschen Maut auf PW – die Entwicklung beschleunigen.

Als Alternative zur GPS-Lösung bietet sich die bei der LSVA verwendete Technologie (Tachograph bzw. plombierter Kilometerzähler mit GPS-Überwachung) an. Allerdings ist diese Technologie für Personenwagen ungeeignet, weil die Ausrüstung aller PW mit einem enormen Aufwand verbunden bzw. die Manipulationsgefahr bei einfacheren Lösungen zu gross wäre. Hinzu kommt, dass ein solches System praktisch keine räumlichen und zeitlichen Differenzierungen zulässt, womit das System für den PW-Verkehr kaum Lenkungsmöglichkeiten bietet. Bis jetzt steht zudem für PW die entsprechende Technologie gar noch nicht zur Verfügung.

Ein weiteres wichtiges Element des Vollzugs ist das Problem der Kommunikation des Tarifsystems. Um eine maximale Lenkungswirkung zu erzielen, muss der KM-Preis bzw. die Zuschläge dem Fahrer/der Fahrerin präsent gemacht werden. Damit verbunden ist auch die Idee, das neue Tarifsystem nicht als Abgabensystem zu lancieren, sondern als Instrument des Marketings, wie es bei praktisch jedem Preissystem der Fall ist. Ein anschauliches Beispiel dafür ist die Verknüpfung mit dem Instrument der Verkehrssteuerung und soll an folgendem Beispiel illustriert werden:

Der Bordcomputer des PW von Frau Graber meldet: „Stau im Raum Härkingen, Wartezeiten betragen bis zu 20 Minuten. Für die Passage zwischen 17 und 19 Uhr wird ein Zuschlag von 5 Franken erhoben, der direkt mit ihrem Kilometerkonto verrechnet wird. Ab 19 Uhr fällt der Zuschlag wieder weg“.

Ende Monat sieht dann Frau Graber auf ihrer periodischen Abrechnung diesen Zuschlag.

Für eine solche Lösung wie im obigen Beispiel beschrieben, eignet sich hauptsächlich die GPS/GSM-Technologie. Bei dieser Technologie, bei welcher die fahrzeugseitige On-Board Unit einem kleinen Computer entspricht, sind derartige Zusatzdienste möglich. Bereits heute ist die OBU der deutschen LKW-Maut mit einer derartigen Software ausgerüstet, so dass solche Mehrwertdienste möglich wären, aber nur für entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge. Beim Einbuchungssystem kommen solche Dienste nicht in Betracht.

Einnahmenverwendung

Ein wichtiger Punkt betrifft die Verteilung der Einnahmen. Anders als bei der Kilometerabgabe für Autobahnen ist eine Rückverteilung an die Kantone notwendig, weil auch die kantonale Motorfahrzeugsteuer gestrichen und durch die Kilometerabgabe ersetzt wird. Ein Teil der Einnahmen der flächendeckenden Kilometerabgabe fällt also dem Bund zu, ein anderer Teil den Kantonen. Für die Rückerstattung der Einnahmen an die Kantone müsste deshalb ein Aufteilungsschlüssel ausgearbeitet werden, was politisch sicher nicht einfach würde. Grundsätzlich ist zu garantieren, dass der gesamte Anteil der Kantone auch ihre Einnahmefälle durch die Abschaffung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer abdeckt. Idealerweise besteht ein Schlüssel für die Rückverteilung der Einnahmen zwischen den Kantonen aus zwei Elementen: Der eine Teil der Einnahmen könnte gemäss der Netzlänge, der andere Teil gemäss den Fahrleistungen auf dem Kantonsnetz rückverteilt werden. Mit einer GPS-Lösung könnten solche detaillierten Zahlen zu den Fahrleistungen pro Kanton bzw. Strassentyp ermittelt werden. Durch einen solchen zweiteiligen Schlüssel kann sowohl den fixen wie auch den variablen Kosten Rechnung getragen werden. Dabei sind bei der Netzlänge die unterschiedlichen Strassentypen und bei den Fahrleistungen die verschiedenen Fahrzeugtypen entsprechend zu gewichten. Die Ausarbeitung eines solchen Verteilungsschlüssels müsste in enger Zusammenarbeit mit den Kantonen erfolgen.

9.4. GROBEVALUATION

9.4.1. VERKEHRLICHE WIRKUNGEN

Das Ausmass der verkehrlichen Wirkungen hängt von folgenden Faktoren der Ausgestaltung ab:

- › Der Variabilisierung: Wenn fixe Komponenten (Vignette, Motorfahrzeugsteuer) in distanzabhängige Komponenten umgewandelt werden, entstehen Anreize, Fahrten und Distanzen zu verringern.
- › Der Differenzierung: Die Diskussion um die Ausgestaltung hat sichtbar gemacht, dass Elemente wie Fahrten auf Nationalstrassen/übrigen Strassen, Benzin/Dieselanteile, Verteilung der Euroemissionsklassen, Spitzenzeitenbelastungen sowie Belastungen von Ballungsräumen gezielt gesteuert werden können.
- › Das absolute Niveau der Abgabe: Wird das durchschnittliche Abgabenniveau gegenüber heute erhöht (z.B. mit dem Argument der Internalisierung der externen Kosten), so ergeben sich zusätzliche Minderungspotenziale.

- › Nebenwirkungen: Eine Kilometerabgabe auf Autobahnen kann dazu führen, dass unerwünschte Verdrängungseffekte auf das untergeordnete Netz entstehen. Mögliche Senkungen der Treibstoffpreise können überdies einen grossen Einfluss auf den Tanktourismus an der Grenze haben. Diese Effekte hängen von den konkreten Ausgestaltungsformen und den Rahmenbedingungen ab.

Es ist – aufgrund der vielen Freiheitsgrade – relativ schwierig, verlässliche Aussagen zu den verkehrlichen Wirkungen zu machen. Wir beschränken uns deshalb auf einige illustrative Angaben.

- › Eine Umlegung der pauschalen Autobahnvignette auf eine distanzabhängige Abgabe für Autobahnen erhöht dort die variablen Kosten um 5%. Auf den Autobahnen kann dadurch ein Reduktionspotenzial von 1–3% erwartet werden.⁵⁰
- › Eine Umlegung des Treibstoffzollzuschlags und der Autobahnvignette erhöht die variablen Kosten für Autobahnen ebenfalls um rund 5%. Wir gehen davon aus, dass die Umlegung des Treibstoffzollzuschlags nur eine geringe verkehrliche Wirkung aufweist. Generell ist aber mit einem erhöhten Tanktourismus zu rechnen, wenn im Ausland nicht eine ähnliche Stossrichtung verfolgt wird.
- › Die Umlegung der Motorfahrzeugsteuer und der Autobahnvignette erhöht die variablen Kosten um 13%, was ein Reduktionspotenzial für die gefahren Kilometer von 4–6% zur Folge hat. Dieses Niveau dürfte Ausweicheffekte auf das untergeordnete Netz provozieren, wenn Alternativrouten auf dem Hauptstrassennetz nicht einbezogen werden können.
- › Eine komplette Umlegung auf eine flächendeckende Kilometerabgabe dürfte insgesamt etwa vergleichbare Wirkungen haben. Ausweicheffekte im Tanktourismus sind dann zu befürchten, wenn im Ausland keine vergleichbare Senkung der Mineralölsteuer vorgesehen ist. Zudem hat eine flächendeckende Abgabe spürbare Auswirkungen auf den Flottenmix und den Verkehr in Ballungsräumen, weil hier zusätzliche Differenzierungen vorgesehen sind. Das Potenzial in Ballungsräumen hängt von der konkreten Ausgestaltung ab. Zur Illustration der Grössenordnung dient das Fallbeispiel 3 (Agglomeration Zürich).

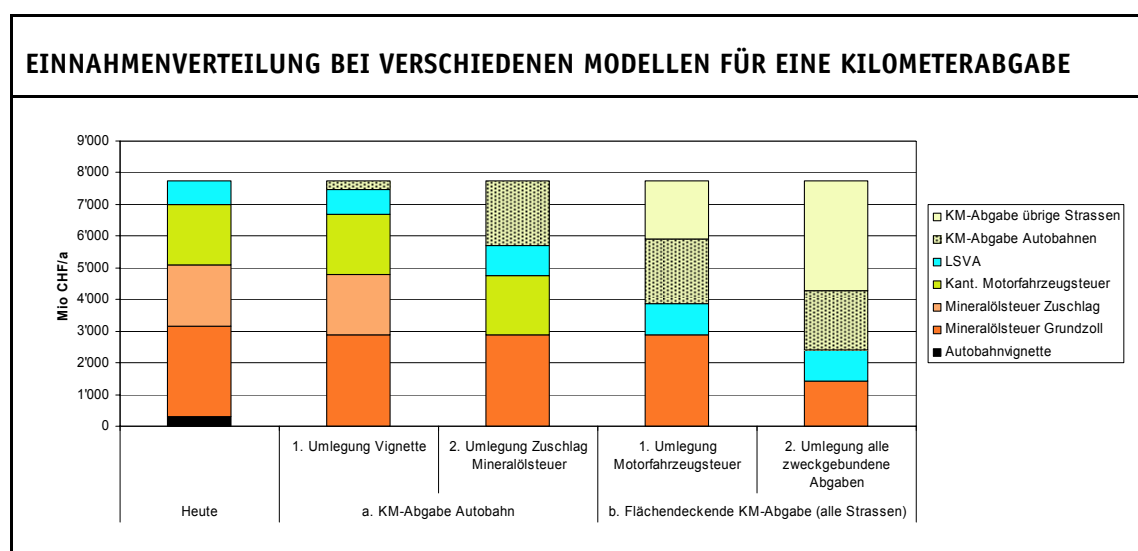
⁵⁰ Annahmen gemäss TCS: variable Kosten 38% der Gesamtkosten (25–30 Rappen pro Kilometer). Treibstoffkosten 15% der Gesamtkosten, Kilometer-Preis-Elastizität -0.4 (gemäss INFRAS 2000b). Diese Reaktion ist sowohl kurz- wie auch längerfristig zu erwarten, weil die Senkung der fixen Kosten nicht dazu führt, dass die längerfristigen Reaktionen deutlich grösser sind als die kürzfristigen.

Die Auswirkungen auf den Modalsplit knüpfen an die Reduktionspotenziale an. Als Faustregel kann folgendes gelten: Eine Reduktion der Fahrleistung von 5% führt zu einem Umlagepotenzial von 1 bis 1.12 Mrd Personenkilometern⁵¹, was ca. 7 Prozent der Personenkilometer (Bahn und regionaler ÖPNV) ausmacht.

Bei der Kilometerabgabe auf Autobahnen sind Ausweicheffekte auf das untergeordnete Strassennetz zu erwarten. Eine Abschätzung über das Ausmass dieses Ausweichverkehrs ist äusserst schwierig. Mit flankierenden Massnahmen können diese Verdrängungseffekte zumindest teilweise etwas gedämpft werden.

9.4.2. FINANZIELLE WIRKUNGEN

Die finanziellen Wirkungen sind in der Ausgestaltung einbezogen. Grundsätzlich ist das Fallbeispiel darauf ausgerichtet, einnahmenneutral zu funktionieren. Deshalb ist hier weniger interessant, welches Finanzvolumen das Road Pricing generieren kann, sondern wie die Umgestaltung des Systems (mit aktuellen Zahlen) aussieht. Die folgende Figur zeigt die Veränderung des Systems mit den beiden Modellen (a. Kilometerabgabe Autobahn, b. Flächendeckende Kilometerabgabe).



Figur 61 Das Total entspricht den Gesamteinnahmen im Strassenverkehr.

Die Kostenseite ist schwierig zu ermitteln, da es sich bei einigen Modellen um neue Technologien handelt, deren Kosten heute nicht abgeschätzt werden können. Deshalb verzichten

⁵¹ Annahmen: Belegungsgrad 1.4, 30% der reduzierten Fahrzeugkilometer sind ÖV-Potenzial.

wir auf eine Berechnung der Nettoeinnahmen. Mit Sicherheit sind aber die Vollzugskosten höher als für die heutigen Abgabenmodelle. Sie hängen auch sehr stark davon ab, inwieweit die Technologie auf europäischer Ebene für PW etabliert ist.

9.4.3. QUALITATIVE EVALUATION NACH KRITERIEN

Die folgende Tabelle zeigt eine qualitative Übersicht über die Bewertung der einzelnen Modelle nach diversen Kriterien.

GROBEVALUATION DER EINZELNEN MODELLE				
Kriterium	Kilometerabgabe Autobahnen: Ersatz Vignette	Kilometerabgabe Autobahnen: Ersatz Vignette/Min.öl-steuer-Zuschlag und Differenzierung	Flächendeckende Abgabe: Ersatz kant. Motorfahrzeugsteuer (und Vignette)	Differenzierte flächendeckende Abgabe: Ersatz Motzfzsteuer und Teil Mineralölsteuer
Beitrag zum Verkehrsmanagement	●	●●● nur Nationalstrassen	●●● Alle Strassen	●●●● Alle Strassen und Zeiten
Beitrag zum Finanzierungsziel	●● Geringes Aufkommen	●● Kritische Auswirkungen Tanktourismus	●●● Rückverteilung Kantone	●●● Konflikte mit Lenkungsziel möglich
Reduktion Umweltbelastung	●	●● Differenzierung Fahrzeugkateg.	●● Reduktion in Ballungsräumen	●●●● Reduktion in Ballungsräumen
Machbarkeit und Praktikabilität	●●●●	●●● Erhöhter Tanktourismus möglich	●●	●
Kompatibilität mit anderen Systemen	●●●	●●● Europ. Ansatz hilfreich	●● Europ. Ansatz hilfreich	● Europ. Ansatz hilfreich
Dynamisierbarkeit	●●●	●●●	●●●●●	●●●●●

Tabelle 40 Legende: Zielerfüllungsgrad

- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering

Die Grobevaluation zeigt ein paar kritische Punkte:

- › Die Modelle sind so ausgestaltbar, dass die verkehrliche Wirkung gross ist, ohne dass das Finanzierungsziel gefährdet sein muss. Je grösser aber die Wirkung, desto grösser ist der Anspruch an die Technologie und die Koordination mit dem Ausland.

- › Die Machbarkeit kann aus heutiger Sicht nur für die Kilometerabgabe auf Autobahnen beurteilt werden. Die flächendeckende Ausdehnung ist mit technischen Problemen verbunden, die nur mit weiter entwickelten Technologiesystemen eingesetzt werden können, wenn möglich im Rahmen eines europäischen Ansatzes.
- › Eine Kilometerabgabe auf Autobahnen ist grundsätzlich gut dynamisierbar. Insbesondere ist sie kompatibel mit einem Road Pricing Modell in der Agglomeration (gemäss Fallstudie 3, aber auch mit den Fallstudien 1 (Gotthard) oder dem Value Pricing Ansatz (Basel). Probleme ergeben sich aber in einer Überführung einer auf Nahfunktechnologie beruhenden Autobahnabgabe in eine flächendeckende Kilometerabgabe, weil hier voraussichtlich ein Systemwechsel (hin zu GPS-Erfassung) notwendig wäre. Die sich ergebenden Probleme sind in erster Linie technischer Art und können heute nicht abschliessend abgeschätzt werden.
- › Die Umlegung der Mineralölsteuer auf eine Kilometerabgabe ist mit einer eher geringen Lenkungswirkung verbunden. Positive Lenkungswirkungen können vor allem dann erzielt werden, wenn im Ausland ein ähnlicher Ansatz umgesetzt wird. Ansonsten droht die Gefahr von zunehmendem Tanktourismus.
- › Je differenzierter das Abgabensystem ist, desto höher ist auch die Lenkungswirkung. Allerdings kann bei hoher Lenkungswirkung ein Trade-off mit dem Finanzierungsziel entstehen. Wird der Verkehr nämlich so stark reduziert, dass das Einnahmenniveau deutlich sinkt, könnten diese Ausgaben am Ende fehlen. Allerdings sinken bei abnehmender Verkehrsbelastung auch die Ausgaben für den Strassenbau und -unterhalt. Wenn die Tarife periodisch überprüft und an das Einnahmenniveau angepasst werden, kann dieser Zielkonflikt zudem entschärft werden.

Akzeptanz

- › Einen wichtigen Einfluss auf die Akzeptanz in der Bevölkerung hat das absolute Abgabenniveau. Wenn anstelle der neuen Abgaben bestehende Abgaben reduziert werden, ist grundsätzlich eine höhere Akzeptanz zu erwarten, als wenn das Gesamtniveau der Abgaben erhöht wird. Die Einführung der LSVA hat allerdings gezeigt, dass Abgaben auch akzeptiert werden können, wenn netto die Abgabenlast steigt. Eine sehr wichtige Rolle spielt die Einnahmenverwendung.
- › Wenn das System so ausgestaltet ist, dass es sowohl der Verkehrsbeeinflussung als auch der Finanzierung dienen kann, kann die Akzeptanz steigen. Gleichzeitig ist es wichtig, v.a. hinsichtlich der zusätzlichen zeitlichen und räumlichen Differenzierungen, dass das System überschaubar und relativ einfach bleibt.

