Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 130 (2004)
Heft: 49-50: Road Pricing

Artikel: Technik des Road Pricing
Autor: Rapp, Matthias
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-108509

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 21.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Matthias Rapp

Technik des Road Pricing

Die Erfahrungen mit den Schwerverkehrsabgaben in der Schweiz, Österreich und Deutschland sowie der Erfolg der Congestion Charge in London haben in den letzten Jahren eine breitere Öffentlichkeit für das Thema Road Pricing (Strassenbenutzungsgebühren) sensibilisiert. Im Zentrum stehen dabei fiskalpolitische, finanzielle und rechtliche Fragen sowie verkehrs-, umweltpolitische und raumplanerische Zielsetzungen. Die Diskussion der Gebührenerhebungs-*technik* blieb, wohl nicht zuletzt in der Annahme, satellitengestützte Ortung ermögliche beliebig komplexe Erfassungssysteme, bisher eher im Hintergrund.

Road Pricing ist ein Sammelbegriff für die Erhebung von Abgaben für das Befahren von Strassen. Es gibt viele Formen: Tunnel-, Brücken- und Autobahngebühren, Gebühren für die Einfahrt in Städte oder neuerdings in den USA Gebühren für die Benützung von Sonderspuren auf Autobahnen zum Überholen von Staukolonnen (Bild 2). Auch Schwerverkehrsabgaben wie die schweizerische LSVA (Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe) oder die deutsche LKW-Maut fallen unter den Begriff Road Pricing. Dieser Beitrag umreisst Technik, Potenziale und Probleme der elektronischen Gebührenerhebung, der so genannten EFC (Electronic Fee Collection), und lässt die manuelle Erhebung (Mautstationen mit Kassaschaltern oder Münzautomaten) ausser Betracht.

1

Funktionale Anforderungen

Ein Erhebungssystem für Strassenbenutzungsgebühren muss folgende Funktionen erfüllen können:
Registrierung der Benützer und ihrer Fahrzeuge; *Kategorisierung*, d. h. Erkennen, ob und wie ein Fahrzeug an einer Mautstelle abgabepflichtig ist; *Detektion*, d. h. die Erfassung der Durchfahrt eines Fahrzeugs an einer Mautstelle; *Transaktion* der für die Abgabenberechnung notwendigen Daten des Fahrzeuggeräts in das zentrale Abrechnungssystem; *Enforcement*, also das Erkennen und die Beweissicherung abgabepflichtiger Fahrzeuge ohne gültige Transaktion; schliesslich *Abgabeberechnung, Rechnungstellung* und *Inkasso*.
Je nach Road-Pricing-Typus und Tarifkonzept sind die funktionalen Anforderungen unterschiedlich:
- Gebietsgebühren oder Netzgebühren: Aufzeichnung der gefahrenen Kilometer in einem Gebiet (nach Einfahrt in das Gebiet) oder laufende Erfassung des Zirkulierens im Gebiet
- Fahrzeugkategorien, die der Abgabe unterworfen sind (alle Fahrzeuge oder nur LKW)
- Fahrzeugkategorisierung aufgrund von Eigenschaften, die an der Mautstelle gemessen werden (Achszahl, Fahrzeughöhe) oder die von einem Fahrzeuggerät über Funk übermittelt werden (Gewicht, Emissionsklasse)
- Obligatorium für Erfassungsgerät? (Z. B. LSVA: Gerät nur für Schweizer LKW obligatorisch; österreichische LKW-Maut: Gerät für alle in- und ausländischen LKW obligatorisch)
- Zahlungsmodus: Prepaid und / oder Postpaid (Rechnungstellung), Erfordernis der Zahlungsgarantie vor der Fahrt
- Alle Stufen des Erfassungsprozesses müssen nachvollziehbar sein und gerichtsfest belegt werden können.

In jedem Fall muss das Erfassungssystem diskriminierungsfrei sein, d. h. Fahrzeuge mit und ohne Erfassungsgerät müssen gleich behandelt werden in Bezug auf Abgabehöhe und Benützbarkeit (z. B. keine umständlichen Prozeduren für ausländische Fahrzeuge).
Das Teilsystem Detektion / Transaktion ist entscheidend für die Wahl der Erhebungstechnologie. Verschiedene unterschiedlich erprobte und geeignete Systeme kommen zum Einsatz (Tabelle 1).

