

VISUELE SELECTIE IN HET VERKEER

Tweede interimrapport

R-91-78

Drs. M.P. Hagenzieker

Leidschendam, 1991

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

SAMENVATTING

Laboratoriumexperimenten waarin met abstracte stimuli wordt gewerkt laten zien dat de mate waarin het plotseling verschijnen van elementen aandacht trekt vooral gestuurd wordt door verwachtingen van de proefpersoon ten aanzien van de plaats waar het te zoeken object zal verschijnen en niet door de stimulatie van de onset per se. Maar ook blijkt dat proefpersonen niet 'zomaar' hun aandacht selectief kunnen richten op een willekeurige stimulusdimensie zonder dat dit interferentie tot gevolg heeft. De selectiviteit is wel grotendeels, maar niet volledig 'top-down' bepaald. Niet alleen heeft plaatsverwachting een groot effect bij zoektaken waarin abstracte stimuli gebruikt werden. Een experiment met gefotografeerde verkeersscènes laat zien dat dit ook geldt voor het zoeken in meer realistische situaties. Weggebruikers en verkeersborden die op onverwachte plaatsen staan worden relatief vaak niet opgemerkt; veel vaker dan als deze op verwachte plaatsen staan. Implicaties voor de verkeersveiligheid worden bediscussieerd.

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding
2. Algemene doelstelling van het project
3. Opvallendheid en taakrelevantie: Voorgaand onderzoek
4. Grenzen aan de selectiviteit en het begin van een validatie:
Drie experimenten
 - 4.1. Plaatsverwachting
 - 4.2. Luminantieverschillen
 - 4.3. Visueel zoeken in verkeersscènes
5. 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; de onderhavige nota beslaat de onderzoekperiode 1989-1991. Eerder verscheen een nota die de onderzoekperiode 1988-1989 van het project besloeg (Hagenzieker, 1989). De experimenten ten behoeve van dit project zijn uitgevoerd door het Instituut voor Zintuigfysiologie IZF-TNO. Deze experimenten werden door drs. ing. J. Theeuwes beschreven in de rapporten "Exogenous and endogenous control of visual attention" (IZF 1990 C-3), "Selective search for separate stimulus dimensions" (IZF 1990 C-20) en "Visual search of traffic scenes" (IZF 1991 C-18). Deze nota vat de resultaten van deze experimenten kort samen en geeft aan hoe de resultaten betrekking kunnen hebben op situaties in het verkeer, c.q. op verkeersgedrag. Tevens worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

1. INLEIDING

Al vaak is in de literatuur melding gemaakt van de belangrijke rol die 'waarnemen' speelt in het verkeer. Verschillende onderzoeken geven aan dat niet zozeer omgevingsfactoren, zoals weersomstandigheden, maar juist menselijke factoren, zoals waarnemen, van doorslaggevende betekenis zijn (in ongeveer 50% van de gevallen) bij het ontstaan van ongevallen (zie bijvoorbeeld Treat et al., 1977; Nagayama, 1978). Het is duidelijk dat het niet opmerken van andere weggebruikers (of verkeersborden) tot ongevallen kan leiden.

Een recent Australisch onderzoek inventariseerde typen oorzaken voor 538 ongevallen die binnen de bebouwde kom waren gebeurd (Cairney & Catchpole, 1991), en concludeerde - opnieuw - dat visuele factoren de meest belangrijke waren bij het ontstaan van alle (onderzochte) typen ongevallen die meer dan één verkeersdeelnemer betroffen.

Cairney en Catchpole (1991) vonden dat in 60% van de gevallen de bestuurder de 'ander' niet (op tijd) gezien had om nog actie te kunnen ondernemen om een ongeval te voorkomen. In een aantal gevallen was het zicht belemmerd, bijvoorbeeld door obstakels, maar ook beslagen ruiten of verblindende lichten, waardoor de bestuurder de ander niet goed kon zien. Maar ook als het zicht niet belemmerd was zag nog steeds ongeveer de helft van alle bestuurders de ander niet (op tijd). In ongeveer de helft van de gevallen had, volgens het onderzoek van Cairney en Catchpole, de bestuurder wel in de richtingen gekeken waar andere verkeersdeelnemers normaliter verwacht konden worden. En in gemiddeld zelfs 63% van de gevallen reageerde de bestuurder niet op de ander om een ongeval te vermijden (dit getal is nog veel hoger dan in ander onderzoek werd gerapporteerd; vgl. Sussman et al., 1985, die 37% noemen waarin geen actie is ondernomen).

Geconcludeerd werd dat in meer dan de helft van de gevallen de bestuurder 'de ander' niet (op tijd) opmerkte om een botsing te voorkomen; en in ongeveer een kwart van de ongevallen met kruisend verkeer beide partijen elkaar niet zagen. Van deze groepen ongevallen had ongeveer de helft van de bestuurders in de 'goede' richting, namelijk waar de ander vandaan kwam of normaliter verwacht kon worden vandaan te komen, gekeken. Deze getallen waren gelijk voor dag- en nachtongevallen (ibid.). Aangezien dit onderzoek gedaan is op basis van bestaande politierapporten is het niet altijd duidelijk hoe betrouwbaar dergelijke indelingen zijn, maar het lijkt in ieder geval te illustreren dat kijk- en zoekstrategieën van wezenlijk belang zijn.

