

VISUELE SELECTIE IN HET VERKEER

Een interimrapport

R-89-60

Drs. M.P. Hagenzieker

Leidschendam, 1989

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding
2. Wat moet op welk moment worden waargenomen?
3. Wat wordt of kan op welk moment worden waargenomen?
4. Vershil tussen wat zou moeten worden waargenomen en wat in feit wordt waargenomen
5. Welke processen spelen een rol bij wat wordt waargenomen?
 - 5.1. Inleiding
 - 5.2. Onderliggende processen
6. Hoe kan dat wat waargenomen moet worden afgestemd worden op dat wat kan worden waargenomen?
7. Opzet en resultaten van het onderzoek
 - 7.1. Vraagstelling
 - 7.2. Methode experimenten 1 en 2
 - 7.3. Resultaten experimenten 1 en 2
 - 7.4. Methode experiment 3
 - 7.5. Resultaten experiment 3
8. Conclusies
9. Discussie en aanbevelingen voor verder onderzoek

Literatuur

VOORWOORD

Dit rapport is een nota bij het project "Visuele selectie" dat de SWOV in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat verricht. "Visuele selectie" is een meerjarig project; deze nota beslaat de onderzoeksperiode 1988-1989. Alle experimenten ten behoeve van dit project zijn uitgevoerd door het Instituut voor Zintuigfysiologie (IZF-TNO). De experimenten werden door drs. J. Theeuwes beschreven in de rapporten "Conspicuity is task dependent; Evidence from selective search" (IZF 1989 C-8), "Conspicuity is task dependent; Visual search for uniquely colored targets" (IZF 1989 C-16) en "Cross-dimensional perceptual selectivity" (IZF 1989 C-17). Deze nota vat de resultaten van deze reeks experimenten samen, plaatst ze in een breder kader en geeft aan in hoeverre de resultaten betrekking hebben op situaties in het verkeer c.q. op verkeersgedrag. Tevens worden ~~—~~ aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

1. INLEIDING

Algemeen wordt aangenomen dat zo'n 90% van de informatie die een verkeersdeelnemer tot zich neemt van visuele aard is. Wat de exacte waarde van dit getal precies moge zijn, visuele waarneming speelt zonder twijfel een zeer belangrijke rol. Visuele waarneming bevat echter tal van aspecten, van kenmerken van het gezichtsvermogen, pure detectie van stimuli, tot 'hogere orde' - meer cognitieve - processen zoals het selecteren, herkennen en het interpreteren van visuele stimuli; over wat het relatieve belang van al deze facetten is bestaat nog geen overeenstemming. Wel lijkt vast te staan dat diverse kenmerken van het gezichtsvermogen, zoals slecht "scherp zien" en defecten aan kleuren zien, niet samengaan met een verhoogde kans op een ongeval. Cognitieve aspecten lijken derhalve van meer belang te zijn. Er bestaat tot op heden noch in de fundamentele noch in de toegepaste wetenschap een goede algemene theorie die beschrijft of verklaart hoe deze cognitieve processen zich afspelen en hoe deze bijdragen in eventuele fouten die optreden. Tal van modellen voor verkeersgedrag zijn de afgelopen decennia opgesteld; al deze modellen benadrukken weer andere aspecten van de taak en de mens. Sommige zijn vooral gericht op 'output' (het uiteindelijk vertoonde gedrag), recentelijk ruimen andere ook plaats in voor onderliggende - cognitieve - processen (zie voor een overzicht bijv. Michon, 1985). Deze notitie heeft niet de bedoeling al deze benaderingen te bespreken; enkele voorbeelden van lijnen van onderzoek worden ter illustratie aangehaald om vooral de rol van visuele waarneming in het verkeer aan te geven.

De rol van visuele waarneming in het verkeer wordt aan de hand van een aantal verschillende invalshoeken besproken in de navolgende hoofdstukken. Daarbij wordt steeds aangegeven welke lijnen van onderzoek van toepassing zijn op die verschillende invalshoeken, en onder welke noemer het project "Visuele selectie" onder te brengen is.

Om een volledig beeld van de rol van visuele waarneming in het verkeer te verkrijgen zou ten eerste bekend moeten zijn welke kenmerken of aspecten van het verkeersbeeld waargenomen moeten worden om de verkeerstaak goed te kunnen uitvoeren (zie Hoofdstuk 2). Ook zou bekend moeten zijn wat verkeersdeelnemers in de praktijk in feite waarnemen of kunnen waarnemen op verschillende momenten en in verschillende situaties (zie Hoofdstuk 3).

Als er een discrepantie bestaat tussen wat verkeersdeelnemers in feite doen of kunnen en wat zij zouden moeten waarnemen, kan dit leiden tot ongevallen (zie Hoofdstuk 4). Om deze discrepantie te kunnen onderzoeken en begrijpen is het nodig inzicht te hebben in welke mentale of cognitieve processen een rol spelen bij het selecteren, herkennen en interpreteren van visuele kenmerken uit de omgeving (zie Hoofdstuk 5). Tenslotte is het belangrijk dat, gegeven al deze kennis omtrent bovengenoemde punten, hetgeen zou moeten worden waargenomen afgestemd wordt op hetgeen mensen doen of kunnen; dan kunnen maatregelen getroffen worden die de verkeersveiligheid bevorderen (zie Hoofdstuk 6).

De indeling in deze hoofdstukken betekent niet dat de verschillende onderwerpen elkaar inhoudelijk uitsluiten. Integendeel: vaak zal sprake zijn van ingewikkelde interacties, vandaar dat de term 'invalshoek' gekozen is, omdat vooral de benaderingen van de rol van visuele waarneming en het type onderzoek steeds anders zijn. Verschillende soorten onderzoek kunnen bijdragen om zowel dat wat verkeersdeelnemers moeten waarnemen en dat wat zij kunnen of in feite doen te achterhalen. Allerlei soorten gedragsonderzoek komen hiervoor in aanmerking. Met 'gedragsonderzoek' wordt hier zowel bedoeld op directe observaties als op onderzoek naar mentale processen die niet direct te observeren zijn, maar afgeleid kunnen worden uit observaties.

2. WAT MOET OP WELK MOMENT WORDEN WAARGENOMEN?

Over welke elementen uit de omgeving in welke verkeerssituatie en op welk moment moeten worden waargenomen zodat de taak 'goed' uitgevoerd wordt, is weinig bekend. Wel zijn verschillende pogingen ondernomen om een en ander in kaart te brengen. Dat dit een moeilijke opgave is, illustreert het volgende voorbeeld: "De meest eenvoudige beschrijving van verkeersgedrag is het uitvoeren van de taak om gelijktijdig een snelheid aan te houden en een bepaalde koers te volgen. Als de denkbeeldige verkeersdeelnemer een bestuurder van een voertuig is, moet deze bij het uitvoeren van deze taak het voertuig bedienen, d.w.z. door het verrichten van handelingen aan het voertuig ervoor zorgen dat het voertuig de gewenste snelheid en koers aanhoudt. [...] De bestuurder zal ook de weg moeten volgen en obstakels en andere weggebruikers vermijden. Om dat te doen moet een voorspelling gemaakt worden van de toekomstige positie van het voertuig ten opzichte van het wegverloop, van de positie van obstakels en van de toekomstige positie van andere weggebruikers. [...] Een deel van de gegevens die een bestuurder nodig heeft om zijn taak te vervullen (zoals eigen snelheid en koers, het verloop van de weg, aanwezigheid van andere weggebruikers) kan worden waargenomen, d.w.z. afgeleid uit prikkels van buiten die via de zintuigen binnen komen. Voor een ander deel van de benodigde gegevens (zoals de toekomstige positie van eigen voertuig en andere weggebruikers) zijn alleen prikkels van buiten niet voldoende, maar is kennis, ervaring en oefening nodig (in Noordzij, 1987, p. 32-33).

