

Oogbewegingregistraties als hulpmiddel bij onderzoek
naar verkeersgedrag

Drs. M.P. Hagenzieker

Oogbewegingregistraties als hulpmiddel bij onderzoek naar verkeersgedrag

Een literatuurstudie

D-93-21

Drs. M.P. Hagenzieker

Leidschendam, 1993

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

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

Samenvatting

Het registreren van oogbewegingen en -fixaties wordt een steeds populairder hulpmiddel bij (toegepast) onderzoek, waaronder onderzoek op het gebied van verkeersveiligheid. Kennelijk is dit een gevolg van de ruimere beschikbaarheid van relatief eenvoudig te gebruiken apparatuur om oogbewegingen te registreren. De kwestie welke rol oogfixaties nu precies spelen bij visuele waarnemingsprocessen is echter nog niet opgeëst. In dit rapport wordt een aantal studies op het gebied van verkeersgedrag bekeken waarin oogbewegingsgegevens werden verzameld. Speciale aandacht wordt besteed aan (1) Welke - impliciete of expliciete - assumpties werden gemaakt betreffende de betekenis van oogbewegingen (bijvoorbeeld, met betrekking tot informatie verwerking, aandacht)? (2) Welke onafhankelijke variabelen werden gebruikt? (3) Welke afhankelijke variabelen werden gebruikt bijvoorbeeld, duur van de fixaties, aantal fixaties, andere afhankelijke variabelen? (4) Wat was de taak die de proefpersonen moesten uitvoeren? (5) Hoe - met welk type apparatuur - zijn de oogbewegingen geregistreerd? En (6) welk type conclusies wordt uit de verkregen resultaten getrokken? Het rapport besluit met aanbevelingen over het gebruik van oogbewegingsregistraties als hulpmiddel bij verkeersveiligheidsonderzoek.

Summary

The recording of eye movements and fixations is becoming a more and more popular tool in (applied) research, including traffic safety research. Obviously, this is a result of the more widespread availability of relatively easy-to-use apparatus to register eye movements. However, the question of what role eye fixations play in perceptual processing is not resolved. This paper reviews a number of traffic safety studies in which eye movement recordings were collected. Special emphasis is given to the following questions: (1) Which - implicit or explicit - assumptions have been made about the meaning of the eye fixations (e.g., related to information processing, attention)? (2) Which independent variables have been used? (3) Which dependent variables have been used (e.g., fixation duration, number of fixations, other dependent variables than eye movements)? (4) What was the task subjects had to perform? (5) How - with what type of equipment - have the eye movements/fixations been recorded? (6) Which type of conclusions are drawn from the results? The paper concludes with recommendations formulated for the use of eye movement recordings in traffic safety research.

Inhoud

1. *Inleiding*
2. *Veronderstellingen over de betekenis van oogbewegingen*
 - 2.1. *Cirkelredenering*
 - 2.2. *De 'scanpad'-veronderstelling*
 - 2.3. *De veronderstelling van opeenvolging*
3. *Oogbewegingen in verkeersveiligheidsonderzoek*
 - 3.1. *Veronderstellingen*
 - 3.2. *Welke onafhankelijke variabelen zijn gebruikt?*
 - 3.3. *Welke afhankelijke variabelen zijn gebruikt?*
 - 3.4. *Aantal proefpersonen en hun taak*
 - 3.5. *Hoe zijn de oogbewegingen geregistreerd?*
 - 3.6. *Welk type conclusies werd getrokken?*
4. *Discussie en conclusies*

Literatuur

Tabellen 1 t/m 8

1. Inleiding

Het ligt voor de hand dat visuele waarneming een belangrijke rol speelt bij het rijden, hetgeen ook vaak is benadrukt in de literatuur. In een recente Australische studie werd bijvoorbeeld - opnieuw - geconcludeerd dat visuele factoren het meest naar voren kwamen als (mede)oorzaak bij het ontstaan van verkeersongevallen (Cairney & Catchpole, 1991). Hoewel op basis van taakanalyse, gezond verstand of normatieve gronden denkbeelden zijn ontwikkeld over het soort informatie dat moet worden waargenomen om veilig te kunnen rijden, is niet bekend welke informatie precies hoe, wanneer en waar door weggebruikers wordt benut. Het lijkt daarom een logische stap om gegevens over oogbewegingen te verzamelen om inzicht te krijgen in deze materie. Daarbij kunnen zich echter diverse moeilijkheden voordoen.

(1) Veel oogbewegingsstudies hebben plaatsgevonden in het kader van onderzoek naar lezen, een tamelijk gestructureerde taak. Men kan zich afvragen in welk opzicht rijden in het verkeer en lezen op elkaar lijken. In het verkeer worden tal van visuele taken gelijktijdig of opeenvolgend verricht; bestuurders kunnen bijvoorbeeld actief op zoek zijn naar bepaalde informatie om de weg te vinden (bijv. het lezen van straatnaamborden), of gewoon 'aan het rondkijken' zijn zonder specifiek ander doel dan de rijtaak zelf. Verondersteld kan worden dat oogbewegingsgedrag in het verkeer meer lijkt op het bekijken van 'plaatjes' of scènes dan op lezen. Er zijn verschillen tussen lezen en het bekijken van scènes voor wat betreft de kenmerken van de stimulus (prikkel). Zulke verschillen hebben implicaties voor de manier waarop kijkers de stimuli scannen. Het is ook zo dat de taken lezen, het bekijken van scènes en visueel zoeken behoorlijk van elkaar verschillen, zodat de generaliseerbaarheid van de ene naar de andere situatie moet worden betwijfeld (Rayner, 1984). Bovendien gebeuren zowel lezen als het kijken naar 'plaatjes' doorgaans met een kleine gezichtshoek, terwijl in het verkeer een gezichtshoek van bijna 360° relevant is. Het onderzoek met niet-tekstuele prikkels wijst erop dat het waarnemingsgebied voor visuele prikkels groter is dan voor tekst. Het is mogelijk dat verschillende soorten informatie uit verschillende gebieden worden verkregen en ook dat de informatie op een kwalitatief andere manier wordt verwerkt, maar er is weinig bekend over de aard van de informatie die beschikbaar is binnen het waarnemingsgebied voor niet-tekstueel materiaal.