- › Eine Kilometerabgabe nur auf Autobahnen wäre aus Akzeptanzgründen weniger günstig, weil erhebliche Ausweicheffekte und damit negative Effekte für Nichtbenutzer entstehen würden. Bei der flächendeckenden Abgabe dagegen spielen Ausweicheffekte keine grosse Rolle.
- › Wenn die kantonalen Motorfahrzeugsteuern als Einnahmensubstrat wegfallen, gibt es ein Fragezeichen bezüglich der Akzeptanz durch die Kantone. Um deren Unterstützung zu gewinnen, ist eine frühzeitige Aushandlung eines breit abgestützten Rückverteilungsschlüssels deshalb zentral.
- › Ein elektronisches Road Pricing System wirft immer auch die Frage nach dem Datenschutz auf. Bei einer GPS-Lösung sind die Vorbehalte bezüglich Datenschutz besonders hoch. Für die Akzeptanz der Nutzer ist es wichtig, dass die Fragen rund um den Umgang mit den Daten klar geregelt werden und der Schutz der Benutzerdaten gewährleistet wird.

9.5. ERKENNTNISSE

Strategische Ebene

- › Mit der Einführung einer schweizweiten Kilometerabgabe können hauptsächlich zwei Ziele verfolgt werden. Das erste Ziel ist die Umgestaltung des heutigen Strassenfinanzierungssystems hin zu einer verbesserten verursachergerechten Besteuerung. Vor allem die Umliegung der heute fixen Abgaben (Autobahnvignette, Motorfahrzeugsteuer) auf variable, distanzabhängige Strassenbenutzungsgebühren führt zu einer stärkeren Verursachergerechtigkeit. Das zweite Ziel liegt in einer verstärkten Verkehrsbeeinflussung. Mit Hilfe der distanzabhängigen Gebühren, die zusätzlich zeitlich und räumlich differenzierbar sind, kann gegenüber dem heutigen System eine deutlich erhöhte Nachfragebeeinflussung erzielt werden. Zwar hat auch die Mineralölsteuer einen gewissen Lenkungseffekt. Allerdings lässt sich eine zeitliche und räumliche Lenkung damit im Gegensatz zu einer differenzierten Kilometerabgabe nicht erreichen.
- › Eine schweizweite Kilometerabgabe für Personenwagen kann zwei Startpunkte haben:
 - › Zum einen kann eine auf Autobahnen beschränkte Abgabe eingeführt werden. Dieses Modell – ein distanzabhängiges Netzpricing – kann anschliessend weiter entwickelt werden, z.B. indem zeitliche und räumliche Tariffdifferenzierungen eingeführt werden oder indem die Zahlungspflicht punktuell auch auf gewisse untergeordnete Strassen ausgedehnt wird. Dieses Modell für Nationalstrassen könnte aus technischer Sicht problemlos eingeführt werden. Allerdings bestehen gewisse Vorbehalte beim Vollzug

(Stichwort OBU-Obligatorium für Ausländer). Überdies bestünde die Möglichkeit, in einem späteren Schritt ein solches Nationalstrassenmodell auf das gesamte Strassennetz auszudehnen, wenn die entsprechenden technologischen Voraussetzungen erfüllt sind.

- › Zum anderen kann auch direkt eine flächendeckende Kilometerabgabe für das gesamte Strassennetz eingeführt werden. Mit dem Einbezug aller Strassen könnte das Problem des Ausweichverkehrs eliminiert werden. Zudem wäre damit auch ein vollständiger Umbau der Strassenfinanzierungssystems möglich. Allerdings hat diese Gesamtlösung eine deutlich längerfristige Perspektive, vor allem weil es bezüglich technischer Umsetzung noch grosse Fragezeichen gibt.
- › Bei beiden Modellen (Nationalstrassennetz, gesamtes Strassennetz) ist eine etappierte Einführung möglich, indem jeweils mit einem Grundmodell gestartet wird, das anschliessend auf unterschiedliche Weise weiterentwickelt und differenziert werden kann.
- › Das beschriebene System einer nationalen Kilometerabgabe ist sehr gut kombinierbar mit anderen Road Pricing Modellen, insbesondere einem Road Pricing in Agglomerationen oder einem Value Pricing, wie es in Fallstudie 3 (Agglomeration Zürich) bzw. Fallstudie 2 (Value Pricing Basel) dargestellt ist.

Tarifgestaltung und Einnahmenverwendung

- › Bezüglich Tarifgestaltung beruht diese Fallstudie auf einem Umbau des schweizerischen Strassenfinanzierungssystems. Dazu werden die distanzabhängigen Tarife so festgesetzt, dass mit den Einnahmen bestehende Strassenverkehrsabgaben gesenkt werden können. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, dass die einzelnen, heute bestehenden Finanzierungsinstrumente schrittweise abgelöst werden können. Eine Variabilisierung der heutigen Autobahnvignette kann ein zweckmässiger erster Schritt sein.
- › Da das Gesamtniveau aller Strassenabgaben nicht erhöht wird, ist eine wichtige Grundbedingung für die Akzeptanz eines solchen Bepreisungssystems gegeben. Eine gesamthafte Erhöhung der Abgaben zu einem späteren Zeitpunkt müsste mit einem klaren Mehrwert (z.B. Ausbau des ÖV oder Umsetzung grösserer Strassenprojekte) verbunden sein.
- › Im Vordergrund steht grundsätzlich eine Variabilisierung der heute fixen Abgaben (Autobahnvignette, Motorfahrzeugsteuer). Allerdings ist eine Ablösung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer nur bei einem flächendeckenden Ansatz möglich, sofern die heutigen Kompetenzebenen zwischen Bund und Kantone erhalten bleiben sollen.

- › Ein Ersatz des Mineralölsteuerzuschlags bzw. der zweckgebundenen Mineralölsteuer durch eine Kilometerabgabe hat eine geringere Lenkungswirkung als die Reduktion der fixen Abgaben. Allerdings hat eine distanzabhängige Abgabe gegenüber der Mineralölsteuer dennoch einige wichtige Vorteile, zum Beispiel, indem räumliche und vor allem zeitliche Differenzierungen der Abgabe möglich sind, was die Lenkungseffekte deutlich erhöhen kann. Ein unerwünschter Nebeneffekt bei einer Reduktion der Mineralölsteuer wäre dafür eine Zunahme des Tanktourismus aus dem Ausland in die Schweiz, weil die Treibstoffe in der Schweiz gegenüber dem nahen Ausland deutlich billiger würden. Dieser Effekt wäre zwar aus ökologischer Sicht negativ, aus fiskalischer Sicht jedoch durchaus positiv (Zusatzeinnahmen aus verbleibenden Mineralölsteueranteilen). Ein weiterer Nachteil einer Kilometerabgabe gegenüber der Mineralölsteuer liegt in der Tatsache, dass die Mineralölsteuer den effektiven Verbrauch berücksichtigt und damit verbrauchsarme Fahrzeuge billiger fahren, während bei einer pauschalen Kilometerabgabe alle Personenwagen gleich behandelt würden. Um dem entgegenzuwirken, könnte die Kilometerabgabe nach Emissionskategorie differenziert werden, was allerdings mit einem gewissen Aufwand verbunden ist (u.a. weil für die OBU eine Fahrzeugbindung notwendig wird).
- › Die Verwendung der Einnahmen geschieht auf Stufe des Bundes nach dem gleichen Prinzip wie heute bei den zweckgebundenen Strassenabgaben. Bei einem Einbezug der kantonalen Motorfahrzeugsteuer muss jedoch der Schlüssel für die Rückverteilung der entsprechenden Einnahmenanteile an die Kantone klar geregelt sein, was politisch nicht einfach sein wird.

Vollzugs- und Betreiberebene

- › Während eine auf Autobahnen beschränkte Kilometerabgabe technisch umsetzbar ist, sind die technischen Voraussetzungen für eine flächendeckende Abgabe für alle Strassen heute noch nicht gegeben. Die Nahfunktechnologie ist für einen flächigen Einsatz nicht geeignet und ein LSVA-ähnlicher Ansatz für PW im Moment nicht umsetzbar. Somit bleibt die GPS-Technologie, die für einen flächigen Einsatz zwar ideal wäre und ein grosses Differenzierungspotenzial bieten würde, aber zurzeit für eine Anwendung noch nicht ausgereift ist.
- › Bei der Autobahnlösung ist die Nahfunktechnologie am einfachsten umsetzbar und mehrfach erprobt. Hingegen liegt das Problem beim Nahfunk in der fehlenden Möglichkeit, in eine flächige Anwendung überzugehen. Somit wäre eine Ausdehnung des Systems von Nationalstrassen auf das Gesamtnetz mit einem Technologiebruch verbunden. Eine GPS-Lösung für Autobahnen ist zwar für PW bis jetzt noch nicht erprobt worden (erst für LKW in Deutschland), die Technologie wäre aber grundsätzlich vorhanden. Der Vorteil der GPS-

Technologie liegt darin, dass die Aufwärtskompatibilität für eine flächige Anwendung gewährleistet ist.

- › Bei beiden Varianten (Nationalstrassennetz, gesamtes Strassennetz) müsste die On-Board Unit für die Nutzer obligatorisch sein. Manuelle Einbuchungslösungen für distanzabhängige, schweizweite Abgaben für PW sind äusserst kompliziert und würden v.a. an der Grenze zu grossen Problemen führen. Ebenso ist es aufgrund des zunehmenden grenzüberschreitenden Verkehrs nicht möglich, an der Grenze alle ausländischen Fahrzeuge mit einer OBU auszurüsten (nur punktuell). Folglich ist es nötig, dass möglichst alle Fahrzeuge – auch die ausländischen – mit einer OBU ausgerüstet sind. Eine europaweit standardisierte OBU würde für eine Umsetzung helfen.
- › Als Betreiber kann der Staat entweder ein halbstaatliches oder privates Unternehmen einsetzen oder er führt die Abgabenerhebung selbständig durch. Alternativ könnte er auch das gesamte Nationalstrassennetz einer privaten Betreibergesellschaft übergeben und diese auch mit der Gebührenerhebung beauftragen.

TEIL III: ERKENNTNISSE UND FOLGERUNGEN

10. VERGLEICH DER ERGEBNISSE DER VIER FALLSTUDIEN

Zusammenfassung der vier Fallstudien

Die folgenden zwei Tabellen fassen die Wirkungen sowie die Ergebnisse der Grobbeurteilung der vier Fallbeispiele zusammen:

ÜBERSICHT ÜBER DIE AUSGESTALTUNG UND WIRKUNGEN DER VIER FALLBEISPIELE				
	Road Pricing am Gotthard	Value Pricing Basel	Gebietspricing Zürich	Nationale KM-Abgabe Schweiz
Ziel	Prüfung der technischen Machbarkeit	Verkehrsmanagement: Erhöhung der Kapazitäten	Verkehrsmanagement und Finanzierung	Umbau des Schweizerischen Strassenfinanzierungssystems und Beitrag zum Verkehrsmanagement
Road Pricing Typ	Objektpricing: Erfassung eines Abschnitts	Value Pricing: Kapazitätssicherheit	Area Licencing bzw. umfassendes Gebietspricing/Zonenpricing	<ul style="list-style-type: none"> › Autobahnen: Distanzabhängiges Netzpricing › Flächendeckend: Distanzabhängiges Gebietspricing (Area Charging)
Erfassung der Fahrzeuge	Kombination von manueller Erfassung (Schranke) und automatischer Erfassung (DSRC-Funkbake)	Nur automatische Erfassung (DSRC-Funkbake)	Kombination von automatischer Erfassung (DSRC-Funkbake) und manueller Registrierung (Einwahlterminal, Internet, SMS etc.)	<ul style="list-style-type: none"> › Autobahnen: nur automatisch mittels DSRC-Technik › Flächendeckend: nur automatisch mittels GPS/GSM-Technik
Kontrolle der Fahrzeuge	ANPR (stationäre Kontrollstationen)	ANPR (stationäre Kontrollstationen)	ANPR (stationäre, portable und mobile Kontrollanlagen)	<ul style="list-style-type: none"> › Autobahnen: ANPR (stationär u. mobil) › Flächendeckend: analog Deutschland Kombination DSRC und ANPR (fix und mobil)

ÜBERSICHT ÜBER DIE AUSGESTALTUNG UND WIRKUNGEN DER VIER FALLBEISPIELE				
	Road Pricing am Gotthard	Value Pricing Basel	Gebietspricing Zürich	Nationale KM-Abgabe Schweiz
Tarfniveau/ Tarifstruktur	Nicht berechnet	Tarife differenziert nach Tageszeit und Wochentag: 0–4 CHF pro Durchfahrt (am teuersten zu Stauzeiten)	Zonengebühr mit unterschiedl. Tarifen pro Zone und Tageszeit (z.B. Stadtzone: 4 CHF/ Tag, plus 2 CHF Stauzuschlag)	KM-abhängiger Tarif: › Autobahnen: 1.5 Rp./km (Ersatz Vignette) bzw. 9–10 Rp./km (Ersatz Vignette plus Mineralölsteuer-Zollzuschlag) › Flächendeckend: 8–9 Rp./km (Ersatz alle zweckgeb. Abgaben)
Flankierende Massnahmen/ Einbettung	› Tropfenzähler für LKW und PW für Dosierung vor Mautstelle › Alternativflächen für Interventionsdienste müssen bereitgestellt werden	› Laufende Anpassung der Tarife, je nach Preisreaktion der Nutzer › Kapazitätsengpässe unterhalb Value Zone müssen gelöst sein (Basel-City/ Basel-Süd/ Grenzübergang Basel/ Weil a. Rhein)	› Reduktion/Abschaffung der kant. Motorfahrzeugsteuer › Deutliche Tarifreduktionen für Einwohner des Road Pricing Gebiets	› Autobahnen: Abschaffung Autobahnvignette (und evtl. Zollzuschlag der Mineralölsteuer) › Flächendeckend: Abschaffung Autobahnvignette und kant. Motorfz.steuer (plus evtl. alle zweckgebund. Teile der Mineralölsteuer)
Verkehrliche Wirkungen: Reduktion Fahrzeugmenge, Reduktion Stau, Verbesserung Modalsplit	Nicht berechnet	› Erhöhter Verkehrsfluss, (zu Stauzeiten 2'500 Fz/h anstatt nur 1'500 Fz/h), Staureduktion	› Verkehrsreduktion v.a. zu Spitzenzeiten (-4% bis -18%), Staureduktion › Verlagerung von MIV auf ÖV: zu Spitzenzeiten Umlagerung von bis zu 10% der MIV-Fahrten auf ÖV › Verlagerung von Transitverkehr auf Umfahrung	› Autobahnen: Reduktion der Fzkm um 1–3% (Umlagerung Autobahnvignette) › Flächendeckend: Red. der Fzkm um 4–6% (Umlagerung Autobahnvignette und Motorfz.steuer) › Umlagerung Min.ölsteuer hat kaum verkehrl. Wirkung
Finanzielle Wirkungen: Kosten, Erträge, Nettoeinnahmen	› Invest.kosten: ca. 18 Mio. CHF › Betriebskosten: ca. 8 Mio. CHF/a	› Invest.kosten: ca. 8 Mio. CHF › Betriebskosten: ca. 3 Mio. CHF/a › Bruttoeinnahmen: 5–10 Mio. CHF/a › Nettoertrag: ca. 2–6 Mio. CHF/a	› Kosten (nur Stadtzone): 40 Mio. CHF Investitionen, 18 Mio. CHF/a Betrieb › Bruttoeinnahmen: ca. 150 Mio. CHF (nur Stadtzone) bis 500 Mio. CHF/a (Mehrzonenmodell) › Nettoertrag: ca. 125 Mio. CHF/a (nur Stadtzone)	› Gesamtes Einnahmenniveau aller Strassenabgaben bleibt insgesamt gleich wie heute

Tabelle 41

ÜBERSICHT ÜBER DIE GROBBEURTEILUNG DER VIER FALLBEISPIELE				
Kriterium	Road Pricing am Gotthard	Value Pricing Basel	Gebietspricing Zürich	Nationale KM-Abgabe Schweiz
Beitrag zum Verkehrsmanagement	Keine Angaben	●●	●●● Variante 1 (nur Stadtgebiet) mit kleinerer Wirkung als mehrzoniges Modell	●●●(●) Abgabe nur für Autobahnen mit kleinerer Wirkung als flächendeckende Abgabe
Beitrag zum Finanzierungsziel	Keine Angaben	● kein Finanzierungsziel, nur Lenkungsziel	●●●● Beitrag bei mehrzonigen Modellen deutlich grösser	●●●
Reduktion Umweltbelastung	Keine Angaben	●● Abbau der Anzahl vom Stau betroffener Fahrzeuge	●●● Reduktion v.a. in Stadtzone	●●● Reduktion v.a. in Ballungsräumen
Machbarkeit und Praktikabilität	●●●● Prinzipiell gut machbar, enge Platzverhältnisse	●● Abhängig von weiteren Verkehrsmanagement-Massnahmen auf der Osttangente in Basel-Stadt	●●● Machbarkeit bei reiner Stadtzone höher, bei Mehrzonenmodell deutlich schwieriger	●(●●●) Autobahnen: Machbarkeit gut Flächendeckend: grosse technolog. Hindernisse
Kompatibilität mit anderen Systemen	●●●● Wenn gleiche Ausrüstung wie andere europäische DSRC-Systeme	●●●●● Gleiche Ausrüstung wie andere europäische DSRC-Systeme	●●●(●) Stark abhängig von Technologieentwicklung bzw. Festlegung der Standardtechnolog.	●● Europ. Ansatz hilfreich
Dynamisierbarkeit	●● Zeitliche Differenzierungen möglich	●●● Räumlich ausdehnbar auf andere geeignete Autobahnabschnitte	●●●● Räuml. Ausdehnung, zeitl., räuml. und tarifliche Differenzierungsmöglichkeiten	●●●●(●) Flächendeckende Abgabe besser dynamisierbar

Tabelle 42 Legende: Zielerfüllungsgrad

- sehr hoch
- hoch
- mittel
- gering
- sehr gering

Die Tabelle macht deutlich, dass die vier vertieften Fallbeispiele ganz unterschiedliche Aspekte und Zeithorizonte von Road Pricing ausleuchten. Entsprechend schwierig gestaltet sich ein direkter Vergleich. Interessant sind aber folgende Aspekte:

- › Road Pricing umfasst ein Spektrum vom einfachen Bepreisen (Bemauten) eines Strassenabschnitts bis hin zu einer Umgestaltung des Abgabensystems für den Strassenverkehr in der Schweiz. Grundsätzlich ist auch dieses ganze Spektrum für die Schweiz – mit unterschiedlichen strategischen Zielen und unterschiedlicher Ausrichtung – in der Schweiz denkbar.

