

Feitelijk en beoogd fietsgedrag in relatie tot veiligheid

Uitgangspunten voor het ontwerpen van een veilige infrastructuur voor fietsers

R-93-24

Drs. D.A.M. Twisk & drs. M.P. Hagenzieker

Leidschendam, 1993

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 170
2260 AD Leidschendam
Telefoon 070-3209323
Telefax 070-3201261

Samenvatting

In dit rapport wordt gepoogd - op basis van kenmerken van de infrastructuur in relatie tot het gedrag van verkeersdeelnemers - indicaties te vinden voor de potentiële (on)veiligheid van infrastructurele maatregelen, in het bijzonder van fietsvoorzieningen. Het doel is om te komen tot criteria die gebruikt kunnen worden in het plannings- en vormgevingsproces van fietsvoorzieningen.

Uitgangspunt is de verkeersdeelnemer, in dit geval de fietser, met zijn mogelijkheden en beperkingen. In het onderzoek is op basis van gedragsstudies beschreven hoe ontwerpers rekening kunnen houden met specifieke menselijke eigenschappen (human factor). Wellicht het meest kenmerkende van de mens is dat hij relatief beperkt is in de hoeveelheid informatie waarmee hij gelijktijdig rekening kan houden. Door veel te oefenen (training), en dien ten gevolge bijna automatisch te kunnen reageren kan hij deze beperking het hoofd bieden en complexe taken leren uitvoeren. Gegeven deze beperkingen is het belangrijk voorzieningen zodanig vorm te geven dat de verkeerstaak min of meer automatisch uitgevoerd kan worden. Voordeel is ook dat deze taakuitvoering sneller en minder foutgevoelig is dan de 'bewuste taakuitvoering'. Concreet betekent dit voor het ontwerp dat standaard oplossingen voor standaard situaties gekozen dienen te worden, die duidelijk te onderscheiden zijn en dus niet met elkaar verward kunnen worden. Er wordt een nadere uitwerking gegeven, waarbij met nadruk gewezen wordt op de consequenties voor ouderen, kinderen en minder geoefende fietsers.

Is het mogelijk om van een voorziening aan te geven of deze onveilig is? Ongevallen zijn traditioneel het belangrijkste criterium. Maar is het ook mogelijk om in een eerder stadium (zonder ongevallen) al iets te zeggen over de potentiële onveiligheid van een vormgeving?. Complexiteit (d.w.z. de hoeveelheid informatie waarmee gelijktijdig rekening dient te worden gehouden), faalkans en faalemst, voorspelbaarheid, en complementariteit van de voorrangsverwachting zijn in het rapport beschreven als determinanten van veiligheid. Nader onderzoek is gewenst naar de validiteit van deze determinanten.

Voor complexiteit, faalkans en faalemst is uitgewerkt hoe deze toegepast kunnen worden in een veiligheidsanalyse van de vormgeving. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen het beoogde gedrag (datgene dat de ontwerper verwacht heeft over het gedrag van de fietser) en de manier waarop de fietser zich feitelijk gedraagt. Door het beoogde gedrag te analyseren is het mogelijk een indruk te krijgen van de veiligheid van de voorziening. Wanneer deze analyses aangevuld worden met gegevens over hoe fietsers zich feitelijk gedragen kan een beeld gevormd worden over hoe de voorziening in de praktijk gebruikt worden. In de studie wordt betoogd dat kennis uit onderzoek naar discrepanties tussen beoogd en feitelijk gedrag zal bijdragen aan een vormgeving die beter aansluit bij de menselijke mogelijkheden en beperkingen.

Summary

Actual cycling behaviour and intended use of bicycle facilities in relation to safety

Principles for the design of a safe infrastructure for cyclists

This report attempts to identify indications for the potential (lack of) safety of infrastructural engineering measures. A framework is presented in which the safety of cyclists is based on the characteristics of the infrastructure in relation to the behaviour of the user. The objective is to arrive at criteria which can be incorporated into the planning and design process for measures applicable to cycles.

The basic reference is the road user - in this case the cyclist - his capacities and limitations. On the basis of behavioural studies, the study describes how designers can take into account the human factor. One of the most characteristic properties of man is probably that his capacity to simultaneously assimilate a quantity of information is relatively limited. Only through regular practice (training) and - as a result - his ability to respond almost automatically, he can cope with this restriction and learn to carry out complex tasks. Given these limitations, it is important to design measures in such a way that the cycling task can be carried out more or less automatically. Moreover, this type of task performance is more rapid and less prone to error than 'conscious task performance'. In concrete terms, this implies that the design should select standard solutions to standard situations, which are clearly distinguishable and are therefore impossible to confuse. A further clarification is given, emphasising the consequences for the elderly, children and less experienced cyclists.

It is argued that knowledge about the human factor also can be used to indicate the relative safety of a measure. Accidents traditionally offer the principal criterion. But in this study an attempt was made to determine the potential hazard of a design application at an earlier stage (prior to accidents occurring). Complexity (i.e. the amount of information which should be taken into account simultaneously), likelihood and severity of failure, predictability and complementarity of the priority rule are considered to be important determinants of safety. Further study is required into the validity of these determinants.

It has been determined how the factors of complexity and probability and severity of failure can be applied to the safety analysis of an engineering design, where a distinction is made between the intended use of the facilities (that which the designer expects from the cyclist) and the way in which the cyclist actually behaves. By analysing the intended use of the facilities, by applying parameters that are related to the above mentioned determinants, it is possible to gain an impression of the safety of the measure. When these analyses are supplemented with data about how cyclists actually behave, an impression can be formed about how the facility will be used in practice. The study asserts that knowledge obtained from study into the discrepancies between the intended use of the facilities and the actual behaviour can help to realize a design which corresponds more closely to human potential and limitations.

Inhoud

Voorwoord

1. *Inleiding*
2. *Uitgangspunten voor het ontwerp van een (fiets)infrastructuur*
 - 2.1. Algemeen
 - 2.2. Vormgeving en gebruik: Veiligheidsrelevantie van discrepantie
 - 2.3. De menselijke factor
 - 2.4. Ontwerpen: De mens als maat der dingen
 - 2.5. Educatie en vormgeving
 - 2.6. Bijzondere groepen: Kinderen en ouderen
 - 2.7. Aanbevelingen
3. *Criteria voor (on)veiligheid*
 - 3.1. Algemeen
 - 3.2. Ongevallen en infrastructuur
 - 3.3. Gedragsfouten en infrastructuur
 - 3.4. Zijn complexiteit, voorspelbaarheid en verwachtingen bruikbare criteria?
 - 3.4.1. Complexiteit van beoogd (fiets)gedrag: Een taakanalyse
 - 3.4.2. Faalkans en faalemst
 - 3.4.3. Voorspelbaarheid
 - 3.4.4. Complementariteit van de (voorrangs)verwachting
 - 3.5. Beoogd en feitelijk gedrag: Hoe te onderzoeken?
 - 3.6. Aanbevelingen
4. *Discussie en aanbevelingen voor verder onderzoek*

Literatuur

Voorwoord

De Werkgroep 'Fietsvoorzieningen' van de Stichting C.R.O.W. heeft tot taak de eisen vast te stellen voor het plannen en vormgeven van fietsvoorzieningen. Tot die eisen behoren (vanzelfsprekend) ook eisen betreffende de verkeersveiligheid.

De Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat heeft de SWOV daartoe opdracht gegeven maatregelen te formuleren die de veiligheid van de infrastructuur kunnen verbeteren, zoals:

- maatregelen waardoor het fietsverkeer wordt gescheiden van het autoverkeer;
- maatregelen waarmee de snelheid van het autoverkeer kan worden beheerst;
- maatregelen ter beveiliging van ontmoetingen van het autoverkeer met het fietsverkeer.

Onderdeel van deze opdracht was om op basis van gedragsstudies de wijze te beschrijven waarop de infrastructuur door fietsers gebruikt wordt. Het doel van de gedragswaarnemingen is dan ook na te gaan of het feitelijke verkeersgedrag en de ontmoetingen tussen verkeersdeelnemers aansluiten bij de verwachtingen van de ontwerpers van verkeersvoorzieningen (het beoogde gedrag).

De resultaten uit de gedragsstudies zijn neergelegd in drie rapporten. Het voorliggende rapport is één van deze rapporten en beschrijft de uitgangspunten voor de gedragsstudie. De theoretische uitgangspunten vonden hun oorsprong in de doelen van het 'Masterplan fiets' (SVV), het streven naar een duurzaam-veilig verkeers- en vervoersysteem (Koomstra e.a., 1992) en visies op een inherent veilig verkeerssysteem (Roszbach, 1990).

Een tweede rapport getiteld 'Veiligheidsbeoordeling van fietsroutes; Overwegingen en een werkwijze' (Twisk & Hagenzieker, 1993a) beschrijft de methode die op grond van de uitgangspunten is ontwikkeld. Het derde rapport 'Veiligheidsbeoordeling van fietsroutes in Oud-Beijerland en Eindhoven' (Twisk & Hagenzieker, 1993b) beschrijft de resultaten en conclusies die verkregen zijn met gebruikmaking van deze methode.

De aanbevelingen zijn geformuleerd in drie verschillende kaders. Er zijn globale richtlijnen beschreven die gebaseerd zijn op een 'veiligheidsfilosofie', voorts zijn er aanbevelingen beschreven in termen van toe te passen methoden en procedures; en tenslotte zijn er nog aanbevelingen geformuleerd in de richting van concrete richtlijnen.

In dit gedragsonderzoek staat dus centraal het gedrag van fietsers in relatie tot infrastructurele kenmerken en de daaruit voortkomende ontmoetingen. Het betreft een deelonderzoek uit een meer omvattend onderzoekprogramma. Hierin wordt onder meer ook gekeken naar de wijze waarop wegbeheerders omgaan met fietsvoorzieningen (Slangen, 1992) en naar feitelijke kenmerken van ongevallen op verschillende fietsvoorzieningen in relatie tot snelheden en fietsintensiteiten (Tromp, 1993). Voor een overzicht van deze SWOV-studies en hun onderlinge samenhang wordt verwezen naar het samenvattende rapport: 'Veilige infrastructuur voor fietsers en brom-

fietsers; Covernota bij zeven deelrapportages, met aanbevelingen voor wegbeheerders' (Slop, 1993).

Binnen de SWOV werd de opdracht uitgevoerd door de multi-disciplinaire projectgroep 'Masterplan Fiets Infrastructuur', waarin meewerkten: drs. M.P. Hagenzieker en drs. D.A.M. Twisk (gedragwetenschappen); ir. A. Dijkstra en J.P.M. Tromp (verkeerskunde); drs. D. Slangen (planologie).

1. Inleiding

Fietsers zijn in vergelijking tot het snelverkeer kwetsbare verkeersdeelnemers. Zij zijn zelf onbeschermd, want zij hebben geen beschermend omhulsel om de gevolgen van kleine botsingen op te vangen. Daarnaast hebben zij te maken met botspartners die door hun snelheid en massa ernstige letsels kunnen veroorzaken.

Uit de ongevallencijfers blijkt dan ook dat fietsers in het geval van een aanrijding relatief vaak gewond raken. Ongevallenstudies wijzen uit dat er een samenhang bestaat tussen de infrastructuur en fietsersongevallen (zie Tromp, 1993).

