

Interactiegedrag van verkeersdeelnemers; Fase 1

Drs. A.J. Roskam (COV), drs. J.W.F. Wiersma (TUD) &
drs. P.I.J. Wouters (SWOV)

R-2001-32

Interactiegedrag van verkeersdeelnemers; Fase 1

Ontwikkeling van een methodiek om 'Situation Awareness' in het verkeer te bepalen

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2001-32
Titel:	Interactiegedrag van verkeersdeelnemers; Fase 1
Ondertitel:	Ontwikkeling van een methodiek om 'Situation Awareness' in het verkeer te bepalen
Auteur(s):	Drs. A.J. Roskam (COV), drs. J.W.F. Wiersma (TUD) & drs. P.I.J. Wouters (SWOV)
Onderzoeksthema:	Telematica en veiligheid in het wegverkeer
Themaleider:	Ir. R.G. Eenink
Projectnummer SWOV:	36.140
Trefwoord(en):	Situation awareness, perception, comprehension, psychology, safety, driver, behaviour, traffic, junction, simulator (driving), simulation, driving (veh), measurement, method, telematics, evaluation (assessment).
Projectinhoud:	De ontwikkeling van een methodiek voor het meten van Situation Awareness is de eerste fase van langetermijnonderzoek op het gebied van telematica. Er zijn verschillende methodes ontwikkeld om Situation Awareness te bepalen. In dit rapport worden drie meetmethodes in een simulatorexperiment beproefd op hun geschiktheid voor toepassing in de uitvoering van besturings-taken in het verkeer. Het experiment moet leiden tot een bepaling van de methodiek die in vervolgonderzoek zal worden gebruikt.
Aantal pagina's:	40 + 16 blz.
Prijs:	€ 11,70
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 2001

Samenvatting

De ontwikkeling van een methodiek voor het meten van Situation Awareness is de eerste fase van langetermijnonderzoek op het gebied van telematica. Voor bestuurders is belangrijk dat zij een verkeerssituatie goed waarnemen en de veranderingen daarin ook juist interpreteren, om op grond daarvan voldoende nauwkeurig te voorspellen hoe die situatie zich in de nabije toekomst zal ontwikkelen. Willen telematische hulpmiddelen ondersteuning bieden, dan dienen deze in hun werking aan te sluiten bij dit proces.

Het uiteindelijke doel van het langetermijnonderzoek is, vanuit een oogmerk van verkeersveiligheid, te komen tot criteria voor telematische hulpmiddelen die bestuurders in de uitoefening van hun rijtaak willen ondersteunen. De aandacht is hierbij in het bijzonder gericht op het onderliggende wegennet, waar interactie tussen verkeersdeelnemers veelvuldig voorkomt en doorgaans complex van aard is. In termen van ongevallen is hier vooral de situatie rond kruispunten van belang.

Het soort onderzoek dat zich met onderkenning van de situatie bezighoudt is het onderzoek naar 'Situation Awareness' (SA). Daarbinnen zijn verschillende methodes ontwikkeld om SA te bepalen. Deze zijn evenwel niet toegespitst op de uitvoering van besturingstaken in het verkeer. Daarom moet eerst een methodiek ontwikkeld worden waarmee de SA van verkeersdeelnemers te meten is bij het uitvoeren van besturingstaken in het verkeer.

Met het oog hierop is als pilot een simulator-experiment uitgevoerd waarin een drietal meetmethodes zijn beproefd. Tijdens een 'rit' in de simulator langs een route die een verscheidenheid aan verkeerssituaties inhield, werd diverse keren op vaste locaties het beeld bevroren ('freezing'). Drie verschillende groepen proefpersonen werden telkens direct daarna in de gelegenheid gesteld ofwel een 'gestructureerde vragenlijst' te beantwoorden, ofwel in 'vrije verbalisatie' zelf de situatie onder woorden te brengen, dan wel in de zogenaamde 'tekenmethode' de situatie uit te tekenen.

Als resultaat van dit experiment is te melden dat geen van deze methodes afzonderlijk tot een bruikbare weergave van de verkeerssituatie leidde. De hybride vorm evenwel van tekenmethode aangevuld met gerichte bevraging van proefpersonen, over vooral bewegingskenmerken van andere verkeersdeelnemers, blijkt een zinvol spoor te zijn voor nadere uitwerking.

In die richting zal het onderzoek worden voortgezet. Daarbij wordt tevens getracht aan te sluiten bij een studie naar scenario's die bestuurders hanteren bij de afwikkeling van hun onderlinge ontmoetingen op kruisingen.

Summary

Interaction behaviour of road users; Phase 1.

Development of a method to determine 'Situation Awareness'

The development of a method to measure Situation Awareness is the first phase of long-term research in the field of telematics. It is important that drivers observe a traffic situation properly and also interpret its changes correctly. This in order to accurately foresee how the situation will develop in the near future. If telematic aids are to offer support, they must adapt their operation to this process.

From the road safety point of view, the ultimate goal of the long-term research is, to determine criteria for telematic aids that support drivers in carrying out their driving task. Attention here is particularly directed at the secondary road network. On these roads there is frequent interaction between road users, and it usually has a complex nature. In terms of accidents, intersections deserve particular attention.

Research into human abilities to observe situations accurately and to foresee and predict their development is called 'Situation Awareness' (SA). Different methods to determine SA have been developed. They are, however, not specifically aimed at carrying out steering tasks in traffic. That is why, first of all, a method had to be developed with which the SA of road users, while carrying out their steering tasks in traffic, can be measured.

With this in mind, a simulator-experiment was carried out as a pilot study. In this, three measurement methods were tested. During a 'journey' in a simulator along a route involving a variety of traffic situations, the picture was frozen a number of times at set locations ('freezing'). Immediately after each frozen picture, subjects from three different groups were asked to either answer a structured questionnaire or describe the situation in their own words; or draw a sketch of the situation.

The result of this experiment showed that none of these methods leads individually to a usable reproduction of the traffic situation. However, the hybrid form of the sketch-drawing with additional specific questioning of subjects seems to be a useful course to continue on, especially concerning the manoeuvre features of other road users.

The research will be continued in this direction. At the same time we will try to link to a study of scenarios used by drivers when settling their mutual encounters at intersections.

Inhoud

Voorwoord	6
1. Inleiding	7
1.1. Motivatie en doelstelling	7
1.2. Achtergronden bij de opzet van het onderzoek	9
1.3. Inrichting van de rapportage	12
2. Meetmethodes Situation Awareness	13
2.1. Classificatie van SA-meetmethodes	13
2.2. Methode	13
2.3. Maat	13
2.3.1. Subjectieve maten van SA	14
2.3.2. Fysiologische maten	14
2.3.3. Prestatiematen: primaire taakmaten	14
2.3.4. Prestatiematen: secundaire taakmaten	14
2.4. Het meten van SA in dit project	15
3. Evaluatie van drie SA-meetmethodes	17
3.1. Probleemstelling	17
3.2. Methode van onderzoek	18
3.2.1. Deelnemers	18
3.2.2. Design	19
3.2.3. Simulatorvariabelen	19
3.2.4. Afgeleide variabelen	20
3.3. Meetresultaten	22
3.3.1. Algemeen	22
3.3.2. Deelnemers	22
3.3.3. Simulatorvariabelen	23
3.3.4. Afgeleide variabelen	25
3.3.5. Relatie tussen afgeleide variabelen en simulator-variabelen	30
3.4. Bevindingen	31
3.4.1. Algemeen en samenvattend	31
3.4.2. Concluderend	32
3.4.3. Aanbevelingen	33
4. Conclusies voor het vervolg	34
4.1. Aard van het vervolgonderzoek	34
4.2. Aanpak van het vervolgonderzoek	35
Literatuur	36
Bijlagen 1 t/m 3	39

Voorwoord

Eind maart 1999 zijn TRAIL (The Netherlands Research School for Transport, Infrastructure and Logistics) en de SWOV een gezamenlijk programma van onderzoek overeengekomen op het gebied van toepassingen van telematica in het verkeer. Binnen dit gebied werden vier aandachtsvelden gespecificeerd waarvoor men een aantal samenhangende projecten beoogde te initiëren. Een van die aandachtsvelden betreft het verkeersgedrag.

Op het gebied van verkeersgedrag gaat de aandacht uit naar de individuele uitvoering van de verkeerstaak, in het bijzonder de uitvoering binnen het onderliggende wegennet. Daar zijn interacties met andere verkeersdeelnemers van groot belang en veelal extra gecompliceerd. De bedoeling van onderzoek terzake is uiteindelijk te komen tot veiligheidscriteria, te stellen aan telematicatoepassingen gericht op het ondersteunen van dit interactiegedrag.

De voorliggende studie betreft de eerste fase van het langetermijnonderzoek: 'Veiligheidscriteria voor ITS-toepassingen ten behoeve van weggebruikers', dat inmiddels op dit gebied van verkeersgedrag is geëntameerd. De studie gaat uit van de gedachte dat kennis nodig is over eigenschappen van mensen om toepassingen van telematica, evenals trouwens van andersoortige systemen, te ontwerpen, dan wel om het feitelijk gebruik ervan te kunnen waarderen. In eerste instantie staat daarin de vraag centraal of weggebruikers, al dan niet ondersteund door dergelijke systemen, de situatie waarin zij verkeren juist weten te onderkennen. Het doel van deze eerste fase van onderzoek is het ontwikkelen van een methodiek waarmee deze 'Situation Awareness' (SA), te meten is.

Het onderzoek werd namens de SWOV door drs. P.I.J. Wouters uitgevoerd in nauwe samenwerking met:

- dr. K.A. Brookhuis en drs. A.J. Roskam van het Centrum voor Omgevings- en Verkeerspsychologie (COV) van de Faculteit van Psychologische, Pedagogische en Sociologische Wetenschappen van de Rijksuniversiteit Groningen;
- drs. J.W.F. Wiersma en ir T. Heijer van de Sectie Veiligheidskunde van de Faculteit Techniek, Bestuur en Management van de Technische Universiteit Delft.

De rapportage van het onderzoek is opgesteld door drs. P.I.J. Wouters (SWOV). Daarbij is in hoofdstuk 3 het verslag opgenomen van drs. A.J. Roskam (COV) over het bij COV uitgevoerde simulatoronderzoek, waarmee drie verschillende methodes om SA te meten beproefd zijn op toepassing in verkeerssituaties. In hoofdstuk 2 is een notitie van de hand van drs. J.W.F. Wiersma (TUD) opgenomen over overwegingen bij het kiezen van meetmethodes voor SA.. Ook andere onderdelen van het rapport zijn veelal in onderling overleg tot stand gekomen.

1. Inleiding

1.1. Motivatie en doelstelling

In het gezamenlijke onderzoeksprogramma van SWOV-TRAIL gaat de aandacht in het bijzonder uit naar het nuttig en veilig gebruik van het onderliggende wegennet en de aansluitingen ervan met de hoofd- en stedelijke wegennetten. Een van de belangrijkste redenen daarvoor is dat het onderliggende wegennet aanzienlijk minder veilig is voor het verkeer dan het hoofdwegennet. Daarbij is de verwachting dat met de nog steeds groeiende mobiliteit in toenemende mate de noodzaak zal ontstaan het verkeer over het onderliggende wegennet af te wikkelen. Dit is slechts aanvaardbaar als daar gelijktijdig een meer dan evenredige verhoging van het veiligheidsniveau kan worden bewerkstelligd.

Het is nog maar de vraag of alleen maatregelen van infrastructurele aard, zoals die onder meer in het kader van Duurzaam Veilig worden voorgestaan, voldoende effect sorteren om de vereiste verbetering in veiligheid te bereiken. In ieder geval is het zinvol na te gaan of toepassing van hulpmiddelen uit de sfeer van de telematica en informatie-technologie (bijvoorbeeld intelligente transportsystemen (ITS)) hieraan een nuttige bijdrage kan leveren. Een dergelijke bijdrage kan zelfs uiteindelijk onontbeerlijk blijken te zijn.

Op het terrein van de telematica en informatietechnologie is het nodige aan toepassingen in gebruik, dan wel in ontwikkeling. Die toepassingen richten zich bijvoorbeeld op het beheersen van de verkeersstroom. Dit is een van de andere aandachtsvelden uit het SWOV-TRAIL onderzoeksprogramma. In deze rapportage vormt *toepassing van telematica gericht op de ondersteuning van bestuurders, c.q. de voertuigbesturing*, het aandachtsveld. Daarbij wordt uitgegaan van de gedachte dat kennis nodig is over eigenschappen van mensen om toepassingen van telematica -evenals trouwens van andersoortige systemen - te ontwerpen, en anderzijds om het feitelijk gebruik ervan te kunnen waarderen.

Praktische toepassingen van deze aard worden overigens vaak aangeduid met de verzamelnaam '(advanced) driver assistance systems', vaak afgekort met de term ADAS. Daaronder vallen dan bijvoorbeeld systemen voor '(intelligent) cruise control', 'vision enhancement', 'intelligent speed adaptation', 'collision avoidance', enzovoorts. Overzichten van dit soort apparatuur zijn in de literatuur (bijvoorbeeld: Färber & Färber, 1999; Popp et al., 2000) ruimschoots voorhanden. In deze studie gaat de aandacht echter in eerste instantie niet zozeer uit naar directe toepassingen, maar richten wij ons op grondslagen bij het ontwerp en bij de toepassing.

Op het aandachtsveld van besturingsondersteuning is het project 'Veiligheidscriteria voor ITS-toepassingen ten behoeve van weggebruikers' als onderdeel van het langetermijnonderzoek van de SWOV ingericht.

Het uiteindelijke doel van het langetermijnonderzoek is te bestuderen welke besturingstaken ondersteuning vergen en welke veiligheidscriteria gelden, willen hulpmiddelen van telematische aard in die ondersteuning ook daadwerkelijk kunnen voorzien.

De individuele verkeersdeelnemer functioneert deels in omstandigheden die hij als het ware krijgt 'aangeboden' (in de zin van: 'niet door hem/haar geregeld of gestuurd'). Dit geldt onder meer voor de bestaande infrastructuur, de verkeersregulering ter plekke en de geldende regelgeving. Deels zullen verkeersdeelnemers in onderlinge wisselwerking ook een situatie creëren, al is dat dan binnen randvoorwaarden van die aangeboden omstandigheden. In deze studie nu zal in het bijzonder aandacht worden besteed aan dit 'interactiegedrag', c.q. de mogelijkheden tot anticiperen en tot de afstemming van gedrag tussen verkeersdeelnemers.

Die aandacht is mede te motiveren vanwege het centraal gestelde onderwerp van de veiligheid van het onderliggende wegennet. Inter-ageren komt op het onderliggende wegennet veelvuldig voor en is er doorgaans extra complex van aard, mede omdat de omstandigheden minder gestandaardiseerd zijn dan op het hoofdwegennet. Er is daar verder soms sprake van interactiegedrag - al lijkt deze benaming hier onjuist gebruikt - in moeilijke situaties, zoals wanneer men aanwezigheid van anderen kan verwachten, zonder dat men elkaars aanwezigheid feitelijk kan waarnemen. Dit komt bijvoorbeeld voor op kruisingen, bij bochtige wegen enzovoorts. Tevens heeft men er te maken met vervoerswijzen van zeer verschillende aard. In termen van 'omvang van verkeersonveiligheid' vormen dergelijke locaties, zoals bekend zal zijn, een probleem.

Bij dit alles dient bedacht te worden dat de oorzaak van het ontstaan van een ongeval op te vatten is, of op zijn minst vanuit dat gezichtspunt te bezien valt, als een aanwijzing dat verkeersdeelnemers een 'ontmoeting' onderling niet op veilige wijze hebben weten af te wikkelen: men is niet tot een *gemeenschappelijk* adequaat *afwikkelingsscenario* weten te geraken. Deze verwoording is als parafrase van interactiegedrag aan te duiden.

Het onderwerp van onderzoek sluit zoals met het voorgaande is omschreven, nauw aan bij het soort onderzoek dat uitgaat van het concept van 'Situation Awareness' (bijvoorbeeld: Endsley, 1995a; Jager Adams, Tenney & Pew, 1995). Dit soort onderzoek houdt zich namelijk bezig met de menselijke bestuurder die moeten functioneren in veranderlijke omstandigheden, waarbij veranderingen mede bepaald worden door de activiteiten van andere bestuurders. Voor hem is van belang dat hij die veranderingen goed waarneemt en weet te interpreteren en op grond daarvan komt tot een juiste verwachting omtrent voor hem relevante toekomstige ontwikkelingen. In het SA-concept worden dan ook drie tezamen genomen onderdelen als wezenlijk onderscheiden voor het door een bestuurder juist onderkennen van de situatie waarin hij verkeert: "the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future."

Om juist waar te nemen, de waarneming goed te begrijpen en uiteindelijk op grond van die interpretatie goed te voorspellen hoe de situatie zich verder zal ontwikkelen, zijn verschillende meetmethodes (Endsley & Garland, 2000) ontworpen. Die methodes zijn afgestemd op andere omstandigheden dan verkeersdeelname. Als zodanig vormt dit geen bezwaar, nu het blijft

gaan om het uitvoeren van besturingstaken. Praktisch betekent het wel dat er een methodiek ontwikkeld moet worden die specifiek op uitvoering van besturingstaken in het verkeer is afgestemd. Daarbij zal overigens naar alle waarschijnlijkheid aangesloten kunnen worden bij bestaande meetmethodes binnen SA-onderzoek.

