

TNO Defensie en Veiligheid

ONGERUBRICEERD



Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

www.tno.nl

T +31 34 635 62 11
F +31 34 635 39 77
info-DenV@tno.nl

TNO-rapport

TNO-DV 2010 C150

Modelopzet voor Dodehoek Detectie en Signalerings Systemen (DDSS)*

Datum	augustus 2010
Auteur(s)	dr.D.M. Hoedemaeker dr. M. Doumen** dr. M. De Goede ir. J.H. Hogema dr. R.F.T. Brouwer A.S. Wennemers

Opdrachtgever	Connekt
---------------	---------

Projectnummer	032.30970
---------------	-----------

Rubricering rapport	Ongerubriceerd
Titel	Ongerubriceerd
Samenvatting	Ongerubriceerd
Rapporttekst	Ongerubriceerd
Bijlagen	Ongerubriceerd

Aantal pagina's	90
Aantal bijlagen	2

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2010 TNO

* Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) te Leidschendam

** Werkzaam bij de SWOV te Leidschendam

Samenvatting

Connekt voert in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat dit onderzoek uit waarin de dode hoekproblematiek (de specifieke situaties en de interactie tussen verkeersdeelnemers) wordt geïnventariseerd en de mogelijkheden van detectie en de gewenste vervolgacties worden gedefinieerd. Het doel van dit onderzoek is het vergaren van kennis. Kennis over zowel de gedragscomponent van de chauffeur en de kwetsbare verkeersdeelnemers in deze situatie, als van innovatieve detectie en signaleringssystemen als van de interactie tussen systemen, chauffeur en de omgeving.

De dode hoek is formeel gedefinieerd als het gebied rondom de vrachtauto waarop de chauffeurs zelfs met behulp van spiegels en/of camera's geen zicht hebben. Deze definitie is echter anno 2010 niet meer zo praktisch, aangezien de chauffeur tegenwoordig met spiegels en/of camera's het gehele gebied voor, links en rechts van de vrachtauto kan zien, zodat alleen het gebied achter de vrachtauto nog 'dode hoek' zou zijn. Daarom wordt in dit project de definitie gehanteerd: "De dode hoek is het gebied voor en naast de vrachtauto waar kwetsbare verkeersdeelnemers gevaar lopen om door een vrachtauto te worden aangereden".

Het onderzoek richt zich op het detecteren van kwetsbare verkeersdeelnemers en het beïnvloeden van het gedrag van de fietser en chauffeur op het moment dat het gevaar (mogelijk) gaat ontstaan en de interactie tussen de verkeersdeelnemers vanaf dat moment, al dan niet met behulp van technische middelen. Connekt heeft TNO en de SWOV gevraagd op onderdelen aan dit project bij te dragen. Het gaat daarbij om een literatuurstudie, een overzicht van bestaande dode hoek detectie systemen en technieken, gesprekken met chauffeurs, het opstellen van een conceptueel model dat inzicht geeft in de oorzaak-gevolg relaties bij dreigende dodehoek ongevallen en, mede op basis van dit model, het definiëren van de criteria van een optimaal Dodehoek Detectie- en Signalerings Systeem (DDSS).

In de literatuurstudie wordt een aantal modellen besproken die verband houden met de informatieverwerking en taakbelasting van (vrachtauto)chauffeurs. Hieruit komt naar voren dat een (vrachtauto)chauffeur andere verkeersdeelnemers kan missen doordat het zicht op de andere verkeersdeelnemer geblokkeerd is of dat de chauffeur gewoonweg een andere kant op keek. Een andere reden kan zijn dat er sprake is van beperkte informatieverwerkingscapaciteit, waardoor niet alle visuele informatie die de chauffeur binnen krijgt ook daadwerkelijk verwerkt kan worden. De informatieverwerking van een chauffeur in een bepaalde situatie hangt dus af van de taakbelasting en daarmee ook van de taakeisen die de verkeerssituatie oproepen. De taakeisen worden niet alleen bepaald door de complexiteit van de verkeerssituatie, maar ook door de keuze die de vrachtautochauffeur maakt ten opzichte van bijvoorbeeld de rijsnelheid.

Al deze onderdelen zijn samengebracht in een conceptueel model van het gedrag van verkeersdeelnemers in dode hoek situaties. De kern van dit model is een continu proces waarbij de vrachtautochauffeur een mentaal beeld opbouwt van een situatie gegeven een bepaalde context en beperkt door fysieke grenzen (bijvoorbeeld een dode hoek, spiegels). Op basis van dit mentale beeld van de omgeving schat de chauffeur de ontwikkeling van de verkeerssituatie in. Dit proces moet leiden tot voldoende zekerheid over de verkeerssituatie en de ontwikkeling daarvan om over te gaan tot de gewenste actie (bijvoorbeeld rechts afslaan). De capaciteiten en vaardigheden van de chauffeur spelen ook een rol in dit proces. Het opgebouwde mentale beeld kan afwijken van de

‘werkelijkheid’ met als gevolg een foutieve interpretatie en een inadequate handeling. Analyse met behulp van het conceptuele model geeft inzicht waar mogelijke fouten kunnen ontstaan met betrekking tot dode hoek incidenten en hoe een systeem effectief kan signaleren c.q. ingrijpen.

Op basis van het "Omgeving Weggebruikers Interactie" (OWI) model zijn kwalitatieve criteria opgesteld waaraan een Dodehoek Detectie- en Signalerings Systeem (DDSS) zou moeten voldoen. Een DDSS zou naast informeren ook kunnen waarschuwen of ingrijpen. Een dergelijk systeem wordt aangeduid als een Ondersteunende DDSS (ODDSS). De criteria luiden als volgt.

- 1 Het systeem moet de zwakke verkeersdeelnemer in de dode hoek goed detecteren.
- 2 Het systeem mag de werklast van de chauffeur niet verhogen.
- 3 De informatie over zwakke verkeersdeelnemers in de dode hoek moet duidelijk waarneembaar zijn.
- 4 Een Ondersteunende DDSS (ODDSS) moet een goed onderscheid maken tussen kritieke en niet kritieke situaties.
- 5 Een ODDSS dat waarschuwt moet op tijd waarschuwen zodat de chauffeur de tijd heeft om te reageren.
- 6 Een ODDSS dat ingrijpt, doet dit alleen in zeer tijdskritieke situaties en brengt dan de vrachtauto tot stilstand.
- 7 Bij een ODDSS moet de manier van *waarschuwen* van de chauffeur wezenlijk anders zijn dan de manier van *informeren* van de chauffeur.

Uit de analyse van de factoren die bijgedragen hebben aan het ontstaan van de 37 bestudeerde dode hoek ongevallen, werden de voertuigkenmerken of de taakbelasting het meest genoemd. Een systeem dat de vrachtautochauffeur informeert dat er zich fietsers naast het voertuig bevinden kan een groot deel van de bestudeerde ongevallen voorkomen. Nadere analyses van kritieke situaties bleek dat er een beperkt aantal mogelijkheden zijn waardoor een kritieke situatie voor een dode hoek ongeval ontstaat. Dit is belangrijk voor het ontwerp van een systeem dat de kritieke situatie moet herkennen. Een systeem dat bijvoorbeeld alleen een waarschuwing geeft als de wielen ingedraaid zijn, zal niet alle dode hoek ongevallen kunnen voorkomen daar er ook kritieke situaties zijn als de wielen nog niet ingedraaid zijn.

Meer kwantitatieve uitspraken over de gewenste kwaliteit van detecteren en signaleren waarbinnen de systemen zouden moeten werken, worden in een vervolgstudie met o.a. gedetailleerde simulaties verkregen.

Summary

Connekt performs the current research for the Ministry of Transport in which an inventory is made of the blind spot situation (and the interaction between traffic participants) and the possibilities of detection and signaling are defined. The main purpose of this research is the gathering of knowledge. Knowledge about the behavioral component of both the driver and the vulnerable road users in this situation, as well as innovative detection and signaling systems of interaction between systems, and the driver environment.

The official definition of the blind spot is the area around the truck that drivers are not able to see, not even with the help of mirrors and/or camera's. This definition is nowadays not very practical anymore, since the driver can see the whole area in front, to the left and to the right of the truck with the help of mirrors and camera's. That is why the following definition of the blind spot is used in this project: "The blind spot is the area in front or next to the truck where vulnerable road users run the risk of being hit".

The study aims at the detection of vulnerable road users and the behavioral change of truck driver and vulnerable road user at the moment a (possible) danger develops and the interaction between road users, with or without technical support. Connekt has asked TNO en SWOV to contribute to this study by means of a literature survey, an overview of existing blind spot systems and techniques, interviews with drivers, formulating a conceptual model of the factors that lead to certain action and interactions of traffic participants in blind spot situations. Based on the gained knowledge and the conceptual model, an optimal blind spot detection and signaling system is defined.

In the literature survey a number of models is discussed that deal with information processing and workload of truck drivers and drivers in general. These models show that a truck driver sometimes overlooks another vulnerable road user because of 'structural inference'. This means that the direct view on the other road user is blocked or the driver just looked in the other direction. Another reason is 'resource competition', referring to a limited information processing capacity, by which not all visual information can be processed by the driver. Information processing in a certain situation is therefore dependent on the workload of a driver and therefore also dependent on the task demands of the traffic situation. The task demands are not only determined by the complexity of the traffic situation, but also on the choices the truck driver makes with regard to for instance driving speed.

All the components are taken into account in the conceptual model of the behaviour of traffic participants in blind spot situations. The essence of this model is that the truck driver forms a world view by perceiving a situation in a certain context, possibly limited by physical boundaries (such as blind spot). This world view is a short term mental model of the environment and situation, which is built up by an "internal loop" guiding the perception of the driver and at the same time receiving input of this perception until an acceptable level of certainty is reached and a decision is made by the driver and an action is performed. The available resources also play a role in this process. In case the required resources are more than the available resources, not enough attention can be paid for a correct perception of the situation. This could lead to an incorrect world view resulting in an incorrect interpretation and inadequate actions.

Analysis based on the conceptual model gives insight into the possible errors that could occur with respect to blind spot incidents and how a system has to signal or override in an effective way.

Based on the OWI model the following qualitative criteria for a blind spot detection system were formulated:

- 1 The system should be able to detect the vulnerable road user well.
- 2 The system should not increase driver workload.
- 3 Information about the vulnerable road user in the blind spot should be clearly perceptible for the driver.
- 4 A supporting blind spot system should make a clear distinction between critical and non-critical situations.
- 5 A supporting blind spot system should issue a warning when there is enough time left for the driver to react.
- 6 A supporting blind spot system should only take over in very time critical situations by bringing the truck to a stand still.
- 7 The *warning* of a blind spot detection system should be essentially different from the way it *informs* the driver.

From the analysis of the factors that contributed caused 37 blind spot accidents in The Netherlands, it turned out that vehicle characteristics and workload were most often mentioned. A system that informs the driver in a subtle way that bicycles are present in the blind spot, will prevent part of the analyzed accidents. From the analysis of critical situations it becomes clear that there is only a limited amount of situations resulting in a blind spot accident. This is important to take into account when designing a system that needs to recognize these critical situations. A system that only warns when the wheels are already turning will probably not be able to prevent all blind spot accidents because these critical situations already exist before turning the wheels.

More quantitative analysis about the required quality of detection and signaling, i.e. the “operational envelope” in which systems should work, will be performed by means of simulation and other further studies.

Inhoudsopgave

	Samenvatting.....	3
	Summary	5
1	Inleiding.....	9
2	Bestaande kennis over de dode hoek problematiek en de taak van de vrachtautochauffeur	11
2.1	Wat wordt er in de praktijk en in de literatuur bedoeld met de “dode hoek” bij vrachtauto’s?	11
2.2	Ongevallencijfers Nederland ten opzichte van het buitenland.....	13
2.3	Lopend onderzoek.....	19
2.4	De rijopleiding.....	21
2.5	Modellen over taakbelasting en informatieverwerking.....	25
2.6	Invloeden op de taakbelasting en de informatieverwerking van vrachtautochauffeurs .	30
2.7	Conclusies.....	31
3	Conceptueel model ‘Omgeving Weggebruikers Interactie’ (OWI).....	33
3.1	De omgeving.....	34
3.2	De (normatieve) taak	34
3.3	Voertuigkarakteristieken.....	35
3.4	Waarneming en aandacht.....	35
3.5	Eigenschappen weggebruiker	36
3.6	Werklast.....	36
3.7	Wereldbeeld en interpretatie	37
3.8	Scenario evaluatie, beslissing en actie	37
3.9	Mogelijke fouten in een dode hoek situatie.	38
3.10	Conclusies en toepasbaarheid model	39
4	Taakanalyse van vrachtautochauffeur en fietser	41
4.1	Fietser	42
4.2	Vrachtautochauffeur	45
4.3	Aanvullingen vanuit de chauffeurs zelf	50
4.4	Conclusie normatieve taakanalyse.....	51
5	Bestaande systemen voor dode hoek detectie	52
5.1	Spiegels.....	52
5.2	Camera’s.....	53
5.3	Radar en ultrasoon geluid	55
5.4	Extern geluidssysteem	56
5.5	Laser / Lidar.....	57
5.6	Relatie met voorkomen van dode hoek ongevallen	58
6	Criteria voor Dode hoek Detectie en Signalerings Systemen	60
6.1	Rol detectie- en signaleringssystemen volgens het model.....	60
6.2	Criteria	60
6.3	Overige maatregelen	64

7	Op zoek naar kwantitatieve criteria voor valse alarmen, missers en reactietijden van vrachtauto chauffeurs	66
7.1	Waarom zijn gegevens over valse alarmen en missers interessant?	66
7.2	Gebruikte waarden voor valse alarmen en missers	68
7.3	Reactietijd	70
7.4	Conclusie	71
8	Ex ante veiligheidsanalyse van (O)DDSS.....	72
8.1	Werkwijze.....	72
8.2	Resultaten	73
8.3	Discussie en conclusies.....	79
9	Conclusies	82
10	Referenties	84
11	Ondertekening.....	88
	Bijlagen	
	A Overzicht van systemen en leveranciers	
	B Schema met vragen voor de verkeersveiligheidsanalyse	

1 Inleiding

In oktober 2008 heeft de SWOV een rapport opgeleverd, waarin een aantal maatregelen wordt voorgesteld om het aantal dode hoek ongevallen nog verder terug te dringen.

Eén van de aanbevelingen is:

“Ook beveelt de SWOV aan een systeem dat fietsers detecteert nader te onderzoeken.

Het betreft een signaleringssysteem met behulp van bijvoorbeeld radar dat de chauffeur op de aanwezigheid van fietsers attendeert. Om de frequentie van signalering te beperken, moet worden onderzocht of het mogelijk is om de chauffeur alleen te waarschuwen op de positie waar hij de nacontrole moet verrichten.”

Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft, mede gebaseerd op het SWOV rapport, in november 2008 een brief naar de Tweede Kamer gestuurd. Met betrekking tot dit soort systemen is hierin de volgende toezegging opgenomen:

“Ik wil derhalve zo snel mogelijk met alle experts en stakeholders komen tot een 3 stappenonderzoek:

- 1 Inventariseren van de mogelijke manieren om middels sensoren en systemen kwetsbare verkeersdeelnemers (vooral in de dode hoek, maar ook vóór de (vracht)auto) te detecteren.
- 2 Definiëren van de gewenste vervolgacties na het detecteren van een kwetsbare verkeersdeelnemer. Het gaat dan om mogelijkheden te bekijken van: (1) signalen aan de kwetsbare verkeersdeelnemers, (2) signalen aan de (vracht)auto chauffeurs en (3) mogelijk autonome (noodstop) acties door het voertuig zelf.
- 3 Het uitvoeren van een praktijkproef met verschillende systemen.”

Connekt voert in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat dit onderzoek uit waarin de dode hoekproblematiek (de specifieke situaties en de interactie tussen verkeersdeelnemers) wordt geïnventariseerd en de mogelijkheden van detectie en de gewenste vervolgacties worden gedefinieerd.

Het doel van dit onderzoek is het vergaren van kennis. Kennis over zowel de gedragscomponent van de chauffeur en de kwetsbare verkeersdeelnemers in deze situatie, als van innovatieve detectie en signaleringssystemen als van de interactie tussen systemen, chauffeur en de omgeving.

De dode hoek is formeel gedefinieerd als het gebied rondom de vrachtauto waarop de chauffeurs zelfs met behulp van spiegels en/of camera's geen zicht hebben.

Deze definitie is echter anno 2010 niet meer zo praktisch, aangezien de chauffeur tegenwoordig met spiegels en/of camera's het gehele gebied voor, links en rechts van de vrachtauto kan zien, zodat alleen het gebied achter de vrachtauto nog 'dode hoek' zou zijn.

Daarom wordt in dit project de definitie gehanteerd: “De dode hoek is het gebied voor en naast de vrachtauto waar kwetsbare verkeersdeelnemers gevaar lopen om door een vrachtauto te worden aangereden”.

Het onderzoek richt zich op het detecteren van kwetsbare verkeersdeelnemers en het beïnvloeden van het gedrag van de fietser en chauffeur op het moment dat het gevaar (mogelijk) gaat ontstaan en de interactie tussen de verkeers-deelnemers vanaf dat moment, al dan niet met behulp van technische middelen. In een heel kort tijdbestek moet er een interactie tot stand komen die voorkomt dat het gevaar zich materialiseert,

in een (waarschijnlijk) complexe en drukke verkeerssituatie waar vooral de chauffeur al veel indrukken tegelijk moet verwerken.

Connekt heeft TNO en SWOV gevraagd op onderdelen aan dit project bij te dragen. Het gaat daarbij om een literatuurstudie, een overzicht van bestaande dode hoek detectie systemen en technieken, gesprekken met chauffeurs, het opstellen van een conceptueel model dat inzicht geeft in de oorzaak-gevolg relaties bij dreigende dode hoek ongevallen en, mede op basis van dit model, het definiëren van de criteria van een optimaal dode hoek detectie en signalerings systeem.

Er zijn en komen meerdere technieken beschikbaar die extra detectie- en signaleringsmogelijkheden opleveren. Echter de vraag is welke eisen gesteld moeten worden aan detectie- en signaleringssystemen in de interactie van de chauffeur en kwetsbare verkeersdeelnemer zodat het risico op een ongeval afneemt.

Dit rapport is het resultaat van een nauwe samenwerking tussen TNO en de SWOV en is dus een gecombineerd TNO-SWOV rapport. Hoofdstuk 2 is geschreven door de SWOV en beschrijft de resultaten van een literatuurstudie naar bestaande kennis en lopend onderzoek naar de dode hoek problematiek in Europa.

Hoofdstuk 3 is geschreven door TNO en beschrijft het conceptuele model. Dit model brengt de factoren samen die leiden tot acties van verkeersdeelnemers en daarmee tot interacties tussen verschillende verkeersdeelnemers. Dit model is ontwikkeld op basis van het voorgaande literatuuronderzoek en expert inzichten. Hoewel dit model niet beperkt is tot één specifieke manoeuvre, kan dit model inzicht verschaffen in de factoren die een rol (kunnen) spelen bij een dode hoek situatie. Bovendien laat het zien hoe interacties tussen verkeersdeelnemers invloed hebben op bepaalde taakeisen. Dit model geeft veel inzicht, maar om tot kwantitatieve uitspraken te komen over de vereiste detectie- en signaleringsbetrouwbaarheid is meer onderzoek en simulatie nodig. Uiteindelijk wordt op basis van dit model en de specifieke taakanalyse van dode hoek situaties, die door TNO beschreven zijn in hoofdstuk 4, bepaald óf en op welk wijze ondersteuning of sturing van de vrachtautochauffeur of fietser zinvol kan zijn in dode hoek situaties (hoofdstuk 6).

Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van bestaande systemen voor detectie van kwetsbare verkeersdeelnemers (TNO).

Hoofdstuk 7 beschrijft een literatuurstudie die is gedaan door de SWOV naar de kennis die er is over kwantitatieve criteria die gesteld kunnen worden aan het aantal valse alarmen en missers van dode hoek detectie en signalerings systemen en de reactietijden van de vrachtautochauffeur in het verkeer.

Hoofdstuk 8 beschrijft de verkeersveiligheidsanalyse die is uitgevoerd door de SWOV aan de hand van processen verbaal uit 2006 en 2007.

Hoofdstuk 9 geeft de conclusies weer.

2 Bestaande kennis over de dode hoek problematiek en de taak van de vrachtautochauffeur

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de literatuurstudie die is uitgevoerd om inzicht te krijgen in de informatie die bekend is over de dode hoek problematiek en met name gericht op de taak van de chauffeur van de vrachtauto. De literatuurstudie dient als basis voor het vormgeven van het model dat is opgesteld in hoofdstuk 3.

Eerst wordt kort besproken wat in de praktijk en in de literatuur bedoeld wordt met de term “dode-hoek ongevallen”. Daarna geven we enkele ongevallencijfers uit Nederland specifiek over de dode hoek ongevallen, en Europese data met betrekking tot ongevallen waarbij vrachtauto's en kwetsbare deelnemers betrokken waren. Dit om aan te geven wat de omvang van het probleem is en of dit probleem uniek voor Nederland is met haar vele fietsers.

Daarna wordt relevant onderzoek naar dode hoek in buitenland kort beschreven en gaan we vervolgens in op de taakbelasting van de vrachtautochauffeur. Hiervoor zullen we eerst de informatie uit opleidingsdocumenten van het CBR en WRM doornemen, alvorens dieper in te gaan op diverse modellen op het gebied van taakbelasting en informatieverwerking. Als laatste gaan we in op een aantal factoren die invloed hebben op de taak van de vrachtautochauffeur op het moment van manoeuvreren. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie.

2.1 Wat wordt er in de praktijk en in de literatuur bedoeld met de “dode hoek” bij vrachtauto's?

Dode hoek ongevallen bij vrachtauto's is een onderwerp dat al jaren veel aandacht krijgt. In de praktijk en de volksmond worden hiermee de ongelukken aangeduid waarbij een kwetsbare verkeersdeelnemer ((brom-)fietser of voetganger) aangereden wordt door een vrachtauto, waarbij de chauffeur en/of de kwetsbare verkeersdeelnemer indien mogelijk achteraf verklaren volkomen verrast te zijn door het ongeval.

De problematiek lijkt onder andere veel aandacht te krijgen omdat de probleemsituatie oplosbaar lijkt te zijn – er is immers geen opzet in het spel – en de gevolgen veelal zeer ernstig zijn. Dat leidt tot veel maatschappelijke onrust.

Er zijn al diverse beleidsmaatregelen genomen om het zichtveld van de vrachtautochauffeur te vergroten. Hiervoor wordt verwezen naar Schoon, Doumen & de Bruin (2008 SWOV). Op het moment is het zo dat bij de nieuwe vrachtauto's (na 2007 geproduceerd) de chauffeur het overgrote deel rondom zijn vrachtauto kan overzien indien de spiegels goed afgesteld staan. Bij deze nieuwe vrachtauto's hebben dodehoek ongevallen daardoor nauwelijks nog te maken met de fysieke omvang van de dode hoek. In de praktijk ontstaan dodehoek ongevallen omdat de chauffeur om welke reden dan ook informatie over het hoofd ziet en daardoor een fietser niet waarneemt. De in dit project gebruikte definitie van de dode hoek is daarom:

De dode hoek is het gebied voor en naast de vrachtauto waar kwetsbare verkeersdeelnemers gevaar lopen om door een vrachtauto te worden aangereden

In de literatuur worden vergelijkbare definities gebruikt. Deze definities kunnen echter verschillen afhankelijk van het doel van het onderzoek of de beschikbaarheid van

gegevens. Ook achter de vrachtauto bevindt zich bijvoorbeeld een dode hoek. Deze is voor dit onderzoek niet relevant.

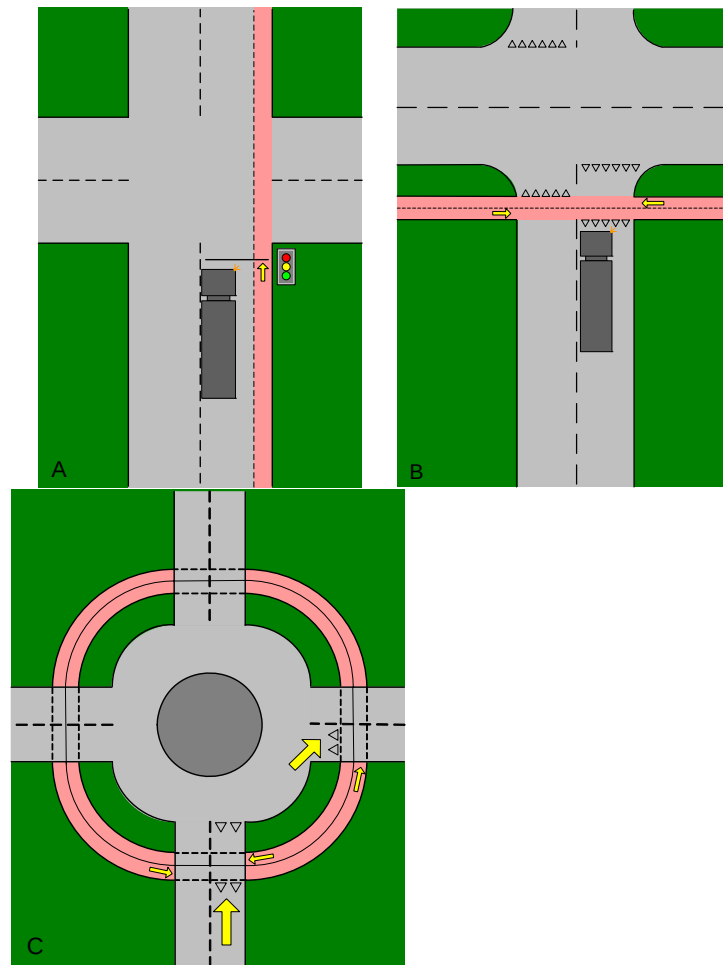
Uit een ongevalanalyse van de SWOV blijkt dat het algemene ongevalpatroon is dat een rechts afslaande vrachtauto geen voorrang geeft aan een rechtdoorgaande fietser (situatie A in figuur 1); de fietser neemt deze voorrang, bewust of onbewust van de aanwezigheid van een vrachtauto (Schoon, 2006). Het gaat daarbij vooral om rechts afslaande vrachtauto's die na stilstand optrekken (bijvoorbeeld bij verkeerslichten). Het meest voorkomende botspunt van de vrachtauto-fietser is op de hoek aan de rechter voorkant van de vrachtauto (Leser, Icke & Komoll, 2006; Schoon, Doumen & de Bruin, 2008). In mindere mate is de rechterflank van de vrachtauto of oplegger/aanhangwagen het botspunt.

Schoon concludeert dat er naast de traditionele dodehoek situatie nog een tweede dode hoek situatie regelmatig voorkomt: het kruisen van een voorrangsweg met losliggend (tweerichtingsverkeer) fietspad (situatie B in figuur 1). Deze twee situaties kunnen vertaald worden naar rotondes.

Bij het oprijden van de rotonde speelt situatie B een rol, bij het afgaan van de rotonde situatie A (Schoon, Doumen & de Bruin, 2008) (zie situaties in C, Figuur 1). In dit rapport zal met name uitgegaan worden van situatie A. De meeste ongevalsstatistieken hebben betrekking op deze situatie en ook voor de taakanalyse is hiervan uitgegaan. In de verkeersveiligheidsanalyse (Hoofdstuk 8) is Situatie B wel meegenomen.

Uit gesprekken met vrachtautochauffeurs en examinatoren bleek dat het voor vrachtautochauffeurs met name lastig is de situatie te overzien vanuit stilstand. Op het moment dat hij¹ stil moet staan om ander verkeer voor te laten gaan, hebben fietsers immers de kans om de vrachtauto in te halen. De vrachtautochauffeur moet het hele kruispunt overzien en heeft dus niet de mogelijkheid om precies bij te houden hoeveel fietsers er naast zijn vrachtauto zijn komen te staan. In onze analyse zullen we op basis van deze ervaringen uitgaan van de situatie waarbij de vrachtautochauffeur moet stoppen voor een kruispunt.

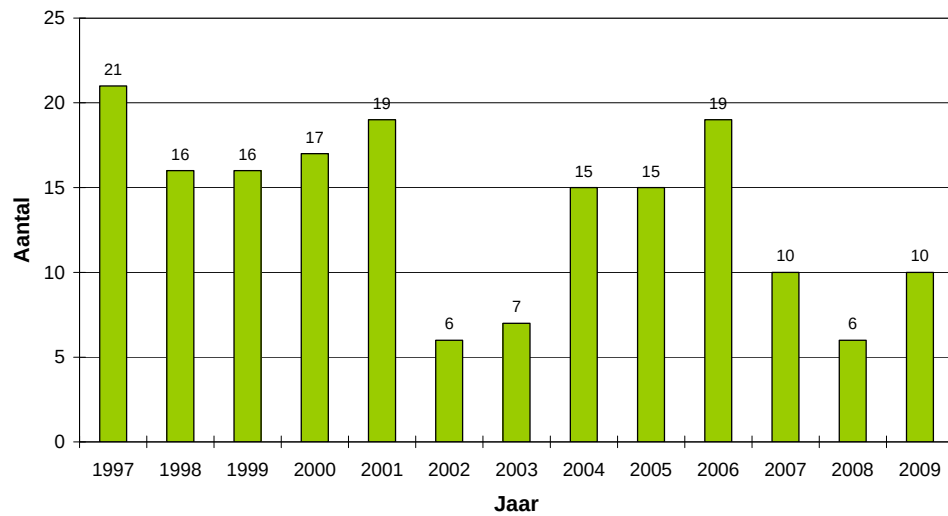
¹ In dit rapport wordt als naar de fietser of de vrachtautochauffeur wordt gerefereerd in de 'hij-vorm'. De fietser of de vrachtautochauffeur kunnen natuurlijk ook vrouwelijk zijn. Maar voor het gemak en de leesbaarheid wordt hij gebruikt in plaats van hij of zij.



