

**FACULTEIT
TOEGEPASTE ECONOMISCHE
WETENSCHAPPEN**

TRANSPORT EN RUIMTELIJKE ECONOMIE

**DE BETEKENIS VAN
TRANSPORT EN TRANSPORTBELEID
VOOR DE ECONOMISCHE GROEI**

F.W.C.J. VAN DE VOOREN & J.T. JETTEN

**RESEARCH PAPER 2001-021
Augustus 2001**

Faculty of Applied Economics UFSIA-RUCA, University of Antwerp
Prinsstraat 13, B-2000 ANTWERP, Belgium
Research Administration - B.112
tel (32) 3 220 40 32 fax (32) 3 220 40 26
e-mail: sandra.verhije@ua.ac.be/joeri.nys@ua.ac.be

D/2001/1169/021

DE BETEKENIS VAN
TRANSPORT EN TRANSPORTBELEID
VOOR DE ECONOMISCHE GROEI

F.W.C.J. van de Vooren
Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijkswaterstaat directie Limburg)
Universiteit Antwerpen (UFSIA-RUCA, vakgroep Transport en Ruimtelijke Economie)

J.T. Jetten
NEA

juni 2001

1 Inleiding

De geschiedenis van Antwerpen leert, hoe belangrijk de mogelijkheden van transport voor de economische ontwikkeling zijn. De afsluiting van de Schelde aan het einde van de 16^e eeuw maakte een einde aan een lange periode van bloei. De hervatting van de scheepvaart in 1795 heeft tot nieuwe perioden van economische ontwikkeling geleid.

Niet alleen de zeevaart maar ook het binnenlandse transport is belangrijk voor de economische ontwikkeling. Zo kon volgens Hunter (1965) de industriële revolutie zich voltrekken door de sterke verlaging van de transportkosten, dankzij de aanleg van kanalen en van een omvangrijk net van spoorwegen. Meer in het algemeen is Rostow (1960) van mening, dat een “take-off” van de economie door een verbetering van het transportsysteem teweeg kan worden gebracht. Daarbij verwees hij naar de ontwikkeling van de spoorwegen in Frankrijk, Duitsland, Groot-Brittannië en de Verenigde Staten en de ontwikkeling van de economie in deze landen. Fogel (1964) relativeerde echter de rol van de spoorwegen in de openlegging van Amerika. Hij meende, dat ze ook tot stand zou zijn gekomen bij een ander transportsysteem.

De discussie over de samenhang tussen transport en economische ontwikkeling ontstaat, zodra naar de precieze betekenis van het transport voor de economische ontwikkeling wordt gevraagd. De moeilijkheid bij het vaststellen van de relatie tussen transport en economische ontwikkeling is gelegen in de omstandigheid, dat tegelijkertijd tal van andere factoren hun invloed uitoefenen. In een beschouwing over de relatie tussen transport en economische groei dient dan ook het proces van economische groei centraal te staan, waarin behalve transport ook andere factoren een rol spelen. Daartoe zal in deze paper van het model MOBILEC (MOBILiteit/ECONomie) gebruik worden gemaakt. Het model beschrijft de relaties tussen economie, mobiliteit, infrastructuur en andere regionale kenmerken.

In het kader van de betekenis van transport voor de economische groei zal niet alleen aan de beschikbare infrastructuur maar ook aan andere transportvoorwaarden aandacht worden geschonken. De vraag stelt zich, welke transportvoorwaarden een dynamisch evenwicht in de economie totstandbrengen en welke invloed gunstige en/of milieugeoriënteerde transportvoorwaarden op de groei van de economie (geografisch product en werkgelegenheid) en de mobiliteit (goederenvervoer en personenvervoer per vervoerswijze) uitoefenen. Hier liggen de aangrijpingspunten voor het transportbeleid. Het transportbeleid wordt echter in laatste instantie niet omwille van de mobiliteit maar omwille van de welvaart ten uitvoer gebracht, waarvan de economische groei een belangrijk onderdeel vormt.

Wij zullen beginnen met een schets van vier mogelijke werkwijzen om de betekenis van transport en transportbeleid voor de economische groei te onderzoeken (sectie 2). De hierop gebaseerde bevindingen resulteren in de toepassing van het model MOBILEC, waarvan een beschrijving wordt gegeven (sectie 3). Op basis van dit model worden de productie-elasticiteiten van de verschillende vervoerswijzen per regio gekwantificeerd om hun betekenis voor de economische groei vast te stellen (sectie 4). Vervolgens worden met behulp van het model simulaties van de groei van de economie en de mobiliteit uitgevoerd op basis van vier scenario's met betrekking tot dynamisch evenwicht in de economie, transportvoorwaarden en milieu (sectie 5). Tenslotte zal de paper met een aantal samenvattende conclusies worden afgesloten (sectie 6).

2 Werkwijzen

Wij zullen vier mogelijke werkwijzen bespreken om de betekenis van transport en transportbeleid voor de economische groei te onderzoeken.

2.1 Locatiemodellen

Er kan gebruik worden gemaakt van *locatiemodellen*, waarin de investeringen respectievelijk de werkgelegenheid uit een aantal vestigingsplaatsfactoren ofwel locatiefactoren verklaard worden, waaronder de verkeersinfrastructuur (Bruinsma & Rietveld, 1993). De relatie wordt met behulp van een regressievergelijking gekwantificeerd. In de meeste, zij het niet in alle gevallen bleek de invloed van de verkeersinfrastructuur gering te zijn.

Een nadeel van deze modellen is gelegen in de omstandigheid, dat zij de invloed van andere factoren dan locatiefactoren op investeringen en werkgelegenheid buiten beschouwing laten.

2.2 Benadering van Biehl

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. Deze vier zogenoemde *potentiaalfactoren* worden gekenmerkt door hun immobiliteit (regionaal gebonden), hun ondeelbaarheid (niet in kleinere eenheden splitsbaar), hun onsubstitueerbaarheid (niet door andere factoren te vervangen) en hun polyvalentie (voor meerdere doeleinden aanwendbaar).

Behalve deze potentiaalfactoren worden in het productieproces productiefactoren aangewend, die mobiel, deelbaar, substitueerbaar en monovalent van karakter zijn. Het gebruik van deze productiefactoren bepaalt het feitelijke regionale product. Dat valt samen met het potentiële regionale product, indien deze productiefactoren zodanig worden ingezet, dat de potentiaalfactoren optimaal worden benut. Deze benadering leert, dat de verkeersinfrastructuur een noodzakelijke doch geen voldoende voorwaarde voor economische groei is.

Om de invloed van de 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.

De vereenzelviging van de regionale potentie met het berekende regionale product per hoofd is als een betwistbaar punt in de analyse aan te merken, met als extra complicatie dat de richting van de causaliteit nu ook omgedraaid kan worden van regionaal product naar verkeersinfrastructuur.

2.3 Productiefunctie-benadering

Verkeersinfrastructuur is een belangrijk onderdeel van het *publieke kapitaal*. De betekenis van het publieke kapitaal voor de economische groei heeft Aschauer (1989) gekwantificeerd aan de hand van een *productiefunctie*, waarin publiek kapitaal als productiefactor naast arbeid en privaat kapitaal is opgenomen. Hij schatte de productie-elasticiteit van publiek kapitaal op 0,39, dat wil zeggen het nationale product zal met 0,39 % stijgen, indien het publieke kapitaal met 1 % toeneemt, ceteris paribus. Dit is relatief hoog ten opzichte van de gebruikelijke productie-elasticiteit van privaat kapitaal. Het zou betekenen, dat een investering in publiek kapitaal 3 à 4 maal zoveel aan nationaal product zou opleveren als eenzelfde investeringssom in privaat kapitaal.

Aschauer (1989) had zijn schatting gebaseerd op tijdreeksen. Dit kan tot een te hoge waarde van de productie-elasticiteit van publiek kapitaal leiden, wanneer de variabelen in de regressie eenzelfde trendmatige ontwikkeling vertonen (spurious correlation). Regressie op basis van een combinatie van tijdreeksen en dwarsdoorsneden over 48 Amerikaanse staten en desaggregatie van publiek kapitaal in “autosnelwegen”, “waterwerken en riolering” en “overig” leverden lagere productie-elasticiteiten van het totale publieke kapitaal op (zie de overzichten van Gillen & Waters II, 1996, Gomez-Ibanez & Madrick, 1996 en Banister & Berechman, 2000). Langs deze weg leverden de meeste studies 0,04 - 0,13 als waarden op voor de productie-elasticiteit van autosnelwegen; zie tabel 1.

Tabel 1 Productie-elasticiteiten van autosnelwegen in 48 Amerikaanse staten

Munnell (1990)	0,06
Eisner (1991)	0,05 - 0,07
Garcia-Milà & McGuire (1992)	0,04
McGuire (1992)	0,12 - 0,13
Pinnoi (1992)	0,06 - 0,08
Haughwout (1996)	0,08

Een moeilijk punt in deze productiefunctie-benadering is, dat ook de omgekeerde richting van de causaliteit denkbaar is: een hoger nationaal/regionaal product maakt hogere bestedingen aan de aanleg van infrastructuur mogelijk.

2.4 Op zoek naar een andere benadering

De betekenis van transport voor de economische groei kan tot zekere hoogte worden afgelezen aan de productie-elasticiteit van de infrastructuur in de productiefunctie. Dat verschaft echter een onvolledig beeld, omdat rekening moet worden gehouden met:

- (1) de mate van benutting van de infrastructuur;
- (2) het verkeer dat niet aan de productie bijdraagt maar wel van de infrastructuur gebruik maakt;
- (3) de wederzijdse beïnvloeding van transport en economie;
- (4) de verschillen tussen regio's en vervoerswijzen;
- (5) het dynamische, interregionale proces van transport en economie.

Wij wensen een model te gebruiken, dat met deze aspecten rekening houdt.

ad (1)

Overeenkomstig de productiefunctie-benadering dient het te gebruiken model regionale productiefuncties te bevatten, waarin naast de gebruikelijke productiefactoren arbeid en kapitaal de productiefactor verkeersinfrastructuur wordt onderscheiden. Het gaat hier echter niet, zoals gebruikelijk, om de omvang van de infrastructuur maar om de infrastructuur, voorzover ze voor de productie wordt benut. De *benutte* infrastructuur kan met de mobiliteit voor productieve doeleinden worden geïdentificeerd en wel in termen van het aantal reizigers en het aantal tonnen goederen, verplaatst via deze infrastructuur.

ad (2)

Het te gebruiken model dient een onderscheid te maken tussen *productieve mobiliteit* en *consumptieve mobiliteit*. Goederenvervoer en zakelijk (personen)verkeer betreffen productieve mobiliteit. Indien het verplaatsingsmotief betrekking heeft op winkelen, het volgen van onderwijs, visites afleggen/logeren, ontspanning/sportbeoefening en toeren/wandelen, is er sprake van consumptieve mobiliteit. De mobiliteit in de productiefunctie betreft de productieve mobiliteit. De consumptieve mobiliteit is in een soort consumptiefunctie op te nemen, die onder meer het verband weergeeft tussen het inkomen en de 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.

ad (3)

Het te gebruiken model dient met de wederzijdse beïnvloeding van transport en economie rekening te houden. Dit kan als volgt inhoud worden gegeven. De richting van het causale verband tussen economie en productieve mobiliteit verloopt overeenkomstig de productiefunctie van mobiliteit naar economie. De richting van het causale verband tussen economie en consumptieve mobiliteit verloopt overeenkomstig de consumptiefunctie van economie naar mobiliteit.

De omvang van de infrastructuur vormt een beleidsmatig te wijzigen randvoorwaarde voor het totaal van de productieve en consumptieve mobiliteit. Voordat de maximale mobiliteit bereikt wordt, uit de limiterende werking van de infrastructuur zich al eerder in de vorm van een stijging van de reistijd en daarmee van de transportkosten. Dat heeft een negatief effect op mobiliteit. Langs deze weg beïnvloeden de productieve en de consumptieve mobiliteit elkaar op directe wijze, naast de indirecte wijze die verloopt van de productieve mobiliteit via de economie naar de consumptieve mobiliteit.

ad (4)

De coëfficiënten van het te gebruiken model dienen in belangrijke mate regiospecifiek te zijn. Elke regio heeft haar eigen kenmerken, die in de vorm van regiospecifieke waarden van een aantal variabelen tot uitdrukking komen.

Er dient een onderscheid naar vervoerwijze te worden gemaakt: goederenvervoer per vrachtauto, trein en schip en personenvervoer per auto, trein en bus/tram/metro. Deze vervoerswijzen maken deels van dezelfde infrastructuur, deels van verschillende infrastructuur gebruik, wat met name van belang is voor de benutting van de infrastructuur.

ad (5)

Het te gebruiken model dient dynamisch en interregionaal te zijn. Het is in staat tijdpaden van de variabelen met betrekking tot de mobiliteit (personenvervoer en goederenvervoer per vervoerswijze) en de economie (geografisch product, werkgelegenheid en investeringen) te genereren. Tegelijkertijd dient het model toe te laten, dat de regio's elkaar beïnvloeden. Dit gebeurt niet alleen via de interregionale vervoersstromen maar ook via de besparingen, die in een andere regio als investeringen worden aangewend, wanneer daar het te behalen kapitaalrendement hoger is.

Het model dient in staat te zijn de effecten van veranderingen in transportvoorwaarden op mobiliteit en economie in *ruimte* en *tijd* te traceren.

Aan deze vereisten voldoet het model MOBILEC. Met de toepassing van dit model wordt bij de kwantificering van de betekenis van transport voor de economische groei met bovengenoemde vijf aspecten rekening gehouden. Bovendien kan dan tevens de invloed van het transportbeleid, ook met betrekking tot andere transportvoorwaarden dan de infrastructuur, op de mobiliteit en de economie worden gekwantificeerd.

3 Het model MOBILEC

Wij zullen eerst een beschrijving geven van het toe te passen model. Vervolgens zal dit model vergeleken worden met de modellen in het kader van de eerste drie werkwijzen. Tenslotte zal worden uiteengezet, hoe de tijdpaden van de variabelen van het model kunnen worden afgeleid.

