

Transport en ruimte in een dubbele dubbelslag

F.W.C.J. van de Vooren*

*** verbonden aan het Nederlandse Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijkswaterstaat directie Limburg)
en Universiteit Antwerpen (UFSIA - Vakgroep Transport en Ruimte)**

email : f.w.c.j.vdvooren@dlb.rws.minvenw.nl

tel +31 43 329 42 49 fax +31 43 321 23 75

1 Inleiding

Transport en ruimte zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Waar geen ruimte is, vinden alle activiteiten per definitie op één punt plaats en is transport niet nodig. Waar geen transport is, kunnen onderling gerelateerde activiteiten niet anders dan op één punt plaatsvinden en is de ruimte een irrelevant begrip geworden.

De vraag stelt zich nu, op welke wijze transport en ruimte met elkaar verbonden zijn. Daartoe maken wij een dubbele dubbelslag. Na een tour d'horizon in de regionale en vervoerseconomie komt de *eerste dubbelslag* tot stand door een simultane invoering van een topologische en dynamische analyse. De *tweede dubbelslag* betreft de simultane invoering van enerzijds de invloed van transport op ruimtelijk-economische ontwikkelingen en anderzijds de invloed van ruimtelijk-economische ontwikkelingen op transport. Aldus is de grondslag gelegd voor een dynamisch, interregionaal model, dat de relaties beschrijft tussen economie, mobiliteit, infrastructuur en andere regionale kenmerken.

Er zal uiteengezet worden, hoe dit model gebruikt kan worden voor een strategische *infrastructuurplanning* en hoe dit model aan modellen met een lagere ruimtelijke schaal gekoppeld kan worden voor een meer gedetailleerde infrastructuurplanning. Vervolgens komen enkele andere onderdelen van het *verkeers- en vervoersbeleid* en het *ruimtelijk-economische beleid* aan de orde. Daaruit blijkt, dat ook beleidsmatig transport en ruimte niet te scheiden zijn. Tenslotte worden thema's besproken, die met behulp van een al dan niet uitgebreide versie van het model kunnen worden geanalyseerd. In feite wordt daarmee een programma voor de toekomst geschetst.

2 Regionale economie en een topologische analyse

Armstrong en Taylor (1993) onderscheiden de volgende benaderingen om inzicht te krijgen in de regionale economie en in de mogelijkheden om regionaal-economische problemen terug te dringen:

(1) export-basismodellen;

- (2) keynesiaanse inkomensmodellen;
- (3) input-outputanalyses;
- (4) neoklassieke groeimodellen;
- (5) het model van Dixon en Thirlwall voor het proces van cumulatieve causatie volgens Kaldor;
- (6) interregionale handel volgens het theorema van Ricardo, het theorema van Heckscher-Ohlin-Samuelson en andere explicaties;
- (7) regionale economische groei volgens de “shift and share”-methode.

In de door de schrijvers gepresenteerde *export-basismodellen*, *keynesiaanse inkomensmodellen*, *input-outputanalyses* en het model voor de *cumulatieve causatie* is slechts van één regio sprake; de variabelen met betrekking tot de “rest van de wereld” zijn exogeen. Van ruimte en transportkosten is geabstraheerd.

In de *neoklassieke groeimodellen* komt bij Armstrong en Taylor weliswaar de migratie van productiefactoren in functie van de factorprijzen ten opzichte van andere regio's aan de orde, maar die andere regio's blijven buiten beeld. Ook hier wordt van ruimte en transportkosten geabstraheerd. Dezelfde abstractie doet zich eveneens voor bij de *interregionale handelsmodellen*. In deze modellen gaat het om twee regio's, die beide endogene variabelen omvatten.

De “*shift and share*”-methode is in feite geen model maar een rekenkundige uitsplitsing van de economische groei van een regio in een groei vanwege de regionale sectorsamenstelling en in een groei vanwege andere oorzaken. In deze methode wordt de regio in een gegeven nationaal kader geplaatst. De betekenis van de ruimte en de transportkosten wordt in de “*shift and share*”-methode niet expliciet gemaakt.

In de beschrijving van Armstrong en Taylor missen al deze benaderingen het ruimtelijke element; zij zijn *atopologisch*. Aangezien de activiteiten zich op één ruimtelijk punt voltrekken, zijn deze benaderingen vergelijkbaar met een statische analyse, die immers slechts één tijdstip kent. Zoals tegenover een statische analyse een dynamische analyse staat, zo staat tegenover een atopologische analyse een *topologische analyse*. Zoals een dynamische analyse meerdere tijdstippen kent, zo kent een topologische analyse meerdere

punten in de ruimte. De benaderingen, zoals zij door Armstrong en Taylor zijn beschreven, zijn niet zonder meer te gebruiken om de samenhang tussen transport en ruimte te bestuderen. Daartoe zullen wij op een topologische analyse moeten overgaan.

3 Vervoerseconomie en een dynamische analyse

Transport is nodig om de ruimte te overwinnen, of preciezer gezegd, om de afstand tussen twee punten in de ruimte te overbruggen. Dat vergt tijd, hetgeen van belang kan zijn voor het toepassen van een dynamische analyse.

In de vervoerseconomie worden onderscheiden:

- (1) vraag naar vervoer;
- (2) aanbod van vervoer;
- (3) evenwichtsvorming tussen vervoersvraag en vervoersaanbod.

Ten aanzien van de *vraag naar vervoer* noemen Blauwens, De Baere en Van de Voorde (1996) de volgende benaderingen:

- (a) vier-niveaumodellen, waarin het tijdsaspect in het algemeen geen rol speelt bij de transportgeneratie en evenmin bij de transportdistributie, tenzij daarbij een gegeneraliseerde-kostenfunctie wordt gehanteerd, waarin de reistijd is geïncorporeerd; het tijdsaspect komt voorts aan de orde bij de uitsplitsing naar vervoerswijze (snelheid) en de toewijzing naar route (reistijd);
- (b) micro-economische benadering, waarin het tijdsaspect in de reistijd als een der kenmerken van de te kiezen vervoersalternatieven tot uitdrukking komt;
- (c) activiteitsgebaseerde benadering, waarin het tijdsaspect in de mobiliteitsprijs en de trendvariabele voorkomt, die samen met andere variabelen de omvang van het personen- en goederenvervoer verklaren.

Het *aanbod van vervoer* kan uit een kostenfunctie worden verklaard. Daarin spelen niet alleen de reisafstandskosten maar ook de reistijdskosten een belangrijke rol.

Bij de *evenwichtsvorming* kan zich een vertraging voordoen in de reactie van de vervoersvraag en nog meer van het vervoersaanbod op veranderingen van de reisafstandskosten en de reistijdskosten. Is dat het geval, dan worden variabelen op verschillende tijdstippen causaal met elkaar verbonden. Er is dan per definitie sprake van een *dynamische analyse*.

Wij hebben vastgesteld, dat bij de vraag naar vervoer en het aanbod van vervoer het tijdsaspect zich kan manifesteren. Dat gaat echter niet noodzakelijkerwijs gepaard met variabelen op verschillende tijdstippen, die met elkaar causaal verbonden zijn. Van een dynamische analyse hoeft dan ook geen sprake te zijn. De vergelijkingen bij de activiteitsgebaseerde benadering impliceren ondanks een trendvariabele evenmin een dynamische analyse, omdat alle variabelen daarin op hetzelfde tijdstip betrekking hebben.

