

**Technologiekeuze bij invoering prijsbeleid
(inclusief belonen en experimenten)**
Functionele eisen, technologieën en criteria

Diana Vonk Noordegraaf
Technische Universiteit Delft, Faculteit Techniek, Bestuur en Management,
afdeling Transportbeleid en Logistieke Organisatie
TNO Bouw en Ondergrond, Business Unit Mobiliteit en Logistiek
d.m.vonknoordegraaf@tudelft.nl

Odette van de Riet
Technische Universiteit Delft, Faculteit Techniek, Bestuur en Management,
afdeling Transportbeleid en Logistieke Organisatie
o.a.w.t.vanderiet@tudelft.nl

Björn Heijligers
TNO Bouw en Ondergrond, Business Unit Mobiliteit en Logistiek
bjorn.heiligers@tno.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
20 en 21 november 2008, Santpoort**

Samenvatting

Technologiekeuze bij invoering prijsbeleid

In de afgelopen decennia is in Nederland duidelijk geworden dat het invoeren van prijsbeleid (zoals de kilometerheffing) geen sinecure is. De gekozen technologie speelt een belangrijke rol bij de invoering omdat het goed moet functioneren en vooral omdat voor de invoering van prijsbeleid draagvlak nodig is waarbij de technologiekeuze een grote rol speelt. Immers, de technologiekeuze heeft grote invloed op de totale kosten en op aspecten als de nauwkeurigheid van het meten, de gebruiksvriendelijkheid en de mogelijkheden tot het bieden van additionele diensten.

Een goede technologiekeuze is echter complex vooral bij nieuwe typen prijsbeleid. De technologie moet meerdere functies ondersteunen en de prestaties van de technologie op die functies moeten hoog zijn. Daarnaast zijn er verschillende technologieën beschikbaar met elk hun eigen kenmerken. Ook hangt het van het type prijsbeleid af welke beoordelingscriteria een rol spelen bij de technologiekeuze.

De bestaande literatuur biedt onvoldoende inzicht in welke technologieën het beste ingezet kunnen worden voor verschillende typen prijsbeleid en welke factoren een rol spelen bij een optimale technologiekeuze. Doel van deze bijdrage is om technologiekeuzes op dit vlak te ondersteunen.

De bijdrage richt zich op typen prijsbeleid die door middel van financiële prikkels, die direct gerelateerd zijn aan het daadwerkelijk weggebruik, het verminderen van het aantal voertuigkilometers stimuleren. Weggebruik wordt hier gedefinieerd als de totale afstand dat met een motorvoertuig op het wegennetwerk is afgelegd. Het weggebruik kan nog verder worden gedifferentieerd naar tijd, plaats en voertuigkenmerken waarmee het verschuiven in tijd, plaats en naar schonere voertuigen wordt gestimuleerd.

De financiële prikkels kunnen erop gericht zijn om bepaald gedrag te ontmoedigen ('beprijzen'; kilometerheffing is daar een voorbeeld van) of juist te stimuleren ('belonen') of een combinatie van belonen en beprijzen betreffen ('bonus-malussysteem'). In deze bijdrage worden voor beprijzingsinstrumenten de functionele eisen, de beschikbare technologieën en de beoordelingscriteria waarmee de technologieën onderling vergeleken kunnen worden besproken. Omdat het verschil tussen beprijzen en belonen (de *aard* van het prijsbeleid) en een experimentele versus definitieve beleidsimplementatie (de *status* van het prijsbeleid) gevolgen heeft voor de technologiekeuze, wordt in deze bijdrage daar speciale aandacht aan besteed.

1. Inleiding

In de afgelopen decennia is in Nederland duidelijk geworden dat het invoeren van prijsbeleid (zoals de kilometerheffing) geen sinecure is. Draagvlak is cruciaal voor een succesvolle implementatie van prijsbeleid. De gekozen technologie speelt hierbij een belangrijke rol. In het verleden werd gedacht dat het invoeren van prijsbeleid in de toekomst eenvoudiger zou worden door technologische ontwikkelingen. De technologie zou het makkelijk maken om het daadwerkelijke weggebruik vast te stellen en de betaling voor het gebruik eenvoudig af te handelen. Hierdoor zouden meer geavanceerde vormen van prijsbeleid mogelijk worden. Deze toekomst is misschien al werkelijkheid geworden. "De kostenlast van het innen van tol was historisch een probleem, maar de huidige technologie, gebruikmakend van transponders, GPS en mobiele netwerktechnologie en satellieten, kan de voertuiglocatie op specifieke wegen, rijstroken en tijden meten en de tolgelden communiceren en innen op een voordelige en praktische wijze" (McFadden, 2007).

Ondanks de toenemende mogelijkheden van moderne technologieën, kan technologie een belangrijke barrière vormen voor de invoering van prijsbeleid (Niskanen en Nash, 2004). Niet alleen omdat de technologie goed moet functioneren, maar ook omdat voor de invoering van prijsbeleid draagvlak nodig is waarbij de technologiekeuze een grote rol speelt. Immers, de technologiekeuze heeft grote invloed op de totale kosten en op aspecten als de nauwkeurigheid van het meten, de gebruiksvriendelijkheid en de mogelijkheden tot het bieden van additionele diensten.

Deze bijdrage richt zich op nieuwe typen prijsbeleid die door middel van financiële prikkels die direct gerelateerd zijn aan het daadwerkelijk weggebruik, het verminderen van het aantal voertuigkilometers stimuleren. De financiële prikkels kunnen erop gericht zijn om bepaald gedrag te ontmoedigen ('beprijzen') of juist te stimuleren ('belonen') of een combinatie van belonen en beprijzen betreffen (bonus-malussysteem). Weggebruik wordt hier gedefinieerd als de totale afstand dat met een motorvoertuig op het wegennetwerk is afgelegd. Het weggebruik kan nog verder worden gedifferentieerd naar tijd, plaats en voertuigkenmerken waarmee het verschuiven in tijd, plaats en naar schonere voertuigen wordt gestimuleerd. Een voorbeeld van een gedifferentieerd beprijzingsinstrument is de kilometerprijs die de Minister van Verkeer en Waterstaat vanaf 2011 in Nederland wil invoeren (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2007).