Figuur 1 De drie meest voorkomende dodehoeksituaties in Nederland (Schoon, Doumen & de Bruin, 2008).

2.2 Ongevallencijfers Nederland ten opzichte van het buitenland

De aantallen fietsers die in de jaren 1997 t/m 2009 bij dodehoek ongevallen om het leven zijn gekomen zijn weergegeven in figuur 2 (bron: Min. VenW-BRON). Een dodehoek ongeval is in deze statistieken gedefinieerd als een ongeval waarbij een rechts afslaanende of naar rechts afbuigende vrachtauto en een (rechtdoorrijdende) fietser betrokken zijn. Op het moment zijn er geen cijfers beschikbaar over het aantal voetgangers dat slachtoffer is geworden van een dodehoekongeval. Dit komt doordat de omvang van het probleem met betrekking tot fietsers groter is en daardoor de aandacht krijgt. Daarbij komt dat waarschijnlijk het selectie criterium zoals hierboven beschreven niet alle dodehoekongevallen met voetgangers zal bevatten.



Figuur 2 Het aantal dodelijk slachtoffers onder fietsers als gevolg van een dodehoekongeval in Nederland in de jaren 1997-2009.

Slechts bij een beperkt aantal Europese landen zijn gegevens over dodehoek ongevallen te verkrijgen. Deze statistieken zijn in de volgende paragrafen weergegeven, inclusief de definities die gebruikt zijn voor de registratie van dodehoek ongevallen. In België is het selectiecriterium bijvoorbeeld iets smaller dan bij de overige landen. Het is niet een uitputtend overzicht van alle gegevens die bekend zijn, we hebben ons gericht op de gegevens die verkregen zijn door het contact met de leden van het Forum of European Road Safety Research Institutes (FERSI), die we hebben gevraagd naar hun kennis en onderzoek over dodehoekongevallen.

2.2.1 Denemarken

In Denemarken worden cijfers betreft het aantal slachtoffers onder fietsers van dodehoekongevallen bijgehouden door het Road Directorate, Department of Traffic Safety. In tabel 1 zijn deze gegevens van de afgelopen jaren weergegeven.

Een dodehoekongeval was gedefinieerd als een ongeval waarbij een vrachtauto rechtsaf slaat en een fietser rechtdoor rijdt.

Tabel 1 Het aantal slachtoffers onder fietsers van dodehoekongevallen in Denemarken.

Year	Killed	Serious inj ^{*1}	Slight inj ^{*2}	Total
2000	8	21	9	38
2001	7	27	2	36
2002	7	20	12	39
2003	7	17	6	30
2004	10	21	7	38
2005	11	17	10	38
2006	6	12	6	24
2007	2	16	3	21
2008	11	12	5	28

^{*1} Serious inj = seriously injured

^{*2} Slight inj = slightly injured

2.2.2 Duitsland

In Duitsland hebben in 2002 135 ongevallen plaatsgevonden met rechts afslaande vrachtauto's waarbij een fietser of voetganger gewond is geraakt. Hierbij zijn 10 mensen om het leven gekomen (Niewöhner, Berg & Nicklisch, 2005a).

2.2.3 België

In België wordt door het Belgisch Instituut voor VerkeersVeiligheid (BIVV) jaarlijks cijfers bijgehouden over dodehoekongevallen (Martensen, 2009). In Tabel 2 zijn deze gegevens weergegeven. In Tabel 3 zijn de getallen voor het jaar 2007 uitgesplitst naar fietsers, bromfietsers en voetgangers.

De definitie die gebruikt is voor het selecteren van de dodehoekongevallen is als volgt: een ongeval met de volgende kenmerken:

- de vrachtauto slaat rechts af
- de opponent is een voetganger, fietser, of bromfietser
- de weg waarop gereden wordt is dezelfde voor beide weggebruikers
- de richting van de verplaatsing is dezelfde voor beide weggebruikers.

Deze definitie is gelijk aan situatie A en het afrijden van de rotonde in situatie C van Figuur 1.

Tabel 2 Het aantal dodehoekongevallen en slachtoffers van dodehoekongevallen in België van 1998-2007.

Jaar	Aantal letselongevallen	Aantal letselslachtoffers	Aantal doden
1998	63	68	9
1999	59	59	8
2000	69	72	11
2001	66	68	11
2002	58	62	8
2003	65	70	9
2004	51	52	8
2005	64	68	7
2006	56	58	7
2007	64	66	8

Tabel 3 Het aantal ongevallen en dodelijke slachtoffers onder voetgangers, fietsers en bromfietsers in België in 2007.

Tegenpartij van de vrachtauto	Aantal letselongevallen	Aantal doden
Voetgangers	1	0
Fietsers	44	8
Bromfietsers	19	0

2.2.4 Frankrijk

In Frankrijk zijn data te vinden in de National French Database (ONISR/BAAC). Dit betreft het aantal doden in 2008 onder voetgangers en fietser door een ongeval met een Heavy Goods Vehicle (HGV) waarbij de HGV rechtsaf wil slaan.

Tabel 4 Het aantal dodelijke slachtoffers onder voetgangers en fietsers in Frankrijk in 2008.

	Fietsers	Voetgangers
Kruispunt	9	5
Niet op kruispunt	3	1
Totaal	12	6

2.2.5 Gegevens van de European Road Safety Observatory

Een andere bron van informatie komt van de European Road Safety Observatory (ERSO), een website waarin informatie over verkeersveiligheid in Europa wordt aangeboden. Basis van deze website vormt de Community database on Accidents on the Roads in Europe (CARE), een database met gegevens van alle Europese landen met ongevalsgegevens. In deze database staan geen gegevens specifiek over de dodehoek. Wel is er informatie over het aantal ongevallen van fietsers en voetgangers waarbij een Heavy Goods Vehicle (HVG) betrokken is en een voertuig zwaarder dan 3,5t (dat sluit bestelbussen en dergelijke uit). Ook kan daarbij geselecteerd worden naar binnen en buiten de bebouwde kom en of het ongeval op een kruispunt of een wegvak is gebeurd.

De beschikbaarheid van gegevens varieert per land. Dat maakt de analyse van deze gegevens lastig.

In tabel 5 staat het aantal slachtoffers van ongevallen tussen fietsers en vrachtauto's waarbij een fietser is overleden in de 15 oorspronkelijke lidstaten van de EU weergegeven. Dit zijn ook de landen waarvan de meeste informatie beschikbaar is. Het betreft hierbij ongevallen op een kruispunt waarbij een fietser en een vrachtauto betrokken waren.

In tabel 6 zijn voor de voetgangers dezelfde gegevens weergegeven.

Tabel 5 Het aantal slachtoffers van ongevallen tussen vrachtauto's en fietsers op een kruispunt waarbij de fietser is overleden (bron: CARE database)².

Cyclists	Belgium	Denmark	Germany	Greece	Spain	France	Ireland	Italy	Luxem- bourg	Nether- lands	Austria	Portugal	Finland	Sweden	Great Britain	Total
1991	20	8	gd	0	4	32	5	8	1	29	11	3	7	5	38	170
1992	24	14	gd	0	16	19	4	9	0	34	5	5	11	7	29	176
1993	9	11	gd	0	14	16	2	11	0	17	8	7	4	7	33	139
1994	24	9	gd	0	12	23	3	15	0	49	4	0	6	5	30	181
1995	19	15	gd	0	2	26	8	4	1	42	3	4	3	8	20	156
1996	18	14	gd	0	2	16	1	16	0	37	4	0	3	3	22	136
1997	20	14	gd	1	5	22	5	14	0	42	4	1	1	3	26	159
1998	17	10	gd	0	9	16	4	8	0	25	6	0	4	8	19	126
1999	19	19	gd	0	4	20	2	15	0	31	6	2	7	2	23	151
2000	24	13	54	0	4	22	2	14	0	34	7	1	4	5	20	205
2001	23	12	47	0	6	17	4	15	0	28	7	2	10	2	24	197
2002	23	9	40	0	5	11	0	9	0	16	2	0	4	2	22	143
2003	20	14	52	1	5	11	2	10	0	16	3	2	3	2	16	157
2004	11	13	34	0	2	16	2	16	0	31	9	1	3	1	17	156
2005	14	12	60	0	3	11	4	8	0	23	3	1	0	5	17	161
2006	11	6	26	0	2	11	2	6	0	31	7	0	2	0	21	125
2007	20	5	32	0	5	14	gd	8	0	20	4	0	1	4	24	137
2008	16	12	35	1	4	13	gd	9	0	gd	4	2	1	2	16	116

² gd betekent 'geen data', van deze landen zijn voor deze jaren (nog) geen data bekend.

Tabel 6 Het aantal slachtoffers van ongevallen tussen vrachtauto's en voetgangers op een kruispunt waarbij de voetganger is overleden (bron: CARE database).

Pedestrians	Belgium	Denmark	Germany	Greece	Spain	France	Ireland	Italy	Luxembourg	Netherlands	Austria	Portugal	Finland	Sweden	Great Britain	Total
1991	4	11	gd	0	35	14	5	9	0	4	4	17	5	4	66	178
1992	3	5	gd	0	17	19	4	12	1	5	8	16	6	4	60	159
1993	5	6	gd	0	10	27	10	4	1	4	6	17	4	3	72	169
1994	6	6	gd	0	19	29	9	11	0	3	4	12	5	2	62	167
1995	3	6	gd	0	25	19	20	8	0	2	4	9	5	2	46	148
1996	6	3	gd	3	11	29	5	6	0	4	2	9	2	5	43	128
1997	3	2	gd	3	19	22	5	2	0	4	8	4	3	5	40	120
1998	1	6	gd	8	17	24	3	3	0	3	3	7	5	9	36	125
1999	5	1	gd	7	20	17	5	6	0	5	6	3	3	6	54	138
2000	6	6	26	2	15	11	0	14	0	4	5	8	2	0	48	147
2001	6	3	26	10	18	20	3	7	0	2	4	9	3	8	65	184
2002	6	1	30	7	13	13	4	11	0	5	4	7	4	3	49	156
2003	6	1	16	7	16	16	5	4	0	2	3	3	2	3	47	131
2004	1	6	27	6	12	18	6	1	1	1	7	7	5	3	39	140
2005	7	4	28	4	18	18	2	7	0	3	3	9	0	1	36	140
2006	2	3	25	4	10	15	5	5	0	1	7	1	1	1	27	108
2007	4	5	24	3	19	14	gd	2	0	4	1	8	2	3	38	127
2008	3	2	15	6	16	19	gd	0	0	gd	7	3	5	4	24	104

Zoals te zien is in de tabellen, zijn niet alle gegevens voor alle landen beschikbaar. De gegevens van Duitsland zijn pas vanaf 2000 bekend en van Nederland en Ierland zijn de meest recente gegevens nog niet ingevoerd.

De gegevens zijn lastig te vergelijken omdat er de interpretatie van de gegevens niet eenduidig is. Dit komt onder andere doordat de dataverzameling van verschillende landen niet op dezelfde wijze verloopt en de definities van ongevallen en letselernst tussen landen kunnen verschillen.

Deze cijfers zeggen verder weinig als er niets bekend is over de omstandigheden waar de ongevallen plaatsvinden. Zo zijn er weinig gegevens beschikbaar over het aantal fietskilometers dat gemaakt wordt in de verschillende landen, de mate waarin de infrastructuur is aangepast op fietsers, welke mensen fietsend aan het verkeer deelnemen en het gedrag van fietsers.

Deze cijfers leren ons wel dat in de 15 EU-lidstaten het aantal dodelijke slachtoffers van ongevallen op kruispunten met een vrachtauto als botspartner onder fietsers niet ver onder dat van voetgangers ligt. Dit is een belangrijke constatering aangezien verkeersveiligheidsvoorzieningen die de EU voor vrachtauto's verplicht stelt vaak voor de reductie van ongevallen met voetgangers zijn bedoeld. Er zijn overigens wel grote verschillen tussen landen in de verhouding tussen slachtoffers onder fietsers en voetgangers.

Buiten de EU is er weinig te vinden. Zo is bijvoorbeeld wel bekend dat dodehoek ongevallen in Japan voorkomen en veel belangstelling trekken, maar de gegevens over de ontwikkeling van het aantal ongevallen zijn niet eenvoudig te verkrijgen.

2.3 Lopend onderzoek

Om een overzicht te krijgen van het lopende onderzoek is met een aantal netwerken contact opgenomen:

- ITS World organisatie.
- Wereldwijde netwerken van verkeerskundigen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Het Forum of European Road Safety Research Institutes (FERSI).

In het FERSI zijn de instituten van Europese landen die onderzoek doen naar verkeersveiligheid vertegenwoordigd om internationale samenwerking te bevorderen.

2.3.1 Binnen Europa

In België wordt bij het Belgisch Instituut voor Verkeersveiligheid (BIVV) onderzoek gedaan naar de dode hoek van vrachtauto's. In 2009 heeft het BIVV een rapport uitgebracht waarin technische hulpmiddelen worden beschreven die ingezet zouden kunnen worden ter voorkoming van dode hoek ongevallen (Akkermans, 2009). De mogelijkheden en zwakheden van deze systemen worden in kaart gebracht. In 2010 is er een project opgestart waarin twee detectiesystemen onderzocht worden op hun bruikbaarheid. Verwacht wordt dat deze studie eind 2010 afgerond zal zijn.

In Italië is onderzoek gedaan naar technische oplossingen voor de dodehoekproblematiek in de faculty of Engineering of Parma (Vislab), de groep van Prof Alberto Broggi. Naar aanleiding van dit onderzoek is een obstakeldetector ontwikkeld die werkt bij het starten van de vrachtauto, tijdens het rechtdoor rijden of juist tijdens het nemen van

bochten. Bij een snelheid onder de 15 km/uur. Het systeem geeft een auditief signaal als er zich een object in het detectiegebied bevindt. Een scherm op het dashboard geeft visueel het detectiegebied weer, dit geeft de vrachtautochauffeur de kans om te kijken wat aanleiding heeft gegeven tot het auditieve signaal. Het systeem wordt automatisch afgesloten als de vrachtauto sneller dan 15 km/uur gaat rijden (<http://vislab.it/Products/view/43/VOD>).

Niewöhner en collega's (Niewöhner, Berg & Nicklisch, 2005a; 2005b; 2005c) hebben in 2005 onderzoek gedaan naar de ongevallen in Duitsland tussen vrachtauto's en kwetsbare verkeersdeelnemers, de omvang van de dodehoek en mogelijke oplossingsrichtingen. De resultaten van dit onderzoek zijn in Paragraaf 2.2 weergegeven.

Bij het Franse "Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité" (INRETS) is onlangs onderzoek gedaan naar het vermijden van ongevallen waar kwetsbare verkeersdeelnemers en vrachtauto's bij betrokken zijn in het kader van het Franse project VIVRE2. Voor dit project hebben Mathern, Bonnard en Tattegrain (2009) een methodologie beschreven waarmee ITS systemen op een functionele manier ontwikkeld en geïmplementeerd kunnen worden. Deze methode heeft een human centred design en legt de nadruk op mens-machine-interactie. In het VIVRE2 project is een systeem getest dat op basis van de omstandigheden (snelheid, afslaan, detectie) de vrachtautochauffeur niet alleen adviseert maar ook ingrijpt. In de praktijk bleek een "override" functie noodzakelijk om te voorkomen dat de vrachtwagen continu stilgezet werd in situaties met veel fietsers.

Bij Transport Research Laboratory (TRL) in de UK is onderzoek gedaan naar de omvang van de dode hoek van vrachtauto's en de effecten van de Europese richtlijn 2007/38 hierop. Geconcludeerd werd dat zelfs met extra zichtverbeterende spiegels of camera's – naast de wettelijk verplichtte – niet het gehele grond-oppervlakte rondom de vrachtauto zichtbaar was voor de vrachtautochauffeur (Dodd, 2009). Op het moment wordt er geen onderzoek gedaan naar de taakbelasting van de vrachtautochauffeur, wel hebben ze interesse om eventueel mee te werken aan een dergelijk project.

In Denemarken wordt aan de Institut for Transport van Danmarks Tekniske Universitet (DTU Transport) op het moment geen onderzoek gedaan naar de dodehoek. Er is in Denemarken in 2005 wel een uitgebreid onderzoek naar de dodehoek uitgevoerd door de HVU (2006). De resultaten van dit onderzoek zijn reeds in Paragraaf 2.2 besproken.

2.3.2 *Buiten Europa*

Er blijken een aantal onderzoeken in Canada en de USA te lopen die relevant zijn.

Aan de University of California, Berkeley, in het Institute of transportation studies wordt binnen het California Path (Partners for Advanced Transit and Highway) Program worden oplossingen gezocht voor problemen binnen de transportsector door ondersteuning te bieden op het gebied van wetenschappelijk onderzoek. Binnen dit programma is een onderzoek gestart in 2006 naar de mogelijkheden voor het detecteren van voetgangers (Chan, Bu & Shladover, 2006). Zij hebben een aantal criteria opgesteld aan de hand waarvan ze verschillende systemen testen op hun bruikbaarheid. De focus van dit onderzoek was het verbeteren van de veiligheid van voetgangers bij busstations door middel van detectiesystemen op de bussen, maar ook als onderdeel van de

infrastructuur. Eén van de conclusies van dit rapport is dat er onderzoek gedaan moet worden naar de interactie tussen chauffeur en het interface van de apparatuur.

In het National Institute for Occupational Safety and Health van de U.S. Department of Health and Human Services te Pittsburgh is in 2003 onderzoek gedaan naar de dode hoek aan de achterkant van trucks die gebruikt worden bij wegwerkzaamheden (Ruff, 2003). Onderzocht is of systemen het aantal ongevallen onder wegwerkers door achteruit rijdende trucks, kan verminderen. De huidige systemen die in het rapport behandeld worden konden met name slechte weersomstandigheden (zoals kou en sneeuw) niet aan en voldeden niet aan de opgestelde (kwalitatieve) criteria onder drukke omstandigheden.

Transport Canada heeft onlangs een onderzoek verricht naar het gedrag van vrachtautochauffeurs als een detectie en signaleringssysteem wordt gebruikt bij het achteruit rijden (Transport Canada, 2009). Het betrof systemen die de aanwezigheid van objecten kunnen detecteren en een signaal geven bij het achteruit rijden. Over systemen op basis van een camera werd geklaagd dat ze in grote mate beïnvloed worden door slechte weersomstandigheden.

Het sonarsysteem dat getest werd leverde met name kritiek op doordat het te veel fout-positieve detecties gaf, dus te vaak een signaal gaf terwijl er geen object aanwezig was. Hierdoor werd het vertrouwen in het systeem ondermijnd, en werd er, na een paar weken het systeem gebruikt te hebben, minder vaak gereageerd op het signaal. Er werd geconcludeerd dat de systemen een hogere kwaliteit zullen moeten leveren willen ze bij kunnen dragen aan het vermijden van aanrijdingen tijdens het achteruitrijden.

Daarnaast heeft Transport Canada een onderzoek uitgevoerd naar de detectie van voetgangers om een schoolbus heen (Tardif, Bergeron, & Paquette, 2004). Enkele systemen zijn getest op bruikbaarheid en betrouwbaarheid.

2.3.3 *Conclusie*

Binnen en buiten Europa wordt er redelijk wat aandacht besteed aan de dode hoek. Een aantal landen zien het als een opkomend probleem dat duidelijk aandacht verdient. Ook wordt er onderzocht wat de toegevoegde waarde van detectiesystemen kan zijn.

2.4 **De rijopleiding**

Om te bespreken wat de taakbelasting is van een vrachtautochauffeur bij het rechts afslaan, zullen we eerst moeten weten wat hij (of zij, in dit rapport wordt verder voor het gemak met de mannelijke aanduiding gewerkt) precies voor handelingen en checks uitvoert in een dergelijke situatie. Om er achter te komen wat een vrachtautochauffeur zou moeten doen zijn de documenten van de rijopleiding als basis genomen. Allereerst wordt de rijopleiding voor het besturen van een personenauto (rijbewijs B) besproken, vervolgens de rijopleiding voor vrachtautochauffeurs (rijbewijs C).

2.4.1 *Rijopleiding rijbewijs B (rijbewijs voor het besturen van een personenauto)*

Voor het definiëren van de eisen die gesteld worden aan het rijexamen zijn rijprocedures vastgesteld (BOVAG-VAN et al., 2005a; 2005b). Hierin staat nauwkeurig beschreven welke handelingen een chauffeur van een voertuig moet verrichten om veilig aan het verkeer deel te kunnen nemen. Wat betreft het kijkgedrag bij het afslaan op een kruispunt staat er in de rijprocedure voor rijbewijs B (BOVAG-VAN et al., 2005a) het volgende:

Bij nadering van een kruispunt in een zo vroeg mogelijk stadium de aard van het kruispunt (voorrangssituatie), de algehele situatie (soort wegdek etc.) en het uitzicht (ook vanuit andere chauffeurs) inschatten. Aan de hand hiervan kan de snelheid bepaald worden. Even vóór het oprijden van het kruispunt dient nogmaals gekeken te worden in de richting waaruit ander verkeer kan naderen om vast te stellen of het kruispunt kan worden opgereden. Bij rechts afslaan is de kijkwijze en volgorde als volgt: binnenspiegel, naar voren, rechter buitenspiegel en over rechter schouder.

In de verkeerswegwijzer van de Rijopleiding In Stappen (RIS) methode staan voor de beginnende chauffeur de verschillende taken uitgeschreven. Zo ook voor het afslaan, zie script 25 van de RIS verkeerswegwijzer (van Blitterswijk & Verstappen, 2005):

- Scan (krijg inzicht in verkeerssituatie en bepaal of je wel mag afslaan. Scan ook in de richting waarin je wilt gaan rijden).
- Ruimtekussen (houd rekening met onverwacht gedrag voorligger).
- Scan (let op chauffeurs achter en naast je).
- Richtingaanwijzer (geef op tijd richting aan.)
- Voorsorteren (gewenst voor goede doorstroming. Let op fietsers achter je).
- Kruispunt (vergeet niet over rechterschouder te kijken, controleer of de situatie naast de auto niet veranderd is, nu pas snelheid minderen en zo nodig terugschakelen).
- Voor laten gaan (tijdens het rijden in voorgesorteerde positie al kijken of er verkeer is dat je voor moet laten gaan. Indien nodig, moet je juist voor het richting veranderen ander verkeer voor laten gaan. Daarna een korte bocht naar rechts maken.).
- Scan (Let op de borden op de ingeslagen weg en gas geven. Na de bocht richtingaangever uitzetten, en snelheid aanpassen aan het overige gelijksoortige verkeer. Let daarbij ook op het achteropkomend verkeer.).

In het brondocument voor de WRM-opleiding (de opleiding tot rijexaminator) (Roelofs & Vissers, 2009) wordt een opsomming gegeven van subtaken die uitgevoerd dienen te worden tijdens het rechts afslaan:

- Links-rechtspositie op de weg.
- Kijkgedrag (voldoende ver vooruit, blikveld wisselen, gebruik spiegels).
- Zicht voor en achter.
- Naderrichting links-rechts.
- Snelheid (aangepaste naderingssnelheid maar tevens vlot en doortastend).
- Vertragen (tijdig gas terug en uitrollen in de versnelling).
- Schakelen (vermijden terugschakelen via meerdere versnellingen).
- Bochten (tijdig teruggeschakeld, maar zo mogelijk in 3^e versnelling).
- Richting aangeven (tijdig).
- Voorsorteren (op juiste wijze, onbelemmerde doorgang, juist gebruik voorsorteerstroken/opstelvakken).
- Taxatie gedrag ander verkeer.
- Voor laten gaan.
- Tijd en ruimte gunnen aan andere weggebruikers.
- Communiceren (voorspelbaar gedrag, contact met ander verkeer).

Zaken die tijdens het rechts afslaan gecheckt moeten worden zijn:

- Bermbegroeiing.
- Soort kruispunt (gelijk/ongelijkwaardig).
- Voertuigcategorieën.
- Wegcategorieën.
- Tegemoetkomende chauffeurs: rechtdoor, rechtsaf.
- Voorsorteervakken.

Voor de chauffeur van een personenauto is vrij goed beschreven welke handelingen hij zou moeten uitvoeren tijdens het rechts afslaan. Dit is beschreven in een script van de RIS-methode. Daarnaast is er in de rijprocedure B standaard kijkgedrag beschreven die nieuwe chauffeurs wordt aangeleerd.

2.4.2 *Rijopleiding rijbewijs C (rijbewijs voor het besturen van een vrachtauto)*

De rijprocedure voor rijbewijs C (vrachtauto's) (BOVAG-VAN et al., 2005b) kan gezien worden als een uitbreiding op de rijprocedure B. Enkele zaken waar de vrachtautochauffeur op moet letten naast de zaken die in Rijprocedure B beschreven staan, zijn de volgende:

Bij het rechts afslaan dient de vrachtautochauffeur vlak voor het moment van insturen het uitzwaaien van de achteroverbouw te controleren.

Vanaf het moment van insturen tot de vrachtauto de juiste plaats op de rijbaan van de ingereden weg heeft ingenomen dient de vrachtautochauffeur het verkeer links en rechts naast het voertuig te observeren dmv spiegels en het uitsteken van het, eventueel aanwezige kopschot te controleren. Daarbij is extra aandacht vereist bij parallelwegen of vrijliggende fietspaden, waarop het verkeer in beide richtingen rijdt. Na het afslaan dient bij het opvoeren van de snelheid, goed in de buitenspiegels gekeken te worden en vanwege de traagheid van het eigen voertuig dient rekening gehouden te worden met eventueel inhalende chauffeurs.

Afhankelijk van de grootte van het voertuig en de verkeerssituatie dient de chauffeur te kiezen hoe de bocht genomen gaat worden.

Voor grote vrachtauto's geldt dat ze niet van de rechterbaan op de toeleidende weg naar de rechter weghelft van de andere weg kunnen komen. Dus moet er een keuze gemaakt worden of er op de toeleidende weg of de andere weg op de linkerweghelft gereden kan worden (of een combinatie van beide). Dit is afhankelijk van het verkeer op de weg en de breedte van beide wegen.

In het algemeen is de manier waarop en de frequentie waarmee gekeken wordt van belang. Belangrijk is dat de manier waarop gekeken wordt is afgestemd op de algehele weg- en verkeerssituatie. Wanneer positie wordt gekozen om naar links of rechts af te slaan, controleert de vrachtautochauffeur de verkeerssituatie voor, naast en achter het voertuig. Kort voor het ingaan van de bocht volgt de nacontrole op de achteroverbouw.

Daarnaast dient de vrachtautochauffeur het inlopen van de achterwielen te controleren. Zo zal met name op weggedeelten binnen de bebouwde kom waarop zich voetgangers, fietsers en bromfietzers bevinden, verlangd worden dat deze controle wordt uitgevoerd.

Er wordt in rijprocedure C expliciet aandacht besteed aan het voor laten gaan van het overige verkeer: het verkeer dat daarop recht heeft wordt voorgelaten. Als dat echter uit eigen beweging stopt, zonder daartoe als het ware gedwongen te zijn, dan mag van de geboden gelegenheid gebruik worden gemaakt. Het voor laten gaan van ander verkeer

kan al bij het voorsorteren aan de orde zijn. Men moet zich echter realiseren dat daarbij, afhankelijk van de omstandigheden, het veroorzaken van enige hinder niet altijd te voorkomen valt.

Over het kijkgedrag wordt in rijprocedure C dus niet meer gezegd dan in rijprocedure B, dit terwijl het kijkgedrag toch in grote mate anders is door het beperkte directe zicht en de extra spiegels op de vrachtauto.

Tijdens het rechts afslaan is er dus een aantal zaken waar de chauffeur tegelijkertijd mee bezig is: met name

- de wegsituatie (hoe kan ik mijn bocht maken en hoe moet ik dus voorsorteren),
- de andere verkeersdeelnemers (wie zijn ze, waar zijn ze, wat gaan ze doen en wie heeft er voorrang),
- snelheid regelen (goede versnelling voor de bocht etc) en
- duidelijkheid scheppen over de eigen uit te voeren manoeuvre (op tijd richting aangeven).

Er wordt dus wel in de rijprocedure C aangegeven dat het belangrijk is om goed te kijken in complexe situaties, maar de dode hoek wordt hier niet expliciet benoemd. Ook wordt er geen expliciete aandacht besteed aan het kijkgedrag van de vrachtautochauffeur, waar dat bij de rijprocedure B wel het geval is.

Naar aanleiding van het bestuderen van de brondocumenten concludeert DHV dat gedragsinstructies voor het omgaan met dodehoeksituaties explicieter in de rijprocedure beschreven dienen te worden (DHV, 2009). Er is geen methodiek als Rijopleiding in Stappen voor de rijopleiding van vrachtautochauffeurs ontwikkeld.

2.4.3 *Toegevoegde waarde voor het huidige project*

Een beschrijving van het gewenste gedrag van vrachtautochauffeurs volgens de rijprocedure geeft aan wat een vrachtautochauffeur zou moeten doen. Gedurende de ervaringsjaren van de vrachtautochauffeur ontwikkelt hij echter zijn eigen routines die af kunnen wijken van de beschrijvingen van het aangeleerde. We kunnen er dus niet vanuit gaan dat de beschrijvingen van de rijprocedure één op één doorvertaald kunnen worden naar omschrijvingen van het gedrag van chauffeurs op kruispunten.