Zelfs dit eenvoudige voorbeeld geeft al aan dat de taak enorm complex is, dat van tijdstip tot tijdstip de te verrichten handelingen variëren, de visuele 'input' varieert, en tevens de mate van 'belangrijkheid' van deze visuele input. In de ene situatie zal een zeker verkeersbord moeten worden waargenomen om de taak correct uit te voeren, in een andere situatie is datzelfde bord niet van belang voor een bestuurder. Een voorbeeldje: Neem een bord dat een gevaarlijke kruising aanduidt; als een bestuurder die de plaatselijke situatie niet kent dat bord niet ziet, dan kan dat een botsing opleveren. En zelfs in dit geval hoeft het bord niet essentieel te zijn: als andere verkeersdeelnemers worden waargenomen die zich volgens een zeker 'patroon' gedragen, dan kan deze informatie voor de bestuurder al voldoende zijn om zich correct (in dit geval wordt bedoeld 'veilig') te gedragen. Dan zijn 'de andere verkeersdeelnemers' degenen die in ieder geval gezien moeten worden. Bestuurders die de kruising goed kennen, hoe-

ven zo'n bord helemaal niet te zien, ze weten dat het hier een gevaarlijke kruising betreft.

In de literatuur zijn diverse voorbeelden te vinden van gedragingen die geclassificeerd werden als veilig of onveilig, goed of slecht etc., ofwel gebaseerd op subjectieve afwegingen ofwel op normatieve (afgeleid uit bijv. regelgeving of infrastructuur). Pogingen om criteria te ontwikkelen voor 'veilig' gedrag - "dat wat moet" - hebben in het verleden geleid tot het maken van taakanalyses en het opstellen van taxonomieën van gedrag van soms enorme complexiteit (zie bijv. McKnight & Adams, 1970).

Bij veel van deze lijsten is sprake van een beschrijving van handelingen zoals ze zouden moeten gaan, niet zoals het in werkelijkheid gaat. Er is geen specificatie van de 'cues' of zoekpatronen die gebruikt worden om informatie te vergaren of van de rol van ervaring bij toekomstig gedrag. Daarbij komt dat verkeersdeelnemers niet de hele tijd gericht zullen zoeken naar bepaalde informatie. Een verdwaalde automobilist zal gericht zoeken naar richtingaanwijsborden. Vaak zal er sprake zijn van 'min of meer' gericht zoeken. Een automobilist die op een bochtige weg rijdt, zal er op bedacht zijn dat er af en toe een scherpe bocht zal verschijnen en zal op zekere momenten daar naar zoeken. En soms wordt er in het geheel niet gericht gezocht, er is dan meer sprake van 'monitoring'; men kijkt wel om zich heen maar zoekt niet naar specifieke visuele elementen. En als er gericht gezocht wordt, betekent dat nog niet dat het gezochte object (of verkeersdeelnemer) ook aanwezig zal zijn; de waarschijnlijkheid waarin het te zoeken kenmerk aanwezig is varieert ook van situatie tot situatie en van moment tot moment. Bovendien bevatten dergelijke lijsten geen beschrijving van de transformatie van informatie naar handelingen (of handlingsplannen). Met andere woorden, er is geen verklaring waarom weggebruikers hun snelheid en richting kiezen, hun handelen met betrekking tot andere weggebruikers etc.

Een en ander maakt duidelijk dat het vrijwel ondoenlijk is voor alle mogelijke combinaties van gedragingen, situaties en momenten vast te stellen wat waargenomen dient te worden. In plaats van te concentreren op onveilig gedrag op basis van a priori overwegingen, is het nuttiger om te proberen 'gevaarlijk' gedrag te identificeren; bijvoorbeeld door empirisch aan te tonen dat bepaalde gedragingen of combinaties van gedragingen en waarnemingen meer voorkomen in ongevalssituaties dan in niet-ongevalssituaties.

Daartoe moet veel gedetailleerde informatie verzameld, c.q. geobserveerd worden zowel bij (bijna)ongevallen als bij 'normaal' gedrag (zie bijv. het "Voorstel integraal onderzoek naar de relatie tussen ongevallen en verkeersgedrag", SWOV, 1989).

3. WAT WORDT OF KAN OP WELK MOMENT WORDEN WAARGENOMEN?

Oogbewegingsstudies hebben laten zien dat bestuurders gemiddeld ongeveer drie keer per seconde fixeren. Het gedeelte van de visuele omgeving dat een bestuurder in detail kan zien in één of twee seconden is daardoor zeer beperkt, en toch moeten in die tijdspanne vaak cruciale beslissingen genomen worden. Hier staat tegenover dat binnen één fixatie al een enorme hoeveelheid informatieverwerking plaats vindt: experimenten hebben laten zien dat complete scènes al konden worden herkend binnen 150 msec (zie bijv. Potter & Faulconer, 1975). Hills (1980) stelt in dit verband dat "part of the art of driving may therefore involve developing the skill of looking in the right place at the right time. It may also involve the ability to predict accurately where the critical points in the scene will be in the next few seconds ahead" (p. 189). Hieraan kan worden toegevoegd: en welke visuele kenmerken van die situatie betreft het dan? Het is onmogelijk dat alles uit de visuele omgeving wordt waargenomen; er zal dus een selectie gemaakt moeten worden.

In het vorige hoofdstuk werd al aangegeven dat wat waargenomen zou moeten worden verschilt per situatie, gedrag en moment. De relevantie van visuele kenmerken uit de omgeving kan van taak tot taak verschillen; dat dit inderdaad effect heeft op de uitvoering van die taak, illustreert onderstaand voorbeeld. Als een automobilist geïnstrueerd wordt om alle verkeerstekens en andere tekens op te noemen die hij tegenkomt, dan blijkt hij in staat bijna al deze tekens 'te selecteren'. Als echter pas na afloop van de rit aan de bestuurder gevraagd wordt de verkeerstekens op te noemen die hij gepasseerd heeft, komt hij nog maar tot ongeveer de helft, waarbij moet worden opgemerkt dat dit niet simpelweg te wijten is aan geheugeneffecten (zie bijv. Shinar & Drory, 1983; Johansson & Rumar, 1966). Een dergelijk experiment werd ook gedaan door Hughes en Cole (1986). Proefpersonen werden ofwel geïnstrueerd alles wat hun aandacht trok onderweg op te noemen, ofwel bepaalde 'targets' en andere verkeerstekens op te noemen. Het eerste wordt door Hughes en Cole "attention conspicuity" genoemd: het heeft betrekking op "aandacht trekken", een 'bottom-up'-proces waarbij de aandacht gestuurd wordt door omgevingskenmerken. Het tweede wordt door hen "search conspicuity" genoemd: dit heeft betrekking op "aandacht sturen", een 'top-down'-proces waarbij de aandacht actief gestuurd wordt door de waarnemer. De ene instructie ("noem alles") resulteerde in

het opnoemen van 10% van de 'targets', terwijl de andere instructie ("noem bepaalde objecten") tot 70% genoemde targets leidde.

