

# Road Pricing Technologien = Les technologies du péage routier

Autor(en): **Rapp, Matthias**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Collage : Zeitschrift für Raumentwicklung = périodique du développement territorial = periodico di sviluppo territoriale**

Band (Jahr): - **(2005)**

Heft 6

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-957286>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Road Pricing Technologien

## Les technologies du péage routier

8

Die Erfahrungen mit den Schwerverkehrsabgaben in der Schweiz, Österreich und Deutschland sowie der Erfolg der Stauabgabe 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 Gebührenerhebungstechnik blieb, wohl nicht zuletzt in der Annahme, dank satellitengestützter Ortung seien beliebig komplexe Erfassungssysteme möglich, bisher eher im Hintergrund.

Ces dernières années, les expériences suisses, autrichiennes et allemandes en matière de redevances sur le trafic poids lourds et le succès du péage urbain à Londres ont sensibilisé un large public à la problématique du péage routier (taxes d'utilisation des routes, en anglais «Road Pricing»). Ce sont ici les questions fiscales, financières et juridiques qui sont au centre des débats, de même que les objectifs en matière de politique des transports, de l'environnement et de l'aménagement du territoire. La discussion sur les techniques de prélèvement des taxes est en revanche restée jusqu'ici à l'arrière-plan, l'idée qui prévaut étant que la localisation par satellite permet la mise en place de systèmes de saisie d'une complexité quasi illimitée.

### Typologie des Road Pricing

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 zur Umfahrung von Staus. Auch Schwerverkehrsabgaben wie die LSWA oder die deutsche LKW-Maut fallen unter den Begriff Road Pricing.

Folgender Beitrag umreisst Technik, Potenziale und Probleme der elektronischen Gebührenerhebung, der sogenannten EFC (Electronic Fee Collection) und lässt die manuelle Erhebung (Mautstationen mit Kassenschaltern, Münzautomaten) ausser Betracht.

### Typologie des péages routiers

La notion de péage routier désigne l'ensemble des taxes perçues pour l'utilisation de routes. Ces taxes peuvent prendre de nombreuses formes: taxes pour le franchissement de tunnels, ponts ou autoroutes, péage urbain pour l'accès aux centres-villes, ou encore taxes pour l'utilisation de pistes autoroutières réservées permettant de contourner les bouchons, telles qu'introduites récemment aux Etats-Unis. Les redevances poids lourds comme la RPLP suisse ou le péage poids lourds allemand relèvent elles aussi de la notion de péage routier. Le présent article décrit les techniques, les potentiels et les problèmes du télépéage (Electronic Fee Collection), en laissant de côté les systèmes de saisie manuels (stations de péage avec guichets, automates).

**Quellenangabe:**  
Erstveröffentlichung dieses Artikels: tec21 49/50 vom 3. Dezember 2004.

► **Matthias Rapp**  
Dipl. Ing. ETH,  
matthias.rapp@rapp.ch  
www.rapp.ch

Dr. Matthias Rapp, Rapp Trans AG, Basel / Rapp UK Ltd, Reading, GB, war massgeblich an der Einführung der LSWA beteiligt. Er ist Projektleiter des Forschungspaketes «Mobility Pricing» des ASTRA.

Le Dr. Matthias Rapp, Rapp Trans AG, Bâle / Rapp UK Ltd, Reading, GB, a participé de façon déterminante à l'introduction de la RPLP. Il dirige le projet de recherche «Mobility Pricing» de l'OFROU.