Deze nieuwe typen prijsbeleid stellen hoge eisen aan de technologie. De technologie moet meerdere functies ondersteunen en de prestaties van de technologie op die functies moeten hoog zijn. Daarnaast zijn er verschillende technologieën beschikbaar met elk hun eigen kenmerken. Ook hangt het van het type prijsbeleid af welke beoordelingscriteria een rol spelen bij de technologiekeuze. Dit alles maakt dat een optimale technologiekeuze complex is en per type prijsbeleid verschilt.

De bestaande literatuur geeft een overzicht van beschikbare technologieën (zie bijvoorbeeld Blythe, 2005, Cottingham 2008 en Ochieng et al., 2008) maar biedt onvoldoende inzicht in welke technologieën het beste ingezet kunnen worden voor verschillende typen prijsbeleid en welke factoren een rol spelen bij een optimale technologiekeuze. Doel van deze bijdrage is om technologiekeuzes op dit vlak te

ondersteunen. Daartoe wordt voor beprijzingsinstrumenten in deze bijdrage achtereenvolgens een overzicht gegeven van de functionele eisen, de beschikbare technologieën en de beoordelingscriteria waarmee de technologieën onderling vergeleken kunnen worden. Daarnaast wordt in deze bijdrage ingegaan op de verschillen in technologiekeuze die voortkomen uit enerzijds de *aard* (gebruiksafhankelijke belonings- of beprijzingsinstrumenten) en anderzijds de *status* (experimentele versus definitieve beleidsimplementatie) van het prijsbeleid. Dit onderscheid wordt gemaakt omdat essentieel voor de technologiekeuze. Zo is het voor beprijzen essentieel dat het weggebruik wordt gemeten, terwijl bij belonen aanvullende metingen noodzakelijk zijn omdat ook de *verandering* in het weggebruik moet worden bepaald (er wordt immers beloond voor het 'niet-weggebruik' of het op een andere tijd of plaats gebruiken van de weg). Een belangrijk verschil tussen experimentele versus definitieve beleidsimplementatie is dat bij experimenten doorgaans het leer karakter centraal staat waarvoor mogelijk aanvullende aspecten gemeten moeten worden.

De speciale aandacht voor beloningsinstrumenten en experimenten sluit aan bij de actualiteit. In het kader van de Mobiliteitsprojecten (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2008) zullen in de periode tot 2011 een groot scala aan experimenten worden uitgevoerd waarbij ook aandacht wordt besteed aan beloningsinstrumenten. De grote aandacht voor belonen is een gevolg van het (onverwachte) succes van het beloningsexperiment Spitsmijden dat in 2006 is uitgevoerd, waarbij automobilisten die normaal gesproken tijdens de ochtendspits gebruik maakten van een bepaald wegvak, beloond werden voor elke keer dat ze ochtendspits meden (www.spitsmijden.nl). Als gevolg van Spitsmijden is Rijkswaterstaat in 2007 gestart met 'Filemijden': het toepassen van belonen bij werkzaamheden op de Hollandse brug op de A6 bij Almere en op de Moerdijkbrug op de A16 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2007). Daarnaast zal er in 2008 worden gestart met een vervolgonderzoek van Spitsmijden wat zich, in tegenstelling tot Filemijden, richt op verder onderzoek. In dit vervolgonderzoek worden verschillende mogelijke vormen van belonen verder uitgewerkt en in een experimentele setting getoetst (zie www.spitsmijden.nl). Tot op heden (augustus 2008) is er namelijk slechts met een beperkt aantal typen beloningsarrangementen geëxperimenteerd, terwijl er in theorie veel meer mogelijkheden zijn.

2. Functionele eisen

Het type prijsbeleid bepaalt de functionele eisen die aan de technologie worden gesteld. De basisfuncties die voor prijsbeleid afhankelijk van het weggebruik kunnen worden onderscheiden (zie tabel 1), resulteren in een aantal algemene functionele eisen. In paragraaf 5 en 6 wordt ingegaan op de specifieke eisen die beloningsinstrumenten of experimenten kunnen stellen aan technologieën.

De registratie van weggebruikerkenmerken en voertuigkenmerken (functies 1 en 2) zijn functies van administratieve aard en resulteren niet in fundamentele technologiekeuzes. Dit geldt ook grotendeels voor het factureren en informeren (functie 5). Echter bij het informeren kan de technologie nog wel een rol spelen. Hieronder wordt ingegaan op de functies waarvoor moderne technologieën kunnen worden ingezet; het meten van het

weggebruik, de datacommunicatie, handhaving en toezicht en eventueel het informeren (functie 3, 4, 6 en 5).

Tabel 1 Basisfuncties van gebruikafhankelijke prijsbeleidinstrumenten

1	Registratie van weggebruikerkenmerken	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contactgegevens voertuigeigenaar ▪ Bankrekeningnummer eigenaar voertuig
2	Registratie van voertuigkenmerken	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uniek voertuigkenmerk zoals kentekenplaatnummer of het serienummer van een 'On-Board Unit'
3	Metten van het weggebruik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metten van het unieke voertuigkenmerk ▪ Metten van de tijdstippen van weggebruik ▪ Metten van de locaties van het weggebruik ▪ Metten van de overige kenmerken van het weggebruik
<p><i>Opties bij belonen (zie paragraaf 5):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bepalen het normale reispatroon - Bepalen van de doelgroep 		
4	Datacommunicatie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Communicatie van de data over het weggebruik ▪ Communicatie van de data over de overige kenmerken van het weggebruik
5	Factureren en informeren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Factureren van de beloning of heffing ▪ Informeren van de weggebruiker (bij storingen, fraude)
6	Handhaving en toezicht	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controle op het meten van het weggebruik ▪ Controle op de datacommunicatie

Het meten van het weggebruik (functie 3) begint met het meten van een uniek voertuigkenmerk zodat de metingen van het weggebruik kunnen worden gekoppeld aan de voertuigeigenaar. In de Nederlandse handhavingpraktijk wordt de voertuigeigenaar gelijkgesteld aan de weggebruiker; naar verwachting zal dit bij prijsbeleid ook zo zijn. De complexiteit van het meten van het weggebruik wordt bepaald door drie aspecten: 1) de specificatie van het weggebruik, 2) de geografische schaal waarop het instrument wordt ingezet en 3) de omvang van de toepassing van het instrument.

