

Tijdschrift Vervoerswetenschap

Het compromiseffect in mobiliteitskeuzes, en de potentie van spijtminimalisatie-modellen / pagina 136

Wat leren modellen ons over de samenhang tussen transport en economie? / pagina 142

Het maatschappelijk verantwoorde navigatiesysteem. Route optimalisatie vanuit maatschappelijk oogpunt / pagina 152

De evaluatie van ruimtelijke afwegingsvraagstukken:
via Maatschappelijke Kosten Baten Analyse of via Multi Criteria Analyse? / pagina 162

Inhoud

Redactionele Signalen, pagina 135

Chorus, Arentze en Timmermans

Het compromiseffect in mobiliteitskeuzes en de potentie van spijtminimalisatie-modellen, pagina 136

van de Vooren

Wat leren modellen ons over de samenhang tussen transport en economie?, pagina 142

Joustra, Hoogendoorn en Sanders

Het maatschappelijk verantwoorde navigatiesysteem. Route optimalisatie vanuit maatschappelijk oogpunt, pagina 152

Bos

De evaluatie van ruimtelijke afwegingsvraagstukken: via Maatschappelijke Kosten Baten Analyse of via Multi Criteria Analyse?, pagina 162

Simons

Europarubriek, pagina 169

Hierin staat het verordeningvoorstel voor een spoorwegwet voor het goederenvervoer centraal met onder de actualiteiten in dit nummer de Europese Commissieplannen voor 2009, de aftrap voor een nieuw TEN-T agentschap en een handige wegwijzer voor Europese haven- en vervoersdossiers.

Colofon

Jaargang 44, nummer 4

Het Tijdschrift Vervoerswetenschap is een kwartaaluitgave van de Stichting Vervoerswetenschap.

Het tijdschrift is opgericht in 1960; oprichter prof. dr. H.C. Kuiler.

Sinds 1 januari 2007 wordt het Tijdschrift Vervoerswetenschap uitgegeven door de Stichting Vervoerswetenschap.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

© Copyright 2008,
Stichting Vervoerswetenschap, Delft
ISSN 1571 - 9227

Uitgever

Stichting Vervoerswetenschap
Correspondentieadres:
TNO
Postbus 49
2600 AA Delft
Tel 015 269 6811
Fax 015 269 6050
stichting.vervoerswetenschap@gmail.com

Redactie

Prof. ir. L.H. Immers, voorzitter, Dr. D.H. Drenth, secretaris, Prof. dr. ir. E.C. van Berkum, Prof. dr. M.J. Dijkstra, Prof. dr. G de Jong, Drs. W. Korver, Prof. dr. H.J. Meurs, Dr. Th. E. Notteboom, Prof. dr. J. Oosterhaven, Prof. dr. P. Rietveld, Prof. dr. ir. L.A. Tavasszy, Prof. dr. ing. G.R. Teisman, Drs. D.M. van de Velde, Prof. dr. E. Van de Voorde, Ir. E.J. Verroen, Ir. J. van der Waard, Prof. drs. J.G. de Wit, Prof. dr. F. Witlox

Abonneeadministratie

Dr. D.H. Drenth
0487 51 4485
stichting.vervoerswetenschap@gmail.com

Abonnement per jaar € 135,00 incl. BTW, incl. porto. Opzeggingen uitsluitend schriftelijk voor 1 november. Wijzigingen van tenaamstelling en/of adres zo spoedig mogelijk doorgeven.

Redactiesecretariaat

Dr. D.H. Drenth
0487 51 4485
stichting.vervoerswetenschap@gmail.com
Voor informatie over het aanbieden van artikelen waaronder aanwijzingen voor auteurs en alle andere vragen.

Ontwerp en realisatie

Argus, Rotterdam

Tijdschrift Vervoerswetenschap

Een aanzienlijk deel van de transportmodellen die ontwikkeld zijn in de laatste dertig jaar is te beschouwen als keuzemodellen, waarin keuzen van individuele reizigers (soms ook groepen, soms ook bedrijven) worden gemodelleerd. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om de keuze van het aantal auto's in het huishouden, de woonlocatie, de reisfrequentie, de verwoerwijzekeuze, de bestemmingskeuze, de vertrektijdstipkeuze en/of de routekeuze. Vrijwel al deze keuzemodellen gaan ervan uit dat de besluitvormer een keuze maakt uit de beschikbare alternatieven door te kiezen voor het alternatief dat hem of haar het hoogste nut oplevert. Omdat de onderzoeker niet alle factoren die het nut van de reiziger beïnvloeden kent en goed kan meten, worden in het model storingstermen toegevoegd, die trekkingen zijn uit een kansverdeling. Dit is in een notendop het stochastische nutsmodel of *random utility model* (RUM), zoals de Nobelprijswinnaar in de economie uit 2000, Daniel McFadden, het oorspronkelijk noemde. Gezien het aantal toepassingen, is het idee van stochastische nutsmaximalisatie een buitengewoon vruchtbaar idee geweest. Ook in Nederland veel gebruikte transportmodellen als het Landelijk Model Systeem (LMS) en het Nieuw Regionaal Model (NRM) zijn hierop gebaseerd.

Het RUM paradigma is herhaaldelijk bekritiseerd, waarbij het er voornamelijk om ging dat mensen in werkelijkheid andere beslisseregels zouden hanteren dan nutsmaximalisatie. Jarenlang kon deze kritiek redelijk eenvoudig afgewimpeld worden door te stellen dat er geen goed werkende en breed gedragen alternatieven voor RUM waren. Het lijkt erop dat zich nu volwaardige alternatieven aan het ontwikkelen zijn. In het eerste artikel presenteren Chorus, Arentze en Timmermans van de TU Delft en de TU Eindhoven een alternatieve beslisseregels: de stochastische spijtminimalisatie of *random regret minimization* (RRM). Deze benadering gebruikt dezelfde filosofie over het toevoegen van storingstermen als RUM, maar de besluitvormer kiest het alternatief dat hem of haar de minste spijt oplevert. Daartoe worden de alternatieven per kenmerk (bijvoorbeeld reistijd) met elkaar vergeleken. Een belangrijk verschil met de RUM benadering is dat een compromisalternatief (dat op alle kenmerken gemiddeld scoort) bij RRM een grotere kans heeft om gekozen te worden dan bij RUM. Een beleidsimplicatie bij gebruik van RRM is dan dat het loont om een alternatief (bijvoorbeeld een verwoerwijze of route) te positioneren als compromisalternatief. Waar compromiseffecten dus mogelijk een rol spelen, lijkt het zinvol om naast RUM ook RRM uit te proberen. De auteurs passen zowel RUM als RRM toe op een keuze uit 14 parkeergelegenheden op de campus van de TU Eindhoven. Zij vinden voor deze keuze dat het RRM een betere modelfit en meer significante parameters oplevert dan het RUM.

Het tweede artikel van Van de Vooren (Universiteit Antwerpen) bestrijkt een veld dat breder is dan transportmodellen, door te kijken naar de wijze waarop de samenhang tussen transport en economie is weergegeven. Dit is des te meer relevant nu er stemmen opgaan om de economie te stimuleren door transportprojecten. In deze overzichtspaper wordt informatie geboden over een groot aantal modellen, die ontwikkeld zijn voor Nederland, of voor Europa en ook voor Nederland relevant zijn. Zowel personen- als goederenvervoer wordt meegenomen. Van de Vooren maakt onderscheid tussen modellen waarin er een invloed is van de economie op transport (zoals de meeste transportmodellen), modellen waarin het transport de

economie beïnvloedt (zoals typische locatiemodellen) en modellen met wederzijdse beïnvloeding van transport en economie. Binnen iedere categorie worden meerdere concrete modellen besproken. Ook worden al deze modellen systematisch met elkaar vergeleken en worden de mogelijkheden van koppeling van modellen onderzocht. Het beste model voor alle vragen bestaat niet. Voor sommige toepassingen, met name voor evaluatie van transportprojecten waar belangrijke indirecte economische effecten zijn te verwachten, is het van belang dat het model of de modelcombinatie om kan gaan met de wisselwerking tussen transport en economie.

De beide andere artikelen betreffen maatschappelijke evaluaties van transportprojecten of transportbeleid. Joustra, Hoogendoorn en Sanders van ARCADIS en de TU Delft stellen dat navigatiesystemen, zoals die tegenwoordig in vele auto's zijn aan te treffen, de routes bieden die optimaal zijn voor de individuele gebruikers. Maar waar gebruikers geen rekening mee houden is de maatschappelijke overlast die ze veroorzaken (zoals files, emissies van schadelijke stoffen). De auteurs voeren een analyse uit van een navigatiesysteem dat maatschappelijk optimale routes adviseert, dus routes waarin ook de maatschappelijke overlast in de gebruikskosten wordt meegerekend. Net als bij eerste paper betreft de toepassing de omgeving van de eigen universiteit, hier het netwerk van Delft. De uitkomst is dat per ochtendspits 45% maatschappelijke overlast kan worden bespaard, vergeleken met routekeuze op basis van minimalisatie van alleen reistijd of reisafstand. De opofferingen voor de gebruikers in de vorm van extra tijd en afstand zijn minimaal. Blijft wel de vraag hoe een weggebruiker overtuigd kan worden om te kiezen voor een voor hem of haar (net iets) slechtere oplossing.

Het laatste artikel, van de hand van Bos van het LEI is, net als het artikel van Van de Vooren voor een belangrijk deel een overzichtartikel. Methoden voor projectevaluatie, zoals maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) en multi-criteria analyse (MCA), en hun onderscheidende kenmerken, worden systematisch in het gelid gezet. Het Overzicht Effecten Infrastructuur (OEI) heeft voor een nuttige standaard gezorgd. Anderzijds kan een dergelijke leidraad ook als knellend worden ervaren. Ook gezien de momenteel sterk overheersende positie van MKBA in Nederland is het verfrissend om te zien dat de vraag of in een project MKBA of MCA moet worden gebruikt in dit artikel met een open vizier wordt benaderd. Ook worden de voor- en nadelen van een combinatie van MKBA en MCA besproken. De auteur eindigt met aanbevelingen welke methode wanneer het beste past: 'evalueer alvorens te evalueren'.

In de Europarubriek tenslotte gaat Jan Simons met name in op het Europese spoorwegwet voor goederenvervoer, waarover de Europese Commissie een verordeningvoorstel goedkeurde.

De werkelijkheid is altijd complexer dan het model, en een model kan zowel te simpel als te eenvoudig zijn, afhankelijk van de vragen die het moet beantwoorden. De artikelen in dit nummer bieden handvatten om te kiezen tussen modellen die gebaseerd zijn op verschillende paradigma's, tussen modellen die al dan niet de wisselwerking met de economie weergeven, tussen verschillende optimalisatiecriteria voor routekeuze en tussen verschillende evaluatiemethoden. Wat de beste keuze is hangt vooral af van welke vragen er gesteld worden. De redactie wenst de lezers zowel veel leesplezier als veel goede vragen.

Het compromiseffect in mobiliteitskeuzes en de potentie van spijtminimalisatie-modellen

Caspar G. Chorus*, Theo A. Arentze** en Harry J.P. Timmermans**

* Faculteit Techniek, Bestuur & Management, TU Delft

** Faculteit Bouwkunde, TU Eindhoven

Samenvatting

Dit paper presenteert een random spijtminimalisatie-benadering voor het modelleren van mobiliteitskeuzes. We laten zien dat dit paradigma geschikt is om een specifieke, vaak voorkomende vorm van non-compensatorisch gedrag te beschrijven die bekend staat als het 'compromiseffect'. Het compromiseffect stelt dat mensen geneigd zijn om een alternatief te prefereren dat gemiddeld scoort op relevante attributen, boven een alternatief dat zeer goed scoort op sommige attributen en zeer slecht op andere, even belangrijke attributen. Een empirische vergelijking tussen een parkeerkeuze-model gebaseerd op de random spijtminimalisatie-benadering en één dat is gebaseerd op haar natuurlijke tegenhanger, de random nutsmaximalisatie-benadering, toont dat de spijtminimalisatie-benadering gemaakte keuzes beter verklaart.

Summary

This paper presents a Random Regret Minimisation (RRM)-approach to modelling travel choices. We show the potential of the approach to capture a specific, empirically well-documented form of non-compensatory behaviour known as the compromise effect. This compromise effect postulates that people are inclined to prefer alternatives that perform mediocre on relevant attributes, over alternatives that score very well on some attributes and very poorly on others. An empirical comparison with its natural counterpart Random Utility Maximization, based on a revealed parking choice set, shows the potential of RRM in terms of goodness-of-fit.

Keywords: Spijtminimalisatie, Nutsmaximalisatie, Discrete Keuze-Analyse, Parkeerkeuzes

1. Introductie

Al ruim dertig jaar is het random nutsmaximalisatie model de standaard in gedesaggregeerd onderzoek naar woonlocatie-, bestemmings-, vervoerswijze-, route- en vertrektijdstopkeuzes (zie McFadden (1974) voor het artikel dat de doorbraak van de random nutsmaximalisatie-benadering inluidde, en Ben-Akiva (1974) voor een vroege toepassing in een mobiliteitscontext). Deze zogenaamde RUM-modellen, waar 'RUM' staat voor Random Utility Maximization, veronderstellen dat mobiliteitskeuzes begrepen kunnen worden als resulterend uit een proces van nutsmaximalisatie binnen een gedefinieerde keuzeset.

Het nut van een alternatief uit die keuzeset is de som van een deterministische en stochastische component. De deterministische component bestaat typisch uit een additieve lineaire functie van kenmerken van het alternatief (de attributen) en wegingsfactoren die richting en grootte van de preferenties van de reiziger representeren (de te schatten parameters). De stochastische component reflecteert het onvermogen van de analist om het nut van een alternatief foutloos te achterhalen voor elke gegeven reiziger en situatie. Verschillende specificaties van de verdeling van deze stochast leiden tot verschillende formuleringen voor de keuzekansen voor verschillende alternatieven uit de keuzeset (bekende voorbeelden zijn, naast het klassieke MultiNomiaal Logit of MNL-model, het Nested Logit en Mixed Logit-model). Zonder overdrijven kan gesteld worden dat de random nutsmaximalisatie-benadering, in al haar verschillende verschijningsvormen, heeft gezorgd voor een revolutie binnen het vakgebied van transportanalyse.

Naast het succes van RUM-modellen is er ook kritiek op de wijze waarop deze het keuzeproces weergeven; met name is er een groeiend aantal studies dat aangeeft dat de veronderstelling van compensatorisch keuzegedrag die veel RUM-modellen (impliciet) doen, ongegrond is en in strijd met veel empirische en theoretische onderzoeksgegevens (zie bijvoorbeeld Foerster (1978), Swait (2001) en Killi et al. (2007)). De veronderstelling van compensatorisch keuzegedrag houdt in dat een daling in de prestatie van het alternatief (bijvoorbeeld een vervoerswijze) in termen van het ene attribuut (bijvoorbeeld reiskosten) volledig kan worden goedgemaakt door een stijging in de prestatie in termen van een ander attribuut (bijvoorbeeld reistijd). In de praktijk blijken veel reizigers dit soort afwegingen echter lang niet altijd te maken.

Dit paper¹ presenteert een benadering voor keuzemodellering die geschikt is om een specifieke vorm van zulk non-compensatorisch gedrag, in de marketingliteratuur bekend als het 'compromiseffect', te beschrijven. Het compromiseffect is het zeer robuuste empirisch verschijnsel dat mensen geneigd zijn om een alternatief te prefereren dat gemiddeld scoort op relevante attributen, boven een alternatief dat zeer goed scoort op sommige attributen en zeer slecht op andere, even belangrijke attributen. Blijkbaar wordt een zeer slechte score op één attribuut maar in beperkte mate 'goedgemaakt' door een zeer goede score op een ander attribuut. Deze vorm van non-compensatorisch keuzegedrag is vooral goed gedocumenteerd in onderzoek naar keuzes voor consumentengoederen (zie bijvoorbeeld Simonson (1989), Wernerfelt (1995) en Kivetz et al. (2004)), maar lijkt ook zeer relevant voor onderzoek naar mobiliteitskeuzes zoals keuzes tussen vertrektijdstoppen, routes, vervoerwijzen, parkeerplaatsen, bestemmingen of autotypen.

In dit paper laten we zien hoe een door ons ontwikkelde modelleeraanpak, genaamd de random spijtminimalisatie-benadering, in staat is om het compromiseffect te beschrijven zonder gebruik te maken van meer parameters dan in een corresponderend RUM-model voor-

komen. Eerst presenteren wij het RRM-paradigma (waar RRM staat voor Random Regret Minimization) als tegenhanger van conventionele RUM-modellen (paragraaf 2.1), voordat we laten zien hoe RRM-modellen in staat zijn om het gevraagde compromiseffect op intuïtieve wijze te voorspellen (paragraaf 2.2). Vervolgens analyseren we RRM en RUM in termen van modelfit, gebruik makend van een dataset met keuzes voor parkeerplekken (paragraaf 3), en sluiten we af door conclusies en beleidsimplicaties te formuleren (paragraaf 4).

Een eerste afbakening van dit artikel betreft de grootte van de keuzeset: we behandelen hier keuzesets met meer dan twee alternatieven (zie Chorus et al. (In druk) voor een beschouwing van binaire keuzesets, waarin het begrip 'compromiseffect' geen specifieke betekenis heeft). Tot slot beperken we ons tot keuzesituaties waarbij onzekerheid geen rol speelt; toepassing van een RRM-model in een situatie waar attributen als reistijden en -kosten onzeker zijn in de ogen van de reiziger is te vinden in Chorus et al. (2008).

2. Het modelleren van het compromiseffect spijtminimalisatie

2.1 De random spijtminimalisatie-benadering (RRM)

De RRM-benadering laat zich het best uitleggen in de context van een keuzeset van drie alternatieven (bijvoorbeeld vervoerswijzen i, j, k) met elk twee kenmerken (bijvoorbeeld reistijd (x) en reiskosten (y)). RRM veronderstelt dat de keuzes van een individu kunnen worden gemodelleerd door middel van de volgende serie veronderstellingen:

- De reiziger kiest uit $\{i, j, k\}$ het alternatief met de minste random spijt (RR of Random Regret).
- Random spijt, bijvoorbeeld van alternatief i , heeft een deterministische en een stochastische component: $RR(i) = R(i) + \epsilon(i)$.
- De stochastische component $\epsilon(i)$ heeft, net als in een regulier MNL-model, een zogenaamde 'i.i.d. Extreme Value Type I'-verdeling en standaarddeviatie $\pi/\sqrt{6}$.
- De deterministische spijtcomponent $R(i)$ komt overeen met het maximum van twee waarden: de hoeveelheid spijt $R(ij)$ die het individu ervaart door i te vergelijken met j , en de hoeveelheid spijt $R(ik)$ die het individu ervaart door i te vergelijken met k . Levert de vergelijking van i met j meer (minder) spijt op dan die van i met k , dan is deze laatste (eerste) categorie spijt irrelevant. In formulevorm: $R(i) = \max\{R(ij), R(ik)\}$.
- De hoeveelheid spijt die correspondeert met de vergelijking van i met een ander alternatief, zeg j , bestaat uit de som van de hoeveelheden spijt die volgen uit de vergelijking op basis van de twee attributen (x (reistijd), en y (reiskosten)). In formulevorm: $R(ij) = R(ij;x) + R(ij;y)$.
- Als i beter presteert dan j in termen van een attribuut, zeg x (reistijd), genereert de vergelijking van i met j in termen van x geen spijt². Als i minder presteert dan j in termen van reistijd genereert de vergelijking van i met j in termen van x een hoeveelheid spijt die gelijk is aan het product van het verschil in reistijd en een te schatten parameter $\beta(x)$. Zodoende geeft de parameter het belang van het attribuut weer. In formulevorm: $R(ij;x) = \max\{0, \beta(x) * (x(j) - x(i))\}$.

Samenvattend postuleert RRM dat de aantrekkelijkheid van een alternatief afhangt van (negatief correleert met) de mate waarin het

op één of meer van zijn attributen minder presteert dan een niet-gekozen alternatief. Dit in tegenstelling tot de RUM-benadering, die stelt dat de aantrekkelijkheid van een alternatief louter afhangt van zijn eigen prestaties. De hierboven gepresenteerde veronderstellingen van het RRM-perspectief op het keuzeproces van individuen resulteren in een variant van de standaard-logit keuzekans P voor elk alternatief uit de keuzeset. In formulevorm: $P(i) = \exp(-R(i)) / (\exp(-R(i)) + \exp(-R(j)) + \exp(-R(k)))$. Zie overigens Chorus et al. (2008) voor een meer formele discussie over de econometrische onderbouwing van dit resultaat en de uitbreiding naar Mixed Logit-modelvormen.

2.2 RRM en het compromiseffect: een voorbeeld

Het volgende voorbeeld laat zien hoe het RRM-model werkt in de praktijk, en hoe het model de aanwezigheid van compromiseffecten voorspelt. Beschouw een reiziger die kiest tussen drie routes i, j, k . Routes verschillen enkel in termen van reistijd (in minuten) en reiskosten (in euro's). Reistijd wordt gewaardeerd als -0.1 / minuut, en reiskosten als -0.4 / euro, wat wil zeggen dat de reiziger een reistijdwaardering heeft van 15 euro per uur ($= (-0.1 / -0.4) * 60$). De routes presteren als volgt: $i = \{30 \text{ min}, 8 \text{ euro}\}$, $j = \{45 \text{ min}, 4 \text{ euro}\}$, $k = \{60 \text{ min}, 0 \text{ euro}\}$. Met andere woorden: i is snel en duur, k is langzaam maar goedkoop en j is een typisch compromiseffect dat gemiddeld scoort op zowel reistijd als reiskosten.

Als referentie berekenen we eerst het nut van de drie alternatieven, zoals dat voorspeld wordt door een conventioneel, lineair-additief MNL-model. Het deterministische nut van alternatief i is gelijk aan $30 * (-0.1) + 8 * (-0.4) = -6.2$. Het nut van j , op dezelfde wijze berekend, is gelijk aan -6.1 en dat van k is gelijk aan -6 . De bijbehorende keuzekansen zijn te vinden in Tabel 1 en geven aan dat hoewel alle alternatieven ongeveer even veel kans hebben gekozen te worden, k het meest populaire alternatief blijkt.

Dan nu het RRM-model. We geven de berekening in zijn geheel weer voor alternatief i , en geven voor j en k enkel de uitkomsten weer (Tabel 1). Gebruik makend van de notering zoals weergegeven in paragraaf 2.1, kan de hoeveelheid spijt van alternatief i in de volgende zeven stappen berekend worden:

- $R(ij;\text{reistijd}) = \max\{0, -0.1 * (45 - 30)\} = 0$. Met andere woorden: omdat i sneller is dan j is er geen spijt verbonden aan de vergelijking van i met j in termen van het attribuut reistijd.
- $R(ij;\text{reiskosten}) = \max\{0, -0.4 * (4 - 8)\} = 1.6$. Met andere woorden: omdat j duurder is dan i is er spijt verbonden aan de vergelijking van i met j in termen van het attribuut reiskosten.
- $R(ij) = R(ij;\text{reistijd}) + R(ij;\text{reiskosten}) = 0 + 1.6 = 1.6$. Dit is de spijt die verbonden is aan de vergelijking van i met j .
- $R(ik;\text{reistijd}) = \max\{0, -0.1 * (60 - 30)\} = 0$. Met andere woorden: omdat i sneller is dan k is er geen spijt verbonden aan de vergelijking van i met k in termen van het attribuut reistijd.
- $R(ik;\text{reiskosten}) = \max\{0, -0.4 * (0 - 8)\} = 3.2$. Met andere woorden: omdat k duurder is dan i is er spijt verbonden aan de vergelijking van i met k in termen van het attribuut reiskosten.
- $R(ik) = R(ik;\text{reistijd}) + R(ik;\text{reiskosten}) = 0 + 3.2 = 3.2$. Dit is de spijt die verbonden is aan de vergelijking van i met k .
- $R(i) = \max\{R(ij), R(ik)\} = \max\{1.6, 3.2\} = 3.2$. De vergelijking met j is irrelevant, omdat de vergelijking met k meer spijt oplevert.

Tabel 1: Keuzekansen voorspeld door RUM- en RRM-modellen voor een fictieve routekeuze

Route	Reistijd (min)	Reiskosten (euro)	RUM-model		RRM-model	
			Nut	Kans	Spijt	Kans
i	30	8	-6.2	30%	3.2	14%
j	45	4	-6.1	33%	1.6	69%
k	60	0	-6	37%	3	17%

Tabel 2: Keuzekansen voorspeld door RUM- en RRM-modellen voor een fictieve routekeuze (met een minder uitgesproken compromisalternatief)

Route	Reistijd (min)	Reiskosten (euro)	RUM-model		RRM-model	
			Nut	Kans	Spijt	Kans
i	30	8	-6.2	28%	3.2	23%
j	35	6	-5.9	38%	2.4	50%
k	60	0	-6	34%	3	27%

Tabel 1 laat duidelijk zien dat de voorspellingen van het RRM-model fors afwijken van die van het RUM-model. Het RRM-model geeft aan dat het compromisalternatief een veel grotere kans heeft om gekozen te worden door de reiziger dan de twee alternatieven met meer extreme prestaties op de verschillende attributen. Het dient hier opgemerkt te worden dat de verschillen tussen de voorspellingen van RUM-modellen en RRM-modellen niet noodzakelijkerwijs van dezelfde orde zijn als het geval is in ons voorbeeld, waar een prototypisch compromisalternatief aanwezig is.

Het kan bewezen worden dat het verschil tussen RRM en RUM maximaal is, wanneer er een alternatief is dat, rekening houdend met de weging van de verschillende attributen, werkelijk gemiddeld scoort ten opzichte van de andere aanwezige alternatieven. In formulevorm: het verschil tussen RUM en RRM in termen van de voorspelde keuzekansen voor alternatief j is het grootst wanneer $\beta(x) * (x(i) - x(j)) = \beta(y) * (y(k) - y(j))$. In het geval van ons voorbeeld is dit zo ongeveer het geval $(\beta(x) * (x(i) - x(j)) = 1.5; \beta(y) * (y(k) - y(j)) = 1.6)$. Wanneer j meer extreem gaat scoren op één van de attributen, en zijn status als compromisalternatief verliest, zullen de voorspellingen van RUM en RRM steeds meer overeenkomen.