Teneinde een realistisch inzicht in de samenhang tussen transport en ruimte te krijgen, zullen wij een dubbelslag moeten maken. Die dubbelslag houdt in het gelijktijdig toepassen van een topologische analyse en van een dynamische analyse.

4 De invloed van ruimtelijk-economische ontwikkelingen op transport

Ruimtelijk-economische ontwikkelingen behoren tot de factoren, die van invloed zijn op de omvang en de aard van het transport. Daarom bevatten *verkeersmodellen* onder meer als verklarende variabele de economie in de vorm van het regionale product, het regionale inkomen of de tewerkstelling (zie bijvoorbeeld het Handboek Nieuw Regionaal Model van het Nederlandse Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1997). Deze verklarende economische variabele is exogeen. Hetzelfde wordt aangetroffen in de vergelijkingen voor het personen- en goederenvervoer in de activiteitsgebaseerde benadering (zie bijvoorbeeld Meersman & Van de Voorde, 1991 en 1997).

Het nadeel van deze werkwijze is gelegen in de omstandigheid, dat van een terugkoppeling van mobiliteit naar economie geen sprake is. Bij een beleid gericht op een verhoging van de structurele economische groei omwille van inkomen en tewerkstelling blijft dientengevolge buiten beschouwing, dat de verhoging van de economische groei onder overig gelijkblijvende

omstandigheden met een toeneming van de verkeersproblematiek gepaard gaat, die op haar beurt de economische groei afremt. Bij een beleid gericht op een terugdringing van de automobilititeit blijft buiten beschouwing, dat daardoor schade kan worden gedaan aan tewerkstelling en inkomen als gevolg van een teruglopende economische groei.

Een groter nadeel van deze werkwijze zonder terugkoppeling van mobiliteit naar economie is, dat niet kan worden geraamd, in welke mate de aanleg van nieuwe infrastructuur of een verbetering van bestaande infrastructuur de economische ontwikkeling bevordert. Evenmin is vast te stellen, in welke mate het niet verruimen van de infrastructuur de economische ontwikkeling afremt. Dit nadeel geldt temeer, daar de aanleg van nieuwe infrastructuur en een verbetering van bestaande infrastructuur doorgaans zeer grote bedragen aan financiële middelen vergen.

5 De invloed van transport op ruimtelijk-economische ontwikkelingen

Wordt de causale richting omgedraaid van transport naar ruimtelijk-economische ontwikkelingen, dan vervallen de eerder gesignaleerde nadelen. De gedachte is, dat een verbeterde verkeersinfrastructuur veranderingen in de regionale productieverhoudingen teweegbrengt. In dit verband worden in het Handboek Economische Effecten Infrastructuur (1996) van het Nederlandse Ministerie van Verkeer en Waterstaat de volgende typen modellen onderscheiden:

- (1) productiefunctiemodellen;
- (2) locatiemodellen;
- (3) interregionale handelsmodellen;
- (4) algemene evenwichtsmodellen met transportelementen.

In de *productiefunctiemodellen* wordt naast de gebruikelijke productiefactoren arbeid en kapitaal de productiefactor verkeersinfrastructuur opgenomen als verklarende variabele voor het regionale product. In de *locatiemodellen* worden de investeringen of de tewerkstelling afhankelijk gesteld van een aantal locatiefactoren, waaronder de infrastructuur. De *interregionale handelsmodellen* laten zien, hoe de omvang van de interregionale handelsstromen mede bepaald worden door de kosten van transport tussen de regio's, terwijl

de interregionale handelsstromen op hun beurt de ruimtelijk-economische ontwikkelingen beïnvloeden. Tenslotte zijn er *algemene evenwichtsmodellen*, die op de eerste plaats uitgaan van een zodanig elastisch aanbod van transportmiddelen, dat de vraag naar en het aanbod van transportdiensten in evenwicht verkeert, en op de tweede plaats uitgaan van perfect werkende markten.

Teneinde inzicht te krijgen in de samenhang tussen transport en ruimte, zullen wij ook hier een dubbelslag moeten maken. Het gaat erom de relatie tussen ruimtelijk-economische ontwikkelingen en transport in beide causale richtingen nader te preciseren en vervolgens hun simultane werking weer te geven.

6 Een dynamisch, interregionaal model over economie, mobiliteit, infrastructuur en andere regionale kenmerken

De samenhang tussen transport en ruimte zal nu worden uitgewerkt in de vorm van een dynamisch, interregionaal model over economie, mobiliteit, infrastructuur en andere regionale kenmerken, MOBILEC (MOBILiteit/EConomie) genaamd (zie Van de Vooren, 1998). Daartoe moet een dubbele dubbelslag worden gemaakt, namelijk:

- simultane invoering van een dynamische en een topologische analyse;
- simultane invoering van het causale verband tussen ruimtelijk-economische ontwikkelingen en transport in beide richtingen.

Laten wij met de laatste dubbelslag beginnen en daartoe het in sectie 5 genoemde type productiefunctiemodel ter hand nemen. In dit modeltype voegen wij niet, zoals gebruikelijk, aan de productiefactoren arbeid en kapitaal de productiefactor verkeersinfrastructuur toe maar het *benutte deel* ervan. De benutte infrastructuur in de productiefunctie kan men identificeren met de mobiliteit voor productieve doeleinden en wel in termen van het aantal reizigers en het aantal tonnen, verplaatst via deze infrastructuur.

Goederenvervoer en zakelijk (personen)verkeer betreffen *productieve mobiliteit*. Indien het verplaatsingsmotief betrekking heeft op winkelen, het volgen van onderwijs, visites afleggen/sportbeoefening en toeren/wandelen, is er sprake van *consumptieve mobiliteit*. De

aard van de mobiliteit van het woon-werkverkeer is minder eenduidig vast te stellen. Het woon-werkverkeer ontstaat, doordat men buiten de woonplaats een productieve prestatie levert; uit dien hoofde is er van productieve mobiliteit sprake. Daarentegen kan worden gesteld, dat het woon-werkverkeer het gevolg is van de consumptieve wens om in een aantrekkelijker woonomgeving te wonen dan waar men werkt; vanuit dit gezichtspunt is het woon-werkverkeer als consumptieve mobiliteit te karakteriseren.

In de productiefunctie gaat het om de productieve mobiliteit. De richting van het causale verband loopt overeenkomstig de productiefunctie van mobiliteit naar economie. Bij de consumptieve mobiliteit speelt de consumptiefunctie een rol, die het verband weergeeft tussen inkomen en consumptie. De richting van het causale verband tussen economie en mobiliteit verloopt overeenkomstig de consumptiefunctie van economie naar mobiliteit. Door beide causale verbanden in het model op te nemen, laat het een wederzijdse beïnvloeding van economie en mobiliteit toe.

Het model ziet er in een zeer vereenvoudigde weergave als volgt uit (voor een uitgebreidere weergave van het model zij naar de bijlage verwezen). Het regionale inkomen bepaalt in periode t de regionale besparingen, die in de eigen regio of elders als investeringen worden aangewend, afhankelijk van het te behalen kapitaalrendement. Regionale investeringen zijn niet anders dan een uitbreiding van de regionale kapitaalgoederenvoorraad; aan het begin van de volgende periode $t+1$ staat de regio dus een grotere kapitaalgoederenvoorraad ter beschikking dan aan het begin van de periode t . De loonsom per werknemer bepaalt de marginale arbeidsproductiviteit en de prijs van de productieve mobiliteit, zijnde het totaal van reisafstandskosten en reistijdskosten, bepaalt de marginale mobiliteitsproductiviteit. De vergrote kapitaalgoederenvoorraad, de marginale arbeidsproductiviteit en de marginale mobiliteitsproductiviteit bepalen vervolgens - gegeven de productiefunctie - simultaan het regionale product, de tewerkstelling en de productieve mobiliteit in periode $t+1$; hierbij wordt uitgegaan van de in periode $t+1$ geldende stand van de technologie, regionale productiestructuur en urbanisatiegraad. Het regionale product slaat bij de bevolking neer als regionaal inkomen, dat van invloed is op de consumptieve mobiliteit.