- *Strassenzölle haben in vielen Ländern eine lange Tradition. Bei Road Pricing sollte jedoch nicht einfach eine zusätzliche Finanzquelle sein, sondern einen Beitrag an die Beeinflussung der Verkehrsnachfrage leisten.*
- *Dans de nombreux pays, les bureaux de douane routiers ont une longue tradition. Le péage routier ne devrait toutefois pas se limiter à une simple source de recettes supplémentaire, mais contribuer à influencer la demande en transport.*

## Funktionale Anforderungen

Ein Road Pricing-Erhebungssystem muss folgende Funktionen erfüllen können:

Registrierung der Benutzer und ihrer Fahrzeuge; Kategorisierung, d.h. Erkennen, ob und wie ein Fahrzeug an einer Mautstelle abgabepflichtig ist; Detektion, die Erfassung der Durchfahrt eines Fahrzeugs an einer Mautstelle; Transaktion der für die Abgabeberechnung notwendigen Daten vom Fahrzeuggerät in das zentrale Abrechnungssystem; Enforcement, das Erkennen und die Beweissicherung abgabepflichtiger Fahrzeuge ohne gültige Transaktion; Abgabeberechnung, Rechnungsstellung und Inkasso.

Je nach Road Pricing-Typus und Tarifkonzept sind die funktionalen Anforderungen unterschiedlich:

- 1) Gebietsgebühren oder Netzgebühren: Aufzeichnung der gefahrenen Kilometer in einem Gebiet (nach Einfahrt in das Gebiet) oder laufende Erfassung des Zirkulierens im Gebiet
- 2) Fahrzeugkategorien, die der Abgabe unterworfen sind (Alle Fahrzeuge oder nur LKW)
- 3) Fahrzeugkategorisierung aufgrund von Eigenschaften, die an der Mautstelle gemessen werden (Achszahl, Fahrzeughöhe) oder die von einem Fahrzeuggerät über Funk übermittelt werden (Gewicht, Emissionsklasse)
- 4) Obligatorium für Erfassungsgerät? (z.B. LSA: Tripon-Gerät für alle Schweizer LKW obligatorisch, Österreichische LKW-Maut: Go-Box DSRC-Gerät für alle in- und ausländischen LKW obligatorisch)
- 5) Zahlungsmodus: prepaid und/oder postpaid (Rechnungsstellung), Erfordernis der Zahlungsgarantie vor der Fahrt
- 6) 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 Benutzbarkeit (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.

## 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.

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	<i>Brücken:</i> Öresund, Vasco da Gama (Lissabon) etc. <i>Tunnel:</i> Gr. St. Bernhard, Arlberg, Mont-Blanc etc., Stadttunnel Bern (abgelehnt) <i>Einzelne Abschnitte:</i> Lyon Périphérique, Rostock, Traversée de la Rade Genf (abgel.)
	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 (Autobahnmaut)	Befahren von Autobahnabschnitten	Autobahngebühren in Frankreich, Italien, Spanien etc. LKW-Maut in Österreich
Gebietsgebühr	Area Licensing	Befahren aller Strassen in einem Gebiet während der bezahlten Periode	London Congestion Charging
	Distanzabhängige Gebietsgebühren (Area Charging)	Kilometerabhängige Abgabe für das Befahren aller Strassen innerhalb eines Gebiets	Schweizerische LSA, 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, mit heutiger Technik nicht machbar
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: Road Pricing Typologie und Beispiele

Type de péage routier		Droit obtenu en s'acquittant de la taxe	Exemples
Taxe de passage	Taxe appliquée à un objet (pont, tunnel, route)	Franchissement de ponts, de tunnels ou de tronçons routiers particuliers	<i>Ponts:</i> Öresund, Vasco da Gamma (Lisbonne) <i>Tunnels:</i> Grand St-Bernard, Arlberg, Mont-Blanc, tunnel urbain de Berne (refusé) <i>Tronçons routiers:</i> Lyon Périphérique, Rostock, traversée de la Rade à Genève (refusée)
	Péage «en cordon» («Cordon Pricing»)	Entrée ou sortie d'un périmètre déterminé	Oslo, Trondheim, Rekening Rijden (Hollande, refusé), Stockholm (à l'étude)
Taxe autoroutière	Taxe basée sur la période d'utilisation de l'infrastructure (vignette autoroutière)	Utilisation du réseau autoroutier pendant la période payée	Vignettes autoroutières suisse et autrichienne (TIM), Eurovignette (PL)
	Taxe basée sur la distance ou le tronçon parcourus (péage autoroutier)	Utilisation de tronçons autoroutiers déterminés	Taxes autoroutières en France, Italie, Espagne Péage poids lourds en Autriche
Taxe appliquée à un périmètre déterminé	«Area Licensing»	Utilisation de toutes les routes comprises dans un périmètre déterminé pendant la période payée	«Congestion Charging» à Londres
	Taxe basée sur la distance parcourue («Area Charging»)	Utilisation de toutes les routes comprises dans un périmètre déterminé, en fonction des kilomètres parcourus	RPLP suisse, «Lorry Road User Charging» au Royaume-Uni (en préparation)
	Taxe complexe	Utilisation de toutes les routes comprises dans un périmètre déterminé, en fonction de la distance ou des tronçons parcourus, ainsi que des types de routes utilisés	Essai au Danemark, n'ayant débouché sur aucune introduction définitive parce que techniquement non réalisable
«Value Pricing» (tarification de la valeur)		Utilisation de pistes autoroutières réservées pour contourner les bouchons	Express Lane (HOT-Lanes) SR 91 à Los Angeles, divers projets de «Fast Tracks» aux Etats-Unis