3.1 Beschrijving van het model

MOBILEC bevat een productiefunctie van het type van Cobb en Douglas, waaraan de regionale *productiestructuur* en de regionale *verstedelijking* zijn toegevoegd:

$$Y_r = A_r N_r^\alpha K_r^\beta \left(\prod_{s=1}^k T_{pi}_{sr} \right)^{\gamma_i} \left(\prod_{s=1}^k T_{pii}_{sr} \right)^{\gamma_{ii}} \left(\prod_{s=1}^k T_{piii}_{sr} \right)^{\gamma_{iii}} \left(\prod_{s=1}^k T_{p1}_{rs} \right)^{\gamma_1} \left(\prod_{s=1}^k T_{p2}_{rs} \right)^{\gamma_2} \left(\prod_{s=1}^k T_{p3}_{rs} \right)^{\gamma_3} \cdot Q_r^\delta \exp(\epsilon C_r) \quad (1)$$

waarin:

- Y_r - reëel geografisch product van regio r;
- A_r - stand van de technologie in regio r;
- N_r - arbeidsvolume in regio r;
- K_r - reële private kapitaalgoederenvoorraad in regio r;
- T_{pi}_{sr} - productieve mobiliteit of goederen per vrachtauto van regio s naar regio r;
- T_{pii}_{sr} - idem, per trein;
- T_{piii}_{sr} - idem, per schip;
- T_{p1}_{rs} - productieve mobiliteit van zakelijk verkeer per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r;
- T_{p2}_{rs} - idem, per trein;
- T_{p3}_{rs} - idem, per bus/tram/metro;
- Q_r - indicator voor de regionale productiestructuur van regio r: aandeel van de arbeidsintensieve sectoren in het reële geografische product van de regio ¹.

C_r - indicator voor de mate van verstedelijking van regio r: aandeel van de bevolking van de gemeenten met een hoofdkern van meer dan 50.000 inwoners in de totale bevolking van de regio.

De endogene variabelen zijn in vet weergegeven. De kleine Griekse letters representeren coëfficiënten, die al dan niet regiospecifiek zijn; eenvoudigheidshalve zijn zij niet van een index r, rs of sr voorzien. Intraregionale vervoersstromen: $r = s$; interregionale vervoersstromen: $r \neq s$. Er zijn k regio's: $s = 1, 2, \dots, r, \dots, k$ ².

In tegenstelling tot hetgeen de neoklassieke theorie leert, bepaalt in het model de marginale arbeidsproductiviteit niet de reële loonvoet, maar de door werkgevers en werknemers overeengekomen reële loonvoet bepaalt de marginale arbeidsproductiviteit:

$$\frac{\partial \mathbf{Y}_r}{\partial \mathbf{N}_r} = w_r \quad (2)$$

waarin w_r de exogeen opgevatte reële loonvoet voorstelt. De exogene loonvoet kunnen zodanige waarden worden toegekend, dat het model, in tegenstelling tot de neoklassieke theorie met haar veronderstelde flexibele prijzen, werkloosheid kan simuleren.

De productieve mobiliteit van goederen per vrachtauto van regio s naar regio r neemt een zodanige omvang aan, dat de marginale mobiliteitsproductiviteit gelijk is aan de reële prijs van de productieve mobiliteit van goederen per vrachtauto:

$$\frac{\partial \mathbf{Y}_r}{\partial \mathbf{Tpi}_{sr}} = \mathbf{ppi}_{sr} \quad (3.i)$$

waarin \mathbf{ppi}_{sr} de reële prijs per ton van de productieve mobiliteit van goederen voorstelt voor het afleggen van de afstand van regio s naar regio r. Hetzelfde type vergelijking is van toepassing op de productiviteit van het goederenvervoer per trein en per schip. Wij zullen deze vergelijkingen niet uitschrijven, maar ze met (3.ii) respectievelijk (3.iii) aanduiden.

Evenzo is de marginale mobiliteitsproductiviteit van het zakelijk verkeer per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r gelijk aan de reële prijs van de productieve mobiliteit van zakelijk verkeer per auto:

$$\frac{\partial \mathbf{Y}_r}{\partial \mathbf{Tp1}_{rs}} = \mathbf{pp1}_{rs} \quad (3.1)$$

waarin $\mathbf{pp1}_{rs}$ de reële prijs per reiziger van de productieve mobiliteit van het zakelijk verkeer voor het afleggen van de afstand per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r. Hetzelfde type vergelijking is van toepassing op de productiviteit van het zakelijk verkeer per trein – vergelijking (3.2) – en per bus/tram/metro – vergelijking (3.3) ³.

De kapitaalgoederenvoorraad in (1) wordt aan het begin van de periode t, $K_{r(t)}$, gemeten. Zij wordt door de (private) netto-investeringen in periode t, $I_{r(t)}$, vergroot tot de kapitaalgoederenvoorraad in periode t+1:

$$\mathbf{K}_{r(t+1)} = \mathbf{K}_{r(t)} + \mathbf{I}_{r(t)} \quad (4)$$

De tijdsindex wordt slechts in die vergelijkingen geschreven, waarin de variabelen op verschillende perioden betrekking hebben.

De regionale (private) besparingen S_r zijn een functie van het regionale inkomen, dat eenvoudigheidshalve proportioneel is gesteld aan het geografische product:

$$\mathbf{S}_r = \sigma \mathbf{Y}_r^p \quad (5)$$

Het peil van de nationale (private) investeringen I_N wordt bepaald door de omvang van de nationale (private) besparingen S_N , verminderd met het tekort op de overheidsrekening en het overschot op de betalingsbalans: $I_N < S_N$ ⁴. Indien de overheidsrekening een overschot vertoont en de betalingsbalans een tekort, geldt: $I_N > S_N$. De mogelijkheid van een ongelijkheid tussen nationale investeringen en nationale besparingen wordt als volgt weergegeven:

$$I_N = \Gamma_N S_N$$

waarin $\Gamma_N < 1$ ingeval van een tekort op de overheidsrekening en een overschot op de betalingsbalans en $\Gamma_N > 1$ ingeval van een overschot op de overheidsrekening en een tekort op de betalingsbalans.

Van de besparingen S_r van regio r wordt $\Gamma_r S_r$ voor investeringen aangewend, hetzij in regio r hetzij elders in het land. De regionale investeringen zijn dus gelijk aan de regionale besparingen $\Gamma_r S_r$, vermeerderd met het interregionale spaarsaldo. Is het interregionale spaarsaldo positief, dan vloeien per saldo besparingen van elders in het land naar regio r : $I_r > \Gamma_r S_r$. Een negatief interregionaal spaarsaldo van regio r houdt per saldo een afvloeiing in van besparingen van regio r naar elders in het land: $I_r < \Gamma_r S_r$. De mogelijkheid van een ongelijkheid tussen regionale investeringen en regionale besparingen wordt als volgt weergegeven:

$$I_r = \Phi_r \Gamma_r S_r \quad (6)$$

waarin $\Phi_r > 1$ ingeval van een positief interregionaal spaarsaldo en $\Phi_r < 1$ ingeval van een negatief interregionaal spaarsaldo.

Een regio mag een positief interregionaal spaarsaldo verwachten, indien – ten opzichte van andere regio's – het er financieel aantrekkelijk is te investeren. Tegen deze achtergrond is de *verhouding tussen het kapitaalrendement* in regio r ten opzichte van het gehele land (als gemiddelde van alle regio's) als een verklarende variabele voor de grootte Φ_r aan te merken.

In vele landen kan de ondernemer onder bepaalde voorwaarden een premie op investeringen krijgen. De hoogte van de premie is onder meer afhankelijk van de regio, waarin de investering plaatsvindt. De verhouding tussen de investeringspremie in regio r en het gehele land (als gemiddelde van alle regio's) is de tweede verklarende variabele voor Φ_r .

Op grond van het voorgaande wordt de volgende vergelijking van Φ_r opgesteld:

$$\Phi_r = \varphi \left(\frac{Y_r - w_r N_r - pp_r Tp_r}{K_r} / \frac{Y_N - w_N N_N - pp_N Tp_N}{K_N} \right)^\zeta \exp(\eta m_r / m_N) \quad (7)$$

waarin:

- $(Y_r - w_r N_r - pp_r Tp_r) / K_r$ - kapitaalrendement in regio r;
 $(Y_N - w_N N_N - pp_N Tp_N) / K_N$ - kapitaalrendement in het land;
 m_r - investeringspremie in regio r;
 m_N - investeringspremie gemiddeld in het land.

$pp_r Tp_r$ is een verkorte notatie voor:

$$\sum_{s=1}^k (ppi_{sr} Tpi_{sr} + pp_{ii_{sr}} Tpii_{sr} + pp_{iii_{sr}} Tpii_{sr} + pp_{1_{rs}} Tp_{1_{rs}} + pp_{2_{rs}} Tp_{2_{rs}} + pp_{3_{rs}} Tp_{3_{rs}})$$

$pp_N Tp_N$ is een verkorte notatie voor:

$$\sum_{r=1}^k \sum_{s=1}^k (ppi_{sr} Tpi_{sr} + pp_{ii_{sr}} Tpii_{sr} + pp_{iii_{sr}} Tpii_{sr} + pp_{1_{rs}} Tp_{1_{rs}} + pp_{2_{rs}} Tp_{2_{rs}} + pp_{3_{rs}} Tp_{3_{rs}})$$

De investeringspremie is te kwantificeren als het gewogen gemiddelde van de geldende premiepercentages in de gemeenten van de desbetreffende regio, met het inwonertal van de gemeenten als gewicht.

De consumptieve mobiliteit van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r wordt bepaald door het inkomen van regio r, dat eenvoudigheidshalve gelijkgesteld is aan het geografische product, de afstandsprijs van de consumptieve mobiliteit, de reistijd en de regionale kenmerken *grootstedelijkheid* en *recreatiemogelijkheden* in regio s in verhouding tot die in regio r:

$$Tc_{1_{rs}} = \mathcal{G} Y_r^{11} (pcd_{1_{rs}})^{kd11} (pcd_{2_{rs}})^{kd12} (pcd_{3_{rs}})^{kd13} (h_{1_{rs}})^{kh11} (h_{2_{rs}})^{kh12} (h_{3_{rs}})^{kh13} \cdot \left(\frac{B_s / L_s}{B_r / L_r} \right)^{\lambda 1} \left(\frac{R_s / L_s}{R_r / L_r} \right)^{\mu 1} \quad (8.1)$$

waarin:

- $Tc_{1_{rs}}$ - consumptieve mobiliteit per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r;
 $pcd_{1_{rs}}$ - reële afstandsprijs per reiziger van de consumptieve mobiliteit per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r;
 $pcd_{2_{rs}}$ - idem, per trein;
 $pcd_{3_{rs}}$ - idem, per bus/tram/metro;
 $h_{1_{rs}}$ - reistijd per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r;
 $h_{2_{rs}}$ - idem, per trein;
 $h_{3_{rs}}$ - idem, per bus/tram/metro;
 B_r - bevolkingsomvang in regio r;
 L_r - landoppervlakte van regio r;
 R_r - oppervlakte bos en woeste grond in regio r.

Het endogene karakter van de reistijd per auto en bus/tram/metro ($h1_{rs}$ en $h3_{rs}$) en het exogene karakter van de reistijd per trein ($h2_{rs}$) komen onder (13.1) aan de orde.

Het woon-werkverkeer van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r wordt bepaald door het inkomen van regio r, de afstandsprijs van het woon-werkverkeer, de reistijd en de werkgelegenheid per hoofd der bevolking in regio s in verhouding tot die in regio r:

$$\mathbf{Tw1}_{rs} = v1 Y_r^{\xi1} (\mathbf{pwd1}_{rs})^{\pi d11} (\mathbf{pwd2}_{rs})^{\pi d12} (\mathbf{pwd3}_{rs})^{\pi d13} (\mathbf{h1}_{rs})^{\pi h11} (\mathbf{h2}_{rs})^{\pi h12} (\mathbf{h3}_{rs})^{\pi h13} \cdot \left(\frac{N_s/B_s}{N_r/B_r} \right)^{\rho1} \quad (9.1)$$

waarin:

$\mathbf{Tw1}_{rs}$ - woon-werkverkeer per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r;

$\mathbf{pwd1}_{rs}$ - reële afstandsprijs per reiziger van het woon-werkverkeer per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r;

$\mathbf{pwd2}_{rs}$ - idem, per trein;

$\mathbf{pwd3}_{rs}$ - idem, per bus/tram/metro.

Dezelfde typen vergelijkingen zijn van toepassing op de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer per trein – vergelijking (8.2) respectievelijk (9.2) – en per bus/tram/metro – vergelijking (8.3) respectievelijk (9.3).

De prijs van de productieve mobiliteit bestaat uit reisafstandskosten en reistijdskosten. De prijs van de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer omvat alleen de reisafstandskosten. De volgende identiteiten zijn op de (vracht)auto van toepassing:

$$\mathbf{ppi}_{rs} = (\mathbf{ppdi} / \mathbf{bpi}) \mathbf{di}_{sr} + (\mathbf{pphi} / \mathbf{bpi}) \mathbf{hi}_{sr} \quad (10.i)$$

$$\mathbf{pp1}_{rs} = (\mathbf{ppd1} / \mathbf{bp1}) \mathbf{d1}_{rs} + \mathbf{pph1} \mathbf{h1}_{rs} \quad (10.1)$$

$$\mathbf{pcd1}_{rs} = (\mathbf{pcd1} / \mathbf{bc1}) \mathbf{d1}_{rs} \quad (11.1)$$

$$\mathbf{pwd1}_{rs} = (\mathbf{pwd1} / \mathbf{bw1}) \mathbf{d1}_{rs} \quad (12.1)$$

waarin:

\mathbf{ppdi} - reële prijs per afstandseenheid van de productieve mobiliteit van goederen per vrachtauto;

$\mathbf{ppd1}$ - reële prijs per afstandseenheid van de productieve mobiliteit van zakelijk verkeer per auto;

$\mathbf{pcd1}$ - idem, consumptieve mobiliteit;

$\mathbf{pwd1}$ - idem, woon-werkverkeer;

\mathbf{pphi} - reële prijs per tijdseenheid van de productieve mobiliteit van goederen per vrachtauto;

$\mathbf{pph1}$ - reële prijs per tijdseenheid van de productieve mobiliteit van zakelijk verkeer per auto;

- bpi** - gemiddelde lading per vrachtauto;
bp1 - gemiddelde bezetting per auto met betrekking tot de productieve mobiliteit;
bc1 - idem, consumptieve mobiliteit;
bw1 - idem, woon-werkverkeer;
di_{sr} - afstand per vrachtauto van regio s naar regio r;
d1_{rs} - afstand per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r;
hi_{sr} - reistijd per vrachtauto van regio s naar regio r;
h1_{rs} - reistijd per personenauto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r.