Vervolgens begint het proces opnieuw: het regionale inkomen bepaalt in periode $t+1$ de regionale besparingen, die in eigen regio of elders als investeringen worden aangewend,

enzovoorts. In dit continue proces van ontwikkeling van economie en mobiliteit spelen de reisafstandskosten en de reistijdskosten een niet te verwaarlozen rol, die op hun beurt onder invloed staan van de beschikbare infrastructuur.

De omvang van de infrastructuur vormt een beleidsmatig te wijzigen *randvoorwaarde* voor het totaal van productieve en consumptieve mobiliteit. Voordat de maximale mobiliteit bereikt wordt, uit de limiterende werking van de infrastructuur zich al in de vorm van een stijging van de reistijd. Dat vertaalt zich in een stijging van de mobiliteitsprijs, die immers niet alleen reisafstandskosten maar ook reistijdskosten omvat. Hierdoor wordt de mobiliteitsgroei afgeremd. Er zij op gewezen, dat beperkingen, die het soort infrastructuur aan het te gebruiken vervoermiddel en de snelheid van verplaatsing oplegt, ook in de mobiliteitsprijs tot uitdrukking komen.

In MOBILEC komen ook andere *regionale kenmerken* dan de infrastructuur voor, zoals de stand van de technologie, de regionale productiestructuur, de mate van verstedelijking (agglomeratievoordelen en agglomeratienadelen), de hoogte van de lonen, de aanwezigheid van recreatiegebieden, de omvang van de bevolking in relatie tot de landoppervlakte en de werkgelegenheid en de van toepassing zijnde investeringspremies. De regionale kenmerken corresponderen met de locatiefactoren in de locatiemodellen.

Uit de beschrijving van MOBILEC blijkt, dat de eerste dubbelslag ook gemaakt is, namelijk de toepassing van een dynamische en een topologische analyse. Het dynamische element is hierin gelegen, dat de investeringen niet alleen een inkomenseffect hebben, zoals in de keynesiaanse inkomentheorie, maar ook een capaciteitseffect, waarmee wij het domein van de *groetheorie* betreden. MOBILEC is een groeimodel met een neoklassiek karakter, maar zodanig aangepast dat het werkloosheid kan simuleren. Er kunnen tijdpaden worden afgeleid voor het regionale product, de tewerkstelling, de investeringen en het personen- en goederenvervoer naar vervoerswijze en vervoersmotief.

Voor wat betreft de topologie, ligt aan MOBILEC een *infrastructuurnetwerk* ten grondslag. Er worden intraregionale en interregionale vervoerstromen gegenereerd; de interregionale vervoersstromen worden naar paren regio's gespecificeerd. Daar komt nog bij, dat de regio's elkaars invloed ondergaan. Dat gebeurt niet alleen via de interregionale vervoersstromen maar

ook via de investeringen; besparingen van een bepaalde regio kunnen in een andere regio als investeringen worden aangewend, wanneer het te behalen rendement daar hoger is.

Aldus is de dubbele dubbelslag volbracht. Het model is voor de 40 zogenoemde COROP-gebieden geoperationaliseerd, waarin het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) Nederland heeft onderverdeeld¹.

Worden in MOBILEC ook elementen van de twee andere modellen van het Handboek Economische Effecten Infrastructuur teruggevonden, te weten de interregionale handelsmodellen en de algemene evenwichtsmodellen? In het model komen interregionale handelsstromen tussen de producenten onderling en met de consumenten niet voor maar wel goederenvervoersstromen binnen en tussen de regio's; deze vervoersstromen zijn direct en indirect aan variabelen gerelateerd, die ook in de interregionale handelsmodellen voorkomen. Tenslotte zijn er elementen van de algemene evenwichtsmodellen terug te vinden, namelijk het evenwicht tussen loonvoet en marginale arbeidsproductiviteit en het evenwicht tussen productieve-mobiliteitsprijs en marginale mobiliteitsproductiviteit. Op basis van MOBILEC kunnen de voorwaarden voor een *dynamisch evenwicht* worden geformuleerd, dat is te zeggen voor *gelijkmatige groei* (steady-state growth). Hier manifesteert zich weer het dynamische karakter van MOBILEC ten opzichte van het statische karakter van algemene evenwichtsmodellen.

7 Strategische infrastructuurplanning

Met behulp van MOBILEC kunnen de effecten van het verkeers- en vervoersbeleid op economie en mobiliteit in ruimte en tijd worden berekend, uitgaande van een bepaald omgevingsscenario tot 2030 (zie Van de Vooren, 1998 en 1999). Een belangrijk onderdeel van het verkeers- en vervoersbeleid is de planning van de toekomstige hoofdinfrastructuur voor het weg-, rail- en waterverkeer ofwel de *strategische infrastructuurplanning*.

¹ Het CBS heeft Nederland in 40 COROP-gebieden onderverdeeld (COROP = Coördinatiecommissie Regionaal Onderzoek Programma). Bij de regionale indeling is het nodale principe gehanteerd, wat inhoudt, dat de hoofdkern met haar omringende gebied tot één regio wordt gerekend.

Tabel 1 Gemiddelde jaarlijkse mutaties van het reële regionale product, de tewerkstelling en het personen- en goederenvervoer tot 2030 als gevolg van de ingebruikneming van derde rijstroken van de autosnelweg Utrecht-Breda (A27) in 2006 (a)

	Utrecht	Zuidoost- Z-Holland	West-Noord- Brabant	overig Nederland	totaal Nederland
regionaal product	54	16	41	8	119
tewerkstelling	0,5	0,1	0,3	0,1	1,0
goederenvervoer					
• per auto	187	164	279	41	671
• per trein	0	0	1	0	1
• per schip	10	10	20	1	41
personenvervoer					
• per auto	2645	1921	2892	150	7608
• per trein	-8	-4	-3	-5	-20
• per bus	134	52	75	2	263

(a) Regionaal product in miljoen gulden (prijspeil 1990), tewerkstelling in 1000 arbeidsjaar, goederenvervoer in 1000 ton en personenvervoer in 1000 reizigers.

Bij wijze van voorbeeld beschouwen wij de effecten van een capaciteitsuitbreiding van een autosnelweg met extra rijstroken in beide richtingen. In tabel 1 worden de effecten van de ingebruikneming van derde rijstroken van de autosnelweg Utrecht-Breda (A27) in 2006 in de vorm van absolute mutaties gemiddeld per jaar weergegeven. Zo wordt bijvoorbeeld het regionale product van de provincie Utrecht 54 miljoen gulden (prijspeil 1990) hoger gemiddeld per jaar. De procentuele mutaties zijn zeer gering en daarom niet vermeld. Het vervoer in tabel 1 bevat overigens alleen de door de regio zelf gegenereerde vervoersstromen, dat is te zeggen het totale intraregionale vervoer, het interregionale inkomende goederenvervoer en het interregionale uitgaande en weer naar de regio van oorsprong terugkerende personenvervoer.