Het is vooral van belang te achterhalen wat nu bij de weggebruiker relevante kenmerken uit de omgeving zijn. Uit onderzoek is gebleken dat bijvoorbeeld de categorisering van wegen door weggebruikers anders plaatsvindt en gebaseerd is op andere kenmerken, dan die zoals officieel vastgelegd (zie Riemersma, 1988a; 1988b). Luoma (1986) onderzocht in een laboratoriumexperiment in hoeverre irrelevante stimuli (in zijn geval reclameborden) het selecteren en waarnemen van relevante stimuli (verkeersborden en ander verkeer) beïnvloeden. In het experiment werd het correct noemen van verkeers- en reclameborden vergeleken als deze alleen danwel te zamen verschenen; e.e.a. werd per aanbiedings'trial' gevarieerd. Als verkeersborden alleen verschenen, bedroeg het gemiddelde correct genoemde borden 75%; als reclameborden alleen verschenen bedroeg dit percentage 66%. Als ze gemeenschappelijk in een plaatje verschenen, werd het verkeersbord in nog maar 49% van de gevallen genoemd; andersom was de verstoring minimaal. Tegemoetkomend verkeer verstoortte het waarnemen van verkeersborden lang niet zo erg als dat van reclameborden. Opgemerkt moet worden dat het onderscheid tussen relevant en irrelevant (voor de verkeerstaak) door de onderzoeker zo genoemd is, maar dat de proefpersonen een dergelijke classificering niet kregen voorgeschoteld. Hun taak was het noemen van de stimuli, waarbij alle borden dus in feite voor hen even relevant waren. Toch werden verschillende effecten gevonden. Op deze manier kan dus onderzocht worden welke kenmerken voor de verkeerstaak door verkeersdeelnemers zelf eerder opgemerkt worden dan andere.

4. VERSCHIL TUSSEN WAT ZOU MOETEN WORDEN WAARGENOMEN EN WAT IN FEITE WORDT WAARGENOMEN

Als er een verschil bestaat tussen wat zou moeten worden waargenomen en wat in feite wordt waargenomen of kan worden waargenomen, kan dat leiden tot ongevallen. Aanknopingspunten of bewijzen daarvoor zijn te achterhalen door middel van ongevallen- en foutenonderzoek.

Wat kunnen we leren van foutenonderzoek? Als te achterhalen is waarom 'iets' fout gegaan is, kun je daar wellicht uit af leiden wat er bijvoorbeeld gezien had moeten worden (en daar iets aan doen) of als iets wel gezien is af leiden waarom er niet correct op gereageerd werd (en daar iets aan doen).

In verschillende contexten, variërend van typen (Norman & Rumelhart, 1983) tot werken in kerncentrales (Reason & Embrey, 1985) zijn de soorten en de frequentie van voorkomen van bepaalde fouten gebruikt om het begrip van onderliggende processen (zie ook Hoofdstuk 5) te verbeteren: niet alleen in situaties waar iets fout gaat, maar ook waar het 'normaal', i.e. goed gaat.

Het is daarom belangrijk dat bepaalde fouten uitgebreid empirisch onderzocht worden: Wat de bestuurder niet gedaan heeft, terwijl dat wel had moeten gebeuren, wat andere handelingen wellicht er toe hadden gedaan en wat de bestuurder had willen doen.

Verschillende onderzoeksteams hebben in het verleden bij ongevallen ter plekke bekeken wat de oorzaken van deze ongevallen waren geweest en hielden interviews met de betrokkenen. Bij één van de onderzoeken kwam naar voren dat bij meer dan 90% van alle ongevallen sprake was van (o.a.) menselijke fouten; van deze menselijke fouten had 44% te maken met de globale factor 'waarnemingsfouten' die dan vaak omschreven werden als: "wel gekeken, maar niet gezien" (zie bijv. Storie, 1977; Staughton & Storie, 1977). Omgevingsfactoren, zoals bijvoorbeeld weers- en wegomstandigheden, werden in minder dan 35% van de gevallen als oorzaken genoemd, en voertuigfactoren slechts in 10% van de gevallen. Uit een andere, soortgelijke, studie kwam naar voren dat de meeste fouten gekarakteriseerd konden worden onder de noemers 'herkenning' (bij ongeveer 55% van de ongevallen) en 'beslissingsfouten' (bij 50%) (zie Treat et al., 1977). Een Japanse studie

geeft aan dat ruim 50% van de ongevallen als belangrijkste oorzaak 'fouten' in perceptie naar voren komen, waarvan 16% 'aandachtsfouten' (Nagayama, 1978). Een Duits onderzoek noemt een cijfer van 25% van de ongevallen die veroorzaakt werden door 'gebrekkige' informatieverwerking (zie Otte et al., 1982).

Omdat bij de diverse onderzoeken steeds andere labels gehanteerd werden, is het moeilijk de cijfers direct met elkaar te vergelijken. In het algemeen is wèl te concluderen dat fouten die te maken hebben met waarneming en aandacht de meest voorkomende zijn, en dat 'fouten'onderzoek bij kan dragen om er voor te zorgen dat zulke fouten wellicht voorkomen kunnen worden.

5. WELKE PROCESSEN SPELEN EEN ROL BIJ WAT WORDT WAARGENOMEN?

5.1. Inleiding

Bij het bestuderen van verkeersgedrag en onderliggende mentale of cognitieve processen kunnen verschillende soorten interacties bekeken worden. Een bekende is die van 'mens - voertuig - verkeersomgeving' (ergonomische indeling); uit het voorgaande bleek al dat de factor mens een belangrijke is in deze context. Een andere interactie is, gegeven de mens als uitgangspunt maar met inachtneming van de omgeving, de keten 'waarnemen - evalueren - beslissen - handelen' (informatieverwerking als uitgangspunt). Het is duidelijk dat als al in een vroeg stadium (bijv. waarnemen) in deze keten 'iets fout gaat', dit van invloed zal zijn op alle daaropvolgende stadia. Het is duidelijk dat het "niet zien" van een bepaald object van cruciaal belang is, omdat fouten in dit vroege stadium elk volgend proces - zoals herkennen, beslissen en handelen - beperkt, zo niet onmogelijk maakt.

Het feit dat menselijke fouten zo'n grote bijdrage blijken te leveren aan ongevallen betekent echter nog niet dat het de meest aangewezen weg is om "de verkeersdeelnemer dan maar te veranderen". Veel onderzoeken hebben aangetoond dat het bijzonder moeilijk is verkeersdeelnemers te 'verbeteren'. Bovendien: het is moeilijk te geloven dat mensen bewust fouten maken en daardoor een ongeval riskeren. Meer heil is te verwachten van het vereenvoudigen van hun taak met behulp van ergonomische aanpassingen, zodat hetgeen wat de verkeersdeelnemer moet doen of zien om zijn taak goed uit te kunnen voeren beter aansluit bij wat hij kan*. Om te weten te komen waar de zwakke kanten van het menselijk functioneren zitten, moet eerst inzicht verkregen worden in de onderliggende processen van waarnemen, oordelen, beslissen en handelen: daar houdt de cognitieve psychologie zich mee bezig.