In het kader van de uiteindelijke doelstelling van dit project heeft daarom de eerste fase van onderzoek als doel een methodiek te ontwikkelen waarmee de zogeheten 'Situation Awareness' (SA) van verkeersdeelnemers te meten is bij het uitvoeren van besturingstaken in het verkeer.

1.2. Achtergronden bij de opzet van het onderzoek

De gedachtegang in het concept van SA is dat bestuurders komen tot adequate besturingsacties, op grond van een juiste inschatting van de toekomstige ontwikkeling van de situatie waarin zij verkeren. Vaak is daarin kritisch - en vanuit het gezichtspunt van verkeersveiligheid dus van groot belang - of een bestuurder mede uit de gedragingen van anderen juist weet in te schatten hoeveel tijd er nog is voordat een bepaalde gebeurtenis optreedt, dan wel hoeveel gelegenheid hij nog heeft om een vereiste besturingsactie uit te voeren.

Verondersteld mag worden dat het inschatten doorgaans niet telkens momentaan en discreet gebeurt. Eerder gaat het om een min of meer continu proces, waarin een toekomstbeeld naar bevind van zaken wordt opgebouwd en geactualiseerd. Zou dit overigens niet het geval zijn, dan zouden bestuurders telkens moeten reageren op nieuwe informatie, waarbij heroverweging van de situatie soms nodig is. Deze activiteit verloopt over een hoger orde gedragsniveau en is daarom tijdrovend, taak belastend, enzovoorts, leidend tot een kwalitatief geringere 'performance'.

Dit continue proces dient uit overwegingen van veiligheid zo te verlopen dat de bestuurder optredende eventualiteiten veilig weet af te handelen. Willen telematische hulpmiddelen de bestuurder daarin ondersteunen, dan is het onder meer van belang dat bijvoorbeeld telematisch verschaft informatie aansluit op en informatief is voor dit proces. Is dat niet het geval, dan is het effect van dergelijke middelen op zijn minst contraproductief. Het kan leiden tot onnodig heroverwegen van de situatie en zal nog schadelijker zijn wanneer de bestuurder gebracht wordt tot een onterecht oordeel over zijn situatie.

Kortom, om telematische hulpmiddelen voor ondersteuning van besturings-taken te ontwerpen, of omgekeerd, om de werking van daarvoor bedoelde apparatuur te beoordelen, is inzicht nodig in de wijze waarop bestuurders, binnen de operationele condities van verkeerssituaties, komen tot een juiste actualisering van hun mentaal model van de situatie waarin zij verkeren. Hierbij wordt het mentale model, zijnde een postulaat, beschouwd als een uit kennis, lering en ervaring opgebouwde bron van 'algemene kennis', van waaruit mensen de SA-elementen: het waarnemen, het begrijpen en het voorspellen, ondersteunen.

Zoals uiteen is gezet, is het onderwerp van onderzoek het interactiegedrag en wordt het onderzoek verder uitgevoerd met het oog op de veiligheid op het onderliggende wegennet. Het ligt dan ook voor de hand om bij het

ontwikkelen van een methodiek voor het meten van SA operationele condities te kiezen die in deze opzichten relevant zijn. Vandaar dat gekozen is voor kruisingen, c.q. het naderen ervan. Daar vinden interacties immers in grote mate plaats en gebeuren vele ongevallen.

Bij deze keuze zijn overigens toch enige kanttekeningen op zijn plaats. Als zodanig heeft de keuze namelijk een zekere 'face validity', maar is verder in het opzicht van SA niet *direct* te onderbouwen met gegevens uit de ongevallenregistratie. Die gegevens blijken namelijk geen of nauwelijks aanwijzingen te bevatten voor oorzaken die aan SA gerelateerd kunnen worden.

Dit laatste is overigens iets dat niet alleen voor SA opgemerkt kan worden. Zelfs voor visuele waarnemingen is uit dergelijke ongevalsdata een verband met onveiligheid niet goed vast te stellen. In een uitgebreid literatuuronderzoek over visuele waarneming (Noordzij, Hagenzieker & Theeuwes, 1993) wordt bijvoorbeeld opgemerkt: "Een goed overzicht van waarnemingsfouten bij verkeers-ongevallen is er dus niet. Wel is overduidelijk dat visuele waarneming een belangrijke rol speelt bij verkeer en verkeersveiligheid." Relevant hierbij is trouwens de toevoeging: "Ook bestaat de indruk dat het missen of niet opmerken van andere verkeersdeelnemers een belangrijker probleem vormt dan het niet goed kunnen zien of herkennen."

Iets analoogs is evenzeer op te merken voor de meeste, zo niet alle andere 'psychological error mechanisms', zoals die onder meer door Kirwan (1994) zijn samengevat. Grond voor de keuze van het kruispunt is dan ook meer te vinden in bijvoorbeeld een onderzoek waarin vanuit psychologische opzicht naar verkeerstechnische ontwerpeisen voor verkeersvoorzieningen wordt gezocht. Zo wordt in een beschouwing over de mogelijkheden van ITS en telematica-toepassingen voor het oplossen van problemen van oudere weggebruikers op kruispunten (Staplin et al. 1997) als prioriteit voor toekomstig onderzoek aanbevolen: "Develop ecologically valid models ... of crossing behavior", en "Identify ... the relative importance of factors influencing driver gap decisions at intersections."

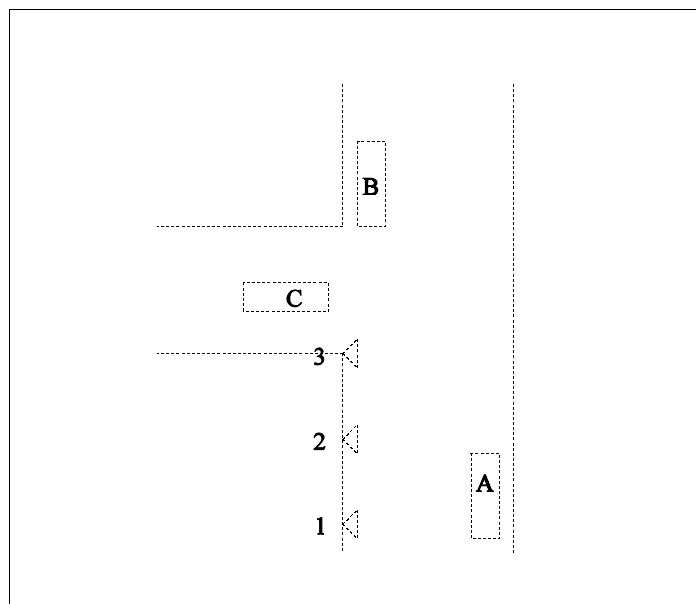
In vrij veel gangbare methodes voor het meten van SA (zie: Endsley, 1995b; Endsley & Garland, 2000) worden bestuurders (als proefpersonen in experimenten) 'direct' bevraagd over de SA bepalende onderdelen: wat neemt iemand waar of waarop heeft hij gelet, hoe interpreteert hij de verkregen informatie en welke verwachting heeft hij vervolgens over de ontwikkeling van de situatie. Dit zijn onderdelen die uiteindelijk in 'fysieke' besturingsacties uitmonden en als zodanig te meten zijn.

In de huidige fase van onderzoek is het nodig proefpersonen mondeling die informatie te ontlokken. Deze verbalisatie van de cognitieve processen is vervolgens deels te vergelijken met hun daadwerkelijke gedragingen, oftewel hun tijdens de simulaties geregistreerde 'performance'.

Het ligt voor de hand de vragen of anderszins uitgelokte verbalisatie zo goed mogelijk te laten slaan op wat een proefpersoon terecht tot 'hoofdbestanddelen' van zijn taak als bestuurder rekent. Van belang is verder dat proefpersoon en experimentator in begrippen en in maatstaven 'dezelfde taal spreken'. Met een terminologie die aansluit bij het 'normale' taalgebruik en maatstaven die navenant zijn, wordt immers bevorderd dat men elkaar goed begrijpt en wordt dubbelzinnigheid voorkomen.

Hoe is dit nu verder uit te werken voor de praktijksituatie 'interactiegedrag op en rond kruisingen'? Ter illustratie daarover het volgende: bij kruisen en afslaan zijn enkele stadia te onderkennen. Zeg dat een bestuurder bij de nadering van een kruising zich in eerste instantie algemeen oriënteert omtrent het kruispunt dat hij nadert. Dat zal leiden tot een scenario-setting omtrent wat hij daar aan verkeerscontext kan verwachten. Vervolgens zal hij zich even verder of later voorbereiden op te nemen acties, gegeven de feitelijke verkeerssituatie ter plaatse. Ten slotte zal hij dicht bij het kruisingsvlak moeten overgaan op de voorbereiding tot het daadwerkelijk uitvoeren van zijn voornemens. Op deze wijze wordt zijn SA als het ware succesievelijk opgebouwd tot aan het moment van 'onomkeerbare' actie.

Die stadia komen in de werkelijkheid min of meer glijdend overeen met een drietal locaties, dan wel tijdstippen: de eerste op enige afstand van het moment waarop het kruispunt goed in zicht komt; een tweede waarop de momentane situatie ter plekke overzien kan worden; en een derde (plaats die of) tijdstip dat juist ligt voor het moment dat een bestuurder al dan niet tot het oversteken en/of afslaan moet overgaan. Deze stadia zijn voor de bestuurder van voertuig A respectievelijk te benoemen als: de oriëntatieperiode (1), de voorbereidingsfase (2) en de uitvoeringsspecificatie (3). Zie *Afbeelding 1*.



Afbeelding 1. De oriëntatieperiode (1), de voorbereidingsfase (2) en de uitvoeringsspecificatie (3) van de bestuurder van voertuig A.

Voor deze stadia zijn veronderstellingen te maken over wat voor bestuurders bepalend is voor de uitvoering van hun rijtaak en hoe zij dit zullen benoemen.

In de oriëntatie zullen zij willen weten met welk type kruispunt men te maken krijgt. Dat is immers bepalend voor de regeling van voorrang en geeft een indruk van te verwachten rijnsnelheden. Vragen over SA zouden zich dan op die aspecten kunnen richten.

In de voorbereidingsfase gaat de aandacht uit naar het aanwezig zijn van andere verkeersdeelnemers. Zijn die er, dan worden hun relatieve posities

en relatieve snelheden van belang. Samen met eventuele richting-aanduidingen moet uit deze gegevens afgeleid worden welke intenties die anderen hebben. Op grond daarvan zal de bestuurder concluderen wie er voor hem 'werkelijk' van belang is en op wie hij zich dus zal moeten richten. Op het moment dat hij definitief zijn voornemens moet specificeren, moet hem duidelijk zijn of hij, al dan niet versnellend of vertragend, achter- of voorlans een ander zal gaan, of moet wachten op een nieuwe gelegenheid.

In deze stadia wordt de tijd(-sruimte) die men ter beschikking heeft steeds geringer. Tegelijkertijd worden de formele regels steeds dwingender. Dit laatste geldt ook nog eens in het bijzonder binnen het derde stadium: hoe kleiner het tijdsbestek waarin op de ander gereageerd kan worden, des te meer zal de goede afloop afhangen van conformiteit aan de regels. Wat uiteindelijk de SA van een bestuurder is, zal overigens uit de daadwerkelijk voorgenomen en/of uitgevoerde manoeuvre blijken. Dit biedt in principe een mogelijkheid de 'ruimte/tijd-cocon' te bepalen.

Nu enerzijds proefpersonen benaderd worden om hun ervaringen te verbaliseren en anderzijds ook 'objectieve' gegevens gezocht worden over de resultante van hun besturingsacties, gaat de voorkeur ernaar uit experimenten op te zetten waarin gebruik gemaakt wordt van simulatie.

In eerste instantie is gebruik gemaakt van bestaande apparatuur en de daarin geprogrammeerde simulatiesettings, zoals die bij het Centrum voor Omgevings- en Verkeerspsychologie (COV) van de RuG beschikbaar waren. Die settings waren zeker in alle opzichten toegesneden op de gekozen praktijksituatie van interactiegedrag op en rond kruisingen. Er is evenwel toch besloten van de bestaande faciliteit gebruik te maken. Aanpassing hiervan zou tot veel vertraging hebben geleid, hetgeen niet opwoog tegen de mogelijkheden deze eerste fase van onderzoek een zinvolle start te geven.

1.3. Inrichting van de rapportage

In een volgend hoofdstuk wordt uiteengezet welke overwegingen geleid hebben tot de keuze van meetmethodes die in eerste instantie worden beproefd en die uiteindelijk worden aangepast voor toepassing op het terrein van verkeersdeelname.

Aansluitend is een hoofdstuk gewijd aan de opzet van een simulatie-experiment ter beproefing van die meetmethodes. Daarin worden tevens de verkregen gegevens besproken en de conclusies en aanbevelingen waartoe de analyse ervan aanleiding geeft. Ten slotte wordt een spoor uitgezet voor de volgende fase van onderzoek.

2. Meetmethodes Situation Awareness

2.1. Classificatie van SA-meetmethodes

Voor het meten van Situation Awareness (SA) zijn verschillende methodes beschikbaar. Verscheidene auteurs hebben classificaties gemaakt van de verschillende methodes, zoals bijvoorbeeld Endsley (1995a), Dennehy (1996) en Pew (1996). Deze indelingen zijn echter zonder uitzondering incompleet of inconsistent. Soms passen niet alle ontwikkelde methodes voor het meten van SA in een classificatie, zoals bij Pew. In alle classificaties wordt datgene wat gemeten en de manier waarop gemeten wordt binnen een classificatie door elkaar gebruikt. Als gevolg hiervan zijn deze classificaties weinig bruikbaar.

Wij zijn daarom genoodzaakt een eigen indeling te geven. Daarbij wordt in ons onderzoek een onderscheid gemaakt tussen 'methode' en 'maat'.

2.2. Methode

Er bestaan veel methodes om SA te meten, zoals verbale protocollen, vragenlijsten, het gebruik van simulatie-experimenten enzovoorts. Deze methodes zijn te onderscheiden op een aantal dimensies, bijvoorbeeld:

- on-line versus off-line metingen;
- experimenten versus metingen in de praktijk;
- directe metingen versus indirecte metingen;
- impliciete maten versus expliciete maten.

In de literatuur worden zeer veel verschillende methodes gepresenteerd om SA te meten. Caretta, Perry & James Ree (1994) bijvoorbeeld presenteren een experiment waarbij ze 24 verschillende methodes voor het meten van SA voorstellen voor even zoveel verschillende SA maten, waaronder prestatiematen, psychometrische tests, persoonlijkheidsmaten en vele andere. Busquets et al. (1994) bijvoorbeeld bespreken methodes als 'think-aloud'-protocollen, detectie-tijdmetingen, freezing-methodes en subjectieve methodes.

Gezien het brede scala meetmethodes lijkt het verstandig eerst de vraag te beantwoorden wat er gemeten moet worden, alvorens ons te richten op de vraag hoe er gemeten moet worden.

2.3. Maat

In deze paragraaf wordt een indeling gebruikt voor maten van SA die aansluit op het onderzoek naar taakbelasting. Dit onderzoeksveld heeft een veel langere traditie dan SA. Hoewel er in dit veld nog steeds geen echte overeenstemming is over wat taakbelasting nu precies is, is er in ieder geval overeenstemming over een indeling van maten voor taakbelasting.

De classificatie van O'Donnel & Eggemeier (1986) gaat uit van drie typen maten, die ook voor het meten van SA bruikbaar zijn:

- subjectieve maten, waarbij een operator zijn eigen taakbelasting schat, of een observator deze schatting maakt;

- fysiologische maten die de taakbelasting afleiden uit een of andere fysiologisch respons op een taak;
- Prestatiematen die uiteenvallen in twee sub-categorieën:
 - primaire taakmaten die de prestatie geven van de operator op (onderdelen van) de hoofdtaak;
 - secundaire taakmaten die informatie geven over taakbelasting aan de hand van de prestatie op een additionele, secundaire taak.

2.3.1. *Subjectieve maten van SA*

Er zijn twee soorten subjectieve maten te onderscheiden: globale maten en specifieke maten.

Bij globale subjectieve maten wordt aan een proefpersoon gevraagd wat hij vindt van zijn SA tijdens of na afloop van de uitvoering van een bepaalde taak. Daarbij wordt niet heel specifiek gedefinieerd wat onder SA moet worden verstaan. Er wordt vanuit gegaan dat de proefpersoon daarover intuïtief een idee heeft.

Specifieke subjectieve maten delen SA op in een aantal deelaspecten, waarbij de proefpersoon zichzelf voor elk van die delen een score moet toekennen. Voorbeelden van dergelijke schalen zijn de SART-schaal van Selcon & Taylor (1990), die een onderscheid maakt in demand-variabelen (bijvoorbeeld complexiteit van de situatie), supply-variabelen (bijvoorbeeld concentratie) en understanding-variabelen (bijvoorbeeld bekendheid met de situatie).

