

VERLICHTING EN MARKERING VAN MOTORVOERTUIGEN

Een state-of-the-art rapport

R-87-7

Dr. ir. D.A. Schreuder & J.E. Lindeijer

Leidschendam, 1987

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

SECRET

The following information was obtained from a review of the files of the [redacted] and [redacted] concerning the activities of [redacted] and [redacted] in the [redacted] area. It is noted that [redacted] and [redacted] were active in the [redacted] area during the period [redacted] to [redacted].

[redacted] was identified as a contact of [redacted] and [redacted] in the [redacted] area. It is noted that [redacted] and [redacted] were active in the [redacted] area during the period [redacted] to [redacted].

[redacted] was identified as a contact of [redacted] and [redacted] in the [redacted] area. It is noted that [redacted] and [redacted] were active in the [redacted] area during the period [redacted] to [redacted].

[redacted] was identified as a contact of [redacted] and [redacted] in the [redacted] area. It is noted that [redacted] and [redacted] were active in the [redacted] area during the period [redacted] to [redacted].

SECRET

SECRET

The following information was obtained from a review of the files of the [redacted] and [redacted] concerning the activities of [redacted] and [redacted] in the [redacted] area. It is noted that [redacted] and [redacted] were active in the [redacted] area during the period [redacted] to [redacted].

[redacted] was identified as a contact of [redacted] and [redacted] in the [redacted] area. It is noted that [redacted] and [redacted] were active in the [redacted] area during the period [redacted] to [redacted].

[redacted] was identified as a contact of [redacted] and [redacted] in the [redacted] area. It is noted that [redacted] and [redacted] were active in the [redacted] area during the period [redacted] to [redacted].

[redacted] was identified as a contact of [redacted] and [redacted] in the [redacted] area. It is noted that [redacted] and [redacted] were active in the [redacted] area during the period [redacted] to [redacted].

SAMENVATTING

Het rapport behandelt de verlichting en markering van motorvoertuigen aan de hand van het verkeersgedrag. Uitgangspunt is de basisverlichting. Voor de verlichting is de dimbundel van belang. Het dimlicht wordt systeem-technisch en functioneel beschouwd. Daarbij worden de Europese en de Amerikaanse bundelvormen behandeld. Aandacht wordt besteed aan de lichtkleur en de verblinding. Verbeteringen worden besproken, zoals o.m. het verbeterd stadslicht.

De signalering en markering van voertuigen wordt behandeld aan de hand van de functionele eisen van lichten: de kleur, de intensiteit, de afmetingen en locatie, en de aantallen en configuratie. Tenslotte wordt het gebruik van signaallichten overdag behandeld.

Het rapport bevat een uitgebreide literatuurlijst.

THE LIGHTING AND MARKING OF MOTOR VEHICLES

ABSTRACT

The report deals with the lighting and marking of motor vehicles considering the driver behaviour. First item is the basic lighting.

Low beam headlights are important for lighting. The European and American beam patterns are discussed. The colour of the light and glare are considered. So are improvements, like dim-dip.

The signalling and marking of vehicles is discussed on the basis of functional requirements for lights: the colour, the intensity, the dimension and location, and the number and pattern. Finally, signalling lights for daytime use are discussed.

The report includes an extensive list of references.

1941

1942

1943

1944

1945

1946

1947

1948

1949

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

1961

1962

1963

1964

1965

1966

1967

1968

1969

1970

1971

1972

1973

1974

1975

1976

1977

1978

1979

1980

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding

- 1.1. Algemeen
- 1.2. Verkeersgedrag
- 1.3. De basisverlichting
- 1.4. Markering
- 1.5. De opzet van het rapport

2. De verlichting van auto's

- 2.1. De dimbundel historisch beschouwd
- 2.2. Het dimlicht systeemtechnisch beschouwd
 - 2.2.1. De techniek van het Europese dimlicht
 - 2.2.2. De werking van het dimlicht
- 2.3. Het dimlicht functioneel beschouwd
 - 2.3.1. Verblinding
 - 2.3.2. De lichtkleur
 - 2.3.3. De zichtbaarheidsafstand
- 2.4. Mogelijke verbeteringen aan het dimlicht
 - 2.4.1. Inleiding
 - 2.4.2. Verbeterd stadslicht
 - 2.4.3. Andere verbeteringen betreffende het dimlicht
 - 2.4.4. Alternatieven
- 2.5. Conclusies betreffende dimlichten
- 2.6. Aanbevelingen voor nader onderzoek

3. De signalering en markering van auto's

- 3.1. Structurering van informatie
- 3.2. Functionele vereisten voor signaallichten
 - 3.2.1. De kleur
 - 3.2.2. De intensiteit (lichtsterkte)
 - 3.2.3. Afmetingen en locatie
 - 3.2.4. Aantal en configuratie
- 3.3. Signaallichten overdag
- 3.4. Stadslichten en dimlichten gecombineerd
- 3.5. Conclusies uit hoofdstuk 3
- 3.6. Aanbevelingen voor nader onderzoek

4. Slotwoord

Literatuur

Bijlage 1: Wanneer is openbare verlichting even duur als dimlicht.

Bijlage 2: Een geïntegreerd systeem voor autoverlichting.

VOORWOORD

In het SWOV-programma 1986 is een deelproject opgenomen over de verlichting van voertuigen. Reeds lang wordt er door de SWOV aandacht besteed aan dit deelgebied.

Dit aandachtsgebied komt naar voren zowel uit ongevallenstudies als uit overwegingen van beleid en van theoretische analyse. Het gaat hier om een vrij breed gebied, waarvan de onderdelen een duidelijke, maar toch betrekkelijk losse samenhang vertonen. Deze onderlinge samenhang is het gevolg van het feit dat allerlei voertuigen van verschillende categorieën tegelijk aan het verkeer deelnemen. Maar omdat, zowel voor de technische vormgeving als voor de beleidsmatige uitvoering van maatregelen die met dit onderwerp te maken hebben, een zeer uiteenlopende en diverse groep instanties, organisaties en industrieën is betrokken is die samenhang niet hecht.

Er kan een aantal deelonderwerpen worden onderscheiden:

- algemene aspecten en kenmerken van signalering
- optische kenmerken van retroreflectoren
- atmosferische invloeden op signalering en visuele waarneming
- verlichting en signalering voor motorvoertuigen
- verlichting en signalering voor fietsen en bromfietsen
- verlichtingsaspecten bij de categorie-indeling van tweewielers
- signaleringen voor voetgangers
- verbeterd stadslicht voor auto's en de daarmee samenhangende aspecten van verblinding voor voetgangers.

Over al deze deelonderwerpen is reeds veel materiaal voorhanden, vaak in de vorm van rapporten. Er is echter behoefte aan een overzicht waarin al deze aspecten zijn opgesomd en in hun onderlinge relatie zijn behandeld. Een deel van het materiaal dienaangaande is verzameld in het kader van een eerdere consultaanvraag betreffende de relatie tussen openbare verlichting en verkeersveiligheid.

Dit overzichtsrapport is opgesteld door dr.ir. D.A. Schreuder van de Hoofdafdeling Strategisch Onderzoek en mevrouw J.E. Lindeijer van dezelfde hoofdafdeling.

1. INLEIDING

1.1. Algemeen

Dit rapport gaat over de verlichting en markering van voertuigen, meer in het bijzonder van motorvoertuigen.

De verlichting en de markering zijn functioneel van aard, dat wil zeggen dat ze een functie vervullen in het op adequate wijze hanteren van die voertuigen. Ook die voertuigen zijn weer functioneel op te vatten, namelijk als hulpmiddelen om bepaalde (sociale) doelen te bereiken. Dit complex van ideeën is elders beschreven en geanalyseerd (Schreuder, 1982b). Een van de resultaten van die analyse is dat men de volgende beschrijving kan gebruiken: de taak van de bestuurder is tweeledig. Ten eerste heeft de bestuurder tot taak om het voertuig ter bestemde plaatse te krijgen, en ten tweede heeft hij tot taak, in geval van het plotseling opdoemen van onverwachte belemmeringen of obstakels, botsingen te vermijden. Omdat deze tweeledigheid van de verkeerstaak zeer directe consequenties heeft voor het onderwerp van dit rapport, zullen we beginnen met een korte samenvatting van de hierboven bedoelde analyse.

Vooraf nog drie opmerkingen. Ten eerste gaat het hier om een beschrijvingswijze, een model zoals omschreven door Schreuder (1982a). Ten tweede spreken we korthedshalve daarbij steeds van auto's en autobestuurders; hetgeen wordt gesteld geldt echter (uiteraard mutatis mutandis) evenzeer voor andere vervoermiddelen en zelfs voor voetgangers. Ten derde gaat het, onder voorbijgaan aan "hogere" en "lagere" niveaus, om het gedrag van de voertuigbestuurdercombinatie, dat zich alleen maar kan uiten in voertuigbewegingen.

1.2. Verkeersgedrag

Verkeersdeelnemers bewegen zich over de weg. De van buiten deze deelnemers waarneembare aspecten van dit bewegen wordt gedrag (verkeersgedrag) genoemd. Gedrag kan worden beschouwd als het uitvoeren van een opgave, een taak. Over de taak in het verkeer is vooral recentelijk veel onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek heeft tot vele nieuwe inzichten geleid, maar een algemeen aanvaard "model" voor het gedrag van verkeersdeelnemers is nog niet beschikbaar. Voor de meer praktische problemen zoals ze in dit rapport worden beschreven, kan vaak gebruik worden gemaakt van minder algemene modellen. We zullen hier gebruik maken van een beschrijving van de verkeerstaak van autobestuurders die vooral voor het beschrijven van de taakaspecten zoals die bij het waarnemen

bij verlichting door autolantaarns bruikbaar blijkt te zijn. De beschrijving sluit in zekere zin aan bij de nieuwere inzichten van de taakaspecten van het verkeersgedrag, zonder in alle opzichten daarmee in overeenstemming te zijn.

Beschrijvingen en modellen kunnen "bruikbaar" zijn ook al is hun waarheidsgehalte niet precies bekend (Schreuder, 1984).

Het is hier niet de plaats om de moderne inzichten van het verkeersgedrag te bespreken. Een recent overzicht is gegeven in Kraay (ed.) (1987).

Landvoertuigen (daarbij inbegrepen voetgangers) hebben wat betreft hun beweging twee vrijheidsgraden: ze kunnen zich in twee dimensies verplaatsen. We noemen de voorwaartse richting x en de zijwaartse richting y . In beginsel kunnen dus de x en y en de afgeleiden (ook de hogere afgeleiden \dot{x} , \dot{y} , \ddot{x} , \ddot{y} enz.) iedere willekeurige waarde aannemen. De tijdfuncties van x , y en de afgeleiden bepalen gezamenlijk de baan van het voertuig; men kan dat wel het "gedrag" van het voertuig noemen.

Uiteraard kan de bestuurder van het voertuig heel ander gedrag vertonen. Een automobilist bedient de besturingsorganen van de auto, met als resultaat het genoemde "gedrag" van het voertuig.

In principe kunnen alle waarden van x , y en de afgeleiden voorkomen. In de praktijk bestaan echter beperkingen. Veel waarden van de afgeleiden van x en y zijn fysiek niet mogelijk. De weg zelf, het verkeer en de door de gekozen route opgelegde factoren maken in de praktijk eigenlijk alleen zeer beperkte keuze mogelijk. In feite komt het er in de praktijk op neer dat meestal alleen maar \dot{x} en \dot{y} (de snelheid en dwarspositie) worden gekozen en gehandhaafd - en ook dat nog binnen zeer nauwe grenzen. De snelheid en de dwarspositie worden gekozen aan de hand van de kenmerken van voertuig, weg en verkeer, rekening houdend met de uitkomst van de "hogere" beslissingen. In het rapport van Schreuder (1982a) is een gedetailleerde beschrijving gegeven van een model voor het verkeer dat gebaseerd is op een hiërarchie van beslissingsprocessen. Hier hebben we alleen te maken met de lagere niveaus, die worden samengevat in de term "manoeuvreniveau" (Asmussen, 1972, 1974; Schreuder, 1974a, 1978, 1984a; zie ook Blaauw, 1980; Griep, 1972, 1976). Zolang die omstandigheden gelijk blijven, blijven ook \dot{x} en \dot{y} gelijk. Deze twee worden aangepast wanneer de omstandigheden veranderen. Essentieel bij deze aanpassing is dat de bestuurder die die aanpassing verzorgt over voldoende informatie beschikt. We zullen dit gedragaspect, en het taakaspect die dat gedrag beschrijft, Type I noemen. In ons model is het taakaspect

Type I dus gekenmerkt als het kiezen en handhaven van snelheid en dwarspositie op basis van voldoende informatie over de omstandigheden. Het gaat hier om wat in de omgangstaal "sturen" wordt genoemd (Schreuder, 1984). Wat betreft y gaat het om de dwarspositie op de weg, of meer specifiek de positie van de auto in relatie tot wegmarkeringen enz. Wat betreft \dot{x} zijn er twee hoofdgroepen van situaties. Vooreerst kan op een overigens vrije weg de snelheid constant worden gehouden (en wel gelijk aan de gekozen waarde). Wanneer er echter voorliggers zijn, is het eerder de afstand tot die voorligger die als ingangsgrootheid fungeert. Deze wordt constant gehouden, weer gelijk aan de gekozen waarde. Het gaat hier dus om "pursuit-control". Voor een nadere bespreking hiervan verwijzen we naar de desbetreffende literatuur (zie bijvoorbeeld Blaauw, 1979, 1980; Veling, 1982; McRuer et al., 1977). Zolang er geen bijzondere dingen gebeuren, worden \dot{x} en y constant gehouden, of aangepast aan eventuele veranderingen in de omstandigheden. Het komt echter vaak voor dat er wel bijzondere dingen gebeuren: het bijzondere is dan daarin gelegen dat, wanneer de bestuurder geen actie onderneemt (dus bij ongewijzigde \dot{x} en y) er een conflict of zelfs een botsing zou plaatsvinden. Een ontwijkende actie van de kant van de bestuurder is dan nodig om dat conflict of die botsing te voorkomen. Gezien de aard van materiële voertuigen, en de daarmee samenhangende fysische noodzaak dat de tijdfuncties (en de afgeleiden) continu zijn, betekent dit dat \dot{x} en y moeten veranderen (dus \ddot{x} en \dot{y} en mogelijk hogere afgeleiden zijn dus ongelijk nul). Het kenmerkende is dat bij deze ontwijkende acties de informatie waarover de bestuurder beschikken kan onvoldoende is: de gebeurtenis is immers onverwacht.

We noemen het hierbij horende gedrag: Type II. Dit Type II-gedrag heeft zekere overeenkomsten met het bekende "coping behaviour" (coping with emergencies, etc.) (zie bijvoorbeeld Brown, 1979; Michon, 1979).

Het verschil tussen de taakaspecten I en II ligt dus in het feit dat het eerste te maken heeft met situaties en eventuele veranderingen daarin die verwacht zijn, het tweede die onverwacht zijn. De situaties kunnen derhalve leiden tot beoogd (Type I), resp. niet-beoogd (Type II) gedrag. Uiteraard zijn er in de praktijk allerlei mengvormen mogelijk, en is er een breed overgangsgebied tussen Type I en Type II.

Voor zover het bij het ontwijken gaat om een eenvoudige verandering in \dot{x} en y , heeft het veel gemeen met het hierboven besproken "sturen". Men kan dat type ontwijkgedrag dan ook als een speciaal geval van "sturen" beschouwen,

en het bij het sturniveau indelen. Een groot deel van de gedragingen die tot het ontwijken behoren, moeten tot de manoeuvres worden gerekend. Manoeuvres worden alleen uitgevoerd wanneer ze nodig zijn, wanneer er in de omgeving objecten opdoemen, die de betreffende manoeuvre nodig maken. Manoeuvres zijn dus steeds gekoppeld aan objecten in de omgeving.

Ook op het manoeuvre niveau speelt het verwachtingspatroon een belangrijke rol. Hier kunnen we weer twee gevallen onderscheiden:

1. Het opdoemen van het betreffende object ligt geheel in de lijn der verwachtingen; de weggebruiker is er op verdacht, en hij heeft alle tijd om zich op de bedoelde, noodzakelijk geworden, manoeuvre voor te bereiden, met name door te zorgen voor volledige (of tenminste toereikende) informatie. Dit resulteert in het taakaspect Type I (de stuurtaak).
2. Het opdoemen van het betreffende object is niet door de weggebruiker voorzien. Hij is er dus niet op verdacht. Hij moet een manoeuvre uitvoeren (en eerst kiezen!) die oorspronkelijk niet in de bedoeling lag, die dus ook niet overeenstemt met het optimale gedrag dat nodig is om het doel te bereiken - of tenminste het gedrag dat door de verkeersdeelnemer als zijnde het optimale is uitgekozen. De verkeersdeelnemer moet dan het hoofd bieden aan een onverwachte situatie. Voor zover het gaat om een eenvoudige aanpassing van \dot{x} en y , resulteert dit in de aanpassing van de stuurtaak (taakaspect Type II).

Deze gezichtspunten zijn door Schreuder (1982c) nader uitgewerkt. We volstaan hier met een aanvullende opmerking: die onverwachte situatie zal niet zelden een ernstig karakter hebben zodat het mislukken van de ontwijkmanoeuvre een ongeval, een botsing tot gevolg heeft. Men kan verkeersongevallen (en in het model alle botsingen) beschrijven als mislukte ontwijkmanoeuvres.

1.3. De basisverlichting

Het huidige verkeer op de openbare weg is alleen mogelijk wanneer de verkeersdeelnemers een bepaalde, minimale, hoeveelheid visuele informatie hebben over de omgeving. Zonder dergelijke visuele informatie is het wegverkeer onmogelijk.

Wanneer men het verkeer en de daarbij behorende voorzieningen bekijkt, kan men constateren dat de dagsituatie voorop heeft gestaan bij de beschouwing van het verkeersgebeuren in zijn totaliteit. Dit geldt niet alleen voor de beschouwingen over de infrastructuur, het wegverloop en de wegbelijning, maar ook voor de verkeersregeling en de verkeersopvoeding, de voertuiguit-

rusting, de bewegwijzering, de opleiding. enz. En eigenlijk is het nog sterker: kijkt men naar hetgeen als de norm voor de omstandigheden wordt gehanteerd dan blijkt dit zelfs beperkt te zijn tot de situaties met goed daglicht (dus geen nevel of mist) en goed weer (dus geen regen of sneeuw). Deze toestand geldt als normaal (in de zin van norm, ook al zou mogelijk kunnen blijken dat deze situatie niet de meest voorkomende is). Van deze norm, of standaardtoestand gaat men gewoonlijk uit; alle andere omstandigheden worden als "uitzonderingen" beschouwd.

Duisternis wordt dus beschouwd als een bijzondere toestand voor het wegverkeer. Aangezien het verkeersgedrag (tenminste voor zover het hier in deze studie wordt behandeld) afhankelijk is van het verkrijgen van visuele informatie, is een alternatieve verlichting noodzakelijk. De vormen van alternatieve verlichting worden samengevat onder de term "kunstlicht". Op deze manier beschouwd is kunstlicht dus een verkeersvoorziening.

Er zijn nu twee methoden mogelijk om verder te komen. De eerste is om na te gaan welke visuele informatie noodzakelijk is en op basis daarvan de eisen, te stellen aan het kunstlicht, af te leiden. Elders is op deze methode ingegaan (Schreuder, 1982d, 1982e). Daar er voor deze methode nog te veel gegevens ontbreken wordt in dit rapport er niet verder op ingegaan. De tweede methode gaat uit van een globale schatting, welke informatie gewenst wordt om nog van een "redelijke" deelname aan het verkeer te kunnen spreken. De rechtvaardiging van deze keuze ligt in de praktische aanpak die hier op kan worden gebaseerd. Het blijft echter van het grootste belang om te proberen de eerste methode - die principieel gesproken de enig juiste is - verder te ontwikkelen (Schreuder, 1982, 1982c).

De gedachte van een "redelijke" zichtbaarheid is gebaseerd op de volgende redenering: voor het deelnemen aan het verkeer zijn visuele factoren essentieel. Bij afwezigheid van licht is een goede verkeersafwikkeling niet mogelijk. Anderzijds mag men verwachten dat het verkeer optimaal kan verlopen bij zeer goede lichtomstandigheden (bijvoorbeeld vol daglicht). Het is te verwachten dat er een tussenvorm bestaat waarbij "redelijk" licht een "redelijke" verkeersafwikkeling mogelijk maakt. Uiteraard is "redelijk" daarmee niet nader omschreven. Ondanks dat zullen we het verlichtingstype dat hierbij hoort als een soort van nulniveau beschouwen. Redenerend vanuit dit nulniveau kan men dan bepalen wat noodzakelijk is. We zullen het verlichtingstype aanduiden met basisverlichting en deze basisverlichting als uitgangspunt nemen.

Deze basisverlichting behoeft niet optimaal te zijn. Aan de andere kant moet het mogelijk zijn om op een met de dagsituatie vergelijkbare wijze aan het verkeer deel te nemen - dus zonder speciale training, en zonder speciale voertuigen. Bij "redelijk" zullen we er echter wel op kunnen rekenen dat speciale oefening gewenst is en dat een speciale uitmonstering van de voertuigen noodzakelijk is.

Gedurende de laatste tientallen jaren heeft zich een geleidelijke ontwikkeling voorgedaan wat betreft de uitmonstering van de voertuigen, die (op basis van trial and error, praktijkervaring en opinie) hebben geleid tot een algemeen aanvaarde opvatting over wat de basisverlichting zou moeten zijn. We doelen hier op het dimlicht. Het is niet gebruikelijk het dimlicht als basisverlichting te beschouwen. Men beschouwt het dimlicht meestal als "kruisingslicht". Dat wil zeggen: het verlichtingssysteem dat door auto's wordt meegevoerd, wordt gezien als een waarborg voor een bepaalde zichtbaarheid tijdens de ontmoeting met andere auto's. Deze signaalfunctie is inderdaad een belangrijke functie van de verlichting, maar functioneel is het dimlicht duidelijk meer dan alleen een kruisingslicht. Het wordt wel eens omschreven als het beste compromis (tenminste dat momenteel op grote schaal beschikbaar is) tussen veel verlichten en weinig verblinden. Omdat het een compromis is, blijft de keuze tamelijk arbitrair. Het compromiskarakter houdt tevens in dat men mag verwachten dat er nog verbeteringen mogelijk zijn. Verderop zal daar een en ander over worden gezegd. Tenslotte: het compromiskarakter blijkt ook uit het feit dat met dimlicht niet de ideale (of optimale) situatie is bereikt. Ook op grond van een subjectieve beoordeling is er nog het een en ander op dimlichten aan te merken (Schreuder, 1974, 1975, 1975a, 1976).

Wanneer we denken aan de ontmoeting tussen auto's en andere verkeersdeelnemers (fietsers, voetgangers) of tussen andere verkeersdeelnemers onderling, komen ander aspecten van de verlichting aan de orde. Hierop komen we nog terug.

1.4. Markering

De genoemde taakaspecten (Type I en II) kunnen globaal worden beschreven als:

- op de weg blijven
- botsingen vermijden.

Om deze twee taken naar behoren te kunnen uitvoeren is visuele informatie nodig. Visuele informatie kan worden uitgedrukt in de waarneembaarheid van voorwerpen: om op de weg te blijven moet men kunnen zien waar de weg is en waar de grenzen ervan zich bevinden; ten einde botsingen te voorkomen moet men kunnen zien waar een obstakel zich bevindt, wat het is, enz. Voor dit laatste is een juiste codering van die visuele informatie van groot belang.

In een volgende paragraaf van dit rapport zullen we nader ingaan op de kenmerken van codering van informatie en op de mogelijkheden om gecodeerde informatie over te brengen. We zullen hier volstaan met een globaal overzicht van de begrippen signaleren en markeren.

Er zijn voorwerpen waarvan het noodzakelijk is dat de bestuurders van de wegvoertuigen ze zien - niet alleen kunnen zien, maar ook zullen zien. Men noemt zulke voorwerpen wel "relevante" objecten. Uiteraard zijn er vele irrelevante objecten, die beter onzichtbaar kunnen blijven om de kans op afleiding te verminderen. Relevante objecten maken één of andere manoeuvre van de kant van de weggebruiker noodzakelijk. Veel van die voorwerpen zijn waarneembaar alleen maar omdat ze er gewoon "zijn". Ze zijn dus zichtbaar en herkenbaar op basis van hun eigen kenmerken; daar is niet iets aan toegevoegd of veranderd. De waarneming van die voorwerpen geeft bovendien rechtstreeks aan wat er dan moet gebeuren, welke de in aanmerking komende manoeuvre is. Er wordt dus alleen gebruik gemaakt van informatie die het voorwerp al bezit: men noemt dit impliciete informatie. Echter, in vele gevallen is deze informatie niet voldoende. Men moet er nog iets aan toevoegen om er (min of meer) zeker van te kunnen zijn dat het betreffende voorwerp ook inderdaad tijdig en correct wordt waargenomen. Men voegt dan expliciete informatie toe.

Dit kan op twee manieren gebeuren: men brengt hulpmiddelen aan, waarmee de aanwezigheid van het voorwerp duidelijk naar voren komt, zonder dat er andere informatie wordt overgebracht. Het voorwerp wordt gemarkeerd: alleen de aanwezigheid van het voorwerp wordt aangegeven.

Men kan ook verdergaande informatie proberen over te brengen. Daartoe worden dan extra voorzieningen aan het voorwerp aangebracht, die op een heel speciale manier de informatie overbrengen. De informatie is dan gecodeerd. Men spreekt in dit laatste geval van signalering.

De informatie die er "zomaar" is, noemt men ongestructureerd; de informatie die wel de natuurlijke eigenschappen van het voorwerp aangeeft, maar opzettelijk is aangebracht, wordt gestructureerd genoemd. En de derde soort is dus de gecodeerde informatie. Zie ook Roszbach (1972, 1974); Schreuder (1973).

Voor de verlichting van voertuigen is dit onderscheid van essentieel belang; vandaar de aandacht die het heeft gekregen en verderop nog zal krijgen. Ter afsluiting van deze inleidende opmerkingen over signalering en markering de volgende voorbeelden:

1. Een auto overdag wordt gekenmerkt door zijn vorm, beweging, enz. Dit is ongestructureerde informatie. Ook de informatie die door reflecterende banden van fietsen wordt geleverd is ongestructureerd: er wordt niet iets toegevoegd aan wat al aanwezig was bij de fiets (de tweewieligheid namelijk). Spaakreflectoren geven verdere informatie: de ronddraaiing ervan geeft informatie over de beweging en wel van een zodanige soort die er gewoon (bijvoorbeeld overdag) niet is.
2. Knipperlichten die als richtingaanwijzer zijn gebruikt, leveren gecodeerde informatie op. Het is immers in het geheel niet vanzelfsprekend (in de letterlijke betekenis van het woord) dat een knipperend licht betekent: het voertuig waaraan dit licht bevestigd is, heeft het voornemen om links of rechts af te slaan. Knipperende lichten kunnen in het wegverkeer ook iets heel anders betekenen: open brug of gevaarlijke, maar ongeregelde, kruising. Het gebruik van gecodeerde informatie kan uiteraard leiden tot fouten (decodeerfouten). Het is interessant om op te merken dat om deze reden in de VS gedurende vele jaren het gebruik van knipperlichten als richtingaanwijzers expliciet verboden was. Richtingveranderingen mochten uitsluitend met handgebaren worden aangegeven. Pas na de Tweede Wereldoorlog werden richtingaanwijzers met elektrische verlichting toegelaten.

1.5. De opzet van het rapport

Dit rapport geeft een overzicht van de stand van zaken en van de beschikbare kennis op het gebied van verlichting en markering van voertuigen. Het terrein van onderzoek heeft in het verleden veel kennis opgeleverd, terwijl het juist de laatste paar jaren sterk in beweging is, zowel wat betreft de nieuwere inzichten in de cognitieve psychologie en de waarnemingsfysiologie, alsook wat betreft de nieuwere ontwikkelingen in de techniek van verlichten. Dit rapport is dus een momentopname, die in feite verouderd is op het moment van publiceren.

Wat betreft de technische ontwikkelingen is getracht de stand van zaken tot 1985 te actualiseren; veel van de nieuwere ontwikkelingen zijn terug te vinden in de suggesties voor nader onderzoek.

Wat betreft de psychologische en fysiologische ontwikkelingen betreft, is ervan afgezien om de nieuwste inzichten, die veelal pas in 1985 en 1986 ter beschikking zijn gekomen en die meestal nog niet voldoende zijn uitgewerkt om voor praktische problemen te worden toegepast, te verwerken. Met name geldt dit voor de inzichten aangaande de dynamische systeembenadering waarmee, op basis van gegeneraliseerde modellen, uiteenlopende onderwerpen binnen het terrein van het verkeersveiligheidsonderzoek kunnen worden geïntegreerd.

Voor de opzet van het rapport heeft dit alles tot gevolg dat de beschrijving van de verlichting van voertuigen een anecdotisch karakter heeft. Alle deelonderwerpen komen aan de orde, maar de onderlinge samenhang komt niet in alle opzichten uit de verf.

2. DE VERLICHTING VAN AUTO'S

2.1. De dimbundel historisch beschouwd

In de begintijd van de motorisering werd er niet veel bij nacht gereden. En wanneer dat gebeurde voerden de auto's eenvoudige olielampen of kaarsen met zich. Toen de massamotorisering langzaam op gang kwam, bleek dit niet meer voldoende te zijn. Na een lange tijd waarin men met acyteleenlampen volstond, werd de elektrische autoverlichting ingevoerd. De auto's werden voorzien van schijnwerpers, die dienden om de weg vooruit te verlichten. Wanneer men echter een andere auto tegenkwam, was de verblinding die dan ontstond, niet meer te accepteren. Derhalve werden allerlei constructies bedacht om die verblinding te verminderen. Meestal zocht men het, in die beginjaren, in een of andere mechanische inrichting waarmee de lichtbundel gekanteld kon worden ("dipping"). Maar dit alles bleek niet te voldoen.

In de dertiger jaren werd vervolgens een lamptype ingevoerd met twee spiralen. De ene spiraal leverde, te zamen met de reflector en de lens van de schijnwerper, een bundel op die gebruikt kon worden bij het normale rijden (de hoofdbundel). De tweede spiraal leverde, te zamen met dezelfde optische hulpmiddelen, een bundel die alleen gebruikt diende te worden wanneer een tegenligger ontmoet werd (de dimbundel). Men vindt nog iets terug van deze gebruiksgebieden in de termen van hoofdbundel en dimbundel die in verschillende landen in zwang zijn (of waren). Zo wordt bijvoorbeeld de hoofdbundel aangeduid met: country beam of feux route. De dimbundel wordt aangeduid met: passing beam, feux de croisement.

Historische overzichten zijn gegeven door Devaux (1970), Monnier & Mouton (1939), Preston (1969) en Schreuder (1975a).