Gstalter en Fastenmeier (2010) hebben een procedure ontwikkeld om een taakanalyse van het rijgedrag van chauffeurs van personenauto's te maken. Aan de hand van deze taakanalyse hebben ze mogelijke fouten beschreven voor elke subfase van de rijtaak bij het afslaan op kruispunten. In deze studie hebben proefpersonen een route afgelegd in een geïstrumenteerde auto en is er gescoord in hoeverre er fouten worden gemaakt bij het afslaan.

Het bleek dat in de situaties die in de taakanalyse als complex worden aangeduid ook meer fouten gemaakt worden door chauffeurs. Hieruit blijkt dat een taakanalyse een goed startpunt lijkt voor het vormen van een model in dit project.

De beschrijvingen van de rijopleiding bieden tezamen met informatie verkregen uit gesprekken met vrachtautochauffeurs een uitgangspunt voor de taakanalyse.

2.5 Modellen over taakbelasting en informatieverwerking

Naast de beschrijving van de daadwerkelijke taak van de (vrachtauto-) chauffeur, zoals in de vorige paragraaf, spelen ook zaken als informatieverwerking en taakbelasting een rol tijdens het rijden in mogelijke dode hoek situaties. Deze paragraaf beschrijft een aantal modellen die de taakbelasting of informatieverwerking van chauffeurs van personenauto's of vrachtauto's weergeven. De meeste van deze modellen zijn vrij algemeen en hebben vaak geen betrekking op specifieke deeltaken van de rijtaak. De modellen die relevant zijn voor het model dat in hoofdstuk 3 wordt beschreven, worden hieronder beschreven.

Eerst zullen twee modellen besproken worden die betrekking hebben op de taakbelasting en hoe een chauffeur daar mee om gaat. Het taakzwaarte homeostase model van Fuller (2005, 2008) gaat in op de balans die een chauffeur nastreeft tussen de taakeisen en de eigen taakbekwaamheid.

Het driver workload management model van Wierwille (1992) is specifiek voor vrachtautochauffeurs en slaat een brug tussen taakzwaarte en informatieverwerking.

Verder worden twee modellen besproken die de informatieverwerking van chauffeurs in meer detail behandelen. Hierbij staan mentale modellen van de situatie centraal: het model van Houtenbos (2008) en van Liu en Özgüner (2007).

2.5.1 *Het taakzwaarte homeostase model van Fuller*

Het model van Fuller is in figuur 3 weergegeven.

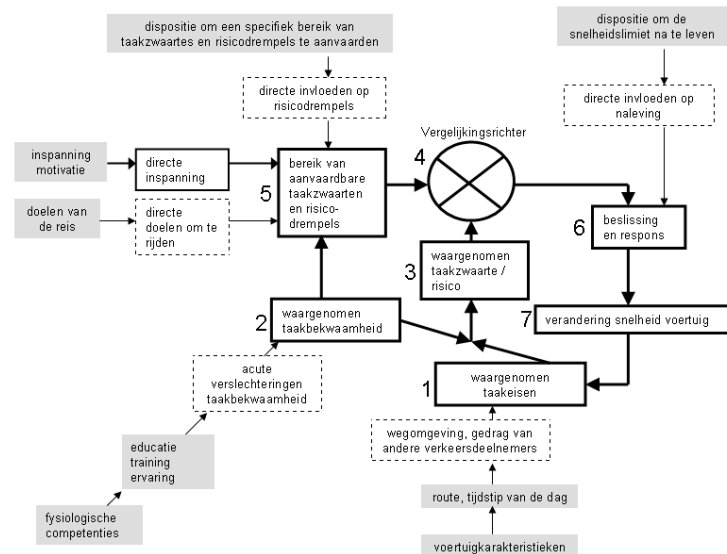
Een aanname van Fuller is dat chauffeurs binnen een door henzelf bepaalde ondergrens en bovengrens van taakzwaarte willen blijven. Deze waargenomen taakzwaarte (3) is het resultaat van een vergelijking tussen de waargenomen taakeisen (1, de inschatting van de chauffeur van de moeilijkheid van de taak) en de waargenomen taakbekwaamheid (2, de inschatting van de chauffeur van de eigen staat waarin hij verkeert)) (Fuller, 2005, 2008). Fuller gaat er dus vanuit dat de chauffeur een inschatting maakt van de taakeisen die de verkeerssituatie aan de chauffeur oplegt en dat hij ook een inschatting maakt van de eigen bekwaamheid op dat moment.

De taakzwaarte vormt niet de enige input voor de vergelijkingsrichter (4).

De bandbreedte van de voor de chauffeur acceptabele taakzwaarte (5) is ook input voor de vergelijkingsrichter. Deze bandbreedte geeft aan welke discrepantie tussen taakeisen en taakbekwaamheid volgens de chauffeur nog een voldoende laag risiconiveau tot gevolg heeft. De output van de vergelijkingsrichter zijn de beslissingen en de handelingen (6) die, indien de taakzwaarte de norm heeft overschreden, tot doel hebben de taakzwaarte te verlagen door bijvoorbeeld met een lagere snelheid te gaan rijden (7). Hierdoor verandert de verkeerssituatie, en daarmee de waargenomen taakeisen etc. (Davidse, Vlakveld, Doumen, & de Craen, 2010).

Voor de huidige studie is dit model interessant omdat het duidelijk een link legt tussen de taakeisen uit de omgeving en de bekwaamheid van de chauffeur. De chauffeur heeft hier modellen van gevormd en die worden op elkaar afgestemd. Voor de situatie waarin een vrachtautochauffeur rechtsaf slaat binnen de bebouwde kom zijn de taakeisen erg hoog. Deze hoogte is echter nauwelijks te beïnvloeden door de vrachtautochauffeur. Daarbij kan het hebben van een door de werkgever opgelegd doel (om een klant op tijd te bereiken) de bandbreedte van de voor de vrachtautochauffeur aanvaardbare

taakzwarte beïnvloeden waardoor de vrachtautochauffeur meer risico neemt dan hij onder andere omstandigheden zou accepteren.



Figuur 3 Het taakzwarte homeostasemodel van Fuller (Davidse, et al., 2010).

2.5.2 Driver workload management model Wierwille en collega's (1992)

Het model van Wierwille beschrijft de manier waarop vrachtautochauffeurs omgaan met de taakbelasting. Het model is schematisch weergegeven in figuur 4.

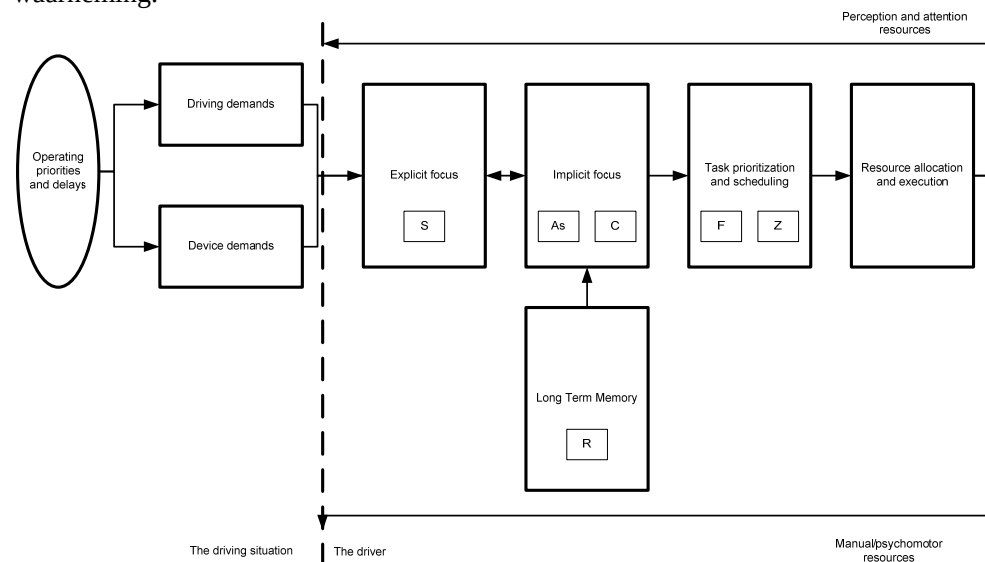
De waarneming van de chauffeur is gebaseerd op het begrip van de situatie, de acties worden geprioriteerd en gepland op basis van de doelstellingen die de vrachtautochauffeur heeft. Het mentale model – het beeld dat de vrachtautochauffeur heeft van de verkeerssituatie – bepaalt de waarneming via een top-down proces. Daarbij heeft sensorische informatie bottom-up invloed op het mentale model. De expliciete focus in het model is de waarneming van de situatie. De impliciete focus is het gedeelte van het langetermijn geheugen (LTM) dat geactiveerd is door de expliciete focus. Hier vindt de vorming van het mentale model van de situatie plaats.

Vanuit de impliciete focus wordt de taak gepland en uitgevoerd. De verschillende componenten van het model worden beïnvloed door enkele biases en heuristieken die door mensen gebruikt worden om snel informatie te kunnen verwerken.

- De salience bias (S), de cues die in het oog springen vallen het meeste op en zullen ook eerder aandacht krijgen.
- De as-if bias (As), waarin mensen doorgaan alsof de situatie is zoals hij lijkt te zijn.
- De confirmation bias (C), mensen zoeken informatie die hun verwachtingen bevestigen.
- De representativeness heuristiek (R), mensen proberen een situatie te begrijpen door het te vergelijken met een vergelijkbare (representatieve) gebeurtenis uit het episodisch geheugen.

- Het framing probleem (F), als mensen moeten kiezen tussen twee alternatieven, met een verschillend risico van verlies of winst, dan hebben ze moeite deze afwegingen te maken.
- Het Zeigamik effect (Z), als mensen onderbroken worden voordat ze een taak hebben afgemaakt, dan zijn ze sterk gemotiveerd om het alsnog af te maken.

Het meest interessante gegeven van dit model voor het huidige project bestaat uit het idee dat de eigen doelstellingen en de informatie uit het LTM invloed hebben op de waarneming.



Figuur 4 Het driver workload management model van Wierwille en collega's (1992).

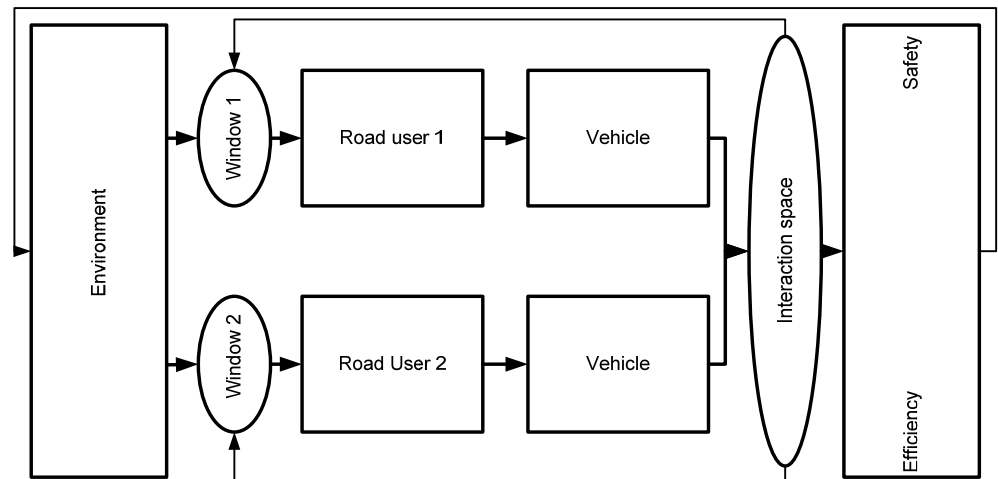
2.5.3 Het informatieverwerkingsmodel van Houtenbos (2008)

Het informatieverwerkingsmodel van Houtenbos gaat dieper in op de informatieverwerking dan het model van Wierwille. Daarbij wordt er ook aandacht besteed aan de interactie tussen meerdere weggebruikers.

Het model bestaat uit twee delen. Het eerste deel betreft de interactie tussen meerdere weggebruikers (zie figuur 5). De weggebruikers zien de omgeving door de ruiten van hun voertuig. Dit is van belang omdat ze hierdoor maar een beperkt gedeelte van de situatie zien en dat het zicht van verschillende weggebruikers anders is.

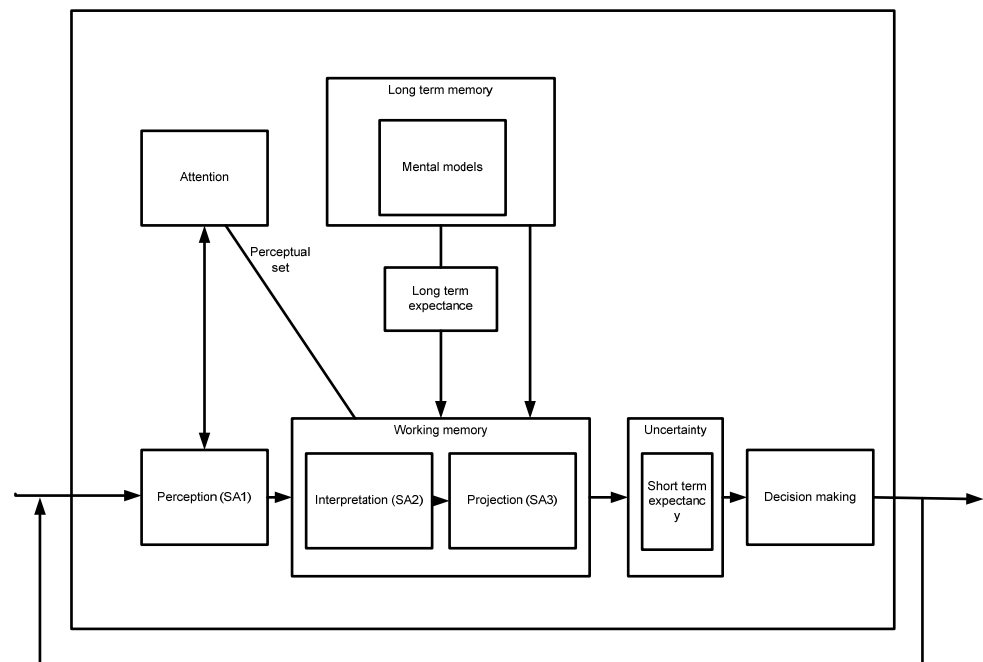
De weggebruikers reageren op deze informatie door hun voertuig te besturen.

Dit resulteert in een interactie ruimte tussen deze weggebruikers. Het resultaat van deze interactie heeft invloed op zowel de veiligheid als de efficiëntie van het verkeersgedrag.



Figuur 5 Deel 1 van het informatieverwerkingsmodel van Houtenbos (2008), interactie tussen meerdere weggebruikers.

Het tweede deel beschrijft per weggebruiker een model van de informatieverwerking (zie figuur 6). Dit is de invulling van de module 'Road user' van het eerste model. De omgeving wordt waargenomen. Deze waarneming wordt beïnvloed door de aandacht, maar kan de aandacht ook richten. De informatie wordt verwerkt in het werkgeheugen. Hier wordt de situatie geïnterpreteerd op basis van de waarneming en verwachtingen die vanuit het LTM opgeroepen worden. Door het matchen van de perceptuele input met de kennis van het geheugen, kunnen verwachtingen over de situatie gevormd worden en beslissingen genomen worden over de acties die ondernomen moeten worden.



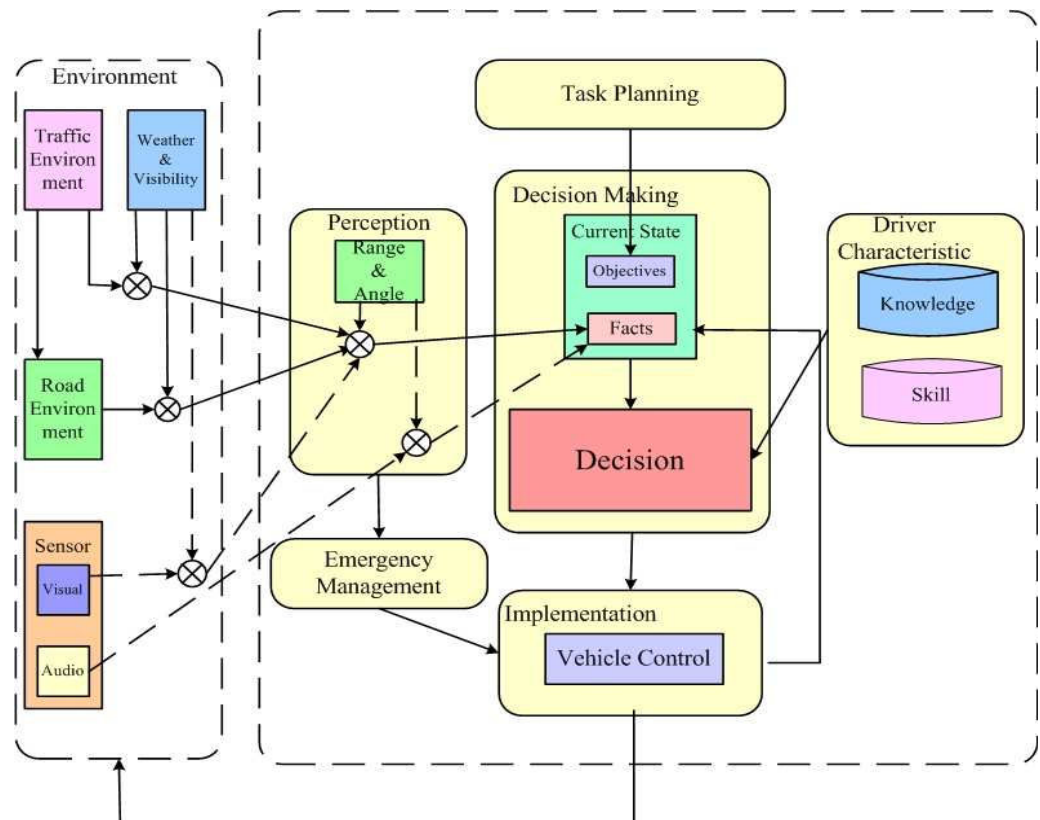
Figuur 6 Deel 2 van het informatieverwerkingsmodel van Houtenbos (2008), de informatieverwerking van één weggebruiker.

2.5.4 Human driver model van Liu en Özgüner (2007)

Het model van Lui en Özgüner heeft betrekking op de informatieverwerking van chauffeurs op kruispunten. In dit model wordt ook uitgegaan van een omgeving waarop gereageerd moet worden door de chauffeur (zie figuur 7).

Het model lijkt veel op het hiervoor beschreven model van Houtenbos. De verschillen zijn onder andere in de uitwerking van de omgeving te vinden (die is in dit model opgedeeld in meerdere componenten), in het samenvoegen van het interpreteren en in het maken van beslissingen in één belangrijke module (Decision making), in het toevoegen van de 'Driver characteristics' van de chauffeur en in een aparte 'loop' voor noodhandelingen ('Emergency management').

Dit model biedt enkele aanknopingspunten voor de modelvorming van dit project. Met name de toevoeging van de 'Driver characteristics' geeft aanknopingspunten om bijvoorbeeld de taakbekwaamheid van Fuller in het model te betrekken. Het LTM van Houtenbos kan ook in deze module geplaatst worden.



Figuur 7 Het human driver model van Liu en Özgüner (2007).

2.6 Invloeden op de taakbelasting en de informatieverwerking van vrachtautochauffeurs

In de voorgaande paragraaf is een aantal modellen benoemd. Naast deze modellen worden er in de literatuur een aantal zaken genoemd die verband houden met de informatieverwerking en taakbelasting van vrachtautochauffeurs en chauffeurs in het algemeen.

Een interessante vraag is bijvoorbeeld waardoor het komt dat een chauffeur een andere verkeersdeelnemer over het hoofd ziet. Hancock en collega's (1990) geven hiervoor twee mogelijke redenen. Er kan sprake zijn van 'structural inference', dit wil zeggen dat het zicht op de andere weggebruiker geblokkeerd is of dat de chauffeur gewoonweg een andere kant op keek. Een tweede reden kan zijn dat er sprake is van 'resource competition', dit heeft meer te maken met een beperkte informatieverwerkingscapaciteit, waardoor niet alle visuele informatie die de chauffeur binnen krijgt, ook daadwerkelijk verwerkt wordt. In het onderzoek van Hancock en collega's komt naar voren dat tijdens het rijden een extra taak minder snel wordt uitgevoerd als er afgeslagen wordt door de chauffeur dan wanneer hij rechtdoor rijdt. De complexiteit van de verkeerssituatie heeft dus invloed op de hoeveelheid resources dat besteed wordt en dus op de werklast van de rijtaak.

Taakbelasting is het effect dat de taakeisen hebben op de informatieverwerkingscapaciteit van een persoon. De Waard (1996) beschrijft een model waarin door een toename van de taakeisen de taakbelasting eerst afneemt (van onderbelasting naar normale belasting) en vervolgens weer toeneemt (van normale belasting naar overbelasting).

En dat de prestatie eerst toeneemt naarmate de taakeisen toenemen, vervolgens een vlak optimum heeft en af neemt als de taakbelasting weer toeneemt, zoals beschreven als de 'Inverted-U' van Yerkes & Dodson en Hebb (De Waard, 1996).

Volgens Miura (1985) heeft een hoge taakbelasting het gevolg dat de reactietijd omhoog gaat en dat het UFOV (Useful field of view) verkleind wordt. Dit betekent dat als de taakbelasting hoger wordt, de stimuli in het perifere gezichtsveld niet verwerkt zullen worden, en de aandacht dus meer ligt bij de stimuli die op het centrale gedeelte van het netvlies vallen. Er wordt zelfs gesuggereerd dat het UFOV actief wordt verkleind om de centrale informatie effectiever te kunnen verwerken (Miura, 1990). Er zullen dus ook meer oogbewegingen gemaakt worden om voldoende stimuli waar te nemen. De vraag is of dit een grote invloed heeft op de waarneming van fietsers rechts naast de vrachtauto door de vrachtautochauffeurs. Deze informatie verkrijgen ze indirect door in de spiegels te kijken. Hierdoor zijn er al meer oog en hoofdbewegingen nodig om de verkeerssituatie te overzien. We zullen dus voorzichtig moeten zijn met het vertalen van dergelijke effecten van de chauffeur van een personenauto naar een vrachtautochauffeur.

Wierwille (1992) beschrijft onder andere dat de vrachtautochauffeurs vaak onder invloed van stress rijden om zich aan een gepland schema te houden. Vrachtautochauffeurs dienen vaak binnen bepaalde venstertijden de goederen af te leveren. Als ze buiten deze tijden op een afleveradres komen, heeft dat vaak grote gevolgen: mensen zijn er niet meer om hen te helpen met het uitladen van de vrachtauto, andere vrachtauto's die komen lossen, etc. hierdoor staan de vrachtautochauffeurs vaak onder grote druk tijdens het rijden. Deze stress verhoogt de taakeisen doordat de vrachtautochauffeur sneller gaat rijden en bijvoorbeeld minder tijd neemt om zorgvuldig te kijken voordat hij afslaat. Daarbij kan het zijn dat hij afgeleid wordt door andere zaken zoals communicatie over de vertraging.

Uit deze gegevens blijkt dat de informatieverwerking afhangt van de taakbelasting en daarmee ook van de taakeisen die de verkeerssituatie oproepen. De taakeisen worden niet alleen bepaald door de complexiteit van de verkeerssituatie, maar ook door de keuze die de vrachtautochauffeur maakt ten opzichte van bijvoorbeeld de rijsnelheid.

2.7 Conclusies

De dodehoek is voor deze studie gedefinieerd als het gebied voor en naast de vrachtauto waar kwetsbare verkeersdeelnemers gevaar lopen om door een vrachtauto te worden aangereden. Er is gebleken dat dit gevaar voor fietsers onder drie verschillende omstandigheden kan ontstaan: de klassieke dodehoeksituatie (waarbij een vrachtauto rechtsaf wil slaan en de fietser op dezelfde weg rechtdoor wil rijden, Situatie A), de situatie waarbij een vrachtauto een voorrangsweg met vrijliggend fietspad wil kruisen (Situatie C) en de rotonde (waarop situaties A en B voor kunnen komen, Situatie C). Dit rapport richt zich met name op de klassieke dodehoeksituatie.

In Nederland zijn in de jaren 2005 tot 2009 gemiddeld 12 dodehoekongevallen plaatsgevonden waarbij een fietser is overleden. Deze getallen zijn echter lastig met andere landen te vergelijken. Wel heeft de dodehoekproblematiek in behoorlijk veel landen de aandacht en worden dus ook ongevalstatistieken bijgehouden.

In dit hoofdstuk is de taak van de chauffeur besproken aan de hand van documenten voor de rijopleiding voor chauffeurs van personenauto's en vrachtauto's. Voor de

vrachtautochauffeurs is er weinig aandacht besteed aan het kijkgedrag bij het afslaan. Daarbij komt dat deze documenten aangeven wat een beginnende vrachtautochauffeur aangeleerd krijgt, en niet hoe een vrachtautochauffeur daadwerkelijk rijdt. Er is weinig onderzoek gedaan naar het kijkgedrag van de vrachtautochauffeur tijdens het rechts afslaan.

Ook zijn in dit hoofdstuk een aantal modellen besproken die de informatieverwerking en taakbelasting van chauffeurs weergeven. Echter, geen van deze modellen lijkt bruikbaar voor het doel van het huidige onderzoek: een conceptueel model dat inzicht kan verschaffen in de factoren die een rol (kunnen) spelen bij een dode hoek situatie. Dat neemt niet weg dat zowel taakbeschrijving als model de basis vormen voor de verdere uitwerking van een conceptueel model in hoofdstuk 3. Uit de verschillende modellen zijn elementen samengebracht die van toepassing zijn bij de te nemen acties van verkeersdeelnemers. Uit onderzoek naar de taakbelasting van vrachtautochauffeurs blijkt dat bij het rechts afslaan de taakbelasting van de vrachtautochauffeur dermate hoog is dat de kans toeneemt dat hij niet altijd elke fietser correct waarneemt.

3 Conceptueel model ‘Omgeving Weggebruikers Interactie’ (OWI)

In dit hoofdstuk wordt het conceptuele model gepresenteerd van factoren die invloed hebben op het uitvoeren van acties van verkeersdeelnemers welke leiden tot interacties tussen verschillende verkeersdeelnemers (zie figuur 8).

Dit ‘Omgeving Weggebruikers Interactie’ (OWI) model is ontwikkeld op basis van het voorgaande literatuuronderzoek, waarin een aantal bestaande modellen zijn beschreven met betrekking tot informatieverwerking en taakbelasting van vrachtautochauffeurs (zie hoofdstuk 2). Geen van de modellen was echter toereikend om te dienen als actie/interactiemodel in dode hoek situaties. Uit het model van Fuller (2008) zijn elementen overgenomen met betrekking tot voertuigkarakteristieken, taakzwaarte en de invloed op beslissing en respons. Net als het model van Liu en Özgüner (2007), die ook de omgeving en chauffeurs karakteristieken meenemen, is het model gericht op één verkeersdeelnemer en gaat het niet over de interactie tussen verkeersdeelnemers. Het model van Houtenbos (2008) benadrukt juist wel weer deze interactie, maar gaat niet in op zaken als werklast, fysieke toestand en de normatieve taak. Uit de verschillende modellen zijn dus de relevante elementen gehaald die van betrekking hebben op de acties van verkeersdeelnemers, zoals de omgeving, de taakeisen die hieruit voortvloeien, de werklast van een chauffeur en de capaciteiten en vaardigheden van de chauffeur.

Hoewel het OWI model niet beperkt is tot één specifieke (dode hoek-) manoeuvre, verschaft het inzicht in alle factoren die een rol spelen bij een dode hoek situatie. Het model is algemener opgesteld omdat deze factoren niet uniek zijn voor alleen de dode hoek situatie. Het model laat het zien hoe interacties tussen verkeersdeelnemers invloed hebben op bepaalde taakeisen. Uiteindelijk zal op basis van dit model en de specifieke taakanalyse van dode hoek situaties (zie hoofdstuk 4) worden bepaald of en op welke wijze ondersteuning of sturing van de vrachtautochauffeur of fietser zinvol kan zijn in dode hoek situaties (hoofdstuk 6). In de volgende paragrafen zullen de verschillende componenten van het conceptuele model worden beschreven en toegelicht. Mogelijke fouten die optreden in dode hoek situaties worden weergegeven bij de relevante onderdelen van het model in de laatste paragraaf.

rechtsaf slaan). Met andere woorden : wat vereist een bepaalde situatie/ manoeuvre van een verkeersdeelnemer, rekening houdend met de omgeving en voertuigkarakteristieken.

De normatieve taak beschrijft de handelingen die een verkeersdeelnemer zou moeten uitvoeren gegeven de specifieke verkeerssituatie en dus niet de handelingen die uitgevoerd worden. In Hoofdstuk 4 wordt de specifieke normatieve taakanalyse beschreven van een rechtsafslaande vrachtauto en een rechtdoorgaande fietser, voor zowel de vrachtautochauffeur als de fietser. Deze normatieve taak bestaat uit regels die de bestuurder zou moeten kennen. Deze regels zitten ‘deels’ als scripts in het lange termijn mentale modellen van de weggebruiker.