Het doel van het 'gedragsonderzoek' is aan te geven op welke wijze door de vormgeving van de infrastructuur verplaatsingen met de fiets veiliger kunnen worden. Het onderzoek is daartoe gericht op het beantwoorden van de vraag: "Welke infrastructurele vormgeving en regelgevingen die daar bij horen, leiden - uitgaande van het beoogde en feitelijke verkeersgedrag - tot meer onveilige situaties dan andere typen vormgevingen?". Het zal blijken dat het beantwoorden van deze vraag van belang is voor het onderbouwen en het opstellen van aanbevelingen voor fietsvoorzieningen.

In dit rapport wordt gepoogd - op basis van kenmerken van de infrastructuur in relatie tot (beoogd en feitelijk) gedrag, indicaties te vinden voor de potentiële (on)veiligheid van infrastructurele maatregelen. De resulterende aanwijzingen kunnen gebruikt worden in het planning- en ontwerpproces, in aanvulling op de reeds in gebruik zijnde ongevallencriteria. De nadruk zal liggen op het gebruik van de infrastructuur, het vaststellen van relevante parameters, en het betreft een eerste poging om dit gebruik te bestuderen via een methode die mogelijk in de toekomst ook door 'derden' toegepast zal kunnen worden. In een vervolgrapport wordt een 'prototype' van deze methode om de veiligheid van fietsroutes vast te stellen gepresenteerd (Twisk & Hagenzieker, 1993a). Deze methode is reeds op een aantal bestaande situaties toegepast, en de resultaten en conclusies hiervan worden in een derde studie beschreven (Twisk & Hagenzieker, 1993b).

In een later stadium zal moeten worden nagegaan hoe belangrijk de relatie is tussen de gekozen variabelen met betrekking tot gebruik en de feitelijke onveiligheid die met deze aspecten van gebruik samenhangt. Een dergelijke validatie zal een noodzakelijk onderdeel dienen te zijn van een vervolgstudie.

Het rapport bestaat uit twee onderdelen, ieder gevolgd door aanbevelingen. Allereerst wordt op basis van bestaande kennis over menselijke taakuitvoering beschreven hoe ontwerpers rekening kunnen houden met specifieke menselijke eigenschappen (Hoofdstuk 2).

Vervolgens wordt - uitgaande van deze menselijke eigenschappen - beschreven hoe (in aanvulling op het gebruik van ongevallen als criterium voor maatregelen) potentiële faalkansen en ernst van faalkansen gedetecteerd en vastgesteld kunnen worden (Hoofdstuk 3).

Het geheel wordt besloten door discussie en aanbevelingen voor nader onderzoek.

2. Uitgangspunten voor het ontwerp van een (fiets)infrastructuur

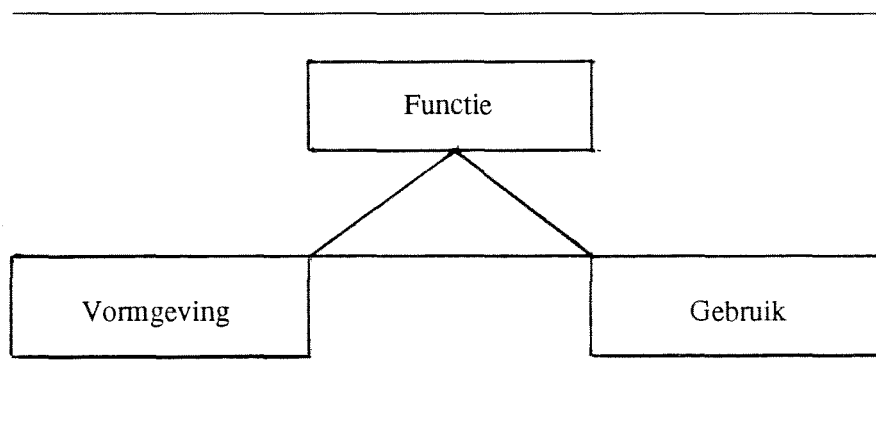
2.1. Algemeen

De verkeersinfrastructuur (voor fietsen) wordt gepland, ontworpen en beheerd met het doel veilige en comfortabele (fiets)verplaatsingen mogelijk te maken. De vraag is op welke wijze dit doel zo optimaal mogelijk gerealiseerd kan worden. Elders is beargumenteerd dat het afstemmen van de relaties tussen functie, vormgeving en gebruik voorwaarde voor optimalisatie is (zie Dijkstra & Twisk, 1991). Ook in deze studie is gekozen voor dit uitgangspunt, hetgeen in par. 2.2 nader wordt toegelicht, met specifieke aandacht voor het feitelijke en beoogde gebruik van de (fiets)infrastructuur.

Er blijkt een nauwe relatie te bestaan tussen gebruik en vormgeving, en de conclusie is dat een goede vormgeving een voorwaarde is voor veilig gedrag (par. 2.3) en dat menselijke fouten deels voorkomen kunnen worden door de vormgeving aan te passen aan de menselijke mogelijkheden (par. 2.4). Een nadere bestudering van deze menselijke mogelijkheden laat zien dat het niet juist is alle fietsers over één kam te scheren. Met name de mogelijkheden van kinderen en ouderen stellen specifieke eisen aan de vormgeving (par. 2.5). Dit hoofdstuk wordt afgesloten met aanbevelingen voor het 'mens-vriendelijk' ontwerpen van fietsvoorzieningen.

2.2. Vormgeving en gebruik: Veiligheidsrelevantie van discrepantie

Bij het ontwerp van verkeersvoorzieningen wordt de driehoek 'functie - vormgeving - gebruik' gehanteerd:



De begrippen 'functie' (hier: iets mogelijk willen maken), 'vormgeving' (van de voorzieningen) en 'gebruik' (van de voorzieningen) zijn op het verkeersgebied als volgt te beschrijven:

- De functie is het eisenpakket dat stedenbouwkundigen en verkeersplanologen op tafel leggen voor een bepaald gebied. De eisen hebben te maken met het soort verplaatsingen waarvoor de verkeersvoorzieningen gebruikt zullen worden.
- De vormgeving van de verkeersvoorziening is af te leiden uit de functie, veelal middels richtlijnen voor de globale vormgeving van de wegen. Met

de vormgeving wordt ook beoogd aan te geven op welke wijze de voorziening gebruikt dient te worden. Zo wordt bepaald wie van de weg gebruik mag maken, met welke snelheid en welke manoeuvres uitgevoerd mogen en kunnen worden. Dit is het door de ontwerper beoogde gedrag. - Het 'gebruik' is de verzamelnaam voor het verkeersgedrag dat de verkeersdeelnemers feitelijk vertonen op de gerealiseerde wegen.

Voor het doel van dit onderzoek is dus zowel de vormgeving als het beoogde gedrag relevant en vooral hoe het beoogde gedrag zich verhoudt tot het feitelijke gedrag. Enerzijds wordt de vormgeving bepaald door de functionele eisen die aan een voorziening worden gesteld, anderzijds wordt deze bepaald (en misschien wel in hoge mate), door de eisen die gesteld worden met het oog op de gebruikers. Met name de mogelijkheden en beperkingen van de verkeersdeelnemers zullen in hoge mate bepalen of de vormgeving van de voorziening in de praktijk voldoet aan de eisen (betreffende veiligheid en afwikkeling) zoals die vanuit de functie gesteld worden.

In het ontwerpproces is het beoogde of veronderstelde verkeersgedrag van de verkeersdeelnemers dus een belangrijk uitgangspunt. Onder meer op basis van dit veronderstelde verkeersgedrag worden bepaalde elementen wel of niet in het ontwerp opgenomen, afhankelijk van het te verwachten effect op de veiligheid, het comfort of de doorstroming. In dit ontwerpproces speelt beoogd gedrag weliswaar een rol, maar veelal op een verborgen (impliciete) wijze. In de hier volgende studie wordt beoogd gedrag expliciet onder de loep genomen.

Verder is tot op heden geen studie bekend waarin gekeken is naar de mate waarin het gedrag dat op de tekenafel verondersteld werd, overeenkomt met het feitelijke gedrag nadat de weg voor het verkeer is opengesteld.

Dergelijke studies zouden om meer dan één reden van belang kunnen zijn:

1. De discrepantie kan erop wijzen dat verkeersdeelnemers op basis van het wegontwerp niet herkennen welk gedrag door de ontwerper beoogd wordt of dat het beoogde gedrag door hen wel herkend wordt, maar niet uitvoerbaar blijkt. Deze inzichten kunnen aanknopingspunten geven voor een veilig ontwerp.

2. Een discrepantie zou erop kunnen wijzen dat het 'beoogde gedrag' in de praktijk niet tot de gewenste resultaten leidt en het feitelijke gedrag een betere oplossing is. De weggebruiker heeft het potentiële gevaar en/of discomfort zelf 'weggeregeld'. Deze kennis kan aanknopingspunten geven voor een adequater ontwerp.

3. In tegenstelling tot de voorgaande punten, waarin discrepanties het gevolg zijn van 'ontwerp'-fouten, kunnen de discrepanties wijzen op 'bewuste keuzen' van gebruikers. Deze bewuste keuzen hebben dan niet het doel 'fouten in het ontwerp' weg te regelen, maar zijn gericht op het behalen van eigen voordeel, bijv. het reduceren van tijdverlies. Dit gedrag (overtreding) kan echter wel aanleiding zijn voor onveiligheid, omdat dit afwijkende gedrag onvoorspelbaar is voor de overige verkeersdeelnemers. Het is wel zeker dat ontwerpen verschillen in de mate waarin in de praktijk overtredingen worden gemaakt. Een nadere bestudering van de kenmerken van deze ontwerpen in relatie tot feitelijke gedrag zou aanwijzingen kunnen geven voor 'ontwerpen' waarin zo min mogelijk overtredingen worden gemaakt.

Vooraf voor een studie naar 'fietsveiligheid' is de discrepantie tussen

feitelijk en beoogd gedrag relevant. Het feitelijke gedrag van fietsers lijkt vaak niet overeen te komen met wat de ontwerper voor ogen had. Vaak leidt dit niet-beoogde gedrag niet tot ongevallen. Immers, gezien de massaliteit van overtredingen door fietsers (zie bijv. Twisk, 1993; Verschuur, 1993) zouden fietsers vele malen vaker bij ongevallen betrokken moeten zijn dan nu feitelijk het geval is. Wel blijkt afwijkend gedrag tot irritatie en schrik te leiden bij de andere verkeersdeelnemers (zie bijv. Noordzij, 1991). Deze irritatie en schrik zijn vervelend, maar zullen in mindere mate aanleiding vormen voor corrigerende maatregelen, dan afwijkend gedrag waaruit ongevallen blijken voort te komen.