Er zij op gewezen, dat alle prijsvariabelen in de rechterleden van (10.i), (10.1), (11.1) en (12.1) aan de (vracht)auto zijn gerelateerd, met uitzondering van pph1 die op de reiziger betrekking heeft.

Dezelfde vergelijkingen gelden voor de trein - vergelijkingen (10.ii), (10.2), (11.2) en (12.2) -, het schip - vergelijking (10.iii) -, en de bus/tram/metro - vergelijkingen (10.3), (11.3) en (12.3), met dien verstande dat de onderdelen (ppd1/bp1) d1_{rs} in (10.1), (pcd1/bc1) di_{rs} in (11.1) en (pww1/bw1) d1_{rs} in (12.1) vervangen moeten worden door de geldende tarieven van het openbaar vervoer.

De reistijden nemen toe, naarmate de wegverkeersinfrastructuur in de regio's r en s en in de te passeren regio's meer door het (vracht)autoverkeer wordt benut:

$$\mathbf{hi}_{sr(t)} = \mathbf{gi}_{sr(t)} \left(1 + \chi^i \frac{U_{r(t-1)} + U_{s(t-1)} + \sum_d U_{d(rs)(t-1)}}{V_{r(t)} + V_{s(t)} + \sum_d V_{d(rs)(t)}} \right)^{\psi_i} \quad (13.i)$$

$$\mathbf{h1}_{rs(t)} = \mathbf{g1}_{rs(t)} \left(1 + \chi^1 \frac{U_{r(t-1)} + U_{s(t-1)} + \sum_d U_{d(rs)(t-1)}}{V_{r(t)} + V_{s(t)} + \sum_d V_{d(rs)(t)}} \right)^{\psi^1} \quad (13.1)$$

waarin:

- gi_{sr}** - reistijd per vrachtauto van regio s naar regio r, indien de voertuigen elkaars snelheid niet beïnvloeden;
g1_{rs} - reistijd per auto van regio r naar regio s en terug naar de regio van oorsprong r, indien de voertuigen elkaars snelheid niet beïnvloeden;
U_r - benutting van de weginfrastructuur van regio r;
U_{d(rs)} - benutting van de weginfrastructuur van de te passeren regio's tussen de regio's r en s;
V_r - capaciteit van de weginfrastructuur van regio r;
V_{d(rs)} - capaciteit van de weginfrastructuur van de te passeren regio's tussen de regio's r en s.

De benutting van de weginfrastructuur betreft de *verwachte* benutting in periode t; zij wordt gelijkgesteld aan de *feitelijke* benutting in periode t-1. Aldus representeren hi_{sr(t)} en h1_{rs(t)} de verwachte reistijd in periode t. Hetzelfde type vergelijking geldt voor de reistijd per bus (inclusief tram/metro): (13.3). Er wordt aangenomen, dat de verdeling van de mobiliteit over

de tijd – spits- en daluren; werkdagen, zondagen en feestdagen – constant is. De benutting van de spoorweginfrastructuur bepaalt niet direct de reistijd per trein vanwege het bloksysteem. De waterweginfrastructuur kent een overcapaciteit voor het vervoer per schip. Daarom worden de reistijden per trein en per schip als exogene variabelen beschouwd.

De benutting van de weginfrastructuur in regio r wordt berekend als:

$$\begin{aligned}
U_r = & \sum_{s=1}^k e_i \frac{\mathbf{T}p_{i\,sr}}{b_{pi}} + \sum_{s=1, s \neq r}^k e_i \frac{\mathbf{T}p_{i\,rs}}{b_{pi}} + \sum_{u,v} e_i \frac{\mathbf{T}p_{i\,uv(r)}}{b_{pi}} + 2 \sum_{s=1}^k \frac{\mathbf{T}p_{1\,rs}}{b_{p1}} + 2 \sum_{s=1, s \neq r}^k \frac{\mathbf{T}p_{1\,sr}}{b_{p1}} + 2 \sum_{u,v} \frac{\mathbf{T}p_{1\,rs}}{b_{p1}} + \\
& 2 \sum_{s=1}^k \frac{\mathbf{T}c_{1\,rs}}{b_{c1}} + 2 \sum_{s=1, s \neq r}^k \frac{\mathbf{T}c_{1\,sr}}{b_{c1}} + 2 \sum_{u,v} \frac{\mathbf{T}c_{1\,rs}}{b_{c1}} + 2 \sum_{s=1}^k \frac{\mathbf{T}w_{1\,rs}}{b_{w1}} + 2 \sum_{s=1, s \neq r}^k \frac{\mathbf{T}w_{1\,sr}}{b_{w1}} + 2 \sum_{u,v} \frac{\mathbf{T}w_{1\,rs}}{b_{w1}} + \\
& 2 \sum_{s=1}^k e_3 \frac{\mathbf{T}p_{3\,rs}}{b_3} + 2 \sum_{s=1, s \neq r}^k e_3 \frac{\mathbf{T}p_{3\,sr}}{b_3} + 2 \sum_{u,v} e_3 \frac{\mathbf{T}p_{3\,rs}}{b_3} + 2 \sum_{s=1}^k e_3 \frac{\mathbf{T}c_{3\,rs}}{b_3} + 2 \sum_{s=1, s \neq r}^k e_3 \frac{\mathbf{T}c_{3\,sr}}{b_3} + \\
& 2 \sum_{u,v} e_3 \frac{\mathbf{T}c_{3\,uv(r)}}{b_3} + 2 \sum_{s=1}^k e_3 \frac{\mathbf{T}w_{3\,rs}}{b_3} + 2 \sum_{s=1, s \neq r}^k e_3 \frac{\mathbf{T}w_{3\,sr}}{b_3} + 2 \sum_{u,v} e_3 \frac{\mathbf{T}w_{3\,uv(r)}}{b_3} \quad (14)
\end{aligned}$$

waarin:

e_1 - parameter om het aantal vrachtauto's om te zetten in personenauto-equivalent;

e_3 - parameter om het aantal bussen om te zetten in personenauto-equivalent;

b_3 - gemiddelde bezetting per bus;

$\mathbf{T}p_{i\,uv(r)}$ - productieve mobiliteit van goederen per vrachtauto van regio u naar regio v via regio r;

$\mathbf{T}p_{1\,uv(r)}$ - productieve mobiliteit van zakelijk verkeer per auto van regio u naar regio v via regio r en terug naar de regio van oorsprong u via regio r.

De factor 2 in (14) geeft aan, dat in het algemeen personenvervoer de weginfrastructuur twee maal gebruikt: heen en terug.

Ter complementering van het model dienen de volgende identiteiten te worden toegevoegd:

$$\mathbf{Y}_N = \sum_{r=1}^k \mathbf{Y}_r \quad (15)$$

$$\mathbf{N}_N = \sum_{r=1}^k \mathbf{N}_r \quad (16)$$

$$\mathbf{K}_N = \sum_{r=1}^k \mathbf{K}_r \quad (17)$$

Het model werkt als volgt. Het regionale inkomen in periode t bepaalt volgens (5) de besparingen. Volgens (7), (15), (16) en (17) bepalen de geografische producten, de arbeidsvolumes en de kapitaalgoederenvoorraden van alle regio's tezamen $\Phi_{r(t)}$, gegeven de

loonvoeten en de investeringspremies. Gegeven de waarde van $\Gamma_{r(t)}$, zijn de regionale investeringen in periode t volgens (6) vastgelegd en daarmee de kapitaalgoederenvoorraad aan het begin van periode $t+1$ volgens (4). De exogene reële loonvoet en de prijs van de productieve mobiliteit in periode $t+1$ bepalen volgens (2) en (3) de marginale arbeidsproductiviteit en de marginale mobiliteitsproductiviteit in periode $t+1$. Deze marginale productiviteiten en de kapitaalgoederenvoorraad aan het begin van periode $t+1$ bepalen volgens (1) simultaan het arbeidsvolume, de productieve mobiliteit en het geografische product in periode $t+1$, gegeven de stand van de technologie, de productiestructuur en de mate van verstedelijking. Tegelijkertijd worden de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer met behulp van (8) respectievelijk (9) berekend. Vervolgens begint het proces opnieuw: het regionale inkomen bepaalt in periode $t+1$ de regionale besparingen volgens (5), enzovoorts. In dit continue proces van ontwikkeling van de economie en de mobiliteit bepalen (10) t/m (14) de mobiliteitsprijzen.

3.2 Vergelijking met de eerste drie werkwijzen

Anders dan in locatiemodellen wordt in de werkwijze met het model MOBILEC rekening gehouden met de invloed, die andere factoren dan locatiefactoren op de investeringen en de werkgelegenheid uitoefenen.

Evenals de benadering van Biehl (1975, 1991) onderscheidt het toe te passen model een groot aantal regio's, die echter anders dan in de benadering van Biehl elkaar kunnen beïnvloeden. De regionale kenmerken omvatten onder meer de vier potentiaalfactoren van Biehl, zij het dat de geografische ligging en de infrastructuur op een geheel andere wijze vorm worden gegeven. Er worden geen quasi-productiefuncties met het potentiële regionale product per hoofd gehanteerd.

In navolging van de productiefunctie-benadering wordt een productiefunctie gebruikt, die echter één van de 37 vergelijkingen van het model is. De infrastructuur wordt daarin echter een andere vorm gegeven dan in de productiefunctie-benadering. Tenslotte wordt de wederzijdse beïnvloeding van transport en economie in acht genomen.

3.3 Simulatie van tijdpaden

Teneinde de simulaties van de groei van de economie en de mobiliteit uit te voeren alsmede de beleidseffecten daarop, dienen de tijdpaden van de variabelen van het model te worden bepaald. Daartoe is het noodzakelijk de herleide-vormvergelijkingen van het model af te leiden.

Substitutie van (1) in (2), (3.i) en (3.1) geeft respectievelijk:

$$\ln N_r = \ln Y_r - \ln w_r + \ln \alpha_r \quad (18)$$

$$\ln Tpi_{sr} = \ln Y_r - \ln ppi_{sr} + \ln \gamma i_{sr} \quad (19.i)$$

$$\ln Tpl_{rs} = \ln Y_r - \ln ppl_{rs} + \ln \gamma l_{rs} \quad (19.1)$$

Evenzo worden voor het goederenvervoer per trein en schip de vergelijkingen (19.ii) en (19.iii) verkregen en voor het zakelijk verkeer per trein en bus/tram/metro de vergelijkingen (19.2) en (19.3).

Substitutie van (18) en (19) in (1) geeft:

$$\ln \mathbf{Y}_r = [1/(1 - \alpha_r - \gamma_r)] [\ln A_r + \alpha_r \ln \alpha_r + \gamma_r \ln \gamma_r + \beta_r \ln \mathbf{K}_r - \alpha_r \ln w_r - \gamma_r \ln pp_r + \delta \ln Q_r + \varepsilon C_r] \quad (20)$$

γ_r is een verkorte schrijfwijze voor:

$$\sum_{s=1}^k \gamma_{i_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{ii_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{iii_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{1_{rs}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{2_{rs}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{3_{rs}}$$

$\gamma_r \ln \gamma_r$ is een verkorte schrijfwijze voor:

$$\sum_{s=1}^k \gamma_{i_{sr}} \ln \gamma_{i_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{ii_{sr}} \ln \gamma_{ii_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{iii_{sr}} \ln \gamma_{iii_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{1_{rs}} \ln \gamma_{1_{rs}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{2_{rs}} \ln \gamma_{2_{rs}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{3_{rs}} \ln \gamma_{3_{rs}}$$

$\gamma_r \ln pp_r$ is een verkorte schrijfwijze voor:

$$\sum_{s=1}^k \gamma_{i_{sr}} \ln pp_{i_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{ii_{sr}} \ln pp_{ii_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{iii_{sr}} \ln pp_{iii_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{1_{rs}} \ln pp_{1_{rs}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{2_{rs}} \ln pp_{2_{rs}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{3_{rs}} \ln pp_{3_{rs}}$$

Er zijn nog steeds endogene variabelen in (20): de kapitaalgoederenvoorraad aan het begin van de beschouwde periode en de prijzen van de productieve mobiliteit.

De kapitaalgoederenvoorraad hangt af van de kapitaalgoederenvoorraad en de investeringen in de voorgaande periode. De waarde van de kapitaalgoederenvoorraad in (20) kan met behulp van (4) worden bepaald, zodra de investeringen bekend zijn. Uit (5), (6) en (7) volgt:

$$\ln \mathbf{I}_r = \ln E_r + v \ln \mathbf{Y}_r + \zeta [\ln(\mathbf{Y}_r - w_r \mathbf{N}_r - \mathbf{pp}_r \mathbf{Tp}_r) - \ln \mathbf{K}_r - \ln(\mathbf{Y}_N - w_N \mathbf{N}_N - \mathbf{pp}_N \mathbf{Tp}_N) + \ln \mathbf{K}_N] \quad (21)$$

waarin E_r de constant veronderstelde exogene variabelen Γ_r , m_r en m_N en de relevante parameters bevat.