De uitbreiding met derde rijstroken verlaagt de verhouding tussen de benutting van de autosnelweg en de capaciteit ervan, waardoor de voertuigen elkaars snelheid minder beïnvloeden. Dit heeft een daling van de reistijd van het wegverkeer ten gevolge, hetgeen een daling van de mobiliteitsprijzen van de (vracht)auto en de bus impliceert. Aldus ontstaat een substitutie-effect ten gunste van het wegverkeer, maar dankzij de hogere economische groei profiteren ook het goederenvervoer per trein en schip. Het saldo van het substitutie- en inkomenseffect op het personenvervoer per trein blijkt volgens tabel 1 negatief te zijn. De hogere groei van de economie als gevolg van de capaciteitsuitbreiding komt vooral die regio's ten goede, waar de desbetreffende autosnelweg is gelegen. Echter ook elders gelegen regio's

kunnen hiervan profiteren; zie “overig Nederland” in tabel 1. Met andere woorden: niet alleen het transport maar ook de ruimtelijke verdeling van activiteiten ondergaat veranderingen.

In de tabel is niet zichtbaar, dat de effecten op de economie en mobiliteit in Utrecht, Zuidoost-Zuid-Holland en West-Noord-Brabant in de loop van de tijd onder invloed van de economische groei in omvang toenemen, met uitzondering van het personenvervoer per auto en bus. Daarop is namelijk de invloed van de weer oplopende reistijd op den duur sterker dan die van het toenemende extra regionale product. In “overig Nederland” nemen alle effecten op economie en mobiliteit in de loop van de tijd in omvang af als gevolg van de extra benutting van de daar gelijkblijvende wegcapaciteit en de daaruit voortvloeiende stijging van de reistijd.

De gekwantificeerde effecten kunnen voor het opstellen van een *kosten-batenanalyse* worden gebruikt. Worden de baten beperkt tot de effecten op het binnenlandse product van Nederland tot 2030 en houden de kosten een eerste indicatie van de aanleg in zonder bouw van aanvullende kunstwerken, dan bedragen de netto contante waarde van de investering 1112 miljoen gulden (prijspeil 1990) en de baten-kostenverhouding 2,8 bij een officiële disconteringsvoet van 4 %. Nadrukkelijk zij vermeld, dat de vermelde cijfers geen officiële geldigheid hebben; het gaat hier slechts om een illustratie.

Op deze wijze kunnen projecten met betrekking tot de hoofdinfrastructuur voor weg-, rail- en waterverkeer worden doorgerekend. Tot dusver is dat daadwerkelijk gebeurd voor de capaciteitsverruiming van tal van bestaande autosnelwegen en de aanleg van een directe spoorverbinding Utrecht-Breda (zie Van de Vooren, 1999). Wel dienen in deze berekeningen de baten te worden uitgebreid met positieve en negatieve baten, die niet in het binnenlandse product tot uitdrukking komen, zoals bijvoorbeeld reistijdwinsten vanwege de consumptieve mobiliteit en milieu-effecten. Zijn deze in de kosten-batenanalyse geïncorporeerd, dan kunnen de infrastructuurprojecten naar afnemende baten-kostenverhouding worden gerangschikt. Het project met de hoogste baten-kostenverhouding wordt geselecteerd voor realisatie. Gegeven de ingebruikneming van dit project in een bepaald jaar, worden de effecten van de resterende projecten opnieuw berekend, waarna wederom selectie plaatsvindt, enzovoorts. Is de onderlinge afhankelijkheid tussen de projecten verwaarloosbaar klein, dan kan met een

eenmalige rangschikking naar afnemende baten-kostenverhouding worden volstaan. Aldus komt een *integrale prioriteitstelling* van projecten tot stand².

Theoretisch zouden in het kader van een welvaartsoptimale strategische infrastructuurplanning *alle* denkbare infrastructuurprojecten doorgerekend moeten worden. In de praktijk is dit niet wel mogelijk. Een mogelijke benadering zou kunnen inhouden, dat men bijvoorbeeld voor de auto een bepaalde minimale snelheid nastreeft op de wegverbindingen tussen de belangrijkste steden van het land alsmede op de internationale hoofdwegen. Om dit te realiseren worden de volgende stappen gezet. Bepaal eerst op basis van verkeerskundig inzicht, welke investeringen daarvoor nodig zouden kunnen zijn. Bereken vervolgens hun effecten op mobiliteit en economie in ruimte en tijd met behulp van MOBILEC. Stel tenslotte een investeringsprogramma samen op basis van de baten-kostenverhouding van de projecten en het beschikbare budget.

8 Naar een meer gedetailleerde infrastructuurplanning

MOBILEC is geoperationaliseerd voor de 40 COROP-gebieden van Nederland, die qua grootte met een Belgisch arrondissement vergelijkbaar zijn. Met MOBILEC kan dus niet op een lager ruimtelijk schaalniveau worden geschouwd. Weliswaar kunnen binnen een COROP-gebied bepaalde locatiefactoren, waaronder de infrastructuur, worden gewijzigd, maar de daaruit voortvloeiende effecten kunnen met MOBILEC slechts op het niveau van een COROP-gebied worden gekwantificeerd.

Het *Nieuw Regionaal Model* (NRM) van het (Nederlandse) Ministerie van Verkeer en Waterstaat maakt het mogelijk *per wegvak* een voorspelling te doen van de mobiliteit per (vracht)auto en bus in een gegeven toekomstig jaar, momenteel 2010. In het model staan zogenoemde *groeifactoren* centraal, waarmee de situatie in het basisjaar per herkomstbestemmingsrelatie moet worden vermenigvuldigd om een voorspelling voor 2010 te doen.

² Blauwens et al. (1982a en 1982b) hebben kosten-batenanalyses uitgevoerd voor de uitbouw van het Belgische hoofdwegennet en het Belgische vaarwegennet. Op grond daarvan konden zij een prioriteitstelling van investeringen in het hoofdwegennet en het vaarwegennet opstellen. Daarbij zijn echter milieu-effecten, regionale effecten, verkeersveiligheidseffecten en effecten op de modal split buiten beschouwing gebleven.

Het model is ruimtelijk zeer sterk gedifferentieerd, maar de toepassing van groeifactoren geeft het model niet een echt dynamisch karakter. Deze groeifactoren worden per herkomstbestemmingsrelatie met behulp van een zogenaamd groeimodel gekwantificeerd, waarvoor onder meer een uitspraak nodig is over de te verwachten ontwikkeling van de economie en de tewerkstelling tussen het basisjaar en het jaar 2010. Deze ontwikkelingen worden namelijk in het NRM als exogeen opgevat. De benodigde kwantificering kan aan de ontwikkeling van het regionale product en de tewerkstelling volgens MOBILEC worden ontleend. Indien de ontwikkelingen van de tewerkstelling per gemeente bekend zijn, kunnen de uit MOBILEC afkomstige uitkomsten per COROP-gebied eventueel naar gemeente worden gedifferentieerd, alvorens ze als exogenen in het NRM in te voeren.