3.3 Voertuigkarakteristieken

Aangezien auto- en vrachtautochauffeurs de omgeving vanuit hun voertuig zien, is maar een beperkt deel van de omgeving zichtbaar. Voertuigen zijn met hulpmiddelen uitgerust om moeilijk zichtbare gebieden rondom het voertuig in zicht te brengen (zoals binnen- en buitenspiegels). Tegelijkertijd leveren spiegels ook weer zichtbeperkingen op: het is niet mogelijk om door een spiegel heen te kijken naar wat erachter verscholen zit. Hoewel sommige vrachtauto's ook nog eens uitgerust zijn met extra spiegels blijven er toch gebieden rondom een vrachtauto die niet of moeilijk zichtbaar zijn. Wat zichtbaar is voor een bestuurder verschilt voor verschillende weggebruikers, afhankelijk van het type voertuig en ontwerp. Dit kan effect hebben op de efficiëntie en/of veiligheid van de interacties tussen weggebruikers (Houtenbos, 2008).

Voertuigkarakteristieken hebben niet alleen invloed op het zicht op de omgeving, ze bepalen ook het ‘gedrag’ van een voertuig. Een vrachtauto komt trager op gang, heeft een langere remweg en een grotere draaicirkel dan een auto, wat bijvoorbeeld invloed heeft op de manier waarop een vrachtauto een bocht veilig dient te nemen. In het model zijn voertuigkarakteristieken opgenomen om aan te geven dat ze mede bepalend zijn voor het zicht op de omgeving en op het handelen van de bestuurder, op de scripts die voor een specifieke verkeerssituatie worden geactiveerd.

3.4 Waarneming en aandacht

De meeste handelingen die uitgevoerd worden door weggebruikers worden visueel gestuurd. Vandaar dat waarneming en aandacht in het OWI model een centrale rol vervult. De vrachtautochauffeur neemt de omgeving vooral visueel waar en selecteert bepaalde informatie voor het uitvoeren van acties. Dit selecteren van informatie gebeurt door aandacht (zie van der Heijden, 1992). Zowel de aandacht als de ogen van een weggebruiker kunnen maar op één plaats tegelijkertijd gefocused zijn, terwijl het totale te bestrijken blikveld veel groter is.

Wat de weggebruiker waarneemt van de omgeving wordt mede bepaald door de omgeving in combinatie met de voertuigkarakteristieken (bijvoorbeeld: is de relevante informatie makkelijk te vinden of is het een complexe situatie) en ervaring (bijvoorbeeld: is de weggebruiker bekend met de situatie en weet hij/zij waar de relevante informatie zoals borden te vinden is).

Afleiding speelt uiteraard ook een rol in wat een weggebruiker waarneemt (is de weggebruiker alleen bezig met de rijtaak of ook met andere zaken zoals bellen, praten met vrienden op de fiets, luisteren naar de radio enzovoort).

Aandacht (en als gevolg waar de focus op gericht is), wordt mede door de externe omgeving bepaald. Enerzijds kan de 'aandacht getrokken worden', bijvoorbeeld door een plotselinge verandering in het perifere visuele veld of door iets wat heel opvallend is, anderzijds kan die intern door de weggebruiker 'gestuurd' worden, bijvoorbeeld door ervaring of verwachtingen (zie bijv. Wierwille et al., 1992).

3.5 Eigenschappen weggebruiker

Aandacht en waarneming worden gestuurd door zowel de omgeving als door de weggebruiker zelf. De eigenschappen van de weggebruiker bepalen dus voor een belangrijk deel wat van de omgeving wordt waargenomen, hoe deze wordt geïnterpreteerd en hoe er gehandeld wordt door de weggebruiker.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen 'stabiele' eigenschappen die niet erg snel veranderen over tijd gezien en tijdelijke eigenschappen die sneller kunnen veranderen over tijd.³ Min of meer stabiele eigenschappen van weggebruikers zijn: houding/overtuiging, kennis, vaardigheden en lange termijn mentale modellen. Deze mentale modellen worden ook wel 'scripts' genoemd en zijn gebaseerd op ervaringen met eerdere verkeerssituaties en hoe te handelen in dergelijke situaties (Takemoto, Kosaka, Noda, Nishitani, Uechi & Sasaki, 2007). De houding/overtuiging van de weggebruiker (bijvoorbeeld, 'fietsers moeten altijd stoppen') en kennis (bijvoorbeeld, van verkeersregels) kunnen van invloed zijn op interpretaties van de situatie.

De tijdelijke eigenschappen van een weggebruiker zoals vermoeidheid, onder invloed staan van middelen, of hoge werkdruk veranderen redelijk snel (vermoeidheid zal bijvoorbeeld variëren over de dag). De stabiele en de tijdelijke eigenschappen beïnvloeden de werklast die een weggebruiker in een bepaalde situatie ervaart.

3.6 Werklast

De ervaren werklast heeft invloed op de taakprestatie van de weggebruiker. In het algemeen wordt aangenomen dat er een optimum aan ervaren werklast is waaronder een weggebruiker optimaal kan presteren (zie de Waard, 1996).

De mate van werklast van een taak wordt bepaald door de volgende factoren:

- *De omgeving.* Een bepaalde manoeuvre in de een drukke omgeving (stedelijk met veel ander verkeer) leidt tot een hogere werklast dan dezelfde manoeuvre in een rustigere omgeving.
- *De normatieve taak.* Wat vereist een situatie van een chauffeur om een taak correct en veilig uit te voeren? De normatieve taak zoals in hoofdstuk 5 wordt gepresenteerd maakt een onderscheid in perceptuele, cognitieve en motorische elementen van de subtaken en is een uitbreiding van de taakanalyse van Richard, Campbell, and Brown, (2006). Normatief wil zeggen dat het gaat om het *gewenste* gedrag is.
- *Secundaire taken.* Secundaire taken zijn taken die niet direct aan de rijtaak zijn gerelateerd (bijv., bellen of een radiozender zoeken tijdens het rijden). Door het uitvoeren van een secundaire taak kan de werklast van de bestuurder toenemen.

³ Deze 'stabiele' eigenschappen dienen zich wel te ontwikkelen over tijd en zullen voor jongere of onervaren weggebruikers niet zo stabiel zijn als voor oudere of ervaren weggebruikers. De opbouw van eerdere ervaringen, kennis en overtuigingen wordt niet weergegeven in dit model.

- Maar ook systemen gerelateerd aan de rijtaak (bijvoorbeeld invoertuigsystemen) kunnen aandacht vragen van een chauffeur en dus zorgen voor een hogere werklast.
- *Stabiele weggebruikereigenschappen.* Algemene rijervaring en ervaring met bepaalde situaties zorgen ervoor dat specifieke handelingen routinematig kunnen worden uitgevoerd, waardoor deze handelingen minder werklast vergen. De werklast wordt ook beïnvloed indien de subjectief ervaren taakbekwaamheid niet voldoende worden geacht voor de taakeisen (Fuller, 2008).
 - *Tijdelijke weggebruikereigenschappen.* Ook variabele eigenschappen zoals vermoeidheid en stress hebben invloed op de ervaren werklast. Stress veroorzaakt door tijdsdruk kan bijvoorbeeld leiden tot een verminderde informatieverwerkingscapaciteit (Ozel, 2001).

3.7 Wereldbeeld en interpretatie

Door waarneming vormt de chauffeur een beeld van een situatie in een bepaalde context. De context wordt mede bepaald door fysieke grenzen (zoals een dode hoek, spiegels etc.). Het opgebouwde beeld wordt ook wel een korte termijn mentaal model van de omgeving genoemd. Dit betekent dat de chauffeur een mentale voorstelling heeft gevormd van de wereld om zich heen op een specifiek moment. Het wereldbeeld is dus een weergave van de omgeving en de subjectieve interpretatie hiervan. Het stelt de chauffeur in staat een voorspelling te maken van de nabije toekomst. Het opgebouwde wereldbeeld dient regelmatig gecontroleerd en aangevuld te worden totdat een aanvaardbaar niveau van informatiezekerheid bij de chauffeur is bereikt en deze een beslissing neemt en overgaat tot actie.

Door verschillende processen en factoren kan een incorrect wereldbeeld worden opgebouwd, incorrect in de zin dat het niet overeenkomt met de 'fysieke' wereld. Een chauffeur kan bijvoorbeeld een fietser missen doordat deze in de dode hoek zit, of de werklast kan te hoog zijn waardoor zichtbare informatie gemist wordt.

3.8 Scenario evaluatie, beslissing en actie

Op basis van het wereldbeeld dat een chauffeur heeft gevormd van de situatie en de daarbij behorende voorspelling van de nabije toekomst, neemt de chauffeur een beslissing over de uit te voeren actie. Die voorspelling van de nabije toekomst bestaat uit meerdere scenario's met elk een eigen waarschijnlijkheid en gevolg: de andere weggebruikers kunnen opeens autonoom beslissingen nemen die grote invloed hebben op het risico van het ontstaan van een ongeval.

De onderlinge afweging van die scenario's met de bijbehorende risico's leiden tot de beslissing om een actie te nemen. Voor een chauffeur kan deze actie bijvoorbeeld zijn om rechtsaf te slaan maar ook om dat uit te stellen. Deze afweging van scenario's en de daaropvolgende beslissing wordt beïnvloed door de karakteristieken van de chauffeur (bijvoorbeeld is hij vermoeid, ongeduldig, ervaring in soortgelijke situaties etc.).

De actie als gevolg van de beslissing komen voor andere verkeersdeelnemers tot uiting in de omgeving als waarneembare variabelen: het voertuig verandert van positie, koers, of snelheid, knipperlichten gaan aan of uit. Zo kan door een bepaalde handeling van de ene weggebruiker de waargenomen omgeving voor een andere weggebruiker veranderen.

3.9 Mogelijke fouten in een dode hoek situatie.

Bij het nadenken over mogelijke fouten die optreden in dode hoek situaties, is het inzichtelijk om uit te gaan van de fouten indeling van Reason (1990), besproken in “Door met Duurzaam Veilig” (Wegman & Aarts, 2005). Deze indeling gaat ervan uit dat er op de drie niveaus van taakuitvoering fouten kunnen ontstaan:

Niveau van taakuitvoering	Type fout
Automatisch gedrag	Uitglijdens (slips) Vergeetachtigheden (lapses)
Regelgestuurd gedrag	Regelgestuurde vergissingen (rule-based mistakes)
Beredeneerd gedrag	Vergissingen op basis van beredeneerd gedrag (knowledge-based mistakes)

Mogelijke fouten die aanleiding zouden kunnen zijn voor een dodehoek ongeval zijn:

- Niet gekeken doordat men afgeleid is van de rijtaak (bijvoorbeeld door telefoon). In het model komt dit naar voren in een verhoogde werklust. Signalering zou mogelijk kunnen helpen om de aandacht van de chauffeur weg te halen bij de telefoon en te richten op benodigde acties om een ongeval te voorkomen.
- Bezigt met een ander deel van de rijtaak (bijvoorbeeld tegemoetkomende auto's). Doordat chauffeurs maar naar een plek tegelijk kunnen kijken kan relevante informatie gemist worden in een dode hoek situatie. Ook hier zou signalering mogelijk kunnen helpen om de aandacht van de chauffeur te richten op benodigde acties om een ongeval te voorkomen. In dit geval is de taak voor de vrachtautochauffeur te veelomvattend.
- Looked but failed to see (rule-based mistake). Hier worden de ogen wel gericht op de omgeving, maar leidt dat niet tot een verandering in het opgebouwde wereldbeeld. Het is niet bekend of signalering zorgt dat er wel wordt waargenomen waarnaar men kijkt. Binnen het OWI-model is er een waarneming/aandacht fout gemaakt.
- Op het verkeerde pedaal getrapt (uitglijder). Dit is een fout in het laatste actie onderdeel. De beslissing is juist genomen (op rem trappen), maar wordt verkeerd uitgevoerd. Detectie en signalering kan hier de fout niet voorkomen. Omdat een dergelijk scenario zich snel ontwikkelt tot een ernstig gevaar zou automatisch ingrijpen mogelijk nog een ongeval kunnen voorkomen.
- Slecht zicht door weersomstandigheden. De omgeving is in deze dus de beperkende factor. Detectiesystemen die niet worden beïnvloed door weersomstandigheden zouden mogelijk deze fout kunnen helpen voorkomen.
- Slecht zicht door vieze ruiten/spiegels. Dit valt onder voertuigkarakteristieken.
- Technisch defect aan het voertuig. Hier wordt een actie ingezet door de chauffeur maar niet correct uitgevoerd door het voertuig. Detectie en signalering kan hier de fout niet voorkomen.
- Foute interpretatie van signalen fietser en vrachtautochauffeur (knowledge-based mistake). Deze fout doet zich voor bij het vormen van het wereldbeeld en de interpretatie daarvan door de chauffeur. Signalering aan de chauffeur kan helpen om een meer accuraat wereldbeeld op te bouwen en daarom deze fout mogelijk te voorkomen. Het kan ook zijn dat het wereldbeeld verkeerd geïnterpreteerd is waardoor er een verkeerde beslissing wordt gemaakt.
- Bewuste overtreding vrachtautochauffeur. Dit is een beslissing die gemaakt wordt door de chauffeur om een bepaalde actie te nemen. Alleen automatisch ingrijpen zou hier de fout nog kunnen voorkomen.

- De fietser zag niet dat de vrachtauto naar rechts wilde afslaan. Het kan zijn dat de fietser het fysiek niet heeft kunnen zien (omgeving) of dat er een probleem was op het gebied van waarneming/aandacht. Duidelijke signalering richting de fietser kan deze fout mogelijk voorkomen.
- Bewust door rood rijden fietser (VRI is net op rood gesprongen, bewuste overtreding), de vrachtautochauffeur denkt dat het stoplicht van de fietsers op rood staat en neemt aan dat hij rechtsaf kan slaan (rule-based mistake). Dit is een verkeerde interpretatie of wereldbeeld van de chauffeur. Ook hier kan detectie en signalering helpen om een meer accuraat wereldbeeld op te bouwen, waarin wordt meegenomen dat de fietser door rood rijdt. De fietser heeft in dit geval een verkeerde beslissing genomen.

3.10 Conclusies en toepasbaarheid model

Het bovenbeschreven Omgeving Weggebruikers Interactie model beschrijft de factoren die een rol (kunnen) spelen in het verkeer. Centraal daarbij staat de aandacht die een weggebruiker geeft aan de situatie op de weg en het subjectieve wereldbeeld dat hij op basis daarvan opbouwt van deze situatie. Op basis van dit wereldbeeld worden beslissingen genomen.

Het algemene model is goed toepasbaar voor het beoordelen van dode hoek detectie en signaleringssystemen (DDSS) omdat het inzicht geeft in de rol van een systeem in dit proces. Op een kwalitatieve manier kunnen hierdoor de mogelijke effecten worden beredeneerd.

- Door het toevoegen van spiegels en camera's worden de voertuig karakteristieken veranderd, waardoor het zicht op de omgeving wordt verbeterd. Een verbeterd zicht kan door meer en betere informatie leiden tot een verbeterd wereldbeeld. Uit het model is echter ook af te leiden dat een chauffeur niet overal tegelijk aandacht voor kan hebben en dat de beschikbare aandacht beperkt is. Meer spiegels en camera's geven dus weliswaar de mogelijkheid meer waar te nemen, maar het is dus maar de vraag of deze extra informatie ook daadwerkelijk en tijdig kan worden waargenomen omdat ook aan andere zaken dan de spiegels en camera's aandacht moet worden gegeven.
- Voorlichting over het belang van een goede afstelling van de spiegels en het belang van een onbelemmerd uitzicht door de voorruit kan de voertuig karakteristieken ook veranderen. Dit kan onderdeel zijn van een safety culture van bedrijven.
- Door het detecteren en signaleren van verkeersdeelnemers in de dode hoek kan de aandacht van een chauffeur specifiek hier naartoe getrokken worden.
- Teveel aandachtstrekkende signalen zullen echter de werklast ook verhogen. Belangrijk hierbij is dat signalering geloofwaardig is (aan veel te veel signalen zal geen aandacht meer besteed worden) en dat de signalering snel en makkelijk te interpreteren is (intuïtief). Signalen die geen cognitieve verwerking nodig hebben werken het snelst en het meest betrouwbaar. Omdat het grootste deel van de werklast visueel binnenkomt is signalering via geluid en/of haptische feedback aan te raden.
- Ook de andere weggebruiker(s) kunnen worden gesignaleerd waardoor hun aandacht gericht wordt op een mogelijk gevaarlijke situatie door bijvoorbeeld alerts buiten de vrachtauto naar de fietser.
- Een gevaarlijke situatie ontwikkelt zich in de tijd. Zolang er in de verkeerssituatie nog tijd is om door middel van signaleren de chauffeur een meer accuraat wereldbeeld te laten vormen en daardoor een juiste actie te laten uitvoeren

(remmen), kan wellicht worden volstaan met alleen het signaleren aan de chauffeur. Het is echter ook mogelijk om dit aandachts- en beslisproces van de chauffeur over te slaan een systeem direct te laten ingrijpen. Signaleren versus ingrijpen kan dus een kwestie van ontwikkeling van het scenario in de tijd zijn.

- Detectie van een potentieel gevaarlijke situatie kan in principe ook op het kruispunt zelf (de omgeving) of bij de andere weggebruikers (fiets) gebeuren.

Praktijkexpert geven aan dat chauffeurs die weinig aan bewuste scenario-evaluatie doen (dus het checken of het eigen opgebouwde wereldbeeld juist is) meer brokken maken. In het OWI model kan dit worden bevestigd en verklaard doordat een belangrijke stap voor het uitvoeren van een actie bij deze chauffeurs ontbreekt.

Het feit dat ondanks een groot zichtveld door verplichte spiegels toch nog dode hoek ongevallen plaatsvinden wordt in het model verklaard doordat een chauffeur niet overal tegelijk zijn aandacht aan kan geven. Zeker niet wanneer de werklast ook nog eens verhoogd is door andere taken die tegelijkertijd worden uitgevoerd.

De hoeveelheid informatie die een chauffeur moet verwerken in een dode hoek situatie is gewoon te groot als je alles zou meenemen. Een chauffeur selecteert daarom op basis van training en ervaring waar hij op let.

De beperking van het model is dat het geen kwantitatieve voorspellingen kan doen. Voor een meer kwantitatieve uitwerking worden op dit moment de volgende stappen ondernomen:

- 1 Het beoordelen van de geloofwaardigheids grens van detectie en signalering. Afhankelijk van de situatie is er een evenwicht tussen het aantal fout-positieve signalen (er wordt gewaarschuwd, maar er is niets aan de hand) en het aantal fout-negatieve signalen (er wordt niet gewaarschuwd, terwijl er wel een gevaarlijke situatie is). Het is bekend dat acceptatie en daarmee het gebruik van detectie en signalerings systemen sterk afhangt van de hoeveelheid en frequentie van deze fout-positieve en fout-negatieve signalen.
- 2 Door middel van simulaties wordt berekend wat de minimale tijd en afstand is waarop gewaarschuwd moet worden om een mogelijk ongeval te voorkomen. Deze simulaties gaan uit van een bepaalde benodigde reactietijd van de chauffeur, een bepaalde remactie die daarop volgt en de benodigde remweg. Hierdoor wordt duidelijk wat de zogenaamde “operational envelope” is van een DDSS: de beschikbare tijd om betrouwbaar te kunnen signaleren of wellicht direct in te grijpen om een ongeval te kunnen voorkomen.

4 Taakanalyse van vrachtautochauffeur en fietser

De essentie van een taakanalyse is dat een specifieke totale taak wordt opgedeeld in sub-taken (en zo nodig dieper), met daarbij aangegeven in welke volgorde de deeltaken moeten worden uitgevoerd. Hiermee kan bijvoorbeeld inzichtelijk worden gemaakt waar mogelijke knelpunten in informatieverwerking dreigen op te treden (Richard, Campbell & Brown, 2006).

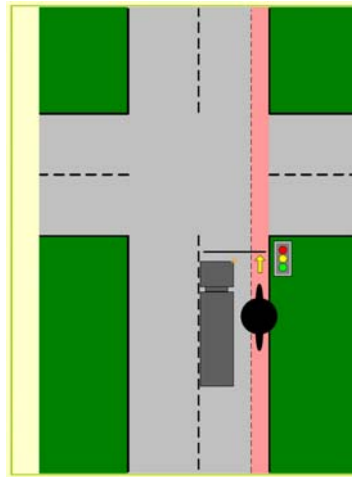
Taakanalyses zijn specifiek voor een gegeven weg- en verkeerssituatie (zie bijvoorbeeld Fastenmeier & Gstalter, 2007): bij het linksafslaan op een kruising horen andere (sub)taken dan bij het passeren van een stilstaande auto op een woonerf. Ook is een taakanalyse specifiek voor een type verkeersdeelnemer: voor een voetganger gelden andere taken dan voor een autochauffeur.

De taakanalyse is normatief van aard. Dat wil zeggen dat wordt vastgelegd wat het *gewenste* gedrag is. Het stelsel van normatieve taakbeschrijvingen vormt een model van de ideale weggebruiker, waarbij in principe nooit een situatie met verhoogd risico op zal treden (Wierda et al., 1989). Wel wordt in er een taakanalyse veelal rekening mee gehouden dat andere verkeersdeelnemers zich niet volgens de norm gedragen.

Hieronder wordt in paragraaf 4.1 ingegaan op de taakanalyse voor een fietser en in paragraaf 4.2 voor een vrachtautochauffeur. De aanpak van Richard et al. (2006) wordt gevolgd. Hierbij ligt de nadruk op de informatieverwerking, met een onderscheid in perceptuele, cognitieve en motorische elementen van de subtaken. In een *scenario* wordt vastgelegd wat de infrastructuur is, welke manoeuvre de beschouwde verkeersdeelnemer daar gaat uitvoeren, en met welke andere verkeersdeelnemers rekening moet worden gehouden. Het scenario wordt onderverdeeld in *segmenten* die achtereenvolgens worden doorlopen: bijvoorbeeld het *naderen* van een kruising, het *afremmen* voor de kruising, het *insturen* van de bocht op de kruising, enzovoort. Ook kunnen voor het scenario nog bepaalde *uitgangspunten* gehanteerd worden. Voor elk van de gedefinieerde segmenten wordt dan de taakanalyse uitgevoerd, met zoals al genoemd een onderscheid in perceptuele, cognitieve en motorische elementen van de subtaken.

4.1 Fietser

Scenario: Rechtdoor op de kruising (bij groen licht, met naar rechts afslaan auto)



Segmenten:

- naderen
- kruising oprijden.

Uitgangspunten:

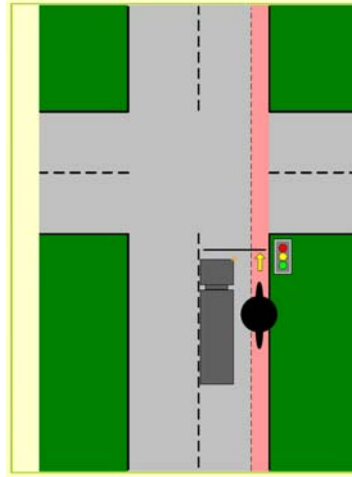
- Verkeerslicht is en blijft groen.
- Fietsstrook (al dan niet vrij liggend).
- Fietser heeft geen voor- of achterligger.
- Er is rechts afslaan verkeer (in plaatje: vrachtauto) op de kruising.

	Taak	Perceptueel	Cognitief	Motorisch	Probleem Dode Hoek
Naderen kruising					
1	veilig in de fietsstrook blijven	naar weg kijken	dwarspositie verifiëren	de benodigde stuurcorercities uitvoeren	-
2	omgeving scannen op mogelijk onveilige situaties	rondkijken voor mogelijke obstakels/gevaren; eventueel ook auditief	Vaststellen of het al dan niet veilig is	hoofd en oogbewegingen	Schat gevaar van vrachtauto te laag in
3	vaart minderen	afstand schatten tot kruispunt	Bepalen of fiets dichtbij genoeg is voor deceleratie	Uitrollen en/of bijremmen	-
4	identificeren eigenschappen kruispunt	rijstrook configuratie, verkeersborden, locatie verkeerslicht, enz <i>Opstelplek fietsers, overzichtelijkheid, locatie fietsers (op weg, apart fietspad, vrij liggen fietspad)</i>	Routine handeling of niet	hoofd- en oogbeweging	-
5	Controleren verkeerslicht	kijken naar verkeerslicht	identificeren status verkeerslicht	hoofd- en oogbeweging	-
6	Bepalen of het verkeerslicht bijna verandert	kijken of er aanwijzingen zijn voor verspringen verkeerslicht	bepalen wat de aanwijzingen aangeven	hoofd- en oogbeweging	-

	Taak	Perceptueel	Cognitief	Motorisch	Probleem Dode Hoek
Kruispunt oprijden					
1	veilig in rijstrook blijven	naar weg kijken	dwarspositie verifiëren	de benodigde stuurcorrecties uitvoeren	-
2	omgeving scannen op mogelijk onveilige situaties	rondkijken voor mogelijke obstakels/gevaren; eventueel ook auditief	Vaststellen of het al dan niet veilig is	hoofd en oogbewegingen	Schat gevaar van vrachtauto te laag in
3	controleren op conflicten met afslaande voertuig	kijken naar koers en snelheid van afslaande voertuig; oogcontact zoeken met chauffeur afslaand voertuig	bepalen of of afstand en snelheid leiden tot een mogelijk conflict met afslaand voertuig; bepalen of je gezien bent door andere chauffeur	hoofd en oogbewegingen	Aannemen dat vrachtautochauffeur rekening met hem/haar zal houden. Voorrang nemen.
4	Controleren verkeerslicht	kijken naar verkeerslicht	identificeren status verkeerslicht	hoofd en oogbewegingen	-
6	Controleren of verkeer door rood gaat	kijken naar verkeersdeelnemers van links en rechts	bepalen of ze gestopt zijn of zullen stoppen	hoofd en oogbewegingen	-

4.2 Vrachtautochauffeur

Scenario: Rechtsaf slaan op de kruising



Segmenten:

- Naderen.
- Deceleratie.
- Kruising oprijden.
- Uitvoeren rechtsaf manoeuvre.

Uitgangspunten:

- Verkeerslicht is en blijft groen.
- Fietsstrook (al dan niet vrij liggend).
- Fietser heeft geen voor- of achterligger.
- Er is rechts afslaan verkeer (in plaatje: vrachtauto) op de kruising.

Voor elk onderdeel worden specifieke doelen gesteld (zoals bepalen dat dit het kruispunt is waar je moet afslaan; besluiten dat het veilig is om af te slaan) en specifieke snelheid karakteristieken. Verdere aannames in deze taakanalyse is dat het voertuig zelf geen ander voertuig volgt maar wel gevolgd wordt, het kruispunt onbekend is, het voertuig al in de goede rijstrook zit en een tegemoet komend voertuig linksaf gaat slaan (dus in dezelfde richting gaat als 'ons' voertuig).

