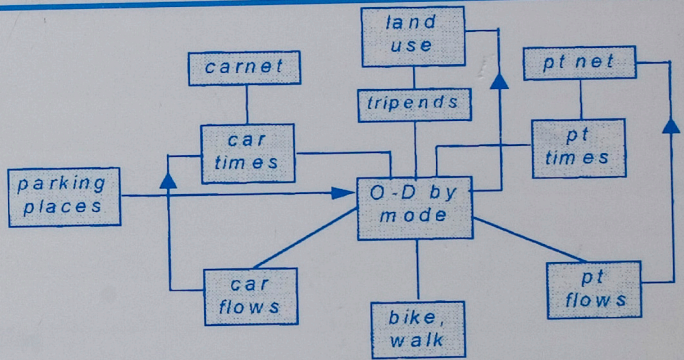


Wegen naar de toekomst

Een route door een schijnbaar onoplosbaar verkeersprobleem

Afscheidsrede

Prof.dr.ir. Rudi Hamerslag



TUDelft

Technische Universiteit Delft

Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Infrastructuur
Sectie Verkeerskunde

wij ds. Johan Goud in de aanvering van augustus de 1988
discussie over mijn visie op het rechtvaardig

WEGEN NAAR DE TOEKOMST

Een route door een schijnbaar onoplosbaar
verkeersprobleem

Afscheidsrede

Prof.dr.ir. Rudi Hamerslag

1 november 1996

Technische Universiteit Delft
Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Infrastructuur
Sectie Verkeerskunde

WEGEN NAAR DE TOEKOMST

Een route door een schijnbaar onoplosbaar
verkeersprobleem

Mijnheer de Rector Magnificus,

Rede van het College van Bestuur,

College hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap

*uitgesproken ter gelegenheid van het afscheid als hoogleraar
Verkeerskunde, in het bijzonder de Verkeerskundige Modellen, aan de
Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft op
1 november 1996*

door

prof.dr.ir. Rudi Hamerslag

Technische Universiteit Delft
Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Infrastructuur
Sectie Verkeerskunde

© R. Hamerslag, Witte de Withlaan 20, 3941 WS Doorn
Tel. 0343-412809. E-mail: r.hamerslag@ct.tudelft.nl.
<http://www.ct.tudelft.nl/verkeer/persons/hamerslag.html>

Geef kritiek waar U het niet mee eens bent.
Vertel verder wat U goed vindt en vergeet de rest.

*FOR HERE WE ARE AFRAID TO FOLLOW TRUTH
WHEREVER IT MAY LEAD,
NOR TO TOLERATE ANY ERROR,
SO LONG AS REASON IS LEFT FREE TO COMBAT IT*
Thomas Jefferson (1743-1836)

*Mijnheer de Rector Magnificus,
Leden van het College van Bestuur,
Collegae hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeen-
schap.
Zeer gewaardeerde toehoorders,
Dames en heren,*

INLEIDING

Wegen naar de toekomst: een route door een schijnbaar onoplosbaar probleem? Staan we werkelijk voor een onoplosbaar probleem? Ik begin met U een figuur te tonen van de files in 1994. Rood en oranje duiden op files [1]. In Nederland zijn grote investeringen gedaan in het wegverkeerssysteem en in het openbaar vervoer. Ondanks het gevoerde beleid is het kennelijk niet gelukt het aantal files te beperken. En het verkeer zal nog aanzienlijk toenemen. Zou het beleid wel goed geweest zijn? Hoe is het in de Verenigde Staten? Daar heeft men vooral in wegen geïnvesteerd. Ter vergelijking de verkeerscongesties in Los Angeles

[2]. Ook in de VS zijn er files. Staan we voor een probleem dat niet kan worden opgelost?

Vanmiddag wil ik U iets vertellen over de te verwachten toename van het verkeer. Ik laat U vervolgens enige toepassingen zien t.a.v. de lange-termijneffecten op de ruimtelijke spreiding. Ik zal U laten zien dat congestie de bereikbaarheid en daarmee de ruimtelijke spreiding beïnvloedt. Vervolgens vertel ik hoe verbeteringen van het autosysteem, het openbaar-vervoersysteem, het fietssysteem en het informatiesysteem voor automobilisten een bijdrage kunnen leveren aan de bereikbaarheid.

VERKEERSKUNDIGE PROGNOSEMODELLEN

Theorie

De verkeerskundige modellen berusten op de klassieke micro-economische theorie. Er is echter een belangrijk verschil met deze theorie. De tijd die nodig is voor het maken van een verplaatsing, speelt een belangrijke rol, terwijl de kosten van veel minder belang zijn. De aanwezigheid van wegen en openbaar-vervoersystemen en het grondgebruik voor wonen, werken, winkelen en recreëren bepalen mede het verplaatsingsgedrag. Er is dus een ruimtelijke component aan de micro-economische theorie toegevoegd.

Waarnemingen

Waarnemingen zijn nodig om de uit theorie ontwikkelde modellen op juistheid te toetsen. Een belangrijke gegevensbron is het Onderzoek Verplaatsingsgedrag van de Nederlandse bevolking: het OVG [3]. Dit onderzoek wordt sinds 1978 continu verricht. Het biedt gegevens over de verplaatsingen van meer dan een half miljoen personen. Dank zij het beschikbaar komen van deze gegevens kunnen we thans beter dan voorheen de oorzaken en gevolgen van de groei van het autover-

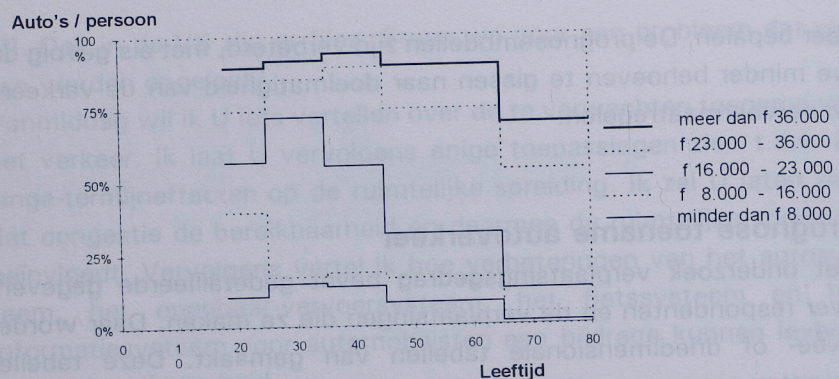
keer bepalen. De prognosemodellen zijn verbeterd, met als gevolg dat we minder behoeven te gissen naar doelmatigheid van de verkeers- en vervoermaatregelen.