(2) Een andere moeilijkheid is dat bij vrijwel alle registraties van oogbewegingen bij dit soort onderzoek naar lezen en kijken naar plaatjes alleen rekening is gehouden met het verkennen van statische beelden. Het is niet bekend welke vertekening dit teweegbrengt in de beoordeling van de rol van oogbewegingen bij de waarneming van de visuele omgeving. Het blijft een feit dat visuele waarneming in de praktijk voor een groot deel in een dynamische omgeving gebeurt en dat veel denkbeelden die zijn ontwikkeld uit de analyse van statische laboratoriumsituaties wellicht niet erg relevant zijn voor praktijksituaties (Viviani, 1990). Weggebruikers in het verkeer hebben natuurlijk te maken met dynamische omgevingen *zowel als met dynamische waarnemers*.

(3) Ten slotte zijn er zowel bij theoretisch als bij toegepast onderzoek problemen met de veronderstellingen die ten grondslag liggen aan de 'betekenis' van oogbewegingen. In dit rapport worden enkele van deze veronderstellingen geïnventariseerd. Een belangrijk deel van het rapport bestaat uit een bespreking van een aantal empirische studies op het gebied van verkeersgedrag waarin oogbewegingen zijn verzameld.

2. Veronderstellingen over de betekenis van oogbewegingen

Saccades zijn vrijwillige, snelle, ballistische oogbewegingen die het oog van het ene fixatiepunt naar het volgende brengen. De algemene erkenning van het verschijnsel dat saccades onder (vrijwillige) controle staan van de waarnemer is een stimulans geweest om deze te gebruiken als openlijke indicatoren van in andere opzichten verborgen cognitieve processen. Maar zoals Kowler (1990; p.47) al zegt: Gedachtenlezen op grond van saccades is een gevaarlijke bezigheid als wordt verondersteld dat de richting waarin iemand kijkt of de tijd dat iemand naar een bepaald punt kijkt, geheel en al een functie is van interessevoorkeur, onafhankelijk van de beperkingen die worden opgelegd door de saccadische 'programmeerapparatuur' zelf. Aan de andere kant zou het even problematisch zijn om te zoeken naar onveranderlijke verbanden tussen visuele stimuli en saccades in de veronderstelling dat prestatie geheel en al een functie is van de stimulusconfiguratie, zonder rekening te houden met de invloed van vrijwillige keuze, selectieve aandacht en verwachtingen. Wat kunnen we dus leren van oogbewegingsgegevens met betrekking tot de cognitieve en waarnemingsprocessen die een rol spelen bij het verkennen van de visuele omgeving? De veronderstelling dat mentale processen uitsluitend op basis van experimentele bevindingen over oogbewegingen inductief kunnen worden afgeleid, stelt ons voor een aantal serieuze moeilijkheden (Viviani, 1990).

Vaak wordt verondersteld dat de plaats van een oogfixatie verband houdt met de plaats waarop de 'aandacht' wordt gericht. Uitgaande van deze veronderstelling nemen sommige onderzoekers aan dat aandacht altijd is verstrengeld met fixatie; zij beschouwen de bewegingen van het oog als bewegingen van de aandacht. Het lijkt duidelijk dat beide manieren van richten op zijn minst met elkaar verband houden, maar een één-op-één verband kan worden betwijfeld. Er bestaat veel empirisch bewijs dat de plaats van aandacht en de plaats waarop het oog is gericht, niet noodzakelijkerwijze met elkaar samen hoeven te vallen (bijv. Posner, 1980). In feite blijkt dat visuele aandacht in bepaalde omstandigheden van 'precueing' (vooraf aangeven van bepaalde informatie) vrijwel overal in het gezichtsveld kan worden gericht, ongeacht de feitelijke 'kijk'richting (Viviani, 1990). Bovendien is er ook bewijs voorhanden dat de plaats waarop de aandacht gericht is - continu of abrupt - kan veranderen tijdens een oogfixatie. Van der Heijden (1992) voert aan dat de 'verborgen' of onderliggende aandacht in samenwerking met processen van een hogere orde bepaalt of en zo ja waarheen het oog moet bewegen. "De beginveronderstelling is niet dat het oog als 'spotlight' en aandacht als 'spotlight' elkaar aanvullen in de zin dat nu eens de een, dan weer de ander het werk verricht. De beginveronderstelling is dat het oog en zijn bewegingen en aandacht en haar 'bewegingen' verschillende functies hebben en dat ze elkaar aanvullen in de zin dat zowel openlijke oriëntatie als de meer 'verborgen' oriëntatie een rol spelen bij het werk; dat er geen sprake is van redundantie of herhaling, maar van reële samenwerking of medewerking" (p.122). In Van der Heijdens opvatting is een (saccadische) oogbeweging een van de vormen van respons waaraan temporele voorrang kan worden gegeven door middel van aandacht. Als aandacht die temporele ordening in overeenstemming met de kwaliteitseisen van het totale informatieverwerkingsstelsel tot stand kan brengen, is geen openlijke oogbeweging

nodig. Alleen als processen die verantwoordelijk zijn voor de uitvoering van een of andere taak 'klagen' over de kwaliteit of ruimtelijke structuur van de visuele informatie waarmee ze moeten werken ('kan het niet lezen'), is een oogbeweging nodig (zie ook Van der Heijden & Hagenzieker, 1992).

Selectieve aandacht kan worden verplaatst zonder saccades, maar het omgekeerde - de vraag of voor saccades overeenkomstige aandachtsverschuivingen nodig zijn - is minder duidelijk. Klein (1980) concludeerde wel dat saccades mogelijk waren zonder aandachtsverschuivingen, maar zijn interpretatie van de resultaten kan worden betwist (Kowler, 1990, p.59). Een daarmee verband houdende veronderstelling is dat aandachtsmechanismen de voorbereiding en uitvoering van een saccade regelen; men veronderstelt dan dat aandachtsverschuivingen programma's zijn voor oogbewegingen, in die zin dat aandacht voorafgaat aan de beweging van het oog naar de bedoelde plaats (Klein, 1980; Groner, 1988).

