



**RWS BEDRIJFSINFORMATIE**

## **Human Factors voor verkeersveiligheid in het wegontwerp**

Handreiking voor Human Factors; Bijlage E bij VOA

Datum                    31 januari 2016  
Status                    **Definitief**



## Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving
Informatie	
Telefoon	
Fax	
Uitgevoerd door	Chantal Merx (WVL) Paul Schepers (WVL) Willem Vermeulen (WVL) Michel Lambers (Adviesdienst Mens & Veiligheid)
Opmaak	
Datum	31 januari 2016
Status	Definitief
Versienummer	V5



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding Human Factors in de VOA—7</b>
1.1	Verkeersveiligheid op auto(snel)wegen—7
1.2	Integratie van Human Factors—7
1.3	Toegevoegde waarde van Human Factors—8
<b>2</b>	<b>Human Factors Principes—9</b>
2.1	Achtergronden vanuit human factorkennis—9
2.2	Verwachtingspatroon—10
2.3	Waarnemen—12
2.4	Begrijpen (Begrijpelijkheid)—14
2.5	Kunnen (Taakcomplexiteit)—16
2.6	Willen (Bereidwilligheid)—17
2.7	Samenhang tussen de principes—18
<b>3</b>	<b>Werkwijze—21</b>
3.1	Werkwijze—21
3.1.1	De werkwijze: het gebruik van videomateriaal—25
<b>4</b>	<b>Voorbeelden—29</b>
4.1	Voorbeeld 1: Toepassen HF analyse in de verkenningenfase—29
4.2	Voorbeeld 2: Een weefvak in de planfase—36
4.3	Voorbeeld 3: Toepassen Human Factors-analyse in operationele fase—42
	<b>Referenties—46</b>
	<b>Bijlage 1. Nadere toelichting achtergronden human factor kennis—48</b>



## 1 Inleiding Human Factors in de VOA

### 1.1 Verkeersveiligheid op auto(snel)wegen

Het kader verkeersveiligheid is gericht op het borgen van verkeersveiligheid in aanleg- en beheer- en onderhoudsprojecten. Daarvoor moeten verkeersveiligheidsrisico's tijdig worden herkend en begrepen. Deze handreiking gaat over de methodiek van het identificeren van verkeersveiligheidsrisico's van het wegontwerp en de weginrichting in relatie tot Human Factors. Daarbij moet de term "weg" in brede zin worden begrepen. Het gaat niet alleen om het verloop en de inrichting van de rijbaan en de berm, maar ook om de ruimere omgeving voor zover deze het gedrag op de weg beïnvloedt.

De methodiek kan zowel door marktpartijen als door RWS worden gebruikt. Hij kan worden ingezet in de voorbereidende fase van een aanleg-, herstructurerings- of onderhoudsproject. In latere fases van het proces kan met de methodiek het ontwerp worden geoptimaliseerd en kunnen indien nodig compenserende maatregelen worden gekozen.

### 1.2 Integratie van Human Factors

Omdat wegen worden ontworpen ten behoeve van gebruikers van die wegen, is het essentieel om het ontwerp aan te passen op de kenmerken van de gebruikers. Dat is precies de afstemming van techniek en mens waarover het vakgebied Human Factors gaat.

Het vakgebied van Human Factors (ook wel ergonomie) betreft de interactie tussen de mens en de ontworpen technische en organisatorische omgeving. In ons vakgebied betreft het de invloed van de inrichting van het verkeerssysteem op de kenmerken en het gedrag van verkeersdeelnemers en de wijze waarop ze in het verkeer met elkaar interacteren.

Bij ongevallen speelt menselijk handelen vrijwel altijd een rol, en vaak een sleutelrol; geschat wordt dat door verbetering van het menselijk handelen een reductie van het aantal ongevallen mogelijk is tot wel 70%. Dat gedrag vaak een sleutelrol speelt betekent niet dat het altijd helpt om mensen rechtstreeks op hun gedrag aan te spreken, bijvoorbeeld via het onderwijs en voorlichting of door middel van handhaving. De meest invloedrijke factoren die het gedrag sturen liggen vaak in de kenmerken van het voertuig en van de omgeving. Bij de VOA gaat het erom de invloed van de wegomgeving op het gedrag van de weggebruikers in kaart te brengen en te optimaliseren. Dat betekent dat het gedrag van de bestuurder in zijn steeds veranderende omgeving moet worden gekend en begrepen.

Veiligheid hangt nauw samen met de mate waarin de wegomgeving op de mens is aangepast. Daarbij gaat het niet om gemiddelden maar juist om uitzonderingen. Iets kan onder normale lichtomstandigheden voor een gemiddelde bestuurder zichtbaar zijn, maar onder slechte zichtomstandigheden of door een oudere, vermoeide of afgeleide bestuurder toch over het hoofd gezien worden. Een voorbeeld is de horizontale boog in Figuur 1.1 die onder slechte omstandigheden te laat opgemerkt kan worden. Ook de chevronborden in de linker foto dragen door hun lage contrast met de achtergrond (begroeiing) nauwelijks bij aan de zichtbaarheid. Rechts is dat deels gecompenseerd door achtergrondschilden bij de chevronborden. Dit soort problemen kunnen met een goede Human Factors analyse aan het licht komen zodat ook onder minder gunstige omstandigheden risico's verminderd kunnen worden.



Figuur 1.1: Voorbeeld slechte zichtbaarheid door een gebrek aan contrast, in de linker figuur zijn de bochtschilden (bij rode pijlen) die het verloop van de bocht zouden moeten markeren nauwelijks zichtbaar; In de rechter foto is het contrast verbeterd met de achtergrondschilden (Birth, 2014)

### 1.3

#### **Toegevoegde waarde van Human Factors**

Een beoordeling aan de hand van richtlijnen helpt om te verifiëren of individuele ontwerpelementen voldoen aan de normen die daarvoor zijn opgesteld. Bij het opstellen van die normen is onder andere rekening gehouden met Human Factors, maar enkel voor het element op zichzelf en los van de interactie met andere elementen. De normen bieden houvast maar het enkel toepassen van ontwerpnormen leidt niet automatisch tot een veilig samenspel van ontwerpelementen vanuit het oogpunt van de gebruiker, met name wanneer minimumnorm op minimumnorm wordt gestapeld. De stand van de kennis op het terrein van Human Factors is nog niet zodanig dat risico's in een dynamische verkeerssituatie gekwantificeerd kunnen worden maar ze kunnen wel geïdentificeerd en kwalitatief beschreven worden. Dat kan een proactief veiligheidsbeleid ondersteunen en dat is de toegevoegde waarde van Human Factors waar deze methodiek invulling aan geeft.



## 2 Human Factors Principles

### 2.1 Achtergronden vanuit human factorkennis

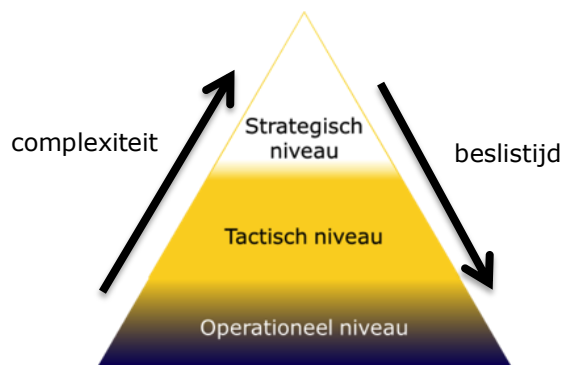
Vanuit de verkeerspsychologie en human factors zijn in de loop der jaren vele theorieën opgesteld. Belangrijke stromingen zijn de cognitieve psychologie in relatie tot verwachtingspatronen, de waarnemingsleer, theorie ten aanzien van taakbelasting en motivatietheorieën, zie voor verdere uitleg bijlage 1.

Voor de VOA zijn daarbij de elementen uit deze theorieën samengenomen die relevant zijn voor de verkeersveiligheid van het ontwerp van auto(snel)wegen. Hierbij is gewerkt vanuit de volgende principes:

- Verwachtingspatroon: Is de situatie conform verwachtingen van weggebruikers?
- Waarnemen: Ziet de weggebruiker informatie die van belang is voor de rijtaak?
- Begrijpen: Begrijpt de weggebruiker al deze informatie?
- Kunnen: Kan de weggebruiker het verkeerskundig gewenste/noodzakelijke gedrag uitvoeren?
- Willen: Is de weggebruiker gemotiveerd om het verkeerskundig gewenste gedrag uit te voeren?

In dit hoofdstuk wordt gedefinieerd hoe de termen in deze methodiek worden gebruikt. In paragraaf 2.7 wordt de samenhang tussen de principes belicht.

We beginnen met een toelichting op het begrip "rijtaak". De rijtaak wordt veelal onderverdeeld in drie niveaus, zie figuur 2.1: operationeel niveau, tactisch niveau (manoeuvre niveau) en strategisch niveau (Allen et al., 1971). Operationele taken zoals gas geven, remmen en koershouden worden vrijwel automatisch uitgevoerd. Dit vergt weinig bewuste aandacht maar heeft wel een hoge urgentie bij fouten op dit niveau. Het tactisch niveau (manoeuvreniveau) heeft betrekking op rijstrookwisselingen, afstand houden en inhaalmanoeuvres. Kenmerkend voor de rijtaak op dit niveau is een soort wederkerende combinatie van meerdere taken. Zo kent een rijstrookwisseling een typisch schema van kijken, richting aangeven en een stuurbeweging. De complexiteit van deze handelingen is groter dan op het operationele niveau. Het strategisch niveau betreft de planning van een verplaatsing en het volgen van een route naar een bestemming. Dit vergt de meeste bewuste aandacht. Strategische fouten kunnen leiden tot bijvoorbeeld omrijden. Dit heeft doorgaans geen directe gevolgen, tenzij weggebruikers op het laatste moment nog proberen te corrigeren en dan gevaarlijke manoeuvres maken. Strategische fouten kunnen ook ernstige gevolgen hebben, bijvoorbeeld wanneer men besluit een auto te gaan besturen terwijl men onder invloed is, of erg vermoeid is.



Figuur 2.1. Rijtaakniveaus

## 2.2

**Verwachtingspatroon**

Op basis van rijervaring bouwen weggebruikers lange termijn verwachtingen op, bijvoorbeeld de verwachting dat de geleiding van het wegverloop door wegmeubilair en bosschages ook in lijn is het met daadwerkelijke wegverloop. Daarnaast zijn er korte termijn verwachtingen die tijdens de rit ontstaan, bijvoorbeeld dat er geen krappe bogen te verwachten zijn als de weg al lange tijd rechtdoor loopt (Houtenbos, 2008). Er zijn ook specifieke verwachtingen die op langere termijn zijn opgebouwd. Bijvoorbeeld, op dit kruispunt is er rond deze tijd nooit kruisend verkeer, dus ik kan doorrijden zonder veel snelheid te verminderen.

Een self-explaining road weet bij nagenoeg alle weggebruikers de juiste verwachtingen op te roepen. Dat maakt situaties en gedrag van anderen beter voorspelbaar waardoor weggebruikers beter kunnen anticiperen en er minder kans is op onverwachte manoeuvres. Omgekeerd is de kans juist groter dat gebruikers belangrijke informatie missen of misleid worden als de verkeerde verwachtingen gewekt worden. Een verkeersbord dat links in plaats van rechts van de weg staat wordt eerder over het hoofd gezien omdat mensen geleerd hebben dat verkeersborden aan de rechterkant staan. Een verwijderde afrit kan tot problemen leiden als het wegbeeld niet voldoende aangepast is. Om verwachtingen aan te passen is een transitiefase nodig. Bijvoorbeeld, na te zijn uitgevoegd hebben weggebruikers tijd nodig om de snelheid te verlagen. De afbouw van de snelheid dient geleidelijk en in stappen te gebeuren. Dit is één van de achtergronden van de 'stappentheorie' die inhoudt dat de snelheid stapsgewijs wordt afgebouwd (bijvoorbeeld een stap bij de uitvoering en een stap in een krappere boog). De kans dat een krappe boog te laat wordt gezien is groter als er een lange rechtstand of andere, minder krappe bogen, aan vooraf gaan. Hieronder is een voorbeeld opgenomen van een krappe boog die laat zichtbaar is en niet goed past in het verwachtingspatroon van weggebruikers. Uit analyse van videobeelden bleek dat er kort voor de boog abrupt geremd werd. In de linker afbeelding van figuur 2.2 is dit op te maken uit de remlichten. Daarnaast waren er veel kantlijnoverschrijdingen, waardoor de bocht werd 'afgesneden'. In de rechter afbeelding van figuur 2.2 is daarvan een voorbeeld weergegeven.



*Figuur 2.2: Reacties bij onverwachte boog door abrupt remmen en uit de rijstrook geraken bij knooppunt Galder (Lambers, 2013a)*

Bij onderstaand voorbeeld (figuur 2.3) naderen bestuurders op de doorgaande hoofdrijbaan van een autosnelweg een boog met een boogstraal van 150 meter. Deze boogstraal is onverwacht, omdat hij niet vooraf is gegaan door een uitvoeger (het minimum volgens de NOA (RWS, 2007) is een boogstraal van 750 meter). Doordat dit niet in het verwachtingspatroon past, en de boog door het viaduct laat zichtbaar is, gebeurden er veel ongevallen.



Figuur 2.3: Wegbeeld voorafgaand aan boog (links) en in de boog (rechts) bij knooppunt De Stok (Van der Horst & Schepers, 2012)

Om het risico te verkleinen zijn compenserende maatregelen doorgevoerd. Deze zijn zowel rijtechnisch, zoals een verbetering van de stroefheid, als via het wegbeeld. Zoals te zien is in onderstaande figuur zijn waarschuwborden met fluorescerend achtergrond schild voor en op het viaduct aangebracht. In de buitenbocht zijn extra bochtschilden geplaatst met een fluorescerend achtergrond schild en de geleiderails is verder doorgetrokken. Deze maatregelen hebben een waarschuwendende werking en bieden visuele geleiding. Hoewel er sinds het doorvoeren van compenserende maatregelen geen ernstige ongevallen meer gebeurd zijn, kent de boog nog steeds een ongevallenconcentratie. Dit laat zien dat compenserende maatregelen kunnen helpen maar ook dat een maximale veiligheidsverbetering alleen haalbaar is door in een vroeg stadium het wegontwerp conform de verwachtingen van weggebruikers te ontwerpen.



Figuur 2.4: Compenserende maatregelen voorafgaand van de bocht (links) en in de bocht (rechts) bij knooppunt De Stok (Van der Horst & Schepers, 2012)

## 2.3

### Waarnemen

Er is een relatie tussen waarnemen en verwachtingspatroon, omdat weggebruikers verwachtingen hebben van waar relevante informatie te vinden is, bijvoorbeeld informatie over de te kiezen richtingen wordt verwacht bij een knooppunt op portalen boven de weg. Het gestuurd zoeken op basis van verwachtingen wordt ook wel aangeduid als 'top-down'. Dit gestuurde zoeken of gericht scannen van de omgeving moet worden geleerd. Ervaren verkeersdeelnemers zijn hierin bedrevenner dan beginners. Beginnende automobilisten maken meer waarnemingsfouten dan ervaren automobilisten en hiermee kan bij het wegontwerp rekening worden gehouden. Er wordt gesproken van 'bottom-up' als informatie wordt waargenomen omdat deze opvallend is, bijvoorbeeld een krappe boog die opvalt omdat bochtschilden met fluorescerende achtergrondschilden de aandacht trekken. Opvallendheid is altijd relatief en kan alleen ten opzichte van de omgeving worden gedefinieerd. Opvallendheid trekt als het ware onze ogen naar het opvallende object (Theeuwes et al., 2012).

Om details waar te nemen, bijvoorbeeld tijdens het lezen van een bord, moeten we onze ogen erop fixeren. Alleen in het centrale gezichtsveld zien we scherp. Waarnemen tijdens het rijden is dynamisch. We kunnen de situatie daardoor maar beperkt scannen en maar korte tijd fixeren. Het blijkt dat de nodige fixatietijd toeneemt bij het ouder worden, in het donker, en als een informatiedrager onduidelijk is of niet overeenkomt met verwachtingen (Jessurun et al., 1993; Noordzij et al., 1993). Waarnemen in het verkeer kost tijd door het scannen en lezen van de relevante informatie. De voorkeur gaat er daarom uit om de informatie gedoseerd en gebundeld aan te bieden op momenten waarop er vanuit de rijtaak gelegenheid is om het wegbeeld te scannen op relevante informatie en deze vervolgens te lezen. Het wegbeeld is geen foto waar je enige tijd naar kan kijken. Als gevolg van de beperkte scanning kan misleiding ontstaan, bijvoorbeeld een bord dat in een boog boven de verkeerde rijstrook lijkt te hangen (het parallax-effect; zie ook voorbeeld bij figuur 2.6) of lijnen die onbedoeld een vernauwing suggereren.

