

'Duurzaam veilig' en gedragseffecten

Prof. Dr. J.A. Rothengatter

'Duurzaam veilig' en gedragseffecten

Inventarisatie en selectie van methoden en variabelen

R-98-59

Prof. Dr. J.A. Rothengatter

Leidschendam, 1999

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Documentbeschrijving

Rapportnummer: R-98-59
Titel: 'Duurzaam veilig' en gedragseffecten
Ondertitel: Inventarisatie en selectie van methoden en variabelen
Auteur(s): Prof. Dr. J.A. Rothengatter
Onderzoeksmanager: Dr. M.P. Hagenzieker
Projectnummer SWOV: 55.280
Projectcode opdrachtgever: PRDVL 98.025
Opdrachtgever: Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Adviesdienst Verkeer en Vervoer

Trefwoord(en): Perception, behaviour, road user, highway design, environment, road network, layout, urban area, rural area, Netherlands.

Projectinhoud: In het kader van het meerjarenonderzoek 'Duurzaam-veilige wegomgeving en gedrag' wordt in dit rapport verslag gedaan van de selectie van relevante gedragingen en de uitwerking van de onderzoeksopzet voor de verschillende deelonderzoeken naar het effect van een duurzaam-veilige wegomgeving op het gedrag (activiteit 2a).

Aantal pagina's: 32 blz.
Prijs: f 20,-
Uitgave: SWOV, Leidschendam, 1999

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 1090
2260 BB Leidschendam
Telefoon 070-3209323
Telefax 070-3201261

Samenvatting

In het kader van het raamwerk meerjarenplan fundamenteel onderzoek 'Duurzaam-veilige wegomgeving en verkeersgedrag' wordt een aantal onderzoeken voorzien om het effect van een duurzaam-veilig wegontwerp op het verkeersgedrag te bepalen. Uitgangspunt daarbij is, dat een duurzaam-veilig ontwerp onbedoeld gebruik van de wegomgeving, grote snelheids- en richtingsverschillen en onzeker verkeersgedrag moet voorkomen.

In dit rapport, dat verslag doet van activiteit 2a van het meerjarenplan, worden allereerst de relaties tussen een duurzaam-veilig wegontwerp en het verkeersgedrag, zoals oorspronkelijk in de uitgangspunten beschreven, samengevat. Tevens is geïnventariseerd in hoeverre evaluatiestudies, die uitgevoerd zijn in het kader van praktijkproeven, aanwijzingen leveren over de relatie tussen gedragsparameters en ongevallen. Vervolgens wordt aangegeven, dat het onderzoek zal worden gericht op gebiedsontsluitingswegen binnen en buiten de bebouwde kom. Wegvakken en kruispunten zullen daarbij afzonderlijk worden onderzocht.

In het onderzoek worden drie complementaire onderzoeksmethoden voorzien. Statische observatie van het gedrag wordt uitgevoerd om ruwe indicaties van het gedrag van grote aantallen verkeersdeelnemers te verkrijgen. Dit onderzoek is vooral gericht op de invloed van de wegomgeving op de homogeniteit van het gedrag.

Dynamische gedragsregistratie, waarbij gebruik wordt gemaakt van een geïnstrumenteerde auto, wordt uitgevoerd om van individuele verkeersdeelnemers gedetailleerde gedragsgegevens te verzamelen. Dit onderzoek is vooral gericht op de functionele aspecten en richt zich daarom ook op visueel zoekgedrag en mentale belasting.

Deze twee onderzoeksmethoden worden toegepast in veldstudies waarbij gebruik gemaakt gaat worden van locaties die conform de principes en de tot nog toe geformuleerde specificaties van 'duurzaam veilig' worden ingericht. De derde onderzoeksmethode, het simulatoronderzoek, zal worden toegepast om varianten in een niet gerealiseerde duurzaam-veilige vormgeving te onderzoeken. Het zal zich vooral richten op vormgevingsprincipes die in de veldstudies tot onbedoeld gedrag blijken te leiden, en op wegcategorieën die niet in de veldstudies onderzocht worden.

In het onderzoek zullen functionele parameters en gedragsparameters worden gemeten. De *functionele parameters* - zoals visueel zoekgedrag - zijn indicatoren voor de herkenbaarheid van de wegomgeving en voor de voorspelbaarheid van het wegverloop en het gedrag van andere verkeersdeelnemers. Onder *gedragsparameters* wordt verstaan alle observeerbare gedragingen van de verschillende categorieën weggebruikers en de afgeleiden daarvan zoals indices voor interacties tussen categorieën weggebruikers. De ontwerpen en vormgevingen die in het veldonderzoek tot ongewenst gedrag aanleiding blijken te kunnen geven zullen in het simulatoronderzoek nader worden bestudeerd. In het simulatoronderzoek zullen verschillende varianten worden getoetst om te bepalen welke variant optimaal het gewenste gedrag bewerkstelligt.

Summary

Sustainable safety and road user behaviour

Within the framework of the long-term plan for fundamental research "Sustainable safety environment and road user behaviour" several studies are planned to determine the effects of a sustainable safe road environment on road user behaviour. Starting point is that sustainable safe design should prevent unintended use of the road environment, large speed and directional differences, and uncertain road user behaviour.

This report, that gives account of activity 2a of the long-term plan, firstly summarizes the relations between sustainable safe road design and road user behaviour, as these were described in the original basis document. Furthermore, an inventory was made of the extent to which the evaluation studies carried out in the framework of demonstration projects provide indications concerning the relationships between behavioural parameters and accidents. The report subsequently outlines that the anticipated studies will focus on through-roads inside and outside built-up areas. Road stretches and intersections will be studied separately.

Three complementary research methods are anticipated. Static observation of the behaviour is carried out to obtain rough indications of the behaviour of large samples of road users. These studies are primarily aimed at investigating the effects of the road environment on the homogeneity of the behaviour.

Dynamic behaviour registration, using an instrumented vehicle, is being carried out to collect detailed behavioural data of individual drivers. This research is primarily aimed at the study of functional aspects and in particular, visual search and mental load.

These two research methods are used in field studies at locations that are designed according to the principles and formulated specifications of sustainable safe design. The third method, simulator research, will be used to study not yet been realised variations in sustainable-safe design. It will focus principally on design principles in the field studies that a) appear to result in unintended behaviour and b) on road categories not yet studied.

The studies will include measurements of both functional and behavioural parameters. The *functional parameters* – such as visual search – are indicators of the recognizability of the road environment and of the predictability of the road course, the behaviour of other road users and their derivatives such as indexes for interactions between the categories of road user. The *behavioural parameters* include all observable behaviour of the different categories of road users. The road design that appears to lead to undesired behaviour will be studied in more detail in the simulator. This research can determine which variations stimulate the required behaviour.

Inhoud

1.	<i>Inleiding</i>	6
2.	<i>Achtergronden</i>	8
2.1.	Uitgangspunten duurzaam-veilig wegverkeer	8
2.2.	Resultaten praktijkproeven	9
2.3.	Herkenning van duurzaam-veilige wegcategorieën	11
2.4.	Conclusies	12
3.	<i>Definities onderzoekslocatie</i>	14
3.1.	Wegvakken buiten de bebouwde kom	14
3.2.	Kruispunten buiten de bebouwde kom	15
3.3.	Wegvakken binnen de bebouwde kom	16
3.4.	Kruispunten binnen de bebouwde kom	16
4.	<i>Relevante variabelen</i>	18
4.1.	Algemeen	18
4.2.	Locatiekeuze	18
4.3.	Overige onafhankelijke variabelen	19
4.3.1.	Leeftijd en ervaring	19
4.3.2.	Geslacht	19
4.3.3.	Licht- en weersomstandigheden	19
4.4.	Relevante gedragsmaten	20
4.4.1.	Functionele parameters	20
4.4.2.	Gedragsparameters	22
5.	<i>Onderzoeksdesign</i>	26
5.1.	Parametersselectie voor dynamisch veldonderzoek (activiteit 2c en 2e)	27
5.2.	Parametersselectie voor statisch veldonderzoek (activiteit 2b en 2d)	28
5.3.	Parametersselectie voor simulatoronderzoek (activiteit 2f)	28
6.	<i>Slotopmerkingen</i>	30
	<i>Literatuur</i>	31

1. Inleiding

In het kader van het meerjaren onderzoek 'Duurzaam-veilige wegomgeving en verkeersgedrag' (zie Hagenzieker et al., 1998) wordt in dit rapport verslag gedaan van de selectie van relevante gedragingen en de uitwerking van de onderzoeksopzet voor de verschillende deelonderzoeken naar het effect van een duurzaam-veilige wegomgeving op het gedrag (activiteit 2a).

In het onderzoek staan twee vragen centraal:

- Verandert het daadwerkelijke gedrag van weggebruikers als gevolg van een duurzaam-veilige wegomgeving?
- Verandert het daadwerkelijke gedrag in overeenstemming met de gedachtegang over een duurzaam-veilige vormgeving en gebruik?