Ter illustratie van deze stelling is het zinvol nog eens terug te komen op het routekeuze-voorbeeld uit Tabel 1. Stel dat route j iets duurder wordt (6 euro in plaats van 4) in ruil voor een winst in reistijd (35 minuten in plaats van 45). Met andere woorden: alternatief j is minder dan voorheen een uitgesproken compromisalternatief. Tabel 2 geeft de bijbehorende nutten, spijtniveaus en keuzekansen zoals die door het RUM- respectievelijk RRM-model worden berekend.

Hoewel ook in de nieuwe situatie alternatief j door RRM hoger wordt aangeslagen dan door RUM, zijn de verschillen duidelijk kleiner dan in de situatie waar j zich qua prestaties op de twee attributen exact in het midden van i en k bevond. Beide modellen wijzen nu j aan als het meest populaire alternatief, en de gemiddelde absolute waarde van het verschil in voorspelde marktaandeelen tussen RRM en RUM loopt terug van 24 procentpunt (situatie met uitgesproken compromisalternatief) tot 8 procentpunt (situatie met een minder uitgesproken compromisalternatief).

3. Een empirische vergelijking tussen RRM en RUM op basis van parkeerkeuze-data

Paragraaf 2 heeft beschreven hoe RRM en RUM van elkaar verschillen in termen van de toegedichte keuzekansen aan compromisalternatieven. Het is nu de vraag hoe dit theoretische verschil zich vertaalt in een empirisch verschil in geschatte parameters en modelprestaties, wanneer de twee modellen geschat worden op keuzedata. We maken gebruik van een dataset met waargenomen parkeerkeuzes (van der Waerden et al. (2008)) om de twee modellen benaderingen empirisch te testen.

3.1 De dataset

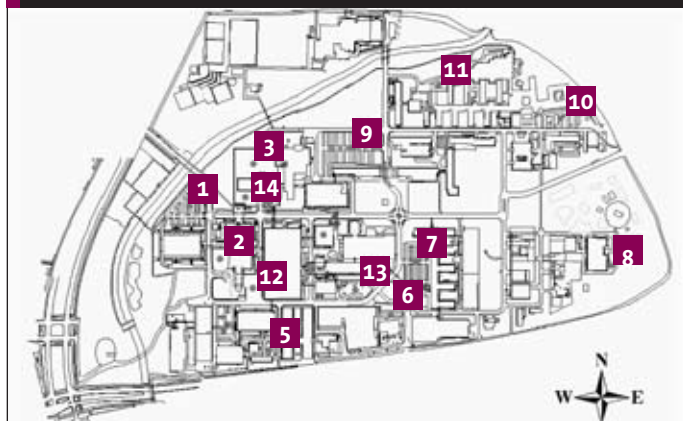
Het belang van parkeerbeleid neemt toe als gevolg van de wens om congestie in de nabijheid van aantrekkelijke bestemmingen als winkelcentra, stadscentra, pretparken en universiteiten te reduceren (zie bijvoorbeeld Hensher & King (2001) en Anderson & de Palma (2007) voor recente overzichten van mogelijke redenen voor en effecten van parkeerbeleid). Het is vanzelfsprekend dat zulk parkeerbeleid enkel effectief is wanneer het gebaseerd is op een goed begrip van parkeerkeuze-gedrag. Deze constatering heeft recentelijk geleid tot een groeiende interesse voor empirisch onderzoek naar de preferenties van automobilisten aangaande parkeerplaatsen (zie bijvoorbeeld Hess & Polak (2004), Lam et al. (2006)).

Voor onze empirische vergelijking tussen RRM en RUM maken we gebruik van daadwerkelijk gemaakte parkeerkeuzes, waargenomen door van der Waerden et al. (2008) op de campus van de TU Eindhoven. In totaal werden 517 interviews afgenomen waarin onder andere naar de laatst gemaakte parkeerkeuze werd gevraagd uit de keuzeset van 14 beschikbare parkeergelegenheden op de campus. Figuur 1 toont de locatie van de parkeergelegenheden; Tabel 3 geeft enkele relevante kenmerken van de steekproef weer.

3.2 De modelschattingen: vergelijking tussen RUM en RRM

Tabel 4 presenteert het best passende lineair-additieve MNL-model (als representant van de RUM-benadering) en de best passende

Figuur 1: de locatie van de 14 parkeergelegenheden



(bron: van der Waerden et al. (2008))

Tabel 3: Respondentenkenmerken

Kenmerk	Niveau	Frequentie (N = 517)	Percentage
Geslacht	Man	531	24.2
	Vrouw	170	75.6
	Onbekend	1	0.1
Leeftijd	< 25 jaar	223	31.8
	≥ 25 jaar, < 45 jaar	311	44.3
	≥ 45 jaar	167	23.8
	Onbekend	1	0.1
Relatie met TU Eindhoven	Student	277	39.5
	Werknemer	359	51.1
	Anders	65	9.3
	Onbekend	1	0.1
Woonachtig	Eindhoven	211	30.1
	Buiten Eindhoven	487	69.4
	Onbekend	4	0.6
Bezoekfrequentie TU Eindhoven	4 tot 5 keer per week	284	40.5
	1 tot 3 keer per week	222	31.6
	Minder dan 1 keer per week	196	27.9
	Onbekend	-	-
Aankomsttijd	Voor 9:00 uur	271	38.6
	Tussen 9:00 en 13:00 uur	271	38.6
	Na 13:00 uur	33	4.7
	Onbekend	-	-

(bron: van der Waerden et al. (2008))³

tegenhanger uit de RRM-benadering met dezelfde veronderstelde kansverdeling voor de stochastische termen⁴. Parameters die een verwacht teken hebben en significant zijn bij een eenzijdig significantieniveau van 5% zijn onderlijnd ($|t| > 1.67$). Voor de constanten is een tweezijdige toets is uitgevoerd omdat er geen a priori verwachtingen waren aangaande het teken ($|t| > 1.96$). Merk op dat zowel het RUM-model als het RRM-model een maximale modelfit behaalde wanneer constanten werden geschat voor 10 van de 14 parkeergelegenheden (1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12 en 13). De overige vier parkeergelegenheden functioneren hierdoor als referentiealternatief in termen van ongeobserveerde kenmerken. Naast de constanten werden de volgende parameters geschat:

- ATL_PLEKKEN refereert naar het aantal beschikbare parkeerplaatsen op een gegeven parkeergelegenheid (variërend van 30 tot 298). Verwacht teken: +.

- MANOUV_RUIMTE refereert naar de beschikbaarheid van ruimte voor het manoeuvreren van de auto binnen de parkeergelegenheid (dummy-gecodeerd: 1 = ja, 0 = nee). Verwacht teken: +.
- VOORRANG is ook dummy-gecodeerd (1 = ja, 0 = nee) en geeft aan of de automobilist al dan niet voorrang heeft bij het verlaten van de parkeergelegenheid. Verwacht teken: +.
- AFSTAND refereert naar de afstand tussen de parkeergelegenheid en de werk- of studieplek van de automobilist: 1 staat voor ongeveer 100 meter, 2 voor ongeveer 300 meter en 3 voor ongeveer 500 meter. Verwacht teken: -.

Tabel 4: Empirische vergelijking RUM en RRM op basis van waargenomen parkeerkeuzes

Variabele	RUM-model		RRM-model	
	Parameter	t-waarde	Parameter	t-waarde
ATL_PLEKKEN	0.7161	0.866	2.4415	5.165
MANOUV_RUIMTE	0.3840	0.722	0.1503	0.090
VOORRANG	-0.6005	-1.273	2.0857	1.784
AFSTAND	-3.6336	-17.049	-6.6249	-8.688
CONSTANT_1	0.4790	0.592	1.2430	2.228
CONSTANT_2	1.9217	3.923	-0.9796	-3.820
CONSTANT_3	0.8233	0.629	1.4743	2.308
CONSTANT_5	1.3567	3.018	-1.3402	-3.795
CONSTANT_6	0.1033	0.286	-0.7359	-2.413
CONSTANT_7	-0.5477	-1.192	1.2401	3.943
CONSTANT_9	-1.2605	-0.706	2.8255	2.170
CONSTANT_10	1.6934	2.220	-0.5556	-1.193
CONSTANT_12	0.8529	2.077	-0.5777	-2.350
CONSTANT_13	0.0151	0.035	-1.1002	-3.312
0-Log-Likelihood	-1360		-1360	
Log-likelihood bij convergentie	-678		-660	
Pseudo-R-kwadraat	0.501		0.515	
Aantal waarnemingen	517		517	

Het verschil in modelfit in het voordeel van RRM (18 Log-likelihoodpunten of 1.5 procentpunt) is niet verwaarloosbaar. Hierbij dient opgemerkt te worden dat beide modellen evenveel parameters 'consumeren', waardoor er geen vertekend beeld ontstaat bij het vergelijken van de Log-likelihoodwaardes. Het verschil in modelfit is dus volledig te herleiden tot het verschil in modelstructuur. Zoals in paragraaf 2 uiteengezet en geïllustreerd, is dit verschil in structuur op zijn beurt te herleiden tot de hogere keuzekansen die het RRM-model toekent aan alternatieven die, relatief aan de overige alternatieven in de keuzeset, een compromisrol vervullen (op relevante artikelen gemiddeld, in plaats van extreem, scores).

Kijkend naar de afzonderlijke parameterschattingen, valt op dat beide modellen verwachte tekens toekennen aan parameters waarvoor a priori tekenverwachtingen bestonden. De enige parameter

met onverwacht teken is de verre van significante parameter voor VOORRANG in het RUM-model. Wat opvalt, is dat het RRM-model een groter aantal significante parameters identificeert dan het RUM-model. Dit komt niet alleen tot uiting met betrekking tot de geschatte constanten (9 significante constanten ten opzichte van 4 voor het RUM-model), maar ook met betrekking tot de attribuutparameters: het aantal beschikbare plekken en – zij het in mindere mate – het hebben van voorrang bij het verlaten van de parkeer gelegenheid, komen beide wel als significant naar voren in het RRM-model en niet in het RUM-model. Volgens dit laatste model speelt alleen afstand tot de werkplek een rol van betekenis bij de keuze voor een parkeerplek. Alles overziend is het RRM-model duidelijk de geprefereerde modelvorm voor deze dataset.

4. Conclusies, aanbevelingen voor verder onderzoek en beleidsimplicaties

4.1 Conclusies

Dit artikel signaleert het belang van compromiseffecten in mobiliteitskeuzes, en presenteert een nieuwe modelvorm (Random Regret Minimization (RRM) of random spijtminimalisatie) die dit compromiseffect ondervangt. Het compromiseffect, veelvuldig empirisch aangetoond in consumentenonderzoek (e.g. Simonson, 1989; Wernerfelt, 1995; Kivetz et al., 2004), suggereert dat mensen geneigd zijn om een alternatief te prefereren dat gemiddeld scoort op relevante attributen, boven een alternatief dat zeer goed scoort op sommige attributen en zeer slecht op andere, even belangrijke attributen. RRM-modellen postuleren dat de aantrekkelijkheid van een alternatief afhangt van (negatief correleert met) de mate waarin het op één of meer van zijn attributen minder presteert dan een niet-gekozen alternatief.

We hebben laten zien hoe deze nieuwe RRM-modelvorm – in meerdere opzichten een tegenhanger van de welbekende random nuts-maximalisatie (RUM) – in staat is om, zonder gebruik te maken van additionele parameters, de aanwezigheid van compromiseffecten te identificeren en te verklaren. Een empirische vergelijking tussen de twee benaderingen (RUM en RRM) op basis van parkeerkeuze-data, verzameld op de campus van de TU Eindhoven, laat zien hoe RRM een hogere mate van modelfit bereikt en meer significante parameters identificeert.

4.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Een eerste, en zeer voor de hand liggende aanbeveling voor verder onderzoek, ligt in het feit dat de hier gepresenteerde empirische analyse natuurlijk te beperkt is om te generaliseren naar andere datasets. Ook in combinatie met eerdere succesvolle RRM-model-schattingen in de context van binaire keuzesets (Chorus et al., in druk) en in de context van onzekere reistijden en –kosten (Chorus et al., 2008) kunnen we hooguit spreken van een indicatie dat RRM potentie biedt als modelvorm voor mobiliteitskeuzes waar compromiseffecten een mogelijke rol spelen. Er is behoefte aan verdere empirische vergelijkingen tussen RUM en RRM, gecombineerd met theoretische analyses die eventuele verschillen in modelprestaties relateren aan de combinatie van de modelvorm en de beschikbare data.

In meer algemene zin willen we wijzen op recente ontwikkelingen in de marketingliteratuur (Steenburgh, 2008) en transportliteratuur (Schüssler & Axhausen, 2007), die zich kenmerken door een toenemende interesse voor de mogelijk onrealistische substitutiepatronen die conventionele RUM-modellen impliceren. In tegenstelling tot de stroom aan literatuur die de oplossing voor dit probleem zoekt in uitbreidingen en varianten op de standaard kansverdelingen van de stochastische foutenterm (zie bijvoorbeeld McFadden & Train (2000), Bhat (2005) en Daly & Bierlaire (2006)), besteden deze recente artikelen aandacht aan hoe deze substitutiepatronen voortvloeien uit de structuur en vorm van het deterministische deel van nutsfuncties in RUM-modellen. Een scala aan modelvormen is recentelijk ontwikkeld om dit probleem te ondervangen, variërend van de introductie van correctiefactoren in Path Size Logit-modellen (zie bijvoorbeeld Hoogendoorn-Lansier et al. (2005)) tot de introductie van compleet nieuwe modelvormen (zoals in dit artikel). Een empirische en theoretische vergelijking van deze modellen, zoals gesuggereerd in Axhausen & Schüssler (2007), is een veelbelovende richting voor verder onderzoek.

4.3 Beleidsimplicaties

Wanneer voor een gegeven keuzesituatie blijkt dat RRM beter dan RUM in staat is waargenomen keuzes te verklaren, is dit te interpreteren als een signaal dat in die keuzesituatie compromiseffecten een niet verwaarloosbare rol spelen bij het tot stand komen van keuzes. Hierop voortbordurend kan een centrale beleidsimplicatie geformuleerd worden in de context van die keuzesituatie: het loont om een alternatief (bijvoorbeeld een route of vervoerswijze) waarvan men het marktaandeel wil verhogen te positioneren als compromisalternatief. Concreet wil dit zeggen dat het in die situatie loont om een attribuut waarop een alternatief slecht scoort in verhouding tot zijn concurrenten (bijvoorbeeld de kans op een zitplaats) te verbeteren, ook als dat ten koste gaat van een even belangrijk attribuut waarop het alternatief bovengemiddeld scoort (bijvoorbeeld prijs). Toepassing van een conventioneel RUM-model zegt dat een investering in comfort in ruil voor een evenredige (in termen van nut) prijsverhoging geen effect heeft, maar RRM denkt daar anders over. Wanneer deze herpositionering ertoe leidt dat het alternatief zich in het midden nestelt van zijn concurrenten, stelt RRM dat dit zal resulteren in vergroting van het marktaandeel.

Een verwante beleidsimplicatie is dat in een context waar een goede fit van RRM-modellen suggereert dat compromiseffecten een rol spelen, het beter is om de prestaties van een alternatief te verbeteren met betrekking tot een attribuut waarop het relatief slecht scoort, dan te investeren in een attribuut waarop het alternatief al sterk staat. Ook al is het nut (gedefinieerd als de mate van verbetering maal het belang van het attribuut) in beide gevallen gelijk, dan nog suggereert de aanwezigheid van compromiseffecten dat het loont om investering te richten op die attributen waarvan verbetering het alternatief in toenemende mate positioneren als compromisalternatief.

Dankwoord

We willen Peter van der Waerden en Aloys Borgers bedanken voor het beschikbaar stellen van de parkeerkeuze-data die we gebruikt hebben voor onze empirische analyses. We bedanken twee anonieme referenten voor het maken van zeer nuttige opmerkingen aangaande een eerdere versie van dit paper.

Referenties

- Anderson, S.P., de Palma, A., 2007. Parking in the city. *Papers in Regional Science*, 86(4), pp. 621-632
- Axhausen, K.W., Schüssler, N., 2007. Similarity, visibility and similar concepts. *Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung*, 458, ETH Zürich, Switzerland
- Ben-Akiva, 1974. Structure of passenger travel demand models. *Transportation Research Record*, 526, pp. 26-41
- Bhat, C.R., 2005. A multiple discrete-continuous extreme value model: formulation and application to discretionary time-use decisions. *Transportation Research Part B*, 39, pp. 679-707
- Chorus, C.G., Arentze, T.A., Timmermans, H.J.P., 2008. A Random Regret Minimization model of travel choice. *Transportation Research Part B*, 42(1), pp. 1-18
- Chorus, C.G., Arentze, T.A., Timmermans, H.J.P., In druk. Spatial choice: A matter of utility or regret? *Environment & Planning Part B*
- Daly, A., Bierlaire, M., 2006. A general and operational representation of General Extreme Value models. *Transportation Research Part B*, 40, pp. 285-305
- Foerster, J.F., 1978. Mode choice decision process models: a comparison of compensatory and non-compensatory structures. *Transportation Research Part A*, 13, pp. 17-28
- Hensher, D.A., King, J., 2001. Parking demand and responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney Central Business District. *Transportation Research Part A*, 35, pp. 177-196
- Hess, S., Polak, J.W., 2004. Mixed logit estimation of parking type choice. Paper presented at the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C.
- Hoogendoorn-Lanser, S., van Ens, R., Bovy, P., 2005. Path Size Modeling in Multimodal Route Choice Analysis. *Transportation Research Record*, 1921, pp. 27-34
- Killi, M., Nossur, A., Veisten, K., 2007. Lexicographic answering in travel choice: insufficient scale extensions and steep indifference curves? *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 7(1), pp. 39-62
- Kivetz, R., Netzer, O., Srinivasan, V., 2004. Alternative models for capturing the compromise effect. *Journal of Marketing Research*, 41, pp. 237-257
- Lam, W.H.K., Li, Z.C., Huang, H.J., Wong, S.C., 2006. Modeling time-dependent travel problems in road networks with multiple user classes and multiple parking facilities. *Transportation Research Part B*, 40, pp. 368-395
- McFadden, D., 1974. Conditional logit analysis of qualitative choice-behaviour. In Zarembka, P., eds. *Frontiers in econometrics*, Academic Press, New York, pp. 105-142
- McFadden, D., Train, K.E., 2000. Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics*, 15(5), pp. 447-470
- Schüssler, N., Axhausen, K.W., 2007. Recent developments regarding similarities in transport modelling. *Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung*, 460, ETH Zürich, Switzerland

Simonson, I., 1989. Choice based on reasons: The case of attraction and compromise effects. *Journal of Consumer Research*, 19, pp. 158-174

Steenburgh, T.J., 2008. The invariant Proportion of Substitution Property (IPS) of discrete-choice models. *Marketing Science*, 27(2), pp. 300-307

Swait, J., 2001. A non-compensatory choice model incorporating attribute cutoffs. *Transportation Research Part B*, 35, pp. 903-928

Van der Waerden, P., Borgers, A., Timmermans, H.J.P., 2008. Modeling parking choice behavior in business areas. Paper presented at the 87th annual meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C.

Wernerfelt, B., 1995. A rational reconstruction of the compromise effect: Using market data to infer utilities. *Journal of Consumer Research*, 21(4), pp. 627-633

Noten

- 1 Dit paper is een verkorte en vertaalde versie van [Chorus, C.G., Arentze, T.A., Timmermans, H.J.P., 2009. Random Regret Minimization: New model properties, policy-implications and empirical comparisons with RUM-modeling. Paper gepresenteerd op de 88e bijeenkomst van de Transportation Research Board, Washington, D.C.].
- 2 Of een alternatief beter of slechter presteert dan een ander alternatief, in termen van een specifiek attribuut, hangt uiteraard af van het teken van de te schatten parameter. Het teken van de parameter is, net als bij nutsmodellen, a priori onbekend (al zijn er voor de meeste attributen uiteraard sterke vermoedens) en wordt simultaan met de grootte van de parameter geschat.
- 3 Zie de bron voor een uitgebreidere discussie over de totstandkoming van de dataverzameling en een interpretatie van de respondentenkenmerken.
- 4 Beide modellen zijn geprogrammeerd in GAUSS 7.0 en geschat met behulp van de MaxLik-routine.
- 5 Merk op dat de constanten van het RRM-model een ander teken hebben dan die van het RUM-model: in tegenstelling tot RUM-constanten staan RRM-constanten voor meer spijt, en lagere keuzekansen.

Wat leren modellen ons over de samenhang tussen transport en economie?

Floris W.C.J. van de Vooren

Universiteit Antwerpen, Departement Transport
en Ruimtelijke Economie*

Samenvatting

Dit artikel beoogt te onderzoeken, op welke wijze de samenhang tussen transport en economie een plaats inneemt in voor Nederland relevante modellen. Er zijn (1) modellen waarin de economie van invloed is op het transport, (2) modellen waarin het transport van invloed is op de economie en (3) modellen waarin een wisselwerking tussen transport en economie bestaat. Koppeling van de modellen ad (1) en (2) verhoogt hun mogelijkheden voor beleidsvorming en beleidsevaluatie, zij het dat dit met problemen gepaard kan gaan. De wisselwerking tussen transport en economie is een belangrijke eigenschap voor transportmodellen om de effecten van het transportbeleid op transport en economie te berekenen, zeker op de lange termijn. Het is echter geen noodzakelijke voorwaarde voor de toepassing van een model, omdat een model zonder die eigenschap andere sterke punten kan hebben.

Summary

This article purposes to examine in which way the relationship between transport and economy figures in models relevant for the Netherlands. There are (1) models in which the economy influences transport, (2) models in which transport influences the economy and (3) models in which an interaction exists between transport and economy. Linking together the models ad (1) and (2) increases their possibilities for policymaking and policy evaluation, although it may be accompanied by problems. The interaction between transport and economy is an important quality for transport models to calculate the effects of transport policy on transport and the economy, especially in the long term. However, it is not a necessary condition for the application of a model, because a model without that quality may have other strong points.

1. Inleiding

Centra van economische ontwikkeling kwamen in het verleden tot stand aan rivieren, in het bijzonder aan hun monding in zee. Ook ontstonden dergelijke centra aan belangrijke handelswegen, vooral op kruisingen met rivieren of andere handelswegen. Daar ontwikkelden zich aanzienlijke vervoersstromen. Verbeterde en nieuwe vervoerswijzen leidden tot een verdere groei van transport en economie. De economie bevorderde het transport en het transport stimuleerde de economie.

De geschiedenis leert ons, dat de economie een plaats dient in te nemen in transportmodellen. Immers wanneer een model de invloed

van de economie op het transport negeert, wordt bij een prognose van economische groei de omvang van het toekomstige transport onderschat. Wanneer omgekeerd een model de invloed van het transport op de economie negeert, blijft het effect op de economie van een verlaging van de transportkosten door een verbetering van de infrastructuur of van vervoermiddelen buiten beschouwing. Dat kan een onderschatting van de economische groei en daarmee van de transportgroei ten gevolge hebben. Deze onderschatting is echter in de Westerse wereld met haar goed ontwikkelde transportsystemen gering ten opzichte van de onderschatting van het transport, die het gevolg zou zijn van het buiten beschouwing laten van de invloed van de economie op het transport.

Transportmodellen kunnen voor beleidsvorming en beleidsevaluatie worden gebruikt. Het transportbeleid is erop gericht het transport te faciliteren door knelpunten in de verkeersafwikkeling weg te nemen, rekening houdend met de gevolgen voor het milieu. Dit is echter geen doel op zichzelf. Het uiteindelijke doel van het transportbeleid is het bijdragen aan een vergroting van de welvaart in de zin van de welvaartstheorie.¹ Vanuit dit gezichtspunt is het noodzakelijk, dat de transportmodellen de economie als variabele bevatten.

Het is tegen deze achtergrond, dat dit artikel beoogt te onderzoeken, op welke wijze de samenhang tussen transport en economie een plaats inneemt in voor Nederland relevante modellen. In dit verband onderscheiden wij de volgende categorieën:

- (1) modellen waarin de economie van invloed is op het transport;
- (2) modellen waarin het transport van invloed is op de economie;
- (3) modellen waarin een wisselwerking tussen transport en economie bestaat.

Een behandeling van de empirische kwaliteit van deze modellen vergt een apart onderzoek, temeer daar de algemeen beschikbare documenten meestal weinig informatie hierover bieden. Daarom is de empirische kwaliteit in dit artikel buiten beschouwing gebleven.

In het kader van de te behandelen transportmodellen stellen zich onder meer de volgende vragen:

- Wat zijn de voor- en nadelen van de modellen?
- In hoeverre kan de reikwijdte van de modellen worden vergroot door koppeling aan andere modellen?
- In hoeverre beschrijven de modellen het dynamische proces van economische groei in samenhang met het transport?
- Wat bepaalt de keuze voor toepassing van een model?

Dit artikel beoogt deze vragen te beantwoorden.

2. De invloed van de economie op het transport

De modellen, waarin de economie van invloed is op het transport, veronderstellen, dat de variabelen met betrekking tot de economie door externe factoren buiten het model worden bepaald. Met andere woorden: deze variabelen zijn exogeen. Wij noemen in dit verband de volgende modellen.

(1) Verkeersmodellen

Het meest gebruikte verkeersmodel voor Nederland is LMS, het *Landelijk Model Systeem* (Hague Consulting Group, 2000). LMS vertrekt van een beschrijving van de transportstromen tussen 1308 verkeerszones in het basisjaar. Vervolgens wordt een model met groeifactoren op de variabelen van het basisjaar toegepast, teneinde de transportstromen voor het prognosejaar te berekenen. Hierbij wordt de exogeen opgevatte economie door het gemiddelde inkomen per werknemer en de werkgelegenheid weergegeven. De transportkosten van het wegverkeer komen exogeen uit het wegennetwerk, maar er is een terugkoppeling van wegbelastingen naar reistijden (congestie); de transportkosten zijn dientengevolge endogeen van karakter. De transportkosten van het overige in beschouwing genomen verkeer zijn exogeen.

LMS betreft het personenvervoer. Het model houdt echter rekening met het goederenvervoer per vrachtauto, omdat het goederenvervoer de toedeling van het personenvervoer aan het wegennetwerk beïnvloedt. Daartoe wordt het goederenvervoer exogeen in LMS opgenomen.

Een regiospecifiek verkeersmodel is NRM, het *Nieuw Regionaal Model* (NEA, 2005). Hierin is de gebiedsindeling van de te bestuderen regio aanzienlijk verfijnd ten opzichte van LMS. Voor de meeste regio's van Nederland is een dergelijk NRM beschikbaar. Zijn structuur komt overeen met die van LMS. Ook hier wordt met het goederenvervoer per vrachtauto rekening gehouden, dat exogeen via het *Regionaal Goederenvervoer Model* (RGM) wordt ingebracht.