- 1) De specificatie van een gebruikafhankelijk prijsbeleid omvat het volgen van een voertuig in tijd en plaats (Ochieng, North et al. 2008). Tijdsmetingen zijn an sich niet ingewikkeld; het opnemen van een klok in het meetsysteem is voldoende om aan deze functionele eis te voldoen. Echter de locatiebepaling kan, door de specifieke eisen die hieraan gesteld kunnen worden, wel een complexe zaak zijn. Afhankelijk van het aantal metingen en de kwaliteit daarvan kan uit de locatiebepalingen worden afgeleid welke afstand is afgelegd en welke route is gereden. Als het instrument sterk is gedifferentieerd, zullen de eisen voor de locatiebepaling strikter worden. Zo kunnen er bij een differentiatie naar plaats bijvoorbeeld andere tarieven gelden voor hoofd- en parallelwegen, waardoor er uit de locatiemetingen moet kunnen worden afgeleid op welk wegtype een voertuig zich bevond. Andere differentiatiemogelijkheden (zoals het aantal inzittenden en milieukenmerken van het voertuig, rijstijl, verkeersintensiteit of luchtkwaliteit) kunnen nog additionele eisen stellen aan wat een technologie moet kunnen meten, maar worden in deze bijdrage buiten beschouwing gelaten.
- 2) De schaal waarop de metingen van het weggebruik plaatsvinden is afhankelijk van de gebiedsafbakening en kan lokaal, regionaal, nationaal of internationaal zijn. Dit kan eisen aan de schaalbaarheid van de technologie met zich mee brengen.
- 3) De omvang van de toepassing van het instrument wordt bepaald door welke voertuigtypes, wegtypes (stedelijke of provinciale wegen) en soort wegnetwerk dat is meegenomen. Zo stelt een wegnetwerk met een hoge dichtheid (aantal verbindingen

en knooppunten) andere eisen aan de technologie dan een wegnetwerk met een lage dichtheid.

Datacommunicatie (functie 4) is noodzakelijk om de gemeten data te verzenden naar een rekencentrum (backoffice) waar de meetgegevens over het weggebruik worden gecombineerd met de administratieve gegevens uit databases om het te betalen of te ontvangen bedrag vast te stellen.

Voor handhaving en toezicht (functie 6) is het aanbevelenswaardig gebruik te maken van een andere technologie dan voor het meten en communiceren. Door een additionele technologie in te zetten kunnen fraude en fouten in het systeem beter worden gedetecteerd omdat een systeem 'blind' kan zijn voor bepaalde fouten in het eigen systeem.

Het informeren (onderdeel van functie 5) van de weggebruiker kan ondersteund worden door technologieën die de hierboven besproken functies vervullen. Het geven van informatie kan een additionele prikkel zijn om het gedrag van een weggebruiker te beïnvloeden. In het experiment Belonitor werd aangetoond dat continue visuele feedback op het rijgedrag door middel van een display, een extra prikkel is voor gedragsveranderingen (Wegen naar de Toekomst (WnT) 2005). De weggebruiker kan achteraf geïnformeerd worden over de beloning of heffing via de rekening, meer frequent via een website, of direct tijdens de rit via een display in het voertuig (hiervoor moet wel de benodigde voertuigapparatuur aanwezig zijn). Andere voorbeelden van informatie zijn een tariefwijziging of informatie over updates of storingen in systeem. Verder biedt de aanwezigheid van voertuigapparatuur mogelijkheden om deze apparatuur ook te gebruiken voor additionele diensten zoals navigatie of kan een navigatiesysteem worden uitgebreid met de voor prijsbeleid benodigde voertuigtechnologie.

3. Technologieën

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de technologieën die de functies die in de vorige paragraaf behandeld zijn, ondersteunen. Hierbij beperken wij ons tot de functies waarvoor moderne technologieën worden ingezet: meten van het weggebruik (functie 3), datacommunicatie (functie 4) en handhaving en toezicht (functie 6). Ten aanzien van functie 3 beperken wij ons tot de locatiebepaling omdat uit de locatiemetingen de afstand, route en het reispatroon kunnen worden afgeleid en voor tijdmetingen geen geavanceerde technologie nodig is. In tabel 2 wordt hiervan een overzicht gegeven. Deze technologieën kunnen worden toegepast voor prijszingsinstrumenten en in sommige gevallen ook voor beloningsinstrumenten (zie paragraaf 5). Onder de tabel wordt een korte beschrijving van de technologieën gegeven. De selectie van technologieën die in de tabel worden gepresenteerd en de beschrijvingen van de technologieën zijn gebaseerd op Vonk Noordegraaf, Heijligers et al. 2008.

In tabel 2 is ook per technologie aangegeven waar technologie geplaatst moet worden; langs de wegwijk, in het voertuig of beide. Dit onderscheid heeft belangrijke consequenties voor de technologiekeuze in termen van de flexibiliteit en schaalbaarheid en de daaraan gerelateerde kosten. Daarnaast heeft het consequenties voor het type

metingen: technologieën die geheel gebaseerd zijn op of gebruik maken van wegkantsystemen resulteren in puntmetingen; terwijl technologieën die alleen gebruik maken van voertuigapparatuur in lijnmetingen resulteren.

Uiteindelijk moet tot een samenhangend functionerend systeem worden gekomen waarbij alle functies (het meten van het weggebruik, de datacommunicatie en handhaving en toezicht) worden vervuld. Hiervoor moet een combinatie van technologieën worden gebruikt. In deze bijdrage wordt een combinatie van technologieën een *technologieoptie* genoemd.