In het onderzoek worden drie complementaire onderzoeksmethoden voorzien. Statische observatie van het gedrag wordt uitgevoerd om ruwe indicaties van het gedrag van grote aantallen verkeersdeelnemers te verkrijgen. Dit onderzoek is vooral gericht op de invloed van de wegomgeving op de homogeniteit van het gedrag. Dynamische gedragsregistratie, waarbij gebruik gemaakt wordt van een geïnstrumenteerde auto, wordt uitgevoerd om van individuele verkeersdeelnemers gedetailleerde gedragsgegevens te verzamelen. Dit onderzoek is vooral gericht op de functionele aspecten en richt zich daarom ook op visueel zoekgedrag en mentale belasting. Deze twee onderzoeksmethoden worden toegepast in veldstudies waarbij gebruik gemaakt gaat worden van locaties die conform de principes en tot nog toe bekende specificaties van 'duurzaam veilig' worden ingericht.

Het simulatoronderzoek zal worden toegepast om varianten in niet gerealiseerde duurzaam-veilige vormgeving te onderzoeken. Het zal zich vooral richten op vormgevingsprincipes die in de veldstudies tot onbedoeld gedrag blijken te leiden, en op wegcategorieën die niet in de veldstudies onderzocht worden.

Eerst wordt kort ingegaan op de geformuleerde uitgangspunten van een duurzaam-veilig verkeerssysteem en de categorieën van fouten en foutenbronnen die daarbij kunnen optreden. Daarna wordt een aantal uitgevoerde praktijkproeven gescreend op de uitgevoerde gedragsmetingen, de relaties binnen de gedragsmaten en de relaties tussen de gedragsmaten en ongevallen.

In het onderzoek wordt voor de statische observatie en de dynamische registratie de nadruk gelegd op gebiedsontsluitingswegen, omdat voor deze categorie op voorhand problemen verwacht kunnen worden en zich gedragsveranderingen kunnen voordoen die nog nauwelijks zijn onderzocht. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de wegvakken met overwegend een stroomfunctie en kruispunten met een uitwisselfunctie, aangezien de gedragsvereisten en de mogelijkheden tot het optreden van onbedoeld gedrag aanmerkelijk verschillen. Er wordt ook een onderscheid gemaakt tussen locaties binnen en buiten de bebouwde kom omdat enerzijds het ontwerp verschilt (bijvoorbeeld de mogelijke aanwezigheid van fietsstroken) en anderzijds de gedragsvereisten

verschillen (bijvoorbeeld vereiste snelheidsreducties bij de nadering van uitwisselpunten).

In de te meten variabelen wordt overeenkomstig de geformuleerde uitgangspunten een onderscheid gemaakt tussen functionele parameters en gedragsparameters. Functionele parameters zijn van belang voor het identificeren van foutenbronnen; gedragsparameters voor het meten van optreden van fouten en van onbedoeld gedrag.

Ten slotte wordt het onderzoeksontwerp beschreven. Er wordt uitgegaan van een design met voor- en nametingen op heringerichte wegen en controlewegen voor de veldstudies. Voor het simulatoronderzoek wordt een eenvoudiger ontwerp voorgesteld, omdat dit onderzoek op het beoordelen van verschillende ontwerpvarianten is gericht.

2. Achtergronden

In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de uitgangspunten van een duurzaam-veilig verkeerssysteem en de consequenties daarvan voor verkeersgedrag en de fouten die daarbij kunnen optreden. Daarna worden enige praktijkproeven gescreend op de gedragsmetingen die in dat kader zijn verricht. Daarbij wordt met name ingegaan, voor zover bekend, op de relatie tussen de gedragseffecten en veiligheidseffecten. Ten slotte worden de vraagstellingen van het onderzoek herkenning duurzaam-veilige weg-categorieën kort beschreven.

2.1. Uitgangspunten duurzaam-veilig wegverkeer

Bij het ontwikkelen van een duurzaam-veilig verkeerssysteem is het centrale uitgangspunt dat de weginrichting rekening houdt met de beperkingen in het menselijk functioneren (zie Koorstra et al., 1992). Deze beperkingen komen tot uiting in het optreden van fouten. Fouten in de uitvoering van de verkeers-taak zijn op verschillende wijzen geïnclassificeerd. In de uitgangspunten werd van belang geacht:

- fouten op verschillende hiërarchische niveaus van de verkeerstaak (strategisch-tactisch-regelniveau);
- fouten op de verschillende taakuitvoeringsniveaus (kennis-regelvaardigheden);
- fouten in de informatieverwerking (waarnemings- en beoordelingsproces).

Er werden drie bronnen van fouten onderkend die door een duurzaam-veilige inrichting zouden moeten worden voorkomen. De eerste bron is die van het onbedoeld gebruik van de infrastructuur, die door eenduidige functiescheiding kan worden voorkomen. De tweede bron betreft ontmoetingen met hoge snelheids- en richtingsverschillen, hetgeen voorkomen kan worden door de separatie van verkeerssoorten en het uitsluiten van specifieke manoeuvres. De derde bron van fouten werd geacht te liggen in onzeker gedrag van verkeersdeelnemers. Deze bron zou voorkomen kunnen worden door de herkenbaarheid van de weg-categorieën te verhogen en door een eenduidige markering van overgangen tussen deze categorieën. Op grond daarvan werden de volgende veiligheidsprincipes geformuleerd (ibid., p. 80):

- voorkom onbedoeld gebruik van de infrastructuur;
- voorkom ontmoetingen met hoge snelheids- en richtingsverschillen;
- voorkom onzeker gedrag van verkeersdeelnemers.

In de uitgangspunten wordt gesteld, dat verwacht mag worden dat de problemen zich vooral zullen voordoen op gebiedsontsluitingswegen omdat daar menging van verkeerssoorten met hogere snelheidsverschillen kan plaatsvinden. Gebiedsontsluitingswegen hebben zowel een stroomfunctie op wegvakken als een uitwisselingsfunctie op de kruispunten. Daardoor zouden vooral op gebiedsontsluitingswegen een hoge taakbelasting en problemen in de taakuitvoering voor kunnen komen, waarbij oudere verkeersdeelnemers specifieke aandacht behoeven (ibid., p. 150 e.v.)

Er werd voorgesteld gebruik te maken van bestaande taakverrichtingsmodellen om na te gaan of de taakbelasting voor de verschillende groepen verkeersdeelnemers niet onaanvaardbaar hoog wordt. Met betrekking tot taakbelasting is "(...) onderscheid (te) maken tussen: *perceptuele belasting*, waaronder het beroep op aandachtverdeling; *mentale belasting*, waarbij het vooral gaat om de verwerking van informatie en het nemen van een adequate beslissing en *motorische belasting*, waarbij het vooral gaat om het uitvoeren van de noodzakelijke handelingen in het verkeer" (ibid., p. 150 e.v.).

Met name interacties - op kruispunten - tussen automobilisten, fietsers en voetgangers en de fouten die daarbij optreden vergen aandacht. Overigens wordt daarbij opgemerkt dat bij de inrichting rekening moet worden gehouden met de neiging van fietsers tot informeel, normafwijkend gedrag zodat er voor gezorgd moet worden, dat de situaties voor alle verkeersdeelnemers "eenduidig en gelijkgestemd interpreteerbaar zijn".

2.2. Resultaten praktijkproeven

Over de inrichting van gebiedsontsluitingswegen en erftoegangswegen en de effecten daarvan op het gedrag van verkeersdeelnemers bestaat nog weinig zekerheid. Voorbeelden van het type evaluatie dat momenteel beschikbaar is wordt gegeven door Van Minnen (1998), die een twintigtal experimenten op hun effecten heeft beschouwd. De beoordeelde experimenten betreffen wegvakken met dubbele asstreep; wegvakken met fiets(suggestie)stroken en wegvakken met ruwe asfaltstroken. Specifieke aandacht krijgen versmallingen en andere discontinuïteiten.

Uit het onderzoek van Van Minnen (1998) blijkt, dat de evaluatie van praktijkproeven, voor zover deze zich al om gedragseffecten bekommerd hebben, is toegespitst op rijbaanoverschrijdingen en snelheid. De resultaten van de praktijkproeven zijn allerm minst eenduidig. In vele gevallen blijken de effecten anders dan voorzien of blijken de relaties tussen de gedragsparameters en veiligheidsindices niet eenduidig. In proeven met fiets-(suggestie)stroken blijken subjectieve veiligheidsoordelen niet gerelateerd aan objectieve veiligheidsindices. In *Tabel 2.1.* is, ter illustratie, een overzicht gegeven van de gevonden effecten van enkele praktijkproeven met de maatregelen dubbele asmarkering, wegdek wijzigingen en fietsstroken.

Uit *Tabel 2.1.* blijkt dat de effecten van de praktijkproeven veelal onvolledig zijn geëvalueerd. Bovendien blijkt dat de relaties tussen gedragseffecten en ongevalsreducties verre van eenduidig zijn. In de praktijkproeven waar door middel van enquêtes de subjectieve veiligheid werd gemeten blijkt deze niet altijd overeen te komen met de objectieve veiligheid. Deze resultaten tonen de noodzaak aan om bij het uitvoeren van evaluatiestudies de gekozen gedragsmaten en functionele (subjectieve) maten direct aan te laten sluiten bij de doelstellingen van de genomen maatregelen en daarnaast een voldoende scala van maten te hanteren om onbedoelde neveneffecten te traceren en onverwachte resultaten te interpreteren.