In de (verkeers)omgeving is een enorme hoeveelheid aan (visuele) informatie beschikbaar. Zoveel, dat het niet mogelijk is voor een verkeersdeelnemer alles waar te nemen. Nu hoeft dat ook niet, omdat niet alle informatie op een bepaald moment en gegeven een bepaalde taak even belangrijk is. Verkeersdeelnemers moeten in het verkeer op het 'juiste' moment de 'juiste' informatie uit de omgeving opmerken. Welke informatie op welk moment van belang is wisselt met de situatie. 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. Zowel bij het 'zoeken' als bij het 'selecteren' kan de waarnemer 'geholpen' worden.

Bij het zoeken kan een weggebruiker een beroep doen op kennis en ervaring. Zo weet hij bijvoorbeeld wat bepaalde verkeersborden betekenen, wat de verkeersregels zijn, maar ook hoe het verkeer in de praktijk meestal verloopt; de weggebruiker heeft hierover in de loop der tijd verwachtingen opgebouwd. 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 (selectie). Het is duidelijk dat als niet de 'juiste' informatie (op het juiste moment) wordt waargenomen, dit van invloed zal zijn op daaropvolgende stadia, zoals beslissen en handelen, wat ongevallen tot gevolg kan hebben.

De verkeersdeelnemer wordt bij het selecteren van 'relevante' informatie geholpen door allerlei herkenningstekens. Zo geven verkeersborden met bepaalde kleuren en bepaalde vormgeving richting aan het selectieproces. Een automobilist die de weg niet weet, zal bijvoorbeeld vooral zoeken naar borden met richtinginformatie; de selectie wordt vervolgens vergemakkelijkt door uiterlijke kenmerken van dergelijke borden, die meestal rechthoekig en blauw gekleurd zijn. Bovendien zal hij dergelijke borden waarschijnlijk aan de rechterkant van de weg of boven de weg verwachten. Maar ook zal een bord dat eenmaal geselecteerd is op zijn beurt weer richting geven aan het zoekgedrag: bijvoorbeeld een bord dat aangeeft dat het hier 'verboden voor fietsers' is, zal er voor zorgen dat de bestuurder niet geneigd is te 'zoeken' naar deze verkeersdeelnemers.

Verschillende onderzoekers hebben laten zien dat de waarnemer zelf grote invloed heeft op de kans dat een bepaald voorwerp - in het verkeer - wordt

opgemerkt (zie bijvoorbeeld Cole & Hughes, 1990). Zo zal een waarnemer die voorwerpen met bepaalde (fysische) kenmerken verwacht tegen te komen, deze eerder 'zien' dan als hij die niet verwacht. En in meer fundamenteel onderzoek heeft men bijvoorbeeld laten zien, dat proefpersonen letters die zij verwachten te zien, sneller herkennen (LaBerge, 1973). Efficiënte zoekpatronen zorgen er voor dat er meer tijd over is om aandacht aan de rest van de omgeving te besteden. Datgene wat niet verwacht wordt of waar geen speciale verwachtingspatronen voor bestaat wordt namelijk weer minder gemakkelijk opgemerkt.

Het is daarom van belang bij het inrichten van 'de wegomgeving' zoveel mogelijk rekening te houden met de verwachtingen van de weggebruikers. Dan moet natuurlijk eerst bekend zijn wat deze verwachtingen zijn. Kijken verkeersdeelnemers bijvoorbeeld steeds naar bepaalde plaatsen in een gegeven situatie? En in hoeverre spelen kenmerken als kleur en vorm een rol bij deze verwachtingen? Als er sprake is van verwachtingspatronen, kunnen die dan 'doorbroken' worden, bijvoorbeeld door bepaalde objecten 'opvallend' te maken? 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. Door verwachtingen gestuurde processen worden ook wel 'top-down' processen genoemd; externe factoren, bijvoorbeeld 'opvallende' objecten, die de waarneming sturen worden ook wel 'bottom-up' processen genoemd. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor het concept 'opvallendheid' verschillende definities worden gehanteerd in de literatuur (zie voor een overzicht bijvoorbeeld Theeuwes, 1989a; Wertheim, 1986). In het algemeen wordt dan gerefereerd aan allerlei fysische kenmerken die de opvallendheid van een object zouden bepalen. Over wat nu de relatieve rol van omgevingsgestuurde processen (= "bottom-up") en van verwachtingen van de weggebruiker (= 'top-down') is, is nog niet zo veel bekend. De laatste jaren krijgt het onderwerp wel steeds meer belangstelling (zie bijvoorbeeld Theeuwes, 1989a; Cavanagh, 1990; De Graef et al., 1990).

2. ALGEMENE DOELSTELLING VAN HET PROJECT

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 herkend?"

De doelstelling is derhalve tweërlei:

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. 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.
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 (zie Hagenzieker, 1989, voor een meer gedetailleerde bespreking van het 'kunnen' en 'moeten' selecteren van informatie in het verkeer).