- › Die Ausgestaltung ist stark abhängig vom Ziel und der eingesetzten Technologie. In der Schweiz sind – im Gegensatz zu verschiedenen ausländischen Beispielen – manuelle Erfassungen unzweckmässig und deshalb – allenfalls mit Ausnahmen – von Anfang an elektronische Erfassungs- und Abrechnungssysteme einzusetzen. Dies ist mit nicht unbedeutenden Kosten verbunden. Grundsätzlich lässt sich festhalten: Je einfacher ein Modell, desto eher sind die heutigen zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten (insbesondere Nahfunktechnologie und Videotechnik) mit vernünftigem Aufwand einsetzbar. Je komplexer und differenzierter ein Modell, desto eher empfiehlt sich eine Einführung dann, wenn ein europaweites kompatibles System zur Verfügung steht. Dies ist heute hinsichtlich der Technik für LKW weitgehend der Fall, nicht aber hinsichtlich der vertraglichen und prozeduralen Rahmenbedingungen oder für Personenwagen oder weitere Fahrzeuge des motorisierten Strassenverkehrs. Eine gewisse Hoffnung wird auf die Weiterentwicklung der GPS-Technologie sowie auf derzeit laufende Interoperabilitätsprojekte – wie beispielsweise CE-SARE III, RCI usw. – gesetzt.
- › Die verkehrlichen Wirkungen sind sehr stark abhängig von drei Parametern: Vom Tarifniveau, von den Alternativen (zeitlich, Route, Verkehrsmittel) und von den flankierenden Massnahmen (z.B. Senkung von anderen Abgaben, Massnahmen zur Verhinderung von unerwünschten Ausweicheffekten). Die Beispiele für Basel und Zürich zeigen auf, dass mit spürbaren Tarifen durchaus auch spürbare Wirkungen erzielt werden können, dies insbesondere in den Spitzenzeiten mit guten Alternativen.
- › Die finanziellen Wirkungen können als abgeleitete Grösse der Ausgestaltung und den verkehrlichen Wirkungen bezeichnet werden. Die Beispiele (insbesondere für Zürich und die gesamte Schweiz) zeigen, dass mit Road Pricing spürbare Einnahmen erzeugt werden können, die ein Potenzial aufweisen, bestehende Strassenabgaben zu ersetzen. Je nach Modell ist die Generierung von Einnahmen aber ein sekundäres Ziel. Selbst bei stark lenkungsorientierten Modellen wie etwa einem Value Pricing in Basel können positive Nettoeinnahmen erzielt werden.

Beurteilung der Fallbeispiele

Die Beurteilung der Modelle zeigt klar auf, dass kein Modell schlecht abschneidet und deshalb auszuschliessen ist, dass aber auch kein Modell bei allen Kriterien gut abschneidet. Im Einzelnen können wir für die vier untersuchten Modelle folgende Gesamtbeurteilung ableiten:

- › Eine Gotthardmaut (in Analogie zu Mauten an andern Alpenübergängen) ist ohne grossen Zusatzaufwand verkehrstechnisch machbar, wenn die Schwerverkehrszentren beidseits des Gotthardtunnels in Betrieb sind und die Betriebsflächen vor den Tunneleingängen allenfalls für Mautstationen verwendet werden können. Ob diese Flächen allerdings ausreichen, und wie hoch allfällige Kosten für bauliche Investitionen wären, müsste in einem Ingenieurprojekt beurteilt werden. Je nach Zielsetzung kann die Tarifgestaltung unterschiedlich ausfallen.
- › Ein Value Pricing für eine Spur von stark befahrenen Autobahnen kann mithelfen, die Kapazitäten zu steigern. Dies ist aber nur bei totalem Verkehrszusammenbruch der Fall. Es gibt auch Belastungszustände, wo die Value-Spur tendenziell zur Verminderung des Durchflusses führen kann. Das Modell (am Beispiel der Region Basel) ist technisch zwar machbar, die positive Wirkung jedoch allzu gering, als dass es zur Umsetzung empfohlen werden könnte. Die grosse Herausforderung besteht darin, eine optimale Tariffdifferenzierung zu finden, um die knappen Kapazitäten optimal zu steuern. Die Reaktionen der Verkehrsteilnehmer sind ex ante sehr schwierig zu eruieren und müssten im Rahmen eines ‚Trial and Error‘-Verfahrens entwickelt werden. Das Verhältnis zwischen Kosten und Einnahmen ist schlecht, weil die Einnahmen nur während einer beschränkten Zeit anfallen. Bei Value Pricing Projekten werden die generierten Netto-Einnahmen nicht ausreichen, um zusätzliche Autobahn-Fahrstreifen zu bauen.
- › Ein umfassendes Road Pricing im Kanton Zürich ist ebenfalls technisch machbar, wenn auch – je nach Komplexitätsgrad – ziemlich aufwändig. Wichtig ist vor allem die Ausrichtung des Tarifsystems (Zonentarif) auf die jeweiligen Zielsetzungen (Verkehrsbeeinflussung, Finanzierung). Diese sind je nach Ausbauezeitpunkt des Strassennetzes unterschiedlich.
- › Eine Variabilisierung der heutigen Nationalstrassenabgabe (v.a. für PW und Lieferwagen) kann einen zweckmässigen Pfad darstellen für den Beginn der Umgestaltung des schweizerischen Strassenabgabensystems. Eine flächendeckende Kilometerabgabe kann zudem nach verschiedenen räumlichen oder zeitlichen Kriterien differenziert werden. Eine solche Abgabe ist aber mit den heutigen zur Verfügung stehenden Technologien zurzeit noch nicht machbar.

Übertragbarkeit

Grundsätzlich lassen sich die Erkenntnisse der Fallbeispiele auch auf andere Anwendungen übertragen:

- › Das Fallbeispiel Gotthard als Beispiel für ein Korridor- oder Objektpricing lässt sich bezüglich Ausgestaltung und verkehrstechnischer Umsetzung auch auf andere Korridore oder Objekte (z.B. andere Alpenkorridore, Tunnels) übertragen.
- › Das Fallbeispiel Basel lässt sich auch auf andere Netzabschnitte (z.B. in anderen Agglomerationen) übertragen. Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein von mehreren Spuren. Die Detailgestaltung (v.a. Tarifsysteem) ist abhängig von den Verkehrsverhältnissen.
- › Das Fallbeispiel Zürich ist grundsätzlich auch auf andere Agglomerationen übertragbar, zumindest was die Grundsätze der strategischen Einbettung und die Tarifgestaltung betrifft. Die konkrete Ausgestaltung ist allerdings abhängig von der Netztopologie, dem Ausbaustand der Umfahrungsmöglichkeiten sowie dem Verkehrszustand (Verkehrsmenge, -qualität).
- › Das Fallbeispiel Kilometerabgabe Schweiz ist als Gesamtansatz konzipiert. Deshalb stellt sich die Frage der Übertragbarkeit nicht.

11. ERKENNTNISSE FÜR ROAD PRICING MODELLE

Die vier Beispiele wurden ausgewählt, um anhand konkreter Anwendungsfälle ein breites Spektrum von Einsatzmöglichkeiten von Road Pricing in der Schweiz auszuleuchten und zu illustrieren. Im Folgenden leiten wir für die verschiedenen Ebenen verallgemeinernde Erkenntnisse ab.

Allgemeine Erkenntnisse

- › Sinnvolle Road Pricing Modelle für die Schweiz können nicht losgelöst von den Zielen diskutiert werden. Road Pricing ist kein Selbstzweck, sondern immer abhängig von den verfolgten verkehrspolitischen Zielen. Road Pricing ist gleichzeitig eines der wenigen verkehrspolitischen Instrumente, das sowohl einen Einfluss auf die Nachfragesteuerung (Verkehrsmanagement und Staubekämpfung) und auf die Verkehrsfinanzierung (Generierung von Einnahmen) haben kann. Zukünftige Road Pricing Modelle sind in der Schweiz dann zweckmässig, wenn sie diese Stärke ausnützen können.
- › In diesem Sinne gibt es ganz unterschiedliche Möglichkeiten für sinnvolle Road Pricing Modelle, mit unterschiedlicher Gewichtung der beiden Ziele, mit unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung, mit unterschiedlichen Ausgestaltungsmerkmalen. Deshalb muss sich die weitere Konkretisierung von Road Pricing in der Schweiz auch stärker mit wichtigen Zielkonflikten (Trade-offs) auseinandersetzen.
- › Der Weg ist mindestens so wichtig wie das Ziel: Vor allem die beiden Modelle für Zürich sowie für die Gesamtschweiz haben aufgezeigt, dass die Umsetzung von zweckmässigen Modellen im Zeitablauf zu betrachten sind. Sie sind einerseits abhängig vom Problemdruck (lokal – regional – national) und den funktionalen und politischen Hierarchien und Zuständigkeiten. Andererseits spielt auch die technische Entwicklung von Gebührensystemen eine wichtige Rolle. Denkbar sind insbesondere zwei Pfadrichtungen:
 - › Bottom-up: Von den Einzelproblemen zu einer Gesamtlösung: Ausgangspunkt sind kritische Korridore oder Agglomerationen mit hohem Problemdruck, wo vor allem Lenkungsziele im Vordergrund stehen. Die Modelle Gotthard, Basel und Zürich sind mögliche Beispiele.
 - › Top-down: Von einer Gesamtlösung zu einem differenzierten Umgang: Ausgangspunkt sind allgemeine Finanzierungsprobleme im Strassenverkehr, vor allem auf nationaler Ebene. Das Modell ‚Kilometerabgabe Schweiz‘ hat einen entsprechenden Pfad aufgezeigt.

Strategische Ebene

- › Die Ausgestaltung von Road Pricing auf strategischer Ebene ist sehr stark abhängig vom Problemdruck, von den vorhandenen verkehrspolitischen Zielen und von der Aufgabenteilung und den Zuständigkeiten (v.a. Bund – Kanton – Gemeinden). Vor dem Hintergrund der aktuellen verkehrspolitischen und finanzpolitischen Diskussionen sind verschiedene strategische Ausrichtungen und Kompetenzebenen für Road Pricing denkbar. In diesem Zusammenhang ist auch der oben skizzierte Entwicklungspfad (Bottom-up oder Top-down) zu sehen.
- › Grundsätzlich lässt sich eine gewisse Konkurrenz („Trade-off“) zwischen dem Lenkungs- und dem Finanzierungsziel festhalten: Je kleinräumiger die Road Pricing Lösung, desto stärker können sich diese Ziele konkurrenzieren. Ein starker Lenkungseffekt senkt das Einnahmepotenzial. Das Fallbeispiel Zürich liefert in diesem Zusammenhang wichtige Erkenntnisse für die Ausgestaltung eines Systems, das bewusst beide Ziele ähnlich gewichtet. Dies ist nur möglich mit einem System, das einen grösseren Teil des Netzes (Innenstadt und Umfahrungsstrassen) einbezieht und dadurch auch ein gewisses Mass an Komplexität erreicht. Auch die heutige Praxis der LSVA macht dies sichtbar: Das spezifische Lenkungsziel im Alpenquerenden Verkehr hat auf das gesamte LKW-Volumen einen beschränkten Einfluss.
- › Das Tarifniveau und die Tarifstruktur sind entscheidend für die Wirkungsweise von Road Pricing. Anknüpfungspunkte sind:
 - › Der zu erzielende Effekt der Nachfragebeeinflussung (Lenkungseffekt): In diesem Fall ist eine spürbare und transparente Ausgestaltung der Tarife zentral. Anknüpfungspunkte sind allenfalls auch die Staukosten. Ebenfalls zu berücksichtigen sind mögliche Alternativen (Routen, öffentlicher Verkehr, Preise im Ausland). Die Fallbeispiele zeigen auf, dass die Festlegung eines Tarifniveaus möglich ist. Die Erfahrungen über die Auswirkungen sind allerdings sehr beschränkt. Deshalb sind „Trial and Error“-Prozesse notwendig.
 - › Die zu erzielenden Einnahmen: In diesem Fall spielen die Finanzierungselemente eine entscheidende Rolle (Senkung bestehender Abgaben, Finanzierung von Infrastrukturausbauten).
 - › Externe Kosten: Die nicht gedeckten Kosten des Strassenverkehrs (Unfälle, Umwelt) sind ein weiteres, in der Regel aber indirektes Argument für das Tarifniveau.

In jedem Fall aber ist Road Pricing als Tarifsystem und nicht nur als Abgabensystem zu betrachten. Aus dieser Optik ergeben sich auch interessante Parallelen zu anderen Tarifsyste-men, insbesondere zum öffentlichen Verkehr.

- › Im Zusammenhang mit der Umsetzung eines Tarifsystems ergeben sich verschiedene Trade-offs:
 - › Einfachheit/Transparenz und Wirkung: Obwohl aufgrund mangelnder Erfahrungen nicht abschliessend beurteilbar, wird doch deutlich, dass differenzierte Systeme schwieriger kommunizierbar sind und deshalb unter Umständen eine geringere Lenkungswirkung erzeugen als einfache Systeme. Ein wichtiger Bestandteil ist hier auch die Ausgestaltung der Erfassungs- und Kontrolltechnik. Auf der anderen Seite können einfache Systeme zu hohen Folgekosten führen, wenn diverse flankierende Massnahmen zur Minimierung von Ausweicheffekten einzurichten sind.
 - › Umfassende Wirkung und Vollzugsaufwand und Kosten: Je differenzierter ein Road Pricing Modell, desto schwieriger eine kostengünstige Ausgestaltung, desto kritischer auch die Benutzerfreundlichkeit und die Kompatibilität mit anderen Systemen. Dieser Konflikt ist allerdings dynamisch zu interpretieren, unter Berücksichtigung der technischen Entwicklung in Europa.
- › Die Verwendung der Einnahmen ist ein ganz zentrales Element für die Ausgestaltung und auch für die Akzeptanz. Wiederum sind zweckmässige Möglichkeiten von den Zielen abhängig:
 - › Bei einem lokal begrenzten Road Pricing mit starkem Fokus auf der verkehrlichen Zielsetzung (Basel, allenfalls Gotthard) werden die Einnahmen sinnvollerweise für das Lenkungsziel eingesetzt (z.B. Beseitigung Staus, Umlagerung des Verkehrs auf eine Umfahrungsachse, Minimierung der Umweltbelastungen des Strassenverkehrs).
 - › Bei einem flächendeckenden Road Pricing bieten sich verschiedene Lösungen an. Nahe liegend und in einzelnen Modellen auch skizziert ist die Senkung oder Abschaffung bestehender (v.a. fixer) Abgaben. Erst eine Nettoerhöhung der Abgabenlast führt aber zu Mehreinnahmen: In diesem Fall spielt wiederum der Problemdruck und der Einsatz von zweckmässigen Alternativen eine wichtige Rolle. Die Verwendung von Geldern für den öffentlichen Verkehr ist dann sinnvoll, wenn er eine solche Alternative darstellt.
 - › Wenig vertieft wurde in den vorliegenden Fallstudien die Frage der Verwendung der Einnahmen für Kompensationsmassnahmen, zum Beispiel für benachteiligte Gruppen oder Regionen.