Een nauw daarmee samenhangende veronderstelling is dat oogbewegingen vaak worden beschouwd als indicatoren van cognitieve activiteit, waarbij de veronderstelling luidt dat waar het oog naar kijkt, getuigt van de interpretatie daarvan door het verstand (Gonzalez & Kolers, 1985). Dit impliceert dat de plaats van een fixatie getuigt van de semantische aspecten van de verwerking van het gefixeerde materiaal. Gonzalez en Kolers stellen dat de plaats van fixaties slechts de gebieden van de scène aangeeft waaraan de prikkeling wordt ontleend, terwijl de semantische of interpretatieve componenten *volgend* op die invoer worden uitgevoerd.

Er is heel wat gespeculeerd over de controlerende factoren van oogbewegingen bij complexe cognitieve taken zoals lezen, visueel zoeken en het waarnemen van beelden. Hoewel de voorgestelde modellen in diverse opzichten van elkaar verschillen, vormt het verband tussen plaatshebbende cognitieve activiteiten en de duur van fixaties en de lengte van saccades hun belangrijkste onderscheidende kenmerk. Het ene uiterste wordt gevormd door 'globale controlemodellen', waarbij de gegevens van oogbewegingen vrijwel geen verband zouden houden met cognitieve processen. Er lijkt niet veel steun te bestaan voor deze opvatting. Bij een tweede categorie modellen, de 'indirecte controlemodellen', wordt verondersteld dat de oogbewegingen slechts indirect worden gecontroleerd door cognitieve processen, hetzij via een geheugenbuffer, hetzij via voorprogrammering van oogbewegingen. Bij de derde algemene modellencategorie, de 'directe controlemodellen', voert men aan dat de beslissing hoelang het oog op een punt gefixeerd moet blijven en waar het daarna naar toe moet, gecontroleerd wordt door informatie die wordt afgeleid uit het materiaal (tekst) dat bij de huidige fixatie wordt verwerkt (Rayner, 1984; Groner, 1988).

2.1. Cirkelredenering

Het vertrouwen in de mogelijkheid om hogere cognitieve processen, waaronder aandacht, via de analyse van oogbewegingen te onderzoeken, berust grotendeels op de gelijkstelling van de door de waarnemer verkregen informatie met de visuele stimulatie van het netvlies (Viviani, 1990). Naar men aanneemt verschaffen de opeenvolgende fixaties ons zowel de invoerprikkels als de openlijke respons van de cognitieve processen op die

prikkels. Uit het feit dat een gegeven punt van een beeld of scène is gefixeerd, kunnen we evenwel slechts afleiden dat bepaalde informatie *wellicht* is opgepikt. Het probleem bij de interpretatie van oogbewegingsgegevens is dus dat we de opbouw zouden moeten kennen van de onderliggende cognitieve processen die we juist willen ophelderen; we lijken gevangen te zitten in een cirkelredenering. Een voorbeeld van deze cirkelredenering treffen we aan in het voorgestelde verband tussen de verdeling (distribution) van fixaties en de verdeling van 'informativiteit' binnen een bepaalde afbeelding (zie bijv. Antes & Penland, 1981). Hoewel de term 'informativiteit' misschien de kleinste gemene deler is die men kan vinden voor de wijd uiteenlopende stimulusaspecten, is deze term uiterst vicieus in die zin dat het een woord is voor wat het zou moeten verklaren (Groner, 1988). Bovendien vormt meting van wat op de fovea valt slechts een deel van wat op het (geestes) oog terecht komt en kan bovendien de verkregen visuele informatie niet betrouwbaar worden gemeten (Viviani, 1990).

2.2. De 'scanpad'-veronderstelling

De eerste impuls voor de scanpadtheorie kwam voort uit het goed onderbouwde feit dat het oog van de waarnemer bij langdurige verkenning van een afbeelding herhaaldelijk terugkeert naar dezelfde elementen in het beeld (Yarbus, 1967). Dit gegeven werd door Noton en Stark (1971) aangegrepen en gebruikt voor de zogenaamde 'scanpadhypothese' ('scanpath-hypothesis'). Zij voerden aan dat confrontatie met een nieuwe stimulus aanleiding geeft tot een bepaalde opeenvolging van fixaties die men een scanpad noemt en die zich opnieuw voordoet wanneer dezelfde stimulus wordt herkend. De gescande informatie wordt opgeslagen als een reeks fovea-gegevens, die gekoppeld zijn door sporen van de oogbewegingen waardoor hun oorspronkelijke ruimtelijke positie zou worden hersteld. Dit geheugenschema noemde men een 'feature ring'. Geen enkele onderzoeker heeft later ooit zo'n duidelijk resultaat aangetoond als Noton en Stark. Groner (1988) vatte enkele van zijn eigen studies samen en concludeerde dat 'scanpaths' in zeer grote mate 'proefpersoon'afhankelijk zijn, waardoor ze niet erg bruikbaar zijn voor een algemene theorie.

2.3. De veronderstelling van opeenvolging

Oogbewegingen vertonen een strikt serieel gedrag. Als men dus een nauwe samenhang poneert tussen dit openlijk te observeren gedrag en bepaalde identificeerbare cognitieve processen, dan komt dat neer op de vooronderstelling dat ten minste de belangrijkste aspecten van deze processen zich na elkaar in de tijd ontvouwen. Er is echter steeds meer bewijs voorhanden dat bij waarneming diverse parallelle processen tegelijkertijd werken (zie bijv. Rumelhart & McClelland, 1986). Hoe moeten die opeenvolgende oogbewegingen dan worden geïnterpreteerd? In plaats van met de totale gebeurtenis zouden ze met slechts één van de samenstellende processen verband kunnen houden, of ze zouden op time-sharingbasis verscheidene afzonderlijke processen tegelijkertijd kunnen dienen. In geen van beide gevallen zou men terecht kunnen beweren dat de experimenteel toegankelijke, meetbare, gegevens kunnen worden gebruikt om de onderliggende cognitieve processen te begrijpen (Viviani, 1990).