Verschillende typen onderzoek en onderzoekprojecten moeten ieder bijdragen om de algemene onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden. Van onderzoek in het laboratorium moet toegewerkt worden naar praktijkonderzoek. Het project "Visuele selectie" heeft betrekking op het eerste deel van bovengenoemde doelstelling. Het is in eerste instantie theoretisch van aard en er wordt voornamelijk gebruik gemaakt van laboratoriumonderzoek. Het tweede deel van de doelstelling is van praktische aard en is tevens een meer lange-termijndoelstelling. Ter illustratie: Het hangt steeds af van een combinatie van taak (bijvoorbeeld autorijden, fietsen), moment (bijvoorbeeld lichtniveau, drukte) en situatie (bijvoorbeeld 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 'moet' op andere informatie letten dan een automobilist die bij nacht over de snelweg rijdt. 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.

3. OPVALLENDHEID EN TAAKRELEVANTIE: VOORGAAND ONDERZOEK

Nadat in een studie door het Instituut voor Zintuigfysiologie IZF-TNO (Theeuwes, 1989a) de literatuur aangaande bottom-up en top-down processen bij waarnemingsgestuurd gedrag (bij zoektaken) werd verzameld en beschreven, heeft het IZF een aantal experimenten uitgevoerd. Deze experimenten hadden betrekking op de vraag in hoeverre de opvallendheid van een te zoeken object taakafhankelijk is, of anders gezegd in hoeverre top-down processen ("de proefpersoon") bottom-up processen ("de omgeving") kunnen overheersen (Theeuwes, 1989b,c,d; Hagenzieker, 1989). De kern van het onderzoek tot nog toe vormde een aantal laboratoriumexperimenten waarbij abstracte stimuli werden gebruikt die konden worden gemanipuleerd op de kenmerken kleur en vorm.

De algemene conclusie uit deze experimenten was dat een opvallend object - hier gedefinieerd als een element dat door zijn specifieke fysieke kenmerken uniek te noemen is - 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 blijkt het plotseling veranderen van de vorm van een element in het gezichtsveld tijdens de aanbieding wél af en toe (in ongeveer 25% van de gevallen) automatisch de aandacht te trekken. Taakrelevantie blijkt dus 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", dat wil zeggen dat het trekken van aandacht bepaald wordt door fysische kenmerken alleen.

Samengevat: Een object dat in termen van fysische kenmerken opvallend te noemen is wat betreft vorm of kleur, trekt alleen dan automatisch de aandacht 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.

4. GRENZEN AAN DE SELECTIVITEIT EN HET BEGIN VAN EEN VALIDATIE: DRIE EXPERIMENTEN

In voorgaande experimenten (Theeuwes, 1989b,c,d) stond de opvallendheid van objecten gedefinieerd in termen van vorm of kleur centraal. Om uiteindelijk een meer algemene theorie voor visuele selectie te kunnen formuleren, is het nodig om te onderzoeken in hoeverre deze bevindingen gelden voor andere kenmerken dan vorm en kleur, en in hoeverre de bevindingen ook gelden voor meer realistische (verkeers)situaties. Daarom werd in de volgende experimenten in het kader van het project "Visuele selectie" onderzocht wat de invloeden van 'plaatsverwachting' en 'luminantieverschillen' zijn op het zoekproces en op deze manier gezocht naar de 'grenzen van de selectiviteit'. Omdat gebleken was dat plotselinge veranderingen wel konden leiden tot het automatisch trekken van aandacht, is dit aspect - in de vorm van het plotselinge verschijnen van een stimulus (onset) - ook onderzocht in combinatie met zowel de invloed van plaatsverwachting als die van luminantie(verschillen). Onderzocht werd of instructie aan de proefpersoon (top-down) kan leiden tot efficiënt zoeken, ondanks bottom-up invloeden.

4.1. Plaatsverwachting

In het eerste experiment (Theeuwes, 1990a) stonden de volgende vragen centraal:

1. Wat is - naast de invloeden van karakteristieken als vorm en kleur - de invloed van plaatsverwachting op het selectieproces?
2. Wat is de invloed van storende stimuli, gegeven deze plaatsverwachting, op het herkenningproces?

Vooraf de interactie tussen 'plaatsverwachting' en 'storende onsets' is dan interessant. Dat wil zeggen 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? 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 laatsten onlogische plaats staat. Kortom, plaatsverwachting lijkt ook in het verkeer heel belangrijk te zijn, maar het voorbeeld is speculatief; onderzoek is nodig om in het hierboven geschetste voorbeeld de juiste beslissing te kunnen nemen voor het plaatsen van bijvoorbeeld een verkeers-teken 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 vorm en kleur (zie o.a. Tsal & Lavie, 1988; Arguin & Cavanagh, 1988).