Prognose toename autoverkeer

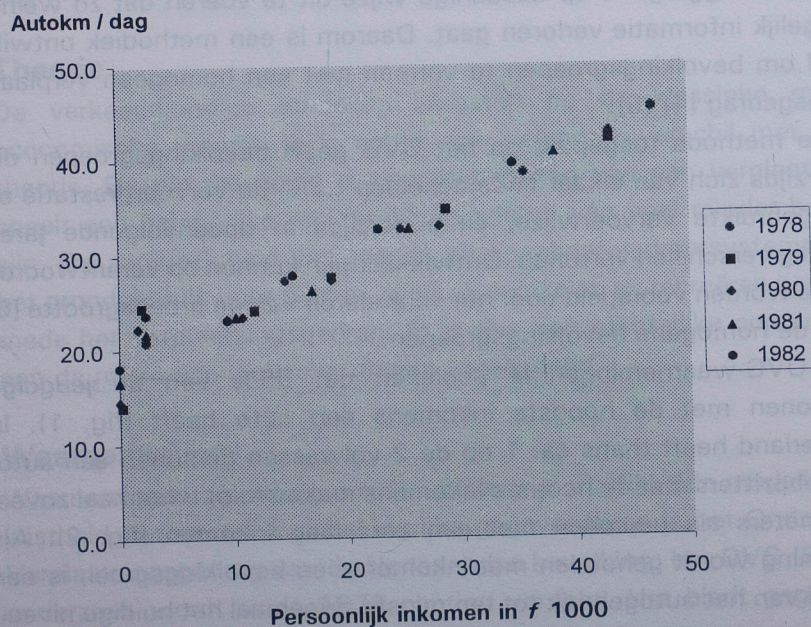
Het onderzoek verplaatsingsgedrag bevat gedetailleerde gegevens over respondenten en de verplaatsingen die ze maken. Daar worden twee- of driedimensionale tabellen van gemaakt. Deze tabellen bevatten geaggregeerde gegevens. Aggregatie van waarnemen leidt tot informatieverlies. Verkeerde aggregatie leidt meestal tot onjuiste gevolgtrekkingen en daarmee tot een minder goed beleid. Het is de kunst de aggregatie op dusdanige wijze uit te voeren dat zo weinig mogelijk informatie verloren gaat. Daarom is een methodiek ontwikkeld om bevolkingsgroepen te vormen met een homogeen verplaatsingsgedrag [4] [5].

Deze methode toegepast op het OVG geeft bevolkingsgroepen die enerzijds zich van elkaar onderscheiden t.a.v. de vervoerprestatie en de gebruikte vervoerwijze, en anderzijds in opeenvolgende jaren weinig verschillen vertonen. Ontwikkelingen kunnen op verantwoorde wijze worden voorspeld door het veranderen van de groepsgrootte [6] van de homogene bevolkingsgroepen.

Uit OVG-waarnemingen is gebleken dat 95% van de jeugdige personen met de hoogste inkomens een auto heeft (fig. 1). In Nederland heeft thans ca. 1 op de 2 volwassen personen een auto. Autobezitters met de hoogste inkomens maken ruim tweemaal zoveel kilometers als personen met een zeer laag inkomen (fig. 2). Als rekening wordt gehouden met inkomens- en bevolkingsgroei, is een groei van het autogebruik tot ten minste tweemaal het huidige niveau te verwachten in de komende 25-30 jaar.



Figuur 1. Auto's per persoon in inkomens- en leeftijdsgroepen. 95% van de personen met het hoogste vrij besteedbaar persoonlijk inkomen tussen 35 en 45 jaar heeft een auto [7].



Figuur 2. Autokilometers gemaakt door personen met een auto als functie van het vrij beschikbare persoonlijk inkomen. In de hoogste inkomensgroep maakt men driemaal zoveel verplaatsingskilometers als in de laagste [7].

In 1983 [8] voorspelden we een groei van het autoverkeer over een periode van 15 jaar van ca. 40%. De gerealiseerde groei gedurende de laatste 10 jaar van 24% is hiermee geheel in overeenstemming [9]. Tot dusverre is er geen zicht op succesvolle maatregelen om de groei van het verkeer in te perken. Het is een illusie dat het autogebruik tot 35% boven het niveau van 1985 kan worden beperkt zoals gesteld in het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer [10]. Hier bovenop komt nog de groei van het vrachtautoverkeer. Deze vervoerwijze heeft vrijwel het gehele binnenlandse railgoederenvervoer en de kleine binnenvaart van de markt verdreven. De groei neemt toe met het nationaal inkomen. Bovendien is een extra groei van het internationale goederenvervoer te verwachten door het wegvallen van de grenzen. Het goederenvervoer over de weg zal zich vervéelvoudigen [11].

Computerprogramma's

Sinds het begin van de jaren '60 worden computerprogramma's gebruikt om vervoerstromen te berekenen in wegen- en openbaarvervoernetwerken. Er zijn tal van programma's ontwikkeld, bekend als vierstapsprogramma's. In Nederland worden deze gebruikt voor landelijke, regionale en stedelijke toepassingen [12]. Mij is gebleken dat deze succesvolle computerprogramma's minder geschikt zijn voor het onderwijs. Daarvoor heb ik het Teacher Friendly Transportation Program TFTP ontwikkeld. Dit programma wordt gebruikt voor de berekening van verkeers- en vervoerstromen. De werking is identiek aan de werking van de eerder genoemde grote programma's. Het heeft bovendien nog een aantal mogelijkheden die deze grote programma's niet hebben [13]. Het TFTP is ook geschikt om snel een globaal inzicht te krijgen in de doelmatigheid van nieuwe verkeersmaatregelen. Om dit te bereiken is extra aandacht besteed aan het schatten van herkomst- en bestemmingstabellen met gegevens uit het OVG en van verkeerstellingen [14]. Er zijn hoge eisen gesteld aan het

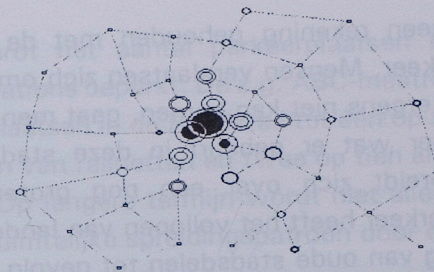
verkrijgen van een goede overeenstemming tussen het waargenomen en het berekende verkeer en vervoer, alsmede aan een realistische beschrijving van de spreiding van wonen en werken.

RUIMTELIJK SYSTEEM

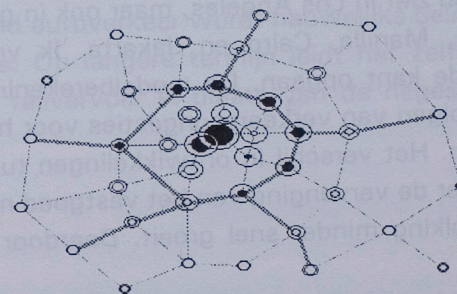
Bij mijn intrede [15] in 1978 heb ik gemeld dat zeer-lange-termijn-effecten in ruimtelijke ontwikkeling (urbanisatie, suburbanisatie en desurbanisatie) kunnen worden verklaard uit een afname van verplaatsingstijden en verplaatsingskosten gerelateerd aan inkomen [16]. In de dynamische versie van TFTP [17] zijn tevens de invloed van de vervanging van de bestaande bebouwing en de snelheid van de bevolkingsgroei opgenomen.

In fig. 3a zijn de resultaten van een berekening met het onderwijsprogramma TFTP opgenomen. Het betreft een kunstmatige stad, die met enige goede wil op Budapest, Amsterdam of Washington lijkt. Bij de berekeningen verricht om deze figuur te maken is een autobezit van nul verondersteld. Men is dus op het gebruik van het openbaar vervoer en langzaam verkeer aangewezen. Het centrum van de stad ligt op de knooppunten van het openbaar vervoer, dus dit is relatief beter bereikbaar dan andere gebieden. Daar ontstaat meer werk- dan woongelegenheden. Dit is in de kleinste cirkel gearceerd aangegeven. De woongebieden daaromheen gelegen zijn cirkels die niet gearceerd zijn. Vervolgens is een berekening uitgevoerd met 7 auto's per 10 volwassenen (fig. 3b). Het wegennet is uitgebreid met autosnelwegen, hier dik aangegeven. Er wordt van uitgegaan dat de bevolking is verdubbeld en dat circa de helft van de oorspronkelijke bebouwing is vervangen. U ziet in fig. 3b dat de werkgelegenheid zich naar buiten toe verplaatst. Met de auto zijn zones buiten het centrum veel beter bereikbaar. Er treedt een verschuiving op van werken en wonen. Het centrum is zijn voorsprong kwijtgeraakt.