* Dit wil niet zeggen dat maatregelen als politietoezicht en opleiding zinloos zijn; gezien de context van deze notitie (visuele waarneming) worden deze gedragsbeïnvloedingsinstrumenten hier buiten beschouwing gelaten.

5.2. Onderliggende processen

Veel 'human error'-onderzoek is vooral gericht op de 'output' kant van de mens. Veel van deze onderzoeken hebben echter ook aangetoond dat fouten voorafgaand aan - achteraf gebleken - 'verkeerd' handelen (allerlei cognitieve aspecten), bijvoorbeeld bij het vergaren en selecteren van relevante informatie en het classificeren en beoordelen van informatie, belangrijk zijn (zie voor een overzicht van dit type 'human error'-onderzoek, bijv. Groeger & Brown, 1988). Ook Moray (1989) bedeeft een belangrijke rol toe aan fouten bij het verwerven van informatie die te wijten zijn aan perceptuele en aandachtsprocessen. Incorrect selecteren van informatie uit de omgeving (bijv. op het verkeerde tijdstip, verkeerde informatie e.d.) kunnen leiden tot ongevallen. Een gebeurtenis of handeling kan bepaald worden door de omgeving: bijvoorbeeld een knipperend licht kan "automatisch" de aandacht trekken, zonder dat de waarnemer er speciaal naar op zoek was; of gegenereerd door de waarnemer die actief op zoek is naar een bepaald deel van de omgeving, bijvoorbeeld een object met een bepaalde kleur, of op een bepaalde plaats. Het eerste geval wordt een 'bottom-up'-proces genoemd, het tweede een 'top-down'-proces. Hierbij moet opgemerkt worden dat, hoewel tegenwoordig onderkend wordt dat dergelijke onderliggende processen in het algemeen een belangrijke rol spelen, nog bijzonder weinig bekend is over specifieke relaties tussen verschillende subgroepen verkeersdeelnemers, taken, visuele kenmerken en 'hogere' visuele processen. Het onderzoek dat beschikbaar is, handelt vrijwel uitsluitend over 'bestuurders van voertuigen in het algemeen'. Weinig kan daarom vooralsnog gezegd worden over visuele kenmerken en processen in specifieke situaties en nog minder over bijvoorbeeld visuele kenmerken en processen die voor fietsers of voetgangers in bepaalde situaties een rol zouden kunnen spelen.

Een belangrijke factor die het detecteren of waarnemen van een element uit de omgeving beïnvloedt, is 'verwachting'. Die kan gevormd worden door zowel ervaring uit het verleden alsook door meer korte-termijnervaring van de voorgaande seconden of minuten. Deze verwachting kan de interpretatie, maar vooral ook de selectie, van visuele kenmerken en signalen uit de omgeving enorm beïnvloeden. Het is daarom van belang 'de weg' zoveel mogelijk aan te passen aan de verwachtingen van de weggebruikers. Over wat nu de relatieve rol van omgevingsgestuurde processen (= 'bottom-up') en door bijvoorbeeld verwachtingen van de weggebruiker (= 'top-down') is, is nog

weinig bekend. Als eenmaal bepaalde verwachtingen bestaan over wat nu relevant is om te selecteren en wat niet, kunnen die dan nog 'doorbroken' worden door opvallende verkeerstekens te plaatsen? En hoe moet zo'n 'opvallend' verkeersteken of ander kenmerk van de omgeving er dan uit zien? Hierbij is natuurlijk ook van belang dat een weggebruiker weet wat relevant is en wat niet en dat hij relevante en irrelevante kenmerken van elkaar kan onderscheiden.

Het meest essentiële punt in het vergaren van informatie door de weggebruiker is derhalve de selectie van informatie uit de enorme hoeveelheid die er is. Die informatie die gegeven een bepaalde taak, op een bepaald moment en in een bepaalde situatie relevant is, moet geselecteerd worden. Daarbij kan de bestuurder een beroep doen op kennis en ervaring. Vervolgens moet hij inschatten wat er de komende paar seconden zal gebeuren. Deze beoordeling vormt de basis voor beslissingen en handelingen die gekozen zullen worden. Hoewel de laatste jaren onderkend worden dat deze "top-down"-processen een belangrijke rol spelen bij verkeersgedrag, is er nog weinig onderzoek beschikbaar over dit onderwerp.

Het project "Visuele selectie" past het best onder de noemer van dit hoofdstuk: welke processen spelen een rol - en in welke mate - bij het selecteren van informatie uit de omgeving? Kennis over deze processen kan aangewend worden om de vraagstelling in het nu volgende hoofdstuk te kunnen beantwoorden.

6. HOE KAN DAT WAT WAARGENOMEN MOET WORDEN AFGESTEMD WORDEN OP DAT WAT KAN WORDEN WAARGENOMEN?

De algemene onderzoeksvraag van het project "Visuele selectie" is: "Hoe wordt de aandacht van de verkeersdeelnemer verdeeld over onderdelen van het verkeersbeeld en hoe kan er voor worden gezorgd dat op het juiste moment de juiste, relevante onderdelen worden gezien en/of herkend?"

De doelstelling is derhalve tweeeërlei:

1. Inzicht verschaffen in de processen die ten grondslag liggen aan gedrag dat voornamelijk 'gestuurd' wordt door visuele input - zoals daar bijvoorbeeld sprake van is in het verkeer; dit doel is theoretisch van aard. Het betreft vooral de vraag welke elementen uit de omgeving mensen kunnen selecteren gegeven een bepaalde taak en in hoeverre zij hun aandacht kunnen verdelen over onderdelen van het gezichtsveld c.q. verkeersbeeld (zie Hoofdstuk 5).

2. Deze inzichten in wat mensen kunnen, dienen vervolgens gekoppeld te worden aan wat verkeersdeelnemers moeten selecteren en herkennen uit het verkeersbeeld om hun taak op dat moment en in specifieke situaties goed uit te kunnen voeren, zodat maatregelen getroffen kunnen worden om beide aspecten zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming te brengen. Ter illustratie het volgende: Het hangt steeds af van een combinatie van taak (bijv. autorijden, fietsen), moment (bijv. lichtniveau, drukte) en situatie (bijv. snelweg, kruispunt) welke elementen van essentieel belang zijn om geselecteerd te worden zodat adequaat gereageerd kan worden. Een fietser die een kruispunt nadert in de ochtendspits heeft andere informatie nodig dan een automobilist die bij nacht over de snelweg rijdt. De laatste zou vooral kunnen (of moeten?) letten op koplampen of achterlichten van andere voertuigen, de eerste zou vooral kunnen (of moeten?) letten op andere verkeersdeelnemers die van rechts komen. Zoals eerder gesteld, is er daarbij vaak geen sprake van een 'echt' gerichte zoektaak. Dit tweede doel is van praktische aard en is tevens een meer lange-termijndoelstelling (zie ook Hoofdstuk 2).