De resultaten van dit experiment laten zien dat de mate waarin plotselinge onsets aandacht trekken vooral gestuurd wordt door de proefpersoon (plaatsverwachting) en niet door de stimulatie per se. Bovendien heeft een abrupte onset op een plaats waar de te zoeken letter (target) niet verschijnt ook geen invloed op de herkenningstijd van deze target. Het feit dat het plotseling verschijnen van een element op een plaats waar ook een target letter verscheen wél voor interferentie (i.e., een langere reactietijd) zorgt, wordt door Theeuwes (1990a, p. 15-16) uitgelegd in termen van de "zoomlens"-theorie voor aandacht (zie bijvoorbeeld Eriksen & Yeh, 1985). Als aandacht niet speciaal gericht is dan bestrijkt deze, volgens deze theorie, het gehele visuele blikveld; op die manier kan een abrupte onset die binnen dit - grote - gebied valt aandacht trekken. Een aanwijzing aan de proefpersoon (cue), in dit geval een pijl die plaatsverwachting induceert, zorgt ervoor dat "ingezoomd" wordt op een bepaald gebied(je); abrupte onsets die buiten dit gebied vallen trekken dan geen aandacht, die erbinnen vallen wél.

Samengevat: De mate waarin het plotseling verschijnen van elementen (onset) aandacht trekt wordt vooral gestuurd wordt door verwachtingen van de proefpersoon ten aanzien van de plaats waar het te zoeken object zal verschijnen en niet door de stimulatie van de onset per se.

4.2. Luminantieverschillen

In het tweede experiment (Theeuwes, 1990b) stond de rol van luminantieverschillen centraal; getracht werd de volgende vraag te beantwoorden: Wat is - naast de invloeden van kleur, vorm, onsets en plaatsverwachting - de invloed van luminantieverschillen op het zoekproces? Meer specifiek is de

vraag wat de invloed is van luminantieverschillen op het zoekproces in aanwezigheid van 'storende' niet-relevante stimuli in de vorm van unieke kleurelementen, en andersom: wat is de invloed van luminantieverschillen op het zoekproces als deze juist niet relevant zijn? (in dit laatste geval is juist het zoeken naar een unieke kleur relevant voor de taak).

In het verkeer zou het gebruiken van luminantieverschillen als cue voor zoeken relevant kunnen zijn bij bijvoorbeeld een maatregel als motorvoertuigverlichting overdag (MVO). Het systematisch coderen van auto's door middel van verlichting kan er voor zorgen dat bij verkeersdeelnemers de verwachting wordt aangeleerd dat aan het verkeer deelnemende voertuigen voorzien zijn van brandende koplampen (zie Hagenzieker, 1990). Hierdoor zouden deze voertuigen eerder 'gevonden' en herkend kunnen worden als zijnde relevante voorwerpen om rekening mee te houden, wat consequenties voor het gedrag met zich mee kan brengen.

De resultaten van dit experiment laten zien dat luminantieverschillen kunnen worden gebruikt als cue (aanwijzing) in zoektaken. Daarbij gaat het zoeken naar een hoge luminantie sneller dan naar een lage luminantie. De kenmerken kleur en luminantie interfereren met elkaar bij het zoeken, wat langere reactietijden tot gevolg heeft; dit geeft aan dat de 'top-down' controle niet perfect is. Resultaten van een experiment waarin gezocht werd naar een unieke vorm of een unieke kleur geven aan dat de proefpersoon geen 'last' heeft van de unieke vorm bij het zoeken naar de unieke kleur, maar andersom wel. Dit lijkt aan te geven dat kleurinformatie bij de gebruikte stimuli wellicht eerder beschikbaar is dan vorminformatie; bij het zoeken naar de unieke kleur ondervindt de proefpersoon geen hinder van de irrelevante unieke vorm, maar omgekeerd ondervindt de proefpersoon wel hinder van de unieke kleur bij het zoeken naar de unieke vorm. Wellicht is het kenmerk vorm, zoals het in deze experimenten gebruikt is, 'onopvallender' dan kleur.

Al eerder vond Theeuwes (1989d) aanwijzingen voor deze asymmetrie tussen de kenmerken kleur en vorm. Ook ander onderzoek (Quinlan & Humphreys, 1987) heeft laten zien dat kleurinformatie eerder beschikbaar is dan vorminformatie, een vinding die door de resultaten van dit experiment onderschreven kunnen worden (kleurinformatie lijkt ongeveer 100 msec eerder beschikbaar te zijn dan vorminformatie; zie Theeuwes, 1990b). Deze bevindingen kunnen begrepen worden met behulp van een zogenaamd 'horse-race'

model (zie Theeuwes, 1990b, p. 25 e.v.). Stel dat aandacht getrokken wordt door een stimuluskenmerk dat het eerst een zekere drempelwaarde bereikt. Het element dat uniek is in kleur zal dan het eerst de aandacht trekken, en vervolgens wordt de prestatie niet meer beïnvloed door de aanwezigheid van een unieke vorm. Aan de andere kant, als naar een unieke vorm wordt gezocht dan wordt toch eerst de aandacht getrokken door de eerder beschikbare kleurinformatie, wat resulteert in een langere reactietijd (maar die niet afhankelijk is van het aantal elementen in het display, het verschil is een constante). Op dezelfde manier lijkt informatie met een 'hoge' luminantie eerder beschikbaar te zijn dan die met een 'lage' luminantie. Immers het zoeken naar een uniek element met een 'hoge' luminantie gaat sneller dan het zoeken naar een uniek element met een 'lage' luminantie.