Locatie	Snelheid	Laterale positie	Inhalen	Overschrijdingen	Ongevalsreductie
Dubbele asmarkering					
N210	?	?	?	< 1%	o
Wassenaar	?	?	?	1%	?
N712	o/-	+	?	2%	o
verl. A15	?	?	?	< 1%	?
N484	?	?	?	< 1%	?
N302	?	?	?	> 3%	?
N505	?	?	?	3% / < 1%	?
N58	+	?	+		o
N342	+	?	+		o
Ruw asfalt					
N353	o	+	?		+
N375	+	+	?		o/-
N379	+	+	?		+
N857	+	+	?		+
Fietsstroken				overschrijdingen fietsstrook	
Leidschendam	+			60%	-
N783	o	+		31%	+/o
N831	-	+			+

Tabel 2.1. *Praktijkproeven effecten varianten wegsoort (? = niet gemeten/niet bekend; - = negatief effect; o = geen aantoonbaar effect; + = positief effect). De waarnemingen zijn in het kader van de inventarisatie over een periode van 2 uur uitgevoerd.*

De praktijkproeven die niet in *Tabel 2.1.* zijn opgenomen betreffen:

- N304: terugbrengen 2 x 2 rijstroken tot 2 x 1 rijstrook
- N715: aanleg plateaus
- Andijk: reconstructie kruispunt
- 's Gravenzande: reconstructiekruispunt
- Andijk: aanpassing gedeelte wegdek
- Leidschendam: reconstructie dwarsprofiel
- Leidschendam: reconstructie aanbrengen middenberm

De praktijkproef op de N304 heeft slechts tot een geringe reductie in ongevallen geleid. Er is geen gedrag gemeten.

Voor de N715 zijn nog geen ongevalsgegevens na reconstructie bekend. Er is geen gedrag gemeten. Hetzelfde geldt voor de reconstructie in Andijk. Er zijn daar wel snelheden gemeten, maar deze zijn nog niet verwerkt.

De reconstructie in 's-Gravenzande (terugbrengen van drierijstroken naar een rijstrook, aanleg fietsstroken en aanleg rotondes) levert een zeer positief effect op de veiligheid. In welke mate de diverse maatregelen aan de verbetering

hebben bijgedragen vergt een diepgaandere analyse dan is uitgevoerd. Er is geen gedrag gemeten.

De aanpassing gedeelte wegdek in Andijk (het aanbrengen van grastegels om de snelheid te verlagen) is te gering van omvang om effect op ongevallen te kunnen bepalen. Er zijn echter ook geen snelheden gemeten.

De reconstructie dwarsprofiel in Leidschendam levert een toename van het aantal ongevallen. Verondersteld wordt dat dit toe te schrijven is aan een toename in intensiteit, maar er zijn geen tellingen verricht noch is er enig gedrag gemeten.

De reconstructie dwarsprofielen in Leidschendam is niet voorafgegaan door enig onderzoek.

Verdere 'duurzaam veilig'-projecten betreffen demonstratieprojecten in West-Zeeuws-Vlaanderen; Oosterbeek; Grubbenvorst en de Kop van Overijssel en voorbeeldprojecten in het Westland, Westfriesland en Oss (Janssen, 1998). Hierbij zijn tot op heden echter nog geen voor het onderhavige onderzoek relevante gedragseffecten gemeten. Dat is wel het geval in het project "scheidingen rijrichtingen rondweg Oostburg" dat in het kader van het demonstratieproject West-Zeeuws-Vlaanderen is uitgevoerd (Van de Pol & Janssen, 1998). Op de rondweg was aanvankelijk de rijbaanscheiding gerealiseerd door twee doorgetrokken strepen met een onderlinge afstand van 90 cm. Nadat bleek dat op de rondweg gevaarlijke (inhaal)manoeuvres met hoge snelheden plaatsvonden zijn op het noordelijke gedeelte strips tussen de doorgetrokken lijnen aangebracht en paaltjes op het zuidelijke gedeelte van de rondweg geplaatst. Uit het evaluatieonderzoek blijkt dat deze voorzieningen de waargenomen inhaalmanoeuvres volledig elimineren. Ook blijkt een aanzienlijke snelheidsreductie bereikt te zijn (4 km/uur). Op grond hiervan wordt aanbevolen dergelijke voorzieningen voor het scheiden van rijrichtingen op gebiedsontsluitende wegen experimenteel breder toe te passen. Wel dient het gedrag van motorrijders daarbij specifiek onderzocht te worden (Van de Pol & Janssen, 1998).

Samenvattend moet geconcludeerd worden dat het merendeel van deze praktijkproeven zonder uitvoerig onderzoek is uitgevoerd. Het onderzoek dat is uitgevoerd beperkt zich veelal tot ongevalsanalyses. In een niet onaanzienlijk aantal proeven zijn de resultaten niet overeenkomstig de verwachtingen. Door het ontbreken van gedragsmetingen is het niet duidelijk waar het succes of falen van de praktijkproeven aan toe te schrijven is. Ook is het niet goed mogelijk de resultaten van de praktijkproeven met positieve effecten (zoals de reconstructie in 's-Gravenzande) te generaliseren omdat het veelal een 'pakket' van maatregelen betreft. Het is ook waarschijnlijk dat de praktijkproeven zijn uitgevoerd op locaties die op grond van ongevalscijfers zijn geselecteerd. Controlelocaties met evenredige ongevalscijfers zijn in geen van de onderzoeken - met uitzondering van de proeven met ruw asfalt - betrokken. In hoeverre regressie-effecten de daling in ongevallen kunnen verklaren blijft dus onduidelijk.

2.3. Herkenning van duurzaam-veilige wegcategorieën

Uit diverse onderzoeken is gebleken dat weggebruikers de verkeersomgeving vaak op een andere manier ordenen en structureren dan volgens de huidige indeling van wegcategorieën. Een duurzaam-veilige inrichting gaat uit van een beperkt aantal categorieën wegen met een onderscheiden functie. Elk van de

categorieën vereist een ander weggedrag. Het is daarom van belang dat weggebruikers de onderscheiden categorieën snel en accuraat kunnen onderscheiden, daarop hun eigen gedrag kunnen afstemmen en daarop adequate verwachtingen ten aanzien van het verkeersgedrag van andere verkeersdeelnemers kunnen baseren.

De herkenbaarheid van de verschillende categorieën wordt momenteel experimenteel onderzocht aan de hand van een aantal kenmerken van vormgeving en inrichting (zie Van Schagen et al., 1999). Deze kenmerken zijn

- verhardingskleur;
- rijrichtingscheiding;
- kantmarkering;
- anti-stroommarkering en
- bermmarkering.

Daarbij wordt ook nagegaan welke invloed deze kenmerken hebben op de verwachtingspatronen van verkeersdeelnemers op wegen van de verschillende categorieën.

Uit het onderzoek blijkt o.a. dat in de categorisering weggebruikers gebruik maken van verschillende soorten wegmarkering. Hierdoor wordt met name het onderscheid tussen de twee typen gebiedsontsluitingswegen (GOW's) en de twee typen erftoegangswegen aanzienlijk verbeterd. De verwachtingen van weggebruikers blijken redelijk overeen te komen met wat voor de onderzochte ontwerpvarianten gold, met uitzondering van de mogelijke aanwezigheid van landbouwverkeer op 80 km/uur-GOW's en de niet-verwachte aanwezigheid van brommers op 50 km/uur-GOW's. Geschatte snelheden op de lagere categorieën blijken veelal te hoog, 50 km/uur-GOW's vormen daarbij een specifiek aandachtspunt (Janssen, Claessens & Muermans, 1999). De voor categorisering relevante kenmerken worden in het onderhavige onderzoek mede betrokken. De verwachtingen t.a.v. aanwezigheid langzaam verkeer en die t.a.v. snelheden vormen aandachtspunten. De resultaten zullen verder in het kader van het onderhavige onderzoek gebruikt worden om:

- de vormgeving van de locaties in de veldstudies te bepalen;
- de uitkomsten van de gedragsobservaties en registraties te interpreteren; en
- de opzet van het simulatoronderzoek naar varianten in vormgeving nader te specificeren.

2.4. Conclusies

De kernpunten van een duurzaam-veilig ontwerp zijn het voorkómen van onbedoeld gedrag, het voorkómen van grote snelheids- en richtingsverschillen en het voorkómen van onzeker gedrag als foutenbronnen. Verwacht wordt dat problemen zich vooral op gebiedsontsluitingswegen zullen voordoen omdat deze in feite een dubbele functie hebben (stroomfunctie op wegvakken en uitwisselfunctie op kruispunten) met de mogelijkheid dat grote snelheids- en richtingsverschillen optreden en problemen met herkenbaarheid en taakbelasting ontstaan. Deze zouden zich met name kunnen voordoen op de kruispunten bij de interactie tussen snel- en fietsverkeer. Voor bijvoorbeeld mogelijke conflicten tussen afslaand snelverkeer en doorgaand fietsverkeer is nog geen oplossing gevonden.