3. Oogbewegingen in onderzoek naar verkeersgedrag

Om een idee te krijgen van het soort onderzoek dat op dit gebied is uitgevoerd, zijn 17 empirische studies op het gebied van verkeersgedrag geselecteerd waarin oogbewegingen waren verzameld (zie ook Hagenzieker, 1993). Uit verschillende bronnen zijn artikelen geselecteerd (bijv. congresverslagen, tijdschriftartikelen, onderzoeksrapporten). De meeste studies zijn van vrij recente datum. Er is geen poging gedaan om een representatieve steekproef te verkrijgen, aangezien deze bespreking het karakter heeft van een 'pilot'-studie. De nadruk werd speciaal gelegd op de impliciete of expliciete veronderstellingen die in deze oogbewegingsstudies voorkwamen. Verder werden gegevens verzameld over de onafhankelijke variabelen, andere afhankelijke variabelen dan oogbewegingen, de manier van registratie van oogbewegingen, het aantal proefpersonen en hun taak, de onderzoekomgeving (laboratorium, praktijksituatie) en het type conclusies (met betrekking tot de verzamelde oogbewegingsgegevens). Hierbij moet worden opgemerkt dat het bijhouden van dergelijke gegevens altijd een subjectieve component bevat; dit geldt met name wanneer de gezochte informatie niet expliciet in het betreffende rapport of artikel vermeld was.

3.1. Veronderstellingen

Veel veronderstellingen werden ofwel expliciet ofwel impliciet onder woorden gebracht; ze worden hieronder kort samengevat (zie ook Tabel 1). In totaal worden de veronderstellingen in de helft van de studies expliciet en in de andere helft alleen impliciet vermeld. Een veel voorkomende veronderstelling is dat de informatie waarnaar wordt gekeken, altijd verder zal worden verwerkt. Soms (bijv. Luoma, 1991) beschouwt men het als een probleem van de "oogbewegingsmethodologie dat eventuele verdere verwerking van de informatie ongeregistreerd blijft" (p.326); daarom werden naast oogbewegingen ook andere maatstaven door Luoma gehanteerd. Ook Theeuwes (1992) stelt expliciet dat juist vanwege het feit dat de precieze betekenis van (het registreren) van oogbewegingen niet bekend is, één van de doelstellingen van zijn onderzoek was om de relatie tussen oogbewegingsgegevens en reactietijden na te gaan. De 'informatieverwerkingsveronderstelling' gaat soms gepaard met de bijkomende veronderstelling dat hoe langer de oogfixatie duurt, hoe meer of grondiger de informatie wordt verwerkt (Miura, 1990; Wierda et al., 1990). Ook wordt regelmatig verondersteld dat informatie meestal moet worden gefixeerd om verder te kunnen worden verwerkt (bijv. Miltenburg & Kuiken, 1991), hoewel men vaak erkent dat ook perifeer zicht bij het rijden wordt gebruikt (bijv. Gallagher & Lerner, 1983). De nauw daarmee samenhangende veronderstelling van een koppeling tussen aandacht en oogbewegingen wordt expliciet uitgesproken in een aantal (6) studies. Doorgaans zijn de onderzoekers zich bewust van de problemen die deze veronderstelling met zich meebrengt (bijv. Noy, 1990); slechts eenmaal lijkt deze veronderstelling niet te worden betwijfeld (Erikson & Hörberg, 1980).

Een andere veronderstelling die vaak werd aangetroffen in de bekeken studies is dat oogbewegingen op de een of andere manier verband houden met wat men noemt de mentale belasting - in het Engels meestal aangeduid met de term 'workload' (bijv. Verwey, 1991; Miura, 1990) of

'arousal' (Unema & Rötting, 1990), die zou leiden tot meer en kortere fixaties 'op de weg' en minder op secundaire taken met een hogere, men- tale belasting; dit zou gepaard gaan met een lagere frequentie van knipperen (blinking) met de ogen (Hancock et al., 1990).

In een aantal gevallen was er sprake van weer andere veronderstellingen, zoals de veronderstelling dat bepaalde omstandigheden tot een 'adequater' oogbewegingsgedrag leiden dan andere. Bijvoorbeeld: volwassenen of ervaren bestuurders worden geacht 'betere' strategieën te hebben dan kinderen of onervaren bestuurders (bijv. Zwahlen, 1991; Wierda et al., 1990); oogbewegingsgedrag bij daglicht zou 'beter' of 'veiliger' zijn dan 's nachts (Mortimer & Jorgeson, 1974); en hoe dichter de ogen op de remlichten zijn gefixeerd, hoe sneller een achteropkomende bestuurder op die lichten zou reageren (Sivak et al., 1986).

3.2. Welke onafhankelijke variabelen zijn gebruikt?

In vier studies kwamen specifieke hypothesen voor over oogfixatie(pa- tronon) (Miltenburg & Kuiken, 1991; Miura, 1990; Unema & Rötting, 1990; Wierda et al., 1990). De overige studies waren, wat de rol van oog- bewegingen betreft, meer explorierend van aard. De uiteenlopende onder- zoekdoelstellingen - waarop we in het kader van deze pilotstudie niet nader ingaan - komen onder meer tot uiting in de keuze van de onafhan- kelijke variabelen. In de meeste gevallen (12 maal) werd de verkeersom- geving gevarieerd (ingewikkelde versus eenvoudige situaties, druk versus rustig, dag versus nacht, verschillende voorwerpen of borden, verschillen- de situering van relevante en irrelevante objecten enz.). Af en toe werden variaties aangebracht in de voertuigkenmerken, zoals de positie van de koplampen, remlichten of snelheidsmeters (Mortimer & Jorgeson, 1974; Sivak et al., 1986; Sprenger, 1993), of in de stuurbewegingen (Hancock et al., 1990; Unema & Rötting, 1990). In vier studies werden ervaren be- stuurders of volwassenen vergeleken met onervaren bestuurders of kinde- ren (Miltenburg & Kuiken, 1991; Verwey, 1991; Unema & Rötting, 1990; Wierda et al., 1990). In vijf studies werd afwisselend gebruikt gemaakt van een secundaire taak (Noy, 1990; Verwey, 1991; Hancock et al., 1990; Jordan & Johnson, 1993; Sprenger, 1993). In bijna alle studies werd het oogbewegingsgedrag van autobestuurders onderzocht; in één studie waren fietsers het onderwerp van onderzoek (Wierda et al., 1990). In één studie werden geen onafhankelijke variabelen gebruikt (Zwahlen, 1991) (zie ook Tabel 2 voor een overzicht).