De resultaten van dit experiment wijzen erop dat proefpersonen niet zomaar hun aandacht selectief kunnen richten op een willekeurige stimulusdimensie zonder dat dit interferentie tot gevolg heeft. Dit houdt dus een beperking in ten opzichte van eerder verkregen resultaten die erop leken te wijzen dat de selectiviteit volledig 'top-down' bepaald zou zijn. Opgemerkt moet worden dat zelfs al is compleet selectief zoeken niet mogelijk, de unieke, opvallende elementen wel gebruikt werden om efficiënt te zoeken. In een conditie zonder unieke elementen (controleconditie) was het zoeken bijvoorbeeld veel langzamer dan in de conditie waarin er naast het te zoeken unieke element ook nog andere, 'storende', unieke elementen aanwezig waren; ook al werd het zoeken vertraagd door de aanwezigheid van die storende elementen ('distractors').

Samengevat: Proefpersonen kunnen niet 'zomaar' hun aandacht selectief richten op een willekeurige stimulusdimensie zonder dat dit interferentie tot gevolg heeft. De selectiviteit is wel grotendeels, maar niet volledig 'top-down' bepaald.

4.3. Visueel zoeken in verkeersscènes

Bij een eerste poging tot generalisatie en validatie van de in het laboratorium verkregen resultaten naar meer realistische situaties, stond in het derde experiment (Theeuwes, 1991) opnieuw de vraag centraal in hoeverre 'plaatsverwachting' een rol speelt in het selectieproces. Nu werd echter niet meer met abstracte stimuli, maar met 'echte' verkeersscènes gewerkt

in de vorm van (zwart-wit) gefotografeerde verkeerssituaties. Het betreft in feite een generaliseringsstudie van de laboratoriumexperimenten naar meer ecologisch valide situaties. Onderzocht moet worden wat de relevantie van de gevonden resultaten is voor situaties die complexer zijn en meer in overeenstemming met de 'verkeersrealiteit'. De vraag is dan of de in het laboratorium gevonden resultaten met abstracte stimuli ook gelden voor waarneming van verkeersbeelden - die veel complexer zijn. In een later stadium zal deze vraag ook beantwoord moeten worden met betrekking tot de andere in het laboratorium gemanipuleerde kenmerken, zoals vorm, kleur en luminantie. De resultaten van deze validatiestudie moeten op hun beurt weer leiden tot een opstap voor onderzoek met bewegende beelden en praktijkonderzoek met gedragsobservaties.

Proefpersonen zochten naar objecten (bijvoorbeeld een fietser, een auto, een verkeersbord) die ofwel op een waarschijnlijke of op een meer onwaarschijnlijke plaats in de scène stonden afgebeeld. Voordat proefpersonen begonnen te zoeken naar het object, werd voor een korte tijd de verkeersscène aangeboden. Er werd vanuit gegaan dat deze voorpresentatie bepaalde verwachtingen ten aanzien van de plaats van het object zou induceren. In de helft van de gevallen stond het gevraagde object (target) in de scène afgebeeld, in de andere helft van de gevallen was het gevraagde object er niet. De reactietijd van de proefpersonen werd geregistreerd.

In totaal werden er 44 scènes gebruikt, in 22 daarvan stond geen 'target' en in 22 wel (12 keer een fiets, 9 keer een verkeersbord en 1 keer een auto). Voor elk van de 22 'object aanwezig' aanbiedingen waren er twee condities voor elke scène: een met het object op een verwachte, en een met het object op een onverwachte plaats. De scènes waren zo geconstrueerd dat alle er in voorkomende kenmerken zoveel mogelijk hetzelfde waren, behalve natuurlijk dat het te zoeken object afhankelijk van de onderzoekconditie op verschillende (verwachte of onverwachte) plaatsen stond. Dit was van belang, omdat het niet zo mocht zijn dat toevallige lokale contrasten meer de zoektijd zouden bepalen dan de verwachting over de plaats van objecten. Als het gevraagde object een fietser was, dan kon deze zich bijvoorbeeld op het fietspad bevinden (verwachte plaats) of op de hoofdrijbaan (onverwachte plaats). Of de fietser reed in een straat met éénrichting verkeer in de toegestane (verwachte) of verboden (onverwachte) richting. En een te zoeken verkeersbord kon bijvoorbeeld aan de rechterkant (verwacht) van de weg staan, of aan de linkerkant (onverwacht).