Voor het genereren van technologieopties en de selectie ervan kan gebruik worden gemaakt van tabel 2. De bovenste helft van Tabel 2 heeft namelijk de vorm van een zogenaamde morfologische kaart (Dym en Little, 2004). Dit is een matrix waarin in de eerste kolom een overzicht wordt gegeven van de (deel)functies die door het systeem moeten worden vervuld. In de rijen staan worden alle opties weergegeven (beschikbare technologieën). In de cellen worden per (deel)functie de mogelijke middelen (technologieën) op een rij gezet waarmee een (deel)functie kan worden vervuld. Door vervolgens per (deel)functie een middel te kiezen, kunnen volledige systemen worden samengesteld. Met behulp van de morfologische kaart kunnen systematisch alle mogelijke technologieopties worden verkend, waarbij rekening wordt gehouden met incompatibele combinaties en synergie-effecten en op zoek wordt gegaan naar effectieve en efficiënte combinaties van technologieën voor alle deelfuncties samen.

Tabel 2 Overzicht van mogelijke technologieën

	Technologie					
	Camera-systeem	OBU* met wegkant systeem	DSRC	OBU* - GNSS	OBU* - Thin OBU	GPRS/UMTS
Basisfunctie						
3. Meten locatie weggebruik	X	X		X	X	
4. Data-communicatie	X		X			X
6. Handhaving en toezicht	X	X	X	X	X	X
Locatie positiebepaling						
Wegkant	X					
Voertuig				X	X	
Beide		X				

* een technologie gebaseerd op OBU's kan worden aangevuld met EVI

Camerasysteem

Camera's in combinatie met kentekenherkenningssoftware (het camerasysteem) worden al veelvuldig toegepast zoals bij de trajectcontroles op snelwegen en worden ook gebruikt in de proef Spitsmijden. De nauwkeurigheid van de camera's is afhankelijk van het type camera en de plaatsing. Daarnaast kan bijvoorbeeld het weer en de afscherming voor vrachtauto's de nauwkeurigheid beïnvloeden. Camera's boven de weg zijn nauwkeuriger dan camera's naast de weg en dubbelzijdige opname is weer nauwkeuriger dan enkelzijdige opname. Verder is de kentekenherkenningssoftware, die overigens

steeds nauwkeuriger wordt en kan worden geüpdate zonder dat de camera's worden vervangen, bepalend voor de nauwkeurigheid. Voor de portalen is ruimte nodig langs de weg. De kosten zijn afhankelijk van het aantal portalen, het aantal camera's en de hoeveelheid kentekens die niet automatisch kunnen worden afgehandeld maar handmatige verwerking behoeven (Den Hartog et al. 2007). Bij een camerasysteem is er geen voertuigapparatuur en is er dus geen communicatie nodig tussen de wal en het voertuig. De data kan direct wordt verstuurd naar de backoffice.

OBU's (eventueel in combinatie met EVI)

Er zijn verschillende soorten *On-Board Units* (OBU's) die vooral worden onderscheiden door hun functionaliteit. De meest geavanceerde OBU's kunnen locatiedata verzamelen en verfijnen, deze data verrijken, het bedrag bepalen en de bedragen aggregeren en de rekening opstellen. Bij minder geavanceerde OBU's wordt (een groot deel) van deze functies in de backoffice uitgevoerd. OBU's kunnen verder worden toegerust met geluidssignalen en displays.

Afhankelijk van de soort datacommunicatie (korte of lange afstandscommunicatie) maakt een systeem met een OBU gebruik van wegkantapparatuur. De meest geavanceerde OBU's maken gebruik van lange afstandscommunicatie. Voor het meten van de locaties wordt dan gebruikt gemaakt van GNSS of mobiele telefoons.

GNSS

Global Navigation Satellite System (GNSS) is een veelvuldig toegepaste technologie om door middel van langeafstandssatellieten de locatie van een voertuig te bepalen. Vaak wordt dit in combinatie met andere sensoren, zoals de snelheidsmeter of de tachograaf, toegepast. De meest bekende toepassing is voor navigatiesystemen. De ontwikkelingen van deze systemen gaan snel. De nauwkeurigheid in tunnels en bij hoge gebouwen kan nog verbeterd worden. De verwachting is dat het Europese systeem Galileo nauwkeurigere en betrouwbare metingen ondersteund dan het huidige GPS systeem en in 2013 operationeel zal zijn (www.verkeerenwaterstaat.nl).

Mobiele netwerk OBU zoals Thin OBU (eventueel in combinatie met EVI)

De ontwikkeling van systemen voor locatiebepaling op basis van het mobiele netwerk zijn in volle gang. Positiebepaling vindt plaats door middel van (meerdere) triangulatiemethode(s) waarbij het signaal van drie telefoonmasten wordt gebruikt. Een voorbeeld hiervan is het systeem Thin OBU ontwikkeld door TNO in samenwerking met KPN en Capgemini wat zich onderscheidt van andere systemen (zoals het systeem TomTom en Vodafone gebaseerd op mobiele telefoons waar actief mee gebeld wordt) omdat de telefoon alleen maar aan hoeft te staan en niet actief aan het bellen hoeft te zijn. Hierbij wordt de mobiele telefoon als sensor gebruikt in plaats van het netwerk wat voordelen heeft voor nauwkeurigheid en investeringsdrempel. Het grote voordeel van deze vorm van locatiebepaling is dat het gebruik maakt van een bestaand systeem wat zowel voor het meten als de datacommunicatie kan worden ingezet en dat het een hogere plaatsbepalingsnauwkeurigheid heeft dan bestaande systemen. In 2007 heeft de eerste proef met 140 deelnemers plaatsgevonden. Deze vorm van locatiebepaling, vertoonde in prototypefase al een nauwkeurigheid 25 tot 150 meter met een betrouwbaarheid van 95 tot 99% in een semi stedelijk gebied (Heijligers, 2008).

EVI

OBU's kunnen gebruik maken van *Elektronische Voertuig Identificatie (EVI)*. EVI is een Europese ontwikkeling waaraan momenteel binnen Nederland op initiatief van de RDW (voorheen Rijksdienst voor Wegverkeer) concreet vorm wordt gegeven. Het doel van EVI is meerledig waaronder het terugdringen van voertuiggerelateerde criminaliteit en het verhogen van de verkeersveiligheid.