Betreiberebene

- › Zentral ist für die Schweiz die Frage der vertikalen Aufgabenteilung: Wer ist verantwortlich für den Vollzug (Erhebung, Abrechnung, Kontrolle) und wer hat Anspruch auf welche Einnahmen? Diese Frage ist wiederum im Zusammenhang mit der verkehrspolitischen Ausrichtung von Road Pricing bzw. mit dem Entwicklungspfad (Bottom-up; Top-down) zu betrachten. Im Vordergrund stehen diesbezüglich folgende Möglichkeiten:
 - › Bundeslösung: Analog der LSVa ist der Bund für den Vollzug verantwortlich und hat auch Anspruch auf die Einnahmen, die dann im Rahmen eines vordefinierten Modells verteilt werden (an die Kantone).
 - › Kompetenzregelung: Der Bund erteilt die Kompetenz für die Einführung von möglichen, räumlich begrenzten Road Pricing Modellen, die von einer regionalen Instanz betrieben werden. In der Regel stehen hier die Kantone im Vordergrund. Sie kommen deshalb auch als Betreiber in Frage. Grundsätzlich können die bestehenden Strassen- und Verkehrshoheiten als Anknüpfungspunkt dienen für die Verteilung der Einnahmen. Die Beispiele für Basel und Zürich haben hier mögliche Ausgestaltungen aufgezeigt.
- › Private Betreibermodelle können für den Vollzug in Frage kommen, weniger aber für die Verantwortung für Bau und Finanzierung. Der Hauptgrund liegt vor allem in der Engmaschigkeit des schweizerischen Strassennetzes, das es relativ schwierig macht, in sich geschlossene Systeme zu definieren. Dies gilt grundsätzlich auch für das Nationalstrassennetz.

Vollzugsebene

- › Alle Beispiele haben gezeigt, dass die Modelle (v.a. räumlich begrenzte Modelle) zwar machbar sind, aber einerseits zu spürbaren Kostenfolgen führen, andererseits verschiedene neue Vollzugsfragen aufwerfen, die sowohl Chancen als auch Risiken bergen. Die Chancen sind bei möglichen Zusatzdiensten zu sehen (z.B. Transparenz über Verkehrskosten, neue Fahrteninformationsdienste). Die Risiken ergeben sich bei Datenschutzfragen und der Gleichbehandlung der verschiedenen Verkehrsteilnehmer (z.B. PW – andere Fahrzeugkategorien, Stadt – Land).
- › Die aus heutiger Sicht im Zentrum stehende Technologie (Nahfunk mit Videokontrolle) ist vor allem für räumlich begrenzte Road Pricing Anwendungen geeignet. Dies führt zu einem wichtigen Konflikt bei der Dynamisierung und der räumlichen Ausdehnung von Modellen: Bei grossräumigen Lösungen ist allenfalls (je nach Stand der technischen Ent-

wicklung in Europa) eine Anwendung einer GPS-orientierten Technologie in Zukunft zweckmässiger und kostengünstiger. Diese kommt jedoch nur mit entsprechender Ausrüstungspflicht aller Fahrzeuge in Frage, weil Einbuchungslösungen für grossflächige und trotzdem differenzierte Lösungen nicht praktikabel sind. Es stellt sich deshalb die Frage, inwieweit sich eine räumliche Ausdehnung der heutigen Technologie lohnt, wenn in Zukunft allenfalls andere Technologien im Vordergrund stehen. Allerdings ist zu beachten, dass auch bei einer GPS-orientierten Erfassung Kontrollen (z.B. DSRC-/Video-Enforcement) notwendig sein werden.

Kritische Fragen

Zusammenfassend lassen sich für die Einführung von Road Pricing Modellen folgende kritische Fragen ableiten, die auch für die Akzeptanz eine wichtige Rolle spielen:

- › Lenkungs- oder Finanzierungsziel oder beides gleich gewichtet? Nur eine klare Ausrichtung von Road Pricing erlaubt auch eine transparente Diskussion mit der Bevölkerung und eine zielführende Ausgestaltung. Im Zentrum steht dabei die Ausgestaltung des Tarifsystems.
- › Verwendung der Einnahmen mit ‚Value for Money‘? Road Pricing muss einen Gegenwert erzeugen. Je enger er mit der Bezahlung verknüpft ist, desto eher ist auch Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer zu erwarten. Die Bedingungen für Querfinanzierungen (z.B. für den öffentlichen Verkehr) müssen deshalb deutlich gemacht werden.
- › Klein- oder grossräumige Lösungen, Gemeinden, Kanton oder Bund? Die Entwicklungspfade von Road Pricing Lösungen müssen von Anfang an klar sein, um die Hoheiten zu klären, das richtige Betreibermodell zu wählen und letztlich auch eine dynamisierbare und kostengünstige Erfassungs-, Abrechnungs- und Kontrolltechnologie zu wählen.

12. FORSCHUNGSFRAGEN FÜR WEITERE VERTIEFUNGEN

Dieses Forschungsprojekt hat sich auf die Ausgestaltung von verschiedenen Modellen konzentriert und dies an vier Fallbeispielen konkretisiert. Die Ergebnisse haben den Charakter einer Grobanalyse, die die Basis für weitere Vertiefungen und konkreten Forschungsfragen bildet. Im Zentrum stehen:

- › Detailausgestaltung von Tarifsystemen, abgestimmt auf die anzustrebenden Verkehrseinflussungsziele: Wie reagieren die Verkehrsteilnehmer auf verschiedene Preissignale (undifferenzierte, differenzierte) und wie kann ein Tarifsystem diese optimal antizipieren? Die Analysen haben gezeigt, dass die Kenntnisse über die Reaktion auf Preisänderungen sehr gering sind und deshalb nur grobe Annahmen für die Ausgestaltung von Tarifsystemen möglich sind.
- › Abstimmung von Road Pricing auf verschiedene Ziele (v.a. im Spannungsfeld Verkehrseinflussung – Finanzierung): Inwieweit kann Road Pricing zu diesen Zielen einen Beitrag leisten? Wie ist es einzubetten in das gesamte verkehrspolitische Instrumentarium? Welche Rolle kann Road Pricing dabei zukommen? Die bisherigen Analysen haben verschiedene Anknüpfungspunkte dargestellt. Die Schnittstellen zu anderen Instrumenten (z.B. Verkehrssteuerung, Parkplatzmanagement) konnten allerdings nur ansatzweise dargestellt werden.
- › Rollenteilung und Hierarchieebenen: Welche Rolle können der Bund, die Kantone, die Gemeinden oder allenfalls andere Institutionen bei der Umsetzung von Road Pricing übernehmen: Die Beispiele haben dazu verschiedene Grundmuster ausgeleuchtet.
- › Technische Umsetzung und Vollzug: Wie sieht ein detailliertes Vollzugsmodell aus? Welche Kompatibilitätsfragen und welche rechtlichen Fragen stellen sich? Mit welchen Kosten ist dies verbunden? Im Rahmen dieser Forschungsarbeit konnten nur grobe Angaben gemacht werden.
- › Auswirkungsanalysen: Die Analyse der verkehrlichen Wirkungen sollte vertieft werden. Zweckmässig ist dazu auch der Einsatz von Verkehrsmodellen, die die Reaktionen von Road Pricing (im Spitzenzeitenverkehr, im Strassenverkehr insgesamt, im öffentlichen Verkehr) abbilden können.
- › Dynamisierung von Road Pricing und Schnittstellen zum Gesamtverkehrssystem: Welcher Implementationspfad – unter Berücksichtigung der obigen Rollenteilungsfrage und der vollzugstechnischen Fragen – ist für Road Pricing möglich und sinnvoll? Dabei ist auch die

Schnittstelle zu einem verkehrsträgerübergreifenden Mobility Pricing zu berücksichtigen. Eine mögliche Langfristvision ist dabei ein kompatibles Zonentarifsysteem MIV-ÖV.

- › Akzeptanz: Welche Akzeptanzfragen stellen sich und wie kann die Akzeptanz von Road Pricing erhöht werden? Welches sind die Faktoren für eine erfolgreiche Einführung in der Schweiz? Diese für die Umsetzung zentralen Fragen sind im Rahmen dieses Forschungsprojekts bewusst nicht analysiert worden.

Mit dem Forschungspaket ‚Mobility Pricing‘ von VSS und SVI wird ein Grossteil dieser Fragen vertieft. Im Nachgang dazu sind 1:1 Versuchsbetriebe sinnvoll, um insbesondere die konkreten Vollzugsfragen zu vertiefen und die Reaktion der Verkehrsteilnehmer zu analysieren.

ANNEX 1: FORMATIVE SYSTEMANALYSE DER EINFLUSSFAKTOREN EINES ROAD PRICING SYSTEMS

Um einen besseres Verständnis für die Wirkungsweise eines Road Pricing Systems und sein Umfeld zu kriegen, wird das System und seine wichtigsten Parameter/Faktoren mit Hilfe einer Systemanalyse untersucht werden. Dabei wird zumindest teilweise auf die Methode der „formativen Szenarioanalyse“ zurückgegriffen (Methode nach Scholz, Tietje 2002), wobei jedoch nur der erste Teil der Methode angewandt wird, nämlich die **Systemanalyse**.

1.1. SAMMLUNG VON SYSTEMPARAMETERN

Mittels der Methode des „Mind Mappings“ wurden die wichtigsten Parameter eines Road Pricing-Systems gesammelt. Dabei lag der Fokus vor allem auf der strategischen Ebene. Die Betreiber- sowie die Vollzugsebene wurden am Rande ebenfalls berücksichtigt.

Spontan wurden mittels Mind Map die folgenden Systemparameter ermittelt:

ERSTE SAMMLUNG VON SYSTEMPARAMETERN ZU ROAD PRICING	
Ziel/Zweck des Road Pricings	Höhe der Preise sowie Preisdifferenzierung
Verwendung der Einnahmen (z.B. für Finanzierung, Stärkung ÖV, Rückverteilung etc.)	Bepreisungstyp (Area Licensing, Cordon Pricing, Objektmaut etc.)
Technische Umsetzung (Funk-, Video-Maut, GPS, Vignette, Zahlstelle etc.)	Räumliche Ausdehnung des RP-Raumes (Grösse und geografische Lage des RP-Raums)
Vollzug, Durchsetzung, Bestrafung	Datenschutz
Betreiber/Akteure (staatlich: Bund, Kantone, Gemeinden; halbstaatlich; privatwirtschaftlich)	Verkehrssituation (Stauhäufigkeit, Verkehrslast, Problemdruck etc.)
Flankierende Massnahmen, Gesamtverkehrskonzept	Bestehendes Strassennetz
Öffentlicher Verkehr (Angebot, Qualität etc.)	Verkehrsfinanzierung (Stand, Deckungsgrad etc.)
Bestehende Verkehrsabgaben (Höhe, Art)	Politisches Umfeld, politischer Wille
Gesetzlicher Rahmen	Internationales Umfeld (z.B. EU-Kompatibilität)
Akzeptanz in der Bevölkerung	Interessengruppen (Umwelt-, Autolobby)
Erfahrungen aus bestehenden RP-Projekten (im Ausland und der Schweiz)	Anwohner (einerseits in der Innenstadt, andererseits in der Agglomeration)
Autofahrer	Wirtschaft (betriebs- und volkswirtschaftliche Folgen)
Lokale Umweltbelastung: Lärm, Luftverschmutzung, ...	

Tabelle 43

Die auf diese Weise ermittelten Faktoren sind noch unstrukturiert und bestehen aus internen Systemfaktoren und eher externen Faktoren. Zudem gibt es Parameter, die direkt beeinflussbar sind und solche, die nur schwierig oder gar nicht zu beeinflussen sind. Für die Systemanalyse spielt dies vorerst keine Rolle. Bei einer Systemanalyse können und sollen

alle Parameter, die in einem System eine Rolle spielen, berücksichtigt und untersucht werden, ungeachtet der Tatsache, ob sie intern/extern bzw. beeinflussbar oder nicht sind.

1.2. AUSWAHL DER EINFLUSSFAKTOREN

In einem nächsten Schritt wurden die (subjektiv gesehen) wichtigsten Systemparameter – im Folgenden auch Einflussfaktoren genannt – ausgewählt und daraus ein erstes Systembild eines „Road Pricing-Systems“ gezeichnet. Ein Systembild bildet eine Basis für eine vertiefte Systemanalyse, bei welcher die Relevanz und der Charakter der einzelnen Parameter/Faktoren eines Systems genauer untersucht werden. Ein Systembild besteht einerseits aus den verschiedenen Einflussfaktoren, andererseits aus den wichtigsten Einflüssen der Systemkomponenten (Einflussfaktoren) aufeinander (dargestellt in der Einflussmatrix, siehe folgendes Kapitel).

Folgende 19 Einflussfaktoren wurden für die vertiefte Systemanalyse ausgewählt:

EINFLUSSFAKTOREN FÜR SYSTEMANALYSE	
Ziel/Zweck des Road Pricings	Einnahmenverwendung
Höhe der Gebühren/Preise	Gebühren-/Preisdifferenzierung
Bepreisungstyp/Zugangsrecht	Technische Umsetzung
Geografische Ausdehnung des RP-Raumes	Vollzug (Erhebung, Kontrolle/Durchsetzung)
Flankierende Massnahmen, Gesamtverkehrskonzept	Systembetreiber (Stadt, Kt., Bund, halbstaatl., privat)
Verkehrsfinanzen	Datenschutz
Ausbaubarkeit des RP-Systems	Andere/bestehende Verkehrsabgaben
Verkehrssituation (auf der Strasse)	ÖV-Angebot
Strassensystem (Neubauten, bestehendes Netz)	Politischer Wille/Polit-Umfeld
Akzeptanz (von Benutzern und Bevölkerung)	

Tabelle 44

1.3. EINFLUSSMATRIX

Eine so genannte Einflussmatrix kann hilfreich sein, um mehr über die Wirkung und Charakteristika der einzelnen Systemparameter/Einflussfaktoren zu erfahren. Bei der Bildung einer Einflussmatrix wird der direkte Einfluss jedes Einflussfaktors auf den anderen untersucht. Dabei kann ein Faktor auf einen anderen entweder keinen oder nur einen sehr kleinen (direkten) Einfluss auf einen anderen haben (0), er kann einen mittelgrossen Einfluss haben (1) oder aber einen grossen Einfluss (2). In der Einflussmatrix stellen die Elemente in

den Zeilen immer die beeinflussenden Faktoren dar und die Elemente in den Spalten die beeinflussten Faktoren.

Die Summe aller Einflüsse, die ein Faktor direkt auf andere ausübt, wird Aktivität genannt. Die **Aktivität** ist ein Mass dafür, wie gross der direkte **Einfluss** eines Faktors auf andere Faktoren ist. Die Summe aller Einflüsse, die direkt auf einen Faktor einwirken, wird **Passivität** (oder auch Sensitivität) genannt. Die Passivität ist ein Mass dafür, wie stark ein Faktor direkt durch andere beeinflusst wird bzw. zeigt die **Abhängigkeit** von anderen Faktoren. Der Quotient von Aktivität über Passivität wird **Einflussstärke** genannt.

EINFLUSSMATRIX FÜR ROAD PRICING																					
Einflussfaktoren	Ziel/Zweck	Einnahmenverwendung	Bepreisungstyp/Zugangsrecht	Gebührenhöhe	Gebührendifferenzierung	Technische Umsetzung	Verkehrsfinanzen	andere Verkehrsabgaben (Höhe)	polit. Wille/Umfeld	Akzeptanz (von Nutzern und Bev.)	Verkehrssituation auf Strassen	ÖV-Angebot (Qualität, Umfang,...)	Systembetreiber	Vollzug (Erhebung, Kontrolle)	flankierende Massnahmen	Ausbaubarkeit	Datenschutz	geogr. Ausdehnung des RP-Raumes	Strassensystem	Aktivität	Aktivität/Passivität (=Einflussstärke)
Ziel/Zweck	1	2	2	2	2	0	0	2	0	2	0	1	1	0	0	1	0	1	0	16	2.7
Einnahmenverwendung	0	1	(1)	2	0	0	2	1	0	2	0	2	1	0	1	1	0	0	2	14	2.0
Bepreisungstyp/Zugangsrecht	0	0	1	0	2	2	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	9	1.3
Gebührenhöhe	0	0	0	1	0	0	1	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.9
Gebührendifferenzierung	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	1	0	0	8	1.1
Technische Umsetzung	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	2	0	2	2	0	0	11	1.8
Verkehrsfinanzen	2	0	0	1	0	0	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	9	1.0
andere Verkehrsabgaben (Höhe)	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0.6
polit. Wille/Umfeld	2	2	2	1	1	0	0	1	1	0	0	1	2	1	2	0	1	2	2	20	2.9
Akzeptanz (von Nutzern und Bevölkerung)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	5	0.2
Verkehrssituation auf Strassen	2	0	0	0	0	0	(1)	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	7	0.4
ÖV-Angebot (Qualität, Umfang,...)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0.5
Systembetreiber (Bund, Kanton, Privater)	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	2	0	2	1	1	0	11	1.8
Vollzug (Erhebung, Kontrolle)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0.6
flankierende Massnahmen, GVK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	5	1.0
Ausbaubarkeit	0	0	0	0	0	0	0	0	1	(1)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.1
Datenschutz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0.4
geogr. Ausdehnung des RP-Raumes	0	1	2	1	0	2	0	0	0	2	2	0	2	1	2	1	0	1	0	16	3.2
Strassensystem (Neubauten, best. Netz)	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.2
Passivität	6	7	7	8	7	6	9	9	7	24	16	6	7	9	5	11	5	5	5	159	

Figur 62

Gemäss Einflussmatrix besitzen folgende Einflussfaktoren die grösste Aktivität:

1. Politischer Wille/Umfeld (20)
2. Geografische Ausdehnung des RP-Raumes (16)
Ziel/Zweck des Road Pricings (16)
3. Einnahmenverwendung (14)

4. Systembetreiber (11)
Technische Umsetzung (11)
5. Bepreisungstyp/Zugangsrecht (9)
Verkehrsfinanzen (9)
6. Gebühren-/Preisdifferenzierung (8)