3.3. Welke afhankelijke variabelen zijn gebruikt?

In de meeste studies werden twee afhankelijke variabelen (5 maal) of meer (6 maal) gebruikt (zie ook Tabel 3). Naast oogbewegings- en oog- fixatiegegevens werden reactiesnelheid (6 studies), hoofdbewegingen (3), snelheid of andere vormen van rijgedrag (5), mentale belasting (4) of andere variabelen gemeten. Slechts in een enkel geval werden andere maatstaven dan oogbeweging gebruikt, *vanwege* de problemen met de onderliggende veronderstellingen over de interpretatie van oogbewegings- gegevens (Gallagher & Lerner, 1983; Luoma, 1991; Noy, 1990; Theeu- wes, 1992). In vijf studies werden alleen oogbewegingsgegevens verza- meld (Miltenburg & Kuiken, 1991; Erikson & Hörberg, 1980; Mortimer & Jorgeson, 1974; Zwahlen, 1991; Sivak et al., 1986).

3.4. Aantal proefpersonen en hun taak

Het aantal proefpersonen varieerde van 1 (Rahimi et al., 1990) tot 75 (Luoma, 1991). Meestal werd gebruik gemaakt van tussen de 10 en 30 proefpersonen (zie ook Tabel 4). In één geval was niet duidelijk hoeveel proefpersonen werden gebruikt (Miura, 1990). In 12 studies bestond de taak van de proefpersonen uit daadwerkelijk autorijden in een echte verkeersomgeving, waarbij ze soms een bijkomende secundaire taak moest verrichten. In de andere studies moesten de proefpersonen een simulator besturen (Noy, 1990), doen alsof ze fietsten terwijl ze op de passagiersstoel van een bestelwagen zaten (Wierda et al., 1990), videobeelden bekijken (Miltenburg & Kuiken, 1991), of vragen beantwoorden tijdens het kijken naar statische diabeelden (Gallagher & Lerner, 1983) of video-opnamen (Theeuwes, 1992) (Zie ook Tabel 5 en 6).

3.5. Hoe zijn de oogbewegingen geregistreerd?

In de meeste studies (10) werden de oogfixaties geregistreerd met behulp van de corneareflexmethode (eventueel aangevuld met pupilreflex gegevens). In één geval was niet duidelijk hoe de oogbewegingen werden verzameld (Mortimer & Jorgeson, 1974). Doorgaans wordt de output van een televisiecamera die de cornea-afbeelding vastlegt, elektronisch gemixt met de output van een andere camera die de scène vastlegt waarnaar de proefpersoon aan het kijken is; de daaruit voortvloeiende weergave bevat een heldere vlek op het punt in het gezichtsveld dat de proefpersoon op een willekeurig moment fixeert (zie Carpenter, 1988). Aangezien deze methode tamelijk gevoelig is voor hoofdbewegingen, wordt de apparatuur doorgaans gemonteerd op een helm die met het hoofd van de proefpersoon meebeweegt.

In vijf studies (Verwey, 1991; Hancock et al., 1990; Rahimi et al., 1990; Jordan & Johnson, 1993; Sprenger, 1993) werden oogbewegingen verzameld door middel van het rechtstreeks bekijken van videobeelden. Door gewoon de ogen van een proefpersoon te observeren, kan men globale bewegingen waarnemen, bijvoorbeeld naar links, rechts, boven of beneden (kijkrichting).

In twee studies werd gebruik gemaakt van elektroöculografie (EOG) (Noy, 1990; Sprenger, 1993). Elektroden die in de buurt van de ogen zijn aangebracht, registreren potentialen die synchroon met de oogbewegingen veranderen. Aan deze methode is echter een aantal bezwaren verbonden. Het is bijvoorbeeld niet duidelijk wat de oorsprong is van de corneoretinale potentiaal. Bovendien veranderen de potentialen ook wanneer een oogbeweging wordt gepland maar niet wordt uitgevoerd (Carpenter, 1988) (zie ook Tabel 7).

3.6. Welk type conclusies werd getrokken?

In het algemeen werden sterke invloeden aangetroffen van de vorm van de weg en andere situationele kenmerken. Het gaat om zeer uiteenlopende verschillen in onderzochte kenmerken. Ter illustratie enkele voorbeelden. Mortimer & Johnson (1974) vonden een verschil in oogbewegingspatronen als dag- en nachtomstandigheden met elkaar worden vergeleken. Noy (1990) concludeert dat de 'bochtigheid' van de weg van invloed was op

oogbewegingsgegevens. Theeuwes (1992) vond onder meer een effect van plaatsverwachting, zowel op reactietijd- als oogbewegingsgegevens; door proefpersonen te zoeken worden ofwel op een verwachte ofwel op een onverwachte plaats in het beeld geplaatst. Verwey (1991) concludeert onder meer dat de intensiteit van het verkeer tijdens de proef van invloed was op het kijkgedrag.

Af en toe werden expliciet de grote individuele verschillen tussen proefpersonen in de conclusies vermeld (Gallagher & Lerner, 1983; Miltenburg & Kuiken, 1991; Sivak et al., 1986; Zwahlen, 1991). Ook trof men (geringere) invloeden aan van de mentale belasting - doorgaans samenvallend met de verkeersomgeving - (Gallagher & Lerner, 1983; Verwey, 1991), voertuigkenmerken (bijv. Mortimer & Jorgeson, 1974) of stuurbewegingen (Unema & Rötting, 1990; Hancock et al., 1990). Overigens vonden Sivak et al. (1986) juist geen invloed van voertuigkenmerken, in dit geval de plaats van remlichten, op oogbewegingen; deze waren steeds geconcentreerd op de achterraut van de voorliggende auto.

Een aantal keren werden verschillen in oogbewegingsgegevens tussen volwassen en kinderen (Wierda et al., 1990), of tussen ervaren en onervaren bestuurders geconstateerd (Unema & Rötting, 1990; Miltenburg en Kuiken, 1991; Verwey, 1991); opvallend hierbij was dat de gevonden verschillen tussen beide groepen bestuurders over het algemeen erg klein waren.

Bij twee studies (Luoma, 1991; Theeuwes, 1992) was één van de doelstellingen de relatie tussen verschillende afhankelijke maten te onderzoeken; uit beide onderzoeken blijkt dat oogbewegingen lijken te correleren met andere maten - respectievelijk herinneringsscores en reactietijden - maar dat deze maten niet zomaar 'uitwisselbaar' zijn. Theeuwes vond bijvoorbeeld dat irrelevante objecten (distractoren) vaak niet gefixeerd worden, terwijl deze wel een effect hadden op de reactietijden van de proefpersonen. Overigens vonden ook Gallagher en Lerner (1983) dat opvallende objecten lang niet altijd gefixeerd worden.