Tableau 1: Typologie et exemples de péages routiers



- In Norwegen wird in vielen Städten bei der Einfahrt in das Stadtgebiet eine Gebühr erhoben. Die Fahrstreifen sind alternativ mit bemannten Zahlstellen, Münzautomaten und mit Funkmaut «Autopass» ausgerüstet.
- Dans de nombreuses villes norvégiennes, une taxe est perçue à l'entrée dans le centre-ville. Les voies sont alternativement dotées de péages avec personnel, d'automates et de systèmes de télépéage radio «Autopass».

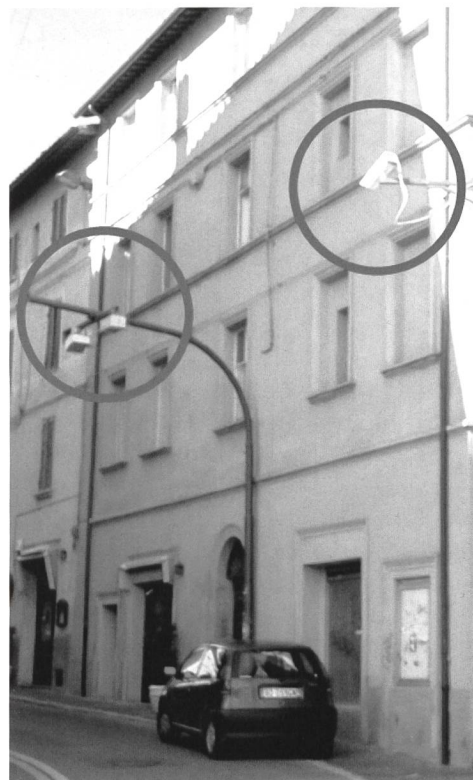


- In Österreich wird eine fahrleistungsabhängige Autobahn-Maut für Lastwagen und Busse erhoben. Alle Fahrzeuge müssen mit einem elektronischen Transponder ausgerüstet sein, der mit den Funkantennen, die über jedem Autobahnabschnitt montiert sind, kommuniziert (Foto ASFINAG).
- En Autriche, un péage autoroutier lié aux prestations est prélevé pour les camions et les bus. Tous les véhicules doivent être équipés d'un transpondeur électronique, qui communique avec les antennes radio montées sur chaque tronçon. (Photo ASFINAG)

Die fahrzeugseitigen Transpondergeräte sind klein und billig (rund SFr. 20). 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. Diese Technik hat sich bewährt, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit sind hoch.

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

- Die Überwachung der gebührenpflichtigen Zona Traffico Limitato in italienischen Innenstädten geschieht mit einer Kombination von Funk- und Videomautsystem.
- Le contrôle de la Zona Traffico Limitato des centres-villes italiens se fait par combinaison d'un système de télépéage radio et vidéo.