Het model *TIGRIS* (Transport Infrastructuur Grondgebruik Interactie Simulatie) van het adviesbureau AGV (Advies Groep voor Verkeer en vervoer) beschrijft, hoe de verplaatsingsweerstand (in de zin van gegeneraliseerde transportkosten) van een zone in periode t haar bereikbaarheid (berekend als een potentiaal volgens een graviteitsmodel) in periode t bepaalt, die vervolgens op haar beurt van invloed is op de attractie van die zone voor werken en wonen in periode $t+1$. Die attractie manifesteert zich in periode $t+1$ door de aanwending van de grond voor bedrijven, woningen en voorzieningen, wat gepaard gaat met vervoer, dat bepalend is voor de verplaatsingsweerstand in periode $t+1$. In feite geeft het model de interactie tussen grondgebruik en transport bij een gegeven infrastructuur weer. De ruimtelijke schaal is een *zone*; de provincie Zuid-Holland is in 45 zones opgedeeld. Dat is een veel lagere ruimtelijke schaal dan in MOBILEC wordt gehanteerd, waar Zuid-Holland in 6 COROP-gebieden is onderverdeeld. TIGRIS is dus zowel topologisch als dynamisch van karakter. De ontwikkeling van de tewerkstelling per regio (bijvoorbeeld een provincie of een COROP-gebied) is in TIGRIS een exogene variabele, die met behulp van MOBILEC voor de toekomstige jaren gekwantificeerd kan worden.

9 Andere onderdelen van het verkeers- en vervoersbeleid

Het verkeers- en vervoersbeleid omvat niet alleen infrastructuurplanning maar ook bijvoorbeeld het gemeenschappelijk vervoer en het prijsbeleid. De effecten in ruimte en tijd

van stimulering van het gemeenschappelijk vervoer en van het prijsbeleid op mobiliteit en economie kunnen met behulp van MOBILEC worden geraamd (zie Van de Vooren, 1999). Daarnaast schenken wij aandacht aan de corridor als een hoofdtransportas.

Het *gemeenschappelijk vervoer* kan door een reductie van de reistijd worden gestimuleerd. Een reistijdreductie van trein en bus/tram/metro met bijvoorbeeld 1 % per jaar verhoogt volgens MOBILEC in aanzienlijke mate de groei van het gemeenschappelijk vervoer. De daarmee gepaard gaande daling van de groei van het personenvervoer per auto is echter gering. De economische groei vertoont nauwelijks een stijging, zodat de ruimtelijke verdeling van activiteiten over de COROP-gebieden van Nederland uit dien hoofde nagenoeg ongewijzigd blijft. Door de aanzienlijk hogere groei van het gemeenschappelijk vervoer neemt zijn gewicht in de modal-split toe en daarmee zijn structurende werking op de ruimte *binnen* een COROP-gebied.

Het *prijsbeleid* kan bijvoorbeeld inhouden een stijging van de reële afstandskosten per km per (vracht)auto met 3 % per jaar en die per schip, trein en bus/tram/metro met 1 % per jaar. Dit leidt volgens MOBILEC tot een lagere groei van de economie en de mobiliteit, met uitzondering van tram en bus, die nu minder door het overige wegverkeer worden gehinderd, wat een hogere rijsnelheid en daarmee een kortere reistijd mogelijk maakt. Als gevolg van regionale verschillen in modal split voltrekt zich de vermindering van de economische groei in de regio's in ongelijke mate, zodat uit dien hoofde de ruimtelijke verdeling van activiteiten veranderingen ondergaat. De lagere economische groei gaat op zichzelf beschouwd met een geringere toeneming van het ruimtegebruik gepaard. Overigens kan het negatieve effect op de economische groei door een lastenverlichting worden gecompenseerd.

In het kader van de ontwikkeling van *corridors* komt onder meer aan de orde, of uitbreiding van de daarin gelegen autosnelwegen met extra rijstroken gewenst is en of deze extra rijstroken voor generiek gebruik dan wel uitsluitend voor vrachtverkeer bestemd moeten worden. Met behulp van MOBILEC zijn de effecten van deze alternatieven op mobiliteit en economie berekend, voor wat betreft de autosnelweg Utrecht-Amersfoort (A28). Daaruit bleek, dat op dit traject vrachtautostroken een hogere stijging van het binnenlandse product van Nederland genereren dan rijstroken voor generiek gebruik. Een ander voorbeeld is de bouw van een trimodale terminal in een corridor. Met het huidige MOBILEC kunnen de

eerste-orde-effecten niet worden geschat, maar zodra deze eerste-orde-effecten op de een of andere wijze zijn geraamd, is het mogelijk de tweede- en hogere-orde-effecten op mobiliteit en economie in ruimte en tijd te berekenen.

Verskillende vormen van verkeers- en vervoersbeleid, met inbegrip van infrastructuurprojecten, zijn te combineren en hun gezamenlijke effect op mobiliteit en economie in ruimte en tijd is te berekenen.

10 Ruimtelijk-economisch beleid

Het ruimtelijk-economische beleid in de meeste landen is erop gericht de verschillen in welvaart tussen de regio's te verminderen. Gebieden, waarvan de achterstand als ernstig wordt ervaren, krijgen extra steun om de economische ontwikkeling te bevorderen. Het verdient evenwel aanbeveling om niet alleen op regionale achterstanden te letten maar tevens vast te stellen, in welke mate en in welk opzicht een gebied mogelijkheden biedt voor economische ontwikkeling. Met behulp van MOBILEC kan het *ontwikkelingspotentieel* van een regio op de lange termijn worden gekwantificeerd, gegeven haar regionale kenmerken.

In het kader van de strategische infrastructuurplanning worden de infrastructuurprojecten naar afnemende baten-kostenverhouding gerangschikt (sectie 7). Een selectie volgens dit criterium houdt echter geen rekening met achterstandsgebieden als zodanig. Men zou er echter tot zekere hoogte voor kunnen kiezen om van *efficiency*-voordelen af te zien ten gunste van *equity*-voordelen door projecten in achterstandsgebieden voor realisatie te selecteren, mits hun baten-kostenverhouding hoger dan 1 is. Men kan dit als een beleidscompromis tussen efficiency en equity beschouwen (zie Bus & Van de Vooren, 1994).

In MOBILEC komen behalve de infrastructuur tal van andere regionale kenmerken ofwel locatiefactoren als exogene variabelen voor. Dit biedt de mogelijkheid de gevolgen van verbetering van de locatiefactoren voor de regionale economieën en de nationale economie door te rekenen. Doordat alle regio's in dit model aan elkaar gekoppeld zijn, kan worden vastgesteld, in hoeverre sprake is van *generatieve* en *distributieve* groei. Dit is een wezenlijk

voordeel van MOBILEC boven monoregionale modellen en multiregionale modellen zonder interregionale samenhang.

Het verschijnsel doet zich voor, dat bedrijven of bedrijfsonderdelen naar minder volle regio's of regio's met lagere loonkosten worden verplaatst. Welke invloed heeft deze ruimtelijke deconcentratie op de economie en de mobiliteit in de onderscheidene regio's? Dezelfde vraag kan worden gesteld met betrekking tot bedrijfsconcentratie; deze wordt gerealiseerd om bijvoorbeeld schaalvoordelen te verkrijgen. De gestelde vragen kunnen met behulp van MOBILEC worden beantwoord door de bedrijven als een belichaming van een kapitaalgoederenvoorraad te beschouwen. Een verplaatsing van een bedrijf komt dan neer op een vergroting van de kapitaalgoederenvoorraad in de regio van vestiging en een verkleining van de kapitaal- goederenvoorraad in de regio van oorsprong.

Het begrip corridor kent verschillende accentueringen: een corridor wordt niet alleen opgevat als een hoofdtransportas maar ook als een economische ontwikkelingsas en als een verstedelijkingsas. In dat verband is het bijvoorbeeld van belang vast te stellen, waar bedrijfsterreinen in een corridor moeten worden aangelegd en welke mate van concentratie/spreiding van bedrijfsterreinen gewenst is. Met behulp van MOBILEC kan deze vraag op de ruimtelijke schaal van een COROP-gebied worden beantwoord door bedrijfsterreinen als potentiële bedrijfsvestigingen te beschouwen, die een kapitaalgoederenvoorraad belichamen.