Het waarnemen van informatie op basis van verwachtingen gaat meestal met bewuste aandacht en het gaat vaak om specifieke informatie zoals bebording die zich centraal in het gezichtsveld bevindt. Voor deze informatie is consistentie met verwachtingen en leesbaarheid belangrijk. Het opmerken en verwerken van informatie over het wegverloop, ruimtelijke oriëntatie en het uitvoeren van stuurcorrecties (operationele taak) gaat meer onbewust en op basis van informatie die zich meer perifeer in het gezichtsveld bevindt. Een bestuurder die vooruit kijkt neemt onbewust ook het verloop van de belijning en geleiderails waar. De gezichtsscherpte in de periferie is beperkt en bij ouderen neemt ook het contrastvermogen af. Het is daarom van belang dat het wegverloop met voldoende contrast gemarkeerd is en dat er niet teveel lijnpatronen zijn die juist kunnen misleiden. Geleiderails onder een schuine hoek kunnen onbewust de impressie geven dat het wegverloop verandert, vooral als de belijning op die plek minder zichtbaar is (zie figuur 2.5a).

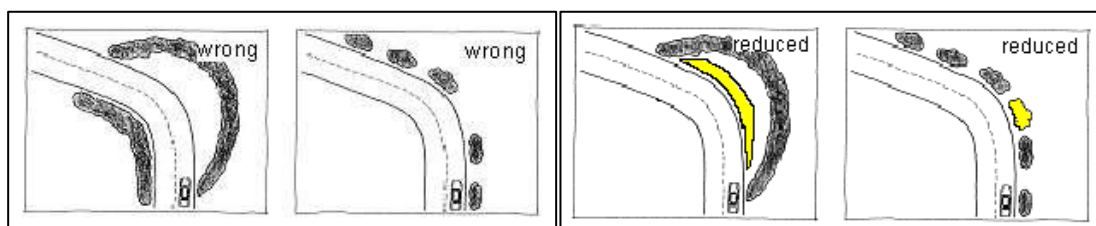


Figuur 2.5a: Voorbeeld misleiding door geleiding van wegverloop bij knooppunt Emmeloord (Lambers, 2014)



Het in- of uitbuigen van geleiderails heeft een verkeersveiligheidsreden (afwenden van het risico dat het voertuig op de geleiderail schuift, wanneer het voertuig tegen de geleiderail botst). Bij deze constructie worden geen afwegingen betrokken die vanuit een wegbeeld-analyse kunnen worden gemaakt.

Ook door het landschap kan een verkeerde indruk over het wegverloop gewekt worden. Dit is bijvoorbeeld het geval in het voorbeeld links in figuur 2.5b (rechts wordt getoond hoe het probleem kan worden hersteld).



Figuur 2.5b: Voorbeeld misleiding waarbij de beplanting in de buitenzijde van de boog een verkeerd beeld over het boogverloop geeft (Birth, 2014)

Naast een onjuiste geleiding van het wegverloop, zoals geïllustreerd in figuur 2.5a en b, kunnen ook elementen in het wegbeeld voor verwarring zorgen in het wegverloop. In figuur 2.6 is hiervan een voorbeeld gegeven. Op de linker afbeelding is een blauw bewegwijzeringsbord te zien, dat in het verlengde ligt van de rijrichting. Normaal gesproken hangt een dergelijk bord net als signaalgevers boven de weg. Op de rechterafbeelding is te zien dat het wegverloop verandert en het bewegwijzeringsbord boven de weg op de naastgelegen rijbaan hangt. Een dergelijke situatie van foutieve informatie over het wegverloop wordt ook wel het parallax-effect genoemd. In het algemeen duidt parallax op het verschuiven van de schijnbare positie van voorwerpen ten opzichte van elkaar als men verschillende standpunten inneemt.



Figuur 2.6: Parallax-effect door bewegwijzeringsbord naastgelegen rijbaan bij tijdelijke situatie Tweede Coentunnel (Lambers, 2013b).

Belangrijke informatie kan pas goed worden waargenomen als de bestuurder er zicht op heeft. Zowel de bebording als de voor het wegverloop belangrijke markeringen moeten zichtbaar zijn. Beplanting, wegmeubilair zoals geleiderails en kunstwerken kunnen het zicht op deze informatie ontnemen. Ook tijdelijke elementen zoals vrachtverkeer kunnen het zicht op bijvoorbeeld bewegwijzering belemmeren.

In sommige situaties is verandering van gedrag nodig, bijvoorbeeld het kiezen van een route bij een weefvak of intensief sturen bij een krappe horizontale boog. Daar is een goed zicht extra belangrijk en geeft onvoldoende zicht onzekerheid. Door slecht zicht wordt niet alleen informatie gemist. Een ander probleem is dat een deel van de weggebruikers compenseert door snelheidsvermindering en een ander deel niet, waardoor kopstaartbotsingen kunnen ontstaan. In het linkerdeel van figuur 2.5b is een voorbeeld van een slechte vorm-

geving getoond waarbij het zicht op de horizontale boog is weggenomen door beplanting in de binnenzijde van de boog. De combinatie met het eerder genoemde probleem van misleiding door beplanting in de buitenzijde van de boog verergert het probleem.

Naast snelheidsvermindering door slecht zicht, treedt soms ook snelheidsvermindering op in reactie op een visuele vernauwing, bijvoorbeeld bij een tunnel of brug zonder vluchtstrook met direct langs de weg tunnelwanden of geleiderails. De overgang van een open landschap of weg langs een watergang naar dichte bebouwing of begroeiing langs de weg kan een vergelijkbaar effect hebben. Dergelijke effecten op snelheid zijn van belang bij de analyse van ritten.

Tijdens het rijden wordt het wegbeeld voortdurend gescand op de aanwezige informatie. De informatie bestaat uit rijtaakrelevante informatie, zoals markering, bebording en geleidende elementen van het wegverloop, en uit informatie die niet relevant is voor de uitvoering van de rijtaak. De rijtaakrelevante informatie moet goed zichtbaar zijn en goed te onderscheiden zijn van de overige informatie. Wanneer de niet-rijtaakrelevante informatie qua verschijningsvorm lijkt op rijtaakrelevante informatie wordt ten onrechte de indruk gewekt dat hier aandacht aan moet worden besteed. Dit is met name een probleem wanneer er in het wegbeeld veel informatie gescand en gelezen moet worden. Als daarnaast de uitvoering van de rijtaak extra aandacht vraagt, zoals het uitvoeren van een manoeuvre zoals een rijstrookwisseling, kan rijtaakrelevante informatie gemist worden. Hetzelfde geldt ook voor situaties waarin de aandacht van het oog wordt getrokken door niet aan de rijtaak gerelateerde prikkels en er afleiding ontstaat. Er zijn verschillende vormen van afleiding. In kader 'Beoordeling objecten langs auto(snel)wegen' (Rijkswaterstaat, 2011) wordt nader ingegaan op de verschillende vormen van afleiding en de criteria waarop ze beoordeeld worden.

## 2.4 Begrijpen (Begrijpelijkheid)

De weggebruiker moet de waargenomen informatie begrijpen, zodat hij het kan vertalen in (veranderingen in) zijn verkeersgedrag. Bekende en verwachte informatie wordt gemakkelijker begrepen dan onbekende of onverwachte informatie. Een normale afrit verwacht een bestuurder niet aan de linkerkant van de autosnelweg. Ligt een afrit wel links dan is de kans groot dat een deel van de weggebruikers de situatie niet of te laat begrijpt. Dit probleem is al afgedekt via het eerste verkeersveiligheidsprincipe (verwachtingspatroon). Dat begrijpelijkheid ook als afzonderlijk principe is meegenomen komt omdat ook de op een zeker moment aangeboden informatie-elementen te begrijpen moeten zijn. De borden en eventueel gepresenteerde pictogrammen moeten helder en niet misleidend zijn. Ook moet voor de weggebruiker duidelijk zijn dat bepaalde informatie van belang is voor het verkeer en andere niet. Daarom moeten reclame uitingen niet lijken op informatieborden of verkeersborden.

Opeenvolgende of tegelijk gepresenteerde informatie mag elkaar niet tegenspreken. Tegenstrijdigheid tussen aangeboden informatie-elementen kan de begrijpelijkheid beperken. Denk hierbij aan een pijl op de bewegwijzering die suggereert dat de weg rechtdoor loopt terwijl er vlak na een splitsing een krappe boog naar rechts volgt. De informatie op de bewegwijzering kan het beeld van het wegverloop juist ondersteunen door de vorm van de pijl aan te passen. Ook het tonen van wegwijzers waarbij een keuze in stroken links of rechts moet worden gemaakt, terwijl er nog geen blokmarkering is, en dus formeel nog zoveel mogelijk rechts moet worden gehouden, kan verwarrend werken. Een ander bekend voorbeeld van strijdigheid is dat de navigatie andere aanwijzingen geeft dan de bewegwijzering of dat op de ene wegwijzer een bestemming staat die op de volgende wegwijzer niet meer wordt getoond. Tijdelijke (gele) belijning bij werkzaamheden naast de nog bestaande witte belijning kan verwarrend zijn. Daarnaast is de combinatie van gele borden en witte belijnen nadelig voor het concept 'werk in uitvoering'. Een voorbeeld daarvan is gegeven in figuur 2.7. Het gele bord geeft belangrijke informatie over het wegverloop. Het bord valt echter minder goed op, doordat het niet ondersteund wordt door andere zichtbare informatie-elementen in het wegverloop die een situatie van werk in uitvoering onderschrijven.



Figuur 2.7: Combinatie geel bord en witte belijning.

Ook tijdelijke bebording kan voor onbegrijpelijkheid zorgen wanneer bijvoorbeeld de permanente bebording niet (voldoende) is afgeplakt of er onduidelijke informatie op staat, zie figuur 2.8.



Figuur 2.8: Voorbeeld waarbij de begripelijkheid van het bord te wensen over laat: men zou kunnen denken dat het over de maximumsnelheid gaat.

Soms wordt informatie getoond die slechts voor een deel van de weggebruikers relevant is (denk aan aanduiding route vervoer gevaarlijke stoffen, of een aanduiding zoals CADO<sup>1</sup>). Met name wat minder ervaren weggebruikers kunnen zich afvragen of zij iets met deze voor hen onbegrijpelijke informatie moeten, en daardoor onzeker worden.

Door een gebrek aan mogelijkheden in ruimte en budget kunnen ontwerpen behoorlijk complex worden voor de weggebruiker. Het gaat dan om de begripelijkheid van een groter gebied, zoals bij ontvlechten of om begripelijkheid van een bijzondere situatie, zoals het gebruik van spitsstroken of een tidal-flow. Het is daarbij voor weggebruikers van belang om te begrijpen wat de bedoeling is en wat daarbij het gewenste gedrag is.

<sup>1</sup> CADO staat voor calamiteitendoorsteek voor hulpdiensten.

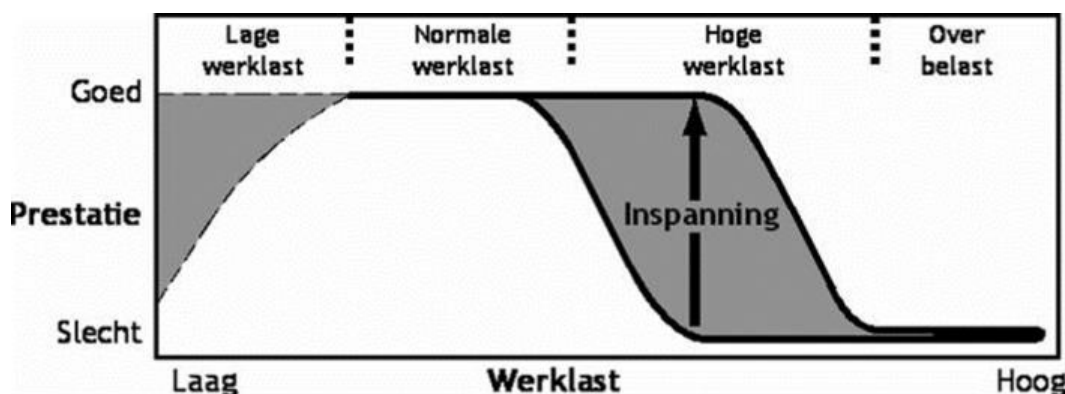
## 2.5

**Kunnen (Taakcomplexiteit)**

Om de rijtaak veilig te *kunnen* uitvoeren is allereerst van belang dat aan de voorgaande principes is voldaan. Daarnaast moeten over- en onderbelasting worden voorkomen. Overbelasting ontstaat als teveel informatie moet worden verwerkt of teveel handelingen tegelijkertijd moeten worden uitgevoerd. Bovendien hebben bestuurders voldoende tijd nodig om zich op veranderingen voor te bereiden en te anticiperen als ergens een hogere inspanning nodig is. Taken als weven, in- en uitvoegen en het doorrijden van een krappe boog zijn extra belastend. Een bestuurder heeft een aantal seconden nodig om zich hierop in te stellen. Het aantal seconden is overigens afhankelijk van de eisen die door de specifieke situatie worden gesteld aan de rijtaak. Onderbelasting ontstaat juist als de rijtaak monotoon is: er verandert gedurende langere tijd weinig in de waarneming en er worden geen andere handelingen gevraagd.

Het uitvoeren van de rijtaak geeft een bepaalde 'rijtaakbelasting'. Zoals afgebeeld in figuur 2.9 kunnen zowel onderbelasting (gebrek aan prikkels) als overbelasting de rijprestaties nadelig beïnvloeden. Door onderbelasting kan een bestuurder in slaap vallen of in gedachten verzonken raken. Om dat te voorkomen zullen veel weggebruikers de taakbelasting proberen op te voeren door de rijnsnelheid te verhogen en niet-rijtaakgerelateerde neventaken uit te voeren zoals telefoneren of de omgeving observeren. Weggebruikers zelf denken vaak dat ze dit veilig kunnen doen. Omdat voor de meeste ervaren automobilisten het autorijden een tamelijk routinematige activiteit is, kunnen ze niet al te inspannende motorische of auditieve activiteiten combineren met het autorijden. Denk aan het luisteren naar de radio, het praten met een medepassagier of het afvegen van het voorhoofd. Maar activiteiten zoals het telefoneren of appen tijdens het autorijden zijn ook voor ervaren automobilisten risico verhogend (Vlakveld, 2011).

Zodra de rijtaak weer meer aandacht vraagt kunnen onvoldoende alertheid en afleiding door neventaken de rijprestaties nadelig beïnvloeden. Overbelasting kan ontstaan als de tijd om noodzakelijke handelingen uit te voeren te kort is, bijvoorbeeld moeten invoegen in druk verkeer. Door kenmerken zoals leeftijd, rijervaring en fysieke conditie kan de belastbaarheid van mensen verschillen en kan er minder snel of sneller overbelasting ontstaan.



Figuur 2.9. Optimale rijtaakbelasting (Theeuwes et al. 2012)

In de inleiding is beschreven dat de rijtaak uit drie niveaus bestaat (zie figuur 2.1). Er kan overbelasting en een te hoge complexiteit ontstaan als de belasting op verschillende niveaus hoog is. Bijvoorbeeld, door een invoegstrook te positioneren in een krappe horizontale boog en daarbij ook nog een DRIP te plaatsen kan de situatie ontstaan dat een weggebruiker extra aandacht nodig heeft voor koershouden (operationele taak) terwijl er ingevoegd moet worden (tactische taak) en ook nog informatie van de DRIP gelezen moet worden over de routekeuze stroomafwaarts. In te moeilijke of noodsituaties zal men terugvallen op een lager rijtaakniveau. Bijvoorbeeld bij een plotselinge file valt de weggebruiker terug op het operationele niveau om het voertuig veilig tot stilstand te brengen. Overige informatie (bijvoorbeeld de bewegwijzering) wordt dan genegeerd of in het geheel niet waargenomen en voorgenomen manoeuvres zullen indien nodig worden onderbroken.



Het is moeilijk te bepalen wanneer de rijtaakbelasting te hoog is, aangezien weggebruikers en verkeerssituaties erg kunnen verschillen. Gesteld kan worden dat de rijtaakbelasting te hoog is, wanneer weggebruikers niet meer in staat zijn om binnen de beschikbare tijd en ruimte de gewenste manoeuvres uit te voeren. Naast de ontwerpelementen, de individuele verschillen en verschillen in de verkeerssituaties speelt ook het wegbeeld met de weginrichting een belangrijke rol. Veel en complexe informatie op bewegwijzering beperkt bijvoorbeeld de beschikbare tijd om van rijstrook te wisselen en om te anticiperen op de verkeerssituatie stroomafwaarts.

Naast het combineren van taken kan ook een overdaad aan informatie in een korte tijd ('information overload') de complexiteit en taakbelasting vergroten. Dit kan worden voorkomen door alleen noodzakelijke informatie kort op elkaar aan te bieden en het aantal bestemmingen op een bewegwijzeringsbord te beperken. Figuur 2.10 toont een voorbeeld van een overdaad aan informatie in het wegbeeld. Op de foto is te zien dat het pechhavenbord rechts is uitvergroet om beter op te vallen. Hoewel het een oude afbeelding betreft en de situatie inmiddels is aangepast, geeft de afbeelding een goede indruk van een situatie waarbij in korte tijd veel verschillende informatie-eenheden moeten worden waargenomen.



Figuur 2.10. Voorbeeld van een overvloed aan informatie.

De rijtaakbelasting is geen constante. Vooral op plekken waar veel interactie nodig is, bijvoorbeeld in weefvakken, neemt de belasting sterk toe naarmate de verkeersintensiteit stijgt. Een hoog aandeel vrachtverkeer kan dit versterken. Zeker in situaties onder tijdsdruk zoals weven en invoegen kan een hoog aandeel vrachtverkeer een hoge taaklast geven. De standaardafstanden die in een weefvak per weefbeweging gerekend worden zouden daardoor te kort kunnen zijn om de noodzakelijke weefbewegingen zonder problemen te laten verlopen.