Naast beoordeling door de proefpersoon zelf, kunnen subjectieve maten ook worden toegepast door een observator scores te laten toekennen.

2.3.2. *Fysiologische maten*

Net als bij taakbelastingsmetingen, richten fysiologische maten zich ook bij SA niet op de inhoud van wat iemand aan het doen is maar op de fysiologisch gevolgen die dat heeft, op het gebied van inspanning, hartslag, transpiratie enzovoorts.

Sommige auteurs gebruiken eenvoudig taakbelastingsmaten als het omgekeerde van SA, onder de aanname dat SA omgekeerd evenredig varieert met taakbelasting. Anderen combineren taakbelastingsmaten met maten van arousal en prestatiematen om zo te komen tot een maat van SA (bijvoorbeeld Ward, Fairclough & Humphreys, 1996).

2.3.3. *Prestatiematen: primaire taakmaten*

Na uitspraken over het uitvoeringsniveau van een taak kan worden bepaald hoe goed de SA, nodig om de taak uit te voeren, moet zijn geweest. De effectiviteit van handelen is dan dus een indirecte maat voor de mate van SA van de proefpersoon.

2.3.4. *Prestatiematen: secundaire taakmaten*

Bij deze categorie van maten die gebruikt worden om SA te meten, wordt de SA van een proefpersoon bepaald door zijn score te bepalen op iets

anders dan de hoofdtaak. Veelal gebeurt dit door de proefpersoon een test te laten invullen tijdens het uitvoeren van een taak.

De bekendste methode op dit gebied is die van Endsley (1995a). Endsley ontwikkelde een experimentele methode voor het meten van SA van gevechtspiloten in de luchtvaart, genaamd SAGAT. SAGAT gaat uit van SA in een vliegsimulator. In deze simulator vliegen piloten volgens scenario's. Op vastgestelde momenten tijdens deze scenario's wordt de simulator stilgezet en krijgen de piloten een set vragen voorgelegd. Dit testparadigma staat bekend als de 'freeze'-methode. De vragen die worden gesteld, worden willekeurig gekozen uit een grotere set. De vragen hebben betrekking op relevante parameters van zowel vliegtuig (hoogte, positie, brandstof etc) als op de gevechtssituatie (waar zitten de collega's, waar de vijanden). Het antwoord op de vragen bepaalt de SA-score.

De methode van Endsley is door velen geadopteerd in zeer uiteenlopende toepassingsgebieden, waaronder anesthesiologie (Small, 1996), process control (Hogg et al. 1995) schaken (Durso et al., 1996) en vele andere. Ook voor het wegverkeer is deze methodologie toegepast, onder andere door Bolstad (2000).

2.4. Het meten van SA in dit project

In dit onderzoeksproject is het onderzoeken van SA van bestuurders geen doel op zich. Het is een middel om beter inzicht te krijgen in de manier waarop bestuurders door middel van telematica in het voertuig ondersteund kunnen worden in interacties met anderen. De methode die ontwikkeld wordt voor dit onderzoek, moet bij deze doelstelling aansluiten. Het heeft dan ook geen zin om zeer indirecte maten van SA, zoals fysiologische maten, te gebruiken. Veel liever hebben we een methode die inzichtelijk maakt hoeveel de bestuurder op een bepaald moment van zijn verkeerssituatie weet. De SAGAT-meetmethode van Endsley geeft daarom het beste uitgangspunt om te komen tot een methode voor het meten van SA in het wegverkeer.

Bij het ontwikkelen van een methode voor het meten van SA in het verkeer moet aan beide elementen van het begrip aandacht worden geschonken: de *Situation* en de *Awareness*:

- Kennis van de situatie: welke elementen zijn bepalend voor de SA van een situatie en moeten derhalve gemeten worden?
- Vervolgens kan de Awareness van de proefpersoon van deze elementen volgens een bepaald protocol worden onderzocht.

De meetmethode bestaat dan uit de volgende elementen:

- testomgeving: de te gebruiken simulator;
- scenario: de verkeerssituatie die aan de proefpersoon wordt aangeboden;
- relevante parameters van de verkeerssituatie;
- stopmomenten: wanneer wordt het scenario stilgezet en worden aan de proefpersoon vragen gesteld?
- testprotocol: welke vragen worden gesteld?
- testprotocol: hoe worden de vragen gesteld?

Met name het derde element: 'de relevante parameters van een verkeerssituatie', speelt een centrale rol in het ontwikkelen van de methode. Aan de ene kant moet een scenario worden ontwikkeld dat deze parameters bevat. Deze moeten bovendien een (cruciale) rol spelen in het scenario. Dit scenario moet vervolgens op de simulator worden geïmplementeerd. Aan de andere kant moet het te ontwikkelen testprotocol juist naar deze parameters vragen. Het is echter niet per se zo dat een proefpersoon de gevraagde informatie ook expliciet kan leveren. Veel van de kennis die wij hebben, is impliciet en wordt gebruikt zonder dat wij ons er ooit bewust van zijn. Er moet dus een methode ontwikkeld worden die de proefpersoon optimaal bevraagt naar, met name, deze parameters.

Aan het begin van het project staat echter nog niet exact vast wat deze parameters zijn. Het is juist een van de doelstellingen van dit project om inzicht te krijgen in deze factoren. Voor de methodeontwikkeling in het onderzoek betekent dat, dat er een groeimodel moet worden gekozen. Zo kan gaande het project, naarmate experimenten worden uitgevoerd en het inzicht groeit, scherper worden vastgesteld wat de exacte parameters zijn die getest moeten worden.

3. Evaluatie van drie SA-meetmethodes

3.1. Probleemstelling

Dit hoofdstuk betreft een onderzoek naar de bruikbaarheid van een drietal methodes om Situation Awareness in verkeerssituaties te meten, zoals dat in experimenten met de rijnsimulator van de afdeling Psychologie van de Rijksuniversiteit Groningen is uitgevoerd.

In de rijnsimulator moeten drie even grote groepen proefpersonen op acht vaste momenten tijdens een rijtaak elk een ander soort vragenlijst (methode) invullen. Deze drie verschillende methodes dienen in principe om ieder voor zich de SA te meten.

SA kan omschreven worden als de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van een mentale representatie van een (verkeers-)situatie. Deze aspecten zijn daarom respectievelijk de hoeveelheid verschillende elementen, en hun onderlinge samenhang. Om een bepaalde situatie effectief en efficiënt het hoofd te kunnen bieden (op te lossen) wordt een rangorde van relevantie (prioriteren) in de verschillende elementen aangebracht. Zowel de kwalitatieve als de kwantitatieve taakkenmerken zijn van invloed op (de juistheid van) de prestatie. Om de kwaliteit van iemands SA te meten zou zijn mentale representatie dus in beeld gebracht kunnen worden aan de hand van de geleverde prestatie, rekening houdend met deze beide taakkenmerken.

Het doel van dit onderzoek is het evalueren van drie verschillende methodes om SA te meten. Deze drie methodes, die in *Bijlage 1* zijn opgenomen, trachten alle een beeld te krijgen van de mentale representatie die de proefpersoon heeft van een verkeerssituatie.

Ten eerste is er een methode waarbij *een gestructureerde vragenlijst* wordt gebruikt. Met een aantal gerichte vragen wordt hierbij naar de kenmerken van een verkeerssituatie gevraagd.

Ten tweede is er de methode van *vrije verbalisatie*. Hierbij was oorspronkelijk de bedoeling dat de proefleider de verkeerselementen die een proefpersoon noemt, opschrijft of invult op de vragenlijst.

Ten derde is er de *tekenmethode*. Bij deze methode moet de proefpersoon op een eenvoudige plattegrond de zojuist waargenomen verkeerssituatie kenschetsen. Gevraagd wordt de elementen die voor die specifieke verkeerssituatie relevant zijn op de juiste plaats in te vullen.

De eerste marker voor de kwaliteit van de weergave van SA is de nauwkeurigheid waarmee de gerapporteerde relatieve positie (proefpersoon ten opzichte van een verkeerselement) herleid kan worden naar de werkelijke positie: de sensitiviteit en de diagnosticiteit voor relatieve positie. Hierbij moet worden bedacht dat zowel statische (positie) als dynamische (snelheid) informatie noodzakelijk is voor de vorming van een volledige afspiegeling van iemands situationele bewustzijnstoestand. De eerste vraagstelling is daarom: "bij welke van de methodes zijn de gerapporteerde posities het meest precies, vergeleken met de andere methodes?"

Daarnaast worden de methodes beoordeeld op hun vermogen (sensitiviteit en diagnosticiteit) de verkeerselementen zelf weer te geven: de sensitiviteit en de diagnosticiteit voor verkeerselementen. De tweede vraagstelling is daarom: “welke van de methodes biedt de beste mogelijkheid de juiste verkeerselementen in te vullen, vergeleken met de andere twee methodes?”

Ten slotte wordt de kwaliteit van de verschillende methodes beoordeeld aan de hand van aantallen gescoorde elementen en de relevantie voor de betreffende verkeerssituatie van deze elementen. Prioriteren is niets anders dan het (onbewust) maken van een rangorde naar relevantie in de aanwezige verkeerselementen.

Omdat de proefpersonengroep ‘random’ is gekozen, mag in principe verwacht worden dat eventuele verschillen in hun scores veroorzaakt worden door de methode. Het zou kunnen zijn dat de ene methode gevoeliger is voor hoogrelevante verkeerselementen, terwijl irrelevante elementen, inherent aan de methode, minder vaak gescoord worden. De derde vraagstelling is derhalve: “zijn de scores op de vragenlijsten verschillend voor de drie vragenlijsten: a) qua aantallen, en b) qua onderlinge verhoudingen?”

De hypothese is dat de nauwkeurigheid van de tekenmethode groter zal zijn dan die van de andere twee methodes. Hiermee wordt bedoeld dat de mentale representatie van de oorspronkelijke verkeerssituatie in het algemeen nauwkeuriger en juistere te herleiden is dan bij de andere twee methodes. Kortom, het oplossend vermogen van de tekenmethode, wordt verondersteld groter te zijn dan dat van de andere twee methodes.

3.2. Methode van onderzoek

3.2.1. *Deelnemers*

Voor het experiment zijn in totaal dertig proefpersonen geworven. Deze totale groep werd gelijkmatig verdeeld over de drie methodes.

Het experiment bestond uit het invullen van een algemene vragenlijst (hierin werden vragen over rijervaring gevraagd, alsmede enkele persoonsgegevens), een oefensessie in de simulator en het feitelijke experiment in de simulator.

Alvorens met het eigenlijke experiment werd begonnen, was er voor iedere proefpersoon een oefensessie. Deze diende om de proefpersoon te laten wennen aan de rijnsimulator en om te kijken of de proefpersonen niet simulatorziek (misselijk) werden. De duur van de oefensessie varieerde met de natuurlijke aanleg van de proefpersonen voor het rijden in een simulator. Als de proefpersonen gewend waren aan de simulator, werd aangevangen met het eigenlijke experiment.

In totaal duurde het hele experiment, inclusief het invullen van de lijsten en de oefensessie ongeveer 45 minuten. De proefpersonen kregen na afloop een beloning van vijftwintig gulden voor deelname aan het experiment.

3.2.2. Design

De proefpersonen reden in de rijnsimulator in een aantal verschillende wegsituaties (zie *Bijlage 2*). De simulatorrit werd op acht vaste punten in het (virtuele) traject onderbroken door het 'Freeze-frame paradigma'.

Dit paradigma krijgt in het experiment gestalte door het laten invallen van een kunstmatige (= gesimuleerde), plotseling opkomende, mist. Dit gebeurt acht keer per experiment: de mist beëindigt op vaste ruimtelijke punten elk van de acht scenario's, zonder dat de proefpersonen vooraf kunnen weten wanneer deze mist intreedt. De mist komt iedere keer in 250 milliseconden tot volle wasdom. De acht kunstmatige pauzes die aldus ontstaan, worden gebruikt voor het invullen van de acht vragenlijst-onderdelen.

Nadat de proefpersoon klaar is met het invullen van een vragenlijstonderdeel hervat de proefleider een rijgedeelte van het experiment. De mist verdwijnt dan onmiddellijk en de proefpersoon kan zijn rit vervolgen. De snelheid en de bijbehorende stand van de versnellingspook blijven - wellicht is dit voor de proefpersoon enigszins contra-intuïtief - ongewijzigd bij het hervatten van de rit.

Een van de volgende drie soorten vragenlijsten werd op de vaste locaties afgenomen (zie *Bijlage 1*)

- Gestructureerd;
- Verbaal;
- Tekenen (zie ook *Bijlage 3*).

Deze drie niveaus van de factor 'Methode' werden tussen proefpersonen vergeleken (tussengroepsfactor). Iedere proefpersoon hoefde dus maar één soort vragenlijst in te vullen. Het traject en de 'statische' verkeerselementen (borden en dergelijke) waren voor iedere proefpersoonsgroep hetzelfde. Alle proefpersonen werden ook met dezelfde overige weggebruikers geconfronteerd, echter een aantal van deze weggebruikers werd random gegenereerd door het simulatorprogramma. Met deze weggebruikers kwamen de proefpersonen niet in interactie.

De acht verschillende meetmomenten (moment tijdens / vlak na mist) zijn de verschillende niveaus van de factor 'Periode':

- 1 - start - auto rechts (50km/uur)
- 2 - gap acceptance oversteken (50 km/uur)
- 3 - verkeerslicht rood (80 km/uur)
- 4 - car following I (80 km/uur)
- 5 - car following II (80 km/uur)
- 6 - net na Hoogendam (50 km/uur)
- 7 - gap acceptance linksaf (50 km/uur)
- 8 - kritische fase oranje licht (50 km/uur).

3.2.3. Simulatorvariabelen

Van de data die door de rijnsimulator worden geregistreerd is een drietal variabelen verder verwerkt, te weten snelheid (SNELH), laterale positie (LATPOS), en time headway (THW); met

- Time headway: afstand tot voorgaande auto in meters;
- Snelheid: in meters per seconde;
- Laterale positie: positie ten opzichte van de weg in meters.

3.2.4. Afgeleide variabelen

Om de drie methodes van ondervragen onderling vergelijkbaar te maken moeten de vragenlijsten gekwantificeerd worden. Doel was, de volgende kenmerken te scoren: het *soort* verkeerselement (voorrangsbord, gebouw, auto, etc.), de bijbehorende positie ervan (voor zover deze is op te maken uit de vragenlijst), de *relevantie* van een verkeerselement in die bepaalde situatie, en de kwaliteit van de *herkenning* van het verkeerselement.

Hiertoe zijn drie variabelen geconstrueerd, met behulp waarvan de drie verschillende vragenlijsten zijn gescoord (zie respectievelijk *Tabel 1*, *Tabel 2* en *Tabel 3*). Dit zijn de variabelen Verkeerselement (ELn), Positie (POSn), en Cue & (Mis)identification (CMn). De factor 'Cuetype' heeft betrekking op (geeft een waarde aan) de mate van relevantie van een verkeerselement in een gegeven verkeerssituatie. De mate van relevantie van ieder verkeers-element is voor ieder van de acht scenario's vooraf op een staalkaart vastgelegd. De samenvoeging van de twee kenmerken tot CMn is gedaan om het aantal variabelen te beperken. In de SPSS-layout van het onderhavige onderzoek is de waarde van $n=[1-6]$. Dit betekent dat er maximaal zes verkeerselementen, en eveneens maximaal zes cetypes (ofwel priority levels) en hun identificatie-oordelen gescoord kunnen worden.

Verkeerselement (ELn)

De factor Verkeerselement is een nominale variabele met veertien codes. Elk verkeerselement krijgt dus een nummer (zie *Tabel 1*).

Verkeerselement	Code
50 km/uur (A1)	1
Einde 50 km/uur (A2)	2
80 km/uur (A1)	3
Einde 80 km/uur (A2)	4
Kruising (J8)	5
Voorrang (B6)	6
Verkeerslicht-Rood	7
Verkeerslicht-Oranje	8
Verkeerslicht-Groen	9
In/uit kom (H1/H2)	10
Auto	11
Gebouw	12
Haaientanden	13
(Rest)	14

Tabel 1. *De factor Verkeerselement. De codes achter de verschillende borden (bijvoorbeeld A1) komen overeen met die in het Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens (RVV 1990, Ministerie van V&W).*

Positie (POS_n)

De factor Positie is eveneens een nominale variabele, ditmaal met dertien codes. Elke positie krijgt een nummer (zie *Tabel 2*). De cellen in deze tabel die aan de cel 'pp.' grenzen geven alle een exacte (specifieke) positie weer. Bijvoorbeeld: een verkeerselement dat zich links vóór de proefpersoon bevindt, wordt weergegeven met een 1. De waarde van $n=[1-6]$. Als de positie niet helemaal duidelijk is, maar wel ongeveer, is de bijbehorende code 9, 10, 11 of 12. Deze 'non-specifieke positiecodes' betekenen respectievelijk links, rechts, boven en onder. Bijvoorbeeld 9* geeft 'Links' weer.

	9*		10*
11*	1	4	6
	2	pp.	7
12*	3	5	8

Tabel 2. De factor Positie. 'pp.' staat voor proefpersoon. De codes met een asterisk zijn de non-specifieke positiecodes. Die zonder asterisk geven een specifieke positie weer.