DSRC-Systeme («Funkmaut»)

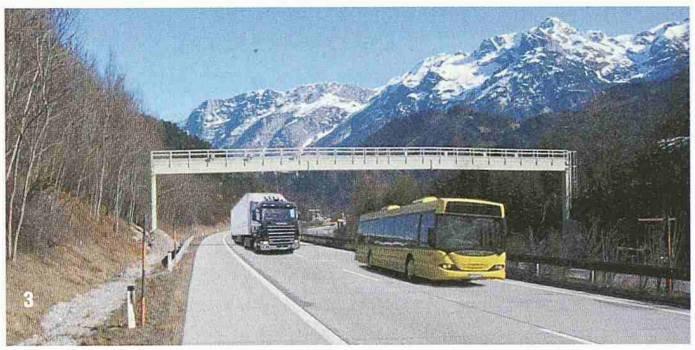
Bei der klassischen Art der elektronischen Gebührenerhebung, der Funkmaut, werden die Detektion der Fahrzeuge und die Transaktion der Gebührendaten durch fahrzeugseitige Transponder und strassenseitige Funkbaken wahrgenommen, die über Mikrowelle (Dedicated Short Range Communication, DSRC) miteinander kommunizieren. Vereinzelt wird auch Infrarot als Luftschnittstelle eingesetzt.
Die fahrzeugseitigen Transpondergeräte sind klein und billig (rund 20 Fr.). Sie sind batteriebetrieben und können deshalb ohne Verkabelung an der Windschutzscheibe angeklebt werden. Funkbaken müssen auf etwa 6 m Höhe über der Fahrbahn und Mautspuren an Portalen angebracht werden. Diese Technik hat sich bewährt, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit sind hoch (Bild 3).
Allerdings benützen nicht alle europäischen Länder den 5.8-GHz-Standard. Insbesondere weicht das in Italien weit verbreitete Telepass-System von der Norm ab. Hingegen benützt die schweizerische LSVA die Norm für die Transaktion an der Grenze und für das Enforcement.

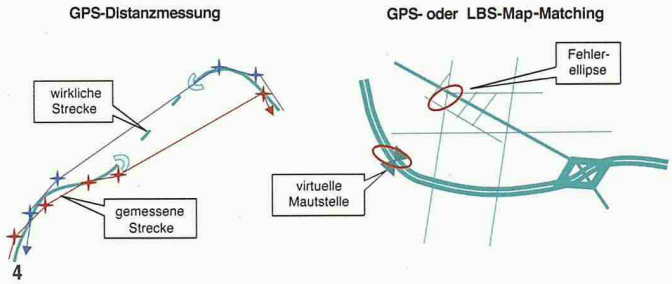
ANPR-Systeme («Video-Maut»)

Beim System ANPR (Automatic Number Plate Recognition) wird zur Detektion eines Fahrzeugs dessen Nummernschild von Digital-Videokameras erfasst

Road-Pricing-Typ		Fahrberechtigung, die durch das Bezahlen der Gebühr erworben wird	Beispiele
Passagegebühr	Objektgebühr (Brückenzoll, Tunnelgebühr, Strassenzoll)	Befahren von Brücken, Tunnels oder einzelnen besonderen Strassenabschnitten	Brücken: Öresund, Vasco da Gama (Lissabon) Tunnel: Gr. St. Bernhard, Arlberg, Mont-Blanc Stadttunnel Bern (abgelehnt) Einzelne Abschnitte: Lyon Périphérique, Rostock, Traversée de la Rade Genf (abgelehnt)
	Cordon Pricing	Ein- oder Ausfahrt in oder aus einem Gebiet	Oslo, Trondheim, Rekening Rijden (Holland, abgelehnt), Stockholm (in Planung)
Autobahngebühr	zeitabhängig (Autobahnvignette)	Befahren eines Autobahnnetzes während der bezahlten Periode	Autobahnvignette Schweiz (PW) und Österreich (PW), Eurovignette (LKW)
	distanz- oder streckenabhängig	Befahren von Autobahnabschnitten (Autobahnmaut)	Autobahngebühren in Frankreich, Italien, Spanien LKW-Maut in Österreich
Gebietsgebühr	Area Licensing	Befahren aller Strassen in einem Gebiet während der bezahlten Periode	London Congestion Charging
	Distanzabhängige Gebietsgebühr (Area Charging)	Kilometerabhängige Abgabe für das Befahren aller Strassen innerhalb eines Gebiets	Schweizerische LSVA, Lorry Road User Charging UK (in Vorbereitung)
	Komplexe Gebietsgebühr	Distanz- oder streckenabhängige, nach Strassentyp abgestufte Gebühr für das Befahren aller Strassen in einem Gebiet	Versuchsbetrieb in Dänemark, keine konkrete Einführung
Value Pricing		Befahren von Sonderspuren auf Autobahnabschnitten zwecks Umfahrung von Staus	Express Lane (HOT-Lanes) SR 91 Los Angeles, diverse Fast-Track-Projekte in den USA