## 2.6 Willen (Bereidwilligheid)

Wanneer een weggebruiker het belang van een verkeerssituatie of een regel inziet, zal deze meer geneigd zijn om zich hier naar te gedragen. Het niet opvolgen van een regel kan verschillende oorzaken hebben. Bij roodkruisnegatie is bijvoorbeeld mogelijk dat iemand het rode kruis over het hoofd ziet (onbewust) of het rode kruis bewust negeert omdat men het nut er niet van inziet en er voordeel in ziet om het te negeren. Dit kan gevaarlijke situaties opleveren als er een pechvoertuig op de gesloten strook staat. Ook als het wegbeeld de suggestie van een hogere maximumsnelheid geeft dan de maximumsnelheid op een verkeersbord of matrixbord, kan er een beperkte motivatie tot naleving en een grotere mate van regelovertredend gedrag zijn. Daarnaast kunnen zaken als groepsgedrag en groepsdruk een rol spelen. Bijvoorbeeld, de naleving van de maximumsnelheid bij wegwerkzaam-

heden is soms dermate laag dat de weggebruiker die zich er wel aan houdt extra gevaar kan lopen. Verkeer wordt niet alleen gereguleerd door formele, wettelijke regels, maar ook door informele, onderlinge afspraken. Voorbeelden zijn het tussendoor laten rijden van motorrijders en het knipperen met lichten door vrachtwagenchauffeurs om aan collega's duidelijk te maken dat er invoegruijnte is.

Naarmate regels en situaties begrijpelijker en geloofwaardiger zijn en er meer draagvlak voor is, zal de naleving groter zijn. In het verkeer is er een verschillend draagvlak voor verschillende regels en situaties. Zo is er een groot draagvlak voor het bestraffen van rijden onder invloed. Het draagvlak voor het bestraffen van lichte snelheidsovertredingen of het niet hinderlijk fout parkeren is aanzienlijk lager (Duijm et al., 2012; Cestac & Delhomme, 2012).

Het is aan te bevelen om de toepassing van aanvullende maatregelen/verboden tot de noodzakelijke situaties te beperken. Ook als de verkeerssituatie begrijpelijk en geloofwaardig is zal er altijd sprake zijn van individuen die regels overtreden. Het betreft hier een kleine groep die in het algemeen niet bereid is regels op te volgen. De focus ligt bij het rekening houden met Human Factors vooral op de algemene bereidwilligheid om regels op te volgen in relatie tot de vormgeving van verkeerssituaties.

## 2.7 Samenhang tussen de principes

De verschillende principes die hier zijn besproken komen voort uit verschillende stromingen in de psychologie. Er zijn modellen waarin enkele stromingen samenkomen maar er zijn, voor zover bekend, nog geen overkoepelende modellen die alle stromingen samenbrengen. Toch is het goed om ter afsluiting van dit hoofdstuk de samenhang die er is tussen de verschillende stromingen te schetsen.

De mate waarin een wegontwerp voldoet aan de verwachtingen is van invloed op waarnemen en begrijpen. Voor zover bestuurders zelf naar informatie zoeken (top-down) doen ze dat op basis van verwachtingen. Als de verkeerssituatie niet aan de verwachtingen voldoet is deze moeilijker te begrijpen. Een goede waarneembaarheid en begrijpelijkheid heeft invloed op de mate waarin weggebruikers handelingen kunnen uitvoeren. Echter, zelfs als daaraan voldaan is kan overbelasting ontstaan omdat sommige weggebruikers onvoldoende tijd hebben om alle benodigde handelingen uit te voeren, denk aan een relatief korte invoegstrook waar veel ouderen in moeten voegen langs een autosnelweg met kolonnes van vrachtauto's op de rechter rijstrook (zie voorbeeld afbeelding 2.11).

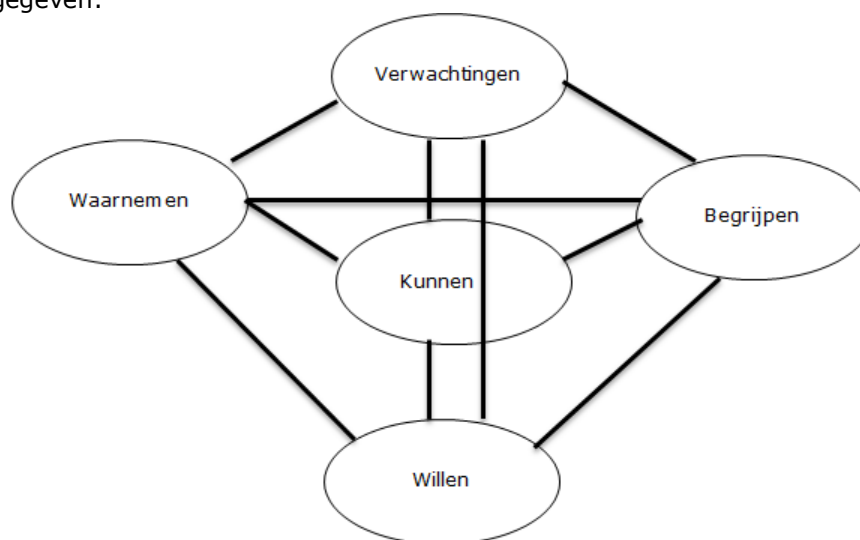


Figuur 2.11. Korte invoegstrook in een gebied met veel vrachtverkeer (A27) vanuit bovenaanzicht (rode cirkel linker afbeelding) en vanuit het perspectief van de weggebruiker (rechter afbeelding, bord in blauwe cirkel staat aan het einde van de invoegstrook).

Tot slot, hebben waarnemen, begrijpen en kunnen invloed op de geneigdheid van weggebruikers om regelconform te handelen. Als de informatie over het verwachte gedrag goed waarneembaar is en men begrijpt waarom dat gedrag nodig is, zal de geneigdheid om het gewenste gedrag te vertonen groter zijn. Zo kan het rijden met een te hoge snelheid ver-

oorzaakt worden door het niet waargenomen hebben van een maximumsnelheidsbord, wat voor kan komen bij wisselende maximumsnelheden op een weg die qua uiterlijk niet wezenlijk verandert, of door afdekking van informatie. Ook kan het voorkomen dat de taakbelasting te laag is en dit wordt dan met hogere snelheden gecompenseerd (kunnen). Tenslotte kan de weggebruiker vinden dat hij of zij zich niet aan de maximumsnelheid hoeft te houden, omdat hij of zij zelf wel bepaalt hoe hard men op een bepaald traject kan rijden (willen). Denk daarbij aan een ruim ontworpen autosnelweg met een lage verkeersintensiteit waar toch een maximumsnelheid van 100 km/uur is ingesteld.

In onderstaand schema worden ter illustratie de relaties tussen de verschillende principes weergegeven:



Figuur 2.12. Samenhang tussen de principes

De figuur laat zien dat alle principes verband houden met elkaar. "Verwachtingen" staat bovenaan, omdat verwachtingen sturend zijn voor de andere principes. Verwachtingen worden opgebouwd op basis van ervaringen, waarbij waarnemen, kunnen, begrijpen en willen een rol spelen. Verwachtingen kunnen alleen worden opgebouwd als situaties overeenkomsten vertonen. In het ontwerp van wegen moet daarmee rekening worden gehouden. Autosnelwegen moeten voor wat betreft ontwerp, uitrusting en aanduiding zoveel mogelijk dezelfde eigenschappen hebben, die verschillen van de eigenschappen van andere wegen. Dan kunnen weggebruikers de verwachting opbouwen dat op deze wegen met een hoge snelheid kan worden gereden, dat er geen conflicten met kruisend verkeer zullen zijn, dat er geen scherpe bochten zijn of obstakels zoals versmallingen of verkeerslichten (uitzonderingen daargelaten, maar die moeten dan heel goed worden aangegeven). Door verwachtingen op te bouwen wordt de waarneming gestuurd (waar kun je borden, belijning, wegwijzers, vrachtverkeer, in- en uitvoegend verkeer vinden), en het begrijpen en kunnen wordt vergemakkelijkt. Veel handelingen die eerst bewust moesten worden uitgevoerd kunnen steeds meer automatisch worden verricht en dit verbetert doorgaans de uitvoering van de rijtaak.

Het blijft mogelijk dat de weggebruikers worden geconfronteerd met onverwachte situaties, door afwijkend wegontwerp of weguitrusting, of door onverwacht gedrag van anderen. In dat geval wordt de kans groter dat belangrijke informatie niet wordt waargenomen of niet wordt begrepen. Dat heeft gevolgen voor de uitvoering van de rijtaak binnen de beschikbare tijd en ruimte. Het principe "kunnen" staat daarom midden in de figuur 2.12. Als er veel tijd nodig is om de situatie goed waar te nemen en te begrijpen wat de bedoeling is, wordt de tijd en ruimte om te kunnen handelen minder. Door langzamer te rijden kan dit worden gecompenseerd, maar hierbij kunnen onaantvaardbare verschillen ontstaan tussen groepen weggebruikers. Het is daarom belangrijk om ervoor te zorgen dat situaties zoveel mogelijk conform de verwachtingen van de meeste weggebruikers worden ingericht. Bijvoorbeeld, een krappe boog direct na een splitsingspunt wordt, in tegenstelling met een krappe boog

bij een afrit, niet verwacht, en kan daarom gemakkelijk tot veiligheids- en afwikkelingsproblemen leiden. Het inrichten conform de verwachtingen is ook gunstig voor het willen, want mensen willen het gedrag uitvoeren dat bij hun verwachtingen past.

## 3 Werkwijze

Dit hoofdstuk gaat over de wijze waarop een Human Factors analyse uitgevoerd kan worden en welke gegevens en hulpmiddelen daarvoor bruikbaar zijn. In principe kan de analyse in alle ontwerp- en beheerfasen op dezelfde wijze worden uitgevoerd, zij het dat de beschikbare informatie in detail toeneemt naarmate het ontwerp verder uitgewerkt wordt van tekening tot fysiek product.

De Human Factors methodiek gaat ervan uit dat de belangrijkste ritten over de te analyseren wegdelen vanuit het perspectief van de gebruiker worden beoordeeld. Daarbij worden de Human Factors principes bekeken in samenhang met de dynamiek van het verkeer, toekomstige ontwikkelingen en omgevingsinvloeden:

- Wat is de te verwachten verkeerssamenstelling op de te analyseren ritten, bijvoorbeeld is er een hoog aandeel vrachtverkeer op één van de ritten of is er sprake van afwijkend verkeer in een bepaalde periode zoals veel vakantieverkeer in de zomer, een IKEA met extra weekendverkeer of een terugkerend evenement dat veel verkeer aantrekt? Zijn er locaties waarop de intensiteit of samenstelling van het verkeer wezenlijk verandert, zoals bij bepaalde aansluitingen?
- Wat is het te verwachten snelheidsverloop over de rit, zijn er punten waar een relatief grote snelheidsafname of -toename te verwachten is (slecht zicht, visuele vernauwing, krappe boog, of juist extra rijstrook, etc.)?
- Betreft het een reconstructie van een bestaande situatie en hebben weggebruikers daardoor op grond van ervaring verwachtingen over de inrichting van de nieuwe situatie?
- Wat zijn de verwachte toekomstige veranderingen in de omgeving (denk aan een nieuw te bouwen woonwijk)?
- Welke voorspelbare weersomstandigheden kunnen optreden die een mogelijk effect hebben op (de waarneming door) de weggebruiker (zoals de stand van de zon)?

Met de kennis van deze dynamiek kan aan de hand van de in hoofdstuk 2 uitgewerkte principes een rittenanalyse worden uitgevoerd.

### 3.1 Werkwijze

Deze paragraaf beschrijft volgens welke stappen de methodiek kan worden doorlopen.

#### 1. Samenstellen van een team

Het is van groot belang dat door verschillende deskundigen naar de veiligheid wordt gekeken, zodat een compleet en genuanceerd beeld ontstaat. Belangrijke disciplines om de beoordeling goed te kunnen uitvoeren zijn Human Factors, wegontwerp en verkeersveiligheid. Qua Human Factors kennis is ervaring met het toepassen van deze werkwijze nodig. Een nuttige basis is een cursus zoals 'De weggebruiker als menselijke factor in het verkeer' van PAO of de opleiding tot verkeersveiligheidsauditor<sup>2</sup>.

#### 2. Bepaling van het invloedsgebied

De analyse start met het bepalen van de grenzen van het invloedsgebied en het identificeren van de belangrijkste Herkomst-Bestemmingsrelaties (HB-relaties). Aangezien een bepaald gebied (bijvoorbeeld een deeltraject) vrijwel altijd voorafgegaan en opgevolgd wordt door een ander deeltraject, kan de analyse niet beperkt worden tot het deeltraject zelf. Het invloedsgebied begint stroomopwaarts van het deeltraject, en de lengte van dit gebied moet bepaald worden in relatie tot de rijtaakbelasting van weggebruikers. Zo zullen bij complexe situaties of op drukke wegen de weggebruikers al ruim voor het binnenrijden van het betreffende deeltraject veel informatie moeten verwerken of handelingen moeten verrichten. Dit beïnvloedt het gedrag op het deeltraject zelf. Ook het natraject kan om voorbeleidende handelingen vragen, waardoor het gedrag op het deeltraject wordt beïnvloed. Het

<sup>2</sup> Binnen RWS bestaat daarnaast een interne cursus over Human Factors.

bestuderen van trajecten vooraf aan en voorbij het te (re)construeren traject heeft dan ook tot doel om een beeld te krijgen van de verwachtingen van bestuurders en de eisen die reeds zijn gesteld aan de rijtaak. Dit betekent dat de grenzen van het invloedsgebied vanuit Human Factors verder reiken dan de projectgrens. Weggebruikers komen immers niet vanuit het niets het gebied van het project binnenrijden.

### 3. Verzamelen gegevens

Gestart wordt met het verzamelen van de gegevens om de Human Factors beoordeling uit te voeren. Dit betreft een breed scala aan gegevens, verschillend per fase:

- Geïnterpreteerde risico's uit bouwsteen 1 van de VOA-risicomethodiek.
- Een beschrijving van de geschiedenis van het traject als er sprake is van een aanpassing van een bestaande situatie. Dit is van belang in verband met verwachtingen van de weggebruiker.
- Ontwerptekeningen met gegevens over belangrijke ontwerpelementen zoals de boogstraal van horizontale bogen.
- Gegevens over (verwachte) samenstelling van het verkeer, intensiteiten, herkomst bestemmingsrelaties, bijzondere locaties zoals ziekenhuizen, scholen, OV-knooppunten, e.d.
- Ontwerpbeelden. Dit zijn videobeelden en foto's als het een bestaande situatie betreft of simulaties als het een nog niet bestaand ontwerp betreft. Hiermee komt de dynamiek in beeld. Bij voorkeur kan hiermee ook een beeld van de ruimere omgeving worden verkregen. Het beeld dient vanuit het perspectief van een bestuurder te zijn, circa 1,10 meter boven het wegdek voor automobilisten en circa 2 meter voor vrachtautochauffeurs. Meestal is de laagste en meest frequente positie van de automobilist leidend voor de analyse.
- Indien mogelijk is het aan te bevelen om zelf bij verschillende lichtomstandigheden over het traject te rijden.
- Gegevens over (geregistreerde) ongevallen en bijna-ongevallen als het een bestaande situatie betreft.
- Gegevens over gedrag en beleving van weggebruikers voor zover die aanwezig zijn (observaties, 0800-meldingen, regelscenario's en omleidingsroute, vragenlijsten).
- RQI<sup>3</sup> -rapportages (operationele fase).
- Toekomstplannen en -ontwikkelingen die van invloed zijn op het invloedsgebied.

### 4. Human Factors beoordeling

Nu een beeld van de verwachtingen is gevormd worden de Human Factor principes geanalyseerd en getoetst aan het te beoordelen ontwerp. Het ontwerp wordt direct getoetst aan de verwachtingen (bijvoorbeeld om te constateren dat mensen geen krappe boog verwachten) en het beeld van de verwachtingen helpt om op andere principes te beoordelen (bijvoorbeeld om te kunnen constateren of lokaal bekende mensen een nieuwe situatie snappen gezien hun ervaringen). Als alle mogelijke HB-relaties bekend zijn zal voor elke relatie een rittenanalyse uitgevoerd worden. Dit kan ook één rit zijn als het gaat om een stuk weg zonder knooppunten of aansluitingen. Stapje voor stapje worden de te passeren doorsnedes en bijbehorende wegbeelden doorlopen. Bij het analyseren van elke rit wordt gekeken naar de manoeuvres die moeten worden gemaakt in relatie tot overige rijstrookwisselingen, ander verkeer en de benodigde en beschikbare tijd en ruimte om te manoeuvreren. Als zich vanuit Human Factors kritische situaties voordoen wordt langer bij een bepaalde doorsnede stilgestaan. Om systematisch te werken is het goed om een tabel te maken waarin kritische situaties zijn aangegeven en waarin aangegeven wordt hoeveel rijtijd zit tussen de twee opeenvolgende kritische situaties (zie het voorbeeld in paragraaf 4.1). Daarmee kan beoordeeld worden of weggebruikers voldoende tijd hebben om relevante informatie te verzamelen, beslissingen te nemen en de bijbehorende handelingen uit te voeren.