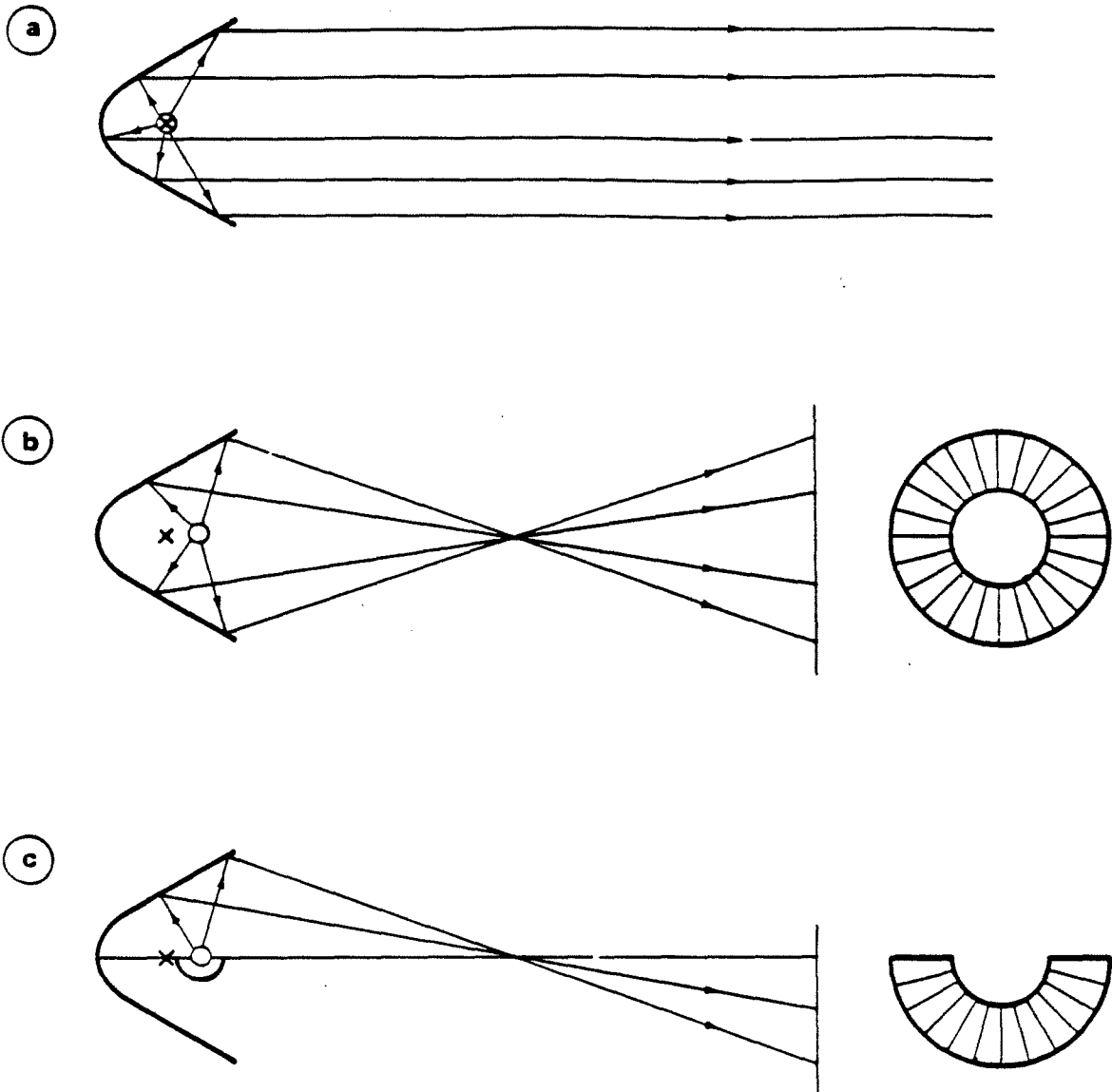
Naarmate het nachtelijke verkeer drukker werd, kwamen uiteraard ontmoetingen tussen auto's onderling en ook tussen auto's en andere weggebruikers steeds vaker voor. Langzamerhand ging in de meeste, dichtbevolkte industriestaten de situatie overheersen dat de dimbundel het normale was om mee te rijden. De hoofdbundel kreeg meer de functie van een signaallicht, dat slechts zo nu en dan werd gebruikt. Men moet echter niet vergeten dat er ook in diezelfde dichtbevolkte landen veel wegen zijn met weinig verkeer, waarbij de hoofdbundel nog wel terdege als het voornaamste licht blijft gehandhaafd om mee te rijden.

Een ideaal dimlicht heeft (zo zegt men vaak) de volgende kenmerken: een grote lichtsterkte vlak onder de horizon, zodat de weg met alles erop tot op

grote afstand voor de auto goed wordt verlicht, en een lage lichtsterkte vlak boven de horizon, zodat tegenliggers niet worden verblind. Het ontwerp en de constructie van dimlichten is gericht op een zo goed mogelijk vervullen van dit compromis: veel verlichten en weinig verblinden (zie bijvoorbeeld Anon, 1975a; Schmidt-Clausen & Bindels, 1974 en Schreuder, 1966, 1976). In verband met de recente ontwikkelingen komen we nog terug op deze karakterisering. Nu zijn separaat aangebrachte dimlichten niet toegestaan. De dimbundel moet steeds gevormd worden door één van de twee spiralen in een lamp/lantaarncombinatie, waarbij de andere spiraal de hoofdbundel vormt (of tenminste een deel ervan). Hierdoor ontstaat de noodzaak van een tweede compromis: met één optisch systeem moet zowel een goede hoofdbundel als een goede dimbundel kunnen worden gevoerd. Daarbij komt dat de dimbundel aan zeer gedetailleerde voorschriften moet voldoen. Een overzicht is gegeven in OECD (1971).

Er zijn twee verschillende scholen ontstaan. In Europa is de duplolaamp ontstaan, waarbij als eerste eis werd gesteld dat er een goede hoofdbundel gevormd kan worden. Dit werd bereikt door een spiraal (meestal dwars) te plaatsen in het brandpunt van een parabolische reflector. De lens van de schijnwerper werd zodanig uitgevoerd dat de gewenste bundelvorm (met name de gewenste breedtespreiding) ontstond (zie Afbeelding 1a). De dimspiraal werd, in de lengte, geplaatst vóór het brandpunt van de reflector, zodat de lichtuitstraling zo werd dat, bij projectie op een scherm loodrecht op de bundelas, een ringvormige lichtband ontstond (zie Afbeelding 1b). Door onder de spiraal een metalen kapje aan te brengen werd het licht dat boven de horizontaal zou terechtkomen, afgeschermd - immers, door de spiraal voor het brandpunt te plaatsen, kruisen alle door de reflector weerkaatste lichtstralen de optische as (zie Afbeelding 1c). De bundel wordt mede gevormd door de lens (zie ook De Boer, 1955).

Ongeveer in dezelfde tijd ontstond in de VS de sealed beam lamp. Het compromis was hier andersom: men verzocht allereerst een optimale dimbundel te creëren. Dit gebeurde door in het brandpunt van een parabolische reflector een spiraal dwars te plaatsen. De overgang van veel licht onder de horizon naar weinig licht erboven (de zogenaamde coupure) wordt gerealiseerd door de dimspiraal, door middel van de parabolische reflector te zamen met de lens, op de weg af te beelden. Deze afbeelding is wegens de structuur van de spiraal niet erg scherp, zodat ook de coupure niet zo scherp is. Zie Davey (1976) en Meese & Westlake (1971).



Afbeelding 1. Schematische aanduiding van de werking van hoofdlicht (a) en "E" dimlicht (b) en (c).

Bij de Europese dimbundel, zowel bij de symmetrische als bij de asymmetrische, wordt de coupure niet door de dimspiraal zelf gerealiseerd, maar door het kapje onder de dimspiraal op de weg af te beelden. Hierdoor is een scherpe coupure mogelijk met als gevolg een lage verblinding. Dit in tegenstelling tot de Amerikaanse dimbundel, waarbij een lage verblinding niet gecombineerd kan worden met een hoge verlichting. Het nadeel van het Europese systeem is echter dat de invloed van een foutieve instelling veel groter is dan bij het Amerikaanse systeem (zie Schreuder, 1976a).

Door een stelsel van prisma's op de lens van de schijnwerper bereikt men dat er een optimale dimbundel ontstaat. Deze optimale dimbundel wordt gekenmerkt door een duidelijke asymmetrie: naar rechts, ongeveer op de horizon, wordt een extra lichtconcentratie gericht, de zogenaamde "hot spot". Hierdoor wordt enerzijds een redelijk begrensde verblinding van de tegenliggers bereikt, die zich immers, gezien vanuit de koplampen, links boven de horizon bevinden, terwijl anderzijds naar de rechter wegrand een sterke lichtbundel is gericht. De tweede spiraal, die voor de hoofdbundel dient, staat voor en onder de dimspiraal, zodat de resulterende hoofdbundel min of meer recht vooruit is gericht, maar niet erg optimaal is. Nog in een ander opzicht is er een belangrijk verschil tussen de Europese en Amerikaanse constructie: de Europese constructie bestaat uit een lamp en een lantaarn die weer is samengesteld uit een (meestal metalen) reflector en een glazen lens, terwijl de Amerikaanse constructie bestaat uit één enkele eenheid, als het ware één enkele grote lamp, waarvan de achterzijde (van glas dus) als de parabolische reflector fungeert en de voorzijde als lens. Vandaar de term "all glass" en "sealed beam". Tenslotte is ook de instelprocedure anders: de Europese lantaarn wordt op de auto uitgericht aan de hand van de bundel (en dan met name de scherpe licht-donkergrens) die op een scherm wordt geprojecteerd. De Amerikaanse lamp wordt mechanisch uitgericht met behulp van op de lens aangebrachte nokken.

Na de Tweede Wereldoorlog werd de vraag actueel of één van deze twee systemen de voorkeur verdiende. Een aantal vergelijkende metingen zijn uitgevoerd in Nederland door NSVV onder auspiciën van de CIE (zie hiervoor Anon, 1955). Globaal kwamen de resultaten erop neer dat beide systemen ongeveer even goed voldoen, mits de elkaar ontmoetende voertuigen hetzelfde verlichtingssysteem voeren. Een andere conclusie, getrokken uit deze proefnemingen, betrof het volgende: het werd mogelijk geacht een combinatie van de twee systemen te ontwikkelen. Dit werd de zogenaamde asymmetrische Europese dimbundel (E-type

genoemd). Dit type werd gedurende enige tientallen jaren de standaardverlichting voor Europese auto's. In de VS echter, en ook Engeland en vrijwel geheel Azië, Afrika en Zuid-Amerika, bleef de sealed beam gehandhaafd.

De toepassing van halogeenlampen heeft de consequenties van een foutieve instelling nog verscherpt. Bij halogeenlampen kan men bij gelijkblijvend opgenomen vermogen en bij gelijke levensduur een grotere lichtstroom creëren doordat de spiraal op een hogere bedrijfstemperatuur kan gloeien - een hogere luminantie heeft. In theorie kan men daardoor de coupure scherper maken, maar dit levert echter geen extra zichtbaarheidsafstand op. Dit blijkt uit de berekeningen van De Boer & Schreuder (1969). Met andere woorden, de invloed van een foutieve instelling, bijvoorbeeld veroorzaakt door de belading van de auto, op de verblinding wordt groter. De toepassing van halogeenlampen voor dimbundels is dan ook geen verbetering - tenminste niet in duplo-lampuitvoering, zoals duidelijk is gebleken uit de metingen van Rumar (1973).

Vanuit de modelontwikkeling van auto's (styling), die zich o.a. richt op het verminderen van de luchtweerstand, wil men af van de grote, hoge, vrijwel platte lenzen die een vertikaal voorvlak hebben. Deze lenzen zijn daarvoor minder gunstig dan de rechthoekige lenzen die in de stroomlijn zijn opgenomen (Anon, 1984). Die moeten dus schuin worden geplaatst. Deze vorm van autolantaarns vindt men zowel met duplolampen als in sealed beam uitvoering. Het blijkt vrijwel niet mogelijk te zijn om met schuin geplaatste lenzen aan de in de voorschriften neergelegde eisen te voldoen; alom wordt dan ook geprobeerd de voorschriften te wijzigen! Het is een ontwikkeling die ongerustheid baart: de toch al moeizaam bereikte en verre van ideale overeenstemming die in de voorschriften is neergelegd wordt opgeofferd aan een technische ontwikkeling die de verlaging van de luchtweerstand en daarmee het brandstofgebruik van auto's hoort te dienen. Er zijn geen gegevens bekend omtrent de bijdrage tot de vermindering van de luchtweerstand die door een verandering in de vormgeving van autolantaarns bereikt kan worden. Verwacht mag worden dat, gezien de geringe invloed van de styling meer in het algemeen op de luchtweerstand, men zich daar niet te veel van moet voorstellen. Kwalitatieve gegevens over dat laatste zijn te vinden in Anon (1984a).

Een tweede ontwikkeling, met name in de VS en Japan, is daarmee verbonden. De rechthoekige, schuinstaande autolantaarns kunnen moeilijk in de "sealed-beam-all-glass"-methode worden gefabriceerd. Er zijn nu voorstellen om daarvoor in de plaats metalen reflectors met kunststoflenzen te gebruiken. Ook

dit zal in de praktijk kunnen leiden tot hogere verblinding, door een grotere invloed van vervuiling, krassen en mogelijke vervorming ten gevolge van de verhitting van de lens door de lamp. Het laatste woord is hierover nog niet gesproken. We komen nog terug op deze twee moderne ontwikkelingen, meer in het bijzonder omdat de bijdrage tot de verkeersveiligheid op zijn minst twijfelachtig is.

De laatstgenoemde ontwikkeling hangt samen met de grotere toepassing van halogeenlampen voor autokoplampen. Zoals in par. 2.2.1. meer in detail wordt uiteengezet, kunnen halogeenlampen alleen van een kleine ballon worden voorzien, zodat de "sealed beam"-constructie niet mogelijk is. Ook dit leidt in de VS tot constructies die meer lijken op die uit Europa.

Al deze ontwikkelingen hebben ertoe geleid dat er opnieuw belangstelling is ontstaan voor een mogelijke geünificeerde dimbundel, die zowel aan de Amerikaanse als de Europese ideeën kan voldoen. Veel voortgang is er niet in dit opzicht. Niet alleen is er nog steeds een fundamenteel verschil van inzicht, met name betreffende de scherpte van de coupure, maar ook vormen de commerciële en industriële belangen een belemmering voor de voortgang (CIE, 1984).

2.2. Het dimlicht systeemtechnisch beschouwd

2.2.1. De techniek van het Europese dimlicht

Hiervoor hebben we al aangegeven dat de lichtbron van het Europese dimlicht een zogenaamde duplolaamp is. In de traditionele constructie bestaat dit uit: een glazen ballon waarbinnen de twee spiralen zijn aangebracht. De hoofdspiraal is meestal hoefijzervormig of rechthoekig (kanteelvormig), de dimspiraal zit daarvoor, en is aan de onderzijde afgedekt door het dimkapje. Bij de asymmetrische versie is dit kapje iets kleiner dan bij de symmetrische versie, zodat er licht kan worden uitgestraald naar richtingen boven de horizon, en wel naar rechts (voor rechts verkeer uiteraard). Omdat de lamp een los onderdeel is van de autoverlichting, moet niet alleen de lamp zelf aan grote nauwkeurigheidseisen voldoen, maar ook de lampvoet, zodat men zeker kan zijn dat iedere lamp-lantaarncombinatie aan de gestelde voorschriften voldoet. Dit blijkt in de praktijk echter niet het geval te zijn.

Ten eerste worden er in de praktijk grote fabrikagetoleranties geconstateerd (Zucknik, 1978; Zaccherini, 1970a). Verder blijkt dat de combinatie van op zichzelf redelijke elementen tot aanzienlijke afwijkingen ten opzichte van

de vereisten kan leiden (Zaccherini, 1970b). Ook blijkt dat er veel fouten worden gemaakt bij het aanbrengen van de lamp in de lantaarns (De Grijs, 1970). Deze fout kan bij normale duplolumpen gemakkelijk optreden, omdat de nokken op de rand van de lampvoet zeer klein zijn en niet "positief" passen in uitsparingen in de lantaarn. De lampvoet van halogeenlampen is met meer zorg ontworpen, zodat dergelijke fouten minder kunnen voorkomen. Yerrell (1971) rapporteert over de afwijkingen die ten gevolge van dit alles in de praktijk te verwachten zijn (zie ook Schreuder, 1976).

Bij de halogeenlampen is men na veel experimenten tot een analoge constructie gekomen. De halogeenlamp is in feite een gewone gloeilamp, waarin een wolfram spiraal door de doorgang van elektrische stroom tot gloeien wordt gebracht. De luminantie van de spiraal, en daarmee verband houdend de effectieve lichtuitstraling wordt hoger naarmate de temperatuur van de spiraal hoger wordt. De hoogst toelaatbare temperatuur wordt in laatste instantie bepaald door de smelttemperatuur van wolfram (dit ligt bij 3400 °C). Bij lagere temperaturen wordt echter de dampspanning van wolfram reeds zo hoog dat de spiraal te snel verdampt. Daardoor wordt enerzijds de spiraal alsmaar dunner, waardoor de elektrische weerstand toeneemt en de totale lichtopbrengst afneemt, en anderzijds wordt dit wolfram als een dunne zwarte (ondoorzichtige) laag op de binnenkant van de lampballon afgezet, hetgeen de lichtstroom van de lamp doet afnemen. Deze verdamping kan tot zekere hoogte worden tegengegaan door de ballon te vullen met een inert vulgas, dat een soort "tegendruk" oplevert. Dit is gebruikelijk bij de zogenaamde gasgevulde gloeilampen. Meer effectief echter is het toevoegen van een halogeen aan het vulgas. Als eerste heeft men daarvoor jodium gebruikt, zodat men nu nog wel spreekt van jodiumlampen. De werking berust op het feit dat bij zeer hoge temperaturen (> 2000 °C) wolfram en jodium apart bestaan, maar bij lagere temperatuur zich kunnen verbinden tot wolframjodide, hetwelk gasvormig is. Wanneer nu door verdamping wolfram op de ballon terecht komt, wordt dit met het jodium omgezet in het gasvormige wolframjodide. Dit komt in de lampvulling en het komt dus te zijner tijd in contact met de (hete) spiraal; daar ontleedt het wolframjodide weer in wolfram (dat op de spiraal achterblijft) en jodium dat weer als damp in de ballonvulling terecht komt. Dit is dus een cyclus (niet helemaal, want de kristalstructuur van het wolfram in de spiraal wordt wel veranderd door het proces). Het resultaat is tweeledig: de spiraal wordt niet dunner zodat de lamplevensduur veel langer is, en de ballon wordt niet zwart zodat de lichtstroom behouden blijft. Er moet nog een essentieel element worden toegevoegd: om de cyclus in stand

te kunnen houden moet de omzetting van wolfram en jodium naar wolframjodide vrij vlug gaan. Dit kan alleen maar vlug genoeg gaan bij een vrij hoge temperatuur (circa 500-1000 °C), en dit betekent dat de lampballon zo klein is dat hij door de spiraal (die de enige in aanmerking komende warmtebron is) tot die temperatuur wordt verwarmd, en dat het materiaal van de ballon bij die temperatuur nog voldoende mechanische sterkte heeft en voldoende chemische resistentie tegen de corrosieve inwerking van het jodium. Gewoon glas komt dan niet meer in aanmerking, en vrijwel steeds dient men over te gaan tot het gebruik van kwarts (vandaar de term kwarts-halogenelampen) of van speciaal "hard" glas. Er bestaat veel literatuur op dit gebied. Overzichtsartikelen met algemene informatie zijn Behrens (1972) en Fisher (1979). Voor technische details zij bijvoorbeeld verwezen naar Coaton (1977), De Bie & Ponsioen (1977) en de daar gegeven verdere literatuur.

Het zijn vooral de reductie van de ballonafmetingen en ballonmateriaal die belangrijke consequenties hebben voor de autoverlichting. Met het gangbare elektrische vermogen van een dimspiraal (circa 50 W) kan de gewenste ballon-temperatuur alleen bij een zeer kleine ballon worden bereikt - zo klein dat een dimkapje noch een hoofdspiraal er plaats in kunnen vinden. Overigens zouden die toch worden "opgegeten" door het jodium! Dit betekent dat de gangbare constructie niet mogelijk is, en ze dus buiten de lamp worden geplaatst waardoor het in de praktijk veel moeilijker is om een goede afbeelding op de weg te krijgen van de rand van het dimkapje. Dit resulteert weer in een slechte coupure, en dus meestal ook in veel verblinding. Voorts is het vrijwel niet te vermijden dat gedeelten van de ballon, die voor de bevestiging van de spiraal worden gebruikt, zodanige vorm gaan krijgen dat ze als lens fungeren en onbedoelde afbeeldingen van de spiraal creëren. Bovendien is kwarts optisch gesproken meestal minder zuiver dan glas; ook deze twee effecten leiden vaak tot een verhoging van de verblinding. Deze extra bijdrage tot de verblinding is daarom ongewenst omdat de dimspiraal bij een halogenelamp meestal helderder is dan die van een gewone duplolamp; dit was immers een van de voordelen van halogenelampen. De halogenelampen leveren dus een hogere graad van verblinding op dan de gewone duplolampen.

Al met al kan worden geconcludeerd dat de voordelen wat betreft de verkeersveiligheid van het invoeren van duplohalogenen twijfelachtig zijn. Dit blijkt ook duidelijk uit de reeds genoemde studies omtrent de zichtbaarheid (De Boer & Schreuder, 1969; Rumar 1973; zie ook Rumar, 1970).

Uiteraard wordt door de industrie gezocht naar mogelijkheden om verbeteringen hierin aan te brengen, zodat men wel de voordelen van halogeenlampen heeft zonder de nadelen. De grotere lichtopbrengst van halogeenlampen, een grotere lichtstroom bij hetzelfde elektrische vermogen, kan vooral goed worden gebruikt bij verstralers (als aanvulling op het gewone hoofdlicht) en bij breedstralers (als aanvulling op het gewone dimlicht). Zie hiervoor bijvoorbeeld Schreuder (1976).

2.2.2. De werking van het dimlicht

Zoals reeds is aangegeven, moet de bestuurder, om het doel van een tocht veilig te bereiken, de weg kunnen zien en volgen. Bij de technische voorzieningen zoals die nu en in de nabije toekomst gebruikelijk zijn, heeft de bestuurder hiervoor een grote hoeveelheid visuele informatie nodig. Overdag is over het algemeen de bedoelde informatie zonder buitensporige moeite te verkrijgen - hoewel ook daar nog duidelijk plaats is voor verbeteringen. In het nachtelijk duister is echter voor het verkrijgen van visuele informatie kunstmatige verlichting nodig. Men kan de kunstmatige verlichting indelen in twee groepen, te weten actieve verlichting - de verlichting die door de voorwerpen die moeten worden waargenomen zelf wordt gevoerd - en passieve verlichting waarbij de waar te nemen objecten door lampen van elders worden aangestraald. In de praktijk betekent dit markering van voorwerpen (signalisatie) en het aanstralen of verlichten van voorwerpen (illuminatie).

De signalisatie van voertuigen is in detail besproken door Roszbach (1972, 1972a, 1974) (zie ook Schreuder, 1972, 1973, 1976). Een speciaal geval - het van achteren naderen van een voorligger - is onderzocht door Janssen (1976). Ook Fisher & Hall (1976, 1979) hebben hier proeven naar gedaan. Deze proeven zijn echter niet erg realistisch; het ging steeds om een sterk geschematiseerde en dus sterk van de werkelijkheid afwijkende laboratoriumopstelling. De resultaten zijn dan ook niet in overeenstemming met datgene dat men op de weg onder realistische omstandigheden heeft waargenomen. Armour (1978, 1979) vond geen relatie tussen de prestatie, beschouwd als de mogelijkheid van de nadering van een voorligger te ontwaren, en het lichtniveau. Men moet daarbij wel bedenken dat, tenminste voor wegen met weinig verkeer, de visuele problemen meer lijken te liggen in het volgen van de weg dan in het ontwaren van medeweggebruikers (Walraven, 1980; Padmos, 1981, 1984).

Bij verlichting door middel van autolantaarns speelt - net als bij andere vormen van verkeersverlichting - het wegdek een belangrijke rol. Dit is in

detail bestudeerd in SCW (1974, 1984). Zie ook Burghout (1976, 1977, 1979); Schreuder (1983); CIE (1979, 1984a); Elmers & Rumar (1973); OECD (1984).

Voor het wegverkeer zijn zowel signalisatie als illuminatie essentieel. Signalisatie wordt gewoonlijk gerealiseerd door op het waar te nemen voorwerp een daartoe speciaal ontworpen verlichtingssysteem aan te brengen. Het doel van de signalisatie is tweeledig. Ten eerst dient de aanwezigheid van het betreffende voorwerp te worden gesignaliseerd. Dit stelt enige, maar niet zeer zware, eisen aan de lichtsterkte en plaats van de markeringslichten, maar geen eisen aan kleur, groepering, enz. Ten tweede dienen kenmerken van het betreffende voorwerp te worden gesignaleerd. Het hangt af van onder andere de verkeerssituatie welke kenmerken van het meeste belang zijn, maar gewoonlijk horen erbij: de aard, de positie en snelheid van het voorwerp; de veranderingen erin en vooral de te verwachten veranderingen; en de opvallendheid ten opzichte van de omgeving, vooral wat betreft mogelijkheden tot verwarring met andere voorwerpen.

Wanneer het betreffende voorwerp een voertuig is (en bij het signaleren van voorwerpen zal het in verreweg de meeste gevallen gaan om voertuigen van medeverkeersdeelnemers) moet speciaal worden gewezen op de noodzaak om de voorzijde en de achterzijde - naderen en verwijderen - zeer duidelijk van elkaar onderscheidbaar te maken.

Het zal duidelijk zijn dat voor het signaleren van al deze kenmerken een duidelijke, ondubbelzinnige, en gedetailleerde codering nodig is. Deze wordt reeds in de praktijk gebracht door verschillend gekleurde lichten aan de voor- en achterzijde, door remlichten die in plaats, kleur en helderheid afwijken van achterlichten, door richtingaanwijzers, enz. (Roszbach, 1971; zie ook Olson et al., 1975; Mortimer et al., Kinnaer et al., 1973; Schmidt-Clausen, 1977, 1977a).

Hierbij is vooral van belang dat bij een grote lichtsterkte van de markeringslichten, ten gevolge van de daardoor optredende verblinding, de gesignaleerde werking verminderd kan worden of zelfs onmogelijk gemaakt (Schreuder, 1976). Dit punt is vooral in de belangstelling komen te staan bij de discussies over "dim-dip"-verlichting en over de toepassing van gepolariseerd licht van autolantaarns. We komen verderop terug op deze onderwerpen.

Voor de verlichting van voorwerpen, de illuminatie, komen in de praktijk twee systemen in aanmerking: te weten de openbare verlichting en de verlichting middels autokoplantaarns. Het beginsel daarbij is dat een verschil in luminantie tussen het betreffende voorwerp en zijn directe achtergrond worden opgewekt. De luminantie hangt af van de verlichting en de reflectie van het voorwerp. Aangezien allerlei voorwerpen met zeer uiteenlopende reflectie-eigenschappen op of bij de weg kunnen voorkomen, is een algemene regel niet te geven. Wanneer men zich echter beperkt tot voetgangers, kunnen wat meer gegevens worden verschaft. Ten eerste zijn voetgangers, zeker 's nachts, gewoonlijk gekleed in donkere, diffuus reflecterende materialen. Gegevens hierover zijn te vinden bij Moon & Cetti (1938); Kundsén (1968), Smith (1938) en modernere in Hansen & Larsen (1979). Overigens zij hier opgemerkt dat in de literatuur ook wel onrealistisch hoge waarden worden opgegeven (Hentschel, 1967, 1967a).

Ten tweede is het gedeelte van de achtergrond van het wegdek dat tamelijk ver achter de voetganger ligt van belang. Ten derde blijkt dat wegdekken wanneer ze onder een strijkende hoek worden bekeken, een sterk spiegelende reflectie vertonen, ook in droge toestand (zie Schreuder, 1967, 1967a).

Wanneer men deze drie gegevens combineert, volgen daaruit de volgende karakteristieken van de twee verlichtingssystemen. Bij openbare verlichting, waar de verlichtingssterkte op verticale vlakken gewoonlijk niet zeer groot is, steken vrijwel alle voorwerpen als donkere silhouetten af tegen een relatief lichte achtergrond - ook bij openbare verlichting van een slechte kwaliteit. Omgekeerd steken bij autoverlichting vele objecten licht af tegen een donkere achtergrond. Daarbij is immers de verlichtingssterkte op verticale, naar de lichtbron - en dus naar de waarnemer - toegekeerde vlakken hoog, zodat ook bij geringe reflectie de luminantie aanzienlijk is, terwijl het veel verder verwijderde wegdekgedeelte dat de achtergrond vormt, nauwelijks wordt verlicht.

In principe is het natuurlijk mogelijk om het waarneembaar maken van voorwerpen uitsluitend door illuminatie te bereiken. Gezien de diversiteit van de te markeren objecten, en speciaal gezien de veelheid van mogelijke bewegingsveranderingen van voertuigen, is deze mogelijkheid in de praktijk niet bruikbaar.

Evenzeer is het in beginsel mogelijk om de aanwezigheid en aard van de relevante voorwerpen uitsluitend door signalisatie - dus zonder illuminatie - te bereiken. Echter, in de praktijk komt deze gedachte al evenmin in aanmer-

king, omdat daarvoor alle voorwerpen van een signalisatieverlichting of tenminste van retroreflecterende systemen moeten zijn voorzien.

De praktijk leert dus dat zowel signalisatie als illuminatie nodig zijn. Men kan die twee separeren, maar ook kan men zoeken naar een combinatie van illuminatie en signalisatie. Dit heeft men nagestreefd bij het traditionele dimlicht. Het zijn daarbij dezelfde autokoplantaarns die enerzijds de verlichting van de weg en de omgeving ten behoeve van de bestuurder van een bepaalde auto verzorgen (illuminatie) en anderzijds deze auto naar type, functie, enz. voor andere weggebruikers (inclusief voetgangers) moeten markeren (signalisatie).

Wanneer een auto alléén op een onverlichte weg rijdt, levert de verlichting van het voor de auto liggende weggedeelte nauwelijks enige problemen op. Door de moderne techniek van de verlichtingsmiddelen is het geen probleem een auto te voorzien van schijnwerpers die te zamen meer dan een half miljoen candela naar voren werpen. Een dergelijke lichtsterkte is voor rijsnelheden tot circa 150 km/uur nog voldoende (De Boer & Schreuder, 1969). Anders wordt het wanneer ander verkeer op de weg voorkomt voor wie een dergelijke lichtsterkte onacceptabel is, zoals voetgangers en fietsers (zie Thiry & Devaux, 1971).

De lichtsterkten naar richtingen boven de horizon moeten dan zeer drastisch worden teruggebracht, en daarmee is het onvermijdelijk dat ook de lichtsterkte onder de horizon afneemt, met als gevolg dat de afstand waarover de weg is te overzien kleiner wordt. Dit moet worden gecompenseerd door een aanzienlijke reductie van de rijsnelheid. Deze toch nog aanvaardbare situatie is niet meer aanwezig wanneer de tegenligger een andere auto is, die eveneens verlichting voert. Nu immers wordt aan het geheel een aanzienlijke verblinding toegevoegd. De toch al sterk verminderde zichtbaarheid wordt door deze verblinding nog verder teruggebracht. De zichtbaarheid van objecten wordt tot op zijn hoogst enkele tientallen meters teruggebracht, zodat alleen tamelijk lage snelheden nog acceptabel zijn. In de literatuur zijn zeer veel onderzoeken op dit gebied beschreven, bijvoorbeeld De Boer & Morass (1956), De Boer & Schreuder (1969), Johansson e.a. (1963), Johansson & Rumar (1968), De Boer & Schmidt-Clausen (1971) (zie ook Meese & Westlake, 1971, Schwab & Hemion, 1971; Rumar, 1970, 1972, 1972a, 1973a; Jehu, 1955; Roper & Howard, 1938).

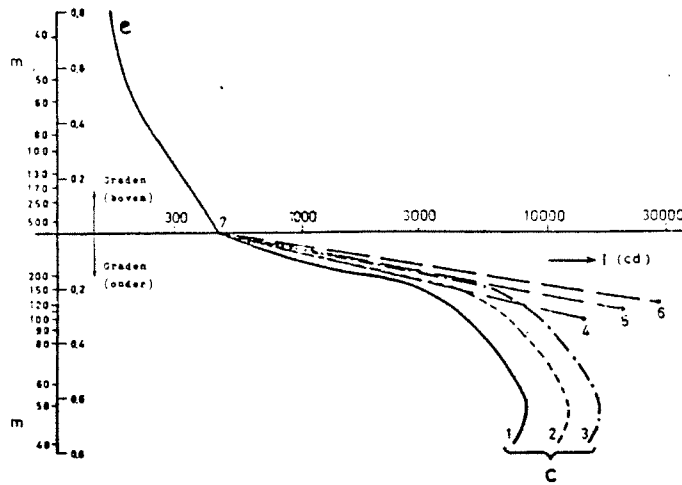
Men zoekt reeds lang naar een optimaal compromis tussen verlichting enerzijds en verblinding anderzijds. Zoals reeds is aangegeven tracht men in Europa dit compromis te bereiken door te streven naar een zeer scherpe cou-

pure, gekenmerkt door een zeer grote gradiënt in de lichtsterkte in de buurt van de horizontaal. Bij een scherpe coupure kan de verblinding van de tegenliggers gering zijn en tegelijk de wegverlichting hoog. Wanneer men zich echter realiseert over welke waarden van de hoeken dit gaat, is het duidelijk dat de technische mogelijkheden voor massaproductie beperkt zijn. Afbeelding 2 geeft de vergroting van de gradiënt aan uitgedrukt in de verhouding E_{50}/E_H . Deze grootheden zijn evenredig met de lichtsterkten naar een punt op 50 m voor de auto, respectievelijk naar de horizontaal. Hiertussen bestaat een hoek van slechts ca. 40 boogminuten. Ook is aangegeven welke verhoudingen men nodig zou hebben om tot verdere verbeteringen te komen.