Eine besonders hohe Passivität besitzen die folgenden Einflussfaktoren:

1. Akzeptanz (von Benutzern und Bevölkerung) (24)
2. Verkehrssituation (auf der Strasse) (16)
3. Ausbaubarkeit des RP-Systems (11)
4. Andere/bestehende Verkehrsabgaben (9)
Verkehrsfinanzen (9)
Vollzug (Erhebung, Kontrolle/Durchsetzung) (9)
5. Höhe der Gebühren/Preise (8)

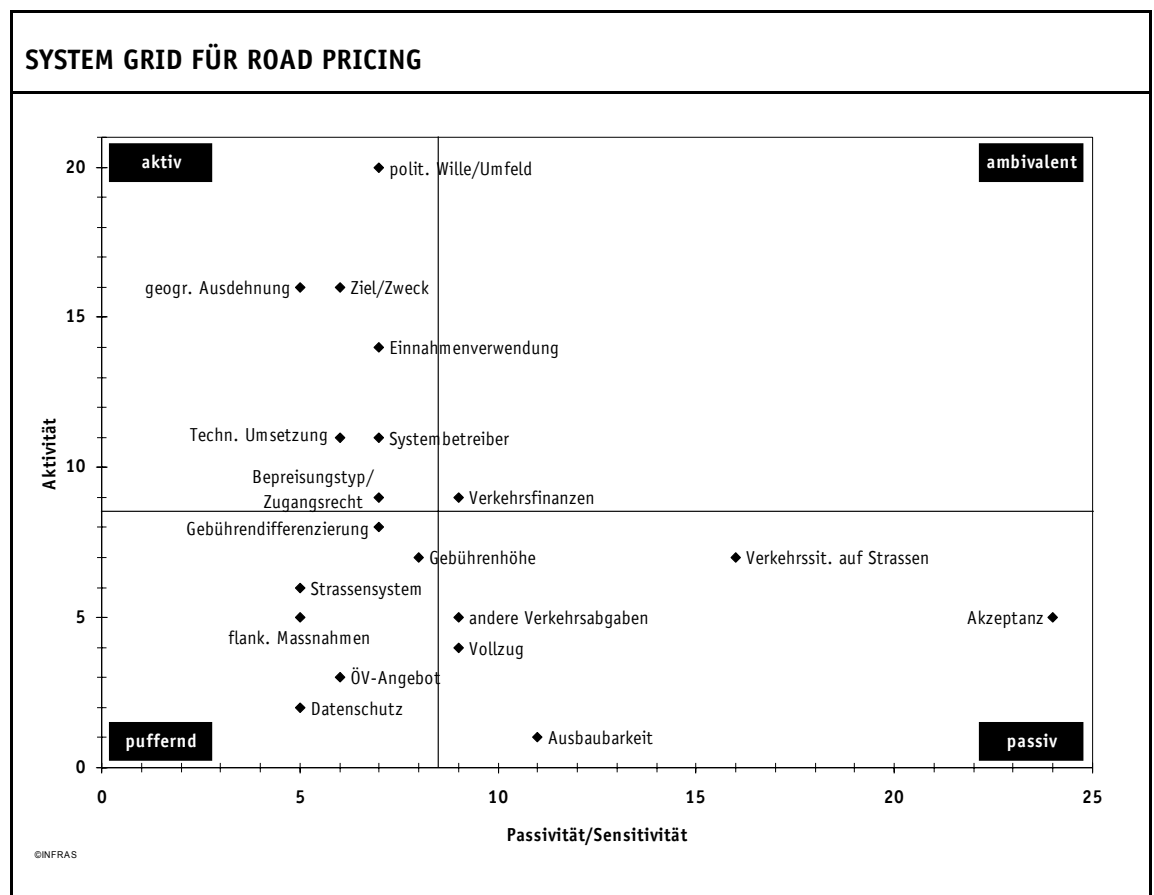
Ein Bild aller Einflussfaktoren und deren wichtigsten/stärksten Einflüsse aufeinander (→ Systembild) wurde von Hand grob skizziert und ist physisch verfügbar.

1.4. SYSTEM GRID: TYPOLOGISIERUNG DER EINFLUSSFAKTOREN

Ein so genanntes System Grid hilft, die in der Einflussmatrix gefundenen Ergebnisse zu visualisieren. Dazu wird jeder Einflussfaktor in einem Koordinatensystem gemäss seiner Aktivität bzw. Passivität eingezeichnet. Die Passivität wird auf der x-Achse dargestellt, die Aktivität auf der Y-Achse.

Werden die durchschnittlichen Aktivitäten bzw. Passivitäten aller Einflussfaktoren als Horizontale bzw. Vertikale ins Koordinatensystem eingetragen, wird das Bild in vier Quadranten geteilt. Jene Einflussfaktoren, bei denen sowohl Aktivität als auch Passivität überdurchschnittlich gross ist (rechts oben), werden **ambivalent** genannt. Weil diese Faktoren sowohl stark beeinflussen als auch stark beeinflusst werden, kann eine direkte Änderung dieser Faktoren schwierig absehbare und unkontrollierbare Folgen haben. Rückkoppelungsprozesse können dabei ins Spiel kommen und ein System stark aufwiegeln und aus dem Gleichgewicht bringen. Eine direkte Einflussnahme auf diese Faktoren wird daher nicht empfohlen. Die Faktoren, mit überdurchschnittlicher Aktivität, aber eher kleinen Passivität nennt man **aktive** Einflussfaktoren (links oben). Sie beeinflussen andere Faktoren stark, werden aber selber wenig beeinflusst. Eine Änderung dieser Faktoren hat in der Regel ab-

sehbarer/ kontrollierbarer Folgen. Deshalb sind diese Faktoren besonders geeignet, um ein System zu beeinflussen. Die so genannten **passiven** Faktoren dagegen haben eine besonders hohe Passivität und eine unterdurchschnittliche Aktivität. Sie werden von anderen Faktoren sehr stark beeinflusst, üben aber selber nur einen schwachen Einfluss auf andere Faktoren aus. Eine direkte Beeinflussung dieser Faktoren macht wenig Sinn, weil der Effekt klein wäre. Einflussfaktoren, bei welchen sowohl die Aktivität als auch die Passivität unter dem Durchschnitt liegt, heissen **puffernde** Faktoren. Sie werden wenig beeinflusst und beeinflussen selbst andere Faktoren auch nur unterdurchschnittlich. Insgesamt wirken diese Faktoren auf ein System puffernd. Eine Beeinflussung dieser Faktoren hat deshalb keine sehr grossen Auswirkungen auf das Gesamtsystem, was nicht heisst, dass diese Faktoren für das System nicht von Bedeutung sind.



Figur 63 Dargestellt sind die *direkten* Einflüsse der einzelnen Faktoren aufeinander. Die durchschnittliche Aktivität bzw. Passivität aller Einflussfaktoren beträgt 8.4 und legt die Grenzen der vier Quadranten fest (Horizontale und Vertikale).

Gemäss Figur 63 gelten in einem Road Pricing-System die folgenden Einflussfaktoren als aktiv:

- › Politischer Wille/Umfeld,
- › Geografische Ausdehnung des RP-Raumes,
- › Ziel/Zweck des Road Pricings,
- › Einnahmenverwendung,
- › Technische Umsetzung,
- › Systembetreiber,
- › Bepreisungstyp/Zugangsrecht.

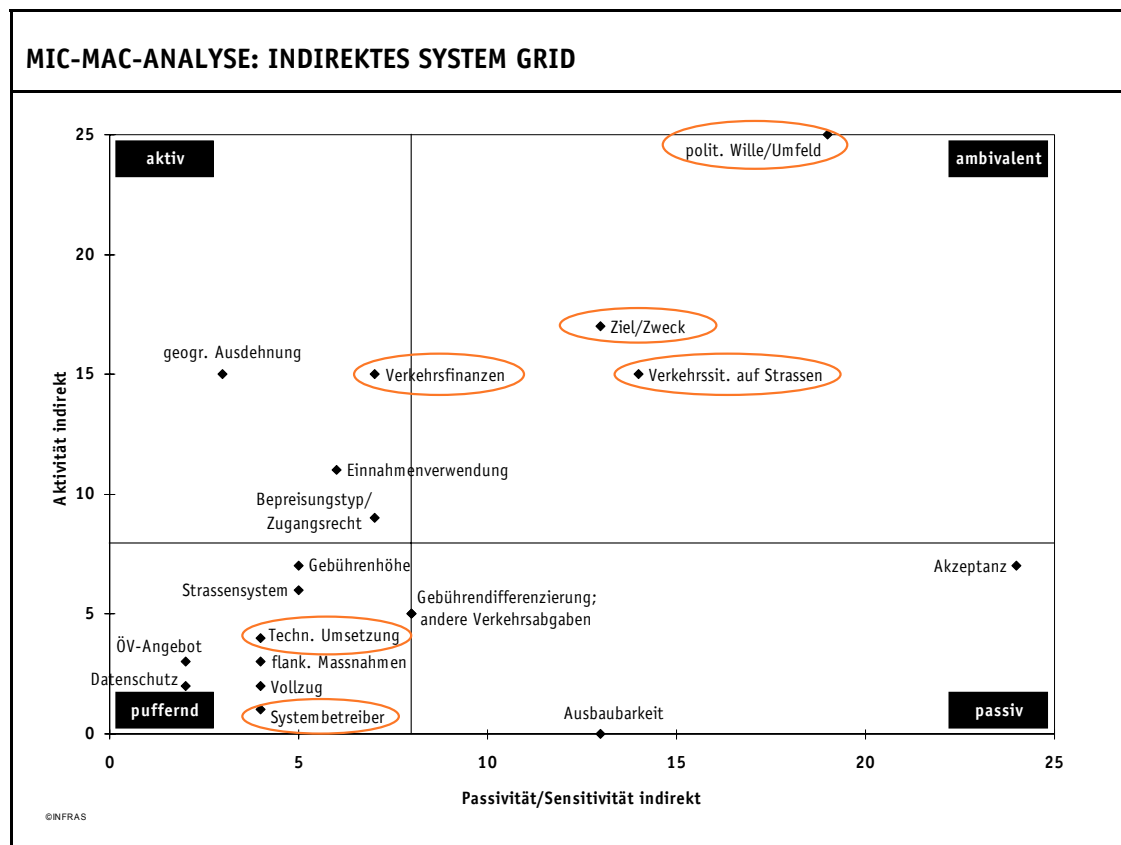
Knapp im ambivalenten Quadranten befindet sich der Faktor „Verkehrsfinanzen“, während die „Akzeptanz in der Bevölkerung“, die „Verkehrssituation auf der Strasse“ und die „Ausbaubarkeit des RP-Systems“ stark passive Elemente sind.

Indirekte Einflüsse/MIC-MAC-Analyse

Um auch noch die indirekten Einflüsse der einzelnen Faktoren aufeinander etwas genauer untersuchen zu können, wurde eine so genannte MIC-MAC-Analyse durchgeführt (Ergebnis siehe Figur 64). Dazu wurde die Einflussmatrix (nur noch mit den starken/grossen Einflüssen) mit sich selbst multipliziert. Durch diese Matrizenmultiplikation erhält man ein Bild über die Anzahl der indirekten Einflüsse, die ein Faktor ausübt (indirekte Aktivität) bzw. die auf einen Faktor wirken (indirekte Passivität). Eine zusätzliche Analyse der indirekten Einflüsse sowie ein Vergleich der direkten mit der indirekten Aktivität/Passivität erlaubt es, mehr über einen Faktor auszusagen, da es Einflussfaktoren gibt, die z.B. direkt nur unterdurchschnittlich viele Einflüsse ausüben, indirekt aber sehr viel mehr (oder umgekehrt).

Die MIC-MAC-Analyse ergab bei den indirekten Einflüssen tatsächlich für einige Einflussfaktoren ein anderes Bild als bei den direkten Einflüssen. Der Faktor „politischer Wille/Umfeld“ zeigt z.B. bei den indirekten Einflüssen eine viel höhere Passivität und fällt damit deutlich in die Klasse der ambivalenten Faktoren. Gleiches gilt für den Faktor „Ziel/Zweck“, der sich auch in den Bereich der ambivalenten Faktoren verschiebt. Ebenfalls in diese Klasse fällt neu auch der Faktor „Verkehrssituation auf der Strasse“, der in der MIC-MAC-Analyse eine deutlich höhere Aktivität zeigt. Der Faktor „Verkehrsfinanzen“ dagegen fällt neu ins Feld der aktiven Faktoren, weil bei den indirekten Einflüssen die Aktivität steigt und die Passivität sinkt. Die beiden Faktoren „Technische Umsetzung“ und „Systembetreiber“, welche bei der Analyse der direkten Einflüsse noch im aktiven Quadranten gele-

gen haben, verlieren bei der indirekten Betrachtung relativ klar an Aktivität und fallen damit in die Kategorie der puffernden Faktoren.



Figur 64 Dargestellt sind die *indirekten* Einflüsse (über zwei Stufen) der einzelnen Faktoren aufeinander. Bei den eingekreisten Faktoren weicht die indirekte Aktivität und/oder Passivität in der MIC-MAC-Analyse deutlich von der direkten Aktivität bzw. Passivität (Figur 63) ab.

Zwischenfazit

Gemäss diesen ersten Resultaten der Systemanalyse gelten die folgenden Faktoren als besonders interessant für die Bildung möglicher Szenarien (bzw. Modelle für Fallstudien), weil sie als aktive Einflussfaktoren gelten:

- › Geografische Ausdehnung des RP-Raumes,
- › Einnahmenverwendung,
- › Bepreisungstyp/Zugangsrecht,
- › Ziel/Zweck des Road Pricings (mit leichter Einschränkung),

Mit Einschränkungen sind auch die folgenden Faktoren zu beachten:

- › Politischer Wille/Umfeld,
- › Verkehrsfinanzen,

- › Systembetreiber,
- › Technische Umsetzung.

Als dominanten Einflussfaktor mit besonders hoher Aktivität (und nicht zu hoher Passivität) setzt sich vor allem der Faktor „Geografische Ausdehnung des RP-Raumes“ klar von den anderen Faktoren ab. Auf ihn muss bei der Modellbildung sicher ein besonderer Fokus gelegt werden.

1.5. WELCHE FAKTOREN SIND BEEINFLUSSBAR?

Mit obiger Systemanalyse konnten zwar die aktiven Faktoren bestimmt werden, die bei einer Szenarienbildung bzw. einer Bildung von Fallbeispielen für ein Road Pricing-System sinnvollerweise variiert bzw. beeinflusst werden. Doch für die Umsetzbarkeit ist es von entscheidender Bedeutung, welche Parameter auch wirklich beeinflussbar sind und welche eher extern und damit wenig beeinflussbar sind. Für die Modellbildung macht es im vorliegenden Fall nur Sinn, Faktoren bzw. Dimensionen zu variieren, welche beeinflussbar sind. Von den in obiger Systemanalyse verwendeten Faktoren werden die folgenden als relativ gut beeinflussbar betrachtet:

DIREKT BEEINFLUSSBARE SYSTEMPARAMETER	
Ziel/Zweck des Road Pricings	Einnahmenverwendung
Höhe der Gebühren/Preise	Gebühren-/Preisdifferenzierung
Bepreisungstyp/Zugangsrecht	Technische Umsetzung
Geografische Ausdehnung des RP-Raumes	Vollzug (Erhebung, Kontrolle/Durchsetzung)
Andere/bestehende Verkehrsabgaben	Systembetreiber
Flankierende Massnahmen, Gesamtverkehrskonzept	

Tabelle 45

Überlagert man diese Faktoren mit dem Ergebnis aus der Systemanalyse (obiges Kapitel), dann bleiben für die Bildung/Auswahl von Fallbeispielen die folgenden sechs Faktoren übrig, die beigezogen und variiert werden sollten:

1. Ziel/Zweck des Road Pricings
2. Geografische Ausdehnung des RP-Raumes
3. Einnahmenverwendung
4. Bepreisungstyp/Zugangsrecht

Und mit Einschränkungen:

5. Systembetreiber
6. Technische Umsetzung

1.6. MÖGLICHE AUSPRÄGUNGEN DER RELEVANTEN FAKTOREN

Jeder Einflussfaktor kann in der Realität in einem Road Pricing System verschiedene Ausprägungen annehmen. Im der folgenden Tabelle sind für die in der Systemanalyse ermittelten sechs Faktoren die möglichen Ausprägungen/ Variationen dargestellt.