- Code 13 = onbekende positie
- Code 14 = tegenligger
- Code 15 = verkeerde positie

Cuetype en (Mis)identification (CM_n)

De factoren Cuetype en (Mis)identification zijn samengenomen tot de variabele CM_n (Zie *Tabel 3*). Ook hierbij is de waarde van $n=[1-6]$. Beide factoren hebben drie niveaus. De factor Cuetype geeft de relevantie van een verkeerselement in een bepaalde situatie weer.

De drie niveaus van de factor (Mis)identification komen enigszins overeen de 'Situation Awareness levels' van Endsley (1995a).

Level 1 SA wordt door deze auteur gedefinieerd als SA die betrekking heeft op de perceptie van een situatie. In *Tabel 3* komt de kolom 'Niet' overeen met Level 1 SA.

Cuetype	(Mis)-identification		
	Wel	Verkeerd	Niet
Zeer relevant	8	5	2
Relevant	7	4	1
Irrelevant	6	3	0

Tabel 3: De factoren Cuetype en (Mis)identification (beide met drie niveaus).

Level 2 SA heeft te maken met het begrijpen ('comprehension') van een situatie, en komt overeen met 'Verkeerd' in de tabel.

Level 3 SA ten slotte heeft betrekking op de projectie van een situatie op de toekomst. De kolom 'Wel', waarbij de identificatie dus geslaagd is, heeft betrekking op dit niveau.

De niveaus van de factor Cuetype komen enigszins overeen met die van Endsley (2000). De auteur maakt een stimulus rangordening naar de mate

waarin deze van bestaande mentale schemata afwijken. Als een stimulus goed (slecht) past in een bestaand mentaal model (schema), wordt deze stimulus door de persoon als irrelevant (relevant) ervaren.

3.3. Meetresultaten

3.3.1. Algemeen

De 'nulhypothese' die bij deze en de hieropvolgende paragraaf (i.e. 'Afgeleide variabelen') geldt, is dat eventuele groepsverschillen waarschijnlijk aan de onafhankelijke variabele (soort methode) kunnen worden toegeschreven. De totale proefpersongroep is namelijk willekeurig (maar wel gelijkelijk) verdeeld over de tussenproefpersoonscondities'.

De specifieke verwoordingen van de vraagstellingen luiden als volgt:

- Zijn de gerapporteerde posities bij de tekenmethode preciezer dan bij de andere twee methodes? Dit wil zeggen: wordt er bij de niet-tekenmethodes bijvoorbeeld (veel) vaker 'Links', in tegenstelling tot links-boven/ -onder/ -naast gekozen (vraagstelling 1)?
- Is de 'restcategorie' (code 14 in *Tabel 1*) groter in de niet-tekenmethodes (vraagstelling 2)?
- Verschillen de niveaus van de variabelen Cuetype en (Mis)identification tussen de methodes in hun onderlinge verdelingen (vraagstelling 3)?

3.3.2. Deelnemers

Voor het experiment zijn zoals gezegd in totaal dertig proefpersonen geworven (zie ook *Tabel 4*). Door technische mankementen zijn de simulatorgegevens van twee personen verloren gegaan. De proefpersonen maakten een rit van ongeveer 15 minuten in de rijnsimulator. Vooraf vulde men een korte vragenlijst in (zie *Bijlage 1*), waarin onder andere naar rij-ervaring werd gevraagd (zie ook *Tabel 5*). Over de gehele proefpersongroep wordt gemiddeld 10.087 kilometer per jaar (tussen 50 en 90.000 km) per proefpersoon gereden en is in totaal gemiddeld 69.326 kilometer (tussen 50 en 450.000 km) gereden. De gemiddelde leeftijd is 27,7 jaar en ligt tussen 19 en 61 jaar. Men heeft gemiddeld 88 maanden zijn rijbewijs, met een minimum van 1 maand en een maximum van 432 maanden.

Geslacht proefpersonen	Methode		
	Gestructureerd	Verbaal	Tekenen
man	7	6	4
vrouw	1	4	6
totaal	8	10	10

Tabel 4. Aantal proefpersonen per methode, onderscheiden naar geslacht.

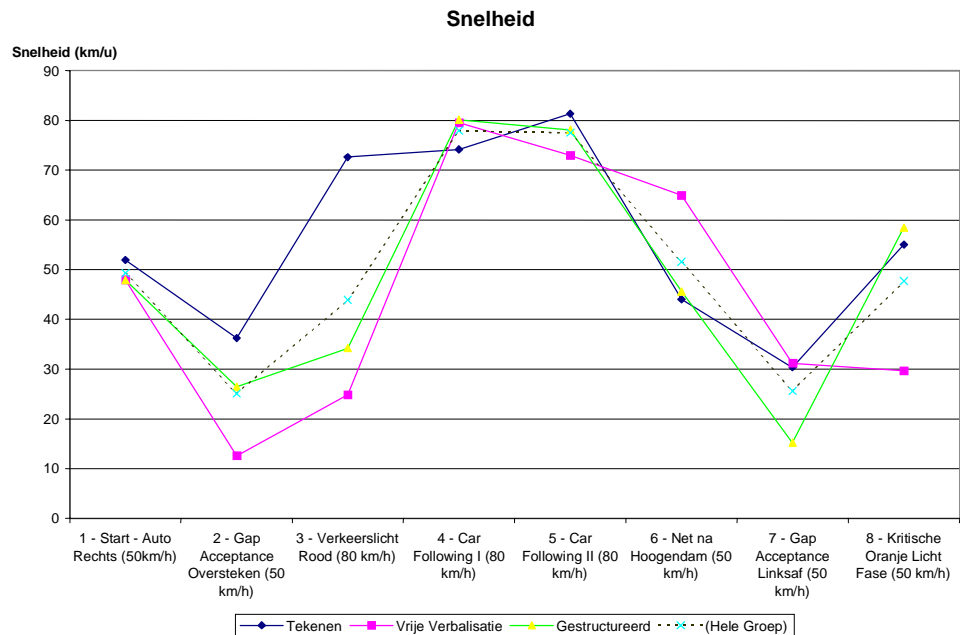
Gegevens proefpersonen	Methode		
	Gestructureerd	Verbaal	Tekenen
Km per jaar	7.311 (3.217)	5.422 (1.632)	14.355 (8.526)
Km totaal gereden	110.556 (56.621)	62.717 (48.628)	34.062 (19.493)
Leeftijd (in jaren)	31.3 (3.99)	24.0 (1.14)	24.0 (1.03)
Rijbewijs (maanden)	116.3 (52.13)	79.4 (37.03)	37.6 (10.93)

Tabel 5. Gemiddelden en standaardfouten [in de vorm $m(s.e.)$] van de verschillende achtergrondvariabelen.

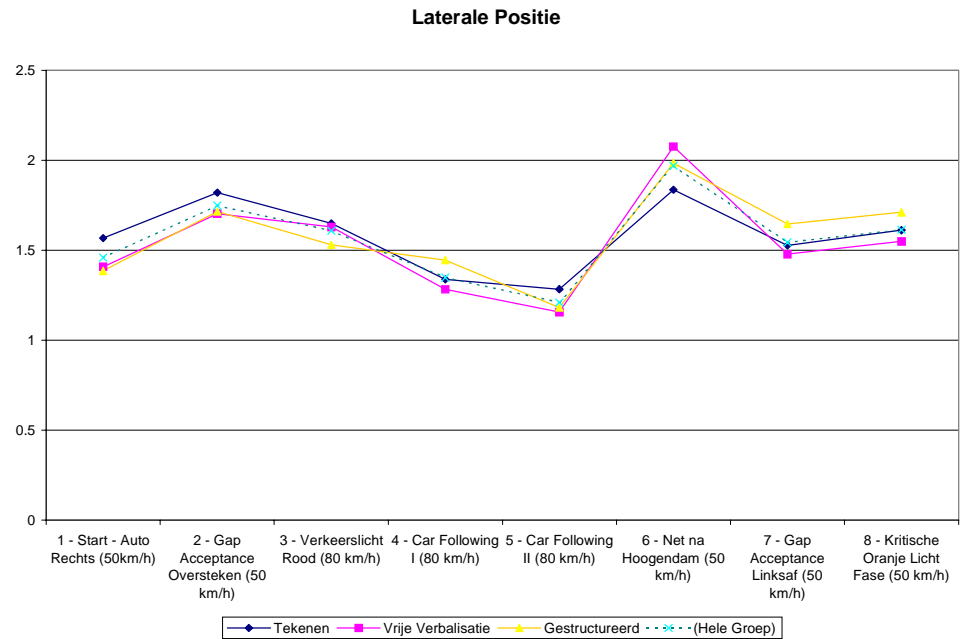
3.3.3. Simulatorvariabelen

De data die door de rijnsimulator zijn gegenereerd met betrekking tot snelheid, laterale positie en de time headway, dienen in dit onderzoek ter controle van de data die via de drie meetmethoden zijn verkregen. Hierbij gaat het erom te beoordelen of deze variabelen geen afwijkende waarden hebben. Dit geldt niet alleen voor de data als geheel, maar met name voor de gemiddelden van de verschillende methodes van ondervraging.

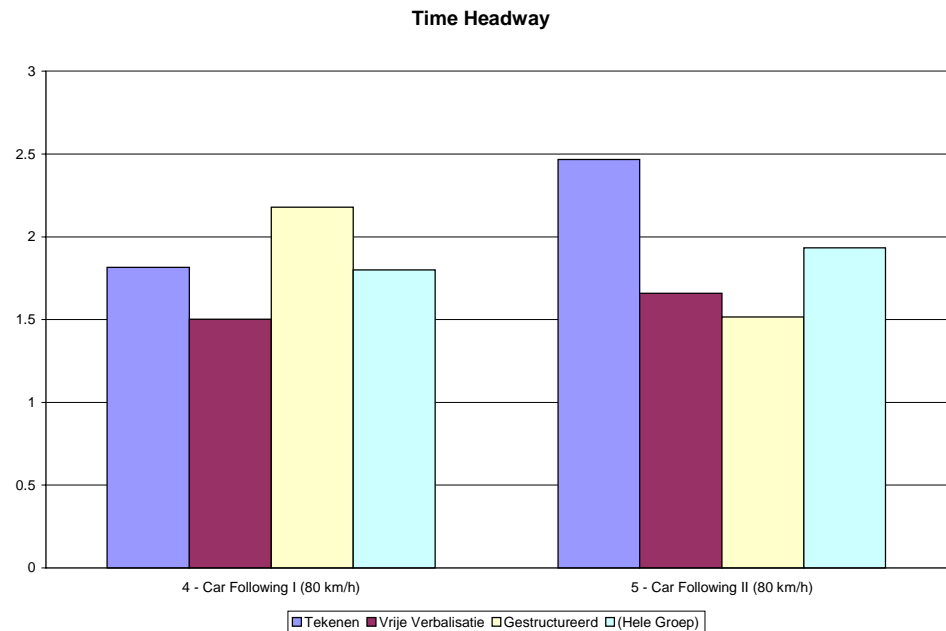
Voor de snelheid geldt dat deze over de drie proefpersoonsgroepen een redelijk vergelijkbaar verloop kent (zie *Afbeelding 2*). De verschillen in verloop bij moment 2 en 3 betreffen de situaties waarbij respectievelijk een voorrangskruising en een rood verkeerslicht worden genaderd. De verschillen daar worden veroorzaakt door uitbijters en toevallige verschillen. Bij de laatste factor moet men de groepsgrootte van (ongeveer) $n=10$ voortdurend in het achterhoofd houden.



Afbeelding 2. Snelheidsverloop gedurende het hele experiment (Zie ook Bijlage 2 voor de bijschriften van de x-as). De gemiddelde snelheden (in km/uur) over het gehele experiment zijn: Tekenen 55,7; Vrije Verbalisatie 45,5; Gestructureerd 48,2 en (Hele Groep) 49,8.



Afbeelding 3. Verloop van de laterale positie (in meters) gedurende het hele experiment (Zie ook Bijlage 2 voor de bijschriften van de x-as).



Afbeelding 4. De time headway (in meters) gedurende de vierde en de vijfde periode van het experiment. Er zijn uitsluitend gegevens van periode 4 en 5, omdat alleen deze perioden volgtaken zijn (Zie ook Bijlage 2 voor de bijschriften van de x-as).

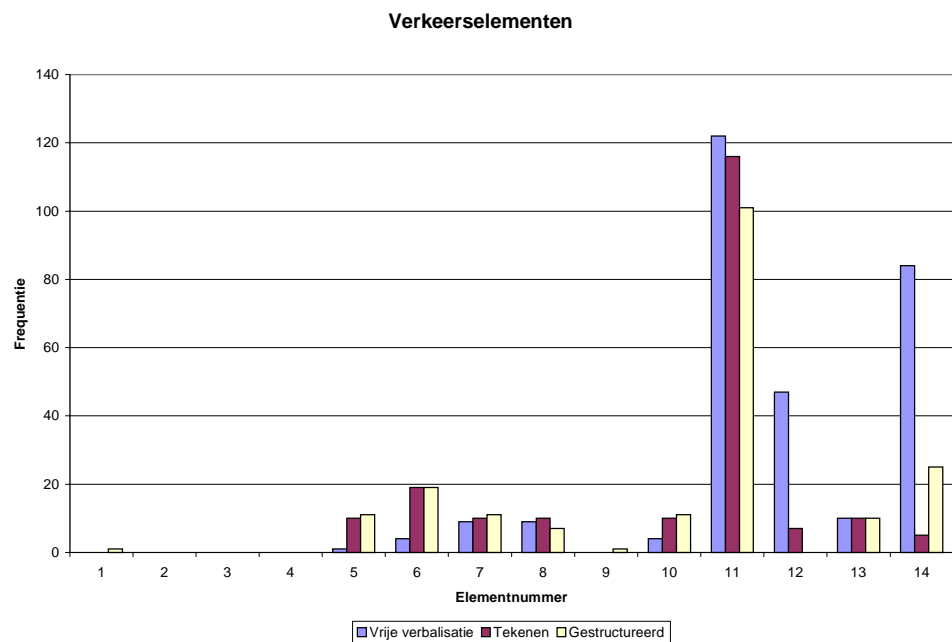
Hoewel de snelheidsdata tussen de proefpersoongroepen enigszins variant zijn, kan naar aanleiding van de drie gemeten simulatorvariabelen in *Afbeeldingen 2 t/m 4* worden geconcludeerd, dat de onderlinge vergelijkbaarheid van de groepen voldoende groot is. Statistische uitbijters zijn grotendeels debet aan de spreiding in de snelheidsdata.

3.3.4. Afgeleide variabelen

Van de afgeleide variabelen zijn de frequenties berekend. Daarnaast zijn enkele correlaties berekend. In de hierna volgende grafieken zijn uitsluitend absolute aantallen afgebeeld. Dit is gedaan, omdat de drie methodes bedoeld zijn om een blauwdruk te geven van de mentale representatie die iemand zich van een verkeerssituatie gevormd heeft. Logischerwijs lenen dan de absolute aantallen zich voor een onderlinge vergelijking.

Achtereenvolgens worden de scores van de volgende afgeleide variabelen besproken: Verkeerselement, Positie, (Mis)identification, Cuetype, en Cuetype & (Mis)identification.

Verkeerselement



Afbeelding 5. Aantallen verkeerselementen voor de verschillende methodes. De nummers op de x-as komen overeen met de codes voor de verschillende verkeerselementen in Tabel 1. Totale aantallen scores: Vrije verbalisatie 290, Tekenen 197, Gestructureerd 197.

Het (vrijwel) ontbreken van scores op de A-borden (elementnummers 1 t/m 4 in de grafiek) is niet-specifiek voor één van de methodes. Het lijkt erop dat bijna niemand deze borden noemt, omdat deze in geen enkel geval vlak voor een plotseling opkomende mist te zien zijn.

Bij de vrije-verbalisatiemethode worden de borden gevaarlijke kruising (J8) en voorrang verlenen (B6) minder vaak gescoord dan bij de andere twee methodes (elementnummers 5 en 6 in de grafiek).

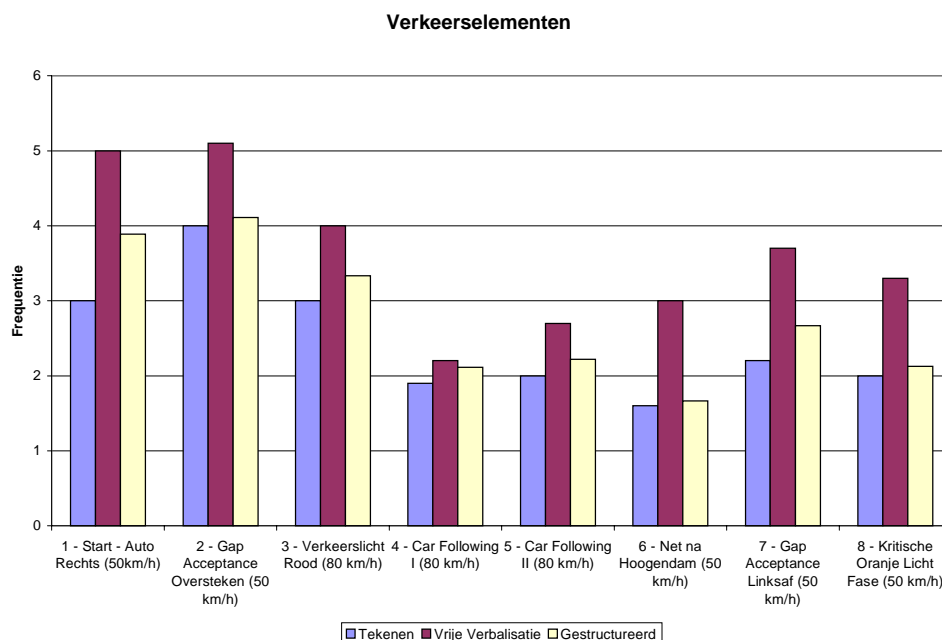
De drie fasen van een verkeerslicht (rood, oranje en groen) worden bij iedere methode ongeveer even vaak gescoord (elementnummers 7, 8 en 9 in de grafiek).

In oplopende grootte van score-aantallen van verkeersborden en -lichten is de volgorde dus vrijwel steeds: 1. vrije verbalisatie; 2. tekenmethode en 3. gestructureerde methode (elementnummers 5 t/m 10 in de grafiek).

Voor score-aantallen van auto's geldt het omgekeerde: hier zijn de score-aantallen het laagst bij de gestructureerde methode (elementnummer 11 in de grafiek).

Misschien wel het meest opvallend zijn de zeer hoge en hoge score-aantallen van respectievelijk de vrije verbalisatie en de gestructureerde methode in de restcategorie (elementnummer 14 in de grafiek). Blijkbaar kunnen bepaalde verkeerselementen bij deze twee methodes in de categorieën 1 t/m 13 niet gescoord worden.

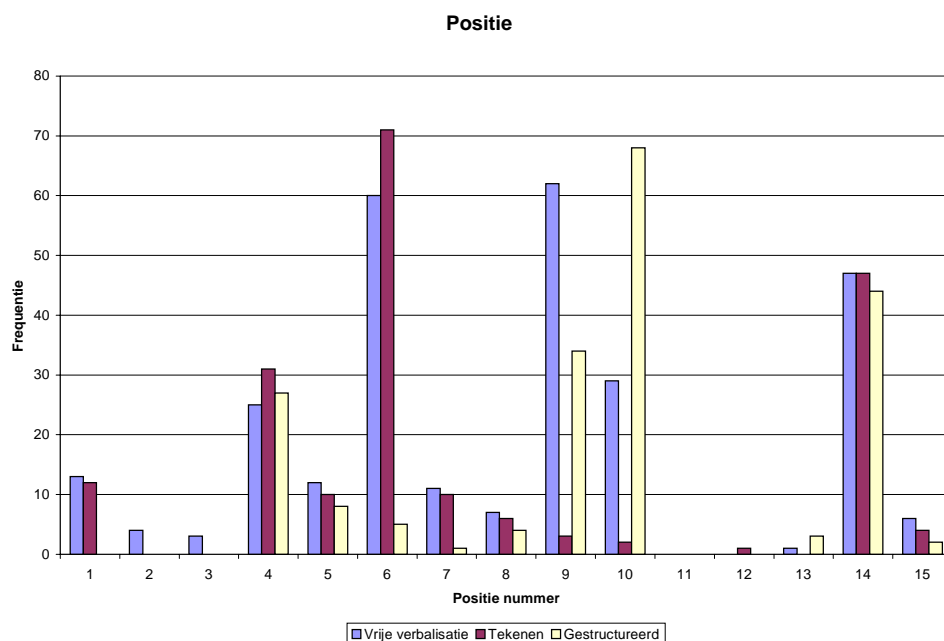
Ten slotte is het totale aantal gescoorde verkeerselementen bijna honderd elementen groter voor de vrije-verbalisatiemethode. Het lijkt erop dat deze methode veel meer responsen aan de proefpersonen ontlokt dan de andere.



Afbeelding 6. Verkeerselementen per periode.

Uit *Afbeelding 6* wordt duidelijk dat de scoreaantallen het grootst zijn voor de vrije-verbalisatiemethode, en het kleinst voor de tekenmethode. Tijdens de perioden 4, 5, en 6 liggen de score-aantallen het laagst. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn een grotere monotonie van de omgeving, en een hogere gemiddelde snelheid.

Positie

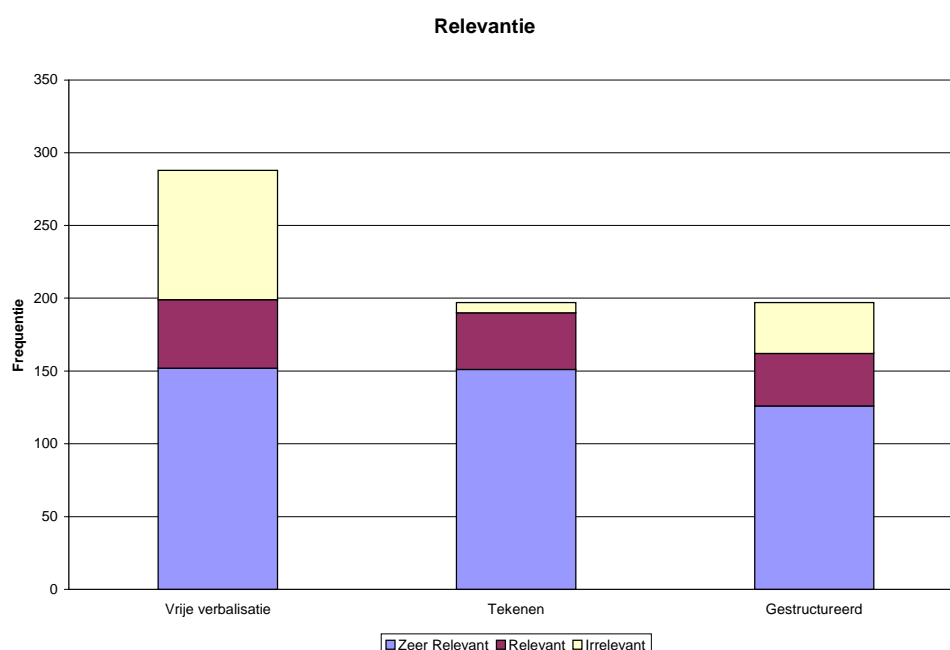


Afbeelding 7. Aantallen posities voor de verschillende methodes. De nummers op de x-as komen overeen met de codes voor de verschillende verkeerselementen in Tabel 2. De totale aantallen scores zijn (uiteraard) ongeveer gelijk aan de aantallen gescoorde elementen.

De specifieke locatiecodes, dit zijn de positienummers 1, 2, 3, 6, 7, en 8 in zowel *Afbeelding 7* als *Tabel 2*, kunnen niet of nauwelijks gescoord worden met de gestructureerde methode. Deze methode is dus niet nauwkeurig genoeg.

Deze constatering komt ook tot uitdrukking in de score-aantallen van de codes 9 en 10, de non-specifieke locatie codes voor 'links' en 'rechts'. Hier zijn de scores voor zowel de vrije verbalisatie als de gestructureerde methode zeer hoog. Samengevat: de resolutie van de locaties is voor zowel de tekenmethode, en in iets mindere mate ook de vrije-verbalisatiemethode (hier kunnen de locaties van auto's niet specifiek genoeg gescoord worden) groter dan die van de gestructureerde methode. Tegenliggers (locatiecode 14) zijn bij iedere methode ongeveer even vaak gescoord, en dus ook even goed scoorbaar.

Cuetype en (Mis)identification



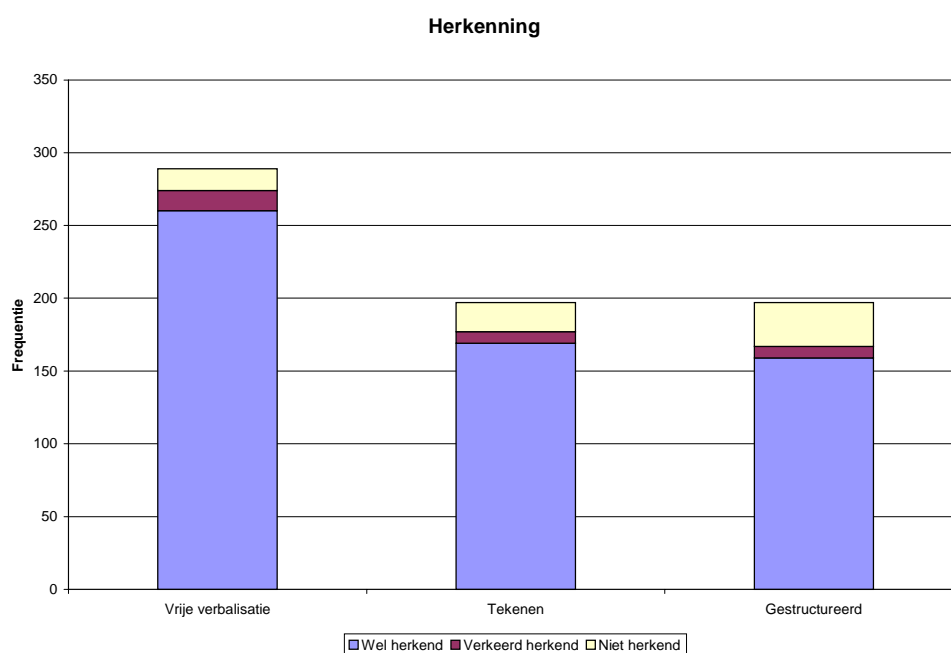
Afbeelding 8. Gestapelde frequenties van de factor Cuetype. De drie niveaus van deze factor (zeer relevant, relevant en irrelevant) komen overeen met de rijen van Tabel 3.

Ook bij de factor Cuetype liggen de absolute scoringsaantallen veel hoger bij de vrije-verbalisatiemethode. Deze aantallen zijn nagenoeg gelijk voor de teken- en de gestructureerde methode. Echter de verdeling over de drie verschillende mogelijke niveaus (zeer relevant, relevant en irrelevant) verschilt wel voor de laatstgenoemde twee groepen: bij de vrije verbalisatie (31%) en bij de gestructureerde methode (18%), zo blijkt uit de gegevensverwerking, worden veel vaker dan bij de tekenmethode (4%) irrelevante elementen, zoals bijvoorbeeld gebouwen genoteerd (Tabel 6). Deze opmerking komt overeen met het laatste punt bij de beschrijving van Afbeelding 5. Ook hier is de mogelijkheid dat de methode meer vragen aan de proefpersoon ontlokt een plausibele verklaring.

Methode	Percentage		
	Zeer relevant	Relevant	Irrelevant
Vrije verbalisatie	53	16	31
Tekenen	77	20	4
Gestructureerd	64	18	18

Tabel 6. De percentages bij de absolute gegevens van Afbeelding 8.

Herkenning



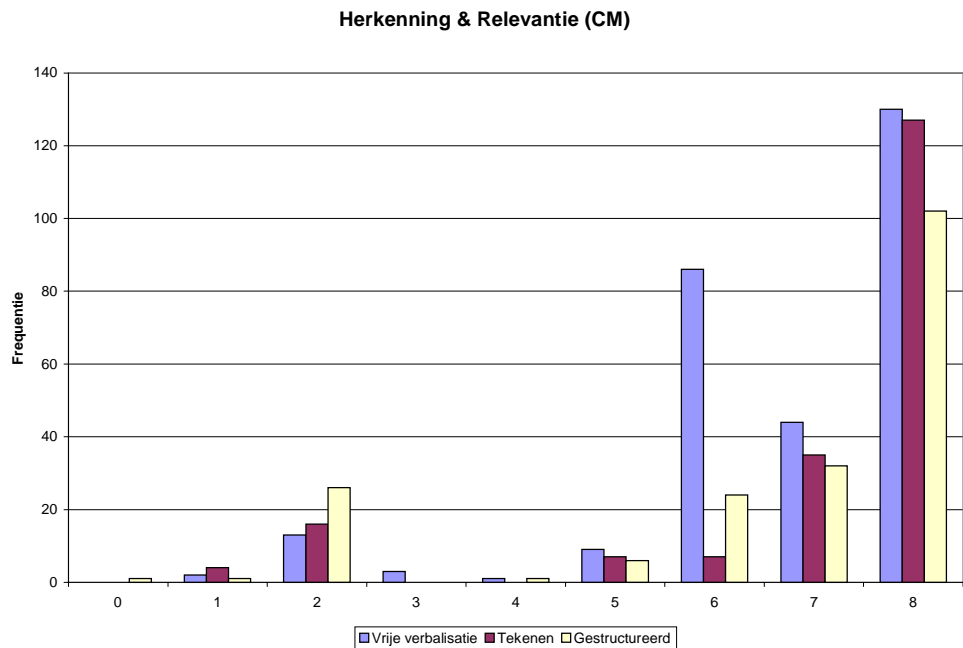
Afbeelding 9. Gestapelde frequenties van de factor (Mis)identification. De drie niveaus van deze factor (wel, niet en verkeerde herkenning) komen overeen met de kolommen van Tabel 3.

Uit Afbeelding 9 en Tabel 7 kan worden opgemaakt dat het totale aantal herkende elementen het hoogst is (dit volgde ook al uit de voorgaande twee afbeeldingen).

Methode	Percentage		
	Wel herkend	Verkeerd herkend	Niet herkend
Vrije verbalisatie	90	5	5
Tekenen	86	4	10
Gestructureerd	81	4	15

Tabel 7. De percentages bij de absolute gegevens van Afbeelding 9.

Herkenning & Relevantie (CM)



Afbeelding 10. De factor CMn, Cuetype & (Mis)identification. De cijfers op de x-as komen overeen met die in de cellen van Tabel 3. Deze afbeelding combineert de weergaven van Afbeeldingen 8 en 9.

Het aantal niet-correct herkende, zeer relevante verkeerselementen (code 2) is iets hoger in de gestructureerde conditie.

Belangrijkste waarneming uit *Afbeelding 10* is die behorend bij code 6. Het aantal correct herkende, irrelevante verkeerselementen is veel hoger in de vrije-verbalisatieconditie. Dit geldt in mindere mate ook voor de gestructureerde methode.

De codes 7 en 8, die staan voor een verkeerselement dat (zeer) relevant én wel herkend is (zie ook *Tabel 3*), zijn de vaakst voorkomende categorieën.

3.3.5. Relatie tussen afgeleide variabelen en simulatorvariabelen

Is er een negatieve correlatie tussen de snelheid en waargenomen aantallen elementen? Deze vraag heeft betrekking op het vermogen van elk van de methodes om het construct SA te meten. De uitkomsten kunnen gebruikt worden als toetssteen ('benchmark') voor de drie verschillende methodes.

De correlatie tussen de snelheid en het aantal waargenomen elementen is zowel voor de proefpersonengroep als geheel, als voor de methodes afzonderlijk inderdaad significant (zie *Tabel 8*).

Methode	Correlatie (r)	Sign. (p)	Z-correlatie (r)	Z-sign. (p)
Tekenen	-319	0.002*	-93	210
Vrije verbalisatie	-435	<0.0001*	-151	0.091*
Gestructureerd	-231	0.0035*	-329	0.004*
Hele groep	-330	<0.0001*	-193	0.002*

Tabel 8. *Correlaties (Pearsons-r) tussen snelheid en aantal waargenomen elementen. In de derde en de vierde kolom staan de correlaties tussen de snelheid en de gestandaardiseerde elementaantallen. * = significant bij $\alpha = 0.05$, éézijdige toetsing.*

Ook zijn de correlaties berekend over de gestandaardiseerde (Z-getransformeerde) aantallen verkeerselementen. Het zou namelijk zo kunnen zijn (en dit is in periode 4, 5, en 6 waarschijnlijk het geval) dat de trajecten waar 80 km/uur gereden mag worden minder verkeerselementen bevatten (monotoner zijn). Echter, ook na normalisatie blijven de correlaties negatief, zij het dat deze voor de tekenmethode in dit geval niet meer significant is. Voor de methodes als geheel, zonder een onderscheid te maken tussen de meetmomenten (testafnames), kunnen we de hierboven gestelde vraag dus bevestigend beantwoorden.

3.4. Bevindingen

3.4.1. Algemeen en samenvattend

De *eerste vraagstelling*, namelijk of de gerapporteerde posities bij de tekenmethode preciezer zijn dan bij de andere twee methodes, kan bevestigend beantwoord worden. Uit de responsen in de gestructureerde methode kan niet worden opgemaakt waar een verkeerselement zich precies bevindt. Voor de vrije-verbalisatiemethode geldt dit alleen voor de positie van auto's. Bij gebouwen, verkeersborden en verkeerslichten kan de relatieve positie ten opzichte van de automobilist wel worden afgelezen. Samengevat: Het schetsen van de situatie (tekenmethode), en het invullen van een 3x3-matrix (vrije verbalisatie methode) geven beide een voldoende nauwkeurig beeld van de waargenomen relatieve positie.

De *tweede vraagstelling* luidt: biedt de tekenmethode meer mogelijkheid om de juiste verkeerselementen in te vullen dan de andere twee methodes? Bij de tekenmethode worden minder irrelevante verkeerselementen genoemd dan bij de andere twee methodes. Omdat de proefpersonen aselekt zijn ingedeeld in de verschillende condities, zouden er geen inhoudelijk verschillende scores in de verkeerselementen gevonden moeten zijn; het is dus de methode die de verschillen teweegbrengt.

De *derde vraagstelling* luidt: zijn de scores verschillend voor de drie vragenlijsten: a) qua aantallen b) qua onderlinge verhoudingen? Met andere woorden: heeft één van de methodes een 'bias' voor relevante of irrelevante verkeerselementen? Zowel de aantallen (verkeerselementen) als de onderlinge verhoudingen (relevantie, herkenning) verschillen per methode.

3.4.2. Concluderend

In *theoretisch* (psychologisch, testtheoretisch) opzicht valt het volgende op te merken.

Het afnemen van een vragenlijst (van wat voor soort deze ook is) kan elicitatie bevorderen. De vergroting van de SA die dit mogelijkwerijs tot gevolg heeft kan geweten worden aan het feit dat de proefpersonen te allen tijde weten dat ze bevroegd worden. De experiment-afname werkt wellicht ook stimulerend: de proefpersonen worden ertoe aangezet hun geheugen te raadplegen. Daarnaast kan men bij de verbale en de gestructureerde methode expliciet op ideeën worden gebracht. Dit is ongewenst, omdat in dit geval de vragenlijst het SA vergroot. De items in de verbale en de gestructureerde vragenlijsten werken dus als 'retrieval cues'. Er worden verkeerselementen genoemd als gevolg van de vragenlijst. Dit fenomeen, waarbij het meetinstrument de meting beïnvloedt, maakt het waarschijnlijker dat irrelevante verkeerselementen wel genoemd worden. Ook zou een vertekend beeld kunnen optreden tussen de waargenomen en de gerapporteerde verkeerselementen. Er zou gezegd kunnen worden dat bij de tekenmethode de nadruk op 'top-down processing' ligt, en bij de andere twee methodes op 'bottom-up processing'.

In *praktisch* opzicht bleek de vrije-verbalisatiemethode tijdens de uitvoering van het experiment een onhandige methode. Het invullen van een lijst kost door onduidelijkheid te veel tijd. Behalve dat dit de planning van de experiment-afnames in de war brengt, zou dit ook de meting zelf kunnen beïnvloeden. De tijdsinterval tussen het stopzetten van de verkeerssituatie en het invullen van een vragenlijst mag niet al te lang zijn, omdat de mentale representatie van de verkeerssituatie dan nog het 'meest vers' is. Verder kan met de gestructureerde methode de relatieve positie niet met voldoende precisie worden weergegeven (i.e. 'links' in plaats van 'links-onder'). Ook met de tekenmethode kan niet alle relevante informatie worden weergegeven. Informatie over absolute en onderlinge snelheid (tenzij opgeschreven) ontbreekt. Er wordt een statisch beeld van de posities van de verschillende verkeerselementen verkregen.

Een manier om ook dynamische aspecten van de verkeerssituatie te meten, is het includeren van de relatieve snelheden van de verkeersdeelnemers. Daarom is een 'hybride' vorm van met name de tekenmethode waarschijnlijk een betere manier om SA te meten. Extra elementen die aan de tekenmethode toegevoegd moeten worden zijn de snelheid en het belang van de verschillende verkeerselementen. Bij de snelheid gaat het dan om de relatieve snelheden. De absolute snelheden zijn minder van belang, omdat mensen in het algemeen onnauwkeurig zijn in de schatting ervan. Naast de relatieve snelheden is er een tweede punt dat in de tekenmethode gevoegd zou moeten worden. Dit heeft te maken met de prioritering die een verkeersdeelnemer maakt tijdens de afhandeling van een verkeerssituatie. Een beeld van deze (deels onbewuste) rangorde kan verkregen worden door de proefpersoon de verschillende items op de vragenlijst te laten nummeren naar aflopende belangrijkheid.

Samengevat is het dus waarschijnlijk dat de vrije verbalisatie en de gestructureerde methode de score op zowel kwalitatieve als kwantitatieve wijze vertekenen. Belangrijkste nadelen van de tekenmethode zijn het ontbreken van snelheidsinformatie van de verschillende dynamische verkeerselementen, en het ontbreken van een prioritering in de verschillende elementen. Beide nadelen zijn te ondervangen door de proefpersoon

respectievelijk de geschatte snelheden en de rangordening van relevant naar irrelevant te laten noteren in de bestaande tekenmethode.

3.4.3. Aanbevelingen

Een goede taakinstructie is zeer belangrijk. Er moet duidelijk uitgelegd worden dat het om een waarnemings-experiment gaat, dat er geen 'beste score' is, en dat de resultaten niet onderling vergeleken zullen worden. Er kan bijvoorbeeld worden gezegd dat het niet gaat om het geven van een uitputtende opsomming van de omgeving, en dat het bij de test niet om een wedstrijd gaat.

Verder is het van belang duidelijkheid te scheppen over de grootte van het tijdsvenster waarop de vragen betrekking hebben. Vooral bij eenvoudige verkeerssituaties (waar dus weinig over te noteren valt) hebben de proefpersonen de neiging om verkeerselementen van net ná de vorige, in plaats van vlak vóór de huidige mist te noteren. Door de onduidelijkheid hierover is een deel van de verkeerselementen die als 'verkeerd geïdentificeerd' zijn gescoord wel degelijk juist waargenomen, maar op een eerder moment dan waarvan het experiment het SA-niveau bedoelde te meten. Ook moet de oefenrit in de simulator (meer dan in het huidige experiment) op een echte test lijken. Dit wil zeggen: wel bochten en andere verkeers-deelnemers. Bij het huidige experiment werd een aantal (kenmerken van de) andere automobilisten 'random' gegenereerd. Bij onderzoek naar SA gaat het er echter om een inventarisatie van de (samenhang van de) waargenomen verkeerselementen te maken. Logische voorwaarde voor inter-individuele vergelijkbaarheid is daarom, dat de situaties voor iedere persoon identiek zijn. Kortom: de 'random' elementen moeten worden weggelaten in een vervollexperiment.

De niveaus van de factor (Mis)identificatie, dit zijn 'wel', 'verkeerd', en 'niet', zouden nog genuanceerd kunnen worden tot vier niveaus. Dit zouden dan zijn 'wel', 'verkeerd', 'zeer verkeerd' en 'niet'. Deze nuance in de herkenningsscore houdt rekening met het verschil in 'ernst' van fouten als linksonder (in plaats van linksnaast), wat een minder grote fout is dan linksonder (in plaats van rechtsboven).

4. Conclusies voor het vervolg

4.1. Aard van het vervolgonderzoek

De mogelijkheden om in de huidige fase van onderzoek tot zinvolle uitspraken te komen over een methode voor het meten van SA in verkeerssituaties zijn beperkt. De oorzaak hiervan is dat er gewerkt moest worden binnen bestaande experimentele condities die niet direct waren afgestemd op de doelstellingen van het onderzoek. Zo konden reacties van een bestuurder/proefpersoon op experimenteel te beïnvloeden gedragingen van een tegenpartij niet worden bestudeerd. Evenmin was zijn verwachting omtrent het toekomstig gedrag van de tegenpartij goed te identificeren. Tevens moesten specifieke onderzoeksvragen omtrent het opbouwen van SA bij nadering van een kruispunt - zoals in *Paragraaf 1.2* is uiteengezet - buiten beschouwing blijven. Verder laat de beperkte omvang van de simulatie-experimenten geen uitspraken toe over herhaalbaarheid van uitkomsten, foutenmarges enzovoort.

Desalniettemin hebben de experimenten duidelijkheid gebracht over het te volgen traject voor de verdere ontwikkeling van de meetmethodiek. Kort gezegd komt die erop neer dat de hybride vorm van de tekenmethode, aangevuld met gerichte bevraging van proefpersonen over vooral bewegingskenmerken in relatie tot andere verkeersdeelnemers als snelheid, aan te merken is als een vruchtbaar spoor voor verder onderzoek. Daarnaast is het in experimenteel opzicht belangrijk dat er voor de 'freeze-methode' een vorm is uitgewerkt die acceptabel is voor proefpersonen.

Parallel aan het onderhavige onderzoek is, binnen het deel van het SWOV-TRAIL onderzoeksprogramma dat gericht is op de ontwikkeling van een systeemmodel, een basis geformuleerd voor de beschrijving van mogelijke interactiescenario's voor definitieve beslissingen bij nadering van kruispunten (Heijer & Wiersma, 2002). Het gaat om een statische beschrijving van scenario's, waarbij ervan wordt uitgegaan dat er een beperkte en aftelbare hoeveelheid ontwikkelingspatronen mogelijk zijn. Die hoeveelheid hangt van het aantal interagerende verkeersdeelnemers af. Het interactieproces wordt hierbij gezien als een proces van onderhandelingen, dat deels is 'voorgeprogrammeerd' en deels spontaan verloopt, waarbij het doel is een gemeenschappelijk ontwikkelingsscenario te kiezen. De veronderstelling die verder ten grondslag ligt aan deze benadering is, dat de scenario's eenvoudig, inzichtelijk en snel hanteerbaar zijn en daarom goed bruikbaar als bouwstenen van de schemata en scripts in het model van SA.

Het lijkt zinvol deze laatste benadering te combineren met het verder ontwikkelen van een meetmethode voor SA. De resulterende scenario's zijn namelijk te beschouwen als mogelijke eindfasen in het proces van opbouw van SA bij nadering van het kruispunt, zoals in *Paragraaf 1.2* is beschreven. Daarmee is dan een richtpunt gevonden om meer inzicht te krijgen in de wijze waarop het specifieke interactiegedrag op een eenvoudig kruispunt wordt voorbereid en uitgevoerd. Een richtpunt dat sturend werkt voor de keuze van de experimentele condities in simulatie-experimenten.

Dit houdt in dat vervolgonderzoek gericht wordt op de volgende stappen:

- de voorbereiding op de interacties tijdens de nadering van het kruispunt; vragen hierbij zijn:
 - welke (groepen of delen van) scenario's worden verwacht of voorbereid?
 - door welke kenmerken wordt die keuze bepaald?
- het gedrag vlak bij het kruispunt en het feitelijk gedrag op het kruispunt;; vragen hierbij zijn:
 - op welke kenmerken (op basis van de gekozen scenario-componenten) wordt de aandacht gericht?
 - welke parameters zijn belangrijk in het onderhandelingsproces?
 - welk uiteindelijk scenario wordt gekozen?

Op grond van inzichten uit het gebied van de 'human reliability' kan worden verwacht dat er een grens zal zijn aan de complexiteit van de situatie die ineens kan worden 'uit-onderhandeld'. Op het gekozen eenvoudige type kruising is die complexiteit naar verwachting rechtstreeks te relateren aan het aantal verkeersdeelnemers waarmee moet worden onderhandeld. In het onderzoek zal dan ook worden getracht inzicht te krijgen in de hanteerbare complexiteit. Daarnaast wordt beoogd inzicht te krijgen in het gedrag in complexe situaties, waarin de onderhandelingen mogelijk niet meer ineens maar gefaseerd in paren worden afgewerkt.

In een later stadium zullen ook minder eenvoudige kruispuntconfiguraties en omstandigheden (bijvoorbeeld met en zonder zichtbeperkingen) worden onderzocht. Ook zal er een uitbreiding kunnen plaatsvinden naar interactiegedrag in een verkeersstroom (bijvoorbeeld op een snelweg of provinciale stroomweg). Bij dit laatste gedrag is de vorm van de infrastructuur van veel minder belang en wordt de interactie vooral bepaald door de onderlinge posities en snelheden van de betrokkenen. Ook in dit geval kan worden verwacht dat de interacties zijn gebaseerd op voorbereide scenario's en bepaalde, gemeenschappelijke, gedragingen waarmee de onderhandelingen worden gevoerd.

Uiteindelijk zullen de resultaten worden samengevat in een dynamisch model van het interactiegedrag.

4.2. **Aanpak van het vervolgonderzoek**

Een deel van dit onderzoek zal in een simulator moeten worden uitgevoerd, met name dat gedeelte waarin wordt getracht inzicht in de opbouw van de Situation Awareness te verkrijgen.

Voor het interpreteren van het gedrag op het kruispunt kan, naast simulatoronderzoek, ook gebruik worden gemaakt van praktijkobservaties van kruispuntgedrag, bij voorkeur via video-opnamen (reeds bestaand of nog te observeren).

Gegeven de fundamentele aard van dit onderzoek zal worden getracht hiervoor een promotie-onderzoek op te zetten.

Literatuur

- Bolstad, C.A. (2000). *Age-related factors effecting the perception of essential information during risky driving situations*. In: Kaber, D.B. & Endsley, M.R., Human Performance, Situation Awareness And Automation: User-Centered Design For The New Millenium, pp. 202-207.
- Busquets, A.M. Parrish, R.V. Williams, S.P. & Nold, D.E. (1994). *Comparison of pilots' acceptance and spatial awareness when using EFIS vs. pictorial display formats for complex, curved landing approaches*. In: Gilson, R.D., Garland, D.J. and Koonce, J.M. (eds.), Situation awareness in complex systems. Embry-Riddle Aeronautical University Press, Daytona Beach Fl, USA, pp. 139-167.
- Carretta, T.R. Perry, D.C. & James Ree, M. (1994). *The ubiquitous three in the prediction of situational awareness: round up the usual suspects*. In: Gilson, R.D., Garland, D.J. & Koonce, J.M.(eds.), Situation awareness in complex systems. Embry-Riddle Aeronautical University Press, Daytona Beach Fl, USA., pp. 125-137.
- Dennehy, K.E. (1996). *The development of a rating scale to measure the situation awareness of student civil pilots*. Dissertation Cranfield University, UMI Dissertation Service 9709092.
- Durso, F.T., Truitt, T.R., Hackworth, C.A., Ohrt, D., Hamic, J.M., Crutchfield, J.M., & Manning, C.A. (1996). *Factors characterizing en route operational errors: Do they tell us anything about situation awareness?* In: Garland, D.J. and Endsley, M.R (eds.), Experimental analysis and measurement of situation awareness. Embry-Riddle Aeronautical University Press, Daytona Beach Fl. USA, pp. 189-196.
- Endsley, M. R., (1995a). *Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems*. In: Human Factors, 1995, 37(1), pp. 32-64.
- Endsley, M. R., (1995b). *Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems*. In: Human Factors, 1995, 37(1), pp. 65-84.
- Endsley, M.R. & Garland, D.J. (eds), (2000). *Situation Awareness Analysis and Measurement*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, London, UK.
- Endsley, M.R. & Jones, D.G., (2000). *Overcoming representational errors in complex environments*. In: Human Factors, 2000, 42(3), pp. 367-378.
- Färber, B & Färber, B., (1999). *Telematik-Systeme und Verkerssicherheit*. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen BAST, Mensch und Sicherheit, Heft M 104. Bergisch Gladbach, Duitsland.
- Heijer, T. & Wiersma, E. (2002). *A model for resolving traffic situations based upon a scenario approach*. [Te verschijnen].

- Hogg, D.N., Follesø, K., Strand-Folden, F & Torralba, B. (1995). *Development of a situation awareness measure to evaluate advanced alarm systems in nuclear power plant control rooms*. In: Ergonomics 38(11), pp. 2394-2413.
- Jager Adams, M., Tenney, Y.J. & Pew, R.W., (1995). *Situation Awareness and the Cognitive Management of Complex Systems*. In: Human Factors, 1995, 37(1), pp. 85 -104.
- Kirwan, B., (1994). *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*. Taylor & Francis Publishers, London, UK
- Noordzij, P.C., Hagenzieker, M.P. (SWOV) & Theeuwes, J.(IZF-TNO), (1993). *Visuele waarneming en verkeersveiligheid; Een overzicht van theorie en praktijk*. R-93-12. SWOV, Leidschendam.
- O'Donnel, R.D. & Eggemeier, F.T. (1986). *Workload assessment methodology*. In: Boff, K.R., Kaufman, L. & Thomas, J.P. (eds), Handbook of perception and human performance, Volume II, cognitive processes and performance. Wiley, New York, pp 42/1-42/49.
- Pew, R.W. (1996). *The state of situation awareness measurement: Circa 1995*. In: Garland, D.J. & Endsley, M.R (eds), Experimental analysis and measurement of situation awareness. Embry-Riddle Aeronautical University Press, Daytona Beach Fl. USA., pp. 7-16.
- Popp, P. et al..(2000). *Intelligent Vehicle Systems*. Society of Automotive Engineers, Inc., SAE Special Publication SP-1538. Warrendale, USA
- Selcon, S.J. & Taylor, R.M. (1990). *Evaluation of the situational awareness rating technique (SART) as a tool for aircrew system design*. In: AGARD Aerospace Medical Panel, Situational awareness in aerospace operations. AGARD-CP-478 pp. 5.1-8.
- Small, S.D. (1996). *Measurement and analysis of situation awareness in anesthesiology*. In: Garland, D.J. & Endsley, M.R (eds), Experimental analysis and measurement of situation awareness. Embry-Riddle Aeronautical University Press, Daytona Beach Fl. USA., pp. 123-128.
- Staplin, L., Harkey, D.L, Lococo, K.H. & Tarawneh, M.S., (1997). *Intersection Geometric Design and Operational Guidelines for Older Drivers and Pedestrians: Volume I: Final Report*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Publication No. FHWA-RD-96-132. McLean, USA.
- Ward, N.J., Fairclough, S. & Humphreys, M. (1996). *The effect of task automatisaton in the automotive context: A field study of an autonomous intelligent cruise control system*. In: Garland, D.J. & Endsley, M.R (eds), Experimental analysis and measurement of situation awareness. Embry-Riddle Aeronautical University Press, Daytona Beach Fl. USA., pp. 369-374.