(2) Transportvraag-modellen

In transportvraag-modellen worden de transportstromen beschouwd als manifestaties van de vraag naar transport. Als verklarende variabelen fungeren het regionale of nationale product/inkomen, de werkgelegenheid en de transportkosten. Zij worden als exogene variabelen opgevat. Zie bijvoorbeeld Meersman & Van de Voorde (1991 en 1997) en Blauwens et al. (2006). Deze modellen kunnen zowel personenvervoer als goederenvervoer omvatten.

(3) Input-outputmodellen

Een op input-outputanalyse gebaseerd model voor het transport in Nederland is het *Transport Economisch Model* (TEM). Dit model heeft ten doel de omvang van het goederenvervoer in een bepaald prognosejaar te berekenen (NEA, 1992). In TEM worden de waarden van de intersectorale leveringen in tonnen per goederengroep omgezet, naar regio's verdeeld en aan vervoerswijzen toegewezen. De ontwikkeling van de goederenvervoersstromen van het basisjaar naar het prognosejaar wordt bepaald door de exogeen opgevatte groei van de productie en verbruik per goederencategorie. De modale verdeling in het prognosejaar wordt eenvoudigheidshalve gelijkgesteld aan die in het basisjaar.²

(4) Graviteitsmodellen

Een voor Nederland en Europa belangrijk graviteitsmodel is NEAC (*NEA transport simulation system for the Community*). Het verklaart de goederenvervoersstromen per goederencategorie in de regio's van Europa uit de toegevoegde waarde van de aanbiedende sector, de toegevoegde waarde van de vragende sector, de afstand tussen de aanbiedende en de vragende sector en enkele andere variabelen (NEA, 1999 en 2004). De toegevoegde waarden in het prognosejaar zijn exogeen verondersteld. Het model is statisch van aard, omdat alle variabelen op dezelfde periode betrekking hebben.

Groei van transport en economie. Veranderingen in de economie leiden in de modellen ad (1) t/m (4) tot veranderingen in het transport en ad (1) tevens tot veranderingen in de transportkosten. Veranderingen in de infrastructuur en transportkosten leiden in de modellen ad (1), (2) en (4) tot veranderingen in het transport maar niet tot veranderingen in de economie. Het dynamische proces van economische groei komt dan ook niet ter sprake.

3. De invloed van het transport op de economie

De modellen, waarin het transport van invloed is op de economie, veronderstellen, dat de variabelen met betrekking tot het transport door externe factoren buiten het model worden bepaald. De transportvariabelen zijn dus exogeen. In dit type modellen speelt echter doorgaans niet het transport zelf een rol maar de transportkosten, bereikbaarheidsindicatoren of een maat voor de infrastructuur waarop het transport wordt afgewikkeld. De hierop betrekking hebbende variabelen zijn exogeen. Wij noemen in dit verband de volgende modellen.

(5) Locatiemodellen

Locatiemodellen verklaren de werkgelegenheid respectievelijk de investeringen uit een aantal *vestigingsplaatsfactoren* ofwel *locatiefactoren*, waaronder de door verkeersinfrastructuur en transportkosten bepaalde bereikbaarheid (zie bijvoorbeeld Bruinsma & Rietveld, 1993). De relatie wordt met behulp van een regressievergelijking gekwantificeerd. In de meeste, zij het niet in alle gevallen bleek het locatie-effect van de infrastructuur gering te zijn. Deze modellen negeren de invloed van macro-economische variabelen.

(6) Regionaal-economische potentiëmodellen

Biehl (1975, 1991) analyseerde de betekenis van de verkeersinfrastructuur in het kader van een benadering van *regionale economische potenties*. Hij stelde, dat naast infrastructuur de ruimtelijke ligging, de agglomeratiestructuur en de sectorstructuur de economische potentie van een regio, dat wil zeggen het potentiële regionale product, bepalen.

Om de invloed van deze vier zogenoemde *potentiaalfactoren* op de economische potentie per regio te kwantificeren, stelde Biehl regressievergelijkingen op tussen het potentiële regionale product per hoofd als de te verklaren variabele en de vier potentiaalfactoren als

de verklarende variabelen. Zo'n regressievergelijking noemt Biehl een *quasi-productiefunctie*. Aangezien hij niet over waarnemingen van het *potentiële* regionale product per hoofd beschikte, hanteerde hij als vervangende variabele (proxy) het *feitelijke* regionale product per hoofd. Vervolgens stelde hij het potentiële regionale product per hoofd gelijk aan de volgens de regressie berekende regionale product per hoofd. Deze vereenzelviging kan als een betwistbaar punt worden aangemerkt.

Een ander potentiële model is een onderdeel van de officiële Duitse evaluatiemethodiek van infrastructuurprojecten (Bundesminister für Verkehr, 1993) en in het Nederlandse *Handboek Economische Effecten Infrastructuur* (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996) overgenomen. Het betreft een "quick scan"-raming van de potentiële werkgelegenheid:

potentiële werkgelegenheidscreatie = aantal potentieel gecreëerde arbeidsplaatsen per kilometer autosnelweg x lengte van het infrastructuurproject x infrastructuurspecifieke factor x regiospecifieke factor

De waarden van de factoren in het rechterlid van bovenstaande formule staan in genoemd handboek voor de COROP-gebieden vermeld. De waarde van de infrastructuurspecifieke factor is van het type infrastructuur voor het weg-, rail- en waterverkeer afhankelijk en de waarde van de regiospecifieke factor van de dichtheid van het infrastructuurnetwerk, de mate van congestie, de internationale oriëntatie en de beschikbaarheid en kwaliteit van bedrijfsterreinen in de desbetreffende regio.

(7) Productiefunctie-modellen

De *productiefunctie* in de productiefunctie-modellen bevat naast de gebruikelijke productiefactoren arbeid en kapitaal de productiefactor publiek kapitaal (zie bijvoorbeeld Aschauer, 1989; Munnell, 1992; Gramlich, 1994; Gillen & Waters, 1996; Gomez-Ibanez & Madrick, 1996; Rietveld & Bruinsma, 1998; Banister & Berechman, 2000). Verkeersinfrastructuur is een belangrijk onderdeel van het publieke kapitaal. De betekenis van het publieke kapitaal voor de economie wordt aan de hand van een dergelijke productiefunctie gekwantificeerd.

(8) Ruimtelijke algemene evenwichtsmodellen

Ruimtelijke algemene evenwichtsmodellen zijn comparatief statisch van karakter en hebben de *Nieuwe Economische Geografie* als grondslag (zie bijvoorbeeld Venables & Gasiorek, 1996; Fujita et al., 1999). Zij hebben dus op één tijdstip betrekking, waarin de economie in evenwicht verkeert. Een exogene schok, zoals een verbetering van de infrastructuur, leidt onmiddellijk tot een nieuw evenwicht. Er wordt expliciet rekening gehouden met elementen uit de *Nieuwe Economische Geografie*, namelijk agglomeratievoordelen en -nadeelen, toenemende schaalopbrengsten en marktimperfecties waaronder monopolistische mededinging. De transportkosten zijn exogeen. In de praktijk worden ruimtelijke algemene evenwichtsmodellen aan een verkeersmodel gekoppeld, hetgeen in sectie 8 aan de orde komt.

Deze modellen specificeren de invloed van een verandering van de

transportkosten als gevolg van bijvoorbeeld een infrastructuurverbetering via de interregionale handel op de regionale productie en via de interregionale pendel en migratie op de arbeidsmarkt. Veranderingen in de regionale productie leiden tot veranderingen in de intermediaire vraag, de consumptie en de variëteit van producten. Veranderingen op de arbeidsmarkt leiden tot veranderingen in werkloosheid en vacatures. Voor Nederland (met een onderverdeling in COROP-gebieden en bedrijfstakken) is RAEM (*Ruimtelijk Algemeen Evenwichtsmodel*) beschikbaar, dat door de Rijksuniversiteit Groningen in samenwerking met TNO Inro en de Vrije Universiteit te Amsterdam is ontwikkeld (Thissen, 2005).

(9) Input-outputmodellen

Een input-outputmodel, dat voor de schatting van effecten van veranderingen in transportkosten wordt gebruikt, is REMI (*Regional Economic Models, Inc.*). Dit van oorsprong Amerikaanse model met elementen uit de *Nieuwe Economische Geografie* heeft ECORYS-NEI voor Nederland (met een onderverdeling in zeven regio's en in bedrijfstakken) vormgegeven. Dit input-outputmodel is uitgebreid met modules voor de arbeidsmarkt, de kapitaalmarkt (investeringen) en de woningmarkt. De transportkosten zijn exogeen. In de praktijk wordt REMI aan een verkeersmodel gekoppeld, hetgeen in sectie 8 aan de orde komt.

Het model is dynamisch van aard, omdat de variabelen op verschillende jaren betrekking hebben. Het simuleert voortschrijdende gemiddelden van de economische variabelen. Een verlaging van de kosten van het goederenvervoer en het zakelijk personenvervoer leidt via een verlaging van de prijzen der producten en diensten tot een toename van de productie en de werkgelegenheid. Een verlaging van de kosten van het woon-werkverkeer leidt via een groter arbeidsmarktbereik voor bedrijven tot een stijging van de arbeidsproductiviteit, die van invloed is op de productie en de werkgelegenheid (Van Bork & Treyz, 2005).

(10) Landgebruik-transport-interactiemodellen

Landgebruik-transport-interactiemodellen specificeren de interactie tussen transport en ruimtelijke patronen van activiteiten per zone (Wilson, 1998). Een op Nederland toegepast landgebruik-transport-interactiemodel is TIGRIS XL (*Transport Infrastructuur Grondgebruik Interactie Simulatie, Extra Large*), dat uit het model TIGRIS van Van der Hoorn & Van der Vlucht (1998) is voortgekomen. TIGRIS XL bestaat uit modules voor de bevolkingsomvang, de grond- en vastgoedmarkt, de woningmarkt en de arbeidsmarkt, waarin exogene bereikbaarheidsindicatoren zijn opgenomen. Prijzen, behalve de woningprijs, spelen geen rol op de grond- en vastgoedmarkt en evenmin lonen op de arbeidsmarkt (RAND Europe et al., 2003 en 2004, en Zondag, 2007).³ In de praktijk wordt TIGRIS XL aan LMS gekoppeld, hetgeen in sectie 8 aan de orde komt.

De bevolkingsomvang, de grond- en vastgoedmarkt, de woningmarkt en de arbeidsmarkt in de regio's/verkeerszones in periode t worden bepaald door de bevolkingsomvang, de grond- en vastgoedmarkt, de woningmarkt en de arbeidsmarkt in periode t-1 alsmede door bereikbaarheidsindicatoren en een nationaal scenario als

uitgangspunt. Het nationale scenario omvat exogene grootheden, waaronder de nationale inkomensontwikkeling, de bouwprojecten en de nationale werkgelegenheidsontwikkeling per sector.

Groei van transport en economie. Veranderingen in de infrastructuur en de transportkosten leiden in de modellen ad (5) t/m (10) tot veranderingen in de economie. Veranderingen in de economie leiden niet tot veranderingen in het transport en de transportkosten. Hiervoor is het nodig het desbetreffende model aan een verkeersmodel te koppelen.

4. De wisselwerking tussen transport en economie

Er zijn enkele specifieke modellen, waarin zowel de economie van invloed is op het transport als het transport van invloed is op de economie. De variabelen met betrekking tot zowel de economie als het transport zijn endogeen. Wij noemen in dit verband de volgende modellen.

(11) SMILE

Het model SMILE (*Strategic Model for Integrated Logistics and Evaluation*) specificeert voor logistieke ketens de samenhang tussen de productie, de voorraadvorming en het goederenvervoer in de vorm van drie niveaus. (Tavasszy et al., 1998; SMILE+ waarin TEM is opgenomen: Van der Rest, 2004). Er worden 50 logistieke families onderscheiden. Het eerste niveau betreft productieketens tussen productie en verbruik. Het tweede niveau verbindt handelsrelaties met transportrelaties via diensten van opslag van goederen. Het derde niveau omvat een multimodaal, zij het zeer geabstraheerd infrastructuurnetwerk. Voor het wegennetwerk kent het model een beperkte interactie met het personenvervoer. De transportkosten met betrekking tot de logistieke ketens zijn endogeen. De regionale productie, de voorraadvorming en het goederenvervoer worden berekend bij een gegeven nationale en internationale economie. De berekende regionale productie, voorraadvorming en goederenvervoer beïnvloeden via elasticiteiten de nationale economie in de volgende periode.

Groei van transport en economie. Veranderingen in de infrastructuur en de transportkosten leiden in SMILE tot veranderingen in het goederenvervoer en via elasticiteiten tot een verandering van de nationale economie. Veranderingen in de economie leiden tot veranderingen in het goederenvervoer en omgekeerd. Het model is echter niet in staat het dynamische proces van economische groei te simuleren.

(12) ASTRA

Het model ASTRA (*ASsessment of TRANsport strategies*) is een systeemdynamisch model met betrekking tot 15 EU-landen (waaronder Nederland), onderverdeeld in een aantal regio's (Schade, 2004). Het bevat acht modules: een bevolkingsmodule, een macro-economische module, een regionaal-economische module, een module voor de buitenlandse handel, een module voor personen- en goede-

renvervoer, een milieumodule, een voertuigmodule en een welvaartsmodule.

De economische groei wordt in de macro-economische module gegenereerd, die zowel neoklassieke elementen (een productiefunctie voor de potentiële productie, waarin de productiefactor arbeid gelijkgesteld wordt aan de *aangeboden* hoeveelheid arbeid) bevat als keynesiaanse elementen (de feitelijke productie is gelijkgesteld aan consumptie + investeringen + export – import, waarbij de investeringen van het nationale inkomen afhankelijk zijn). De macro-economische situatie bepaalt de regionale economie, die van invloed is op de vraag naar transport. De transportkosten beïnvloeden de macro-economie en de regionale economie. De transportkosten van het wegverkeer zijn afhankelijk van de verkeersintensiteiten op het wegennetwerk en dientengevolge endogeen van karakter. De transportkosten van het overige verkeer zijn exogeen.

Groei van transport en economie. Veranderingen in de infrastructuur en de transportkosten leiden in ASTRA tot veranderingen in het transport en de economie. Veranderingen in de economie leiden tot veranderingen in het transport en omgekeerd. Het model is in staat het dynamische proces van economische groei te simuleren, zij het op nationaal niveau.

(13) MOBILEC

MOBILEC (*MOBILiteit/Economie*) is een dynamisch, interregionaal model over de samenhangen tussen economie, mobiliteit, infrastructuur en andere regionale kenmerken, zoals de regionale productiestructuur, de technologische ontwikkeling en de mate van verstedelijking (Van de Vooren, 2004 en 2005). Het model houdt rekening met de wisselwerking tussen transport en economie: de productieve mobiliteit (bijvoorbeeld het goederenvervoer) oefent via een regionale productiefunctie invloed uit op het regionale product en omgekeerd het regionale inkomen oefent via een regionale consumptiefunctie invloed uit op de consumptieve mobiliteit (bijvoorbeeld recreatievervoer). De economische groei wordt op regionaal niveau gegenereerd volgens de neoklassieke groeitheorie.

Het model onderscheidt COROP-gebieden. Er is sprake van een wederzijdse beïnvloeding van de regio's via transport en economie. Het transport omvat zowel personen- als goederenvervoer. De transportkosten van het wegverkeer zijn afhankelijk van de mate, waarin de beschikbare wegcapaciteit wordt benut, en zijn dientengevolge endogeen van karakter. De transportkosten van het overig verkeer zijn exogeen.

Het oorspronkelijke model gaat uit van een exogene loonvoet. Daardoor is verdringing van economische activiteiten door een opwaartse druk op de lonen in geval van een aanzienlijke uitbreiding van economische activiteiten ten gevolge van lagere transportkosten niet mogelijk. Om een dergelijke en andere situaties te kunnen simuleren, is het model met een submodel voor de arbeidsmarkt uitgebreid, waarin de loonvoet endogeen is (Van de Vooren & Belt, 2007). De loonvoet is echter beperkt flexibel, waardoor werkloosheid kan optreden en het arbeidsaanbod niet toereikend kan zijn om aan de arbeidsvraag te voldoen.

Groei van transport en economie. Veranderingen in de infrastructuur en transportkosten leiden tot veranderingen in het transport en de economie. Veranderingen in de economie leiden tot veranderingen in het transport en omgekeerd. Het model is in staat het dynamische proces van economische groei te simuleren op het niveau van de regio's, waarbij met de wederzijdse beïnvloeding van de regio's rekening wordt gehouden.

5. Overzicht van transportmodellen

Onderstaande tabel geeft een schematische samenvatting van de voor Nederland relevante transportmodellen, die in het voorgaande kort behandeld zijn. Met nadruk zij vermeld, dat dit overzicht niet uitputtend is. Uit de tabel blijkt, dat in sommige modellen bepaalde onderwerpen ontbreken. Van de onderwerpen, die in een model voorkomen, wordt aangegeven, of zij door middel van endogene dan wel exogene variabelen beschreven worden.

Waar de sectorstructuur volgens tabel 1 *endogeen* is, houdt dit tevens in, dat de economische modeluitkomsten naar bedrijfstakken

gedifferentieerd zijn. Waar het dynamische proces van economische groei volgens tabel 1 in een model is opgenomen, betekent dit een weergave van het genereren van economische groei door kapitaalvorming en technologische ontwikkeling.

Alle vermelde modellen leren ons, dat de economie een variabele is, die in relatie tot transport in beschouwing moet worden genomen. Waar de economie als exogene variabele wordt opgevat, is dat als een nadeel voor het desbetreffende model te kwalificeren (modellen 1 t/m 4). Daar staan echter voordelen tegenover, zoals de zeer gedetailleerde uitkomsten met betrekking tot transport (LMS / NRM en TEM) of uitkomsten met betrekking tot het goederenvervoer in een Europees raamwerk (NEAC).

De modellen 5 t/m 10 bevatten de economie als endogene variabele. De variabelen in het domein van het transport zijn exogeen, maar het betreft niet de omvang van het personen- en goederenvervoer maar de transportkosten dan wel de bereikbaarheid of de infrastructuur. RAEM en REMI zijn de enige twee modellen met elementen uit de *Nieuwe Economische Geografie*, waaronder de agglomeratiefactor als endogene fenomeen. Dit houdt het volgende in.

Tabel 1 Voor Nederland relevante transportmodellen: het al dan niet voorkomen van onderwerpen en het endogene of exogene karakter van de voorkomende onderwerpen

Model	Personen-vervoer	Goederen-vervoer	Economie incl. werkgelegenheid	Sector-structuur	Agglomeratiefactor	Transportkosten	Dynamisch proces van ec. groei
(1) LMS / NRM	Endogeen	Exogeen(a)	Exogeen	Exogeen	Exogeen	Endogeen(b)	Afwezig
(2) Transportvraagmodellen	Endogeen	Endogeen	Exogeen	Afwezig	Afwezig	Exogeen	Afwezig
(3) TEM	Afwezig	Endogeen	Exogeen	Exogeen	Afwezig	Afwezig	Afwezig
(4) NEAC	Afwezig	Endogeen	Exogeen	Exogeen	Afwezig	Exogeen	Afwezig
(5) Locatiemodellen	Afwezig	Afwezig	Endogeen	Afwezig	Exogeen	Exogeen(c)	Afwezig
(6) Reg.-econom. potentiemodellen	Afwezig	Afwezig	Endogeen	Exogeen	Exogeen	Exogeen(d)	Afwezig
(7) Productiefunctiemodellen	Afwezig	Afwezig	Endogeen(e)	Afwezig	Afwezig	Exogeen(d)	Afwezig
(8) RAEM	Afwezig(f) (g)	Afwezig(g)	Endogeen	Endogeen	Endogeen	Exogeen	Afwezig
(9) REMI	Afwezig(g)	Afwezig(g)	Endogeen	Endogeen	Endogeen	Exogeen	Afwezig
(10) TIGRIS XL	Afwezig	Afwezig	Endogeen(h)	Endogeen(h)	Exogeen	Exogeen(c)	Afwezig
(11) SMILE	Exogeen(i)	Endogeen	Endogeen(j)	Endogeen	Afwezig	Endogeen(k)	Afwezig
(12) ASTRA	Endogeen	Endogeen	Endogeen	Endogeen	Exogeen	Endogeen(m)	Aanwezig, nationaal
(13) MOBILEC	Endogeen	Endogeen	Endogeen	Exogeen	Exogeen	Endogeen(m)	Aanwezig, regionaal

(a) Omvat goederenvervoer over de weg; overig goederenvervoer niet opgenomen.

(b) Betreft personen- en goederenvervoer over de weg; personenvervoer per rail exogeen en overig goederenvervoer niet opgenomen.

(c) Bereikbaarheidsindicatoren in plaats van transportkosten.

(d) Infrastructuur in plaats van transportkosten.

(e) Werkgelegenheid exogeen.

(f) Interregionale pendel endogeen in plaats van woon-werkverkeer.

(g) Interregionale handel endogeen in plaats van goederenvervoer en zakelijk personenverkeer.

(h) Nationaal niveau exogeen.

(i) Omvat personenvervoer over de weg; overig personenvervoer niet opgenomen.

(j) Het goederenvervoer wordt bij een gegeven nationale economie berekend. De nationale economie in de volgende periode wordt op basis van elasticiteiten bepaald.

(k) Betreft goederenvervoer; personenvervoer niet opgenomen.

(m) Betreft personen- en goederenvervoer over de weg; overig personen- en goederenvervoer exogeen.

Een verlaging van de transportkosten leidt tot een toeneming van het aantal variëteiten in de aangeboden goederen in een regio. Een grotere variëteit in goederen maakt deze regio aantrekkelijker voor vestiging van producenten en consumenten, hetgeen agglomeratie-effecten teweegbrengt. RAEM en REMI genereren interregionale handelsstromen in plaats van goederenvervoer en zakelijk personenvervoer en RAEM bovendien interregionale pendelstromen in plaats van woon-werkverkeer. In TIGRIS XL zijn de economie en de sectorstructuur op regionaal niveau weliswaar endogeen maar op nationaal niveau exogeen. Tegenover dit nadeel staat het voordeel van een zeer verfijnde gebiedsindeling.

De modellen 2, 5, 6 en 7 hebben een beperkte reikwijdte, waartegenover het voordeel van hun eenvoud staat. De Duitse rekenmethode - het tweede model ad (6) - heeft het voordeel van de snelle toepasbaarheid, maar ze is theoretisch nauwelijks gefundeerd.

In de drie laatst vermelde modellen in tabel 1 zijn zowel de economie als het transport endogeen. Zij genereren een wisselwerking tussen transport en economie. Hun transportkosten zijn endogeen (evenals in LMS / NRM). SMILE beperkt zich tot het goederenvervoer, maar tegenover dit nadeel staat het unieke voordeel, dat het model het goederenvervoer in termen van logistieke ketens beschrijft. De wisselwerking tussen transport en economie verloopt in dit model via elasticiteiten naar de nationale economie, maar dit is theoretisch niet onderbouwd. ASTRA en MOBILEC zijn de enige twee modellen, waarin het dynamische proces van economische groei in samenhang met het transport aan de orde komt. In ASTRA vindt dit proces uitsluitend op nationaal niveau plaats, terwijl het in MOBILEC in de regio's zelf totstandkomt. Dit proces geschiedt in ASTRA bedrijfstakgewijs en beïnvloedt de regionale sectorstructuur, terwijl in MOBILEC de regionale sectorstructuur door een exogene variabele wordt weergegeven.

6. Directe en indirecte economische effecten

De effecten van een infrastructuurproject op de economie kunnen worden onderscheiden in *tijdelijke* en *structurele* effecten. Voor de economie zijn de structurele effecten verreweg het belangrijkste. Zij manifesteren zich in eerste instantie in de vorm van reistijdreducties en ingeval van nieuwe verbindingen ook in de vorm van reisafstandsverkortingen. Dit impliceert een transportkostenverlaging. Deze structurele effecten zijn van *directe* aard. De transportkostenverlaging brengt een verbetering van de bereikbaarheid met zich mee, hetgeen van invloed is op de regionale omgeving. De structurele effecten op de regionale omgeving zijn als *indirect* te kwalificeren.

Het precieze onderscheid tussen directe en indirecte effecten geeft aanleiding tot veel discussie. Het Nederlandse Centraal Planbureau en het Nederlands Economisch Instituut (Ecorys) hebben in opdracht van de Nederlandse Ministeries van Verkeer & Waterstaat en van Economische Zaken een leidraad voor kosten-batenanalyse geschreven ter evaluatie van infrastructuurprojecten (Eijgenraam et al., 2000), sinds 2002 aangeduid als *Leidraad OEI* (Overzicht Effecten Infrastructuur). Daarin worden de begrippen directe en indirecte effecten nader gedefinieerd en wordt tevens de vraag beantwoord, wanneer indirecte effecten *additionele* welvaartsef-

fecten opleveren. Deze definities zijn later aangescherpt en bijgesteld in een aanvulling op genoemde leidraad (Elhorst et al., 2004).

In de *Aanvulling op de Leidraad OEI* worden de directe projecteffecten gedefinieerd als de economische effecten voor de eigenaar, exploitant en gebruikers van de betrokken projectdienst. De indirecte economische effecten worden gedefinieerd als de doorwerking van de markttransacties van de eigenaar, exploitant en gebruikers van projectdiensten op andere markten dan de transportmarkt. De indirecte effecten leiden tot een herverdeling van de directe effecten; in het algemeen is het totaal aan indirecte effecten gelijk aan het totaal van directe effecten. Er kunnen zich echter twee situaties voordoen, waarin een indirect effect additioneel aan het directe effect kan zijn: marktimperfecties en landsgrenzen.

Indien een infrastructuurproject de bestaande marktimperfecties verkleint of vergroot, wordt een additioneel positief respectievelijk negatief effect gegenereerd. Indien een infrastructuurproject landsgrensoverschrijdende effecten teweegbrengt, wordt de gegenereerde welvaart over het eigen land en het buitenland verdeeld. In een nationale kosten-batenanalyse zijn enkel de effecten op de producenten en consumenten van het eigen land relevant. Voorzover de effecten aan buitenlandse producenten en consumenten toevallen, kunnen ze in eigen land tot additionele (positieve of negatieve) indirecte effecten leiden.