## Exigences fonctionnelles

Un système de télépéage doit pouvoir remplir les fonctions suivantes:

Enregistrement des utilisateurs et de leurs véhicules; catégorisation: le véhicule est-il soumis à une taxe, et si oui, selon quelles modalités doit-il s'en acquitter?; détection: enregistrement du passage d'un véhicule à une station de péage; transfert des données nécessaires au calcul de la taxe de l'appareil installé sur le véhicule au système de règlement central; exécution: identification des véhicules soumis à la taxe qui n'ont pas effectué de transaction valide et sauvegarde des preuves; calcul de la taxe; facturation; encaissement.

Les exigences fonctionnelles varient selon le type de péage routier et le concept de tarification adopté:

- 1) Taxes appliquées à un périmètre ou à un réseau déterminé: enregistrement des kilomètres parcourus après entrée dans le périmètre ou saisie en continu de l'évolution dans le périmètre
- 2) Identification des catégories de véhicules soumis à la taxe (tous véhicules ou seulement poids lourds)
- 3) Catégorisation des véhicules sur la base de propriétés qui sont soit mesurées à la station de péage (nombre d'essieux, hauteur), soit transmises par radio par un appareil installé sur le véhicule (poids, classe d'émission)
- 4) Obligation concernant l'appareil de saisie? (p.ex. RPLP: appareil Tripon obligatoire pour tous les poids lourds suisses; péage poids lourds autrichien: appareil Go-Box DSCR obligatoire pour tous les poids lourds indigènes et étrangers)
- 5) Mode de paiement: pré- et/ou postpaiement (facturation), exigence de garantie de paiement avant le trajet
- 6) Toutes les étapes du processus de saisie doivent être retraçables et suffisamment probantes en cas de litige.

Le système de télépéage doit dans tous les cas être non discriminant, c'est-à-dire que tous les véhicules, qu'ils soient ou non dotés d'un appareil de saisie, doivent être traités de la même manière en ce qui concerne le montant de la taxe et l'application pratique du système (p.ex. pas de procédures compliquées pour les véhicules étrangers).

Le sous-système détection/transaction est déterminant pour le choix de la technologie de télépéage. Différents systèmes, plus ou moins éprouvés et appropriés, sont utilisés.

## Systèmes DSCR (télépéage radio)

Dans le cas du système classique de prélèvement électronique des taxes, le télépéage radio,

## ANPR-Systeme («Video Maut»)

Beim System ANPR (Automatic Number Plate Recognition) wird zur Detektion eines Fahrzeugs dessen Nummernschild von Digital-Videokameras erfasst 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. Der Aufwand für die manuelle Interpretation ist erheblich. Als Nachteil wird von vielen Bürgern auch die vielen Kameras empfunden. Das automatische Aufzeichnen von Autokennzeichen unterliegt strengen Datenschutzbestimmungen.

Das ANPR-System hat auf der anderen Seite 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. Die Mautstelle 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 aktuelle digitale Strassenkarten (mindestens des bemauteten Netzes) haben müssen, was einen beträchtlichen organisatorischen Aufwand und entsprechende Kosten nach sich zieht.

la détection des véhicules et le transfert des données se font par des transpondeurs installés sur les véhicules et des radiobalises installées sur la route, qui communiquent par micro-ondes (Dedicated Short Range Communication, DSCR). Il arrive aussi que l'infrarouge soit utilisé ponctuellement comme interface air.

Les transpondeurs installés sur les véhicules sont de petites dimensions et bon marché (env. CHF 20.-). Etant alimentés par piles, ils peuvent être fixés sans câble sur le pare-brise. Les radiobalises doivent être installées sur des portails, à une hauteur d'environ six mètres par rapport à la chaussée, respectivement aux voies à péage. Cette technique a fait ses preuves, elle présente un haut degré de fiabilité et de disponibilité.

Tous les pays européens n'utilisent cependant pas le standard 5.8 GHz. Ainsi le système Telepass, très répandu en Italie, s'écarte-t-il notamment de la norme. La RPLP suisse (redevance poids lourds liée aux prestations) se conforme par contre à la norme pour ce qui est des transactions à la frontière et de l'exécution.