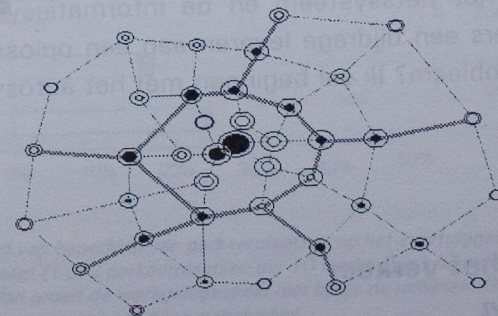
Working area
Residential area



Figuur 3a Het openbaar vervoer bepaalt de ruimtelijke spreiding van wonen en werken in een stad zonder auto's.



Figuur 3b Veranderingen door toenemend autobezit (70% van de volwassenen) en aanleg van autosnelwegen. De groei vindt plaats op de ring. De invloed van de groei is groter naarmate de bevolking sterker groeit en de bebouwing meer vervangen wordt.



Figuur 3c Invloed van congestie op ruimtelijke spreiding. De activiteiten spreiden zich over een groter gebied.

Er is echter nog geen rekening gehouden met de gevolgen van congestie in het verkeer. Mensen verplaatsen zich om activiteiten te verrichten. Als men ergens niet kan komen, gaat men ergens anders naar toe. U ziet hier wat er gebeurt in deze stad (fig. 3c). De werkgelegenheid spreidt zich over een nog groter gebied. Het vastlopen van het verkeer heeft het vollopen van landelijke gebieden en een achteruitgang van oude stadsdelen tot gevolg. Er wordt niet minder, maar op andere plaatsen gereden. Men blijft in de auto rijden. Er ontstaan steeds meer kleine relaties met autoverplaatsingen verspreid over een groter oppervlak.

Dit is hetgeen men ziet in Los Angeles, maar ook in grote agglomeraties als Bangkok, Manilla, Cairo en Jakarta. Ik vrees dat we in Nederland dezelfde kant opgaan. De modelberekeningen waarschuwen voor de gevolgen van verkeerscongesties voor hervestiging van wonen en werken. Het verschil in ontwikkelingen tussen Nederland en elders is dat hier de vervanging van het vastgoed minder snel gaat en dat onze bevolking minder snel groeit. Daardoor duurt het wat langer.

Terecht zijn bereikbaarheid en leefbaarheid hoofddoelstellingen het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer. Ik zal nu op een aantal maatregelen ingaan, waarvan sommige weinig en andere meer kansrijk zijn. In welke mate kunnen het autosysteem, het openbaar vervoersysteem, het fietssysteem en de informatiesystemen voor verkeersdeelnemers een bijdrage leveren aan een oplossing van het bereikbaarheidsprobleem? Ik zal beginnen met het autosysteem.

AUTOSYSTEEM

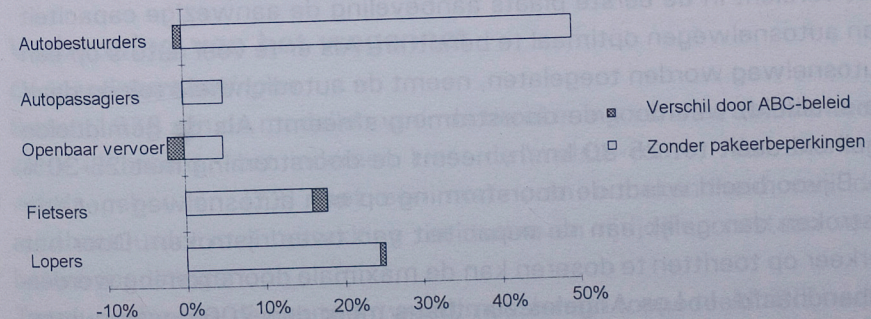
Beperking van het verkeer

Parkeerbeperkingen

Teneinde het autogebruik te ontmoedigen en het openbaar vervoer te

bevorderen wordt het aantal parkeerplaatsen bij bedrijven in de nabijheid van stations beperkt. De z.g. ABC-maatregelen beperken het aantal parkeerplaatsen in de Randstad tot één op tien arbeidsplaatsen op knooppunten van railnetten en twee op tien arbeidsplaatsen langs raillijnen [18]. Op langere termijn wordt niet alleen de vervoerwijze, maar ook het ruimtelijke spreidingspatroon door de parkeermaatregelen beïnvloed.

Berekeningen [19] laten zien dat als men niet in staat is de ruimtelijke spreiding volledig te controleren, zich arbeidsplaatsen ontwikkelen waar geen parkeerrestricties zijn, d.w.z. los van het railsysteem. De totale hoeveelheid autoverkeer wordt nauwelijks beïnvloed door deze parkeerrestricties. Op langere termijn leidt het zelfs tot een sterke afname van het railvervoer in plaats van de nagestreefde toename (fig. 4).



Figuur 4 Invloed van beperking van parkeerplaatsen op het voertuiggebruik. Als het parkeerbeleid slaagt (1 of 2 parkeerplaatsen per 10 werknemers bij raillijnen) en ruimtelijk beleid niet, dan groeit de werkgelegenheid niet langs de raillijnen. Op de lange termijn wordt het openbaar vervoer bijna gehalveerd

Vast laten lopen van het autoverkeer

Het vast laten lopen van het wegverkeer, een onderdeel van het flankerend beleid, berust op de onjuiste veronderstelling dat een vergroting van de rijtijd per auto uitsluitend ten goede komt aan het openbaar vervoer. Er wordt aan voorbijgegaan dat men ook kan fietsen of lopen, eerder of later vertrekken of een andere bestemming kan kiezen. Daarbij komt dat de activiteiten zich naar elders verplaatsen.

De onbedoelde gevolgen voor de bestemmingskeuze en de ruimtelijke spreiding zijn vanuit maatschappelijke doelstelling niet te verdedigen. Bovendien leiden deze maatregelen op wat langere termijn tot grotere spreiding met veel kriskras-relaties die voor het openbaar vervoer uitermate ongunstig zijn. In plaats van autosnelwegen worden andere wegen gebruikt die veel minder veilig zijn.

Beter gebruik van het wegennet

Toeritdosering

Thans zal ik enkele maatregelen noemen die meer perspectief bieden. Het verdient in de eerste plaats aanbeveling de aanwezige capaciteit van autosnelwegen optimaal te benutten. Als er te veel auto's op een autosnelweg worden toegelaten, neemt de autodichtheid toe en daalt de snelheid, waardoor de doorstroming afneemt. Als de gemiddelde snelheid daalt tot 25-30 km/h, neemt de doorstroming met 25-30% af. Bijvoorbeeld wordt de doorstroming op een autosnelweg met drie rijstroken dan gelijk aan de capaciteit van twee rijstroken. Door het verkeer op toeritten te doseren kan de maximale doorstroming worden gehandhaafd. In Los Angeles zijn thans meer dan 700 doseerpunten [20]. Niettemin treden daar, zoals we gezien hebben, toch nog steeds congesties op. Men gebruikt de bestaande capaciteit echter beter, terwijl de capaciteit niet wordt uitgebreid.

Voor een goede dosering is een korte-termijnvoorspelling van de verkeersdichtheid nodig. Men moet niet alleen weten hoeveel auto's

toegelaten kunnen worden, maar vooral waar ze naar toe gaan. Een goede dosering vereist daarom een goed inzicht in de herkomst en bestemming van het verkeer tussen op- en afritten. Met recent ontwikkelde geavanceerde rekenmethoden [21] kan men dit bereiken.