Tabelle 1
Darstellung der verschiedenen Typen von Road Pricing mit angewandten Beispielen





(Bild 1) und mittels einer Bilderkennungssoftware interpretiert. Ein zentrales Computersystem gleicht das Kennzeichen mit der Liste der registrierten Fahrzeuge ab. Videobilder, die keine automatische Erkennung der Kontrollschilder zulassen, müssen am Bildschirm von Auge ausgelesen werden.

Hierin zeigen sich die Nachteile des Systems: Die Kontrollschilder sind in Europa alles andere als einheitlich. Viele Nummernkombinationen kommen mehrfach vor; insbesondere Lastwagen haben mehrere oder schlecht lesbare Kontrollschilder; trotz laufend verbesserter Software sind längst nicht alle Video-Bilder automatisch interpretierbar, und der Aufwand für die manuelle Interpretation ist erheblich. Unbehagen verursachen bei den Bürgern auch die vielen Kameras, auch wenn das automatische Aufzeichnen von Autokennzeichen strengen Datenschutzbestimmungen unterliegt.

Auf der anderen Seite hat ANPR den Vorteil, dass keinerlei fahrzeugseitige Geräte notwendig sind, womit das Problem der Diskriminierung nicht ausgerüsteter Fahrzeuge entfällt. ANPR wurde erstmals im grossen Stil auf der Stadtautobahn in Toronto eingesetzt. Das London Congestion Charging System beruht ebenfalls auf ANPR-Technologie. In der Schweiz wird in Betracht gezogen, ANPR für die Erhebung der Nationalstrassenabgabe (Autobahnvignette) einzusetzen.

GPS/GSM-Map-Matching-Systeme

Bei diesem System erfolgt die Detektion der Mautstelle durch das Fahrzeuggerät mit Satellitenortung; heute mittels GPS (Global Positioning System) und in Zukunft voraussichtlich ersetzt durch Galileo [1]. Die Maut-

1

In London müssen alle Fahrzeuge, die zwischen 7 und 18.30 Uhr in der Innenstadt verkehren, eine Pauschalgebühr von 5 £ (ca. 12 Fr.) pro Tag bezahlen. Fahrzeuge können per Internet, Telefon oder an Kiosken registriert werden. Die Einfahrten in die Congestion-Charging-Zone sind mit einem C markiert. Mit 800 Kameras werden die Kennzeichen aller Fahrzeuge gelesen und Halter von Fahrzeugen ohne Registrierung belangt (Bild: Keystone)

2

Value Pricing auf der Autobahn SR 91 in Orange County, Los Angeles (USA). Die Sonderspuren dürfen nur von Autos mit hohem Besetzungsgrad oder gegen Bezahlung einer von der Tageszeit abhängigen Gebühr benützt werden (Bild: Zvg)

3

Seit dem 1. Januar 2004 wird in Österreich eine fahrleistungsabhängige Maut (Strassenbenutzungsgebühr) für Lastwagen und Busse erhoben. Alle LKW müssen mit einem elektronischen Transponder ausgerüstet sein, der mit den Funkantennen, die über jedem Autobahnabschnitt montiert sind, kommuniziert (Bild: ASFINAG)

4

Mögliche Probleme bei der Gebührenerhebung mittels GPS (Global Positioning System): Die unregelmässige Verfügbarkeit des GPS-Signals kann bei der Distanzmessung zu falschen Resultaten führen. Beim GPS- oder LBS-Map-Matching ist die Auflösung für feinmaschige Strassennetze zu wenig zuverlässig (Grafik: Autor)

5

Ab 2005 geht die deutsche LKW-Maut in Betrieb. Fahrzeuge ohne Erfassungsgerät haben die Gelegenheit, einzelne Fahrten an Maut-Terminals zu buchen (Bild: Autor)

stelle muss nicht mehr mit Mautspuren oder Funkbaken ausgerüstet sein, sondern sie wird lediglich virtuell als Koordinate definiert. Für die Transaktion der Daten wird die Mobiltelefon-Technologie GSM verwendet.