#### *Voorbeelddoorsnede: Schiphol-Haarlem, verbindingsboog nabij Badhoevedorp*

Het wegverloop van de twee rechterrijstroken en het zicht onder het viaduct door suggereert visueel een doorgaand verloop onder het viaduct door. In feite buigt de weg voor het

<sup>3</sup> RQI staat voor Road Quality Indicator. Dit is een onderdeel van de beoordelingsmethode van de verkeersauditors van RWS.

viaduct sterk af en loopt langs het viaduct. Door het verschil tussen visuele suggestie en het feitelijk wegverloop zijn bestuurders niet goed voorbereid op het nemen van de bocht.

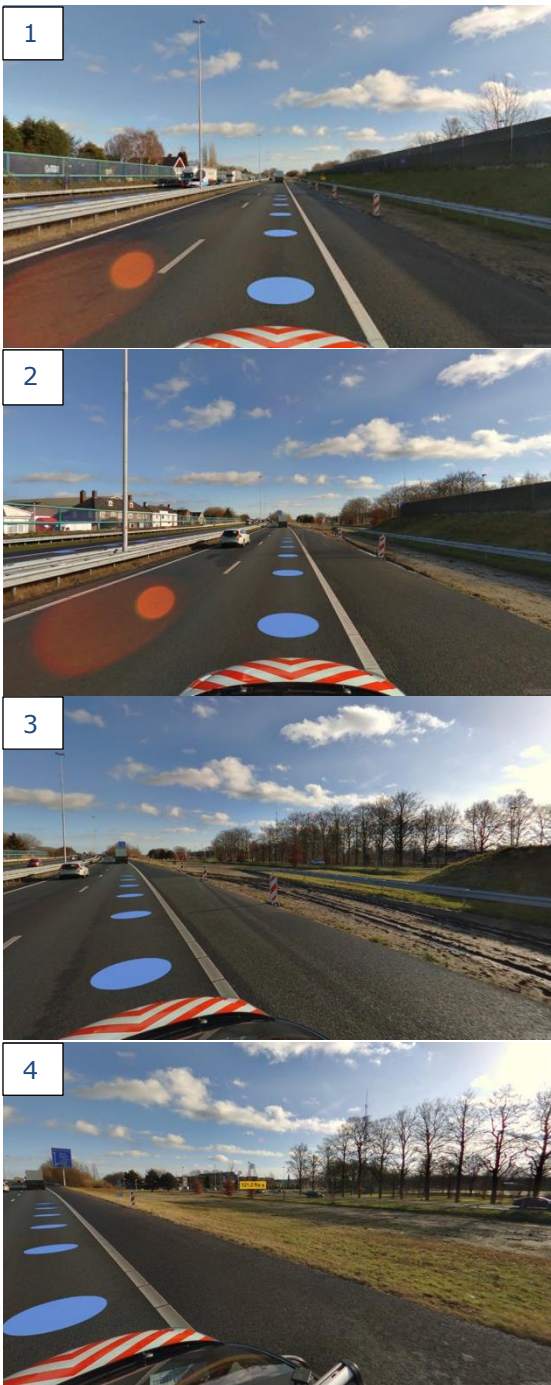


In dit voorbeeld wordt naar de zichtbare en opvallende invloed van wegkenmerken op deze specifieke locatie gekeken. Dat geeft inzicht in de invloed van opvallende kenmerken op gedrag ter plekke. Vanwege de twee rijstroken en doorkijk onder het viaduct is het de vraag of alle weggebruikers hier op tijd zien dat de weg voor het kunstwerk scherp naar rechts afbuigt.

*Figuur 3.1. Vanuit het wegbeeld indruk van rechtdoor rijden in plaats van rechts afbuigen.*

Er moet verder worden gekeken dan alleen de situatie ter plekke, omdat de weggebruiker verwachtingen of informatie heeft of in een eerder stadium informatie verzamelt, en op basis daarvan een beeld vormt en beslissingen neemt. Het onderstaande voorbeeld geeft een vereenvoudigd beeld van het doorlopen van de doorsnedes om de dynamiek in kaart te brengen.





Dit is de situatie op de A59 (Waalwijk - Den Bosch), nabij Drunen.

Hier is een bestaande afrit weggehaald.

De bewerkte foto's zijn 4 momentopnames; foto 1 bij hm bordje 120,8, foto 2 bij 120,9, foto 3 tussen hm bordjes 121,0 en 121,1 en tenslotte foto 4 tussen hm bordjes 121,1 en 121,2 .

Oorspronkelijk lag het puntstuk van de afrit net voor hm bordje 121,1, dus bij foto 3.

In deze situatie wordt geconstateerd dat er weggebruikers zijn die toch de (oorspronkelijke) afrit op willen rijden, en dan vastlopen, met name in het donker.

De weggebruiker kan optisch nog worden geleid naar rechts, dat is bij plaatje 2 te zien. Zie ook de sporen in plaatje 3.

Om de dynamiek echt goed weer te geven is het nodig om bewegende beelden te maken; van de situatie zoals deze is, of vanuit een gesimuleerde situatie. Als er alleen foto's zijn is het aan te bevelen om de onderlinge afstand nog te verkleinen tot 50 m per foto.

Figuur 3.2. Afrit is verwijderd, maar de suggestie ervan niet.

Het voorbeeld is vereenvoudigd in de zin dat het statische momenten weergeeft. Een simulatie zal het veranderende wegbeeld nog beter weergeven. Daarnaast moet bij het analyseren van de beelden zoveel mogelijk met uitzonderingssituaties rekening gehouden worden. Simulaties en zelfs videobeelden kunnen zulke situaties nooit volledig in beeld brengen. Bijvoorbeeld, is iets ook nog 's nachts zichtbaar, is het nog zichtbaar als er vrachtauto's rijden (vooral als er een hoog aandeel vrachtverkeer te verwachten is)? Is bepaalde informatie begrijpelijk als er veel buitenlanders rijden, denk aan buitenlandse chauffeurs in een havengebied of veel toeristen in de zomer in toeristisch gebied. Voor iemand die zich met



verkeerskunde of wegontwerp bezighoudt kan de eigen ervaring een valkuil zijn. Een professional heeft meer inzicht en kennis over wat te verwachten is dan gemiddelde weggebruikers. Ook zijn professionals vaak gezonder dan groepen zoals ouderen die gemiddeld genomen een slechter gezichtsvermogen en lagere reactiesnelheid hebben. Het moet dan ook een standaard vraag zijn of een oudere, minder valide, vermoeide of onervaren weggebruiker de situatie aan kan en alle informatie kan waarnemen. Het zijn immers deze groepen weggebruikers die vaak bij ongevallen betrokken zijn.

Een ander aandachtspunt dat speelt in de beoordeling bij een wegbeeldanalyse is dat met veel 'bewuste aandacht' naar het wegbeeld gekeken wordt terwijl het waarnemingsproces tijdens het besturen van een voertuig grotendeels onbewust verloopt (zie paragraaf 2.3). Als iemand bewust kijkt is het nauwelijks voor te stellen dat begroeiing die net niet parallel loopt aan de weg invloed kan hebben op het stuurgedrag. Echter, voor sommige weggebruikers die al enige tijd achter het stuur zitten en min of meer op de automatische piloot rijden, kan dit onbewust tot kleine stuurfouten leiden die in uitzonderlijke omstandigheden bijdragen aan ongevallen. Een ander bekender voorbeeld is dat de snelheid terugloopt bij een brug waar de vluchtstrook wegvalt. Ook al blijft de rijstrookbreedte hetzelfde en lijkt er in eerste instantie geen grote verandering, het wegbeeld suggereert een vernauwing waar een deel van de bestuurders op reageert met snelheidsvermindering waardoor kopstaartbotsingen en files kunnen ontstaan. Het is daarom nodig om ook op factoren te letten die onbewust kunnen doorwerken in het stuur- en rijgedrag.

#### *5. Tot een afgewogen beoordeling komen*

Hoewel de grenzen van richtlijnen niet leidend zijn in een Human Factors analyse helpen ze wel om in te schatten hoe kritisch bepaalde aspecten zijn, bijvoorbeeld of een weefvak of invoegstrook kort is, of een rijstrook smal genoemd kan worden, of een boogstraal krap is, enzovoorts (stap 1 van de VOA risicomethodiek). Uit de Human Factors analyse kunnen daarnaast aspecten naar voren komen die niet in richtlijnen zitten, zoals een slechte afstemming op bepaalde verwachtingen of misleiding in het wegbeeld. Ook kan beter worden ingeschat in hoeverre een stapeling van minimale waarden op ontwerpaspecten problemen kan veroorzaken. Door de dynamiek in beeld te brengen kunnen mogelijke risico's kwalitatief worden beschreven en onderbouwd. In het volgende hoofdstuk worden enkele voorbeelden uitgewerkt.

#### *6. Waardering en Rapportage*

De bevindingen worden gewaardeerd en beschreven in een rapport<sup>4</sup>. Daarbij wordt zo duidelijk mogelijk aangegeven wat de eventuele risico's zijn vanuit de HF beoordeling, wat de aard van de risico's is, en onder welke omstandigheden de risico's optreden. Dit wordt zoveel mogelijk onderbouwd aan de hand van verzamelde gegevens en geïllustreerd met beeldmateriaal, statistische representaties, kaarten en ontwerptekeningen. Voor zover mogelijk kunnen de risico's worden ingeschaald in de risicomatrix.

#### *3.1.1 De werkwijze: het gebruik van videomateriaal*

In de bestaande situatie zijn er meerdere mogelijkheden voor de Human Factors-analyse. In ieder geval dient daarbij gebruik te worden gemaakt van videobeelden vanuit een rijdend voertuig voor elke mogelijke rit binnen de scope. Hierdoor wordt het mogelijk om het wegbeeld over de gehele rit met videobeelden te analyseren ten aanzien van het verwachtingspatroon, het waarnemen en begrijpen van de beschikbare informatie, het kunnen uitvoeren van manoeuvres en de bereidheid (willen) om het gewenste gedrag te vertonen.

<sup>4</sup> In het hoofddocument van de VOA worden dit bouwstenen 3 en 4 genoemd.



Figuur 3.3. Voorbeelden van stills uit videobeelden vanuit een rijdend voertuig.

Aanvullend op het gebruik van videobeelden vanuit een rijdend voertuig kunnen videobeelden worden vastgelegd vanaf vaste locaties. Dit maakt het mogelijk om op microniveau het verkeersgedrag te beoordelen door voor langere periodes na te gaan of er structureel ongewenst gedrag optreedt. Dit is interessant om reden van de relatie tussen ongevallen en ongewenst gedrag/ handelingen. Wanneer sprake is van meerdere ongevallen op dezelfde locatie is het zeer aannemelijk dat er sprake is van een structureel risicovolle verkeerssituatie.

Gedragskundig gezien gaat daarom de aandacht uit naar de situaties die leiden tot ongewenst/ onveilig rijgedrag. Voorbeelden hiervan zijn sterke remvertragingen, onverwachte rijstrookwisselingen en een hoge mate van aanschuiven binnen een rijstrook. Wanneer dergelijk rijgedrag door meerdere weggebruikers op dezelfde locatie wordt vertoond is er meestal iets structureels aan de hand wat er voor zorgt dat weggebruikers ongewenst/ onveilig gedrag vertonen.

#### *Optelsom*

In principe is er zelden één aspect waardoor een ongeval wordt veroorzaakt. Op basis van ongevalsonderzoeken<sup>5</sup> is gebleken dat ongevallen meestal worden veroorzaakt door meerdere aspecten vanuit een combinatie van mens, voertuig en infrastructuur. Voor een wegbeheerder blijven de te nemen maatregelen vaak beperkt tot de infrastructuur. Die maatregelen beïnvloeden ook het voertuig en de mens. Daarom liggen hier meer kansen dan vaak wordt gedacht. Effectieve maatregelen leiden ertoe dat weggebruikers minder fouten maken door de wijze waarop de weg is ontworpen en ingericht. De rol van de wegbeheerder moet daarom niet worden onderschat; vaak ligt de sleutel tot het voorkomen van ongevallen bij infrastructuurmaatregelen op en om de weg.

#### *Mogelijkheden om verkeersgedrag te analyseren*

Er zijn verschillende mogelijkheden om het verkeersgedrag te observeren vanaf een vaste locatie. Dit kan via camera's op specifiek gekozen locaties met een camera stroomopwaarts en een camera stroomafwaarts (zie figuur 3.4).



Figuur 3.4: Camera's gemonteerd op een mast (A4).

<sup>5</sup> Onder andere Onderzoeksraad voor Veiligheid. *Verkeersongevallen met (land)bouwovertuigen* (2010) en *Vrachtwagenongevallen op Snelwegen* (2012).

Op sommige locaties zijn de mogelijkheden van het gebruik van camera's beperkt, bijvoorbeeld doordat er geen opstelruimte is voor de masten. In dergelijke situaties zou gebruik gemaakt kunnen worden van een drone<sup>6</sup>. In afbeelding 3.5 is daarvan een voorbeeld gegeven bij knooppunt Emmeloord.



*Figuur 3.5: Voorbeeld gebruik drone bij knooppunt Emmeloord*

Door meerdere camerabeelden te combineren is het mogelijk om het verkeer over een langere periode te volgen. In onderstaande afbeelding is dat gedaan via zes camera's op het Kooimeerplein.



*Figuur 3.6: Illustratie van de zes camerabeelden naast elkaar*

In bepaalde situaties is het mogelijk om videobeelden vanuit de verkeerscentrale te observeren en vast te leggen voor analyse. Ook hierbij is het mogelijk om meerdere camerabeelden te combineren zodat het verkeer over grotere afstand gevolgd kan worden voor de analyse. In onderstaande afbeelding is daarvan een voorbeeld gegeven voor de analyse van het verkeer ter hoogte van een toerit die eindigt. Aan de hand van deze videobeelden werd duidelijk dat vrachtverkeer op de spitsstrook een rijstrook opschuift en daarmee ruimte maakt indien een vrachtwagen vanaf de toerit komt aanrijden. Op dit traject gold een

<sup>6</sup> Let bij gebruik van drones op de eisen qua vergunningverlening.

inhaalverbod voor vrachtverkeer. Niet opschuiven zou een verkeersveiligheidsprobleem betekenen voor het invoegend vrachtverkeer, aangezien dan van stilstaand zou moeten worden ingevoegd.



Figuur 3.7: Fragment opname meerdere videobeelden vanuit de OTO-ruimte VC NWN



## 4 Voorbeelden

In dit hoofdstuk zijn 3 voorbeelden uitgewerkt van een beoordeling volgens de VOA-methodiek.

- Voorbeeld 1 (A13/A16 vanuit de verkenningenfase)
- Voorbeeld 2 (weefvak in de planfase (OTB))
- Voorbeeld 3 (Oudenrijn, BOO fase).

### 4.1 Voorbeeld 1: Toepassen HF analyse in de verkenningenfase

In de voorbeelden tot nu toe is de HF analyse toegepast op bestaande situaties. In de praktijk wordt, als er om een HF analyse wordt gevraagd dit meestal pas gedaan als bij een bestaande situatie zaken misgaan. Ook worden er analyses gevraagd als het ontwerp in de fase van realisatie verkeert, maar zelden in de plan- en ontwerpfase. Om te laten zien dat juist in deze fase een HF analyse van belang is om het ontwerp te bezien en zo nodig aan te passen vanuit de invalshoek van de dynamiek van menselijk gedrag, volgt hier een voorbeeld van een voorgenomen aanlegplan.

Het betreft het nieuwe tracé A13/A16, een nieuwe weg ten noorden van Rotterdam, van afslag Berkel en Rodenrijs (A13) tot afslag Terbregseplein (A16). Bij Rotterdam The Hague Airport komt de nieuwe weg te liggen op de plaats van de N209 (Doenkade). Daarna buigt de weg bij het Lage Bergse Bos af naar het zuiden. Daar sluit hij aan op het Terbregseplein:



Figuur 4.1. Scope van het project

Deze aansluiting is bedoeld voor een vlottere doorstroming op de A13 en A20, een betere bereikbaarheid van Rotterdam en het noordelijk deel van de Rotterdamse regio, minder verkeer op lokale wegen en een betere leefbaarheid van omwonenden rond de A13 en A20. Het tracé ligt inmiddels vast.

Belangrijke aandachtsgebieden zijn op bovenstaand overzichtkaartje genummerd, en worden hierna, aan de hand van meer gedetailleerde kaarten bekeken in het kader van een HF analyse.