Om vast te stellen welke maatregelen doelmatig zijn om het 'veiligheidsprobleem' op te lossen, zal een antwoord gevonden moeten worden op de vraag: "Waarom werd het door de ontwerper beoogde gedrag door de gebruiker op een andere wijze uitgevoerd?". Bijvoorbeeld, wanneer belangrijke elementen van de vormgeving niet correct worden waargenomen, of niet worden opgemerkt, leidt dat tot een andere aanpassing dan wanneer deze wel gezien werden, maar niet begrepen, of deze wel gezien werden maar de manoeuvre die uitgevoerd diende te worden 'onmogelijk' bleek. Een voorbeeld van het laatste: de fietser moet weven met een snelle achteropkomende verkeersstroom met een hoge intensiteit en heeft geen veilige plek om een gaatje af te wachten.

Zoals eerder genoemd lijken empirische studies op dit gebied in beperkte mate uitgevoerd te zijn voor zover het voorzieningen voor snelverkeer betreft. Dergelijke studies omtrent fietsvoorzieningen blijken geheel te ontbreken. Dit betekent dat kennis voor het beantwoorden van de vraag "Waarom werd het door de ontwerper beoogde gedrag op een andere wijze uitgevoerd?" vooralsnog uit de niet-verkeerskundige literatuur gehaald moet worden. Literatuur die heeft betrekking op de vraag "Waarom en onder welke omstandigheden maken mensen fouten?", is in dit verband relevant.

2.3. De menselijke factor

De fouten die aan verkeersongevallen ten grondslag liggen worden vaak als 'menselijke fouten' beschouwd, in de zin dat de oorzaak van de fout in de mens gelegen is en niet in het voertuig of de vormgeving van de weg. De bestuurder heeft namelijk niet adequaat gereageerd op de vanuit de infrastructuur gestelde eisen aan zijn rijgedrag, zoals: niet tijdig en voldoende snelheid terugnemen bij het naderen van een scherpe bocht; niet voldoende rechtshouden; onvoldoende uitkijken op een kruispunt.

Uit ongevallenstudies wordt wel afgeleid dat fouten van deze aard verantwoordelijk zijn voor meer dan 90% van de ongevallen (Treat e.a., 1977; Sabey & Staughton, 1975). Hoewel de vraag gesteld kan worden of dit hoge percentage niet deels veroorzaakt wordt door de wijze waarop de ongevallen in rubrieken worden ingedeeld (Haight, 1980), mag aangenomen worden dat de menselijke fout een belangrijke bijdrage betekent aan de verkeersonveiligheid.

Door dit type fouten 'menselijke fouten' te noemen, kan worden gesuggereerd dat niet alleen de oorzaak gelegen is in de mens, maar ook de oplossing voor het probleem. Door deze beter op te leiden, beter te waarschu-

wen, meer te wijzen op zijn verantwoordelijkheden zou dit type ongevallen vermeden kunnen worden. Deze benadering sluit ook gevoelsmatig aan bij onze intuïtieve kennis over hoe de mens psychologisch in elkaar zit. Wij weten zowel van anderen en ook van onszelf dat we vergeetachtig zijn, vergissingen maken, onvoorzichtig zijn, en bij tijd en wijle ongeconcentreerd zijn. Bij onszelf zullen we de oorzaak daarvan eerder toewijzen aan externe oorzaken; dat we ongeconcentreerd zijn komt doordat iets saai is; dat we vergeetachtig zijn komt doordat andere zaken belangrijker zijn; dat we onvoorzichtig blijken komt doordat ...etc. Bij anderen zullen we het eerder toewijzen aan 'persoonlijkheid', zijn slordigheid, zijn overmoedigheid etc. Het toewijzen van oorzaken aan verschijnselen en de systematische fouten die mensen daarin lijken te maken (attributie) is in de psychologie diepgaand onderzocht (bijv. Weiner, 1986, aangehaald in Lourens, 1990). Foutieve attributie blijkt ook in het verklaren van ongevallen een belangrijk verschijnsel. Systematisch wordt vaak het slachtoffer als 'schuldige' aangemerkt (zie Ryan, 1972; Sivak, 1985). Gelukkig verongelukken veelal anderen en niet wijzelf. Dit gelukkige verschijnsel heeft helaas wel tot consequentie dat oorzaken voor die ongevallen eerder gezocht worden in het falen van die ander (hij keek ook niet uit, en eigenlijk keek hij nooit goed uit) dan in meer externe oorzaken. Hierdoor worden externe oorzaken met moeite blootgelegd. Immers elk ongeval kan toegeschreven aan onoplettendheid: "Als hij had opgelet, had hij tijdig gereageerd en was het ongeval niet gebeurd (zelfs een spookrijder valt te ontwijken) en als er geen ongeval gebeurd is komt dat doordat hij heeft opgelet". Er is dus sprake van een 'overschatting van de eigen kwaliteiten' als verkeersdeelnemer, en een overschatten van de frequentie van fouten van anderen (zie bijv. Svenson, 1981; Tränkle & Bailer, 1988). Dit beeld is gevonden in een Nederlandse studie (Hagenzieker & Wittink, 1988).

De consequentie van deze foutieve attributie kan zijn dat maatregelen ter voorkoming van ongevallen vaker worden gezocht in het opleiden, trainen en waarschuwen van bestuurders dan in aanpassingen van de verkeersinfrastructuur. Alleen op die plaatsen waar een hoge concentratie van ongevallen is, wordt de oorzaak voor de ongevallen gezocht in de externe condities en worden aanpassingen van de regelgeving of de infrastructuur overwogen en/of uitgevoerd (black-spot benadering).

De hiervoor beschreven benadering gaat uit van een verkeerssysteem dat de verantwoordelijkheid voor onveiligheid in eerste instantie toewijst aan verkeersdeelnemers en in tweede instantie aan het verkeersontwerp. Een andere benadering is om de verkeersinfrastructuur zo vorm te geven dat deze is aangepast aan de 'menselijke voorkeuren, beperkingen en mogelijkheden' op een wijze dat menselijke fouten minder vaak voorkomen, en als ze voorkomen minder ernstige gevolgen hebben. Deze benadering is niet nieuw en is reeds in vele varianten verwoord (zie bijv. Hale e.a., 1990; Wagenaar & Reason, 1990; Roszbach, 1990; Koornstra e.a., 1992).

2.4. Ontwerpen: De mens als maat der dingen

Menselijke fouten zijn in beperkte mate te bestrijden door het 'sleutelen aan de mens zelf' via opleiding en voorlichting, maar veel doelmatiger door de verkeerssituaties waarmee verkeersdeelnemers te maken krijgen meer aan te laten sluiten bij de menselijke mogelijkheden en beperkingen (Sanders & McCormick, 1987).

Deze aansluiting tussen menselijke mogelijkheden enerzijds en de verkeersopgaven is belangrijker wanneer het complexe taken betreft. Taken waarbij de uitvoerder op veel dingen moet letten, snel beslissingen moet nemen, en een juiste actie moet kiezen en uitvoeren (Sanders & McCormick, 1987). Fietsen is zo'n complexe taak, waarbij gelijktijdig het voertuig beheerst dient te worden (zoals evenwicht houden, evenwicht corrigeren bij bochten, trappen etc.), maar ook letten op overige verkeersdeelnemers, zoals inschatten van hun koers en snelheid, nagaan welke regels gelden etc. Het verkeersontwerp bepaalt onder meer hoe complex de fietstaak is in een concrete verkeerssituatie. Er zijn geen studies bekend die gericht zijn op de wijze waarop deze fietstaak uitgevoerd wordt en wat de consequenties hiervan zijn voor het ontwerp van de infrastructuur. Wel zijn er een groot aantal studies uitgevoerd naar de uitvoering van complexe taken in het algemeen. Relevante resultaten uit beide onderzoeksterreinen voor het infrastructureel ontwerp worden hier geresumeerd.

De mens is ernstig beperkt in zijn mogelijkheden om veel informatie in één keer op te nemen, te beoordelen op zijn betekenis, op grond daarvan beslissingen te nemen, en een actie uit te voeren. Elke stap van waarneming tot actie kost tijd, en kost meer tijd wanneer met meer gegevens rekening gehouden moet worden (zie bijv. Lindsay & Norman, 1977; Mulder, 1983). Deze beperkingen komen het meest tot uiting in taken die nieuw zijn voor de uitvoerder, en leiden tot traagheid en het maken van vele fouten.

Daarnaast vraagt de taak naarmate deze complexer is en nieuwer meer energie. Dat wil zeggen dat mensen bij de uitvoering van dit soort taken snel vermoeid raken en deze dienstengevolge slechts korte tijd kunnen volhouden. In de taakuitvoering wordt dat zichtbaar doordat, naarmate de taak gedurende langere tijd uitgevoerd wordt, het aantal fouten en de traagheid in de tijd toenemen (time on task, Kahneman, 1973).

Dat we van die beperktheid zelden last hebben komt door het feit dat we door *veel oefenen* belangrijke onderdelen van taken vrijwel automatisch uitvoeren. We hoeven er niet meer bij na te denken. Deze manier van uitvoering kenmerkt zich door 'snelle' (re)acties en weinig fouten. Daarnaast is duidelijk zichtbaar dat de uitvoering vloeiend is, dat wil zeggen, met een adequate timing en doelgerichte bewegingen zonder haperen. Belangrijk is ook dat automatische taakuitvoering weinig energie vraagt en lang volgehouden kan worden zonder dat vertraging of fouten gaan optreden (Shiffrin & Schneider, 1977).

Tegenover de genoemde voordelen van geautomatiseerd handelen staan ook nadelen. Het belangrijkste is wel dat het ten koste gaat van de flexibiliteit van handelen. Dat wil zeggen, de handeling wordt steeds op de zelfde wijze uitgevoerd, ook als de situatie een andere of bijgestelde handeling vraagt. Een tweede nadeel is dat zodra handelingen geautomatiseerd zijn, ze alleen met zeer veel moeite te veranderen zijn. Wanneer ze correct zijn is dat een voordeel omdat niet gemakkelijk fouten in de handelingssequenties komen. Het is een nadeel wanneer de handelingen foutief zijn geautomatiseerd.

De conclusie is dat complexe taken die snelle beslissingen vragen - in tienden van seconden, zoals bijvoorbeeld fietsend aan het verkeer deel-

nemen - alleen min of meer foutloos over langere tijd uitgevoerd kunnen worden wanneer een aanzienlijk aandeel van de taak min of meer automatisch uitgevoerd kan worden, en de handelingssequenties correct zijn aangeleerd. (zie ook: Hale & Glendon, 1987; Rasmussen, 1986; Reason, 1990).

Het is echter niet de taakuitvoerder die bepaalt of een taak automatisch uitgevoerd kan worden, het is de *aard van de 'taak'* die dit bepaalt. Taken bijvoorbeeld die steeds op belangrijke onderdelen anders zijn (er zijn geen vaste patronen, het is onduidelijk waarop gelet moet worden) zijn minder goed te automatiseren dan taken waarbij alles min of meer duidelijk is. De aard van de taak wordt bepaald door de 'bedenker' van de taak, en voor de 'fietstaak' betekent dit dat de 'bedenker' van de vormgeving van de infrastructuur en de daarbij horende regelgeving bepaalt of de taak automatisch uitgevoerd kan worden.

Belangrijk is dan ook dat de 'bedenker' de verkeerstaak en de verkeersomgeving voor de mens standaardiseert. Dat wil zeggen dat bij standaard verkeersproblemen standaard oplossingen horen, die door de verkeersdeelnemers als zodanig herkend worden en waarvoor duidelijk is welke gedragingen van hen verwacht worden.