Het ruimtelijk-economische beleid en het verkeers- en vervoersbeleid vertonen een duidelijke samenhang. Ook beleidsmatig zijn transport en ruimte niet te scheiden.

11 Een programma voor de toekomst

Wij hebben onze dubbele dubbelslag met betrekking tot transport en ruimte gemaakt. Die dubbele dubbelslag heeft ons het instrument MOBILEC opgeleverd, dat topologisch en dynamisch van karakter is en dat rekening houdt met de wederzijdse samenhang tussen transport en ruimtelijk-economische ontwikkelingen. Dit instrument, in een al dan niet

uitgebreide versie, kan ook nuttig zijn om andere onderwerpen aan te snijden. Wij noemen de volgende thema's.

Standaardisatie van een evaluatiesysteem voor infrastructuurprojecten

MOBILEC en het Handboek Economische Effecten Infrastructuur, voor wat betreft de daarin vermelde kosten van aanleg van infrastructuur en de reistijdwaarderingen, vormen reeds beschikbare elementen voor een standaardisatie van een evaluatiesysteem voor infrastructuurprojecten (zie Van de Vooren, 1996). Als evaluatiesysteem wordt de voorkeur aan een kosten-batenanalyse gegeven, zo nodig aangevuld met een multicriteria-analyse als een noodoplossing. Een koppeling van milieu-indicatoren aan MOBILEC en een monetaire waardering van milieu-effecten zijn belangrijke toevoegingen aan zo'n standaardisatie.

Transport en arbeidsmarkt

In MOBILEC wordt de loonvoet exogeen vastgesteld, onder de veronderstelling dat de arbeidsvraag steeds kleiner of gelijk is aan het arbeidsaanbod. Voor een beschouwing van de arbeidsmarkt op lange termijn is echter een endogenisering van de loonvoet gewenst. De uiterste consequentie hiervan is het neoklassieke geval, waarin de tewerkstelling op de lange termijn, afgezien van conjunctuurgolven, met het arbeidsaanbod overeenkomt. In dit verband wordt per regio een onderscheid gemaakt tussen het interne arbeidsaanbod afkomstig van de eigen regio en het externe arbeidsaanbod afkomstig van andere regio's in de vorm van pendel en migratie. Met de twee laatstgenoemde elementen zijn wij tot MOBILEC teruggekeerd met zijn variabelen "woon-werkverkeer" en "bevolking inclusief migratie".

Complementaire en concurrerende regio's

Een infrastructuurverbetering in een bepaalde regio kan ook in andere regio's voordelen teweegbrengen in de vorm van lagere transportkosten met betrekking tot de interregionale vervoersstromen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit tabel 1, waarin "overig Nederland" in de vorm van een hoger regionaal product van de capaciteitsverruiming van de autosnelweg Utrecht-Breda profiteert. In het licht van de neoklassieke aanpak van MOBILEC kan men in dit geval van *complementaire* regio's ten aanzien van zo'n infrastructuurverbetering spreken. Het

regionale product van “overig Nederland” zou gedaald zijn, indien daar de transportkosten hoger zouden zijn geworden door een langere reistijd als gevolg van toenemend verkeer op een gelijkgebleven infrastructuur. In dat geval zou van *concurrerende* regio’s sprake zijn. In relatie tot andere regionale kenmerken genereert het huidige MOBILEC slechts concurrerende regio’s. Een verdere uitwerking van dit thema is zinvol om meer inzicht te krijgen in effecten, die de regiogrenzen overschrijden.

Bedrijfssectoren

Een onderscheid naar bedrijfssectoren is van belang in relatie tot het goederenvervoer. MOBILEC kent vooralsnog geen onderscheid naar bedrijfssectoren; er wordt volstaan met een exogene variabele, die de regionale productiestructuur weergeeft. Door een desaggregatie naar bedrijfssectoren kunnen de effecten op mobiliteit en economie in *directe* en *indirecte* effecten gesplitst worden.

Virtuele mobiliteit en informatie- en communicatietechnologie

Een belangrijke vraag is, of de virtuele mobiliteit een positief dan wel een negatief effect op de fysieke mobiliteit uitoefent. In feite gaat het om de grootte van het groei-effect van virtuele mobiliteit ten opzichte van het substitutie-effect. In MOBILEC dient een plaats voor het verschijnsel van virtuele mobiliteit te worden ingeruimd.

Duurzame economische groei en transport

Duurzame economische groei kan als *langdurige* economische groei of als *ecologisch verantwoorde* economische groei worden geïnterpreteerd. In de eerste interpretatie gaat het om het afleiden van de voorwaarden voor gelijkmatige groei (steady-state growth). In de tweede interpretatie zijn de verdeling over de vervoerswijzen, de mobiliteitsprijzen, de virtuele mobiliteit en hun koppeling aan milieu-indicatoren punten van aandacht. De vraag stelt zich, of deze twee interpretaties onder bepaalde voorwaarden met elkaar verenigbaar zijn.

Trends en transport

In MOBILEC kunnen *trendvariabelen* worden ingebracht, bijvoorbeeld met betrekking tot de consumptieve mobiliteit, waarvoor de preferentie ten opzichte van andere consumptieve bestedingen in de loop van de tijd sterker zal worden. Bovendien wordt de consumptieve mobiliteit door de ontwikkelingen van de beschikbare vrije tijd en van de leeftijdsopbouw van de bevolking beïnvloed. Een ander voorbeeld is het woon-werkverkeer, dat enerzijds toeneemt als gevolg van de flexibilisering van de arbeidsmarkt, doordat men niet bereid is voor elke wisseling van werklocatie te verhuizen, en anderzijds afneemt als gevolg van telewerken.

Terugdringing van marktimperfecties en behalen van schaalvoordelen

De verbetering van de infrastructuur maakt een regio toegankelijker, wat daar monopolistische marktvormen kan terugdringen. Door de verbeterde infrastructuur kunnen bedrijven hun producten tegen lagere kosten buiten de lokale afzetmarkt verkopen. De daartoe vergrote productie kan schaalvoordelen opleveren. Vanuit een nationaal gezichtspunt genereert dit alles maatschappelijke baten, zij het dat de productie in sommige regio's ten gevolge van de toegenomen concurrentie kan teruglopen (zie voor het leegzuigeffect Blauwens, De Baere en Van de Voorde, 1996, pp. 353-354). Het neoklassieke karakter van het huidige MOBILEC verhindert nochtans de toepassing van dit model op genoemde vraagstukken. Een modellering om de effecten van terugdringing van marktimperfecties en het behalen van schaalvoordelen te kunnen berekenen is een gecompliceerde aangelegenheid.

Gevoeligheidsanalyse

In het kader van een gevoeligheidsanalyse kan het nuttig zijn om de waarden van de daarvoor in aanmerking komende coëfficiënten in MOBILEC te variëren en om andere typen wiskundige vergelijkingen in te voeren. Zo valt bijvoorbeeld te experimenteren met een andere productiefunctie dan de nu gehanteerde productiefunctie van het type van Cobb en Douglas, die overigens in het model een uitgebreidere vorm heeft dan gebruikelijk is.