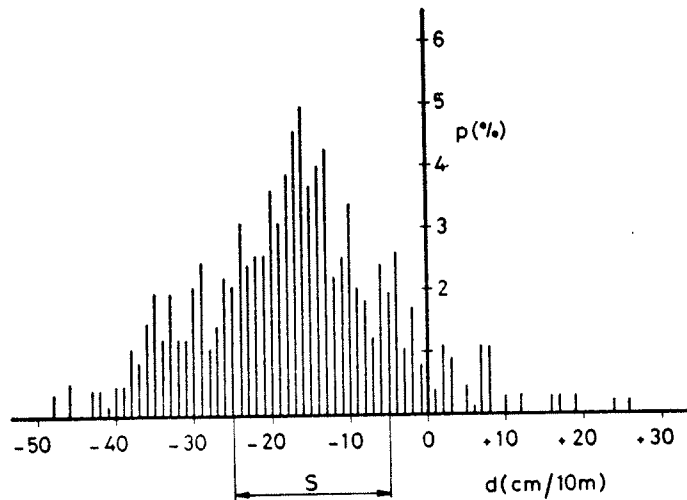
Bij bundellichten, zoals autokoplantaarns, moet men bij al deze overwegingen bovendien nog letten op de fouten die kunnen ontstaan ten gevolge van meting op te korte afstand. Zo geeft Moerman aan dat bij een toelaatbare fout van 5% over 0,2 graad - dit lijkt goed de coupure van een dimlicht te beschrijven - de meetafstand 600 maal zo groot moet zijn als de lensdiameter. Voor een normaal dimlicht van 20 cm komt dit overeen met 120 m. En dan te bedenken dat de gebruikelijke meetafstand 25 meter bedraagt (Moerman & Holmes, 1981; zie ook Moerman, 1975; Walsh, 1958; Bähler, 1961. Bovendien zijn er een aantal praktische beperkingen aan het in het verkeer toepassen van zeer scherpe coupures. Deze zijn: foutieve instelling op de auto, positieverandering ten gevolge van de ladingstoestand van de auto, vervuiling en speciaal regen. We komen hier nog op terug.

Een ander aspect van de coupure en de scherppte ervan is de waarneembaarheid van verkeerstekens en bewegwijzering. Daartoe is een bepaalde minimale lichtsterkte boven de horizon gewenst. Iets van de daarbij horende problematiek is beschreven in Schreuder (1984d), maar de problemen dienaangaande zijn nog niet opgelost.

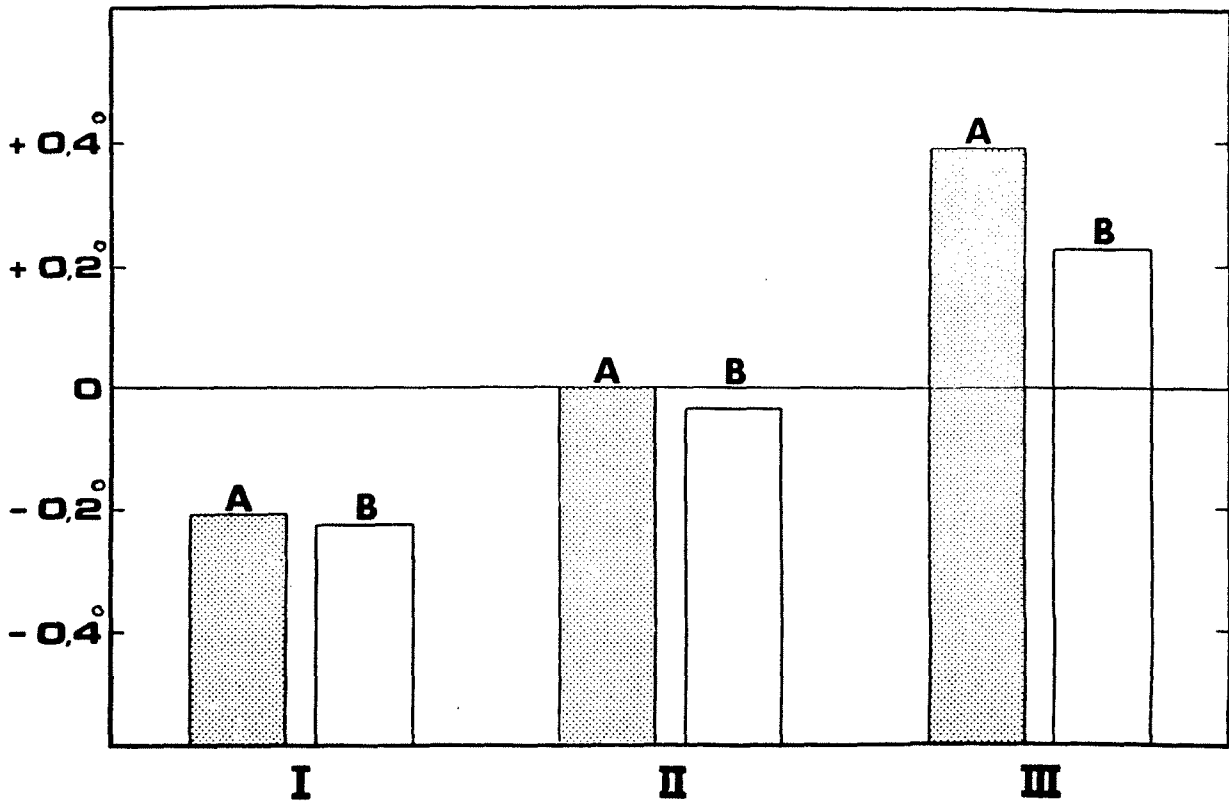
Het juist afstellen van autokoplantaarns is geen eenvoudige zaak, gezien de nauwkeurigheid waarmee dit dient plaats te vinden. Zelfs het al-dan-niet gevuld zijn van de benzinetank kan aanzienlijke invloed hebben. Een voorbeeld ontleend aan Walker (1972) is gegeven in Afbeelding 3. Opvallend is dat voor het betreffende voertuig de bestuurder en de passagiers betrekkelijk weinig invloed hebben. Zelfs bij vrijwillige keuringen, waarbij men mag verwachten allereerst diegenen aan te treffen die ernst maken met het onderhoud van hun auto, blijkt dat gewoonlijk 1/3 van de koplantaarns foutief staat afgesteld (SWOV, 1969). In Afbeelding 4 zijn gegevens van Lindae (1969) weergegeven.



Afbeelding 2. Hypothetische lichtsterkteverdeling van dimlichten. Boven de horizontaal langs het spoor van het oog van een tegenligger, onder de horizontaal langs de rechterberm. Boven de horizontaal (kromme e) is de maximaal toegelaten lichtsterkte gekozen ($E_H = 0,7$ lux (punt 7), $E_{50} = 0,3$ lux op 25 m). Kromme 1 geeft een normale dimlantaarn weer; bij de krommen 2 en 3 is de lichtsterkte 50%, resp. 100% hoger gekozen. De krommen 4, 5 en 6 corresponderen met zichtbaarheidsafstanden van 100 m, 110 m en 120. (Bron: De Boer & Schreuder, 1966).



Afbeelding 4. Frequentieverdeling die de installing van autolantaarns weergeeft. S: toegestaan bereik. (Bron: Lindea, 1969).



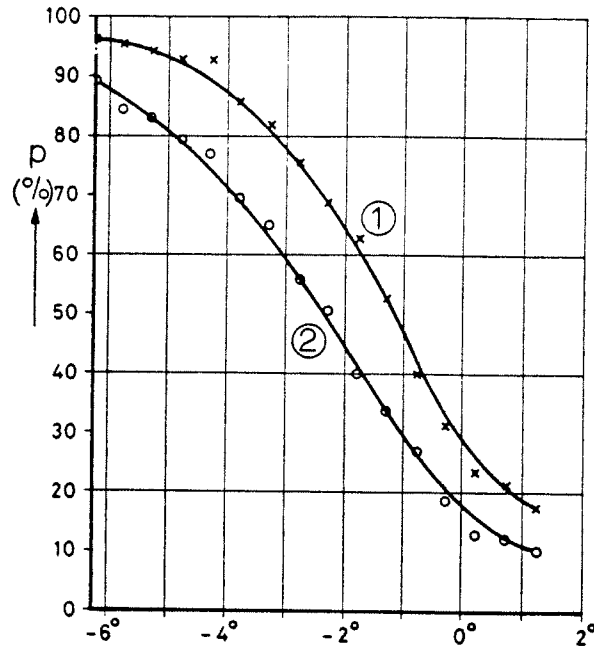
Afbeelding 3. Effect van lading op de richting van koplantaarns. Lantaarns uitgericht met tank half vol. Testauto Ford 1967, Custan 500. I = tank leeg; II = tank half vol; III tank vol; A. auto onbeladen; B. auto met bestuurder en passagier.

Bij een bijzonder breed "Sollbereich S", met een toegelaten variatie van 20 cm op 10 m afstand, blijkt nog bijna de helft van de voertuigen een verkeerde koplampafstelling te hebben. Uit de ANWB-verlichtingsacties komen vergelijkbare of nog ernstiger toestanden naar voren. Zo is in 1975 gebleken dat bij 94% van de auto's één of twee van de lantaarns moest worden bijgesteld (Anon, 1975a). In Afbeelding 5 zijn een aantal Britse gegevens (Glover, 1963) weergegeven. Ook hier blijkt dat er een zeer grote spreiding in de afstelling bestaat. Zolang de juistheid van de afstelling gecontroleerd moet worden door de ligging van de coupure op een scherm te bekijken, is een verbetering nauwelijks te verwachten. Overigens blijkt een mechanische instelling niet nauwkeuriger te zijn dan de optische, maar wel gemakkelijker (Hemion et al., 1972; zie ook Finch et al., 1969; Mortimer, 1976; Olson & Mortimer, 1974 en Terry, 1973).

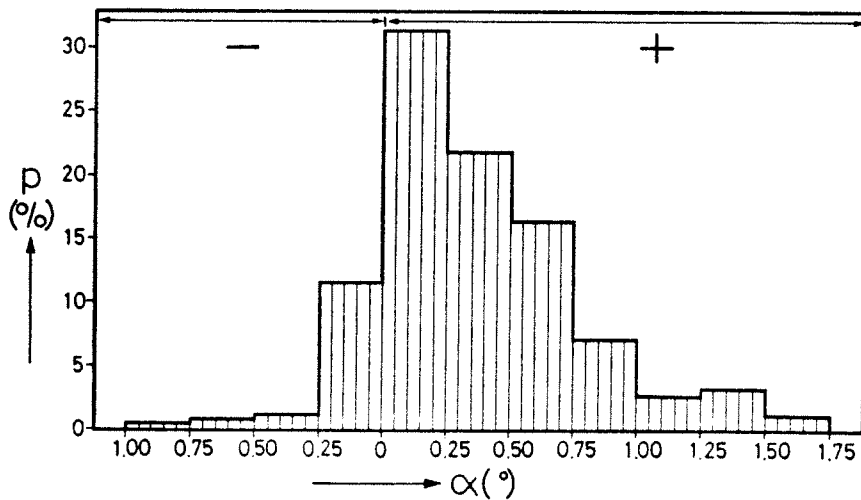
Een tweede belangrijke beperking van het nut van dimlichten voor wegverlichting is in de verandering van de positie van de bundel ten opzichte van de horizontaal, die optreedt ten gevolge van variaties in de belastingstoestand van de auto. Een onderzoek hiernaar is uitgevoerd in Engeland (Hignett, 1970). Hier blijkt dat bij ongeveer 1/3 van de voertuigen de koplampen meer dan een halve graad te hoog gericht waren; een waarde waarbij de verblinding reeds duidelijk toeneemt. De resultaten zijn weergegeven in Afbeelding 6 (zie ook Jones (1967) en Jones & MacMillan (1973)). In beginsel kan deze afwijking te niet worden gedaan door een hydraulisch compensatiesysteem. Devaux (1970) suggereert dat dit een eenvoudige zaak is; kwantitatieve gegevens over de te bereiken nauwkeurigheid zijn echter niet bekend. Zie ook Cibié (1966); Yerrell (1971a). Zie ook Zucknik (1972) die pleit voor een automatisch systeem.

Internationaal is de situatie erg onduidelijk, meer in het bijzonder wat betreft de regelgeving. Er is een richtlijn van de Europese Commissie (Brussel) die voorschrijft dat dergelijke automatische instelsystemen op alle nieuwe auto's aanwezig moeten zijn. Ofschoon EC-richtlijnen voor alle lidstaten dwingend zijn, wordt deze richtlijn niet of nauwelijks opgelegd.

Bij al deze beschouwingen over het uitrichten is er van uitgegaan dat het richten en de afwijkingen erin ondubbelzinnig te meten zijn. Ook dit blijkt lang niet het geval te zijn; Zaccherini (1970b) heeft geconstateerd dat van een groep van 32 uitrichtapparaten de gemiddelde verticale afwijking 0,08 graad naar beneden is met een standaard-deviatie van 0,17 graad. Dit bete-



Afbeelding 5. Cumulatieve frequentieverdeling van de verticale instelling van autolantaarns. 1: personenauto's, 2: vrachtauto's. (Naar gegevens van Glover, 1963).



Afbeelding 6. Positieverandering van personenauto's en lichte vrachtauto's ten gevolge van belading. (Bron: Hignett, 1970).

kent dus dat bij 1 op de 20 apparaten te verwachten is dat de normwaarde meer dan 0,4 graad te laag of bijna 0,3 graad te hoog is. Voor de horizontale instelling is iets analogs gevonden.

De door Walker (1972) gegeven conclusie dat het visueel uitrichten op een scherm het minst nauwkeurig is van alle systemen, en dat alleen mechanisch uitrichten in aanmerking komt voor onderhoud, hangt samen met de in de VS gebruikelijke bundelpatronen die minder scherpe coupures geven dan de gebruikelijke Europese patronen. De resultaten zijn dan ook niet zonder meer van toepassing op Europa. Wel blijkt dat ook een mechanische uitrichting nog aanzienlijke fouten op kan leveren (zie ook Hemion et al., 1972). De onnauwkeurigheid in verticale richting (door Walker als "excellent" aangeduid) kan nog 0,2 graad bedragen. Hierbij is verondersteld dat de lampen zelf geen onderlinge tolerantie vertonen. Zaccherini (1979a) heeft aangetoond dat ook deze aanname nauwelijks houdbaar is. Van de onderzochte partijen van in totaal 300 koplampen voldoen er slechts 13 aan alle eisen! In veel gevallen bleek de verblinding te hoog te zijn. De gemiddelde verblindingswaarde (EB50) van deze 300 koplampen bedroeg 0,301 lux op 25 m met een standaardafwijking van 0,038. De maximaal toegestane waarde is 0,3 lux op 25 m. De conclusie van Zaccherini uit deze metingen luidt: "the question arises whether such a bad compliance must be tolerated in order to account for the tolerances required by the headlight manufacturing process. If this is the case, it is obvious that the values specified in European Light Regulation 1 are unrealistic and must thus be revised in order to adapt them to the factual possibilities of today's production techniques".

De laatste stelling is aanvechtbaar; men zou zich kunnen voorstellen dat de fabrikagetechnieken worden aangepast aan de eisen gesteld door het verkeer. Simon & Mandel (1974) geven aan dat voor stadslichten en achterlichten de onnauwkeurigheden in de spreidingsfouten geringer zijn dan voor dimlichten. Zie ook De Brabander, 1969.

In Engeland zijn metingen uitgevoerd naar de invloed van regen (Cox, 1968). Regen zal, naar men kan verwachten, een toename opleveren van de verblinding ten gevolge van de verstrooiing van het licht aan de lens van de lantaarn, nog afgezien van de sterke toename van de verblinding die het gevolg is van de spiegelingen in natte wegdekken. Ook door Rumar (1973a) is een sterke toename geconstateerd. Uit de hierna te bespreken proefnemingen van Yerrell (1971) bleek eveneens dat bij regen de verblinding sterk toenam.

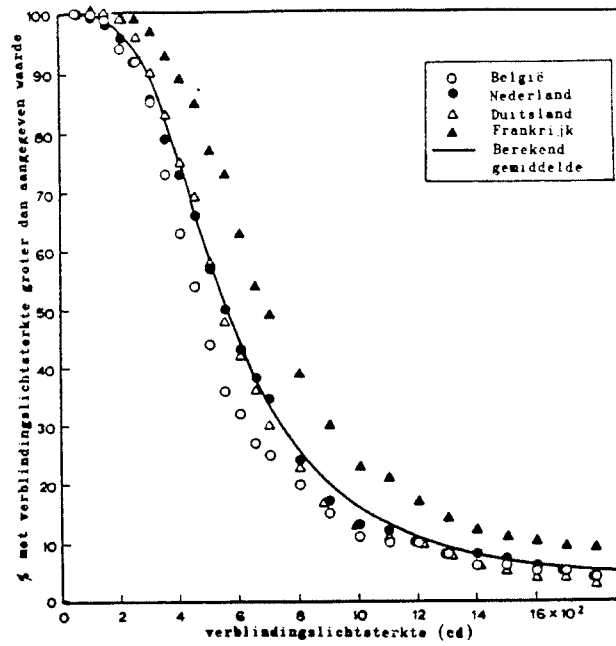
Dit alles betreft de invloeden van allerlei factoren op de verblinding, zoals ze uit stationnaire metingen naar voren komen. Voor de praktijk is echter van belang datgene wat men onder normale verkeersomstandigheden op de weg aantreft. Hiertoe zijn een aantal metingen die zijn uitgevoerd in het normale verkeer. Onder normale verkeersomstandigheden is de lichtsterkte gemeten die door de koplampen van passerende auto's in de richting van de ogen van tegenliggers wordt uitgestraald. Door Yerrell (1971) zijn metingen beschreven die in Engeland, België, Nederland, West-Duitsland en Frankrijk zijn uitgevoerd. Een aantal van de resultaten zijn weergegeven in Afbeelding 7. Hieruit blijkt dat in het normale verkeer (maar afgezien van de oneffenheden in de weg, die bewust buiten beschouwing zijn gebleven) ongeveer 80% van de auto's meer verblinden dan wettelijk is toegestaan; de wettelijke grens ligt voor de hier gekozen omstandigheden bij 375 cd voor twee lantaarns samen, zijnde tweemaal de zogenaamde EB50-waarde (0,3 lux op 25 m).

Uit een recent op analoge wijze uitgevoerd pilot-onderzoek is het volgende gebleken:

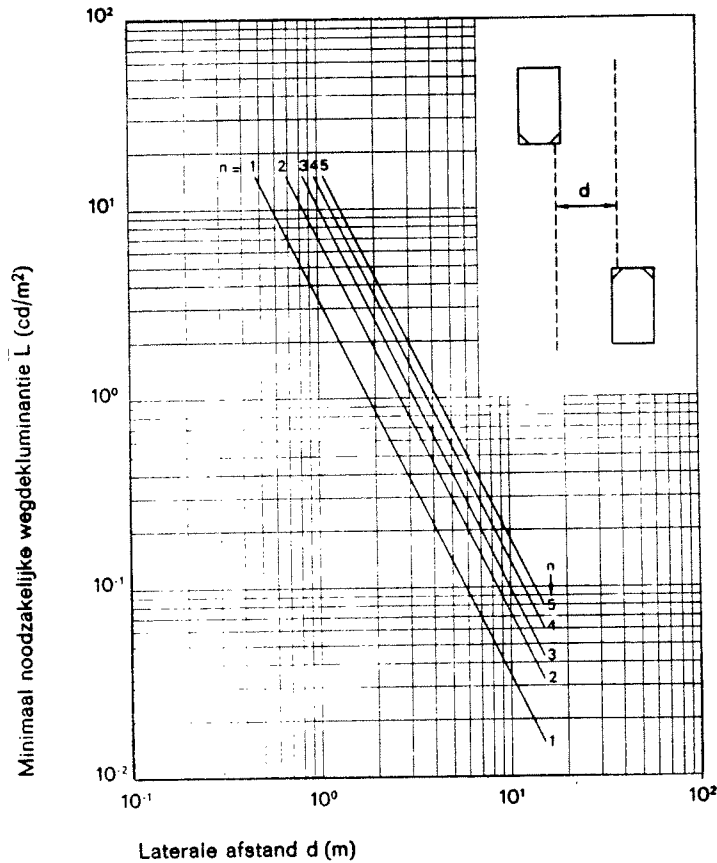
- Slechts 4% van de personenauto's voldoet aan de maximum norm voor de verblindingssterkte voor conventionele koplampen.
- Zelfs wanneer men rekening houdt met de norm voor halogeenlampen voldoet slechts 12% aan de maximum norm.
- Vergeleken met de resultaten van Yerrell (1971) blijkt de verblinding door koplampen met een factor 2 vergroot te zijn.
- Er zijn bovendien indicaties gevonden die de indruk wekken dat de verblinding eerder aan vervuiling en beschadiging van de koplampen te wijten is, dan aan slechte afstelling van de koplampen (Alferdinck & Padmos, 1986). Dit laatste resultaat lijkt in tegenspraak met de uitkomsten uit eerder verricht onderzoek. Een verklaring hiervoor kan alleen door nader (diepgaander) onderzoek worden gevonden.

Bij dit alles is met een zeer belangrijke factor nog geen rekening gehouden. Bij beschouwingen over autoverlichting is het gebruikelijk om met slechts één tegenligger rekening te houden. In Afbeelding 8 is aangegeven hoe de adaptieluminantie afhangt van het aantal tegelijk zichtbare tegenliggers en van de laterale afstand tussen de elkaar tegemoetkomende voertuigstromen. Deze betrekking is afgeleid in SWOV (1969).

De gegeven getalwaarden gelden voor een bepaalde keuze van de relevante parameters zoals drempelwaardeverhoging van het contrast met 20%, constante lichtsterkte van 437,5 cd per lantaarn (corresponderend met 0,7 lux op 25 m, de maximaal toegelaten waarde in het gebied boven de horizon, een gebied



Afbeelding 7. Frequentieverdeling van verblindingslichtsterkte. (Naar Yerrell, 1971).



Afbeelding 8. Minimaal noodzakelijke wegdekuminantie \bar{L} als functie van de latere afstand d tussen een voertuig en n naderende voertuigen. (Bron: SWOV, 1969).

waar overigens EB50 een uitzondering vormt), geldigheid van de wetmatigheden van Stiles-Holladay en Berek.

Het is van belang op te merken hoe sterk de invloed is van de laterale afstand tussen de auto's en van het aantal tegelijk zichtbare tegenliggers. Wat dit betreft kan nog worden verwezen naar het door Ford in de V.S. ontwikkelde Chess-programma, waarmee de zichtbaarheid van bepaalde standaardobjecten kan worden bepaald bij bepaalde, zelfs nog niet bestaande, lichtverdelingen. Rekening wordt daarbij gehouden met de verblinding ook door vele tegenliggers. Het programma dient voor het in Europa kan worden toegepast, te worden aangepast aan de Europese situatie.

Mede op grond van de hierboven gegeven overwegingen luidt één van de conclusies in SWOV (1969): "Zelfs het huidige, internationaal genormaliseerde, asymmetrische Europese dimlicht levert een onacceptabele mate van verblinding op voor de tegenliggers, behalve wanneer hetzij het aantal tegenliggers gering is ofwel de gemiddelde wegdekkluminantie aanzienlijk hoger is dan op het ogenblik gebruikelijk is, of de middenberm (bij wegen met gescheiden rijbanen) zeer breed is. Geen van deze gevallen zijn gebruikelijk binnen de bebouwde kom, zodat geconcludeerd kan worden dat het huidige dimlicht voor gebruik binnen de bebouwde kom ontoelaatbaar is ten gevolge van de optredende verblinding".

Kort samengevat kunnen, voor zover het de illuminatie betreft autoschijnwerpers alleen behoorlijk bruikbaar zijn wanneer de lichtsterkte zeer groot is, zoals bijvoorbeeld bij hoofdbundels. De dimbundel daarentegen is zoveel zwakker dat alleen bij een aanzienlijke snelheidsreductie de illuminatie nog toereikend is. Het ongunstige effect wordt door verblinding nog verder gereduceerd. Deze stelling wordt tot op zekere hoogte ondersteund door de resultaten van de praktijkonderzoekingen, zoals die in Nederland in Haarlem en Utrecht en in Engeland eerst in Birmingham, en daarna in een aantal andere steden zijn uitgevoerd. Deze onderzoekingen zijn samengevat en van commentaren voorzien in SWOV (1969) en in OECD (1971) (zie ook Christie & Newby, 1968; Cooper, 1970; Schreuder, 1976, 1979; De Brabander, 1969a).

Een probleem apart is de beperking van de werking van het dimlicht als verlichtingsbron ten gevolge van mist en nevel. We zullen hier niet nader op ingaan, maar volstaan met naar een paar belangrijke studies op dit gebied te verwijzen (bijvoorbeeld: OECD, 1976; Anon, 1972a; Behrens & Kokoschka, 1972, 1976; Becker, 1963; Spencer, 1960; Schreuder, 1964; Lindae, 1964; en Ricard, 1973).

Omtrent de signalisatie met behulp van dimlichten is ook nog het een en ander te zeggen. Uiteraard zijn lichtbronnen die een sterke verblinding teweegbrengen in staat hun eigen aanwezigheid te signaliseren. Deze voor de hand liggende conclusie is voor velen voldoende om, uitsluitend hierop gebaseerd, het universele gebruik van dimlichten aan te bevelen en vaak zelfs bindend voor te schrijven. Bij deze redenering wordt er van uitgegaan dat de enige functie van de verlichting zou zijn het signaliseren van de aanwezigheid van auto's (of sterker nog: alleen de aanwezigheid van de lampen!). Natuurlijk moet de aanwezigheid van auto's worden aangegeven. Behalve de aanwezigheid moet echter door de verlichting nog een aantal andere feiten worden aangegeven die, zeker voor zover het bestuurders van andere auto's aangaat, vermoedelijk nog aanzienlijk belangrijker zijn dan de aanwezigheid alleen. Maar ook voetgangers - ten behoeve van hen schijnt het verplichte rijden met dimlicht in de eerste plaats bedoeld te zijn - hebben verdere informatie nodig. Door verblindingseffecten wordt het verkrijgen van visuele informatie over andere relevante zaken, dan alleen betreffende de aanwezigheid van de auto, veel moeilijker.

Hier staat tegenover dat bij de lagere graad van illuminatie die meestal het gevolg is van autoverlichting in vergelijk met goede openbare verlichting, voor de markering niet meer maar juist minder licht nodig is (zie Boissin & Pagès, 1963 en Pagès & Lacoste, 1971).

De door Balder (1956) aanbevolen waarde van de intensiteit voor markeringslichten voor "goede" openbare verlichting kunnen, voor de situatie waarbij minder illuminatie voorhanden is, zeker als voldoende worden beschouwd. De door de Economic Commission for Europe (ECE) aanbevolen waarden voor stadslichten van 4 tot 60 cd zijn mede op deze proefnemingen gebaseerd (zie bijvoorbeeld Walraven, 1979; Schreuder, 1976).

"Het is wenselijk (daartoe) een stadslicht nieuwe stijl voor auto's te creëren met een lichtsterke tussen circa 30 en 50 cd. Het is gewenst deze grenzen tamelijk dicht bij elkaar te leggen met het oog op de noodzakelijke uniformiteit. Een nadere precisering betreffende vorm, kleur, helderheidsverdeling en positie van deze nieuwe stadslichten op de voertuigen is gewenst" (SWOV, 1969). Een dergelijk standpunt is ook door de Commission Internationale de l'Eclairage ingenomen (CIE, 1974). Het is daarom des te merkwaardiger dat in vele landen, onder meer in een aantal West-Europese landen het gebruik van dimlicht verplicht is op alle wegen en straten, ook wanneer goede straatverlichting aanwezig is. Dit geldt bijvoorbeeld naast Nederland ook in Duitsland, België en Zwitserland. Korte tijd heeft een dergelijk voor-

schrift ook in Frankrijk gegolden, maar daar is het wegens vele bezwaren en klachten weer ongedaan gemaakt. In vele andere landen zoals in Engeland, Denemarken en de Middellandse Zee-landen wordt de keuze van het te gebruiken licht (stadslicht of dimlicht) aan de individuele automobilist overgelaten.

Over de verblinding wordt verschillend geoordeeld. Zo stelt Giebeler (1972). "*.. sterben immer noch viele Menschen durch ungenügende und falsche Beleuchtung. Da reicht keine Reduzierung der Geschwindigkeit, keine Anlage von Fußgängerüberwege mit Zebrastreifen...*" (zie ook Wilkenson, 1973). Ook Zwikker is het daarmee eens: "Op een door vaste lampen verlichte weg doet het licht van automobiellampen zeer veel kwaad" (Zwikker, 1932, p. 113). Maar volgens Cadena & Hemion (1969) is het niet zo erg: bij een straatverlichting met een niveau van 0,6 - 2,0 fc (ongeveer 6 - 20 lux) doen zelfs hoofdlichten geen kwaad. Recentelijk is, met name in Engeland, de belangstelling voor verbeterde autoverlichting op wegen en straten binnen de bebouwde kom weer toegenomen. Sinds 1984 moeten nieuwe auto's het zgn. dim-dip systeem hebben (zie par. 2.4.2.). En tenslotte kan nog het probleem van verblinding in woonerven worden genoemd (Schreuder 1978, a, b, 1979a).

Een laatste punt dat we zullen vermelden betreft het voeren van verlichting overdag. In de Scandinavische landen is veel onderzoek hiernaar verricht; een van de resultaten is dat in Zweden overdag het voeren van voorverlichting (dimlicht of een speciaal "daytime running light") verplicht is. We komen elders terug op deze kwestie, meer in het bijzonder voor motorrijwielen (par. 3.3.), maar we vermelden hier alvast een paar studies die meer van algemene aard zijn: Allen (1965); Allen & Clark (1964); Anon (z.j., 1972); Attwood (1975, 1975a, 1976, 1976a); Allen & Strickland (1969); Rumar (z.j.); Cantilli (1965); Sturgis (1976); Svensson (1968); SWOV (1974); Mortimer et al. (1974a); Andersson et al. (1976); King & Finch (1970); Kao & Nagamichi (1969). Een uitgebreid overzicht van verlichting, in vergelijking tot andere mogelijkheden is gegeven door Olson et al. (1979).

2.3. Het dimlicht functioneel beschouwd

2.3.1. Verblinding

Het verschijnsel "verblinding" is algemeen bekend. We zullen hier alleen een paar hoofdzaken kort samenvatten. Voor een meer volledige behandeling wordt onder andere verwezen naar Schreuder (1981).

Het is gebruikelijk een onderscheid te maken tussen psychologische verblindings enerzijds en fysiologische verblindings anderzijds (zie bijvoorbeeld De Boer 1967, 1967a; CIE, 1976, 1976a, 1977; Schreuder, 1984b). We zullen hier alleen ingaan op de fysiologische verblindings. Daarbij gaan we uit van het bekende feit dat de lichtgevoeligheid van het gezichtsorgaan (meer speciaal van de receptoren in het netvlies) niet constant is. Daarbij verstaan we onder adaptatie het proces van aanpassing van het visuele systeem van wisselingen in de verlichtingsomstandigheden; de mate van deze aanpassing op ieder moment wordt dan aangeduid met de adaptatietoestand. Zo'n adaptatietoestand kan voor ieder netvlieselement worden aangegeven; aangezien het hier meestal gaat om foveale waarneming, zullen we ook vooral spreken over de adaptatietoestand van de fovea (Schreuder, 1981, Schreuder 1964a; 1972a). Een bepaalde adaptatietoestand kan het resultaat zijn van zeer uiteenlopende toestanden in het gezichtsveld (Domey, 1968).

Een bepaalde foveale adaptatietoestand wordt in evenwichtstoestand in eerste instantie bepaald door de luminantie van dat gedeelte van het gezichtsveld buiten het oog, dat op de fovea wordt afgebeeld. Verder wordt het - in mindere mate - mede bepaald door de luminaties van gezichtsvelddelen die op nabijgelegen netvlieselementen wordt afgebeeld (de zogenaamde laterale interactie). Daarbij blijven oogbewegingen buiten beschouwing (zie hiervoor ook Schreuder, 1981 en CIE, 1984b).