Maar ook zodra nieuwe oplossingen worden bedacht moet nagegaan worden hoe groot de vloed van informatie is, en of er mogelijkheden bestaan de gebruiker van te voren te informeren over wat hij zou moeten doen.

Er zijn veel voorbeelden te geven uit de wereld van de vormgeving van producten en van het ontwerpen van veiligheidsrichtlijnen, waaruit blijkt dat een goed ontwerp voorwaarde is voor foutloos en aangepast gedrag (zie bijv. Norman, 1988). Het voert echter te ver in het kader van deze rapportage hierop verder in te gaan.

2.5. Educatie en vormgeving

Hoewel er in de praktijk zelden een relatie gelegd wordt tussen vormgeving en educatie, zijn uit de 'menselijke mogelijkheden en beperkingen' aanwijzingen af te leiden over het belang van een zorgvuldige wisselwerking tussen vormgeving (en dus ook vormgevers) en opleiding/training (dus trainers). Een éénduidige en standaard vormgeving zal het opleidingsproces vergemakkelijken. Het is voor de leerling gemakkelijker te herkennen waarop hij moet letten en wat er van hem gevraagd wordt. De opleiding kan hem dan laten herkennen welke situaties hij als van dezelfde soort kan zien, en welke situaties wezenlijk van elkaar verschillen. Deze training beoogt dan om de juiste gedragsroutines aan te leren, die dan door veel oefenen uiteindelijk geautomatiseerd worden.

2.6. Bijzondere groepen: Kinderen en ouderen

In het voorgaande is gesproken over 'de menselijke mogelijkheden' als zouden die voor alle groepen fietsers hetzelfde zijn. Dit is zeker niet het geval. Kinderen en ouderen verschillen in belangrijke mate van de overige leeftijdsgroepen. Dit blijkt onder meer uit onderzoek in het kader van het project 'Taakanalyse fietser' voor wat betreft kinderen (Van Schagen et al., 1990) en een probleemanalyse uitgevoerd naar de onveiligheid van oudere fietsers (SWOV, 1987).

Uit beide studies blijkt dat ouderen en jongeren op kenmerkende wijzen de verkeerstaak uit voeren. Op basis van deze kenmerken hebben de onderzoekers aanbevelingen geformuleerd met betrekking tot het ontwerp van een infrastructuur.

Kinderen 4 tot 12 jaar

Met betrekking tot de jonge en onervaren fietsers wordt door de onderzoekers het volgende geconcludeerd:

"De [...] problemen die onervaren fietsers in het verkeer tegenkomen zijn deels te wijten aan de infrastructuur die niet op kinderen is ingesteld; gecompliceerde wegconfiguraties; gescheiden verkeersstromen die op een gegeven moment toch weer worden samengevoegd; grote hoeveelheden borden en tekens; die slechts gedeeltelijk relevant zijn voor fietsers; enzovoorts. Nu is het onmogelijk om de gehele verkeersomgeving af te stemmen op de mogelijkheden van de groep jongste fietsers (4 tot 12 jaar). Het is echter wel aan te bevelen de schoolomgeving en de belangrijkste schoolroutes wel zoveel mogelijk aan te passen aan de mogelijkheid van jonge kinderen door bijvoorbeeld de routes te voorzien van verkeersregelinstallaties, voorrangskruisingen, snelheidsremmers voor gemotoriseerd verkeer en veiligheidsbevorderende faciliteiten bij de uitgang van de school. Het is de taak van de ouders en de school om de kinderen stimuleren de eenvoudigste route ook daadwerkelijk te volgen en te leren de voorzieningen op de juiste wijze te gebruiken". (Van Schagen et al., 1990, blz. 64).

Daarnaast bevelen de onderzoekers aan om naast de specifieke aanpassingen in de buurt van scholen, ook een aantal meer algemene aanpassingen toe te passen, die vooral voor jonge kinderen, maar zeker ook voor andere verkeersdeelnemers de verkeerstaak zullen vereenvoudigen. Het betreft hier een drastische vermindering van het aantal verkeersborden en -tekens en een vereenvoudiging van de voorrangregels. Het nog steeds gehanteerde onderscheid tussen gemotoriseerd verkeer en ongemotoriseerd verkeer bij voorrangsaafhandeling op kruispunten van gelijkwaardige wegen vereist een aantal extra mentale stappen om tot de juiste beslissing te komen.

Kinderen 12 tot 16 jaar

Onderzoek onder jeugdigen (12 tot 16 jaar) leidt minder tot concrete aanbevelingen met betrekking tot het infrastructureel ontwerp. Karakteristiek voor deze leeftijdsgroep is dat zij zich verre van normatief gedragen. Dat wil zeggen, het gedrag dat zij feitelijk vertonen wijkt sterk af van het gedrag dat de ontwerper beoogd had. Er is nog een belangrijk onderscheid met de oudere leeftijdsgroepen. Van Schagen et al. (1990, blz. 64) concluderen: "In tegenstelling tot volwassen (ervaren) fietsers, lijken jeugdige fietsers niet in staat te beoordelen wanneer het absoluut noodzakelijk is zich aan de regels te houden en wanneer men 'veilig' hiervan kan afwijken. Een gebrek aan inzicht in het verkeerssysteem als geheel en in de specifieke gezichtpunten en wensen van andere groepen verkeersdeelnemers lijken belangrijke oorzaken hiervoor. Als het nut van allerlei gedragsregels niet wordt ingezien dan zal de bereidheid om ze op te volgen gering zijn. Dit geldt in versterkte mate tijdens de zogenaamde adolescentieperiode, waarin middelbare scholieren zich bevinden". Naast het meer algemene inzicht in het verkeerssysteem ontbreekt ook de kennis van concrete regels, met name complexe voorrangregels.

De ontwerper kan trachten door middel van de infrastructurele vormgeving afwijkend - en onveilig gedrag - onaantrekkelijk te maken, maar het zal lang niet altijd mogelijk zijn om op die wijze het beoogde gedrag af te dwingen.

Ouderen

Naarmate mensen ouder worden treden subtiele veranderingen op in de wijze waarop zij reeds aangeleerde complexe taken uitvoeren en grotere veranderingen treden op in de wijze waarop nieuwe taken aangeleerd worden. Hoewel deze veranderingen al eerder optreden gedurende de volwassenheid, worden zij veelal pas zichtbaar na het 65ste jaar, terwijl er wat betreft de snelheid van veroudering grote individuele verschillen bestaan.

In het algemeen gesproken treedt een vertraging op tussen het moment waarop een gebeurtenis wordt waargenomen en het moment dat een reactie vertoond wordt. De feitelijke uitvoering van de reactie vertoont veelal geen verandering of vertraging (Welford, 1981).

Voor het ontwerp van taken voor ouderen gelden (volgens Sanders & McCormick, 1987) de volgende aanbevelingen:

1. Versterk de signalen waarop ouderen moeten reageren. Maak ze helderder, sterker etc.
2. Vertoon zo min mogelijk extra en gedetailleerde informatie die ouderen kunnen afleiden.
3. Reduceer de hoeveelheid informatie waarmee gelijktijdig rekening gehouden moet worden.
4. Geef de mogelijkheid een eigen tempo te kiezen.
5. Geef voor nieuwe situaties meer tijd en geef de gelegenheid te oefenen.

Gelden deze aanbevelingen ook voor ouderen als fietsers?

Maring (1989) verrichtte onderzoek naar het verkeersgedrag van oudere fietsers. Uit onderzoek bleek het volgende:

1. Oudere fietsers zijn minder goed in staat voorrangssituaties juist te beoordelen.
2. Oudere mensen slingeren meer.
3. Het fietsen zelf leidt bij ouderen tot een aanzienlijke vertraging in de denkprocessen (ongeveer één seconde).

Welke consequenties hebben deze bevindingen voor de vormgeving van fietsvoorzieningen?

In het verkeer zijn ouderen erbij gebaat wanneer zij taken na elkaar kunnen uitvoeren in plaats van gelijktijdig. Het ontwerp zal in belangrijke mate bepalen of parallel dan wel serieel taken uitgevoerd moeten worden. Met name op kruispunten wordt vaak van verkeersdeelnemers verwacht dat ze gelijktijdig verschillende verkeersstromen kunnen waarnemen, kunnen beoordelen of een veilige overstek mogelijk is, en op welk moment aan die overstek begonnen kan worden. Vooral daar waar veel verkeersstromen met een behoorlijke intensiteit, of daar waar weinig verkeersstromen met een hoge intensiteit, gekruist moeten worden, kan men de ouderen behulpzaam zijn door bijvoorbeeld middensteunpunten of andersoortige veilige havens in het ontwerp op te nemen.

De algemene vertraging in het handelen van ouderen kan bijvoorbeeld ook van belang zijn voor het vaststellen van de lengte van de ontruimingstijd

voor fietsers bij verkeerslichten. Ouderen en ook kinderen hebben een langere ontruimingstijd nodig dan de overige leeftijdsgroepen (SWOV, 1987).

Voor het wegvak en de fietspaden of fietsstroken geldt dat ouderen meer ruimte nodig hebben. Zij zullen vaker slingeren, mede doordat zij snelheid verminderen om situaties beter te kunnen overzien. Ook zullen ze voor dit doel vaker afstappen. Dit betekent dat ouderen gebaat kunnen zijn met brede fietspaden, waarbij zij niet in conflict komen met tegemoetkomende of achteropkomende (brom)fietsers. Een studie naar ongevallen met oudere fietsers toonde aan dat deze groep vaak betrokken was bij ongevallen met achteropkomende voertuigen (Goldenbeld, 1993).

Het kan dan ook in het belang van de veiligheid van ouderen zijn om (gegeven de feitelijke hoge rijnsnelheden van bromfietsers) deze niet toe te laten op het fietspad.

Vaak wordt gesteld dat het niet haalbaar en efficiënt is een infrastructuur te ontwerpen die rekening houdt met de beperkingen van kinderen en ouderen. Hier wordt ook wel tegenovergesteld dat een infrastructuur die veilig is voor ouderen en kinderen een infrastructuur is die veilig is voor allen (Wouters, 1991).

2.7. Aanbevelingen

Wat betekenen bovenstaande gegevens en redeneringen voor de verkeersinfrastructuur, en voor de fietstaak in deze infrastructuur? Ontwerpers van de verkeersinfrastructuur zullen in hun ontwerp met de navolgende punten rekening moeten houden.

1. Verkeersdeelnemers zijn ernstig beperkt in hun vermogens om in korte tijd (tienden van seconden) informatie te verwerken, beslissingen te nemen, en handelingen uit te voeren. Dit heeft consequenties voor verkeersoplossingen die voor fietsers geheel nieuw (d.w.z. niet standaard) zijn. In die gevallen moet de informatie bewust gezocht worden, bewust verwerkt worden, en moet er een bewuste keuze gemaakt worden tussen alternatieven.

Bij het ontwerp van zulke niet-standaard oplossingen moet dus al rekening worden gehouden met het feit dat fietsers:

- zullen aarzelen;
- zullen vertragen, mogelijk afstappen;
- fouten maken;
- onvoorspelbaar zijn voor anderen.