Bei der deutschen LKW-Maut wird ab 1. Januar 2005 erstmals ein GPS/GSM-System angewendet. Das System kann zusätzlich durch *Map Matching* angereichert werden. Dann verfügt das Fahrzeuggerät über eine digitale Karte und kann die Zuordnung von der gemessenen GPS-Koordinate zum plausibelsten Netzabschnitt selber softwaremässig vornehmen. Dies bedeutet allerdings, dass die Fahrzeuggeräte über aktuelle digitale Strassenkarten (mindestens des bemauteten Netzes) verfügen müssen, was einen beträchtlichen organisatorischen Aufwand und entsprechende Kosten nach sich zieht.

Auch wenn der mögliche Verzicht auf physische Mautportale erstrebenswert erscheinen mag, so wirft die GPS-Technologie doch einige Probleme auf:

GPS besitzt keine rechtliche Verankerung. Besonders für Strassenabgaben mit Fiskalcharakter ist dies mehr als unbefriedigend. Weiter ist die Genauigkeit von GPS beschränkt. Fehlerellipsen von typischerweise 30 m Achslänge mögen für die Ortung auf Autobahnteilstrecken genügen, für feinmaschigere Netze mit Ein- und Ausfahrten aus Privatarealen und Parkplätzen ist das jedoch zu grob. Das grösste Hindernis aber ist, dass Verfügbarkeit und Genauigkeit des Signals von der momentanen Stellung der GPS-Satelliten abhängen sowie von der Position der Fahrzeugantenne in Bezug auf die Satelliten. Das Signal geht in Tunnels, Strassenschluchten, Bergtälern oder auf Waldstrecken verloren. Wenn es auf freier Strecke wieder erscheint, benötigt das Gerät bis zu 20 s, um einen neuen Standort zu rechnen. Dies bedeutet, dass für dieselbe Fahrt zu unterschiedlichen Zeiten, unterschiedlichen Fahrtrichtungen und mit unterschiedlichen Fahrzeugen jeweils andere Daten für die Abgabenberechnung erzeugt werden (Bild 4). 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. Dazu müssen verschiedene Techniken kombiniert werden, wie dies, z. B. beim bestens bewährten Erfassungssystem der schweizerischen LSVA geschieht. Es basiert auf drei Systemen: einem Tachografen zur Distanzmessung, dem System DSRC (Funkmaut) zur Detektion und zur Datenübertragung an der Gebietsgrenze sowie GPS (Global Positioning System) zur Überwachung der korrekten Aufzeichnung der Distanz durch den Tachografen und des Erkennens der Landesgrenze. Das redundante System funktioniert problemlos bezüglich Verfügbarkeit und Genauigkeit.

Diese Kombination bietet sich insbesondere für Lastwagen an, die obligatorisch mit Tachografen ausgerüstet sind. Allerdings sind die entsprechenden Geräte mit 500 bis 1000 Fr. wesentlich teurer als DSRC-Transponder. Die intelligenten Geräte mit vielen eingebauten Kontrollfunktionen ermöglichen dafür einen sehr günstigen Betrieb. Die Erhebung der schweizerischen LSVA kostet 7 % der Gesamteinnahmen, was im Vergleich zu andern Gebührenerhebungssystemen ausserordentlich wenig ist.

Fahrzeuge ohne Erfassungsgerät

Das Diskriminierungsverbot der EU, das auch für die Schweiz gilt, lässt nicht zu, dass vor der Benützung eines abgabenpflichtigen Strassennetzes im Voraus Geräte beschafft und in einer Werkstatt eingebaut werden müssen. Ausser bei der Automatic Number Plate Recognition (ANPR) benötigen aber alle erwähnten Erhebungstechnologien am Fahrzeug angebrachte Geräte.

Welche Alternativen können Benutzern angeboten werden, die über kein Erfassungsgerät verfügen? Bei der LSVA und der deutschen LKW-Maut werden parallel so genannte Einbuchungslösungen mittels Buchungsautomaten angeboten (Bild 5): bei der LSVA, um den Kilometerstand des Tachografen bei Einfahrt an der Grenze zu deklarieren, bei der deutschen LKW-Maut, um eine Autobahnfahrt von A nach B zu buchen.