EVI kan onder andere worden ingezet om zekerheid te verkrijgen over de identiteit en authenticiteit van een voertuig bij elektronische communicatie. EVI betreft het onlosmakelijk met het voertuig verbinden van één of meerdere chips met daarop voertuigidentificerende data (bijvoorbeeld het voertuigidentificatienummer). Bij communicatie tussen de OBU en de backoffice wordt de identiteit van het voertuig bepaald door het op een beveiligde manier uit de chip te lezen.

In samenwerking met TNO is de RDW bezig om EVI op het moment nader vorm te geven (zie www.tno.nl). Een prototype van EVI wordt getest in de proef Spitsmijden Gouda-Den Haag die 10 september 2008 van start gaat (zie www.spitsmijden.nl).

Dedicated Short Range Communications (DSRC)

Er zijn verschillende vormen van datacommunicatie die in combinatie met een OBU kunnen worden ingezet. Radio Frequency IDentification (RFID) is een voorbeeld van een dergelijke combinatie. Andere vormen van datacommunicatie zijn radiogolven, infrarood (zoals toegepast bij het tolsysteem van de Westerscheldetunnel (www.westerscheldetunnel.nl) en Dedicated Short Range Communications (DSRC). Zowel RFID als OBU's met DSRC zijn al veelvuldig commercieel toegepast. De DSRC technologie wordt bijvoorbeeld in Oostenrijk gebruikt voor het prijsbeleid voor vracht en in Stockholm voor het prijsbeleid voor personenverkeer (LogicaCMG et al., 2005). In Europa heeft DSRC de voorkeur, gegeven de Europese interoperabiliteitsrichtlijn.

GPRS/ UMTS

OBU-gebaseerde systemen kunnen gebruik maken van General Packet Radio Service (GPRS) (in aanvulling op GSM) en Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). UMTS is de nieuwe generatie mobiele systemen, gebaseerd op een combinatie van celgroottes en daardoor meer mogelijkheden biedt dan GPRS (www.umtsworld.com)

4. Beoordelingcriteria

Om een keuze te maken tussen de technologieopties bestaat een breed scala aan beoordelingscriteria. Criteria zijn gerelateerd aan de huidige en mogelijke toekomstige doelen en motieven om prijsbeleidinstrumenten in te voeren. Hierdoor kunnen er verschillen zijn in de samenstelling van de set criteria waarop een technologie (optie) wordt gescoord, aan welke prestatienormen de technologie op bepaalde criteria moet voldoen, en aan welke scores het meeste belang wordt gehecht.

De doelstellingen en motieven achter het (in te voeren) prijsbeleid zijn bepalend voor wat een technologie moet kunnen en op welke andere aspecten een technologie wordt beoordeeld. Voorbeelden van criteria zijn nauwkeurigheid het beprijzen of belonen (bijvoorbeeld de nauwkeurigheid van de locatiebepaling), de systeemkosten en baten, de flexibiliteit en mogelijkheden voor wijzigingen (zoals de mogelijkheid om additionele

diensten te ondersteunen), de operationele aspecten (zoals gebruiksvriendelijkheid en mate van onderhoud) en de veiligheid en privacy. Voor een uitgebreid overzicht van criteria (opgesteld voor prijzingsinstrumenten) verwijzen we naar (Persson et al. 2007).

Afhankelijk van het specifieke prijsbeleid kunnen er criteria aan de set worden toegevoegd. Zo kan het zijn dat de initiatiefnemers het belangrijk vinden om een innovatief imago uit te stralen. Geven dit motief kan er een voorkeur zijn voor een innovatieve technologie en wordt dit een additioneel beoordelingscriterium.

Verder kunnen de prestatienormen voor de technologie verschillen per type prijsbeleid. Zo is er voor de kilometerprijs bepaald dat de systeemkosten niet hoger mogen zijn dan 5 procent van de totale opbrengsten (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007). Voor het prijsbeleid in het centrum Londen, de congestieheffing, wordt een stikte prestatienorm voor de systeemkosten zoals geformuleerd voor de kilometerprijs niet gehaald. De systeemkosten bedragen namelijk 67 procent van de totale opbrengsten (Hensher, 2003); blijkbaar is dit niet het doorslaggevende beoordelingscriterium geweest bij de technologiekeuze.

Er kunnen ook verschillen zijn in hoe technologieën tegen elkaar worden afgewogen. Hierbij kan een bepaald criterium zwaarder mee wegen dan andere criteria en daarmee sterk bepalend zijn voor de technologiekeuze. Zo spreekt de Europese wetgeving een voorkeur uit voor de toepassing van GPS-gebaseerde technologie om de interoperabiliteit van Europese prijsbeleidsystemen te vergroten. Als aan het criterium interoperabiliteit een zwaar gewicht wordt gehangen, kan dit doorslaggevend zijn voor de technologiekeuze.

Het is dus sterk afhankelijk van de specifieke doelen en motieven van het (in te voeren) prijsbeleid hoe technologieën ten opzichte van elkaar worden afgewogen. Toch zijn er ook een aantal fundamentele keuzes, resulterend uit de specifieke kenmerken van de technologieën, die bij de technologiekeuzes voor elk type prijsbeleid een rol spelen.

De eerste fundamentele keuze is de keuze voor wegkantapparatuur, voertuigapparatuur of beide. Het gebruik van wegkantapparatuur heeft grote nadelen in termen van flexibiliteit, schaalbaarheid en de daaraan gerelateerde kosten (investerings-, operationele, onderhouds- en handhavingskosten). Zo is er voor wegkantapparatuur bijvoorbeeld een vergunning nodig en is er niet overal ruimte voor portalen. En als een wegkantsysteem op grote schaal wordt ingevoerd, betekent dit dat er veel extra infrastructuur moet worden geplaatst, dat lastig te verplaatsen is wat het systeem inflexibel maakt. Een verschil tussen wegkantapparatuur en voertuigapparatuur kan ook het eigenaarschap en beheer zijn, ofwel wie draagt de kosten van invoering en vooral de aanpassingen.

De tweede fundamentele keuze heeft betrekking op het onderscheid tussen punt- en lijnmetingen. Als de locatiebepaling naast de weg plaats vindt (puntmeting), dan is het bepalen van een gereden route in een groot gebied met veel kruisende wegen veel ingewikkelder dan bij een lijnmeting. Een ander voordeel van lijnmetingen is dat

lijnmetingen in data resulteren die ook relevant kan zijn voor andere diensten zoals reisinformatie, navigatie en filevoorspellingen.