Verschillende typen onderzoek en onderzoekprojecten moeten ieder bijdragen om de algemene onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden. Het project "Visuele selectie" is in eerste instantie theoretisch van aard en er wordt voornamelijk gebruik gemaakt van laboratoriumonderzoek.

Van onderzoek in het laboratorium moet toegewerkt worden naar praktijkon

derzoek. Het geheel moet leiden tot inzicht in bijvoorbeeld welke verkeers(veiligheids)maatregelen getroffen kunnen worden zodat het zoeken, selecteren en herkennen van onderdelen van verkeersbeelden bevorderd wordt, en daarmee het adequaat reageren op die situaties vereenvoudigd wordt.

7. OPZET EN RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

7.1. Vraagstelling

Dit onderzoek tracht antwoord te geven op de vraag wat mensen kunnen selecteren uit de omgeving, gegeven een bepaalde taak. Meer specifiek is het doel van het huidige onderzoek inzicht te verkrijgen in processen welke ten grondslag liggen aan het "zoeken en vinden" van onderdelen van het verkeersbeeld door een verkeersdeelnemer onder invloed van:

1. Verwachtingspatronen bij de verkeersdeelnemer t.a.v. objectkenmerken zoals vorm en kleur. Dit worden 'top-down'-processen genoemd, d.w.z. door de verkeersdeelnemer zelf gestuurde processen.
2. Externe factoren in het algemeen, en in het bijzonder storende elementen die fysisch "opvallend" genoemd kunnen worden, maar voor de verkeersdeelnemer in het vervullen van zijn taak op dat moment irrelevant zijn. Dit worden 'bottom-up'-processen genoemd, d.w.z. processen die gestuurd worden door eigenschappen van objecten.
3. De interactie tussen de onder 1 en 2 genoemde processen. De kern van het onderzoek vormde een aantal laboratoriumexperimenten waarbij abstracte stimuli werden gebruikt die konden worden gemanipuleerd op kenmerken als kleur en vorm. Omdat vooralsnog geen theorie voorhanden is op grond waarvan antwoorden gegenereerd konden worden op de hierboven geformuleerde vragen, was het ook noodzakelijk om in het laboratorium onder goed controleerbare omstandigheden inzicht te verkrijgen in de processen die spelen bij het selecteren van informatie, en welke fysische en niet-fysische kenmerken daarbij een rol spelen.

Nadat in een studie door het IZF (Theeuwes, 1989a) de literatuur aangaande bovengenoemde 'bottom-up'- en 'top-down'-processen bij waarnemingsgestuurd gedrag (bij zoektaken) werd verzameld en beschreven, is een aantal experimenten uitgevoerd door het IZF. Deze experimenten hadden betrekking op de vraag in hoeverre de opvallendheid van een te zoeken object taakafhankelijk is. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor het concept 'opvallendheid' verschillende definities worden gehanteerd in de literatuur; in het algemeen wordt dan gerefereerd aan allerlei fysische kenmerken die de opvallendheid van een object bepalen. Deze 'fysische opvallendheid' wordt dan vervolgens 'zomaar' gerelateerd aan het trekken van aandacht; d.w.z. per definitie wordt gesteld dat een fysisch opvallend element of object eerder de aandacht zal trekken dan een minder (fysisch) opvallend object.

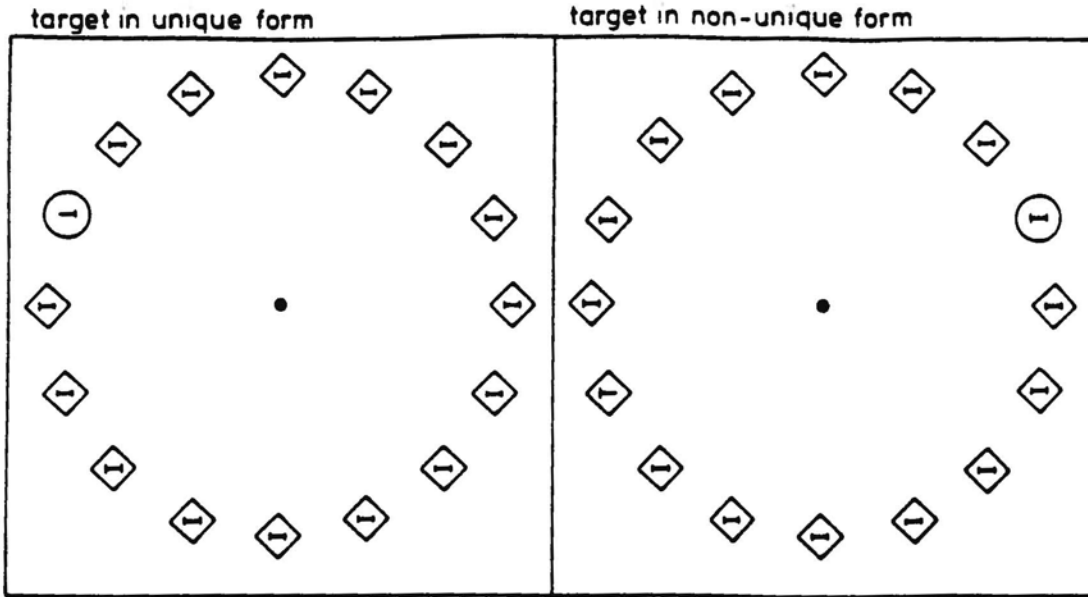
7.2. Methode experimenten 1 en 2

In de eerste twee experimenten (Theeuwes, 1989b, 1989c) werd onderzocht of een element dat uniek (i.e., afwijkend van de andere) en opvallend is in vorm of kleur - tussen andere elementen - in staat is 'automatisch' aandacht te trekken. Daarbij werd bovendien onderzocht wat het effect is van het plotseling veranderen van het unieke, opvallende, element in een niet-unieke tijdens de aanbieding. De taak van de proefpersoon was een lijnsegment te zoeken waarbij of een rechter of een linker verticaal lijntje ontbrak. De proefpersoon moest vervolgens een knop indrukken die correspondeerde met het ontbrekende lijntje. Het ontbrekende lijntje stond ofwel in het unieke element of in een van de niet-unieke. Ter controle was er een conditie waarin het ontbrekende lijntje altijd in het unieke element was gelegen. Bij deze controleconditie was de uniekheid of opvallendheid van het element dus een betrouwbare aanwijzing om te zoeken. Tevens werd het aantal elementen gevarieerd (4, 8 of 16). De elementen werden aangeboden in de vorm van een denkbeeldige hele, halve of kwart cirkel (zie Afbeelding 1). De proefpersonen werd niets verteld over de samenstelling van de stimuli en ook niet over de relatie tussen unieke elementen en de te zoeken lijnsegmenten.

Reactietijd werd gemeten als afhankelijke variabele en geïnterpreteerd als maat voor het trekken van aandacht. Als de reactietijd niet toeneemt bij toenemende aantallen elementen in het display (i.e., het aangeboden beeld met elementen), duidt dit op parallel zoeken, wat geïnterpreteerd werd als 'automatisch' aandacht trekken. Als de reactietijd wel (lineair) toeneemt met het aantal door te zoeken elementen, dan duidt dit op serieel zoeken, d.w.z. dat de elementen één voor één onderzocht worden ook als er een fysisch opvallend en uniek element aanwezig is.