Voorts wordt de adaptatietoestand mede bepaald door licht dat in het oog wordt verstrooid. Dit proces kan men zich als volgt voorstellen: wanneer zich, buiten de kijkrichting, in het gezichtsveld een voorwerp bevindt met een luminantie die veel hoger is dan de rest van het gezichtsveld (zulk een voorwerp wordt dan vaak "verblindingslichtbron" genoemd) dan wordt licht, afkomstig van deze lichtbron, in de oogmedia (cornea, oogvocht enz., maar vooral de lens en de oogbodem; Vos, 1963) verstrooid. Een gedeelte van dit verstrooide licht kan de fovea treffen. Het draagt op die manier bij tot de adaptatietoestand; maar niet tot de beeldvorming. Het verschijnsel wordt verblindings genoemd omdat in extreme gevallen de visuele waarneming geheel onmogelijk wordt - men is feitelijk blind (Adrian, 1968). Deze verblindingsverschijnselen spelen in de visuele aspecten van de verkeersverlichting een belangrijke rol. In de praktijk wordt de hierboven genoemde laterale interactie niet apart in rekening gebracht, maar tot de verblindings gerekend. De numerieke bepaling van de verblindings is gebaseerd op het feit dat ze zich voordoet als een sluier die zich over het gezichtsveld, ook over de waar te nemen voorwerpen dus, uitstrekt. Men kan dit met een zich buiten het

oog bevindende sluier vergelijken, waarvan de invloed op de waarneming equivalent is aan de verblindingseffecten. Er zijn formules opgesteld waarmee de luminantie voor deze equivalente sluier kan worden berekend. De eerste van die formules is die welke door Stiles, Crawford en anderen is afgeleid en die bekend staat als de "Stiles-Holladay formule". Voor een puntvormige lichtbron die een verlichtingssterkte E (lux) teweeg brengt op het vlak van het oog en die gezien wordt onder Θ (meestal in graden uitgedrukt) ten opzichte van de kijkrichting, bedraagt de equivalente sluimerluminantie $L_{s \cdot q}$ (in cd/m^2) volgens deze formule:

$$L_{s \cdot q} = k \frac{E}{\Theta^2}$$

(zie ook Stiles & Crawford, 1937; Adrian, 1961, 1965, 1966).

Hierbij is k een factor die onder meer afhangt van de leeftijd van de waarnemer. Zo hebben Fisher & Christie (1965) gevonden dat k sterk van persoon tot persoon kan variëren, maar dat een redelijke benadering gevonden wordt met $k = d + 0,2A$ (met A de leeftijd in jaren, en d een constante die van de configuratie afhangt). De oorzaak van de toename van de verblindings bij toenemende leeftijd wordt in eerste instantie toegeschreven aan een toename van de genoemde lichtverstrooiing in de ooglenzen (zie Schouten, 1972; McFarland & Domey, 1958).

Meestal wordt voor k de waarde van 10 aangehouden (CIE, 1976a). Dit geldt voor jonge volwassenen. Het lijkt wat overdreven nauwkeurig om, zoals Adrian doet, de waarde van 9,2 te gebruiken (Adrian, 1961).

Ook de waarden van de exponent van Θ in bovengenoemde formule is onderzocht. Fisher & Christie (1964); Vos (1963 en Vos & Bouman (1959) hebben overzichten gegeven van de waarden van de exponent, zoals die uit metingen volgen. Meer recent is een overzicht gegeven door Vos et al. (1976). Dit overzicht gaf de volgende suggesties:

Voor een hoekbereik $4^\circ < \Theta < 10^\circ$ wordt Stiles-Holladay gebruikt. Voor kleinere Θ (tussen 1° en 8°) is een beter verband te beschrijven met:

$$L_{s \cdot q} = 29 \frac{E}{\Theta^{2,8}}$$

(zie hiervoor Fry & Alper, 1953; Vos, 1963 en Vos & Bouman, 1959; alsook Hartmann, 1963; Hartmann & Moser, 1968; Hartmann & Ucke, 1974; Schinke,

1984). Op grond van onderzoek van Walraven (1973) kan het geldigheidsgebied van de formule nog verder worden uitgebreid.

$$L_{s \bullet \theta q} = \frac{29}{(\theta + 0,13)^{2,8}} \quad \text{voor } 0,15^\circ < \theta < 8^\circ$$

Hills (1975) geeft een andere waarde voor de exponent van θ .

$$L_{s \bullet \theta q} = 9,2 \frac{E}{\theta^{3,44}}$$

Dit komt dicht bij de waarden gegeven door Hartman & Ucke (1974) (zie ook Hills, 1975a, 1975b, 1976, 1976a).

Voor nog kleinere waarden van θ gaan de afbeeldingsfouten van de ooglenzen overheersen. Vos et al. (1976) geven hierover nadere informatie (zie ook Fry, 1955).

Opmerkelijk zijn de opvattingen van Aulhorn (1966). Zij onderscheidt twee effecten: een directe strooicirkel van 10 graden (!) diameter en een algemene gelijkmatige verstrooiing (als Ulbricht-effect aangeduid) dat de gehele oogbol bestrijkt.

Het laatste lijkt nu toch wel gesproken te zijn op dit gebied. Vos (1983) heeft in een recente studie al het beschikbare experimentele materiaal opnieuw vergeleken, en kwam daarbij tot de volgende betrekking:

$$L_{s \bullet \theta q} = E \frac{10}{(\theta + 0,02)^2} + \frac{10}{(\theta + 0,02)^3} + \frac{10^6}{e(\theta/0,02)^2}$$

(zie ook Vos & Padmos, 1983 en Padmos & Alferdinck, 1983, 1983a).

Met goede benadering blijkt hiervoor te kunnen worden geschreven:

$$L_{s \bullet \theta q} = 10E \left(\frac{1}{\theta^2} + \frac{1}{\theta^3} \right)$$

voor jonge waarnemer en voor $\theta > 0,1$ graad (Vos, 1983).

Nog één opmerking naar aanleiding van de genoemde foveale waarneming. De meeste verblindingsformules zijn geldig voor iedere kijkrichting; de resultaten hangen niet af van de plaats op het netvlies waarop het waar te nemen

object wordt afgebeeld. Hier gaat het ons om de kritische waarneming en dat betekent: foveale waarneming (Adrian, 1961).

Wanneer het bij de verblinding uitsluitend gaat om lichtverstrooiing in het oog, dan is te verwachten dat er een simpele additiviteit bestaat, dat wil zeggen de invloeden van afzonderlijke, kleine verblindingslichtbronnen kunnen worden gesommeerd; dus

$$L_{s \bullet q} = \sum_i L_{s \bullet q}$$

Voor de relatie van Stiles-Holladay wordt algemeen aangenomen dat deze additiviteit ook inderdaad geldt (zie bijvoorbeeld Spencer, 1943; Moon & Spencer, 1943; Crawford, 1936; Bindels, 1973; Ardian & Eberbach, 1969; Vos, 1983). Hetzelfde wordt aangenomen voor de nieuwe relatie van Vos (1983). In al deze gevallen is een toestand beschouwd waarbij de verlichting stationair was of tenminste langzaam veranderde in verhouding tot de snelheid waarmee de oogaanpassing plaatsvond.

Oogaanpassing is hier gebruikt als verzamelterm voor alle aanpassingen van het visuele systeem aan veranderingen in het lichtniveau of aan die van de gradaties van het gezichtsveld. Wanneer alle verblindingsverschijnselen uitsluitend het gevolg zouden zijn van lichtverstrooiing in de oculaire media, dan zouden alle verblindingsverschijnselen instantaan samengaan met de verlichting. Er is echter bekend dat veranderingen in het lichtniveau ook een aanpassing van de netvliesgevoeligheid en van de diameter van de oogpupil met zich brengen. Deze aanpassing is zeer gecompliceerd van aard; allereerst heeft men te maken met de zogenaamde dupliciteit van het visuele systeem: in het netvlies bevinden zich twee soorten lichtreceptoren, de zogenaamde staafjes en kegeltjes. De staafjes zijn vooral in de periferie aanwezig. Ze zijn zeer gevoelig voor licht, en bij lage niveaus gaan ze in groepen samenwerken (ze worden in groepen geschakeld) waardoor de gevoeligheid nogmaals zeer sterk kan toenemen, uiteraard ten koste van het te bereiken scheidend vermogen ofwel de gezichtsscherpte. Er is maar één soort staafjes, zodat kleurwaarneming niet mogelijk is. Ze zijn, vermoedelijk ten gevolge van de wijze waarin ze zijn geschakeld, in het bijzonder gevoelig voor beweging. De maximale spectrale gevoeligheid van de staafjes ligt bij een golflengte van 500 nm, dus in het blauw-groene gedeelte van het spectrum. Het staafjessysteem is werkzaam bij luminantieniveaus onder circa 10 cd/m^2 . Het tweede systeem wordt gevormd door de kegeltjes. Deze zijn veel meer geconcentreerd in het middengedeelte van het netvlies; in de fovea (de middelste 2 graden) zijn er alleen maar kegeltjes. De kegeltjes zijn minder

lichtgevoelig. Ze zijn klein zodat met het kegeltjessysteem een hoge gezichtsscherpte is te bereiken, met name in de fovea waar de kegeltjes extra klein zijn en extra dicht opeen liggen. Er zijn drie soorten kegeltjes, ieder gevoelig voor een ander golflengtegebied, zodat kleurwaarneming mogelijk is. De maximale gevoeligheid van het totale kegeltjessysteem ligt bij circa 555 nm, dus midden in het gele gebied van het spectrum. Het kegeltjes-systeem is werkzaam bij luminanties boven ca. $0,1 \text{ cd/m}^2$.

Voor de waarneming overdag komen alleen de kegeltjes in aanmerking. Men spreekt dan van kegeltjes-zien, dagzien of fotopisch zien. Dit wordt gekenmerkt door een hoge gezichtsscherpte, door kleurwaarneming, en, vooral hier van belang, door een zeer snelle aanpassing van de netvliesgevoeligheid aan veranderingen van de gezichtsveldluminantie.

Hier moeten we meteen een belangrijke restrictie noemen: deze snelle aanpassing vindt niet plaats bij zeer hoge luminanties boven circa 5000 cd/m^2 . Integendeel; bij zeer hoge luminanties is de retinale aanpassing langzaam. Dit punt is van zeer groot belang bij de verlichting van tunnels. Voor details over deze materie verwijzen we dan ook naar de literatuur dienaangaande, vooral naar de samenvatting van Schreuder (1981) (zie ook CIE, 1984b, Narisada, 1972, 1975; Narisada & Yoshikawa, 1977; Narisada & Yoshimura, 1974; Narisada et al., 1980, 1980a, 1977).

Wanneer de luminanties laag zijn (minder dan ca. $0,1 \text{ cd/m}^2$) dan zijn alleen de staafjes in werking. Dit gebied is van groot belang voor de scheepvaart en de signalisering in de luchtvaart. Bij het nachtelijk wegverkeer hebben we vrijwel uitsluitend te maken met het overgangsgebied tussen de twee; een gebied waar zowel de staafjes als de kegeltjes tegelijk werkzaam zijn. Dit overgangsgebied wordt wel het mesopisch gebied genoemd (zie Schreuder, 1975a). Eigenlijk ten onrechte; er is niet zozeer sprake van een overgang als van een menging. Het is dan ook niet te verwonderen dat de meeste visuele functies in dit gebied geleidelijk overgaan van die welke horen bij het fotopisch gebied naar die welke horen bij het gebied van zuiver staafjes-zien (nachtzien of scotopisch zien). Dit uiteraard bekeken bij geleidelijk afnemende luminanties. Hier is speciaal van belang het verschijnsel dat het scotopisch systeem zich langzaam aanpast aan veranderingen in het lichtniveau. Men mag dus verwachten dat de aanpassing in het mesopisch gebied niet instantaan gaat zoals (bij benadering uiteraard) in het fotopisch gebied, en dat de tijd benodigd voor de aanpassing op zijn beurt weer af zal hangen van het lichtniveau. In het gebied van luminanties die men tegen kan komen bij het nachtelijk wegverkeer (zo tussen $0,1$ en 3 cd/m^2) beslaat de

aanpassing aan duisternis na blootstelling ahogere niveaus al gauw enige seconden. Uiteraard is dit vooral van belang bij het herstel na verblinding door de lantaarns van tegenliggers. Het meeste onderzoek is dan ook geconcentreerd op het meten van die hersteltijd (ook wel genoemd de readaptatie). Reading (1966) geeft een tijd op van 2 à 3 seconden waarbij in het laboratorium de waarnemingen op de weg werden gesimuleerd. Uit laboratoriumproeven besluit De Boer (1960) tot circa een halve seconde; de rapportage is echter zeer onduidelijk, zodat niet duidelijk is welk aspect van de readaptatie in feite bedoeld is. Bij proeven uitgevoerd onder auspiciën van de GTB (1955) werd een grote spreiding geconstateerd: readaptatietijden van 3, 6 en 9 seconden kwamen voor, terwijl weer andere waarnemers geen enkele readaptatietijd nodig leken te hebben. Men mag gerust vraagtekens zetten bij deze proefnemingen, meer in het bijzonder bij de methodiek van de opzet. Details over de readaptatie zijn gegeven door Schreuder (1975a), waarbij vooral aandacht is besteed aan de mogelijke invloed van de kleur van het gebruikte licht op de hersteltijd (zie verder par. 2.3.2.). Meer in het algemeen kan men spreken van de overgangsadaptatie (transient adaptation). Meestal denkt men dan aan het aanpassen aan veranderingen die het gehele gezichtsveld betreffen, en niet zozeer aan het verdwijnen van een, of een paar, verblindende lichtbronnen. Veel van het onderzoek op dit gebied is uitgevoerd in relatie tot de verlichting van tunnels, meer in het bijzonder het verlichten van tunnelingangen overdag. Het oudere onderzoek is samengevat door Schreuder (1964a), waarbij ook veel eigen onderzoek is gerapporteerd. De conclusie was dat zowel de adaptatie "naar boven" als die "naar beneden" tijd kost, ofschoon de verschijnselen niet geheel omkeerbaar zijn. Verder is de tijd bij niveaus tussen ca. 100 en ca. 3000 cd/m² (begin- en eindwaarde) verwaarloosbaar, maar bij veranderingen waarbij het eindniveau lager dan enige tientallen cd/m² ligt, kan de adaptatietijd aanzienlijke waarden aannemen. Een overzicht van de verschillende opvattingen hierover is gegeven door Schreuder (1981) (zie ook CIE, 1984b; Fry, 1968 en Walthert, 1972).

Een algemeen systeem van bepaling van de visuele prestaties is opgesteld door Blackwell en uitgegeven door de CIE (1983b). Dit systeem, dat in de plaats komt van het oudere, eveneens door Blackwell opgestelde CIE-systeem (CIE, 1972), bevat correctietermen voor de transient adaptation en voor de verblinding. Omdat het nieuwe systeem bovendien een aantal correctiemogelijkheden biedt voor de typische kenmerken van de visuele taak, is het weliswaar in theorie erg algemeen geldig, maar door alle complicerende factoren nauwelijks meer toepasbaar. Een groter bezwaar is dat ook het nieuwere sy-

steem uitgaat van de gedachte dat iedere gecompliceerde oogtaak geheel kan worden opgesplitst in eenvoudige (enkelvoudige) elementen. De visuele prestaties kunnen dan worden bepaald door de prestaties aangaande die enkelvoudige taakelementen te combineren. Daarmee is geheel voorbij gegaan aan de "Gestalt"-aspecten van de visuele waarneming alsmede het feit dat menselijke prestaties betreffende taken die belangrijke visuele elementen vertonen, niet uitsluitend in termen van visuele prestatie kunnen worden beschreven (Schreuder, 1981). Het is misschien tragisch, maar het prachtige bouwwerk waaraan Blackwell zijn leven heeft gewijd was op het moment van publiceren reeds achterhaald. Het gebruikte theoretische model blijkt niet geldig te zijn. We zijn hier nogal diep op ingegaan omdat - ten onrechte dus - het CIE-systeem en/of het Blackwellsysteem nog vaak wordt toegepast. Er bestaat hier zeer veel literatuur over, zoals te verwachten is bij een dergelijke controversiële zaak. We zullen daar niet verder op ingaan; overzichten zijn te vinden in CIE (1983b), in de publikaties van Blackwell & Blackwell (1973, 1975, 1977) en in het voortreffelijke boek van Boyce (1981) (zie ook Vos & Padmos, 1979; Schreuder, 1984b; Boynton & Miller, 1963; Spencer & Peek, 1972; Rinalducci, 1974; Rinalducci & Beare, 1975).

2.3.2. De lichtkleur

De lichtkleur van autolantaarns is een onderwerp van vele meningsverschillen. In de praktijk komen in aanmerking: ongefilterd gloeilampenlicht ("wit") en gefilterd gloeilampenlicht ("geel"). Bij dit laatste wordt gewoonlijk het blauw uitgefilterd, zodat het licht "geel" is. Een vorm daarvan die in Frankrijk wordt toegepast, wordt aangeduid met "selectiva" (zie hiervoor De Boer & Van Heemskerk Veeckens, 1955).

De discussie over het voor en tegen van geel (gefilterd) gloeilampenlicht wordt al gedurende tientallen jaren gevoerd. Tussen 1930 en 1940 speelde die discussie zich grotendeels af in de technisch-wetenschappelijke vakpers. Nadat daaruit ten lange leste een soort "onbeslist" was gekomen, verplaatste de discussie zich, na de Tweede Wereldoorlog, naar de populaire pers. En dat gaat door tot aan de dag van vandaag. In 1975 is er een uitgebreid rapport verschenen waarin de argumenten voor en tegen zeer in detail zijn besproken (Schreuder, 1975a). De slotconclusie van dit rapport is dat er geen enkel argument van doorslaggevende waarde is aan te geven, noch ten gunste, noch ten nadele van geel licht. We zullen volstaan met een gedeelte van de samenvatting van dit rapport aan te halen; voor details zij verwezen naar het complete rapport.

"Het uitfilteren van het blauwe, door de gloeilamp uitgezonden licht, om geel licht te verkrijgen, resulteert in een lichtverlies van circa 15%. In de zomer van 1971 was ongeveer 15% van de auto's in Nederland uitgerust met gele koplampen.

Er zijn gronden om aan te nemen dat de aanwezigheid van gele koplampen meer afhangt van de door de fabriek geleverde uitrusting dan van de persoonlijke voorkeur van de gebruiker.

Op grond van de fysische eigenschappen van het oog is geen voorkeur voor geel of wit licht aan te geven. De bouw van het oog heeft tot gevolg dat de afbeelding verre van ideaal is. Verder treedt een aantal verschijnselen op, zoals lichtverstrooiing in de oogmedia, afbeeldingsfouten van de lens en buiging aan de pupil, die een kleurafhankelijkheid van de waarneming zouden doen verwachten. Deze afwijking blijkt evenwel zeer gering te zijn, mede doordat een aantal van deze afwijkingen elkaar compenseren. De lichtverstrooiing in de atmosfeer, zoals die optreedt bij nevel en heigheid, hangt af van de golflengte. Langgolvig (rood) licht wordt minder verstrooid dan kortgolvig (blauw) licht. Dit verschijnsel kan van belang zijn voor de luchtvaart. Voor het wegverkeer is geen merkbare invloed te verwachten omdat het verschil tussen (gefilterd) geel licht en wit licht zeer gering is. Bovendien is bij nevel en heigheid het "zicht" steeds zo groot dat het wegverkeer niet wordt gehinderd. Bij mist die zo dicht is dat het wegverkeer wordt gestoord, treedt echter geen kleurafhankelijkheid van de verstrooiing op. De conclusie is dat aan de fysische verschijnselen geen argumenten ten gunste van geel licht of ten gunste van wit licht kunnen worden ontleend. Er zijn betreffende de oogpupil geen gronden naar voren gekomen waarvan aan één van de twee lichtkleuren de voorkeur kan worden gegeven. Hoewel er wat betreft de contrastgevoeligheid en de gezichtsscherpte enige verschillen bij de twee kleuren zijn aan te geven, is er geen consistente voorkeur voor één van deze twee kleuren aan te geven. Bovendien zijn alle verschillen te klein om voor het nachtelijk wegverkeer van enig belang te zijn.

Onder extreme, voor het wegverkeer onbelangrijke, omstandigheden wordt een aanzienlijke kleurafhankelijkheid van de drempelwaarde van zichtbaarheid voor signaallichten gevonden. Over de kleurafhankelijkheid van de waarnemingssnelheid zijn weinig bruikbare gegevens bekend. Voor de verblinding en de daarmee samenhangende readaptatie zijn enige geringe, niet consistente verschillen tussen de twee kleuren gevonden, die echter voor het wegverkeer geen betekenis hebben.

De visuele prestaties nemen in het algemeen af bij toenemende leeftijd; van een kleurafhankelijkheid van deze afname is echter niets van betekenis gevonden.

Uit de waarnemingspsychologie in de meer strikte zin is niets van belang af te leiden over de voorkeur van enige kleur van licht voor de aard van waarnemingen zoals die in het wegverkeer voorkomen. Bij enige randeffecten, met name bij de psychologische verblinding (discomfort glare), is enige voorkeur voor geel licht te constateren. Er is echter weinig reden om aan te nemen dat dit kleine verschil in psychologische verblinding van belang is voor de verkeersveiligheid. Het is opvallend dat dit (geringe) voordeel voor geel licht zelden wordt vermeld, ook niet door de overtuigde voorstanders van geel licht.

Zo er bij de herkenbaarheid en de opvallendheid van signaallichten een kleurinvloed kan worden bespeurd, is deze veel te klein om dat kleurverschil te gebruiken als coderingsdimensie.

Tenslotte is er geen reden om aan te nemen dat de vermoeidheid van de lichtkleur afhangt".

(Een gedeelte van de samenvatting uit Schreuder, 1975a).

Hieraan kan worden toegevoegd dat blijkbaar het gebruik van gele koplampen in Nederland afneemt: Alferdinck & Padmos (1986) vonden in 1985 slechts 1,5% gele lantaarns.

2.3.3. De zichtbaarheidsafstand

Het waarnemen van objecten in het verkeer wordt meestal op een aantal niveaus gekwantificeerd. De eerste is de detecteerbaarheid, veelal uitgedrukt in de afstand van waar kritische objecten kunnen worden gedetecteerd. Hierboven hebben we reeds aangegeven dat voor het waarnemen meer nodig is dan detectie alleen, zeker wanneer op grond van de resultaten van die waarneming beslissingen moeten worden genomen. Allereerst moeten de kritische objecten opvallen te midden van andere, ermee "concurrerende", objecten; men drukt dit uit in de opvallendheid. Wanneer een object niet voldoende opvallend is, zal het niet worden waargenomen, ook al zou het wat betreft zijn detecteerbaarheid wel waargenomen kunnen worden. (Waarnemen wordt dus kennelijk omschreven als een proces dat niet alleen een neuronale reactie inhoudt, maar ook een zodanige verdere verwerking, dat een of andere beslissing mogelijk

is. Uiteraard is ook de opvallendheid niet voldoende; er is ook de noodzaak dat het voorwerp als zodanig (dus als een voorwerp dat beslissingen nodig maakt) herkend wordt. De herkenbaarheid vooronderstelt uiteraard bekendheid met het voorwerp als kritisch object van de kant van de waarnemer. Dergelijke cognitieve aspecten zijn niet in zijn algemeenheid voor alle verkeerssituaties aan te geven, en daarom volstaat men er vaak mee de waarneembaarheid van objecten uit te drukken in de opvallendheid (conspicuity). Dit lijkt realistischer dan de zichtbaarheid zelf, ook al worden daar correcties op aangebracht van de soort zoals in de vorige paragraaf zijn genoemd. Als voorbeeld kan de discussie gelden over de zichtbaarheid van obstakels zoals gemeten in bestaande verlichtingsinstallaties. In de Amerikaanse stad Philadelphia zijn onder auspiciën van de FHA door het Franklin Institute een aantal onderzoeken uitgevoerd waarbij gemeten is op welke afstand tot een obstakel toevallig passerende automobilisten enige actie ondernamen die kon worden gerelateerd aan het ontwaren van dat obstakel (remmen of van rijstrook veranderen). Dit werd gemeten voor verschillende niveaus van de openbare verlichting. Voor lage lichtniveaus bleek dat de TTT (time-to-target) redelijk overeenkwam met datgene dat te verwachten zou zijn op grond van de "zichtbaarheid" van de obstakels. Voor hogere lichtniveaus ontbrak echter een dergelijk verband: de TTT bleek onafhankelijk te zijn van de "zichtbaarheidsafstand". Kennelijk konden de automobilisten het object allang zien voordat ze het nodig oordeelden om iets te ondernemen. Deze metingen, die terecht een grote aandacht hebben gekregen omdat hier voor de eerste keer geprobeerd is om het echte rijgedrag in het onderzoek te betrekken en waarbij bovendien de verderop te bespreken "vraag"-aspecten aan de orde komen, zijn gerapporteerd door Gallagher & Meguire (1974, 1975); Gallagher et al. (1975, 1975a); Janoff (1977) (zie ook Schreuder, (1981).

De resultaten wijken sterk af van die welke gerapporteerd zijn door Economopoulos (1978). Deze onderzoeken betreffen de rechtstreekse meting van de detecteerbaarheid vanuit rijdende auto's. In een geïnstrumenteerde auto met geïnstrueerde waarnemers op wegen met openbare verlichting van verschillend lichtniveau werd iets heel anders gevonden: de zichtbaarheidsafstand nam steeds toe wanneer het lichtniveau werd verhoogd, ook bij hogere lichtniveaus. Bij deze meetmethode komt de vraag 'wat men gemeten heeft' naar voren. De resultaten doen vermoeden dat men slechts het "aanbod" heeft gemeten en niet de "vraag" naar zichtbaarheid. Uiteraard komen deze resultaten meer overeen met de wensen van diegenen die pleiten voor hoge lichtniveaus op verkeerswegen; vandaar ook dat er een nogal onwetenschappelijke discussie

heeft plaatsgevonden. In feite is de discussie niet erg zinvol. Immers, het gaat hier om een zaak van "vraag" en "aanbod": de vraag naar waarneembaarheid en het aanbod ervan. De eerste groep proefnemingen betreffen de vraag, wat is er nodig aan waarneembaarheid om de verkeerstaak naar behoren te kunnen uitvoeren (de vraag naar waarneembaarheid), terwijl de tweede groep proefnemingen het aanbod aan waarneembaarheid betreft, wat kan door de verlichtingsinstallatie worden aangeboden. Zo gezien hoeft het niet te verbazen dat de TTT niet blijft toenemen met toenemend lichtniveau, maar de zichtbaarheidsafstand wel.

Er zijn een aantal theoretische studies gedaan om te proberen de waarneembaarheid, uitgedrukt in de opvallendheid, als basis te nemen voor de eisen, te stellen aan de installaties voor verlichting ten behoeve van het verkeer. Schreuder (1977) heeft het zogenaamde "supply-and-demand"-model ingevoerd, waarnaar hierboven reeds werd gerefereerd. Het gaat daarbij om een vergelijking tussen de door de verlichting "aangeboden" opvallendheid en de uit de rijtaak af te leiden noodzakelijke "gevraagde" opvallendheid. Op deze manier kan een basis worden gegeven voor in de toekomst op te stellen kosten/batenoverwegingen (zie verder Flury, 1972, 1976, 1977, 1978, 1981; Schreuder, 1974a, 1975a; Flury & Schreuder, 1977; OECD, 1980, 1981). Hierbij moet nog worden opgemerkt dat het bij al deze beschouwingen gaat om de waarneembaarheid. Soms is daarbij speciale aandacht besteed aan de zichtbaarheid (detecteerbaarheid), soms meer aan de opvallendheid. Aan de herkenbaarheid - waar het in dit wegverkeer vaak om gaat - werd meestal slechts weinig aandacht besteed. Zie hiervoor Schreuder (1984d).

Dit alles geldt voor de verlichting voor het wegverkeer meer in het algemeen, en dan speciaal voor de openbare verlichting als maatregel ter bevordering van de verkeersveiligheid. Wanneer we ons beperken tot de verlichting van auto's door middel van dimlichten (hier als basisverlichting beschouwd), kan met vrucht van het zichtbaarheidsbegrip gebruik worden gemaakt. De reden hiervoor is dat het gaat om vergelijking van verlichtingssystemen die onderling niet zo erg veel verschillen. De vergelijkingen worden steeds uitgevoerd onder omstandigheden die in overige opzichten gelijk of tenminste zeer analoog zijn. Een vraagpunt blijft daarbij welk object bij dergelijke vergelijkingen als criterium moet worden genomen. Als regel neemt men een klein, rechtopstaand, diffuus reflecterend object op de rijbaan, en men veronderstelt dat de automobilist daarvoor moet stoppen. Een dergelijk object kan mogelijk wel enige betekenis hebben voor het onderling vergelijken van meetmethoden (Mortimer & Becker, 1973, 1974; Huculak, 1974, 1976, 1976a, 1978,

1978a), maar de waarde ervan voor de onderlinge vergelijking van verlichtingssystemen is twijfelachtig. Het verdient dan ook aanbeveling objecten te nemen die er wat realistischer uitzien, zoals bijvoorbeeld grote objecten die voetgangers moeten kunnen voorstellen, of wegmarkering (zie Rumar, 1970, 1972, 1973; Johansson & Rumar, 1968; Johansson et al., 1963; Allen & Straub, 1956; Allen et al., 1975, 1976, 1977). De relevantie voor het wegverkeer blijft echter twijfelachtig, ook al zou men kunnen vermoeden dat de grote objecten meer met taakaspect Type II en de wegmarkeringen meer met Type I te maken zouden hebben (zie verder par. 1.2, alsook Padmos & Walraven (1982). Ondanks als deze bezwaren zullen we in de navolgende paragrafen nader ingaan op de bepaling van de zichtbaarheidsafstand en op de afhankelijkheid ervan van verschillende typen automobiilverlichting.

Wanneer er geen tegenliggers zijn, kan, zoals gezegd, met hoofdlicht worden gereden. Bij het rijden met hoofdlicht doen zich weinig problemen voor betreffende zichtbaarheid - ook bij hoge rijnsnelheden. Immers, een lichtsterkte van 5.000.000 cd is zeer goed te realiseren op een auto; dit resulteert in een E_v van meer dan 10 lux op 200 m afstand en 100 lux op 70 m (Thiry & Devaux, 1971; Hemion & Hull, 1973).

De beschouwingen betreffende noodzakelijk en bereikbaar contrast worden kritisch wanneer verblinding een rol speelt en dimlicht gebruikt wordt. Dit is het geval bij ontmoetingen tussen motorvoertuigen. Onder deze omstandigheden is verblindingshinder steeds aanwezig (Mortimer, 1976; OECD, 1971, 1972, 1976, 1976a; Schreuder, 1976a, 1984b).

Een nevenverschijnsel van verblinding, dat specifiek is voor de situatie van elkaar tegemoetkomende auto's, is de reeds eerder genoemde readaptatietijd. Daarbij scheen een zekere afhankelijkheid van de lichtkleur te kunnen optreden. Uit de reeds genoemde studie van Schreuder (1976a) kwam echter naar voren dat dit kleine verschil ten eerste niet consistent was en ten tweede niet van belang voor de praktijk van het wegverkeer. Hierboven (in par. 2.3.2) hebben we reeds een en ander vermeld over deze kwestie. We zullen hier nog een paar details toevoegen. Hartmann (1966) geeft een vuistregel: wanneer de verblinding minder dan 10 seconden heeft geduurd is de hersteltijd ten hoogste één seconde. Dit geldt dan voor verblinding door tegenliggers (dimlicht). Dubois-Poulson & Prevost-Paille (1977) geven een rekenmethode voor de hersteltijd. In feite bepalen zij het adaptatiedefect (zie Schreuder, 1981). De verandering van de adaptatie tijdens de verblinding wordt in rekening gebracht door Kronesser (1978). Ook dit is een, zij het niet nauwkeurige, bepaling van het adaptatiedefect.

Van belang is de breedte van de middenberm. De invloed daarvan is experimenteel onderzocht door Webster & Yeatman (1968) waarbij bleek dat een middenbermbreedte van meer dan 30 meter nodig is om bij een enkele tegenligger met (Amerikaans) hoofdlicht de psychologische verblinding (discomfort glare) beneden een acceptabele graad te houden (zie ook Schwab & Hemion, 1971 en Wortman & Webster, 1968). Voor het binnen de perken houden van de fysiologische verblinding (disability glare) bleek 10 m echter reeds voldoende te zijn. Een oplossing voor veel verblindingsproblemen is te vinden in het aanbrengen van verblindingschermen (zie verder par. 2.4.4.B).

De gecombineerde effecten van verlichting door eigen lantaarns en verblinding door lantaarns van tegenliggers resulteren in een bepaalde afstand waarop bepaalde objecten nog kunnen worden waargenomen. Wanneer men een afspraak maakt omtrent de waarnemer, het object (wat betreft grootte, vorm en reflectie) en de plaats van het object kunnen door de resulterende zichtbaarheidsafstanden te vergelijken, verschillende combinaties van verlichtingsmiddelen met elkaar worden vergeleken. Het is gebruikelijk om de onderzoeken op dit gebied op dynamische wijze uit te voeren. Afgezien van een zekere gecompliceerdheid van de experimentele methode hebben dynamische proeven het voordeel dat, door de realistische vormgeving van de proef, de resultaten met enig vertrouwen naar de normale verkeerssituatie kunnen worden geëxtrapoleerd. (Zoals hierboven is gebleken, en verderop zal blijken, moet aan dit vertrouwen toch wel enig voorbehoud worden gekoppeld). Een veel toegepast systeem is: men plaatst één of meer objecten op of dichtbij de weg. De plaats is aan de waarnemer onbekend. Bovendien wordt een auto (of een door een stelling geïmiteerde auto) geplaatst op een weggedeelte dat normaal door tegenliggers kan worden bereden. De rijdende en de stilstaande auto's worden van de te onderzoeken verlichtingsmiddelen - meestal uiteraard dimlichten - voorzien. De waarnemer neemt plaats in een auto die naar de objecten toerijdt; zodra de objecten gezien zijn (of geïdentificeerd enz.) wordt dit geregistreerd. Hieruit kan de zichtbaarheidsafstand direct worden bepaald. Welke "soort" zichtbaarheidsafstand wordt gemeten hangt af van het beslissingscriterium. We hebben hierboven reeds een aantal bedenkingen aangevoerd tegen dit soort meetmethoden. Verdere nadelen van de hier beschreven onderzoekmethoden zijn ten eerste de moeilijke definitie van de onderzochte grootte waardoor verschillende onderzoekseries onderling moeilijk te vergelijken zijn en ten tweede de grote spreiding in de resultaten ten gevolge van experimentele onzekerheden. Zo worden zeer hoge - en in de praktijk gewoonlijk niet geheel uitvoerbare - eisen gesteld aan de vlakheid en unifor-

miteit van de weg, aan de instelling van de lantaarns, aan het vermijden van onbedoelde "cues" bij het waarnemen enz. Wanneer bovendien de tegenligger ook rijdt (om de realiteit dichterbij te benaderen) komen er nog moeilijkheden wat betreft timing bij. Details van dergelijke meetmethoden, en resultaten ervan, zijn gegeven door Johansson & Rumar (1968); Mortimer & Jorgeson (1974); Bhise et al. (1976); Jehu (1955); Mortimer & Becker (1973, 1974); Frederiksen & Jorgensen (1972). Alternatieven waarbij tenminste een deel van de problemen is ondervangen, zijn gegeven door Pinkney et al. (1976) (zie ook Hills, 1975 en Smiley & Huculak, 1973).

Op deze wijze is in het verleden een aantal "klassieke" onderzoeken uitgevoerd. De eerste vond plaats onder auspiciën van de CIE te Zandvoort (NSVV, 1949). Hierbij zijn de toenmalige genormaliseerde Amerikaanse "sealed beam"-lantaarns vergeleken met de Europese symmetrische dimlichten.

De belangrijkste resultaten waren dat bij het ontmoeten van twee auto's beide met "sealed beam" of beide met symmetrisch dimlicht de resulterende zichtbaarheidsafstanden ongeveer gelijk waren (zie par. 2.1.).

Ontmoette echter een met symmetrisch dimlicht rijdende waarnemer een auto met sealed beam-lampen dan werd de zichtbaarheidsafstand drastisch gereduceerd. Voorts bleek dat de zichtbaarheidsafstand gewoonlijk minimaal was wanneer de twee auto's ongeveer 50 m van elkaar waren. Bij deze proeven waren de zichtbaarheidsafstanden meestal in de orde van 30-60 meter. De proeven zijn samengevat door De Boer & Vermeulen (1951, 1951a). Door De Boer & Morass (1956) is een op praktijkmetingen gebaseerd systeem ingevoerd waarmee de zichtbaarheidsafstanden bij verschillende soorten (onder andere asymmetrische) lichtverdelingen kunnen worden bepaald. De twee elkaar tegemoetkomende auto's behoeven hierbij niet dezelfde verlichting te voeren. Dit systeem is gebruikt door De Boer & Schreuder (1969) om mogelijke verbeteringen bij het gebruik van halogeenlampen te onderzoeken. Kenmerkend voor dit systeem zijn de vrij grote zichtbaarheidsafstanden die als regel worden gevonden.

Een andere methode om de zichtbaarheidsafstand te bepalen is gegeven door Huculak (1976, 1978) (zie ook Huculak, 1974, 1976a en ook Huculak & Blais, 1973; Hall & Pinkney, 1973; en voorts Münch & Wichert, 1969). Tenslotte kan in dit verband worden gewezen op het reeds genoemde Chess-programma.

Andere resultaten kregen Johansson & Rumar (1968) die vonden dat in veel gevallen de zichtbaarheidsafstand zo klein werd dat het gebruik van dimlicht bij snelheden boven 25 km/uur niet meer te verenigen was met de eisen die

ten behoeve van een veilig verkeer werden gesteld. Opgemerkt kan worden dat Johansson & Rumar (1968) er van uit gingen dat er nog voor het betreffende object moest worden gestopt. Een ander interessant resultaat van deze serie metingen was dat de zichtbaarheidsafstand groter is als beide elkaar ontmoetende auto's hoofdlicht voeren in plaats van dimlicht (Johansson et al., 1963). Maar de winst was niet groot. Overigens is dit in overeenstemming met de nieuwere metingen uit deze serie (zie o.a. Rumar, 1970, 1972, 1973). Daaruit is gebleken dat de zichtbaarheidsafstand bij een ontmoeting van twee auto's die dezelfde verlichting voeren steeds van dezelfde orde van grootte is, onafhankelijk van wat deze verlichting is (zie ook Mortimer, 1976). Zo vond Rumar (1972, 1973) voor Europese E-dimbundel, voor Europese H-bundel (halogeen) en de Amerikaanse sealed beam ongeveer dezelfde zichtbaarheidsafstanden, terwijl eerder zeer analoge waarden waren gevonden voor Europees symmetrisch dimlicht en voor hoofdlicht, zoals hierboven is aangegeven. De zeer ongunstige resultaten gevonden door Johansson & Rumar hebben er mede toe geleid dat speciaal in Zweden zeer veel aandacht wordt besteed aan de toepassingen van gepolariseerd licht. Ook in de Verenigde Staten is mede op grond van ongunstige resultaten van metingen van zichtbaarheidsafstanden enige aandacht daaraan besteed (zie hiervoor par. 2.4.4.D).

Wanneer de zichtbaarheidsafstanden alleen worden gebruikt om twee of meer niet te zeer verschillende verlichtingssystemen met elkaar te vergelijken, zijn de grote verschillen tussen de uitkomsten van de proeven van De Boer en die van Johansson geen bezwaar. Voor het beoordelen of bepaalde verlichtingssystemen in de praktijk toepasbaar zijn, verdient het echter de voorkeur de beslissing te baseren op de metingen van Johansson, omdat daarbij uitgegaan is van zeer realistische en uitgesproken ongunstige omstandigheden (zo bestuurden de waarnemers zelf de auto in plaats van naast de bestuurder te zitten). Maar ook hier zijn bedenkingen: de voorwerpen representeren niet in alle details de feitelijke visuele taak tijdens het besturen van een auto in het normale verkeer.

Bij de beschouwingen over de zichtbaarheidsafstand moet men rekening houden met de stopafstand zelf, die in sterke mate afhangt van de snelheid, maar ook van de vereiste "schrikseconden" en de toelaatbare vertraging bij het remmen (zie hiervoor Blaauw, 1983; Schreuder, 1979a, 1981, 1983a; Johansson Rumar, 1971; Glennon, 1970; Rosemann, 1977; Riemersma, 1983, 1983a).

2.4. Mogelijke verbeteringen aan het dimlicht

2.4.1. Inleiding

Het gaat bij het verbeteren van de situatie zoals die zich voordoet bij het gebruiken van dimlicht om het verbeteren van de zichtbaarheid door het verhogen van de verlichting en het verminderen van de verblinding. Van belang is daarbij - als uitgangspunt - de huidige situatie. In de meeste landen is het dimlicht verplicht en er is een sterke druk om dit ook in andere landen te doen. Ofschoon in strijd met de opvattingen van experts en met de resultaten van onderzoek (zie par. 2.4.2.) wordt de eis van het voeren van dimlicht doorgezet door de verdedigers van de zaak van voetgangers (bijvoorbeeld Steel, 1979; Murphy, 1979).

Behalve de mate waarin voetgangers de auto's kunnen zien wordt de uniformiteit van de door auto's gebruikte verlichting vaak naar voren gehaald. Dit is vooral van belang wanneer het aan de bestuurders van de auto's zelf wordt overgelaten of zij stadslicht of dimlicht willen gebruiken. Er zijn argumenten te vinden die juist deze menging van stadslichten en dimlichten als een gevaar aanmerken (SWOV, 1969). Niet iedereen is daar echter van overtuigd: Hartill (1979) bijvoorbeeld niet.

Het argument van de uniformiteit wordt zeer veel gebruikt in overwegingen over de verkeersveiligheid (SWOV, 1967, 1969, 1971). Gedurende een zekere tijd was het zelfs een van de leidende beginselen (voor velen misschien zelfs wel het leidende beginsel bij uitstek) bij het beoordelen van verkeersveiligheidsmaatregelen. En tot op zekere hoogte lijkt dit wel degelijk juist te zijn. Er zijn vele gevallen denkbaar waarbij een ongeordende veelheid van verschijnselen, meer in het bijzonder van visuele elementen die gelijktijdig in het gezichtsveld voorkomen, een duidelijk gevaar kunnen opleveren. Ten eerste kan het gezichtsveld zeer onregelmatig worden, waardoor voorspellingen over de naaste toekomst moeilijk te maken zijn. Het is gebleken dat de voorspelbaarheid van de situatie van belang is voor de verkeersveiligheid (zie bijvoorbeeld Griep, 1972).

Ten tweede kan mede ten gevolge van een gebrek aan uniformiteit de concurrentiestrijd om een steeds groter deel van de "waarneembaarheidskoek" tot nadelige gevolgen leiden (zie Ebell et al., 1981, 1984; Ebell-Vonk et al., 1983; Schreuder, 1981a; Stoovelaar & Groot, 1976, 1977).

Het is echter zeer moeilijk om deze uitspraken en gevoelens met feiten te

staven. Ongevallenstudies geven meestal alleen maar globale resultaten. Belangrijker is dat zij geen uitsluitel kunnen geven over de oorzaak van ongevallen. Er lijkt wel degelijk grond te zijn om naar eenvormigheid - ook bij de verlichting van voertuigen - te streven, maar aan de andere kant lijkt er weinig reden te zijn om daar zeer stringent in te zijn. Het is misschien aan te bevelen om de minimaal noodzakelijke graad van eenvormigheid meer af te leiden uit beoordelingen en uit gedragsonderzoek en in mindere mate uit ongevallenstudies of uit de opinies van pressiegroepen!

Als eerste mogelijkheid om het dimlicht te verbeteren geldt het "verbeterd stadslicht", als signaallicht te combineren met goede openbare verlichting ten behoeve van de zichtbaarheid. In de volgende paragrafen worden enkele alternatieven besproken die vaak naar voren worden gebracht, en waarvan men stelt dat ze onmiddellijk of in de naaste toekomst kunnen worden toegepast. Voorts worden enkele alternatieven besproken die eerst over tamelijk lange tijd operationeel kunnen worden gemaakt. Aanvullend onderzoek op deze gebieden wordt besproken in Schreuder (1976, 1982).

2.4.2. Verbeterd stadslicht

De meest voor de hand liggende oplossing van de geschetste problemen is het scheiden van de twee functies van de verlichting. Op de voertuigen worden lichten aangebracht die alleen (of vrijwel alleen) als signaallichten dienst doen. De zichtbaarheid van de weg, met alles erop en erbij dat van belang kan zijn, wordt geleverd door openbare verlichting die aan de desbetreffende eisen voldoet. De autoverlichting is daarbij een afgeleide van het standaard stadslicht - vandaar de term "verbeterd stadslicht". We zullen hier dieper op ingaan; niet alleen omdat het een goede oplossing lijkt te zijn, maar ook omdat het een nauwe relatie heeft tot de kwaliteit van de openbare verlichting. Het feit dat door de huidige wettelijke voorschriften in Nederland en vele andere landen het dimlicht verplicht is en het gebruik van verbeterd stadslicht dus niet geoorloofd is, maakt de bespreking van het verbeterd stadslicht niet minder zinvol. Integendeel, het moet wel degelijk tot de mogelijkheden worden gerekend dat in de toekomst wordt ingezien dat het algemeen voorschrijven van dimlicht helemaal niet de optimale oplossing is - een opvatting die reeds bij herhaling door professionele internationale organisaties naar voren is gebracht (CIE, 1974; OECD, 1971, 1976, 1980). Dit standpunt wordt ondersteunt door de Deense automobilistenfederatie (Anon, 1973) en door Pools onderzoek (Golebiowski, 1976) (zie ook Forbes et al., 1971; Gallagher & Janoff, 1972; Gallagher & Meguire, 1974; Svensson, 1968;

Würger, 1961; Fisher, 1970a, 1974; Gallagher et al., 1973; Holmes, 1976; Schreuder, 1976; Dahlstedt, 1973; Irving & Yerrell, 1975).

Attwood (1976) pleit voor een licht waarvan de lichtsterkte 31% bedraagt van een normaal dimlicht; Fisher (1974) pleit voor tenminste 10% en een diameter van meer dan 150 mm. Horberg & Rumar (1975) sluiten hierbij aan: zij streven naar een licht van ongeveer 100 cd als optimale lichtsterkte voor een "verbeterd stadslicht" (of een night-time running light). Dit komt overeen met de SWOV-aanbeveling (SWOV, 1969).

Wellicht zal de overweging dat dimlicht veel meer energie vraagt dan stadslicht, bijdragen tot een herbezinning op de ingenomen standpunten. Het is een misvatting dat dimlicht niets kost omdat de autodynamo toch meedraait. Het lampvermogen moet uiteindelijk door de motorbrandstof worden geleverd. In Bijlage I zijn een paar berekeningen gegeven, gebaseerd op een idee gegeven door Edman (1973). Hieruit blijkt dat ook dimlicht een aanzienlijke hoeveelheid energie (en ook geld) kost. Hauttala (1977) rekent met een besparing van 0,4 tot 0,7 liter per 100 km wanneer, ten gevolge van openbare verlichting, het dimlicht niet hoeft te worden gebruikt. Merkwaardig is dat het argument van het energieverbruik, dat zo weinig gewicht krijgt bij de keuze van de wijze van verlichting bij duisternis, wel zwaar wordt gewogen bij de beoordeling van de wenselijkheid om overdag licht te voeren.

Merkwaardig is dat men vroeger positiever stond tegenover de combinatie van signaallichten en goede straatverlichting. Zo pleitte Schmidt (1966) voor het gebruik van stadslichten, let wel: in Duitsland. Het is interessant om eens na te gaan hoe het gebruik van dimlichten is gegroeid, en op welke gronden (OECD, 1971).

In Engeland doet zich hetzelfde voor. De baanbrekende proeven in Birmingham zijn eerst beschouwd als een aanwijzing dat stadslicht te verkiezen is boven dimlicht, gezien vanuit het standpunt van de voetganger. De proeven zijn beschreven in Anon (1963, 1964) en Newby (1963) (zie ook Christie, 1968; Schreuder, 1976a; SWOV, 1969; CIE, 1960, OECD, 1971. Maar recentelijk wordt aan de hand van de resultaten van dezelfde proeven betoogd dat dimlicht beter is! (Hartill, 1979; zie ook Steel, 1979 en Murphy, 1979; Davidson, 1980). Op grond van deze overwegingen is men tenslotte in Engeland ertoe overgegaan om "dim-dip" verplicht voor te schrijven; alle auto's van bouwjaar 1985 en later dienen van een "verbeterd stadslicht" te zijn voorzien. Interessant is te vermelden dat deze maatregel afwijkt van de gangbare voorschriften in de Europese Economische Gemeenschap; de Europese Commissie heeft derhalve Engeland voor het Europese Hof in Straatsburg gedaagd.

Het gaat, zoals gezegd, bij het verbeterde stadslicht om een signaallicht dat enerzijds voldoende duidelijk moet zijn om goed op te vallen; anderzijds geen verblinding mag opleveren. In de loop van de jaren is veel onderzoek uitgevoerd aangaande de optimale lichtsterkte van signaallichten. Hieronder wordt een overzicht gegeven; een uitgebreide discussie ervan is te vinden in Schreuder (1976a). Daar zijn ook andere aspecten besproken, zoals: kleur, locatie, arrangementen enz.; zaken die in detail zijn uitgewerkt door Roszbach (1974). Betreffende de optimale lichtsterkte zijn de volgende onderzoeken interessant om te vermelden:

A. Proefnemingen uitgevoerd onder auspiciën van de GTB

In 1960 zijn proefnemingen in Phoenix, Arizona uitgevoerd onder auspiciën van de GTB. Uit deze resultaten heeft De Brabander (1972) afgeleid dat voor "positielichten" aan de voorkant van auto's de optimale lichtsterkte 20 cd bedraagt (zie ook De Brabander, 1971). De proefnemingen zijn onder gunstige omstandigheden, en bovendien stationair uitgevoerd. Pocci (1960) heeft iets lagere waarden opgegeven. Het is niet zeker dat het daarbij over dezelfde serie proefnemingen gaat.

B. Proefnemingen in Nederland met signaallichten

In de vijftiger jaren zijn in Nederland een aantal proefnemingen uitgevoerd, die echter niet zijn gepubliceerd. De resultaten ervan hebben een belangrijke rol gespeeld bij het opstellen van NEN 3322, de norm Verkeersregelinstallaties (verkeerslichten). Hoewel de omstandigheden voor signaallichten voor voertuigen en voor het wegverkeer niet geheel gelijk zijn, bestaat er overeenstemming met betrekking tot de aan te bevelen lichtsterkte. Voor nachtsituaties is in NEN 3322 aanbevolen: tenminste 25 cd en ten hoogste 200 cd (zie NNI, 1972, 1973; Anon, 1973a). Deze waarden zijn in grote lijnen overgenomen in CIE (1980a; 1984c) (zie ook Schreuder, 1977a, 1980, 1981b, 1981c). Een gedeelte van de waarnemingen is meer toegespitst op stadslichten. Bij stationaire proeven op goed verlichte wegen bij helder weer vond Balder (1956) dat een lichtsterkte tussen 5 cd en 20 cd meestal voldoende was.

Uit een studie van Schreuder (1966) blijkt dat de toenmalige, gangbare stadslichten behoorlijk aan die waarden voldeden. Sindsdien zijn er geen systematische onderzoeken uitgevoerd, maar het heeft er alle schijn van dat in de praktijk de signaallichten van auto's, ook de stadslichten, zijn verbeterd en een grotere intensiteit hebben gekregen.

C. Proefnemingen uitgevoerd door de SWOV

In het kader van het onderzoek "Stads- en dimlichten" zijn onder auspiciën van de SWOV een aantal proefnemingen uitgevoerd waarbij werd onderzocht hoe het gedrag van voetgangers afhangt van de intensiteit van de door een auto gevoerde lichten. Uit de proefnemingen zijn onder meer de volgende conclusies getrokken (SWOV, 1969):

- "1. Onder de bij de proefnemingen gebruikte omstandigheden hangt de keuze van de beslissing wel/niet oversteken niet op aantoonbare wijze af van de lichtsterkte van de door een enkele naderende auto gevoerde lichten, indien deze groter is dan 0,3 cd en kleiner dan 300 cd.
2. Onder de bij de proefnemingen gebruikte omstandigheden hangt de keuze niet op aantoonbare wijze af van het niveau van de wegverlichting.
3. Wanneer de conflictsituatie verlicht voertuig - overstekende voetganger mede beïnvloed wordt door de intensiteit van de door het voertuig gevoerde lichten, is het op grond van eliminatie van mogelijkheden te verwachten dat het bedoelde conflict het resultaat is van het tegelijk in het gezichtsveld voorkomen van voertuigen met lichten met sterk uiteenlopende intensiteit.
4. Conclusie 3 leidt tot wensen betreffende uniformiteit van voertuiglichten. De ligging van het optimum wordt ten eerste bepaald door de wens naar een zo hoog mogelijke lichtsterkte ter verkrijging van maximale opvallendheid, en ten tweede door de wens naar een lage lichtsterkte ter vermindering van verblinding".

D. Proefnemingen in Australië

Fisher & Hall (1970) hebben proefnemingen beschreven, waarbij de reacties van weggebruikers zijn onderzocht ten opzichte van "verbeterd stadslicht". Deze experimenten zijn als volgt uitgevoerd: Steeds ontmoetten drie automobilisten een groep van zes tegenliggers, gedeeltelijk in een bocht, gedeeltelijk op een rechte weg. In de ene helft van de ontmoetingen voerden de tegenliggers standaard (Anglo-Amerikaanse) dimlichten, en in de andere helft de experimentele "town-beam". Dit was een standaard dimlicht waarvan de lichtstroom tot op 10% was teruggebracht.

De 12 proefpersonen fungeerden bij toerbeurt als bestuurder, passagier of voetganger. De proefpersonen werden ondervraagd omtrent hun indruk van comfort en zichtbaarheid. De proeven zijn herhaald, zodat er in totaal 24 stel beoordelingen zijn geleverd.

De mening over het kunnen zien van voetgangers door bestuurders was als volgt: 8 voorkeur voor dimlicht, 9 geen voorkeur, 7 voorkeur voor "town-beam". Wanneer de waarnemers als voetganger optraden werd er in vrijwel alle

gevallen (23 van de 24) een duidelijk verschil gemaakt tussen de subjectieve beoordeling van de twee lichten, en werd de "town-beam" aanzienlijk beter gevonden dan het dimlicht. Bij het oversteken als voetganger werd in 5 gevallen de voorkeur gegeven aan dimlicht, in 6 gevallen geen voorkeur, en in 13 gevallen voorkeur voor "town-beam". Dit resultaat bleek niet significant te zijn. Dit is in overeenstemming met het onderzoek van Jacobs (1968). Hoewel er dus een voorkeur bestond voor de "town-beam" lijkt het toch wat voorbarig om meteen de aanwezigheid en het gebruik van "town-beam" verplicht te stellen, zoals Fisher & Hall (1970) suggereren.

E. Proefnemingen uitgevoerd in Groot-Brittannië

Door Fisher (1974) is verslag uitgebracht over proefnemingen die door de Universiteit van Birmingham zijn uitgevoerd.

Bij deze proeven is onderzocht op welke wijze markeringslichten van voertuigen in verlichte straten door waarnemers werden beoordeeld.

Gevarieerd werden de wegverlichting (gemiddelde wegdekkluminantie tussen 0,06 cd/m² en 1,35 cd/m²), de afmetingen van de lichten (diameter 178, 102 en 56 mm) en de intensiteit in acht stappen over een gebied van 1 cd tot 10⁵ cd. Het gebied besloeg dus enerzijds slechte stadslichten en anderzijds hoofdlicht. Voorts werden zowel statische als dynamische proeven uitgevoerd. De beoordelingen betroffen de opvallendheid (conspicuity) en verblinding (discomfort glare).

De slotconclusie van deze studie luidt als volgt:

Deze en vroegere onderzoeken geven aan dat stadslichten niet voldoende opvallend zijn en dimlichten te verblindend om te worden gebruikt in stadsstraten met voldoende openbare verlichting. Derhalve lijkt een "town-beam" noodzakelijk, zowel voor veiligheid als voor comfort.

De optimale oplossing lijkt te zijn een licht, afgeleid van het gangbare dimlicht - bijvoorbeeld door automatisch "dimmen" - met een lichtsterkte recht vooruit van 80 cd. Dit is in overeenstemming met andere onderzoeken (Jehu, 1965; SWOV, 1969; Fisher & Hall, 1970; Sabey, 1971).

Op basis van al deze overwegingen komt Schreuder (1976a) tot de volgende slotconclusie omtrent het "verbeterde stadslicht": De intensiteit van signaallichten aan de voorzijde van auto's - die meer functies hebben dan alleen de aanwezigheid te signaleren - dient bij voorkeur niet lager dan circa 20 cd te zijn en niet hoger dan circa 100 cd (zie ook SWOV, 1969).

We zullen deze bespreking van het "verbeterde stadslicht"-concept besluiten met de opmerking dat het zoeken naar een optimale signalering van voertuigen niet moet worden geïnterpreteerd als zogenaamd autocentrisch denken. Het uitgangspunt is dat veel ongevallen gebeuren ten gevolge van conflicten (van botsingen) tussen auto's enerzijds en onbeschermden verkeersdeelnemers anderzijds. Nu zijn deze onbeschermden verkeersdeelnemers (fietsers en voetgangers) meer gebaat bij effectieve maatregelen om het aantal en de ernst van deze conflicten te verminderen dan bij het ingaan op de op zichzelf legitieme vraag bij wie van de betrokken partijen (gewoonlijk, of meestal, of vaak) de verantwoordelijkheid voor het gebeurde dient te worden gelegd. Anders gezegd: goede signaallichten op auto's zijn allereerst ten behoeve van voetgangers en fietsers. Het lijkt daarom nuttig om het onderzoek door een optimale signaalverlichting van auto's dat door de verplichting van het voeren van dimlicht voortijdig is afgebroken, opnieuw op te nemen (zie par. 2.6.).

2.4.3. Andere verbeteringen in het dimlicht

In het voorafgaande is verklaard hoe uit een combinatie van ideeën zoals die bij het Europese symmetrische dimlicht en bij het Amerikaanse sealed beam bestonden, de Europese asymmetrische dimbundel is ontstaan. Deze dimbundel heeft in het verleden redelijk voldaan, maar het is mogelijk dat op basis van nieuwe ontwikkelingen en beter (of tenminste een ander) compromis ontwikkeld kan (of moet) worden. Dit heeft enerzijds te maken met technische ontwikkelingen (halogeenlampen, lenzen en reflectoren van kunststof), esthetische verlangens (rechthoekige koplampen), maar ook met de ontwikkelingen in het verkeer zelf. Daarbij wordt veel aandacht besteed aan het verminderen van het energiegebruik ten behoeve van het (weg-)verkeer, meer in het bijzonder van het brandstofgebruik van auto's. Dit heeft geleid tot een grote nadruk op de reductie van de luchtweerstand. We hebben reeds aangegeven dat deze nadruk kan leiden tot ongewenste ontwikkelingen. Er wordt dan ook veel aandacht besteed aan het ontwikkelen van een nieuwe optimale lichtverdeling voor autolantaarns (zie hiervoor bijvoorbeeld Watson, 1970, 1970a, 1970b; Zechnall, 1962, 1966; Behrens, 1972; Devaux, 1970).

Proefnemingen omtrent de eigenschappen die aan een betere dimbundel zouden moeten worden gesteld, zijn beschreven door Helander et al. (1978). Dit heeft niet veel opgeleverd, vooral wegens tekortkomingen in de opzet van de proef.

De Boer (1973) heeft ten behoeve van de ontwikkeling van verbeterde dimbundels een nieuwe beoordelingssysteem voorgesteld. Maar ondanks al deze aan-

zetten is er van nieuwe ontwikkeling nog nauwelijks sprake (Bjørset, 1983). Nader onderzoek is dan ook dringend gewenst (par. 2.6.).

Een alternatief voor een nieuwe dimbundel kan worden gevonden in het "three beam system" of "mid beam system" waar een extra bundel wordt voorgesteld die het "gat" tussen het traditionele dimlicht en het traditionele hoofdlicht opvult. Deze extra bundel zou dan speciaal voor auto(snel)wegen gebruikt worden, met als gevolg dat het gewone (nieuwe) dimlicht, dat voor lage snelheid bedoeld is, minder verblindend zou kunnen zijn door het huidige dimlicht (zie Mortimer, 1976; Jorgensen, 1974; Anon, 1973a; Hemion et al., 1973; Schmidt-Claussen, 1975; Wichert, 1971). In de V.S. is een dergelijk tussenlicht intussen toegelaten zonder dat overigens de regels voor het dimlicht zijn aangepast. Een aantal jaren geleden zijn ook in Duitsland voorstellen voor een dergelijke "derde bundel" (Autobahn-scheinwerfer) gedaan, zonder blijvend resultaat.

Schreuder (1971) heeft een voorstel gelanceerd om tot een geïntegreerd systeem van automobielerverlichting te komen. Dit voorstel is als Bijlage 2 aan dit rapport toegevoegd.

Voorts zijn voor de toekomst, vooral voor de lange termijn, diverse alternatieven mogelijk die een goede oplossing kunnen geven voor het probleem van de voertuigverlichting. De meeste van de hier te noemen oplossingen zijn technisch redelijk goed uitvoerbaar. Van enkele hiervan bestaan voorbeelden op laboratoriumschaal of op technische schaal. In alle gevallen geldt echter dat nog onderzoek nodig is om te kunnen bepalen of de systemen werkelijk voor toepassing in aanmerking kunnen komen - mede betreffende de daarmee gemoeide kosten. Al dit onderzoek zal nog lange tijd duren zodat op korte termijn (tenminste de eerste 5 à 10 jaar) geen oplossing te verwachten is.

A. Beweegbare koplampen. In sommige voorstellen wordt een scherp begrensde bundel zo gestuurd door het licht van de tegenligger, dat de bestuurder van de tegemoetkomende auto juist buiten de bundel blijft en dus niet wordt verblind. Wellicht kan dit voorstel in de toekomst tot een bruikbaar systeem worden ontwikkeld; voorlopig zijn echter nog vele technische, juridische en economische problemen niet opgelost (Hicks, 1970; Yerrell, 1976; Moore, 1976; Finkelman, 1975).

B. Nog verder van een technische realisering is de toepassing van "narrow band monochromatic light" en "gated viewing". Er wordt hier volstaan met deze mogelijkheden te noemen (zie bijvoorbeeld Devaux, 1974).

C. Een geheel andere richting gaat het onderzoek naar de mogelijkheden om het visuele systeem (deels of geheel) uit te schakelen bij het verschaffen van informatie. Op dit gebied wordt veel onderzoek uitgevoerd en bestaat er zeer uitgebreide literatuur. Een volledige automatisering van het verkeer zal echter nog veel tijd en veel geld kosten. Het grootste deel van het wegennet komt hiervoor wellicht nooit in aanmerking. Voor alle gedeeltelijk geautomatiseerde systemen die momenteel als reëel toepasbaar wordt beschouwd, blijft een aanzienlijke hoeveelheid visuele informatie nodig. Langs deze weg kan nauwelijks een oplossing van het probleem, dat in dit rapport wordt behandeld, worden verwacht - en zeker niet op korte termijn.

2.4.4. Alternatieven

Er is nog een aantal alternatieven aan te geven die ertoe kunnen bijdragen dat de situatie zoals die zich voordoet bij het gebruik van dimlichten, kan worden verbeterd. Omdat deze alternatieven buiten het eigenlijke onderwerp van deze studie vallen, zullen we er slechts zeer in het kort op ingaan.

A. Verbetering van de wegmarkeringen. Dit hulpmiddel kan effectief zijn voor bepaalde onderdelen van de "rijtaak", met name voor het handhaven van de laterale positie (zie Riemersma, 1983; Schreuder, 1983a). Wanneer retro-reflecterende wegmarkeringen worden toegepast, die gedurende lange tijd en ook bij regen en sneeuw hun werking behouden, kan een bijdrage tot de zichtbaarheid worden geleverd. Omdat ten eerste een "soort" dimlicht nodig is en ten tweede obstakels hiermee niet zichtbaar worden, betekenen goede wegmarkeringen geen afdoende oplossing voor het probleem van de nachtzichtbaarheid. Ze kunnen er echter wel in belangrijke mate toe bijdragen (zie bijvoorbeeld Frédéric, 1972, 1975 en OECD, 1975, 1980). Meer recent zijn ook studies uitgevoerd die met name ten doel hebben de zichtbaarheid van wegmarkeringen 's nachts bij natte wegen en bij afwezigheid van openbare verlichting te verbeteren (Schreuder, 1978c, 1983a, 1986; zie verder Anon, 1975; SCW, 1974, 1984; Blaauw, 1980, 1983; Tooke & Hurst, 1975; Riemersma, 1979, 1983, 1983a; Anon, 1973e; CIE, 1984a).

Het blijkt dat vooral reflecterende markeerknoppen en geprofileerde wegmarkeringen goede oplossingen kunnen bieden (zie hiervoor ook SCW, 1984a; Schreuder, 1981d). Vermeld kan nog worden dat door toepassing van rubberbladen en hete lucht het probleem dat wegmarkeringen (vooral markeerknoppen) vernield worden door sneeuwpluogen, als opgelost kan worden beschouwd

(Schreuder, 1981d; OECD, 1975; Anderson, 1971; Hogervorst & Clee, 1977; Anon, zj., 1978). In dit verband kan, hoewel zijdelings, de leesbaarheid van bewegwijzering worden vermeld. Overzichten van deze materie zijn gegeven door Van Norren (1977, 1981); CIE (1987); Terstiege (1977); Anon, (1971c).

B. Anti-verblindingschermen. Op wegen met gescheiden rijbanen kan in vele gevallen de verblinding door tegenliggers aanzienlijk gereduceerd of zelfs vermeden worden door het aanbrengen van anti-verblindingschermen. Esthetisch het meest bevredigend is een begroeiing met struiken, heesters, enz. (zie Van Wisselingh et al., 1953, p. 252 e.v.). Begroeiingen laten zich niet steeds goed combineren met de beveiligingsconstructies, die in de middenbermen worden geplaatst om doorkruisingen te voorkomen (Asmussen, 1970, 1970a; Slop, 1970; Thoënes & Slop, 1969). Bij kunstmatige anti-verblindingschermen die wel met bermbeveiliging kunnen worden gecombineerd, moet gestreefd worden naar een geringe windvang, een zo goed mogelijk doorzicht in richtingen loodrecht op de langsrichting van de weg en het vermijden van hinderlijke periodieke lichtflitsen bij het rijden dicht lang het scherm. Veelal wordt ervan uitgegaan dat de afscherming voldoende is wanneer de schijnbare intensiteit van hoofdlichten teruggebracht wordt tot die van normale dimlichten. Een niet-gepubliceerd onderzoek op dit gebied is samengevat in Schreuder (1984c) (zie ook Anon, 1970).

Een onderzoek in Engeland heeft uitgewezen dat anti-verblindingschermen een duidelijke bijdrage kunnen leveren tot de verkeersveiligheid (Yerrell, 1976; Irving & Yerrell, 1975; Cobb, 1977; Walker & Chapman, 1980). Hetzelfde bleek ook in de V.S. (Hellriegel, 1978), maar er zijn ook studies waaruit het tegendeel schijnt te blijken (Anon, 1965; zie verder Coleman & Sachs, 1969; Hofer, 1962; Lyons, 1971). De soms naar voren gebrachte zorg dat een scherm zou aanzetten tot meer gebruik van de hoofdbundel, lijkt ongegrond te zijn (Dunnell, 1976). Anti-verblindingschermen kunnen soms wel, soms niet worden gecombineerd met middenbermbeveiligingsconstructies (Van de Pol & Slop, 1969).

Overigens moet bij het afwegen of een weg voor openbare verlichting in aanmerking komt rekening worden gehouden met dergelijke beveiligingsconstructies en eventuele anti-verblindingschermen - ook wat betreft de kostenfactoren (zie Schreuder, 1972b, 1972c; OECD, 1975a).

C. Retroreflectoren. Toepassing op grotere schaal van betere retroreflectoren is nuttig voor die gevallen waarbij het dimlicht wordt gereden. Signalering of voor-waarschuwing van obstakels is mogelijk. Een algemene oplossing

van dit probleem is hiermee niet mogelijk zolang de verblinding door dimlichten (of zelfs hoofdlichten) blijft bestaan en obstakels zonder retroreflectoren blijven voorkomen. De toepassing van retroreflectoren wordt in een ander rapport besproken (Schreuder, 1984d).

D. Gepolariseerd licht. Een radicale, en zoals het er op het ogenblik naar uitziet, afdoende oplossing van het probleem van de verblinding is gelegen in de toepassing van gepolariseerd licht. Door het onderling gekruist aanbrengen van polariserende filters voor de koplamp en voor de ogen van de bestuurder kan verblinding vrijwel volledig worden vermeden en kan een verhoging van de zichtbaarheid worden verkregen. Het systeem is technisch vrijwel geheel uitgewerkt. Overzichten van de mogelijkheden zijn gegeven door Land (1948); Billings & Land (1948); Jehu (1956a, 1963, 1956); OECD (1976a); Farber et al. (1971); Land & Chubb (1950); Rumar et al. (1970); Rumar (1970); Hemion (1968, 1969); Schwab & Hemion (1971); Van Bommel (1970).

Gewoonlijk denkt men hierbij aan een systeem waarbij door een polarisator voor of in de lantaarn het natuurlijk licht wordt omgezet in lineair gepolariseerd licht. Dit licht wordt door de meeste oppervlakken gedepolariseerd en wordt door de dicht bij het oog (bijvoorbeeld in een bril) geplaatste analysatoren doorgelaten. Licht direct afkomstig van de lantaarns van tegenliggers echter niet; hierdoor kan de verblinding vrijwel volledig worden onderdrukt. Door toepassing van halogeenlampen en wisselstroomgeneratoren kan de, in de polarisatiefilters optredende, absorptie worden gecompenseerd door een vier- tot vijfvoudige lamplichtstroom. De visuele omstandigheden bij een gepolariseerd systeem hebben veel weg van die behorende bij het huidige hoofdlicht, maar blijven ook bestaan wanneer tegenliggers ontmoet worden (Johannson & Rumar, 1968a; zie ook Roper, 1948; Johannson & Rumar, 1968 en Billings & Land, 1948).

Er blijven nog een aantal technische problemen over. Het onderzoek op dit gebied dat vooral plaatsvond in Zweden, de Verenigde Staten en Duitsland ligt echter vrijwel stil. Een overzicht van de literatuur is gegeven door Cooper (1970) en, meer recent, in OECD (1976a) (zie ook Yerrell, 1976; Moore, 1976; Zehender, 1973; Schmidt-Clausen & Van Bommel, 1972).

Door de OECD is een uitgebreide studie uitgevoerd wat betreft de praktische uitvoerbaarheid van dit systeem. Geconcludeerd is dat er eerst nog een proefneming op grote schaal nodig is om te onderzoeken of ten eerste het systeem voor het publiek aanvaardbaar is (onderhoud aan auto's; eventuele hinder voor voetgangers en fietsers) en ten tweede of er van een zodanig

grote reductie in ongevallen sprake is dat de invoering van gepolariseerd licht op basis van kosten-baten verantwoord is (zie hiervoor OECD, 1976a; Hemion, 1969; Rumar & Ingelstam, 1971). De proefnemingen zijn gestopt wegens gebrek aan onderzoekfondsen. Nu de belangstelling van de veiligheid van autobestuurders weer toeneemt, komt ook het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van gepolariseerd licht weer opnieuw in aanmerking.

2.5. Conclusies betreffende dimlichten

1. De gangbare typen dimlicht ("E", Anglo-Amerikaans of halogeen) zijn niet te beschouwen als een optimaal compromis tussen "veel verlichten" en "weinig verblinden", met name niet voor drukke (stads)straten die van openbare verlichting zijn voorzien. Voor wegen buiten bebouwingen, zeker wanneer ze een geringe verkeersbelasting hebben, is het huidige dimlicht een redelijke oplossing. Daarbij moet er mee rekening worden gehouden dat het dimlicht bij hoge snelheid geen hoge graad van verkeersveiligheid waarborgt. Overigens wordt het dimlicht, zoals reeds eerder is aangeduid, beschouwd als "basisverlichting".
2. Het gangbare stadslicht is veelal te zwak om te dienen als positielicht, hoewel de laatste jaren een duidelijke verbetering is te constateren.
3. Het optimale licht voor de voorkant van motorvoertuigen, te gebruiken op wegen met een goede openbare verlichting, dient een lichtsterkte te hebben die lager is dan het huidige dimlicht, maar hoger dan het huidige stadslicht. Als voorlopige waarde dan worden gedacht aan een gebied tussen ca. 20 cd en ca. 100 cd.
4. Een dergelijk "verbeterd stadslicht" kan een goede bijdrage leveren tot het zichtbaar maken van voorwerpen die van retroreflecterend materiaal zijn voorzien. In andere opzichten echter is de bijdrage tot de zichtbaarheid gering of afwezig, maar dit kan worden ondervangen door een redelijke openbare verlichting.
5. Experimenteel onderzoek wijst in de richting van het feit dat voetgangers en autobestuurders de voertuigverlichting op een analoge wijze beoordelen. Bij gebrek aan gegevens mag niet worden besloten dat dit voor alle voetgangers, met name kinderen en bejaarden, geldt.
6. Er kan een aantal alternatieven worden genoemd om de vraag van de meest geschikte autoverlichting voor verlichte straten te beantwoorden. Behalve het "verbeterd stadslicht" in combinatie met redelijke openbare verlichting komt er echter geen enkele in aanmerking voor algemene toepassing op korte termijn.

Bezwaren zijn:

- ze leveren slechts een oplossing voor bepaalde deelaspecten;
- ze zijn niet algemeen toepasbaar;
- ze dienen als (verre) toekomstprojecten te worden beschouwd;
- de kosten zijn buitensporig hoog (naar Schreuder, 1976).

2.6. Aanbevelingen voor nader onderzoek

Uit de bespreking van het onderwerp over de verlichting door middel van dimlichten die door motorvoertuigen worden meegevoerd, blijkt enerzijds dat er ontwikkelingen te constateren zijn die niet gunstig zijn voor de verkeersveiligheid. Nader onderzoek lijkt in een aantal gevallen aangewezen. Hier zullen alleen de onderwerpen die voor nader onderzoek in aanmerking komen, in algemene termen worden aangegeven. Een nadere analyse van de daarbij behorende onderzoeks- en beleidsvragen zal worden opgenomen in de per onderwerp op te stellen onderzoekopzet. De hieronder volgende opsomming is niet systematisch en zelfs niet geheel volledig. De aandacht is allereerst gericht op onderwerpen waarvoor onderzoek niet alleen gewenst is maar waarbij tevens resultaat verwacht mag worden.

A. Functionele aspecten van verlichting door middel van autolantaarns, meer in het bijzonder van dimlichten. Hierbij moet aan de ene kant worden gezocht naar de visuele elementen die ten opzichte van het optimaal vervullen van de verkeerstaak kritisch zijn, anderzijds naar de functionele verstoringen die bij praktijktoepassingen kunnen optreden.

B. Gewenst daarbij is het kunnen beschikken over meer, en meer algemeen geldige, gegevens omtrent de autoverlichting zoals die in het werkelijke verkeer voorkomt.

C. Tevens is van belang de invloed te onderzoeken op de zichtbaarheid die kan worden bereikt en de verblinding die kan worden ondervonden van afzonderlijke versturende factoren zoals:

- invloed van belading van de auto;
- invloed van vuil, water op de lantaarn en beschadigingen aan de lantaarns; (waarbij de invloed van regen in de lucht en water op de autovoorruij mede moeten worden beschouwd)
- invloed van het wegprofiel (verkanting enz.);
- invloed van de rijsnelheid;

- invloed van fouten in de afstelling van de lantaarns;
- invloed van onnauwkeurigheden in de uitrichtapparatuur;
- invloed van keuringsprogramma's (APK enz.).

Deze invloeden zijn niet steeds bekend, vooral niet voor modernere auto's (daarbij inbegrepen vrachtauto's, motorfietsen enz.).

D. Deze gegevens zijn noodzakelijk om onderzoek te kunnen onderbouwen naar een "betere" dimbundel. Men kan daarbij wellicht aansluiten bij de studies omtrent de zgn. "wereldbundel" die tot doel heeft een bundelpatroon te creëren dat zowel in Amerika als in Europa kan worden geaccepteerd en daarmee in het grootste gedeelte van de wereld kan worden toegepast. Daarbij moet aan de volgende aspecten aandacht worden besteed:

- invloed van de "styling" van de auto's die in sterke mate wordt beïnvloed door het streven naar een aerodynamisch gunstige vorm;
- noodzaak van licht boven de horizon ten behoeve van het waarnemen van verkeerstekens en wegwijzers;
- invloed van de scherppte van de coupure in verband met de invloed van afstel- en uitrichtfouten;
- de invloed van het tegelijk voorkomen van vele tegenliggers (veelvoudige verblinding).

E. Een hulpmiddel daarbij is het door Ford ontwikkelde Chess-programma. Een aanpassing aan de Europese situatie is echter nodig vooraleer het programma kan worden gebruikt.

F. Tenslotte dient nader onderzoek te worden uitgevoerd naar de praktische toepasbaarheid van "stadslicht nieuwe stijl" (zie ook par. 3.6).

3. DE SIGNALERING EN MARKERING VAN AUTO'S

3.1. Structurering van informatie

We hebben hiervoor (par. 1.4) reeds een paar inleidende opmerkingen gemaakt over signalering en markering, waarbij een aantal begrippen zijn omschreven. We hebben gezien dat het gaat om het overbrengen van visuele informatie, en meer in het bijzonder over het coderen ervan. Uiteraard moet bekend zijn welke informatie moet worden overgedragen voordat men deze informatie kan gaan coderen. Het is echter slechts ten dele bekend welke informatie nu eigenlijk nodig is. Men kan wel zeggen dat de benodigde informatie door de noodzakelijke manoeuvre wordt bepaald. Deze manoeuvre hangt op zijn beurt weer van de aard, plaats e.d. van het desbetreffende voorwerp af en meer in het algemeen van de omgeving. Daardoor worden de problemen alleen maar groter: kennelijk is het bijvoorbeeld niet voldoende om een voertuig op een bepaalde wijze te markeren omdat de over te dragen informatie niet alleen betrekking heeft op het feit dat het voorwerp een voertuig is, maar ook op hetgeen een dergelijk voertuig doet of zal doen!

Coderingsprocessen kunnen betrokken worden op stilstaande en op bewegende voorwerpen. Stilstaande voorwerpen kunnen worden vermeden als de bestuurder voldoende op de hoogte is omtrent de beweging van het eigen voertuig en over de informatie kan beschikken omtrent aard, plaats en afstand tot het stilstaande voorwerp. Als het voorwerp zelf ook beweegt is veel meer informatie nodig. Deze omvat dan niet alleen de richting waarin het voorwerp beweegt, de plaats, afstand en aard, maar vooral de veranderingen die zich op korte termijn in de bewegingsrichting zullen voordoen.

Voorts hebben we te maken met de codering zelf. Voor codering wordt de aanwezigheid verondersteld van een (menselijke) waarnemer die de boodschap kan decoderen. Daartoe moet hij natuurlijk de sleutel bezitten. Ofschoon dit vanzelfsprekend lijkt wordt dit toch vaak over het hoofd gezien. Ook dient men aandacht te besteden aan de mogelijkheden om de betreffende informatie in code te presenteren.

Men is er in het verleden meestal van uitgegaan dat voorwerpen als zodanig voldoende duidelijk waren. Zolang het voorwerp zichtbaar was (overdag bijvoorbeeld) werd het niet nodig geacht om het van enige verdere tekens te voorzien ter aanduiding van de plaats, bewegingsrichting, veranderingen daarin of de aard van het voorwerp. Voor de nacht, wanneer het voorwerp zelf niet zichtbaar is, werden bepaalde soorten signaallichten ingevoerd. In

principe geldt dit nog steeds. Vooral door de verschijning van verschillende 'soorten' motorvoertuigen, werden ook signalen voor gebruik overdag nodig. Als we dit in verlichtingstermen vertalen betekent het dat de voorwerpen hetzij verlicht worden door lichtbronnen buiten het voorwerp hetzij van signaallichten worden voorzien. In de praktijk blijkt in de meeste gevallen een combinatie van deze twee systemen het meeste effect te sorteren. De overdracht van informatie 's nachts gebeurt als volgt: de meeste voorwerpen worden verlicht door lampen die op de voertuigen aanwezig zijn of door stationaire lichten. Daarnaast zijn de meeste grotere (gevaarlijke) voorwerpen van eigen signaallichten voorzien. Hun aanwezigheid en aard wordt daarmee aangegeven, alsmede in welke richting zij zich bewegen en in welk opzicht deze bewegingsrichting zich zal wijzigen.

Het probleem van de signalering van voorwerpen en in het bijzonder van motorvoertuigen is bepaald niet opgelost. Met name hebben vele van de voorstellen voor signaleringssystemen de neiging voorbij te gaan aan het feit dat een voertuig niet op zichzelf kan worden beschouwd maar altijd deel uitmaakt van een gewoonlijk zeer gecompliceerde visuele omgeving. Gewoonlijk wordt aangenomen dat het voorwerp zijn eigen aard voldoende duidelijk te kennen geeft. Dit betekent dat de verlichting voldoende kan worden geacht indien de kenmerkende trekken zichtbaar zijn op een afstand die voldoende tijd (of ruimte) laat om de gekozen manoeuvre uit te voeren. Voor de juiste beslissing moet men het voorwerp herkennen, in een categorie onderbrengen en de plaats en bewegingsrichting ervan bepalen. Daarom is het niet genoeg dat een dergelijk voorwerp alleen maar wordt ontdekt.

Een voorwerp kan alleen dan worden gezien, als het contrast in luminantie tussen het voorwerp en de directe achtergrond ervan boven een bepaalde minimum waarde ligt. Dit minimum hangt af van de adaptatietoestand in verband met de aanwezigheid van bronnen van verblinding en van een aantal andere parameters, zoals: het oog van de waarnemers, de omvang, vorm en kleur van het voorwerp en de samenstelling van het gezichtsveld.

Men veronderstelt dat het waar te nemen voorwerp door zijn vorm kan worden herkend, bijvoorbeeld door de omtreklijnen ervan. Het voorwerp wordt dan herkend aan het silhouet dat het tegen de achtergrond vormt en deze achtergrond wordt meestal gevormd door het wegdek zelf. Daarom gaat men gemakshalve uit van de luminantie van het wegdek als eerste benadering van de adaptatieluminantie. Tenslotte worden voorwerpen kleiner dan 20 cm onbelangrijk geacht. Dit betekent dat de (visuele) gezichtsscherpte een ondergeschikte rol speelt; vooral het vermogen om luminantieverschillen te onder-

kennen is belangrijk (de contrastgevoeligheid). Uit de praktijk van het wegverkeer is gebleken dat in de meeste gevallen ten behoeve van het detecteren het contrast in luminantie belangrijker is dan het contrast in kleur. Deze overwegingen zijn voor een deel ontleend aan Schreuder (1973), die vooral ingaat op de rol die openbare verlichting kan hebben bij het waarneembaar maken van voorwerpen die door hun eigen vorm herkenbaar zijn. Overdag is onder normale weersomstandigheden de noodzakelijke informatie gemakkelijk te verkrijgen; in het nachtelijk duister is echter voor het verkrijgen van visuele informatie kunstmatige verlichting nodig. De kunstmatige verlichting heeft zoals we al eerder zagen daarbij een tweeledige functie: ten eerste de markering van voorwerpen en de signalisatie van bepaalde karakteristieken en ten tweede het aanstralen of verlichten van voorwerpen. "Voorwerp" is hier als verzamelterm gebruikt. Auto's, voetgangers, stenen, stoepranden, maar ook wegmarkeringen en wegwijzers behoren ertoe. Signalisatie wordt gewoonlijk gerealiseerd door hetzij op het waar te nemen voorwerp een daartoe speciaal ontworpen verlichtingssysteem aan te brengen of door het te voorzien van retroreflecterende elementen.

Het doel van de signaalverlichting is tweeledig. Ten eerste dient de waarnemer te worden geattendeerd op de aanwezigheid van het betreffende voorwerp. Dit wordt met "markering" aangegeven (zie ook par. 1.4.). Dit stelt wel enige eisen aan de lichtsterkte en plaats van de markeringslichten, maar geen eisen aan kleur, groepering, enz. Ten tweede dienen kenmerken van het betreffende voorwerp te worden overgebracht. Het hangt onder andere van de verkeerssituatie af welke kenmerken van het meeste belang zijn. Gewoonlijk behoren daartoe: de aard, positie en snelheid van het voorwerp, alsmede de veranderingen erin; de te verwachten veranderingen; de opvallendheid ten opzichte van de omgeving, vooral wat betreft de mogelijkheden tot verwarring met andere voorwerpen.

Wanneer het betreffende voorwerp een voertuig is, moet worden gewezen op de noodzaak om de voorzijde en de achterzijde - en dus naderen en verwijderen - zeer duidelijk te kunnen onderscheiden. Voor het signaleren van al deze kenmerken is een duidelijke, ondubbelzinnige, en gedetailleerde codering nodig. Hierbij moet ermee rekening worden gehouden dat optredende verblinding, tengevolge van een te grote lichtsterkte van de markeringslichten, de signalerende werking vermindert of zelfs onmogelijk maakt (Schreuder, 1976a; SWOV, 1969).

Onder "signaleren" wordt verstaan: het door middel van een lichtsignaal overbrengen van een of andere boodschap. Vaak is deze boodschap gecodeerd. De mogelijkheid tot decoderen is te beschouwen als een onderdeel van het

signaleringsstelsel. Zo beschouwd, is "markeren" een onderdeel van "signaleren" (en wel het signaleren van de aanwezigheid-zonder-meer).

Signaleren in deze betekenis is een meer complex probleem dan verlichten (aanstralen).

1. Er moet gelijktijdig een aantal verschillende boodschappen aan anderen worden overgebracht.
2. Het is niet altijd duidelijk is voor wie de signalen zijn bedoeld. Ze zijn echter niet bedoeld voor de bestuurder van het voertuig dat de signalen voert.
3. Bij signalering zijn niet alleen de lichten aan de voorzijde van voertuigen van belang.
4. De werking van signaallichten aan de voorzijde van voertuigen kan worden verstoord door verblinding ten gevolge van de helderheid van brandende koplampen.

Uit het voorgaande mag men zonder meer aannemen dat het overbrengen van visuele informatie bij duisternis moeilijk gaat, en extra gevaar oplevert. Deze op zich nogal voor de hand liggende constatering kan met onderzoekresultaten onderbouwd worden (zie bijvoorbeeld CIE, 1960, 1984d; OECD, 1968, 1970, 1971; SWOV, 1965, 1976, 1976b, c, d; Griep, 1967, 1972; Roszbach, 1972, 1974; Schreuder, 1976a, b, 1983a). De extra invloed van alcohol is o.a. beschreven in OECD (1978, 1980).

Mede gezien hetgeen eerder (in par. 1.2. en in het begin van deze paragraaf) is gezegd over de rijtaak en de plaats die verwachtingspatronen daarin spelen, is het niet alleen van belang de situatie van het moment en de positie van relevante objecten (voertuigen) te weten; het zijn juist de toekomstige positie en eventuele voorgenomen wijzigingen daarin die van doorslaggevend belang zijn. Verder is het nodig om globaal het type van het voertuig, dat wordt ontmoet, te herkennen (om daarmee een indruk te krijgen van de soort manoeuvres die men van het voertuig kan verwachten). Daarom moeten de volgende kenmerken worden gesignaleerd:

- a. aanwezigheid;
- b. positie;
- c. snelheid, richting;
- d. veranderingen in snelheid en richting;
- e. toekomstige (voorgenomen) veranderingen in snelheid en richting;
- f. type voertuig (afmetingen, categorie, en meer speciaal de bewegingskenmerken, zoals draaicirkel, mogelijke vertragingen, enz.).

Overdag zijn veel van deze kenmerken voor de andere weggebruiker zonder meer duidelijk, maar een aantal ervan met name betreffende toekomstige veranderingen, in principe niet. Voor dit soort informatie zijn óók overdag signalen nodig (meestal lichten). Het is niet praktisch, en ook niet nodig om voor ieder van de hierboven genoemde kenmerken een apart signaallicht aan te brengen. Wanneer het gaat om de markeringslichten, brengen deze gewoonlijk meer informatie over dan alleen de aanwezigheid. De positie, maar ook de snelheid en de richting, en zelfs tot zekere hoogte de veranderingen daarin kunnen mede worden bepaald aan de hand van de wijze waarop de markeringslichten worden gezien. Markeringslichten (stadslichten, "verbeterde stadslichten" of eventueel dimlichten) hebben dus als signaallicht een bredere functie dan alleen het signaleren van de aanwezigheid.

3.2. Functionele vereisten voor signaallichten

3.2.1. De kleur

De kleur van het licht biedt de mogelijkheid tot coderen. Gebleken is echter dat de kleur niet geschikt is om als primaire coderingsdimensie te dienen (Roszbach, 1972; Projector et al., 1969; Hargroves, 1971; Kraay, 1974, 1976; Noordzij, 1973). Er blijken slechts een gering aantal kleuren beschikbaar te zijn voor codering. McCormick (1964) geeft negen verschillende kleuren aan (geciteerd door Roszbach, 1972). Wanneer rekening wordt gehouden met de normale toleranties van vervaardiging, de waarnemingsmogelijkheden van kleurenzwakken en de doorlating van kleurfilters, blijven er slechts zes over, te weten: rood - oranje - geel - groen - blauw - wit. De CIE (1975) heeft aanbevolen dat oranje, geel en wit niet in hetzelfde signaalsysteem worden gebruikt. Er blijven er dus maar vier over. Daarvan wordt blauw gereserveerd voor politie- en hulpverleningsvoertuigen. Er is voorgesteld drie overblijvende kleuren te gebruiken op een wijze die lijkt op het gebruik bij gewone verkeerslichten. Dat wil zeggen groen: doorrijden; geel: waarschuwing; rood: stop (Mortimer, 1969, 1970, 1972; Mortimer & Post, 1972; Allen, 1970). Het bezwaar is: groen suggereert een vrije weg. Een voorligger is echter steeds bij nadering een obstakel. Er blijft dus slechts over: geel (of wit) en rood. Nu is het gebruikelijk om de kleur als coderingsdimensie als volgt te gebruiken: rood komt alleen aan de achterzijde voor; aan de voorzijde alleen geel of wit. Het blijkt dat het verschil tussen geel en wit als regel te verwaarlozen is, zeker wanneer het gaat om het zogenaamde "selectiva" geel (SWOV, 1975). Er kan nog worden opgemerkt dat het systeem niet geheel conse-

quent wordt gehanteerd: geel licht komt bij richtingaanwijzers tamelijk vaak voor aan de achterzijde. Ook bij tweewielers streeft men een dergelijke hoofdingeling na, maar ook daar is het niet mogelijk dit consequent te doen (Ebell et al., 1984; Blokpoel et al. 1982, 1984; Van Minnen, 1982; Schreuder, 1984e).

3.2.2. De intensiteit (lichtsterkte)

De bruikbaarheid van een signaallicht hangt meer af van de opvallendheid en de herkenbaarheid dan van de zichtbaarheid (SWOV, 1969a). Voorts wordt de zichtbaarheid (de detecteerbaarheid) gewoonlijk bepaald aan de hand van drempelwaardemetingen, waarbij de kans van detectie op 50% is gesteld, en dit dan onder laboratoriumomstandigheden. Wanneer men aanbevelingen opstelt betreffende praktijkwaarden waaraan signaallichten moeten voldoen, kan men op geheel andere waarden uitkomen. We zullen daarbij eerst de nachtelijke situatie bekijken.

Uit onderzoek uitgevoerd ten behoeve van verkeerslichten blijkt dat het gerechtvaardigd is om de signaallichten zoals die op auto's voorkomen als puntvormig te beschouwen, zodat de lichtsterkte voldoende is om ze te karakteriseren (CIE, 1977a, Fisher & Cole, 1974).

In twee opzichten is het van belang om aandacht te besteden aan de lichtsterkte van signaallichten. Ten eerste kan men zich afvragen wat de optimale lichtsterkte van signaallichten is, om in alle opzichten effectief te zijn als signaallicht (bijvoorbeeld betreffende de localiseerbaarheid). Dit is veelal onderzocht met behulp van beoordelingsexperimenten in min of meer natuurgetrouw nagebootste verkeersstudies.

De bedoelde experimenten zijn reeds besproken in par. 2.4.2. bij de behandeling van het "verbeterd stadslicht". De waarden die daar zijn gegeven gelden in beginsel voor alle signaallichten; ze worden echter meestal alleen maar in beschouwing genomen bij de beoordeling van signaallicht aan de voorzijde van motorvoertuigen. De wettelijke voorschriften kunnen in bepaalde gevallen dan ook aanzienlijk afwijken van de waarden die uit het onderzoek zijn gevolgd. De voorschriften verschillen bovendien sterk van land tot land - dit ondanks de activiteiten van de VN-commissie ECE (Genève) op dit gebied. Een zeer gedetailleerd overzicht van de voorschriften zoals ze golden in een groot aantal landen is gegeven in OECD (1980). De daar gegeven opsomming is in de meeste gevallen nog geldig; er zijn echter wel enige veranderingen van ondergeschikt belang doorgevoerd.

Uit deze proefnemingen kan, samenvattend, worden geconcludeerd dat aan signaallichten (meer in het bijzonder aan de voorzijde van auto's) de volgende eisen moeten worden gesteld wat betreft de lichtsterkte: het minimum moet ongeveer 20 cd bedragen, en het maximum circa 100 cd. Dit geldt voor de nachtelijke situatie: voor de dagsituatie gelden andere waarden. We komen daar nog op terug.

Men dient voorts rekening te houden met de recente ontwikkelingen ten aanzien van "woonerven". Hierbij zoekt men naar een integratie van leef- en woonfunctie van woonwijken en de motorisering van de bewoners. De eisen omtrent de openbare verlichting - die in eerste instantie een "leefbaarheidsfunctie" heeft, en pas op de tweede plaats een verkeersfunctie - staan nog ter discussie. Voorstellen zijn geleverd door Schreuder (1978a, b; 1979, 1979a). Maar wat betreft de verlichting van auto's wordt, vooruitlopend op het opstellen van aanbevelingen voor de openbare verlichting, reeds nu aangedrongen op het vermijden van het gebruik van dimlichten (Ten Grootenhuis, 1976; zie ook Schreuder, 1979 en Hendriks, 1978).

Los hiervan is het van belang om na te gaan of de lichtsterkte zelf als coderingsdimensie kan worden gebruikt.

Hoewel een dergelijke codering reeds in gebruik is, met name bij achterzijde van auto's waarbij achterlicht en remlicht in één lamp zijn samengevoegd, blijkt het intensiteitsverschil nauwelijks in aanmerking te komen als coderingsdimensie. In het hierboven genoemde geval, waar de achterlichten dienen om aanwezigheid te signaleren en de remlichten een vertraging weergeven, blijkt alleen de verandering van de intensiteit duidelijk zichtbaar (Roszbach, 1972). Mede op grond van dergelijke overwegingen kan worden gesteld dat de lichtsterkte zelf niet als coderingsdimensie in aanmerking komt; zeker niet binnen de betrekkelijke kleine marge van enige tientallen tot enige honderden candela's, die op grond van andere overwegingen ter beschikking staan. Zo is bijvoorbeeld het lichtintensiteitsverschil tussen koplampen van auto's en die van bromfietsen te gering om een duidelijk verschil te markeren tussen beide categorieën vervoermiddelen. De intensiteit kan dus niet als coderingsdimensie worden gebruikt.

3.2.3. Afmetingen en locatie

Onder een "puntvormige lichtbron" wordt verstaan een lichtbron met afmetingen die te klein zijn om te worden waargenomen. Een van de consequenties

daarvan is dat de waarneembaarheid van het licht (afgezien van de kleur) volledig kan worden beschreven in termen van de lichtsterkte - die immers voor een puntvormige lichtbron is gedefinieerd. Het is dus van belang om te weten hoe groot een licht mag zijn om nog als puntvormig te kunnen worden beschouwd. Theoretische overwegingen, gebaseerd op laboratoriumexperimenten, leiden tot kleine afmetingen (Anon, 1971). In de praktijk lijkt het er echter op dat zelfs lichten die een hoek van 10 boogminuten beslaan nog als puntvormig kunnen worden beschouwd (Janssen, 1972; geciteerd door Roszbach, 1972); 10 boogminuten corresponderen met 1 cm op 3,5 m. Dit betekent dat een licht met een diameter van 5 cm (een gebruikelijke maat voor signaallichten op auto's) voor alle afstanden boven een 15 m als "puntvormig" moeten gelden.

Hieruit volgt als eerste aspect dat de afmetingen van lichten nauwelijks bruikbaar zijn als coderingsdimensie (zie ook Fisher & Cole, 1974).