De derde fundamentele keuze betreft de mogelijkheid van het bieden van additionele diensten en het geven van directe feedback een rol spelen. Dit is het eenvoudigst wanneer het systeem is gebaseerd op een geavanceerde OBU waarvoor twee mogelijkheden zijn: vast of los. Als de OBU aan het voertuig vast zit is fraude minder eenvoudig dan bij een losse OBU. Een losse OBU kan echter bijvoorbeeld een mobiele telefoon zijn, wat voor de weggebruiker weer aantrekkelijk kan zijn. Als de OBU wordt gebruikt voor additionele diensten kan dit extra functionele eisen met zich meebrengen. De eisen die aan de verzamelde informatie over locaties van voertuigen worden gesteld, en dus ook aan de technologie die daarvoor wordt gebruikt, zijn afhankelijk van de toepassing. Zo wordt voor belasting en heffingen en de handhaving daarvan een hoge nauwkeurigheid geëist terwijl dat voor verkeersinformatie of navigatie lager kan liggen.

5. Belonen versus beprijzen

De aard van het prijsbeleid (beprijzen- of belonen) kan belangrijke gevolgen hebben voor de technologiekeuze. In deze paragraaf wordt voor beloningsinstrumenten uitgewerkt wat de verschillen zijn ten opzichte van prijsbeleidinstrumenten en wat hiervan de gevolgen zijn voor de functionele eisen die aan technologieën worden gesteld en beoordelingscriteria.

5.1. Algemene verschillen

Bij beprijzen staat het weggebruik centraal. De hoogte van de prijs die moet worden betaald is afhankelijk van het weggebruik, om zo de weggebruiker te laten betalen voor het weggebruik. Bij belonen, echter, moet niet alleen het weggebruik worden vastgesteld, maar ook het niet-weggebruik, het weggebruik op een ander tijdstip als de spits gemeden dient te worden of het weggebruik op andere plaatsen als bepaalde wegvakken vermeden dienen te worden. Bij belonen moet dus de verandering in het weggebruik worden vastgesteld.

Een belangrijke overeenkomst tussen belonen en beprijzen is dat weggebruiker waarop het beprijzings- of beloningsinstrument van toepassing is, er in beide gevallen belang bij heeft niet gesignaleerd te worden. In het ene geval om niet (te veel) te hoeven betalen, in het andere geval om de beloning te ontvangen. Dat impliceert dat detectie om de juistheid van tijdstip en locatie te kunnen bepalen cruciaal is.

Het 'niet-weggebruik' kan in theorie alles omvatten behalve het weggebruik (hier gedefinieerd als het rijden met een motorvoertuig op het wegennetwerk). Er zijn dan ook veel indicatoren denkbaar om het 'niet-weggebruik' vast te stellen: het treingebbruik, het thuiswerken, het fietsgebruik of zelfs de aanwezigheid van een auto in de garage, aangezien in deze situaties geen sprake is van weggebruik. Het meten van het 'niet-weggebruik' is dus veel omvattender dan het meten van het weggebruik. De meest simpele vorm is dat je aan de mensen zelf vraagt om bij te houden wanneer ze in aanmerking komen voor belonen. Omdat dit zonder zware handhaving natuurlijk zeer fraudegevoelig is, verdienen andere arrangementen de voorkeur. In het

vervolgonderzoek dat in het kader van Spitsmijden plaatsvindt (zie www.spitsmijden.nl) worden de verschillende mogelijke arrangementen ('beloningsscenario's') op een rij gezet en nader uitgewerkt.

Een van de mogelijke beloningsarrangementen is tijdelijk belonen, bijvoorbeeld tijdens wegwerkzaamheden. Iedere weggebruiker die normaal van het betreffende wegdeel (bijvoorbeeld een brug) gebruik maakt, wordt dan beloond als hij/zij van een andere route of tijd gebruik maakt. Dit arrangement voor automobilisten is getest in Spitsmijden en is toegepast in het kader van de wegwerkzaamheden op de Hollandse Brug op de A6 bij Almere en op de Moerdijkbrug op de A16 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007). Een ander mogelijk arrangement, dat binnenkort in het kader van Spitsmijden wordt getest, is belonen via de werkgever, waarbij de werkgever registreert wanneer een werknemer in aanmerking komt voor een beloning. Een derde mogelijk arrangement is belonen in meer permanente vorm, los van de werkgever. Deze vorm van belonen is echter nog niet uitgewerkt. Er is namelijk nog niet gedefinieerd welke gedragsveranderingen bij deze vorm van belonen in aanmerking komen voor een beloning. Naar mate de tijd tussen de nulmeting en de andere metingen groter wordt, is het namelijk lastiger om te bepalen of het om een gedragsverandering gaat waarvoor een beloning wordt gegeven. Zo kan iemand verhuizen en daardoor zijn weggebruik veranderen. Dit kan een bewuste keuze zijn geweest om minder te rijden (door bijvoorbeeld dichterbij het werk te gaan wonen), maar het kan ook aan externe factoren liggen (bijvoorbeeld verhuizen vanwege een andere baan). Voor permanente toepassingen zijn daarom additionele of andere indicatoren noodzakelijk. Deze indicatoren zijn op het moment echter nog niet bekend.

Gegeven bovenstaande beperkingen is het in het kader van deze bijdrage niet mogelijk om inzicht te geven in de beschikbare technologieën voor alle toepassingen van belonen. Daarom beperkt dit artikel zich, wat het beloningsconcept betreft, tot die vormen van beloningsarrangementen die wel goed zijn uitgewerkt: arrangementen die zich richten op het belonen van 'niet-weggebruik' door het weggebruik op verschillende momenten te meten én die alleen tijdelijk worden toegepast.