De mobiliteitsprijzen hangen volgens (10) t/m (12) van exogene variabelen af en van de reistijd over de weg. De reistijd hangt op zijn beurt volgens (13) af van de verwachte benutting van de weginfrastructuur, die gelijkgesteld is aan de werkelijke benutting in de voorgaande periode. Vergelijking (13) heeft als moeilijkheid de kwantificering van de

capaciteitsvariabelen V_r , V_s en $V_{d(rs)}$. Als alternatief wordt de *toeneming* van de reistijd berekend. Uit (13.i) volgt:

$$\frac{dh_{sr}}{dt} \frac{1}{h_{sr}} = \psi_i \frac{\chi_i U_{rsd}/V_{rsd}}{1 + \chi_i U_{rsd}/V_{rsd}} \left(\frac{dU_{rsd}}{dt} \frac{1}{U_{rsd}} - \frac{dV_{rsd}}{dt} \frac{1}{V_{rsd}} \right)$$

waarin U_{rsd} een verkorte schrijfwijze is voor $U_r + U_s + U_{d(rs)}$ en V_{rsd} voor $V_r + V_s + V_{d(rs)}$. Hoe hoger de benutting van de wegcapaciteit is, des te groter is het effect van een toenemende benutting op de reistijd. Echter, eenvoudigheidshalve veronderstellen wij:

$$\omega_i = \psi_i \frac{\chi_i U_{rsd}/V_{rsd}}{1 + \chi_i U_{rsd}/V_{rsd}}$$

Dezelfde wijze van redenering is op (13.1) en (13.3) van toepassing. Herschrijving van de vergelijkingen in discrete termen geeft:

$$\left(\mathbf{h}_{sr(t)} - \mathbf{h}_{sr(t-1)} \right) / \mathbf{h}_{sr(t-1)} = \omega_i \left[\left(U_{rsd(t-1)} - U_{rsd(t-2)} \right) / U_{rsd(t-2)} - \left(V_{rsd(t)} - V_{rsd(t-1)} \right) / V_{rsd(t-1)} \right] \quad (13.i)'$$

$$\left(\mathbf{h}_{rs(t)} - \mathbf{h}_{rs(t-1)} \right) / \mathbf{h}_{rs(t-1)} = \omega_i \left[\left(U_{rsd(t-1)} - U_{rsd(t-2)} \right) / U_{rsd(t-2)} - \left(V_{rsd(t)} - V_{rsd(t-1)} \right) / V_{rsd(t-1)} \right] \quad (13.1)'$$

Hetzelfde type vergelijking is van toepassing op de toeneming van de reistijd per bus (inclusief tram/metro): (13.3)'.

De tijdpaden worden nu als volgt bepaald. Met behulp van (13)' wordt de toeneming van de reistijd over de weg berekend, zodat door (10), (11) en (12) de mobiliteitsprijzen vastliggen. Met behulp van (21) zijn de investeringen in de vorige periode berekend, waardoor de kapitaalgoederenvoorraad aan het begin van de huidige periode vastligt. Alsdan is het geografische product door middel van (20) vast te stellen. Tenslotte kunnen de werkgelegenheid met (18), de productieve mobiliteit met (19), de consumptieve mobiliteit met (8) en het woon-werkverkeer met (9) worden afgeleid.

Voor de waarden van de coëfficiënten en de intercepten zij verwezen naar Van de Vooren (1999) en NEA (1999).

4 Productie-elasticiteiten van mobiliteit

Aangezien de productie-elasticiteit van de mobiliteit een relatieve mutatie van de productie *als gevolg van* een relatieve mutatie van de mobiliteit betreft, kan het uitsluitend om de productieve mobiliteit gaan. Uit (1) kan worden afgeleid, dat $\gamma_{i, sr}$ gelijk is aan de productie-elasticiteit van de productieve mobiliteit goederen per vrachtauto:

$$\gamma_{i, sr} = \frac{\partial Y_r}{\partial T p_{i, sr}} \frac{T p_{i, sr}}{Y_r} \quad (22.i)$$

Substitutie van (3.i) in (22.i) geeft:

$$\gamma_{i_{sr}} = \frac{ppi_{sr} \Gamma pi_{sr}}{Y_r} \quad (19.i)$$

Evenzo zijn $\gamma_{ii_{sr}}$, $\gamma_{iii_{sr}}$, $\gamma_{1_{rs}}$, $\gamma_{2_{rs}}$ en $\gamma_{3_{rs}}$ elasticiteiten, die met behulp van respectievelijk (19.ii), (19.iii), (19.2) en (19.3) berekend kunnen worden.

De totale productie-elasticiteit van de mobiliteit van regio r is te berekenen als:

$$\gamma_r = \sum_{s=1}^k \gamma_{i_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{ii_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{iii_{sr}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{1_{rs}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{2_{rs}} + \sum_{s=1}^k \gamma_{3_{rs}}$$

Hierin stelt de eerste term van het rechterlid de productie-elasticiteit van het goederenvervoer per vrachtauto voor, de tweede term de productie-elasticiteit van het goederenvervoer per trein, de derde term de productie-elasticiteit van het goederenvervoer per schip, de vierde term de productie-elasticiteit van het personenvervoer per auto, de vijfde term de productie-elasticiteit van het personenvervoer per trein en de zesde term de productie-elasticiteit van het personenvervoer per bus/tram/metro.

Tabel 2 Productie-elasticiteiten van de mobiliteit naar vervoerswijze in Utrecht over de periode 1991-1993

	Goederenvervoer	Personenvervoer	Totaal vervoer
per auto	0,0100	0,0389	0,0489
per trein	0,0001	0,0026	0,0027
per schip	0,0022		0,0022
per bus		0,0005	0,0005
alle vervoerswijzen	0,0123	0,0420	0,0543

Bij wijze van illustratie geeft tabel 2 een overzicht van de waarden van de productie-elasticiteiten van de mobiliteit naar vervoerswijze met betrekking tot de Nederlandse provincie Utrecht over de periode 1991-1993. Hieruit blijkt, hoe belangrijk het vervoer per (vracht)auto is voor de economische groei ten opzichte van de andere vervoerswijzen. De productie-elasticiteit van het goederen- en personenvervoer per (vracht)auto tezamen bedraagt 0,05, welke waarde binnen het interval 0,04-0,13 voor de productie-elasticiteit van autosnelwegen volgens de meeste Amerikaanse studies ligt (zie tabel 1, sectie 2.3).

De totale productie-elasticiteit van de mobiliteit van Utrecht bedraagt 0,05. Van 35 van de 40 regio's van Nederland bevinden zich de totale productie-elasticiteiten in het interval 0,03-0,07. Uitschieters zijn de regio's Oost-Groningen (0,11), Delfzijl c.a. (0,14), Zuidwest-Drenthe (0,09), IJmond (0,02) en Groot-Rijnmond (0,08).

De productie-elasticiteiten van de mobiliteit zijn klein ten opzichte van die van het arbeidsvolume en de (private) kapitaalgoederenvoorraad. Zo hebben wij bijvoorbeeld voor Utrecht productie-elasticiteiten berekend van 0,05 voor de mobiliteit, 0,72 voor het arbeidsvolume en 0,23 voor de (private) kapitaalgoederenvoorraad in geval van constante schaalopbrengsten ($\alpha_r + \beta_r + \gamma_r = 1$). Hieruit blijkt, dat de mobiliteit een relatief beperkte invloed heeft op de economische groei. Dat laat onverlet, dat transport volgens het

gehanteerde model een noodzakelijke voorwaarde is voor de productie. Immers zonder transport geeft de productiefunctie als uitkomst een geografisch product van nul.

5 Economische groei en transportvoorwaarden

De betekenis van transport voor de economische groei is afhankelijk van de voorwaarden, waaronder transport plaatsvindt. Deze transportvoorwaarden worden door het transportbeleid van de overheid beïnvloed. Wij zullen dit aan de hand van vier scenario's verkennen.

5.1 Scenario's

Er worden simulaties van de groei van de economie en de mobiliteit uitgevoerd op basis van de volgende vier scenario's.

Scenario 1: gelijkmatige groei en bijbehorende transportvoorwaarden

Om de simulaties te kunnen beoordelen is een referentiepunt nodig. In de groeitheorie geldt *gelijkmatige groei* ("steady-state growth") als referentiepunt: een dynamisch evenwicht, waarbij de variabelen in de loop van de tijd constant zijn of groeien met een vaste groeivoet (zie bijvoorbeeld Hacche, 1979). De vraag stelt zich, aan welke voorwaarden moet worden voldaan, in het bijzonder met betrekking tot transport, om gelijkmatige groei tot stand te brengen. Vervolgens wordt de groei van de economie en de mobiliteit met behulp van het model gesimuleerd.

Scenario 2: realistische quasi-gelijkmatige groei en bijbehorende transportvoorwaarden

Sommige voorwaarden voor gelijkmatige groei zijn dermate werkelijkheidsvreemd, dat zij gelijkmatige groei als referentiepunt kwetsbaar maken. Daarom worden deze voorwaarden aangepast om ze een realistischer inhoud te geven. De daaruit voortvloeiende veranderingen in de groei van de economie en de mobiliteit *kunnen* ten koste gaan van gelijkmatige groei, vandaar de uitdrukking "quasi-gelijkmatige groei".

Scenario 3: groei bij gunstige transportvoorwaarden

Nadat een realistischer referentiepunt verkregen is, kan worden onderzocht, welke invloed een verbetering van diverse transportvoorwaarden heeft op de groei van de economie en mobiliteit. De verbetering van deze voorwaarden betreffen:

- (a) een verhoging van de beladings- en bezettingsgraad van voertuigen;
- (b) een verlaging van de reisafstandskosten per km;
- (c) een uitbreiding van de capaciteit van de weginfrastructuur;
- (d) een verbetering van het openbaar vervoer.

Het gaat hier om verbeteringen ten opzichte van de transportvoorwaarden voor realistische quasi-gelijkmatige groei (scenario 2). Elke voorwaarde wordt eerst afzonderlijk beschouwd op haar groei-effect ten opzichte van realistische quasi-gelijkmatige groei en vervolgens worden alle vier voorwaarden tezamen genomen. Een preciezere formulering van scenario 3 zal pas in sectie 5.4 tot stand komen, omdat eerst de voorwaarden voor (realistische quasi-)gelijkmatige groei in sectie 5.2 en 5.3 moeten worden afgeleid.

Scenario 4: groei bij milieugeoriënteerde transportvoorwaarden

De verlaging van de reisafstandskosten per km en een vergroting van de capaciteit van de weginfrastructuur kunnen vanuit het gezichtspunt van milieu als ongunstig worden

gekwalficeerd. Dit is in het bijzonder het geval, wanneer het gaat om een verlaging van de reisafstandskosten per km voor (vracht)auto's en wanneer de uitbreiding van de wegcapaciteit meer ruimte in beslag neemt, gepaard gaand met barrièrevorming en versnippering van het landschap. Er zal worden onderzocht, welke invloed het milieuvriendelijker maken van transportvoorwaarden heeft op de groei van de economie en de mobiliteit. Milieuvriendelijker transportvoorwaarden ontstaan door:

- (a) een verhoging van de beladings- en bezettingsgraad van voertuigen;
- (b) een verhoging van de reisafstandskosten per km voor (vracht)auto's;
- (c) een vermindering van de capaciteit van de weginfrastructuur;
- (d) een verbetering van het openbaar vervoer.

Het gaat ook hier om een vergelijking met realistische quasi-gelijkmatige groei en bijbehorende transportvoorwaarden (scenario 2). De ad (a) en (d) genoemde voorwaarden zijn reeds in scenario 3 onderzocht, maar zij zijn ook relevant in het kader van een milieugeoriënteerd transportbeleid. Ook nu worden de voorwaarden zowel afzonderlijk als in combinatie beschouwd. In sectie 5.5 zullen de transportvoorwaarden van scenario 4 met meer precisie worden geformuleerd.

De uitkomsten van de simulaties zullen bij wijze van illustratie aan de hand van de Nederlandse provincie Utrecht over de periode 2000-2030 worden gepresenteerd.

5.2 Gelijkmatische groei en bijbehorende transportvoorwaarden (scenario 1)

Aan welke voorwaarden moet worden voldaan, in het bijzonder met betrekking tot transport, om gelijkmatige groei tot stand te brengen? Deze vraag wordt als volgt beantwoord.

Wordt de groeivoet van een variabele X als X^* geschreven, waarvoor geldt: $X^* = dX/dt \cdot 1/X$, dan volgt uit (20):

$$Y_r^* = [1/(1 - \alpha_r - \gamma_r)] [A_r^* + \beta_r K_r^* - \alpha_r w_r^* - \gamma_r pp_r^* + \delta Q_r^* + \varepsilon dC_r/dt] \quad (23)$$

Uit (5) en (6) volgt:

$$K_r^* = I_r/K_r = \sigma_r \Phi_r \Gamma_r Y_r/K_r \quad (24)$$

Bij constante parameters in (24) dienen Y_r en K_r met dezelfde groeivoeten toe te nemen (rechterlid), opdat de groeivoet van K_r constant zij (linkerlid). Bij gelijkmatige groei geldt dan: $Y_r^* = K_r^*$. De constantheid van Φ_r en Γ_r impliceert, dat het saldo van afvloeiing van kapitaal uit regio r en toevloeiing van kapitaal naar regio r steeds een vast percentage van de besparingen van regio r is. Deze veronderstelling laat dus niet toe, dat veranderingen van het kapitaalrendement tot andere kapitaalstromen tussen de regio's leiden.

Onder de veronderstelling van constante schaalopbrengsten, $\alpha_r + \beta_r + \gamma_r = 1$, geeft substitutie van $Y_r^* = K_r^*$ in (23):

$$A_r^* - \alpha_r w_r^* - \gamma_r pp_r^* + \delta Q_r^* + \varepsilon dC_r/dt = 0 \quad (25)$$

Indien aan (25) wordt voldaan, vertonen het regionale product en de kapitaalgoederen-voorraad vaste groeivoeten. Gelijkmatische groei vereist, dat ook de andere variabelen van het

model een vaste groeivoet kennen, waaronder de technologie, de loonvoet, de prijzen van de productieve mobiliteit, de regionale productiestructuur en de urbanisatiegraad in (25). De vaste groeivoeten van de regionale productiestructuur en de urbanisatiegraad moeten bovendien nihil zijn, omdat anders de hierop betrekking hebbende aandelen op een zeker moment boven 100 % uitkomen, wat zinledig is.