Op grond van de uitkomsten van diverse praktijkproeven kan geconcludeerd worden, dat tot nu toe nauwelijks pogingen zijn ondernomen om de gedragseffecten van een duurzaam-veilig ontwerp systematisch te onderzoeken. Het uitgevoerde onderzoek laat al wel zien dat onbedoelde effecten (i.c. snelheidsverhoging) daadwerkelijk kunnen optreden en dat de relaties binnen gedragseffecten en tussen gedrags- en veiligheidseffecten niet eenduidig zijn.

3. Definities onderzoekslocatie

Op grond van de in de voorgaande paragraaf getrokken conclusies zal het onderzoek worden gericht op gebiedsontsluitingswegen binnen en buiten de bebouwde kom. De gedragmogelijkheden en -vereisten op gebiedsontsluitingswegen verschillen sterk tussen de delen met een stroomfunctie (wegvakken) en de delen met een uitwisselfunctie (kruispunten). Deze zullen daarom worden onderscheiden. Dit levert vier typen onderzoekslocaties op (zie *Tabel 3.1.*). Voor elk van de onderscheiden typen zullen meerdere locaties in het onderzoek betrokken worden.

Gebiedsontsluitingswegen	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Wegvakken	x	x
Kruispunten	x	x

Tabel 3.1. *Onderscheiden typen onderzoekslocaties*

De inrichting van de locaties wordt voorzien overeenkomstig de operationele eisen zoals die gespecificeerd zijn in CROW-publicatie 116 (CROW, 1997). Deze inrichting zal zo uniform mogelijk moeten zijn om het vergelijken van de resultaten van de verschillende locaties en het generaliseren van de conclusie mogelijk te maken. Eventuele kleine variaties in inrichting tussen locaties binnen dezelfde categorie zullen geen deel van het onderzoek vormen. Een en ander vergt vroegtijdig overleg met de betrokken wegbeheerders om ervoor te zorgen dat voorziene vormgeving, planning van werkzaamheden en planning van onderzoeksactiviteiten kunnen worden afgestemd.

3.1. **Wegvakken buiten de bebouwde kom**

De inrichting van de wegvakken van gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom wordt gekenmerkt door:

- een snelheidslimiet van 80 km/uur;
- volledige markering in lengterichting;
- een rijbaanindeling van één rijbaan met twee rijstroken;
- pechvoorziening in berm of havens;
- een moeilijk overrijdbare rijrichtingscheiding;
- een sterke mate van vlakheid van verharding;
- de afwezigheid van overstekend verkeer;
- het parkeren in vakken en openbaar-vervoerhaltes in havens;
- een matige obstakelafstand;
- de afwezigheid van fietsers, bromfietsers en langzaam gemotoriseerd verkeer op de hoofdrijbaan;
- de afwezigheid van snelheidsremmers op de wegvakken.

De te selecteren onderzoekslocaties dienen aan bovenstaande operationele eisen te voldoen. Varianten op de standardeisen (bijvoorbeeld 2 x 2 rijstroken) vallen buiten het onderzoek.

3.2. Kruispunten buiten de bebouwde kom

Buiten de bebouwde kom kunnen gebiedsontsluitingswegen uitwisselen met stroomwegen, met andere gebiedsontsluitingswegen en met erftoegangswegen. Uitwisselpunten met ongelijksoortige wegcategorieën geven theoretisch de meeste problemen. Uitwisselpunten met stroomwegen worden echter ongelijkvloers uitgevoerd en zullen daarom weinig gedragsproblemen opleveren, hoewel dit bij sommige oplossingen - 'Haarlemmermeer' - niet a priori is uit te sluiten, tenzij de aansluiting met een dubbele rotonde (bril) wordt uitgevoerd. Uitwisselpunten met erftoegangswegen zijn gelijkvloers en worden gekenmerkt door een menging van verkeerssoorten omdat op erftoegangswegen fietsers, bromfietzers en langzaam gemotoriseerd verkeer op de rijbaan worden voorzien. Verkeer komende van erftoegangswegen zal mogelijk ook andere verwachtingen hebben dan het verkeer komende van de GOW's. Hier kunnen derhalve wel problemen verwacht worden en het onderzoek zal zich dan ook op dit type kruispunt richten.

In de inrichtingscriteria voor duurzaam-veilige wegen buiten de bebouwde kom (CROW, 1998) wordt gespecificeerd, dat bij de uitwisseling tussen gebiedsontsluitingswegen en erftoegangswegen een voorrangregeling en snelheidsremmers noodzakelijk zijn. Een gelijkvloers kruispunt met snelheidsbeperkende maatregelen kan een rotonde zijn of een gelijkvloers kruispunt met voorrang voor de gebiedsontsluitingsweg. In geval van een kruispunt wordt volgens de CROW de voorkeur gegeven aan een T-aansluiting boven een vier-taks kruispunt. In beide gevallen worden zowel op de erftoegangsweg als op de gebiedsontsluitingsweg snelheidsremmende maatregelen nodig geacht. Op beide wegen wordt dit gerealiseerd door plateaus vóór en na het kruispunt. Als er een fietspad langs de gebiedsontsluitingsweg loopt, worden de plateaus op de erftoegangsweg gecombineerd met de fietsoversteek. Op de gebiedsontsluitingsweg liggen de plateaus 50 tot 100 meter voor en na de kruising. Het effect van de plateaus op de gebiedsontsluitingsweg moet een halvering van de snelheid tot 40 km/uur zijn. Het effect van het plateau na het kruispunt is dat het verkeer na het eerste plateau niet zodanig gas geeft dat de snelheid op het kruisingsvlak weer ruim boven de 40 km/uur ligt.

Dat laat drie kruispuntvarianten toe:

- het vier-taks kruispunt;
- de T-aansluiting en
- de rotonde.

Hierover kunnen een aantal algemene opmerkingen gemaakt worden. Ten eerste is het twijfelachtig of het wenselijk is dat alle drie varianten worden toegepast, omdat dit afbreuk doet aan de voorspelbaarheid en herkenbaarheid van de uitwisseling en als gevolg daarvan, de eenduidigheid van het verkeersgedrag. Dit geldt met name met betrekking tot de voorziene plateaus die op een aanmerkelijke afstand (50-100 m) van het kruisingsvlak kunnen worden geplaatst.

Ten tweede, de voorziene snelheidswisselingen van 80 km/uur (op het wegvak) naar 40 km/uur (op het kruisingsvlak) is omvangrijk en zou zelfs negatieve gevolgen voor de veiligheid kunnen hebben. Het onderzoek zal zich om praktische redenen tot één van de varianten moeten beperken. Met betrekking tot de toepassing van rotondes is reeds enige ervaring opgedaan.

Dit geldt echter niet voor de voorgestelde inrichting van kruispunten en met name de daarbij voorziene snelheidsremmende maatregelen.

In het kader van het onderzoek is verder van belang dat T-splitsingen minder complex zullen zijn dan kruisingen en dat het daarom te verwachten valt dat er zich bij T-splitsingen minder problemen bij de uitwisselfunctie zullen voordoen dan mogelijk bij kruisingen het geval is.

Daarom is besloten het onderzoek toe te spitsen op vier-taks kruispunten met snelheidsremmers.

3.3. **Wegvakken binnen de bebouwde kom**

De inrichting van de wegvakgedeelten van gebiedsontsluitingswegen binnen de bebouwde kom wordt gekenmerkt door

- een snelheidslimiet van 70/50 km/uur;
- gedeeltelijke markering in lengterichting;
- een rijbaanindeling van één of meer rijbanen met twee of meer rijstroken;
- pechvoorziening in berm of havens;
- een overrijdbare rijrichtingscheiding;
- een sterke mate van vlakheid van verharding;
- geen overstekend verkeer;
- parkeren in vakken, openbaar-vervoerhaltes in havens;
- matige obstakelafstand;
- bromfietsen en langzaam gemotoriseerd verkeer op de rijbaan bij 50 km/uur;
- afwezigheid van fietsers op rijbaan (eventueel wel fietsstroken);
- soms snelheidsremmers.

De te selecteren onderzoekslocaties dienen aan de bovenstaande operationele eisen te voldoen. Varianten op de standardeisen (bijvoorbeeld 2 x 2 rijstroken) vallen buiten het onderzoek. Verwacht wordt dat de toepassing van de snelheidslimiet overwegend 50 km/uur zal zijn. Deze variant zal daarom in het onderzoek worden gekozen. Daaruit vloeit voort dat bromfietsers en langzaam gemotoriseerd verkeer op de rijbaan toegelaten zullen zijn. Specifieke aandacht verdienen de fietsvoorzieningen. De operationele eis voor wegen binnen de bebouwde kom is een gescheiden fietsvoorziening. Om diverse redenen (bijv. ruimtegebrek) zal fysieke scheiding echter niet altijd haalbaar zijn en zullen fietsvoorzieningen uitgevoerd worden in de vorm van niet-fysieke scheidingen (fietsstroken), waarbij overschrijding ervan door snel- en fietsverkeer kan voorkomen. In het onderzoek zullen daarom beide vormen (fysiek en niet-fysiek) van scheiding kunnen worden opgenomen, echter onder uitsluiting van niet-dwingende scheidingen (fietsuggestie-stroken).