De resultaten van dit experiment laten zien dat de voorpresentatie van de scène inderdaad bepaalde zoekstrategieën lijkt op te roepen: zoeken naar een object op een verwachte plaats was iets (maar statistisch niet significant) sneller dan naar een object op een onverwachte plaats. Belangrijker was de bevinding dat het zoeken naar een object op een onverwachte plaats significant meer fouten oplevert dan het zoeken naar een object op een verwachte plaats. (Als het object niet in de scène stond was er geen groter foutenpercentage). Dit suggereert dat proefpersonen zich strategisch voorbereiden op het zoeken naar het object. Het lijkt er op dat vooral die plaatsen binnen een scène waar het object zich waarschijnlijk bevindt het eerst worden afgezocht. En dat pas daarna ook (at random) naar andere plaatsen gekeken wordt. En het lijkt er op dat wanneer het object binnen een bepaalde tijd niet gevonden wordt, de proefpersoon een negatief antwoord geeft. Als de objecten steeds op onverwachte plaatsen staan, dan lijkt de tijd die de proefpersoon neemt om te beslissen dat het object er is iets (maar niet significant) langer te zijn dan wanneer objecten op verwachte plaatsen staan. Bij een tweede aanbieding bleef deze strategie gehandhaafd, waarbij opgemerkt moet worden dat de proefpersoon geen terugkoppeling kreeg van zijn prestaties. Als deze strategie inderdaad gevolgd wordt bij het zoeken, is het ook niet verwonderlijk dat in de reactietijden geen significante verschillen tussen beide condities werden gevonden. Of de hier beschreven zoekstrategie er inderdaad zo uit ziet, zou gecontroleerd moeten worden door te observeren waar de proefpersonen daadwerkelijk hun ogen op richten - bijvoorbeeld door hun oogbewegingen te registreren.

De algemene bevindingen, zoals hierboven beschreven, golden niet voor alle gebruikte scènes. Meestal, maar niet altijd, werd een object geplaatst aan de rechterkant van de scène (en dit was dan vaak de 'verwachte' plaats) eerder gevonden dan als het object aan de linkerkant stond. Als uit de scène bleek (bijvoorbeeld uit een bord dat 'eenrichting verkeer' aanduidde) dat alleen verkeer van links verwacht kon worden, dan werd een fietser van links sneller gevonden dan een fietser die van rechts kwam. Bij sommige (5 van de 22) scènes werd een 'omgekeerd' verwachtingseffect gevonden. Zo werd bijvoorbeeld een fietser die op de hoofdrijbaan reed in sommige scènes sneller gevonden dan een fietser op het fietspad, of het fietspad nu aan de rechter- of linkerkant van de scène gelegen was. En bij sommige scènes werd geen effect van plaatsverwachting gevonden. Een en ander kan

te maken hebben met de arbitraire wijze waarop vooraf bepaald was wat 'verwacht' en 'onverwacht' genoemd werd; dit kon ook niet anders, omdat nog niet bekend was welke verwachtingen proefpersonen (=verkeersdeelnemers) hebben bij de verschillende gebruikte verkeersscènes.

Samengevat: De resultaten van het eerste experiment in deze serie van drie lieten al zien dat plaatsverwachting een groot effect heeft bij zoektaken waarin abstracte stimuli gebruikt werden. Het experiment met gefotografeerde verkeersscènes laat zien dat dit ook geldt voor het zoeken in meer realistische situaties. Het is echter nog niet duidelijk hoe deze verwachtingen er precies 'uit zien'; het is in ieder geval complexer dan 'iets aan de rechter kant van de weg wordt eerder opgemerkt dan iets aan de linker kant van de weg'.

5. DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

De eerste twee in deze nota beschreven experimenten met betrekking tot de invloeden van plaatsverwachting, luminantieverschillen, en storende elementen of veranderingen, zijn onderzoeken met abstracte stimuli naar de 'grenzen' van de selectiviteit. Het blijkt dat tot zeer grote hoogte de top-down processen de bottom-up processen overheersen, alleen een storend element vlak bij het te zoeken object (de 'target') interfereert met plaatsverwachting; en voor de kenmerken kleur, vorm en luminantie geldt een beperkte selectiviteit, dat wil zeggen, deze kenmerken worden wel gebruikt als aanwijzing om te zoeken, maar de proefpersoon kan irrelevante elementen met deze kenmerken niet volledig negeren.

Deze bevindingen, toegepast op 'het verkeer', suggereren dat de mate waarin aandacht gericht is bepaalt of een abrupte verandering (onset) het informatieverwerkingsproces beïnvloedt. Als een verkeersdeelnemer op zoek is naar een bepaald object waarvan de plaats onbekend is, dan zal hij zijn aandacht wellicht over het gehele gezichtsveld verdelen. In zulke situaties zullen abrupte veranderingen, bijvoorbeeld door een knipperlicht, automatisch de aandacht kunnen trekken. Als de verkeersdeelnemer sterke verwachtingen heeft over de plaats waar het gezochte object zal verschijnen, dan zal hij zo'n abrupte verandering gemakkelijk kunnen negeren (behalve als het knipperlicht zeer dicht bij de plaats staat waar ook het verwachte object is). Het is zelfs mogelijk dat wanneer de aandacht zo specifiek gericht is, bepaalde verkeerstekens die bedoeld zijn om de aandacht van de verkeersdeelnemer te trekken onafhankelijk van waarmee deze bezig is op dat moment (bijvoorbeeld voorrangstekens, stopborden) onopgemerkt blijven.