MOBILEC België

Het verdient aanbeveling om MOBILEC voor de 43 Belgische arrondissementen te operationaliseren. Daartoe dient te worden nagegaan, in welke mate de benodigde statistische gegevens ter beschikking staan en in welke mate aanvullende ramingen nodig zijn. Het is interessant eventuele koppelingen met andere Belgische modellen te onderzoeken. Overigens is België in het Nederlandse MOBILEC opgenomen, voor zover dat voor de Nederlandse regio's van belang is; daarbij is België vooralsnog niet naar regio's gedifferentieerd. Voor een Belgisch MOBILEC bestaat ook in Nederland belangstelling, in het bijzonder bij de rijks- en provinciale instellingen in de Nederlandse grensregio's, waaronder Rijkswaterstaat directie Limburg. Een koppeling met het Nederlandse MOBILEC met zijn 40 regio's ligt dan in het verschiet.

12 Conclusie

De dubbele dubbelslag heeft het dynamische, interregionale model MOBILEC opgeleverd, met als belangrijke karakteristiek de wederzijdse samenhang tussen transport en ruimtelijk-economische ontwikkelingen. Met behulp van dit model kunnen de effecten van het verkeers- en vervoersbeleid en van het ruimtelijk-economische beleid op mobiliteit en economie in ruimte en tijd worden berekend. Het is een belangrijk hulpmiddel bij de strategische infrastructuurplanning, die vervolgens met behulp van het Nieuw Regionaal Model en het model TIGRIS nader kan worden gedetailleerd. Tenslotte kan MOBILEC gebruikt worden bij de bestudering van een aantal nieuwe thema's.

Bijlage

Figuur 1 geeft de variabelen van MOBILEC en hun onderlinge relaties vereenvoudigd weer (zie voor een wiskundige weergave Van de Vooren, 1998 en 1999; voor een wiskundige uitwerking van het model en de waarden van de coëfficiënten Van de Vooren, 1998). Het model werkt als volgt.

Het regionale inkomen in periode t (Y_t ; zie figuur 1 linksboven) bepaalt de (particuliere) besparingen in periode t (S_t), die - afhankelijk van het saldo op de nationale overheidsrekening en het saldo op de nationale betalingsbalans (Γ_t) - als (particuliere) investeringen (I_t) worden aangewend. In hoeverre de besparingen in de eigen regio of elders als investeringen worden aangewend, wordt beïnvloed door het te behalen kapitaalrendement (r_t) ten opzichte van het landelijke gemiddelde. Regionale (particuliere) investeringen zijn niets anders dan een uitbreiding van de regionale (particuliere) kapitaalgoederenvoorraad; aan het begin van de volgende periode $t+1$ staat de regio dus een grotere kapitaalgoederenvoorraad (K_{t+1}) ter beschikking dan aan het begin van periode t (K_t).

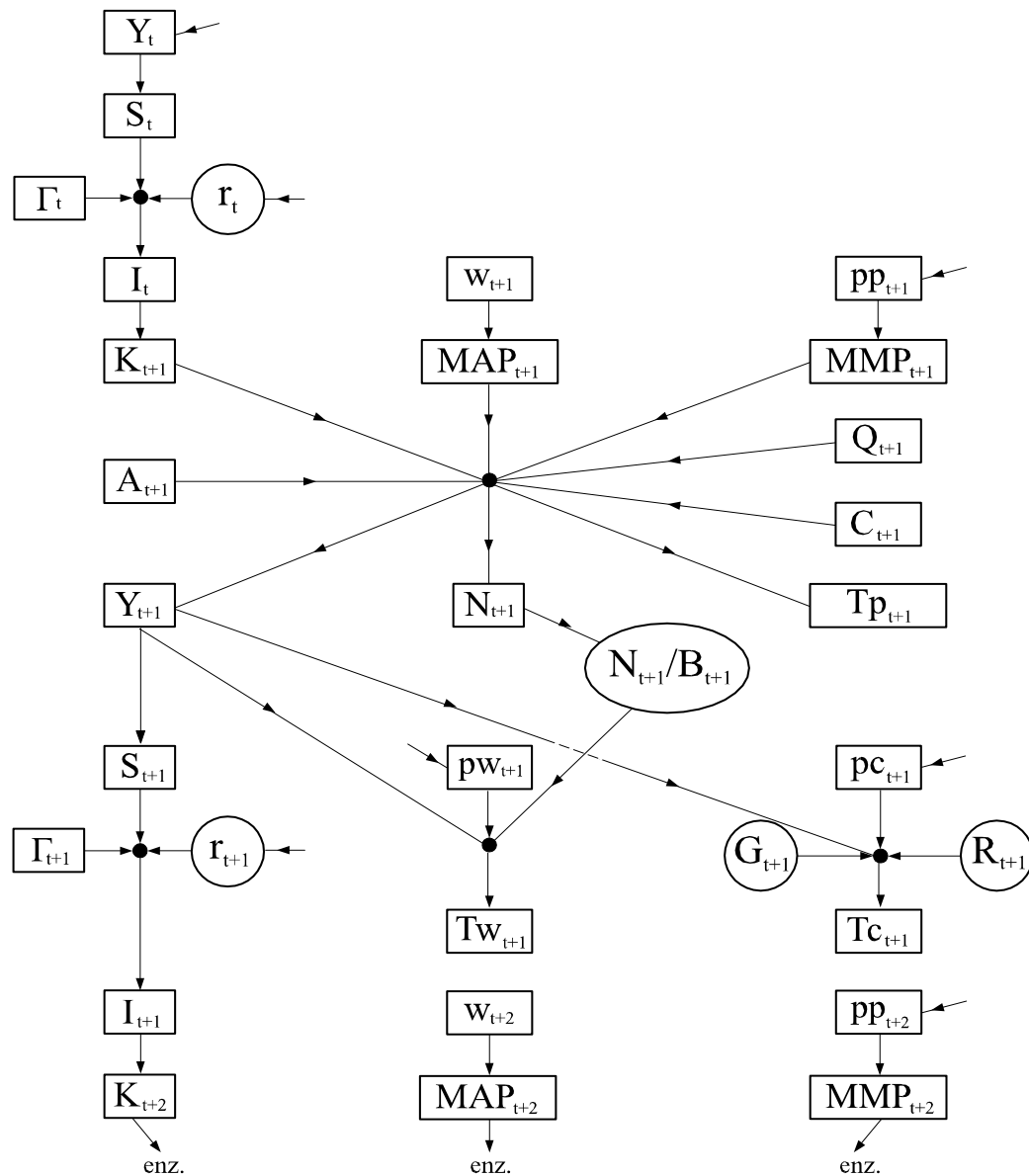
De exogeen opgevatte loonsom per werknemer in periode $t+1$ (w_{t+1} ; zie figuur 1 middenboven) bepaalt de marginale arbeidsproductiviteit in periode $t+1$ (MAP_{t+1}) en de prijs van de productieve mobiliteit (pp_{t+1} ; zie figuur 1 rechtsboven) bepaalt de marginale mobiliteitsproductiviteit (MMP_{t+1}).

De vergrote kapitaalgoederenvoorraad, de marginale arbeidsproductiviteit en de marginale mobiliteitsproductiviteit bepalen vervolgens - gegeven de productiefunctie - simultaan het regionale product (Y_{t+1}), de werkgelegenheid (N_{t+1}) en de productieve mobiliteit (TP_{t+1}). Hierbij wordt uitgegaan van de in periode $t+1$ geldende stand van de technologie (A_{t+1}), de regionale productiestructuur (Q_{t+1}) en de mate van verstedelijking (C_{t+1}).