RAEM is met opzet van een zodanige theoretische vorm voorzien, waaronder monopolistische mededinging, dat het expliciet rekening houdt met het bestaan van marktimperfecties. Het model is dan ook in staat om additionele indirecte effecten te berekenen. Ook met REMI is het mogelijk met marktimperfecties rekening te houden en additionele indirecte effecten af te leiden. Dit is met betrekking tot de arbeidsmarkt eveneens het geval met MOBILEC, althans indien dit model is aangevuld met een submodel voor de arbeidsmarkt. REMI, MOBILEC-Benelux en ASTRA maken het mogelijk om additionele indirecte effecten af te leiden, die landsgrensoverschrijdend van aard zijn.

Men kan ook op een andere wijze een onderscheid maken tussen directe en indirecte effecten. Wij geven als voorbeeld de volgende benadering. Beschouw een periode t , waarin een daling van de generaliseerde transportkosten plaatsvindt ten gevolge van een infrastructuurproject. Dit leidt tot meer transport. Voorzover het transport productieve doeleinden betreft, ontstaat een hoger regionaal product. Een hoger regionaal product vloeit de bevolking toe in de vorm van een hoger regionaal inkomen. Regionaal inkomen kan worden gebruikt voor consumptie, belasting en sparen. Een hoger regionaal inkomen leidt tot meer (private) besparingen, die met extra (private) investeringen gepaard gaan. Hiermede is periode t afgesloten.

In de volgende periode $t+1$ leveren de (private) investeringen nieuwe, bedrijfsklare kapitaalgoederen op. Zodra deze nieuwe kapitaalgoederenvoorraad in het productieproces wordt aangewend, is de totaal beschikbare (private) kapitaalgoederenvoorraad effectief vergroot. De uitgebreide kapitaalgoederenvoorraad leidt vervolgens tot een verdere vergroting van het regionale product. Dit vergrote regionale product gaat gepaard met meer transport.

Het is tegen deze achtergrond, dat een onderscheid tussen het directe en het indirecte effect wordt gemaakt. Het directe economische effect omvat uitsluitend de verandering van het regionale product als gevolg van een uitbreiding van de publieke kapitaalgoederenvoorraad in de vorm van een infrastructuurproject, zonder rekening te houden met de gevolgen van de daaruit voortkomende uitbreiding van de private kapitaalgoederenvoorraad. Bij de berekening van het totale economische effect wordt daarmee wel rekening gehouden. Het indirecte effect wordt vervolgens berekend als het verschil tussen het totale effect en het directe effect.

Een dergelijke splitsing in directe en indirecte effecten is in de praktijk met behulp van MOBILEC voor een aantal infrastructuurprojecten uitgevoerd. Dit is ook mogelijk met ASTRA, het andere model dat het dynamisch proces van economische groei beschrijft.

7. Generatieve en distributieve economische effecten

In verband met de reikwijdte van de economische effecten is het van belang een onderscheid te maken tussen *generatieve* en *distributieve effecten*. Bij generatieve effecten gaat het om nieuwe activiteiten als gevolg van een infrastructuurproject, met inbegrip van de verdringing van bestaande activiteiten. Bij distributieve effecten gaat het om een ruimtelijke verschuiving van bestaande activiteiten. Het gekozen ruimtelijke schaalniveau is hierbij essentieel. Effecten, die in een klein ruimtelijk gebied (bijvoorbeeld een stadsregio) generatief lijken te zijn, kunnen in een ruimer gekozen gebied (bijvoorbeeld een provincie) distributief van aard zijn.

Modellen, waarin de regio's geen onderlinge relaties kennen en elkaar dus niet kunnen beïnvloeden en evenmin een ruimtelijk onderdeel van een gebied met een exogeen opgevatte economie vormen, kunnen enkel generatieve economische effecten berekenen. Deze situatie is van toepassing op regionaal-economische potentie-modellen en productiefunctie-modellen. Modellen, waarin de nationaal-economische variabelen exogeen zijn, kunnen enkel distributieve economische effecten berekenen. Dit is van toepassing op TIGRIS XL. De overige beschreven modellen, althans waarin de economie endogeen is, brengen zowel generatieve als distributieve effecten voort.

8. Koppeling van transportmodellen

Beleidsgerichte modellen zijn geconstrueerd om bepaalde beleidsvragen te kunnen beantwoorden. In de loop van de tijd kunnen zich nieuwe beleidsvragen stellen. Men kan dan modelmatig als volgt te werk gaan:

- (1) Het bestaande model wordt uitgebreid.
- (2) Er wordt een nieuw model geconstrueerd.
- (3) Het bestaande model wordt aan een ander model gekoppeld.

Indien er een samenhang bestaat tussen de oude en de nieuwe beleidsvragen, dan verdient werkwijze (1) de voorkeur. Bestaat die samenhang slechts in beperkte mate, dan kan werkwijze (2) gemakkelijker uit te voeren zijn. Bestaat die samenhang er wel, maar staat weinig tijd en geld ter beschikking of zijn de onderwerpen van

de oude en de nieuwe beleidsvragen sterk verschillend, dan is werkwijze (3), indien mogelijk, te overwegen.

Koppeling van model A aan model B geschiedt door de waarde van een endogene variabele van model B te gebruiken als input voor de overeenkomstige exogene variabele van model A. De koppeling is *perfect*, indien de modellen A en B geen enkele overeenkomstige endogene variabelen bevatten. Zouden ze wel een of meer overeenkomstige endogene variabelen bevatten, dan zouden hun waarden onderling verschillend zijn. In dat geval is de koppeling *imperfect*. Desalniettemin kan een imperfecte koppeling in de praktijk als globale benadering zinvol zijn. Model A wordt dan als *hoofdmodel* beschouwd, waarvan de waarden van de endogene variabelen aanvaard worden, en model B als *hulpmodel* om hoofdmodel A van een waarde voor een exogene variabele te voorzien. Zodra dat gebeurd is, wordt hulpmodel B met zijn endogene variabelen gegenereerd (Van de Vooren, 2003).

Modellen, waarin de exogene economie van invloed is op het transport, zoals onder (1) t/m (4), winnen aan relevantie voor het transportbeleid door ze aan een model te koppelen, waarin de economische groei wordt verklaard. De output van zo'n model kan dan als input in het transportmodel worden gebruikt. Er zijn diverse modellen voor de economische groei beschikbaar, maar zij bevatten meestal geen variabelen op het gebied van transport. In dat geval is de koppeling perfect. Het gevolg is echter, dat het transport als output van het transportmodel niet via het groeimodel de economische groei kan beïnvloeden. Een wisselwerking tussen economie en transport komt dus door deze modelkoppeling niet tot stand.

Modellen, waarin exogene variabelen in het domein van het transport van invloed zijn op de economie, zoals onder (5) t/m (10), kunnen gekoppeld worden aan modellen, waarin de economie van invloed is op het transport. Hiervan worden RAEM, REMI en TIGRIS XL via de transportkosten respectievelijk de bereikbaarheidsindicatoren aan een verkeersmodel gekoppeld om de economische effecten van infrastructuurprojecten te berekenen.

Bij RAEM en REMI vindt echter geen terugkoppeling plaats van de economische effecten als input voor het verkeersmodel, zodat de wisselwerking tussen economie en transport hier niet tot stand komt. Men zou zich echter kunnen voorstellen, dat een verkeersmodel via de transportkosten input geeft aan RAEM of REMI, die op hun beurt input via de economie aan het verkeersmodel levert en wel in een aantal iteraties (Van den Bossche et al., 2000). Op deze wijze zou weliswaar de wisselwerking tussen transport en economie tot stand komen, maar geen simulatie van het dynamische proces van economische groei.

In TIGRIS XL is het verkeersmodel LMS zodanig geïntegreerd, dat wel een wisselwerking tussen economie en transport wordt gesimuleerd: LMS genereert waarden voor de bereikbaarheidsindicatoren als input voor TIGRIS XL en TIGRIS XL genereert waarden voor het inkomen en de werkgelegenheid als input voor LMS. Deze wisselwerking vindt binnen de exogene context van de nationale economie plaats, zonder dat dit met een dynamisch proces van economische groei gepaard gaat.

In het geval van RAEM en REMI is de koppeling aan een verkeersmo-

del imperfect. Oosterhaven et al. (2005) wijzen erop, dat de endogene transportkosten uit LMS en SMILE als input in RAEM en REMI worden gebruikt en dat dit problemen geeft. Dat komt doordat RAEM en REMI veranderingen in de interregionale handel genereren en daarmee impliciet ook veranderingen in het goederenvervoer en het zakelijk personenverkeer. Bovendien genereert RAEM veranderingen in de interregionale pendel en daarmee impliciet ook veranderingen in het woon-werkverkeer. Daarentegen is de koppeling van TIGRIS XL aan LMS perfect, omdat TIGRIS XL impliciet geen waarden van variabelen genereert, die inconsistent zijn met de transportstromen volgens LMS.

In SMILE, ASTRA en MOBILEC wordt zowel het transport als de economie door middel van endogene variabelen weergegeven. Vanuit dit gezichtspunt is er geen reden om SMILE, ASTRA en MOBILEC aan een ander model te koppelen. Nochtans kan koppeling om een andere reden gewenst zijn, bijvoorbeeld omdat daarmee meer gedetailleerde uitkomsten of uitkomsten met betrekking tot andere onderwerpen verkregen kunnen worden.

Wij geven een voorbeeld uit de praktijk. Ten behoeve van de beleidsvorming werd gevraagd naar de economische effecten van een capaciteitsvergroting van een wegvak van een autosnelweg. Hiervoor is NRM ongeschikt, omdat daarin de economische variabelen exogeen zijn. MOBILEC kan hiervoor in aanmerking komen, want het maakt gebruik van herkomst-bestemmingsmatrices, waarin de bereikbaarheid binnen en tussen de regio's in termen van reisafstand, reistijd, reisafstandskosten en reistijdkosten op basis van een infrastructuurnetwerk zijn uitgedrukt. Het model deelt de transportstromen binnen en tussen de regio's echter niet aan specifieke wegvakken toe. Daarom zijn in het kader van MOBILEC rekenregels ontwikkeld om het initiële effect van de capaciteitsvergroting van een bepaald wegvak op de reistijden binnen en tussen de regio's te ramen. Vervolgens wordt de initiële verandering van de reistijden in het eigenlijke MOBILEC ingebracht, waarna de reistijden en de effecten ervan op het transport en de economie in de volgende perioden worden berekend.

Een preciezere raming van de capaciteitsvergroting van een bepaalde wegverbinding op de reistijden kan met NRM worden verkregen, in het bijzonder wanneer het om kleine infrastructuurverbeteringen gaat. Het nadeel van NRM, namelijk een exogene economie, en het nadeel van MOBILEC, namelijk geen relatering van het verkeer aan wegvakken, worden geëlimineerd door ze aan elkaar via de reistijden te koppelen. Met behulp van NRM wordt de verandering van de reistijden berekend in de periode, dat de capaciteitsvergroting in gebruik wordt genomen. Vervolgens wordt de initiële verandering van de reistijden in MOBILEC ingebracht, waarna dit model de reistijden en de effecten ervan op het transport en de economie in de volgende perioden berekent.

Deze modelkoppeling is imperfect, omdat de twee modellen verschillende prognoses van het transport geven. Waar het hier gaat om de raming van het economische effect, wordt MOBILEC als hoofdmodel beschouwd en fungeert NRM als hulpmiddel om het transportsysteem een initiële schok te geven.

Door koppeling krijgen modellen, waarin een exogene economie van invloed is op het transport, indirect betekenis voor de bestudering van de invloed van het transport op de economie.

9. Modelkeuze

Het ideale transportmodel omvat alle variabelen, die voor beleidsvorming en beleidsevaluatie nodig zijn. Dit ideaal is niet realistisch in de economische wetenschap, waar de modelinhoud afhankelijk is van het te behandelen onderwerp. De gebieden rond dit onderwerp kennen doorgaans een laag abstractieniveau en de andere gebieden een hoog abstractieniveau. Op grond hiervan zou men zijn toevlucht kunnen nemen tot de bouw van probleemspecifieke modellen, waarin het probleem op een laag abstractieniveau en de rest op een hoog abstractieniveau worden behandeld. Ook deze weg is niet realistisch, omdat dan steeds voor elk nieuw probleem een nieuw model moet worden gebouwd.

Wij zullen dus een middenweg ten aanzien van de modelkeuze moeten bewandelen. Die middenweg bestaat uit een beoordeling van de geschiktheid van de beschikbare transportmodellen om de gestelde beleidsvragen te beantwoorden. In dit artikel hebben wij 13 modeltypen c.q. modellen in beschouwing genomen en ons afgevraagd, wat zij ons over de samenhang tussen transport en economie leren. In alle modellen komen transport en economie als variabelen voor, maar op verschillende wijze. Voor een studie naar de effecten op het transport van het transportbeleid met inbegrip van infrastructuurprojecten zijn met name modellen van belang, waarin het transport endogeen is. Voor een studie naar de economische effecten daarvan komen modellen in aanmerking, waarin de economie endogeen is. Koppeling van een model met endogeen transport en een exogene economie aan een model met een endogene economie en exogene transportkosten of bereikbaarheid verhoogt hun mogelijkheden voor beleidsvorming en beleidsevaluatie, zij het dat dit met problemen gepaard kan gaan.

De wisselwerking tussen transport en economie is een belangrijke eigenschap voor transportmodellen om de effecten op transport en economie te berekenen, zeker op de lange termijn. Het is echter geen noodzakelijke voorwaarde voor de toepassing van een model, omdat een model zonder die eigenschap andere sterke punten kan hebben.

De modeluitkomsten van de economische effecten van een infrastructuurproject kunnen voor een *maatschappelijke kosten-batenanalyse* worden gebruikt. Hiervoor zijn de dynamische modellen geschikt, omdat de kosten en baten van een maatschappelijke kosten-batenanalyse op verschillende tijdstippen betrekking hebben. Behalve REMI, SMILE, ASTRA en MOBILEC kan ook het comparatief statische model RAEM hiervoor worden toegepast, althans indien een veronderstelling wordt gemaakt over de verdeling van de berekende economische effecten over de tijd. Bovendien berekent RAEM additionele indirecte economische effecten, waarvoor het in tegenstelling tot andere modellen expliciet ontworpen is. De economische uitkomsten van TIGRIS XL kunnen voor een maatschappelijke kosten-batenanalyse niet worden gebruikt, omdat zij distributief van aard zijn wegens het exogene karakter van de nationale economie.

De modelkeuze wordt natuurlijk ook ingegeven door het oordeel over de theoretische en empirische kwaliteit van het model en zijn vermogen tot een geloofwaardige simulatie van ontwikkelingen van transport respectievelijk economie. Een praktisch punt is de mogelijkheid om het model onmiddellijk toe te passen dan wel de noodzaak om eerst nader onderzoek te doen. Transportvraagmodellen,

locatiemodellen, regionaal-economische potentiële modellen (Biehl) en productiefunctie-modellen vergen een empirische invulling, alvorens ze kunnen worden toegepast. De overige modellen zijn “kant-en-klaar” voor gebruik, afgezien van mogelijke aanpassingen aan de gestelde beleidsvragen en eventuele actualisering. Uiteindelijk gaat het om een afweging van de voor- en nadelen van een model ten opzichte van andere modellen.

10. Samenvatting en conclusies

Wat leren de besproken modellen ons over de samenhang tussen transport en economie? Zij leren ons, dat deze samenhang op verschillende wijze is vormgegeven. In dit verband onderscheiden wij de volgende categorieën:

- modellen waarin de economie van invloed is op het transport: (1) verkeersmodellen (LMS / NRM), (2) transportvraag-modellen, (3) input-outputmodellen (TEM) en (4) graviteitsmodellen (NEAC);
- modellen waarin het transport van invloed is op de economie: (5) locatiemodellen, (6) regionaal-economische potentiële modellen, (7) productiefunctie-modellen, (8) ruimtelijk algemene evenwichtsmodellen (RAEM), (9) input-outputmodellen (REMI) en (10) landgebruik-transport-interactiemodellen (TIGRIS XL);
- modellen waarin een wisselwerking tussen transport en economie bestaat: (11) SMILE, (12) ASTRA en (13) MOBILEC.

Wat zijn de voor- en nadelen van de besproken modellen? De modellen van de eerste categorie hebben het voordeel van zeer gedetailleerde uitkomsten met betrekking tot transport (LMS / NRM en TEM) of uitkomsten met betrekking tot het goederenvervoer in een Europees raamwerk (NEAC). Het nadeel is, dat zij uitgaan van een exogene economie en diens gevolge geen economische effecten van het transportbeleid, met inbegrip van infrastructuurprojecten, kunnen berekenen. Het omgekeerde geldt voor de modellen van de tweede categorie: zij kunnen economische effecten berekenen, maar zij gaan uit van transportkosten, bereikbaarheid of infrastructuur als exogene variabele. Regionaal-economische potentiële modellen, productiefunctie-modellen en TIGRIS XL behoren tot de tweede categorie, maar zij hebben bovendien als nadeel, dat zij geen distributieve respectievelijk generatieve economische effecten kunnen berekenen. Een sterk punt van RAEM en REMI is hun grondslag op de Nieuwe Economische Geografie en in verband hiermee de berekening van additionele indirecte economische effecten. Het voordeel van SMILE, ASTRA en MOBILEC is de mogelijkheid om effecten te berekenen op zowel het transport als de economie. De wisselwerking tussen transport en economie is echter in SMILE theoretisch niet onderbouwd.

In hoeverre kan de reikwijdte van de modellen worden vergroot? Dit kan door koppeling van modellen worden bereikt, ofschoon dat met problemen gepaard kan gaan. RAEM, REMI en TIGRIS worden aan een verkeersmodel gekoppeld om eerst de effecten van het transportbeleid op de transportkosten respectievelijk de bereikbaarheidsindicatoren te berekenen en vervolgens de economische effecten. TIGRIS XL en LMS zijn zodanig geïntegreerd, dat een wisselwerking tussen economie en transport wordt gesimuleerd, zij het binnen de exogene context van de nationale economie. Een andere zinvolle koppeling is MOBILEC aan NRM, opdat van de gedetailleerde uit-

komsten met betrekking tot het transport in relatie tot het infrastructuurnetwerk geprofileerd kan worden. Op deze wijze krijgen de modellen, waarin een exogene economie van invloed is op het transport, indirect betekenis voor de bestudering van de invloed van het transport op de economie.

In hoeverre beschrijven de modellen het dynamische proces van economische groei in samenhang met transport? Hierin voorzien ASTRA en MOBILEC. In ASTRA vindt het dynamische proces van economische groei uitsluitend op nationaal niveau plaats, terwijl het in MOBILEC in de regio's zelf totstandkomt. Dit proces geschiedt in ASTRA bedrijfstakgewijs en beïnvloedt de regionale sectorstructuur, terwijl in MOBILEC de regionale sectorstructuur door een exogene variabele wordt weergegeven.

Wat bepaalt de keuze voor toepassing van een model? De wisselwerking tussen transport en economie is een belangrijke eigenschap voor transportmodellen om de effecten van het transportbeleid op transport en economie te berekenen, zeker op de lange termijn. Het is echter geen noodzakelijke voorwaarde voor de toepassing van een model, omdat een model zonder die eigenschap andere sterke punten kan hebben. Uiteindelijk gaat het om een afweging van eerder vermelde voor- en nadelen in samenhang met het oordeel over de theoretische en empirische kwaliteit van het model, zijn vermogen tot een geloofwaardige simulatie van ontwikkelingen van transport respectievelijk economie en de mate waarin het model gereed is voor toepassing.

Referenties

- Aschauer, A. D. (1989), Is Public Expenditure Productive?, *The Journal of Monetary Economics*, pp. 177-200.
- Banister, J. & J. Berechman (2000), *Transport Investment and Economic Development*, UCL Press, Londen.
- Biehl, D., E. Hussmann, K. Rautenberg, S. Schnyder & V. Südmeyer (1975), *Bestimmungsgründe des regionalen Entwicklungspotentials: Infrastruktur, Agglomeration und sektorale Wirtschaftsstruktur*, J.C.B. Mohr, Tübingen.
- Biehl, D. (1991), The Role of Infrastructure in Regional Development, in: R.W. Vickerman, ed., *Infrastructure and Regional Development*, European Research in Regional Science 1, Pion, Londen.
- Blauwens, G., P. De Baere & E. Van de Voorde (2006), *Transport Economics* (second edition), De Boeck, Antwerpen.
- Bork, G. van, & F. Treyz (2005), The REMI model for the Netherlands, in: F. van Oort, M. Thissen & L. van Wissen (red.), *A survey of spatial economic planning models in the Netherlands. Theory, application and evaluation*, Ruimtelijk Planbureau & RSA Nederland, Nai Publishers, Rotterdam, pp. 27-44.
- Bossche, M. A. van den, O. Teule, J. Oosterhaven, Strum & Zwaneveld (2000), *Fundamenteel voorwaarts. Naar een praktisch werkbaar en theoretisch gefundeerd benadering van voorwaartse economische effecten*. Onderzoeksprogramma Economische Effecten Infrastructuur, in opdracht van de Ministeries van Verkeer & Waterstaat en van Economische Zaken.
- Bruinsma, F.R. & P. Rietveld (1993), *De structurerende werking van de transportinfrastructuur. Een survey betreffende de invloed van infrastructuur en bereikbaarheid op de ruimtelijke spreiding van activiteiten*, Tijdschrift Vervoerswetenschap, pp. 279-302.

- Bundesminister für Verkehr (1993), Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen. Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992, Schriftreihe Heft 72, Bonn.
- Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopman, P.J.G. Tang & A.C.P. Verster (2000), Evaluatie van infrastructuurprojecten. Leidraad voor kosten-batenanalyse, Onderzoeksprogramma Economische Effecten Infrastructuur, in opdracht van de Ministeries van Verkeer & Waterstaat en van Economische Zaken.
- Elhorst, J.P., A. Heyma, C.C. Koopman & J. Oosterhaven (2004), Indirecte Effecten Infrastructuurprojecten. Aanvulling op de Leidraad OEI, in opdracht van de Ministeries van Verkeer & Waterstaat en van Economische Zaken.
- Fujita, M., P. Krugman & A.J. Venables (1999), *The Spatial Economy. Cities, Regions, and International Trade*, Cambridge (Ma) en Londen.
- Gillen, D.W. & W.G. Waters II, eds. (1996), *Transport Infrastructure Investment and Economic Development*, *The Logistics and Transportation Review* 32/1.
- Gomez-Ibanez, J.A. & J. Madrick (1996), *Economic Returns from Transportation Investment*, Eno Transportation Foundation, Lansdowne (VA).
- Gramlich, E.M. (1994), Infrastructure investment: a review essay, *Journal of Economic Literature* 32, pp. 1176-1196.
- Hague Consulting Group (2000), *Het Landelijk Model Systeem versie 7.0, deel D1*, in opdracht van Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 's-Gravenhage.
- Heertje, A. (2007), *Echte economie. Een verhandeling over schaarste en welvaart en over het geloof in leermeesters en "leren"*, Valkhof Pers.
- Hoorn, A.I.J.M. van der, & M. van der Vlucht (1998), The application of the TIGRIS model to randstadrail, in: J.P. Elhorst & J.Oosterhaven (red.), *Transport en welvaart*, REG-publicatie 16, Rijksuniversiteit Groningen, pp. 189-200.
- Meersman, H. & E. Van de Voorde (1991), De vraag naar personen- en goederenvervoer, in: 20e Vlaams wetenschappelijk congres, *Verkeer in België in 2000: mobiliteit of chaos?*, MAKLU Uitgevers, Antwerpen en Amersfoort, pp. 5-63.
- Meersman, H. & E. Van de Voorde (1997), Is freight transport growth inevitable?, 14th International Symposium on Theory and Practice in Transport Economics, Innsbruck.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1996), *Handboek Economische Effecten Infrastructuur, V&W-Platform Economie & Adviesdienst Verkeer en Vervoer*, Rotterdam.
- Munnell, A.H. (1992), Policy Watch: Infrastructure Investment and Economic Growth, *Journal of Economic Perspective* 6, pp. 424-427.
- NEA (1992), *Hoofdlijnen TEM (Transport Economisch Model)*, Rijswijk (ZH).
- NEA (1999), *The NEAC model 1997-2020. Western Europe Description Database Construction and Forecasting Module*, Rijswijk (ZH)
- NEA (2004), *NEAC Information System*, Rijswijk (ZH).
- NEA (2005), *15 jaar Nieuw Regionaal Model. Tijd voor een nieuw handboek*, Rijswijk (ZH) (auteur: J. Kiel).
- Oosterhaven, J., J.P. Elhorst, A. Heyma & C.C. Koopmans (2005), Indirecte Effecten Infrastructuur: Aanvulling Leidraad OEI, *Tijdschrift Vervoerswetenschap* 41/1, pp. 2-12.
- RAND Europe, Bureau Louter en Spiekermann & Wegener (2003), *Functioneel ontwerp TIGRIS XL*, Leiden.
- RAND Europe, Bureau Louter en Spiekermann & Wegener (2004), *Resultaat modelschattingen TIGRIS XL*, Leiden.
- Rest, H. van der (2004), *SMILE+*, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.
- Rietveld P. & F. Bruinsma (1998), *Is Transport Infrastructure Effective? Transport Infrastructure and Accessibility: Impact on the Space Economy*, Springer, Berlijn.
- Schade, W. (2004), *Strategic Sustainability Analysis: Concept and application for the assessment of European Transport Policy (ASTRA-D)*, proefschrift Universität Fridericiana Karlsruhe (Technischer Hochschule).
- Tavasszy, L., M.J.M. van der Vlist, C.J. Ruijgrok, B. Groothedde & H. van der Rest (1998), Scenario-wise analysis of transport and logistics systems with a SMILE, 8th World Conference on Transport Research, Antwerpen, 1998, in: H. Meersman, E. Van de Voorde & W. Winkelmans (red.), *World Transport Research*, vol. 1, Pergamon Elsevier Science, pp. 409-419.
- Thissen, M. (2005), RAEM: Regional Applied general Equilibrium Model for the Netherlands, in: F. van Oort, M. Thissen & L. van Wissen (red.), *A survey of spatial economic planning models in the Netherlands. Theory, application and evaluation*, Ruimtelijk Planbureau & RSA Nederland, Nai Publishers, Rotterdam, pp. 63-86.
- Venables, A.J. & M. Gasiorek (1996), *Evaluation Regional Infrastructure: A Computable Equilibrium Approach*, Mimeografie.
- Vooren, F.W.C.J. van de (2003), *Koppeling van transportmodellen*, Onderzoeksrapport 2003-002, Universiteit Antwerpen, Departement Transport en Ruimtelijke Economie.
- Vooren, F.W.C.J. van de (2004), *Modelling transport in interaction with the economy*, *Transportation Research Part E*, 40, pp. 417-437.
- Vooren, F.W.C.J. van de (2005), *MOBILEC*, in: F. van Oort, M. Thissen & L. van Wissen (red.), *A survey of spatial economic planning models in the Netherlands. Theory, application and evaluation*, Ruimtelijk Planbureau & RSA Nederland, Nai Publishers, Rotterdam, pp. 89-101.
- Vooren, F.W.C.J. van de, & J. Belt (2007), De gevolgen voor de transportsector van een stagnerende bevolking, *Tijdschrift vervoerswetenschap*, 43/4, pp. 15-25.
- Wilson, A.G. (1998), Land-use/transport interaction models past and future, *Journal of Transport Economics and Policy*, 32(1), pp. 3-26.
- Zondag, B. (2007), *Joint modeling of land-use, transport and economy*, proefschrift Technische Universiteit Delft, TRAIL.