De resultaten van het experiment met de verkeersscènes lijken er op te wijzen dat verkeersdeelnemers in de meeste situaties (vgl. scènes) duidelijke verwachtingspatronen hebben ten aanzien van de plaatsen waar andere verkeersdeelnemers of verkeersborden kunnen verschijnen. Objecten op zulke verwachte plaatsen lijken iets sneller gevonden te worden dan objecten op onverwachte plaatsen. Maar wat belangrijker is, objecten op onverwachte plaatsen worden relatief vaak (in ongeveer 16% van de gevallen) in het geheel niet opgemerkt. Dit is significant vaker dan wanneer objecten op verwachte plaatsen stonden (8-10% wordt niet opgemerkt). Zoals al eerder werd

opgemerkt is het duidelijk dat het niet opmerken van andere weggebruikers of verkeerstekens tot ongevallen kan leiden. Twisk (1991) merkt, mede naar aanleiding van deze resultaten, op dat het voor de verkeersveiligheid van belang is van uniforme wegcategorieën gebruik te maken. Deze wegcategorieën leiden tot bepaalde verwachtingspatronen, zodat per wegcategorie de weggebruiker weet waarop hij moet letten en de essentiële kenmerken snel gedetecteerd worden.

Aan de ene kant zou aangenomen kunnen worden dat in werkelijkheid de verwachtingen sterker zijn dan nu met behulp van gefotografeerde scènes geïnduceerd kon worden. Verkeersdeelnemers kunnen namelijk hun verwachtingen baseren op basis van veel meer en langere observatieperioden. Aan de andere kant is in dit experiment expliciet geprobeerd verwachtingen op te roepen met behulp van voorpresentatie van de scènes. Met behulp van onderzoek met bewegende beelden zou nagegaan moeten worden in hoeverre een dergelijke (meer realistische) presentatie van 'scènes' de verwachtingspatronen beïnvloeden.

Dezelfde onderzoeksmethodiek als gehanteerd is in het experiment met de verkeersscènes kan gebruikt worden om, naast plaatsverwachting:

- verwachtingen ten aanzien van kleur, vorm en luminantie te onderzoeken in verkeersscènes;
- te onderzoeken hoe kenmerken van verschillende van deze dimensies elkaar wederzijds beïnvloeden;
- de resultaten hiervan met die van de laboratoriumexperimenten met abstracte stimuli te vergelijken.

Op deze manier kan de verhouding tot de kennis uit laboratoriumexperimenten vastgesteld worden; en kunnen de gevonden zoekpatronen 'in het verkeer' uitgelegd worden in termen van top-down en bottom-up processen.

In het laboratorium is bijvoorbeeld gebleken dat luminantieverschillen gebruikt kunnen worden als aanwijzing in zoektaken; daarbij bleek ook dat het zoeken naar een hoge luminantie sneller ging dan naar een lage. De vraag is nu of in een veel complexere situatie, zoals in het verkeer, relatief hoge luminanties er ook voor kunnen zorgen dat betreffende objecten eerder 'gezien' worden. Op dezelfde wijze is het van belang na te gaan hoe verwachting met betrekking tot kleur en vorm invloed hebben op het 'opsporen' van objecten met dergelijke kenmerken.

Tot nog toe is steeds met statische beelden gewerkt. Bij verkeersgedrag is over het algemeen sprake van dynamische situaties. Een volgende stap in het onderzoek "Visuele selectie" is de zoekstrategieën voor bewegende beelden te onderzoeken met behulp van het meten van reactietijden en/of oogbewegingspatronen. Zo kan bijvoorbeeld het naderen van een bepaalde kruising opgenomen worden op film/video. De patronen van oogbewegingen van personen (verkeersdeelnemers) die de film bekijken, in combinatie met een zoektaak waarbij de reactietijd gemeten wordt, kunnen zoekpatronen blootleggen die door de verkeersomgeving worden geïnduceerd (zie bijv. Rahimi et al., 1990).

In de eerstvolgende fase van het project "Visuele selectie" zal daarom in ieder geval gewerkt gaan worden met bewegende beelden; tevens wordt er naar gestreefd om - net als bij de statische beelden - een of meer van de bovengenoemde factoren (bijvoorbeeld kleur- of plaatsverwachting) opnieuw te bestuderen.

In een later stadium kan vervolgens overwogen worden een dergelijk onderzoek uit te voeren in de praktijk, dat wil zeggen een proefpersoon rijdt "in het echt" een bepaald traject, terwijl de oogbewegingen worden geregistreerd. Opnieuw is van belang te achterhalen wat bij de weggebruiker relevante kenmerken uit de omgeving zijn (gegeven een bepaalde taak), maar nu gegeven een dynamische situatie; en komen deze relevante kenmerken overeen met die in een statische situatie?