Het regionale product valt de bevolking toe als regionaal inkomen (Y_{t+1}), dat van invloed is op de consumptieve mobiliteit (TC_{t+1}) en het woon-werkverkeer (Tw_{t+1}). De consumptieve mobiliteit wordt medebepaald door de prijs van de consumptieve mobiliteit (pc_{t+1}) alsmede

het grootstedelijke karakter (G_{t+1}) en de mogelijkheden van recreatie (R_{t+1}) van de eigen regio ten

Figuur 1: Vereenvoudigde weergave van het model MOBILEC



- A - stand van de technologie (exogeen)
- B - omvang van de bevolking (exogeen)
- C - mate van verstedelijking (exogeen)
- G - grootstedelijk karakter van een regio (exogeen)
- I - netto-investeringen (particulier)
- K - kapitaalgoederenvoorraad (particulier)
- MAP - marginale arbeidsproductiviteit
- MMP - marginale mobiliteitsproductiviteit
- N - werkgelegenheid
- Q - productiestructuur (exogeen)
- R - oppervlakte recreatieterreinen (exogeen)
- S - besparingen (particulier)
- Tc - consumptieve mobiliteit
- Tp - productieve mobiliteit
- Tw - woon-werkverkeer

- pc - prijs van de consumptieve mobiliteit
- pp - prijs van de productieve mobiliteit
- pw - prijs van het woon-werkverkeer
- r - kapitaalrendement
- w - loonsom per werknemer (exogeen)
- Γ - parameter betreffende het saldo op de nationale overheidsrekening en het saldo op de nationale betalingsbalans (exogeen)

De grootheden, die op periode t betrekking hebben, zijn van een index t voorzien.
 De grootheden in de rechthoeken hebben op een regio betrekking.
 De grootheden in cirkels hebben een relatief karakter; het gaat om hun waarden met betrekking tot de eigen regio in

Y - regionaal product

in verhouding tot die van andere regio's.

opzichte van andere regio's. Het woon-werkverkeer wordt medebepaald door de prijs van het woon-werkverkeer (pw_{t+1}) en de werkgelegenheid per hoofd van de bevolking (N_{t+1}/B_{t+1}) van de eigen regio ten opzichte van andere regio's.

Vervolgens begint het beschreven proces opnieuw: het regionale inkomen (Y_{t+1}) bepaalt in periode $t+1$ de besparingen (S_{t+1}), die in de eigen regio of elders als investeringen (I_{t+1}) worden aangewend, wat tot een verder uitgebreide kapitaalgoederenvoorraad aan het begin van periode $t+2$ (K_{t+2}) leidt, enzovoorts. Aldus simuleert het model een continu proces van ontwikkeling van economie en mobiliteit.

De prijs van de mobiliteit is gelijk aan de reisafstandskosten per reiziger of per ton (= prijs per afstandseenheid x afstand) plus de reistijdskosten per reiziger of per ton (=prijs per tijdseenheid x reistijd) binnen een regio of tussen twee regio's. De gebruiksomvang van een bepaalde vervoerswijze hangt niet alleen van haar mobiliteitsprijs af maar ook van de mobiliteitsprijzen van andere vervoerswijzen.

De reistijd van het wegverkeer staat onder invloed van de verhouding tussen de benutting van de weginfrastructuur en de capaciteit van de weginfrastructuur (eenvoudigheidshalve niet in figuur 1 weergegeven). De benutting is gelijk aan de totale omvang van de productieve mobiliteit, de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer, uitgedrukt in personenauto-equivalenten. Een toenemende benutting van de wegcapaciteit leidt bij een gelijkblijvende wegcapaciteit tot langere reistijden en mitsdien tot hogere mobiliteitsprijzen. Een stijging van de prijs van de productieve mobiliteit (pp_{t+1}) vergt een verhoging van de marginale mobiliteitsproductiviteit (MMP_{t+1}), die totstandkomt door een reductie van de productieve mobiliteit (TP_{t+1}). Dit oefent een negatief effect uit op het regionale product (Y_{t+1}) en de werkgelegenheid (N_{t+1}) alsmede op de consumptieve mobiliteit (Tc_{t+1}) en het woon-werkverkeer (Tw_{t+1}). De twee laatstgenoemde grootheden ondergaan bovendien een negatief effect van de stijging van de consumptieve mobiliteit (pc_{t+1}) respectievelijk het woon-werkverkeer (pw_{t+1}).

De benutting van de railinfrastructuur bepaalt niet direct de reistijd per trein vanwege het bloksysteem. De waterweginfrastructuur kent doorgaans een overcapaciteit voor het vervoer

per schip. Daarom worden de reistijden per trein en per schip in het model als exogene grootheden beschouwd.

In MOBILEC wordt met de *verwachte* benutting van de wegcapaciteit gerekend, die gelijk is gesteld aan de *feitelijke* benutting in de voorgaande periode. Een in feite toegenomen benutting van een gelijkblijvende wegcapaciteit in periode t remt de ontwikkeling van economie en mobiliteit diensgevolge in periode $t+1$ af. Deze afremming reduceert enigermate de feitelijke benutting in periode $t+1$, waardoor de groei van economie en mobiliteit in periode $t+2$ ietwat wordt verhoogd. Als gevolg hiervan simuleert het model een licht fluctuerende groei van de economie en de mobiliteit.

Referenties

- Armstrong, H. & J. Taylor (1993), *Regional Economics and Policy*, Harvester Wheatsheaf, New York, Londen etc.
- Blauwens, G., H. Tulkens, F. Thys-Clément en M. Anselin (1982a), *Kosten-batenanalyse van de verdere uitbouw van het Belgisch vaarwegennet*, Brussel (Ministerie van Openbare Werken).
- Blauwens, G., R. Vertongghen, F.X, de Donnea en H. Glejser (1982b), *Kosten-batenanalyse van de verdere uitbouw van het Belgisch wegennet*, Brussel (Ministerie van Openbare Werken).
- Bus, L.M. & F.W.C.J. van de Vooren (1994), “Het economische ontwikkelingspotentieel van de Belgische arrondissementen”, *Economisch en Sociaal Tijdschrift*, pp. 435-463.
- Blauwens, G., P. De Baere en E. Van de Voorde (1996), *Vervoerseconomie*, MIM, Antwerpen.
- Meersman, H. & E. Van de Voorde (1991), “De vraag naar personen- en goederenvervoer”, *20^e Vlaams wetenschappelijk congres, Verkeer in België in 2000: mobiliteit of chaos?*, MAKLU uitgevers, Antwerpen en Amersfoort, pp. 3-63.
- 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.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1997), *Handboek Nieuw Regionaal Model*, Adviesdienst Verkeer en Vervoer/CROW, Rotterdam.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1999), *TIGRIS-studie verstedelijkingsconcepten Leiden-Haarlem-Amsterdam*, Adviesdienst Verkeer en Vervoer/DGP, Rotterdam.
- Vooren, F.W.C.J. van de (1996), “Zin en onzin over beleidsanalyse”, *Tijdschrift Vervoerswetenschap*, pp. 95-113.
- Vooren, F.W.C.J. van de (1998), “A Policy Oriented Model about Economy, Mobility, Infrastructure and Other Regional Features; with an application to the Dutch province of Utrecht”, *8th World Conference on Transport Research*, Antwerpen; opgenomen in *World Transport Research*, deel 4, Elsevier Science, 1999.
- Vooren, F.W.C.J. van de (1999), “Beleideffecten op mobiliteit en economie in ruimte en tijd”, *Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 1999*, Delft, pp. 533-549.