Het tweede aspect betreft de onderlinge afstand van lichten. Dit is gerelateerd aan de gezichtsscherpte, en wel in de vorm van de "minimum separabile" (Le Grand, 1956). Ook hier lijkt een oplossend vermogen van enige boogminuten realistisch te zijn voor de meeste praktijkgevallen. Dit betekent dat twee kleine lichten op een onderlinge afstand van circa 10 cm duidelijk gescheiden gezien kunnen worden tot op enige tientallen meters afstand. Op basis van dergelijke overwegingen is het scheiden van lichten met verschillende functie vaak benadrukt (Mortimer, 1972; Hargroves, 1971; Projector et al., 1969). Overigens behoeft de onderlinge afstand daarbij niet al te groot te zijn. Dit punt is onder meer van belang bij het dicht bij elkaar voorkomen van dimlichten en richtingaanwijzers, en van remlichten en mistachterlichten. Het is een aparte vraag in hoeverre de onderlinge afstand tussen lichten als een coderingsdimensie kan worden gebruikt. Gegevens hierover zijn niet beschikbaar. Uit hetgeen, bijvoorbeeld op grond van het bovenstaande, hierover indirect is af te leiden, lijkt het erop dat de onderlinge afstand niet als coderingsdimensie in aanmerking komt.

Ten derde kan de configuratie van lichten een belangrijke coderingsdimensie zijn. In combinatie met de kleur wordt dit veel toegepast bij de zeevaart. Het belang hiervan voor het wegverkeer is beschreven door Roszbach (1972), vooral betreffende de verlichting van de achterzijde van voertuigen. Voor de voorkant is het vooral van belang om een vaste afstand tussen de (twee) signaallichten aan te bevelen.

Het voorgaande is voor een groot deel gebaseerd op een eerdere studie, waarbij het meer in het bijzonder ging om de mogelijkheden van het invoeren van een "verbeterd stadslicht" (Schreuder, 1976a). "Verbeterd stadslicht" is weer opnieuw in de belangstelling gekomen. We hebben in het voorafgaande reeds een en ander daarover vermeld (par. 2.4.2). Het bedoelde rapport van Schreuder (1976a) besluit met de volgende slotconclusie: Het "verbeterde stadslicht" kan worden beschouwd als de meest geschikte (en wellicht als de enige realistische) verlichting voor de voorzijde van auto's op verlichte wegen. Hieraan is de voorwaarde verbonden dat de openbare verlichting aan bepaalde minimale eisen voldoet.

De meest geschikte technische uitvoeringsvorm voor "verbeterd stadlicht" kan als volgt worden omschreven:

- a. het gangbare dimlicht wordt wat lichtsterkte betreft verzwakt; daarbij verdient de constructie waarbij de lichtstroom van de lamp voor het dimlicht wordt verminderd de voorkeur; de lichtsterkte recht vooruit dient daarbij tenminste circa 20 cd te bedragen, maar ten hoogste circa 100 cd;
- b. het overgaan van dimlicht naar "verbeterd stadslicht" geschiedt door schakelen;
- c. voor een verdere ontwikkeling komt het automatisch en trappeloos, geleidelijk "dimmen" in aanmerking, met name wanneer de daartoe benodigde auto-maat ook voor het schakelen van andere lichten, bijvoorbeeld aan de achterzijde van het voertuig, kan worden gebruikt.

Tenslotte dient rekening te worden gehouden met het feit dat de algemene introductie van "verbeterd stadslicht" aanzienlijke tijd in beslag kan nemen. Het algemene gebruik van dimlicht gedurende de overgangstijd wordt vaak als het meest geschikte compromis beschouwd; men dient daarbij echter wel te bedenken dat dergelijk tijdelijk algemeen gebruik de uiteindelijke introductie en toepassing van "verbeterd stadslicht" niet in de weg mag staan.

Bij het overwegen van de hier geciteerde slotconclusies dient men zich terdege bewust te zijn van het feit dat het "verbeterd stadslicht" niet alleen maar bedoeld is om het de automobilisten gemakkelijk te maken. Met name de voetgangers kunnen geacht worden de voordelen van een dergelijke verlichtingswijze te ondervinden, terwijl ook fietsers er voordeel van hebben. Het is daarom verbazingwekkend dat een dergelijk positief voorstel juist in de tijd dat alom veel aandacht werd besteed aan de "zwakke" verkeersdeelnemers, zonder verdere overweging werd verworpen. We hebben reeds aangeduid dat er een opleving kan worden geconstateerd wat betreft de belangstelling voor een dergelijke wijze van markeren en verlichten van de voorzijde van motorvoertuigen, meer in het bijzonder in Engeland (zie verder par. 2.4.2.).

3.2.4. Aantal en configuratie

Over het aantal van de toe te passen lichten, meer in het bijzonder de signaallichten, is in het verleden veel te doen geweest. Zo is bij de discussie over de mistachterlichten gesteld dat het aanbrengen van twee lichten, aan iedere kant van de auto één, zou kunnen helpen om de afstand, en daarmee ook de snelheid van een voorligger en dus ook de relatieve snelheid ten opzichte van die voorligger, te schatten.

Voor het ontwaren van deze zaken is dat zonder meer te verwachten; zie hiervoor het onderzoek van Janssen (1972) en ook de studies van Fisher (Fisher & Hall, 1970; zie ook Hartmann 1972, 1976). Wanneer het echter gaat om de herkenbaarheid van de voertuigen, en nog sterker wanneer het gaat om de herkenbaarheid van de situatie waarin de voertuigen zich bevinden, dan ligt het anders. Het is dan eerder een zaak van decoderen van informatie; daarbij kan het feit dat er twee lichten van gelijke sterkte tegelijk zichtbaar zijn eerder een nadeel zijn dan een voordeel. Immers, het wordt dan moeilijk om het verschil tussen de mistachterlichten enerzijds en gewone achterlichten of, sterker nog, remlichten anderzijds te ontwaren. De zichtbaarheid neemt toe, maar de mogelijkheid tot correcte decoding neemt af. Wetenschappelijke gegevens konden geen uitspraak doen; men heeft gemeend dat dit probleem aan te pakken was en op te lossen was door een "beleidsbeslissing" te nemen. Beleidsbeslissingen worden, zoals bekend, onderworpen aan de politieke besluitvorming; dat is ook in het onderhavig geval gebeurd, met het ongelukkige resultaat dat mistachterlichten toegelaten zijn, echter niet verplicht zijn gesteld. En het wordt verder aan de fantasie van de weggebruiker en aan die van de automobielontwerper overgelaten of een of twee mistachterlichten zullen worden aangebracht. Strikte voorschriften die het gebruik ervan regelen, kunnen deze ongunstige situatie niet geheel goedmaken. Wel is de situatie nu beter dan een paar jaar geleden: nu mistachterlichten toegelaten zijn, en in een aantal landen ook verplicht zijn gesteld, worden ze meestal opgenomen in het ontwerp van de auto (tenminste voor vele Europese auto's) zodat ze niet langer als accessoires worden beschouwd. De lichten moeten aan vrij strikte normen voldoen. Bij de produktie van nieuwe auto's is vrij goed na te gaan of ook inderdaad aan die eisen wordt voldaan. En met het opnemen van die lichten in de constructie van de achterlichten, zijn ook de plaats op het voertuig en het uitrichten ervan redelijk te controleren. Wanneer het gaat om accessoires, is zowel de verkoop en de keuring van de ter verkoop aangeboden artikelen haast niet te controleren. Ook het aanbrengen op de auto - en daarmee het uitrichten van de lichten - kan slecht gebeuren. Deze

opmerkingen gelden in zekere mate voor allerlei lichten die mogelijk als accessoires op voertuigen kunnen worden aangebracht (mistlichten, breedstralers, verstralers, en meer in het bijzonder extra remlichten, zie Mulder 1984). De problematiek rondom de mistachterlichten is besproken in onder andere OECD (1980). Nader onderzoek is echter gewenst, zie verder par. 3.6.

Wat betreft de aantallen en plaatsen van de lichten geldt algemeen dat voor auto's de lichten steeds in tweetallen voorkomen - aan iedere zijde van het voertuig één. De mistachterlichten, die daar een uitzondering op kunnen vormen, zijn reeds besproken. En in de meeste gevallen zijn ook niet meer dan twee lichten toegestaan. Een belangrijke uitzondering zijn de koplampen met hoofdlicht (de "verblindende verlichting"). Daarvan mogen er vier tegelijk worden gevoerd, terwijl er bovendien verstralers aan mogen worden toegevoegd.

We noemden reeds de toevoeging van extra remlichten. In een aantal landen zijn gunstige resultaten opgedaan met extra, meestal hooggeplaatste remlichten. In de VS is een aantal onderzoeken uitgevoerd waarbij één extra remlicht was geplaatst in de achterraut van personenauto's. Er was een duidelijke reductie in het aantal aanrijdingen van achter van de betreffende auto's te constateren. Op basis van dit onderzoek is zo'n derde hooggeplaatste remlicht intussen verplicht gesteld voor nieuwe auto's van 1985 en later. Ook in Duitsland zijn gunstige ervaringen opgedaan, hoewel daar van goed uitgevoerde experimenten minder sprake is (zie verder, Mulder 1984). Het Nederlandse standpunt in dezen is nogal merkwaardig: er wordt gesteld dat de verkeerswetgeving is opgesteld ten behoeve van de bevordering van de verkeersveiligheid, en dat dus een afwijking (iedere afwijking) van de verkeerswetgeving noodzakelijk moet leiden tot extra gevaar. Verder onderzoek wordt niet nodig geoordeeld. De wet spreekt over twee remlichten, dus vier remlichten is gevaarlijk!

Over de andere signaallichten voor voertuigen is niet veel meer te vermelden. De verlichting van fietsen is in een apart rapport behandeld (Schreuder, 1984f).

De meeste lichten op voertuigen, en zeker die voor auto's dienen te voldoen aan allerlei voorschriften en regels. In OECD (1980) zijn de meeste van die regels opgesomd; een aantal regels is eveneens vermeld door Schreuder (1976a). Voor Europa gelden vooral de regels opgesteld door de Verenigde

Naties (Genève) op basis van overwegingen, naar voren gebracht door de GTB al dan niet in overleg met de ISO. In de V.S. gelden de SAE-richtlijnen, die in een aantal opzichten nogal sterk van de ECE-richtlijnen afwijken. De CIE, als internationaal lichaam voor de verlichtingskunde en de fotometrie, probeert - zonder veel succes overigens - om de verschillende standpunten dicht bij elkaar te brengen (zie daarvoor de verslagen van de Technische Commissie TC 4.7; Bjørset, 1983).

3.3. Signaallichten overdag

De meeste signaallichten zijn zowel overdag als bij duisternis in werking. Ook bij markeringslichten is dit vaak het geval. Recent onderzoek geeft aan dat ook het overdag gebruiken van markeringslichten een gunstige bijdrage leveren kan tot de verkeersveiligheid. In een aantal landen, in het bijzonder Scandinavië, is het overdag voeren van verlichting verplicht. Dit geldt dan niet alleen voor de voorverlichting, maar evenzeer voor de achterverlichting, ofschoon er geen onderzoek bekend is dat de noodzaak daartoe aangeeft.

Studies hebben aangetoond dat het gebruik van markeerlichten overdag ("day-time running lights") kunnen bijdragen tot de verkeersveiligheid. Dit geldt voor auto's maar nog meer voor motorfietsen. In België moeten sinds 1 maart 1984 alle gemotoriseerde tweewielers (motoren, bromfietsen en snorfietsen) overdag licht voeren. Er bestaat veel literatuur op dit gebied. Een overzicht is gegeven in Roszbach (1974a) (zie verder Allen, 1965; Allen en Clark 1964; Anon z.j., 1972; Allen & Strickland, 1969; Attwood, 1975, 1975a, 1976a; Cantilli, 1965; Dahlstedt, 1973; Hisdal, 1973, 1974; Hørberg & Rumar, 1975; Andersson et al., 1976; King & Finch, 1970; Kao & Nagamichi, 1969; Nielsen, 1974; Rumar, z.j.; Svensson, 1968; Sturgis, 1976; Mortimer et al., 1974a. Een uitgebreid overzicht van de verlichting en van alternatieve mogelijkheden is gegeven door Olsen et al. (1975, 1979).

Meer recent is het onderzoek samengevat door Polak (1986). Als belangrijk resultaat is vermeld dat het invoeren van motorvoertuigverlichting overdag (het zgn. attentielicht) een aanzienlijke reductie in aantallen ongevallen te weeg kan brengen. Een schatting van tenminste 5% van de relevante ongevallen is opgegeven. Wel moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat andere verkeersdeelnemers onder bepaalde omstandigheden in opvallendheid zullen teruglopen.

Een apart punt is het voeren van verlichting overdag bij slecht zicht (ne-

vel, mist, regen, sneeuw enz.). In de meeste landen bestaan voorschriften dienaangaande, die onderling nogal kunnen verschillen. Een overzicht van de voorschriften, maar ook van de argumenten die ertoe hebben geleid, is te vinden in OECD (1976, 1980). Engels onderzoek heeft gesuggereerd dat de zichtvermindering ten gevolge van regen bij benadering even veel kan bijdragen tot de verkeersonveiligheid als de zichtvermindering ten gevolge van duisternis (Sabey, 1973). Een zeer belangrijke factor bij de zichtvermindering bij regen is het wegdek: het opspattende en het door de auto's vernevelde water ("splash and spray") kunnen zeer ernstige zichtbelemmeringen opleveren. We zullen hier niet verder ingaan op deze belangrijke kwestie (zie Tromp, 1984).

Over mist overdag kan nog het volgende worden opgemerkt. Hierbij zijn, bij hogere omgevingsluminantie, zeer hoge waarden van de luminantie van de signaallichten vereist. Roszbach (1974) vermeldt daarvoor - King & Finch (1969) citerend - dat de luminantie van de lichtbronnen tenminste 15 maal de adaptatieluminantie moet bedragen. Voor een volkomen heldere atmosfeer is deze waarde uiteraard ver boven de drempelwaarde, maar voor zeer dichte mist is het nog niet voldoende. Ook hier is nog nader onderzoek nodig (zie OECD, 1976a), maar meestal wordt gesteld dat bij mist overdag tenminste dimlicht nodig is. Schreuder (1976) heeft aangegeven hoe dimlichten (of mistlampen) in een geïntegreerd systeem van autosignaallichten kunnen worden opgenomen (zie Bijlage 2).

3.4. Stadslichten en dimlichten gecombineerd

Stadslichten zijn ook signaallichten. Ofschoon ze in vele landen niet meer mogen worden gebruikt bij het rijden, blijven ze van belang. Voor stadslichten zijn drie grondconstructies gangbaar. De eerste is afgeleid uit het oorspronkelijke "side light": een aparte lichtbron, bestaande uit gloeilamp en optiek. De plaatsing, vorm, kleur en intensiteit kunnen binnen ruime grenzen worden gekozen; er bestaat dan ook een grote variatie zowel in uitvoering als in reglementen.

De tweede constructie is eveneens zeer gangbaar. Hier wordt een aparte lamp binnen de reflector van de koplantaarn aangebracht. De intensiteit kan sterk variëren van het ene model tot het andere; vorm en plaatsing zijn echter gebonden aan de reglementen voor koplantaarns. Een ander verschil met de eerste constructie is de helderheid van de stadslichten: omdat in het tweede geval de gehele koplantaarn licht uitstraalt is de luminantie bij gelijke

lichtsterkte meestal aanzienlijk lager dan bij de veelal aanzienlijk kleinere, aparte stadslichten. Dit blijkt in de praktijk van het wegverkeer als regel als voordeel te worden beschouwd (Fisher & Hall, 1970).

De derde constructie is vrijwel geheel verlaten. Daarbij werd achter de lampvoet van de duplolaamp een apart lampje aangebracht dat, door een spleetje in de lampvoet, naar voren licht uitstraalde. Bij deze constructies zijn alleen zeer lage intensiteiten te bereiken (circa 0,1 cd of nog minder). De drie constructies zijn nader beschreven en toegelicht door Schreuder (1967, 1976a).

Een aspect dat nog vermelding verdiend, is de eventuele noodzaak van een apart parkeerlicht. Wat betreft het energieverbruik kan dit een probleem opleveren. Van meer belang is de vraag of, en zo ja onder welke omstandigheden, een parkeerlicht nodig is. Het meeste onderzoek betreft allereerst de achterzijde van vrachtauto's en is dus niet zonder meer generaliseerbaar, zeker niet voor "verbeterd stadslicht" aan de voorzijde van auto's (zie verder Noordzij & Van Kampen, 1973). Nader onderzoek is derhalve gewenst; het is echter de vraag wat de relevante criteria daarvoor moeten zijn. Ook zonder onderzoek is echter te verwachten dat - zeker zonder wijziging van de wet in een aantal landen - een parkeerlicht nodig zal blijven, tenminste onder bepaalde omstandigheden. Men komt dan weer terug op het onderzoek om na te gaan wat de meest geschikte uitvoeringsvorm is van een dergelijk parkeerlicht, afhankelijk van de frequentie van (verplicht) gebruik, en van de eisen die eraan worden gesteld bij de verschillende gebruiksomstandigheden.

Verder nog het volgende punt: momenteel bestaat in de meeste landen het voorschrift dat het stadslicht ingeschakeld moet blijven bij gebruik van dimlicht. De rechtvaardiging hiervoor is gelegen in het feit dat bij het uitvallen van een dimlicht, bijvoorbeeld door het doorbranden van een dimspiraal, aan de betreffende kant van de auto tenminste nog het stadslicht overblijft. Tenminste de aanduiding van de breedte van de auto blijft gehandhaafd. Het is te overwegen of dit, of een dergelijk, voorschrift gehandhaafd dient te blijven (respectievelijk dient te worden ingevoerd in die landen waar het niet bestaat) bij het invoeren van "verbeterd stadslicht". Daarbij dient met drie facetten rekening te worden gehouden:

1. "Verbeterd stadslicht" verbruikt als regel meer elektrische energie dan conventioneel stadslicht, zodat het tegelijk branden met dimlicht opnieuw dient te worden gezien.

2. Vaak valt een dimlicht uit door het doorbranden van een zekering in de auto. Het hangt daarbij af van het schakelschema of het stadslicht aan dezelfde kant al dan niet blijft branden.

3. Er bestaan alternatieven, zoals het voorzien van de voorzijde van de auto (bijvoorbeeld het meestal aanwezige zogenaamde "mistkapje" vlak voor het lampje in de koplamp) van retroreflecterend materiaal. Bij een geschikte keuze van dit materiaal kan worden bereikt dat voor het tegemoetkomend verkeer de indruk bestaat dat beide koplampen branden. Overigens is het de vraag of het nu juist deze informatie is die moet worden overgebracht; zo niet, dan zijn er wellicht nog betere alternatieven te vinden (retroreflecterende kentekenplaten bijvoorbeeld, zie Griep & Thoënes, 1969).

3.5. Conclusies uit Hoofdstuk 3

Hetgeen hierboven is gezegd over de signalering van auto's kan in een schema worden bijeengebracht. Voor dit schema is uitgegaan van de categorisering van de signaalfuncties.

De hoofdaspecten zijn: verlichting (aanstraling) - signalering - verblindingsbegrenzing. Verder zal de samenvatting worden beperkt tot de onderlinge vergelijking van drie tamelijk grof aangeduide groepen verlichting, te weten: stadslicht - "verbeterd stadslicht" - dimlicht, zonder daarbij in te gaan op of verschil te maken tussen de verschillende uitvoeringsvormen en fotometrische karakteristieken binnen iedere groep.

De mate waarin door toepassing van licht uit de bedoelde groepen aan de te stellen eisen kan worden voldaan zal, eveneens globaal, worden aangegeven door + (goed); 0 (matig), en - (slecht). Het zal uit het schema blijken dat voor een aantal aspecten (met name sommige signaleringsaspecten) geen van de drie groepen kan voldoen. Hiervoor zijn speciale signaallichten (remlichten, richtingaanwijzers, enz.) nodig. Bij het schema is uitgangspunt dat er sprake is van wegen met tamelijk druk verkeer en dat er openbare verlichting van middelmatige kwaliteit aanwezig is. Het schema is weergegeven als Afbeelding 9.

3.6. Aanbevelingen voor nader onderzoek

Net als in par. 2.6 worden hier enige aanbevelingen voor nader onderzoek gegeven. De onderwerpen worden in algemene termen opgenomen. Een nadere analyse van de daarbij behorende onderzoek- en beleidsvragen zal worden opgenomen in de per onderwerp op te stellen onderzoekopzet. De hieronder volgende

	Stadslicht	"Verbeterd stadslicht	Dimlicht
<u>Verlichting (aanstraling)</u>			
- weg, wegverloop	-	-	- tot 0
- objecten	-	-	- tot 0
- retroreflectoren	-	0	+
<u>Signalering</u>			
- eigen aanwezigheid	0	+	+
- contour, voertuigtype	-	-	-
- afstand	0	+	0
- snelheid, richting	0	+	- tot 0
- verandering snelheid, richting	-	0	- tot 0
- voorgenoemen veranderingen	-	-	-
<u>Verblindingsbegrenzing</u>	+	+	-

Afbeelding 9. Schema van de mate waarin drie groepen verlichting voldoen aan de te stellen eisen.

opsomming is niet systematisch en zelfs niet geheel volledig. De aandacht is allereerst gericht op onderwerpen waarvoor onderzoek niet alleen gewenst is maar waarbij tevens resultaat verwacht mag worden.

A. Categorisering voertuigen. Een voorwaarde voor een categorie-indeling waarbij per categorie verschillende gedrag patronen worden verwacht is dat de categorieën onderscheiden en herkend kunnen worden. Twee groepen voertuigen dienen daarbij speciaal te worden vermeld.

- Tweewielers. Er zijn diverse categorieën tweewielers (fietsen, snorfietsen, bromfietsen, motorfietsen). Ze hebben verschillende wettelijke status en van andere verkeersdeelnemers worden andere gedragingen verwacht; meer in het bijzonder zijn er verschillen in de voorrangsregeling. Bij de huidige signalering is echter het onderscheid tussen de verschillende categorieën tweewielers niet altijd duidelijk waarneembaar. Nader onderzoek is gewenst, meer in het bijzonder wanneer er nog meer categorieën tweewielers bij zouden komen (lichte motorfietsen bijvoorbeeld).

- Vrachtauto's. Overdag is het verschil tussen vrachtauto's en andere auto's meestal duidelijk te zien. Bij duisternis is het verschil niet steeds duidelijk. Het tijdig en zonder twijfel kunnen waarnemen van het verschil tussen die twee categorieën is vooral van belang wegens de aanzienlijke verschillen in rijgedrag (bewegingskenmerken, vooral snelheid en vertragingen) die er bestaan tussen vrachtauto's en personenauto's.

B. Voertuigverlichting overdag. Zowel wat betreft de (nationale en internationale) regelgeving als wat betreft de praktische toepassing is de situatie wat betreft het overdag voeren van verlichting onduidelijk. Nader onderzoek lijkt gewenst, ook omdat de reeds uitgevoerde studies niet tot een duidelijke conclusie konden leiden. Het gaat daarbij om de verlichting van tweewielers en van auto's, en om de verlichting bij helder zicht en bij slecht zicht (regen, sneeuw, mist).

C. Mistachterlichten. Vroeger heeft men gesteld dat signaallichten aan auto's altijd een dwarssymmetrie dienden te vertonen: er moeten dus altijd twee mistachterlichten zijn. Wanneer het gaat om het herkennen van een voertuig bij mist in de bestaande omgeving, lijkt dit uitgangspunt vaak niet optimaal te zijn. Nader onderzoek lijkt gewenst, waarbij de intensiteit, de locatie en het gebruik van mistachterlichten mee in beschouwing dienen te worden genomen.

D. "Verbeterd stadslicht". In par. 2.6 is het verbeterd stadslicht in combinatie met goede openbare verlichting genoemd als een alternatief voor het waarnemen van objecten. Hier wordt het genoemd als mogelijke verbetering van de signaallichten van auto's in vergelijking tot het dimlicht. Nader onderzoek omtrent het optimaliseren van verbeterd stadslicht lijkt gewenst.

4. SLOTWOORD

Het hier gepresenteerde overzicht over de verlichting en signalering van motorvoertuigen is een momentopname. Veel is er bekend over dit onderwerp, maar er bestaat nog een aantal lacunes in de kennis. Voor zover het gaat om de technische of functionele aspecten van verlichting en signalering zijn de belangrijkste onderwerpen voor nader onderzoek opgesomd, resp. in par. 2.6 en 3.6. Een aantal van de onderwerpen staat reeds op het SWOV-programma.

De verlichting en signalering van andere voertuigen, met name van fietsen, komen niet aan de orde in dit rapport. Ook op dit gebied is veel onderzoek verricht, en ook hier is nader onderzoek gewenst - onderzoek dat deels reeds op het programma van de SWOV is opgenomen.

Tenslotte de meer algemene psychologische en fysiologische aspecten, meer in het bijzonder de verkeerstaak betreffende. Ook op dit gebied vindt, zoals reeds in par. 1.2 is aangegeven, veel interessant onderzoek plaats, niet in de laatste plaats bij de SWOV. Veel van dit onderzoek heeft een baanbrekend karakter. Verwacht moet worden dat het nog enige tijd zal duren voordat de algemene gezichtspunten die uit dit fundamenteel georiënteerd onderzoek moeten volgen voor praktijkvragen, zoals in dit rapport zijn aangesneden, kunnen worden toegepast. Tot het zover is, dienen eenvoudige, minder volledige, en minder degelijk gefundeerde modellen te worden gebruikt.

LITERATUUR

- Adrian, W. (1961), Der Einfluss Störender Lichten auf die extrafoveale Wahrnehmung des Menschlichen Auges. *Lichttechnik* 13 (1961) 450-454; 508-511; 558-562.
- Adrian, W. (1965). Glare in street lighting. *Trans. Illum. Engng. Soc.* (London) 30 (1965) 53.
- Adrian, W. (1966). Neuere Untersuchungen über der Blendung in der Strassenbeleuchtung. *Elektrotechnik* 44 (1966) 510-516.
- Adrian, W. (1968). The principles of disability and discomfort glare. In: Anon, 1968a, 75-95.
- Adrian, W. & Eberbach, K. (1969). On the relationship between the visual threshold and the size of the surrounding field. *Lighting Res. Technol.* 1 (1969) 251-254.
- Alferdinck, J.W.A.M.; Padmos, P. (1986). *Metingen aan dimlichten van autolantaarns*. IZF/TNO, Soesterberg, 1986.
- Allen, M.J. (1965). Running light questionnaire. *Am. Journ. Optom.* 42 (1965) 164-167.
- Allen, M.J. (1970). *Vision and highway safety*. Chilton Book Company, 1970.
- Allen, M.J. & Clark, J.R. (1964). Automobile running lights. *Am. Journ. Optom.* monograph no 331.
- Allen, M.J. & Strickland, J. (1969). Daytime headlights and position on the highway. *Am. Journ. Optom.* 46 (1969) 33-36.
- Allen, T.M. & Straub, A.L. (1956). Night visibility. *Highway Res. Bd. Bull* 127 (1956).
- Allen, R.W. et al. (1975). An interactive driving simulation for driver control and decision-making research. In: *Proceeding of the 11th Annual Conference on Manual Control*. May 21-23, 1975, NASA, Ames Research Center, 1975.
- Allen, R.W. et al. (1976). *A simulator for research in driver, vehicle and environment interaction*. Systems Technology, Inc. Hawthorne, 1976.
- Allen, R.W. et al. (1977). *Driver's visibility requirements for roadway delineation*. Volume I. Systems Technology, Inc. Hawthorne, 1977.
- Anderson, D.R. (1971). Rubber snow plow blades and lightweight snow plows used for the protection of raised lane markers. Washington DC HRB Annual Meeting, 1971.

- Andersson, K.; Nilsson, G. & Salusjarvi, M. (1976). Effekt pa trafikolyckor av rekommenderad och pakallad användning av varselljus i Finland. VTI Nr.102. Statens väg-och trafikinstitut; Linköping, 1976.
- Anon (z.j.). De ribbelreflexlijn. Rosmalen (z.j.) Wegenbouwmaatschappij J. Heijmans BV.
- Anon (z.j.). The visual factors in automobile driving. Publ. 574. Nat. Acad. of Sciences, National Research Council (z.j.).
- Anon (1955). Essais comparatifs internationaux, Rapport GTB 182. Groupe de Travail, Bruxelles GTB, Bruxelles, 1955.
- Anon (1963). The use of dipped headlights in Birmingham during the winter of 1962/1963. Interim report to the Minister of Transport. Lord Mayor, Birmingham, 1963.
- Anon (1964). Dipped headlights compaigns in 1963-64. Road Research Technical Paper No 73. H.M. Stationery Office, London, 1964.
- Anon (1965). Modern transport. Shepperton, Middlesex, England. Vol 93 no.2398 May 15, 1965, p 32. (Cit. Hellriegel, 1978).
- Anon (1968a). Proceedings of the first annual symposium on visibility in the driving task. May 13-15, 1968. Texas A&M University, College Station, 1968.
- Anon (1970). Etude des proprietés anti-éblouissantes. Compte Rendue LDC-EA 7009. ONSER, Bron, 1970.
- Anon (1971). The perception and application of flashing lights. Hilger, London, 1971.
- Anon (1971a). Manual on uniform traffic control devices for streets and highways. FHA, Washington, DC, 1971.
- Anon (1972). Ook overdag lichten aan positief beoordeeld. Autokampioen 64 (1972) 1715-1717.
- Anon (1972a). Special study. Reduced visibility (fog) accidents on limited-access highways. Rep. NTSB-HSS-72-4. NTSB, Washington, DC, 1972.
- Anon (1972b). Licht im Lebensraum. Jubiläumstagung 1972. LITG, Karlsruhe, 1972.
- Anon (1973). Notat om udkastets regler vedrorende brug of naerlys og positionslys pa oplyst vej, 50, stk 4 og 5 3ktr.j.nr.1973-221-8. Federation of danish motorists, Copenhagen, 1973.
- Anon (1973a). Toelichting op NEN 3322. Verkeerstechniek.
- Anon (1973b). Three-beam headlight evaluation. Rep. No. DOT HS 800-844. Southwest Res. Inst., San Antonio, 1973.
- Anon (1974). Intertraffic '74, Internationaal congres over verkeerstechniek "beheerst verkeer". RAI, Amsterdam, 1974.

- Anon (1974a). Wegontwerp en wegverlichting tegen de achtergrond van verkeersveiligheid. Pre-adviezen congresdag 6 december 1974. Het Nederlandse Wegcongres, Den Haag, 1974.
- Anon (1974b), Lighting on European motorways. *Light & Lighting* 63 (1974) 6-19.
- Anon (1974c). Wegverlichting en oppervlaktetextuur. Publ. 34. SCW, Arnhem, 1974.
- Anon (1975). Symposium Wegmarkeringen. *Wegen* 48 (1975) 215-218.
- Anon (1975a). Gebruik het dimlicht. *Autokampioen* 67 (1975) no 48.
- Anon (1977). Kongressbericht Jahrestagung 1977 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin. E.V. Heidelberg 20-22 mai 1977. Unfall und Sicherheitsforschung Strassenverkehr, Köln, 1977.
- Anon (1978). Verslag der werkzaamheden 1977. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1978.
- Anon (1984). Hella: beter licht met kleinere koplampen. *Bovagblad* 45 (1984) no. 10; 40-42.
- Anon (1984a). Samenvattingen congres, FIA, Estoril, 1984.
- Armour, M. (1979). Car following under varying lighting conditions. Internal Report AIR 270-2. ARRB, Vermont South, 1979.
- Armour, M. (1980). The effect of lighting conditions on car following behaviour. 10th ARRB Conference, Sydney 25-29 Aug 1980. no 4 p.43-52. ARRB, Vermont South, 1980.
- Asmussen, E. (1970). Bermbeveiliging (constructies). *Verkeerstechniek* 21 (1970) 301-305.
- Asmussen, E. (1970a). Bermbeveiligingsconstructies. *Verkeerstechnische Leergang ANWB 1970* blz. 12-18. ANWB, Den Haag, 1970.
- Asmussen, E. (1972). Transportation research in general and in particular as a tool for transportation management. In: OECD (1972).
- Asmussen, E. (1974). Functionele eisen van een toekomstig verkeerssysteem R-74-75. SWOV, Voorburg, 1974. In: Anon (1974).
- Attwood, D.A. (1975). Daytime running lights project I. Road safety Unit, Ministry of Transport, Downsvew, 1975.
- Attwood, D.A. (1975a). Daytime running lights project II. Technical Report No. RSU 75/2. Road Safety Unit, Ministry of Transport, Downsvew, 1975.
- Attwood, D.A. (1976). Effects of headlight intensity and ambient illumination of two-lane passing behaviour. Int. Ergonomics Association. Human Factors Soc., Santa Monica, 1976.
- Attwood, D.A. (1976a). Daytime running-lights project IV. Technical Report No. RSV 76/1. Road Safety Unit Transport Canada, Downsvew, 1976.