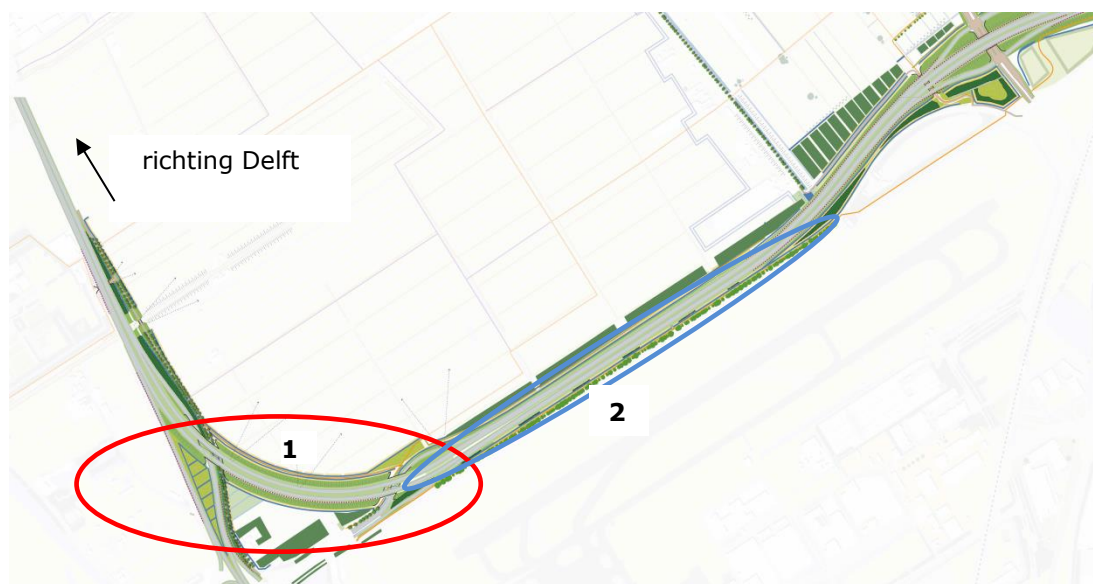
*Analysestappen*

Voor een HF-analyse in de ontwerp of planfase wordt na het beschouwen van het verwachtingspatroon eerst gekeken naar locaties waar essentiële discontinuïteiten optreden. De gedragsaspecten die hier een rol spelen worden benoemd en nader beschouwd. Vervolgens wordt de route in zijn geheel bekeken vanuit de ritten die een weggebruiker kan maken in de nieuwe situatie. Hier worden de relevante aandachtspunten benoemd. De aandachtspunten zijn gebaseerd op algemene kennis over hoe verschillende bestuurders zich gedragen in analoge situaties, en met welke problemen ze kunnen worden geconfronteerd. Vanuit dit denken kunnen aanbevelingen worden gedaan voor inrichtings- en uitvoeringsaspecten.

*1. De aansluiting Berkel en Rodenrijs*

De bestuurder moet bij Berkel en Rodenrijs een bocht nemen, in plaats van rechtdoor rijden. Bovendien is bij het uitkomen van de bocht de optie voor een mogelijke aansluiting naar businesspark Schieveen. Ook is er een verticale boog: de weg loopt vanuit Delft komende omhoog. Belangrijke aandachtspunten:

<b>verwachtingspatroon</b>	<b>waarnemen</b>	<b>begrijpen</b>	<b>kunnen</b>	<b>willen</b>
<b>Beschrijving en analyse aandachtspunten</b>				
Door de bestuurder wordt geen boog of aansluiting net na de boog verwacht.	Kan de weggebruiker het verloop van de boog goed zien?	Begrijpt de weggebruiker de verwachte keuzes van richting en snelheid?	Kan de bestuurder de gewenste handelingen tijdig uitvoeren?	Is de weggebruiker bereid om de snelheid en manoeuvre (bocht nemen) op elkaar af te stemmen?
<b>Mogelijke oplossingsrichtingen</b>				
Verwachting bijstellen, ruim tevoren veranderde situatie duidelijk maken, duidelijke bewegwijzering, en aanduiding weefvak.	Ga na of de boog wordt ondersteund met goede geleidings-elementen (natuurlijk, zoals bomenrij, of met bochtschilden, verlichting, e.d.) Tijdig aanduiden aansluiting Schieveen	Vermijd niet direct relevante informatie vooraf en in de boog	Hier is vooral de snelheid van belang waarmee de boog kan worden bereden. Passen de toegestane geschatte, feitelijk gereden en veilige snelheid in en voorbij de boog bij elkaar? Is het weefvak ruim gedimensioneerd?	Voorwaarschuwing, adviesnelheid geven

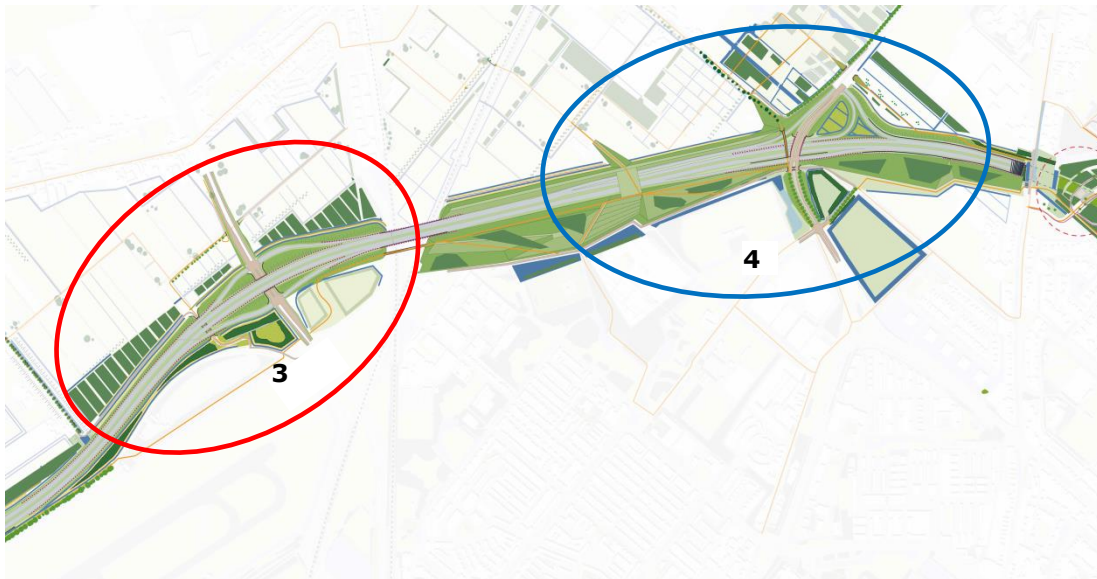


Figuur 4.2. Aansluiting Berkel en Rodenrijs

## 2. Parallele ligging A13/A16 met fietsroute

De nieuwe Rijksweg komt op de plaats van de huidige Doenkade (N209); parallel wordt een fietsroute gerealiseerd die bij incidenten ook door voorrangsvoertuigen kan worden gebruikt. Aandachtspunten zijn:

verwachtingspatroon	waarnemen	begrijpen	kunnen	willen
Beschrijving en analyse aandachtspunten				
Geen verkeer in "tegenrichting" verwacht.	In hoeverre is er voldoende visuele afscherming? Geeft fietspadverlichting mogelijk misleiding?	Met name confrontatie met voorrangsvoertuigen "tegen de richting"		
Mogelijke oplossingsrichtingen				
Afscherming zodanig dat tegenrichting niet opvalt	Voldoende afscherming	Voldoende afscherming		



Figuur 4.3. Parallele ligging A13/ A16 met fietsroute

**3. Aansluiting met N471 en viaduct over HSL en Randstadrail**

De aansluiting met de N471 wordt uitgevoerd als Haarlemmermeeraansluiting. De autosnelweg ligt hier 7 meter boven maaiveld. De aandachtspunten worden hieronder weergegeven.

verwachtingspatroon	waarnemen	begrijpen	kunnen	willen
Beschrijving en analyse aandachtspunten				
Men verwacht vlot te kunnen in- en uitvoegen; men verwacht niet direct een horizontale boog bij een dergelijke aansluiting	Overbruggen hoogteverschil kan tot problemen leiden als verkeer op de hoofdweg pas "laat" kan worden gezien. Wanneer kan men invoegen?	Begrip wat de juiste toe- of afrit is om spookrijden te voorkomen. Doorzien juiste bestemming.	Kan men voldoende snelheid maken om tussen verkeer op hoofdweg in te voegen? Met name voor vrachtwagens kan dit bij hellingen een probleem zijn.	
Mogelijke oplossingsrichtingen				
Tijdige aanduiding aansluiting	Zorg voor voldoende lange invoegstrook. De horizontale boog bij de aansluiting kan misleidend zijn; geef duidelijk het wegverloop aan. Verder afscherming bij passeren HSL/randstadrail, i.v.m. afleiding	Goede bewegwijzering is nodig.	Goed ontwerp helling	



#### 4. Recreaduct, aansluiting met Ankie Verbeek-Ohrlaan

Het recredit vormt een verbinding tussen twee groengebieden: het Schiebroekse park en de zogenaamde Vlinderstrik. De aansluiting met de Ankie Verbeek-Ohrlaan wordt een variant van de 'Haarlemmermeer' aansluiting met een kwart klaverblad en enkele bypasses.

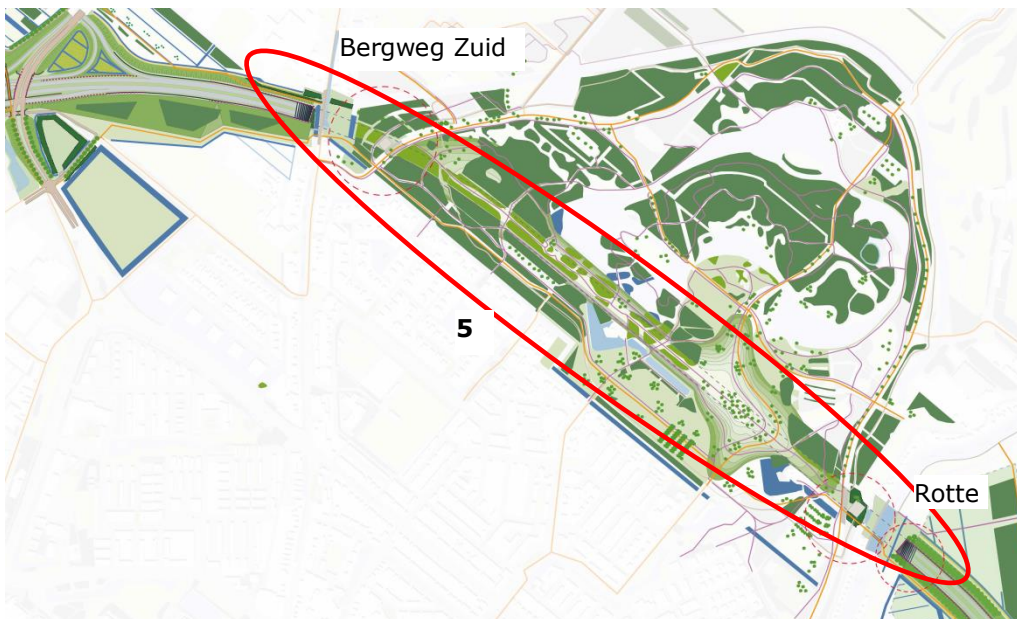
verwachtingspatroon	waarnemen	begrijpen	kunnen	willen
Beschrijving en analyse aandachtspunten				
De aansluitingen liggen kort op elkaar (ong. 1,5 km, minder dan 1 minuut rijtijd); de hier genoemde aansluiting ligt bovendien vlak voor/na de tunnel. Dit valt buiten het verwachtingspatroon van de weggebruiker.	Er moet in korte tijd veel informatie worden waargenomen. De weggebruiker moet de relevante en minder relevante informatie in korte tijd scheiden.	Begrijpt de weggebruiker welke richtingkeuze hij moet maken, en met welk ander verkeer hij te maken krijgt?	Er moeten in korte tijd veel beslissingen worden genomen, de vraag is of alle weggebruikers daartoe in staat zijn.	
Mogelijke oplossingsrichtingen				
Informatie die voorbereidt op de komende aansluiting, de twee nabijge aansluitingen zo uniform mogelijk vorm geven	Geen irrelevante informatie geven, relevante informatie goed zichtbaar plaatsen in de volgorde van de te nemen beslissingen	Mogelijke overload aan informatie moet worden voorkomen. Geen verwarring of strijdige info	Meer tijd om beslissingen te nemen, door de juiste verwachting en begrip te geven, of door lagere rijsnelheid	

#### 5. Tunnel

Bij het Triangelpark verdwijnt de A13/A16 in een tunnel die onder de Bergweg-Zuid door gaat. Na die kruising komt de weg omhoog, maar hij blijft nog anderhalve kilometer volledig overkapt (landtunnel). Aan de andere kant van het Lage Bergse Bos gaat de tunnel onder de Rotte door. Daarna komt de weg bij het Terbregseveld weer aan de oppervlakte. De tunnel heeft twee rijstroken en een vluchtstrook, die in de toekomst evt. als derde rijstrook zal worden gebruikt.

Het aansluitingspunt Ankie-Verbeek Ohrlaan en de tunnel liggen vlak na elkaar. Dit betekent dat er een zeer korte tijd resteert om zich op de tunnel, c.q. vanuit de tunnel op de aansluiting voor te bereiden. Bovendien ligt een deel van de tunnel en het weggedeelte voor en na de tunnel in een horizontale boog. Dit verhoogt de taakbelasting, omdat de combinatie van horizontale en verticale bogen het zicht vermindert en de anticipatie bemoeilijkt.

verwachtingspatroon	waarnemen	begrijpen	kunnen	willen
Beschrijving en analyse aandachtspunten				
Weggebruiker verwacht onbelemmerd uitzicht op in-/uitgang tunnel; geen afwisseling verticale bogen verwacht	Waarneming kan worden gehinderd door combinatie horizontale/verticale bogen. Ook wisseling licht /donker kan problemen opleveren (a-daptatie oog)	Begrijpt de weggebruiker dat verticale boog niet einde tunnel betekent?	Is de bestuurder in staat om de juiste snelheid, positie en afstand t.o.v. voorganger te kiezen, nu verticale en horizontale bogen elkaar afwisselen? Denk ook aan verschil vrachtwagen/ personenauto	
Mogelijke oplossingsrichtingen				
Vorbereidende informatie verschaffen	Verbeteren van verlichting of contrast om de waarneming te vergemakkelijken	Maak vormgeving in tunnel zo eenduidig mogelijk	Zorg voor voldoende doorzicht en geleidelijkheid bogen	



Figuur 4.4. De tunnel

Bovenstaande analyses geven een overzicht van de meest in het oog springende ontwerp situaties in relatie tot gedrag. Het is uiteraard mogelijk om verder in te zoomen op specifieke ontwerpelementen, als daarover meer informatie beschikbaar is. Als voorbeeld wordt met de vijf hier genoemde situaties volstaan.

*6. Ritanalyse: kort op elkaar veel verschillende situaties.*

Na de situaties als zodanig te hebben bekeken wordt in de HF analyse vooral aandacht besteed aan de riddynamiek. Hoe ervaart de toekomstige weggebruiker de nieuwe weg, en wat wordt van hem/haar geëist? Kan de weggebruiker worden ondersteund om de juiste beslissingen te nemen, zonder een te hoge taakbelasting?

Op basis van de hierboven gegeven analyse kan in elk geval worden geconstateerd dat de weggebruiker op de nieuwe verbinding met veel afwisseling van situaties zal worden geconfronteerd.

Komend vanuit Delft en rijdend naar het zuiden wordt van de weggebruiker achtereenvolgens verwacht/geëist:

keuze juiste rijstrook bij knooppunt Berkel en Rodenrijs, inschatten boog, en aanpassen snelheid, rekening houden met evt. invoegend verkeer vanaf businesspark Schieveen, vervolgens sturen in bocht, terwijl er rekening moet worden gehouden met uitvoegend en vervolgens invoegend verkeer bij aansluiting met N471, en daarna dit weer doen bij de aansluiting met de Ankie Verbeek-Ohrlaan, waarbij de vraag is in hoeverre het zicht wordt belemmerd door viaducten. Ook moet tijdig voorbereid worden op het inrijden van de tunnel, waarbij het zicht belemmerd wordt door de horizontale en verticale boog. Ook in de tunnel is vermoedelijk het doorzicht beperkt. Omdat vlak voorbij de tunnel het knooppunt Terbregseplein volgt, moet de bestuurder zich ook hier op kunnen voorbereiden.

Komend vanaf Rotterdam, en rijdend in de richting Delft moet de weggebruiker de juiste rijstrook voor rechtdoor kiezen bij knooppunt Terbregseplein. Vervolgens moet onmiddellijk voorbereid worden op het inrijden van de tunnel, die eindigt in een boog (horizontaal en verticaal), en bij het uitrijden moeten beslissingen worden genomen om de twee aansluitingen goed en veilig te passeren. Bij het vervolgen van de route bij knooppunt Berkel en Rodenrijs moet evt. rekening worden gehouden met in- en uitvoegend verkeer bij het businesspark. Tenslotte loopt de boog naar beneden, en moet worden ingevoegd op de A13, bij mogelijk beperkt uitzicht, waarbij de juiste snelheidskeuze essentieel is.

De conclusie vanuit de HF analyse is dat de taakbelasting voor de weggebruikers hoog is, en dat veel beslissingen op verschillend niveau kort achter elkaar moeten worden genomen.

Het is daarom in deze situatie belangrijk om:

- de informatie goed te doseren en niet relevante informatie weg te laten
- tijdig de routekeuzes te geven
- voldoende ruimte te geven voor in- en uitvoegen
- de juiste maximumsnelheden te kiezen
- mogelijke afleiding of visuele misleiding te voorkomen (afscherming)
- het verloop van de weg goed aan te geven
- tunnelsluitingen tot een minimum te beperken
- fouten in manoeuvres goed op te vangen, met voldoende uitwijkmogelijkheden en snel oplossen van incidenten.