## Systèmes ANPR (télépéage vidéo)

Le système ANPR (Automatic Number Plate Recognition) relève le numéro de plaque minéralogique du véhicule au moyen de caméras vidéo et l'interprète au moyen d'un logiciel de reconnaissance d'image. Un système informatique central compare le numéro d'immatriculation avec la liste des véhicules enregistrés. Les images vidéo qui ne permettent pas de reconnaissance automatique des plaques de contrôle doivent être visualisées à l'écran.

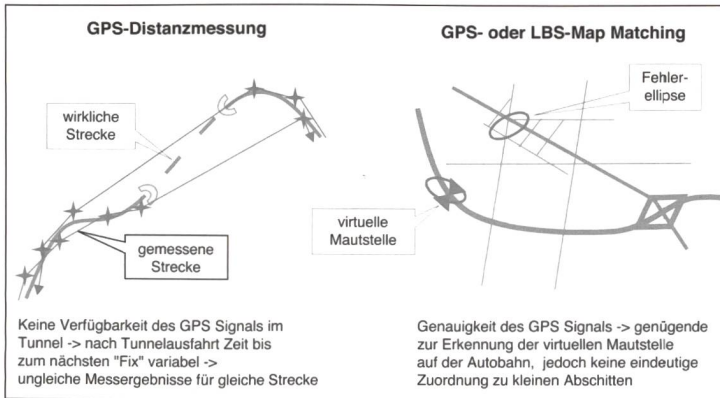
C'est ici qu'apparaissent les inconvénients du système: en Europe, en effet, les plaques de contrôle sont tout sauf uniformes. De nombreuses combinaisons de chiffres se présentent plusieurs fois. Les poids lourds, en particulier, possèdent plusieurs plaques, ou des plaques difficilement lisibles. Malgré des logiciels toujours plus performants, toutes les images vidéo ne sont de loin pas interprétables automatiquement, et l'interprétation «manuelle» demande un travail considérable. De nombreux citoyens sont en outre gênés par toutes les caméras nécessaires. L'enregistrement automatique des plaques de voitures est soumis à des dispositions très strictes en matière de protection des données.

Le système ANPR a toutefois pour avantage qu'aucun appareil ne doit être installé sur les véhicules, ce qui règle le problème de la discrimination des véhicules non équipés.

C'est sur l'autoroute urbaine de Toronto qu'un dispositif ANPR a été introduit pour la première fois à grande échelle. Le système de la «Congestion Charge» londonienne repose lui aussi sur cette technologie. En Suisse, on envisage d'y re-



- In London müssen alle Fahrzeuge, welche zwischen 07.00 und 18.30 in der Innenstadt verkehren, eine Gebühr von £8 pro Tag bezahlen. Fahrzeuge können per Internet, am Telefon oder an Kiosken registriert werden. Die Einfahrten in die Congestion Charging-Zone sind mit C markiert. Mit 800 Kameras werden die Kennzeichen aller Fahrzeuge gelesen. Halter von Fahrzeugen ohne Registrierung werden belangt (Fotos M. Rapp).
- A Londres, tous les véhicules circulant en ville entre 7h00 et 18h30 doivent s'acquitter d'une taxe de £8 par jour. Les véhicules peuvent être enregistrés par Internet, par téléphone ou dans les kiosques. Les voies d'accès à la zone soumise à la «Congestion Charge» sont marquées par un C. Les plaques des véhicules sont lues par 800 caméras. Les détenteurs de véhicules non enregistrés sont poursuivis. (Photos M. Rapp)



- *Unregelmässige Verfügbarkeit und beschränkte Genauigkeit des GPS-Signals sind grosse Herausforderungen bei der Verwendung GPS-Technologie für elektronische Gebührenerhebungssysteme.*
- *La disponibilité irrégulière et la précision limitée du signal GPS constituent un grand défi en cas de recours à la technologie GPS dans les systèmes de télépéage.*

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

- 7) GPS hat keine rechtliche Verankerung. Besonders für Strassenabgaben mit Fiskalcharakter ist dies mehr als unbefriedigend.
- 8) GPS hat eine beschränkte Genauigkeit. Fehlerellipsen von typischerweise 30 m Achslänge mögen für die Ortung auf Autobahnabschnitten genügen, für feinmaschigere Netze mit Ein- und Ausfahrten aus Privatrealen und Parkplätzen ist das jedoch zu grob.
- 9) Das grösste Hindernis ist die Verfügbarkeit des GPS-Signals. Die Genauigkeit und Verfügbarkeit des Signals hängt von der momentanen Stellung der GPS-Satelliten ab und 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 Sekunden, um einen neuen Standort zu rechnen. 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.