Noten

- * De auteur dankt prof. dr. E. Van de Voorde (Universiteit Antwerpen) voor zijn suggesties.
1. Het verbeteren van de bereikbaarheid, veiligheid en duurzaamheid in het kader van het transportbeleid betekent, dat een beslag op schaarse, alternatief aanwendbare middelen wordt gelegd, en valt derhalve per definitie onder het begrip welvaart (Heertje, 2007).
 2. De onderhavige beschrijving van TEM betreft het operationele deel van het model. TEM is aanvankelijk opgezet als een volledig model voor het goederenvervoer met vervoerkeuze en met als verklarende variabelen ook de reistijden en de transportkosten. Wegens gebrek aan data is het volledige model niet geoperationaliseerd.
 3. Als argument om geen lonen in het model op te nemen kan worden aangevoerd, dat de nationale variabelen exogeen zijn en de regionale loonverschillen in Nederland gering.

Het maatschappelijk verantwoorde navigatiesysteem

Route optimalisatie vanuit maatschappelijk oogpunt

Ir. W. Joustra*, Arcadis, w.joustra@arcadis.nl, Prof. Dr. ir. S.P. Hoogendoorn, Faculteit Civiele Techniek & Geowetenschappen TUDelft en Prof. ir. F.M. Sanders, Arcadis *Corresponderend auteur

Samenvatting

Met het groeiend gebruik van navigatiesystemen zien we veranderingen in het routekeuzegedrag van weggebruikers. Gebruikers willen optimaal gebruik maken van het netwerk door routes te volgen die voor hen persoonlijk zijn geoptimaliseerd. De snelste route tussen herkomst en bestemming is hier het meest gebruikte voorbeeld van. Door het veelvuldig volgen van gebruikersoptimale routes in het netwerk kan mogelijk maatschappelijke overlast ontstaan. Overlast in de vorm van bijvoorbeeld concentratie van het verkeer op bepaalde wegen in het netwerk en de bijbehorende negatieve gevolgen voor de omgeving op het gebied van geluid, lucht en veiligheid. Ook voor de gebruikers zelf ontstaan mogelijk negatieve gevolgen op het gebied van brandstofverbruik en reistijd.

In deze verkenning is een methode ontwikkeld die routes berekend en adviseert die geoptimaliseerd zijn vanuit maatschappelijk perspectief. Als gevolg hiervan wordt een maatschappelijk systeemoptimum nagestreefd in plaats van gebruikersoptimalisatie. Links krijgen gebruikskosten voor maatschappelijke overlast die bestaat uit geluidsoverlast, uitstoot van uitlaatgassen, verkeersonveiligheid, brandstofverbruik en reistijd. Vervolgens worden routes berekend en geadviseerd op basis van minimalisatie van deze maatschappelijke kosten.

Summary

In present live route choice by navigation systems is more and more common. Users want to use the network in an optimal way by following routes that are optimized to their personal interests. This is mostly the fastest route between origin and destination. If the user optimal routes are frequently followed, a sort of societal hindrance can occur. Hindrance for example in the form of traffic congestion on certain links in the network, combined with the negative consequences that are attached to congestion. Like noise hindrance, air pollution and traffic (un)safety. Also between the different users negative consequences can occur in fuel consumption and travel time.

In this preliminary study a method is developed that calculate and advise routes that are optimized in societal point of view. As a result of this a societal system optimum instead of a user optimum is achieved. Links in the network are equipped with user costs for the societal impact. This impact is a combination of noise hindrance, air pollution, traffic safety, fuel consumption and travel time. Routes are calculated and advised on base of minimizing this new user costs.

1. Inleiding

1.1 Probleemdefinitie

Met de komst van navigatiesystemen is het gemak in de auto genomen. Automobilisten vinden steeds eenvoudiger hun bestemming, met minder verlies aan reistijd of extra reiskosten. Nadeel van navigatiesystemen is het puur individuele optimalisatiedoel. Alleen de wensen van de gebruiker, de optimale route van A naar B, worden ingewilligd.

Andere weggebruikers en omwonenden van de geadviseerde routes ervaren overlast als gevolg van het gebruik van deze route door de automobilist. Deze overlast wordt momenteel verwaarloosd. Maar zal met een toenemend marktaandeel van navigatiesystemen steeds grotere proporties aannemen. Op enkele specifieke locaties in Nederland is momenteel sprake van overlast. Als gevolg van de toename van het verkeer over geadviseerde routes is de overlast zo groot dat omwonenden klagen over de afgenomen leefbaarheid. (Molenaars, 2005; Telegraaf, 2006; VNG Magazine, 2006) Onlangs heeft het ministerie van Verkeer en Waterstaat een studie laten uitvoeren naar mogelijke nadelige effecten van navigatiesystemen op routekeuze. (Rijkswaterstaat DVS, 2008)

Een tweede verschijnsel als gevolg van de toename van het gebruik van navigatiesystemen is het niet optimaal gebruiken van het netwerk. Steeds meer verkeer wordt over dezelfde, statisch, optimale routes geleid. Met congestievorming op deze routes, en een afname van de leefbaarheid tot gevolg.

1.2 Oplossingsrichting van deze verkenning

Omdat navigatiesystemen de route van de gebruiker optimaliseren zal de maatschappelijke overlast niet afnemen of verdwijnen tenzij er een aanpassing gedaan wordt. Deze aanpassing wordt in dit artikel geïntroduceerd door rekening te houden met maatschappelijke overlast bij de routeoptimalisatie.

Hiervoor is in eerste instantie het begrip maatschappelijke overlast gedefinieerd en opgedeeld in berekenbare onderdelen. Vervolgens is voor deze afzonderlijke delen een formule afgeleid waarmee dit berekend kan worden.

De maatschappelijke overlast wordt vervolgens vertaald in gebruikskosten zodat het navigatiesysteem deze mee kan nemen in de optimalisatie van de route. Het berekenen en vertalen van de maatschappelijke kosten voor gebruik van alle wegen in het netwerk is op twee manieren uitgevoerd. Eén maal met een statische verkeersbelasting en één maal met een variërende verkeersbelasting op het netwerk.

1.3 Eerder gedaan onderzoek naar dit onderwerp

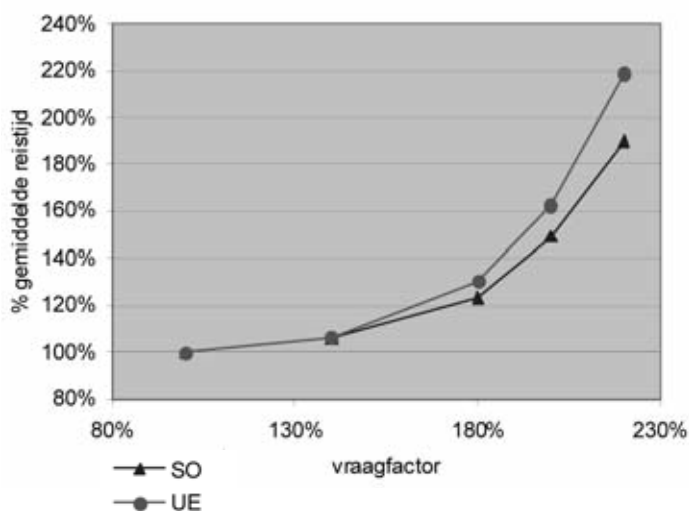
Het verschijnsel om overlast aan de omgeving als gevolg van wegverkeer te verrekenen met de veroorzaker(s) bestaat al lange tijd. Verschillende onderzoekers hebben studies gedaan naar maatschappelijke overlast en eventueel daaraan gekoppelde kosten. Vaak staat in deze studies één bepaald onderdeel van maatschappelijke overlast centraal, bijvoorbeeld verkeersveiligheid (Weseman, 1997 en Wegman ea, 2006). Ook milieuoverlast is een onderwerp wat vaak onderzocht is (Johansson-Stenman; Ma). Een studie die het onderwerp verkeersveiligheid direct in relatie brengt met navigatiesystemen is in 2007 uitgevoerd door TNO (Vonk ea, 2007). Daarnaast is ook veel onderzoek gedaan naar een verzameling van maatschappelijke overlast en het verrekenen hiervan met de veroorzakers (Blijenberg, 1994; Verhoef, 2006; Vermeulen, 2004; Bongers, 1997).

1.4 Systeem vs gebruikersoptimaal

Indien we veronderstellen dat reizigers volledig geïnformeerd zijn over de actuele (en toekomstige) verkeerscondities en dat de reizigers keuzes maken die het persoonlijke nut van hun verplaatsing maximaliseren, dan kunnen we doorgaans veronderstellen dat een zogenaamde gebruikersoptimale toedeling van verkeer over het netwerk ontstaat. Bij een dergelijke verdeling van verkeer geldt dat iedere gebruikte route tussen herkomst en bestemming de minimale actuele reistijd voor die route heeft ten opzichte van de beschikbare alternatieve routes.

In tegenstelling tot de situatie waarin ieder automobilist voor de subjectieve optimale route kiest, wordt er in geval van een systeemoptimale toedeling vanuit gegaan dat de totale systeemprestatie wordt geoptimaliseerd (e.g. minimale collectieve reistijden). Het kan dus heel goed zijn dat in dergelijke gevallen bepaalde groepen reizigers een langere reistijd zullen ervaren dan in geval van een gebruikersoptimum. De verschillen tussen de twee kunnen aanzienlijk zijn. Ter illustratie toont de onderstaande figuur de verschillen in gemiddelde reistijd tussen een gebruikersoptimale toedeling (UE) en een systeemoptimale toedeling (SO) bij een toenemende netwerkbelasting.

Figuur 1.1 verschil tussen gebruikersevenwicht (UE) en een systeemoptimale toedeling (SO) bij een toenemende verkeersbelasting



namelijk een *maatschappelijk optimale toedeling*. Deze toedeling verschilt met een klassieke systeemoptimale toedeling omdat niet alleen de kosten van de directe gebruikers in het systeem worden meegenomen, maar ook de overige kosten voor de maatschappij.

1.5 Belangrijkste bijdragen van deze verkenning

In deze studie is onderzocht hoe maatschappelijke overlast berekend kan worden. Hiermee wordt een voorzet gedaan voor een integrale aanpak van een steeds groter wordend sociaal probleem in Nederland.

Door de koppeling tussen kosten van maatschappelijke overlast en In-Car navigatiesystemen ontstaat een systeem dat op elke locatie bruikbaar is en ook rekening houdt met situaties waar (nog) geen overlast aanwezig is. Voordat op één specifieke plaats overlast is ontstaan wordt het verkeer al bijgestuurd naar de meest optimale situatie voor de gebruikers én maatschappij.

Ondanks dat de studie tot nu toe een vingeroefening is in het verrekenen van maatschappelijke overlast en het aansturen van bestuurders vanuit het streven naar een maatschappelijk systeemoptimum, wordt er een nieuwe richting ingeslagen met veel potentie voor een werkbare oplossing. In-Car navigatiesystemen zullen een steeds belangrijkere rol gaan spelen in het dagelijks volgen van routes tussen herkomst en bestemming. En daarmee in het aansturen van het verkeer.

1.6 Leeswijzer/opzet artikel

In het volgende hoofdstuk wordt allereerst beschreven hoe de door het wegverkeer veroorzaakte maatschappelijke overlast is berekend en verrekend. Hiervoor zijn nieuwe gebruikskosten voor links in het netwerk geïntroduceerd die zijn opgebouwd uit zes verschillende componenten die samen de maatschappelijke overlast vertegenwoordigen.

In hoofdstuk drie worden voor deze zes componenten formules afgeleid waarmee voor elke link in het netwerk berekend is hoe hoog de desbetreffende kosten zijn, en daarmee hoe hoog de nieuwe gebruikskosten zijn. Een aantal van deze formules is ontstaan uit een ruwe analyse van beschikbare informatie en rekenmodules. Voor dit moment in deze studie kan hiermee gewerkt worden. Op een later moment zal een diepgaandere afleiding gedaan moeten worden om algemeen geaccepteerde formules te verkrijgen.

Hoofdstuk vier beschrijft een uitgevoerde casestudie om de theorie waar deze verkenning gebruik van maakt te onderzoeken aan een eerste inspectie. Dit zijn simulaties in een verkeersmodel.

Het artikel sluit af met enkele conclusies en een vooruitblik op verder onderzoek naar het verrekenen van maatschappelijke overlast en het aansturen van het verkeer om deze overlast te minimaliseren.

2. Opzet verkenning

2.1 Theorie

Om een navigatiesysteem rekening te laten houden met maatschappelijke overlast door gebruik van een bepaalde link in het netwerk, moet deze overlast herkenbaar zijn. Hiervoor wordt de overlast vertaald naar kosten voor gebruik van een link. Door deze maatschappelijke 'gebruikskosten' vervolgens toe te voegen aan de momenteel gebruikelijke individuele gebruikskosten, reistijd en afstand, voor een link, ontstaat de mogelijkheid tot het optimaliseren van routes uit maatschappelijk oogpunt.

Gebruik van een route opgebouwd uit links met de laagste maatschappelijke 'gebruikskosten', levert de kleinst mogelijke overlast aan de maatschappij.

2.2 Nieuwe, marginale, gebruikskosten

Gebruikskosten voor een link kunnen statisch zijn of dynamisch. Zo ook de maatschappelijke 'gebruikskosten'. Met dynamische kosten wordt meer actueel advies gegeven over routes die op dat moment maatschappelijk optimaal zijn. Gebruik van statische kosten levert alleen theoretisch maatschappelijk optimale routes op.

Omdat de maatschappelijke overlast afhankelijk is van de hoeveelheid verkeer op het netwerk, wordt bij de berekening van de maatschappelijke 'gebruikskosten' ook rekening gehouden met de hoeveelheid verkeer. Dit wordt gedaan door de maatschappelijke gebruikskosten te berekenen als marginale kosten, de kosten als gevolg van één voertuig extra ten opzichte van het aanwezige verkeer.

Door gebruik te maken van marginale kosten ontstaat de mogelijkheid om een compleet netwerk aan te sturen en te optimaliseren. Immers, er wordt rekening gehouden met de hoeveelheid verkeer op elke link. Veel verkeer veroorzaakt veel overlast en dus worden de gebruikskosten voor die link ook hoger. Met als gevolg dat andere, eerder niet interessante, links opeens een goed alternatief worden.

2.3 Opbouw nieuwe gebruikskosten

De nieuwe gebruikskosten voor een link, waarmee het navigatiesysteem routes moet adviseren die vanuit maatschappelijk oogpunt optimaal zijn, bestaan uit twee delen. De al bekende individuele gebruikskosten voor reistijd en afstand, in deze verkenning vertaald naar brandstofkosten, en de maatschappelijke 'gebruikskosten'. Deze laatste zijn in deze verkenning onderverdeeld in de volgende vier componenten: geluid, emissie, verkeers(on)veiligheid en reistijd van externe automobilisten. Zie tabel 2.1.

2.4 Berekening gebruikskosten

Voor alle zes componenten van de nieuwe gebruikskosten is in deze verkenning een formule ontwikkeld waarmee de kosten voor gebruik van elke afzonderlijke link berekend kunnen worden. Vrije variabele in deze formules is de hoeveelheid verkeer op de link. Dit betekent dat deze intensiteit bekend moet zijn. Hiervoor is een uitgebreid systeem van monitoring nodig. Een onderwerp dat in deze verkenning niet is behandeld.

In deze verkenning zijn enkele modelsimulaties gedraaid op een klein netwerk dat twee keer is voorzien van de nieuwe gebruikskosten. Deze kosten zijn in de modelsimulaties op twee verschillende manieren berekend.

De eerste gebruikskosten zijn statisch berekend. Als input voor de hoeveelheid verkeer is de theoretische capaciteit van elke link gebruikt. Hiermee is een kostennetwerk berekend dat zeer hoge gebruikskosten vraagt, maar wat direct inzicht geeft in de maatschappelijk gevoelige links in het netwerk. De geadviseerde routes over dit netwerk zijn dan ook de theoretische maatschappelijk optimale routes.

De tweede gebruikskosten zijn berekend aan de hand van een stochastische toedeling en enkele iteratieslagen. Op het netwerk met de statisch berekende nieuwe gebruikskosten is een stochastische toedeling gedaan met een bij het gebruikte netwerk horende ochtendspits. Aan de hand van de uitkomst van deze toedeling zijn opnieuw de nieuwe gebruikskosten berekend waarna dezelfde ochtendspits opnieuw is toegedeeld, maar nu op basis van de herberekende gebruikskosten. Deze iteratieslagen zijn herhaald totdat de veranderingen in gebruikskosten nihil zijn geworden. De als laatst berekende gebruikskosten vormen de tweede gebruikskosten voor de modelsimulaties.

2.5 Beschrijving gebruikte model

In deze verkenning is voor het uitvoeren van de modelsimulaties gebruik gemaakt van het verkeerstoeelingsprogramma OmniTRANS. Een softwarepakket waarbij het mogelijk is zelf gebruikskosten toe te kennen aan verschillende links in het netwerk. OmniTRANS is nadrukkelijk gebruikt voor het uitvoeren van de verschillende stochastische verkeerstoeelingen op het gebruikte netwerk en voor het uitvoeren van de verschillende simulaties. Alle berekeningen van gebruikskosten zijn buiten OmniTRANS uitgevoerd. Voor meer informatie over OmniTRANS zie (OmniTRANS, 2005)

TABEL 2.1 Opbouw nieuwe gebruikskosten

Individuele gebruikskosten	Maatschappelijke gebruikskosten
Reistijd	Geluid
Afstand (brandstof)	Emissie
	Verkeers(on)veiligheid
	Reistijd externe automobilisten

3. Berekeningen

3.1 Algemene formule

Een navigatiesysteem zoekt routes in het netwerk op basis van gebruikskosten voor de verschillende links waar het netwerk uit is opgebouwd. Van elke link is bekend hoe hoog de theoretische reistijd is en hoe lang de link is. Deze twee kenmerken van de link vormen over het algemeen de gebruikskosten $K_{g,ind}$

$$K_{g,ind,n} = qT_n + rl_n \quad (1)$$

Met

$K_{g,ind,n}$	De individuele gebruikskosten voor link n	[*]
T_n	De theoretische reistijd over link n	[h]
l_n	De lengte van link n	[km]
q, r	Wegingparameters	[-]

De gebruikskosten zijn een combinatie van uren en kilometers en hebben daardoor weinig betekenis voor de mens. Een routeoptimalisatie algoritme kan hier echter prima mee uit de voeten. Ook als er meer verschillende eenheden door elkaar worden gebruikt kan het algoritme nog steeds de laagste gebruikskosten berekenen.

De voorgestelde nieuwe gebruikskosten voor een link zijn de bovenstaande individuele gebruikskosten, uitgebreid met de maatschappelijke gebruikskosten volgens tabel 2.1.

$$K_{g,n} = aK_{g,ind,n} + bK_{g,maa,n} \quad (2)$$

Met

$K_{g,n}$	De voorgestelde nieuwe gebruikskosten voor link n	[€]
$K_{g,ind,n}$	De individuele gebruikskosten voor link n	[€]
$K_{g,maa,n}$	De maatschappelijke gebruikskosten voor link n	[€]
a, b	Wegingparameters	[-]

In deze verkenning zijn formules afgeleid voor de zes componenten uit tabel 2.1 die de gebruikskosten omrekenen naar euro's. Hiermee kan tijdens de uitgevoerde simulaties een beter beeld gevormd worden van het effect van rekening houden met maatschappelijke overlast tijdens het zoeken naar routes door het netwerk. Voor een succesvolle werking van het principe is deze vertaalslag niet noodzakelijk. Voordeel is wel dat met gebruikskosten omgerekend naar euro's elke bestuurder een goed beeld krijgt van de veroorzaakte overlast.

3.2 Individuele gebruikskosten

De individuele gebruikskosten bestaan uit twee componenten. De kosten voor reistijd en de kosten voor reisafstand, die vertaald zijn naar brandstofverbruik.

3.2.1 Reistijd

Voor de berekening van de reistijd over een link, als functie van de verkeersintensiteit bestaat de BPR Travel Time Function. Deze wordt in dit onderzoek gebruikt.

$$t_n(q_n) = t_{n,0} \left(1 + a \left(\frac{q_n}{C_n} \right)^b \right) \quad (3)$$

Met

t_n	Reistijd over link n	[h]
$t_{n,0}$	Freeflowreistijd over link n ($q_n=0$) (= linklengte / toegestane snelheid)	[h]
q_n	Verkeersintensiteit op link n	[vrtg/h]
C_n	Capaciteit van link n	[vrtg/h]
a, b	Parameters	[-]

Aan de met deze functie berekende reistijd wordt een extra tijd toegevoegd indien zich op de link een verkeerslicht bevindt. De reistijd die op deze manier wordt verkregen wordt vermenigvuldigd met de Value Of Time (VOT) van de gemiddelde reiziger. Deze VOT is afgeleid van een gemiddeld inkomen van de verkeersdeelnemers van € 60.000 per jaar op basis van een 40 uren werkweek en 45 werkdagen per jaar. Dit levert een VOT van € 33 per uur op.

$$K_{tijd,n} = ((\gamma_{VRI} \times T_{wachtVRI}) + t_n) \times VOT \quad (4)$$

Met

$K_{tijd,n}$	Reistijdskosten over link n	[€]
$\gamma_{VRI,n}$	Aanwezigheidsparameter verkeerslicht op link n (= 1 of 0)	[-]
$T_{wachtVRI}$	Wachttijd voor VRI (= 20/3600)	[h]
t_n	Reistijd over link n	[h]
VOT	Tijdswaardering (= 33)	[€/h]

3.2.2 Brandstofverbruik

In plaats van de kosten voor de reisafstand over een link wordt gebruik gemaakt van de kosten voor brandstofverbruik op de link. Om het brandstofverbruik op een link te berekenen zijn twee vereenvoudigingen gedaan. Er is een gemiddelde rijsnelheid over de link geïntroduceerd, die afhankelijk is van de verkeersintensiteit. En er regressieformule afgeleid die het brandstofverbruik als functie van de rijsnelheid benaderd. Deze regressieformule is een sterke vereenvoudiging en heeft alleen betekenis bij snelheden tot 120 km/h.

$$v_n'' = \frac{l_n}{((\gamma_{VRI,n} \times T_{wachtVRI}) + t_n)} \quad (5)$$

Met

v_n''	Gemiddelde rijsnelheid over link n	[km/h]
l_n	Lengte link n	[km]
$\gamma_{VRI,n}$	Aanwezigheidsparameter verkeerslicht op link n (= 1 of 0)	[-]
$T_{wachtVRI}$	Wachttijd voor VRI (= 20/3600)	[h]
t_n	Reistijd over link n	[h]

en

$$Verbruik_n = -8 \cdot 10^{-4} \times v_n''^2 + 0,238 \times v_n'' + 0,1251 \quad (6)$$

Met

$Verbruik_n$	Gemiddeld brandstofverbruik op link n	[km/l]
v_n''	Gemiddelde rijsnelheid over link n	[km/h]

Met een gemiddelde brandstofprijs voor het Nederlandse wagenpark van €1,19 per liter (prijspeil januari 2007) kan met behulp van het volgende algoritme per link berekend worden wat de kosten zijn

voor het brandstofverbruik op die link, als functie van de verkeersintensiteit.

$$K_{\text{brandstof},n} = \epsilon_{\text{brandstof}} \left(\frac{l_n}{\text{Verbruik}_n} \right) \quad (7)$$

Met

$K_{\text{brandstof},n}$	Brandstofkosten over link n	[€]
$\epsilon_{\text{brandstof}}$	Gemiddelde brandstofprijs (= 1,19)	[€/l]
l_n	Lengte link n	[km]
Verbruik_n	Gemiddeld brandstofverbruik op link n	[km/l]

3.3 Maatschappelijke gebruikskosten

De maatschappelijke gebruikskosten bestaan uit vier componenten. De kosten voor geluidsoverlast, de kosten voor emissie van uitlaatgassen, de kosten voor een toename van het risico op een dodelijk verkeersongeval en de kosten voor extra reistijdafstand voor de overige weggebruikers.

3.3.1 Geluidsoverlast

Om de kosten als gevolg van geluidsoverlast te kunnen berekenen is de geluidsproductie van een extra auto nodig. Deze is afhankelijk van het initiële geluidsniveau als gevolg van de verkeersintensiteit. Verder moet een prijs per decibel geproduceerd geluid bekend zijn. Omdat de geluidsproductie van een extra auto afhankelijk is van de initiële hoeveelheid geluid, wordt de formule om deze te berekenen als eerste getoond.

$$N_n(q_n) = -68,92 \left(\left(\frac{q_n}{10} \right) + 1 \right)^{-0,0967} + 109,92 \quad (8)$$

Met

N_n	Geluidsniveau langs link n	[dB(A)]
q_n	Verkeersintensiteit op link n	[vrtg/h]

Naast dat de geluidsproductie op een link afhankelijk is van de hoeveelheid verkeer op die link, is deze ook afhankelijk van de snelheid waarmee het verkeer rijdt. Het niveau N geeft het geluidsniveau van verkeer dat met een snelheid van 80 km/h over de link rijdt. Is de snelheid hoger of lager, dan zal het niveau N anders zijn. Hiervoor wordt een correctiefactor berekend die afhankelijk is van de gerealiseerde rijsnelheid op de link.

$$\Delta dB_n = -9 \cdot 10^{-8} (v_n'' - 80)^4 + 7 \cdot 10^{-6} (v_n'' - 80)^3 -$$

$$6 \cdot 10^{-4} (v_n'' - 80)^2 + 9,49 \cdot 10^{-2} (v_n'' - 80) \quad (9)$$

Met

ΔdB_n	Correctiefactor voor geluidsniveau op link n	[dB(A)]
v_n''	Gemiddelde rijsnelheid over link n	[km/h]

De productie van een extra voertuig, gegeven een bepaalde verkeersintensiteit wordt berekend met de volgende formule.

$$G_n(q_n) = 0,662(q_n)^{-1,0967} \quad (10)$$

Met

G_n	Geluidsproductie van een extra voertuig op link n	[dB(A)]
q_n	Verkeersintensiteit op link n	[vrtg/h]

De prijs voor een decibel extra geproduceerd geluid, is afhankelijk van de hoeveelheid reeds aanwezig geluid. In een drukke stadsstraat is een extra decibel minder vervelend dan in een rustige woonwijk. Deze prijs wordt berekend met een formule die gebruikt wordt in studies naar waardevermindering van huizen als gevolg van geluidsoverlast.

$$MWTP_n(L_n) = \frac{e^{2,52+0,0497L}}{1,35} \quad (11)$$

Met

$MWTP_n$	Bereidheid p.p. tot betalen voor geluidsreductie met 1dB op link n	[€/dB]
L_n	Geluidsniveau op link n (= $N + \Delta dB$)	[dB(A)]

Indien bekend is hoeveel personen langs link n beïnvloed worden door het geproduceerde geluid, kunnen de maatschappelijke kosten voor geluidsoverlast door een extra voertuig op de link berekend worden.