De mate waarin deze verschijnselen zullen optreden is daarbij ook afhankelijk van de leeftijd van de fietsers. Ouderen gaan achteruit in hun vermogens informatie uit nieuwe situatie snel te verwerken. Kinderen zijn ook traag omdat zij in nieuwe situaties nog niet precies weten waar ze op moeten letten. Ze zijn geneigd te letten op het detail en daarbij de relevante zaken over het hoofd te zien. Ontwerpers zullen in hun ontwerp rekening moeten houden met de behoeften van kinderen en ouderen.

2. Fietsers reageren 'bij voorkeur' automatisch op verkeerssituaties. Dat kost namelijk minder mentale inspanning, en ze maken minder fouten, als de situatie tenminste klopt met de verwachtingen waarop de routine gebaseerd is. Dit heeft tot gevolg dat fietsers, vertrouwend op hun 'automatische piloot', in mindere mate alert zijn op afwijkingen in ontwerp of ver-

keerssituaties die maar in geringe mate afwijken van dat wat zij verwachten. De consequentie hiervan is dat in het ontwerp:

- kleine afwijkingen, die gemakkelijk over het hoofd worden gezien maar die *wel* relevant zijn, moeten worden vermeden: indien dit niet mogelijk is dienen deze kleine afwijkingen visueel geaccentueerd te worden;
- waarschuwingen (in de vorm van verkeersborden) zoveel mogelijk moeten worden vermeden, omdat ze gemakkelijk over het hoofd gezien zullen worden.

3. Verkeersdeelnemers zijn als de gewoonte eenmaal gevormd is, weinig flexibel. Wanneer een gewoonte is aangeleerd dan is deze moeilijk te veranderen, en dit gaat dan ook nog ten koste van een vloeiende en correcte uitvoering. Als in het ontwerp een ander gedrag wordt geeist dan dat wat de verkeersdeelnemer 'geautomatiseerd heeft', moet de ontwerper rekening houden met:

- fouten in de uitvoering
- vertraging, afstappen
- verwarring van oud en nieuw gedrag
- onvoorspelbaarheid voor anderen.

4. Verkeersdeelnemers houden rekening met de mogelijkheid dat bepaalde omstandigheden wel of niet zullen optreden. Dit betekent dat zij bepaalde gebeurtenissen of omstandigheden niet zullen verwachten. Deze verwachtingen richten de aandacht. Als onverwachte gebeurtenissen wel optreden of als aanwijzingen op onverwachte plaatsen gegeven worden, zullen de fietsers in mindere mate adequaat erop kunnen reageren (zie bijv. Theeuwes, 1991, 1992).

Wat verwacht wordt is afhankelijk van ervaringen uit het verleden en ervaringen tijdens de verplaatsing van dat moment. Voor de ontwerper betekent dit dat deze moet nagaan of het ontwerp overeenstemt met de verwachtingen die de fietser heeft, zoals betreffende de plaatsen waar informatie wordt gegeven of de aanwezigheid van andere verkeersdeelnemers of de manoeuvres van anderen.

5. Educatie heeft als belangrijkste functie de eisen die gesteld worden op basis van het ontwerp aan te vullen. Zij kan niet een oplossing bieden voor een slecht ontwerp, wel kan zij waarschuwen voor gevaren, en defensieve gedragsregels aanleren. Dit blijft echter minder effectief dan een 'gevaar'-vrije infrastructuur.

3. Criteria voor (on)veiligheid

3.1. Algemeen

In het voorgaande hoofdstuk heeft de nadruk gelegen op de ‘menselijke factor’, met name op de menselijke beperkingen, hoe deze beperkingen overwonnen worden en welke ‘globale’ richtlijnen voor het infrastructurele ontwerp hieruit zijn af te leiden. Deze richtlijnen zijn in tamelijk abstracte termen geformuleerd. Wat ontbreekt is een concrete uitwerking in termen van (on)veiligheid in samenhang tot de infrastructuur.

Voor deze uitwerking is nodig dat een relatie gelegd wordt tussen het menselijke gedrag enerzijds en de onveiligheid van bepaalde oplossingen anderzijds.

In deze studie wordt deze relatie gelegd door het gedrag dat de ontwerper van fietsers verwacht (het beoogde gedrag), in verband te brengen met wat fietsers kunnen. Hierbij is ervan uitgegaan dat op plaatsen waar het beslag op de menselijke mogelijkheden groot is, een relatie met onveiligheid zal bestaan.

Deze volgorde van werken (namelijk door beoogd gedrag als uitgangspunt te kiezen) is weinig conventioneel. Veel vaker wordt uitgegaan van gebleken onveiligheid (d.w.z. ongevallen) en wordt op basis daarvan nagegaan of er oorzaken zijn die aan de infrastructuur toegeschreven kunnen worden. Deze aanpak heeft voor het doel van ons onderzoek belangrijke beperkingen (zie par. 3.2), evenals het foutencriterium, d.w.z. gedragsfouten die mogelijk tot ongevallen kunnen leiden (zie par. 3.3).

Beoogd gedrag vormt de brug tussen ontwerp en uitvoering. De ‘ontwerper’ bedenkt het beoogde (veilige) gedrag. Verondersteld wordt dat naarmate de taak die uitgevoerd moet worden complexer is, vaker fouten gemaakt zullen worden. Deze kans op fouten wordt nader uitgewerkt in de begrippen faalkans en faalemst. De elementen die uiteindelijk de faalkans en -ernst beïnvloeden, kunnen de basis vormen voor een veiligheidsoordeel over een ontwerp. Een aantal voorbeelden van faalkans/faalemst-beoordelingen wordt gepresenteerd (par. 3.4). De beoordeling is beperkt in de zin dat deze volledig is gebaseerd op het door de ontwerper *beoogde* gedrag. Voor een vollediger beeld moet de beoordeling nog aangevuld worden met inzichten over het feitelijke gedrag (par. 3.5).

De gepresenteerde aanpak is een manier van kijken naar de relatie tussen fietser en infrastructuur. Het is niet de enig mogelijke of noodzakelijk de beste. Net als elke aanpak kent ook deze aanpak zijn mogelijkheden en beperkingen. Er wordt beschreven hoe deze aanpak verder ontwikkeld en toegepast kan worden (par. 3.6).

3.2. Ongevallen en infrastructuur

Ongevallen zijn een belangrijk criterium om de (on)veiligheid van verkeersvoorzieningen vast te stellen. De aanwezigheid van ongevallen wijst op onveiligheid en de afwezigheid van ongevallen wijst op veiligheid. Ongevallen worden dan gebruikt voor de detectie van onveiligheid (waar gaat het mis) en de diagnose daarvan (wat is er mis). Bovendien draagt de studie van ongevallen bij aan preventie (bijv. dit type oplossing is veiliger

dan andere typen oplossingen), en kunnen voorspellingen gedaan worden over de te verwachten ongevallenfrequentie.

Voor het doel van deze studie naar 'ideale (veilige) fietsvoorzieningen' heeft het criterium 'ongevallen' belangrijke beperkingen:

1. Over onveiligheid kan alleen een uitspraak gedaan worden op basis van de (on)veiligheid van reeds bestaande oplossingen. Het Masterplan Fiets richt zich niet alleen op de veiligheid van bestaande fietsvoorzieningen, maar wil ook aanbevelingen doen over nog te ontwerpen en vorm te geven 'nieuwe' oplossingen. Op de tekentafel is van deze nieuwe oplossingen niet bekend welke en hoeveel ongevallen er zullen gebeuren. Om de (on)veiligheid te schatten is een ander criterium nodig. Een criterium, overigens, dat wel in relatie staat tot onveiligheid.
2. Om op basis van ongevallen voorspellingen te doen over kansen op ongevallen op soortgelijke locaties is het noodzakelijk dat vastgesteld wordt welke elementen in de vormgeving locaties vergelijkbaar maken. Daarvoor moet er naast ongevallen ook een beschrijving van vormgevingen voorhanden zijn, bestaande uit voor de veiligheid essentiële kenmerken. Hiervoor is weer een criterium nodig dat onveiligheid en infrastructurale kenmerken met elkaar in verband brengt.
3. Het criterium 'ongevallen' kan alleen gebruikt worden om de onveiligheid van een oplossing aan te geven. Het kan niet gehanteerd worden om de 'veiligheid' van het systeem vast te stellen. Zolang er geen ongeval gebeurd is, is het systeem veilig. Wanneer jaren verstrijken alvorens een klein ongeval optreedt is deze conclusie wellicht terecht. Maar anders ligt het wanneer een lange ongevallenvrije periode gevolgd door één of meer ernstige ongevallen. Is dan nog steeds sprake van een veilige infrastructuur? Om de veiligheid vast te stellen is een ander criterium nodig dan ongevallen.

Wij menen dan ook dat in aanvulling op het criterium 'ongevallen' bovengenoemde criteria ontwikkeld moeten worden. Naar onze mening kunnen deze criteria voortkomen uit de afstemming tussen vermogens van de fietsers en de eisen die gesteld worden aan hun gedrag vanuit de vormgeving. In de volgende twee paragrafen wordt dit nader uitgewerkt, waarbij twee wegen gevolgd worden. Allereerst wordt ingegaan op fouten als mogelijk criterium. Aangegeven wordt dat fouten soortgelijke beperkingen kennen als ongevallen. De tweede weg is volgens ons de 'complexiteit van de verkeerstaak'.

3.3. Gedragsfouten en infrastructuur

Fouten kunnen gezien worden als discrepanties tussen datgene wat de vormgeving van de persoon vraagt en hoe hij de taak feitelijk uitvoert. In het kader van dit onderzoek is van belang of er een éénduidige relatie bestaat tussen veiligheid en fouten. Deze relatie is echter minder eenduidig als wel gewenst zou zijn:

1. Er is geen één op één relatie tussen fouten en ongevallen. De relatie tussen fout en onveiligheid zou duidelijk zijn wanneer elke fout, d.w.z. elke afwijking van het beoogde gedrag, leidt tot een ongeval. Gelukkig is dat niet het geval. Met name fietsers gedragen zich in beperkte mate volgens de regels, maar meestal leidt dat niet tot een ongeval. Nemen we als voorbeeld het door rood licht rijden. Dit leidt alleen tot een ongeval wanneer op het zelfde moment een andere verkeersdeelnemer de baan van de

overtreder kruist en beiden niet in staat zijn de ander te ontwijken. Wanneer het kruispunt helemaal leeg is en de fietser steekt toch over, is er wel een fout in de zin dat het niet overeenkomstig het beoogde gedrag is, maar het leidt niet tot onveiligheid. Deze categorie fouten laat zich kenmerken door een rationele en bewuste inschatting door de fietser.

2. Een andere klasse fouten wordt gemaakt door fietsers doordat zij niet of incorrect herkennen wat het door de ontwerper beoogde gedrag is. In het geval van niet-herkennen zal de fietser mogelijk zoekend en traag bewegen, en zich mogelijk defensief en voorzichtig opstellen. Het is mogelijk dat zijn aarzelende gedragingen hem onvoorspelbaar maken voor overige verkeersdeelnemers, en zo de kans vergroten op een ongeval. In het geval van incorrect herkennen, zal hij zich mogelijk 'onaangepast' gedragen zonder zich daarvan bewust te zijn. Dit kan tot onveiligheid leiden. Immers, hij rekent niet op gevaar, en zal niet letten op overige verkeersdeelnemers met voor hem onverwachte manoeuvres.