In één geval luidde de conclusie dat de oogbewegingsgegevens niet bruikbaar waren (Jordan & Johnson, 1993).

Tabel 8 geeft een overzicht van de typen conclusies van de verschillende onderzoeken met betrekking tot de verzamelde oogbewegingsgegevens.

De conclusies worden vaak (alleen) beschreven in termen van de frequentie en duur van oogfixaties en soms in termen van opeenvolgingen van fixaties. Maar hoe moeten deze bevindingen worden geïnterpreteerd? Moeten we ons tevreden stellen met 'resultaten die aansluiten bij het gezond verstand'? (Enkson & Hörberg, 1980).

4. Discussie

Zoals gezegd in de inleiding, zijn tal van veronderstellingen geuit over de betekenis van oogbewegingen en -fixaties, maar is het nog steeds niet duidelijk hoe (en of) deze een afspiegeling zijn van onderliggende processen, zoals aandacht. In deze pilotstudie werd aangenomen dat studies waarin expliciet rekening was gehouden met zulke veronderstellingen en waarin 'voorzorgsmaatregelen' waren genomen, bijvoorbeeld in de vorm van bijkomende afhankelijke variabelen, de meest bruikbare resultaten zouden opleveren. In het algemeen lijkt het inderdaad zo dat de verkregen resultaten moeilijk te interpreteren zijn wanneer geen specifieke hypothese is geformuleerd en oogbewegingen de enige afhankelijke variabele zijn. En conclusies in termen van de frequentie en duur van fixaties zijn moeilijk te interpreteren zonder veronderstellingen over de betekenis daarvan. De validiteit van onderliggende veronderstellingen over de betekenis van oogbewegingen kan dus worden betwist, maar wanneer ze uitdrukkelijk in aanmerking worden genomen dragen ze ook bij tot begrip van het proces dat wordt onderzocht. Daarom lijkt het aan te bevelen de onderzoekdoelstelling niet alleen te formuleren in termen van bijvoorbeeld oogfixatieverdelingen of andere kwantitatieve oogbewegingsparameters, maar ook in termen van inhoudsafhankelijke interpretaties. Naast veronderstellingen en onderzoekdoelstellingen lijken echter ook andere factoren een belangrijke rol te spelen.

Zoals ook uit meer fundamenteel onderzoek blijkt (zie bijv. Locher et al., 1993; Van der Heijden & Hagenzieker, 1992), lijkt ook hier een belangrijke factor de *taak* te zijn die de proefpersonen tijdens het experiment moesten verrichten. In veel gevallen had de proefpersoon tot taak 'een auto zo normaal mogelijk te besturen' zonder verdere opdracht. Dit lijkt tot sterke individuele verschillen te leiden die op hun beurt resulteren in niet-significante invloeden van experimentele omstandigheden. Door gebruik te maken van een specifiekere (bijkomende) taak, bijv. 'welk bord zag u?', (vgl. Luoma, 1991), 'moet u wel of niet stoppen op dit kruispunt?' (vgl. Wierda et al., 1990) of 'zoek het blauwe bord en geef aan of deze naar links of rechts verwijst' (vgl. Theeuwes, 1992) kan de onderzoeker van tevoren bepalen op welke plaatsen de 'relevante' oogfixaties moeten worden geanalyseerd. Deze specifieke taak heeft als extra voordeel dat ook *bijkomende afhankelijke variabelen* (percentage correct, reactiesnelheid) kunnen worden gemeten in combinatie met de oogbewegingen. Ook vanwege de sterke individuele verschillen in oogbewegingsgedrag is een aanzienlijk *aantal proefpersonen* nodig om significante invloeden van experimentele omstandigheden te kunnen vinden. Verder draagt het gebruik van *gecontroleerde onafhankelijke variabelen* bij aan de interpreteerbaarheid van de resultaten. Dit is niet altijd gemakkelijk te doen, aangezien bijna alle studies in praktijkomstandigheden werden uitgevoerd. Wanneer door verschillen in verkeerssituaties verschillen ontstaan in het patroon of de duur van oogbewegingen, kan men vaak niet zeggen welke verschillen aan dit effect hebben bijgedragen. Wanneer bijvoorbeeld de 'verkeersdrukte' werd gevarieerd (Miura, 1990), varieerden naast de verkeersdichtheid ook de vorm van de weg en de rijsnelheid mee.

In veel van de bekeken studies wordt aan een aantal maar niet aan al de 'voorwaarden' voldaan. De volgende voorbeelden maken dit duidelijk. Sivak et al. (1986) onderzochten de plaats van oogfixaties van bestuurders die een voor hen rijdende auto volgden. Zij formuleerden de expliciete veronderstelling dat het veiliger zou zijn wanneer fixaties zich dichterbij de buurt dan verder van de remlichten af bevonden, omdat de bestuurder dan sneller erop zou kunnen reageren. Zij maten wel de oogfixaties, maar niet de reactiesnelheid waarmee ze sterkere conclusies hadden kunnen trekken dan mogelijk was op basis van de oogfixatiegegevens alleen. Als tweede voorbeeld dient een studie door Miltenburg en Kuiken (1991), die de oogfixaties van ervaren en onervaren bestuurders onderzochten terwijl deze mensen een aantal gefilmde verkeerssituaties op een tv-scherm bekeken. Er was geen specifieke taak opgedragen en vanwege de grote individuele verschillen werden geen statistisch significante resultaten gevonden. Zwahlen (1991) verzamelde oogbewegingen van negen ervaren bestuurders die opdracht hadden gekregen om een aantal bochten te nemen zoals ze dat normaal zouden doen. Zwahlen maakte geen gebruik van onafhankelijke variabelen (hij wilde de waargenomen oogbewegingen vergelijken met formele regels over kijkgedrag). Zijn conclusie luidde dat 'er geen waarneembaar eenvoudig systematisch opeenvolgingspatroon van oogfixaties blijkt in en tussen de ritten van een en dezelfde bestuurder en evenmin tussen de ritten van verschillende bestuurders' (p.182).