Het aantal personen dat beïnvloed wordt door het geproduceerde geluid wordt de gevoeligheid van de link genoemd. Deze wordt als volgt berekend.

$$\text{gevoeligheid}_n = 2l_n \sqrt{\text{bewoningsdichtheid}_n} \quad (12)$$

Met

gevoeligheid_n	Aantal personen langs link n dat beïnvloed wordt door overlast	
$\text{bewoningsdichtheid}_n$	Gemiddelde bewoningsdichtheid van link n	[pers/km ²]
l_n	Lengte van link n	[km]

Door de formules (8),(9),(10),(11) en (12) te combineren worden de maatschappelijke kosten voor de geluidsoverlast als gevolg van een extra voertuig op link n berekend.

$$K_{\text{geluid},n} = G_n(q_n) \times MWTP_n(L_n) \times \text{gevoeligheid}_n \quad (13)$$

3.3.2 Emissie

Voor de berekening van de maatschappelijke kosten voor de emissie die wordt veroorzaakt door een extra voertuig op de link zijn drie delen nodig. De productie van emissie door een extra voertuig op de link en de prijs per eenheid van emissie, die afhankelijk is van de initiële hoeveelheid emissie op de link.

In deze verkenning is gebruik gemaakt van het rekenmodel voor de luchtverontreiniging langs verkeerswegen dat is uitgegeven door een samenwerkingsverband van TNO, VROM en het RIVM. Dit rekenmodel heet CAR II. 'Calculation of Air pollution of Road traffic'. (website CAR II)

Volgens Ma (Ma, 1999) zijn de stoffen CO, NO₂ en PM-10 de belangrijkste vervuulende uitlaatstoffen. In dit onderzoek zijn deze gebruikt voor de maatschappelijke kosten als gevolg van emissie door voertuigen. Uit het rekenmodel is afgeleid dat de emissie van deze stoffen een lineair verband heeft met de hoeveelheid verkeer. De groeicoëfficiënten voor de verschillende stoffen worden gebruikt als waarde voor de extra uitstoot als gevolg van een extra voertuig op de link. Er is daarbij onderscheid gemaakt tussen drie verschillende categorie wegen: binnen de bebouwde kom, buiten de bebouwde kom en de snelweg. Zie tabel 3.1.

TABEL 3.1 Toename emissie als gevolg van 1 extra voertuig [microgram/km]

	CO	NO ₂	PM-10
Binnen bebouwde kom	18,8	0,4	0,2
Buiten bebouwde kom	3,6	0,2	0,05
Snelweg	5,0	0,2	0,1

Met behulp van het rekenmodel, de verkeersintensiteit en enkele eigenschappen van de link, wordt de hoogte van de initiële emissie berekend. Uit vergelijking tussen biobrandstoffen en gewone brandstoffen volgt een 25% lagere emissie door biobrandstoffen voor een gemiddeld € 0,10 hogere prijs.

Omgedraaid betekent dit dat een toename van het initiële emissieniveau van 25% € 0,10 kost. Dit wordt gebruikt voor het vaststellen van de prijs voor de toename van het emissieniveau als gevolg van een extra voertuig. Voor elke link wordt op basis van de verkeersintensiteit berekend hoe hoog het initiële emissieniveau is en daarmee hoeveel de kosten bedragen voor een eenheid emissie bovenop de initiële situatie. Deze prijs wordt vermenigvuldigd met de toename van de emissie als gevolg van een extra voertuig en vervolgens met de gevoeligheid van de link. Daarmee wordt de maatschappelijke prijs voor emissie als gevolg van een extra voertuig over de link berekend.

$$K_{emissie,n} = \sum_x \frac{pT_{x,n} \text{gevoeligheid}_n}{0,25E_{x,n}(q_n)} \quad (14)$$

Met

$K_{emissie,n}$	Maatschappelijke kosten voor emissie op link n	[€]
x	Uitlaatstof die gebruikt wordt in dit onderzoek (CO, NO ₂ en PM-10)	
$T_{x,n}$	Toename emissie stof x op link n, agv 1 extra voertuig	[µg/km]
l_n	Lengte van link n	[km]
p	Standaard prijs voor 25% toename emissie (= 0,10)	[€]
$E_{x,n}$	Initieel emissieniveau stof x op link n	[µg/km]
q_n	Verkeersintensiteit op link n	[vrtg/h]
gevoeligheid_n	Aantal personen langs link n dat beïnvloed wordt door overlast	

3.3.3 Verkeers(on)veiligheid

Verkeers(on)veiligheid is in deze verkenning meegenomen als de kans op een dodelijk ongeval en de bijbehorende maatschappelijke kosten. De kans op een dodelijk ongeval is van een aantal zaken afhankelijk. In deze verkenning alleen van de gerealiseerde rijsnelheid op een link.

De gerealiseerde rijsnelheid op een link is in deze verkenning afhankelijk van de verkeersintensiteit volgens onderstaande verdelingen.

$$\frac{q_n}{C_n} \leq 1$$

$$V' = v_{wet,n}$$

$$1 < \frac{q_n}{C_n} \leq 2$$

$$V' = \left(1 - \left(\frac{q_n}{C_n} - 1 \right) \right) \times v_{wet,n}$$

$$2 < \frac{q_n}{C_n}$$

$$V' = 0$$

Met

q_n	Verkeersintensiteit op link n	[vrtg/h]
C_n	Capaciteit van link n	[vrtg/h]
V_n'	Rijsnelheid afhankelijk van verkeersintensiteit op link n	[km/h]
$v_{wet,n}$	Wettelijk toegestane snelheid op link n	[km]

De formule voor het berekenen van het risico op een dodelijk onderzoek is afgeleid uit een onderzoek uitgevoerd door de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, SWOV (Wegman ea, 2006)

$$Risico_n = \left(\frac{V'_n}{60} \right) \times 1,75 \cdot 10^{-6} \quad (15a)$$

($0 \leq V' < 60$)

$$Risico_n = 1,75 \cdot 10^{-6} - \left(\frac{(V'_n - 60)}{60} \right) \times 1,75 \cdot 10^{-6} \quad (15b)$$

($60 \leq V' < 120$)

Met

$Risico_n$	Kans op een dodelijk ongeval op link n in een spits	[kans pp/km]
V_n'	Rijsnelheid afhankelijk van verkeersintensiteit op link n	[[km/h]

Uit een vergelijking tussen verschillende verzekeraars is berekend dat de gemiddelde uitkering voor een levensverzekering op € 500.000 ligt. Dit bedrag wordt in dit onderzoek gebruikt als de maatschappelijke waarde voor een leven (VOL).

De maatschappelijke kosten voor verkeers(on)veiligheid op een link worden vervolgens op de volgende manier berekend.

$$K_{veiligheid,n} = Risico_n \times \text{gevoeligheid}_n \times l_n \times VOL \quad (16)$$

Met

$K_{veiligheid,n}$	Maatschappelijke kosten voor verkeersveiligheid op link n	[€]
$Risico_n$	Kans op een dodelijk ongeval op link n in een ochtendspits	[kans pp/km]
gevoeligheid_n	Aantal personen langs link n dat beïnvloed wordt door overlast	[pers]
l_n	Lengte van link n [km] VOL Maatschappelijke waarde voor een leven (= 500000)	[€]

3.3.4 Reistijd externen

De berekening van de maatschappelijke kosten voor de reistijdbeïnvloeding van de andere weggebruikers heeft sterke overeenkomsten met de berekening van de kosten voor de individuele reistijd van de bestuurder. Ook nu wordt gebruik gemaakt van de BPR Travel Time Function. In dit geval de eerste afgeleide.

$$dt_n(q_n) = \frac{abt_n}{C_n} \left(\frac{q_n}{C_n} \right)^{(b-1)} dq_n \quad (17)$$

Met

dt_n	Toename reistijd over link n	[h]
$t_{n,0}$	Freeflowreistijd over link n ($q_n=0$) (= linklengte / toegestane snelheid)	[h]
q_n	Verkeersintensiteit op link n	[vrtg/h]
C_n	Capaciteit van link n	[vrtg/h]
a, b	Parameters	[-]

Door invullen van de verkeersintensiteit van de link in deze formule wordt bekend hoeveel de reistijd toeneemt als er een extra voertuig op de link bij komt. Wanneer de uitkomst van deze formule vermenigvuldigd wordt met de verkeersintensiteit, is bekend hoeveel tijdverlies alle gebruikers van de link op dat moment ervaren door het extra voertuig. Vermenigvuldigen van deze extra reistijd met de waardering voor een eenheid van tijd (VOT) die al eerder gebruikt is in deze verkenning geeft de hoogte van de maatschappelijke kosten voor de extra reistijd op een link voor de andere weggebruikers.

$$K_{reis,ext,n} = dt_n(q_n) \times q_n \times VOT \quad (18)$$

Met

$K_{reis,ext,n}$	Maatschappelijke kosten toename reistijd voor externe weggebruikers op link n	[€]
dt_n	Toename reistijd over link n	[h]
q_n	Verkeersintensiteit op link n	[vrtg/h]
VOT	Tijdswaardering (=33)	[€/h]

3.4 Verzamelformule

Nu de afzonderlijke componenten van de nieuwe gebruikskosten per link bekend zijn, kunnen deze worden ingevuld in formule (2). Dit levert het algoritme waarmee voor elke link berekend wordt hoe hoog de nieuwe gebruikskosten zijn als er een extra voertuig over wil gaan rijden. De kosten als gevolg van dit extra voertuig zijn de gebruikskosten voor het vinden van de maatschappelijk optimale route.

$$K_{g,n} = a(K_{tijd,n} + K_{brandstof,n}) + b(K_{geluid,n} + K_{emissie,n} + K_{veiligheid,n} + K_{reis,ext,n}) \quad (19)$$

Met

$K_{g,n}$	De voorgestelde nieuwe gebruikskosten voor link n	[€]
$K_{tijd,n}$	Reistijdkosten over link n	[€]
$K_{brandstof,n}$	Brandstofkosten over link n	[€]
$K_{geluid,n}$	Maatschappelijke kosten voor geluid op link n	[€]

$K_{emissie,n}$	Maatschappelijke kosten voor emissie op link n	[€]
$K_{veiligheid,n}$	Maatschappelijke kosten voor verkeersveiligheid op link n	[€]
$K_{reis,ext,n}$	Maatschappelijke kosten toename reistijd voor externe weggebruikers op link n	[€]
a, b	Wegingparameters	[-]

4. Onderzoek/case

4.1 Beschrijving simulaties

Het algoritme dat in deze verkenning is afgeleid is getest aan de hand van een viertal casestudies. Uit deze studies blijkt of de afgeleide formules het doel van dit onderzoek, het verleggen van voorkeursroutes door gevoelig gebied, realiseren. Voor de casestudies is gebruik gemaakt van het netwerk van Delft in het verkeerstoedelingenprogramma OmniTRANS.

De belangrijkste invoerparameter voor de berekening van de nieuwe gebruikskosten is de verkeersintensiteit op de link. Hier is tijdens de casestudies op twee manieren invulling aan gegeven.

- Eén keer is gebruik gemaakt van de theoretische capaciteit van elke link, die bekend is in het model, als invoer voor de verkeersintensiteit op de link.
- Eén keer is gebruik gemaakt van een gebruikersoptimale stochastische verkeerstoedeling van de ochtendspits voor Delft van 2000.

Bij een stochastische verkeerstoedeling zoekt het verkeer zijn weg afhankelijk van de gebruikskosten van de verschillende links. Echter, deze gebruikskosten zijn afhankelijk van de hoeveelheid verkeer op de link. Er is gebruik gemaakt van een iteratieproces om tot een verzameling gebruikskosten te komen voor de verschillende links in het netwerk.

Er is gestart met een stochastische toedeling van de ochtendspits op basis van de statisch berekende nieuwe gebruikskosten. De verdeling van het verkeer over de verschillende links is vervolgens invoer voor de eerste berekening van de nieuwe gebruikskosten volgens de verzamelformule van deze verkenning. De berekende gebruikskosten zijn daarna weer invoer voor een volgende stochastische verkeerstoedeling, met nieuwe verkeersintensiteiten op de link als gevolg. Met de 'Method of Successive Averaging', waarbij elke volgende iteratieslag iets minder zwaar mee telt in de berekening van de gemiddelde verkeersintensiteit op de link wordt toegewerkt naar een eindsituatie waarbij de berekende gebruikskosten niet meer veranderen. Deze laatste gebruikskosten worden gebruikt voor de simulaties van het tweede deel van de case.

Op deze manier is een netwerk gemaakt waarbij de links allemaal twee keer zijn voorzien van nieuwe gebruikskosten volgens de formules van dit onderzoek. Met beide gebruikskosten zijn vervolgens simulaties gedraaid op het netwerk.

- Er zijn voor tien individuele voertuigen routes gezocht tussen herkomst en bestemming in het netwerk. En deze routes zijn vergeleken met de routes die gevonden zouden worden door gebruik te maken van de traditionele gebruikskosten tijd of afstand.

- Voor een complete ochtendspits wordt een toedeling gedaan op basis van de nieuwe gebruikskosten. Deze toedeling wordt vergeleken met een toedeling op basis van de gebruikskosten tijd en met een toedeling op basis van de gebruikskosten afstand.

Alle routes die gevonden worden in beide simulaties veroorzaken een bepaalde mate van maatschappelijke overlast volgens de nieuwe gebruikskosten. Het verschil in overlast tussen routes volgens de oude methode en routes volgens de nieuwe methode geeft een indicatie van de prestaties van de formules die in deze verkenning zijn afgeleid.

4.2 Resultaten simulaties

De resultaten van de simulaties zijn onderverdeeld naar de verschillende manieren van berekening van de nieuwe gebruikskosten.

4.2.1 Gebruikskosten op basis van capaciteit

Op het netwerk van Delft, dat is voorzien van nieuwe gebruikskosten die zijn berekend op basis van de capaciteit van elke link, worden tussen vijf herkomsten en bestemmingen routes gezocht voor één voertuig. Dit voertuig zoekt één keer zijn route met als doel de maatschappelijke overlast te minimaliseren, één keer de snelste route en één keer de kortste route. Zowel heen als terug. Figuur 4.1 geeft een illustratie van de uitgevoerde simulatieritten. Deze 2 keer 5 keer 3 soorten routes hebben het volgende resultaat.

Tabel 4.1 Resultaten individuele routes

Overlast individuele routes op netwerk op basis van linkcapaciteiten			
	Kortste routes	Snelste routes	Maatschappelijke routes
Gemiddelde overlast	€ 51	€ 36	€ 24
Besparing overlast	47 %	33 %	

Op hetzelfde netwerk wordt een complete ochtendspits voor 2000 toegedeeld. De verdeling van het verkeer over de verschillende links in het netwerk wordt ook in dit geval op drie verschillende manieren gedaan. Eén keer zoekt al het verkeer de snelste route, één keer de

kortste en één keer de maatschappelijk optimale. De linkintensiteiten die hier het gevolg van zijn worden vermenigvuldigd met de vooraf vastgestelde nieuwe gebruikskosten. Dit geeft de maatschappelijke overlast die optreedt als gevolg van de optimalisatie die het verkeer volgt. Hieronder staan de resultaten van deze simulatie.

Tabel 4.2 Resultaten complete ochtendspits

Overlast individuele routes op netwerk op basis van linkcapaciteiten			
	Kortste routes	Snelste routes	Maatschappelijke routes
Overlast	€ 2.201.369	€ 2.040.156	€ 1.902.855
Besparing overlast	14 %	7 %	

4.2.2 Gebruikskosten aan de hand van iteratieproces

Dezelfde simulaties zijn uitgevoerd op een netwerk van gebruikskosten die berekend zijn aan de hand van een aantal iteratieslagen. Hiermee zijn links die op gevoeliger plaatsen liggen dan anderen ook daadwerkelijk duurder in gebruik dan links die op minder gevoelige plaatsen liggen. De resultaten van de twee soorten simulaties staan hieronder weergegeven.

Tabel 4.3 Resultaten individuele routes

Overlast individuele routes op netwerk op basis van ochtendspits 2000			
	Kortste routes	Snelste routes	Maatschappelijke routes
Gemiddelde overlast	€ 79	€ 61	€ 46
Besparing overlast	42 %	25 %	

Tabel 4.4 Resultaten complete ochtendspits

Overlast individuele routes op netwerk op basis van ochtendspits 2000			
	Kortste routes	Snelste routes	Maatschappelijke routes
Overlast	€ 2.240.212	€ 2.147.370	€ 2.033.742
Besparing overlast	9 %	5 %	

4.2.3 Prijs voor besparing overlast

De in deze simulaties gevonden besparingen op maatschappelijke overlast lijken ideaal. Maar er is een keerzijde van de medaille. Door

Figuur 4.1 Kortste route, snelste route en "nieuwe" route met laagste maatschappelijke overlast



routes te gebruiken die de minste overlast veroorzaken, moet het verkeer wel langer en verder rijden dan wanneer routes gevolgd worden die geoptimaliseerd zijn voor de gebruiker. De “prijs” voor de besparing in overlast van de twee verschillende simulaties met individuele voertuigen staat hieronder aangegeven.

Tabel 4.5 Prijs voor besparing overlast

Extra reistijd en extra reisafstand van de twee simulaties

	Extra reistijd	Extra reisafstand
Individuele routes ‘capaciteit’	7%	44%
Individuele routes ‘iteratie’	7%	45%

5. Conclusies

Het opnemen van maatschappelijke overlast in de gebruikskosten van een link in het netwerk is mogelijk. De nieuwe gebruikskosten die hierdoor ontstaan kunnen vervolgens gebruikt worden bij de optimalisatie van routes door dit netwerk.

De in deze verkenning gebruikte componenten, individuele reistijd, brandstofkosten, geluidsoverlast, emissie, verkeersonveiligheid en reistijd andere weggebruikers, voor de nieuwe gebruikskosten zijn een goede representatie van de maatschappelijke overlast die de maatschappij ervaart op het moment dat een voertuig een rit gaat maken.

Met de in deze verkenning afgeleide formules is het mogelijk maatschappelijke overlast te vertalen in gebruikskosten voor een link. Hiermee kan een routezoekalgoritme de optimale route, met de minste maatschappelijke overlast, zoeken.

Een nieuw kostennetwerk dat berekend is met een theoretische verkeersbelasting geeft een goede eerste benadering van de maatschappelijke gevoeligheid van het netwerk. Een kostennetwerk dat is berekend met de actuele verkeersbelasting geeft de maatschappelijke gevoeligheid het beste weer. Hiervoor is wel de actuele verkeerssituatie nodig, een onderdeel dat in deze verkenning niet is behandeld.

Verkeer dat routes zoekt in een netwerk op basis van minimalisatie van de maatschappelijke overlast veroorzaakt minder overlast aan de omgeving dan verkeer dat routes zoekt in een netwerk op basis van minimalisatie van reistijd of reisafstand. In deze verkenning kan per ochtendspits ongeveer 45% maatschappelijke overlast bespaard worden.

Algemeen gezien blijkt uit deze verkenning dat wanneer het verkeer aangestuurd wordt vanuit maatschappelijk systeemoptimum in plaats van gebruikersoptimum, dit voordelen biedt voor de gehele maatschappij. Deze voordelen vragen van de individuele gebruikers minimale opoffering in de vorm van extra reistijd en reisafstand.

6. Vooruitblik / verder onderzoek

Het tot nu toe uitgevoerd onderzoek heeft een sterk verkennend karakter gehad. Op eenvoudige wijze is begonnen met een opzet waaruit moest blijken of aansturing van verkeer vanuit een maat-

schappelijk oogpunt mogelijk was. Nu blijkt dat dit mogelijk is, kan een blik in de toekomst geworpen worden om de tot nu toe uitgevoerde verkenning uit te breiden of te verbeteren. Hiervoor zijn al enkele denkrichtingen te noemen.

6.1 Opbouw maatschappelijke kosten

De componenten die de maatschappelijke overlast representeren in deze verkenning zijn onderverdeeld in individuele kosten en maatschappelijke kosten. Met de uit de genoemde referenties gevonden onderdelen is een opbouw gedaan van de maatschappelijke kosten. Of alle mogelijke oorzaken voor maatschappelijke overlast zijn vertegenwoordigd en of dit op de juiste manier is gedaan, is niet tot in detail onderzocht. Bij verder onderzoek in de toekomst kan met een meer specialistische blik vanuit de maatschappelijke overlast naar de componenten die gebruikt zijn gekeken worden of die wellicht nog aangevuld of aangepast moeten worden.

Ook de opbouw van de verzamelformule is een onderwerp voor verder onderzoek. Zijn de verschillende componenten van hetzelfde kaliber? En wegen ze dus even zwaar mee in de formule. Een duidelijk onderwerp voor de politieke agenda.

6.2 Dynamisch aansturen

Uit de uitgevoerde simulatie waarbij gebruik gemaakt werd van enkele iteratieslagen, blijkt dat het verkeer beter wordt aangestuurd vanuit maatschappelijk oogpunt dan wanneer statische waarden gebruikt worden voor de verkeersintensiteit en dus ook voor de nieuwe gebruikskosten voor alle links.

In werkelijkheid is de verdeling van het verkeer over het netwerk nooit volgens de standaard capaciteit. Op het moment dat het verkeer direct aangestuurd kan worden op basis van het actuele verkeersbeeld, wordt het maatschappelijke optimum het meest benaderd. Wanneer alle voertuigen in het netwerk kunnen communiceren met een centraal punt voor de aansturing, is bekend hoe het verkeer verdeeld is over het netwerk en hoe dat op korte termijn zal veranderen. Aan de hand daarvan kan elk voertuig een individueel advies krijgen dat gebaseerd is op de actuele verkeersverdeling en de voorspelling. Tevens kan dit routeadvies bij elke volgende berekeningsronde vanuit het centrale punt voor de aansturing nog aangepast worden als de nieuwe situatie daar aanleiding toe geeft. Hiermee is een dynamische aansturing van het verkeer mogelijk. Hierbij is een enorme, maar niet onmogelijke, rekenkracht nodig om alle aangevraagde routes tussen herkomst(en) en bestemming(en) te kunnen aansturen en bijsturen op basis van actuele verkeersinformatie.

6.3 Sociale impact

Met deze verkenning is aangetoond dat het aansturen van het verkeer in het netwerk vanuit systeemoptimum een verbetering van de maatschappelijke overlasterisituatie betekend. Maar op dit moment is dit principe niet veel meer dan een theorie. Voordat dergelijke systemen daadwerkelijk ontwikkeld gaan worden is verder onderzoek nodig. Niet alleen technisch onderzoek, maar ook sociaal. Is er voldoende draagvlak te vinden onder de gebruikers bijvoorbeeld. Zoals uit de resultaten van deze verkenning blijkt kost het gebruik van een maatschappelijk verantwoord navigatiesysteem de gebruiker extra

reistijd en reisafstand. Wil de gebruiker wel meedoen aan het systeemoptimum? Gezien de, beperkte, groep consumenten die in de markt kiezen voor groene en/of biologische producten terwijl daarvan bekend is dat deze duurder zijn, zal er ook voor het maatschappelijk verantwoord navigatiesysteem een draagvlak te vinden zijn. De vraag is hoe groot dit is.

Naast het draagvlak is het juridische karakter een onderwerp van aandacht voor verder onderzoek. Kan de gebruiker gedwongen worden gebruik te maken van maatschappelijk verantwoorde routes of is dat niet nodig? En indien het wettelijk verplicht wordt, wie is dan verantwoordelijk bij ongevallen op routes die geadviseerd worden door deze navigatiesystemen. Momenteel de gebruiker van het navigatiesysteem. Maar het gebruik is nu nog op vrijwillige basis. Verandert deze juridische positie wellicht?

Referenties

- Blijenberg, A.N., ea, 1994, "Internalising the social costs of transport", OECD, ECMT
- Bonger, B. de, Proost S. (Reds.), 1997, "Mobiliteit: De juiste prijs", (Garant, Leuven-Apeldoorn) KUV Leuven, faculteit CES, ETE
- Johansson-Stenman, O., "Optimal Environmental Road Pricing", working paper 168, department of economics, Göteborg University
- Ma, L., "Modelling for Traffic-generated Environmental Pollution Analysis", OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies Delft, University of Technology
- Ma, L., 1999, "Integrated environmental impact modelling for urban freight transport", TRAIL Research School, University of Technology, Delft
- Molenaars, M., 2005, "Bewoners eisen maatregelen", BN/De Stem
- OmniTRANS, 2005, "Getting Started", Tutorial OmniTRANS v4.2, document 1.05
- Peeta., Mahmassani., 1995, "System optimal and user-equilibrium time-dependent traffic assignment in congested networks"
- Rijkswaterstaat DVS, 2008, "Analyse nadelige effecten navigatiesystemen op routekeuze", Dienst Verkeer en Scheepvaart, Ministerie van Verkeer en Waterstaat
- Telegraaf, 2006, "Eemsmond neemt maatregelen vanwege GPS-vrachtwagens" Website telegraaf, website bezocht 08-04-07 11:30 <http://www.telegraaf.nl/binnenland>
- Verhoef, E.T., 2006, "Second best Road Pricing through Highway Franchising", department of spatial Economics, Free University Amsterdam
- Vermeulen, J.P.L., ea, 2004, "De prijs voor een reis", CE Delft, Delft
- VNG Magazine, 2006, "Brandbrief van VNG aan de 2e kamer"
- Vonk, T, Rooijen T, Hogema, T van, Feenstra P, 2007, "Do Navigation Systems improve traffic safety?", TNO Mobility and Logistics
- Website CAR II, website bezocht 15-08-08 14:15 <http://www.infomil.nl/aspx/get.aspx?xdl=/views/infomil/xdl/page<mldt=190195&Sitldt=111&Varldt=82>
- Wegman, F., Aarts, L., 2006, "Advancing sustainable safety, National Road Safety Outlook for 2005-2020", SWOV Leidschendam
- Weseman, P., 1997, "Kosten van de verkeersonveiligheid in Nederland", SWOV Leidschendam

De evaluatie van ruimtelijke afwegingsvraagstukken: via Maatschappelijke Kosten Baten Analyse of via Multi Criteria Analyse?