3. De derde klasse fouten wordt gemaakt door fietsers wanneer zij wel herkennen wat het beoogde gedrag is, maar om een of andere reden (zonder dat zij het zich bewust zijn) anders handelen dan zij van plan waren. Dit worden ook wel 'slips' genoemd (zie Reason, 1990; Rasmussen, 1986); ze komen voor in automatische handelingen, waarin ongemerkt een onderdeel wordt overgeslagen, of als er een niet-gewenste routine in sluipt. Bijvoorbeeld, een fietser die bij het oversteken wel links kijkt, maar niet rechts kijkt; een fietser die gedachteloos een andere route fietst dan hij van plan was; een fietser die - onbewust - handelt alsof hij voorrang heeft op verkeer van rechts, terwijl hij wel weet dat dat incorrect is.

Met name de tweede en derde klasse fouten zijn voor de ontwerper van belang. De vraag is of hij dergelijke fouten kan gebruiken voor het diagnosticeren en detecteren van potentiële onveiligheid. Het gaat dan vooral om fouten die niet direct tot ongevallen leiden.

Bij het foutencriterium en het observeren van fouten is van belang dat de fout die gemaakt wordt, door de observator correct geclassificeerd wordt in één van bovengenoemde drie klassen. Dit kan alleen door te trachten na te gaan wat zich in het 'hoofd van de verkeersdeelnemer' heeft afgespeeld, en wat de verkeersdeelnemer ook nog in staat is achteraf zich te herinneren, waarom hij handelde als hij handelde: wat zag hij; wat dacht hij; wat deed hij; en wat dacht hij dat hij deed. Het zou wel eens kunnen zijn dat mensen in het verkeer feitelijk anders handelen dan zij achteraf denken dat zij handelden (zie bijv. Lourens e.a., 1986).

Geconcludeerd kan worden dat het waarschijnlijk slechts in beperkte mate mogelijk is de 'mentale processen' die aan een fout ten grondslag lagen op een betrouwbare wijze vast te stellen. Daarmee wordt ook het classificeren van fouten een hachelijke zaak.

Naast de genoemde beperkingen van psychologische aard bestaan er ook nog andere. Alle bezwaren die bij het criterium 'ongevallen' golden, gelden ook voor het foutencriterium, bijvoorbeeld:

- Nieuwe oplossingen kunnen alleen op veiligheid beoordeeld worden nadat de oplossing reeds is toegepast.
- Het is niet duidelijk of bevindingen omtrent gedragsfouten te generaliseren zijn naar andere locaties. Daarvoor is het nodig te weten welke kenmerken bepalen dat locaties in essentie hetzelfde zijn.

3.4. Zijn complexiteit, voorspelbaarheid en verwachtingen bruikbare criteria?

Hoewel fouten van verkeersdeelnemers uiteindelijk tot ongevallen kunnen leiden blijkt, zoals hiervoor is beschreven, dat 'feitelijk' gemaakte fouten een beperkte waarde hebben als aanvullend criterium.

Dit betekent dat niet 'feitelijk gemaakte fouten' het criterium moeten zijn, maar iets wat te maken heeft met de kans dat fouten kunnen optreden, met andere woorden de 'foutgevoeligheid van het systeem'. De vraag die dan ook beantwoord moet worden is: "Wat bepaalt de foutgevoeligheid van het systeem?". Niet elke fout is even ernstig in de zin dat gevolgen van een fout groot of klein kunnen zijn. De vraag die vervolgens beantwoord moet worden is: "Wat bepaalt de ernst van een fout?".

De foutgevoeligheid van het systeem is hier gelegen in drie elementen:

- De complexiteit van de rijtaak: de hoeveelheid informatie waarmee gelijktijdig rekening gehouden moet worden, en waarop handelingen gebaseerd zijn (zie par. 3.4.1).
- De voorspelbaarheid: de mate waarin voor verkeersdeelnemers te voorspellen is met welke waarschijnlijkheid een verkeersomstandigheid zal optreden (zie par. 3.4.3).
- Complementaire verwachtingen: de mate waarin verwachtingen met betrekking tot voorrang krijgen en voorrang verlenen op elkaar aansluiten (zie par. 3.4.4).

3.4.1. Complexiteit van beoogd (fiets)gedrag: Een taakanalyse

Het meest belangrijke element in het hele verkeersproces is niet de vormgeving als zodanig, maar de vormgeving in relatie tot het gedrag van weggebruikers. De vormgeving bepaalt wie de verkeersdeelnemer waar zal tegenkomen. Het is dan de taak van de verkeersdeelnemer om zonder ongevallen de afstand tussen herkomst en bestemming te overbruggen. Deze weggebruiker voert daarbij twee elementaire taken uit:

- zodanig koershouden dat hij op de weg blijft;
- botsingen vermijden met overige verkeersdeelnemers en obstakels.

[...] Om dat te doen moet een voorspelling gemaakt worden van de toekomstige positie van het voertuig ten opzichte van het wegverloop, van de positie van de obstakels en van de toekomstige positie van andere weggebruikers [...] Een deel van de gegevens die een bestuurder nodig heeft om zijn taak te vervullen (zoals eigen snelheid en koers, het verloop van de weg, aanwezigheid van andere weggebruikers) kan worden waargenomen, d.w.z. afgeleid uit prikkels van buiten die via de zintuigen kunnen komen. Voor een ander deel van de benodigde gegevens (zoals de toekomstige positie van eigen voertuig en andere weggebruikers) zijn alleen prikkels van buiten niet voldoende, maar is kennis ervaring en oefening nodig (in Noordzij, 1987, blz. 32-33, geciteerd in Hagenzieker, 1989).

Om deze taken correct te kunnen uitvoeren en om de benodigde informatie te kunnen verzamelen, dient een verkeersdeelnemer een veelvoud van beslissingen te nemen. Neem het geval van een 'ontmoeting'. Een ontmoeting kan omschreven worden als een moment tijdens een verplaatsing waarin een verkeersdeelnemer een beperkte ruimte moet delen met een ander. In veel gevallen zijn beiden op botskoers. In een korte tijd moeten de volgende beslissingen genomen worden:

- wie gaat voor?
- welke regel geldt?
- ben ik gezien?
- wat is de snelheid van de ander?
- kan ik voor langs?

Uit de ongevallenstatistieken blijkt dat letselongevallen waarbij fietsers betrokken zijn, veelal voortkomen uit foutief afgehandelde ontmoetingen met snelverkeer (Oei, 1991).

Fouten die gemaakt worden in het afhandelen van ontmoetingen zullen eerder tot ongevallen leiden wanneer de rijsnelheid hoog is. Immers, dan zijn de herstelmogelijkheden van de fouten geringer; er is minder tijd beschikbaar naarmate de snelheid hoger is, en de benodigde ruimte voor corrigerende manoeuvres is vaak groter dan beschikbaar is.

Daarnaast heeft een hogere rijsnelheid in het geval van een ongeval weer een hogere botssnelheid tot gevolg, hetgeen weer leidt tot een ongeval met meer letsel.

De vormgeving van de infrastructuur bepaalt in hoge mate de aard van de ontmoetingen die plaatsvinden. Zij bepaalt bijvoorbeeld wie de fietser kan ontmoeten en met welke snelheid.

In deze studie wordt veiligheid afhankelijk verondersteld van de mate waarin de fietser blootstaat aan ontmoetingen (vooral van het snelverkeer) en de mate waarin de afhandeling van de ontmoeting complexer is, dat wil zeggen dat hij of de ontmoeter tegelijkertijd met meer (potentiële) andere ontmoeters rekening dient te houden. Zoals in het vorige hoofdstuk reeds beschreven is, is uit 'human factor'-onderzoek gebleken dat naarmate de taak complexer is, er meer fouten gemaakt worden en de uitvoering trager verloopt.

3.4.2. *Faalkans en faalernst*

In een beoordeling van de veiligheid van een infrastructurele oplossing kunnen (potentiële) ontmoetingen en de afwikkeling van de ontmoetingen dus belangrijke elementen zijn.

Deze ontmoetingen zijn onder te verdelen naar de richting van de ontmoeting namelijk langs (= passeren), dwars (= kruisen) en tegen (tegemoet komend). Maar ook wanneer een object in de weg staat (zoals een geparkeerde auto) is er sprake van een ontmoeting.

Faalkans

De afhandeling van een ontmoeting is niet altijd even moeilijk. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid informatie (bijv. andere verkeersdeelnemers, richtingen waaruit verkeer kan komen, aantal verkeersdeelnemers (intensiteit), maar ook bijvoorbeeld verkeersregels) waarmee de fietser gelijktijdig rekening dient te houden. Het best is dat te illustreren aan de hand van een voorbeeld. Als we een T-kruispunt vergelijken met een vierarmig kruispunt dan is het T-kruispunt minder complex (vooral op de doorgaande arm) omdat het aantal mogelijke richtingveranderingen beperkt is door het ontbreken van de vierde arm, dus ook de mate waarin de koers van de fietsers gekruist wordt door anderen. Op deze wijze (dus door vast te stellen met hoeveel informatie gelijktijdig rekening gehouden dient te worden) is vast te stellen welke situaties meer complex zijn dan anderen.

Zo wordt op basis van deze analyses verondersteld dat linksafmanoeuvres de meest foutgevoelige manoeuvres zijn. De rechtdoormanoeuvere is minder foutgevoelig dan de linksafmanoeuvre, maar foutgevoeliger dan de rechtsafmanoeuvre. Voor een meer uitgebreide vergelijking van verschillende manoeuvres wordt verwezen naar elders (zie Twisk & Hagenzieker, 1993a; par. 2.3).

Faalernst

Daarnaast kunnen ontmoetingen onderscheiden worden naar 'wie' de ontmoeter is (snelverkeer, fietser, bromfietser, voetganger) en met welke snelheid gereden wordt tijdens de voorbereiding op de ontmoeting. De rationale achter deze specificatie van ontmoetingen is dat botsrichting, gewicht en snelheid van degene die ontmoet wordt de letselernst bepalen, terwijl de snelheid ook nog de kans op een ongeval beïnvloedt.

Faalkans en *faalernst* worden dan bepaald door:

- het aantal verkeersstromen dat leidt tot ontmoetingen
- de regeling voor het afhandelen van de ontmoeting
- de hoek die de verkeersstromen maken met de fietser
- de snelheid van de verkeersstromen
- de intensiteit van de verkeersstromen
- het zicht op degene die wordt ontmoet

3.4.3. *Voorspelbaarheid*

Naast de complexiteit van de afhandeling (met wie moet gelijktijdig rekening worden gehouden) is ook de voorspelbaarheid van de ontmoetingen van belang. Veling & Vos (1988) geven criteria voor de voorspelbaarheid van ontmoetingen. Daar waar in het volgende citaten gesproken wordt van 'conflicten' kunnen deze gelezen worden als 'ontmoetingen'.