AUSPRÄGUNGEN DER RELEVANTEN EINFLUSSFAKTOREN	
<i>Einflussfaktor</i>	<i>Ausprägung</i>
Ziel/Zweck des Road Pricings	Finanzierung von Strasseninfrastruktur
	Verkehrsbeeinflussung, Verkehrsmanagement (Brechen von Spitzen, bessere Strassenauslastung)
	Verursacherprinzip anwenden, Gerechtigkeit (effizientes Abgabesystem gemäss Servicelevel)
	Verkehrsverlagerung von MIV auf ÖV (und damit Reduktion von Umweltbelastung)
Geografische Ausdehnung des RP-Raumes	Einzelne Strassenstücke
	(Innen-)Stadt
	Stadt und Agglomeration
	Gesamtes Strassennetz einer grösseren Region (z.B. Kanton)
Einnahmenverwendung	Gesamtes nationales Strassennetz
	Finanzierung von bestehender Strasseninfrastruktur (Bau/Unterhalt)
	Ausbau des Strassennetzes, Finanzierung von Neubauten
	Unterstützung/Ausbau des ÖV
	Senkung anderer Verkehrsabgaben
Bepreisungstyp/Zugangsrecht	Rückerstattung (z.B. pro Kopf als Ökobonus oder über Steuern)
	Area Pricing (Bepreisung von Fahrt in einem Gebiet)
	Cordon Pricing (Bepreisung von Einfahrt in ein Gebiet)
	Objektmaut (Bepreisung eines Objekts, z.B. Tunnel, Brücke etc.)
	Bepreisung eines bestimmten Gefässes (z.B. einer HLS/Autobahn)
	Komplexe Gebietsgebühren (abhängig von Distanz und evtl. Strassentyp)
Systembetreiber	Value Pricing (Bepreisung eines Mehrwerts)
	Staatlich: Gemeinde/Stadt oder Kanton oder Bund
	Halbstaatlich: staatliche Institution zusammen mit Privaten (PPP)
Technische Umsetzung	Privat: vollständig private Organisation
	Funk-Maut
	Video-Maut
	GPS/GSM-Systeme
	Zahlstellen (z.B. mit Barriere)
	Vignetten mit punktuellen Polizeikontrollen
Kombinierte Systeme	

Tabelle 46

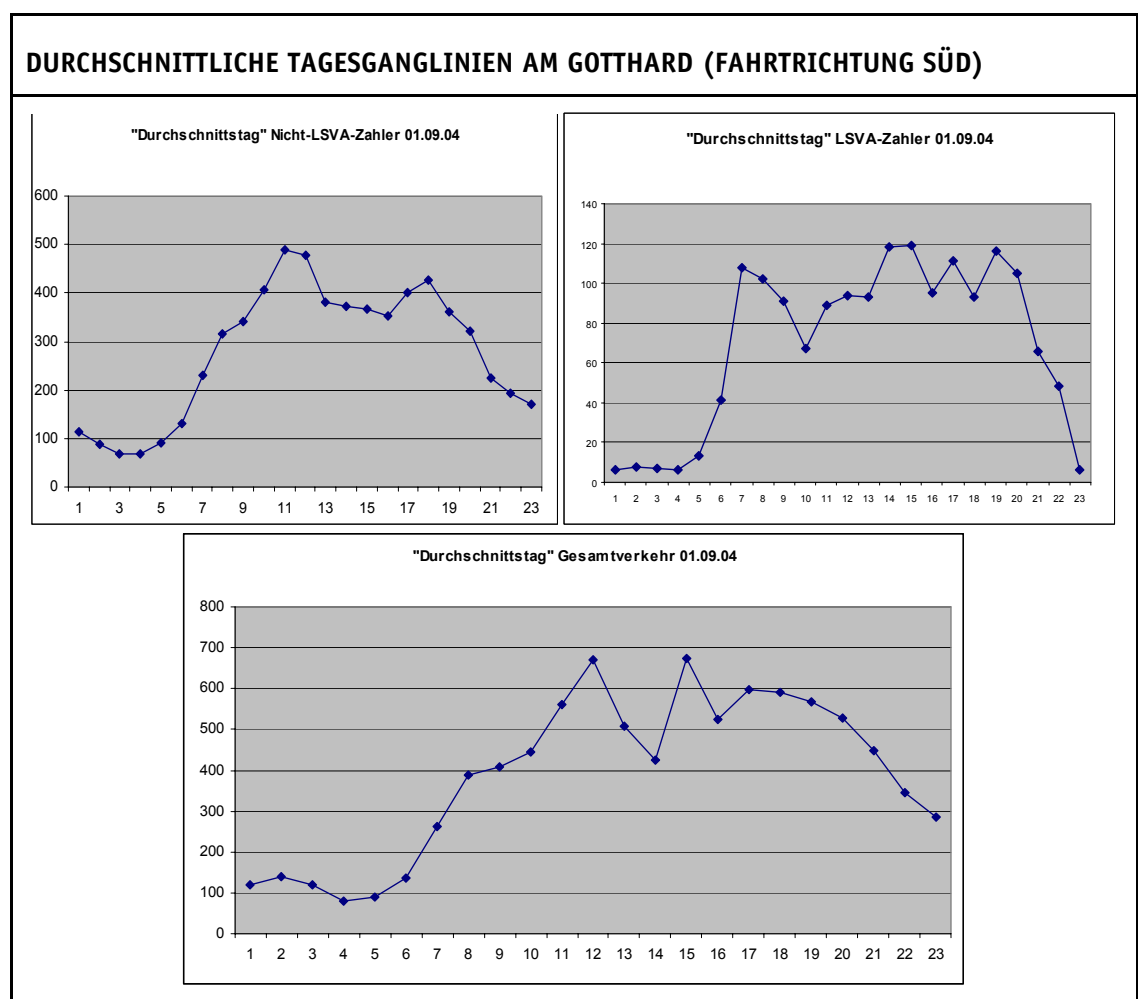
Jede Kombination der verschiedenen Ausprägungen dieser sechs Einflussfaktoren miteinander ergibt ein mögliches Szenario für ein Road Pricing System. Insgesamt ergäbe eine Kombination dieser sechs Parameter mit jeweils drei bis sechs Ausprägungen über 10'000 mögli-

che Szenarien – eine riesige Menge, auch wenn einige davon infolge von Inkonsistenzen ausgeschlossen werden könnten, weil einige Ausprägungen nicht miteinander kombinierbar sind. Um die Zahl der möglichen Szenarien einzuschränken, müssten bei einer Fortführung der Szenarienbildung deshalb einerseits die einen Systemparameter beiseite gelassen und andererseits von den verbleibenden Parametern jene Ausprägungen gestrichen werden, welche aus irgendwelchen Gründen nicht interessant bzw. wenig sinnvoll sind.

ANNEX 2: DETAILLIERTE VERKEHRSDATEN ZU DEN FALLSTUDIEN

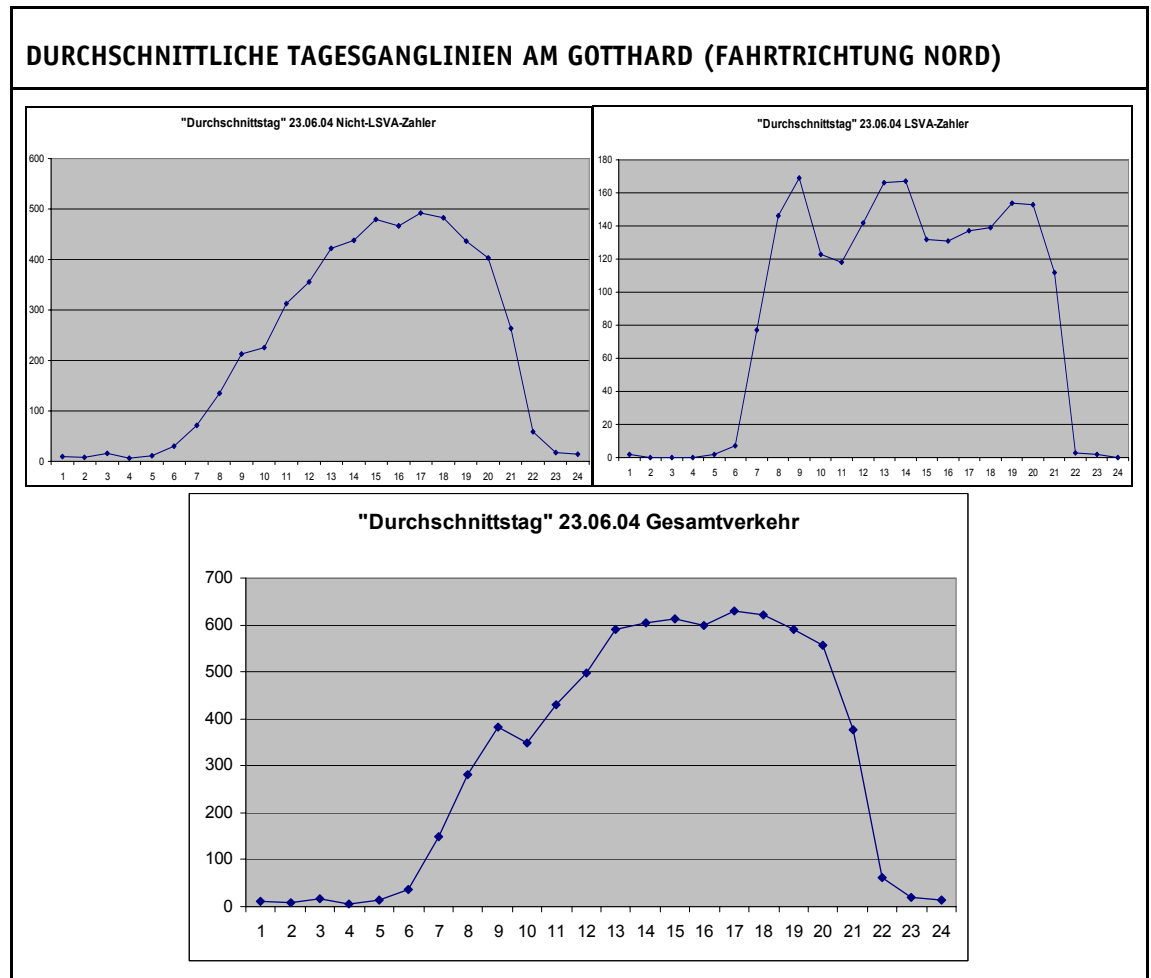
FALLSTUDIE 1: ROAD PRICING AM GOTTHARD

Verkehrsmengen in Richtung Süden



Figur 65 Ganglinien Fz/h durchschnittlicher Werktagsverkehr Fahrtrichtung Süd.

Verkehrsmengen in Richtung Norden



Figur 66 Ganglinien Fz/h durchschnittlicher Werktagsverkehr Fahrtrichtung Nord.

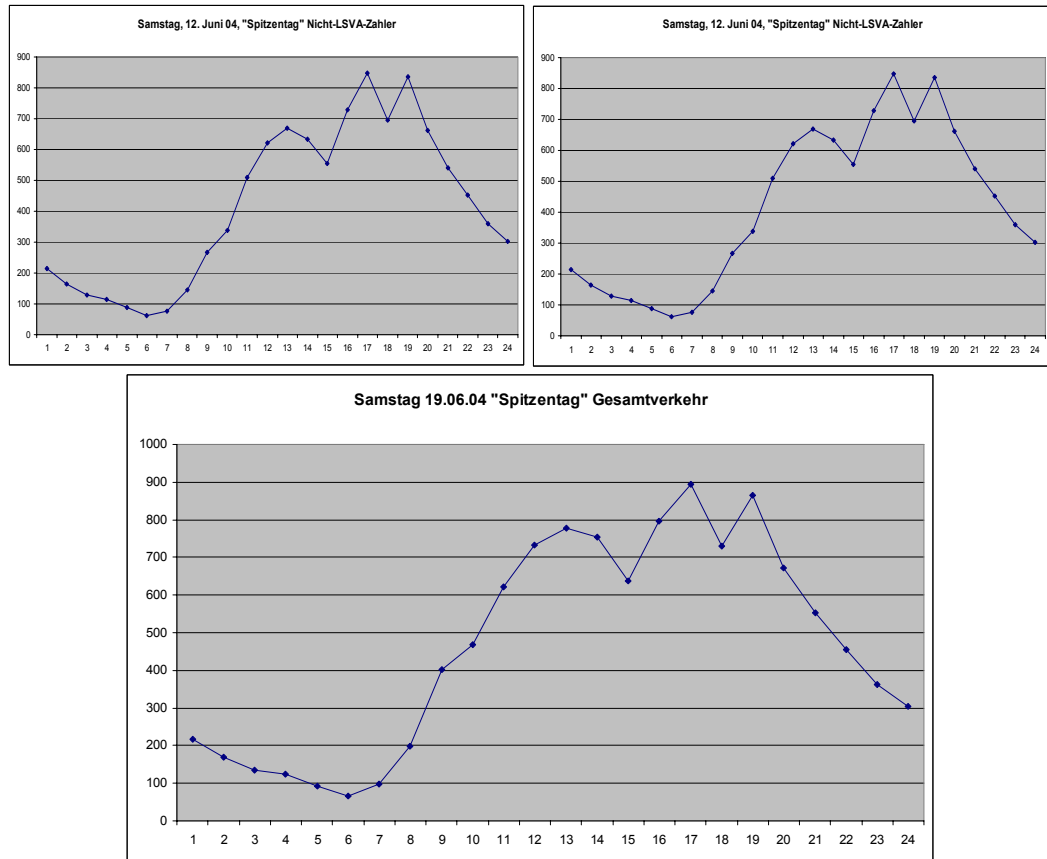
Platzierung der Mautstelle

ABFAHRT EINES LKWS AN DER DOSIERSTELLE GÖSCHENEN



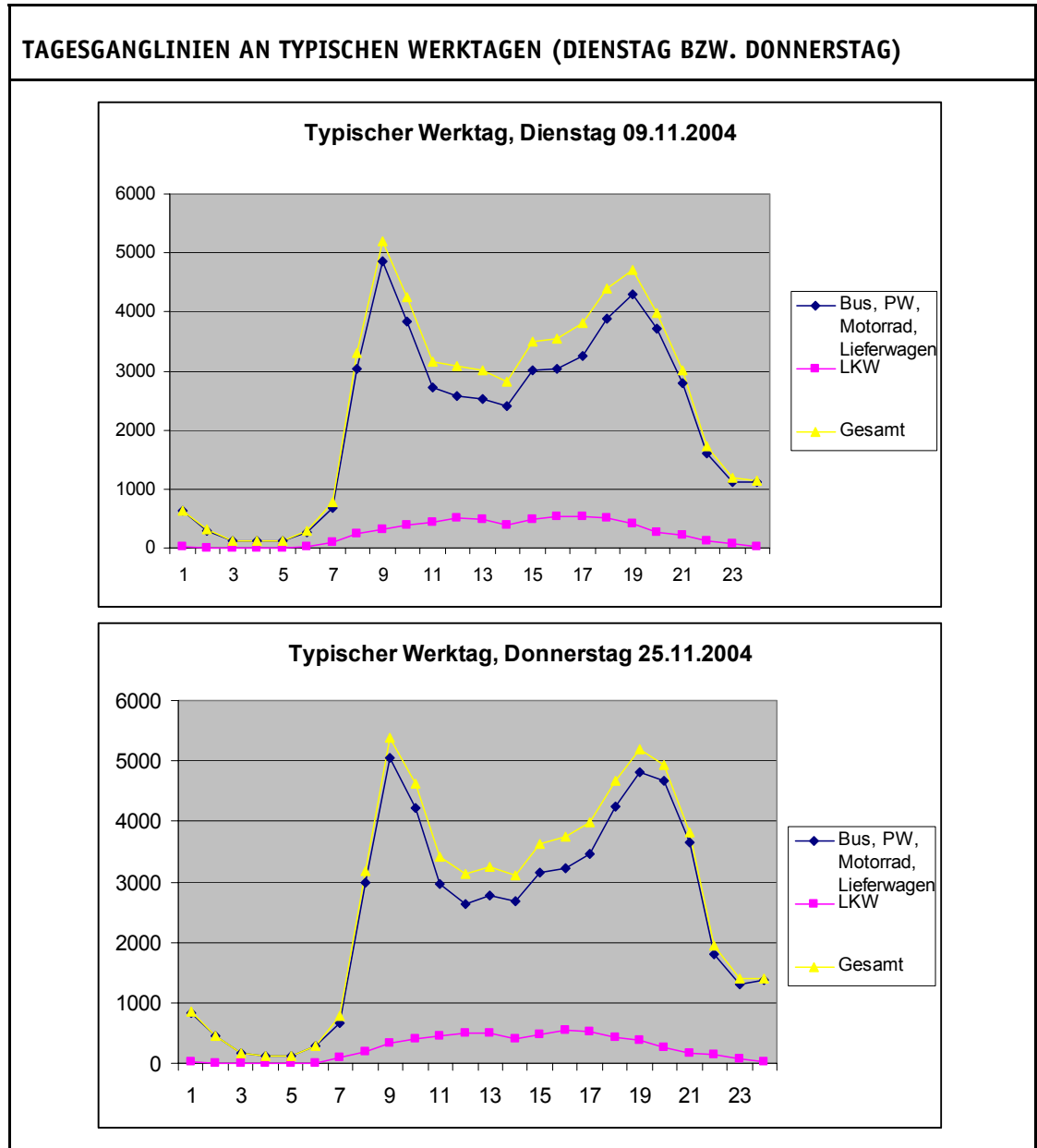
Figur 67

TAGESGANGLINIE AN SPITZENTAG (FAHRRICHTUNG NORD)



Figur 68 Ganglinie Fz/h an Spitzentagen, Fahrtrichtung Nord.

FALLSTUDIE 2: VALUE PRICING IN DER AGGLOMERATION BASEL



Figur 69 Ganglinie an der ASTRA-Zählstelle 081 in Muttenz, Hard.