De stand van zaken op het gebied van de theorie over visuele waarneming, en in het bijzonder over de betekenis van oogbewegingen, wordt weerspiegeld in de aard van de bekeken studies op verkeersveiligheidsgebied: de meeste waren explorierend van aard. Tegelijkertijd is sprake van een tendens om te streven naar 'ecologisch valide' onderzoek, waarin daadwerkelijk (auto)rijden in een echte verkeersomgeving wordt bestudeerd. Dit wordt waarschijnlijk gestimuleerd door de beschikbaarheid van geavanceerde apparatuur om oogbewegingen te registreren, hoewel de ecologische validiteit van het rondrijden met een helm op (die op zijn minst een deel van het perifere zicht beperkt) kan worden betwijfeld. De voorgestelde 'voorwaarden' betreffende de onderzoekopzet voor de bestudering van oogbewegingen in het verkeer, stellen wellicht (bijkomende) beperkingen aan de veel nagestreefde 'ecologische validiteit' van het onderzoek op dit terrein, maar ze leiden naar verwachting wel tot betere, gemakkelijker te interpreteren, theoretisch gegronde en toepasbare resultaten; vooral wanneer deze studies in het kader van verkeersveiligheidsonderzoek worden uitgevoerd in aansluiting op de huidige kennis over ongevallencijfers en rijgedrag.

Literatuur

- Antes, J.R. & Penland, J.G. (1981) *Picture context effects on eye movements*. In: D.F. Fisher, R.A. Monty & J.W. Senders (eds.). *Eye movements: Cognition and visual perception* (pp. 157-170). Erlbaum, Hillsdale, N.J.
- Cairney, P.T. & Catchpole, J.E. (1991). *Road user behaviours which contribute to accidents at urban arterial/local intersections*. Report ARR 197. Australian Road Research Board.
- Carpenter, R.H.S. (1988). *Movements of the eyes*. Pion, London (2nd revised edition).
- Erikson, B. & Hörberg, U. (1980). *Eye movements of drivers in urban traffic*. Uppsala Psychological Reports No. 283. University of Uppsala, Sweden: Department of Psychology.
- Gallagher, V.P. & Lerner, N. (1983). *A model of visual complexity of highway scenes*. (FHWA/RD-83/083). U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Washington
- Gonzalez, E.G. & Kolers, P.A. (1985). *On the interpretation of eye fixations*. In: R. Groner, G.W. McConkie, & C. Menz (eds.). *Eye movements and human information processing* (pp. 251-259). Elsevier, Amsterdam.
- Groner, R. (1988). *Eye movements, attention and visual information processing: Some experimental results and methodological considerations*. In: G. Lüer, U. Lass & J. Shallo-Hoffmann (eds.). *Eye movement research. Physiological and psychological aspects* (pp. 295-319). C.J. Hogrefe, Toronto.
- Hagenzieker, M.P. (1993). *Eye movements in traffic safety research*. In: A.G. Gale et al. (eds). *Visual Search 3*. Taylor & Francis, London.
- Hancock, P.A.; Wulf, G.; Thom, D. & Fassnacht, P. (1990). *Driver workload during differing driving maneuvers*. *Accident Analysis & Prevention* 22(3) : 281-290.
- Jordan, P.W. & Johnson, G.I. (1993). *Exploring mental workload via TLX: The case of operating a car stereo whilst driving*. In: A.G. Gale & et al. (eds). *Vision in vehicles IV* (pp. 255-262). North Holland, Amsterdam.
- Klein, R. (1980). *Does oculomotor readiness mediate cognitive control of visual attention?* In: R.S. Nickerson (ed.). *Attention and performance VIII* (pp. 259-276). Erlbaum, Hillsdale, N.J.
- Kowler, E. (1990). *The role of visual and cognitive processes in the control of eye movement*. In: E. Kowler (ed.). *Eye movements and their role in visual and cognitive processes* (pp. 1-70). Elsevier, Amsterdam.

- Locher, P. et al. (1993). *The effects of stimulus symmetry and task requirements on scanning patterns*. In: d'Ydewalle & Van Rensbergen (eds.). *Perception and cognition - Advances in eye movement research* (pp. 59-69). Elsevier, Amsterdam.
- Luoma, J. (1991). *Perception of highway traffic signs: Interactions of eye fixations, recalls and reactions*. In: A.G. Gale et al. (eds.). *Vision in vehicles III* (pp. 325-332). Elsevier, Amsterdam.
- Miltenburg, P.G.M. & Kuiken, M.J. (1991). *The effect of driving experience on visual search strategies*. In: M.J. Kuiken, & J.A. Groeger (eds.). *Report on feedback requirements and performance differences of drivers* (pp. 63-87). (DRIVE Project V1041 - Generic Intelligent Driver Support Systems). Traffic Research Centre, Groningen.
- Miura, T. (1990). *Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting*. In: R. Groner, G. d'Ydewalle, & R. Parham (eds.). *From eye to mind. Information acquisition in perception, search, and reading* (pp. 119-127). North-Holland, Amsterdam.
- Mortimer, R.G. & Jorgeson, C.M. (1974). *Eye fixations of drivers in night driving with three headlight beams*. (UM-HSRI-HF-74-17). Highway Safety Research Institute, Ann Arbor, Michigan.
- Noton, D. & Stark, L. (1971). *Eye movements and visual perception*. *Scientific American* **224**, pp. 34-43.
- Noy, I. (1990). *Attention and performance while driving with auxiliary in-vehicle displays*. (TP 10727 (E)). Transport Canada, Ottawa.
- Posner, M.I. (1980). *Orienting of attention*. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* **32**, pp. 3-25.
- Rahimi, M.; Briggs, R.P. & Thom, D.R. (1990). *A field evaluation of driver eye and head movement strategies toward environmental targets and distractors*. *Applied Ergonomics* **21**(4): 267-274.
- Rayner, K. (1984). *Visual selection in reading, picture perception, and visual search. A tutorial review*. In: H. Bouma & D. G. Bouwhuis (eds.). *Attention and Performance X. Control of language processes* (pp. 67-96). Lawrence Erlbaum, London.
- Rumelhart, D.E. & McClelland, J.L. (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Sivak, M.; Conn, L.S. & Olson, P.L. (1986). *Driver eye fixations and the optimal locations for automobile brake lights*. *Journal of Safety Research* **17**, pp. 13-22.
- Sprenger, A. (1993). *In-vehicle displays: Head-up display field tests*. In: A.G. Gale & et al. (eds.). *Vision in vehicles IV* (pp. 301-309). North Holland, Amsterdam.