	Taak	Perceptueel	Cognitief	Motorisch	Probleem Dode Hoek
Naderen					
1	veilig in rijstrook blijven	naar weg kijken	is de huidige rijstrook de goede	sturen	-
2	omgeving scannen op mogelijk onveilige situaties	rondkijken voor mogelijke obstakels; eventueel ook auditief	Is het veilig of niet; waar zitten problemen	hoofd en oogbewegingen	Over het hoofd zien van mogelijk gevaarlijke situaties
3	Vaart minderen	afstand schatten tot kruispunt	Bepalen of voertuig dichtbij genoeg is voor deceleratie	Gas los en/of remmen	-
4	identificeren eigenschappen kruispunt	rijstrook configuratie, verkeersborden, locatie stoplicht, <i>Opstelplek fietsers, overzichtelijkheid, locatie fietsers</i>	Routine handeling of niet	Hoofd en oogbeweging	Relevante informatie missen door DH in voorwaartse richting
5	Controleren stoplicht	kijken waar stoplicht op staat	identificeren 'kleur' stoplicht	hoofd en oogbeweging	-
6	Bepalen of het licht veranderd	kijken of er aanwijzingen zijn voor verspringen stoplicht	bepalen wat de aanwijzingen aangeven	hoofd en oogbeweging	-
7	Bepalen of dit het kruispunt is waar moet worden afgeslagen	zoeken naar straatnamen, specifieke kenmerken	identificeren of kruispunten de juiste is, lezen straatnaam	hoofd en oogbeweging	-
	Bepalen hoe bocht genomen moet worden, bepalen van dwars positie op weg	Kijken naar breedte kruisende weg, hoek van wegen	Bepalen of deze hoek eenvoudig te nemen is	Hoofd en oogbeweging	-
8	richtingsaanwijzer aanzetten	afstand tot kruispunt inschatten	bepalen of voertuig al dicht genoeg bij kruispunt is om richting aan te geven	richtingsaanwijzer aanzetten	
9	identificeren waar fietsers zijn (op weg, apart fietspad, vrijliggend fietspad)	naar weg kijken	bepalen waar fietsers mogen rijden	Hoofd en oogbeweging	
10	scannen op (brom)fietsers in dezelfde rijrichting	zoeken naar (brom)fietsers in dezelfde rijrichting	Bepalen of (brom)fietsers mogelijke conflicten kunnen opleveren	Hoofd en oogbeweging	Niet waarnemen fietser

	Taak	Perceptueel	Cognitief	Motorisch	Probleem Dode Hoek
Deceleratie					
1	veilig in rijstrook blijven	naar weg kijken	is de huidige rijstrook de goede	sturen	-
2	omgeving scannen op mogelijk onveilige situaties	rondkijken voor mogelijke obstakels; eventueel ook auditief (?)	Is het veilig of niet; waar zitten problemen	hoofd en oogbewegingen	Over het hoofd zien van mogelijk gevaarlijke situaties (vooral door stijlen)
3	Vaart minderen	afstand bepalen tot kruispunt	Bepalen of voertuig dichtbij genoeg is voor deceleratie	Gas los en/of remmen	-
4	observeren deceleratie	afstand schatten tot kruispunt	Bepalen of deceleratie voldoende is om af te kunnen slaan	Eventueel aanpassen van deceleratie	
5	veilig afstand houden tot voertuigen die volgen	afstand en verschillensnelheid schatten tot voertuigen die volgen	bepalen of verschillensnelheid en afstand niet 'kritisch' worden	Eventueel deceleratie afnemen; kijken spiegels	
6	kijken status stoplicht	kijken naar stoplicht	bepalen 'kleur' stoplicht	hoofd en oogbewegingen	
7	scannen op (brom)fietzers in dezelfde rijrichting	zoeken naar (brom)fietzers in dezelfde rijrichting	Bepalen of (brom)fietzers mogelijke conflicten kunnen opleveren	Hoofd en oogbeweging	

	Taak	Perceptueel	Cognitief	Motorisch	Probleem Dode Hoek
Kruising oprijden					
1	veilig in rijstrook blijven	naar weg kijken	is de huidige rijstrook de goede	sturen	-
2	omgeving scannen op mogelijk onveilige situaties	rondkijken voor mogelijke opstakels; eventueel ook auditief (?)	Is het veilig of niet; waar zitten problemen	hoofd en oogbewegingen	Over het hoofd zien van mogelijk gevaarlijke situaties (vooral door stijlen); Missen van fietsers in DH
3	Decelereren tot snelheid voor afslaan	afstand bepalen tot kruispunt	Bepalen of deceleratie voldoende is om te kunnen afslaan of te stoppen	Gas los en/of remmen	-

4	controleren op conflicten met voertuigen die volgen	Koers bepalen van achterrijdend voertuig	bepalen of afstand en snelheid leiden tot een mogelijk conflict met achterrijdend voertuig	kijken spiegels	-
5	controleren status stoplicht	kijken naar stoplicht	bepalen 'kleur' stoplicht	hoofd en oogbewegingen	-
6	controleren of verkeer door rood rijdt	kijken naar voertuigen van links en rechts	bepalen of ze gestopt zijn of zullen stoppen	hoofd en oogbewegingen	-
7	controleren op conflicten met linksafslaand voertuig (tegemoetkomend)	kijken tegemoetkomend voertuig	bepalen of er een conflict is bepalen of je gezien bent door andere chauffeur	hoofd en oogbewegingen	-
8	Controleren op conflicten met tegemoetkomend rechtdoorrijdend verkeer (kopschot)	Kijken naar auto's, omvang kruisvlak	Bepalen of zijn eigen positie en draaihoek invloed heeft op rijrichting tegemoetkomend verkeer	hoofd en oogbewegingen	-
9	controleren op mogelijk gevaar bij afslaan	kijken koers naar rechts	bepalen of er gevaar is (fietsers of voetgangers die gaan oversteken) of ander mogelijk gevaar	hoofd en oogbewegingen	Fietsers in Dode Hoek
10	controleren op conflicten met fietsers	locatie bepalen van fietsers	bepalen of locatie fietsers leidt tot conflict	kijken spiegels	fietsers in DH worden gemist
11	Bepalen of fietsers op vrij liggend fietspad voorrang hebben	kijken naar vrij liggend fietspad	voorrangsregeling bepalen	hoofd en oogbewegingen	
12	Bepalen of fietsers op vrij liggend fietspad stoplicht hebben	kijken naar vrij liggend fietspad	bepalen of er stoplicht is	hoofd en oogbewegingen	
13	Bepalen of status stoplicht van vrijliggend fietspad	kijken naar stoplicht	bepalen wat de status is; is deze anders dan eigen stoplicht	hoofd en oogbewegingen	
14	Bepalen of fietsers door rood rijden / voorrang nemen	kijken naar fietsers	bepalen of ze gaan stoppen of niet	hoofd en oogbewegingen	

	Taak	Perceptueel	Cognitief	Motorisch	Probleem Dode Hoek
Uitvoeren rechtsaf manoeuvre					
1	Acceleratie	Naar rechts kijken	Is de acceleratie voldoende om voertuig door bocht te sturen?	Accelereren, hoofd- en oogbewegingen om de weg te kunnen zien.	-
2	De bocht in sturen	Kijk naar het verloop van de bocht.	Vaststellen dat positie in de rijstrook juist is	Naar rechts sturen en de nodige aanpassingen maken om in de rijstrook te blijven.	
3	Check gevaren in het verloop van de bocht	Scan het pad rechts (speciaal de stoep en aparte strook voor fietsers en geparkeerde auto's)	Bepalen of er voetgangers of fietsers zijn die op het punt staan rechtdoor over te steken	Hoofd- en oogbewegingen om het verloop van de bocht te zien.	-
4	Check mogelijke conflicten met een linksaf slaand voertuig	Bekijk het pad verloop van het voertuig	Bepaal of de afstand en het pad veilig zijn. Bevestig dat het voertuig niet probeert in de rijstrook te snijden	Pas wanneer nodig de snelheid aan	
5	Controleren op conflicten met tegemoetkomend rechtdoorrijdend verkeer (kopschot)	Kijken naar auto's, omvang kruisvlak	Bepalen of zijn eigen positie en draaihoek invloed heeft op rijrichting tegemoetkomend verkeer	hoofd en oogbewegingen	-
6	Blijf accelereren tot gewenste snelheid	Observeer de weg	Bepaal wanneer de gewenste rijsnelheid is bereikt	Accelereren, hoofd en oogbewegingen om te kijken	
7	Hou een veilige positie in de rijstrook aan	Observeer de weg voor je	Verifieer de positie in de rijstrook	Maak de nodige stuurbewegingen	
8	Bepaal of fietsers door rood licht rijden of ten onrechte voorrang nemen	Scan de omgeving naar fietsers	Bepaal of ze door rood licht rijden dan wel voorrang nemen	Hoofd en oogbewegingen om omgeving te scannen	Fietsers kunnen in Dode Hoek zitten
9	Check mogelijke conflicten met fietsers	Scan de omgeving naar fietsers	Bepaal of er fietsers aanwezig zijn; kan conflict optreden?	Hoofd en oogbewegingen naar de locatie van de fietsers	Fietsers kunnen in Dode Hoek zitten

4.3 Aanvullingen vanuit de chauffeurs zelf

Ter aanvulling op bovenbeschreven normatieve benadering van de taak van de chauffeur is gesproken en meegereden met twee vrachtautochauffeurs. Hier kwamen de volgende punten uit naar voren:

- Andere weggebruikers (fietsers) beseffen niet de beperkingen (zicht, lange remweg, uitzwenken) van vrachtauto's. De chauffeurs opperen dat iedereen tijdens zijn/haar rijles een uurtje met een vrachtauto zou moeten meerijden om inzicht te krijgen in deze aspecten ('wij moeten een heel boek leren, voetgangers/fietsers hebben geen regels').
- Automobilisten beseffen bij invoegen op (korte) invoegstrook niet dat vrachtauto genoodzaakt is gewoon zijn knipperlichten aan te zetten en te gaan. Automobilisten trekken zich hier vaak weinig van aan. Ze blijven dan naast de vrachtauto rijden. Op een gegeven moment zitten ze dan in de dode hoek, waardoor de chauffeur ze niet meer ziet en ze mogelijk 'van de weg af drukt'.
- Als voetgangers/fietsers zich kort op de voorbumper bevinden kan de chauffeur ze niet of heel lastig zien. Voetgangers, fietsers beseffen dit niet als ze bijvoorbeeld nog net voor de vrachtauto langs schieten op een zebrapad.
- Het is heel onhandig als het zowel voor het gemotoriseerd verkeer (afslaand) als voor de fietsers (rechtdoorgaand) tegelijkertijd groen is. Wanneer de vrachtautochauffeur al het fietsverkeer voor heeft laten gaan / heeft gezien, is het inmiddels weer rood. Dit leidt tot stress, irritatie. Beter zou zijn als het voor ofwel het gemotoriseerd verkeer ofwel het fietsverkeer eerder groen is of dat fietsers en/of gemotoriseerd verkeer om en om groen licht hebben.
- Als een vrachtauto moet afslaan op een smalle tweestrooks rijbaan heeft hij een gedeelte van de linker rijstrook nodig (anders raakt hij verkeerslichten, - borden aan de rechterkant). Automobilisten zijn zich hier niet van bewust en houden hier geen rekening mee (blijven gewoon naast de vrachtauto rijden, snijden vrachtauto af).
- Blijven rijden bij een manoeuvre is het gemakkelijkst. Als je stil staat hoopt het verkeer om je heen zich op waardoor je minder overzicht hebt.
- Met name als er geen apart fietspad is voor fietsers levert dit lastige situaties op. Als de chauffeur stil staat hopen fietsers zich op (voor, naast, achter) en is het moeilijk zicht te krijgen op waar iedereen zich bevindt, en duurt het lang voordat hij kan beslissen om af te slaan.
- Bij het keren van de vrachtauto doet de chauffeur zijn gordel af (meer bewegingsruimte) en draait zijn linkerraam open om meer zicht te hebben en ook ander verkeer beter te horen.
- Als hij achteruit moet indraaien 'over dode hoek' heeft hij hulp nodig.
- Algeheel beeld: haast-haast-haast. Zowel voetgangers als fietsers als automobilisten, vooral elkaar niet even de ruimte geven.
- Voetgangers kunnen vlak voor de vrachtauto prima uit het zicht blijven.
- Vooral bij rechts afslaan (kruising of rotonde): moet de chauffeur handelen op basis van wat hij eerder gezien heeft en onthouden (dus weten dat er nog 1 fietser in je dode hoek zit en pas rijden als die fietser eruit tevoorschijn is gekomen).
- Liefst voorkom je dat je de vrachtauto helemaal stil zet, liever blijven rollen.

4.4 Conclusie normatieve taakanalyse

Uit bovenstaande analyse blijkt dat de uiteindelijke rechtsaf manoeuvre voor de vrachtautochauffeur een complexe taak is die, vooral in stedelijke omgeving, al tot een hoge werklast kan leiden. Het is de weergave van wat er “zou moeten gebeuren” in deze situatie. In principe streeft elke chauffeur het na om deze taken en subtaken uit te voeren. In de praktijk zal hij gebruik maken van regels die naar aanleiding van zijn verwachtingen over het verloop van de situatie geactiveerd zullen worden. Zoals in het OWI model is aangegeven, zegt dit nog niets over wat er daadwerkelijk voor acties worden uitgevoerd. Deze daadwerkelijke acties worden bepaald door onder andere aandacht en afleiding, andere taken die de werklast verhogen, chauffeurskarakteristieken zoals vermoeidheid en het subjectieve wereldbeeld.

5 Bestaande systemen voor dode hoek detectie

Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende systemen en technische mogelijkheden om detectie van objecten en personen in de dode hoek te ondersteunen. Deze systemen kunnen gebruik maken van de volgende hulpmiddelen:

- spiegels
- zichtbaar licht camera's
- infrarood camera's
- warmtebeeld camera's
- ultrasoon geluid
- radar
- laser / lidar.

Hieronder worden van elk van de mogelijkheden een aantal voorbeelden beschreven. Voor een overzicht van systemen en leveranciers wordt verwezen naar bijlage A.

5.1 Spiegels

Buiten de hoofdspiegels die wettelijk verplicht zijn voor vrachtauto's bestaan ook verschillende type spiegels die het zichtveld van de chauffeur in de dode hoeken kunnen vergroten wanneer ze correct zijn aangebracht en correct worden gebruikt. Er zijn in de regelgeving 5 gebieden geïdentificeerd aan de voor- en rechterzijde die zichtbaar moeten worden gemaakt met spiegels en/of camera's. Momenteel zijn er 5 spiegels nodig voor de rechterzijde en voorkant van een voertuig (zie figuur 9). Er is zelfs een binnenspiegel verkrijgbaar.



Figuur 9 Spiegels aan de rechterzijde van een truck.

Wat betreft de technische eisen is het vooral belangrijk te beseffen dat het telkens gaat om een groothoekspiegel die een zekere beeldvervorming toelaat of zelfs vereist (Akkermans, 2009). Door deze beeldvervorming en de specifieke plaatsing van de spiegel kan de zichtbaarheid in specifieke dode hoeken worden verbeterd.

Spiegelsystemen hebben drie nadelen die sterk worden uitvergroot bij vrachtauto's.

- 1 Het zichtveld in een spiegel kan meestal niet kan worden aangepast wanneer dit wenselijk zou zijn. Wanneer een trekker-oplegger combinatie afdraait, komen beide delen van de combinatie in een schaarpositie te staan waarbij het gewenste zichtveld van de spiegel niet langer overeenkomt met de daadwerkelijke locatie van de dode hoek. Dit probleem geeft de beperktheid van spiegelsystemen goed weer.
- 2 Afhankelijk van waar de spiegels worden geplaatst aan het voertuig zijn ze verantwoordelijk voor de vergroting van sommige dode hoeken achter de spiegels. Spiegelsystemen zijn op zich immers ondoorzichtig waardoor de chauffeur geen informatie meer krijgt van wat zich achter de spiegels zelf afspeelt. Vooral wanneer een chauffeur informatie moet inwinnen over verkeer in een zijstraat kan dit tot problemen leiden.
- 3 De kromming van de spiegel zorgt ervoor dat het moeilijker wordt om de afstand tot een voorwerp correct in te schatten (Flannagan & Sivak, 2003). Dit effect wordt nog versterkt wanneer de afstand van het object tot de chauffeur van het voertuig groot is.

Spiegelsystemen dienen uitsluitend als hulpmiddel voor de chauffeur van de vrachtauto. Ze zijn volledig passief, de chauffeur ontvangt geen noodsignaal wanneer een gevaar in een dode hoek dreigt. Spiegelsystemen zijn weinig onderhevig aan defecten maar kunnen wel verontreinigd raken. Voor de optimale verbetering van het zichtveld in de dode hoeken met behulp van spiegelsystemen moet steeds aan een aantal voorwaarden zijn voldaan. De spiegels moeten correct geïnstalleerd, afgesteld en voldoende gereinigd zijn. Daarnaast moet de chauffeur zijn rij- en kijkgedrag aanpassen aan het gebruik van de spiegel en het uitgevoerde manoeuvre. Tot slot moet de chauffeur zich bewust zijn van de beeldvervorming die in dergelijke spiegels optreedt waardoor het schatten van afstanden wordt bemoeilijkt en hij moet zich bewust zijn van het feit dat de plaats van de gevarenszone rondom zijn voertuig niet steeds op dezelfde positie in de dode hoek of zelfs niet op dezelfde positie in het zichtveld van de spiegels ligt. Een groot deel van de verantwoordelijkheid ligt dus bij de chauffeur van het voertuig (Akkermans, 2009).

Voorbeelden van dergelijke systemen zijn de DOBLI-dodehoekspiegel en de FROSPI.

5.2 Camera's

Een camerasysteem voor hulp bij dode hoeken bestaat uit twee elementen: de camera zelf en het beeldscherm waarop het zichtveld van de camera kan worden geprojecteerd (zie figuur 10). Camera's kunnen op verschillende punten geplaatst worden en creëren daardoor geen dode hoeken.



Figuur 10 Voorbeeld van een camera systeem.

Naast de standaard camera's zijn de camera's mogelijk ook uitgerust met een infrarood systeem wat detectie 's nachts makkelijker maakt voor de eindgebruiker. Met behulp van een paar kleine aanpassingen, kan de verwachte positie van de trekker-oplegger combinatie in geval van specifieke manoeuvres op het beeldscherm worden toegevoegd. Dit zorgt voor een bijzonder goed beeld op potentiële gevaren bij manoeuvres met betrekking tot de dode hoeken.

Camerasystemen zijn tegenwoordig weinig onderhevig aan defecten maar er moet wel met de storingsgevoeligheid van dergelijke systemen rekening worden gehouden. Daarnaast kunnen de camera's zelf verontreinigd geraken. Eventuele verontreinigingen door opspattend regenwater of modder kunnen echter meestal snel worden opgelost. Hetzelfde kan niet worden gezegd wanneer daadwerkelijk een defect optreedt. In dat geval verliest de chauffeur elke informatie in het zichtveld dat door de defecte camera zou worden opgevangen wanneer geen back-up systeem voor handen zou zijn (spiegels) (Akkermans, 2009).

De camerasystemen kunnen in theorie op verschillende plaatsen worden geïnstalleerd maar moeten minstens voldoen aan de zichtbaarheids voorwaarden die aan de spiegels worden opgelegd.

Aangezien met camera's en monitors wordt gewerkt, worden ook voorwaarden gesteld aan de lichtgevoeligheid en minimale contrasten die moeten kunnen worden gegarandeerd. Camerasystemen sluiten de verplichting voor het gebruik van andere spiegelsystemen niet uit: enkel spiegels klasse VI (vooruit- of achteruitkijkspiegels) mogen hierdoor volledig worden vervangen.

Ook bij camerasystemen bestaat een probleem met betrekking tot het inschatten van de afstand tot andere voertuigen. Flannagan en Sivak (2003) vonden dat de geschatte afstand tot een voertuig afhankelijk was van de grootte (van de projectie) van het beeldscherm.

Voorbeelden:

Eenvoudig camera systeem met een monitor. Geeft alleen camerabeelden op een monitor, o.a. verkrijgbaar bij "Van Zwitserland" (zie figuur 11) .



Figuur 5 Voorbeeld van de hoeken die een camera beslaat.

Een stereo-camera systeem waarbij een analyse gedaan is VOD; in een DSP (digitale signaalprocessor of microprocessor) wordt de verwerking van de beelden gedaan en het resultaat kan worden gedisplayed op een on-board display. Dit systeem communiceert met de CAN-bus (leest en geeft feedback).

5.3 Radar en ultrasoon geluid

Een radar- of ultrasoon detectiesysteem bestaat uit drie elementen. Enerzijds bevinden zich op de zij-, voor- of achterkant van de vrachtauto detectiestroken (of andere zend- en ontvangingstapparatuur) die dienen voor het detecteren van een object dat binnen een vastgestelde afstand van het voertuig komt. Anderzijds bevindt zich in de cabine van de chauffeur een geluidssysteem voor de actieve waarschuwing van de chauffeur wanneer een gevaar in een dode hoek dreigt. Deze beide elementen worden door een verwerkingssysteem met elkaar verbonden. Het verwerkingssysteem is verantwoordelijk voor de analyse van ontvangen gegevens van de detectiestroken en het bepalen of een signaal overeenkomt met een potentieel gevaarlijk object of niet. De output van een dergelijk systeem is niet noodzakelijk visueel (beeldscherm) maar eerder bijvoorbeeld auditief (waarschuwingsgeluid) of haptisch (trilling).

Radar- of ultrasone detectiesystemen zijn actief: de chauffeur ontvangt een waarschuwingssignaal wanneer een gevaar in een dode hoek dreigt. Deze detectiesystemen dienen momenteel uitsluitend als hulpmiddel voor de chauffeur van de vrachtauto maar kunnen in theorie ook dienen als hulpmiddel voor de weggebruikers in de omgeving van de vrachtauto. De aanwezigheid van radar- of ultrasone detectiesystemen ontslaat het voertuig niet van de verplichting uitgerust te zijn met aangepaste spiegelsystemen, al dan niet in combinatie met een camerasysteem (Akkermans, 2009).

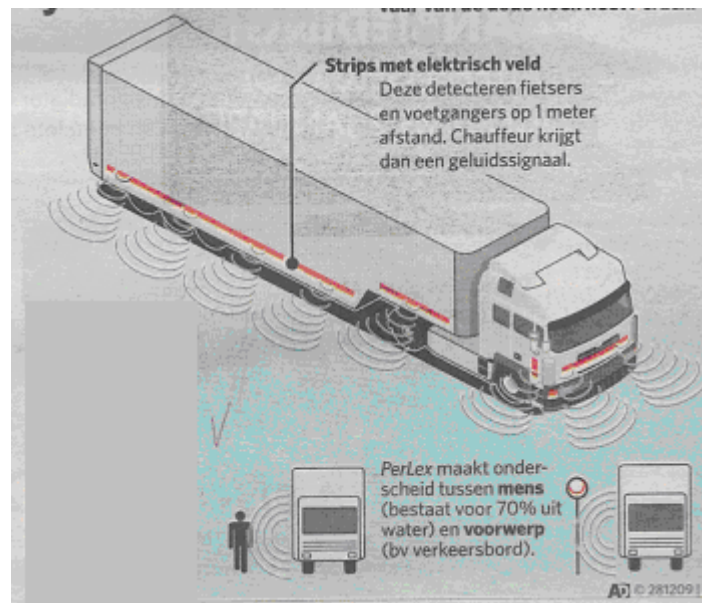
Een belangrijk voordeel van dergelijke radar- of ultrasone detectiesystemen is dat ze, in tegenstelling tot spiegelsystemen of de meeste camerasystemen, ook goed kunnen functioneren bij duisternis of in omstandigheden waar verblinding kan optreden (Akkermans, 2009).

Voorbeelden:

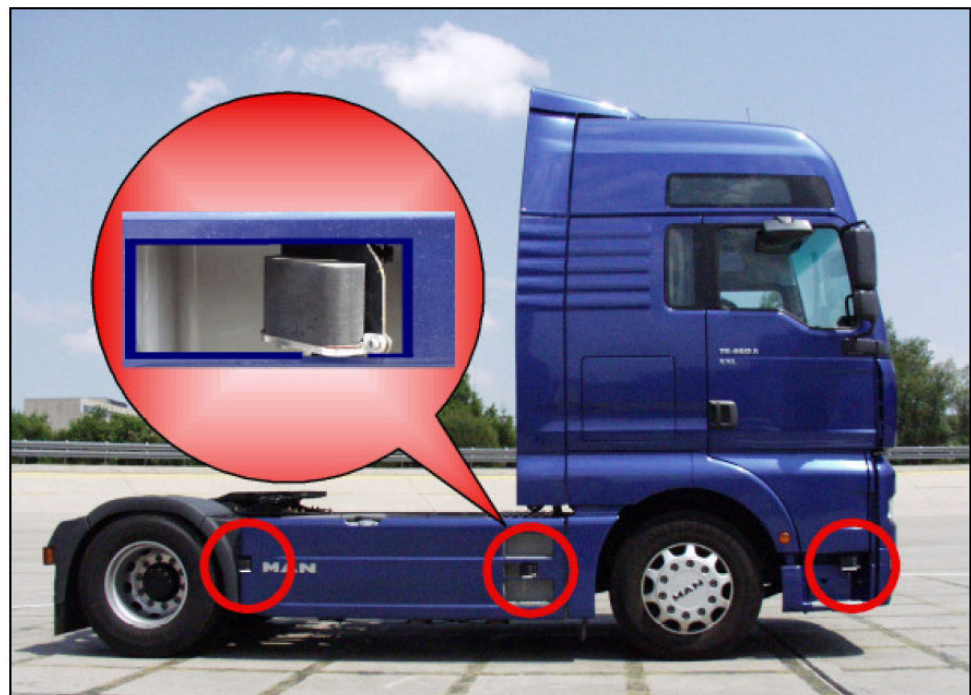
Ultrasoon systeem is: "The MAN Turn-off Assistant". Waarschuwt voor achteropkomende personen en objecten. Geeft waarschuwing via symbolen in de buitenspiegels en akoestisch als het voertuig draait.

Een systeem met Doppler-ultrasoon is LexGuard (zijn opvolger Perlex is capaciteif, waarbij Perlex claimt dat alleen voetgangers en fietsers (bio massa) gedetecteerd worden). Ook wordt er een signaal gegenereerd wanneer een strip langs de zijkant van

het voertuig wordt aangeraakt (zie figuur 12). Het systeem geeft een akoestisch signaal. Aan de voorkant detecteert het tussen 0 en 2 meter en aan de zijkant tussen 0 en 1 meter.



Figuur 62 Het PerLex systeem.



Figuur 7 Voorbeeld van een radar systeem dat gebruikt is in het EU project 'Protector'.

5.4 Extern geluidssysteem

Een extern geluidssysteem is een systeem dat begint te werken zodra bijvoorbeeld de chauffeur van de vrachtauto een richtingaanwijzer heeft aangezet en niet sneller rijdt

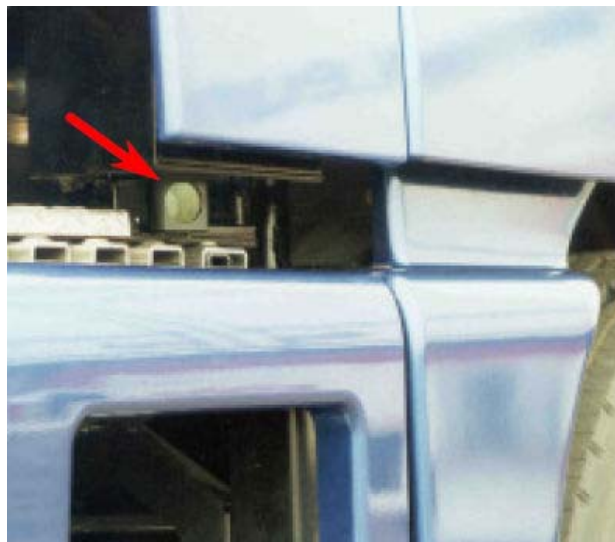
dan 30 km/u of wanneer een detectiesysteem een gevaar in een dode hoek opmerkt. Deze systemen dienen uitsluitend als hulpmiddel voor de onmiddellijke omgeving van het voertuig. Als dusdanig dienen ze niet om het zichtveld van de chauffeur van een voertuig in een dode hoek te verbeteren maar dienen ze uitsluitend om zijn omgeving te waarschuwen voor mogelijk gevaar. Het is en blijft dan ook aangewezen om zeker één van de wettelijk voorziene systemen (spiegel- of camerasystemen) te behouden. Ze zijn actief, de directe omgeving die dreigt in een dode hoek te komen ontvangt een duidelijk hoorbaar geluidssignaal. Dergelijke systemen zijn niet onderhevig aan invloeden van verontreiniging. Daarnaast lijken technische defecten eerder zeldzaam op te kunnen treden.

Een belangrijk nadeel van deze systemen is dat ze slechts werkzaam zijn tot op een relatief beperkte afstand van het voertuig. Dode hoek problemen die verder van het voertuig bestaan worden door dit systeem niet opgevangen. Bovendien moeten de weggebruikers die zich in de onmiddellijke omgeving van het voertuig begeven goed (kunnen) reageren op het geluidssignaal dat wordt uitgezonden. Hun werking hangt dan ook voor een groot deel af van het correct interpreteren van het geluidssignaal en uitwijken uit de gevarenzone door andere weggebruikers (Akkermans, 2009). Als deze voorziening slechts op een beperkt percentage van de vrachtauto's zou zijn geplaatst kunnen de weggebruikers er niet op vertrouwen: “geen signaal” betekent dan niet automatisch “geen gevaar”.

Voorbeelden van dergelijke systemen zijn LISA en bike-beep.

5.5 Laser / Lidar

Laserlicht is zichtbaar of onzichtbaar licht van één enkele golflengte. Lidar is de techniek waarmee men, net als met radar, de afstand en snelheid van een voorwerp kan bepalen. Wanneer objecten dan te dichtbij komen kan een waarschuwing in de cabine worden gegeven.



Figuur 8 Het laser systeem dat gebruikt is in het MoTiV project.

5.6 Relatie met voorkomen van dode hoek ongevallen

Van de bestaande bovenbeschreven systemen kan volgens het OWI model kwalitatief worden beredeneerd dat ze mogelijk een positief effect zouden kunnen hebben op het voorkomen van dode hoek ongevallen. De systemen detecteren, ieder op hun eigen manier, of er zich mogelijk kwetsbare verkeersdeelnemers in de dode hoek bevinden. Volgens het OWI (Omgeving Weggebruikers Interactie) model in hoofdstuk 3 kan met deze informatie het wereldbeeld dat de chauffeur opbouwt worden aangevuld waardevolle informatie die mogelijk niet was waargenomen zonder het systeem. Een DDSS kan op deze manier dus bijdragen aan een verbeterde World view, hetgeen tot een betere beslissing en actie kan leiden van de chauffeur, waarmee een ongeval wordt voorkomen.

Een belangrijke voorwaarde is dat de signalering aan de chauffeur van deze gedetecteerde kwetsbare verkeersdeelnemer op een betrouwbare manier gebeurt.

Met betrouwbaar wordt bedoeld:

- De signalering is goed te begrijpen door de chauffeur.
- De signalering geeft een reële kans op een mogelijk gevaar weer.
Wanneer bijvoorbeeld wordt gewaarschuwd voor een aanwezig fietser die stil staat, worden waarschuwingen al snel als vals alarm ervaren en dus als onbetrouwbaar.
- De signalering komt op tijd. Dat wil zeggen, rekening houdend met de benodigde reactietijd van de chauffeur om een beslissing te nemen en een actie te ondernemen (remmen), kan een ongeval nog voorkomen worden.
- De signalering zorgt niet voor een verhoogde of te hoge werklast.

Er is geen literatuur of onderzoek bekend dat objectief aantoont dat deze systemen inderdaad op een betrouwbare manier signaleren aan de chauffeur of andere verkeersdeelnemer en dat ze een positief effect hebben op de veiligheid in dode hoek situaties. Dit sluit niet uit dat de systemen aan deze eisen voldoen, het is alleen nog niet aangetoond via onderzoek.

6 Criteria voor Dode hoek Detectie en Signalerings Systemen

6.1 Rol detectie- en signaleringssystemen volgens het model

Het OWI model uit hoofdstuk 3 is goed toepasbaar voor het beoordelen van dode hoek detectie en signaleringssystemen (DDSS) omdat het inzicht geeft in de rol van een systeem in dit proces. Op een kwalitatieve manier kunnen hierdoor de mogelijke effecten worden beredeneerd.