FALLSTUDIE 3: UMFASSENDES GEBIETSPRICING IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH

Verkehrsnachfrage

Tabelle 47 zeigt eine Übersicht über die täglichen Personenfahrten (MIV und ÖV) in der Stadt Zürich sowie dem Glatt- und Limmattal. Die Zahlen stammen aus den regionalen Gesamtverkehrskonzepten (rGVK) der Stadt Zürich, dem Glatt- und Limmattal. Dargestellt ist einerseits der Ist-Zustand (1998) sowie die Verkehrsnachfrage im Jahr 2025 (Trend- bzw. Zielentwicklung). Die Zielwerte für das Jahr 2025 sollen mit den in den regionalen Gesamtverkehrskonzepten dargelegten Massnahmen erreicht werden.

VERKEHRSNACHFRAGE IN DER AGGLOMERATION ZÜRICH HEUTE UND MORGEN (ZIEL-/QUELLVERKEHR UND BINNENVERKEHR)			
	1998: Ist-Zustand	2025: Trend	2025: Ziel
Stadt Zürich			
MIV Personenfahrten (DWV)	976'600	1'248'300	1'154'800
ÖV Personenfahrten (DWV)	792'500	1'013'700	1'203'600
Total Personenfahrten (DWV)	1'769'100	2'262'000	2'358'400
ÖV-Anteil (bimodal)	45%	45%	51%
Glattal			
MIV Personenfahrten (DWV)	615'400	924'500	879'100
ÖV Personenfahrten (DWV)	319'300	503'700	611'100
Total Personenfahrten (DWV)	934'700	1'428'200	1'490'200
ÖV-Anteil (bimodal)	34%	35%	41%
Limmattal			
MIV Personenfahrten (DWV)	324'700	373'800	356'800
ÖV Personenfahrten (DWV)	129'600	146'700	180'800
Total Personenfahrten (DWV)	454'300	520'500	537'600
ÖV-Anteil (bimodal)	29%	28%	34%

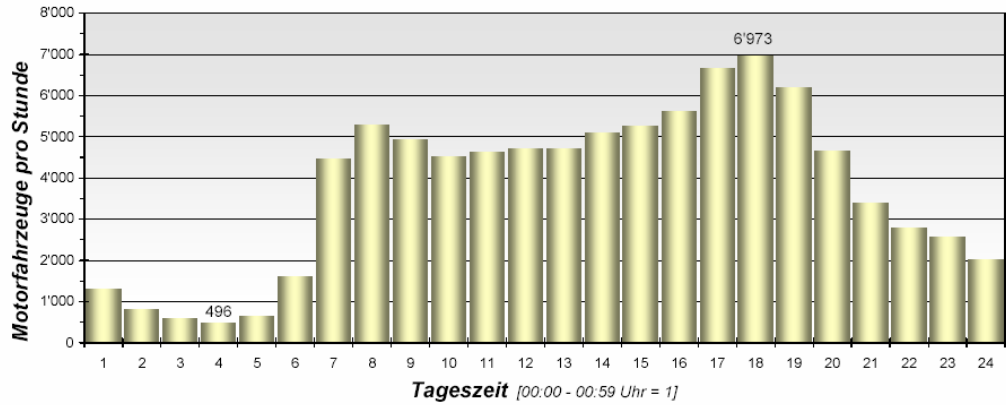
Tabelle 47 Die Zahlen umfassen nur den Ziel-/Quellverkehr sowie den Binnenverkehr, nicht aber den Transitverkehr. DWV: Durchschnittlicher Werktagsverkehr. Die Modalsplits unterscheiden sich leicht von den Zahlen in Tabelle 27, weil dort der Modalsplit nach Verkehrsleistung (pkm) angegeben ist und hier nach Anzahl Personenfahrten. Quelle: regionale Gesamtverkehrskonzepte der Stadt Zürich, des Glattals und des Limmattals (AFV 2004a, 2004b, 2005). Datengrundlage für die Zahlen: Kantonales Verkehrsmodell Zürich.

Tagesverlauf der Verkehrsmengen

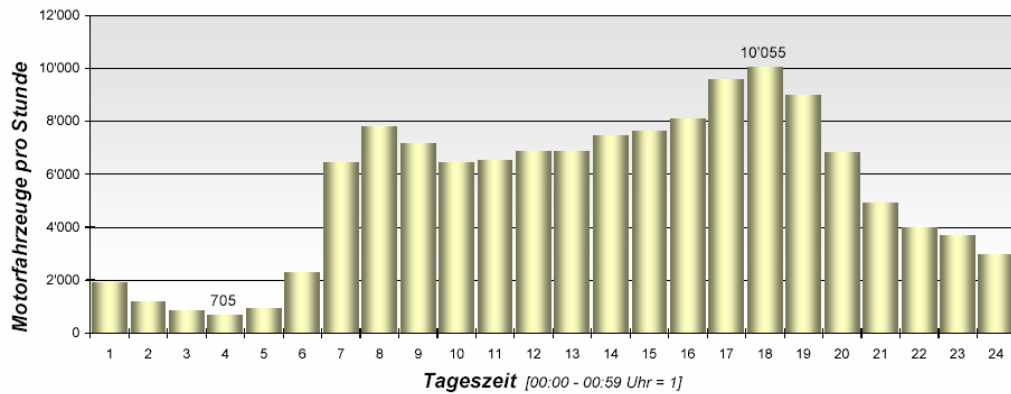
Figur 70 und Figur 71 zeigen die gemessenen Tagesgänge auf ausgewählten Strassenabschnitten in der Agglomeration Zürich. Während die Morgen- und Abendspitzen bei den Tagesgängen der Autobahnabschnitte relativ ausgeprägt sind, verläuft die Kurve bei der Rosengartenstrasse in der Stadt Zürich relativ flach.

TAGESVERLAUF DER VERKEHRSMENGEN AUF DER A1 IM GLATTAL

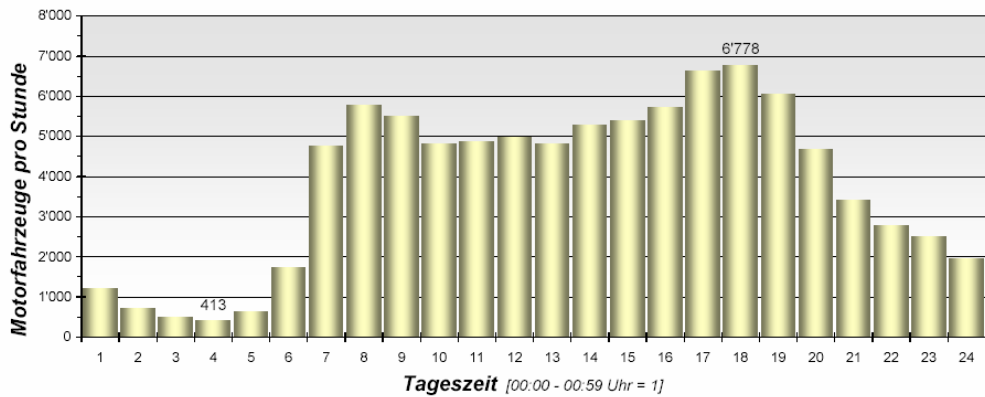
Brüttsellen, Autobahn A1



Wallisellen, Autobahn A1

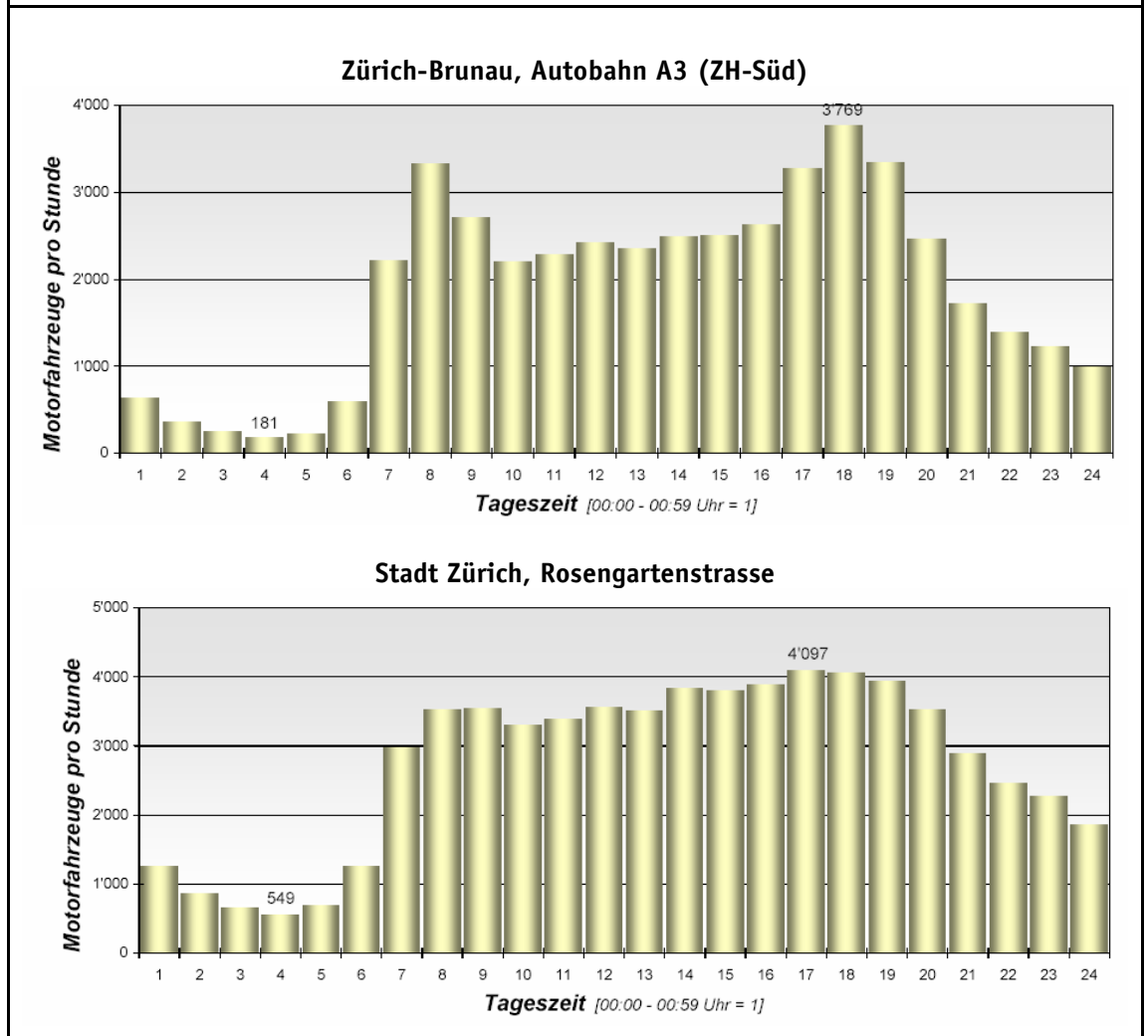


Zürich-Affoltern, Autobahn A1



Figur 70 Anzahl Motorfahrzeuge pro Stunde (mittlerer Stundenwert über alle Tage des Jahres). Daten aus dem Jahr 2003. Quelle: Verkehrszählungen des ASTRA und des Tiefbauamtes des Kantons Zürich (TBA) (www.verkehrsdaten.ch, www.laerm.zh.ch).

TAGESVERLAUF DER VERKEHRSMENGEN AUF DER A3 (ZÜRICH-SÜD) SOWIE DER TRANSITSTRASSE IN DER STADT ZÜRICH



Figur 71 Anzahl Motorfahrzeuge pro Stunde (mittlerer Stundenwert über alle Tage des Jahres). Daten aus dem Jahr 2003. Quelle: Verkehrszählungen des ASTRA und des Tiefbauamtes des Kantons Zürich (TBA) (www.verkehrsdaten.ch, www.laerm.zh.ch).

GLOSSAR

A	
Abgabeperiode	Die Abgabeperiode ist die Dauer, über welche die LSVA berechnet und in Rechnung gestellt wird (für inländische Fahrzeuge monatlich).
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line (eine Datenübertragungstechnik)
ANPR	Automatic Number Plate Recognition (vgl. LPR)
Amtshilfe	Unter Amtshilfe wird die Unterstützung von Verwaltungsbehörden zur Sicherstellung der ordnungsgemässen Anwendung des Rechts verstanden.
Area Licencing	Zonentarifsystem, wo sowohl der Zonenbinnen- wie auch der Ziel-Quellverkehr bepreist wird
ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstrassen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft (Österreich)
Astra	Bundesamt für Strassen
ATA	Alpentransitabgabe, geplante Abgabe für die Benutzung noch zu bestimmender Alpenübergänge
B	
Bake	Teil der strassenseitigen Anlagen der DSRC-Systeme. Die Bake sendet und empfängt Signale von und zur OBU im passierenden Fahrzeug.
Beweisdaten	Daten, die eindeutig über die Nutzung des abgabepflichtigen Strassennetzes Auskunft geben (z.B. Zeitpunkt der Erfassung, Ort der Erfassung, Fahrtrichtung usw.)
C	
CARDME	Forschungsprojekt, welches den (europaweiten) einheitlichen Ablauf einer DSRC-Kommunikation definiert.
Certification Authority (CA)	Bei Certification Authority handelt es sich um Zertifizierungsstellen im Securitysystem des Erfassungssystem LSVA.
CEN	Comité Européen de Normalisation, Europäisches Komitee für Normierung
Chipkarte	Plastikkarte zur Speicherung von Daten (z.B. Auslesung von Deklarationsdaten aus der OBU der LSVA). Mitunter ist die Chipkarte mit einem Microprozessor ausgerüstet zur Durchführung von einfacher Rechnerleistungen (z.B. Security-Modul LSVA)
Congestion Pricing	Erheben von Abgaben für die Benützung von Strassen mit einer verkehrsmengenabhängigen Tarifstruktur
Cordon (Road) Pricing	Abgabe zur Einfahrt bzw. Ausfahrt einer bestimmten Region
D	
Datenschutz	Menge aller Vorkehrungen zur Verhinderung unerwünschter bzw. unbefugter Nutzung von registrierten/erhobenen Daten
Datensicherheit	Ergebnis der Datensicherung
Datensicherung	Menge aller Massnahmen zum Schutz der Datenbearbeitung in ihrem Bestand und ihrer Organisation vor dem Verlust von Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit
Debitkarte	Dient dem bargeldlosen Zahlungsverkehr und erzeugt eine direkte Abbuchung vom Konto des Karten Inhabers

Deklaration	Angabe von Daten über die in Anspruchgenommenen Leistungen eines Gebührenerhebungssystems durch den FzH (z.B. Tonnen-Kilometer bei der LSVA). Die Deklaration kann mittels eines Erfassungsgeräts oder durch ein Fahrtenbuch erfolgen.
DGPS	Differentielles GPS und dadurch gesteigerte Genauigkeit zu GPS
Distanzbezogene Abgabe	Strassenabgabe, die von der in Anspruch genommenen Distanz abhängt
DSRC	Dedicated Short Range Communication (Zweckgebundene Funk- bzw. Infrarotverbindung kurzer Reichweite)
E	
EETS	European Electronic Toll Collection System
EFC	Electronic Fee Collection
Enforcement	Enforcement ist ein häufig verwendeter Begriff in der Verkehrstechnik und bedeutet die Kontrolle und Ahndung in einem System.
e-Vignette	Nummernschildbezogene Berechtigungsermittlung
EZV	Eidgenössische Zollverwaltung
F	
Floating Car Data	Eine bestimmte Anzahl Fahrzeuge nimmt am Verkehr teil und gelten als bewegte, sog. mitschwimmende Datenmelder-Fahrzeuge. Über Messdaten wie Position, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung werden Aussagen über die aktuelle Verkehrssituation gemacht.
Fz	Fahrzeug
FzH	Fahrzeughalter
G	
Gebietsabgaben	Alle Strassen innerhalb eines Gebietes sind abgabepflichtig (z.B. LSVA)
Geschlossenes Abgabenerhebungssystem	Einfahrts- bzw. Ausfahrtsstationen dienen zur Erhebung der Abgaben für die Benutzung. Das Auffahren oder das Verlassen des abgabepflichtigen Strassenabschnitts ist nur nach Begleichung der entsprechenden Gebühr möglich.
GNSS	Global Navigation Satellites System
GPRS	General Packet Radio System (schneller Datendienst für Mobiltelefonie)
GPS	Global Positioning System (Weltweites Positionsbestimmungssystem mittels Satelliten)
GSM	Global System for Mobile communications
H	
Handheldgerät (HH)	Tragbares Gerät für die Erfassung und Kontrolle der Berechtigung sowie Ahndung von Widerhandlungen
HLS	Hochleistungsstrasse(n) (Autobahnen etc.)
HOT-Lane	High Occupancy and Toll Lane
HOV	High Occupancy Vehicle(s)
HVS	Hauptverkehrsstrasse(n)
I	
IT-System	Bezeichnet alles, was an IT-Infrastruktur zur Registrierung und Kontrolle benötigt wird