Bijlagen 1 t/m 3

- Bijlage 1. *Drie meetmethodes voor Situation Awareness*
- Bijlage 2. *Plattegrond van de simulatiewereld*
- Bijlage 3. *Voorbeelden van de tekeningen bij de acht verschillende scenario's*

Algemene vragenlijst:

Hoe lang heb je al een rijbewijs? jaar
Hoeveel kilometers rijd je momenteel per jaar?km/jaar
Hoeveel kilometers heb je in totaal gereden?km
Wat is je leeftijd? jaar
Wat is je geslacht? Man Vrouw

Instructie:

In het experiment waar je aan deelneemt doen wij onderzoek naar waarneming in het verkeer. Jouw taak is gedurende ongeveer een kwartier in de simulator te rijden *zoals je normaal in een auto door het verkeer rijdt*. Een aantal malen zetten wij het beeld stil door een hele dichte mist plotseling te laten opkomen. Op dat moment willen we van je weten welke relevante zaken je in de omgeving hebt waargenomen. Dit oefenen we nu eerst.

Scenario 1/2/3/4/5/6/7/8 Gestructureerd

1

- a) Hoe hard reed je?km/uur
b) Hoe hard mocht je rijden?km/uur

2

- a) Waren er andere auto's op de weg? ja/ nee/ weet niet
b) Indien ja:

Waar?	Snelheid? (km/uur)	Richting
Links		
Rechts		
Voorganger		
Achterligger		
Tegenligger		

3

- Welke verkeerstekens heb je gezien? Vul in indien van toepassing.
Verkeersborden (welke)
Verkeerslichten (welke kleur)
Strepen op de weg (welke)

Scenario 1/2/3/4/5/6/7/8 Vrije Verbalisatie

a) Auto's

Auto's	Ja/Nee	Snelheid			Clign	Kleur	Afstand
		Langzaam	Middel	Snel			
Links							
Rechts							
Achter							
Voor							
Tegenligger							

b) Gebouwen

	IK	

c) Verkeersborden

	IK	

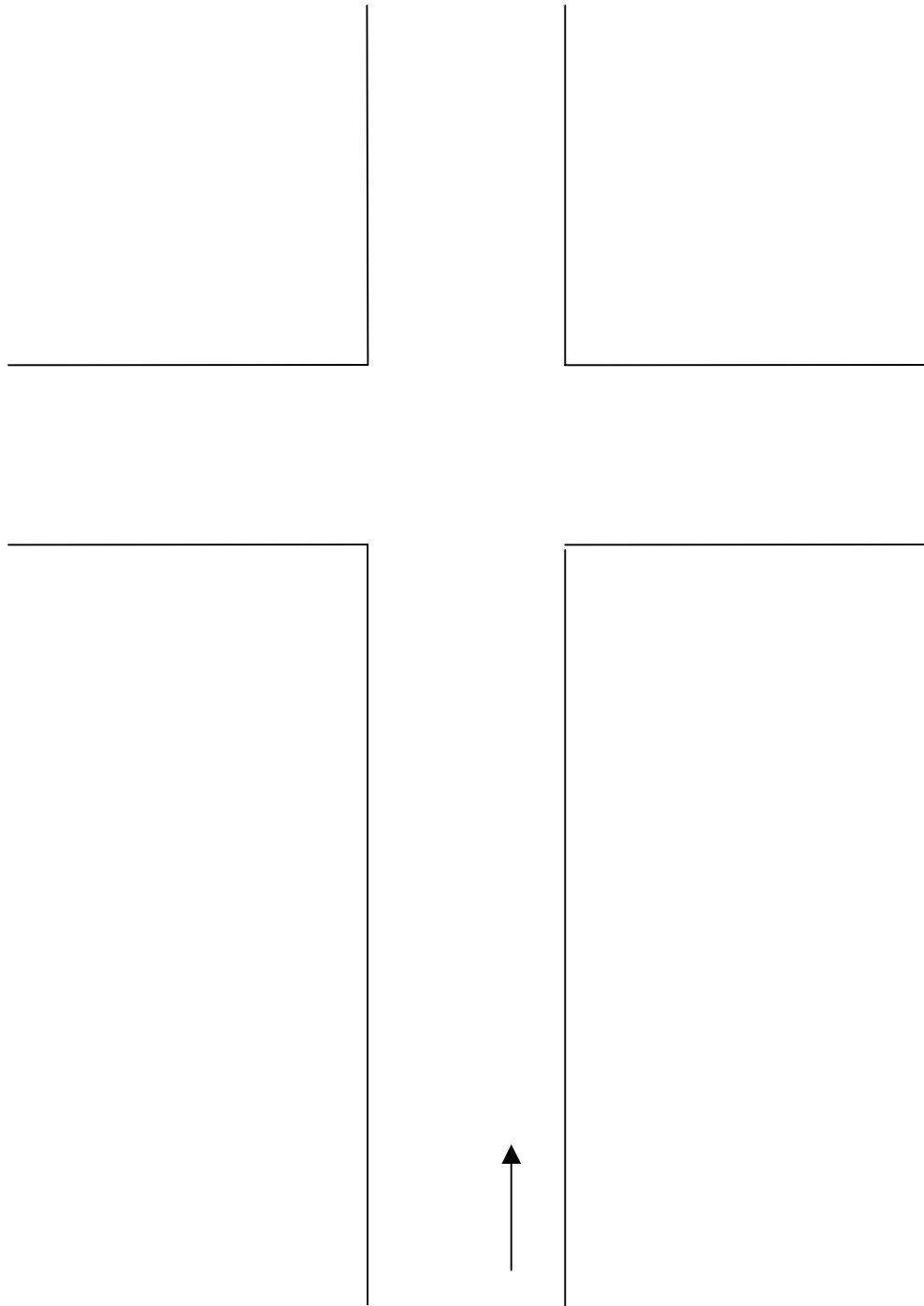
d) Verkeerslichten

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	IK	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

e) Weg e.d.

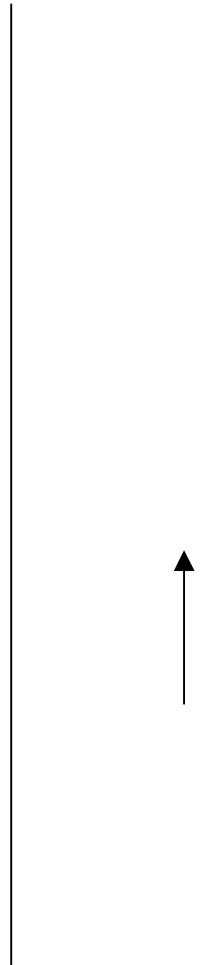
	Ja	Nee
Kruising		
Belijning		
Bocht		
Andere, nl.....		

Scenario 1/2/3/7/8 Tekening



- Geef op bovenstaande tekening de verkeerssituatie zoals je die zonet zag weer (de pijl geeft de rijrichting weer).

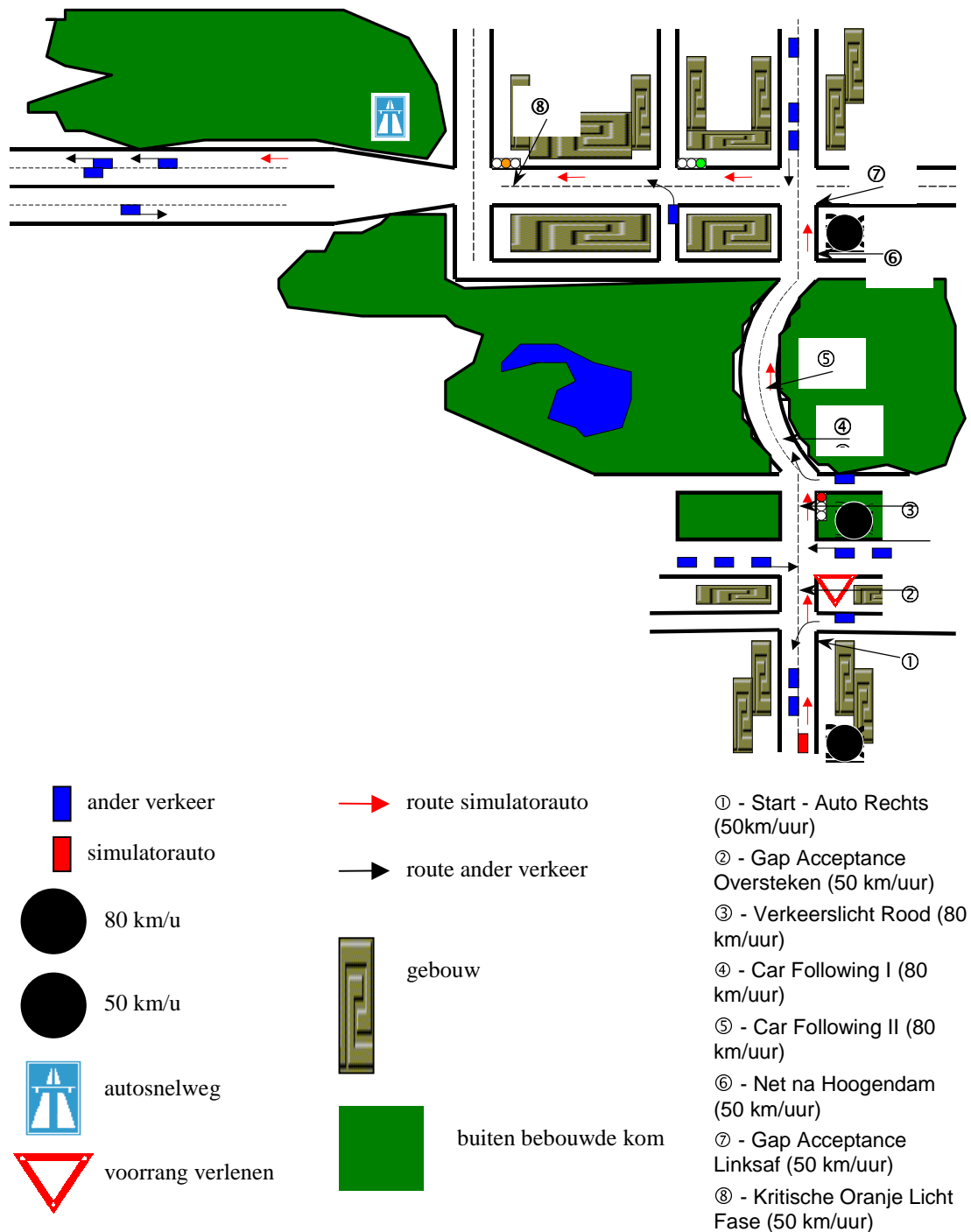
Scenario 4/5/6 Tekening



- Geef op bovenstaande tekening de verkeerssituatie zoals je die zonet zag weer (de pijl geeft de rijrichting weer).

Bijlage 2

Plattegrond van de simulatiewereld



Hierboven staat een plattegrond van de simulatiewereld. De nummers ① t/m ⑧ geven de plaatsen aan waar de mist (kunstmatige pauze) invalt.

Bijlage 3

Voorbeelden van de tekeningen bij de acht verschillende scenario's

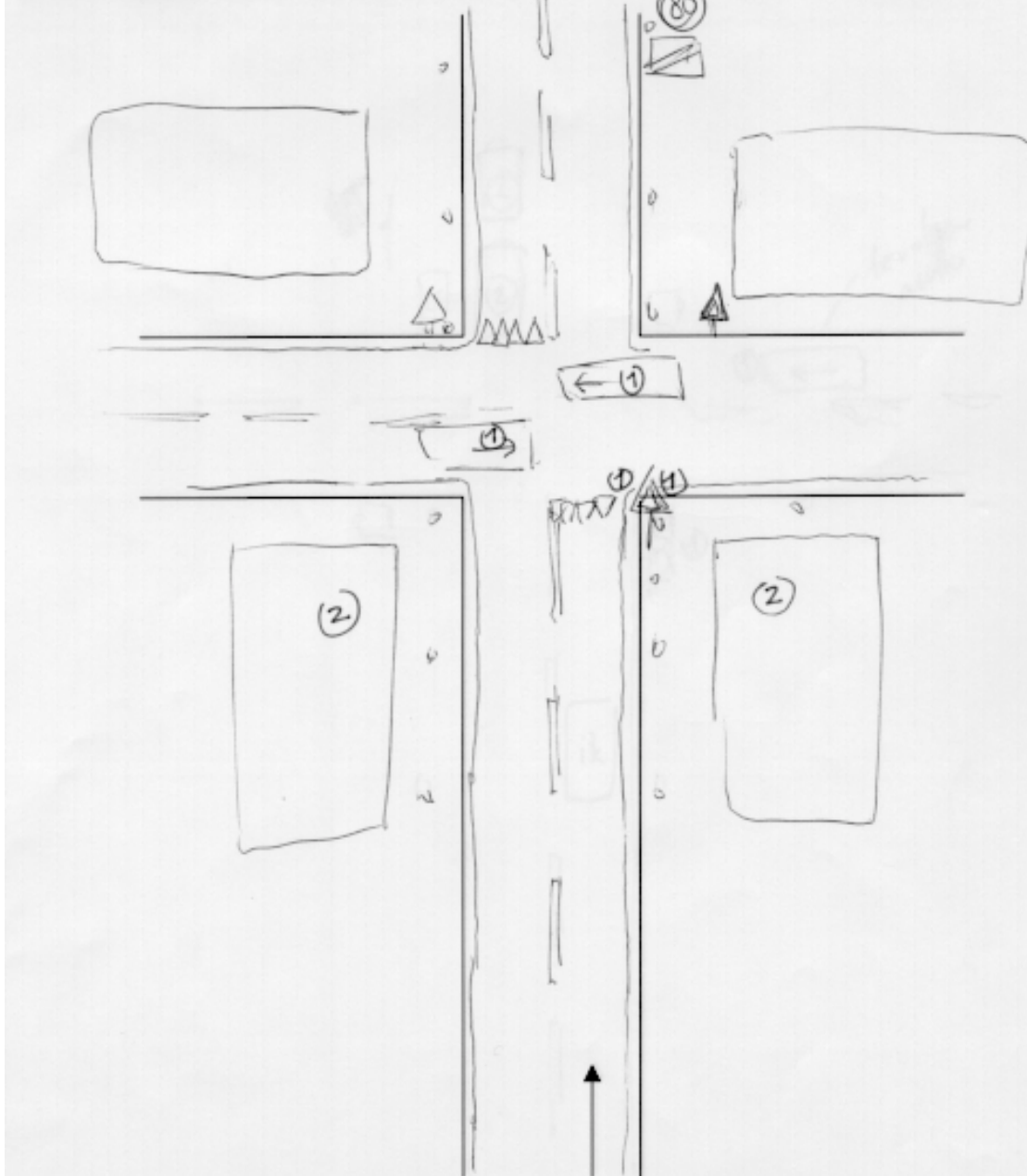
Datum: *Mr Template*

Tijd: Scenario 1/2/3/7/8 Tekening

• Geef op bovenstaande tekening de verkeerssituatie zoals je die zonet zag weer (de pijl geeft de rijrichting weer).