Ernst J. Bos,
LEI-Wageningen Universiteit en Researchcentrum

Samenvatting

De Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA) heeft een centrale rol bij het evalueren van plannen binnen het transport- en ruimtelijke ordeningsbeleid. In deze bijdrage wordt de dominante positie van de MKBA gerelativeerd. Daartoe worden de kenmerken van dit instrument vergeleken met die van het belangrijkste alternatief, de Multi Criteria Analyse (MCA). Vervolgens wordt aangegeven welke gevolgen methodische verschillen tussen MKBA en MCA kunnen hebben voor de uitkomst van een evaluatie en voor de keuze van een instrument in verschillende situaties. Tevens wordt aangegeven waarom een combinatie van beiden, de zogenaamde 'Multi Criteria Kosten Baten Analyse' niet automatisch betekent dat dit instrument het beste van MKBA en MCA integreert.

Summary

Social Cost-Benefit Analysis (CBA) is a main tool for supporting policy decision making on transport and other spatial planning in the Netherlands. In this article the dominance of CBA is subject of discussion. Thereto, the main features of CBA are being compared with those of its main alternative, the Multicriteria Analysis (MCA). It is being analyzed what consequences the methodological differences between CBA and MCA can have for the outcome of the evaluation and how they affect the choice for an instrument. In addition, it is being argued why a combination of both, the so called 'Multicriteria Cost-Benefit Analysis', not necessarily means that it integrates the best of both CBA and MCA

Keywords: transportbeleid, besluitvormingsondersteuning, integrale evaluatie, Maatschappelijke Kosten Baten Analyse, Multi Criteria Analyse.

Inleiding

Bij het ondersteunen van besluitvormingsprocessen wordt steeds vaker gebruik gemaakt van evaluatie-instrumenten. Bekende evaluatie-instrumenten zijn de Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA) en de Multi Criteria Analyse (MCA)¹. Veelal wordt besloten dat een evaluatie-instrument ingezet gaat worden, maar ontbreekt een expliciete onderbouwing voor de keuze van het type instrument². De laatste jaren heeft de MKBA een centrale positie ingenomen. De richtlijn 'Overzicht Effecten Infrastructuur', welke een leidraad is voor het evalueren van infrastructuurprojecten, heeft hiertoe bijgedragen³. Echter, de MKBA is niet voor elke situatie de beste keuze. Een weloverwogen keuze voor een instrument is om

twee redenen van belang. Ten eerste kan het type instrument dat wordt ingezet van invloed zijn op de uitkomst van de evaluatie: verschillende instrumenten die worden toegepast op eenzelfde case kunnen zelfs tot tegengestelde uitkomsten komen. Ten tweede zijn beide instrumenten niet voor elke case even geschikt. Methodische verschillen tussen MKBA en MCA liggen aan de basis van zowel de verschillen in uitkomst als de verschillen in geschiktheid. Dit artikel analyseert deze methodische verschillen en geeft aan in welke situatie welk instrument de voorkeur heeft.

Bij het analyseren van deze evaluatie-instrumenten richten we ons op belangrijke ruimtelijke afwegingsvraagstukken zoals infrastructuurprojecten en gebiedsplannen. Bij ruimtelijke afwegingsvraagstukken zijn niet alleen de investeringskosten of de economische spin-off van belang, maar bijvoorbeeld ook de effecten op natuur en landschap. Dit zijn complexe vraagstukken waarbij vele belangen een rol spelen. Als diverse, mogelijk tegengestelde belangen tegen elkaar afgewogen moeten worden ligt het gebruik van integrale evaluatie-instrumenten zoals MKBA en MCA voor de hand. Zoals in een eerder artikel in dit tijdschrift is opgemerkt kunnen bij afwegingsvraagstukken ook andere instrumenten worden gebruikt (Macharis, et al., 2008). Denk daarbij aan de kosten-effectiviteitanalyse of de scorekaart methode. In een kosten-effectiviteitanalyse vergelijkt men de effectiviteit (uitkomst) met de kosten van verschillende planalternatieven. De scorecard methode geeft inzicht in diverse effecten van planalternatieven. Van een integrale afweging van effecten is bij dergelijke methoden geen sprake. Vandaar dat dit artikel zich beperkt tot de meer integrale afwegingsinstrumenten MKBA en MCA. Hoewel het naast elkaar gebruiken van MKBA en MCA niet nieuw is (Reinhard et al., 2003) zijn vergelijkende methodische studies voor MKBA en MCA zeldzaam.

Tevens wordt in dit artikel ingegaan op de eigenschappen van een combinatie van een MKBA en een MCA, de Multi Criteria Kosten Baten Analyse (MCKBA).

Als eerste stap worden in de volgende paragraaf de beide instrumenten kort beschreven. Vervolgens analyseren we methodische verschillen tussen MKBA en MCA en gaan we in op de vraag waarom deze tot verschillende uitkomsten van een evaluatie kunnen leiden. Tevens wordt aangegeven in welke situatie welk instrument het meest geschikt is.

Integrale evaluatie-instrumenten voor beleidsondersteuning: een korte beschrijving

De MKBA is gebaseerd op de welvaartstheorie en resulteert in een in geld gekwantificeerd overzicht van de voor- en nadelen van een ingreep ten opzicht van de referentiesituatie. Deze gemonetariseerde voor- en nadelen worden ook wel respectievelijk baten en kosten genoemd. Een MKBA neemt in principe alle baten en kosten mee,

ook posten die niet op een markt in prijzen tot uitdrukking komen zoals natuur en landschap. Dergelijke posten kunnen met specifieke niet-markt waarderingsmethoden in geld worden uitgedrukt. Omdat de MKBA voortkomt uit het consistente theoretische kader van de welvaartsanalyse, is het wetenschappelijk breder geaccepteerd dan de MCA. Een nadeel is echter dat het monetariseren van effecten voor buitenstaanders vaak minder transparant is en daardoor minder toegankelijk.

Bij het meest gebruikte alternatief voor de MKBA, de MCA, worden de verschillende effecten van een voorgestelde ingreep tegen elkaar afgewogen door degene die de evaluatie uitvoert, de beslisser of de onderzoeker (verder beslisser genoemd). Het afwegen gebeurt door gewichten toe te kennen aan de effecten, die in de context van een MCA ook wel criteria worden genoemd. Deze gewichten weerspiegelen het belang dat een criterium voor de beslisser heeft. De eenheden waarin criteria worden uitgedrukt zijn in principe vrij te bepalen. Naast monetaire eenheden kunnen ook niet-monetaire of kwalitatieve eenheden worden gebruikt zoals plussen en minnen. Het feit dat monetaire waarderingsmethoden binnen de MCA niet toegepast hoeven te worden komt de transparantie ervan ten goede. Dat betekent overigens niet dat de MCA daarmee altijd een meer transparante methode is dan MKBA. Binnen de MCA zijn ook diverse complexe modellen mogelijk.

MKBA geeft inzicht in de maatschappelijke rentabiliteit van planalternatieven terwijl MCA de rangschikking van planalternatieven baseert op een subjectieve weging van gekozen criteria. Door deze verschillen kan het optimale alternatief volgens MKBA afwijken van het optimale alternatief volgens MCA. Zo is in Van der Heide et al. (2006) zowel een MKBA als een MCA toegepast op een natuurontwikkelingsproject genaamd het Kuindermeer. Uit de analyse bleek dat de MKBA een ander planalternatief selecteerde dan de MCA. Het feit dat de verzameling van opgenomen effecten niet volledig identiek waren, vormt één van de oorzaken van het verschil in uitkomst. Ook kunnen verschillen in eenheden waarin effecten gemeten zijn en het verschil in weging een rol spelen. Immers, bij de MCA reflecteren de wegingsfactoren de preferenties van de beslisser, terwijl binnen de MKBA weging plaatsvindt op basis van maatschappelijke preferenties, namelijk prijzen.

In de volgende paragraaf gaan we nader in op de vraag waarom de uitkomsten van MKBA en MCA van elkaar kunnen verschillen. Daartoe analyseren we per stap van de evaluatie de verschillen tussen beide instrumenten.

Methodische verschillen tussen MKBA en MCA die van invloed kunnen zijn op de uitkomst van de evaluatie

Een evaluatie vergelijkt een planalternatief ten opzichte van de situatie dat het planalternatief niet zou worden uitgevoerd. Bij het uitvoeren van een evaluatie worden diverse stappen doorlopen (Hanley en Spash, 1993), waarvan voor dit artikel de volgende van specifiek belang zijn:

1. identificeren effecten
2. meten effecten
3. wegen effecten

Voor elk van de stappen worden de verschillen tussen MKBA en MCA geanalyseerd.

Het identificeren van effecten

Bij een MKBA bestaan de in de evaluatie mee te nemen effecten uitlopend uit welvaartseffecten. Voorbeelden van effecten die geen welvaartseffecten betreffen maar wel van belang kunnen zijn voor een evaluatie zijn intrinsieke waarden en verdelingseffecten. Intrinsieke waarden zijn waarden die geen impact hebben op het nut van mensen. Denk daarbij aan de waarde die een regenwoud heeft voor een bepaalde diersoort, zonder dat wij daar nut aan ontleen. Bij verdelingseffecten vindt een herverdeling van welvaart plaats zonder dat de omvang van de geaggregeerde welvaart verandert. Binnen de MKBA vallen dergelijke herverdelingen tegen elkaar weg. Echter, een beslisser kan het van belang vinden om te kunnen corrigeren voor herverdelingseffecten. Als een bepaald planalternatief bijvoorbeeld tot een verdeling van inkomsten leidt die gunstig is voor de lagere inkomensklassen, kan dat voor een beslisser reden zijn dit als een positief effect van het betreffende planalternatief te willen opnemen in de eindevaluatie.

Naast de methodische eigenschap van MKBA dat alleen welvaarts-effecten in de analyse kunnen worden betrokken, zijn er vanuit OEEI(2000) en OEI(2004) tevens praktische richtlijnen voor het identificeren van relevante welvaartseffecten voor een bepaalde case.

Stel dat het in een te evalueren case gaat om de aanleg van een spoorlijn door een natuurgebied. Voorbeelden van enkele relevante welvaartseffecten zouden kunnen zijn:

- aantasting biodiversiteit in het gebied
- verbeterde bereikbaarheid
- aantasting recreatieve waarde van het gebied
- verlies landbouwproductie

Resumerend kan worden gesteld dat voor de MKBA zowel vanuit de theorie als vanuit richtlijnen voor toepassing in de praktijk, heldere vereisten beschikbaar zijn voor de identificatie van effecten. Dit maakt dat voor de MKBA deze stap van de evaluatie relatief objectief is.

Een MCA biedt volledige vrijheid bij het selecteren van in de analyse op te nemen effecten. Naast welvaartseffecten kunnen ook de eerder genoemde niet-welvaartseffecten worden opgenomen. Het is een voordeel van de MCA dat bijvoorbeeld ongunstige verdelingseffecten wel in de afweging kunnen worden betrokken. Echter, een nadeel van het volledig vrij zijn in het meenemen van effecten is dat daarmee het gevaar van dubbeltelling en incompleetheid van effecten groter is dan bij de MKBA. In het geval van een case waarbij een spoorlijn zou worden aangelegd door een natuurgebied, zouden voorbeelden van relevante effecten kunnen zijn:

- aantasting intrinsieke natuurwaarden
- verbeterde bereikbaarheid
- ongunstige herverdeling tussen regio's van inkomsten uit recreatie
- verlies landbouwproductie

Metten effecten

Bij een MKBA impliceert deze stap dat de omvang van een effect numeriek moet worden uitgedrukt, oftewel een meting volgens de ratio schaal. Immers, de 'Q' op de horizontale as van een vraag – aanbod curve betreft het aantal geproduceerde / geconsumeerde eenheden. Daarbij geeft de vraagcurve weer de hoeveelheid van een goed die een consument bereid is te kopen tegen een bepaalde prijs. De aanbodcurve toont de aangeboden hoeveelheid van een goed bij een bepaalde prijs. Denk bij de 'Q' bijvoorbeeld aan 'areaal landbouwgrond' of 'aantal woningen'. Kortom, voor elk effect van het plan staat er een numerieke grootheid op de horizontale as van de betreffende vraag – aanbod curve. Kwalitatieve grootheden zoals '+' of '-' zijn daarbij niet aan de orde. In het voorbeeld van een spoorlijn door een natuurgebied zouden de betreffende effecten als volgt gemeten kunnen worden:

- afname biodiversiteit in %
- afgenomen reistijd
- aantal woningen waarvan de verkoopwaarde is gedaald
- areaal landbouwgrond dat moet verdwijnen

De MCA biedt bij de 'kwantificering' van effecten wederom alle vrijheid. Effecten kunnen zowel in kwalitatieve als in kwantitatieve termen worden uitgedrukt. Oftewel, meting vanaf ordinale schaal. Met andere woorden, noch vanuit theoretisch-methodische richtlijnen, noch vanuit toepassingondersteunende richtlijnen worden enige eisen gesteld aan de eenheden waarin effecten gemeten worden. In het voorbeeld van een spoorlijn zouden de betreffende effecten als volgt gemeten kunnen worden in een MCA:

- aantasting intrinsieke natuurwaarden met een '-'
- afgenomen reistijd met een '+'
- herverdeling tussen regio's van inkomsten uit recreatie met een '-'
- areaal landbouwgrond dat moet verdwijnen met een '-'

Merk op, het is een sterk punt van de MKBA dat het meten van effecten minstens even nauwkeurig is als bij een MCA. Merk tevens op dat als bij een MCA meting langs ordinale schaal plaatsvindt, bijvoorbeeld in termen van plussen en minnen, dit niet altijd eenvoudig zal zijn. Wanneer is bijvoorbeeld op een effect '++' van toepassing en wanneer '+'?

Weging effecten

Bij een MKBA bestaan de wegingsfactoren uit prijzen die het marginale nut weerspiegelen. Omdat prijzen volgens het evenwichtsmodel van vraag en aanbod op de markt tot stand komen, weerspiegelen zij de maatschappelijke preferenties ten aanzien van een effect. Het product van prijs en hoeveelheid wordt ook wel baten genoemd als het positief is of kosten als het negatief is. Vervolgens worden in een MKBA kosten en baten die zich op verschillende tijdstippen voordoen op gewogen wijze gesaldeerd. Daarbij krijgt een post een lager gewicht als het zich later in de tijd voordoet. Het op deze wijze gewogen salderen van het product van prijs en hoeveelheid wordt ook wel verdisconteren genoemd.

Een knelpunt bij weging op basis van prijzen is echter dat bepaalde welvaartseffecten zich niet voordoen op een markt en prijzen dus

niet beschikbaar zijn. Dit probleem speelt bij effecten verbonden met natuur en milieu, maar ook bij reistijdwaardering. Er zijn wel methoden beschikbaar om deze effecten in monetaire eenheden uit te drukken maar de betrouwbaarheid ervan is onderwerp van discussie. Dit geldt met name voor een methode zoals contingente waardering (Stolwijk, 2006). Bij de contingente waarderingsmethode worden respondenten bevraagd naar hun betalingsbereidheid voor bijvoorbeeld het behoud van een natuurgebied. Het hypothetische karakter van deze betalingsbereidheid maakt de waarde van het verkregen bedrag onzeker. Zie Hoevenagel (1994) voor een overzicht van de diverse vertekeningen ('biasses') die daarbij kunnen optreden.

Het probleem van onzekere betrouwbaarheid is dat daarmee de kans groter wordt dat een project wat feitelijk tot een afname van de maatschappelijke welvaart leidt, wordt aangewezen als een welvaartsverhogend project (Bos, 2007). Als in een case ongeprijsde effecten overheersen kan de betrouwbaarheid van MKBA dusdanig onzeker worden dat het de vraag is of niet beter een MCA moet worden toegepast. Het weglaten van deze effecten uit een MKBA is immers geen optie omdat de analyse dan partieel wordt in plaats van integraal.

Bij de MKBA zouden de effecten uit het voorbeeld van de spoorlijn als volgt worden gemonetariseerd:

- betalingsbereid per % verandering biodiversiteit
- reiskosten per tijdseenheid
- afname verkoopwaarde per woning
- netto toegevoegde waarde (NTW) per ha landbouwgrond

In het geval van een MCA heeft de beslisser volledige vrijheid om gewichten toe te kennen aan criteria. Dit maakt dat voor MCA deze stap van de evaluatie uiterst subjectief is. Een voordeel is echter dat ongeprijsde effecten binnen een MCA niet gemonetariseerd hoeven te worden en dus het daarmee verbonden probleem van een onzekere betrouwbaarheid zich niet voordoet. Merk op dat dit voordeel betrekkelijk is. In feite staat MCA toe dat een weging afwijkt van maatschappelijke preferenties. Het is echter de vraag welke waarde een weging anders dan gebaseerd op maatschappelijke preferenties heeft voor maatschappelijke afwegingsvraagstukken.

In het voorbeeld van de spoorlijn zou een weging als volgt kunnen zijn⁴:

- aantasting intrinsieke natuurwaarden: 0,3
- afname reistijd: 0,4
- herverdeling tussen regio's van inkomsten uit recreatie: 0,2
- areaal landbouwgrond dat moet verdwijnen: 0,1

Tabel 1 vat voor de betreffende stappen van de evaluatie de verschillen tussen MKBA en MCA samen.

Tabel 1. De methodische verschillen tussen evaluatie-instrumenten MKBA en MCA

Identificeren effecten		Meten effecten	
MKBA	MCA	MKBA	MCA
Welvaartseffecten: {1, ..., W}	Effecten: {1, ..., E}	Uitsluitend langs ratio schaal ⇒ meetnauwkeurigheid vereist ⇒ sterk punt MKBA	Vrije keuze: vanaf ordinaire schaal ⇒ hooguit zelfde meetnauwkeurigheid als MKBA ⇒ zwak punt MCA
Keuzevrijheid: <ul style="list-style-type: none"> {1, ..., W} moeten welvaartseffecten zijn ⇒ geen keuzevrijheid om niet-welvaartseffecten op te nemen voor een case de lijst {1, ..., W} identificeren aan de hand van OE(E) <p>Oftewel, relatief veel objectiviteit bij identificatie effecten ⇒ sterk punt MKBA</p>	Met: $\{1, \dots, E\} \supseteq \{1, \dots, W\};$ $\{1, \dots, E\} \not\subset \{1, \dots, W\} =$ niet-welvaartseffecten <p>Keuzevrijheid: voor een case geen richtlijnen voor identificeren lijst effecten</p> <p>Probleem: <ol style="list-style-type: none"> gevaar dubbeltelling effecten, en gevaar incompleetheid effecten ⇒ zwak punt MCA <p>Het op kunnen nemen van effecten anders dan welvaartseffecten is een voordeel van MCA ⇒ sterk punt MCA</p></p>		
Effecten tegen elkaar afwegen		Momenten in de tijd waarop effecten zich voordoen tegen elkaar afwegen (verdisconteren)	
MKBA	MCA	MKBA	MCA
Op basis van prijzen die volgens het evenwichtsmodel van vraag en aanbod, maatschappelijke preferenties weerspiegelen. Dus weging relatief objectief ⇒ sterk punt MKBA	Op basis van door beslisser gekozen wegingsfactoren.	Op basis van vaste, door OE(E), voorgeschreven waarden van tijdshorizon en discontovoet.	Mogelijk in weging van criteria door aan een post op een ander moment in de tijd een ander gewicht toe te kennen.
Probleem: als een welvaartseffect zich niet voordoet op een markt, zoals bij natuur. Dan is relatief minder betrouwbare niet-marktwaardering nodig ⇒ zwak punt MKBA	Keuzevrijheid: alle vrijheid bij wegen effecten ⇒ zwak punt MCA	Oftewel, relatief veel objectiviteit bij verdisconteren ⇒ sterk punt MKBA	Keuzevrijheid: geen richtlijnen voor verdisconteren ⇒ zwak punt MCA
	Ongeprijsde effecten hoeven niet met minder betrouwbare niet-marktwaarderingmethoden gemonetariseerd te worden ⇒ sterk punt MCA		

Uitkomst evaluatie

In elk van de 3 stappen van de evaluatie verschillen MKBA en MCA dus van elkaar. Dit heeft tot gevolg dat de uitkomst van de beide instrumenten voor eenzelfde case kan verschillen. Met andere woorden, MKBA en MCA kunnen voor een zelfde case tot een verschillende ranking van planalternatieven komen.

De uitkomst van een MKBA volgt uit het invullen van de formule⁵:

$$\text{MKBA-uitkomst} = \sum_{t=0}^T \sum_{w=1}^W (1+\alpha)^{-t} \times (P_w \times Q_w)_t$$

met:

$\{1, \dots, W\}$ = verzameling welvaartseffecten

P = prijs

Q = hoeveelheid

α = discontovoet

T = tijdshorizon, oftewel de periode waarvoor de evaluatie wordt uitgevoerd

Merk op, bij MKBA past men 2 wegingen expliciet toe:

- Op basis van prijzen die de maatschappelijke voorkeuren voor effecten weergeven;
- Op basis van verdisconteren waarmee de maatschappelijke tijdsvoorkeur wordt weergegeven.

De uitkomst van een MCA volgt uit het invullen van de formule⁶:

$$\text{MCA-uitkomst} = \sum_{e=1}^E (g_e \times Q_e)$$

met:

$\{1, \dots, E \mid 1, \dots, E \supseteq 1, \dots, W\}$ = verzameling effecten, waar welvaartseffecten deel van uit kunnen maken

$\{g_1, \dots, g_E \mid 0 \leq g_e \leq 1 \cap g_1 + \dots + g_E = 1\}$ = verzameling gewichten

Merk op, als een beslisser de gewichten van een MCA volledig zou baseren op maatschappelijke preferenties zou hij in feite de verhouding van marktprijzen voor de gewichten nemen. Indien tevens de zelfde verzameling van effecten in de evaluatie worden betrokken en deze effecten worden in dezelfde (kwantitatieve) eenheden uitgedrukt als bij de MKBA, dan leidt evaluatie middels MCA tot een zelfde uitkomst als evaluatie middels MKBA.

Samenvattend, uitkomsten van MKBA en MCA voor eenzelfde case kunnen van elkaar afwijken omdat:

1. Lijst van effecten kan verschillen;
2. Verschil in meten effecten;
3. Economische waardering ongeprijsde goederen MKBA is bron van onzekere betrouwbaarheid;
4. Weging effecten MCA kan afwijken van weging op basis van marktprijzen in combinatie met weging op basis van tijdsvoorkeur.

De vrijheden die MCA biedt bij het identificeren, meten en wegen van effecten maakt de MCA gevoelig voor manipulatie en sturing door de beslisser. Ook los van bewuste sturing zal voor onafhankelijk van elkaar uitgevoerde MCA's voor eenzelfde case, ceteris pari-

bus, de kans groter zijn dat dit tot verschillende uitkomsten leidt dan bij onafhankelijk van elkaar uitgevoerde MKBA's. Oftewel, de objectiviteit van de evaluatie is bij MCA beperkt in vergelijking met MKBA. Dit komt niet alleen door het praktische gegeven dat er een richtlijn voor MKBA beschikbaar is (de OEI), maar bijvoorbeeld ook omdat voor het 'wegen' van richtprijzen kan worden uitgegaan. Zie bijvoorbeeld het kentallenboek voor MKBA (LNV, 2006). Echter, omdat in een MCA ongeprijsde effecten niet in monetaire eenheden hoeven worden weergegeven speelt het probleem van onzekere monetaire waardering niet bij een MCA.

De algemene aanbeveling is om voor situaties waarin ongeprijsde effecten hooguit marginaal zijn en uitsluitend welvaartseffecten van belang zijn, de MKBA de voorkeur te geven boven MCA. Indien de eerder genoemde spoorlijn op een perceel productielandbouw zou worden aangelegd en alleen welvaartseffecten van belang zouden zijn, dan zou dus een MKBA meer voor de hand liggen dan een MCA. Echter, indien de spoorlijn door een uniek natuurgebied zou worden aangelegd, ligt een MCA eerder voor de hand. Immers, dan spelen naast kosten en baten van de ontsluiting vooral effecten op het ecosysteem een hoofdrol. Voor het waarderen van een omvangrijke post is de betrouwbaarheid van de natuurwaarderingmethode contingente waardering dan te onzeker.

MCKBA: het beste uit 2 werelden of een inconsistente mengmoes?

Naast het separaat toepassen van MKBA en MCA zou het een interessante optie zijn om beide instrumenten te integreren in een 'multi criteria kosten baten analyse' (Sijtsma, 2006)⁷. Bijvoorbeeld door de effecten die zich op de markt voordoen volgens de MKBA te evalueren. Vervolgens zouden effecten die zich niet op een markt voordoen, tezamen met het saldo van de (partiële) MKBA in een MCA worden opgenomen. Het geïntegreerd gebruiken van de instrumenten MKBA en MCA is overigens niet iets nieuws, maar werd eerder bijvoorbeeld al door het ministerie van V&W aanbevolen (zoals het Thompion instrumentarium: Stoelinga, 2000). De evaluatie wordt dan een mix van maatschappelijke preferenties en de preferenties van de beslisser. In het geval van de spoorlijn door een natuurgebied heb je dan bijvoorbeeld een mix van de criteria: (i) saldo partiële MKBA in euro's, (ii) afname biodiversiteit in % en (iii) ongunstige herverdeling van inkomens met een '-'. De beslisser dient dan het saldo van een verzameling van een op basis van maatschappelijke preferenties gewaardeerde effecten af te wegen tegen de andere effecten. Oftewel,

MCKBA-uitkomst =

$$g_{\text{markt}} \times \left[\sum_{t=0}^T \sum_{w=1}^W (1+\alpha)^{-t} \times (P_w \times Q_w)_t \right] + [g_{\text{niet-markt}} \times Q_{\text{niet-markt}}]$$

Met andere woorden, de uitkomst van de MCKBA is dan een gewogen optelsom van effecten die zich op een markt voordoen (eerste gedeelte van de formule) en effecten waarvoor dit niet het geval is (tweede gedeelte van de formule).