- *Autobahn SR91 in Orange County (Los Angeles) mit Sonderspuren, welche nur von Autos mit hohem Besetzungsgrad oder gegen Bezahlung einer von der Tageszeit abhängigen Gebühr benützt werden darf (sogenanntes Value Pricing)*
- *L'autoroute SR91 à Orange County (Los Angeles) présente des pistes spéciales, qui ne peuvent être utilisées que par les voitures dont le taux d'occupation est élevé, ou moyennant le paiement d'une taxe dont le montant dépend de la saison («Value Pricing»).*

### 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:

courir pour le prélèvement de la redevance pour l'utilisation des routes nationales (vignette autoroutière).

### Systèmes GPS/GSM/map matching

Dans ces systèmes, c'est l'appareil installé sur le véhicule qui détecte la station de péage au moyen d'un dispositif de localisation par satellite. On utilise actuellement le GPS (Global Positioning System), qui devrait être remplacé à l'avenir par GALILEO. La station de péage ne doit plus être équipée de voies spéciales ou de radiobalises: elle est virtuellement définie par ses coordonnées. On utilise ici pour le transfert des données la technologie de téléphonie mobile GSM. Introduit le 1<sup>er</sup> janvier 2005, le péage poids lourds allemand est le premier à utiliser un système GPS/GSM.

Cette technologie peut être enrichie par une fonction map matching. Le véhicule dispose alors d'une carte digitale et d'un logiciel permettant d'identifier, à partir des coordonnées GPS, le tronçon du réseau le plus plausible. Cela signifie toutefois que les appareils doivent être munis de cartes routières digitales à jour (tout au moins en ce qui concerne le réseau soumis à péage), ce qui nécessite une organisation considérable et occasionne autant de coûts supplémentaires. Même s'il semble avantageux de pouvoir renoncer aux portails physiques, la technologie GPS pose quelques problèmes:

- 7) La technologie GPS n'a pas d'ancrage légal. Ceci est particulièrement problématique en ce qui concerne les redevances routières à caractère fiscal.
- 8) La précision de la technologie GPS est limitée. Si des ellipses d'erreur avec des axes de 30 mètres sont suffisantes pour déterminer la position du véhicule sur un tronçon d'autoroute, elles sont trop grossières pour des réseaux plus fins, comprenant des entrées et sorties de sites privés et de parkings.
- 9) Le principal obstacle est la disponibilité du signal GPS. La précision et la disponibilité du signal dépendent de la position momentanée des satellites GPS et de la position de l'antenne du véhicule par rapport aux satellites. Le signal se perd dans les tunnels, les gorges, les vallées de montagne ou les forêts. Et lorsque le parcours est à nouveau dégagé et que le signal réapparaît, il faut jusqu'à 20 secondes à l'appareil pour calculer la nouvelle position du véhicule. Cela signifie que pour un même trajet, le calcul de la redevance sera basé sur des données différentes selon le moment, la direction et le véhicule en question. On verra avec la mise en œuvre du péage poids lourds allemand comment les tribunaux réagissent au manque de traçabilité de ces données.

- 10) Tachograph zur Distanzmessung;
- 11) DSRC zur Detektion und zur Datenübertragung an der Gebietsgrenze;
- 12) 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.

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

### Fahrzeuge ohne Erfassungsgerät

Das Diskriminierungsverbot der EU, das auch für die Schweiz gilt, lässt nicht zu, dass vor der Benutzung eines abgabepflichtigen 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 LSWA und der deutschen LKW-Maut werden parallel sogenannte Einbuchungslösungen mittels Buchungsautomaten angeboten: bei der LSWA, um den Kilometerstand des Tachographen bei Einfahrt an der Grenze zu deklarieren, bei der deutschen LKW-Maut, um eine Autobahnfahrt von A nach B zu buchen.

### Eignung der Erhebungstechnologien

Eine Übersicht über die Eignung der verschiedenen Erhebungstechnologien in Funktion der verlangten Anforderungen zeigt Tabelle 2.

### 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 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 Richt-



### Technologies combinées

Dans le cas des taxes basées sur la distance parcourue à l'intérieur d'un périmètre donné, il faut non seulement détecter les entrées et sorties du périmètre concerné, mais aussi mesurer les kilomètres parcourus dans ses limites. Pour ce faire, différentes techniques doivent être combinées, comme le fait le système de saisie parfaitement éprouvé de la RPLP suisse. Celui-ci se base sur les technologies suivantes:

- 10) Tachygraphe pour mesurer la distance parcourue
- 11) DSCR pour la détection des véhicules et le transfert des données en limite de périmètre
- 12) GPS pour contrôler le bon enregistrement de la distance parcourue par le tachygraphe et la reconnaissance de la frontière nationale. Le GPS étant utilisé comme appoint, le problème de la disponibilité et de la précision du signal ne se pose pas.

Cette combinaison est particulièrement indiquée pour les camions qui doivent être obligatoirement dotés de tachygraphes. Les appareils correspondants, qui coûtent entre CHF 500.– et 1000.–, sont certes sensiblement plus chers que les transpondeurs DSCR, mais les appareils intelligents comprenant de nombreuses fonctions de contrôle permettent, en contrepartie, une exploitation très avantageuse. Les coûts du prélèvement de la redevance RPLP se montent à 7% de l'ensemble des recettes, ce qui est extrêmement peu en comparaison d'autres systèmes de télépéage.

### Véhicules sans appareils de saisie

L'interdiction de discrimination de l'UE – qui s'applique aussi à la Suisse – n'admet pas que des appareils doivent être achetés et installés dans un atelier avant l'utilisation d'un réseau routier soumis à redevance. Pourtant, toutes les technologies de télépéage mentionnées, à l'except-



• Bei der Deutschen LKW-Maut und der schweizerischen LSWA stehen für die Abfertigung der Fahrzeuge ohne Erfassungsgerät Selbstbedienungsautomaten zur Verfügung. Bei der deutschen LKW-Maut muss die Fahrstrecke detailliert gebucht werden, während bei der LSWA die Angabe des Kilometerstandes des Tachographen genügt (Fotos M. Rapp).

• Dans le cas du péage poids lourds allemand et de la RPLP suisse, des automates en libre service sont à disposition pour l'enregistrement des véhicules non dotés d'un appareil de saisie. Dans le cas du péage poids lourds allemand, le trajet doit être enregistré de façon détaillée, alors que dans celui de la RPLP, il suffit d'indiquer le nombre de kilomètres affiché par le tachygraphe.

Road Pricing-Typ		DSCR Funkmaut	ANPR Videomaut	GPS/GSM/Map Matching	Kombination Tachograph/DSCR/GPS
Passagegebühr	Objektgebühr («Brückenzoll», Tunnelgebühr, «Strassenzoll»)	geeignet	geeignet		
	Cordon-Pricing	geeignet	geeignet		
Autobahngebühr	zeitabhängig (Autobahnvignette)		geeignet		
	Distanz- oder streckenabhängig (Autobahnmaut)	geeignet	geeignet	geeignet (für LKW)	
Gebietsgebühr	Area Licensing	geeignet	geeignet		
	Distanzabhängige Gebietsgebühren (Area Charging)				geeignet
	Komplexe Gebietsgebühr				
Value Pricing		geeignet	geeignet		