De voorspelbaarheid" hangt onder meer af van de mogelijkheid om tijdig perceptief te anticiperen. Perceptieve anticipatie is pas mogelijk als de conflictpartner te zien is en wordt verder bevorderd als de koers van de conflictpartner duidelijk is en als de conflictpartners elkaar via een rechte koers onder een hoek van ca. 90 graden naderen. Die rechte koers moet om een goede schatting te kunnen maken ca. 2 seconden aanhouden" (blz. 29). Maar lang niet in alle gevallen zal degene die ontmoet wordt op deze wijze tijdig gezien worden. Bijvoorbeeld op kruisingen in binnensteden wordt het zicht op hem of haar belemmerd door huizenblokken en buiten de bebouwde kom wordt het zicht nogal eens belemmerd door bosschages. In deze gevallen moet de verkeersdeelnemer een beroep doen op zijn ervaringen. De auteurs stellen: "Wanneer de conflictpartner niet tijdig gezien kan worden, kan in eerste instantie uitsluitend een beroep worden gedaan op cognitieve anticipatie. Dit betekent dat men in de betreffende situatie een aangeleerde verwachting dat een conflict kan optreden, moet actualiseren. Uit laboratoriumstudies is gebleken dat die cognitieve anticipatie vollediger is naarmate onzekerheid met betrekking tot het conflict kleiner is. Die onzekerheid heeft betrekking op:

- welke gebeurtenis zal optreden ('event'-onzekerheid)
- het tijdstip waarop het conflict zich zal aandienen (tijdsonzekerheid)
- de plaats waar het conflict zal optreden (plaatsonzekerheid)

3.4.4. Complementariteit van de voorrangsverwachting

Naast complexiteit en voorspelbaarheid van ontmoetingen is nog een derde kenmerk van belang: complementariteit van de voorrangsverwachting. Hiermee wordt bedoeld de mate waarin verwachtingen met betrekking tot voorrang verlenen en voorrang krijgen op elkaar aansluiten.

De bestaande kennis over dit kenmerk en het belang ervan voor veiligheid is in detail elders beschreven (Veling & Vos, 1988). De auteurs concluderen: "Er is echter betrekkelijk weinig systematische kennis over de intuïtieve voorrangsverwachtingen van fietsers, bromfietsers en overige bestuurders. Wat wel bekend is, is dat bestuurders in het algemeen intuïtief veronderstellen voorrang te hebben als zij op een rechtdoorgaande arm van een T-splitsing rijden en ook als ze al een tijd op een weg rechtdoor rijden en daarbij verkeer kruisen dat deze weg verlaat. Andersom geldt dat bestuurders die afslaan gewoonlijk verwachten voorrang te moeten verlenen. [...]. Daar waar de voorrangsverwachtingen niet-complementair zijn en conflicteren (d.w.z. dat beide partners denken voorrang te 'hebben') is de situatie verkeersgevaarlijk" (blz. 30-31).

In een 'veilig' ontwerp zal de 'feitelijke' voorrangregeling aansluiten bij de intuïtieve voorrangregeling.

3.5. Beoogd en feitelijk verkeersgedrag: Hoe te onderzoeken?

In het voorgaande kwam al de discrepantie aan de orde tussen feitelijk en beoogd voorrangsgedrag. Beschreven zijn de voorwaarden waaronder het verkeersgedrag zoals dat door de ontwerper beoogd is, ook feitelijk vertoond kan worden.

Onderzoek echter dient zich niet alleen te richten op deze 'voorwaarden', maar zal ook dienen na te gaan in welke mate in specifieke situaties ook het gewenste gedrag vertoond wordt. Eerder is reeds beschreven waarom deze evaluatie gewenst is.

Bij een veiligheidsbeoordeling zal op twee niveaus gekeken moeten worden naar ontmoetingen en de manoeuvres waaruit de ontmoetingen voortkomen.

1. *Het beoogde gedrag.* Op basis van het Reglement Verkeerstekens en Verkeersregels (RVV) en de aanwezige infrastructuur zal vastgesteld moeten worden welke manoeuvres uitgevoerd *mogen* worden en door wie. Er dient te worden nagegaan of de infrastructurele oplossing leidt tot 'geringe complexiteit', grote voorspelbaarheid en complementaire voorrangsverwachtingen, rekening houdend met snelheid, intensiteit, en herstelmogelijkheden van fouten.

2. *Het feitelijke gedrag.* Vastgesteld moet worden of manoeuvres ook feitelijk uitgevoerd worden zoals beoogd en welke afwikkelingspatronen van ontmoetingen zijn waar te nemen.

Hierbij dient ook te worden nagegaan of het 'feitelijk vertoonde gedrag' leidt tot de gewenste 'geringe complexiteit', grote voorspelbaarheid en complementaire voorrangsverwachtingen, rekening houdend met snelheid, intensiteit, en herstelmogelijkheden van fouten.

De analyse van het beoogde gedrag kan op twee momenten in het ontwerpproces plaatsvinden:

- als een beoordeling van de veiligheidskenmerken van verschillende infrastructurele alternatieven in de 'bedenk'fase;
- als een beoordeling van reeds bestaande oplossingen.

Door het systematisch analyseren van typen te verwachten of feitelijke ontmoetingen, verwachte of feitelijke intensiteiten en snelheden kan (wellicht) de complexiteit, voorspelbaarheid en complementariteit geschat worden. Een eerste aanzet voor een methode die gebruikt kan worden voor bovengenoemde analyses, is gemaakt waarbij de nadruk vooralsnog ligt op het schatten van de complexiteit van oplossingen. Elders is deze methode in meer detail beschreven (Twisk & Hagenzieker, 1993a), alsmede een eerste toepassing (Twisk & Hagenzieker, 1993b).

De bestudering van het feitelijke gebruik kan gebeuren door een langere tijd op een verkeerslocatie het feitelijk vertoonde gedrag op een systematische wijze te observeren. Elders is een geschikte observatiemethode beschreven (zie Twisk & Hagenzieker, 1993a). Deze observatiemethode is gebaseerd op dezelfde uitgangspunten en stelt de observator in staat een relatie te leggen tussen infrastructureel ontwerp en feitelijk gedrag.

3.6. Aanbevelingen

Ongevallen zijn traditioneel het belangrijkste criterium voor het vaststellen van onveiligheid. Dit criterium kent belangrijke beperkingen.

Aanbevolen wordt aanvullend op het criterium 'ongevallen' een criterium vast te stellen waarmee reeds in de 'bedenk'fase en van nieuwe oplossingen de veiligheid kan worden geschat.

Een belangrijke rol met betrekking tot veiligheid spelen de mogelijke bewegingen en ontmoetingen van verschillende soorten verkeersdeelnemers. De veiligheidscriteria voor het ontwerp kunnen (onder meer) geënt zijn op die bewegingen en ontmoetingen, en de kans dat deze tot (ernstige) ongevallen leiden.

Deze uitgangspunten met betrekking tot complexiteit, voorspelbaarheid en voorrangsverwachting kunnen vertaald worden in de volgende aanbevelingen voor een veilige fietsinfrastructuur. Voor een uitwerking van deze aanbevelingen in de richting van het verkeerstechnisch ontwerp wordt verwezen naar elders (Slop, 1993).

De grote kwetsbaarheid van fietsers vereist dat er zo weinig mogelijk 'harde' confrontaties zijn met autoverkeer: de snelheid en de complexiteit van de verkeerssituaties mogen niet te groot zijn. Het verdient ook aanbeveling het aantal ontmoetingen tussen fietsers en auto's te beperken en alleen te laten plaatsvinden bij lage snelheden en goed wederzijds zicht.

Voor de fietser moet voorspelbaar zijn hoe een fietsroute verloopt, en hij moet weten (uit de vormgeving kunnen afleiden) welke andere verkeersdeelnemers hij op de route kan verwachten, en welke manoeuvres deze verkeersdeelnemers mogen uitvoeren.

De noodzaak voor onverwachte (plotselinge) bewegingen van fietsers dient zo veel mogelijk beperkt te worden. Zo is het ongewenst dat fietsers moeten uitwijken voor in de fietsruimte geparkeerde voertuigen en noodzaak wordt te mengen met een stroom achteropkomend snelverkeer.

Het is nodig dat de fietsers op elk moment voldoende ruimte hebben om snelheid te minderen en desgewenst af te stappen alvorens een manoeuvre (bijvoorbeeld oversteken) uit te voeren. Hiervoor zijn daar waar complexe

manoeuvres uitgevoerd moeten worden veilige opstelruimten noodzakelijk. Bij manoeuvres van grote complexiteit (bijvoorbeeld linksafslaan of het oversteken van meer dan één rijstrook) is het noodzakelijk dat de manoeuvre in onderdelen na elkaar uitgevoerd kan worden, doordat een veilige opstelvoorziening geboden wordt (bijvoorbeeld middensteunpunt).

Het mengen van fiets- en snelverkeer op een wegvak kan alleen bij lage snelheden van het snelverkeer. Voor de veiligheid van de fietser is het gewenst dat de doorgang niet wordt belemmerd door overstekende voetgangers, of wachtenden, bijv. bij bushaltes. Daarnaast moet gelet worden op obstakels die het zicht of de bewegingsruimte van fietsers beperken.

4. Discussie en aanbevelingen voor verder onderzoek

Verkeersdeelnemers zijn en blijven mensen. In het dagelijks spraakgebruik worden mens en voertuig wel eens verward door te spreken over: de auto zag me niet; de fiets keek niet uit en reed door. Verkeersdeelnemers *zijn* niet hun voertuig, maar gebruiken het. Hoe veilig een infrastructuur is, is in geringe mate afhankelijk van de eigenschappen van het voertuig, zoals de remweg, acceleratiesnelheid, wegligging, draaicirkel etc. Hoe veilig een infrastructuur is, is in hoge mate afhankelijk van de eigenschappen van de gebruiker. Zo is deze afhankelijk van zijn aandacht, zijn waarneming, zijn beslissingen, en zijn handelingen, de tijd die hij daarvoor nodig heeft en de fouten die hij kan maken.

Er is veel kennis vergaard in onderzoek naar die eigenschappen van de gebruiker: de mens als gebruiker van apparaten, als uitvoerder van werkzaamheden, als gebruiker van informatiesystemen etc. Dit onderzoek (in het Engels 'human factor'-onderzoek in het Nederlands 'verrichtingsleer') heeft tot doel kennis te verzamelen over menselijk mogelijkheden, beperkingen en andere karakteristieken; en om deze kennis toe te passen, met het doel om gereedschappen, machines, systemen, taken, werkzaamheden en leefomgeving zodanig vorm te geven of in te richten, dat zij leiden tot een effectief, veilig comfortabel menselijk gebruik of uitvoering.