Wat zijn de kenmerken van een dergelijke MCKBA en hoe scoren deze ten opzichte van MKBA, respectievelijk MCA? Wat betreft de identificatie van effecten biedt MCKBA hetzelfde voordeel als een MCA, namelijk dat ook niet-welvaartseffecten kunnen worden opgenomen. De MCKBA scoort ten aanzien van het gevaar van dubbeltelling en incompleetheid van effecten gunstiger dan de MCA. Dubbeltelling en incompleetheid zou hooguit kunnen optreden bij effecten die zich niet op de markt voordoen. Immers, de markteffecten zijn volgens beschikbare richtlijnen en het raamwerk van de welvaartstheorie opgesteld, waardoor dubbeltelling en incompleetheid minder waarschijnlijk zijn.

Ten aanzien van het wegen van effecten heeft de MCKBA als voordeel dat de problemen van het economisch waarderen van ongeprijsde effecten zich niet voordoen. Echter, bij het afwegen van niet-markt effecten tegen het criterium 'MKBA-saldo' doet zich een aantal problemen voor. Een beslisser dient één of meer criteria af te wegen tegen het resultaat van een weging van criteria. Dit is een fundamenteel andere taak dan het tegen elkaar afwegen van een aantal enkelvoudige criteria. Het is tevens de vraag of een combinatie van een MCA en een partiele MKBA niet tot inconsistenties leidt. Neem weer het voorbeeld van de spoorlijn door een natuurgebied. Stel dat alle interne effecten in een MKBA kunnen worden uitgedrukt en dat externe effecten als 'verminderd fietsplezier' in het MCA deel zitten. Door het afgenomen fietsplezier kunnen mensen substituten gaan zoeken voor het natuurgebied, waaronder substituten waarvoor een marktprijs bestaat zoals het lidmaatschap van een sportschool. Met andere woorden, de gevolgen van een plan op ongeprijsde effecten kunnen doorwerken op 'echte' markten. Een MKBA die is gebaseerd op waarnemingen van markteffecten incorporeert dergelijke gevolgen in het totaal van alle markteffecten die het plan teweegbrengt. Het is daarmee de vraag of het separaat evalueren van effecten die mogelijk gecorreleerd zijn niet tot vertekening van de einduitkomst leidt op het moment dat de instrumentuitkomsten geïntegreerd worden.

Daarbij komt dat de criteria 'MKBA-saldo' en 'niet-markt effecten' in verschillende eenheden zijn gemeten (euro's, respectievelijk niet-monetaire eenheden) en mogelijk ook in verschillende schaal (ratio, respectievelijk ordinaal). Criteria die in verschillende grootheden / schalen zijn gemeten kunnen niet tegen elkaar worden afgewogen. Met andere woorden, er dient eerst standaardisatie te worden toegepast om beide modellen onderling vergelijkbaar te maken. Merk op dat standaardisatie inhoudt dat de meetschaal met de hoogste nauwkeurigheid wordt omgezet naar de meetschaal met de laagste nauwkeurigheid. Dit betekent dat een voordeel van de MKBA ten opzichte van MCA, namelijk een minstens even hoge meetnauwkeurigheid als MCA, verdwijnt als deze wordt geïntegreerd in een MCKBA.

Ten slotte merken we op dat een praktisch voordeel van MCKBA is dat het een manier kan zijn om met P.M. posten (posten die niet gemonetariseerd konden worden) om te gaan. Door met een MCKBA dergelijke posten toch in evaluatie te betrekken kan wellicht worden voorkomen dat de P.M. van een MKBA over het hoofd worden gezien als de gebruiker alleen naar het eindsaldo kijkt.

Praktische case-afhankelijke kenmerken die mede een rol kunnen spelen bij de keuze voor een instrument

Aan de hand van de methodische verschillen kan voor een case een onderbouwde keuze voor een instrument worden gemaakt. Naast dergelijke methodische verschillen kunnen in de praktijk ook andere kenmerken een rol spelen bij de keuze. Zo kan de hoeveelheid tijd en middelen die beschikbaar zijn voor de evaluatie een factor zijn in de keuze. Voor het uitvoeren van een MKBA kunnen de kosten hoog zijn. Dit geldt met name voor de waardering van ongeprijsde effecten zoals natuur- en landschap, omdat hierbij vaak grote groepen respondenten geïnterviewd moeten worden. Een alternatief is om hierbij gebruik te maken van kengetallen, wat overigens weer als nadeel kan hebben dat de betrouwbaarheid minder wordt (Bos, 2007). Een MCA kan vaak in relatief korte tijd en met beperkte middelen worden uitgevoerd. MCKBA zit er tussenin omdat ongeprijsde effecten niet gemonetariseerd hoeven te worden hetgeen inzet van tijd en geld uitspaart.

Een ander niet-methodisch kenmerk is het draagvlak voor een methode. Deze is voor MKBA groter dan voor MCA, mede omdat de MKBA centraal staat in de meest bekende richtlijn voor evaluatie van beleid, namelijk de OEI (zie bijvoorbeeld Rouwendal en Rietveld, 2000; Ruijgrok et al., 2004). Wat betreft ervaring met het instrument zullen MKBA en MCA elkaar niet veel ontlopen. Wel is in Nederland beperkte ervaring met het toepassen van natuur- en milieuwaarderingmethoden.

Resumerend: valueer alvorens te evalueren

De twee belangrijkste integrale evaluatie-instrumenten, MKBA en MCA, hebben zoals te verwachten beiden hun voor- en tegens. In dit artikel zijn we ingegaan op de methodische kenmerken van beide instrumenten die van invloed kunnen zijn op de uitkomst van de evaluatie. Hiermee is expliciet gemaakt waarom de keuze voor een instrument van invloed kan zijn op de uitkomst van de evaluatie. Aan de hand van de methodische kenmerken kan een meer bewuste afweging tussen beide instrumenten gemaakt worden in een case studie. Daarmee wordt de centrale positie die de MKBA inneemt bij het ondersteunen van de besluitvorming enigszins gerelativeerd. Met name als in een case ongeprijsde effecten belangrijke posten zijn zou een MCA de voorkeur kunnen krijgen. Dit is gelegen in het feit dat de economische waardering van deze posten een onzekere betrouwbaarheid kent en veel tijd en geld kost. In een MCA kunnen hiervoor andere eenheden dan monetaire gebruikt worden, zoals de fysieke grootheid biodiversiteit. Ook als niet-welvaartseffecten zoals verdelingseffecten belangrijk zijn voor de evaluatie is MCA meer geschikt. Echter, als bij een case dergelijke kenmerken niet van (groot) belang worden geacht dan dient de voorkeur uit te gaan naar MKBA omdat dan van een meer gestandaardiseerde, objectieve methodiek gebruik wordt gemaakt. Een mix van beide instrumenten, de MCKBA, heeft als voordeel dat het consistente raamwerk van de welvaartstheorie wordt gebruikt zonder dat discutabele niet-marktwaarderingmethoden hoeven worden toegepast. Echter, de meetnauwkeurigheid van MCKBA is minder dan MKBA en het wegen van het MKBA-saldo tegen overige effecten is niet zonder problemen.

Er volgt dat men er verstandig aan doet alvorens een evaluatie uit te voeren tot een weloverwogen keuze van het meest geschikte instrument te komen. Oftewel, evalueer alvorens te evalueren.

Referenties

- Bos, E.J., (2007), De (on)betrouwbaarheid van groene kengetallen. ESB, 20 april 2007, 252.
- Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopmans, Tang, P.J.G., Verster, A.C.P., (2000). Evaluatie van infrastructuurprojecten; leidraad voor Kosten-batenanalyse, Deel I: Hoofdrapport Onderzoeksprogramma Economische Effecten Infrastructuur, Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken.
- Hanley, N. en C.L. Spash. (1993), Cost-Benefit Analysis and the Environment. Aldershot, Edward Elgar.
- Heide, M. Van der, E.J. Bos en J. Vreke (2006). Analyseren en Evalueren van Beleidsmaatregelen met een Effect op Natuur en Milieu. LEI, Den Haag; Alterra, Wageningen. WOT studie nr. 3.
- Hoevenagel, R. (1994), The Contingent Valuation Method: Scope and Validity. Amsterdam, Vrije Universiteit, Ph.D.-thesis.
- Janssen, R. (1991), Multiobjective Decision Support for Environmental Problems. Amsterdam, Vrije Universiteit, Ph.D.-thesis.
- Macharis, C., K. De Brucker, T. Geudens en J. Ampe (2008) Multi-actor multicriteria-analyse (MAMCA) voor de evaluatie van innovatieve verkeersveiligheidsmaatregelen; Tijdschrift Vervoerswetenschap, 44e jaargang, maart 2008, blz. 12-19
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid (2006), Kentallen Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap: Hulpmiddel bij MKBA's. Eerste editie.
- Reinhard, S.R., J. Vreke, A. Gaaff en M. Hoogstra. (2003), Integrale afweging van ruimtegebruik: ontwikkeling van een instrumentarium voor het beoordelen van veranderingen in aanwending van ruimte. Den Haag, LEI, Rapport 4.03.03.
- Rouwendaal, J en P. Rietveld (2000). Welvaartsaspecten bij de evaluatie van infrastructuurprojecten; Onderzoeksprogramma Economische Effecten Infrastructuur. Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken.
- Ruijgrok, E.C.M., R. Brouwer en H. Verbruggen (2004). Waardering van Natuur, Water en Bodem in Maatschappelijke Kosten-batenanalyses; Aanvulling op de Leidraad OEI. Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Sijtsma, F.J. (2006) Project evaluation, sustainability and accountability – Combining Cost-Benefit Analysis (CBA) and Multi-Criteria Analysis (MCA). PhD Thesis, University of Groningen.
- Stoelinga, A. (2000). Infra ontwikkelen?: laat THOMPIOV u helpen bij de keuze en onderbouwing; In: 'Wie betaalt bepaalt!': Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk CVS 2000: bundeling van bijdragen aan het colloquium gehouden te Amsterdam op 30 november en 1 december 2000, blz. 1621-1637.
- Stolwijk, H. (2006). Kanttekeningen bij het gebruik van contingent valuations in maatschappelijk kosten-batenanalyse. Tijdschrift voor Politieke Economie 27 (3) 37-51.

Noten

- 1 Zie Sijtsma (2006) voor een beschrijving van zowel MKBA als MCA.
- 2 Een van de eerste studies waarbij keuze voor een methode wel als belangrijke stap van een afwegingsvraagstuk wordt gezien betreft Janssen (1991).
- 3 In 2000 is de eerste versie hiervan uitgekomen (Eijgenraam et al., 2000), toen nog onder de naam 'Onderzoeksprogramma Economische Effecten Infrastructuur'. In 2004 hebben Ruijgrok et al. een aanvulling op deze leidraad gepresenteerd waarbij specifiek werd ingegaan op effecten van infrastructuur op natuur en milieu. De leidraad werd voortaan 'Overzicht Effecten Infrastructuur' (OEI) genoemd.
- 4 De gewichten bij MCA kunnen overigens ook ordinaal zijn ('even belangrijk', 'belangrijker', etc.).
- 5 Voor het doel van het artikel, het vergelijken van MKBA en MCA, volstaan we hier met deze sterk vereenvoudigde formule voor de optelsom van producten- en consumentensurplussen.
- 6 Voor het doel van de analyse beperken we ons even tot dit eenvoudige MCA model. Binnen de MCA zijn aanzienlijk complexere toepassingen mogelijk.
- 7 Naast de 'multi criteria kosten baten analyse' bestaat het instrument 'multi-actor multicriteria-analyse'. Dit laatste instrument is niet zozeer een combinatie van MKBA en MCA, maar meer een manier om stakeholders te betrekken en daarmee implementeerbaarheid van plannen van te voren in te kunnen schatten. Zie ook Macharis, et al., 2008.

Met dank aan Martijn van der Heide

De Europese vervoersintegratie, in het bijzonder: spoorwegnet voor goederenvervoer

Prof. dr. mr. Jan Simons¹

Een woord vooraf

We gaan vooral in op het vierde kwartaal 2008, maar deze rubriek is toch geschreven in het jaar waarin in juni de Europese verkiezingen plaatsvinden alsmede het laatste jaar, tot oktober, van de ambtstermijn van deze Europese Commissie. 2009 wordt dus overduidelijk een studiejaar voor de Commissie. Het parlement stopt er al eerder mee. In april zijn er geen bijeenkomsten meer, want de leden moeten verkiezingcampagne gaan voeren, willen ze voor de komende termijn weer meedoen. Een zeer bekende en gezaghebbende ervan uit de transporthoek doet dat al zeker niet; de oude Hamburgse rot in het vak George Jarembowski houdt het na 18 jaar voor gezien. Ook de Nederlanders Eric Meijer van de Socialistische Partij (SP) en Hans Blokland, die onlangs nog succes behaalde met het afsplitsen van de binnenvaart uit de zeevaart aansprakelijkheid bij passagiersvervoer, stoppen na lange jaren. Het is al nagenoeg zeker, gezien het lijsttrekkerschap en de zeer vaste kiezerskring, dat Peter van Dalen, nu nog Hoofdinspecteur-Directeur van de Inspectiedienst van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, maar eerder parlementsmedewerker van Bloklands voorganger Leen van der Waal, allen afkomstig uit de zogenaamde kleine christelijke politieke partijen in Nederland, hem gaat opvolgen. Of de nieuwe lijsttrekker van de Nederlandse SP, Dennis de Jong, de mensenrechtenadviseur bij het Ministerie van Buitenlandse zaken, voor vervoerszaken zal kiezen is nog een open vraag. Als inwoner van Rotterdam eigenlijk een vanzelfsprekende keuze. In ieder geval weet hij waar hij eventuele ontbrekende kennis snel kan bijspijkeren. Andere Nederlandse lijsttrekkers die op dit moment van schrijven bekend zijn, nl Wim van de Camp (CDA), Sophie in 't Veld (D66), Thijs Berman (PvdA) en Hans van Baalen (VVD), zouden zeer verrassen als ze het vervoer onder hun hoede nemen. Maar de huidige coryfeeën Corien Wortmann (CDA) en Jeanine Plassaert (VVD) zullen zeker blijven. Vanuit Belgische hoek is nu alleen nog bekend dat Saïd El Khadraoui, onder meer rapporteur voor het Eurovignet en tweede op de Sp.a lijst (socialisten en progressieven) hoogstwaarschijnlijk terugkomt in de Transportcommissie van dat Parlement.

Het meest opvallend eind 2008 was eerst de kredietcrisis, direct gevolgd door een totale bankencrisis, overslaand in een economische crisis en dat allemaal wereldwijd. Van globalisering gesproken. De EU-commissievoorzitter kwam wel met een herstelplan, maar dat was ongeveer een verzameling van de nationale plannen. Wel, voor het vervoer, een aankondiging dat eind maart 500 miljoen extra beschikbaar komt voor die TEN-Vervoersplannen, waarvan de bouw voor het eind van het jaar ook daadwerkelijk wordt aangevangen. Wat wel gevaarlijk is, is de toestemming om dit jaar flexibel te zijn met het stabiliteitspact. Het plafond van maximaal 3% begrotingstekort voor de Eurolidstaten zou met enige decimalen kunnen worden overschreden. Het wordt steeds duidelijker dat daar door

sommige lidstaten voor jaren flink boven zal worden gegaan. Het hoofdthema van deze aflevering is een net voor goederenvervoer per spoor. Maar we beginnen eerst zoals gebruikelijk met enige actualiteiten.

Enige actualiteiten

Wetgevings- en werkprogramma Europese Commissie 2009

Begin november kwam de Europese Commissie met zijn Wetgevings- en werkprogramma 2009. In het algemeen liggen de prioriteiten naast de presentatie van de begrotingshervorming, bij maatregelen voor groei en banen, met de lopende crises vooral gericht op financieel vlak. Wat het vervoer betreft komt er een mededeling over de toekomst van het vervoer met scenario's met een tijdshorizon van 20 tot 40 jaar. Ook het inzicht wat er allemaal gedaan dient te worden om duurzaam te vervoeren in 2050 komt daar in te staan. Niet onvermeld mag blijven dat het werkprogramma een categorie "te vereenvoudigen wetgeving" kent, waar dit jaar instaan het eerste spoorwegpakket (toegang tot de markt spoor); de verordening over scheepsequipement en al de 30 regelingen over het vervoer van radioactief materiaal. In de daaropvolgende categorie "terugnemen van hangende voorstellen" staat eindelijk, naast een kwaliteitsbehandeling voorstel bij spoorvracht, de intrekking van het onzalige idee om een aparte intermodale container in te voeren. Het leek tot nu toe alsof het grapje van "de werkgroep, die een paard moest ontwerpen maar een dromedaris creëerde" werkelijkheid zou gaan worden.

TEN-T agentschap

Het groenboek van de Europese Commissie over de nieuwe basisprincipes en keuzes voor de Transeuropese netwerken-Vervoer wordt in het voorjaar van 2009 verwacht. Hierop volgen de gebruikelijke consultaties. Wetgevingsvoorstellen komen er pas in 2010. Dit werd bekend gemaakt bij de presentatie van een nieuw agentschap Ten-T EA, een uitvoeringsorgaan voor het transeuropees netwerk beleid van de Europese Commissie. Specialisten in financieel en project management, technische vervoersdeskundigen en juristen, 99 in totaal, mogen tot 2016 olie in de machine van "TEN-T dromen" doen, ook in de lidstaten zelf. Met een one stop contactpunt, een project management plan en een regelmatige monitoring proberen ze wat meer schwing te gaan brengen in de daadwerkelijke totstandkoming van TEN-T's. We komen er zeker dit jaar nog op terug.

Wegwijzer in Europese haven- en vervoersdossiers

Er is een nieuwe, alweer de derde, herziene editie beschikbaar van de "Wegwijzer in Europese haven- en vervoersdossiers", 2 nu voor het eerst tot stand gekomen in een secretariële samenwerking, precie-

zer gezegd van Jean-Pierre Merckx en Dirk Neyts van de Vlaamse Havencommissie en Otto Rosier van de Nationale Havenraad van Nederland. Een handige leeswijzer leidt naar hoofdstukken zoals het Europees vervoersbeleid; ondersteuning van projecten en studies; milieu en havens; hinterlandverbindingen en veiligheid op zee en in havens. Van 45 dossiers krijgen we een synthese van de inhoud en de stand van de besluitvorming. Eigenlijk is het een “rolling” tekst, want op de websites van de twee instanties wordt de digitale versie regelmatig geactualiseerd.

Spoorwegnet voor goederenvervoer

Een analyse van de kwalitatieve en kwantitatieve gevolgen van een drietal opties, beginnend met de nuloptie, leverde op dat nieuwe wetgevingsmaatregelen voor het goederenvervoersnet per spoor de meest positieve gevolgen hebben. Vandaar dat de Europese Commissie in december een verordeningvoorstel³ goedkeurde.

Dit voorstel bestaat uit vijf hoofdstukken waarvan er drie betrekking hebben op de opzet en het bestuur van het Europese spoorwegnet voor een concurrerend goederenvervoer, investeringen in de infrastructuur, de terminals en de uitrusting ervan, en de exploitatie van de goederencorridors. Hoofdstuk 1 bevat de algemene bepalingen en hoofdstuk 5 de slotbepalingen.

Voor elke goederencorridor is de voorgestelde aanpak gebaseerd op een regelmatige marktanalyse en een regelmatige raadpleging van de gebruikers, de vaststelling van een uitvoeringsplan met de maatregelen om aan hun behoeften te voldoen en om de naleving van de bepalingen van het voorstel voor een verordening te waarborgen. De beheerders van de infrastructuur en de terminals worden belast met de uitvoering ervan, met ondersteuning en onder leiding van de lidstaten die betrokken zijn bij de verwezenlijking van de desbetreffende goederencorridor.

Opzet en bestuur van het Europese spoorwegnet goederenvervoer

Hoofdstuk 2 legt om te beginnen de verplichtingen van de lidstaten op het gebied van de totstandbrenging van internationale spoorwegcorridors voor een concurrerend goederenvervoer en de procedure voor de selectie van deze corridors vast. Deze bepalingen moeten de kwaliteit van de voorgestelde corridors en de samenhang tussen de verschillende voorgestelde corridors kunnen waarborgen. Tevens is bepaald dat alle lidstaten waarvan de geografische context niet onverenigbaar is met deze doelstellingen, deelnemen aan de totstandbrenging van het Europese spoorwegnet voor een concurrerend goederenvervoer.

De voorgestelde methode houdt het volgende in: de wetgeving stelt een algemene verplichting voor de lidstaten vast om binnen het TEN-V goederencorridors tot stand te brengen; de lidstaten stellen gezamenlijk de corridors vast die zij tot stand willen brengen; deze keuze wordt op communautair niveau bekrachtigd via de comité-procedure en na onderzoek van de relevantie van de voorgestelde corridor en van de samenhang tussen alle voorgestelde goederencorridors.

Dit hoofdstuk bevat ook de essentiële kenmerken van het beheers-

orgaan voor elke goederencorridor. De Commissie heeft zich voor de vaststelling van die essentiële kenmerken gebaseerd op de opgedane ervaring, met name in het kader van de ERTMS-corridors en de door RailNetEurope tot stand gebrachte corridors, op de elementen die de groep van experts heeft ingebracht, en op de resultaten van de openbare raadpleging. In het algemeen is gebleken dat het voor het welslagen van deze onderneming absoluut noodzakelijk is een internationale structuur op te zetten die de coördinatie tussen lidstaten en infrastructuurbeheerders langs een corridor kan stimuleren.

Investeringen

Hoofdstuk 3 legt de na te leven verplichtingen inzake een goederencorridor vast op het gebied van de coördinatie en programmering van de investeringen alsmede op het gebied van de ontwikkeling van de interoperabiliteit van de verschillende bestreken netten en van de verbetering van de capaciteit van de treinen. De ontwikkeling van de interoperabiliteit zal veel winst opleveren op het vlak van de reistijden, de capaciteit en de productiviteit van het goederenvervoer per spoor. De capaciteitsverhoging van de treinen, door het bijvoorbeeld mogelijk te maken dat langere treinen over de gehele corridor kunnen rijden, zal de productiviteit van het goederenvervoer per spoor eveneens sterk ten goede komen.

In dit hoofdstuk stelt de Commissie ook voor om een netwerk van strategische terminals voor elke corridor vast te stellen. De goede aansluiting van elke goederencorridor op de rest van het netwerk en op andere transportmodaliteiten, in zeehavens of in het binnenland, is namelijk van cruciaal belang voor het succes van dit initiatief. Voor elke corridor moet derhalve een doeltreffende strategie worden vastgesteld voor de ontwikkeling van met name inter-modale terminals en voor de afstemming van de capaciteit daarvan op de behoeften van het goederenvervoer op de corridor.

Exploitatie van een goederencorridor

In hoofdstuk 4 worden zeven essentiële punten behandeld: de ontwikkeling van interoperabele procedures; een betere coördinatie van de exploitatie van het spoorwegverkeer, zowel tussen infrastructuurbeheerders onderling als tussen infrastructuurbeheerders en beheerders van terminals; een betere toegang tot de infrastructuur en de terminals; een gunstige behandeling van goederentreinen wat de toewijzing van rijpaden en het beheer van het spoorwegverkeer betreft; het toezicht op de kwaliteit van de dienstverlening op een goederencorridor en tenslotte de samenwerking tussen toezichthoudende instanties.

Een betere coördinatie van de exploitatie van de goederencorridor zou het mogelijk moeten maken tegen beperkte kosten de prestaties van het internationale goederenvervoer op die corridor te verbeteren. Zij houdt bijvoorbeeld in dat aanvragers van rijpaden zich kunnen richten tot één loket voor elk verzoek om toewijzing van een rijpad dat verscheidene netten omvat. De effectbeoordeling heeft uitgewezen dat een goede coördinatie van de exploitatie van de terminals en van de hoofdinfrastructuur de prestaties van het goederenvervoer per spoor aanzienlijk zou kunnen verbeteren. Zij zou met

name tot vermindering van de wachttijden van de treinen voor toegang tot de terminals of tot de hoofdinfrastructuur vanaf de terminals leiden.

De kwaliteit van de informatie over de voorwaarden voor de toegang tot alle diensten die noodzakelijk zijn om een goederentrein goed te laten rijden, zal voorts een niet-discriminerende toegang tot alle infrastructuurdiensten van de goederencorridor mogelijk maken.

Wat het evenwicht tussen de goederen- en de personentreinen betreft, is de doelstelling te garanderen dat er voor de goederentreinen kwalitatief goede en betrouwbare rijpaden zijn die, wat de internationale rijpaden betreft, uit onderling samenhangende nationale rijpaden bestaan. Ook zijn in dit hoofdstuk bepalingen opgenomen over een betere behandeling van goederentreinen op het gebied van de exploitatie van het spoorwegverkeer. Doel is met name aan het goederenvervoer per spoor garanties te bieden inzake de betrouwbaarheid en de kwaliteit van de diensten die de infrastructuurbeheerders leveren. Deze garanties, waarover het goederenvervoer per spoor over het algemeen niet beschikt, zouden slechts een beperkte weerslag mogen hebben op de prestaties van het personenverkeer. Ook mogen zij geen te zware belasting vormen en daardoor het optimale beheer van de infrastructuur belemmeren.

Alle hiervoor beschreven maatregelen moeten een positief effect hebben op de prestatie van het goederenvervoer per spoor. Deze effecten moeten worden gemeten en regelmatig worden geanalyseerd. Daarom moeten voor elke corridor prestatie-indicatoren worden vastgesteld die regelmatig worden geactualiseerd. Zie de EU-Commissie over dit spoorweg onderwerp.

Noten

1. De auteur is lid van het Economisch en Sociaal Comité van de Europese Unie en daar woordvoerder van de Categorie Vervoer, emeritus hoogleraar vervoerseconomie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam, Voorzitter van het Transport And Maritime Arbitration-institute Rotterdam/Amsterdam, TAMARA en lid van de commissie Internationale Sociaal Economische Aangelegenheden van de Nederlandse Sociaal Economische Raad.
2. Met een e-mail naar wegwijzer@serv.be met naam en adres gratis te bekomen zolang de voorraad strekt.
3. COM (2008) 852 def., Brussel, 11.12.2008 met de informatiedocumenten SEC (2008) 3028 en 3029.

Uitgever

Stichting Vervoerswetenschap

Correspondentieadres:

TNO

Postbus 49

2600 AA Delft

Tel 015 269 6811

Fax 015 269 6050

stichting.vervoerswetenschap@gmail.com

De uitgave van het Tijdschrift Vervoerswetenschap wordt financieel ondersteund door:

