

Congestieheffingen

Auteur(s):

Verhoef, E.T.

Vakgroep Ruimtelijke Economie, Vrije Universiteit Amsterdam en het Tinbergen Instituut.

Verschenen in:

ESB, 83e jaargang, nr. 4140, pagina 148, 20 februari 1998

Rubriek:

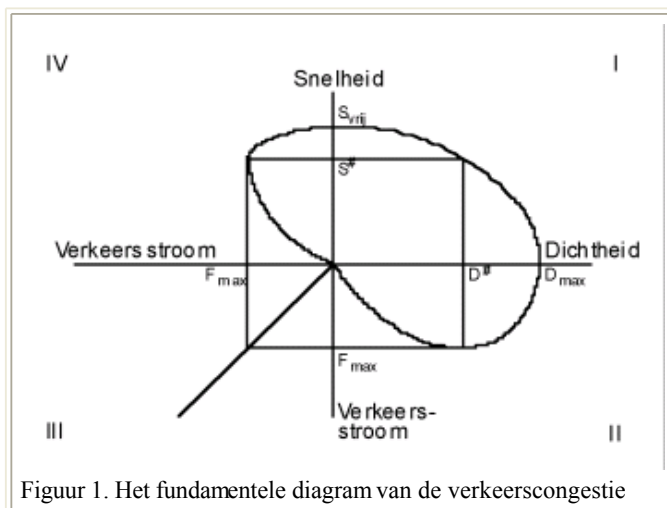
ABC van de economie

Trefwoord(en):

verkeer, vervoer, abc, van, de, economie

Files kunnen bestreden worden met 'Pigouviaanse' heffingen. Na Pigou heeft de theorievorming over verkeerscongestie niet stilgestaan.

Verkeerscongestie treedt op zodra de snelheid op de weg afneemt door verkeersdrukke. In eerste instantie gaat een lagere snelheid nog samen met een zo grote toename van het aantal auto's, dat de totale verkeersstroom toeneemt. Vanaf een bepaald punt echter daalt de verkeersstroom. In het uiterste geval kan een toename van het aantal auto's op een weg de stroom tot nul reduceren. Iedereen staat dan stil (zie [figuur 1](#)).



Figuur 1. Het fundamentele diagram van de verkeerscongestie

Snelheid is omgekeerd evenredig aan reistijd, en (reistijd heeft een economische waarde. De kosten van een verplaatsing hangen dus samen met de omvang van de verkeersstroom. Deze kostencurve is afgebeeld in [figuur 2](#), en heeft een terugbuigende vorm¹.



Figuur 2. Een verkeersstroom kan zowel tegen hoge kosten (lage snelheid, hoge dichtheid) als tegen lage kosten (hoge snelheid, lage dichtheid) worden afgewikkeld

Voor het onderste deel van deze curve geldt, dat de snelheid hoger is dan bij een maximale verkeersstroom. Iedere extra auto (toename van de verkeersstroom) leidt tot een lagere snelheid en dus hogere kosten. Voorbij het omslagpunt daalt niet alleen de snelheid verder, maar neemt ook de verkeersstroom af bij een toenemende dichtheid². Een vervoersstroom kan dus in principe tegen twee kostenniveaus worden gerealiseerd: een laag niveau (cl) waar de snelheid relatief hoog is en de dichtheid relatief laag; en een hoog niveau (ch), waar het omgekeerde het geval is. Deze laatste uitkomst heet ook wel 'hypercongestie'. Aangezien deze situatie nooit de optimale kan zijn (immers, dezelfde vervoersstroom kan ook bij lagere kosten gerealiseerd worden), zal deze bij optimale heffingen nooit voorkomen en daarom in dit artikel geen rol spelen.

Het fundamentele diagram van de verkeerscongestie

In het eerste kwadrant van [figuur 1](#) is het verband tussen snelheid en dichtheid uitgebeeld. De maximale snelheid zonder congestie bedraagt S_{vrij} , terwijl er een maximale dichtheid D_{max} is waarvoor de snelheid tot nul gereduceerd is.

Het tweede kwadrant geeft het verband tussen dichtheid en het aantal voertuigen dat een weg kan verwerken (de stroom). Voor een dichtheid lager dan $D_{\#}$ geldt dat het verhogen van de dichtheid de stroom nog doet verhogen omdat er meer voertuigen in het spel zijn; voorbij $D_{\#}$ echter geldt dat het negatieve effect van de lagere snelheid domineert. Bij D_{max} bedraagt de stroom nul, aangezien de snelheid tot nul is gereduceerd. Op eenzelfde wijze kan in het vierde kwadrant van [figuur 1](#) het verband tussen stroom F en snelheid S worden weergegeven.