Prijmaatregelen

Het betalen voor het gebruik van autosnelwegen is een van de aangeprezen middelen die zou moeten leiden tot de oplossing van congestie. Berekeningen laten zien dat het maximaal haalbare resultaat overeenkomstig het effect van toeritdosering is. Prijsmechanismen leiden niet tot een vergroting van de capaciteit. De beschikbare ruimte wordt anders verdeeld. In de verdeling van de capaciteit is tevens een verschuiving van automobilisten met lage naar hoge inkomens te verwachten. Bedrijven worden dus wel beter bereikbaar voor hoger personeel, maar minder goed voor personeel met lagere inkomens. Dit leidt tot een minder goede concurrentiepositie van arbeidsintensieve bedrijven. Deze bedrijven kunnen prijsmechanismen compenseren, ze kunnen automatiseren of vertrekken.

Verbetering van het wegennet

Congestieberekeningen

Sedert 1978 zijn de modellen voor de berekening van het autoverkeer sterk verbeterd. Niet iedereen kiest de snelste route. Als rekening wordt gehouden [22] met een mate van onbekendheid van de autobestuurder met betrekking tot routes en rijtijden, ontstaan veel betere toedelingen.

Tot dusverre werden auto's tweedimensionaal toegedeeld. Dit heeft tot gevolg dat een auto in de berekening op hetzelfde ogenblik in twee of meer congesties aanwezig kan zijn. Dit resulteert in foutieve toedelingen. Door aan de berekening een tijddimensie toe te voegen is dit probleem opgelost [23]. Inmiddels is het model gebruikt voor zeer grote netwerken, o.a. die van Washington [24], Amsterdam en

Haaglanden. Een praktisch voordeel van dit toedelingsmodel is dat een beter inzicht kan worden verkregen in de gevolgen van het wegnemen van bottlenecks op het ontstaan van congesties elders. Een andere toepassingsmogelijkheid is dat een beter routeadvies kan worden gegeven in geval van incidenten. Bekend is dat het opheffen van congestie nieuwe congestie elders veroorzaakt. Met nieuwe assignmentstechnieken in de tijdruimte kunnen deze beter dan voorheen worden voorzien [25] en voorkomen. Ik verwacht ook veel van de toepassing van deze modellen binnen stedelijke gebieden. Het ontstaan van elkaar in de staart grijpende files kan mogelijk worden voorkomen.

Uitbreiding van het wegennet

Uitbreiding van het wegennet geeft uiteraard meer capaciteit. Dit vergroot de bereikbaarheid. Aanleg van nieuwe wegen geeft een aanzienlijke aantasting van het milieu en moet zoveel mogelijk worden voorkomen. Ik meen hier nogmaals de optimalisering van wegen te moeten noemen [26]. Het optimaliseringsmodel is succesvol toegepast in diverse afstudeerprojecten [27]. Het is mogelijk om ook de milieukosten daarin te betrekken [28].

Rijstroken langs bestaande wegen

Uitbreiding van de capaciteit van het wegennet zal in de eerste plaats moeten worden gevonden in het aanleggen van extra rijstroken langs bestaande wegen. Hiervoor kan de vluchtstrook gebruikt worden. Het probleem van onveiligheid wordt met incident-managementmaatregelen opgelost.

De reservecapaciteit wordt hiermee echter opgebruikt. Ieder incident blokkeert de rijbaan/vluchtstrook en daarmee het hele verkeer. Dit leidt tot een versneld vastlopen van het systeem. Naarmate de lengte van de aangepaste rijstroken toeneemt, wordt de kans hierop groter. Het is beter om de wegen van een extra rijstrook te voorzien, dus

twee rijstroken met vluchtstrook worden drie rijstroken plus vluchtstrook. Dit leidt tot een capaciteitsvergroting van de bestaande wegen van 50%. Dit geeft natuurlijk een verbetering, maar lost uiteindelijk het bereikbaarheidsprobleem niet op, omdat door de te verwachten groei, zoals we gezien hebben, de behoefte ten minste verdubbelt en het verkeer op autosnelwegen sneller dan gemiddeld groeit.

Elektronische koppeling van auto's

Een vergroting van de doorstroming is mogelijk door auto's dichter achter elkaar te laten rijden. Dit kan geschieden door in auto's de afstand tot de voorganger met laser of radar te bepalen. De maximale doorstroming van een autosnelweg wordt bereikt als de auto's gemiddeld 1,5 seconde achter elkaar rijden. Een vermindering met een halve seconde is mogelijk [29]. Dit geeft 50% toename van de capaciteit. Het probleem van de veiligheid kan worden opgelost door de snelheid tot 90 km/h te beperken. Uiteraard is hiermee tevens het probleem van ernstige kettingbotsingen bij mist opgelost.

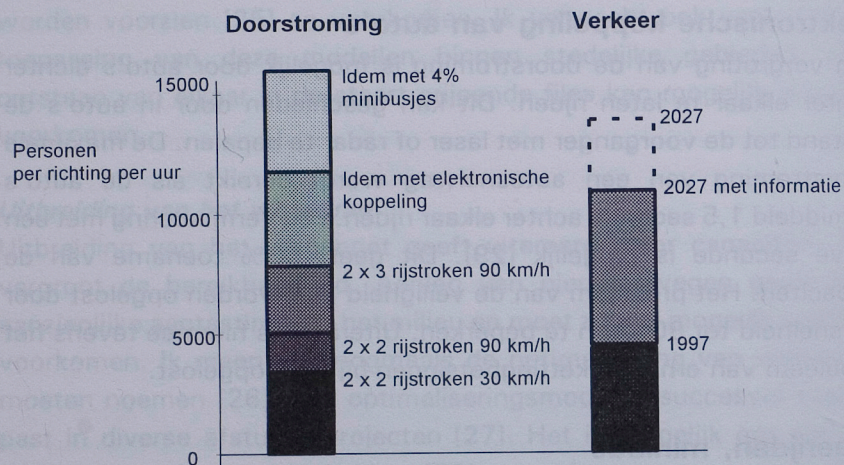
Meerijden, minibus

Ondanks grote inspanning om het meerijden te bevorderen, zoals car-pool matching-programma's, het aanleggen van car-poolfaciliteiten en vervoermanagementsystemen, is het aantal meerrijders sedert 1980 met ca. 0,5% per jaar gedaald [30] [31].

In de VS is echter het gebruik van minibusjes wel succesvol [32]. Deze busjes met maximaal 15 en gemiddeld 11,5 inzittenden worden door de werknemers zelf bestuurd. De busjes krijgen voorrang bij toeritdosering, op voorrangrijstroken (HOV lanes) en bij parkeren. De busjes halen meerrijders niet op. Ze kunnen meerijden van begin- tot eindpunt. Het blijkt te werken voor afstanden van 50 tot 100 km. Het succes van deze vervoerwijze is dat passagiers sneller ter plekke komen dan met de eigen auto omdat het busje voorrang heeft. De werknemer-busbestuurder is meestal een kleine ondernemer die

zelf voor zijn klanten zorgt. Het voordeel voor deze ondernemer in Nederland zou f 100 tot f 200 per dag zijn als een bijdrage wordt gevraagd overeenkomstig de prijs van het openbaar vervoer. Er zal nog even moeten worden gewacht met invoering in Nederland totdat de voordelen van genoemde voorrang zijn gerealiseerd.

Overzicht



Figuur 5 Cumulatief effect van maatregelen ter verbetering van de doorstroming vergeleken met de groei van verkeer op autosnelwegen. Er is verondersteld dat het verkeer verdrievoudigt in 25-35 jaar. Het effect van de maatregelen overtreft de verwachte groei.