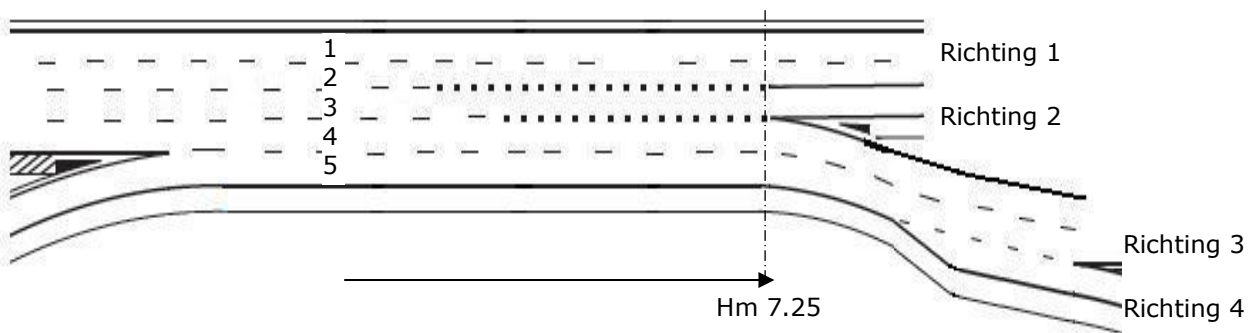
## 4.2 Voorbeeld 2: Een weefvak in de planfase

### Verzamelen van gegevens

In deze paragraaf is op basis van een gepresenteerd maar niet gerealiseerd ontwerp een voorbeeld uitgewerkt van complex weefvak waar vanwege de inpassing in stedelijk gebied vier richtingen bediend moeten worden:

- Richting 1: hoofrijbaan autosnelweg
- Richting 2: afrit voor een aansluiting 1,5 kilometer verder in de stad Dit betekent dat de afrit 1,5 kilometer lang is)
- Richting 3: hoofrijbaan autosnelweg
- Richting 4: afrit voor de dichtstbijzijnde aansluiting voor de stad

Richting 1 en 2 zijn hoofdrijbanen van het autosnelwegennetwerk terwijl richting 3 en 4 als afritten voor bestemmingen in de stad fungeren. Het weefvak heeft vijf stroken en is 1.150 meter lang. De twee puntstukken voor de splitsing in drie banen (richting 1, richting 2 en de baan voor richting 3 en 4) bevinden zich op dezelfde locatie in de lengterichting (Hm 7.25). Ongeveer 50 meter verder volgt de afrit voor richting 4 (zie figuur 4.5). De onderlinge afstanden zijn opgenomen in tabel 4.1 waarbij ook de tijd in rijseconden ten opzichte van de splitsing in 3 richtingen is gegeven.



Figuur 4.5 Schets van het weefvak (de rijrichting is hier van links naar rechts)

Tabel 4.1 Afstanden ten opzichte van het divergentiepunt

Lengterichting	Hectometer	Afstand tot de splitsing (m) <sup>1</sup>	Tijd bij 100 km/h (seconden)
Beslissingswegwijzer	7.35	100	4
Uitvoeging (voor richting 4)	7.30	50	2
Splitsing (3 richtingen)	7.25	0	0
Voorwegwijzer I	6.65	-600	-22
Blokmarkering richting 2 en 3	6.50	-750	-27
Blokmarkering richting 1 en 2	6.44	-810	-29
Samenvoeging	6.10	-1150	-41
Voorwegwijzer II	5.95	-1300	-47

<sup>1</sup> Stroomafwaartse afstand positief; stroomopwaartse afstand negatief

De prognoses voor het betreffende weefvak laten zien dat de I/C verhouding de komende jaren hoog is. Het aandeel vrachtverkeer is bovengemiddeld. Daarbij is er sprake van een behoorlijk aantal vrachtauto's dat van rijstrook 4 naar rijstrook 2 en 5 moet wisselen.

#### *Uitgangspunt en afbakening*

De analyse vindt plaats in een zeer vroeg stadium waarin nog geen informatie beschikbaar is over waar bewegwijzering komt en hoe de zichtafstanden zullen zijn. Uitgangspunt bij de analyse is een standaardbewegwijzering, d.w.z. één beslissingswegwijzer voor het actiepunt en daarnaast twee hoge wegwijzers binnen het weefvak. We gaan er ook van uit dat de zichtafstanden conform de richtlijn zijn. Het is aan te bevelen om dit zo snel mogelijk te verifiëren en om simulaties te gebruiken waarmee deze aspecten zichtbaar gemaakt kunnen worden. In het vervolg wordt een analyse uitgevoerd op basis van de bovenbeschreven kennis en de HF-principes.

#### *Human Factors Beoordeling*

### **1. Verwachtingspatroon**

Er zitten elementen in dit ontwerp die strijdig zijn met wat bestuurders in het algemeen verwachten van een weefvak. Weggebruikers verwachten geen weefvak dat in drie richtingen splitst (richting 1, 2 en 3/4). Ook verwachten ze niet dat de splitsing tussen richting 3 en 4 zo snel (na 50 meter) volgt op een andere splitsing. Het begrijpen van de situatie kan verder worden bemoeilijkt doordat de middelste strook tussen twee hoofdrichtingen fungeert als uitrit. Bestuurders verwachten geen uitrit in het midden. Dit kan verwarring geven voor bestuurders die deze afrit willen nemen.

Daarnaast dient ook rekening gehouden te worden met bestuurders die ter plaatse bekend zijn en de oude situatie kenden. Dat geldt voor een behoorlijk aandeel van het verkeer dat gebruik zal maken van dit weefvak. Deze bestuurders hebben een 'mental map' (waar ligt hun bestemming ten opzichte van de snelweg) en verwachtingen over hoe een autosnelweg in hun route past. Bestuurders zijn eraan gewend dat ze rechts uitvoegen voor de dichtstbijzijnde bestemming. De 'eerste uitvoegstrook' direct na het weefvak (rechts van rijstrook 5), leidt naar de dichtstbijzijnde bestemming wat past bij het verwachtingspatroon. De daarop volgende bestemming wordt bereikt via de middelste rijstrook 3 (dit is in feite de 'tweede uitvoegstrook') in plaats van de verder naar rechts gelegen rijstroken 4 en 5. Dit kan ertoe leiden dat bestuurders die ter plaatse bekend zijn te lang op de rechter rijstroken blijven rijden.

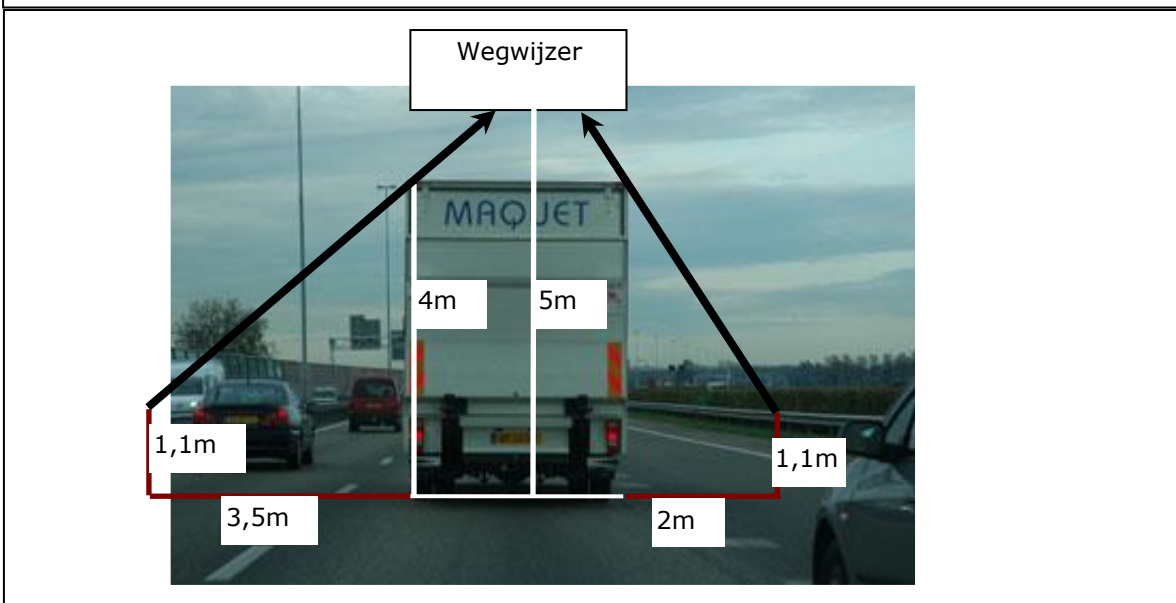
Bovengenoemde strijdigheid met verwachtingen kan, met name in de periode direct na openstelling, leiden tot fouten (onnodig omrijden) en stress. Er zal sprake zijn van lagere snelheden en extra turbulentie rond de splitsingen. Dat kan bij rijstrook 3 extra gevaarlijk zijn omdat deze midden in het weefvak ligt.

### **2. Waarnemen**

In dit weefvak worden hoge wegwijzers in bepaalde gevallen afgedekt door het vrachtverkeer doordat er meer dan twee richtingen op de wegwijzer worden aangeduid. Zo kan een bestuurder op rijstrook 4, als deze naast een vrachtauto op rijstrook 3 rijdt, de bewegwijzering boven rijstrook 1 en 2 niet waarnemen. Vergelijkbare problemen doen zich voor op andere rijstroken, afhankelijk van de plaats van een personenauto ten opzichte van vrachtauto's. Het zichtprobleem is verder toegelicht in het tekstkader aan de hand van standaardmaten.

*De zichtbaarheid van (hoge) wegwijzers in relatie tot vrachtverkeer*

De zichtbaarheid van (hoge) wegwijzer is ingeschat aan de hand van de volgende uitgangspunten: de doorrijhoogte van een wegwijzer is volgens de Richtlijn Bewegwijzering 5 m; de maximale hoogte van een vrachtauto is volgens het Voertuigreglement 4 m; als ooghoogte van de bestuurder van een personenauto wordt in de NOA 1,10 m gehanteerd. Een vrachtauto rechts van de bestuurder bevindt zich op ca. 3,5 m; een vrachtauto links van de bestuurder op slechts enkele meters afstand. Dit betekent dat een bestuurder een wegwijzer boven een vrachtauto slechts met moeite kan zien. De wegwijzers boven rijstroken naast een vrachtauto zijn niet zichtbaar. Rijdt er een colonne vrachtverkeer op rijstrook 3, dan kan een bestuurder van een personenauto op rijstrook 4 de bewegwijzering boven rijstrook 1 en 2 niet meer zien.



Figuur 4.6. Afmetingen in relatie tot vrachtverkeer en beperkingen in het zicht.

*Problemen bij files en/of ongevallen*

Door de vele rijstroken en richtingen is het weefvak (in vergelijking met een standaard weefvak) moeilijk te overzien bij incidenten of ongevallen. De bestuurder moet 5 stroken overzien. Als het verkeer in de verte opstopt zal vanaf de meest rechtse of meest linkse rijstrook niet eenvoudig te overzien zijn of het nog mogelijk is om een file of ongevalslocatie rechts of links te passeren.

Chaufeurs hebben bij een wisseling van links naar rechts bovendien te maken met de dode hoek. In het algemeen zal in deze situatie verschil optreden tussen bestuurders die maar één rijstrook hoeven op te schuiven en bestuurders die meerdere rijstroken op moeten schuiven. De laatsten willen zo snel mogelijk met weven beginnen, om goed uit te komen. Dit kan onderlinge conflicten geven.

**3. Begrijpen**

Het ontwerp is bekeken op mogelijke problemen met begrijpelijkheid. Daarbij bleek dat bestuurders mogelijk strijdige informatie zouden krijgen door een falend navigatiesysteem. Het is de vraag of deze systemen zijn toegerust op een weefvak waar uit vier richtingen gekozen moet worden. Navigatiesystemen kunnen aangeven dat een bestuurder de rechter of linker strook moet kiezen of bij een kruispunt met voorsorteervakken de 'strook voor rechtdoor'. Bij een standaard weefvak is de keuze rechts of links. Bij dit weefvak is er ook een 'middelste strook' voor een bestemming in de stand: 'de derde strook van rechts' of 'de derde strook van links'. Als niet alle systemen hierop zijn toegerust komt een deel van de bestuurders in de problemen. Na de openstelling van de weg zijn er overigens problemen te

verwachten met alle navigatiesystemen waarvan het onderliggende kaartmateriaal niet up to date is. Bestuurders die hiermee geconfronteerd worden kunnen eventueel terugvallen op de bewegwijzering, maar de tijd die hiervoor beschikbaar is neemt af, wat kan leiden tot tijdnood en stress.

#### 4. Kunnen

##### *Hoeveelheid informatie*

Volgens de Richtlijn Bewegwijzering kunnen bestuurders uit het oogpunt van leesbaarheid (onder normale omstandigheden) en het nemen van de juiste beslissingen maximaal 8 bestemmingen per doorsnede verwerken. Wel kan het rond grote steden volgens de richtlijn noodzakelijk zijn om meer namen per doorsnede te vermelden voor een goede geleiding van het verkeer. Bij de voorliggende situatie is de uitdaging om voor alle vier de richtingen voldoende informatie over de bestemmingen te bieden. Als de gezochte naam niet op de wegwijzer vermeld staat is de volledige leesweg (of langer) nodig om tot een beslissing te komen. De hoeveelheid informatie die in de dwarsdoorsnede van dit weefvak wordt gegeven is daardoor hoog.

##### *De complexiteit van de verkeerssituatie*

Bij een standaard weefvak kiezen bestuurders uit twee richtingen. Andere keuzen worden dan door middel van een nieuwe splitsing minimaal 300 m verder stroomafwaarts ingepast. Bij dit weefvak moeten bestuurders kiezen uit vier richtingen. Het keuzeprocess is daardoor veeleisender dan bij een standaard weefvak. Heeft de bestuurder eenmaal een doelstrook gekozen dan moet een complexe verkeerssituatie worden overzien: veel rijstroken en veel verkeer inclusief vrachtverkeer. Andere verkeersdeelnemers voeren eveneens rijstrookwisselingen uit. Wil de bestuurder van rijstrook 2 naar rijstrook 3, dan dient deze in te schatten of iemand vanaf rijstrook 4 naar rijstrook 3 wil wisselen. Deze dient dan ook minimaal (hiaten op) rijstrook 3 en rijstrook 4 te overzien. Op het moment dat er tegengestelde rijstrookwisselingen gelijktijdig plaatsvinden ontstaat de kans op flankongevallen. De situatie wordt verder bemoeilijkt doordat vrachtauto's van rijstrook 5 naar rijstrook 2 moeten voor richting 1. Deze voertuigen zijn lang, hebben veelal een lagere snelheid dan het overige verkeer en kunnen het zicht ontnemen van automobilisten op verderop gelegen rijstroken.

##### *Taaklast*

Het is te verwachten dat de belasting van bestuurders hoog is gegeven het verkeersbeeld dat wordt gekenmerkt door een hoge I/C verhouding en veel (vracht)verkeer dat rijstrookwisselingen uitvoert. De taakbelasting bij rijstrookwisselingen in het weefvak zal hoger liggen dan in een standaard situatie door de volgende factoren:

- De grote hoeveelheid informatie die wordt aangeboden
- De prognoses duiden op een hoge I/C verhouding waardoor de hiaten tussen voertuigen gedurende een groot deel van de dag beperkt zijn. Er is daarbij ook sprake van vrachtverkeer. Dit leidt tot extra snelheidsverschillen.
- Het verkeersbeeld in het weefvak is onrustig omdat een hoog aandeel van het verkeer (ook vrachtverkeer) meerdere rijstrookwisselingen moet uitvoeren.

Ter plaatse onbekende bestuurders staan bovendien extra onder druk (om te handelen) door onzekerheid over alternatieve mogelijkheden als ze niet tijdig op de doelstrook kunnen invoegen.

##### *Ruimte in het lengteprofiel voor rijstrookwisselingen*

Het aantal rijstrookwisselingen is afhankelijk van de bestemming en is maximaal 5 (van rijstrook 1 naar rijstrook 5 en vervolgens naar de afrit na de splitsing). De Richtlijn Bewegwijzering (CROW, 2014) gaat er vanuit dat bij een normaal verkeersbeeld per rijstrookwisseling 250 meter nodig is bij een snelheid van 100 kilometer/ uur. De afstand vanaf het convergentiepunt tot de uitvoegstrook is met 1.200 meter net te kort. Als de noodzaak om van rijstrook te wisselen voor bestuurders op rijstrook 5 al vóór het convergentiepunt duidelijk is (en de rijstrookwisselingen al vóór het weefvak ingezet worden) zullen bestuurders volgens de norm in de richtlijn net voldoende tijd hebben om de manoeuvres uit te voeren. Zoals eerder in beschreven betreft dit weefvak geen standaard ontwerp. In dat licht is de keuze voor een minimale lengte twijfelachtig.