Voor wat betreft de prijzen van de productieve mobiliteit, dienen de onderdelen “reisafstandskosten per ton respectievelijk per reiziger” [zie (ppdi/bpi) di_{sr} in (10.i) en (ppd1/bp1) $d1_{rs}$ in (10.1)] en “reistijdskosten per ton respectievelijk per reiziger” [zie (pphi/bpi) hi_{sr} in (10.i) en pph1 $h1_{rs}$ in (10.1)] zich met eenzelfde vast percentage te ontwikkelen. Uitgaande van constante reisafstanden (di_{sr} en $d1_{rs}$) en constante reistijden (hi_{sr} en $h1_{rs}$), dienen ook de groeivoeten van de reisafstandskosten per km (ppdi en ppd1) en de reistijdskosten per uur (pphi en pph1) alsmede van de beladings- en bezettingsgraad van de (vracht)auto (bpi en bp1), goederentrein en schip constant te zijn.

De consequenties hiervan zijn verschillend voor de kwantitatieve ontwikkeling van de prijzen van het goederenvervoer en het zakelijk verkeer als gevolg van het verschil tussen de tweede term van het rechterlid van (10.i) [zie (pphi/bpi) hi_{sr}], (10.ii) en (10.iii) enerzijds en van (10.1) [zie pph1 $h1_{rs}$], (10.2) en (10.3) anderzijds. De reistijd van de *productieve* mobiliteit wordt tegen de geldende loonvoet gewaardeerd. Bij het goederenvervoer impliceert dit bij gelijkmatige groei, dat niet alleen de reistijdskosten per uur (pphi) maar ook de reisafstandskosten per km (ppdi) volgens de loonvoet moeten stijgen. Bijgevolg kan de ontwikkeling van de mobiliteitsprijs van het goederenvervoer (ppi_{sr}) afwijken van die van de loonvoet, afhankelijk van de vaste groeivoet van de beladingsgraad (bpi). Dat is bij het zakelijk verkeer niet het geval. In het zakelijk verkeer stijgen de reistijdskosten per uur (pph1) en bijgevolg de reistijdskosten per reiziger (pph1 $h1$) in dezelfde mate als de loonvoet. Dat impliceert, dat ook de reisafstandskosten per reiziger [(ppd1/bp1) $d1_{rs}$] en bijgevolg de prijs van de productieve mobiliteit van het zakelijk verkeer ($pp1_{rs}$) zich overeenkomstig de loonvoet moeten ontwikkelen⁵. De tarieven van het openbaar vervoer dienen eveneens de loonontwikkeling te volgen.

Samenvattend kan met betrekking tot de productieve mobiliteit per (vracht)auto worden geconcludeerd:

$$ppi_{sr}^* = w_r^* - bpi^* \quad (26.i)$$

$$pp1_{rs}^* = w_r^* \quad (26.1)$$

Hetzelfde geldt voor het goederenvervoer per trein en schip – vergelijkingen (26.ii) en (26.iii) en voor het zakelijk verkeer per trein en per bus/tram/metro – vergelijkingen (26.2) en (26.3).

Constante reisafstanden vereisen een constant infrastructuurnetwerk. Zoals bij de beschrijving van het model (sectie 3.1) is opgemerkt, is de benutting van de rail- en waterwegen doorgaans niet van invloed op de reistijden van trein en schip. Bij het wegverkeer is dat wel het geval; de reistijden van de (vracht)auto worden constant gehouden door de uitbreiding van de wegcapaciteit gelijke tred te laten houden met de toeneming van de benutting van de wegcapaciteit.

Substitutie van (26) in (25) geeft:

$$w_r^* = (A_r^* + \gamma_{i_r} b_{pi}^* + \gamma_{ii_r} b_{pii}^* + \gamma_{iii_r} b_{piii}^*) / (\alpha_r + \gamma_r) \quad (27)$$

$$\text{waarin } \gamma_{i_r} = \sum_{s=1}^k \gamma_{i_{sr}}, \quad \gamma_{ii_r} = \sum_{s=1}^k \gamma_{ii_{sr}} \quad \text{en} \quad \gamma_{iii_r} = \sum_{s=1}^k \gamma_{iii_{sr}}$$

Naarmate de technologie en de beladingsgraden sneller toenemen, is volgens (27) des te meer ruimte beschikbaar voor een stijging van de loonvoet.

Naast de gemaakte veronderstellingen wordt aangenomen, dat de gevraagde hoeveelheid arbeid steeds kleiner is dan of gelijk is aan de aangeboden hoeveelheid arbeid. Is de gevraagde hoeveelheid arbeid ten opzichte van de aangeboden hoeveelheid geringer dan op grond van natuurlijke werkloosheid mag worden verwacht, dan verkeert de arbeidsmarkt niet in evenwicht. Dat kan als een inbreuk op gelijkmatige groei worden beschouwd.

De groei van de aangeboden hoeveelheid arbeid bepaalt tezamen met de technologische ontwikkeling de maximale gelijkmatige groei. Uit (2) volgt namelijk $w_r = \partial Y_r / \partial N_r = \alpha_r Y_r / N_r$, zodat $Y_r^* = N_r^* + w_r^*$. Wordt van een vaste groei van de in regio r werkzame beroepsbevolking, Bb_r , uitgegaan, dan bedraagt de gelijkmatige groei van het regionale product volgens (27) *maximaal*:

$$Y_r^* = Bb_r^* + (A_r^* + \gamma_{i_r} b_{pi}^* + \gamma_{ii_r} b_{pii}^* + \gamma_{iii_r} b_{piii}^*) / (\alpha_r + \gamma_r) \quad (28)$$

Hieruit blijkt, dat een teruglopende beroepsbevolking niet tot een negatieve gelijkmatige groei behoeft te leiden.

Onder al deze veronderstellingen is gelijkmatige groei van het regionale product gegarandeerd. Uit (18) volgt dan gelijkmatige groei van de werkgelegenheid en uit (19) gelijkmatige groei van de productieve mobiliteit. Uit (8) volgt gelijkmatige groei van de consumptieve mobiliteit, mits de groeivoeten van de afstandsprijzen en de reistijden van de consumptieve mobiliteit constant zijn en de verhoudingen tussen de regio's met betrekking tot hun grootstedelijke karakter en hun recreatiemogelijkheden onveranderd blijven. Uit (9) volgt gelijkmatige groei van het woon-werkverkeer, mits de groeivoeten van de afstands-prijzen en de reistijden van het woon-werkverkeer constant zijn en de verhoudingen tussen de regio's met betrekking tot de werkgelegenheid per hoofd der bevolking onveranderd blijven.

Het is voor de gelijkmatige groei van het geografische product en de kapitaalgoederen-voorraad irrelevant, met welk groeipercentage de technologie en de mobiliteitsprijzen zich ontwikkelen. Immers (25) is een voorwaarde voor gelijkmatige groei en substitutie ervan in (23) geeft $Y_r^* = K_r^*$. De *groei* van het geografische product en de *groei* van de kapitaal-goederen-voorraad worden derhalve alleen door de aanvangssituatie bepaald. Het *niveau* van het geografische product in de aanvangssituatie bepaalt volgens (21) de investeringen ofwel de vergroting van de kapitaalgoederen-voorraad. Daarmee wordt de economische groei in gang gezet. De gestelde voorwaarden bewerkstelligen, dat de groei gelijkmatig is.

Uit $N_r^* = Y_r^* - w_r^*$ in combinatie met (27) volgt, dat de groei van de werkgelegenheid van de technologische ontwikkeling afhankelijk is. De groei van de productieve en consumptieve mobiliteit alsmede het woon-werkverkeer is van de ontwikkeling van de technologie en de mobiliteitsprijzen afhankelijk. Uit (8), (9) en (19) volgt namelijk, dat de groei van de

mobiliteit niet alleen door de groei van het geografische product maar ook door de stijging van de mobiliteitsprijzen wordt bepaald. De technologie is volgens (27) van invloed op de loonvoet, die op zijn beurt volgens (26) de mobiliteitsprijzen beïnvloedt.

Op basis van kwantitatieve veronderstellingen omtrent de vaste groeivoeten van de technologie en de beladings- en bezettingsgraad kan de gelijkmatige groei van de economie en de mobiliteit per regio worden berekend. Daartoe zijn in tabel 3 drie varianten geformuleerd. Voor elke variant geldt een technologische ontwikkeling van 2,5 % per modelperiode (een periode van MOBILEC omvat drie jaar) ofwel van 0,83 % gemiddeld per jaar, terwijl de groei van de beladings- en bezettingsgraad tussen de varianten verschillend is.

Tabel 3 Drie varianten met betrekking tot gelijkmatige groei in groeivoeten per jaar

	variant A	variant B	variant C
<i>Veronderstellingen:</i>			
Technologische ontwikkeling	0,83 %	0,83 %	0,83 %
Stijging beladingsgraad auto, trein, schip	0	w_r^*	0,7 %
Stijging bezettingsgraad auto	0	0	-0,3 %
<i>Gevolgen:</i>			
Stijging reële loonvoet	w_r^*	w_r^*	w_r^*
Prijsstijging goederenvervoer auto, trein, schip	w_r^*	0	$w_r^* - 0,7 %$
Prijsstijging personenvervoer auto, trein, bus	w_r^*	w_r^*	w_r^*
<i>Kwantitatieve gevolgen Utrecht:</i>			
Stijging reële loonvoet	1,07 %	1,09 %	1,08 %
Prijsstijging goederenvervoer auto, trein, schip	1,07 %	0 %	0,38 %
Prijsstijging personenvervoer auto, trein, bus	1,07 %	1,09 %	1,08 %

Uitgaande van de veronderstellingen in tabel 3, kan met behulp van (27) de loonstijging w_r^* worden berekend. Deze varieert kwantitatief per scenario: bijvoorbeeld voor Utrecht 1,07 % per jaar in variant A, 1,09 % in variant B en 1,08 % in variant C. Vervolgens kan met behulp van (26) de reële prijsstijging van de productieve mobiliteit worden berekend. De varianten vertonen voor Utrecht grote verschillen in reële prijsstijgingen van het goederenvervoer en geringe verschillen in reële prijsstijgingen van het zakelijk verkeer. Aannemende dat de stijging van de reisafstandskosten van de auto per km en de stijging van de tarieven van het openbaar vervoer in de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer niet verschillen van die in het zakelijk verkeer, stijgen ook de afstandsprijzen van de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer overeenkomstig de loonvoet. Uit onderzoek van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van het Nederlandse Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1997) is een stijging van de beladingsgraad van 0,7 % en een daling van de bezettingsgraad van 0,3 % gemiddeld per jaar over de periode 1995-2020 af te leiden (zie variant C). Er wordt verondersteld, dat deze percentages elk jaar van toepassing zijn.

Op basis van de drie varianten in tabel 3 is de gelijkmatige groei van de economie (met inbegrip van de werkgelegenheid) en de mobiliteit bij wijze van illustratie in tabel 4 voor de Nederlandse provincie Utrecht over de periode 2000-2030 berekend. De laatste kolom inzake realistische quasi-gelijkmatige groei komt in de volgende sectie aan de orde.

Tabel 4 Gelijkmatige groei en realistische quasi-gelijkmatige groei met betrekking tot het reële geografische product, de werkgelegenheid en het goederen- en personenvervoer per vervoerswijze in Utrecht gemiddeld per jaar (%) over de periode 2000-2030 (a)

	Gelijkmatige groei (scenario 1)			Realistische quasi-gelijkmatige groei (scenario 2)
	variant A	variant B	variant C	
Geografisch product	2,70	2,70	2,70	2,40

Werkgelegenheid	1,61	1,60	1,60	1,24
Goederenvervoer binnen Utrecht en naar Utrecht vanuit andere regio's				
• per auto	1,61	2,70	2,31	1,94
• per trein	1,61	2,70	2,31	1,94
• per schip	1,61	2,70	2,31	1,94
Personenvervoer binnen Utrecht en vanuit Utrecht naar andere regio's en terug naar Utrecht				
Productieve mobiliteit				
• per auto	1,61	1,60	1,60	1,24
• per trein	1,61	1,60	1,60	1,24
• per bus	1,61	1,60	1,60	1,24
Consumptieve mobiliteit				
• per auto	0,72	0,71	0,70	0,52
• per trein	-0,81	-0,83	-0,82	-0,91
• per bus	-0,64	-0,65	-0,65	-0,72
Woon-werkverkeer				
• per auto	1,15	1,15	1,15	0,99
• per trein	-0,16	-0,16	-0,16	-0,20
• per bus	-0,06	-0,07	-0,07	-0,10
Totaal goederenvervoer in relatie tot Utrecht en transitoverkeer over de weg door Utrecht				
• per auto	0,95	2,07	1,59	1,51
• per trein	1,10	2,20	1,76	1,52
• per schip	1,43	2,52	2,12	1,79
Totaal personenvervoer in relatie tot Utrecht en transitoverkeer over de weg door Utrecht				
• per auto	0,78	0,77	0,76	0,61
• per trein	-0,38	-0,39	-0,39	-0,46
• per bus	-0,47	-0,48	-0,48	-0,54

(a) De groeipercentages van het goederenvervoer zijn op de hoeveelheid tonnen gebaseerd en die van het personenvervoer op het aantal reizigers. De vervoersstromen met betrekking tot de (vracht)auto en de bus omvatten het transitoverkeer door een regio, met uitzondering van het transitoverkeer van het buitenland naar het buitenland. De vervoersstromen met betrekking tot de trein en het schip zijn exclusief transitoverkeer. Het personenvervoer is exclusief buitenland.

De gemiddelde jaarlijkse groeicijfers in tabel 4 zijn aan de hand van de groei in de successieve modelperioden van drie jaar berekend. Wanneer men nu de groei in de verschillende perioden met elkaar vergelijkt, blijkt inderdaad gelijkmatige groei op te treden van het geografische product, de werkgelegenheid, het goederenvervoer per vrachtauto, trein en schip binnen Utrecht en naar Utrecht vanuit andere regio's en het personenvervoer per auto, trein en bus/tram binnen Utrecht en vanuit Utrecht naar andere regio's en terug naar Utrecht⁶. Het totale goederenvervoer en het totale personenvervoer in relatie tot Utrecht met inbegrip van het transitoverkeer over de weg door Utrecht vertonen geen gelijkmatige groei, omdat zij totalen zijn van vervoersstromen met elk weliswaar gelijkmatige groei maar van verschillende grootte⁶.