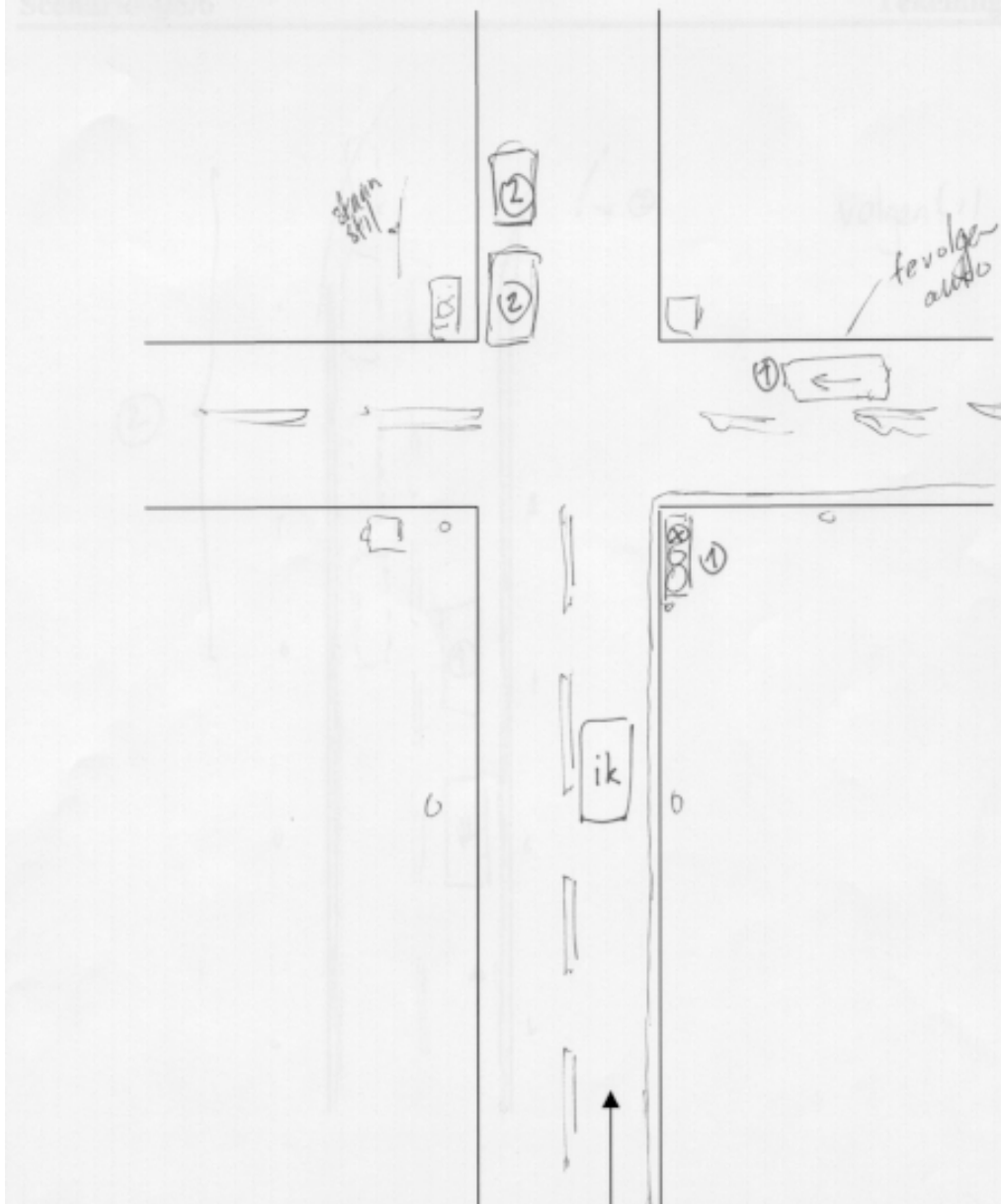
① zeer relevant
② relevant
→ rest = ③ irrelevant

• Scenario 1



• Geef op bovenstaande tekening de verkeerssituatie zoals je die zonet zag weer (de pijl geeft de rijrichting weer).

• Scenario 2



• Geef op bovenstaande tekening de verkeerssituatie zoals je die zone zag weer (de pijl geeft de rijrichting weer).

• Scenario 3

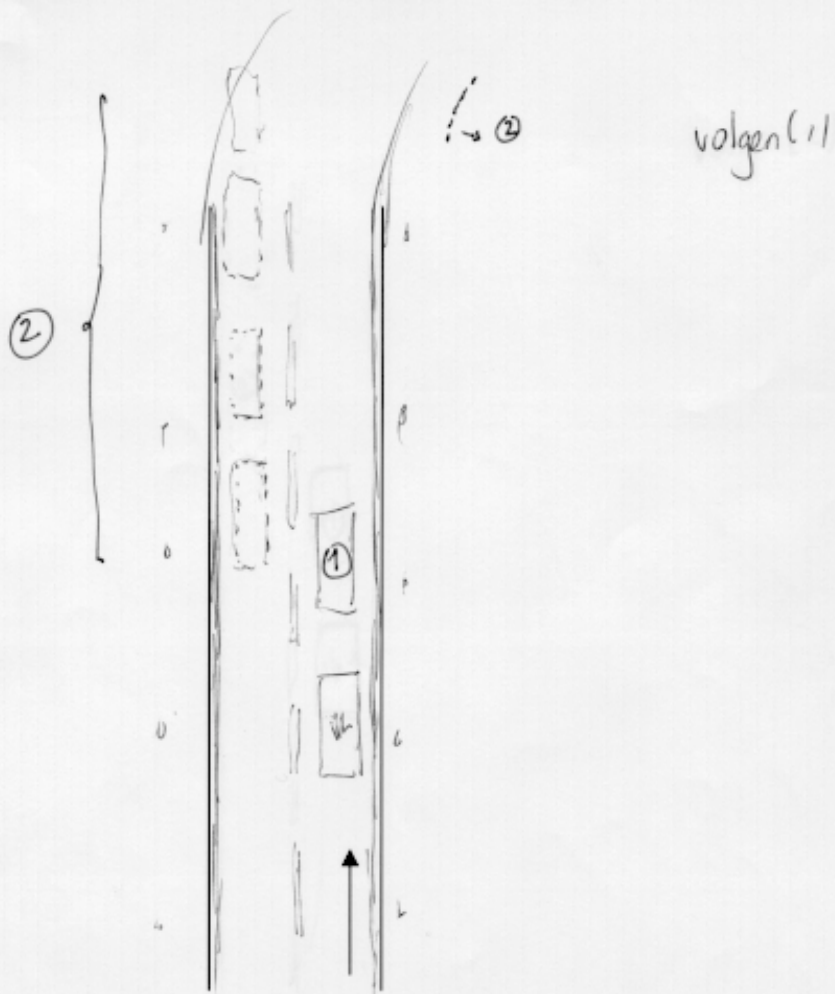
Proefpersoonnummer:

Datum:

Tijd:

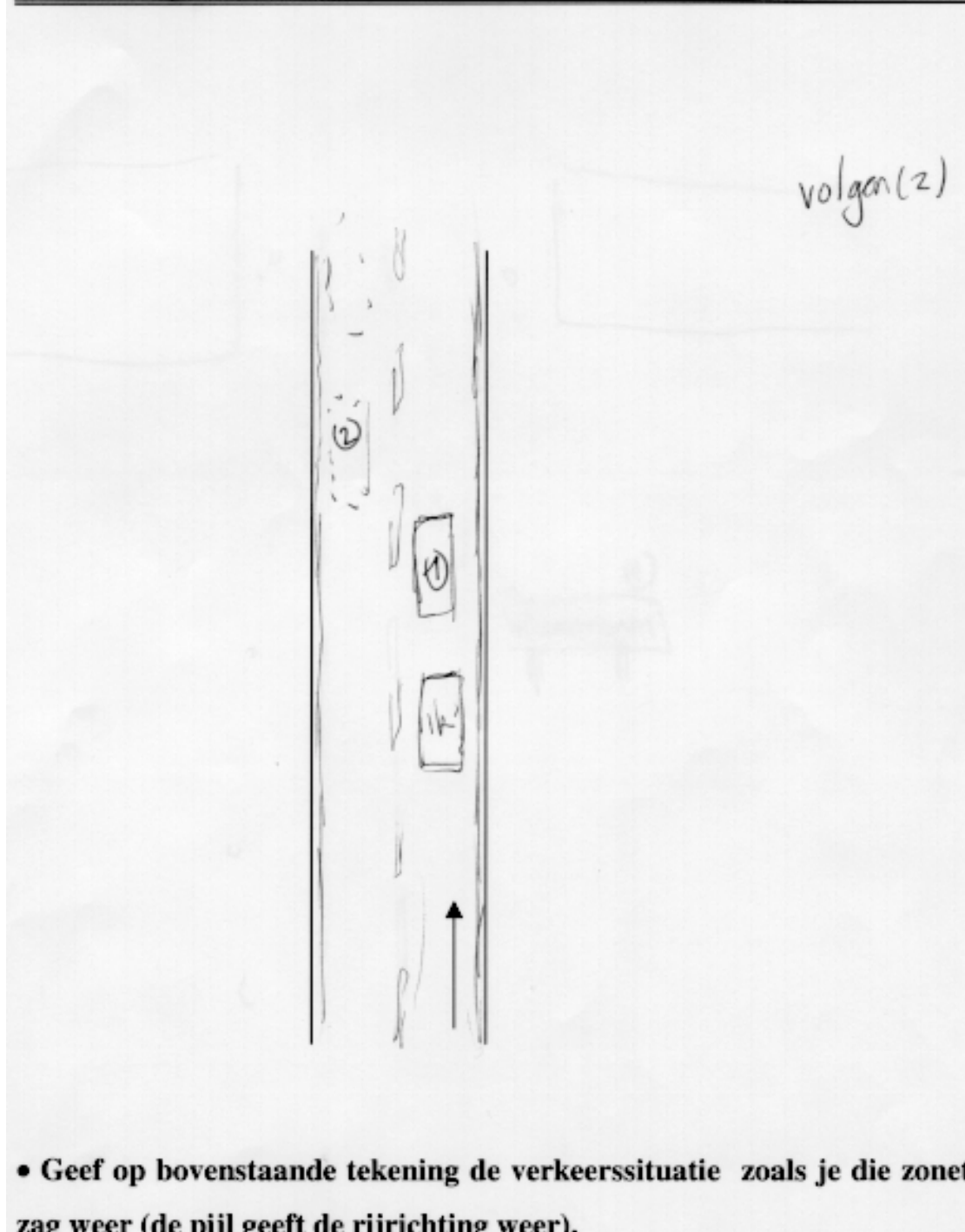
Scenario 4/5/6

Tekening

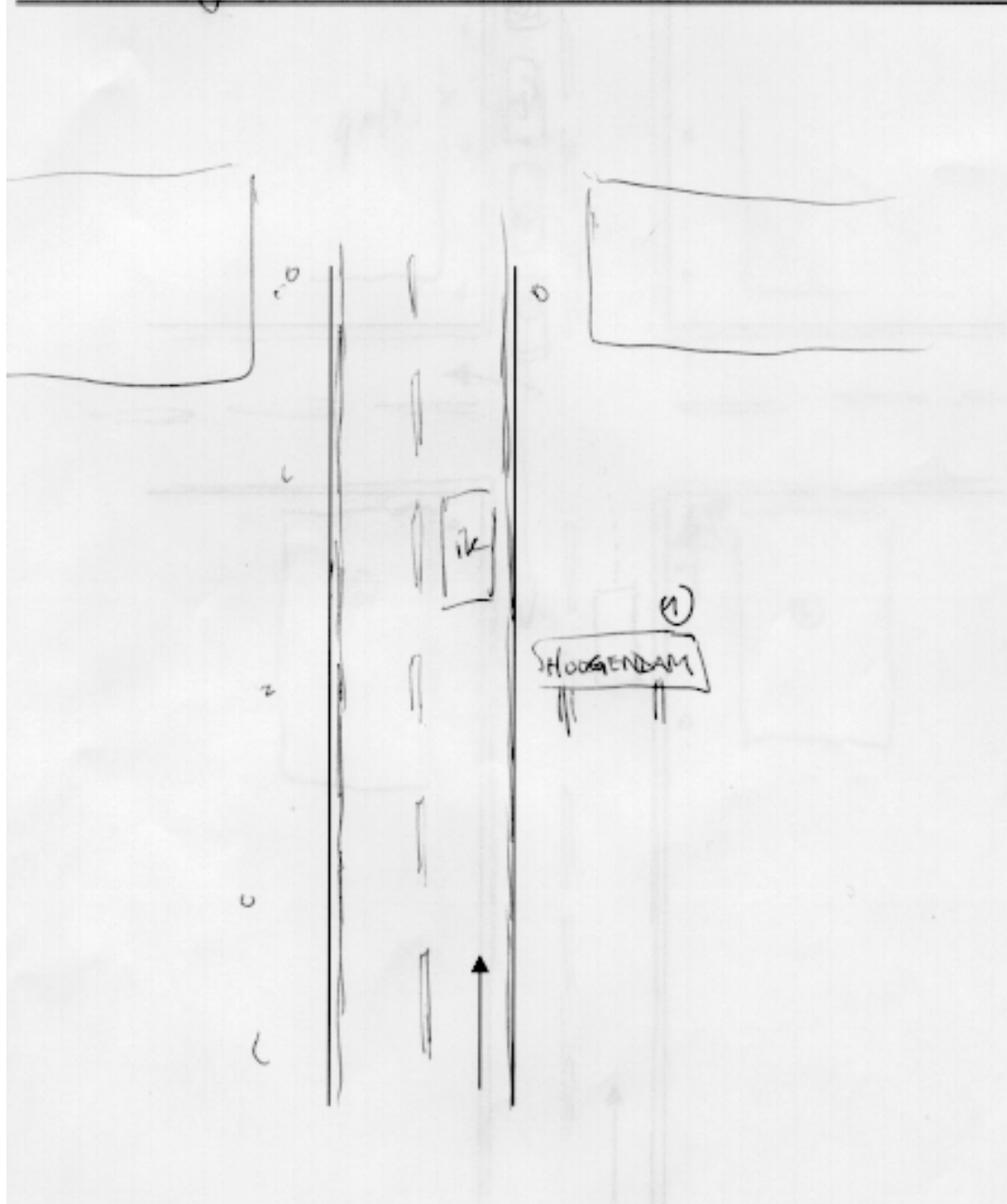


• Geef op bovenstaande tekening de verkeerssituatie zoals je die zonet zag weer (de pijl geeft de rijrichting weer).

• Scenario 4



- Scenario 5



• Geef op bovenstaande tekening de verkeerssituatie zoals je die zone zag weer (de pijl geeft de rijrichting weer).

• Scenario 6

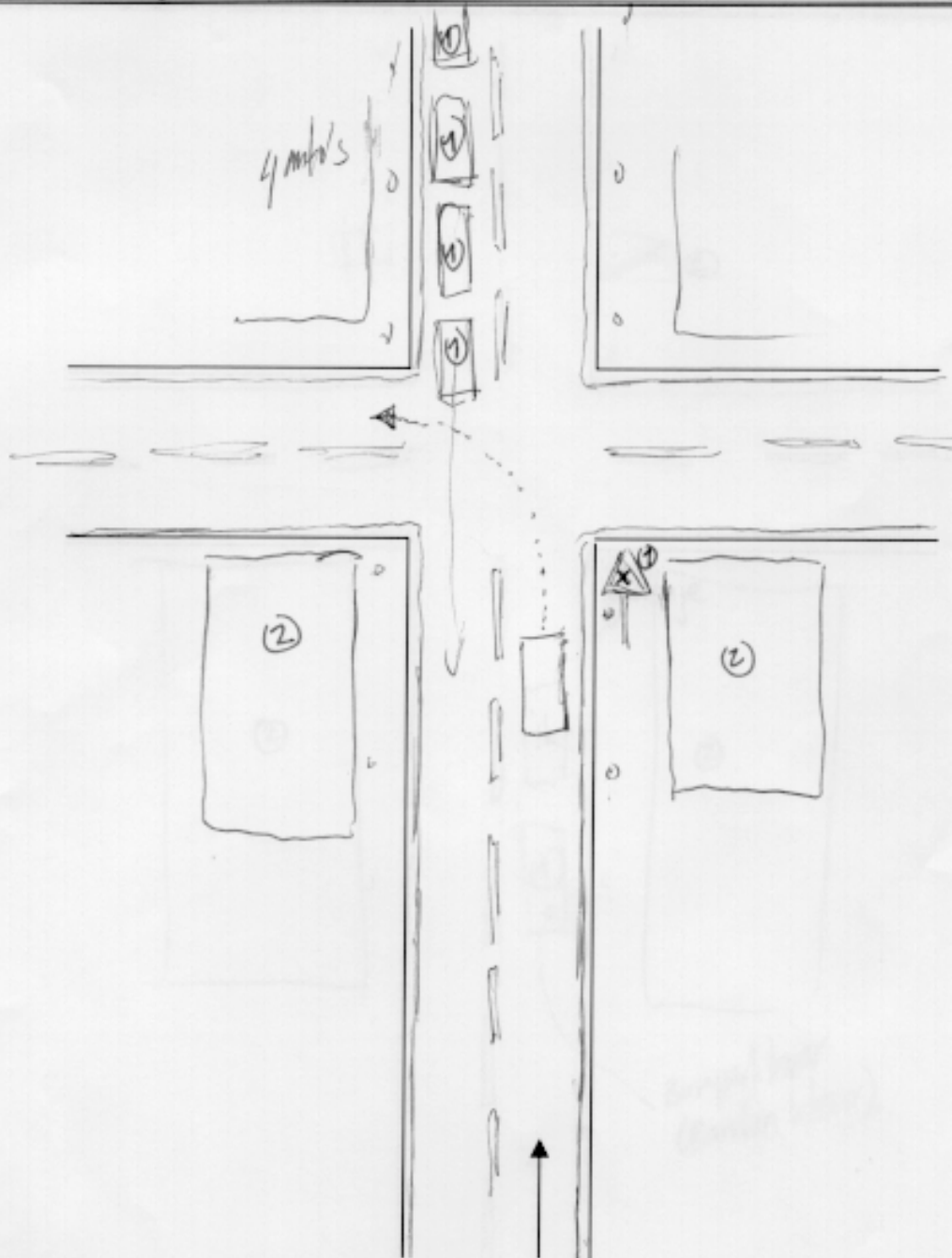
Proefpersoonnummer:

Datum:

Tijd:

Scenario 1/2/3/7/8

Tekening



- Geef op bovenstaande tekening de verkeerssituatie zoals je die zonet zag weer (de pijl geeft de rijrichting weer).

- Scenario 7