Figuur 5 geeft een overzicht van de genoemde maatregelen ter verbetering van de doorstroming op autowegen. De autosnelweg heeft een capaciteit van ruim 5000 personen per uur. Als er congestie optreedt, dan daalt deze doorstroming. Door dosering of door toepassen van prijsmechanismen kan de doorstroming gehandhaafd blijven. Als de twee rijstroken met een derde worden uitgebreid, neemt de capaciteit met 50% toe. Door elektronische koppeling neemt de capaciteit wederom met 50% toe. Als het zou lukken 4% van de auto's te vervangen door minibusjes, dan zou de capaciteit verdrievoudigen en is geen congestie meer te verwachten.

	Personen per uur per richting			Indices	
	Bestuurders	Mee-rijders	Totaal		
2 x 2 rijstroken 30 km/h	2948	442	3390	67%	100%
2 x 2 rijstroken 90 km/h	4400	660	5060	100%	149%
2 x 3 rijstroken 90 km/h	6800	1020	7820	155%	231%
idem, elektronische koppeling	10200	1530	11730	232%	346%
idem, met 4% minibusjes	10200	5753	15953	315%	471%
Vrije busbaan	12	50	600	12%	18%
Raillijn 8 treinen per uur	8	700	5600	111%	165%

OPENBAAR-VERVOERSYSTEEM

Openbaar-vervoergebruik

We beschikken in Nederland over goed openbaar vervoer. De treinen rijden met hoge frequenties. Het streekvervoer heeft uitstekend materieel en rijdt ook met hoge frequenties. Het openbaar vervoer zal in de komende jaren nog enigszins groeien. De afname door het toenemend autobezit wordt gecompenseerd door de groei van de bevolking en de groei van het inkomen.

De vraag is in welke mate het openbaar vervoer bijdraagt aan de bereikbaarheidsproblematiek. Ik maak een onderscheid tussen buitenstedelijk en binnenstedelijk openbaar vervoer.

Raillijnen

De huidige maximumcapaciteit van een interlokale dubbelsporige raillijn is 8 treinen per uur. Bij meer dan 8 treinen zijn 2 extra sporen

nodig. Met een treinbezetting van 700 reizigers, is het maximale aantal vervoerde reizigers in één richting 5600 personen per uur per richting. De huidige maximumcapaciteit van een spoorweg met twee sporen is dus weinig meer dan een autosnelweg met 2 x 2 rijstroken. De capaciteit van railverbindingen kan worden vergroot door grotere voertuigcapaciteit, meer sporen en verbetering van het seinstelsel. Het probleem is in welke mate de beschikbare capaciteit ook daadwerkelijk wordt gebruikt. De spoorweg brengt de passagiers vooral naar het centrum. Dit is voor het in stand houden van de stadscentra uiterst zinvol. Daar is thans nog 1/5 deel van de totale stedelijke arbeidsplaatsen gevestigd.

De autosnelweg levert de auto's af nabij de afritten. De auto's moeten echter nog verder de stad in. Dit probleem lost zich vanzelf op omdat de werkgelegenheid zich verplaatst naar de autosnelwegen.

Vrije busbaan

De vrije busbaan langs een autosnelweg komt er slecht af. De prestatie van een volledig benutte baan met om de 5 minuten een bus met 40 inzittenden is slechts 480 personen en derhalve minder dan een vijfde deel van de prestatie van één rijstrook van een autosnelweg. De vrije busbaan zou beter voor al het verkeer benut kunnen worden. Bussen moeten dan wel voorrang krijgen bij toeritdosering. Omdat er dan geen congestie op de autosnelweg is, kan een eigen busbaan gemist worden.

Bevorderen van het openbaar vervoer

Stedelijke gebieden

Zoals in het voorgaande is aangetoond, kan de toename van het verkeer buiten de bebouwde gebieden in belangrijke mate worden opgevangen door verbeteringen aan en uitbreiding van het autosnelwegennet.

In enkele gevallen kunnen ondergrondse autosnelwegen de bereikbaar-

heid van een stadscentrum veiligstellen. In stedelijke gebieden is op een andere manier het wegennet vrijwel niet uit te breiden. Het verkeer kan dus niet groeien, met als gevolg stagnatie van de groei van activiteiten.

Het openbaar vervoer heeft hier een essentiële taak in het bevorderen van de bereikbaarheid. De capaciteit van een tram, metro of S-Bahn is, afhankelijk van het toegepaste systeem, 2000 - 20.000 reizigers per uur per richting. Er worden daarom terecht diverse maatregelen genomen om het openbaar vervoer te bevorderen.

Verbetering van het lijnennet

Het verdient aanbeveling het lijnennet zo te ontwikkelen dat optimaal wordt ingespeeld op de latente vervoervraag. Door veranderingen in de ruimtelijke spreiding is latente vervoervraag nogal aan verandering onderhevig. Toename van de kriskras-relaties maken het voor het openbaar vervoer moeilijker. In andere landen worden geprivatiseerde kleine busjes voor openbaar vervoer gebruikt. In situaties met veel kriskras-relaties hebben ze waarschijnlijk de toekomst. De treintaxi en andere vormen van deeltaxi's zijn hiervan een allereerste begin.

Optimalisering van het lijnennet

Voor grotere relaties is het mogelijk het openbaar-vervoernet te verbeteren met optimaliseringsmodellen. Wij hebben een aantal van deze modellen op bruikbaarheid onderzocht. Optimalisering van openbaar-vervoernetwerken kan alleen met standaardtechnieken worden gerealiseerd als de beschrijving van het systeem aanzienlijk wordt vereenvoudigd, bijv. door linearisering. Omdat het probleem in werkelijkheid niet lineair is, bestaat het risico van het vinden van het optimum van een niet-bestaande werkelijkheid. Deze benadering is dus niet gekozen.

Aanvankelijk was de rekentijd op de toenmalige computers te lang en te kostbaar. Pas met de komst van de PC daalden de kosten in

voldoende mate om goede oplossingen mogelijk te maken [33]. Uit de meest recente optimaliseringsstudie [34] blijkt dat er veel goede oplossingen zijn die minder dan 10% van het optimale netwerk afwijken. De kans dat deze oplossingen zonder computer gevonden worden is evenwel minder dan 1%. Een ervaren planner zal waarschijnlijk een oplossing kiezen die ca. 20% van het optimum aflight. Optimalisering kan leiden tot meer openbaar-vervoergebruik. Ter bevordering van het openbaar vervoer zou men vaker van optimaliseringsmodellen gebruik moeten maken.

FIETSSYSTEEM

Het fietsen en lopen levert in Nederland een grote vervoerprestatie. Het aantal verplaatsingen is ongeveer even groot als het aantal verplaatsingen van autobestuurders, het aantal verplaatsingskilometers ongeveer even groot als het aantal van het openbaar vervoer [35]. De gemiddelde verplaatsingsafstand is ca. 3 km. De fiets is dus uitermate geschikt voor korte-afstandverplaatsingen binnen stedelijke bebouwing. Waarschijnlijk is het fietsen in Nederland een rem op het autobezit van niet-werkende vrouwen, dit in tegenstelling met bijv. de VS. Het fietsverkeer heeft een eigen infrastructuur nodig voor de verkeersveiligheid. De Nederlandse fietsvoorzieningen trekken internationaal de aandacht. De veranderingen in de ruimtelijke spreiding vereisen regelmatig aanpassingen aan fietsvoorzieningen. Dit luistert zeer nauw, want fietsers rijden niet om.