- Door het toevoegen van spiegels en camera's worden de voertuigkarakteristieken veranderd, waardoor het zicht op de omgeving wordt verbeterd. Een verbeterd zicht kan door meer en betere informatie leiden tot een verbeterd wereldbeeld, hetgeen tot een betere beslissing en actie kan leiden van de chauffeur, waarmee een ongeval wordt voorkomen. Uit het model is echter ook af te leiden dat een chauffeur niet overall tegelijk aandacht voor kan hebben en dat de beschikbare aandacht beperkt is. Meer spiegels en camera's geven dus weliswaar de mogelijkheid meer waar te nemen, maar het is dus maar de vraag of deze extra informatie ook daadwerkelijk en tijdig kan worden waargenomen omdat ook aan andere zaken dan de spiegels en camera's aandacht moet worden gegeven.
- Door het detecteren en signaleren van verkeersdeelnemers in de dode hoek kan de aandacht van een chauffeur specifiek hier naartoe getrokken worden. Teveel aandachtstrekkende signalen zullen echter de werklast ook verhogen. Belangrijk hierbij is dat signalering geloofwaardig is (aan te veel signalen zal geen aandacht meer besteed worden) en dat de signalering snel en gemakkelijk te interpreteren is (intuïtief).
- Ook de andere weggebruiker(s) kunnen worden gesignaleerd waardoor hun aandacht gericht wordt op een mogelijk gevaarlijke situatie door bijvoorbeeld alerts buiten de vrachtauto naar de fietser.
- Een gevaarlijke situatie ontwikkelt zich in de tijd. Zolang er in de verkeerssituatie nog tijd is om door middel van signaleren de chauffeur een meer accuraat wereldbeeld te laten vormen en daardoor een juiste actie te laten uitvoeren (remmen), kan wellicht worden volstaan met alleen het signaleren aan de chauffeur. Het is echter ook mogelijk om dit aandachts- en beslisproces van de chauffeur over te slaan een systeem direct te laten ingrijpen. Signaleren versus ingrijpen kan dus een kwestie van ontwikkeling van het scenario in de tijd zijn.
- Detectie van een potentieel gevaarlijke situatie kan in principe ook op het kruispunt zelf (de omgeving) of bij de andere weggebruikers (fiets) gebeuren.

6.2 Criteria

Een DDSS bestaat uit minimaal twee componenten, de detectie van verkeersdeelnemers (hier zwakke verkeersdeelnemers) in de dode hoek en het informeren, waarschuwen of ondersteunen van de chauffeur of ingrijpen door zelf volledig te remmen.

Uitgaande van het OWI model zou een DDSS er voor moeten zorgen dat de werklast van de chauffeur niet verzwakt en het zicht door een verandering van de voertuigkarakteristieken niet minder wordt. Verder zou een DDSS de chauffeur moeten

ondersteunen door informatie te geven zodat het wereldbeeld beter opgebouwd kan worden en/of door de chauffeur te helpen in het nemen van een beslissing.

Het meest simpele DDSS informeert de bestuurder over fietsers in de dode hoek en laat het aan bestuurder zelf over hoe met die informatie om te gaan. Complexere systemen zullen de bestuurder ook waarschuwen, ondersteunen bij de actie of zelfs ingrijpen. Hoe complex of eenvoudig het systeem ook is, kwaliteit van de sensoren is zeer belangrijk. Hiermee is een eerste criterium te omschrijven.

Criteria 1

Het systeem moet de zwakke verkeersdeelnemer in de dode hoek goed *detecteren*.

Voor een goede detectie moeten de sensoren betrouwbaar en valide zijn. Ze moeten onder verschillende omstandigheden (bijv. weersinvloeden) zwakkere verkeersdeelnemers kunnen detecteren en goed functioneren (betrouwbaarheid). Ze moeten bijvoorbeeld niet alleen goed werken als de zon schijnt of als het droog is. Van belang is dat een vrachtautochauffeur erop kan vertrouwen dat het DDSS onder alle omstandigheden mensen in de dode hoek detecteert. Hierbij is het van belang dat deze mensen in die dode hoek (die het gevaar vormen) worden onderscheiden van andere zaken, zoals lantaarnpalen of vogels (validiteit). Daarnaast dient het bereik van de sensoren ook voldoende zijn. De sensoren zouden minimaal het gebied voor, rechtsvoor en rechts naast de cabine moeten afdekken. Dus minimaal de dode hoek. Ook zou het systeem een onderscheid moeten kunnen maken tussen relevante signalen (bijv. fietsers die naast de vrachtauto fietsen) en irrelevante signalen (bijv. fietser die stil staat op stoep).

DDSS worden in de praktijk soms ook gebruikt om manoeuvreer schade te voorkomen. Hiervoor is het noodzakelijk dat het systeem, naast het detecteren van kwetsbare verkeersdeelnemers, juist ook andere objecten in de omgeving detecteert. In dit geval is het belangrijk dat de instellingen van het systeem aangepast kunnen worden aan het doel of de context waarvoor het gebruikt wordt. Dus voor het voorkomen van manoeuvreer schade moet een andere detectie instelling gelden (i.e. geen onderscheid tussen mensen en objecten) dan voor ondersteuning in dode hoek situaties (alleen kwetsbare verkeersdeelnemers detecteren). Om te bepalen welke context geldt, zou bijvoorbeeld gebruik gemaakt kunnen worden van geo-informatie (waar ben ik) of de positie van de wielen en de snelheid. Ook zou de chauffeur zelf kunnen aangeven welke context van toepassing is.

De informatie van de sensoren kan zonder al te veel bewerking doorgegeven worden aan de chauffeur. Deze informatie helpt de bestuurder bij het opbouwen van zijn/haar wereldbeeld (zie het OWI model). Echter de gepresenteerde informatie moet de werklast niet verzwaren. Er moet niet nog een taak bijkomen voor de chauffeur.

Criteria 2

Het systeem mag de werklast van de chauffeur niet verhogen.

Signalen die geen cognitieve verwerking nodig hebben, werken het snelst en het meest betrouwbaar. Omdat de relevante informatie voor de rijtaak vooral visuele informatie is, lijkt het beter om auditieve waarschuwingen en/of haptische feedback te gebruiken. Het gebruik van een bepaalde manier van waarschuwen heeft zijn voor- en nadelen die tegen elkaar moeten worden afgewogen.

Een geluidssignalering komt direct aan, en kan leiden tot een directe reactie (ook bij grotere werklast), mits:

- De chauffeur bekend is met de betekenis van een signaal, waardoor een directe koppeling ontstaat tussen waarschuwing en actie.
- De chauffeur alert is dat er een signaal kan komen.

Criterium 3 volgt logisch uit Criterium 2.

Criterium 3

De informatie over zwakke verkeersdeelnemers in de dode hoek moet duidelijk waarneembaar en begrijpelijk zijn maar niet afleiden.

De informatie moet op een eenvoudige manier en goed waarneembaar worden aangeboden. Daar het te verwachten is dat met name binnen de bebouwde kom vaak zwakke verkeersdeelnemers in de dode hoek zitten waarvan de informatie irrelevant is voor de chauffeur (bijv., omdat hij rechtdoor gaat of er alleen voorbij rijdt) moeten waarschuwingen niet opvallen als ze niet nodig zijn. Dit kan afleidend zijn en de werklast verhogen. Tegelijkertijd moeten ze goed waarneembaar zijn in de relevante situaties. De informatie over de dode hoek kan bijvoorbeeld aangeboden worden in het perifere visuele veld. Een mogelijke plaats voor het presenteren van informatie zou één of beide buitenspiegels kunnen zijn. Daar zal de chauffeur waarschijnlijk toch regelmatig in kijken als er rechtsaf geslagen moet worden.⁴ De informatie zou een lampje in de buitenspiegel kunnen zijn dat brandt als er een fietser binnen sensorbereik is ongeacht waar. Een andere manier van waarschuwen zou een auditief signaal kunnen zijn dat klinkt als er een zwakke verkeersdeelnemer in de dode hoek zit.

Criteria 1 – 3 zijn de minimale criteria die leiden tot eenvoudig systeem. Het is een systeem dat de chauffeur alleen maar informeert of er iemand in de dode hoek zit. Het helpt de chauffeur alleen bij het opbouwen van het wereldbeeld (zie OWI model).

Een systeem zou naast informeren ook kunnen waarschuwen of ingrijpen. Een dergelijk systeem noemen we een Ondersteunende DDSS (ODDSS). Om te kunnen waarschuwen is het essentieel om onderscheid te maken tussen een kritieke situatie waarin de bestuurder gewaarschuwd wordt (bijv. door middel van geluid) en een niet-kritieke situatie waarin de bestuurder alleen geïnformeerd wordt. Dit onderscheid is bijvoorbeeld te maken door te bepalen *of* de aanwezigheid van een zwakke verkeersdeelnemer in de dode hoek tot een mogelijk ongeval zal leiden en *hoeveel tijd* er nog rest tot dit ongeval. Een niet-kritieke situatie betreft dan alleen de aanwezigheid van een kwetsbare verkeersdeelnemer in de dode hoek (informeren). Een kritieke situatie geeft aan dat deze aanwezigheid gaat leiden tot een ongeval wanneer de fietser of vrachtauto niet remt (waarschuwen). De situatie is kritischer naarmate er minder tijd is tot een mogelijk ongeval. De kwaliteit van het ODDSS en daarmee ook de acceptatie van het systeem is afhankelijk van hoe goed het onderscheid tussen kritieke en niet kritieke situaties gemaakt kan worden.

Criterium 4

Een ODDSS moet een goed onderscheid maken tussen kritieke en niet kritieke situaties.

⁴ Echter voor de dode hoek aan de voorkant van de vrachtauto zou een andere plek logischer zijn.

Een ondersteunende DDSS draagt bij aan de opbouw van het wereldbeeld maar ook aan het nemen van de beslissing (zie het OWI model). De beslissing wordt gevolgd door een actie. Indien een ODDSS alleen maar waarschuwt moet die waarschuwing op tijd komen, zodat de chauffeur een actie kan ondernemen om een ongeval te vermijden.

Criterium 5

Het ODDSS dat waarschuwt moet op tijd waarschuwen zodat de chauffeur de tijd heeft om te reageren.

Wanneer de situatie zodanig is dat er geen tijd meer is om na de waarschuwing nog een actie door de chauffeur te laten uitvoeren, zou een ODDSS zelf moeten ingrijpen. Een systeem dat ingrijpt, brengt de vrachtauto helemaal tot stilstand.

Criterium 6

Het ODDSS dat ingrijpt, doet dit alleen in zeer tijdskritische situaties en brengt dan de vrachtauto helemaal tot stilstand.

Voor de chauffeur moet er ook een duidelijk verschil zijn tussen informeren en waarschuwen. Bijvoorbeeld zou je een chauffeur visueel kunnen informeren en auditief kunnen waarschuwen.

Criterium 7

De waarschuwing van een ODDSS moet wezenlijk anders zijn dan de manier waarop de chauffeur geïnformeerd wordt.

Het verdient de aanbeveling om niet alleen de chauffeur te waarschuwen voor een kritieke situatie maar ook de zwakke verkeersdeelnemer. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat een fietser het uitblijven van een dergelijk signaal wellicht ten onrechte interpreteert als geen gevaar. Het kan immers zo zijn dat de vrachtauto niet is uitgerust met dode hoek waarschuwingen voor de fietser.

Het gebruik van ODDSS is afhankelijk van de acceptatie door de chauffeur. Of een systeem geaccepteerd wordt is afhankelijk van verschillende factoren en daardoor vrij complex. Een zeer belangrijke factor is de betrouwbaarheid van het systeem. Om de acceptatie van een systeem te verhogen zijn de criteria 4 – 7 dus erg belangrijk. Bij de ontwikkeling van een ODDSS (en in zekere mate ook voor een DDSS):

- is onderzoek noodzakelijk naar de betrouwbaarheidsperceptie en acceptatie van ODDSS. Het is bekend dat acceptatie bijvoorbeeld sterk afhangt van de hoeveelheid en frequentie van missers (niet waarschuwen terwijl er wel gevaar dreigt). en valse alarmen (waarschuwen terwijl er geen gevaar dreigt). Hoe de verhoudingen zijn tussen missers en valse alarmen, maar ook tussen treffers (waarschuwen terwijl gevaar dreigt) en correcte afwijzingen (niet waarschuwen als er geen gevaar dreigt) zou onderdeel van vervolg onderzoek (bijvoorbeeld in een Field Operational Test). In dit geheel speelt ook mee de belangrijke rol van een treffer op het moment dat de chauffeur denkt dat er niets dreigt
- zijn simulaties (een plaats – tijd analyse) nodig om te berekenen wat de minimale tijd en afstand is waarop gewaarschuwd moet worden om een mogelijk ongeval te voorkomen. Hiervoor is het noodzakelijk een voorspelling te doen op basis van de huidige snelheden en te volgen paden van vrachtauto en zwakke verkeersdeelnemer. Deze simulaties gaan uit van een bepaalde benodigde reactietijd van de chauffeur, een bepaalde remactie die daarop volgt en de

resulterende benodigde remweg. Hierdoor wordt duidelijk wat de zogenaamde “operational envelope” is van een ODDSS: de beschikbare tijd om betrouwbaar te kunnen signaleren of wellicht direct in te grijpen om een ongeval te kunnen voorkomen.

Bij het ontwerp van een DDSS moeten ook de volgende punten meegenomen worden:

1. De chauffeur moet gemakkelijk kunnen zien of het systeem aanstaat en werkt. Hierbij kan gedacht worden om altijd informatie aan te bieden aan de bestuurder over aanwezigheid van zwakke verkeersdeelnemers in de dode hoek. Als er geen zijn is bijvoorbeeld het lichtje groen bij aanwezigheid is het rood. Als er geen lampje brandt werkt het systeem niet of is het niet betrouwbaar (bijv., in slecht weer).
2. De chauffeur kan niet continu de informatie van het systeem bekijken. Neem de situatie dat de chauffeur al verschillende keren gekeken heeft of er iemand naast hem zat en er zat niemand. Nu komt er ineens een fietser die in de dode hoek zit. Als de bestuurder dan alleen geïnformeerd wordt, is de kans groot dat hij onder deze omstandigheden niet meer kijkt of er iemand in de dode hoek zit. Bij het ontwerp moet dus ook nagedacht worden hoe een informerend systeem moet omgaan met onverwachte situaties (zoals bijvoorbeeld ook het kruisen van een fietspad). In paragraaf 8.2.3 van de verkeersveiligheidsanalyse over hoe kritieke situaties kunnen ontstaan, wordt hierop terug gekomen.
3. Als een vrachtauto tot stilstand is gekomen (bijv. op rotonde) zou een chauffeur het systeem kunnen gaan gebruiken om te beslissen wanneer hij weer verder kan rijden. Het systeem krijgt daardoor een andere functie en de vraag is of het DDSS daar geschikt voor is.

6.3 Overige maatregelen

Andere ondersteuning in dode hoek situaties die volgt uit het OWI model is:

- Aanpassing van de omgeving waardoor normatieve taak van bijvoorbeeld de rechtsaf manoeuvre verlicht wordt. Hierbij kan gedacht worden aan het aanpassen van verkeerslichten (zorgen dat de fietser een voorstart heeft en een opgeblazen fiets opstel strook (OFOS)), het scheiden van rijstroken etc.
- Aanpassing van de vrachtauto (voertuig karakteristieken) waardoor het zicht verbeterd wordt. Hierbij kan gedacht worden aan grotere ramen, maar ook het plaatsen van spiegels en camera's bij vrachtauto's die voor 2007 ontwikkeld zijn. Een nadeel hiervan is dat de chauffeur niet overal tegelijk aandacht voor kan hebben. Het bieden van een beter zicht door meer spiegels is dus niet meteen een oplossing omdat deze spiegels ook allemaal bekeken moet worden.
- De voertuigkenmerken kunnen veelal verbeterd worden door meer aandacht te besteden aan het afstellen van spiegels. Door de veiligheidscultuur bij bedrijven te versterken zou dit een regelmatig terugkerende handeling kunnen worden.
- Reduceer de werklast door andere taken (bijvoorbeeld telefoon) te onderdrukken wanneer dode hoek situatie zich aandient.
- Informatie campagnes en trainingen kunnen de houding van chauffeurs en fietsers en hun kennis over hoe te handelen in dode hoek situaties verbeteren, vooral het bewust evalueren van scenario's en aanleren van werklastverlagende routines kunnen een positief effect hebben.
- Op lange termijn zal de dode hoek problematiek verholpen kunnen worden door grote vrachtauto's geheel uit de binnensteden te weren.

7 Op zoek naar kwantitatieve criteria voor valse alarmen, missers en reactietijden van vrachtauto chauffeurs

In hoofdstuk 6 zijn criteria beschreven waaraan een DDSS zou moeten voldoen om geaccepteerd te worden door de vrachtautochauffeur. Eén van de beschreven criteria is een beperkt aantal valse alarmen en missers dat een systeem mag genereren. Een ander criterium is dat er voor de vrachtautochauffeur voldoende tijd moet zijn om na een waarschuwend signaal te kunnen reageren. Om te weten wat in dit geval ‘voldoende tijd’ is, is het van belang om inzicht te krijgen in de reactietijd van een vrachtautochauffeur in een dode hoek situatie. In dit hoofdstuk wordt beschreven wat er bekend is in de literatuur met betrekking tot kwantitatieve gegevens over valse alarmen en missers en over de reactietijd van een chauffeur. We gaan echter niet in op de theoretische achtergrond daarvan, zoals signaal detectie theorie. Meer informatie over signaal detectie theorie is onder andere te lezen in het boek ‘Sensation and perception’ van Coren, Ward, en Enns (1994).

Een vals alarm is een signaal van het systeem zonder dat er aanleiding toe is (er is geen kwetsbare verkeersdeelnemer in de dode hoek). De vals alarm ratio wordt meestal uitgedrukt in het aantal keren dat het signaal ten onrechte is gegeven gedeeld door het aantal keren dat het signaal correct is gegeven (een treffer). Valse alarmen bepalen de *specificiteit* van het systeem: hoe minder valse alarmen, hoe specifiek het systeem. Een misser is een situatie waarbij een kwetsbare verkeersdeelnemer zich wel in een gevaarlijke zone van de vrachtauto begeeft, maar dat er geen signaal door het systeem gegeven wordt. Missers bepalen de *sensitiviteit* van een systeem: hoe minder missers er zijn, hoe sensitiever een systeem is. Deze twee maten zijn met elkaar verbonden: als een systeem erg gevoelig is ingesteld (een hoge sensitiviteit), zal het weinig missers genereren, maar wellicht meer valse alarmen, en vice versa.

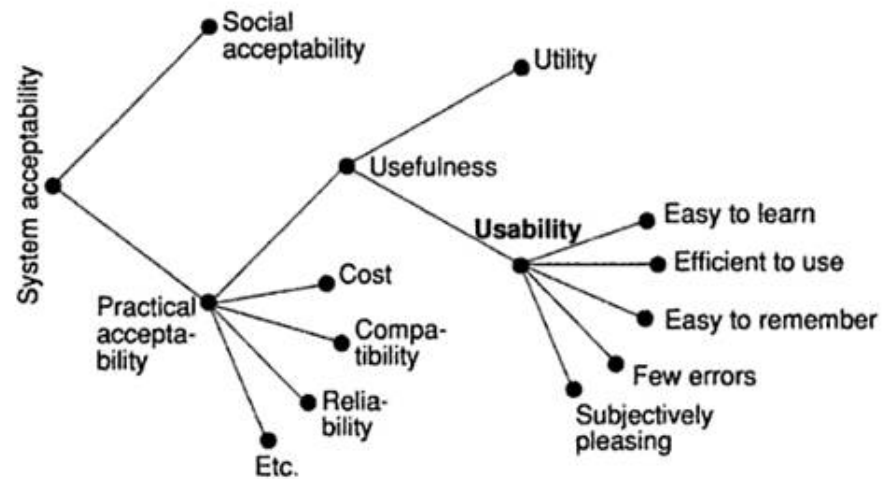
7.1 Waarom zijn gegevens over valse alarmen en missers interessant?

Nielsen (1993) benadrukt dat de acceptatie van een systeem afhankelijk is van vele factoren. Deze zijn uitgewerkt in Figuur 15. Duidelijk is hierdoor dat de acceptatie en daarmee gebruik van een systeem niet alleen afhankelijk is van een ratio tussen valse alarmen en treffers of treffers en missers, maar dat bijvoorbeeld ook het nut van het systeem, de kosten en de sociale acceptatie een rol spelen. Het figuur geeft zelf al aan dat dit niet een uitputtende opsomming is van factoren.

Andere factoren zijn bijvoorbeeld de voorspelbaarheid van een systeem (als er een vals alarm komt, komt het dan op voorspelbare momenten) en de gevolgen van een misser of van het niet opvolgen van het signaal (hoe ernstig is dat?). Waarschijnlijk kunnen er meer valse alarmen en missers worden geaccepteerd wanneer de voorspelbaarheid ervan groot is en de gevolgen klein, dan wanneer de valse alarmen onvoorspelbaar zijn en de gevolgen van een misser of het niet opvolgen van een alarm groot zijn. Het is niet bekend of voorspelbaarheid en mogelijke gevolgen onafhankelijk zijn en of ze in de dezelfde mate de acceptatie van een systeem of het vertrouwen in een systeem beïnvloeden.

Een belangrijke factor is de betrouwbaarheid van het systeem. Hierin komen de valse alarmen en de missers naar voren. Deze factoren kunnen elkaar ook beïnvloeden

waardoor een zeer nauw samenhangend geheel van factoren ontstaat die bepalen of een gebruiker een systeem zal accepteren.



Figuur 15 Factoren die de acceptatie van een systeem beïnvloeden. (Uit Nielsen, 1993)

Een aantal instellingen hebben onderzoek gedaan naar de acceptatie van ondersteunende systemen door vrachtautochauffeurs door enquêtes af te nemen (Connekt, BuckConsultants & TNO, 2009; Korse et al., 2003; TransportCanada, 2009). Uit deze enquêtes bleek dat met name een te hoge ratio aan valse alarmen irritatie met zich meebracht. Een te hoog vals alarm ratio was voor een aantal chauffeurs reden om het systeem uit te zetten (Korse et al., 2003). Uit de studie van Connekt e.a. bleek dat het nut van het systeem (de mate van ondersteuning die de chauffeur ondervindt) en de aangenaamheid (onder andere de vals alarm ratio) aan elkaar gerelateerd waren: wanneer een systeem als zeer nuttig wordt ervaren, wordt een hogere mate van onaangenaamheid geaccepteerd (Connekt, BuckConsultants & TNO, 2009; Katteler, 2003). Cummings en collega's (2007) hebben onderzoek gedaan naar de invloed van betrouwbaarheid van het signaal in diverse systemen (Forward Collision Warning, Lane Departure Warning en Following Vehicle Fast Approach) op automobilisten van personenauto's in een simulatorstudie. Ze hebben hierbij *false alarm rates* van 75% en 25% met elkaar vergeleken. Een lage betrouwbaarheid zorgde voor een lange reactietijd wanneer een auto snel van achteren nadert. Daarbij waren de reacties meer accuraat bij de betrouwbare systemen. De minst accurate handelingen werden verricht in reactie op de valse alarmen in de slecht betrouwbare conditie. Een waarschuwingssysteem met een laag betrouwbaarheidsniveau kan het rijgedrag dus negatief beïnvloeden. Uit bovenstaand onderzoek blijkt dat de hoeveelheid valse alarmen en missers dat een systeem genereert samenhangt met de ervaren irritatie en nut van een systeem. Hierdoor zal het ook invloed hebben op de acceptatie van het systeem. Aangezien valse alarmen en missers meetbare entiteiten zijn, wordt een waarde van vals alarm ratio of misser ratio vaak als criterium gebruikt bij veldtesten van systemen.

7.2 Gebruikte waarden voor valse alarmen en missers

Hackney (2010) heeft een aantal criteria geformuleerd waarop een systeem getest zou moeten worden.

- misser: *accuracy of detection*, het aantal accurate signalen gedeeld door het aantal voertuigen (of kwetsbare verkeersdeelnemers) dat waargenomen had moeten worden.
- Vals alarm:
- Gemiddelde tijd tussen de vals alarm waarschuwingen: het aantal minuten dat getest wordt gedeeld door het aantal valse alarmen.
- Vals alarm ratio: het aantal valse alarmen gedeeld door het aantal correcte afwijzingen (er is geen gevaar aanwezig en er wordt niet gewaarschuwd). Deze wordt berekend door de totale duur van de valse alarmen te delen door de tijd dat er geen vals alarm gegeven wordt.

Volgens Hackney kan men beter geen vals alarm ratio definiëren door het aantal valse alarmen te delen door het aantal terechte signalen (treffers), want als er weinig treffers zijn, wordt de vals alarm ratio bijzonder groot. Hierdoor wordt volgens Hackney de test te veel afhankelijk van de drukte op de weg. In de meeste studies wordt de vals alarm ratio echter uitgedrukt in het aantal valse alarmen gedeeld door het aantal treffers.

Bij het opzetten van een onderzoek dient de maat voor valse alarmen afgestemd te worden op de vraagstelling, hierbij dient dus gekeken te worden of de maat al dan niet afhankelijk dient te zijn van verkeersdrukke.

7.2.1 Gebruikte criteria voor de vals alarm ratio in de literatuur

In de literatuur zijn niet veel kwantitatief opgestelde eisen voor systemen te vinden. In alle testen wordt wel aangegeven dat het belangrijk is om weinig valse alarmen te hebben, maar wanneer het precies te veel is wordt niet aangegeven. Vaak wordt er van tests aangegeven of een bepaald systeem veel, weinig of geen valse alarmen heeft (Mazzae & Garrott, 1995; Ruff, 2001). In deze paragraaf wordt een aantal referenties aangehaald van getallen die wel gevonden zijn⁵. Deze getallen zijn niet gebaseerd op detectiesystemen voor kwetsbare verkeersdeelnemers in dode hoek situaties, maar kunnen wel inzicht geven hoe er over criteria voor valse alarmen wordt nagedacht.

Binnen het California PATH Program (Chan, Bu & Shladover, 2006) is een methode beschreven om het concept vehicle-infrastructure integration te onderzoeken. Voor een aantal voetgangers-detectiesystemen zijn criteria opgesteld waaraan een systeem zou moeten voldoen, onder andere een vehicle-based pedestrian collision warning system. Voor een dergelijk systeem wordt een maximum van 2% valse alarmen voorgesteld. Ook wordt er een waarde voor *latency* gegeven: 0,5 seconde. Met *latency* wordt bedoeld de tijd tussen aanwezigheid van een object of persoon en de detectie ervan door het systeem. De onderzoekers hebben deze getallen op basis van ‘engineering judgment’ geformuleerd. Hier is geen onderzoek aan vooraf gegaan.

⁵ Uit een gesprek met een vrachtwagenfabrikant kwam naar voren dat als “engineering estimate” een vals alarm ratio van maximaal 5% wordt gehanteerd bij dodehoek detectiesystemen. Een woordvoerder van de politie Amsterdam gaf aan dat detectie op meer dan 30 cm afstand van de vrachtauto zinloos is omdat er dan te veel valse alarmen zullen zijn: op drukke wegen in de stad staan rijen fietsers dicht langs de vrachtwagen.

Het NHTSA heeft een aantal richtlijnen geschreven waaraan een *crash warning system* zou moeten voldoen (Campbell et al., 2007; Kiefer et al., 1999). Wat betreft valse alarmen wordt aangegeven dat die maar één keer per week voor mogen komen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen valse alarmen en *nuisance alarms*. Die laatste categorie beschrijft alarmen die op zich wel terecht zijn, maar voor de chauffeur wel als hinderlijk worden ervaren, dus bijvoorbeeld als er wel een fietser gedetecteerd wordt, maar dat die geen gevaar vormt op dat moment.

Goudappel Coffeng heeft in opdracht van AVV (2002) enkele criteria opgesteld voor detectiesystemen langs de wegen. Deze criteria zijn opgesteld aan de hand van literatuuronderzoek, workshops met experts en interviews met gebruikers. Met betrekking tot faalkans zijn de volgende criteria opgesteld:

Detectiesysteem	Faalkans
Gemiddelde snelheid	0 %
Intensiteit	0 %
Rijrichting (spookrijder)	1-2 %
Stilstaand voertuig	0 %
Gladheid	1-2 %
Wind	5 %
Mist	1-2 %

De detectie van gemiddelde snelheid en intensiteit betreffen metingen die gedaan worden voor de signalering van files. Dit zijn systemen met een heel andere functie dan de detectie van kwetsbare verkeersdeelnemers. Ook bij waarschuwingen voor slechte weersomstandigheden wordt geen snelle reactie van de chauffeur verwacht. Echter, de detectie van een spookrijder (op een oprit van en autosnelweg, signaal gaat naar de spookrijder zelf) of een stilstaand voertuig heeft als functie het detecteren van een mogelijke gevaarlijke situatie en vereist een reactie van de chauffeur. Voor de geloofwaardigheid van het systeem wordt maar een zeer kleine faalkans geaccepteerd.

TNO heeft onderzoek gedaan naar de acceptatie van Lane Departure Warning systemen onder beroepschauffeurs (Katteler, 2003). Driekwart van de chauffeurs was positief over het gebruik van een LDWA systeem. Daarbij is er ook gekeken naar het nut van elk individueel, door het systeem gegenereerd alarm. In onderstaande tabel is te zien hoeveel procent van deze gegeven alarmen als nuttig ervaren worden, waarbij een schoolcijfer van 0 tot 10 gegeven moest worden voor de mate van nut van het systeem.