3.4. **Kruispunten binnen de bebouwde kom**

Binnen de bebouwde kom zijn uitwisselpunten tussen gebiedsontsluitingswegen onderling en tussen gebiedsontsluitingswegen en erftoegangswegen mogelijk. Uitwisselpunten met ongelijksoortige wegcategorieën geven theoretisch de meeste problemen. Uitwisselpunten met erftoegangswegen worden gekenmerkt door menging van verkeerssoorten omdat op erftoegangswegen fietsers, bromfietsers en langzaam gemotoriseerd verkeer voorzien

wordt. Voorrangsregelingen en snelheidsremmers worden daarom als operationele eisen gesteld.

Er zijn echter nog geen verdere operationele specificaties voor deze uitwisselpunten voorhanden. Voor de hand ligt dat wordt voorgesteld deze deels als rotonde en deels als drie- of vier-armig kruispunt in te richten. Voor de keuze hiertussen voor het komende onderzoek gelden dezelfde argumenten als voor buiten de bebouwde kom. Ook de doelsnelheid voor de snelheidsremmende maatregelen is niet bekend. Er wordt ervan uitgegaan dat deze op 30 km/uur wordt bepaald. De positie van de plateaus zal aan de onderkant van de bandbreedte als gespecificeerd voor buiten de bebouwde kom worden gesteld (50 meter).

4. Relevante variabelen

In dit hoofdstuk worden de variabelen van het onderzoek gespecificeerd. Deze betreffen de kenmerken van de te onderzoeken locaties, de overige onafhankelijke variabelen en de gedragsmaten. Met betrekking tot de gedragsmaten wordt, overeenkomstig de uitgangspunten (Koorstra et al., 1992) onderscheid gemaakt tussen zogenaamde functionele parameters en gedragsparameters. De relevante gedragingen worden per type onderzoekslocatie in *Tabel 4.1.* verderop in dit hoofdstuk samengevat.

4.1. Algemeen

Onder *functionele* parameters wordt overeenkomstig Koorstra et al. (1992) verstaan parameters betreffende het informatieverwerkingsproces en die betreffende de mentale belasting.

De functionele parameters - zoals visueel zoekgedrag - zijn indicatoren voor de herkenbaarheid van de wegomgeving en voor de voorspelbaarheid van het wegverloop, en het gedrag van andere verkeersdeelnemers. Zij geven aan hoe verkeersdeelnemers de informatie uit de weg- en verkeersomgeving verwerken. Fouten in de informatieverwerking (zoals het niet opmerken van relevante kenmerken in de wegomgeving) zijn een belangrijke bron van fouten in de uitvoering van de verkeerstaak en dienen daarom door een duurzaam-veilig ontwerp te worden voorkomen.

De mentale belasting parameters zijn indicatoren voor de mate van inspanning die het informatieverwerkingsproces tijdens verkeersdeelname vergt. Met name overbelasting (bijvoorbeeld ten gevolge van een overmatig complex wegontwerp of de aanwezigheid van andere verkeersdeelnemers met grote snelheids- en richtingsverschillen) is een belangrijke foutenbron in de uitvoering van de verkeerstaak. Dit geldt met name bij oudere verkeersdeelnemers. Een duurzaam-veilig ontwerp dient mentale overbelasting daarom te voorkomen.

Onder *gedragsparameters* worden alle observeerbare gedragingen verstaan van de verschillende categorieën weggebruikers als ook de afgeleiden daarvan zoals indices voor interacties tussen categorieën weggebruikers. De gedragsparameters geven inzicht in het (bewust) onbedoeld gebruik van de infrastructuur; in het optreden van fouten en de consequenties daarvan in termen van risico. Onbedoeld gedrag wordt hierbij gedefinieerd als afwijkend van het gedrag dat de infrastructuur bedoelt te induceren.

4.2. Locatiekeuze

Op grond van de in het vorige hoofdstuk vermelde overwegingen worden de volgende typen locaties onderscheiden:

- wegvakken op gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom met 1x2 rijstroken, een maximumsnelheid van 80 km/uur en fysiek gescheiden langzaam verkeer. De overige specificaties conform de richtlijnen.
- wegvakken op gebiedsontsluitingswegen binnen de bebouwde kom met 1x2 rijstroken, een maximumsnelheid van 50 km/uur en fysiek of niet-

fysiek gescheiden fietsverkeer, met bromfietzers en gemotoriseerd langzaam verkeer op de rijbaan. De overige specificaties conform de richtlijnen.

- uitwisselpunten tussen gebiedsontsluitingswegen en erftoegangswegen buiten de bebouwde kom ingericht als X-kruispunt met voorrang-regeling en snelheidsremmers in de vorm van plateaus 50-100 meter voor en na het kruisingsvlak. De overige specificaties conform de richtlijnen.
- uitwisselpunten tussen gebiedsontsluitingswegen en erftoegangswegen binnen de bebouwde kom ingericht als X-kruispunt met voorrang-regeling en snelheidsremmers in de vorm van plateaus ongeveer 50 meter voor en na het kruisingsvlak. De overige specificaties conform de richtlijnen voor zover al vastgelegd.

4.3. Overige onafhankelijke variabelen

Er is een aantal variabelen die mogelijk de effecten van een duurzaam-veilige inrichting mede bepalen.

4.3.1. *Leeftijd en ervaring*

De leeftijd van de verkeersdeelnemers wordt van belang geacht omdat jongere verkeersdeelnemers een onstuitbare neiging tot 'onbedoeld gedrag' vertonen. Bij oudere verkeersdeelnemers leiden problemen met herkenning van de situatie tot onvoorspelbaar 'onzeker' gedrag. Beide gedragscategorieën worden in Koornstra et al. (1992) als ongewenst beschouwd. In het dynamische veldonderzoek zal daarom de leeftijd systematisch gevarieerd worden, in het statische observatieonderzoek zal leeftijd niet in aanmerking worden genomen.

Rijervaring wordt niet als expliciete separate variabele in het onderzoek opgenomen omdat leeftijd en ervaring - in termen van afgelegde kilometers - in onderzoek in hoge mate gecorreleerd blijkt en omdat ervaring in de zin van ervaring met duurzaam-veilige inrichting eerder gedefinieerd moet worden als 'gewenning'. In de onderzoeksopzet wordt met ervaring in die zin rekening gehouden door een aanmerkelijke tijdspanne aan te houden tussen de voor en nameting zodat verondersteld mag worden dat de specifieke gewenning bij de reguliere weggebruikers voldoende heeft plaatsgevonden.

4.3.2. *Geslacht*

Hoewel geslacht een variabele is die voor de verkeersveiligheid relevant is, is er op theoretische gronden geen reden om te veronderstellen dat er sekse verschillen zullen optreden in de gedragseffecten van duurzaam-veilige inrichtingsmaatregelen. Waar er sekseverschillen gevonden worden in relatie tot inrichtingsmaatregelen, is er geen reden aan te nemen dat dit differentiële effecten zijn. Deze factor zal daarom niet in het onderzoek worden opgenomen.

4.3.3. *Licht- en weersomstandigheden*

Het is niet onwaarschijnlijk dat licht- en weersomstandigheden een invloed hebben op de herkenbaarheid van de verschillende inrichtingsvarianten en het gedrag. Het is echter niet goed doenlijk om deze factoren systematisch te

variëren, simpelweg omdat deze niet te controleren zijn. In het dynamische veldonderzoek zullen de licht- en weersomstandigheden constant worden gehouden. In het statische observatieonderzoek zullen de omstandigheden worden geregistreerd, zodat deze als co-variant in het design kunnen worden opgenomen om rekening te kunnen houden met mogelijke effecten ervan. Ook zullen de voor- en nametingen zo veel mogelijk in dezelfde maanden worden uitgevoerd om de licht- en weersomstandigheden zo constant mogelijk te houden.

4.4. Relevante gedragsmaten

Hieronder wordt eerst een uitputtende opsomming gegeven van de gedragsmaten die theoretisch van belang kunnen zijn voor het meten van de effecten van de verschillende inrichtingsprincipes op het gedrag van verkeersdeelnemers. Overeenkomstig Koornstra et al. (1992) wordt een onderscheid gemaakt tussen functionele parameters en gedragsparameters. Functionele parameters leveren inzicht in de wijze waarop het gedrag tot stand komt en daarmee in de oorzaak van de fouten die als gevolg van de inrichtingskarakteristieken optreden. Gedragsparameters leveren inzicht in de frequentie van voorkomen van specifieke categorieën van fouten, maar leveren geen inzicht in de oorzaak ervan. In Hoofdstuk 5 wordt voor beide onderzoeksmethoden apart een voorlopige keuze gemaakt uit de gedragsmaten.

4.4.1. Functionele parameters

Een duurzaam-veilige inrichting impliceert dat fouten in de uitvoering van de verkeerstaak als gevolg van fouten in de informatieverwerking worden voorkómen. Daarbij is allereerst de *herkenbaarheid* van belang.