INFORMATIESYSTEMEN

Informatie voor openbaar-vervoergebruikers

Informatica en telematica bieden geheel nieuwe mogelijkheden voor verkeersdeelnemers. De reisplanner van NS is een goed voorbeeld daarvan. De informatie heeft betrekking op de geplande dienstrege-

ling. Het zou nog beter zijn als actuele informatie beschikbaar zou worden gesteld over de dienstuitvoering, dus inclusief vertragingen en aansluitingskansen.

Informatie voor auto- en openbaar-vervoergebruikers

Andere informatiesystemen worden ontwikkeld die rijtijden vergelijken van auto en openbaar vervoer. Men mag verwachten dat in het algemeen reistijden gunstig uitvallen voor de auto, zelfs in situaties met congestie. Het gebruik van openbaar vervoer door autobezitters berust ten dele op een onderschatting van de reistijd met het openbaar vervoer (inclusief voor- en natransport en wachten) en een overschatting van de reistijd met de auto. Sommige verkeersdeelnemers gebruiken dus het openbaar vervoer in de veronderstelling dat dit sneller is. Informatie confronteert de autobezitters met de echte reistijden. Dit is nadelig voor het openbaar-vervoergebruik. Beter lijkt het informatie over het openbaar-vervoersysteem en het autosysteem te beperken tot die relaties waar het openbaar vervoer sneller is, bijv. naar stadscentra van grote steden. Voor de overige relaties is het beter de informatie over het openbaar-vervoer- en het autosysteem onafhankelijk van elkaar te verschaffen.

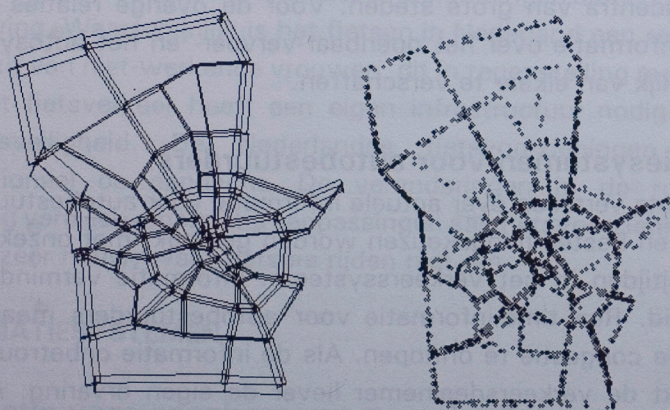
Informatiesystemen voor autobestuurders

Nu zal ik iets vertellen over actuele informatie voor autobestuurders. De route- en bestemmingskeuzen worden gemaakt met onzekerheid omtrent rijtijden in het verkeerssysteem. Informatie vermindert de onzekerheid. Real-time-informatie voor autobestuurders maakt het mogelijk de congestie te ontlopen. Als de informatie onbetrouwbaar is, gebruikt de verkeersdeelnemer liever de eigen ervaring. Als de informatie wel betrouwbaar is, reageert men zodanig dat de files verminderen [36].

Echter, het verkrijgen van betrouwbare informatie over verkeer en wegen is minder eenvoudig dan het lijkt. Op autosnelwegen worden

de gegevens ingewonnen met behulp van detectoren. Met deze gegevens kunnen betrouwbare rijtijden op het autosnelwegennet worden afgeleid [37] [38].

Een probleem is hoe op provinciale wegen en in steden de noodzakelijke gegevens kunnen worden ingewonnen: recente veranderingen zoals (re)constructie, veranderingen in de verkeersregeling, wegwerkzaamheden, incidenten, ongevallen en andere oorzaken maken historische gegevens snel onbetrouwbaar. Het vereist een enorme organisatie om deze gegevens zo snel door te geven dat ze bruikbaar zijn. Ik acht de realisering daarvan ook in de toekomst niet haalbaar. Een perspectiefrijke mogelijkheid is om de auto's met apparatuur uit te rusten voor plaatsbepaling en snelheidsmeting. Deze kunnen de noodzakelijke gegevens verzamelen [39]. Ter illustratie ziet U in figuur 6 links de vervoerstromen en rechts de met auto's verzamelde netwerk- en snelheidsgegevens van Eindhoven [40]. De auto's zenden de gegevens door naar een Verkeers-Informatie-Centrum.



Figuur 6 Vervoerstromen (links) en een netwerk met snelheden (rechts) waargenomen door met plaatsbepalings- en snelheidsapparatuur uitgeruste auto's. De snelheden kunnen met kleuren worden aangegeven.

Na noodzakelijke bewerking verzendt het Centrum de gegevens weer naar de auto's. Met een board-computer wordt de kortste route bepaald, nadat deze tijden door loting enigszins veranderd zijn [41]. Niet iedereen kiest dan dezelfde route, waarmee voorkomen wordt dat er congestie ontstaat.

Modelstudies tonen aan dat door dit soort informatiesystemen [42] 10 tot 20% minder verkeer ontstaat, zowel in netwerken met als in netwerken zonder congestie. Dit is vooral van belang voor het verkeer in steden, omdat daar uitbreiding van de capaciteit vrijwel onmogelijk is.

ENERGIEGEBRUIK

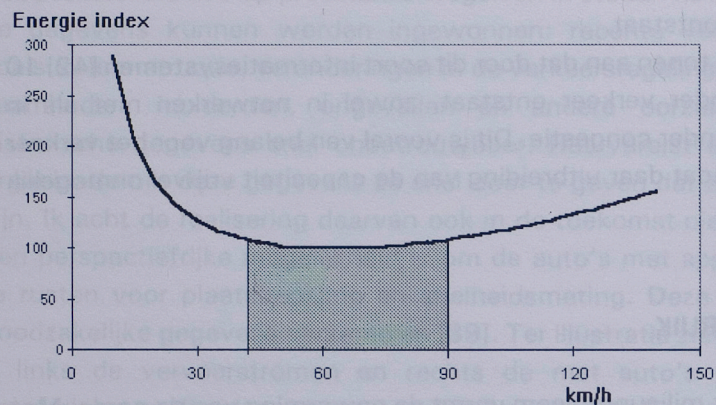
Een belangrijk milieuprobleem vormt de opwarming van de aarde. Men is het er niet over eens of CO_2 daar nu wel of niet toe bijdraagt. Ik meen dat niet is aangetoond dat CO_2 geen invloed heeft. Het lijkt me, gelet op de mogelijke gevolgen, juist met het meest ernstige geval rekening te houden.

Het energiegebruik van een verplaatsingskilometer per trein is ca. 60% van dat van de auto [43]. Het lijkt derhalve goed het treingebruik bij automobilisten te bevorderen. Ik heb echter mijn mening hierover moeten herzien toen ik in het OVG ontdekte dat de autobezitter 20 maal zoveel kilometers maakt met de auto dan met de trein. Een verdubbeling van het openbaar vervoer is dus slechts van ondergeschikte invloed op het autogebruik en heeft nauwelijks invloed op het energiegebruik.

Met informatie voor autobestuurders ontstaat minder verkeer en dus ook minder energiegebruik.

Het energiegebruik van auto's zou aanzienlijk kunnen verminderen indien de snelheid op autosnelwegen niet lager zou zijn dan 50 en niet hoger dan 90 km/h en met constante snelheid zou worden gereden.

Voordeel van deze maatregel is dat onmiddellijk resultaat wordt geboekt (fig. 7).



Figuur 7 De index van het energiegebruik als functie van gemiddelde snelheid. De index is 100 bij 60 km/h. Het minimum-energiegebruik wordt gerealiseerd tussen 50 en 90 km/h. Boven 90 km/h neemt het energiegebruik toe door de luchtweerstand, bij snelheden lager dan 50 km/h door wachten en optrekken.