5.2 Functionele eisen voor beloningsinstrumenten

Voor het belonen van 'niet-weggebruik' in de context van het weggebruik (door het weggebruik op verschillende momenten te meten), moeten extra stappen ten opzichte van beprijzen worden doorlopen. Bij belonen moeten alle onderstaande vier stappen worden doorlopen, terwijl bij beprijzen alleen stap 1 en 3 moeten worden doorlopen:

- 1) Het vaststellen van de doelgroep (welke weggebruikers)
- 2) Het weggebruik van de voertuigen van de doelgroep op een bepaald moment vaststellen, ten einde het referentiepunt, het normale reispatroon, te bepalen (nulmeting)
- 3) Het weggebruik van de voertuigen van de doelgroep in een bepaald gebied meten
- 4) Het 'niet-weggebruik' van de doelgroep bepalen door de metingen van het weggebruik door de specifieke weggebruiker (stap 3) te vergelijken met de nulmeting van het weggebruik door de specifieke weggebruiker (stap 2)

Het fundamentele verschil tussen belonen en beprijzen zit in stap 1 (bepalen doelgroep) en stap 2 (nulmeting). De doelgroep bij belonen zijn namelijk weggebruikers die

(mogelijk) een gedragsverandering kunnen vertonen. Bij het vaststellen van deze doelgroep kan een technologie worden ingezet. Een nulmeting is nodig voor het bepalen van een gedragsverandering. Op deze wijze kan het geven van beloningen voor gedrag wat al werd vertoond (zoals het niet-rijden vanwege een vaste vrije dag of het weggebruik in een ander geografisch gebied), worden voorkomen.

Voor het bepalen van de doelgroep en de nulmeting kan dezelfde technologie worden ingezet als voor het meten van het weggebruik in een bepaald gebied. Dit is echter niet noodzakelijk; zo kunnen bijvoorbeeld camera's worden gebruikt om de potentiële doelgroep te bepalen en voor die weggebruikers een nulmeting uit te voeren; terwijl voor het meten van het weggebruik wel gebruik gemaakt wordt van voertuigapparatuur die bij de voertuigen van de doelgroep wordt ingebouwd.

Al met al kunnen de technologieën die kunnen worden ingezet ter ondersteuning van de basisfuncties van *beprijzingsinstrumenten*, ook worden ingezet voor de basisfuncties van *beloningsinstrumenten* voor zover deze gebruik maken van het meten van (een verandering in) het weggebruik en slechts tijdelijk worden toegepast. Voor andere beloningsinstrumenten zijn wellicht andere technologieën mogelijk en moeten wellicht additionele indicatoren worden gemeten. Echter omdat andere vormen van beloningsinstrumenten nog onvoldoende concreet zijn uitgewerkt, kunnen hier nog geen technologieën voor geïdentificeerd worden. Hetzelfde geldt voor technologieën die nodig zijn wanneer beprijzen en belonen in samenhang toegepast zouden worden (bonus-malusregeling).

5.3 Beoordelingscriteria voor beloningsinstrumenten

Ook voor beloningsinstrumenten geldt dat de criteria afhankelijk zijn van de specifieke doelen en motieven. Voor een bespreking van mogelijke criteria verwijzen we naar paragraaf 4. Echter, voor belonen in het bijzonder, zijn aanvullende criteria mogelijk. Zo kan het wenselijk zijn om de baten inzichtelijk te maken omdat kosten hoog zijn (systeemkosten en beloningskosten) en de baten bij andere partijen terecht kunnen komen dan bij de partijen die de kosten maken. Dit issue speelt veel minder bij beprijzen omdat de geldelijke inkomsten van beprijzen doorgaans ook naar de partijen gaan die ook de kosten maken. Aangezien de beloningsarrangementen nog in ontwikkeling zijn, kunnen we helaas nog geen volledig inzicht geven in de set van (mogelijke) beoordelingscriteria, laat staan over specifieke prestatienormen en gewichten.

6. Experimentele versus definitieve invoering

Naast de *aard* van het prijsbeleid (beprijzen- of belonen, zie vorige paragraaf) kan ook de *status* van prijsbeleid (experimentele of definitieve invoering) belangrijke gevolgen hebben voor de technologiekeuze. In deze paragraaf wordt voor experimentele implementatie uitgewerkt wat de verschillen zijn ten opzichte van definitieve implementatie en wat hiervan de gevolgen zijn voor de functionele eisen die aan technologieën worden gesteld en beoordelingscriteria.

6.1. Algemene verschillen

De belangrijkste kenmerken van experimenten is dat ze vaak een leerdoelstelling hebben, tijdelijk van aard en van beperkte omvang zijn en op beperkte schaal worden ingezet.

6.2 Functionele eisen voor experimentele implementatie

De functionele eisen voor experimenten kunnen hetzelfde zijn als de functionele eisen die aan definitieve invoering worden gesteld, maar dat hoeft niet. Door de leerdoelstelling kunnen aanvullende meetindicatoren relevant worden, wat andere eisen voor de technologie met zich mee kan brengen. Ook is het mogelijk dat in een experiment een onderdeel van het prijsbeleidinstrument centraal staat waardoor niet de gehele functionaliteit noodzakelijk is voor het uitvoeren van het experiment. Zo kan een prijsbeleidexperiment zich puur richten op het testen van een technologie voor het meten van het weggebruik. Dit kan betekenen dat de verzamelde data niet met aparte technologie hoeft te worden verstuurd maar dat deze bijvoorbeeld ook tijdelijk langs de kant van de weg kunnen worden opgeslagen en handmatig kunnen worden overgezet.

6.3 Beoordelingscriteria voor experimentele implementatie

Bij een experimentele implementatie kunnen ten eerste additionele criteria een rol spelen. Zo kan, door het doorgaans tijdelijke karakter van experimenten, een korte implementatietijd van de technologie een belangrijk criterium zijn. En de leerdoelstelling kan tot gevolg hebben dat het geen bezwaar hoeft te zijn dat een bepaald camerasysteem bijvoorbeeld buitenlandse kentekens niet kan herkennen.

Ten tweede kunnen andere prestatienormen worden gehanteerd. Het kan zijn dat er in een experiment hogere eisen aan de nauwkeurigheid van de technologie worden gesteld, omdat het slagen van het experiment het belangrijkste doel is en de kosten een minder belangrijke rol spelen door de beperkte omvang van het experiment. Maar het kan ook zijn dat er juist lagere eisen aan de nauwkeurigheid van de technologie worden gesteld omdat vanwege het leerkarakter minder strikte juridische regels gelden dan bij definitieve implementatie (waarin allerlei bezwaarprocedures kunnen worden gestart door mensen die zich gedupeerd voelen).