Tabelle 2: Eignung der Erhebungstechnologien für unterschiedliche Anforderungen

Type de péage routier		DSCR (télépéage radio)	ANPR (télépéage vidéo)	GPS/GSM/map matching	Combinaison tachygraphe/DSCR/GPS
Taxe de passage	Taxe appliquée à un objet (pont, tunnel, route)	Adéquat	Adéquat		
	Péage «en cordon» («Cordon Pricing»)	Adéquat	Adéquat		
Taxe autoroutière	Taxe basée sur la période d'utilisation de l'infrastructure (vignette autoroutière)		Adéquat		
	Taxe basée sur la distance ou le tronçon parcourus (péage autoroutier)	Adéquat	Adéquat	Adéquat (pour poids lourds)	
Taxe appliquée à un périmètre déterminé	«Area Licensing»	Adéquat	Adéquat		
	Taxe basée sur la distance parcourue («Area Charging»)				Adéquat
	Taxe complexe				
«Value Pricing»		Adéquat	Adéquat		

Tableau 2: Adéquation des technologies de télépéage aux différentes exigences

linie 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:<sup>1</sup>

- 1) Satellitenortung;
- 2) Mobilfunk nach der GSM/GPRS-Norm;
- 3) Mikrowellentechnik 5.8 GHz.

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

Vielmehr ist anzunehmen, dass auch in naher Zukunft nur einfache Road Pricing Konzepte wie Brücken-, Tunnel-, Autobahngebühren und Cordon Pricing, sowie für LKW distanzabhängige Gebietsgebühren realisierbar sind, 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. ■

<sup>1</sup> Richtlinie 2004/52/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über die Interoperabilität elektronischer Mautsysteme in der Gemeinschaft.

<sup>1</sup> Directive 2004/52/CE du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant l'interopérabilité des systèmes de télépéage routier dans la Communauté.

tion de l'ANPR, nécessitent l'installation d'un appareil sur le véhicule.

Quelles alternatives peut-on proposer aux utilisateurs ne disposant pas d'un appareil de saisie? La RPLP suisse et le péage routier allemand proposent des solutions d'enregistrement par le biais d'automates: dans le cas de la RPLP, pour déclarer à l'arrivée à la frontière le nombre de kilomètres indiqué par le tachygraphe, dans celui du péage routier allemand pour enregistrer un trajet autoroutier du point A au point B.

### Adéquation des technologies de télépéage

Le tableau 2 présente un aperçu des différentes technologies de télépéage et de leur adéquation aux exigences posées.

### Interopérabilité

Il se peut que le système ANPR soit, dans un avenir éloigné, remplacé par les plaques d'immatriculation électroniques ERI (Electronic Registration Identification). En Europe, l'UE et les constructeurs de véhicules aspirent à doter tout véhicule d'une puce indestructible avec un numéro d'identification unique et univoque, pouvant être lu au moyen d'un dispositif radio courte distance.

La diversité des exigences et des technologies rend une uniformisation indispensable. En mai 2004, l'UE a édicté une directive portant sur l'interopérabilité des systèmes de télépéage<sup>1</sup>. Celle-ci impose aux exploitants européens de développer, jusqu'en 2009 pour les poids lourds et jusqu'en 2011 pour les véhicules individuels, un système de télépéage uniforme, l'EETS (European Electronic Toll Collection System), qui recourt à une ou plusieurs des technologies suivantes:

- 1) Localisation par satellite
- 2) Téléphonie mobile selon la norme GSM/GPRS
- 3) Technologie micro-ondes 5.8 GHz.

On ne sait pas encore très bien comment cette directive pourra être appliquée dans la pratique. La Commission européenne entend définir jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet 2006 les caractéristiques de l'EETS. Si l'on considère cependant les retards enregistrés lors de l'introduction du tachygraphe digital pour les poids lourds européens, ce calendrier paraît peu réaliste.

Le plus probable est que l'on ne puisse mettre en œuvre, dans un proche avenir, que les concepts de péage routier simples (taxes pour le franchissement de tunnels, ponts et autoroutes; péage «en cordon»; taxes poids lourds basées sur la distance parcourue dans un périmètre donné), mais que ces systèmes présentent une interopérabilité toujours plus grande. Ce n'est pas demain que tout véhicule sera doté d'un appareil permettant de prélever sur n'importe quelle route une redevance basée sur les conditions du lieu et du moment. ■