De motoren kunnen zo worden ontworpen dat ze minder brandstof gebruiken. Een halvering van het brandstofgebruik schijnt haalbaar. Het meest effectief is echter het gebruik van alcohol gemaakt uit biomassa. Dit leidt niet tot een vergroting van het CO₂-gehalte. De hogere produktiekosten kunnen worden gecompenseerd met lagere brandstofaccijns.

SLOTOPMERKINGEN

Dames en heren,

Even terug naar het begin. Hoewel het beleid geheel anders is, blijkt dat zowel in de VS als in Nederland congesties optreden. Het is

verleidelijk een voordracht te houden over tekortkomingen van het verkeers- en vervoerbeleid. Ik denk dat het bij een afscheid zinniger is om een overzicht te geven van hetgeen te leren valt van fouten en wat er voor goeds uit volgt.

Opmerkingen bij onderzoek

1. Ik noemde U dat foutieve aggregatie van gegevens tot informatieverlies leidt, en daarmee tot het trekken van onjuiste conclusies.
2. Veel modellen bevatten stuurvariabelen die gebaseerd zijn op de wens tot sturen, maar ze zijn onvoldoende in de praktijk op realiteitswaarde onderzocht (voorbeelden zijn: invloed auto-brandstofprijzen op autogebruik en de invloed van de verhouding tussen reistijden per auto en per openbaar vervoer, bij verkeerskundigen bekend als VF-factor, op auto- en openbaar-vervoeraandeel). Het is als een schip waarbij het stuur niet verbonden is met het roer. Wat valt te verwachten van een beleid gebaseerd op uitkomsten van modellen met stuurvariabelen die niet sturen?
3. Computerprogramma's worden algemeen gebruikt om verkeerskundige modellen door te rekenen. De computerprogramma's ontwikkeld in de jaren '60 en '70 zijn toegesneden op de toenmalige problemen. De meeste van deze programma's zijn inmiddels zeer complex geworden. Het gebruik ervan om de doelmatigheid op nieuwe verkeers- en vervoermaatregelen uit te proberen verloopt nogal moeizaam. De complexiteit van de programmatuur is een rem op het voldoende snel verkrijgen van inzicht in de doelmatigheid van nieuwe verkeers- en vervoermaatregelen.
4. Het verwaarlozen van de invloed van het vervoersysteem op de ruimtelijke spreiding leidt tot ontwikkelingen die tegengesteld zijn aan hetgeen bedoeld is.

5. Het verheffen van stuurvariabelen tot doelstelling, zoals het laten vastlopen van het verkeer en het bevorderen van het openbaar vervoer. Dit leidt tot oplossingen die niet de gewenste bereikbaarheidsdoelstelling dienen.

Samenvatting

Ik sluit nu af met een samenvatting. Het verkeer zal zich in de komende 25-35 jaar verdubbelen. Het internationale vrachtverkeer zal zich verveelvoudigen. Ik heb Uw aandacht gevraagd voor de gevolgen van het vastlopen van het verkeer voor de ruimtelijke spreiding. De verschuivingen in ruimtelijke spreiding leiden tot sterke achteruitgang van oude stadsdelen, vollopen van landelijke gebieden en zeer veel kriskras-relaties. Het openbaar vervoer kan daardoor minder goed functioneren. Het is daarom van groot belang dat de bereikbaarheid van stedelijke gebieden gehandhaafd blijft.

Prijsmechanismen op de autosnelwegen zullen niet leiden tot uitbreiding van de bereikbaarheid. Beter zijn doseringssystemen, elektronische koppeling van voertuigen en particuliere minibusjes. Nieuwe toedelingstechnieken maken een veel beter inzicht mogelijk in de doelmatigheid van verbetering van het systeem. Gebruik van optimaliseringstechnieken kan milieuvriendelijke oplossingen genereren. Het bestaande wegennet moet met rijstroken worden uitgebreid. De capaciteit van een op deze wijze aangepaste 2 x 3-strooksautosnelweg blijkt vier maal groter te zijn dan de huidige overbelaste 2 x 2-strooksautosnelweg.

Veel mag worden verwacht van toepassing van informatiesystemen voor autobestuurders. De capaciteit wordt beter gebruikt, hetgeen relatief vooral van belang is voor het verkeer in stedelijke gebieden. Het laten vastlopen van het verkeer ter bevordering van het openbaar vervoer heeft onbedoeld een tegengesteld effect en is bezien vanuit ruimtelijk perspectief verwerpelijk.

Binnen steden is het wegennet vrijwel niet uit te breiden. Het

ondergronds bouwen van wegen, toegepast in Boston en Amsterdam, is een optie om activiteiten in stadscentra te stimuleren.

De functie van het openbaar vervoer is hier onontbeerlijk. Optimaal inspelen op de veranderende vervoervraag is nodig. De aandacht zou meer op openbaar vervoer in de Randstad moeten worden gericht dan op hogesnelheidslijnen. Fietsen naar werkgelegenheid nabij autosnelwegen is een doelmatige en goedkope oplossing voor het binnenstedelijke verkeer.

Een multimodale oplossing lijkt aanbevelingswaardig: dus niet alleen de auto, evenmin alleen het openbaar vervoer. Bovendien moet de fiets niet vergeten worden.

GIDSEN OP DE WEG NAAR DE TOEKOMST

Tot slot wil ik aandacht vragen voor de verkeerskundigen die de nieuwe ideeën moeten beoordelen en realiseren. Het is nodig mensen te laten samenwerken die in staat zijn nieuwe, thans nog onbekende mogelijkheden op realiteitswaarde te toetsen. Immers, de meeste systemen gaan aan te grote ambitie ten gronde.

Zij zullen nieuwe gereedschappen moeten maken, waarmee beleidsmakers betere beslissingen kunnen nemen. Behouden wat goed is uit het verleden en een open oog voor nieuwe mogelijkheden. In de beperking toont zich het meesterschap!

Het scheppen van een inventief en tolerant klimaat is onontbeerlijk om goede ideeën een kans te geven. Een werkplaats voor nieuwe, realistische denkbeelden waar een wetenschappelijk kritisch oordeel mogelijk is.

De verkeerskundigen zijn de gidsen op de weg naar de toekomst. Zij zullen het schijnbaar onmogelijke tot stand moeten brengen.

Staan we voor een onoplosbaar verkeersprobleem? Waar gaan we naar toe? Naar het weinig aantrekkelijke verkeersbeeld van bijv.