Kennis uit dit onderzoekgebied heeft op diverse terreinen reeds toepassing gevonden, onder meer in het ontwerpen van apparaten (zie Norman, 1988), bedieningspanelen, en er zijn aanmerkelijke verbeteringen gerealiseerd. Deze verbeteringen betekenen vaak beperkte bijstellingen waardoor uiteindelijk zeer goede resultaten worden bereikt. Achteraf (na de verbetering) is het vaak niet voorstelbaar dat het probleem zo hardnekkig was, terwijl de oplossing zo eenvoudig bleek. Deze simpelheid van oplossing wekt dan weer de indruk dat het vormgeven van een goede taak, machine, volgorde van handelen gewoon een kwestie van gezond verstand is. Maar dat komt niet overeen met de werkelijkheid, want wie maakt dan al die onhandige systemen? Iemand dus zonder gezond verstand? Of in de woorden van Sanders & McCormick (1987): "If human factor research is just common sense, then common sense is not very common".

Naar onze mening kunnen inzichten uit dit 'human factor'-onderzoek, een grotere bijdrage leveren aan het ontwerpen van een veilige infrastructuur dan nu het geval is. In verkeersveiligheidsonderzoek wordt dan wel vaak gesproken over de 'human factor', met name als er sprake is van een ongeval. Daarmee wordt dan bedoeld dat de bestuurder, niet de auto, en niet de weg een fout heeft gemaakt. Veel minder vaak wordt gesproken over de 'menselijke factor' wanneer de vormgeving van de verkeerstaak aan de orde is en hoe deze aansluit bij de mogelijkheden en beperkingen van de verkeersdeelnemer.

Deze studie is een aanzet om voor de fietserstaak inzichten uit het bovengenoemde kennisgebied te vertalen naar consequenties van die inzichten naar het ontwerp van de verkeersinfrastructuur. Centraal hierbij staat de complexiteit van de afhandeling van de ontmoetingen enerzijds, zoals die wordt opgelegd door het infrastructurele ontwerp, en er is betoogd dat het

feitelijke gebruik - hoe gaan de gebruikers om met het ontwerp - een belangrijk uitgangspunt zou moeten zijn in het ontwerp- en vormgevingsproces.

Voorts is de studie als basis gebruikt voor het ontwikkelen van een methode om discrepanties tussen feitelijk en beoogd gebruik vast te stellen en te interpreteren (zie Twisk & Hagenzieker, 1993a). Deze methode is toegepast op twee fietsroutes (zie Twisk & Hagenzieker, 1993b).

Deze vertaling van 'human factor'-resultaten via de consequenties naar een 'ontwerp' is waarschijnlijk niet compleet, en ook niet noodzakelijk de enig juiste. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of er inderdaad een relatie bestaat tussen een 'goede vormgeving' (d.w.z. een vormgeving die aansluit bij de menselijke mogelijkheden en beperkingen) en veiligheid.

De eerste stappen van het verdere onderzoek zouden er op gericht moeten zijn om de validiteit van de kenmerken zoals complexiteit, voorspelbaarheid enz. voor onveiligheid vast te stellen. Is inderdaad de onveiligheid hoger als verkeerssituaties minder voorspelbaar zijn? Is het in een beweging kruisen van diverse verkeersstromen onveiligler dan het kruisen van een enkele verkeersstroom etc.? Een onderzoek naar deze relatie zou een ongevallenstudie kunnen betreffen. Hiertoe worden onveiligheid van manoeuvres die verschillen in de mate van complexiteit met elkaar vergeleken. Beschikbare bestanden ongevallen kunnen hiervoor worden gebruikt, op voorwaarde dat er indicaties zijn voor de frequentie van verschillende categorieën manoeuvres.

Literatuur

Dijkstra, A. (1991). Hoe veilig zijn kruispunten in de bebouwde kom voor fietsers en voor bromfietsers?; Eerste tussenrapportage van het project 'veilige' infrastructuur voor fietsers en bromfietsers. R-91-19. SWOV, Leidschendam.

Dijkstra, A. & Twisk, D.A.M. (1991). Over beheren en manoeuvreren: Een synthese van verkeerskundige en gedragswetenschappelijke inzichten over functie, gebruik en vormgeving van de verkeersinfrastructuur. R-91-54. SWOV, Leidschendam.

Goldenbeld, Ch. (1993). Ongevallen van oudere fietsers in 1991. R-92-71. SWOV, Leidschendam.

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

Hagenzieker, M.P. & Wittink, R.D. (1988). Het televisieprogramma 'Familie Ouderijn'; Een evaluatie-onderzoek naar de eerste acht afleveringen. R-88-36. SWOV, Leidschendam.

Haight, F. (1980). What causes accidents: A semantic analysis. SAE paper No. 800390.

Hale, A.R.; Stoop, J. & Hommels, J. (1990). Human error models as predictors of accident scenario's for designers in road transport systems. *Ergonomics* 33 (10-11): 1377-1388.

Hale, A.R. & Glendon, A.I. (1987). Individual behaviour in the control of danger. Industrial Safety Series 2. Elsevier, Amsterdam.

Kahneman, D. (1973). Attention and effort. Prentice Hall, Englewoods Cliff, N.J.

Koomstra, M.J. e.a. (1992). Naar een duurzaam veilig wegverkeer; Nationale Verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 1990/2010. SWOV, Leidschendam.

Lindsay, P.H. & Norman, D.A. (1977). Human information processing: An introduction to psychology. Academic Press Inc., Londen.

Lourens, P.F. (1990). Theoretical perspectives on error analysis and traffic behaviour. *Ergonomics* 33 (10-11): 1251-1263.

Lourens, P.F.; De Velde Harsenhorst, J.J. & Molen, H.H. van der (1986). Consistentie en reflectief bewustzijn bij tactische beslissingen bij jonge fietsers; Deel II. VK 86-02. VSC, R.U. Groningen, Haren.

Maring, W. (1988). Oudere volwassenen als fietser I: Kennisattitude en geobserveerd gedrag. VK 88-14. Verkeerskundig Studiecentrum, R.U. Groningen, Haren.

- Mulder, G. (1983). The information processing paradigm: Concepts, methods and limitations. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 21, No. 1.
- Noordzij, P.C. (1987). Verkeerswetgeving, -gedrag en veiligheid. Werkgroep Veiligheid R/87-12. R.U. Leiden.
- Noordzij, P.C. (1991). Nederland fietsland; Overzicht van kennis over de veiligheid van fietsers. R-91-32. SWOV, Leidschendam.
- Norman, D. (1988). Dictatuur van het design: Ontwerpen van gebruiksvoorwerpen gezien vanuit de cognitieve psychologie. Bruna, Utrecht.
- Oei Hway-liem (1991). De onveiligheid van fietsers en bromfietsers in cijfers. R-91-69. SWOV, Leidschendam.
- Rasmussen, J. (1986). Information processing and human-machine interaction. North-Holland, Amsterdam.
- Reason, J.T. (1990). Human error. Cambridge University Press, New York.
- Roszbach, R. (1990). Strategische keuzen in verkeersveiligheidsbeleid en onderzoek: Naar een inherent veiliger wegverkeer. R-90-36. SWOV, Leidschendam.
- Ryan, W. (1972). Blaming the victim. Random House, New York.
- Sabey, B.E. & Staughton, G.C. (1975). Interacting roles of road environment vehicle and road user in accidents. Paper 5th International Conference of the International Association of Accident and Traffic Medicine, London.
- Sanders, M.S. & McCormick, E.J. (1987). Human factors in engineering and design. 6th edition. McGraw-Hill Inc.
- Schagen, I.N.L.G. van, Brookhuis, K.A. & Wierda, M. (1990). Fietsers in het basisonderwijs; Eindrapportage 'Taakanalyse fietsers en bromfietsers' Deel 1. VK 90-02. VSC, R.U. Groningen, Haren.
- Shiffrin, R.M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic information processing II: Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review* 84, 127.
- Sivak, M. (1985). Multiple ergonomic interventions and transportation safety. *Ergonomics* 28 (8) : 1143-1153.
- Slangen, D. (1992). Functionele routes; Een inventarisatie ten behoeve van de Interne SWOV-projectgroep 'Masterplan Fiets Infrastructuur'. R-92-73. SWOV, Leidschendam.
- Slop, M. (1993). Veilige infrastructuur voor fietsers en bromfietsers; Covernota bij zeven deelrapportages, met aanbevelingen voor wegbeheerders. R-93-23. SWOV, Leidschendam.

- Svenson, O. (1981). Are we all less risky and more skillfull than our fellow drivers? *Acta Psychologica* 47, 143-148.
- SWOV (1987). Analyse van de verkeersonveiligheid van oudere fietsers en voetgangers, Deel 1 en 2. R-87-9. SWOV, Leidschendam.
- Theeuwes, J. (1991). Visual search of traffic scenes. IZF 1991 C-18. TNO Institute for Perception, Soesterberg.
- Theeuwes, J. (1992). Visual search at intersections: An eye-movement analysis. IZF 1992 C-43. TNO Institute for Perception, Soesterberg.
- Tränkle, U. & Bailer, H. (1988). Besser als (fast) alle anderen? Über das positive Selbstbild von Autofahrern und was es bedeutet. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 34 (4):148-151.
- Treat, J.R.; Trumbas, N.S.; McDonald, S.T.; Shinar, D.; Hume, R.D.; Mayer, R.E.; Stansifer, R.L. & Castellan, N.J. (1977). Tri-level study of the causes of traffic accidents: Final report, Vol 1: Casual factor tabulation and assessments. Report No DOT-HS-034-535-77-TAC(1). Indiana University, Bloomington, Indiana.
- Tromp, J.P.M. (1993). Analyse van ongevallen op fietsroutes. SWOV, Leidschendam.
- Twisk, D.A.M. (1991). Functie en gebruik van de verkeersinfrastructuur; Deel 2: Gebruik en vormgeving. R-91-51. SWOV, Leidschendam.
- Twisk, D.A.M. (1993). Roodlichtnegatie en parkeerovertradingen; Voormetingen voor onderzoek in het kader van de effecten van de campagne 'Veilig op de fiets' in Amsterdam. SWOV, Leidschendam. (Niet gepubliceerd).
- Twisk, D.A.M. & Hagenzieker, M.P. (1993a). Veiligheidsbeoordeling van fietsroutes; Overwegingen en een werkwijze. R-93-25. SWOV, Leidschendam.
- Twisk, D.A.M. & Hagenzieker, M.P. (1993b). Veiligheidsbeoordeling van fietsroutes in Oud-Beijerland en Eindhoven. R-93-26. SWOV, Leidschendam.
- Veling, I.H. & Vos, M.A. (1988). Positie en voorrangregeling van fietsers en bromfietsers op rotondes 'nieuwe stijl'; Theoretische inventarisatie en evaluatie. TT 88-22. Traffic Test bv, Veenendaal.
- Verschuur W.L.G. (1993). Voormeting ten behoeve van de evaluatie van de campagne 'Veilig op de fiets' in Amsterdam. Werkgroep Veiligheid R-93/46. Rijksuniversiteit Leiden.
- Wagenaar, W.A. & Reason, J.T. (1990). Types and tokens in road accident causation. *Ergonomics* 33 (10-11): 1365-1376.
- Weiner, B. (1986). An attributional theory of motivation and emotion. Springer Verlag, New York.

Welford A.T. (1981). Signal, noise, performance and age. *Human factors* 23 (1): 97-109.

Wouters, P.I.J. (1991). De veiligheid van oudere verkeersdeelnemers. R-91-77. SWOV, Leidschendam.