7.3. Resultaten experimenten 1 en 2

De resultaten van de controleconditie (bij zowel experiment 1 als 2) laten zien dat aandacht inderdaad gestuurd kan worden naar de plaats van een unieke vorm of kleur wanneer deze - het opvallende element - relevant was voor de uit te voeren taak. De reactietijd nam niet toe bij een toenemend aantal elementen in het display, wat duidt op parallel zoeken.



Afbeelding 1. Voorbeeld van een aanbieding met 16 elementen (display-size = 16), zoals gebruikt in experiment 1. Het linker deel van de figuur laat een trial zien waarin het te zoeken ontbrekende lijntje gelegen is in de unieke vorm; het rechter deel van de figuur laat een voorbeeld van een trial zien waarin het te zoeken ontbrekende lijntje niet gelegen is in de unieke vorm. In het eerste geval was het de bedoeling dat de proefpersoon de linkerknop zou indrukken, in het tweede was het indrukken van de rechter knop de correcte respons (figuur ontleend aan Theeuwes, 1989b, p. 12).

In de experimentele condities nam de reactietijd wél (lineair) toe met het aantal elementen in het display, zowel voor de gevallen waarin het te zoeken lijnsegment in een uniek als in een niet-uniek element gesitueerd was. Hieruit is af te leiden dat een uniek, opvallend, element niet automatisch de aandacht naar de plaats van dat element trekt als dit unieke element (voor wat betreft vorm of kleur) niet taakrelevant is. Het is voor de proefpersonen blijkbaar een effectievere manier om dit unieke element te negeren dan er op te reageren; bovendien blijkt dat zij ook in staat zijn dat te doen en zoeken serieel het display af tot zij het ontbrekende lijnsegmentje hebben gevonden. De snelheid waarmee dat lukt hangt dan natuurlijk samen met het aantal af te zoeken elementen. Een element dat uniek is in termen van vorm of kleur wordt niet automatisch eerst 'onderzocht'; dit gebeurt wél als dit unieke element een betrouwbare indicatie geeft voor de uit te voeren taak.

Uit het tweede gedeelte van experiment 1 blijkt dat een plotselinge verandering in vorm (van uniek naar niet-uniek) tijdens de aanbidding wèl in staat is automatisch de aandacht naar die plaats te trekken, dus ook als dit niet relevant is voor de taak. Dit gebeurde echter niet altijd, maar in ongeveer 25% van de gevallen. In de overige gevallen is er toch sprake van serieel zoeken. Uit het tweede gedeelte van experiment 2, waarbij de unieke kleur tijdens de aanbidding veranderde, blijkt dat een dergelijke verandering niet automatisch de aandacht trekt. Een en ander impliceert dat verandering per se niet zomaar aandacht trekt; het hangt af van wat er verandert (in termen van stimuluskenmerken). Achteraf bezien lijkt de volgende verklaring plausibel. Recente neurofysiologische gegevens hebben laten zien dat er in de hersenen (de visuele cortex in dit geval) verschillende 'kanalen' bestaan voor de verwerking van verschillende kenmerken, zoals kleur, beweging, luminantieverschillen e.d. Het systeem dat gevoelig is voor kleur is vrij traag en ongevoelig voor verandering (het zogenaamde 'parvo-systeem'), terwijl het systeem dat gevoelig is voor luminantie en beweging - en ongevoelig is voor kleur - (het 'magno-systeem') juist wel gevoelig is voor verandering (zie bijv. Livingstone & Hubel, 1988). Bij een verandering van vorm is tevens sprake van veranderingen in luminantie, terwijl dat bij de kleurverandering in experiment 2 expliciet niet het geval was; in experiment 2 is de luminantie namelijk juist gelijk gehouden. In het bijzonder luminantieveranderingen lijken dus te zorgen voor 'het - automatisch - trekken van aandacht'. Deze verklaring is vooralsnog van speculatieve aard, omdat de experimenten niet ingericht waren om het effect van luminantieverschillen te onderzoeken; nader onderzoek - specifiek gericht op de effecten van luminantieveranderingen - zal moeten uitwijzen of voor bovengenoemde speculatieve verklaring afdoende evidentie gevonden kan worden.

7.4. Methode experiment 3

In bovenstaande experimenten was steeds sprake van een uniek element in één bepaalde stimulusdimensie (de vorm- of kleurdimensie). In werkelijkheid, bijvoorbeeld in het verkeer, is er meestal sprake van meer dan één dimensie waaruit elementen geselecteerd moeten worden. Daarom werd in het derde experiment (Theeuwes, 1989d) visuele selectie onderzocht wanneer twee opvallende elementen, beide uniek - en opvallend - in verschillende dimensies, tegelijkertijd aangeboden werden. De onderzoeksvraag was of

proefpersonen in staat zijn selectief hun aandacht te richten op de taak-relevante dimensie terwijl er in een taakirrelevante dimensie ook een opvallend element aanwezig was. Twee van de 4, 8 of 16 elementen waren verschillend ten opzichte van de andere, ieder uniek in een andere dimensie; d.w.z. de ene uniek in kleur, de andere uniek in vorm. Het gebruikte onderzoekparadigma was verder identiek aan dat van de eerste twee experimenten.

7.5. Resultaten experiment 3

In de vormconditie, d.w.z. de unieke kleur moest genegeerd worden, bleek dat er nu geen sprake was van parallel zoeken zelfs als er geen irrelevant opvallend element - er was dan géén unieke kleur - aanwezig was (wat het geval was in de controleconditie). Dit was niet overeenkomstig de resultaten uit het eerste experiment. Bij de kleurconditie, d.w.z. de unieke vorm diende genegeerd te worden, was wel sprake van parallel zoeken als er geen 'afleidend' opvallend element uit een irrelevante dimensie aanwezig was - in dit geval géén unieke vorm; dit laatste was overeenkomstig de resultaten van experiment 2. De afwijkende resultaten zijn moeilijk te verklaren. De meest aannemelijke verklaring lijkt vooralsnog te zijn dat unieke kleuren "opvallender" zijn dan unieke vormen. Er is echter geen apparatuur beschikbaar om deze twee dimensies direct qua (fysische) opvallendheid te vergelijken.

De experimentele condities hielden in dat het te zoeken lijntje zich zowel in de unieke vorm of kleur als in een van de niet-unieke elementen kon bevinden. Ondanks de ten opzichte van de resultaten van experiment 1 afwijkende effecten bij de controleconditie m.b.t. tot "vorm", laten de resultaten van dit derde experiment zien dat proefpersonen selectief konden zoeken naar de taakrelevante stimulusdimensie. Dit wil zeggen dat de opvallende maar taakirrelevante dimensie niet interfereerde met het zoeken naar het element in de taakrelevante dimensie, ook niet bij de vormconditie.

De twee voorgaande experimenten lieten zien dat een opvallend object (in termen van vorm of kleur) genegeerd kan worden als dit niet relevant is voor de uit te voeren taak. Het derde experiment laat zien dat top-down invloeden zelfs nog sterker zijn dan dat: ook in het geval van twee opvallende objecten in verschillende dimensies is een proefpersoon in staat

alleen het taakrelevante object te selecteren zonder last te hebben van het andere opvallende element. Het is duidelijk dat selecteren uit meer dan één opvallend element dichter bij de werkelijkheid staat.