Jakarta? Als we zo doorgaan: ja; niet als we gebruik maken van de ons geboden mogelijkheden. Mijn taak is hier beëindigd en mijn oordeel hier niet meer relevant. Het echte antwoord is daarom aan U. *Ik dank U voor de aandacht.*

Literatuuropgave

- [1] "Verkeersgegevens". Jaarrapport 1994 van Adviesdienst Verkeer en Vervoer. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, figuur 38
- [2] Verkregen via INTERNET op pagina <http://www.scubed.com./caltrans/la/la-big-map.shtml>
- [3] CBS: "De mobiliteit van de Nederlandse bevolking". Voorburg/Heerlen. Diverse jaargangen.
- [4] Hamerslag, R. (1980)
"Afstandsmaat voor het Samenstellen van Probleemgerichte Homogene Bevolkingsgroepen". In: P.H.L. Bovy (ed.) Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk CVS, Delft
- [5] Hamerslag, R. (1987) en W. Scheltes
"A New Algorithm for Grouping Observations from a Large Transportation Database". In: Transportation Research Record 1090, State-wide Data Collection and Management Systems. Washington, pp. 52-60
- [6] Hamerslag, R. (1990)
"Analysing the Netherlands Travel Survey. Methods for analysing some findings". In: Proceedings 5th DVWG Seminar Schriftenreihe der deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft, Reihe B, ISSN 0418-9183
- [7] Eigen bewerking van OVG-1979 (mannen en vrouwen).
Het verdient aanbeveling te onderzoeken welke veranderingen sinds 1979 hebben plaatsgevonden.
- [8] Hamerslag, R. (1983), L.H. Immers en J.M. Jager
"The Development of the Mobility in the Netherlands". Tenth Transportation Planning Colloquium, Zandvoort
- [9] "Kerncijfers Verkeer en Vervoer 1996".
Centraal Bureau voor de Statistiek, Heerlen, 1996, tabel 3
- [10] "Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer".
Tweede Kamer, Vergaderjaar 1988-1989, Den Haag, Sdu 1988
- [11] Tavasszy, L.A. (1996)
"Modelling European Freight Transport Flows".
PhD. thesis TU Delft, ISBN 90-9009780-5
- [12] Bedoeld worden computermodellen van HCG, DHV, TRIPS (UK), TRANSPAN (VS), Goudappel Coffeng, AGV etc.

- [13] Hamerslag, R. (1996)
"Use of Graphics in Traffic Transportation & Land Use Programs for Education, Research and Sketch Planning". Proceedings 7th ICECGDG, Cracow
- [14] Hamerslag, R. (1988) and L.H. Immers
"The Estimation of Trip Matrices. Shortcomings and Possibilities for Improvements". In: Transportation Research Record 1203, National Research Council, Washington D.C.
- [15] Hamerslag, R. (1978)
"Voorspellen over Modellen". Inaugurale rede. Delftse Universitaire Pers
- [16] Hamerslag, R. (1975)
"The Interdependence between Environment and Transportation Planning". In: C.A. Brebbia, Proceedings Intern. Conf. on Mathematical Models for Environmental Problems. University of Southampton, Pentech Press, London, pp. 13-25
- [17] Hamerslag, R. (1993), E.C. van Berkum and M.A. Replogle
"A Model to Predict the Influence of New Railways and Freeways on Land Use Development". 72nd TRB Annual Meeting, Washington D.C. paper 930875
- [18] "Uitvoeringsnotitie Parkeerbeleid. Hoeksteen van het Verkeers- en Vervoerbeleid". Tweede Kamer, Vergaderjaar 1991-1992, 22 383. Den Haag Sdu 1991
- [19] Hamerslag, R. (1995), J.D. Fricker and P. van Beek
"Parking Restrictions in Employment Centres: Implications for Transport and Land Use". In: Transportation Research Record 1499, National Research Council, Washington D.C.
- [20] Lambrechtsen, J. (1993) en M. Westerman (ed.)
"Dynamisch Traffic Management in Nederland". TU Delft, Sectie Verkeerskunde. ISSN: LVV-rapport 0920-0592
- [21] Zijpp, N.J. van der (1996)
"Dynamic Origin-Destination Matrix Estimation on Motorway Networks". PhD. thesis TU Delft ISBN 90-9009499-7
- [22] Bovy, P.H.L. (1990)
"Traffic Assignment in Networks without Congestion" (in Dutch). PhD. thesis TU Delft ISBN 90-3690-431-5
- [23] Hamerslag, R. (1989)
"Dynamic Assignment in the Three-Dimensional Time-Space". 1220 Transportation Research. National Research Council, Washington D.C., pp. 28-32

- [24] Romph, E. de (1992), H.J.M. van Grol and R. Hamerslag
"Application of Dynamic Assignment in Washington". In: Transportation Research Record 1443, Travel Demand Modelling and Assignment Models, National Research Council, Washington D.C., pp. 100-109
- [25] Romph, E. de (1994)
"A Dynamic Traffic Assignment Model. Theory and Applications". PhD. thesis TU Delft ISBN 90-9007710-3
- [26] Steenbrink, P.A. (1971)
"Optimisation of Transport Networks". John Wiley & Son Ltd., London
- [27] Immers, L.H. (1989) en P.H. Mijjer
"Optimizing of Transport Networks". 20th Int. Conference on Transport Planning and Traffic Engineering, Budapest
- [28] Houtman, J.W. (1987) and L.H. Immers
"A Traffic Assignment Model to Reduce Noise Annoyance in Urban Networks". Transportation Research Record 1143, Washington D.C.
- [29] Alvasi, M. (1991), P. De Loof, W. Linns, G. Petri and A. Roland
"Anti-collision Radar of ART". In: Advanced Telematics in Road Transport, Proc. DRIVE-Conference Brussel, Elsevier Amsterdam, pp. 943-963
- [30] CBS: "Statistiek van het personenvervoer". Voorburg/Heerlen, diverse jaargangen
- [31] "Kerncijfers Mobiliteit 1996". Stichting Weg, Den Haag
- [32] Kumar, A. (1989) and M. Moilov
"A study of Van-pools in Los Angeles". TRB Annual Meeting, paper 890570
Williams, J. (1989), P. Marchione and A. Mohammed
"Van-pool Operators Survey for the Washington Region". Metropolitan Information Centre Washington D.C.
- [33] Nes, R. van (1988), R. Hamerslag and L.H. Immers
"The design of Public Transport Networks". 1202 Transportation Research Record, National Research Council, Washington D.C., pp. 74-83
- [34] Stada, J.E. (1996) and R. Hamerslag
"Optimization of Public Transit Systems using Simulated Annealing and Genetic Algorithms". In: P.H.L. Bovy et al (ed.) Transportation Modelling for Tomorrow, Delft University Press ISBN 90-4071317-0
- [35] Eigen bewerking OVG-gegevens 1981

- [36] Mede, P.H.J. van der (1993) and E.C. van Berkum
 "The Impact of Traffic Information: Dynamics in Route and Departure Time Choice". Ph.D. thesis TU Delft, ISBN 90-9006318-8
- [37] Westerman, M. (1992), L.H. Immers and R. Hamerslag
 "Determination of Real Time Travel Times on congested Motorways for Short Term Applications". In: N.H. Gartner and G. Improta (ed.) Proceedings of the Second International CAPRI Seminar on Urban Traffic Networks, pp. 229-242
- [38] Westerman, M. (1995)
 "Real-Time Traffic Data Collection for Transportation Telematics".
 Ph.D. thesis TU Delft
- [39] Hamerslag, R. (1994)
 "Dynamic Traffic Information for Advanced Traveler Information Systems".
 In: Proc. IFAC 7th Symposium on Transportation Systems. Theory and Applications of Advanced Technology, Tianjin, China, pp. 655-660
- [40] Bijvoet, T.H.A. (1995)
 "Monitoring, kan het anders". Afstudeerrapport TU Delft, Sectie Verkeerskunde
- [41] Hamerslag, R. (1995) and J.E. Stada
 "Modifying Link Travel Times for Improved Route Guidance".
 In: P.J. Pah and H. Werner (ed.) Computing in Civil and Building Engineering, Bakema, Rotterdam, Brookfield, ISBN 90-5410558-5, pp. 1401-1407
- [42] Hamerslag, R. (1991) and E.C. van Berkum
 "Effectiveness of Information Systems in Networks With and Without Congestion". In: Transportation Research Record 1306, Transportation Research Board, Washington D.C., pp. 14-21
- [43] "Energiegebruik en Milieubelasting in Verkeer en Vervoer 1980-1993".
 Goudappel Coffeng, 1994