De groei van het geografische product bedraagt 2,70 % gemiddeld per jaar in alle drie varianten van scenario 1. Het verschil in groei tussen het geografische product en de werkgelegenheid komt ongeveer overeen met de gemiddelde jaarlijkse loonstijging (zie tabel 3). Het verschil in groei tussen het geografische product en het goederenvervoer per vervoerswijze binnen Utrecht en naar Utrecht vanuit andere regio's komt ongeveer overeen met gemiddelde jaarlijkse prijsstijging van het goederenvervoer. Het verschil in groei tussen het geografische product en het zakelijk verkeer per vervoerswijze binnen Utrecht en vanuit Utrecht naar andere regio's en terug naar Utrecht komt ook ongeveer overeen met de gemiddelde jaarlijkse prijsstijging van het personenvervoer. Aangezien tussen de varianten de verschillen in prijsstijging van het goederenvervoer veel groter zijn dan van het personen-

vervoer (zie tabel 3), ontstaan ook tussen de varianten veel grotere verschillen in groei van het goederenvervoer dan van het personenvervoer.

Zijn de groeipercentages van de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer binnen Utrecht en vanuit Utrecht naar andere regio's en terug naar Utrecht tussen de varianten weinig verschillend, er zijn wel grote verschillen tussen de vervoerswijzen ondanks dezelfde prijsstijgingen. Dit is het gevolg van verschillen in elasticiteiten en constante factoren in (8) en (9).

De groei van alle in tabel 4 voorkomende categorieën mobiliteit is positief, met uitzondering van de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer per trein en per bus/tram en bijgevolg het totale vervoer in relatie tot Utrecht met deze vervoerswijzen. Dit komt, doordat een prijsstijging gelijk aan de loonstijging is verondersteld, hetgeen historisch gezien zeer hoog is voor het openbaar vervoer met zijn ten opzichte van de auto hoge prijselasticiteiten.

5.3 Realistische quasi-gelijkmatige groei en bijbehorende transportvoorwaarden (scenario 2)

Zoals in het voorgaande is aangetoond, kan gelijkmatige groei slechts optreden, indien aan een aantal voorwaarden is voldaan. Sommige voorwaarden zijn bij nader inzien onrealistisch, andere kunnen zich daadwerkelijk voordoen. Wij zullen dat per voorwaarde nader bekijken. In een aantal gevallen zullen wij de voorwaarde zodanig wijzigen, dat zij beter op de realiteit aansluit.

Loonvoet

De stijging van de reële loonvoet is omwille van gelijkmatige groei regionaal gedifferentieerd, zoals uit (27) blijkt. Zelfs indien de technologische ontwikkeling in alle regio's gelijk zou zijn, zou vanwege de regiospecifieke coëfficiënten in (27) van een regionaal gedifferentieerde loonstijging sprake zijn⁷. Een voorwaarde voor gelijkmatige groei is, dat de reistijdskosten per uur in het goederenvervoer en het zakelijk verkeer zich overeenkomstig de loonvoet ontwikkelen. Hieruit volgt, dat ook de reisafstandskosten per km in het goederenvervoer en in het zakelijk verkeer per auto bij gelijkblijvende bezettingsgraad de regiospecifieke loonvoet omwille van gelijkmatige groei moeten volgen. Een dergelijke differentiatie van de stijging van de reisafstandskosten per km tussen de regio's is niet realistisch.

Daar komt nog bij, dat de stijging van de loonvoet in regio r volgens (27) niet alleen van toepassing is op het zakelijk verkeer binnen regio r en vanuit regio r naar andere regio's en terug naar de regio van oorsprong r en op het goederenvervoer binnen Utrecht maar ook op het goederenvervoer naar regio r vanuit andere regio's. Immers (25) vereist dit. In de werkelijkheid kan de stijging van de loonvoet in andere regio's dan regio r de prijsstijging van het goederenvervoer uit andere regio's naar regio r bepalen.

Ter oplossing van deze twee problemen, wordt een uniforme, nationale loonstijging op alle regio's van toepassing verondersteld. Deze nationale loonstijging wordt als het gewogen gemiddelde berekend van het stijgingspercentage van de regionale loonvoeten met als gewichten de regionale aandelen van de loonsom van alle werknemers in het nationale totaal⁸.

Regionale productiestructuur

Er is een duidelijke ontwikkeling van de regionale productiestructuur naar een toenemend aandeel van de dienstensector in het geografische product te constateren. Dit is echter in strijd met de voorwaarde van een constante productiestructuur voor gelijkmatige groei. Omwille van de realiteit wordt verondersteld, dat het aandeel van de arbeidsintensieve sectoren in het regionale product in een periode van drie jaar stijgt met 75 % van de stijging van het aandeel in de voorgaande periode van drie jaar:

$$Q_{r(t)} = Q_{r(t-1)} + 0,75 (Q_{r(t-1)} - Q_{r(t-2)})$$

Werkgelegenheid per hoofd der bevolking

De voorwaarde van constante verhoudingen tussen de regio's met betrekking tot de werkgelegenheid per hoofd der bevolking is niet realistisch. Variërende verhoudingen worden daarom in (9) toegelaten. Daarbij zij opgemerkt, dat een schatting van ρ_1 , ρ_2 en ρ_3 met behulp van regressie-analyse op basis van een dwarsdoorsnede over de 40 regio's in de periode 1991-1993 positieve, significant van 0 afwijkende waarden (significantieniveau van 1 %) opleverden (NEA, 1999).

Capaciteit van de weginfrastructuur

De uitbreiding van de wegcapaciteit houdt gelijke tred met de toeneming van de benutting van de wegcapaciteit, teneinde de reistijden van het wegverkeer constant te houden. Dit impliceert, dat de wegcapaciteit wordt gereduceerd in geval van een afneming van de benutting, hetgeen in de werkelijkheid slechts bij een structurele afneming denkbaar is. Doorgaans is een afneming van de benutting incidenteel en dan is een capaciteitsreductie irreal. Daarom wordt bij een afneming van de benutting niet een capaciteitsreductie maar een constante capaciteit van de weginfrastructuur verondersteld.

De volgende voorwaarden voor gelijkmatige groei zullen gehandhaafd blijven.

Technologische ontwikkeling

Kaldor, Solow en Dixit (Hacche, 1979) zijn van mening, dat op lange termijn gelijkmatige groei empirisch wordt bevestigd, althans indien de data worden "gestileerd". Dat impliceert een constante technologische ontwikkeling. Juist die stilering was voor Hicks en Robinson (Hacche, 1979) een reden om deze interpretatie te verwerpen. Heertje (1973) wijst op het veelvormige proces van nieuwe technologische mogelijkheden en acht de weergave van de technologische ontwikkeling door een vloeiend verloop van de tijdsvariabele niet realistisch. Volgens Landes (1998) laat de historie een technologische vooruitgang met horten en stoten zien. Van Duijn (1979) ziet meer regelmatigheid, in zoverre technologische vindingen golfbewegingen van ongeveer 40 jaar teweegbrengen (de zogenoemde *lange golven* ofwel de cyclus van Kondratieff).

De realiteit van de veronderstelling van een vaste technologische ontwikkeling op lange termijn is derhalve kwestieus, maar niet ondenkbaar. Met deze veronderstelling staat en valt gelijkmatige groei. Ter handhaving van gelijkmatige groei als referentiepunt zullen wij aan de veronderstelling vasthouden.

Urbanisatiegraad

De waarde van de urbanisatiegraad neemt toe, naarmate meer gemeenten de 50.000-inwonersgrens passeren. Het ruimtelijke beleid in Nederland is erop gericht om de groeiende bevolking zoveel mogelijk in de steden op te vangen teneinde het dichtslibben van het

platteland te voorkomen. Tegen deze achtergrond is de veronderstelling van een constante urbanisatiegraad niet onrealistisch.

Grootstedelijk karakter en recreatiemogelijkheden

Het is niet onrealistisch te veronderstellen, dat de *verhoudingen* tussen de regio's ten aanzien van hun grootstedelijk karakter en hun recreatiemogelijkheden in de loop van de tijd min of meer constant blijven.

Interregionale kapitaalstromen

Het model laat toe, dat regionale besparingen niet alleen in de eigen regio maar ook elders als investeringen worden aangewend, afhankelijk van het te behalen kapitaalrendement; zie (7). Een regressie-analyse op basis van een dwarsdoorsnede over de 40 regio's in de periode 1991-1993 levert weliswaar een positieve waarde voor ζ , maar ze wijkt niet significant van 0 (significantieniveau van 10 %) af (NEA, 1999). Het is dus niet onverantwoord om $\zeta = 0$ te stellen om de voorwaarde te bewerkstelligen, dat het saldo van kapitaalvoer en kapitaaluitvoer een vast percentage is van de regionale besparingen.

Transportvoorwaarden

De transportvoorwaarden voor gelijkmatige groei blijven gehandhaafd. In het kader van de nog te onderzoeken scenario 3 (groei bij gunstige transportvoorwaarden) en scenario 4 (groei bij milieugeoriënteerde transportvoorwaarden) zullen zij een andere inhoud krijgen.

De realistische quasi-gelijkmatige groei van de economie en de mobiliteit wordt berekend op basis van variant C (tabel 3), met inachtneming van de aanpassingen inzake de loonvoet, de regionale productiestructuur, de werkgelegenheid per hoofd en de capaciteit van de weginfrastructuur. De stijging van de nationale loonvoet bedraagt 1,15 % per jaar in plaats van 1,08 % (Utrecht) en het aandeel van de dienstensector (Utrechtse productiestructuur) loopt op met 0,06 % gemiddeld per jaar in plaats van 0 %. Overigens verloopt de ontwikkeling van het dienstenaandeel niet gelijkmatig: in Utrecht 0,17 % per jaar in de periode 2001-2004 en 0 % in de periode 2025-2028. In de vierde kolom van tabel 3 staan bij wijze van illustratie de resultaten van realistische quasi-gelijkmatige groei vermeld voor Utrecht over de periode 2000-2030.

Wanneer men de groei in de verschillende modelperioden met elkaar vergelijkt, blijkt het realistischer maken van bovengenoemde voorwaarden ten koste te gaan van gelijkmatige groei, althans in Utrecht. Zo daalt de groei van het geografische product van Utrecht in de loop van de tijd: van 2,49 % gemiddeld per jaar in de periode 2001-2007 via 2,44 % in de periode 2007-2013 en 2,39 % in de periode 2013-2019 naar 2,34 % in de periode 2019-2025. Bovendien zijn deze groeipercentages lager dan die van de gelijkmatige groei van 2,70 %. Dit verschijnsel is als volgt te verklaren. De hogere nationale loonstijging maakt het linkerlid van (25) negatief. Weliswaar staat daar het positieve effect van een hoger dienstenaandeel tegenover, maar dat is veel te gering om het negatieve effect van de hogere loonstijging te compenseren. Het negatief geworden linkerlid van (25) leidt tot $Y_r^* < K_r^*$ in (23), hetgeen op grond van (24) in een daling van K_r^* resulteert, waardoor Y_r^* in (23) verder afneemt, enzovoorts. Dit gaat gepaard met dalende groeipercentages van de werkgelegenheid en de mobiliteit. Deze groeipercentages zijn ook lager ten opzichte van gelijkmatige groei (variant C), zoals ook kwantitatief uit tabel 4 blijkt.

Naarmate de nationale loonstijging meer overeenkomt met de regiospecifieke loonstijging, zullen de groeivoeten van economie en mobiliteit minder afwijken van die bij gelijkmatige

groei. Ingeval de nationale loonstijging lager is dan de regio-specifieke loonstijging, zullen de groeivoeten van economie en mobiliteit hoger uitvallen dan bij gelijkmatige groei en in de loop van de tijd stijgen. Immers zowel de hogere nationale loonvoet en het oplopende dienstenaandeel leiden tot $Y_r^* > K_r^*$.

5.4 Groei bij gunstige transportvoorwaarden (scenario 3)

Er zal worden onderzocht, welke invloed een verbetering van bepaalde transportvoorwaarden heeft op de groei van de economie en de mobiliteit. Om inzicht te verkrijgen in de effecten van verbeterde transportvoorwaarden, blijven de overige voorwaarden voor een realistische quasi-gelijkmatige groei gehandhaafd.

De transportvoorwaarden worden verondersteld op de volgende aspecten gunstiger te worden ten opzichte van scenario 2.

Beladings- en bezettingsgraad

De jaarlijkse stijging van de beladings- en bezettingsgraad wordt verondersteld 0,3 procentpunt hoger te zijn dan in variant 2. Dientengevolge stijgt de beladingsgraad met 1,0 % gemiddeld per jaar, terwijl de bezettingsgraad constant is.

Reisafstandskosten per kilometer

De reële reisafstandskosten per km worden voor alle vervoerswijzen in zowel het goederenvervoer als het personenvervoer constant verondersteld. Dit houdt voor het openbaar vervoer constante reële tarieven in. Deze veronderstelling is in tegenstelling tot scenario 2, waarin de reële reisafstandskosten per km zich in het goederenvervoer overeenkomstig de reële loonvoet ontwikkelen, in het personenvervoer per auto overeenkomstig de reële loonvoet verminderd met de daling van de bezettingsgraad van 0,3 % gemiddeld per jaar (zie noot 5) en in het openbaar vervoer overeenkomstig de reële loonvoet. Constante reële reisafstandskosten per km kunnen het gevolg zijn van lastenverlichting en technologische vooruitgang in voertuigen en infrastructuur.

Capaciteit van de weginfrastructuur

In scenario 2 wordt de capaciteit van de weginfrastructuur zodanig uitgebreid, dat zij gelijke tred houdt met de toeneming van de benutting van de wegcapaciteit. In scenario 3 wordt verondersteld, dat deze uitbreiding van de capaciteit elke modelperiode van drie jaar met 10 % extra verruimd wordt.