Ten derde kunnen bij een experimentele invoering andere gewichtensets bij de afweging tussen criteria worden gebruikt. Omdat een experiment zich op één specifiek aspect kan richten, kan dit tot gevolg hebben dat dit specifieke aspect ook doorslaggevend is voor de technologiekeuze. Zo kan de doelstelling zijn om meer te leren over de technologie die ook bij de kilometerprijs zal worden ingezet. Als aan deze doelstelling het meeste gewicht wordt gehangen, dan kan er worden gekozen om deze technologie toe te passen in het experiment, ook als zijn er voor een experimentele setting bijvoorbeeld goedkopere technologieopties beschikbaar.

7. Tot slot

In deze bijdrage zijn de functionele eisen, de beschikbare technologieën en de beoordelingscriteria waarmee de technologieën onderling vergeleken kunnen worden voor prijsbeleid besproken. Initiatiefnemers van prijsbeleid (overheid en bedrijfsleven)

kunnen deze aspecten in overweging nemen bij de selectie van de (combinatie van) technologieën die het meest geschikt is voor het prijsbeleid. Een optimale technologiekeuze is een belangrijk onderdeel van de vormgeving van het prijsbeleid. Dit laatste is geen sinecure want voor het ondersteunen van prijsbeleid bestaat een breed scala aan technologieën die elk hun specifieke kenmerken hebben. Welke technologie het meest optimaal is voor het (in te voeren) prijsbeleid is sterk afhankelijk van de gestelde doelen en motieven en de specifieke vormgeving van het prijsbeleid. In dit artikel is in het bijzonder aandacht besteed aan de aard van het prijsbeleid (belonen of beprijsen) en de status (experimentele of definitieve invoering) aangezien de aard en de status van het instrument kunnen resulteren in andere functionele eisen, technologieën en beoordelingscriteria. De specifieke verschillen zijn in deze bijdrage op een rij gezet.

Dankwoord

Het onderzoek waarop dit artikel is gebaseerd, maakt deel uit van het experiment Spitsmijden (zie www.spitsmijden.nl). Spitsmijden is een project dat wordt uitgevoerd in het kader van Transumo (TRansition SUstainable MObility, zie www.transumo.nl). De auteurs danken hun Spitsmijden-partners Wim van den Boogaard (Rijkswaterstaat), Rien van der Knaap (OC Mobility), Albert Mulder (RDW) en Bert van Wee (TU Delft) voor hun commentaar op eerdere versies van deze bijdrage.

Literatuur

- Blythe, P.T., 'Congestion charging: Technical options for the delivery of future UK policy'. *Transportation Research Part A*, 2005. 39: p. 571-587.
- Cottingham, D.N., A.R. Beresford, and R.K. Harle, 'Survey of Technologies for the Implementation of National-scale Road User Charging'. *Transport Reviews*, 2007. 27(4): p. 499-523.
- Den Hartog, J. E. et al. (2007). *Kentekenherkenning ten behoeve van versnelde invoering betaald rijden*. Delft, TNO: 74.
- Dym C.L., and P. Little (2004), *Engineering design: a project based introduction*, second edition, John Wiley and Sons, Hoboken, USA.
- Heijligers, B.M.R. (2008), *The options of using the cellular network for positioning. Results from the Dutch field test*. Delft.
- Hensher, D. (2003), *Congestion charging: what Sydney can learn from London*, in *On line opinion..*
- LogicaCMG, Cappingini, and G. ID (2005), *Het Kan! Eindrapportage Techniek, Organisatie, Handhaving en Kosten van varianten van Anders Betalen Voor Mobiliteit*.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (2007, 24-08-2007). "Start versterking en verbreding A6 Hollandse Brug." from <http://www.verkeerenwaterstaat.nl/actueel/nieuws/startversterkingenverbredinga6hollandsebrug.aspx>.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007). Starten met de kilometerprijs Overzicht van voorbereidend onderzoek bij het kabinetsbesluit over de kilometerprijs. Project team 'Anders Betalen voor Mobiliteit'.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008, 01-08-2008). "Aanpak Mobiliteitsprojecten Anders Betalen voor Mobiliteit." from http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/20084960_tcm195-223655.pdf.
- Niskanen, E. and C. Nash (2004) *MC ICAM (Marginal Cost Pricing in Transport - Integrated Conceptual and Applied Model Analysis)*, in *Funded by the European Commission 5th Framework Programme - DGTREN*. p. 84.
- Ochieng, W. Y., R. J. North, et al. (2008). *Technologies to Measure Indicators for Variable Road User Charging* Transportation Research Board 87th Annual Meeting Washington DC.
- Persson, J. A., P. Davidsson, et al. (2007). *Evaluation of road user charging systems: the Swedish case*. *14th World Congress on Intelligent Transport Systems*. Beijing.
- Vonk Noordegraaf, D.M., B.M.R. Heijligers, O.A.W.T Van de Riet, and G.P. Van Wee (2008) *Technology options for distance-based road user charging schemes*. Paper submitted to the Transportation Research Board (TRB) 88th Annual Meeting Washington, D.C., January 11-15, 2009 (forthcoming).
- Wegen naar de Toekomst (WnT) (2005). *Belonitor De kracht van belonen*. Delft, Wegen naar de Toekomst.
- www.spitsmijden.nl (2008) Spitsmijden.
- www.tno.nl (2008) *Elektronische voertuigidentificatie een stap dichterbij*. http://www.tno.nl/content.cfm?context=markten&content=markt_nieuwsbericht&laag1=196&item_id=2008-07-01%2011:27:12.0
- www.umtsworld.com (2008) *3G and UMTS Frequently Asked Questions*
- www.verkeerenwaterstaat.nl (2008) *Galileo Europees satellietnavigatiesysteem* http://www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/kennis_en_innovatie/galileo
- www.westerschedetunnel.nl (2008) *Gebruiksaanwijzing t-tag*. <http://www.westerschedetunnel.nl/repository/Gebruiksoaanwijzing%20t-tag.pdf>