Zoals reeds uit het laboratoriumonderzoek is gebleken, wordt het zoeken naar bepaalde informatie voor een groot deel door de proefpersoon zelf bepaald. Een volgende stap in het onderzoek is het relateren van zoekpatronen (oogbewegingen, reactietijd) aan acties van proefpersonen, c.q. verkeersdeelnemers. Afhankelijk van een bepaalde (intentie voor een) handeling kan onderzocht worden waar verkeersdeelnemers zoeken naar de voor die handeling (blijkbaar) benodigde informatie, in welke volgorde die informatie gezocht en bekeken wordt, hoeveel tijd dit kost, en met welke regelmaat bepaalde zoekpatronen optreden. Hierbij zullen dan steeds drie aspecten een rol spelen: (1) Wat is de invloed van de verwachting en intentie van de verkeersdeelnemer (top-down); (2) Wat is de invloed van omgevingskenmerken (vgl. bottom-up en 'storende' elementen); en tenslotte (3): Wat is de relatie van deze bevindingen die het 'kunnen' betreffen met

wat verkeersdeelnemers 'moeten' waarnemen: Welke consequenties heeft het als een verkeersdeelnemer bepaalde (zoek)acties niet onderneemt - bijvoorbeeld door bepaalde verwachtingen of andere top-down invloeden - die hij wel had moeten doen om zich op dat moment 'veilig' te gedragen? Dit laatste punt geeft tevens de relatie met doelstelling 2 van het project weer (zie blz. 10). De inzichten in wat mensen kunnen, dienen uiteindelijk gekoppeld te worden aan wat verkeersdeelnemers moeten selecteren en herkennen uit het verkeersbeeld om hun taak goed uit te kunnen voeren, zodat maatregelen getroffen kunnen worden om beide aspecten zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming te brengen.

LITERATUUR

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

Cairney, P.T. & Catchpole, J.E. (1991). Road user behaviours which contribute to accidents at urban arterial/local intersections. Report ARR 197. Australian Road Research Board.

Cavanagh, P. (1990). What's up in top-down processing? In: Gorea, A. (ed.), *Proceedings of the XIIIth European Conference on Visual Perception ECVP*.

Cole, B.L. & Hughes, P.J. (1990). Drivers don't search: They just notice. In: Brogan, D. (ed.), *Visual search. Proceedings of the First International Conference on Visual Search, University of Durham, England, September 5-9, 1988*. Taylor & Francis, London.

De Graef, P.; Christiaens, D. & d'Ydewalle, G. (1990). Perceptual effects of scene context on object identification. *Psychological Research* 52, 317-329.

Eriksen, C.W. & Yeh, Y.Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 11, 583-597.

Hagenzieker, M.P. (1989). Visuele selectie in het verkeer; Een interimrapport. R-89-60. SWOV, Leidschendam.

Hagenzieker, M.P. (1990). Visuele waarneming en motorvoertuigverlichting overdag (MVO); Een literatuurstudie. R-90-41. SWOV, Leidschendam.

LaBerge, D. (1973). Attention and the measurement of perceptual learning. *Memory & Cognition* 1, 268-276.

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

Quinlan, P.T. & Humphreys, G.W. (1987). Visual search for targets defined by combinations of colour, shape, and size: An examination of the task constraints on feature and conjunction searches. *Perception & Psychophysics* 41, 455-472.

Rahimi, M.; Briggs, R.P. & Thom, D.R. (1990). A field evaluation of driver eye and head movement strategies toward environmental targets and distractors. *Applied Ergonomics* 21 (4), 267-274.

Sussman, E.D.; Bishop, H.; Madnick, B. & Walter, R. (1985). Driver inattention and highway safety. *Transportation Research Record* 1047, 40-48.

Theeuwes, J. (1989a). Visual selection: Exogenous and endogenous control; A review of the literature. IZF 1989 C-3. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Theeuwes, J. (1989b). Conspicuity is task dependent; Evidence from selective search. IZF 1989 C-8. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Theeuwes, J. (1989c). Conspicuity is task dependent; Visual search for uniquely colored targets. IZF 1989 C-16. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Theeuwes, J. (1989d). Cross-dimensional perceptual selectivity. IZF 1989 C-17. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Theeuwes, J. (1990a). Exogenous and endogenous control of visual attention. IZF 1990 C-3. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Theeuwes, J. (1990b). Selective search for separate stimulus dimensions. IZF 1990 C-20. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Theeuwes, J. (1991). Visual search of traffic scenes. IZF 1991 C-18. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Theeuwes, J. & Hagenzieker, M.P. (1991). Visual search of traffic scenes: On the effect of location expectations. Paper presented at the Fourth International Conference on Vision in Vehicles, Leyden State University, the Netherlands, 27-30 August 1991.

Tipper, S.P.; Brehaut, J.C. & Driver, J. (1990). Selection of moving and static objects for the control of spatially directed action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 16 (3): 492-504.

Todd, J.T. & Van Gelder, P. (1979). Implications of a sustained-transient dichotomy for the measurement of human performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 5 : 625-638.

Treat, J.R. et al. (1977). Tri-level study of the causes of traffic accidents. Report DOT-HS-034-3-535-77. Indiana University.

Tsal, Y. & Lavie, N. (1988). Attending to color and shape: The special role of location in selective visual processing. *Perception & Psychophysics* 44 (1): 15-21.

Twisk, D.A.M. (1991). Categorisering van wegen, Deel 2: Psycho-ergonomische gezichtspunten. R-91-53. SWOV, Leidschendam.

Wertheim, A.H. (1986). Over het meten van visuele opvallendheid van objecten in het verkeer. IZF-rapport 1986 C-25, Instituut voor Zintuigfysiologie IZF-TNO, Soesterberg.