Nuttig van 0-10	Percentage	Cumulatief percentage
2 niet nuttig	5 %	5 %
3	8 %	13 %
4	8 %	21 %
5	11 %	32 %
6	24 %	56 %
7	33 %	89 %
8	11 %	100 %
9 zeer nuttig	0 %	100 %

Deze waarden geven niet zozeer een vals alarm ratio aan, maar geven wel aan dat er wellicht niet sprake is van een harde grens tussen een vals alarm en een treffer, maar dat er een geleidelijke overgang is van een als nuttig ervaren signaal en een nutteloos

ervaren signaal. Als we deze percentages afzetten tegen de wetenschap dat van deze chauffeurs driekwart positief was over het gebruik van het LDWA systeem, blijkt toch een behoorlijk percentage van de ervaren signalen een onvoldoende kreeg in de schaal van 'nuttigheid' (21% van de signalen heeft een 4 of lager gekregen door de chauffeurs).

7.2.2 *Gebruikte criteria voor missers in de literatuur*

Over missers wordt weinig gesproken in de literatuur. Wel wordt er veelal over het detectiegebied gesproken: het gebied waarin alle objecten betrouwbaar worden gedetecteerd (Ruff, 2001). Die kan in grootte variëren. Ook wordt er voor systemen gekeken of ze goed blijven functioneren onder alle omstandigheden zoals regen, sneeuw en warmte. Maar over een ratio van missers is er weinig te vinden in de literatuur. Een uitzondering hierop is het PATH program (Chan, Bu & Shladover, 2006). Zij geven een 'engineering estimate' van 1% voor het maximum ratio van missers ('missed detections') voor een vehicle based collision warning system.

7.3 **Reactietijd**

Als er vanuit wordt gegaan dat een DDSS de vrachtautochauffeur waarschuwt voor een kwetsbare verkeersdeelnemer in de dode hoek, dan zal de vrachtautochauffeur de tijd moeten krijgen om hierop te reageren. De kennis die hier beschreven is, is niet het resultaat van een uitputtend literatuuronderzoek, maar gebaseerd op kennis die eenvoudig binnen de SWOV te verkrijgen was.

Met reactietijd wordt bedoeld de tijd die een persoon nodig heeft om te reageren op een stimulus. De fysioloog Donders (1868, in Coley, Wesley, Reed, & Parry, 2008) heeft onder zeer eenvoudige omstandigheden vastgesteld dat voor een simpele taak deze reactietijd 0,2 seconde is en voor een reactietijd waarbij een keuze gemaakt moet worden voor een bepaalde actie 0,285 seconde. Deze reactietijden zijn onder zeer eenvoudige omstandigheden in een laboratorium bepaald. In het verkeer is de situatie echter een stuk complexer.

Olsen (2003, in Coley et al., 2008) bespreekt vier fasen van de reactietijd: detectie van de stimulus, identificatie van de stimulus, een beslissing over de te nemen actie en de reactie zelf. De tijd die benodigd is in de eerste fase, de detectiefase, is onder meer afhankelijk van de complexiteit van de situatie. In de situatie met een rechtsafslaanende vrachtauto geldt dat er behoorlijk veel stimuli aanwezig zijn op dat moment. In de derde fase, de beslissingfase, wordt de benodigde tijd bepaald door het aantal mogelijkheden om te reageren. In de context van DDSS moet bijvoorbeeld een inschatting moet bijvoorbeeld gemaakt worden of het nodig is om te remmen, of dat simpelweg gas terugnemen ook voldoende is. En wellicht schat de vrachtautochauffeur in dat de remweg dusdanig lang is dat een stuurcorrectie een betere optie is of helemaal niets doen als er sprake is van een vals alarm. Deze mogelijkheden dragen zondermeer bij aan de duur van de reactietijd van de bestuurder.

Olsen concludeert dat de gemiddelde reactietijd in het verkeer 1,5 seconde is. Dit getal komt ook naar voren in ander onderzoek (Kampen van & Schoon, 1991; Kiefer, LeBlanc & Flannagan, 2005).

In Coley, Wesley, Reed en Parry (2008) wordt een aantal studies naar reactietijden van automobilisten met elkaar vergeleken. Het blijkt dat de reactietijden behoorlijk afhangen van de situatie zelf en zoals hierboven beschreven van de complexiteit van de situatie en de handelingsmogelijkheden. Onder andere wordt een studie beschreven van

Edwards waarin de reactietijd van een bestuurder gemeten wordt (in een simulator) waarbij de bestuurder een kruispunt oprijdt, rechtsaf wil slaan en er ineens een voetganger voor de auto oversteekt. De reactietijd bleek in dit geval afhankelijk te zijn van de leeftijd van de bestuurder: voor jonge bestuurders is het 0,97 seconden, voor oudere bestuurders 1,44 seconde.

Een aantal factoren kan invloed hebben op de reactietijd van de vrachtautochauffeur in reactie op een signaal van een DDSS. Het signaal kan in een andere modaliteit aangeboden worden dan de overige signalen uit het verkeer. De detectie van een dergelijk signaal is daardoor minder complex, al kan er wel interferentie plaatsvinden tussen verschillende modaliteiten. Daarbij is het de vraag of de vrachtautochauffeur een keuze aan verschillende reacties heeft. Als hij alle vertrouwen in het systeem heeft, zal hij niet hoeven kiezen en altijd remmen in reactie op het signaal. Echter, heeft hij dat niet, door bijvoorbeeld te veel valse alarmen, dan zal de reactietijd toenemen.

Als de vrachtautochauffeur blind op het signaal van de DDSS vertrouwt en dus gelijk reageert, zonder te checken waarom het signaal gegeven wordt, is de reactietijd korter dan de hierboven beschreven 1,5 seconde. Heeft de vrachtautochauffeur minder vertrouwen in het systeem, dan zal 1,5 seconde een realistische schatting kunnen zijn.

7.4 Conclusie

Uit de literatuur blijkt dat de betrouwbaarheid van een systeem essentieel is voor de acceptatie van een systeem door de chauffeur. Daarnaast heeft de betrouwbaarheid invloed op de reactietijd van de vrachtautochauffeur. Deze betrouwbaarheid wordt uitgedrukt in het aantal valse alarmen en missers. In termen van missers wordt er weinig over detectiesystemen gesproken in de literatuur. Wel wordt er meestal een gebied gedefinieerd waarbinnen bepaalde systemen betrouwbaar kunnen detecteren. In deze studies gaat het dan meer over de omvang van dit gebied dan om de betrouwbaarheid zelf.

Ook zijn er weinig kwantitatieve gegevens bekend over de maximale vals alarm ratio die een detectiesysteem mag hebben. Het enkele rapport dat wel kwantitatieve criteria geeft, heeft deze gebaseerd op meningen van experts. Deze rapporten hebben hoge eisen aan het systeem: maximaal rond de 2% valse alarmen.

Van de meeste systemen wordt de vals alarm ratio gedefinieerd als het aantal valse alarmen gedeeld door het aantal treffers. Er zijn echter onderzoekers die deze ratio geen goede maat vinden. Vooralsnog zijn de criteria voor valse alarmen en missers vooral gebaseerd op de meningen van experts.

8 Ex ante veiligheidsanalyse van (O)DDSS

In hoofdstuk 3 is het OWI-model besproken. Met dit model kan het gedrag van verschillende verkeersdeelnemers beschreven worden. Dit om te ontdekken waar het bij dodehoek ongevallen precies mis gaat. Met de verkeersveiligheidsanalyse uit dit hoofdstuk zal aan de hand van het OWI-model voor de Nederlandse dodehoek ongevallen van 2006 en 2007 bekeken worden wat er bij deze ongevallen mis is gegaan. Daarnaast is in dit rapport een aantal voorwaarden beschreven waaraan een DDSS of ODDSS zou moeten voldoen. In deze analyse is voor de dodehoek ongevallen ingeschat of deze voorkomen hadden kunnen worden als een vrachtauto uitgerust was geweest met een informerend (DDSS) dan wel ondersteunend systeem (ODDSS). Aangezien een DDSS van informerend naar waarschuwend (ODDSS) over zal gaan als een verkeerssituatie kritiek wordt, is er per ongeval nagegaan wanneer de situatie ook daadwerkelijk kritiek werd.

Als een vrachtautochauffeur blind zou vertrouwen op zijn ODDSS, dan zal hij als er een waarschuwend signaal gegeven wordt, zo snel mogelijk remmen. Als dit niet het geval is, dan zal hij willen weten waarom het signaal gegeven wordt voordat hij remt. Hierbij is het dus van belang dat de vrachtautochauffeur in de kritieke situatie de kwetsbare verkeersdeelnemer ook daadwerkelijk kan zien in een spiegel of op een monitor. Daarom is tijdens de analyse extra aandacht besteed aan het zicht op de fietser voor de botsing als de situatie al wel kritiek is, maar remmen eventueel nog zinvol is.

8.1 Werkwijze

Uit alle processen verbaal (pv's) van de jaren 2006 en 2007 van dodehoek ongevallen die bij de SWOV aanwezig zijn (53)⁶, zijn die pv's geselecteerd die een VOA-pv (een pv waarbij uitgebreid technisch politieonderzoek is gedaan) en/of een verhoor-pv (een pv met daarin de verhoren door de politie van betrokkenen en eventueel getuigen) bevatten. Dit waren er in totaal 37. Deze pv's zijn bestudeerd aan de hand van een aantal vragen:

- 1 Wat was de situatieschets van het ongeval (wat was bijvoorbeeld het botspunt op de vrachtauto)?
- 2 In welke fase van het proces zijn er volgens het OWI-model zaken mis gelopen, voor zowel de vrachtautochauffeur als de fietser?
- 3 Was de vrachtautochauffeur in staat de fietser te zien vlak voor het botsmoment?
- 4 Wanneer werd de situatie als kritiek werd gezien?
- 5 Had een informerend of waarschuwend signaal aan de vrachtautochauffeur of fietser in deze situatie het ongeval had kunnen voorkomen? Dit om vast te kunnen stellen wanneer een DDSS van een informatief systeem over zou moeten stappen op een waarschuwend systeem.

8.1.1 Template

Voor de uitvoering van de analyse is een schema met vragen opgezet. Hierin staat een aantal standaard vragen waarnaar in de pv's gezocht diende te worden. Dit schema is aan het rapport toegevoegd (zie bijlage B). De eerste vragen gingen over algemene beschrijvingen van het ongeval en de letselernst van het slachtoffer. Daarna werd ingegaan op het OWI-model. Per 'hokje' van het model worden vragen geformuleerd

⁶ Dit zijn de pv's van dodehoekongevallen met doden of ziekenhuisgewonden die ten tijde van het onderzoek in 2008 bij Stichting Processen Verbaal aanwezig waren.

die hier betrekking op hebben; eerst een overzicht voor de vrachtautochauffeur, daarna voor de fietser. Op de laatste pagina van Bijlage B worden de bevindingen betreffende het OWI-model samengevat en nog een aantal vragen gesteld over het botspunt, het zicht op de fietser een fractie voor de botsing en iets langer daarvoor, alsmede vragen over het mogelijk nut van signalering van de vrachtautochauffeur in deze situatie en als laatste wanneer er nou precies sprake is van een kritieke situatie. De inschattingen over het nut van een signaal aan de fietser werd gebaseerd op de informatie in het overzicht van de fietser.

8.1.2 *Uitvoering*

Er zijn vijf pv's aan de hand van het schema bestudeerd. Vervolgens is besproken of op deze manier antwoorden op onze vragen te verwachten waren. Naar aanleiding van dit gesprek is het schema aangepast. Hierna zijn alle pv's aan de hand van het vernieuwde schema door één persoon bestudeerd. Aangezien het inschatten van het zicht net voor de botsing en het mogelijk nut van een DDSS of ODDSS toch een inschatting blijft, is steekproefsgewijs door een tweede beoordelaar naar de bestudeerde pv's gekeken.

Er zijn na overleg enkele aanpassingen aan de inschattingen gemaakt.

Afhankelijk van de aanwezigheid van informatiebronnen hebben we van de pv's de vragen kunnen beantwoorden. We hebben zoveel mogelijk informatie uit objectieve bronnen als foto's van een VOA-pv gehaald. Echter, deze informatie was niet altijd aanwezig. Ook waren er vragen waarop aan de hand van objectieve bronnen geen antwoord te vinden is, zoals de waarneming van de verkeersdeelnemers. In deze gevallen zijn we uitgegaan van de informatie die uit verhoren te halen was.

Daarbij moet aangetekend worden dat dit subjectieve informatie is die verzameld is met een ander doel dan dit onderzoek.

8.2 **Resultaten**

8.2.1 *Factoren die bijdragen aan dode hoek ongevallen volgens het OWI-model*

Voor de vrachtautochauffeur en de fietser hebben we apart gekeken welke factoren binnen het OWI-model ertoe bijgedragen hebben dat het ongeval ontstond. Als er in het pv geen verhoor aanwezig was en er geen andere aanwijzing was in het pv, dan is het als onbekend opgegeven. Als er een verhoor aanwezig was, maar in het verhoor geen aanwijzingen waren voor een specifieke factor, dan is de factor perceptie genomen aangezien dan vaak een opmerking gemaakt werd in de trant van: 'Ik heb volgens mij alles goed gedaan, maar heb de fietser niet gezien'. Dit heeft met name betrekking op de vrachtautochauffeurs. In principe hebben alle vrachtautochauffeurs die de fietsers niet hebben gezien een verkeerd wereldbeeld (zie OWI-model, Figuur 8). Op het moment dat er in het pv aanwijzingen waren dat er iets anders aan de hand was dan puur de waarneming van de vrachtautochauffeur (bijvoorbeeld de taak of werklast), dan is die andere factor opgeschreven. Dit hoeft natuurlijk niet te betekenen dat de factor perceptie geen enkele rol heeft gespeeld. Maar veelal was hierover geen informatie beschikbaar, waardoor perceptie voor dergelijke ongevallen niet meegenomen kon worden.

De vrachtautochauffeur

De factor in onze selectie die het vaakst bijgedragen lijkt te hebben aan de dode hoek ongevallen was de factor 'voertuigkenmerken'. Dit waren dan het verkeerd afstellen van de spiegels, het niet aanwezig zijn van spiegels of zichtbelemmerende spullen op het dashboard. Dit is 13 keer genoemd in de 37 pv's. Daarnaast is "taak" met tien keer

het vaakst genoemd. Dit betekent dat de taak die de vrachtautochauffeur op dat moment had complex was. Dit kan te maken hebben met de drukte van het verkeer, een lastige manoeuvre, of het zoeken naar de weg. In tabel 7 zijn de frequenties gegeven.

De fietser

Voor de fietser is in een groot aantal gevallen de bijdragende factor "onbekend" (18 keer). Dit omdat het slachtoffer vaak te zeer verwond was om verhoord te worden, of was overleden (16 van de ongevallen). Daarnaast zijn de twee factoren die het vaakst genoemd zijn "kenmerken van de bestuurder" (11 keer) en "beslissing" (10 keer). Onder kenmerken van de bestuurder vallen meestal de leeftijd (zeer jong of juist oud) maar ook het onder invloed zijn van alcohol. Met beslissing wordt bedoeld dat de fietser de vrachtauto wel gezien heeft, maar gedacht had dat hij wel voorrang zou krijgen: dit is dus een verkeerde interpretatie van het wereldbeeld. In tabel 7 zijn ook de frequenties voor de fietsers weergegeven.

Tabel 7 Het aantal keer dat voor een betrokkene van een dode hoek ongeval een factor van het OWI-model bijgedragen heeft aan het ontstaan van het ongeval.

OWI-factor	Vrachtautochauffeur	Fietser
Omgeving	3	0
Voertuigkenmerken	13	0
Taak	10	1
Perceptie/aandacht	5	0
Werklast	2	1
Kenmerken bestuurder	1	11
Beslissing	4	10
Onbekend	6	18

8.2.2 *Het botspunt en zichtvelden vlak voor de botsing*

De pv's die bestudeerd zijn, komen uit 2006 en 2007. Dit betekent dat de ongevallen hebben plaatsgevonden voordat voor nieuwe vrachtauto verplicht werd een voorzichtspegel te hebben en voordat het gebied dat de trottoirspiegel dient te bestrijken vergroot werd.

Het botspunt

In de huidige selectie van pv's is het meest voorkomende botspunt de voorzijde van de vrachtauto (15 keer). Daarna komt de rechterzijde van de voorkant (veelal echt op de hoek van de vrachtauto) het meeste voor (11 keer), gevolgd door de rechter zijkant (7 keer). In een aantal gevallen was het botspunt onbekend (4). Dit blijkt veelal uit de foto's van de Verkeersongevallenanalyse (VOA), uit beschrijvingen van betrokkenen of de situatieschets.

De aanwezigheid en afstelling van de spiegels

Bij 25 van de betrokken vrachtauto's waren de wettelijk verplichtte spiegels aan de rechter kant van de vrachtauto (de buitenspiegel, breedtespiegel, dodehoekspiegel en trottoirspiegel) aanwezig en voldoende afgesteld⁷. Bij 7 van de betrokken vrachtauto's waren deze spiegels wel aanwezig maar niet goed afgesteld; 2 keer kwam het voor dat er geen dodehoekspiegel aanwezig was (waarvan vrachtauto uit Polen, waar deze

⁷ Bij een enkele vrachtauto was er een camera in plaats van een dodehoekspiegel aanwezig.

spiegel ook niet verplicht is). Van 3 vrachtauto's is niet bekend welke spiegels er aanwezig waren en of ze goed waren afgesteld.

Was de fietser te zien vlak voor de botsing?

Allereerst dient gezegd te worden dat de antwoorden op de vraag of de vrachtautochauffeur de fietser heeft kunnen zien een inschatting is naar aanleiding van de gegevens van de pv's. Dit is een inschatting van de onderzoeker en is dus geen exact gegeven. Deze vraag is opgedeeld in twee delen. De eerste vraag gaat over het zicht van de vrachtautochauffeur op de fietser tijdens de botsing, dus het moment dat de fietser voor het eerst in aanraking komt met de vrachtauto. Dit punt is in de meeste pv's goed gedefinieerd, dus de posities van de twee botspartners zijn veelal bekend. Tezamen met kennis over de spiegelconfiguratie van de vrachtauto kan met redelijke zekerheid worden vastgesteld of de fietser voor de vrachtautochauffeur zichtbaar was op dat moment. Echter, op dit moment is het al te laat om in te grijpen om het ongeval te voorkomen. Daarvoor zijn gegevens over het zicht vlak voor de botsing nodig. Dit is de tweede vraag. Voor deze inschatting is gereconstrueerd hoe de twee botspartners zich vlak voor het ongeval ten opzichte van elkaar hebben bewogen en of de fietser de tijdsperiode vlak voor de botsing zichtbaar was. Echter, vaak is niet precies bekend hoe de botspartners ten opzichte van elkaar bewogen. Daarom is deze inschatting van het zicht als de situatie kritiek is, maar het ongeval nog wel voorkomen zou kunnen worden, minder betrouwbaar.

Op het moment waarop de fietsers in aanraking kwamen met de vrachtauto waren de meeste slachtoffers niet (12 keer) of waarschijnlijk niet (8 keer) te zien. Acht van de slachtoffers zou met de beschreven spiegelconfiguratie wel (of waarschijnlijk wel) te zien moeten zijn geweest ten tijde van de botsing. Deze frequenties zijn weergegeven in tabel 8.

De tweede vraag betrof het moment vlak voor de botsing, waar de situatie al wel kritiek was, maar een remactie van de vrachtautochauffeur of fietser het ongeval wellicht nog had kunnen voorkomen. Ingeschat is dat in dit stadium de meeste fietsers wel (7) of waarschijnlijk wel (13) zichtbaar waren voor de vrachtautochauffeur. Voor een grote groep ongevallen is dit onbekend (11 keer), vaak doordat het botspunt en/of de manoeuvre van de fietser niet bekend was. Ook deze frequenties zijn afgebeeld in Tabel 8. In deze tabel is ook zichtbaar dat het zichtveld vlak voor de botsing met minder zekerheid kan worden vastgesteld dan daarvoor.

Tabel 8 Het aantal ongevallen waarbij de vrachtautochauffeur de fietser in de kritieke situatie en tijdens de botsing wel, waarschijnlijk wel, waarschijnlijk niet of niet kon zien.

Antwoord	Zicht in kritieke situatie	Zicht tijdens botsing
Ja	7	7
Waarschijnlijk wel	13	1
Waarschijnlijk niet	5	8
Nee	1	17
Onbekend	11	4
Totaal	37	37

8.2.3 Wanneer wordt de situatie kritiek

Met een kritieke situatie wordt een situatie bedoeld waarin er duidelijk gevaar is voor een botsing. Een dergelijke situatie kan zich op verschillende manieren manifesteren. Tijdens het bestuderen van de pv's werd duidelijk dat er vier verschillende manieren zijn waarop dode hoek situaties kritiek kunnen worden.

1. De klassieke dode hoek situatie. Hierbij bewegen beide voertuigen in dezelfde richting, de fietser rechts naast de vrachtauto. Het kan zijn dat ze beiden of één van beide van stilstand optrekt. De situatie wordt kritiek op het moment dat de wielen van de vrachtauto naar rechts indraaien terwijl de fietser zich in dezelfde richting blijft voortbewegen als daarvoor. Karakteristiek voor deze situatie is dat de fietser al langere tijd in de dode hoek zone van de vrachtauto aanwezig is en de beoogde manoeuvre van de vrachtauto de situatie kritiek maakt. Van de 37 bestudeerde pv's waren er 16 situaties die op deze manier kritiek werden.
2. De klassieke dode hoek situatie op een rotonde. De vrachtauto slaat rechtsaf, en ziet daarbij de fietser, die de rotonde blijft volgen, over het hoofd. Het verschil met de vorige situatie is dat de manoeuvres van de vrachtauto en de fietser niet eenduidig zijn. Daarbij zijn er verschillen in de afstand tussen fietser en vrachtauto waardoor de fietser niet altijd al geruime tijd langs de vrachtauto aan het rijden is. In de selectie van 37 ongevallen waren vijf situaties op deze manier kritiek.
3. De kruisende paden. Bij dit type ongeval rijdt de fietser in een andere richting van de vrachtauto. Vaak komt deze situatie voor als een vrachtauto een voorrangspad kruist. Het kan ook voorkomen als fietsers van het trottoir af komen of van een bushalte of iets dergelijks. Als de fietser binnen het bereik van het waarschuwingssysteem komt, zal de situatie vrijwel gelijk kritiek zijn. Dit kwam in de huidige selectie acht keer voor.
4. De draai van de vrachtauto. Een aantal ongevallen is ontstaan doordat een fietser stil stond en door de flank van de vrachtauto werd geraakt. In deze situatie bevond de fietser zich dus in de draai van de vrachtauto. Het lijkt dat fietsers zich vaak niet realiseren dat de achterwielen van de vrachtauto een kleinere draaicirkel maken dan de voorste wielen, waardoor ze denken op een veilig punt stil te staan waar dit niet veilig is. Dit was bij vijf ongevallen kritiek.

Bij drie van de pv's was te weinig informatie over het botspunt en/of de manoeuvre van de fietser om hier uitspraken over te kunnen doen.

De eerste drie manieren komen overeen met de drie situaties van dodehoekongevallen uit Hoofdstuk 2. Echter bij deze opsomming gaat het over gebeurtenissen die bepalen wanneer een situatie nou echt gevaarlijk wordt

8.2.4 *Het nut van een DDSS of ODDSS*

Een eenvoudig DDSS zal alleen de vrachtautochauffeur informeren als er zich een fietser rechts naast of voor de vrachtauto bevindt, onafhankelijk of deze fietser gevaar loopt. Een ODDSS is een ondersteunend systeem waarbij het informerende systeem is uitgebreid met een indringend signaal dat de chauffeur waarschuwt als de situatie kritiek wordt. Een kritieke situatie kan zich, zoals hierboven is beschreven, op een aantal manieren manifesteren. Hier gaan we er vanuit dat op het moment dat de situatie kritiek wordt, de vrachtautochauffeur (en/of ook de fietser) een signaal krijgt. Er is ingeschat of het bij de onderhavige ongevallen zinvol was geweest om de vrachtautochauffeur door middel van een DDSS alleen te informeren en of het een meerwaarde had gehad als de vrachtautochauffeur ook gewaarschuwd zou zijn toen de situatie kritiek werd. Dit werd vervolgens ook voor het signaleren van de fietser uitgezocht.

Signaleren aan de vrachtautochauffeur

Om inschattingen te maken of het signaleren aan de vrachtautochauffeur zou hebben bijgedragen aan het voorkomen van de ongevallen, is een aantal aannames gemaakt:

1. Het informerende signaal wordt door de vrachtautochauffeur waargenomen, maar niet als vervelend ervaren
2. Het waarschuwend signaal is voldoende indringend dat het de aandacht trekt als de vrachtautochauffeur met een andere (deel)taak bezig is
3. Het waarschuwend signaal wordt op het moment gegeven dat de vrachtautochauffeur ook daadwerkelijk nog tijd heeft om te remmen.

De gegevens in deze paragraaf zijn inschattingen van een onderzoeker. De onderzoeker heeft deze inschattingen gemaakt aan de hand van de situatieschets en een aantal vragen over de situatie: Had de vrachtautochauffeur de fietser gezien voordat de situatie kritiek werd? Had de vrachtautochauffeur de fietser kunnen zien met de aanwezige zichtveld verbeterende middelen? Waren er andere kwetsbare verkeersdeelnemers aanwezig? Wat was het gedrag van deze verkeersdeelnemers (konden zij de vrachtautochauffeur op het verkeerde been zetten)? Zoals eerder aangegeven is steekproefsgewijs gekeken of de inschattingen van de onderzoeker door een tweede beoordelaar onderstreept werden. Ook bij twijfel werd deze tweede onderzoeker geraadpleegd.

In 25 van de ongevallen bleek dat de vrachtautochauffeur de fietser ook echt niet had gezien, en had wellicht met een informerend signaal aan de vrachtautochauffeur het ongeval voorkomen kunnen worden. Eén ongeval had misschien voorkomen kunnen worden door een informerend systeem als de vrachtautochauffeur in staat was geweest om de aanwezigheid van de fietser te checken in de spiegels. In dit geval was het slachtoffer waarschijnlijk niet te zien voor de vrachtautochauffeur en waren er andere (stilstaande) fietsers aanwezig die het informerende signaal hadden kunnen verklaren. Zeven ongevallen waren volgens de onderzoeker niet of waarschijnlijk niet te voorkomen geweest met een informerend systeem. Dit kwam bij vijf van deze ongevallen doordat de fietser van een onverwachte of andere hoek dan rechts naast de vrachtauto kwam aangereden en de situatie op het moment dat de fietser in het detectiegebied van de vrachtauto kwam gelijk kritiek was. Bij de overige twee ongevallen kwam het doordat de vrachtautochauffeur dacht dat de fietser ook rechtsaf zou slaan of dat de vrachtautochauffeur per ongeluk door een rood licht reed en daarbij een fietspad kruiste (de fietsers hadden groen licht, bevonden zich in het detectiegebied, maar waren dat ook geweest als ze stil hadden gestaan voor het verkeerslicht). In Tabel 9 zijn de frequenties weergegeven van het aantal keren dat ingeschat is dat een informatief systeem een ongeval had kunnen voorkomen. Als aangenomen wordt dat een waarschuwend signaal de vrachtautochauffeur voldoende tijd geeft om te stoppen, dan zal elk ongeval voorkomen moeten kunnen worden. Echter zo ideaal zal het nooit werken. Een belangrijke constatering is dat bij een waarschuwend signaal de vrachtautochauffeur waarschijnlijk niet automatisch zal remmen.

De vrachtautochauffeur zal waarschijnlijk behoefte hebben om de gevaarlijke situatie zelf waar te nemen. Het is daarbij van belang dat de fietser te zien is voor de vrachtautochauffeur. In 18 ongevallen bleek dat de vrachtautochauffeur de fietser (waarschijnlijk) wel had kunnen zien en door te remmen het ongeval had moeten kunnen voorkomen. Echter, in 13 ongevallen was er in de kritieke situatie geen zicht op de fietser. Een bolle trottoirspiegel en/of voorzicht spiegel zou hier uitkomst bij kunnen bieden. Een belangrijke opmerking is dat een dergelijk ideaal signaleringssysteem in de meeste gevallen het ongeval mogelijk had kunnen voorkomen. Er waren 6 ongevallen waarbij er te weinig bekend was over de manoeuvre en positie van één of beide betrokkenen om er een uitspraak over te doen. Deze frequenties zijn weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 Hoeveel ongevallen hadden mogelijk voorkomen kunnen worden als er een informerend of waarschuwend signaal aan de vrachtautochauffeur gegeven was?

	Informerend signaal	Waarschuwend signaal
Ja	25	6
Waarschijnlijk wel	0	12
Als er voldoende zicht was geweest wel	1	13
Waarschijnlijk niet	1	0
Nee	6	0
Onbekend	4	6
Totaal	37	37

Het signaleren van de fietser

Op eenzelfde manier als hierboven beschreven, is gekeken naar de kennis van de fietser op het moment vlak voor de botsing. Was hij zich bewust van de aanwezigheid van de vrachtauto? Wist hij wat de beoogde manoeuvre van de vrachtauto was? Had hij het ongeval kunnen voorkomen? Aan de hand van de antwoorden op deze vragen is een inschatting gemaakt over het nut van informatie aan de fietser op het moment dat de situatie kritiek werd.

Over het gedrag van de fietsers die betrokken zijn bij de ongevallen is minder bekend dan over het gedrag van de vrachtautochauffeurs. Dit komt doordat bij 16 van de 37 ongevallen de fietser is overleden en er van een aantal andere ongevallen geen verhoor bij de fietser afgenomen was. Deze frequenties zijn in Tabel 10 weergegeven.