Verkeersdeelnemers dienen eenduidig te herkennen op welke wegcategorie zij zich bevinden en dienen uitwisselpunten en overgangen tussen categorieën te kunnen identificeren. Op grond van literatuuronderzoek zijn door Van Schagen et al. (1999) de volgende kenmerken als mogelijk relevant voor herkenbaarheid geselecteerd:

- het type verharding;
- de vormgeving van de rijrichtingscheiding (asmarkering);
- het toevoegen van een anti-stroommarkering;
- het type kantmarkering;
- het toevoegen van (opvallende) bermpalen.

De invloed van deze kenmerken wordt momenteel onderzocht in termen van categorisering en in termen van verwachtingen door verbalisaties bij het aanbieden van foto's. Deze laatste methode wordt ook toegepast om verwachtingen bij uitwisselpunten te identificeren.

Bij de wegvakken gaat het om verwachtingen wat betreft

- tegenliggers op dezelfde rijbaan;
- fietsers ofwel op dezelfde rijbaan ofwel op een gescheiden fietspad;
- langzaam gemotoriseerd verkeer op dezelfde rijbaan en
- veilige rijnsnelheid.

Bij uitwisselpunten gaat het om verwachtingen wat betreft

- het aantal mogelijke rijrichtingen;
- de mogelijke aanwezigheid van fietsers;
- de mogelijke aanwezigheid van langzaam gemotoriseerd verkeer en
- veilige rijnsnelheid.

Visueel zoekgedrag bij het uitvoeren van taken in complexe omgevingen geeft een goed inzicht in de informatie die de taakuitvoerder gebruikt om verwachtingen of voorspellingen betreffende toekomstige taakomstandigheden op te bouwen. De belangrijkheid van de verschillende wegkenmerken kan worden afgeleid uit de frequentie en duur van oogfixaties op die kenmerken.

Verwachtingen betreffende de (mogelijke) aanwezigheid van verkeersdeelnemers kunnen worden afgeleid uit de frequentie en duur van oogfixaties op de (mogelijke) locaties van die verkeersdeelnemers en wanneer die (mogelijke) locaties zich voldoende lateraal bevinden, uit de hoofdbewegingen van de verkeersdeelnemer (zie voor uitvoerige bespreking Underwood, 1998).

De relevantie van wegkenmerken en verwachtingen betreffende de (mogelijke) aanwezigheid van andere verkeersdeelnemers en betreffende de acties van die verkeersdeelnemers kunnen ook worden onderzocht door verbalisaties door automobilisten tijdens het uitvoeren van de rijtaak (zie Saad, 1997).

Het tweede aspect dat van belang is bij het voorkómen van fouten in de informatieverwerking door middel van een duurzaam-veilige inrichting betreft de *mentale belasting*. Naarmate de wegomgeving complexer is, neemt de mentale belasting toe. Een hoge mentale belasting, maar ook een extreem lage belasting, leidt tot een toename in fouten in de taakuitvoering, in de uitgangspunten voor duurzaam veilig wegverkeer aangemerkt als 'onzeker gedrag'. Mentale belasting kan gemeten worden door middel van subjectieve en objectieve, fysiologische, maten. Subjectieve maten voor mentale belasting zijn vragenlijsten waarvan de NASA TLX de meest gebruikte is. In Nederland is echter ook de door Zijlstra en Van Doorn (1985) ontwikkelde vragenlijst in zwang. De NASA TLX bevat sub-lijsten waardoor het mogelijk is de mentale belasting te differentiëren. Objectieve fysiologische maten omvatten een heel scala van maten, maar de bij verkeers(veiligheids)onderzoek gebruikte maten betreffen vooral hartslag en daaruit afgeleide maten zoals hartslagvariabiliteit. Omdat bij een hoge mentale belasting het hart nu eenmaal de neiging heeft regelmatig te gaan kloppen, blijkt hartslagvariabiliteit een betrouwbare maat van mentale inspanning te zijn die ook goed toepasbaar is gebleken in verkeersveiligheidsonderzoek (De Waard, 1996).

Samengevat: mogelijke functionele parameters voor meting van herkenbaarheid zijn:

- oogbewegingen;
- hoofdbewegingen;
- verbalisaties.

Mogelijke functionele parameters voor meting van mentale belasting zijn:

- NASA-TLX vragenlijst;
- Zijlstra/Van Doorn vragenlijst;
- hartslag en, daarvan afgeleid, hartslagvariabiliteit.

4.4.2. Gedragsparameters

Gedragsparameters kunnen inzicht geven in twee foutenbronnen, onbedoeld gebruik van de infrastructuur en ontmoetingen met hoge snelheids- en richtingsverschillen. In mindere mate kunnen zij inzicht geven in de derde foutenbron, onzeker gedrag. Dit geldt zowel voor wegvakken als kruispunten. Wegvakken zijn relatief simpel, er zijn slechts twee groepen van gedragsparameters van belang, te weten snelheid en laterale positie.

Snelheid in absolute zin, uitgedrukt in gemiddelde snelheid voor een voertuig of gemiddeld over voertuigen of percentielen daarvan, is eenvoudig te meten en kan beschouwd worden als directe maat voor het onbedoeld gebruik van de infrastructuur. Voor verkeersveiligheid is variabiliteit in snelheid tussen voertuigen - uitgedrukt in de standaarddeviatie - aantoonbaar van belang. Variabiliteit in snelheid van een voertuig kan beschouwd worden als een indicatie van onzeker gedrag. Op operationeel niveau kan dit laatste gemeten worden door registratie van gas- en rempedaalposities.

Snelheid in relatieve zin is relevant voor de foutenbron snelheidsverschillen. Een veel gebruikte maat voor snelheidsverschillen is de *botsafstand* die aangeeft hoe lang het duurt voor een botsing zal plaatsvinden indien beide voertuigen een ongewijzigde snelheid aanhouden (Time To Collision: TTC).

Echter ook *volgafstanden* (uitgedrukt in Time Headway: THW) zijn hierbij relevant omdat volgafstanden de kans op een botsing bepalen wanneer een van de voertuigen de snelheid wijzigt.

Op wegvakken bepaalt de laterale positie de kans op overschrijding van de asmarkering en de kans op een botsing daarbij. De laterale positie in relatie tot de asmarkering is eenvoudig te meten. De variabiliteit in laterale positie (uitgedrukt in 'standaarddeviatie laterale positie') is af te leiden uit de laterale posities van verschillende voertuigen op de wegvakken of af te leiden uit de positie van hetzelfde voertuig op verschillende delen van een wegvak. Extreme variaties in laterale positie zijn af te leiden uit geregistreerde overschrijdingen van de rijrichtingscheiding of kantmarkering. Op operationeel niveau is stuurhoek en stuurhoekvariabiliteit meetbaar in het voertuig. Overschrijdingen van de rijrichtingscheiding in de vorm van inhaalmanoeuvres zijn zeer relevant voor het bepalen van onbedoeld gedrag, maar zijn bij duurzaam veilig ingerichte gebiedsontsluitingswegen relatief zeldzaam en voornamelijk afhankelijk van incidentele omstandigheden - zoals de aanwezigheid van langzame voertuigen (Van Minnen, 1998). De kans dat een overschrijding zal plaatsvinden kan worden afgeleid uit de longitudinale positie van het voertuig relatief aan de rijbaan en wordt uitgedrukt in de tijd die beschikbaar is om door middel van een koerscorrectie een overschrijding te voorkomen (Time to Lane Crossing: TLC).

Samengevat zijn voor wegvakken de volgende variabelen relevant:

Met betrekking tot snelheid:

- positie gas- en rempedaal;
- snelheid;
- snelheidsvariatie tussen voertuigen;
- snelheidsvariatie binnen ritten;

- volgfstand (THW);
- botsafstand (TTC).

Met betrekking tot positie:

- stuurhoek positie en variabiliteit;
- laterale positie;
- laterale positie variatie tussen voertuigen;
- laterale positie variatie binnen ritten;
- overschrijding rijrichtingscheiding en kantmarkering;
- overschrijdingskans (TLC);
- inhaalmanoeuvres.

Indien op de in het onderzoek te betrekken locaties fietsstroken aanwezig zijn (i.c. binnen de bebouwde kom), dient een aantal gedragsparameters aan het onderzoek te worden toegevoegd. Allereerst moet ook de laterale positie van het langzaam verkeer worden bepaald omdat deze blijkt te worden beïnvloed door de aanwezigheid van fietsstroken. Overschrijdingen van de fietsstrookmarkering door zowel langzaam verkeer als snelverkeer geven daarbij een indicatie van onbedoeld gedrag. Indien overschrijdingen van de fietsstrook door langzaam verkeer veelvuldig optreden, kunnen conflicten met snelverkeer ontstaan. Relevante gedragsparameters hiervoor zijn botsafstand (tussen langzaam en snelverkeer) en deceleratie. Ook kan worden nagegaan in hoeverre de (onbedoelde) aanwezigheid van langzaam verkeer leidt tot overschrijdingen van de rijrichtingscheiding door snelverkeer.