8. CONCLUSIES

De algemene conclusie uit deze experimenten is dat een opvallend object tussen andere voor de taak niet relevante elementen (in termen van vorm en/of kleur) niet noodzakelijkerwijs de aandacht trekt naar de plaats van dat object. Als een opvallend object niet relevant was voor de uit te voeren taak dan kon dit genegeerd worden. Tevens lijkt het plotseling veranderen van de vorm van een element in het gezichtsveld tijdens de aanbieding wèl automatisch de aandacht te trekken. Taakrelevantie blijkt cruciaal te zijn bij het zoeken in aanwezigheid van (fysisch) opvallende elementen. Deze resultaten zijn derhalve niet in overeenstemming met de traditionele definities van "opvallendheid", d.w.z. dat het trekken van aandacht bepaald wordt door fysische kenmerken alleen.

Samengevat: Een object dat in termen van fysische kenmerken opvallend te noemen is, trekt niet automatisch de aandacht, alleen als zo'n opvallend object tevens relevant is voor de uit te voeren taak. Als sprake is van plotselinge verandering veroorzaakt dit - soms - wel automatische aandacht naar de plaats van dat element.

9. DISCUSSIE EN AANBEVELING VOOR VERDER ONDERZOEK

Hoe zijn deze resultaten nu te vertalen naar het verkeer? De huidige experimenten bevatten altijd een relevant element waar naar gezocht moest worden, in het verkeer is dat lang niet altijd het geval. Bovendien moet dat wat gezocht wordt (dus op dat moment relevant voor de uit te voeren taak) door de verkeersdeelnemer duidelijk te onderscheiden zijn van irrelevante kenmerken. Als een verkeersbord bijvoorbeeld op basis van één kenmerk te onderscheiden is van andere - op dat moment irrelevante - borden en de bestuurder is er naar op zoek, dan zouden de resultaten uit de hier beschreven experimenten wellicht te generaliseren zijn naar de verkeerssituatie. Dit is echter niet altijd het geval; vaak is er geen sprake van een echte zoektaak, een groot deel van de tijd is een bestuurder niet specifiek op zoek naar een bepaald object (monitoring of 'min of meer' gericht zoeken; zie Hoofdstuk 2); er is in het algemeen sprake van veel complexere beelden dan hier gebruikt (met in ieder geval meer dan twee dimensies) met bovendien heel complexe achtergronden. Bovendien is er in werkelijkheid natuurlijk sprake van dynamische beelden in plaats van statische. Omdat echter geen theorie voorhanden is die zelfs maar bovengenoemde eenvoudige taken kan beschrijven, was het nodig om te beginnen met het ontwikkelen van zo'n theorie op basis van goed te controleren experimenten. Er is nu een begin gemaakt een dergelijke theorie te formuleren, waarin het begrip taakafhankelijkheid een belangrijke rol speelt. De 'onderliggende' processen die bij het selecteren van informatie uit de omgeving betrokken zijn, staan centraal bij deze 'theorie in ontwikkeling'. Met behulp van deze lijn van onderzoek kan dus kennis vergaard worden zoals gekenschetst in de Hoofdstukken 3 en 5 (met betrekking tot wat wordt of kan worden waargenomen en de daarbij spelende processen). De andere belangrijke vragen, zoals wat waargenomen zou moeten worden, het verschil tussen wat men kan en wat men zou moeten en het afstemmen van deze twee aspecten op elkaar, kunnen met dit type laboratoriumonderzoek niet beantwoord worden. Van groot belang is derhalve dat hiertoe ander onderzoek wordt uitgevoerd, waarbij vooral gedacht wordt aan praktijk (observatie)onderzoek.

Opvallendheid, gedefinieerd in fysische termen, werd in eerder onderzoek altijd min of meer gelijk geschakeld met het trekken van aandacht. Dit onderzoek laat zien dat het 'automatisch trekken van aandacht' niet als

de enige fundamentele eigenschap van het concept opvallendheid gezien mag worden; het aspect taakrelevantie - de 'top-down'-invloed - is van wezenlijk belang. Allerlei onderzoek uit het verleden was gericht op het 'opvallend' maken van bijvoorbeeld verkeersborden, zodat deze automatisch door een bestuurder geïnspecteerd zouden worden. Deze experimenten laten zien dat dat niet zomaar opgaat. Nu is het natuurlijk ook niet nodig dat alle verkeerstekens door een bestuurder worden geselecteerd en verwerkt. Voor sommige tekens geldt dit wellicht wel (zoals verkeerslichten). De meest effectieve manier om verkeerstekens (of andere objecten) de aandacht van de bestuurder te laten trekken is dan om gebruik te maken van 'plotse linge veranderingen'. Knipperlichten zijn hier een goed voorbeeld van en worden al gehanteerd om 'gevaar' of 'opletten' aan te duiden. Er moet echter wel opgepast worden met het gebruik van dergelijke 'aandachttrekkers'; knipperende reclameborden zullen bijvoorbeeld ook aandacht trekken, wat niet bevorderlijk lijkt voor de verkeersveiligheid. Verkeerslichten die veranderen in kleur, veranderen tevens in luminantieniveaus en zullen dus ook goed de aandacht trekken. Opnieuw blijkt nu hoe belangrijk het is dat wat gezien moet worden af te stemmen op wat mensen kunnen dan wel doen. Met behulp van fysieke kenmerken kunnen objecten opvallender gemaakt worden en als deze objecten dan taakrelevant zijn, zullen zij eerder automatisch aandacht trekken. Het probleem is echter dat verschillende objecten in verschillende situaties en voor verschillende verkeersdeelnemers relevant zullen zijn. Hier kan de rol van plaatsverwachting van belang zijn. Het is voor te stellen dat een knipperend licht bedoeld voor fietsers en duidelijk geplaatst op het fietspad op een voor fietsers 'te verwachten plaats' wel de aandacht trekt van de fietsers, maar niet van automobilisten, omdat dit op een voor deze laatste onlogische plaats staat. Bovenstaand voorbeeld is speculatief, de rol van plaatsverwachting lijkt een heel belangrijke te zijn, maar het verdient zeker aanbeveling dit nader te onderzoeken en plaatsverwachting in een experiment te manipuleren, om in het hierboven geschetste voorbeeld de juiste beslissing te kunnen nemen voor het plaatsen van bijvoorbeeld een verkeersteken met bepaalde kenmerken. Recent fundamenteel onderzoek wijst in de richting dat plaatsverwachting een zeer krachtig aandachtsturend mechanisme kan zijn, en een fundamenteel ander kenmerk dan bijvoorbeeld kenmerken als vorm en kleur (zie o.a. Tsal & Lavie, 1988; Arguin & Cavanagh, 1988). Dus: Wat is - naast de invloeden van karakteristieken als vorm en kleur - de invloed van plaatsverwachting op het selectieproces?