## 5. Willen

Door een combinatie van verschillen in bekendheid met het weefvak en rijstijlen kan de kans op conflicten toenemen. Een deel van de bestuurders zal voorzichtig rijden en veel aandacht besteden aan bijvoorbeeld de bewegwijzering terwijl een ander deel met relatief kleine hiaten van rijstrook wisselt of juist hiaten voor een ander 'dichrijdt' om nog snel in te halen. In het laatste geval kan het gaan om bestuurders die ter plaatse bekend zijn en er een sportieve rijstijl op nahouden. Gedrag dat op andere locaties voorkomt zoals doorrijden tot het divergentiepunt en daar pas invoegen op een strook waar de snelheid lager ligt zou ook hier kunnen voorkomen. Tot slot kan een probleem optreden met vrachtwagenchauffeurs die vanwege de omvang en de eigenschappen van hun voertuig rekenen op coulance van andere weggebruikers om tijdig de gewenste strookwisselingen uit te voeren. Vrachtwagenchauffeurs willen zo snel mogelijk de rijstrookwisseling voltooien om niet het risico te lopen stil te moeten staan.

## 6. Overige aspecten

### *Problemen bij fileterugslag en ongevallen*

Bij een standaard weefvak is er sprake van twee richtingen. In het algemeen kan de file hierbij 'terugslaan' naar de rechter of de linkerzijde van het weefvak. Bij dit weefvak zijn er na het divergentiepunt drie rijbanen (en een vierde richting via de uitvoegstrook). Net als bij andere weefvakken kan het verkeer aan de rechter- en de linkerzijde opstoppen, maar het verschil is dat bij dit weefvak ook via de middelste strook een file kan terugslaan. Dit kan tot riskante situaties leiden omdat er een kortere afstand overblijft om bij een normale snelheid van rijstrook 2 naar rijstrook 4 te wisselen en vice versa.

Bestuurders die voorbij de filestaart rijden en toch van rijstrook moeten wisselen kunnen afremmen om in te voegen tussen het verkeer op rijstrook 3 en vervolgens met een lage snelheid invoegen op de volgende rijstrook (waarbij ze laat zichtbaar zijn voor het verkeer dat al op die rijstrook reed). Hierdoor kunnen grote snelheidsverschillen ontstaan op rijstrook 2 en 4. De consequentie is dat een opstopping op rijstrook 3 zich vrijwel altijd zal uitbreiden naar rijstrook 2 en 4 terwijl de ongevalskans stijgt door snelheidsverschillen en onverwachte manoeuvres.

### *De beveiliging van ongevalslocaties*

Het is mogelijk dat er rond de puntstukken bij het divergentiepunt, oftewel midden in het weefvak, ongevallen ontstaan, bijvoorbeeld met bestuurders die op het laatste moment nog van rijstrook wisselen. De beveiliging van een ongevalslocatie midden in het weefvak brengt problemen met zich mee doordat een 'eiland' ontstaat als alleen rijstrook 2, 3 en 4 worden afgezet. Volgens de Richtlijn eerste Veiligheidsmaatregelen bij incidenten mag er geen eiland ontstaan en moet ervoor gezorgd worden dat het verkeer het incident maar aan één kant kan passeren. Daardoor zou ofwel de doorgaande richting (rijstrook 1 en 2), of de parallelbaan (en daarmee tevens de uitvoegstrook na het divergentiepunt) afgezet moeten worden. Dit kan leiden tot grote problemen met de doorstroming. Hieronder is als voorbeeld een mogelijk incident in het weefvak uitgewerkt.

#### *Mogelijk scenario: ongeval aan het begin van de avondspits*

Een vrachtautochauffeur, Kees H., reed gisteren vanuit stad x richting y en voegde vanaf de meest rechtse strook in op het weefvak. Om op de juiste strook te komen moest hij maar liefst drie keer van strook wisselen. Automobilisten rijden volgens hem net iets harder dan hij. Telkens als er een opening ontstaat is er weer een personenauto die inhaalt of van rijstrook wisselt en zijn gat 'dichrijdt'. Op een gegeven moment moet je brutaal zijn en auto's wegduwen maar gisteren kwam hij in tijdnood voor de derde rijstrookwisseling. Een andere vrachtautochauffeur zag dat, remde af en seinde met zijn lichten dat hij kon invoegen. Dat zag hij in zijn spiegels, maar toen hij voor zich keek schrok hij doordat hij net voor het puntstuk zat. Hij stuurde snel naar links maar blijkbaar te abrupt. Hij kreeg zijn combinatie niet meer onder controle en kantelde. Zijn achteropkomende collega-chauffeur kon hem niet meer ontwijken en klapte erop. De drie linker stroken stonden direct vast. De hulpdiensten konden nauwelijks bij het ongeval komen omdat het verkeer alle rijstroken blokkeerde. Auto's hadden weinig ruimte om aan de kant te gaan. Pas na middernacht werd de weg weer voor het verkeer vrijgegeven.



### **Conclusie**

De inschatting aan de hand van de VOA methodiek leidt tot de volgende conclusies voor het weefvak:

- De inrichting van het weefvak wijkt af van de verwachtingen van bestuurders
- Er zijn problemen met zicht door vrachtverkeer dat bewegwijzering afdekt
- Door het grote aantal keuzemogelijkheden, de grote hoeveelheid informatie en de te verwachten verkeersbewegingen met veel vrachtverkeer is de rijtaak complex, wat kan leiden tot tijdnood en het nemen van risico's (paniekreacties).

De combinatie van deze factoren leidt tot een sterk verhoogde ongevalskans in dit weefvak. Ongevallen kunnen bovendien op een ongunstige plaats midden in het weefvak ontstaan waardoor de afwikkeling slechter en minder veilig is.

### 4.3 Voorbeeld 3: Toepassen Human Factors-analyse in operationele fase

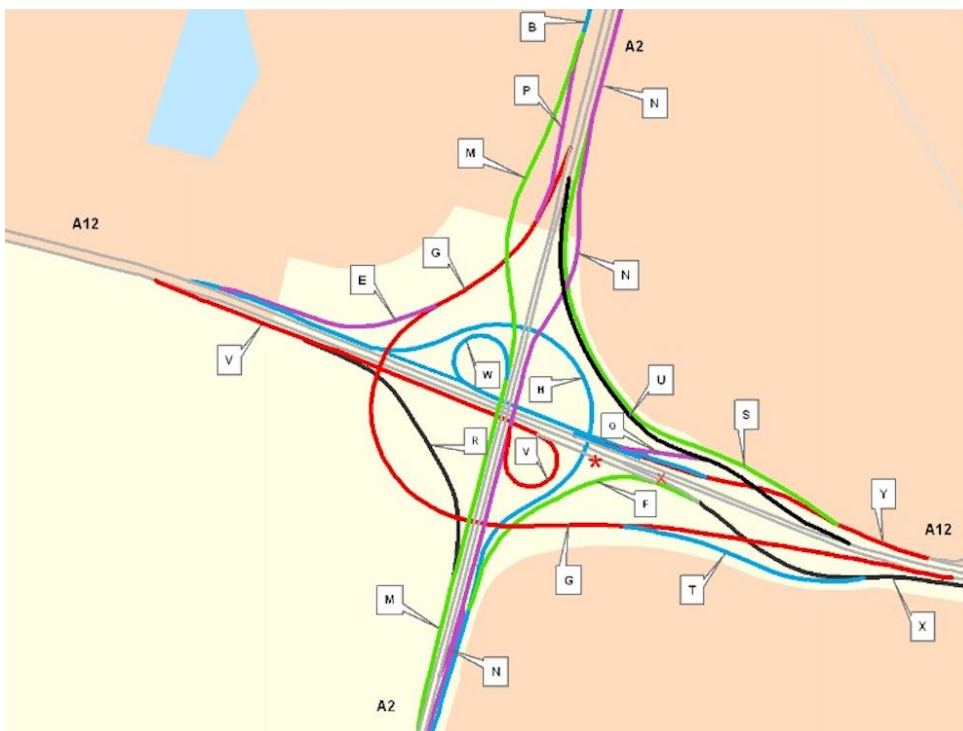
In deze paragraaf is een voorbeeld uitgewerkt van een Human Factors-analyse in een situatie waarin de weg is opengesteld voor verkeer. In deze fase rijdt er reeds verkeer en wordt duidelijk wat het daadwerkelijke effect is van het wegontwerp en de weginrichting op het verkeersgedrag. Aangezien het rijgedrag van weggebruikers wordt bepaald door het totale wegbeeld en de specifieke verkeerssituatie, is het van belang om bij de Human Factors-analyse een onderscheid te maken naar de rijtaakrelevante informatie (wegontwerp en weginrichting) en de niet-rijtaakrelevante informatie (omgevingselementen zoals reclame en gebouwen). Het gedrag dient geanalyseerd te worden vanuit de verschillende denkbare verkeerssituaties (zoals free-flow en filevorming), verkeersdeelnemers en (weers)omstandigheden (dag/nacht, slechtweerscondities).

#### *Analyse ongewenste manoeuvres Knooppunt Oudenrijn*

Op verzoek van Verkeerscentrale Midden Nederland is door WVL een Human Factors-analyse uitgevoerd van knooppunt Oudenrijn. De aanleiding hiervoor was het grote aantal ongewenste manoeuvres dat vanuit de verkeerscentrale is waargenomen. Het ging daarbij bijvoorbeeld om het veelvuldig overschrijden van doorgetrokken strepen. Dit gold in het bijzonder voor de volgende locaties:

- de A12 X (De Meern > afrit Papendorp/afrit Europalaan/afrit Laagraven)
- de verbindingsboog A2 G (Leidsche Rijntunnel A2 naar de A12 rechts)
- de A12 X, via de A2 T,
- de verbindingsweg A2 T (tussen de A2 Gen de A12 X) en
- de verbindingsweg A2F (Nieuwegein > A12X)

In onderstaande afbeelding staat knooppunt Oudenrijn weergegeven met alle mogelijke ritten. Op basis van de locaties die zijn genoemd door de Verkeerscentrale gaat de meeste aandacht uit naar het zuidoostelijke kwadrant van het knooppunt.



Figuur 4.7: Knooppunt Oudenrijn

Ter illustratie van een rittenanalyse is de rit A2Li richting A12 via de verbindingsweg A2f uitgewerkt. **N.B. Bij een Human Factors-analyse wordt normaal gesproken voor alle mogelijke ritten een rittenanalyse gemaakt.**

*Rit A2Li richting A12 (de verbindingsweg A2F en Nieuwegein A12X)*

Dit betreft de rit voor de weggebruikers die vanaf de A2 in noordelijke richting het knooppunt Oudenrijn naderen en vervolgens afbuigen naar de A12 in westelijke richting. Deze rit kent de volgende gedragskundige aandachtspunten:

1. Verwachtingspatroon: Informatie die kan zorgen voor een foutieve inschatting van het wegverloop.
2. Waarnemen: Zichtbeperkingen op de verkeerssituatie stroomafwaarts.
3. Begrijpelijkheid: Begrijpen van de routes van het knooppunt
4. Kunnen (Taakcomplexiteit): Tijd en ruimte om de gewenste manoeuvres uit te voeren.
5. Willen (Bereidwilligheid): Bereidheid om de doorgetrokken markering niet te passeren.

**1. Verwachtingspatroon: Informatie die kan zorgen voor een foutieve inschatting van het wegverloop.**

Komende vanaf de A2 volgt na de splitsing met de A12 een boog naar rechts. Ter hoogte van de bocht staat een bewegwijzeringsportaal op de naastgelegen rijbaan (voor de A2 richting Amsterdam) in het verlengde van de rijbaan. Het parallax-effect kan zorgen voor een foutieve inschatting van het wegverloop en van de indeling van de rijbaan.



*Figuur 4.8: Parallax-effect door wegverloop en de bewegwijzering van naastgelegen rijbaan.*

**2. Waarnemen: Zichtbeperkingen op de verkeerssituatie stroomafwaarts.**

Na de splitsing tussen de A12 in westelijke en oostelijke richting volgt een boog naar rechts. Deze boog kent zichtbeperkingen op de verkeerssituatie stroomafwaarts en wordt niet ondersteund door geleiding in de buitenkant. Hierdoor worden weggebruikers beperkt in het voorbereiden op de naderende boog en het verloop ervan.



*Figuur 4.9: Zichtbeperkingen op de naderende boog.*

Een vergelijkbare situatie doet zich voor in de boog die kort daarop volgt. Kort na deze tweede boog komt de verbindingsweg samen met de A12.



*Figuur 4.10: Zichtbeperkingen in de tweede boog*

### **3. Begrijpelijkheid (Begrijpen): Begrijpen van de routes van het knooppunt**

Het knooppunt Oudenrijn kent een groot aantal wegen, die door hun 'spaghetti-achtige' samenstelling het niet eenvoudig maakt voor weggebruikers om een 'mental map' te maken van het knooppunt. De aanwezigheid van de tunnel en de wijze van ontvlechten van richtingen maken een goede voorstelling van de situatie bovendien extra lastig.

### **4. Kunnen (Taakcomplexiteit): Tijd en ruimte om de gewenste manoeuvres uit te voeren.**

In de verbindingsweg naar de A12 in oostelijke richting volgt de samenvoeger kort na een krappe boog en verdwijnt de rechtterijstrook. Hierdoor moeten weggebruikers het nemen van de bocht combineren met het anticiperen op de samenvoeger (inschatten verkeer vanaf de A12) en direct daarna voorbereidingen treffen om van rijstrook te wisselen. Doordat dit gepaard gaat met zichtbeperkingen is de taakcomplexiteit extra hoog.



*Figuur 4.11: Afvallende rijstrook rechts ter hoogte van weefvak en kort na nemen bocht.*

### **5. Bereidwilligheid (Willen); Bereidheid om de doorgetrokken streep niet te passeren.**

Ter hoogte van het weefvak met de hoofdrijbaan van de A12 ligt er doorgetrokken markering. Deze markering belemmert de weggebruiker in zijn vrijheid qua keuze voor de rijstrook. Op de momenten waarop de rijtaak vanuit het ontwerp en de inrichting extra belastend is (zie eerder genoemde punten), zullen bepaalde verkeerssituaties (zoals bij hoge

intensiteiten of intensiteitsverschillen) stimuleren dat de doorgetrokken streep wordt overschreden. Ter hoogte van het weefvak van de A12 is dat bijvoorbeeld het geval op het moment dat het verkeer op rijstrook 3 ruimte wil gaan maken voor het verkeer op rijstrook 4 dat pas laat van rijstrook kan wisselen. Overschrijden van de doorgetrokken streep kan leiden tot een abrupte reactie zoals remmen en uitwijken bij het overige verkeer.



*Figuur 4.12: Doorgetrokken markering bij afvallende rijstrook.*

### **Conclusie**

De rit A2Li richting A12 via verbindingsweg A2F kenmerkt zich door een opeenvolging van gedragskundige aandachtspunten, die op specifieke locaties voor een optelsom zorgen waardoor er ongewenst gedrag ontstaat. De gedragskundige aandachtspunten betreffen:

- Opeenvolging van discontinuïteiten, waardoor regelmatig interactie nodig is met het overige verkeer en regelmatig keuzes gemaakt en manoeuvres voorbereid moeten worden.
- Zichtbeperkingen als gevolg van veranderingen in het horizontale en verticale alignment op kritieke locaties om te kunnen anticiperen op het wegverloop en de verkeerssituatie stroomafwaarts.
- Uitvoeren van manoeuvres met beperkte tijd voor de voorbereiding en de uitvoering van de manoeuvre.
- Verkeersmaatregelen die het verkeer beperken in de vrijheid om te manoeuvreren op momenten waarop de rijtaakbelasting verhoogd is en het verkeer in interactie met het overige verkeer te veel belemmerd wordt.

## Referenties

- Allen, T.M.; Lunenfeld, H.; Alexander, G.J. (1971). *Driver information needs*. Highway Research Record, no 366,103-115.
- Birth, S. (2014). '*Human Factors guideline for safer Human-Man-Road-Interface*', Appendix B.2; PIARC, Technical Committee 3.2, 12.12.2014.
- Cestac, J. & Delhomme, P. (Ed.) (2012). *European road users' risk perception and mobility, The SARTRE 4 survey*. Paris, IFSSTAR.
- CROW (2014) '*Richtlijn bewegwijzering 2014*. CROW, Ede.
- Duijm, S., Kraker, J. de, Schalkwijk, M., Boekwijt, L. & Zandvliet, R. (2012). *PROV, Periodiek Regionaal Onderzoek Verkeersveiligheid*. DVS, Delft
- Fishbein, M., & Ajzen, J. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading: Addison-Wesley.
- Glaserfeld, E. von (1995). *Radical Constructivism: A Way of Knowing and Learning*. London: Falmer Press.
- Houtenbos, M. (2008). *Expecting the unexpected: A study of interactive driving behaviour at intersections*. Leidschendam: SWOV
- Horst, A.R.A. van der, & Schepers, J.P. (2012). *Wegbeeldanalyse Verbindingsboog Knooppunt De Stok A58*. TNO, Soesterberg.
- Jessurun, M., Linders, L., Brookhuis, K.A. (1993). *Twee typen wegomgevingen: effecten op waarnemingen, activatie en beleving*. VK 93-08, Haren: Verkeerskundig Studiecetrum.
- Lambers, M.G.F. (2013a). '*Gedragskundig advies knooppunt Galder Aansluiting A16 (Rotterdam) – A58 (Tilburg)*'. Adviesdienst Mens & Veiligheid, Zevenhuizen.
- Lambers, M.G.F. (2013b). '*Gedragskundige advies Tweede Coentunnel Noord-Zuid (tijdelijke situatie)*'. Adviesdienst Mens & Veiligheid, Zevenhuizen.
- Lambers, M.G.F. (2014). '*Gedragskundig advies knooppunt Emmeloord aansluiting A6 (Lelystad-Lemmer) en N50 (Kampen-Emmeloord)*'. Adviesdienst Mens & Veiligheid, Zevenhuizen.
- Merkx-Groenewoud, C. & Perdok, J. (2011). *Beoordeling van objecten langs auto(snel)wegen*. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart DVS, Delft.
- Noordzij, P.C. (1993). *Kijkgedrag in het verkeer; Van laboratorium naar veldonderzoek*. R-93-21. SWOV, Leidschendam.
- Rijkswaterstaat (2007). *Nieuwe Ontwerprichtlijnen Autosnelwegen (NOA)*. RWS Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.
- Theeuwes, J.L., Horst, A.R.A van der, & Kuiken, M. (2012). *Designing Safe Road Systems*, Ashgate.