De belangrijkste gedragsparameters op kruispunten zijn snelheid en interacties tussen verkeersdeelnemers. Voor een kruispunt worden plateaus voorzien met de specifieke functie de snelheid bij nadering van het kruisingsvlak tot 40 km/uur buiten de bebouwde kom, respectievelijk 30 km/uur binnen de bebouwde kom te reduceren en deze tot na het passeren van het na de kruising gelegen plateau constant te houden. Mogelijk kunnen de op de gebiedsontsluitingswegen vereiste snelheidsreducties ertoe leiden dat er minder aandacht aan het kruisende verkeer (kan) worden besteed. Dit kan worden afgeleid uit registratie van hoofdbewegingen. Naast de gebruikelijke snelheidsmaten en maten voor snelheidsvariabiliteit is ook het verloop van de deceleratie voor de plateaus van belang. Het optreden van sterke deceleraties zou kunnen wijzen op problemen met de herkenbaarheid van de kruispunten, wat kan worden onderbouwd met de te verkrijgen gegevens over de functionele parameters betreffende herkenbaarheid. Het optreden van sterke deceleraties verhoogt de kans op kop/staart-botsingen. Dit kan worden onderzocht door meting van de botsafstanden.

Bij de interactie tussen verkeersdeelnemers kan onderscheid gemaakt worden tussen de wijze van afhandeling van de interacties en de botskansen die daarbij optreden. De wijze van afhandeling kan worden gemeten in relatie tot de formele voorrangsplicht van de interactiepartners, waarbij het vóórkomen van andersoortige strategieën (bijvoorbeeld 'wie het eerst komt ...') kan worden geïdentificeerd. Het optreden van conflicten kan worden beschouwd als een indicatie van onvoorziene problemen bij de afhandeling van ontmoetingen. Deze kunnen worden gemeten in termen van botsafstanden (TTC's), maar ook in termen van de tijdspanne tussen elkaar kruisende verkeersdeelnemers (gaps). Het optreden van conflicten kan worden beschouwd als een indicatie van onvoorziene problemen bij de afhandeling

van ontmoetingen. Kleine 'gaps' kunnen worden beschouwd als intentionele gedragingen met een verhoogd risico of - in termen van 'duurzaam veilig' - als 'onbedoeld gedrag'.

Op de kruispunten zijn, samengevat, de volgende variabelen relevant:

- snelheid (op de verschillende punten voor en na het kruisingvlak);
- snelheidsvariatie tussen voertuigen (snel- en langzaam verkeer);
- snelheidsvariatie binnen voertuigen;
- deceleraties;
- voorrangsafhandeling;
- conflicten (TTC's);
- tijdsverloop tussen ontmoetingen (gaps).

De functionele parameters en gedragsparameters worden in *Tabel 4.1* samengevat.

	Wegelementen gebiedsontsluitingswegen			
	Binnen bebouwde kom		Buiten bebouwde kom	
	Wegvakken	Kruispunten	Wegvakken	Kruispunten
<i>Functionele parameters</i>				
Visueel zoekgedrag	x	x	x	x
Subjectieve veiligheid	x	x	x	x
Herkenbaarheid	x	x	x	x
Subjectieve inspanning	x	x	x	x
Fysiologische maten	x	x	x	x
<i>Gedragsparameters</i>				
Snelheid	x	x	x	x
Snelheidsvariabiliteit	x		x	
Deceleratie		x		x
Volgafstand (THW)	x		x	
Botsafstand (TTC)	x	x	x	x
Stuurhoekvariabiliteit	x		x	
Laterale positie	x		x	
Laterale positie variabiliteit	x		x	
Inhaalmanoeuvres	x		x	
Overschrijding rijrichtingscheiding	x		x	
Overschrijding zij-as			x	
Fietsstrookoverschrijdingen	x			
Auto-fiets botsafstanden (TTC)	x			
Overschrijdingskans (TLC)	x		x	
Ontmoetingen		x		x
Kritische ontmoetingen (TTC)		x		x
Auto-fiets ontmoetingen		x		x
Auto-fiets voorrangafwikkelingen		x		x
Auto-fiets kritische ontmoetingen (TTC)		x		x

Tabel 4.1. *Overzicht van relevante parameters per wegelement.*

5. Onderzoeksdesign

Op grond van de algemene vraagstelling van het onderzoek verdient een voor-na onderzoeksdesign de voorkeur omdat hierbij door middel van herhaalde metingen voor en na de duurzaam-veilige herinrichting kan worden nagegaan in hoeverre de herinrichting de gewenste gedragsveranderingen tot effect heeft en in hoeverre onbedoelde gedragsaanpassingen hebben plaatsgevonden.

De aard van de functionele en gedragsparameters maakt het noodzakelijk om verschillende onderzoeksmethoden te volgen. Voor de functionele parameters (zoals mentale belasting) en de gedetailleerde gedragsparameters (zoals snelheidsvariaties) is het noodzakelijk metingen te verrichten gebruik makend van proefpersonen die de duurzaam-veilige herinrichting doorrijden in een geïnstrumenteerde auto. Voor gedragsparameters die relatief zelden voorkomen (zoals conflicten) of waarvan verdelingen van belang zijn (zoals absolute snelheden) is gebruik van een geïnstrumenteerde auto niet efficiënt en is statische observatie de aangewezen methode om met een relatief geringe inspanning veel gegevens te verzamelen.

Voor een strikte opzet van een voor- en nameting is het noodzakelijk om de metingen te verrichten op dezelfde proefpersonen omdat op die manier voor variatie tussen proefpersonen gecontroleerd kan worden. In een onderzoek dat met behulp van geïnstrumenteerde auto's wordt uitgevoerd is dit goed mogelijk. Daardoor kan met relatief kleine proefgroepen worden volstaan. In een onderzoek dat door middel van statische observatie wordt uitgevoerd is dit echter vrijwel niet realiseerbaar of zou dit tot onevenredige kostenverhoging leiden. Bij de statische observaties worden daarom in de voor- en nametingen onafhankelijke steekproeven gehanteerd. Aangezien in dat geval de voor- en nameting niet op dezelfde personen betrekking hebben, is het nodig grotere aantallen observaties te gebruiken. Dat is echter in statisch observatie-onderzoek vrij eenvoudig te realiseren.

Omdat de herinrichtingwerkzaamheden geruime tijd zullen vergen, zal er relatief een lange tijd tussen de voor- en nametingen liggen. Dit heeft het nadeel dat gedurende die tijd factoren (zoals een toename van de verkeersintensiteiten) kunnen veranderen, die het te meten gedrag kunnen beïnvloeden. Om ervoor te zorgen dat de gevonden effecten eenduidig aan de herinrichting kunnen worden toegeschreven is het noodzakelijk locaties te vinden die gebruikt kunnen worden om controlemetingen te verrichten. Voorwaarde daarbij is dat de geselecteerde controle locaties gelijk zijn aan de locaties die heringericht worden in termen voor het gedrag relevante factoren (ontwerp, intensiteiten, ongevallen). Hoewel het gebruik van controlelocaties een extra inspanning vergt, kunnen door de mogelijkheid krachtige statistische technieken toe te passen de aantallen observaties verder beperkt worden.

De gekozen onderzoeksopzet kan daarom als volgt worden omschreven:

- gebruik van dynamische gedragsregistraties met proefpersonen en statische observaties;
- gebruik van voor- en nametingen op experimentele en controlelocaties.

Deze onderzoeksopzet wijkt enigszins af van wat in het raamwerk meerjarenplan is voorgesteld in die zin dat hier wordt uitgegaan van een combinatie van het cross-sectionele onderzoek (2b en 2c) en het voor- en nametingsonderzoek (2d en 2e).

Veldstudies zijn onontbeerlijk om zicht te krijgen op gedragseffecten in de dagelijkse praktijk maar in hun aard te omvangrijk om alle mogelijke inrichtingsvarianten te onderzoeken. Daarnaast geldt dat de vorm van herinrichting mede door praktische randvoorwaarden bepaald zal worden. Voor systematische variatie van herinrichtingsvarianten is het daarom noodzakelijk deze door middel van simulaties te onderzoeken. Simulatieonderzoek is vooral aangewezen om alternatieven te ontwikkelen en te toetsen voor aspecten van de weginrichting die in de veldstudies blijken onbedoeld gedrag te genereren. Daarnaast kan simulatieonderzoek worden uitgevoerd op een breder scala van wegcategorieën dan in de veldstudie kan worden gerealiseerd.

5.1. Parametersselectie voor dynamisch veldonderzoek (activiteit 2c en 2e)

In het dynamische veldonderzoek zullen wat de wegvakken betreft de volgende functionele parameters worden gemeten:

- mentale belasting tijdens de ritten aan de hand van hartslag;
- ervaren belasting na de ritten of ritdelen aan de hand van TLX of de Zijlstra/Van Doorn lijst;
- herkenbaarheid na ritten of ritdelen aan de hand van een te ontwikkelen vragenlijst.

De volgende gedragsparameters zullen worden gemeten:
met betrekking tot snelheid:

- positie gas- en rempedaal;
- snelheid;
- snelheidsvariatie binnen ritten;
- volgafstand.

met betrekking tot positie:

- stuurhoekpositie en variabiliteit;
- laterale positie;
- laterale positie variatie binnen ritten;
- overschrijding rijrichtingscheiding en kantmarkering;
- overschrijdingskans (TLC).