Interoperabilität	Interoperabilität ist definiert als „die Fähigkeit von Systemen sich mit anderen Systemen, Dienstleistungen („services“) auszutauschen“. Bezogen auf die Erhebung der LSVA bedeutet dies, dass entweder a) die CH-OBU zur Gebührenerhebung im Ausland verwendet werden kann, oder b) ausländische Fahrzeuggeräte in der Schweiz zur Erhebung der LSVA verwendet werden können.
K	
Kfz	Kraftfahrzeug
Kordon	Gürtel um ein Gebiet (vgl. Cordon Road Pricing)
L	
LPR	Licence Plate Reading, automatische Kontrollschilderkennung
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
M	
MIC-MAC-Analyse	Methode in der formativen Szenarioanalyse, mit der in einem komplexen System die indirekten Zusammenhänge zwischen einzelnen Systemfaktoren genauer untersucht werden können.
Mobilitätsmanagement	Summe der Massnahmen zur strategischen und operativen Beeinflussung der Mobilitätsnachfrage und des Mobilitäts- und Verkehrsverhaltens
Mobility Pricing	Erheben von Verkehrsabgaben (öV und IV) mit dem Ziel der Beeinflussung der Mobilitätsnachfrage
MR	Motorrad
Multilane	Die Bakenkommunikation ist spurübergreifend möglich
N	
Netzabgabe	Abgabe für die Benutzung eines hochrangigen Strassennetzes
NSA	Nationalstrassenabgabe
NSAV	Verordnung über die Abgabe für die Benutzung von Nationalstrassen, SR 741.72
O	
OBU	On-Board Unit (Fahrzeugausrüstung, Erfassungsgerät)
OCR	Optical Character Recognition, automatische Kontrollschilderkennung
Offenes Abgabenerhebungssystem	System, in dem der Benutzer des Strassennetzes, nachdem er sich eingebucht hat oder mit einer OBU ausgerüstet ist, frei, ohne Barriere auf das Strassennetze auffahren bzw. abfahren kann.
OZD	Eidgenössische Oberzolldirektion
P	
Postpaid	Bezahlung von Leistungen im Nachhinein durch Bankeinzugsverfahren oder über Kreditkarte usw.
PSVA	Pauschale Schwerverkehrsabgabe
Prepaid	Kauf von Werten zur Vergütung von zukünftig erst in Anspruch genommenen Leistungen
Provider	Betreiber einer Dienstleistung z.B. Zugang zum Internet
PW	Personenwagen
S	
Selbstdeklarationsprin-	Die LSVA ist auf Basis der Selbstdeklaration implementiert. Jeder Fz-

zip	Halter ist demnach verpflichtet monatlich zu einem gewissen Stichtag die in Anspruch genommenen Leistungen (Fahrtstrecke und das entsprechende Massgebliche Gewicht) an die OZD zu deklarieren.
single lane	Die Bakenkommunikation ist nur auf einer Spur möglich
SLA	Servic-Level-Agreement (=Service-, Wartungs- und Betriebsvereinbarung von technischen Systemen)
SVI	Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure
Systemsicherheit	Eigenschaft eines Systems, bei dem Massnahmen gegen die im jeweiligen Umfeld als bedeutsam angesehenen Bedrohungen in soweit wirksam sind, dass die verbleibenden Risiken verantwortet werden können
T	
Tachograph (Digitaler Tachograph) (Analoger Tachograph) (Fahrtenschreiber)	Der Tachograph, oder auch Fahrtenschreiber genannt, dient der Überprüfung der Einhaltung der Arbeits- und Ruhezeitverordnung. Als solcher ist er ein europaweit behördlich anerkanntes Messinstrument zur Erhebung von Wegstrecken, Fahrzeiten und Geschwindigkeit. Das Prinzip des Tachographen beruht auf der Messung einer Wegstrecke über einen Impuls.
TAG	Einfaches Gerät mit Funkschnittstelle zur Fahrzeugidentifikation
Terminal	Kontroll- und Ahndungsgerät, welches online Zugriff auf die Kontrollzentrale hat
Transponder	Empfänger eines Funksignals – bei einem EFC im Allgemeinen eine OBU
Trade-off	Negative wechselseitige Abhängigkeit zweier Aspekte (Zielkonkurrenz, Zielkonflikt)
U	
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (Nachfolgesystem von GSM)
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
V	
Value Pricing	Erheben von Abgaben für die privilegierte Benützung von Strassen oder Fahrstreifen, welche Benützern ohne Entrichtung der Abgaben nicht zur Verfügung stehen
VES	Video Enforcement System (vgl. ANPR)
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
W	
WAP	Wireless Application Protocol (Verbindung vom Mobiltelefon zum Internet)
WLAN	Wireless LAN (Kabellose Verbindung)
Z	
Zeitbezogene Abgabe	Abgabe, abhängig vom Zeitraum der Benutzung eines Strassennetzes
Zentralsystem	Elektronisches Datenverarbeitungssystem mit vielfältigen Applikationen und Datenbanken, welches die Schnittstelle zu den einzelnen Systemkomponenten des gesamten Erhebungssystems bildet.

LITERATUR

- AFV 2004a:** Regionales Gesamtverkehrskonzept Glattal, Amt für Verkehr (AFV) Kanton Zürich, Zürich 2005.
- AFV 2004b:** Regionales Gesamtverkehrskonzept Limmattal, Amt für Verkehr (AFV) Kanton Zürich, Zürich 2005.
- AFV/TAZ 2005:** Regionales Gesamtverkehrskonzept Stadt Zürich – Arbeitsgrundlage für das kantonale Verkehrsprogramm, Amt für Verkehr (AFV) Kanton Zürich und Tiefbauamt der Stadt (TAZ) Zürich, Zürich 2005.
- Amt für Gesundheit und Umwelt der Stadt Zürich 1999:** Road Pricing: Wer fährt, zahlt – ausgereifte Lösungen in ganz Europa. Zürich 1999.
- ARE 2001:** Mobilität in der Schweiz: Ergebnisse des Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) und Bundesamt für Statistik (BFS), Bern und Neuenburg 2001.
- ARE 2002:** Fair und Effizient, Die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) in der Schweiz, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bern 2002.
- ARE 2003:** Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft, Econcept Zürich und Nateco Gelterkinden, im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Bern 2003.
- ARE 2004a:** Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung. Aktualisierung für das Jahr 2000, Ecoplan, Infras, ISPM Institut für Sozial- und Präventivmedizin, im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Bern 2004.
- ARE 2004b:** Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs. Aktualisierung für das Jahr 2000, Ecoplan, Planteam, IHA-ETH Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Bern 2004.
- ARE 2004c:** Verkehrsbedingte Gebäudeschäden in der Schweiz, Aktualisierung der externen Kosten 2000, im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE), Zürich 2004.
- ASTRA 2004:** Jahresstaubericht 2003, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bern 2004.
- BAG 2005:** Marktbeobachtung Güterverkehr – Sonderbericht über die Auswirkungen der streckenbezogenen Lkw-Maut, Bundesamt für Güterverkehr (BAG), Köln September 2005.
- Bieri P. 2002:** Road Pricing – keine Alternative für eine verstärkte Unterstützung des Agglomerationsverkehrs durch den Bund. Die Volkswirtschaft, Nr. 5, S. 22.

- Blöchliger Hj. 1999:** Finanzierung des Verkehrs von morgen. Blöchliger Hansjörg et al., Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Bericht D9, Bern 1999.
- Blöchliger Hj. 2002:** Road Pricing – eine alternative Route zur heutigen Strassenfinanzierung. Die Volkswirtschaft, Nr. 5, 4–7.
- BUWAL 2004:** Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1980-2030, Schriftenreihe Umwelt Nr. 355, Luft, INFRAS im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 2004.
- CARDME 1997:** Work Group 7 on Area and Network Tolling, European Commission, Final Report, 5/1997.
- CASH 1999:** Final deliverables of EU Project CASH, European Commission, 1994-1995
CESARE: Final deliverables of EU Project CESARE (Common EFC System for an ASE-CAP Road Tolling European Service), European Commission, 1999.
- CfIT 2002:** Paying for Road Use, Commission for Integrated Transport (CfIT) United Kingdom, London 2002.
- CUPID 2004:** Co-ordinating Urban Pricing Integrated Demonstrations (CUPID), Deliverable 5: Synthesis Report, May 2004.
- De Borger B., I. Mayeres, S. Proost, S. Wouters 1996:** Optimal Pricing Of Urban Passenger Transport. Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 30, No. 1, January 1996, 31–55.
- DESIRE 2002:** Designs for Interurban Road Pricing Schemes in Europe (DESIRE), Workpackage 3, Deliverable 3: Case study results, analysis and reference scenario, Mai 2002.
- ECMT 2000:** Efficient Transport Taxes & Charges, OECD/ ECMT (European Conference of Ministers of Transport), 2000.
- ECMT 2004:** International Conference Managing Transport Demand through User Charges, Experience to Date, Unterlagen der Konferenz der “European Conference of Ministers of Transport” (ECMT) und Transport for London (TfL), London 23.1.2004.
- Ecoplan 1997:** Kombiniertes Road Pricing /Parkplatzabgabensystem für die Stadt Bern, 1997.
- Eisenkopf A. 2000:** Staugebühren, Infrastrukturkostendeckung und optimale Investition: Welchen Beitrag leistet die Anlastung von Stauungskosten zur gesamtwirtschaftlichen Effizienz? Zeitschrift für Verkehrswissenschaft 71. Jahrg., Heft 3, 215–242.
- Eliasson J., M. Lundberg 2003:** Road pricing in urban areas, Swedish National Road Administration (Vägverket), 2003, www.transport-pricing.net/download/swedishreport.pdf

- EUROPÄISCHE Kommission DG VII 1998:** Faire Preise für die die Infrastrukturbenutzung. Ein abgestuftes Konzept für einen Gemeinschaftsrahmen für Verkehrs-Infrastrukturgebühren in der EU - Weissbuch, 22.07.98.
- EUROPEAN Union 1998:** Telematics Application for Transport, Project Summaries, Telematics Application RTD&D Programme (1994-1998), Brüssel 1998.
- EUROTOLL 1999:** European Research Project for Toll Effects and Pricing Strategies (EUROTOLL), Final Report for Publication, March 1999.
- Evans S., O. Oswald 1999:** A Non-Technical Paper on the Case for Road Pricing. December. EUROPÄISCHE Kommission DG VII: Faire und effiziente Preise im Verkehr - Politische Konzepte zur Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs in der europäischen Union - Grünbuch, 20.12.1995.
- FISCUS 1999:** Cost Evaluating and Financing Schemes for Urban Public Transport Systems. Deliverable D5, European handbook for the evaluation of real costs and design on financing schemes for urban public transport systems, Draft report, October.
- Fusseis W. 2004:** Verkehrsverlagerungen vom Autobahn- und Schnellstrassennetz infolge der Einführung der LKW-Maut, 2. Zwischenbericht, im Auftrag von ASFINAG und dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Österreich, Wien, Juli 2004.
- Glazer A. 2000:** Time Consistency of Congestion Tolls. Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 34, Part 3, September 2000, 301-311.
- Güller P., R. Neuenschwander, M. Rapp, M. Maibach 2000:** Road Pricing in der Schweiz, Umsetzung und Akzeptanz. Berichte des NFP 41 „Verkehr und Umwelt“, D11, Bern.
- Güller P. 2002:** Road Pricing im internationalen Vergleich – Konzepte und Akzeptanz. Die Volkswirtschaft, Nr. 5, 8-13.
- HKBB 2004:** Agglomerationsverkehr Region Basel: Handlungsbedarf Strasse, Handelskammer beider Basel, Basel, September 2004.
- INFRAS 1989:** Der fahrleistungsabhängige Ökobonus, im Auftrag des BUWAL.
- INFRAS 1992:** Internalisieren der externen Kosten des Verkehrs – Fallbeispiel Agglomeration Zürich. Maibach M., R. Iten, S. Mauch, Nationales Forschungsprogramm NFP Stadt und Verkehr, Bericht 33, Bern.
- INFRAS 1998:** Staukosten in der Schweiz: Keller M. et al., ASTRA, Schlussbericht, Zürich.
- INFRAS 1999:** Faire und effiziente Preise im Verkehr – Ansätze für eine verursachergerechte Verkehrspolitik. Maibach M., C. Schreyer et al., Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Bericht D3, Bern.

- INFRAS 2000a:** FISCUS Fallstudie Zürich, im Auftrag des Amtes für Verkehr. Zürich.
- INFRAS 2000b:** Road Pricing für den Wirtschaftsraum Zürich, M. Keller, R. Frick, im Auftrag des Tiefbauamtes (TBA) des Kantons Zürich.
- INFRAS/Ecoplan 2005:** TRAKOS, Konzept und Ergebnisse Transportkostenrechnung Schweiz, im Auftrag des Bundesamtes für Statistik (BFS) und des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Zürich/Altdorf/Bern 2005.
- Kossak A. 2004:** Strassenbenutzungsgebühren, Mittel der Stauminderung und Verkehrseinflussung, Andreas Kossak, Internationales Verkehrswesen (56) 12/2004, 536-540.
- Küng Ch. 2002:** Agglomerationsverkehr und Road Pricing. Die Volkswirtschaft, Nr. 5, 18-21.
- Maibach M., W. Ott, C. Schreyer 1999:** Faire und effiziente Preise im Verkehr: preispolitische Vorschläge für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung in der Schweiz, Verlag Rüegger, Chur/Zürich 1999.
- MC ICAM Conference 2002:** Acceptability of Transport Pricing Strategies 23-24 May 2002, Dresden. Güller P., Hrsg., Synergo, Zürich.
- Menon A. 2000:** ERP in Singapore – a perspective one year on, Traffic Engineering and Control (TEC) 2/2000.
- Mobilitätsstrategie der Stadt Zürich:** Teilstrategie Verkehrsmanagement und -telematik, (beschlossen vom Stab Verkehr am 18. November 2002), Teilstrategie Finanzierungsinstrumente (beschlossen vom Stab Verkehr am 24.1.2005).
- MOVE-IT 1997:** Final deliverable of EU Project MOVE-it, Commission of the European Communities, Brussels 1997.
- Nielsen, O.A. et al. 2003:** "Using GPS for Road Pricing", ITS World Conference, Madrid November 2003
- Ostmoe L., K. Ostmoe 2001:** The Experience of Urban Toll Cordons in Norway: Lessons for the Future. Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 35, Part 3, September 2001, 457-473.
- PRIMA 2000:** Ways and Means to Increase the Acceptance of Urban Road Pricing. Project funded by the European commission under the transport RTD programme of the 4th framework programme.
- Prins J. 2002:** The Road Pricing Project (road usage charging), A brief overview. Ministry of Transport, Public Works and Water Management Ministry of Finance, Netherlands February 2002.

- Prognos 2004:** Variabilisierung der kantonalen Motorfahrzeugsteuer, im Auftrag der eidg. Finanzverwaltung, Basel 2004.
- PROGRESS 2004:** Pricing Road for Greater Responsibility, Efficiency and Sustainability in Cities (PROGRESS), Deliverable 9: Final Report (Main Project Report), July 2004.
- Prud'homme R., Bocarejo J. P.:** The London congestion charge: a tentative economic appraisal, Rémy Prud'homme, Juan Pablo Bocarejo, *Transport Policy* 12 (2005), 279-187.
- Publifocus 2004:** Publifocus Road Pricing, Informationsbroschüre (TA Swiss mit Unterstützung von ARE und ASTRA).
- Rapp M. 2004:** „Road Pricing ist kein Wundermittel“, Interview im Tagesanzeiger, 29. Juli 2004.
- Rapp M. 2004:** Technik des Road Pricing, *tec* 21 Nr. 49-50, Zürich 3. Dezember 2004
- Rapp M. 2004:** „Man würde sich die Autofahrt zweimal überlegen“, Interview in der Coopzeitung, 15. Dezember 2004.
- RAPP AG 2000:** Technische und betriebliche Möglichkeiten der Gebührenerhebung im Strassenverkehr. Materialien des NFP 41 „Verkehr und Umwelt“, M20, Bern 2000.
- Rapp M. 1998:** Strassenbenützungsgebühren – wo stehen wir punkto technischer Realisierbarkeit, Schweiz. Städteverband, Symposium, Bern 1998.
- Road Pricing Agenda 2002:** Programm: Abstracts.
[www.transportroundtable.com.au/rpa/abstracts.html].
- Scholz R. W., O. Tietje 2002:** Embedded case study methods, Integrating quantitative and qualitative knowledge, Sage Publications, Thousand Oaks (California) 2002.
- TCS 2004:** Frais kilométriques – Kilometerkosten 2004, Touring Club Schweiz (TCS), Emmen 2004.
- TfL 2005a:** Central London Congestion Charging – Impacts monitoring: Third Annual Monitoring Report, Transport for London (TfL), London 2005.
- TfL 2005b:** London Congestion Charging Technology Trials, Stage 1 Report, Transport for London (TfL), London 2005.
- Toll Collect 2005:** Das Neue Mautsystem, Präsentation von Martin Rickenmann, Toll Collect, am 38. Freiburger Verkehrsseminar, 29. September 2005, Freiburg.
- Types of Pricing 2002:** Road Pricing.
[<http://www.hhh.umn.edu/centers/slp/projects/conpric/>].
- Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ) 2004:** Empfehlungen zu ökonomischen Instrumenten zur Umsetzung der städtischen Umweltpolitik, interner Bericht der Umweltschutzfachstelle zuhanden der Umweltdelegation, 24.6.2004.