Openbaar vervoer

Er vindt een zodanige snelheids- en frequentieverhoging van het openbaar vervoer plaats, dat de reistijd per trein en bus/tram/metro met 1 % per jaar afneemt. Substitutie ten gunste van het openbaar vervoer schept ruimte op de wegen.

In tabel 5 staan de resultaten van bovengenoemde verbetering van de transportvoorwaarden met betrekking tot de groei van de economie (met inbegrip van de werkgelegenheid) en de mobiliteit in Utrecht over de periode 2000-2030 vermeld, elke voorwaarde afzonderlijk en in combinatie. Ter vergelijking is een kolom met betrekking tot een realistische quasi-gelijkmatige groei toegevoegd.

Van alle hier onderzochte verbeteringen van de transportvoorwaarden verhoogt de maatregel van *constante reële reisafstandskosten per km* het meest de groei van de economie (met inbegrip van de werkgelegenheid) en de mobiliteit, met uitzondering van het openbaar vervoer.

De *verbetering van het openbaar vervoer* door middel van reistijdreductie levert de grootste verhoging van de groei van het openbaar vervoer op. Tegelijkertijd stijgt de groei van het zakelijk verkeer per auto dankzij de iets hogere economische groei en daalt de groei van de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer per auto in geringe mate. Het substitutie-effect van de verbetering van het openbaar vervoer is dus klein.

De *verhoging van de beladings- en bezettingsgraad* heeft een belangrijk effect op het goederenvervoer, maar is van geringe betekenis voor de groei van de economie. Ook de groei van het personenvervoer per auto wordt er slechts weinig door beïnvloed.

De *extra uitbreiding van de wegcapaciteit* leidt tot een beperkte verhoging van de groei van het vervoer per (vracht)auto en bus. Het effect op de groei van de economie is zeer gering.

Scenario 3 met zijn relatief gunstige transportvoorwaarden ten opzichte van scenario 2 leidt tot een hogere groei van het geografische product, de werkgelegenheid en alle categorieën van de mobiliteit in Utrecht. De negatieve groeipercentages van de consumptieve mobiliteit, het woon-werkverkeer en het totale personenvervoer per trein en bus/tram van scenario 2 zijn in positieve groeipercentages veranderd. In tegenstelling tot scenario 2 ontwikkelt zich de “modal split” in scenario 3 ten gunste van andere vervoerswijzen dan de (vracht)auto. Dat betekent echter niet, dat de groei van het vervoer per (vracht)auto vermindert.

Tabel 5 Realistische quasi-gelijkmatige groei en groei bij gunstige transportvoorwaarden met betrekking tot het reële geografische product, de werkgelegenheid en het goederen- en personenvervoer per vervoerswijze in Utrecht gemiddeld per jaar (%) over de periode 2000-2030 (a)

	Realistische quasi-gelijkm. groei (sc. 2)	Verhoging bel./bez. graad	Constance Reisafstands-kosten per km	Extra uitbrei- ding weg- capaciteit	Verbetering openbaar vervoer	Totaal scenario 3
Geografisch product	2,40	2,43	2,51	2,41	2,41	2,59
Werkgelegenheid	1,24	1,26	1,34	1,24	1,25	1,42
Goederenvervoer binnen Utrecht en naar Utrecht vanuit andere regio's						
• per auto	1,94	2,27	2,33	1,98	1,96	2,76
• per trein	1,94	2,27	2,43	1,95	1,96	2,81
• per schip	1,94	2,27	2,62	1,95	1,96	3,01
Personenvervoer binnen Utrecht en vanuit Utrecht naar andere regio's en terug naar Utrecht						
Productieve mobiliteit						
• per auto	1,23	1,26	1,56	1,27	1,25	1,76
• per trein	1,23	1,26	1,72	1,24	1,82	2,50
• per bus	1,23	1,26	1,45	1,28	2,12	2,52
Consumptieve mobiliteit						
• per auto	0,52	0,54	1,06	0,56	0,46	1,29
• per trein	-0,91	-0,90	0,20	-0,90	0,87	1,98
• per bus	-0,72	-0,72	0,18	-0,68	0,65	1,60
Woon-werkverkeer						

• per auto	0,99	1,00	1,18	1,04	0,94	1,31
• per trein	-0,20	-0,20	0,25	-0,22	1,67	2,05
• per bus	-0,10	-0,10	0,20	-0,05	2,03	2,36
Totaal goederenvervoer in relatie tot Utrecht en transitoverkeer over de weg door Utrecht						
• per auto	1,51	1,82	1,93	1,54	1,52	2,32
• per trein	1,52	1,84	1,99	1,52	1,53	2,35
• per schip	1,79	2,12	2,47	1,80	1,81	2,85
Totaal personenvervoer in relatie tot Utrecht en transitoverkeer over de weg door Utrecht						
• per auto	0,61	0,63	1,05	0,65	0,57	1,26
• per trein	-0,46	-0,46	0,30	-0,47	1,26	2,01
• per bus	-0,54	-0,54	0,20	-0,50	1,03	1,79

(a) Zie onder tabel 4.

5.5 Groei bij milieugeoriënteerde transportvoorwaarden (scenario 4)

De transportvoorwaarden kunnen zodanig worden veranderd, dat zij een milieuvriendelijker karakter krijgen. Er zal worden onderzocht, welke invloed een meer milieugeoriënteerde transportvoorwaarden op de groei van de economie en de mobiliteit uitoefenen. De resultaten worden vergeleken met die van realistische quasi-gelijkmatige groei (scenario 2).

De transportvoorwaarden worden verondersteld op de volgende aspecten milieuvriendelijker te worden.

Beladings- en bezettingsgraad

De verhoging van de beladings- en bezettingsgraad komt overeen met die van scenario 3.

Reisafstandskosten per kilometer

De in scenario 2 veronderstelde stijging van de reële reisafstandskosten per km leiden ertoe, dat de prijzen van *alle* vervoerswijzen in het goederenvervoer respectievelijk het personenvervoer in dezelfde mate stijgen (zie sectie 5.2, tabel 3). Stijging van de mobiliteits-prijzen kan vanuit een milieukundig gezichtspunt positief worden beoordeeld, maar er ontstaat uit dien hoofde geen verandering van de “modal split” van de productieve mobiliteit (goederen- en personenvervoer). De “modal split” van de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer verandert zelfs ten ongunste van het openbaar vervoer (zie sectie 5.2, tabel 4). Teneinde een verandering van de “modal split” ten gunste van trein, bus/tram/metro en schip te bevorderen, wordt voor het vervoer per (vracht)auto verondersteld, dat de jaarlijkse stijging van hun reële reisafstandskosten per km 2 procentpunt hoger ligt dan in scenario 2.

Capaciteit van de weginfrastructuur

De capaciteit van de weginfrastructuur wordt niet langer uitgebreid zoals in scenario 2, maar constant gehouden teneinde aan nieuwe barrièrevorming en verdere versnippering van het landschap een halt toe te roepen.

Openbaar vervoer

De daling van de reistijd van het openbaar vervoer komt overeen met die van scenario 3: de reistijd per trein en bus/tram/metro neemt met 1 % per jaar af.

In tabel 6 staan de resultaten van het milieuvriendelijker maken van de transportvoorwaarden op bovengenoemde wijze met betrekking tot de groei van de economie (met inbegrip van de werkgelegenheid) en de mobiliteit in Utrecht over de periode 2000-2030 vermeld, elke

voorwaarde afzonderlijk en in combinatie. Ter vergelijking is een kolom met betrekking tot een realistische quasi-gelijkmatige groei toegevoegd.

Van de hier onderzochte milieuvriendelijke transportvoorwaarden verlagen de *stijging van de reisafstandskosten per km voor de (vracht)auto* en de *constante wegcapaciteit* de groei van de economie (met inbegrip van de werkgelegenheid) en de mobiliteit. Er is een direct negatief effect op de groei van het vervoer per (vracht)auto en een indirect effect via de lagere groei van het geografische product, waardoor ook de groei van de productieve mobiliteit (goederen- en personenvervoer) met andere vervoerswijzen lager wordt. De constante wegcapaciteit drukt bovendien de groei van het busvervoer.

Twee milieuvriendelijke transportvoorwaarden, de *verhoging van de beladings- en bezettingsgraad* en de *verbetering van het openbaar vervoer* door middel van reistijdreductie, zijn reeds in de vorige sectie behandeld. Zij hebben een (soms zeer gering) positief effect op de groei van de economie en de mobiliteit, met uitzondering van de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer per auto in geval van een verbetering van het openbaar vervoer.

Scenario 4 met zijn relatief milieuvriendelijke transportvoorwaarden ten opzichte van scenario 2 leidt tot een lagere groei van het geografische product, de werkgelegenheid en het vervoer per (vracht)auto in Utrecht. De groei van het vervoer per schip, trein en bus/tram is hoger geworden. De negatieve groeipercentages van de consumptieve mobiliteit, het woon-werkverkeer en het totale personenvervoer per trein en bus/tram van scenario 2 zijn in positieve groeipercentages veranderd. In tegenstelling tot scenario 2 ontwikkelt zich de “modal split” in scenario 4 ten gunste van andere vervoerswijzen dan de (vracht)auto.

Tabel 6 Realistische quasi-gelijkmatige groei en groei bij milieuvriendelijke transportvoorwaarden met betrekking tot het reële geografische product, de werkgelegenheid en het goederen- en personenvervoer per vervoerswijze in Utrecht gemiddeld per jaar (%) over de periode 2000-2030 (a)

	Realistische quasi-gelijkm. groei (sc. 2)	Verhoging bel./bez. graad	Stijging reisafstandskosten per km auto	Constante wegcapaciteit	Verbetering openbaar vervoer	Totaal scenario 4	
Geografisch product	2,40	2,43	2,32	2,35	2,41	2,32	
Werkgelegenheid	1,24		1,26	1,16	1,19	1,25	1,16
Goederenvervoer binnen Utrecht en naar Utrecht vanuit andere regio's							
• per auto	1,94	2,27	1,67	1,74	1,96	1,84	
• per trein	1,94	2,27	1,87	1,90	1,96	2,17	
• per schip	1,94	2,27	1,87	1,90	1,96	2,17	
Personenvervoer binnen Utrecht en vanuit Utrecht naar andere regio's en terug naar Utrecht							
Productieve mobiliteit							
• per auto	1,23	1,26	0,95	1,03	1,25	0,83	
• per trein	1,23	1,26	1,16	1,19	1,82	1,73	
• per bus	1,23	1,26	1,16	1,00	2,12	1,87	
Consumptieve mobiliteit							
• per auto	0,52	0,54	0,48	0,29	0,46	0,24	
• per trein	-0,91	-0,90	-0,91	-0,94	0,87	0,84	
• per bus	-0,72	-0,72	-0,72	-0,96	0,65	0,42	
Woon-werkverkeer							
• per auto	0,99	1,00	0,95	0,67	0,94	0,63	
• per trein	-0,20	-0,20	-0,21	-0,08	1,67	1,78	
• per bus	-0,10	-0,10	-0,10	-0,34	2,03	1,79	
Totaal goederenvervoer in relatie tot Utrecht en transitoverkeer over de weg door Utrecht							

• per auto	1,51	1,82	1,21	1,34	1,52	1,40
• per trein	1,52	1,84	1,45	1,48	1,53	1,75
• per schip	1,79	2,12	1,72	1,75	1,81	2,02
Totaal personenvervoer in relatie tot Utrecht en transitoverkeer over de weg door Utrecht						
• per auto	0,61	0,63	0,56	0,38	0,57	0,32
• per trein	-0,46	-0,46	-0,48	-0,42	1,26	1,29
• per bus	-0,54	-0,54	-0,54	-0,78	1,03	0,81

(a) Zie onder tabel 4.

6 Conclusies

Wij zullen omwille van de overzichtelijkheid de conclusies naar zes categorieën rubriceren.

6.1 Productie-elasticiteiten van de mobiliteit

De totale productie-elasticiteiten van de mobiliteit van 35 van de 40 regio's van Nederland bevinden zich in het interval van 0,03-0,07. Dit is gering ten opzichte van de productie-elasticiteiten van het arbeidsvolume en de (private) kapitaalgoederenvoorraad. Zo hebben wij bijvoorbeeld voor Utrecht productie-elasticiteiten berekend van 0,05 voor de mobiliteit, 0,72 voor het arbeidsvolume en 0,23 voor de (private) kapitaalgoederenvoorraad. De productie-elasticiteit van het vervoer per (vracht)auto is iets lager dan de totale productie-elasticiteit van de mobiliteit. Hieruit blijkt, dat de mobiliteit kwantitatief een beperkte invloed heeft op de economische groei en dat daarvan het vervoer per (vracht)auto verreweg het belangrijkste is ten opzichte van andere vervoerswijzen.

6.2 Scenario 1: gelijkmatige groei en bijbehorende transportvoorwaarden

Onder een aantal voorwaarden kan gelijkmatige groei (steady-state growth) totstandkomen. De daarvoor noodzakelijke transportvoorwaarden houden onder meer het volgende in:

- De reële reisafstandskosten per km ontwikkelen zich in het goederenvervoer overeenkomstig de reële loonvoet en in het personenvervoer per auto overeenkomstig de reële loonvoet vermeerderd met de stijging van de bezettingsgraad; de tarieven van het openbaar vervoer ontwikkelen zich overeenkomstig de reële loonvoet.
- De beladingsgraad van de vrachtauto, goederentrein en schip en de bezettingsgraad van de personenauto hebben een vast groeipercentage.
- Het infrastructuurnetwerk blijft onveranderd.
- De uitbreiding van de wegcapaciteit houdt gelijke tred met de toeneming van de benutting van de wegcapaciteit.
- De loonstijging is aan de technologische ontwikkeling gekoppeld, die volgens een vaste groeivoet verloopt.

Deze voorwaarden zijn noodzakelijk om een gelijkmatige groei te bewerkstelligen van het geografische product, de werkgelegenheid, het goederenvervoer per vervoerswijze (binnen een regio en naar deze regio vanuit andere regio's) en het personenvervoer per vervoerswijze (binnen een regio en vanuit deze regio naar andere regio's en terug naar deze regio), onderverdeeld naar productieve mobiliteit, consumptieve mobiliteit en woon-werkverkeer (scenario 1).