Wat de kruispunten betreft zullen in het dynamische veldonderzoek de volgende functionele parameters worden gemeten:

- visueel zoekgedrag aan de hand van hoofdbewegingen;
- mentale belasting tijdens de ritten aan de hand van hartslag;
- ervaren belasting na de ritten of ritdelen aan de hand van TLX of SMLE;
- herkenbaarheid na ritten of ritdelen aan de hand van een te ontwikkelen vragenlijst.

In het dynamische veldonderzoek zullen op kruispunten gedragsparameters worden gemeten of berekend voor:

- gemiddelde snelheid (op de verschillende wegvakdelen);
- snelheidsvariatie tussen voertuigen (snel- en langzaam verkeer);

- snelheidsvariatie binnen voertuigen;
- deceleraties;
- voorrangsafhandeling;
- conflicten (TTC's);
- tijdsverloop tussen ontmoetingen (gaps).

Gedragsmaten die gericht zijn op verschillen tussen proefpersonen en gedragsmaten die gericht op weinig voorkomende gedragingen (zoals inhalen) zullen niet in het dynamische observatieonderzoek worden betrokken.

Om mogelijke leeftijdseffecten te identificeren zullen drie leeftijdsgroepen (jong, volwassen en oud) bij het onderzoek worden betrokken.

5.2. Parameterselectie voor statisch veldonderzoek (activiteit 2b en 2d)

Het statisch observatie-onderzoek bestaat feitelijk uit twee deelonderzoeken: één op wegvakken en één op uitwisselpunten. Indien de onderzoekslocatie bestaat uit meerdere wegvakken en uitwisselpunten kunnen de observaties over die wegdelen worden verspreid om toevalsvariatie te middelen. Vergelijking van de gedragseffecten tussen de verschillende wegdelen is echter niet in de onderzoeksopzet opgenomen.

Statische observatie is niet geëigend voor het meten van functionele parameters. De gedragsvariabelen (en de afgeleiden daarvan) die geobserveerd worden zijn:

Op wegvakken:

- gemiddelde snelheid;
- snelheidsvariatie tussen voertuigen;
- volgafstand;
- laterale positie;
- laterale positie variatie tussen voertuigen;
- overschrijding rijrichtingscheiding en kantmarkering;
- inhaalmanoeuvres.

Op kruispunten:

- gemiddelde snelheid (op de verschillende punten);
- snelheidsvariatie tussen voertuigen (snel- en langzaam verkeer);
- voorrangsafhandeling;
- conflicten (TTC's);
- tijdsverloop tussen ontmoetingen (gaps).

In observatieonderzoek is het in het algemeen niet goed mogelijk om leeftijd op een redelijk betrouwbare manier te schatten. Bovendien geldt dat leeftijdsinschatting deels op het vertoonde gedrag gebaseerd is waardoor een vertekend beeld ontstaat. Leeftijd zal daarom in het observatieonderzoek buiten beschouwing worden gelaten.

5.3. Parameterselectie voor simulatoronderzoek (activiteit 2f)

In dit stadium is het nog niet goed mogelijk om een gedetailleerde specificatie te maken van de parameters die in het simulatoronderzoek zullen worden gemeten. Voor de hand ligt om uit te gaan van een selectie van parameters die

overeenkomt met die, die voor het dynamische veldonderzoek gespecificeerd zijn omdat deze methode van onderzoek nauw aansluit bij simulatoronderzoek.

Aangezien de nadruk ligt op variaties in inrichtingsontwerp kunnen de functionele parameters worden uitgebreid om het simulatoronderzoek sterker te richten op de herkenbaarheid en mentale belasting. Het is in simulatoronderzoek bovendien relatief eenvoudig mogelijk om afgeleide maten te berekenen die inzicht geven in potentieel conflicterende situaties. Dit geldt met name voor de overschrijdingskans (TLC) en botskans (TTC).

De gedragsmaten dienen tevens aangepast te worden wanneer andere wegtypen dan gebiedsontsluitingswegen in het onderzoek betrokken worden.

Een compleet design van voor- en nameting met controle en experimentele locaties lijkt voor het simulatoronderzoek niet aangewezen aangezien de nadruk ligt op variaties op ontwerp van de herinrichting. Voor de validatie van de verkregen onderzoeksgegevens is het wel van belang dat althans één van de te onderzoeken varianten overeenkomt met het ontwerp dat in de veldstudies wordt onderzocht. Deze kan dan in het simulatoronderzoek als 'referentie' worden opgenomen.

6. Slotopmerkingen

De beschreven onderzoeksopzet richt zich op de drie kernaspecten van een duurzaam-veilig ontwerp: voorkomen van onbedoeld gedrag, voorkomen van fouten als gevolg van grote snelheids- en richtingsverschillen en voorkomen van onzeker gedrag. Deze kernaspecten zijn geoperationaliseerd in termen van meetbaar en observeerbaar gedrag en functionele parameters. Voor een efficiënte uitvoering van het onderzoek is differentiëring noodzakelijk. Er is allereerst een onderscheid gemaakt tussen enerzijds veldonderzoek dat zich richt op één wegcategorie (gebiedsontsluitingswegen) ontworpen volgens de beschikbare ontwerpspecificaties en anderzijds simulatoronderzoek dat zich richt op vergelijkingen tussen ontwerpvarianten. Het veldonderzoek stuurt daarbij door het identificeren van probleemsituaties het simulatoronderzoek aan. Binnen het veldonderzoek is onderscheid gemaakt tussen dynamische registratie en statische observatie. Dynamische registratie levert gedetailleerde informatie terwijl statische observatie gegevens over grote aantallen weggebruikers levert. Zo kunnen zowel het optreden van fouten gekwantificeerd worden als ook de oorzaken van die fouten onderkend worden.

De haalbaarheid van het veldonderzoek is in grote mate afhankelijk van de vraag of voldoende geschikte locaties gevonden kunnen worden die voldoen aan de gestelde ontwerprichtlijnen en als 'voorbeeld' kunnen worden gesteld voor een duurzaam-veilig ontwerp. De realisatie van het onderzoek is daardoor afhankelijk van de medewerking van de betrokken wegbeheerders. Aangezien aan een aantal randvoorwaarden (zoals tijdsplanning, ontwerp-eisen) voldaan moet worden om het onderzoek als voorzien uit te voeren, is het van belang die randvoorwaarden expliciet vast te leggen.

De functionele parameters en gedragsparameters (afhankelijke variabelen) van het onderzoek zijn geoperationaliseerd op grond van de kernaspecten van duurzaam-veilig ontwerp. Deze operationalisatie heeft een reeks van variabelen opgeleverd die relevant kunnen zijn. In hoeverre deze variabelen alle relevant zijn voor de te selecteren onderzoekslocaties kan in dit stadium niet worden vastgelegd. Evenmin is in dit stadium duidelijk in hoeverre de meting van alle relevante variabelen haalbaar zal zijn. Dit zal in het kader van de voorbereiding van de verschillende deelonderzoeken gespecificeerd moeten worden.

Literatuur

- CROW (1997). *Handboek categorisering wegen op duurzaam veilige basis*. Publicatie 116. Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek CROW, Ede.
- CROW (1998). *Inrichtingscriteria voor duurzaam veilige wegen buiten de bebouwde kom*. Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek CROW, Ede. [Concept].
- Hagenzieker, M.P., Van Schagen, I.N.L.G. & Kaptein, N.A. (1998). *Raamwerk meerjarenplan fundamenteel onderzoek 'duurzaam-veilige wegomgeving en verkeersgedrag'*. Rapport A-98-12. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam. [Niet openbaar]
- Janssen, S.T.M.C. (1998). *Monitoring projecten 'duurzaam-veilig' III*. Rapport R-98-30. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Janssen, W.H., Claessens, F.M.M. & Muermans, R. (1999). *Evaluatie van kenmerken van 'self-explaining' wegcategorieën*. TNO Technische Menskunde, Soesterberg. [In voorbereiding].
- Koornstra, M.J. et al. (1992). *Naar een duurzaam veilig wegverkeer. Nationale verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 1990/2010*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Minnen, J. van (1999) *Praktijkproef varianten wegsoort*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam. [In voorbereiding].
- Minnen, J. van (1999) *Praktijkproef varianten wegsoort: beschrijving resultaten per project*. Intern Rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam. [In voorbereiding].
- Pol, W.H.M. van de & Janssen, S.T.M.C. (1998). *Scheiding rijrichting op rondweg Oostburg*. Rapport R-98-21. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam
- Saad, F. (1997). *Contribution of observation and verbal report techniques to an analysis of road situations and drivers' activity*. In J.A. Rothengatter & E. Carbonell Vaya, Traffic and transport psychology. Pergamon, Oxford.
- Schagen, I.N.L.G. van, et al. (1999). *Herkenning van duurzaam-veilige wegcategorieën*. R-98-57. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Underwood, G. (1998). *Eye guidance in reading and scene perception*. Pergamon, Oxford.

Waard, D. de (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Ph.D. Thesis. Rijksuniversiteit Groningen.

Zijlstra F.R.H. & Van Doorn, L. (1985). *The construction of a scale to measure perceived effort*. Technische Universiteit Delft.