Vermeulen, W. (2009). *Overzicht verkeerseducatie in Nederland. Stand van zaken en vooruitzicht*. DVS, Rotterdam.

Vlakveld, W.P. (2011). *Hazard anticipation of young novice drivers*. SWOV, Leidschendam.



## Bijlage 1. Nadere toelichting achtergronden human factor kennis

### 1. Korte geschiedenis

Human Factors is begonnen rond de tweede wereldoorlog, met name in de militaire sector, en na de oorlog sterk gegroeid. In een bekende studie van Fitts en Jones uit 1947 werden de bijna-ongevallen van piloten onderzocht. Er werd gezocht naar de oorzaak van "menselijke fouten" bij piloten die lange dagen moesten vliegen over onbekend terrein en onder grote stress. Aangezien extra training onvoldoende resultaat gaf werd nagegaan hoe fouten voorkomen konden worden door de werkomgeving van de piloot aan te passen aan de fysieke en mentale vermogens van piloten.

Ook werden natuurlijke gedragsneigingen onderzocht, zoals de neiging om iets open te draaien door het naar links te bewegen en dicht of vast te draaien door het naar rechts te bewegen. Standaardisatie op basis van deze natuurlijke neigingen bleek een belangrijke factor om menselijke fouten te vermijden. Dit is ook toegepast in het verkeer. Verkeersborden en de positie van de pedalen in een auto zijn internationaal op elkaar afgestemd.

Vaak worden de termen Human Factors en ergonomie door elkaar gebruikt. Ergonomie betekent: studie van het werk, hier bedoeld als werkomstandigheden. Het betreft de studie van menselijke fysiologische en psychologische capaciteiten, beperkingen en behoeften in relatie tot de menselijke omgeving, in het bijzonder de werkplek, en de toepassing van deze kennis op het ontwerpen en creëren van de ruimten, voorwerpen en systemen die door mensen worden gebruikt. Ook verkeerssystemen vallen hier onder.

### 2. Stromingen

Vanuit de psychologie zijn er diverse stromingen die het gedrag in relatie tot de omgeving verklaren en voorspellen. We beschrijven hier vier belangrijke stromingen zijn (Vermeulen, 2009).

#### 2.1. Behaviorisme

In het behaviorisme (in de dertiger jaren van de vorige eeuw in de USA ontstaan), worden ten behoeve van een wetenschappelijke gedragsbenadering de interne denk- en gevoelsprocessen tussen haakjes gezet. Deze processen worden beschouwd als een black box. Alleen observeerbaar gedrag wordt zo objectief mogelijk beschreven, zonder interpreteren de termen. In feite is de gedragsinput en de output te observeren, maar interne processen zijn moeilijk objectief vast te stellen. Zelfrapportages van zulke processen kunnen ons gemakkelijk op het verkeerde been zetten. Er wordt gezocht naar empirische relaties tussen stimuli (input) en responses (output). Een verandering van bestaande responses op basis van vaststelbare invloed van stimuli wordt leren genoemd. De invloed van stimuli kan de responses versterken; vaak gebeurt dat als er wordt beloond. Ook kunnen responses worden afgezwakt door belonende stimuli weg te halen, of evt. door straffen. Het leren langs de weg van belonen en straffen wordt operante conditionering genoemd. De beschrijving van de invloeden van stimuli op responses verschaft kennis en vergroot de middelen om aan de inputkant successieve interventies te plegen die het gedrag aan de outputkant steeds meer in de gewenste richting veranderen. Een voorbeeld is door rood rijden op een kruispunt waar vroeg in de ochtend vrijwel nooit verkeer is. Door de tijdswinst wordt het slechte gedrag als het ware beloond.

#### 2.2. Cognitivism

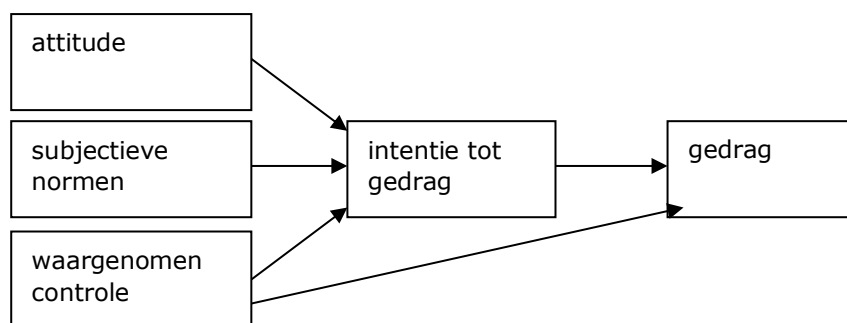
In het cognitivism wordt er van uitgegaan dat mentale processen beslissend zijn voor het gedrag. De mens gaat actief om met stimuli die op hem afkomen; zo wordt informatie steeds gefilterd op basis van al opgeslagen geheugenkennis (verwachtingen). Daarbij spelen een rol: het sensorische geheugen, de aandacht, het korte termijn geheugen, het werkgeheugen en het lange termijn geheugen.

In het cognitivism wordt uitgegaan van een hiërarchie van leren en leertaken, waarbij het leren van feiten en van de lagere vaardigheden vooraf gaat aan het begripvol en inzicht-

lijk leren en het leren van hogere orde vaardigheden; de eersten worden conditioneel voor de laatsten geacht. Door middel van taakanalyses wordt de hiërarchie van achtereenvolgens te leren kennis, inzichten en vaardigheden om taken te beheersen vastgesteld.

Er zijn modellen om taken, zoals de rijtaak of oversteektaak te structureren, zoals het perceptueel-cognitieve model, waarin het gedrag op de weg wordt beschreven vanuit de situatie, de waarneming daarvan, de voorspelling van de veranderingen die op zullen treden, de evaluatie van die voorspelling, de beslissing die op basis daarvan genomen wordt, de handeling die hieruit volgt, en het waarneembare gedrag, met terugkoppeling naar de situatie. Vaak wordt dit vereenvoudigd tot het cyclisch "waarnemen - beslissen - handelen" model.

Er zijn ook modellen die de relatie tussen attitudes, subjectieve normen en gedrag in kaart brengen, zoals het gedragsmodel van Fishbein en Ajzen (1975), dat de werking beschrijft van mentale componenten met betrekking tot overtuigingen over het eigen gedrag, over de verwachtingen van anderen en over belemmerende en bevorderende factoren in de omgeving, leidend tot gedragsintenties en feitelijk gedrag.



In het cognitivisme wordt veel met modellen voor mentale processen gewerkt, om de grip op zulke processen te vergroten.

### 2.3. Handelingspsychologie

Bij deze aanpak, ontstaan in de Sovjet-Unie, staat centraal dat vorming en verandering van gedrag alleen kan gebeuren in de interactie tussen mensen en tussen mens en omgeving. Juist de dialoog, waarbij de taal in de breedste zin als voertuig een essentiële rol speelt, leidt tot cognitieve ontwikkeling en de ontwikkeling van handelingsschema's die gebruikt kunnen worden om probleemsituaties op te lossen.

Belangrijke principes zijn: a. interiorisatie (verinnerlijken van uiterlijke handelingen, waarbij de handelingen ook worden verkort, en tenslotte geautomatiseerd), b. gebruik maken van de zone van de naaste ontwikkeling (je leert die dingen die je nog net niet kunt), c. de centrale rol van de instructeur als bemiddelaar om de leerling tot een hogere denkstap te leiden, en d. de sociaal communicatieve oorsprong van mentale handelingen: door met anderen van gedachten te wisselen wordt het leren gestimuleerd.

### 2.4. Constructivisme

Mensen gedragen zich bewust in voor hen zinvolle situaties, en mensen zijn in dat geval in hoge mate zelfsturend. Iedereen heeft een breed repertoire aan gedragsmogelijkheden, die afhankelijk van de motieven en de betekenis van de situatie (de context) worden ingezet. Zo blijkt dat in het verkeer kinderen eigen ontwikkelstrategieën gebruiken om het autoverkeer, waarmee ze nog niet om kunnen gaan, te vermijden. Ook in het formele onderwijs blijken mensen eigen denkbeelden en strategieën te ontwikkelen, zelfs als het onderwijs erg sturend is. Zo ontwikkelen veel beginnende bestuurders een eigen rijstijl, los van wat ze van de rijinstructeur hebben geleerd. Blijkbaar construeren mensen hun eigen subjectieve werkelijkheid, en de omgeving zou erop gericht moeten zijn deze constructies te ondersteunen en kansrijke constructies te stimuleren. Dat kan door in het leren zelf gebruik te maken van authentieke en rijke contexten en leerlingen de gelegenheid te geven om eigen opvattingen, verwachtingen of denkbeelden in het onderwijsleerproces in te brengen,

en dit te bespreken. Kennis wordt immers uitgewisseld via "negotiation of meaning" (Von Glasersfeld, 1995). De instructeur is minder een sturende autoriteit, maar meer een participant en procesbegeleider die eigen kennis en inzichten inbrengt en bespreekt. In verkeerssituaties gebruiken verschillende verkeersdeelnemers eigen constructen, en ze hebben daarbij ook eigen belevingen en emoties. De ene bestuurder zal het 's nachts rijden als prettig en rustgevend ervaren, de ander als beangstigend en onveilig. Idealiter zouden wegen zo moeten worden vorm gegeven dat verschillende verkeersdeelnemers er veilig op hun eigen wijze gebruik van kunnen maken.

### 3. Waarnemen, begrijpen en kunnen in de verschillende stromingen

#### 3.1. Behaviorisme

In het behaviorisme is waarnemen van stimuli de input en het kunnen (gedrag) de output. Begrijpen zit in de black box. Voor de relatie waarnemen – kunnen is het van het grootste belang dat het gewenste gedrag steeds dezelfde soort input krijgt. Ofwel: maak het onderscheid tussen wegen waarop verschillend gedrag wordt verwacht zo groot mogelijk, en tussen wegen waarop hetzelfde gedrag wordt verwacht zo klein mogelijk. Een stedelijke weg, waar door de vele verschillende stimuli een grote nuance aan gedragingen wordt verwacht, mag dus nooit zijn vormgegeven als een autoweg.

#### 3.2. Cognitivism

Voor wat betreft het cognitivism is het juist belangrijk te onderzoeken welke mentale processen een rol spelen tussen input en output. Als zulke processen bekend zijn kan daar de input of output beter op worden afgestemd.

Bekend is bijvoorbeeld dat het blikveld verandert als de snelheid hoger wordt: er wordt gefixeerd op punten verder weg en de waarneming van zaken in de periferie vermindert sterk. Dat betekent dus, dat als een reactie wordt verwacht op gebeurtenissen aan de zijkant van de weg (bijvoorbeeld verkeer dat een weg kruist), de snelheid laag moet zijn.

Ook de invloed van kleuren en vormen is onderzocht. Zo maakt rood alert, en is geschikt om verkeersborden of remlichten te kleuren. Maar als alles rood is, valt het niet meer op, en er moet dus weloverwogen mee om worden gegaan. Om vormen te identificeren en daarmee te weten wat iets is, worden enkele punten gescand, en op basis daarvan wordt een beeld geconstrueerd. Zo kunnen we onmiddellijk zeggen wat de onderstaande tekeningen voorstellen, ook al zijn het geen natuurgetrouwe weergaven:



Hiervan wordt gebruikt gemaakt, bijvoorbeeld bij het aanbrengen van contourreflectie op voertuigen of bij het maken van pictogrammen.

Anderzijds betekent het actief construeren dat vormen die op elkaar lijken kunnen worden verward, ook al zijn ze bij nadere beschouwing verschillend.

Verder is onderzocht dat het verwerken van informatie tijd kost. Hoe meer en hoe complexer de informatie, hoe meer tijd het kost. Zo is er indertijd ophef geweest over bord D6:



Uit de twee pijlen moet afgeleid worden dat je niet linksaf mag. Het oude bord gaf dat direct aan:



De cognitieve school heeft veel betekend voor met name de waarneembaarheid, waarneming en begrijpelijkheid van omgevingsstimuli.

### 3.3. Handelingspsychologie

De handelingspsychologie heeft inzichtelijk gemaakt dat het leren autorijden een lang proces vergt dat sturing behoeft, voordat de nodige handelingen zijn geautomatiseerd. Bij beginnende bestuurders, of als in een ander voertuig wordt gereden, zijn de handelingen nog niet geautomatiseerd. Dat betekent dat voor de bestuurder meer tijd nodig is om verschillende taakaspecten met elkaar te combineren, zoals versnellen en invoegen. Ook komen vergissingen regelmatig voor als een handeling nog niet voldoende is geautomatiseerd (bijvoorbeeld gas geven in plaats van remmen). Zulke vergissingen zouden in het ontwerp niet tot fatale afloop moeten leiden.

Verder is het belangrijk dat nieuwe ontwerpen aansluiten bij wat mensen al kennen, als een analoog gedrag wordt verwacht. Dit aspect speelt bijvoorbeeld bij de spitsstroken, waar bestaande kennis over de betekenis van de doorgetrokken streep wordt doorbroken.

### 3.4. Constructivisme

Mensen bedenken vaak eigen oplossingen om met een situatie om te gaan. In de visie van "shared space" wordt daarvan gebruik gemaakt om weggebruikers in onderling samenspel hun eigen weg te laten zoeken in een ruimte die niet veel voorgestructureerd is. Dat kan echter alleen onder de conditie dat verschillende oplossingen die mensen bedenken onderling geen ernstige conflicten oproepen. Op auto(snel)wegen kunnen onderlinge conflicten snel ernstige gevolgen hebben en daarom proberen we het gedrag zoveel mogelijk te reguleren. Volledig reguleren is echter niet mogelijk, zolang bestuurders zelf beslissingsruimte hebben over zaken als snelheid, richting, manoeuvres. We zien in het verkeer dan ook veel informele regels ontstaan, die vaak goed werken, en soms beter dan de formele regels. In het wegontwerp moet zoveel mogelijk worden aangesloten bij het natuurlijk gedrag van veel mensen, en de verwachtingen die men heeft opgebouwd.

## **4. Willen in de verschillende stromingen**

Er zijn vele theorieën over motivatie en motieven van mensen. Samenvattend kunnen deze als volgt worden beschouwd:

### 4.1. Willen in het behaviorisme

Motivatie wordt bepaald door de natuurlijke of aangeleerde gedragsversterkers: stimuli die ervoor zorgen dat de kans dat gedrag weer optreedt groter wordt. In eerste instantie gaat het om stimuli die voorzien in basisbehoeften van een organisme, zoals eten, drinken of seks. Door associatie met andere prikkels en een beloning kunnen ook deze andere prikkels het gedrag sturen.

In het verkeer kan hiervan gebruik worden gemaakt door een verband te leggen tussen gewenst verkeersgedrag en ander al geautomatiseerd of natuurlijk gedrag. Voorbeeld: bij de campagne "afstand houden" is een relatie gelegd met natuurlijk afstand houden als je achter iemand loopt.

### 4.2. Willen in het cognitivisme

Bij het cognitivisme past een prestatiemotivatietheorie. De bestuurder heeft een verwachtingspatroon ontwikkeld ten opzichte van een verkeerstaak (bijvoorbeeld van rijstrook wisselen). Als de feitelijke prestatie ongeveer met dat verwachtingspatroon overeenkomt, dan ervaart de bestuurder positieve gevoelens zoals trots en tevredenheid. De bestuurder is geneigd het de volgende keer weer goed of nog beter te doen. Komt de prestatie niet overeen met de verwachting dan wordt teleurstelling en schaamte ervaren. De bestuurder is geneigd dezelfde taak de volgende keer te ontlopen (als het mogelijk is).

### 4.3. Willen in de handelingspsychologie

Hierbij past de sociale motivatie: je doet iets graag, en je voelt je tevreden vanwege de appreciatie door de groep. Dit wordt bijvoorbeeld gebruikt bij feedback over snelheid: "97% houdt zich aan de snelheid".

### 4.4. Willen in het constructivisme

Bij de constructivistische invalshoek is de intrinsieke motivatie de bepalende factor. Daarbij spelen drie principes een rol: het incongruïteitsprincipe (je ervaart een zekere uitdaging in de onzekerheid die een nieuwe situatie schept), het competentieprincipe (je voelt je aangesproken op je bekwaamheid), en het causaliteitsprincipe (eigen autonomie en verantwoordelijkheid). In campagnes kan dit worden benadrukt.