Theeuwes, J. (1992). *Visual search at intersections: An eye-movement analysis*. IZF 1992 C-43. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Unema, P. & Rötting, M. (1990). *Differences in eye movements and mental workload between experienced and inexperienced motor-vehicle drivers*. In: D. Brogan (ed.). *Visual search* (pp. 193-202). Taylor & Francis, London.

Van der Heijden, A.H.C. (1992). *Selective attention in vision*. Routledge, London.

Van der Heijden, A.H.C. & Hagenzieker, M.P. (1992). *Visual search edited by David Brogan*. Bookreview. *American Journal of Psychology* 105, pp. 130-136.

Verwey, W.B. (1991). *Towards guidelines for in-car information management: Driver workload in specific driving situations*. IZF 1991 C-13. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

Viviani, P. (1990). *Eye movements in visual search: cognitive, perceptual and motor control aspects*. In: E. Kowler (ed.) (1990). *Eye movements and their role in visual and cognitive processes* (pp. 353-393). Elsevier, Amsterdam.

Wierda, M.; Schagen, I.N.L.G. van & Brookhuis, K.A. (1990). *Waarnemingsstrategieën van fietsers*. VK 90-13. Verkeerskundig Studiecentrum VSC, Rijksuniversiteit Groningen.

Yarbus, A.L. (1967). *Eye movements and vision*. Plenum Press, New York.

Zwahlen, H.T. (1991). *Eye scanning rules for drivers - How do they compare with actual observed eye scanning behavior*. In: *Proceedings of the Conference "Strategic highway research program and traffic safety on two continents"*. Rapport 372A, Part 2 (pp. 166-195). VTI, Linköping.

Tabellen 1 t/m 8

De gebruikte hoofdletters A t/m Q in de tabellen 1 t/m 8 verwijzen naar de volgende publicaties:

A	Erikson & Hörberg 1980
B	Gallagher & Lerner 1983
C	Hancock et al. 1990
D	Jordan & Johnson 1993
E	Luoma 1991
F	Miltenburg & Kuiken 1991
G	Miura 1990
H	Mortimer & Jorgeson 1974
I	Noy 1990
J	Rahimi et al. 1990
K	Sivak et al. 1986
L	Sprenger 1993
M	Theeuwes 1992
N	Unema & Rötting 1990
O	Verwey 1991
P	Wierda et al. 1990
Q	Zwahlen 1991

Tabel 1.

Aannamen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Totaal
Impliciet			x	x		x	x	x		x	x					x		8
Expliciet	x	x			x				x			x	x	x	x		x	9
Bekeken informatie wordt verwerkt					x	x		x		x	x					x		6
Hoe langer fixatie, hoe 'dieper' verwerking							x									x		2
Relatie tussen oogbewegingen en aandacht	x	x	x		x				x							x		6
Relatie tussen oogbewegingen en mentale belasting/arousal/stress/activatie			x	x			x					x		x	x	x		7
Bepaalde bestuurders c.q. omstandigheden 'betere' oogbewegingspatronen						x		x				x				x	x	5
Onduidelijke relatie tussen oogbewegingen en andere parameters					x								x					2

Tabel 2.

Onafhankelijke variabelen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Totaal
Verschillende verkeerssituaties/ verkeersomgeving	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x		x	x		12
Verschillende groepen proefpersonen (bv ervaren vs onervaren)						x								x	x	x		4
Verschillende voertuigkarakteristieken (koplampen; remlichten; snelheidsmeter)								x			x	x						3
Verschillende manoeuvres/stuurbewegingen			x											x				2
Secundaire taak (aan/ afwezig; moeilijkheid gevarieerd)			x	x					x			x		x	x			5
Geen																	x	1

Tabel 3.

Afhankelijke variabelen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Totaal
Oogbewegingen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	17
Hoofdbewegingen			x							x						x		3
Reactietijd en/of percentage correct			x	x			x		x				x			x		6
Mentale belasting (vragenlijst)			x	x					x					x				4
Snelheid (of ander rijgedrag)				x	x				x			x			x			5
Andere vragenlijsten		x														x		2
Herinnering					x													1
Hartslaggegevens												x						1

Tabel 4.

Aantal proefpersonen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Totaal
< 5							?	x		x								2/3
tussen 5 en 10	x								x		x							3
tussen 10 en 20			x	x		x							x				x	5
tussen 20 en 30		x										x		x	x	x		5
> 30					x													1

Tabel 5.

Taak van de proefpersoon	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Totaal
Daadwerkelijk rijden	x		x	x	x		x	x		x	x	x		x	x		x	12
Naar beeldscherm kijken		x				x			x				x					4
Rijden in simulator									x									1
'Doen alsof' een fiets bereden wordt																x		1
Secundaire taak			x	x			x		x			x			x			6
Vragen beantwoorden		x		x	x								x			x		5

Tabel 6.

Omgeving	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Totaal
'Echte' verkeersomgeving	x		x	x	x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	13
Statische beelden		x																1
Dynamische beelden/ computer graphics									x									1
Video						x							x					2

Tabel 7.

Hoe oogbewegingen geregistreerd	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Totaal
Cornea reflex (evt. in combinatie met pupilreflex)	x	x			x	x	x	?			x		x	x		x	x	10/11
EOG									x			x						2
Direct bekijken van videobeelden (kijkrichting)			x	x						x		x			x			5

Tabel 8.

Type conclusies m.b.t. oogbewegingen	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Totaal
Oogbewegingen gevoelig voor verschillen in verkeerssituatie/omstandigheden	x		x				x	x	x	x		x	x	x	x	x		11
Correlatie oogbewegingen en mentale belasting/stress/arousal/andere vragenlijst		x										x			x			3
Correlatie tussen oogbeweginggegevens en andere parameter (RT/recall)					x								x					2
Oogbewegingen gevoelig voor voertuigkenmerken								x			x*	x						3
(Klein) effect van ervaring bestuurders						x								x	x	x		4
Sterke individuele verschillen		x				x					x						x	4
Methode levert onbruikbare resultaten				x														1

* Juist niet gevoelig voor voertuigkenmerken: Oogfixaties geconcentreerd op achterrait van voorliggend voertuig, onafhankelijk van positie remlichten