Van de ongevallen waarvan we wel informatie over de fietser hebben, blijkt dat het grootste deel wel de vrachtauto (naast zich) heeft gezien voor het ongeval (14 in totaal). Hiervan hadden drie fietsers gezien dat de vrachtauto rechtsaf wilde slaan, vier fietsers hadden dit niet gezien, van de overige slachtoffers is het onbekend of ze gezien hadden dat de vrachtauto af wilde slaan.

Het informeren van de fietser over de aanwezigheid van de vrachtauto links naast de fietser zal waarschijnlijk voor deze ongevallen, 14 in totaal, niet zinvol geweest zijn. Dit doordat deze fietsers zich bewust waren van de aanwezigheid van de vrachtauto. Er was één ongeval waarbij de fietser de vrachtauto niet gezien heeft. Als deze fietser een signaal had gekregen, en daarop goed had gereageerd, had het ongeval voorkomen kunnen worden. Van de overige 22 ongevallen is niet bekend of een informatief systeem het ongeval had kunnen voorkomen door de fietser te waarschuwen.

Een waarschuwend systeem lijkt zinvoller. Van de 14 ongevallen waarvan we voldoende informatie hebben over de kennis of het gedrag van de fietser lijken maar vijf fietsers niet of waarschijnlijk niet gebaat geweest te zijn bij een waarschuwing van de vrachtautochauffeur dat er zich een kritieke situatie voordoet. Twee ongevallen betroffen kinderen die gevallen waren of niet meer weg konden toen de situatie kritiek werd. Bij de drie andere ongevallen waren fietsers betrokken die pas erg kort voor de botsing in het detectiegebied van het systeem zouden zijn geweest. De overige 9 fietsers, hadden het ongeval mogelijk kunnen voorkomen als ze alert gereageerd hadden op een waarschuwend signaal. Bij deze ongevallen zijn er een aantal waarbij de fietser aangegeven had dat ze te laat zagen dat de vrachtauto naar rechts ging. De vraag is echter of een fietser alert zal reageren op een waarschuwend signaal van een vrachtauto.

Tabel 10 Hoeveel ongevallen hadden mogelijk voorkomen kunnen worden als er een informerend of waarschuwend signaal aan de fietser gegeven was?

	Informerend signaal	Waarschuwend signaal
Ja, afhankelijk van reactie	1	9
Waarschijnlijk niet	0	3
Nee	14	2
Onbekend	22	23
Totaal	37	37

8.3 Discussie en conclusies

Uit de analyse van de factoren die bijgedragen hebben aan het ontstaan van de 37 bestudeerde dode hoek ongevallen, blijkt dat voor de vrachtautochauffeur de factoren die het vaakst genoemd werden de voertuigkenmerken of de taakbelasting waren. Vaak is het zicht niet voldoende doordat de spiegels niet goed zijn afgesteld of doordat er zaken op het dashboard het zicht belemmeren. Het leek erop dat in het merendeel van de ongevallen de fietser als de situatie kritiek werd (waarschijnlijk) niet zichtbaar was voor de vrachtautochauffeur. Vaak is de taak ingewikkeld doordat chauffeurs in smalle straten moeten manoeuvreren of doordat er veel ander verkeer is waar rekening mee gehouden moet worden. Voor de fietsers lijken de verklarende factoren meer te liggen op het gebied van eigenschappen van de bestuurder, de leeftijd en alcoholgebruik, en de interpretatie van het beeld van de situatie die ze hebben opgebouwd op basis waarvan een verkeerde beslissing genomen is. Hiermee wordt bedoeld dat de fietsers vaak dachten voorrang te krijgen of dachten dat de vrachtauto rechtdoor zou rijden.

Een systeem dat de vrachtautochauffeur op een niet te indringende manier informeert dat er zich fietsers naast het voertuig bevinden zou wellicht tweederde van de bestudeerde ongevallen opgevangen kunnen hebben. Er blijven echter ongevallen waarvoor een dergelijk systeem niet toereikend zal zijn. Dit zijn ongevallen waarbij fietsers uit een andere richting dan de vrachtauto komen, of een voor de vrachtautochauffeur onverwachte manoeuvre uitvoeren. Een waarschuwend systeem kan in deze gevallen waarschijnlijk uitkomst bieden. Aangenomen wordt daarbij wel dat het waarschuwende signaal komt op het moment dat de vrachtautochauffeur nog tijd heeft om te remmen. Van belang lijkt te zijn dat de vrachtautochauffeur de kans heeft om te kunnen zien wat het signaal veroorzaakt. Dit betekent dat een ODDSS geïmplementeerd zal moeten worden met zichtverbeterende systemen als een voorzichts spiegel of bijvoorbeeld een bolle spiegel. Dit is een interessante vraag voor een field operational test: zal een vrachtautochauffeur reageren op een signaal als hij de oorzaak van de waarschuwing zelf niet kan zien?

Het informeren van de fietser lijkt minder effectief te zijn, hiermee wordt enkel het informeren van de aanwezigheid van de vrachtauto bedoeld. Het waarschuwen van de fietser dat een vrachtauto rechtsaf wil slaan zou daarentegen wel effectief kunnen zijn als ervan uitgegaan wordt dat een fietser adequaat reageert op het signaal. De vraag is echter of we dit van fietsers kunnen vragen. Twijfels bestaan hierover aangezien alle fietser dan moeten weten hoe ze op het signaal moeten reageren, en dit ook daadwerkelijk doen. Dit zal dan een omvangrijke voorlichtingscampagne met zich meebrengen. Daarbij zullen alle vrachtauto's voorzien moeten worden van een dergelijk systeem. De fietser heeft immers geleerd dat een signaal betekent dat de vrachtauto rechtsaf slaat. Een niet signalerende vrachtauto zal een fietser gaan associëren met een rechtdoor rijdende vrachtauto. Een vrachtauto zonder signalering is in een dergelijke

situatie extra gevaarlijk voor fietsers. Daarbij is het de vraag of fietsers altijd op tijd kunnen reageren als ze het signaal horen. Het is, als een fietser met twee benen aan twee kanten van zijn fiets staat niet gemakkelijk om snel achteruit of zijwaarts te bewegen als er een signaal klinkt dat betekent dat hij op een gevaarlijke plek staat.

Het signaleren van de fietser is hierdoor niet een eenvoudige oplossing.

Bij de analyse van de kritieke situaties bleek al snel dat er een beperkt aantal mogelijkheden zijn waardoor een kritieke situatie voor een dode hoek ongeval ontstaat.

Dit is belangrijk voor het ontwerp van een systeem dat de kritieke situatie moet kunnen herkennen. Een systeem dat een waarschuwing geeft enkel als de wielen ingedraaid zijn, zal waarschijnlijk niet alle dode hoek ongevallen kunnen voorkomen daar er ook kritieke situaties zijn waarbij de situatie al kritiek is als de wielen nog niet ingedraaid zijn. Deze analyse heeft geen aanknopingspunten opgeleverd of de signalering auditief, visueel of wellicht haptisch moet worden aangeboden.

9 Conclusies

Deze rapportage maakt onderdeel uit van een onderzoek, in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, waarin de dode hoek problematiek (de specifieke situaties en de interactie tussen verkeersdeelnemers) wordt geïnventariseerd en de mogelijkheden van detectie en de gewenste vervolgacties worden gedefinieerd. Het gaat hierbij vooral om het vergaren van kennis. Kennis over zowel de gedragscomponent van de chauffeur en de kwetsbare verkeersdeelnemers in deze situatie, als van innovatieve detectie en signaleringssystemen als van de interactie tussen systemen, chauffeur en de omgeving.

Uit de literatuurstudie blijkt dat in binnen- en buitenland aandacht is voor de dode hoek problematiek door middel van onderzoek en ontwikkeling. Nederland loopt hierbij zeker niet achter.

Uit documenten voor de rijopleiding en specifieke taakanalyses blijkt dat de rechts afslaan manoeuvre voor een vrachtautochauffeur een complexe taak is met een hoge werklast. Het gaat hier alleen nog over de officiële normatieve taakeisen en niet hoe een vrachtautochauffeur daadwerkelijk rijdt, hetgeen nog veel complexer kan zijn.

Voor deze complexe interactie tussen omgeving en weggebruikers is een conceptueel model ontwikkeld op basis van een aantal bestaande modellen die de informatieverwerking en taakbelasting van chauffeurs weergeven. Geen van deze modellen was precies bruikbaar voor het doel van het huidige onderzoek: een conceptueel model dat inzicht kan verschaffen in de factoren die een rol (kunnen) spelen bij een dode hoek situatie. Daarom zijn uit de verschillende bestaande modellen elementen samengebracht die van toepassing zijn bij de te nemen acties van verkeersdeelnemers. Dit heeft geresulteerd in het Omgeving Weggebruiker Interactie (OWI) model. Centraal in het model staat de aandacht die een weggebruiker geeft aan de situatie op de weg en het subjectieve wereldbeeld dat hij op basis daarvan opbouwt van deze situatie. Op basis van dit wereldbeeld worden beslissingen genomen.

Het model is goed toepasbaar voor het beoordelen van dode hoek detectie en signaleringssystemen (DDSS) en eventuele beleidsmaatregelen omdat het inzicht geeft in de rol hiervan in dit (omgeving, weggebruiker interactie -) proces. Op een kwalitatieve manier worden hiermee de mogelijke effecten beredeneerd en is aangegeven waar systemen mogelijk kunnen werken.

Op basis van het OWI model zijn de volgende kwalitatieve criteria opgesteld waaraan een DDSS zou moeten voldoen:

- 1 Het systeem moet de zwakke verkeersdeelnemer in de dode hoek goed detecteren.
- 2 Het systeem mag de werklast van de chauffeur niet verhogen.
- 3 De informatie over zwakke verkeersdeelnemers in de dode hoek moet duidelijk waarneembaar zijn.
- 4 Een Ondersteunende DDSS (ODDSS) moet een goed onderscheid maken tussen kritieke en niet kritieke situaties.
- 5 Een ODDSS dat waarschuwt moet op tijd waarschuwen zodat de chauffeur de tijd heeft om te reageren.
- 6 Een ODDSS dat ingrijpt doet dit alleen in zeer tijds-kritieke situaties en brengt dan de vrachtauto tot stilstand.
- 7 De waarschuwing van een ODDSS moet wezenlijk anders zijn dan de manier waarop de chauffeur geïnformeerd wordt.

Er zijn en komen meerdere technieken beschikbaar die extra detectie- en signaleringsmogelijkheden opleveren. Er is geen literatuur of onderzoek bekend dat objectief aantoont dat deze systemen inderdaad op een betrouwbare manier signaleren aan de chauffeur of andere verkeersdeelnemer en dat ze een positief effect hebben op de veiligheid in dode hoek situaties. Dit sluit niet uit dat de systemen aan deze eisen voldoen, het is alleen nog niet aangetoond via onderzoek.

Uit de analyse van de factoren die bijgedragen hebben aan het ontstaan van de 37 bestudeerde dode hoek ongevallen, bleek dat voor de vrachtautochauffeur de factoren die het vaakst genoemd werden de voertuigkenmerken of de taakbelasting waren. Vaak is het zicht niet voldoende doordat de spiegels niet goed zijn afgesteld of doordat er zaken op het dashboard het zicht belemmeren. Een systeem dat de vrachtautochauffeur op een niet te indringende manier informeert dat er zich fietsers naast het voertuig bevinden zou een groot deel van de bestudeerde ongevallen op kunnen vangen. Er blijven echter ongevallen waarvoor een dergelijk systeem niet toereikend zal zijn. Dit zijn ongevallen waarbij fietsers uit een andere richting dan de vrachtauto komen, of een voor de vrachtautochauffeur onverwachte manoeuvre uitvoeren. Een waarschuwend systeem zou in deze gevallen uitkomst kunnen bieden. Van belang is dat de vrachtautochauffeur de kans heeft om te kunnen zien wat het signaal veroorzaakt. Bij de analyse van de kritieke situaties bleek dat er een beperkt aantal mogelijkheden zijn waardoor een kritieke situatie voor een dode hoek ongeval ontstaat. Dit is belangrijk voor het ontwerp van een systeem dat de kritieke situatie moet kunnen herkennen. Een systeem dat een waarschuwing geeft enkel als de wielen ingedraaid zijn, zal waarschijnlijk niet alle dode hoek ongevallen kunnen voorkomen daar er ook kritieke situaties zijn waarbij de situatie al kritiek is als de wielen nog niet ingedraaid zijn.

Een verdere kwantitatieve analyse vereist een verdere verdieping naar betrouwbaarheidsperceptie en acceptatie voor zowel waarschuwen als ingrijpen. Afhankelijk van de situatie is er een evenwicht tussen het aantal valse alarmen (er wordt gewaarschuwd, maar er is niets aan de hand) en het aantal missers (er wordt niet gewaarschuwd, terwijl er wel een gevaarlijke situatie is). Het is bekend dat acceptatie en daarmee het gebruik van detectie- en signaleringssystemen sterk afhangt van de frequentie van deze vals alarmen en missers.

Daarnaast is het zinvol een kwantitatieve plaats – tijd analyse te doen door middel van simulaties resulterend in wat de minimale afstand en tijd is waarop gewaarschuwd moet worden om een mogelijk ongeval te voorkomen. Hierdoor wordt duidelijk wat de zogenaamde “operational envelope” is van een DDSS: de beschikbare tijd om betrouwbaar te kunnen signaleren of wellicht direct in te grijpen om een ongeval te kunnen voorkomen.

10 Referenties

- Akkermans, L. (2009). *Technische hulpmiddelen ter voorkoming van dodehoekongevallen bij vrachtwagens: Literatuurstudie*. BIVV, Observatorium voor de Verkeersveiligheid, Brussel.
- Blitterswijk, M.C., van & Verstappen, C.G.C.P. (2005). *Rijopleiding in stappen*. Verjo bv., Sint-Michielsgestel.
- BOVAG-VAN, et al. (2005a). *Rijprocedure B*. VERJO verkeers- en vervoersmiddelen bv, Sint-Michielsgestel.
- BOVAG-VAN, et al. (2005b). *Rijprocedure C*. VERJO Verkeers- en vervoersleermiddelen bv, Sint-Michielsgestel.
- Campbell, J.L., Richard, C.M., Brown, J.L. & McCallum, M. (2007). *Crash warning system interfaces: human factors insights and lessons learned*. National Highway Traffic Safety Administration, Washington.
- Chan, C.Y., Bu, F. & Shladover, S. (2006). *Experimental vehicle platform for pedestrian detection*. California PATH Program, Berkeley.
- Coley, G., Wesley, A., Reed, N. & Parry, I. (2008). *Driver reaction times to familiar but unexpected events*. Transport Research Laboratory, Berkshire.
- Connekt, Buck Consultants & TNO (2009). *Anti-ongevallensystemen voor vrachtauto's: grootschalige praktijkproef met het oog op vermindering ongevallen, meer veiligheid en een positief effect op doorstroming*. Connekt, Delft.
- Cummings, M.L., Kilgore, R.M., Wang, E., Tijerina, L., & Kochbar, D.S. (2007). *Effects of single versus multiple warnings on driver performance*. In: Human Factors, vol. 49, nr. 6, p. 1097-1106.
- De Waard, D. (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- DHV (2009). *Vrachtautochauffeurs en de dode hoek: Aandacht voor de dode hoek in opleiding, examinering en nascholing*. DHV b.v., Amersfoort.
- Flannagan, M.J., & Sivak, M. (2003). *Framing effects on distance perception in rear-vision displays*. In SAE Special Publication, SP-1787: lighting technology. USA, Warrendale: SAE International, pg 33-40.
- Fuller, R. (2005). *Towards a general theory of driver behaviour*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 37, p. 461-472.
- Fuller, R. (2008). *Driver Training and Assessment: Implications of the Task-Difficulty Homeostasis Model*. In: L., D. (red.), Driver Behaviour and Training. Volume 3. Ashgate Publishing Limited, Hampshire.
- GoudappelCoffeng & AVV (2002). *Voertuigdetectie: wensen en mogelijkheden*. Goudappel Coffeng, Deventer.
- Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (2010). *Reliability of drivers in urban intersections*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 42, p. 225-234.
- Hackney, R.S. (2010). *Performance assessment of a side object detection system*. In: Jurgen, R.K. (red.), Object detection, collision warning and avoidance systems. Volume 2. SAE International, Warrendale.
- Hancock, P.A., et al. (1990). *Driver workload during differing driving maneuvers*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 22, nr. 3, p. 281-290.
- Heijden, A.H.C. van der (1992). *Selective attention in vision*. London: Routledge

- Houtenbos, M. (2008). *Expecting the unexpected*. Proefschrift Technische Universiteit Delft, Delft.
- HVU (2006). *Ulykker mellem højresvingende lastbiler og ligeudkørende cyklister*. HVU, Denmark.
- Kampen van, L.T.B. & Schoon, C.C. (1991). *De invloed van kortere remtijden op de verkeersveiligheid: beschouwingen over een gecombineerd gas- en rempedaal*. R-91-21. SWOV, Leidschendam.
- Katteler, H. (2003). *Acceptance of lane departure warning assistance (LDWA) systems: final report*. TNO, Soesterberg.
- Leser, H., Icke, S. & Komoll, O. (2006). *Right-turning trucks and cyclists*. Paper gepresenteerd op Symposium Safety of Commercial Vehicles, 12-13 oktober, Neumünster.
- Kiefer, R., LeBlanc, D., Palmer, M., Salinger, J., Deering, R., & Shulman, M. (1999). *Development and validation of functional definitions and evaluation procedures for collision warning/avoidance systems: final report*. National Highway Traffic Safety Administration, Washington.
- Kiefer, R.J., LeBlanc, D.J. & Flannagan, C.A. (2005). Developing an inverse time-to-collision crash alert timing approach based on drivers' last-second braking and steering judgments. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 37, p. 295-303.
- Korse, M.J., Schermers, G., Radewalt, N.M.D., Hoog de, A., & Alkim, T. (2003). *Op koers!? Resultaten van de proef met het Lane Departure Warning Assistant systeem*. Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Den Haag.
- Liu, Y. & Özgüner, Ü. (2007). *Human driver model and driver decision making for intersection driving*. Paper gepresenteerd op IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 13-15 June, Istanbul, Turkey.
- Martensen, H. (2009). *Themarapport vrachtwagenongevallen: Ongevallen met minstens één vrachtwagen 2000-2007*. BIVV, Observatorium voor de Verkeersveiligheid, Brussel.
- Mathern, B., Bonnard, A. & Tattegrain, H. (2009). *Method of driving assistance system design to improve human-vehicle interactions and safety technologies developments for trucks*. LESCOT/INRETS, France.
- Mazzae, E.N. & Garrott, W.R. (1995). *Human Performance Evaluation of Heavy Truck Object Detection Systems*. Society of Automotive Engineers, Warrendale.
- Miura, T. (1985). *Coping with situational demands: a study of eye movements and peripheral vision performance*. In: Gale, A.G., et al. (red.), *Vision in vehicles*. Volume 1, Nottingham, North-Holland, p. 205-216.
- Miura, T. (1990). *Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting*. In: Groner, R., d'Ydewalle, G. & Parham, R. (red.), *From eye to mind: Information acquisition in perception, action, and reading*. North-Holland, Amsterdam.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. London: Academic Press Limited.
- Niewöhner, W., Berg, F.A. & Nicklisch, F. (2005a). *Innerortsunfälle mit rechts abbiegenden Lastkraftwagen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern: Teil 1*. In: *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, vol. 43, nr. 7/8, p. 175-182.
- Niewöhner, W., Berg, F.A. & Nicklisch, F. (2005b). *Innerortsunfälle mit rechts abbiegenden Lastkraftwagen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern: Teil 2*. In: *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, vol. 43, nr. 10, p. 239-244.
- Niewöhner, W., Berg, F.A. & Nicklisch, F. (2005c). *Innerortsunfälle mit rechts abbiegenden Lastkraftwagen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern: Teil 3*. In: *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, vol. 43, nr. 11, p. 270-274.
- Ozel, F. (2001). Time pressure and stress as a factor during emergency egress. *Safety Science*. 38 (2): 95-107.

- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Richard, C.M., Campbell, J.L., & Brown, J.L. (2006). *Task Analysis of Intersection Driving Scenarios: Information Processing Bottlenecks* (Report No.FHWA-HRT-06-033). McClean, (VS): Office of Safety Research and Development Federal Highway Administration
- Roelofs, E. & Vissers, J. (2009). *Brondocument WRM-examen categorie B: Theorie van de rijtaak (theorietoets 1)*. IBKI, Nieuwegein.
- Ruff, T.M. (2001). *Monitoring Blind spots: a major concern for haul trucks*. NIOSH: spokane Research Laboratory, Spokane.
- Schoon, C.C. (2006). *Problematiek rechtsafslaannde vrachtauto's*. R-2006-2. SWOV, Leidschendam.
- Schoon, C.C., Doumen, M.J.A. & de Bruin, D. (2008). *De toedracht van dodehoekongevallen en maatregelen voor de korte en lange termijn*. R-2008-11A. SWOV, Leidschendam.
- SWOV (2009). *Dodehoekongevallen*. SWOV-Factsheet.
- Takemoto, M., Kosaka, H., Noda, M., Nishitani, H., Uechi, M., Sasaki, K. (2007). Wat causes dangerous driving behaviors when entering a non-signalized intersection? - Extracting inner factors and constructing a driver model -. *Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*.
- Tardif, L.P., Bergeron J., & Paquette, M. (2004). *Déploiement d'un système sti d'aide à la conduite pour les chauffeurs d'autobus scolaires*. Transport Canada, Ottawa.
- Transport Canada (2009). *Comparison of low speed backing aids: final project report*. Transport Canada, Ottawa.
- Waard, D, de (1996). *The Measurement of Drivers' Mental Workload* (PhD thesis). Groningen: Traffic Research Centre
- Wegman, F. & Aarts, L. (red.) (2005). *Door met Duurzaam Veilig; Nationale verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 2005-2020*. 1 ed. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Wierwille, W., et al. (1992). *Heavy vehicle driver workload assessment Task 4: Review of workload and relates research*. NHTSA, Virginia.

11 Ondertekening

Soesterberg, augustus 2010



ir. G. Sluijsmans
Afdelingshoofd

TNO Defensie en Veiligheid



dr. D.M. Hoedemaeker
Auteur

A Overzicht van systemen en leveranciers

Type	Benaming		Leverancier	Web link
Spiegels	DOBLI	Vaak voor een bepaald type voertuig	Groot Jebbink	http://www.grootjebink.org/producten/mobiele-veiligheid/dodehoekspiegels/
	BuZi	frontzicht	Bimex	http://www.reverseinsafety.co.uk/products/product_types/mirrors/1/nameascending/catalogue.html
	B.D.S		Amtech Supplies	http://www.bimexautomotive.com/
	Towispick	rechts-voor	Blaser Visio Systems (CH)	http://www.amtechsupplies.nl/bds-mirror.html http://www.blaserwbc.ch/pdf/do_towi2000_d_090108.pdf
Camera	PathFindIR	Infrarood,warmtebeeld	Groot Jebbink	http://www.grootjebink.org/producten/camerasystemen/pathfindir-warmtebeeld-camerasysteem/
	Bimex	zij- en achterzicht	Bimex	http://www.bimexautomotive.com/
	Orlaco	front- zij- en achterzicht	Orlaco	http://www.orldaco.nl/bedrijfsvoertuigen-trucks.htm#Combinatie front- en achterzicht
	VZ 207W Pro zijcamera	Infrarode verlichting	van Zwitserland	http://www.vanzwitserland.nl/pro-achteruitrijcamera-set
	VOD	infrarode verlichting	van Zwitserland	http://www.vanzwitserland.nl/pro-achteruitrijcamera-set
	thermoelectric infrared	Stereo camera's deelsysteem	Vislab, Parma University Italie	http://vislab.it/Products/view/43/VOD
Ultrasoon geluid			Nissan	file:///Nissan_Thermoelectric_InfraRed.pdf
		Diverse soorten	Carvision	http://www.carvision.nl/index.php?option=com_virtuemart&Itemid=211
	Perlex	detecteert biomassa	(Nog) niet op de markt	http://www.ttm.nl/nieuws/id26838-perlex-scant-alleen-biomassa-in-de-dode-hoek.html
	MAN Turn-off Assistant		MAN Nutzfahrzeuge Group	http://www.mn.man.de/en/Innovation_and_Competence/Applied_safety/Turn-offassistant/Turn-off_assistant.jsp
Radar	???	in jan/feb 2010	Brigade	http://www.reverseinsafety.co.uk/
	Greensight	achteruitrijden ???	Groeneveld-group	http://www.groeneveld-group.com/index.php?id=125
Radar	LexGuard	Zie ook Perlex	Intertruck Benelux BV	meerdere dealers zie: http://www.lexguard.nl/
	NPAS	10GHz, biomassa	Tomar Europa	http://www.tomar.com
	DEVURO	nog in ontwikkeling	TU Eindhoven	file:///DEVURO-ValGrant-final1okt09.pdf

	PROTECTOR	EU Onderzoeksproject		
Laser Lidar	Volvo XC60			http://www.autozine.nl/text/687.html
Fresnel	TruckView® Fresnel	Formaat A4;1 mm dik	Alenia Optics Ltd, Southampton, UK	http://www.truckview.net/ http://www.truckview.net/VOSAsFresnelReport.pdf
Bolle spiegel	Trixi	Als bij sommige uitritten en kruisingen	???	http://www.gotogo.nl/BSMweb/documents/verkeerskunde0307.pdf http://www.toter-winkel.hcpy.de/7_0.html
Anders	LISA 2	Geeft alleen geluidssignalen	Bimex Brigade	http://www.buzi.nl/inhoud/bimexautomotive/Lisa/Onderzoeksresultaten.php http://www.reverseinsafety.co.uk/

B Schema met vragen voor de verkeersveiligheidsanalyse

Nummer ongeval:

Algemene informatie

1. Situatieschets (positie vrachtauto en fietser, botspunt vrachtauto)

.....

2. Letsel van de fietser

.....

Nummer ongeval:

Welke informatie willen we verzamelen over de vrachtautochauffeur

Nr	Vrachtautochauffeur	
1	Omgeving Hoe snel reed de vrachtautochauffeur? Waren er buiten het voertuig zaken die zicht beperkten? Aantal fietsers, gedrag van de fietsers?	
2	Voertuigkenmerken Hoe was het zicht? Aanwezigheid dodehoekspiegel/bolle breedtespiegel, trottoirspiegel en voorzichtspegel (of camera)? Waren de spiegels goed afgesteld? Waren er binnen het voertuig zaken die zicht beperkten?	
3	Taak Waren er meer fietsers op het kruispunt? Was het een druk kruispunt op dat moment? Hoe was het verkeer geregeld op het kruispunt? (als VRI, aparte fase voor fietsers?) Aanwezigheid vrijliggend fietspad, fietsstrook en/of OFOS? Vertrok de vrachtautochauffeur vanuit stilstand?	
4	Werklast Was de vrachtautochauffeur iets anders aan het doen? Zo ja, wat?	
5	Perceptie/aandacht Heeft de vrachtautochauffeur de fietser gezien?	

6	Kenmerken bestuurder lange termijn Staat van de vrachtautochauffeur? Bekend in buurt Bekend met voertuig Rijervaring	
7	Kenmerken bestuurder korte termijn Staat van de vrachtautochauffeur? Moe Gehaast Gestrest Lang onderweg Onder invloed van alcohol of drugs	
8	Evaluatie/beslissing Wanneer zag de vrachtautochauffeur de fietser voor het eerst/dat het gevaarlijk was?	
9	Actie Heeft de vrachtautochauffeur geremd?	

Nummer ongeval:

Welke informatie willen we verzamelen over de fietser

Nr	Fietser	
1	Omgeving	
2	Voertuigkenmerken Gebreken aan fiets?	
3	Taak Vertrok de fietser vanuit stilstand? Beschrijving gedrag fietser Wilde de fietser nog net voor de vrachtauto langs? Wist de fietser dat de vrachtauto rechtsaf wilde slaan? En hoe wist hij dat? Stond knipperlicht van de vrachtauto aan?	
4	Werklast Was de fietser iets anders aan het doen? Zo ja, wat?	
5	Perceptie/aandacht Heeft de fietser de vrachtauto gezien?	

6	Kenmerken bestuurder lange termijn Rijvaardigheid van de fietser? Leeftijd en geslacht fietser Bekend in buurt Bekend met voertuig Rijervaring	
7	Kenmerken bestuurder korte termijn Staat van de fietser? Moe Gehaast Gestrest Lang onderweg Onder invloed van alcohol of drugs	
8	Evaluatie/beslissing Wanneer zag de fietser de vrachtauto voor het eerst/dat het gevaarlijk was? Reed de fietser alleen of in een groep?	
9	Actie Heeft de fietser geremd of een andere actie ondernomen om het ongeval te voorkomen?	

Conclusies

Waar liggen de problemen volgens het OWI model?

.....

Wat was het botspunt?

....

Als er een waarschuwend signaal was geweest, had de vrachtautochauffeur de fietser dan kunnen zien?

....

Zou alleen een informerend systeem dit ongeval hebben kunnen voorkomen?

...

Zou een waarschuwend systeem dit ongeval hebben kunnen voorkomen?

...

Wanneer werd de situatie kritiek?

...

Distributielijst

Onderstaande instanties/personen ontvangen een volledig exemplaar van het rapport.

5 ex	Connekt de heer H. Wagter
2 ex	SWOV M. Doumen, mede-auteur C. Schoon
2 ex	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg Archief
6 ex	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg dr. D.M. Hoedemaeker dr. M. de Goede ir. J.H. Hogema dr. R.F.T. Brouwer A. Wennemers ir. G. Sluijsmans