Aangezien de verkeersstroom die een weg kan verwerken gelijk is aan het product van snelheid en dichtheid, moet er een zekere combinatie van snelheid S en dichtheid D bestaan waarvoor de verkeersstroom op het wegvak maximaal is. Deze combinatie is in de figuur aangegeven met $S_{\#}$ en $D_{\#}$.

Pigouviaanse heffingen

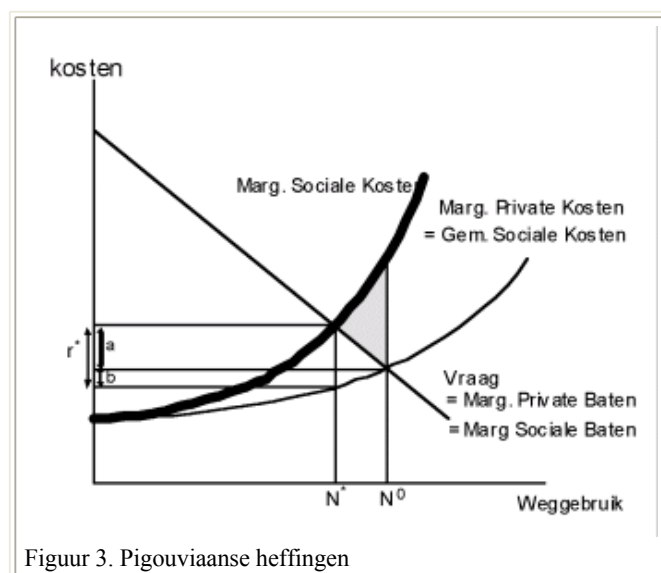
Het optimale weggebruik is waar de marginale sociale kosten gelijk zijn aan de marginale baten; punt N^* . Echter, weggebruikers kijken slechts naar de marginale private kosten, en zullen dus tot N_0 de weg op gaan. Een Pigouviaanse heffing ter hoogte van het verschil tussen de marginale sociale en private kosten (r^*) voorkomt dit. De welvaartswinst door deze heffing is gelijk aan de kostenvermindering (oppervlakte onder de MSK-curve) minus batenvermindering (opp. onder MPK-curve) van de verschuiving van N_0 naar N^* (ofte wel het gearceerde vlak).

De welvaartsachteruitgang van de heffing voor degenen die op de weg blijven (pijl a) bestaat uit een kostenvermindering ten gevolge van tijdwinsten ter grootte van b aan de ene kant, en de heffing r^* die zij daarvoor moeten betalen aan de andere kant. Hierbij is r^* noodzakelijkerwijs groter dan b - anders zou het totale gebruik natuurlijk niet zijn afgenomen in het optimum.

Voor degenen die afzien van weggebruik bij de heffing ($N_0 - N^*$) varieert het welvaartsverlies van nul (voor de initieel marginale weggebruiker) tot a (voor de marginale 'niet-weggebruiker' met de heffing).

Pigouviaanse heffingen

[figuur 3](#) herhaalt het onderste deel van de gemiddelde kostencurve uit de vorige figuur. Deze geeft de kosten weer die de gebruikers zelf ervaren, en waarop ze hun beslissing baseren om te gaan reizen. Echter, weggebruikers houden geen rekening met de extra tijdskosten die hun aanwezigheid op de weg voor anderen veroorzaakt. Vanuit economisch perspectief behelst congestie dus een vorm van marktfalen. Een optimale Pigouviaanse heffing, bijvoorbeeld in de vorm van rekeningrijden, zorgt voor een Pareto-efficiënt weggebruik, door de congestie-externaliteit een optimale prijs te geven³.



Figuur 3. Pigouviaanse heffingen

Merk overigens op dat in het optimale congestieniveau doorgaans niet alle congestie geëlimineerd is. De intuïtie hierachter is dat het verminderen van congestie vereist dat weggebruikers van de weg geprijsd worden. Het oplossen van het laatste beetje congestie is vaak niet efficiënt, als hiervoor gebruikers met relatief hoge baten van weggebruik van de weg geprijsd zouden moeten worden terwijl het maatschappelijke kostenvoordeel gering is.

Verdeling

Een belangrijk probleem bij de invoering van een congestieheffing is de maatschappelijke haalbaarheid⁴. Terwijl er welvaartswinst ontstaat door de congestieheffing, is de verdeling hiervan zeer ongunstig voor de acceptatie. Behalve de overheid, die de heffingsopbrengsten incasseert, is iedereen slechter af. De weggebruikers die op de weg blijven ondervinden een welvaartsachteruitgang omdat ze de heffing moeten betalen. De tijdswinst is hiervoor geen volledige compensatie (zie [figuur 3](#)). En diegenen die afzien van weggebruik met de congestieheffing moeten een alternatief kiezen (thuisblijven, openbaar vervoer, andere vertrektijd) dat zij per definitie minder graag willen; anders hadden ze immers zonder de heffing óók niet van de auto gebruik gemaakt. Indien de heffingsopbrengsten herverdeeld zouden (kunnen) worden, zou iedereen beter af kunnen zijn: optimale congestieheffingen leiden per definitie tot een welvaartswinst. Alleen de verdeling ervan vormt een probleem.

De conclusie dat iedereen (behalve de overheid) slechter af zou zijn door congestieheffingen kan veranderen bij heterogeniteit van weggebruikers. Zijn er bijvoorbeeld inkomensverschillen, dan kunnen rijkere weggebruikers beter af zijn: de tijdswinst kan voor hen een grotere waarde hebben dan de heffing. Rekeningrijden kan zo een regressief effect hebben op de inkomensverdeling⁵.

Tijdstip van reizen

Er is een tweede vorm van congestiekosten, die in de statische modellen in figuren 1-3 niet beschouwd kan worden: de kosten van het eerder dan wel later reizen teneinde de grootste drukte op de weg te vermijden. Als we rekening houden met deze 'scheduling costs', dan zijn de negatieve welvaartseffecten van congestie groter dan in de statische analyse. De welvaartswinst van heffingen die de congestie verminderen, wordt dus ook groter. Zo groot, dat het nu in sommige gevallen wél optimaal is om met een heffing alle congestie te beëindigen.

Dit is bijvoorbeeld het geval in het 'bottleneck'-model van de vorig jaar overleden Nobelprijswinnaar William Vickrey⁶. Pendelaars willen in dit model van dezelfde route gebruik maken, en allemaal even graag op dezelfde tijd op hun werk aankomen. Ergens op de route is een flessehals. Er zijn nu twee mogelijkheden: de pendelaar kan ongehinderd doorrijden, of, als het aantal gebruikers de capaciteit overstijgt, moet hij wachten in de rij, terwijl de flessehals op maximale capaciteit auto's doorlaat. Het vrije markt evenwicht is zodanig dat de totale kosten, dus reistijdkosten plus wachttijdkosten voor de flessehals plus de kosten van het te vroeg of te laat aankomen, voor alle gebruikers gelijk zijn. Zou dit niet het geval zijn, dan zou een gebruiker met hogere kosten dan een andere gebruiker zijn vertrektijd namelijk aanpassen.

Als gevolg hiervan is het mogelijk de wachttijdkosten geheel te vervangen door heffingen, die dan natuurlijk wel naar tijdstip moeten variëren. In het optimum zijn er geen tijdsverliezen meer, en de maatschappelijke haalbaarheid van heffingen is geen groot probleem, aangezien de totale kosten voor iedereen precies gelijk blijven (wachttijdkosten zijn precies vervangen door heffingen), en de heffingsopbrengsten pure winst voor de maatschappij zijn.

Een eerste belangrijke bijdrage van het model is de erkenning dat scheduling costs, naast tijdverliezen, een belangrijke component in de congestiekosten zijn. Een tweede is de conclusie dat optimale heffingen continu dienen te fluctueren over de tijd. Zonder deze flexibiliteit is de heffing 'second-best'.

Second-best aspecten

Het is evident dat de werkelijkheid doorgaans een stuk complexer zal zijn de modellen. Veelal zal de optimale heffing niet mogelijk zijn, en kan alleen gekozen worden voor een 'second best'-variant.

Zo lijkt de continu fluctuerende heffing van Vickrey niet goed toepasbaar. In de praktijk zal het vaak gaan om een uniforme (één tarief) of getrapte heffing (verschillende tarieven voor verschillende tijdvakken). De efficiëntie van de heffing is dan uiteraard lager. Laih heeft aangetoond dat in het bottleneck-model de relatieve welvaartswinst met een getrapte heffing in n stappen $n/(n+1)$ van de theoretisch optimale welvaartswinst bedraagt⁷. Met andere woorden: een spitsheffing die maar één waarde gedurende de spits kent kan maximaal de helft van de theoretisch mogelijke welvaartswinst opleveren. De reden is gelegen in de inefficiënties die optreden doordat weggebruikers zich in de tijd zullen concentreren rond drie tijdstippen: vlak vóór en ná de periode dat de heffing geldt, en rond de gewenste aankomsttijd. Bij twee (drie) stappen geldt een maximale relatieve welvaartsverbetering van 67% (75%), enz

Een ander klassiek voorbeeld in second-best congestieheffingen betreft de situatie waarin slechts op één van twee concurrerende routes een heffing geldt ('sluipverkeer'). Recente studies⁸ tonen aan dat een heffing op slechts één van beide routes welvaartswinsten kan opleveren variërend van nul tot de winst die met optimale heffingen (op het hele netwerk) te bereiken zouden zijn. Het verdient de voorkeur om de snelste wegen met de grootste capaciteit aan een heffing te onderwerpen. Voorts blijkt een dergelijke second-best heffing niet noodzakelijk positief te zijn: ook een subsidie is mogelijk. Dit hangt samen met het feit dat de heffing in feite twee doelen nastreeft, namelijk een algehele vraagreductie, en een zo efficiënt mogelijke verdeling van het verkeer over de beide routes. Terwijl het eerste effect een positieve heffing vereist, kan voor het tweede doel een subsidie nodig zijn. Als dit laatste doel domineert (bijvoorbeeld bij een relatief inelastische vraag), kan de heffing negatief uitvallen.

Besluit

Congestiekosten behelzen zowel tijdverliezen als scheduling costs. Aangezien een deel van deze kosten extern is, is de vrije markt

uitkomst niet Pareto-efficiënt, en zijn heffingen nodig om de efficiëntie te herstellen. De verschillende 'families' van modellen voorspellen doorgaans aanzienlijke efficiëntieverbeteringen door congestieheffingen. Een waarschuwing is echter dat heffingen snel aan efficiëntie inboeten naarmate ze verder af liggen van het theoretische ideaal waarin iedere weggebruiker exact belast wordt voor de marginale externe congestiekosten die hij of zij veroorzaakt. Invoering van rekeningrijden in de Randstad kan daarom beter niet beperkt blijven tot één tijdvak, één tariefhoogte en enkele wegen.

1 Deze integratie van het economische model met het verkeerskundige model van congestie werd in de jaren zestig gemaakt door bijvoorbeeld A.A. Walters, *The theory and measurement of private and social cost of highway congestion*, *Econometrica*, 1961, blz. 676-699; en F.A. Haight, *Mathematical theories of Traffic flow* Academic Press, New York, 1963.

2 De terugbuigende gemiddelde kostencurve is niet alom geaccepteerd onder vervoerseconomen. De belangrijkste bezwaren komen voort uit het idee dat niet alleen de snelheid (en dus de kosten) het gevolg is van de vervoersstroom, maar dater ook een omgekeerd verband is: de stroom hangt af van de snelheid en is daarmee endogeen.. Als dat zo is, kun je niet stellen dat verhoging van de verkeersstroom gepaard gaat met grotere snelheden. Zie de discussie van P.K. Else en C.A. Nash, *A reformulation of the theory of optimal congestion taxes*, *Journal of Transport Economics and Policy*, 1981, blz. 217-232, 1982, blz. 295-299 en 299-304.

3 A.C. Pigou, *Wealth and welfare*, Macmillan, Londen, 1920. Pigouviaanse heffingen hebben overigens niet alleen in de vervoerseconomie, maar ook in de milieu-economie (veelal onder de naam 'polluter pays principle') een centrale plaats verworven. Zie bijvoorbeeld W.J. Baumol en W.E. Oates, *The theory of environmental policy*, tweede druk, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.

4 Zie voor een beknopt literatuuroverzicht van de maatschappelijke haalbaarheid van congestieheffingen: E.T. Verhoef, P. Nijkamp en P. Rietveld, *The social feasibility of road pricing: a case study for the Randstad area*, *Journal of Transport Economics and Policy*, 1997, blz. 255-276. Zie tevens E.T. Verhoef, P. Nijkamp en P. Rietveld, [De acceptatie van rekeningrijden](#), *ESB*, 17 april 1996, blz. 341-345.

5 Zie bijv. H.W. Richardson, *A note on the distributional effects of road pricing*, *Journal of Transport Economics and Policy*, 1974, blz. 82-85.

6 W.S. Vickrey, *Congestion theory and transport investment*, *American Economic Review*, 1969, (Papers and Proceedings), blz. 251-260.

7 C.-H. Lai, *Queuing at a bottleneck with single- and multi-step tolls*, *Transportation Research A*, 1994, blz. 197-208.

8 R.M. Braid, *Peak-load pricing of a transportation route with an unpriced substitute*, *Journal of Urban Economics*, 1996, blz. 179-197; E.T. Verhoef, P. Nijkamp en P. Rietveld, *Second-best congestion pricing: the case of an untolled alternative*, *Journal of Urban Economics*, 1996, blz. 279-302.