Interoperabilität

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

Road-Pricing-Typ		DSRC Funkmaut	ANPR Videomaut	GPS/GSM/ Map Matching	Kombination Tachograf/DSRC/GPS
Passagegebühr	Objektgebühr («Brückenzoll», Tunnelgebühr, «Strassenzoll»)	X	X	0	0
	Cordon Pricing	X	X	0	0
Autobahngebühr	zeitabhängig (Autobahnvignette)	0	X	0	0
	distanz- oder streckenabhängig (Autobahnmaut)	X	X	X (für LKW)	0
Gebietsgebühr	Area Licensing	X	X	0	0
	distanzabhängig (Area Charging)	0	0	0	X
	Komplexe Gebietsgebühr	0	0	0	0
Value Pricing	Kostenpflichtige Extraspuren	X	X	0	0

Tabelle 2

Eignung der Erhebungstechnologien für unterschiedliche Anforderungen (X=geeignet, 0=ungeeignet)

der Herstellung einen unzerstörbaren Chip mit einer eindeutigen Erkennungsnummer einzubauen. Dieser Chip wäre mittels Nahbereichsfunk lesbar.

Die Vielfalt von Anforderungen und Technologien führt unweigerlich zum Ruf nach Vereinheitlichung. Die EU hat im Mai dieses Jahres eine Richtlinie für Interoperabilität der Gebührenerhebungssysteme erlassen. Diese 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: Satellitenortung, Mobilfunk nach der GSM/GPRS-Norm sowie Mikrowellentechnik mit 5.8 GHz.

Zurzeit ist noch nicht klar, wie diese Richtlinie in der Praxis umgesetzt werden kann. Die EU-Kommission will bis zum 1. Juli 2006 bezüglich Merkmalen des EETS entscheiden. Hält man sich die Verzögerungen bei der Einführung des digitalen Tachografen für LKW in der EU vor Augen, so erscheint dieser Zeitplan allerdings kaum realistisch.

Vielmehr ist anzunehmen, dass auch in näherer Zukunft nur einfache Road-Pricing-Konzepte wie Brücken-, Tunnel-, Autobahngebühren und Cordon Pricing sowie für LKW distanzabhängige Gebietsgebühren realisierbar sein werden, diese Systeme aber zunehmend interoperabel werden. Die Vision, dass jedes Fahrzeug ein Gerät besitzt, das auf jeder Strasse eine auf die örtlichen und zeitlichen Gegebenheiten abgestimmte Abgabe erfassen kann, liegt in weiter Ferne.

Dr. Matthias Rapp, dipl. Ing. ETH, Rapp Trans AG, Basel / Rapp UK Ltd, Reading, GB, war massgeblich an der Einführung der LSVA in der Schweiz beteiligt und berät zurzeit verschiedene Regierungsstellen in England zum Road Pricing und bei der Einführung einer Schwerverkehrsabgabe.
matthias.rapp@rapp.ch

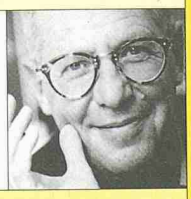
Anmerkung

1 Galileo ist ein geplantes europäisches System zur Satellitennavigation. Es basiert auf 30 Satelliten (davon 3 Ersatz), die in einer Höhe von 24 000 km die Erde umkreisen, dem Prinzip der Laufzeitmessung und einem Netz von Bodenstationen, die die Satelliten kontrollieren. Galileo ist für zivile Zwecke konzipiert und unterliegt nicht wie GPS und GLONASS einer nationalen militärischen Kontrolle.

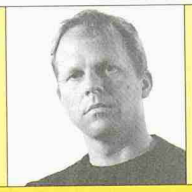
Der Kongress für Architekten und Innenarchitekten
contractworld 15.–18.1.2005 in Hannover

Stephen A. Apking
Skidmore, Owings & Merill
New York

Wolf D. Prix
COOP HIMMELB(L)AU
Wien



Roger Riewe
Riegler Riewe
Graz



Francesc Rifé
Studio Rifé
Barcelona

Wiel Arets
Wiel Arets
Architect & Assosiates
Maastricht

International renommierte Architekten und Innenarchitekten referieren zu den Themen Office, Hotel und Shop. Die prämierten Projekte des contractworld.award 2005 werden vorgestellt und objektorientierte Aussteller präsentieren ihre neuesten Produkte und Services.

HANNOVER
15.–18.1.2005

www.contractworld.com

Visions for Offices, Hotels and Shops

Das vollständige Programm, die Anmeldung und weitere Infos zur contractworld unter www.contractworld.com

Die Teilnahme am contractworld.congress ist kostenfrei, da sie bereits in der Messe-Eintrittskarte enthalten ist.

Tagesausweis: 18,00 EUR, Dauerausweis: 32,00 EUR

www.contractworld.com

Deutsche Messe AG
Hannover · Germany