6.3 Scenario 2: realistische quasi-gelijkmatige groei en bijbehorende transportvoorwaarden

Sommige voorwaarden voor gelijkmatige groei zijn onrealistisch, zoals bijvoorbeeld ten aanzien van de loonvoet. De regio-specifieke loonstijging leidt tot een differentiatie van de stijging van de reisafstandskosten per km tussen de regio's. De stijging van de loonvoet in een bepaalde regio is ook van invloed op de prijsstijging van het goederenvervoer uit andere regio's naar deze regio. In het scenario van een realistische quasi-gelijkmatige groei (scenario 2) wordt daarom een aantal voorwaarden voor gelijkmatige groei aangepast. Zo wordt van een uniforme, nationale loonstijging uitgegaan. Deze en enkele andere aanpassingen kunnen echter ten koste gaan van gelijkmatige groei.

Ten gevolge van deze aanpassingen neemt de economische groei in bijvoorbeeld Utrecht af van 2,70 % (scenario 1) tot 2,40 % (scenario 2) gemiddeld per jaar over de periode 2000-2030. Bovendien blijft de economische groei niet langer constant, maar daalt in de loop van de tijd. Hetzelfde geldt voor de werkgelegenheid en het goederen- en personenvervoer per vervoerswijze. Afhankelijk van de mate van kwantitatieve aanpassing, is het mogelijk, dat de gelijkmatige groei in sommige regio's nauwelijks wordt aangetast en in andere regio's de groei hoger wordt en in de loop van de tijd stijgt.

6.4 Scenario 3: groei bij gunstige transportvoorwaarden

De transportvoorwaarden voor realistische quasi-gelijkmatige groei kunnen voor het goederen- en personenvervoer gunstiger worden gemaakt (scenario 3). Een verhoging van de beladings- en bezettingsgraad, constante reële reisafstandskosten per km, een extra uitbreiding van de wegcapaciteit en een verbetering van het openbaar vervoer door reistijdreductie verhogen de groei van het geografische product, de werkgelegenheid en het goederen- en personenvervoer per vervoerswijze. Zo neemt de economische groei van Utrecht toe van 2,40 % (scenario 2) naar 2,59 % (scenario 3) gemiddeld per jaar over de periode 2000-2030.

Van de onderzochte verbeteringen van de transportvoorwaarden verhoogt de maatregel van constante reële reisafstandskosten het meest de groei van de economie en de mobiliteit, met uitzondering van het openbaar vervoer. Door de reistijdreductie van het openbaar vervoer neemt de groei van het openbaar vervoer aanzienlijk toe, maar het substitutie-effect met de auto is klein. Ook het effect op de economische groei is gering. De negatieve groeipercentages van de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer per openbaar vervoer van scenario 2 worden in positieve groeipercentages veranderd. In tegenstelling tot scenario 2 ontwikkelt zich de "modal split" in scenario 3 ten gunste van andere vervoerswijzen dan de (vracht)auto. Dat betekent echter niet, dat de groei van het vervoer per (vracht)auto vermindert.

6.5 Scenario 4: groei bij milieugeoriënteerde transportvoorwaarden

De transportvoorwaarden voor realistische quasi-gelijkmatige groei kunnen zodanig worden bijgesteld, dat zij een milieuvriendelijker karakter krijgen (scenario 4). De verhoging van de

beladings- en bezettingsgraad en de verbetering van het openbaar vervoer in scenario 3 blijven gehandhaafd. Daarnaast worden de reisafstandskosten per km van de (vracht)auto met 2 procentpunt per jaar ten opzichte van scenario 2 verhoogd en wordt de wegcapaciteit constant gehouden. De eerste twee maatregelen hebben een positief effect en de twee laatste maatregelen een negatief effect op de economische groei, maar de werking van de twee laatste maatregelen is sterker. Het totale effect van deze vier maatregelen is een lagere groei van het geografische product, de werkgelegenheid en het goederen- en personenvervoer per (vracht)auto en een hogere groei van het goederen- en personenvervoer met andere vervoerswijzen.

Worden de gunstige transportvoorwaarden (scenario 3) met de milieuvriendelijke transportvoorwaarden (scenario 4) vergeleken, dan bevorderen beide scenario's het openbaar vervoer en de "modal split" ten gunste van andere vervoerswijzen dan de (vracht)auto. Het verschil is gelegen tussen de groeivoeten van de economie en de mobiliteit. In scenario 3 liggen de groeivoeten aanzienlijk hoger dan in scenario 4. Zo leidt scenario 3 tot een verhoging van de economische groei van bijvoorbeeld Utrecht van 2,40 % tot 2,59 % gemiddeld per jaar over de periode 2000-2030 en in scenario 4 tot een verlaging van 2,40 % tot 2,32 %.

6.6 Eindconclusies

Op basis van de productie-elasticiteiten van de mobiliteit en de vier scenario's kan worden geconcludeerd, dat de betekenis van transport en transportbeleid voor de economische groei kwantitatief beperkt is. Dat laat onverlet, dat transport volgens het gehanteerde model een noodzakelijke voorwaarde is voor de productie. Zonder transport geeft de productiefunctie namelijk als uitkomst een geografisch product van nul.

De effecten van de onderzochte beleidsmaatregelen op de economische groei zijn weliswaar beperkt maar verschillend van omvang. Rangschikking van de maatregelen naar afnemend effect op de economische groei geeft het volgende beeld:

- verandering van de reisafstandskosten per km;
- uitbreiding van de wegcapaciteit overeenkomstig de toeneming van de benutting van de wegcapaciteit;
- verhoging van de beladings- en bezettingsgraad;
- verbetering van het openbaar vervoer door reistijdreductie;
- extra uitbreiding van de wegcapaciteit in aanvulling op de uitbreiding overeenkomstig de toeneming van de benutting van de wegcapaciteit.

Noten

1. Q_r wordt, zoals is aangegeven, als Y_{n_r}/Y_r berekend, waarin Y_{n_r} de reële toegevoegde waarde van de arbeidsintensieve sectoren voorstelt. Onder de veronderstelling van $Y_{n_r} = v_r Y_r$, waarin v_r een regio-specifieke coëfficiënt voorstelt, is Q_r een exogene variabele, want $Q_r = Y_{n_r}/Y_r = v_r$.

2. De consequentie van de keuze voor een productiefunctie van Cobb en Douglas is, dat geen enkele vervoersstroom nihil mag zijn. Dit zou impliceren, dat het geografische product ook nihil zou zijn. Daarom worden vervoersstromen van nul genegeerd. Dit houdt in de praktijk in, dat het aantal regio's, k , van elke regio r afhangt en tussen de vervoerswijzen verschilt.

3. Volgens (3) vergelijkt de ondernemer de prijs van de productieve mobiliteit met de extra toegevoegde waarde, die een additionele productieve mobiliteit oplevert, ceteris paribus. Een zodanige afweging is niet van toepassing op het woon-werkverkeer onder de aanname, dat de forens zelf zijn mobiliteit betaalt. In de praktijk echter betaalt de ondernemer dikwijls een beperkte bijdrage.

4. Voor een open volkshuishouding geldt: $Y = C + S + T$ (1) en $Y = C + I + G + X - M$ (2), waarin Y – nationaal inkomen, C – private consumptie, S – private besparingen, T – belastingen, I – private investeringen, G – overheidsuitgaven, X – export en M – import. Uit (1) en (2) volgt: $I = S - (G - T) - (X - M)$; dat wil zeggen de private investeringen komen overeen met de private besparingen, verminderd met het tekort op de overheidsrekening en het overschot op de betalingsbalans. Het overschot op de betalingsbalans komt overeen met de netto-kapitaalexport plus de netto-toeneming van de goud- en deviezenvoorraad.

5. De vereiste stijging van de reisafstandskosten per reiziger in het zakelijk verkeer heeft tot gevolg, dat de reisafstandskosten per km gelijk moeten zijn aan de loonstijging, vermeerderd met de stijging van de bezettingsgraad van de auto. De Adviesdienst Verkeer en Vervoer van het Nederlandse Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1997) verwacht een dalende bezettingsgraad, zodat in dat geval de stijging van de reisafstandskosten per km lager moet zijn dan de loonstijging.

6. Het goederenvervoer per vrachtauto binnen regio r en naar regio r vanuit andere regio's wordt berekend als $\sum_{s=1}^k Tpi_{sr}$.

Het personenvervoer per auto binnen regio r en vanuit regio r naar andere regio's en terug naar de regio van oorsprong r wordt berekend als $\sum_{s=1}^k Tp1_{rs}$ voor de productieve mobiliteit, als

$\sum_{s=1}^k Tc1_{rs}$ voor de consumptieve mobiliteit en als $\sum_{s=1}^k Tw1_{rs}$ voor het woon-werkverkeer.

Het totale goederenvervoer per vrachtauto in relatie tot regio r en transitoverkeer door regio r

wordt berekend als $\sum_{s=1}^k Tpi_{sr} + \sum_{s=1, s \neq r}^k Tpi_{rs} + \sum_{u,v} Tpi_{uv(r)}$.

Het totale personenvervoer per auto in relatie tot regio r en transitoverkeer door regio r betreft de productieve mobiliteit, de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer. De

productieve mobiliteit wordt berekend als $\sum_{s=1}^k Tp1_{rs} + \sum_{s=1, s \neq r}^k Tp1_{sr} + \sum_{u,v} Tp1_{uv(r)}$. Evenzo worden, mutatis mutandis, de consumptieve mobiliteit en het woon-werkverkeer berekend.

7. De statistische gegevens over de gemiddelde beladingsgraad per vrachtauto zijn alleen op nationale schaal beschikbaar. Daarom is op dit punt geen regionale differentiatie aangebracht. De regionale verschillen in technologische ontwikkeling zijn vanwege kennisverspreiding beperkt. Zij zijn echter niet nihil vanwege verschillen in regionale productiestructuur.

Eenvoudigheidshalve wordt echter gelijke technologische ontwikkeling in alle regio's verondersteld.

8. De gewichten van het gewogen gemiddelde van het stijgingspercentage van de regionale loonvoeten worden als volgt afgeleid. Gegeven een land bestaande uit k regio's, dan geldt ten aanzien van de loonvoet:

$$w_N = \frac{W_N}{L_N} = \sum_{r=1}^k \frac{W_r}{L_r} \frac{L_r}{L_N} = \sum_{r=1}^k w_r \frac{L_r}{L_N}$$

waarin:

W_r - loonsom van alle werknemers in regio r; $W_r = w_r L_r$;

L_r - arbeidsvolume werknemers.

Op grond hiervan wordt vervolgens de gemiddelde groeivoet van de regionale loonvoeten berekend:

$$\frac{dw_N}{dt} \frac{1}{w_N} = \sum_{r=1}^k \frac{dw_r}{dt} \frac{L_r}{L_N} \frac{1}{w_N} = \sum_{r=1}^k \frac{dw_r}{dt} \frac{1}{w_r} \frac{w_r}{w_N} \frac{L_r}{L_N} = \sum_{r=1}^k \frac{dw_r}{dt} \frac{1}{w_r} \frac{W_r}{W_N}$$

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 (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.

Bruinsma, F.R. & P. Rietveld (1993), "De structurerende werking van de transportinfrastructuur; een survey betreffende de invloed van de invloed van infrastructuur en bereikbaarheid op de ruimtelijke spreiding van activiteiten", *Tijdschrift Vervoerswetenschap*, pp. 279-302.

Duijn, J.J. van (1979), *De lange golf in de economie*, Van Gorcum, Assen.

Eisner (1991), "Infrastructure and Regional Economic Performance", *New England Economic Review*, pp.47-58.

Fogel, R.W. (1964), *Railroads and American Economic Growth; Essays in Econometric History*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- Garcia-Mila, T. & T. McGuire (1992), "The Contribution of Publicly Provided Inputs to State's Economies", *Regional Science and Urban Economics*, pp. 229-242.
- Gillen, D.W. & W.G. Waters II, eds. (1996), "Transport Infrastructure Investment and Economic Development", *The Logistics and Transportation Review*, vol. 32/no. 1.
- Gomez-Ibanez, J.A. & J. Madrick (1996), *Economic Returns from Transportation Investment*, Eno Transportation Foundation, Lansdowne (VA).
- Hacche, G. (1979), *The Theory of Economic Growth*, Macmillan, Londen en Basingstoke.
- Haughwout, F.A. (1996), *Infrastructure, Wages, and Land Prices*, unpublished paper, Woodrow Wilson School, Princeton University; vermeld in Banister & Berechman (2000), pp. 149-150.
- Heertje, A. (1973), *Economie en technische ontwikkeling*, Stenfert Kroese, Leiden.
- Hunter, H. (1965), "Transport in Soviet and Chinese Development", *Economic Development and Cultural Change*, pp. 71-72.
- Landes, D.S. (1998), *Arm en rijk*, Het Spectrum, Utrecht.
- McGuire, T. (1992), *Highways and Macroeconomic Productivity: phase two*, Final Report, Federal Highway Administration, Washington DC; vermeld in Banister & Berechman (2000), pp. 149-150.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1997), *Personen- en goederenmobiliteit in 2010 en 2020*, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.
- Munnell, A.H. (1990) (with L.M. Cook), "How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?", *New England Economic Review*, Sept./Oct., pp. 11-32.
- NEA (1999), *Operationalisering van MOBILEC voor de 40 COROP-gebieden*, in opdracht van Rijkswaterstaat directie Utrecht, Rijswijk (ZH), pp. 25-26.
- Pinnoi, N. (1992), *Public Capital Stock and State Productivity Growth*, paper North American Meetings Regional Science Association, vermeld in Gomez-Ibanez & Madrick (1996), p. 71.
- Rostow, W.W. (1960), *The Stages of Economic Growth*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Vooren, F.W.C.J. van de (1999), "A Policy Oriented Model about Economy, Mobility, Infrastructure and Other Regional Features", 8th World Conference on Transport Research, Antwerpen, 1998, in: *World Transport Research*, vol. 4, Elsevier Science, pp. 43-56.