Gezien het feit dat plotselinge veranderingen (in vorm en/of luminantie) wèl automatisch aandacht kunnen trekken, zou nader bekeken moeten worden hoe storend dit kan zijn als bijvoorbeeld een knipperend licht juist niet taakrelevant is. Dus: Wat is de invloed van storende stimuli, gegeven deze plaatsverwachting, op het herkenningsproces? Die storende elementen zouden dan in de vorm van plotselinge 'onsets' gepresenteerd kunnen worden; die bleken namelijk in staat automatisch aandacht te trekken. Vooral de interactie tussen 'plaatsverwachting' en 'storende onsets' is dan interessant. Of, in hoeverre kunnen top-down processen overheersen over bottom-up processen? Deze vraag is zowel van theoretisch als van praktisch belang. Een voorbeeld uit de praktijk kan zijn: Er is een complexe verkeerssituatie met zowel een knipperend licht en een belangrijk bord op een voor een verkeersdeelnemer te verwachten plaats; overheerst het knipperlicht het selectieproces, of kan dit 'overruled' worden door de bij de verkeersdeelnemer bestaande verwachting omtrent de plaats van dit voor hem belangrijke bord?

Tot nog toe is steeds in het laboratorium gewerkt met abstracte stimuli. Onderzocht moet worden wat de relevantie van de gevonden resultaten is voor situaties die complexer zijn en meer in overeenstemming met de 'verkeersrealiteit'. In de verkeerstaak is er meestal geen sprake van zoeken naar één bepaald element; over het algemeen zal er sprake zijn van situaties waarbij - al en toe - allerlei objecten in aanmerking komen als te zoeken element. Dus: Wat gebeurt er als er meer dan één relevante stimulus of target is? En wat is de relatieve invloed van top-down en bottom-up processen hierbij? (In het verkeer is er zelden sprake van slechts één relevante target). En: Gelden de in het laboratorium gevonden resultaten met abstracte stimuli ook voor waarneming van verkeersbeelden - die veel complexer zijn? Tenslotte moeten de resultaten van een dergelijke validatiestudie op hun beurt weer leiden tot een opstap voor een praktijkonderzoek met gedragsobservaties.

Met de hier voorgestelde lijn van meerjarig onderzoek worden alle in de Hoofdstukken 2 t/m 6 genoemde aspecten van waarnemen in het verkeer geïntegreerd: van wat gezien zou moeten worden, gezien wordt of kan worden gezien, de discrepantie hiertussen, de onderliggende mentale/cognitieve processen en tenslotte de afstemming van al deze punten op elkaar. Van theorie naar praktijk, en in de eindfase weer terugredenerend van de praktijk naar theorie.

LITERATUUR

Arguin, M. & Cavanagh, P. (1988). Parallel processing of two disjunctive targets. *Perception & Psychophysics* 44 (1), 22-30.

Groeger, J.A. & Brown, I.D. (1988). Mistakes and misunderstandings: Interpreting driver's errors. In: *Proceedings of Traffic Safety Theory & Research Methods, Session 3: Theoretical analysis and models*. Amsterdam, 26-28 April 1988. SWOV, Leidschendam.

Hills, B.L. (1980). Vision, visibility, and perception in driving. *Perception* 9, 183-216.

Hughes, P.K. & Cole, B.L. (1986). Can the conspicuity of objects be predicted from laboratory experiments? *Ergonomics* 29, 1097-1111.

Johansson, G. & Rumar, K. (1966). Drivers and road signs: A preliminary investigation of the capacity of car drivers to get information from road signs. *Ergonomics* 9, 57-62.

Livingstone, M. & Hubel, D. (1988). Segregation of form, color, movement, and depth: anatomy, physiology, and perception. *Science* 240, 740-749.

Luoma, J. (1986). The acquisition of visual information by the driver: Interaction of relevant and irrelevant information. *Liikenneturva - Central Organization for Traffic Safety*, Helsinki.

McKnight, A.J. & Adams, B.B. (1970). Driver education task analysis. Report No. FH-117336. Human Resources Research Organization, Alexandria, VA.

Michon, J.A. (1985). A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do? In: Evans, L. & Schwing (eds.). *Human behavior and traffic safety*. Plenum Press, New York.

Moray, N. (1989). Designing for transportation safety in the light of perception, attention and mental models. Paper presented at the Commission of the European Communities Workshop on Errors in the operation of transport systems, Cambridge, UK, 26-28 May, 1989.

Nagayama, Y. (1978). Role of visual perception in driving. *IATSS Research* 2, 64-73.

Noordzij, P.C. (1987). *Verkeerswetgeving, -gedrag en -veiligheid*. Werkgroep Veiligheid R-87/12. Rijksuniversiteit Leiden.

Norman, D.A. & Rumelhart, D.E. (1983). Studies of typing skill from the LNR research group. In: Cooper, W.E. (ed.). *Cognitive aspects of skilled typing*. Springer Verlag, New York.

Otte, D. et al. (1982). *Erhebungen am Unfallort. Unfall- und Sicherheitsforschung Strassenverkehr*, Heft 37. Bundesanstalt für Strassenwesen, Köln.

Potter, M.C. & Faulconer, B.A. (1975). Time to understand pictures and words. *Nature* 253, 437-438.

- Reason, J.T. & Embrey, D.E. (1985). Human factors principles relevant to the modelling of the human errors in abnormal conditions of nuclear and major hazardous installations. Report to the European Atomic Energy Community. Human Reliability Associates, Dalton, Lancashire.
- Riemersma, J.B.J. (1988a). Zonering en herkenbaarheid; Een experiment. IZF 1988 C-2. IZF-TNO, Soesterberg.
- Riemersma, J.B.J. (1988b). Enkelbaans/dubbelbaans autowegen; Beleving van de weggebruiker. IZF 1988 C-4. IZF-TNO, Soesterberg.
- Shinar, D. & Drory, A. (1983). Sign registration in daytime and nighttime driving. *Human Factors* 25 (1), 117-122.
- Staughton, G.C. & Storie, V.J. (1977). Methodology of an in-depth accident investigation survey. Report LR762. TRRL, Crowthorne.
- Storie, V.J. (1977). Male and female drivers: Differences observed in accidents. Report LR761. TRRL, Crowthorne.
- SWOV (1989). Voorstel integraal onderzoek naar de relatie tussen ongeval- len en verkeersgedrag, Leidschendam (niet gepubliceerd).
- Theeuwes, J. (1989a). Visual selection: Exogenous and endogenous control; A review of the literature. IZF 1989 C-3. IZF-TNO, Soesterberg.
- Theeuwes, J. (1989b). Conspicuity is task dependent; Evidence from selec- tive search. IZF 1989 C-8. IZF-TNO, Soesterberg.
- Theeuwes, J. (1989c). Conspicuity is task dependent; Visual search for uniquely colored targets. IZF 1989 C-16. IZF-TNO, Soesterberg.
- Theeuwes, J. (1989d). Cross-dimensional perceptual selectivity. IZF 1989 C-17. IZF-TNO, Soesterberg.
- Treat, J.R. et al. (1977). Tri-level study of the causes of traffic accidents. Report No. DOT-HS-034-3-535-77 (TAC), Indiana University.
- Tsal, Y. & Lavie, N. (1988). Attending to color and shape: The special role of location in selective visual processing. *Perception & Psychophy- sics* 44 (1), 15-21.