- Aulhorn, E. (1966). Über die Blendungsempfindlichkeit des gesunden und kranken Auges. In: LITG 1966.
- Bähler, W. (1961). An instrument for automatically recording isocandela diagrams of beamed light sources. Philips Techn. Rev. 23 (1961/62) 278-292.
- Balder, J.J. (1956). Stadslichten op goed verlichte wegen. Wegen 30 (1956) 83.
- Bauer, A.; Haubner, P.; Kokoschka, S. eds.(1972). Das Lichttechnische Institut der Universität Karlsruhe 1961-1971; eine Monografie, LTI, Universität, Karlsruhe, 1972.
- Becker, F. (1963). Gefahren des Nebels im Strassenverkehr. Verkehrs-sicherheit 9 (1963) 269.
- Behrens, H. (1972). Kritische Betrachtung der Entwicklung einheitlicher Bedingungen für Beleuchtungseinrichtungen an Kraftfahrzeugen. p54-70 in; Bauer et al., eds, 1972.
- Behrens, H.; Kokoschka, S. (1972). Die Wirkung der Kfz- Beleuchtung bei Nebel. In: Anon 1972h.
- Behrens, H.; Kokoschka, S. (1976). Beleuchtung der Kraftfahrzeuge bei Nebel. Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik. Heft 252. Ver. Deutsche Ingenieure, 1976.
- Bhise, V.D.; McMahan, P.B.; Farber, E.I. (1976). Predicting target detection distance with headlights. Annual Meeting. Transportation Res. Board, Washington, 1976.
- Billings, B.H.; Land, E.H.(1948). A comparative survey of some possible systems of polarized headlights. Journ, Opt. Soc. Amer. 38 (1948) no 10.
- Bindels, J.T.H. (1973). Factoren die de visuele waarneming bij autoverlichting beïnvloeden. De Ingenieur 85 (1973) 65-70.
- Bjørset, H.H. (1983). Quadrennial Report on group 6 Activities. Presented at: CIE 20th Session. Amsterdam, September 1983.
- Blaauw, G.J. (1976) Beoordeling van te ontwerpen weggedeelten aan de hand van kijk- en rijgedrag van automobilisten. In: Michon & van der Molen, 1976.
- Blaauw, G.J. (1979). Het autorijden als cybernetische taak. Rapport 1979-6. IZF, Soesterberg, 1979.
- Blaauw, G.J. (1980). Cybernetics and car driving; a driver model and its experimental validation. Report 1980-13, IZF, Soesterberg, 1980.
- Blaauw, G.J. (1983). Requirements for markings and raised pavement markers. In: CIE(1983).

- Blackwell, O.M.; Blackwell, H.R. (1973). A study of highway lighting: assessment of target visibility in a scale-model simulator under different layout of conventional fixed lighting. Final Report EES 263. Ohio State University, Columbus, OH, 1973.
- Blackwell, O.M.; Blackwell, H.R. (1975). Night visibility under different systems of fixed roadway lighting: a progress report. TRB Special report 156 p.1-10. Transp. Res. Board, Washington, 1975.
- Blackwell, O.M.; Blackwell, H.R. (1977). A proposed procedure for predicting performance aspects of roadway lighting in terms of visibility. Journ. IES (1977) 148-166.
- Blokpoel, A.; Schreuder, D.A.; Wegman, F.C.M. (1982). De waarneembaarheid bij duisternis van de zijkant van fietsen R-82-36. SWOV, Leidschendam, 1982.
- Blokpoel, A.; Schreuder, D.A.; Wegman, F.C.M. (1984). Zijwaartse reflectie van fietsen (in voorbereiding).
- Boissin, H.; Pagès, R. (1963). Détermination du seuil d'un signal routier. CIE Vienna, 1963.
- Boyce, P.R. (1981). Human factors in lighting. Applied Science Publishers, London, 1981.
- Boynton, R.M.; Miller, N.D. (1963). Visual performance under conditions of transient adaptation. Illum. Engng 58 (1963) 541.
- Brown, I. (1979). Contribution in: Michon, 1979.
- Burghout, F. (1971). Reflection properties of road surfaces for motorcar lighting. In: CIE 1971.
- Burghout, F. (1977). Kenngrößen der Reflexionseigenschaften von trockenen Fahrbahndecken. Lichttechnik 29 (1977) 23-27.
- Burghout, F. (1979). On the relationship between reflection properties, composition and texture of road surfaces. Rep. III-6026-79. KEMA, Arnhem, 1979.
- Cadena, D.G.; Hemion, R.H. (1969). Disability glare effects from vehicle headlights and fixed overhead street lighting. Report no. AR.-700; Southwest Res. Inst., San Antimo, 1969.
- Cantilli, E. (1965). Daylight "Lights on" plan by Port of New York Authority. Traff. Engng (1965) 17.
- Christie, A.W. (1968). Some new research on two problems connected with public lighting. Public Lighting 33 (1968) 174-184.
- Christie, A.W.; Newby, R.F. (1968). Some further data relating to the dipped headlights campaigns in Birmingham and other towns. Report LR 210. Road Res. Lab, Crowthorne, 1968.

- Cibië, P. (1966). Raporti tra illuminazione sospensione, ammortizzazione e frenatura dei veicoli. ATA (1966) nov., 634-639.
- CIE (1972). Compte Rendue 17e Session Barcelona Septembre 1971. Publication No. 21.A. Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1972.
- CIE (1972). A unified framework of methods for evaluating visual performance aspects of lighting. Publication no.19. CIE, Paris, 1972.
- CIE (1974). Standpoint on the utilisation of low-beam headlamps by vehicles in built-up areas. CIE, Paris, 1974.
- CIE (1975). Colours of light signals. Publication no. 2.2. CIE, Paris, 1975.
- CIE (1976). Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting. Publication no 30. CIE, Paris, 1976.
- CIE (1976a). Glare and uniformity in road lighting installations. Publication no 31. CIE, Paris, 1976.
- CIE (1976). Compte rendu 18e session. Publication no 36. Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1976.
- CIE (1977). Measures of road lighting effectiveness. Symposium, July 5-6, 1977. CIE, Karlsruhe, 1977.
- CIE (1977a). Recommendation for the lighting of roads for motorized traffic. Publication no 12/2. CIE, Paris, 1977.
- CIE (1977b). Points speciaux en éclairage public. Publication no 32 A. CIE, Paris, 1977.
- CIE (1978). Lighting of traffic signs. CIE, Paris, 1978.
- CIE (1979). Publication no. 47. CIE, Paris, 1979.
- CIE (1980). Proceedings 19th session. Kyoto 1979. Publication no 50. Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1980.
- CIE (1980a). Light signals for road traffic control. Publication no.48. CIE, Paris, 1980.
- CIE (1983). 20th session. Amsterdam 31 august-8 september 1983. Volume 1: papers. Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1983.
- CIE (1983a). 20th session Amsterdam, 31 august-8 september 1983. Volume 2: reports. Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1983.
- CIE (1983b). Publication 19-2. CIE, Paris, 1983.
- CIE (1984a). Reflection properties of road surfaces. CIE, Paris, 1984 (in druk).
- CIE (1984b). The lighting of tunnel entrances. CIE, Paris, 1984. (in press).
- CIE (1984c). Recommendation and guidance for the design of light signals for road traffic control (draft). CIE, Paris, 1984.

- CIE (1984d). Road lighting and accidents. Publication no. 8-2 (in voorbereiding). CIE, Paris, 1984..
- Coaton, J.R. (1977). Operating pressure of incandescent and tungsten-halogen lamps and influence of envelope temperature on life. Lighting Research & Technology, 9 (1977) 25-30.
- Cobb, J. (1977) Anti-dazzle screen on M6: transverse positioning of traffic. Report SR 327. TRRL Crowthorne, 1977.
- Coleman, R.R.; Sacks, W.L. (1969). An investigation of the use of expanded metal mesh as an anti-glare screen. Highway Res. Rec. 179 (1969) pag 68-73.
- Cooper, L. (1970). The use of headlights in lighted streets. Report LR 368. Road. Res. Lab. Crowthorne, (1970).
- Cox, N.T. (1968). The effect of dirt on vehicle headlamps performance. Report LR 240. Road Res. Lab. Crowthorne, 1968.
- Crawford, B.H. (1936). Proc. Phys. Soc. 48 (1936) 35.
- Dahlstedt, S. (1973). The effects of running lights in comparison with parking and low beam lights on the visibility of a pedestrian in stationary street lighting (in Swedish). Rapport no 24. Statens Trafiksaekerhetsverk. Solna, 1973.
- Davey, J.B, (1976). Headlamps, the changing situation. Paper, National Lighting Conference. IES, York, 1976.
- Davidson, J.A. (1980). Dipped headlamps and road safety (discussion document, not published). APLE, 1980.
- De Bie, J.R.; Ponsioen, J.C.M.A. (1977). Life and luminous flux of halogen incandescent lamps related to filament temperature, pressure and $\text{Ch}_2 \text{Br}_2$ content. Lighting Research & Technology 9 (1977) 141-150.
- De Boer, J.B. (1955). A "duplo" headlight with asymmetric passing beam. Light & Lighting, 68 (1955) no 4.
- De Boer, J.B. (1960). Untersuchungen über den Einfluss der Lichtfarbe auf das Sehen im Strassenverkehr. Zb. für Verkehrs-Medizin, Verkehrs-Psychologie 6 (1960) Heft 1.
- De Boer, J.B. (1967). Chapter I in: de Boer, ed. (1967).
- De Boer, J.B. (1967a). Visual perception in road traffic and the field of vision of the motorist. Chapter 2 in: de Boer, ed., 1967.
- De Boer, J.B. (ed) (1967). Public Lighting. Philips Technical Library, Eindhoven, 1967.
- De Boer, J.B, (1973). Quality criteria for the passing beam of motorcar headlights. Paper presented to CIE TC4.7, 25-27 sept.1973. Philips, Eindhoven, 1973.

- De Boer, J.B.; Morass, W. (1956). Berechnung der Sehweite aus der Lichtverteilung von Automobilscheinwerfer. *Lichttechnik* 8 (1956) 433-437.
- De Boer, J.B.; Schmidt-Clausen, H.J. (1971). Über die zulässige Blendung in der Kraftfahrzeugbelichtung. CIE, Barcelona, 1971.
- De Boer, J.B.; Schreuder, D.A. (1969). Betrachtungen über die Anwendung von Halogenscheinwerfer für die Kraftfahrzeugbeleuchtung. *Lichttechnik* 21 (1969) 88A-92A.
- De Boer, J.B.; Van Heemskerck Veeckens, J.F.T. (1955). Observations on discomfort glare in street lighting. Influence of the colour of the light. CIE, Zurich (1955).
- De Boer, J.B.; Vermeulen, D. (1951). On measuring the visibility with motorcar headlights. *Appl. Sci. Res.* B2 (1951) 1-32.
- De Boer, J.B.; Vermeulen, D. (1951a). Motorcar headlights. *Philips Techn. Rev.* 12 (1951) 305-317.
- De Brabander, L. (1969). Etude comparative de l'intensité des feux de signalisation sur les véhicules automobiles en service et lors des essais d'homologation de ces feux. *Technische aspecten der Verkeersveiligheid.* (1969) no 67, p. 1-25.
- De Brabander, L. (1969a). Over het gebruik van kruisingslichten bij aanwezigheid van openbare verlichting in het bijzonder wat de verblinding betreft. *Fonds Studie en Onderzoek voor een Veilig Wegverkeer*, Brussel, 1969.
- De Brabander, L. (1971). Effects sur les accidents de l'utilisation des projecteurs en présence d'éclairage public. *Asp. Techn. Séc. Rout.* (1971) no 47;5.1-5.19.
- De Brabander, L. (1972). Intensités des feux de signalisation. *S.T.* 46/72. FESR, Bruxelles, 1972.
- De Grijs, J.C. (1970). Rapport aan CIE TC 4.7 (niet gepubliceerd). Philips, Eindhoven (1970) (jaartal geschat).
- Devaux, P. (1970). State of the art: signalling and lighting. *Proc. 13th. Congress. FISITA*, Brussels, 1970.
- Devaux, P. (1974). Solutions utilisées ou proposées pour réduire l'éblouissement dû aux projecteurs d'automobiles. P. 54-64. CIE. London, 1974.
- Domey, R.G. (1968). Prediction of night vision. In: Anon, 1968a.
- Dubois-Poulsen, A.; Prevot-Paille, G. (1977). Kann die Dauer der Readaptation nach Blendung berechnet werden? *Klin. Monatsblätter für Augenheilk.* 170 (1977) no 3; 416-421.
- Dunnell, K. (1976). Attitudes to an anti-dazzle fence. SS 1058. H.M. Stationary Office, London, 1976.

- Ebell, R.J.E.V. et al. (1981). De fietskoplampen als signaal. Verkeerskunde 32 (1981) 380-381.
- Ebell, R.J.E.V.; Groot, R.E.; Schreuder, D.A.; Theewis, S.R. (1984). Probleemanalyse visuele waarneembaarheid van kruisende fietsers en bromfietsers bij duisternis in relatie tot een RVLV-maatregel. IWACC 1984-1. IWACC, Oudendijk, 1984.
- Ebell-Vonk, E.M. et al. (1983). Inventarisatie: visuele waarneembaarheid van tweewielers. IWACC 1983-I. IWACC, Oudendijk, 1983.
- Economopoulos, I.A. (1978). Photometric parameters and visual performance in road lighting. (Diss.) TH. Eindhoven, 1978.
- Edman, W.H. (1973). Cost analysis of roadway lighting and vehicular lighting practice in urban areas. (abstract) Lighting Des. Appl. (1973) June, 23.
- Elmers, G.; Rumar, K. (1973). Obstacle visibility in rural night driving as related to reflection qualities of the road surface. Psych. Dept. Rep. 137. University, Uppsala, 1973.
- Farber, E.; Gallagher, V.; Cassel, A. (1971). Interaction between fixed and vehicular illumination systems. Phase I. Franklin Institute, Philadelphia. Dept. of Transportation, Washington, D.C., 1971.
- Finch, D.N.; Dunlop, D.R.; Collins, D.M. (1969). Headlamp survey program Report no. HP-47. Univ. of California, Berkeley, 1969.
- Finkelman, J. (1975). Auto headlights - time for a change. Lighting Design Appl. 5 (1975) no. 1; 32-34.
- Fisher, A.J. (1970). Lighting on vehicles: design for safety and comfort. Illum. Engng. Soc. Australia 1970.
- Fisher, A.J. (1970a). A basis for a vehicle headlighting specification. Lighting Review (Sydney) 32 (1970) 9.
- Fisher, A.J. (1974). A town beam. In: Anon 1974.
- Fisher, A.J.; Christie, A.W. (1964). An examination of the applicability of disability glare formulae to street lighting conditions. Lab. Note LN 1748. Road Res. Lab., Crowthorne, 1964.
- Fisher, A.J.; Christie, A.W. (1965). A note on disability glare. Vision Research 5 (1965) 565-571.
- Fisher, A.J.; Cole, B. (1974). London, CIE, 1974.
- Fisher, A.J.; Hall, R.R. (1970). Road user reaction to the town driving headlight beam. Proceedings no. 5 part 3 pag. 252-263. Australian Road Research Board, Melbourne, 1970.
- Fisher, A.J.; Hall, R.R. (1976). Road Luminances based on detection of change of visual angle. Lighting Research & Technol. 8 (1976) 187-194.

- Fisher, A.J.; Hall, R.R. (1979). Motorist's information needs and freeway lighting levels. 9th ARRB conference, Brisbane 21-25 aug. 1978 pag. 334-344. ARRB, Vermont South, 1979.
- Flury, F.C. (1972). The benefit cost relationship as the basic criterion for decisions. In: OTA, (1972).
- Flury, F.C. (1976). Policy making on road design standards. In: OECD (1976).
- Flury, F.C. (1977). Lichtmasten en openbare verlichting; kosten in relatie tot verkeersveiligheid; een beslissingsmodel. SWOV, Voorburg, 1977.
- Flury, F.C. (1978). Wegmeubilair, verkeersveiligheid in relatie tot economische aspecten. Verkeerskunde 29 (1978) 286-290.
- Flury, F.C. (1981).
- Flury, F.C. & Schreuder, D.A. (1977). Cost-effectiveness considerations (niet gepubliceerd). SWOV, Voorburg, 1977.
- Forbes et al. (1971).
- Frédéric, C. (1972). De wegmarkering RV 1/72. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, Brussel, (1972).
- Frédéric, C. (1975). Marquage des chaussées, problème d'actualité. Tech. Rout. Bruxelles. 20 (1975) 13-42.
- Frederiksen, E.; Jorgensen, N.V. (1972). Glare on motorways. Report no. 12. Radet for trafiksikkerhedsforskning, Kopenhagen, 1972.
- Fry, G.A. (1955). Distribution of focussed and stray light on the retina produced by a point source. Journ. Opt. Soc. Amer. 45 (1955) 333-335.
- Fry, G.A. (1968). Visual performance under varying states of adaptation. In: Anon, 1968a.
- Fry, G.A.; Alpern, M. (1953). The effect of a peripheral glare source upon the apparent brightness of an object. Journ. Opt. Soc. Amer. 43 (1953) 189-195.
- Gallagher, V.P.; Janoff, M.S. (1972). Interaction between fixed and vehicular illumination systems. Final Report. Report no. FHWA-RD-72-51. Franklin Institute, Philadelphia, 1972.
- Gallagher, V.P.; Janoff, M.S.; Farber, E. (1973). Interaction between fixed and vehicular illumination systems. Lighting Design Appl. 3 (1973) no. 6; p 24.
- Gallagher, V.P.; Koth, B.; Freedman, M. (1975). The specification of street lighting needs. Rep. no. FHWA-RD-76-17. Franklin Institute, Philadelphia, 1975.
- Gallagher, V.P.; Koth, B.; Freedman, M. (1975a). The specification of street lighting needs. Executive Summary. Rep. no. FIRL-C3660. Franklin Institute, Philadelphia, 1975.

- Gallagher, V.P.; Meguire, P.G. (1974). Contrast requirements of urban drivers; Interim Report. FHWA-RD-74-76. Franklin Institute, Philadelphia, Penn., 1974.
- Gallagher, V.P.; Meguire, P.G. (1975). Contrast requirements of urban driving. Special Report 156. Transportation Res. Board, 1975.
- Giebeler, H.H. (1972). Lichttechnische Zukunftsgedanken eines Architekten. In: Anon, 1972.
- Glennon, J.C. (1970). A safety evaluation of current design criteria for stopping sight distance. Highway Res. Record 312 (1970).
- Glover, M. (1963). Use of dipped headlights on lighted roads. Public Lighting 28(1963) 120:43-50.
- Golebiowski, S. (1976). Die Blendung mit Abblendlicht im städtischen Strassenverkehr. ZBU 2 (1976) no. 1, 11-15.
- Griep, D.J. (1967). Alcohol en verkeersveiligheid; maatregelen en onderzoek. Rapport 67-1. SWOV, Voorburg, 1969.
- Griep, D.J. (1972). Analysis of the driving task: system-analytical points of view. In: OECD, 1972.
- Griep, D.J. (1976). Het wegverkeerssysteem, bezien vanuit de taak van de verkeersdeelnemer. In: Michon & van der Molen, ed., 1976.
- Griep, D.J.; Thoenes, E. (1969). Retroflecterende kentekenplaten en alternatieve middelen. Rapport 1969-5. SWOV, Voorburg, 1969.
- GTB (1955). Essais comparatifs internationaux de faisceau-croisement de projecteurs automobiles. GTB 182. GTB, Brussels, 1955.
- Hall, A.H.; Pinkney, H.F.L. (1973). Investigation of automobile head-lighting. LT Report-ST-612. National Research Council Canada, Ottawa, 1973.
- Hansen, E.R.; Larsen, J.S. (1979). Reflection factors for pedestrians clothing. Lighting Research & Technology 11 (1979) 154-157.
- Hargroves, R.A. (1971). A survey on the use of flashing lights on roads and road vehicles. In: Anon (1971).
- Hartill, P. (1979). Dipped headlights and road safety. Public Lighting 44 (1979) 239-241.
- Hartmann, E. (1963). Die Schwelle der physiologischen Blendung. Lichttechnik 15 (1963) 503-505.
- Hartmann, E. (1966). Zeitabhängige Blendprobleme. In: LITG (1966).
- Hartmann, E. (1972). The layout and perceptibility of vehicle rear light signals. In: OECD 1972.
- Hartmann, E. (1976). Sehen, Wahrnehmen und Erkennen im Strassenverkehr. Deutsch. Autorecht 45 (1976) 326-336.
- Hartmann, E.; Moser, E.A. (1968). Das Gesetz der physiologischen Blendung bei sehr kleinen Blendwinkeln. Lichttechnik 20 (1968) 67A-69A.

- Hartmann, E.; Ucke, C. (1974). Der Einfluss der Blendquellengrösse auf die physiologische Blendung bei kleinen Blendwinkeln. Lichttechnik 26 (1974) 20-23.
- Hauttala, P. (1977). Effects of road lighting and assessment of the need for it (in Swedish). In: Anon 1977b.
- Helander, M.; Merritt, J.O.; Abrams, C. (1978). Effects of headlight illumination on driver performance. Proc. 22nd annual meeting of the Human Factors Society. 16-19 oktober 1978. Human Factors Soc., Santa Monica, Cal, 1978.
- Hemion, R.H. (1968). The effect of headlight glare on vehicle control and detection of highway vision targets. Report no. AR-640. Southwest Res. Inst., San Antonio, 1968.
- Hemion, R.H. (1969). Disability glare effects during a transition to polarized vehicle headlights. Report AR-672. Southwest Res. Inst., San Antonio, 1969.
- Hemion, R.H.; Hull, R.W.; Cadena, D.G. (1972). Guidelines for improving the stability of headlight aim. Report 829. Southwest Res. Inst., San Antonio, 1972.
- Hemion, R.H.; Hull, R.W. (1973). Optimum two-lamp headlighting system. Rep. no. DOT/HS-800-890. Southwest Res. Inst., San Antonio, 1973.
- Hemion, et al. (1973). Three beam system (jaartal geschat).
- Hendriks, J.H. (1978). Openbare verlichting in de bebouwde kom. Elektrotechniek 56 (1978) 917-920.
- Hentschel, H.J. (1967). Über eine Allgemeine Bewertung des Kontrastes in der Strassenbeleuchtung. Lichttechnik 19 (1967) 56A-58A.
- Hentschel, H.J. (1967a). Zur Beschreibung und Kennzeichnung des Reflexionsverhaltens von Strassendecken. Lichttechnik 19 (1967) 138A-142A.
- Hicks (1970).
- Hignett, H.J. (1970). Vehicle loading and headlamp aim. Report LR 329. Road Res. Lab., Crowthorne, 1970.
- Hills, B.L. (1975). Visibility under night driving conditions. ARR no. 29. Aust. Road Res. Board, Vermont South, 1975.
- Hills, B.L. (1975a). Visibility under night driving conditions. Part 1. Lighting Res. Technol. 7 (1975) 179-184.
- Hills, B.L. (1975b). Visibility under night driving conditions; part. 2. Field measurements using disc obstacle and a pedestrian dummy. Lighting Research Technol. 7 (1975) 251-258.
- Hills, B.L. (1976). Visibility under night driving conditions; part. 3. Lighting Research Technol. 8 (1976) 11-26.

- Hills, B.L. (1976a). Visibility under night driving conditions; part I. Aust. Road Res. 6 (1976) no. 2; pag. 3-8.
- Hisdal, B. (1973). Running lights (in Norwegian). Sentrallinstitutt for ind. forskning, Oslo, 1973.
- Hisdal, B. (1974). Evaluation of visual conditions and accident reducing effects by running lights in night, dawn, dusk and daylight. (in Norwegian) (not published). Sentrallinstitutt for ind. forskning, Oslo, 1974.
- Hofer, R. (1962). Glare screen for divided highways. Highway Res. Bull. 336 (1962) 95-101.
- Hogervorst, D.; Clee, H. (1977). Wegdekreflectoren voor (tijdelijke) weg-omleggingen. Deel I: proefvak Rijksweg A12. Rapport KBW 77-09. Rijkswegen-bouwlaboratorium, Delft, 1977.
- Holmes, J.G. (1976). Safety on the road at night. part 4. Light and lighting 69 (1976) 193-194.
- Hørberg, V.; Rumar, K. (1975). Running lights, conspicuity and glare. Report 178. Dept. of Psychology. University, Uppsala, 1975.
- Huculak, P. (1974). A target detection experiment for the evaluation of automobile headlights with particular reference to a mid-beam system. LT Report-ST-678. National Research Council Canada, Ottawa, 1974.
- Huculak, P. (1976). The calculation of night visibility distances of roadway objects. LT Report-ST-723. National Research Council Canada, Ottawa, 1976.
- Huculak, P. (1976a). Visual detection capability of normal observers: a comparison of the results of various investigators. LT Report-ST-834. National Research Council Canada, Ottawa, 1976.
- Huculak, P. (1978). The influence of glare on the detection of hazardous objects in automobile night driving. Report MS-142. National Research Council Canada, Ottawa, 1978.
- Huculak, P. (1978a). A visibility analysis of obstacle detection - experimentation in unopposed automotive headlighting. Report MS 141. Natl. Aeronautical Est., Ottawa, Ont. 1978.
- Huculak, P.; Blais, R. (1973). Contrast sensitivity of participants in automobile headlight experiments. LT Report-ST-600. National Research Council Canada, Ottawa, 1973.
- Ingelstam, E. (ed.) (1963). Lighting problems in highway traffic. Pergamon Press, 1963.
- Irving, A.; Yerrell, J.S. (1975). Lighting research at the UK Transport and Road Research Laboratory. TRB Special Report no. 156 p. 90-100. Transp. Res. Board, Washington, 1975.

- Jacobs, G.D. (1968). The effect of vehicle lighting on pedestrian movement in well lighted streets. Report LR 214. Road Research Laboratory, Crowthorne, 1968.
- Janoff, M.S.; Koth, B.; Mccunney, W.; Freedman, M.; Duerk, C.; Berkovitz, M. (1977). Effectiveness of highway arterial lighting. Final report no. 7737. Franklin Institute, Philadelphia PA, 1977.
- Janssen, W.H. (1972). The perception of manoeuvres of moving vehicles, part IV. IZF, Soesterberg, 1972.
- Janssen, W.H. (1976). Estimating relative speed while driving at night (in Dutch). *Verkeerskunde* 27 (1976) 22-24.
- Jehu, V.J.A. (1955). A method of evaluating seeing distances on a straight road for vehicle meeting beams. *Trans. Illum. Engng. Soc. (London)* 20 (1955) 57-68.
- Jehu, V.J. (1956). Some polarized headlight systems. *Trans. Illum. Engng. Soc. (London)* 21 (1956) 160-167.
- Jehu, V.J. (1956). Polarized headlight filters. *Trans. Illum. Engng. Soc. (London)*. 21 (1956) no. 7.
- Jehu, V.J. (1963). How polarized headlighting might be introduced. In: Ingelstam ed. 1963.
- Jehu, V.J. (1965). Vehicle front lights. *Traffic Engineering & Control* 7 (1965) 450-453.
- Johannson, G.; Rumar, K. (1968). Visible distances and safe approach speeds for night driving. *Ergonomics* 11 (1968) 275-282.
- Johannson, G.; Rumar, K. (1968a). Vorschlag zu einem Autobeleuchtungssystem mit polarisiertem Begegnungslicht. Dept. of Psychology. University, Uppsala, 1968.
- Johannson, G.; Rumar, K. (1968b). A new system with polarized headlights. Dept. of psychology. Report 64. University, Uppsala, 1968.
- Johannson, G.; Rumar, K. (1971). Driver's brake reaction time. *Human Factors*, 13 (1971) 23-27.
- Johannson, G. et. al. (1963). Visible distances with simulated night driving conditions with full and dipped headlights. *Ergonomics* 6 (1963) 171-179.
- Johannson, G. et al. (1969). Summaries of methods and results from the Uppsala experiments with a new system of polarized headlights. Dept. of Psychology. University, Uppsala, 1969.
- Jones, K.J. (1967). New developments in automotive lighting. Paper 670086. Soc. of Automotive Engineers, Detroit, 1967.
- Jones, K.; Macmillan, A.M. (1973). Headlamp aim correcting devices. Paper 730011. Soc. of Automotive Engineers, Detroit, 1973.

- Jørgensen. (1974).
- Kao, H.; Nagamachi, M. (1969). Visual operational feedback and design of vehicle front- and illumination for night-driving. *Perc. Motor Skills* 28 (1969) 243-246.
- Kao, H.S.R.; Nagamichi, M. (1969a). Sensory-motor feedback mechanisms in human vehicular performance. *Ergonomics* 12 (1969) 741-751.
- King, L.E.; Finch, D.M. (1970). Intensity requirements for daytime running lights. *Traffic Engng. Control* (1970) June.
- Kinnear, R.G.; Rose, D.M.; King, A.R. (1973). An evaluation of rear mounted fog warning lights for motor vehicles. Polytechnic of Central London, London, 1973.
- Knudsen, B. (1968). De mørke punkter i vejbelysning (zwarte plekken in de wegverlichting). *Dansk Vejtidskrift* 8 (1968) 153-164.
- Kraay, J.H. (1974). De voetganger en de verkeersveiligheid. Publicatie 1974-2N. SWOV, Voorburg, 1974.
- Kraay, J.H. (ed.) (1987). Proceedings international workshop "Recent Development in road safety research". The Hague, 19 November 1986. SWOV, Leidschendam, 1987 (in druk).
- Kronesser, H. (1978). Der Einfluss der Adaptation des Auges auf die Sichtweite bei der Kraftfahrzeugscheinwerferbeleuchtung. *Forschungshefte zur Verkehrssicherheit*, (1978) no. 2; 42-54.
- Land, E.H. (1948). The polarized headlight system. *HRB Bulletin* no. 11. Highway Research Board, Washington, D.C., 1948.
- Land, E.H.; Chubb, L.W. (1950). Polarized light for auto headlights. *Traffic Engng. Mag.* (1950) no. 4.
- Le Grand, Y (1956). *Optique physiologique*. Ed.: Revue d'Optique, Paris, 1956.
- Lindae, G. (1964). Die Sichtbarkeit von Fahrzeugen im Nebel und Dimensionierung einer geeigneten Nebelwarnleuchte. *Lichttechnik* 16 (1964) 391.
- Lindae, G. (1969). Sichtweite des Abblendlichtes und Belastungsabhängigkeit. *Z.f. Verkehrssicherheit*. 15 (1969) 182-186.
- LITG (1976). Auge Licht Verkehrsgeschehen. Arbeitstagung, 23-24 März 1966. LITG, Mainz, 1966.
- Lyons, D.J. (1971). Trends in research on motorway design and use. *Inst. Civil Eng.*, London 1971.
- McCormick, E.J. (1964). *Human factors engineering*. McGraw Hill, New York, 1964.
- McFarland, R.A.; Domey, R.G. (1958). Experimental studies of night vision as a function of age and changes in illumination. *Highway Res. Bd. Bull.* 191 (1958) 17.

- McRuer, D.T.; et. al (1977). New results in driver steering control models. *Human Factors* 19 (1977) 381-397.
- Meese, G.E.; Westlake, P.E. (1971). Key factors in evaluating headlighting systems. In: CIE (1972).
- Michon, J.A. (1979). Dealing with danger. Report VK 79-01. Rijksuniversiteit, Verkeerskundig Studiecentrum, Groningen, 1979.
- Michon, J.A.; van der Molen, H.H. (eds.) (1976). Sociale verkeerskunde. Symposium november 1974 te Groningen. ANWB, den Haag, 1976.
- Moerman, J.J.B. (1975). Proceedings 18th Session, page 401. In: CIE (1976).
- Moerman, J.J.B.; Holmes, J.G. (1981). The choice of test distance to control errors in the photometry of round projectors focussed at a long distance. *Lighting Res. Technol* 13 (1981) 87-95.
- Monnier, A.; Mouton, M. (1939). La technique de l'Éclairage des automobiles. Dunod, Paris, 1939.
- Moon, P.; Cettei, M.S. (1938). On the reflection factor of clothing. *Journ. Opt. Soc. Amer.* 28 (1938) 277-279.
- Moon, P.; Spencer, D.E. (1943). The specification of foveal adaptation. *Journ. Opt. Soc. Amer.* 33 (1943) 444-456.
- Moore, R.L. (1976). Safety on the road at night, part 3. *Light & Lighting* 69 (1976) 190-192.
- Mortimer, R.G. (1969). Towards an improved automotive rear lighting system. IEEE, Cambridge, 1969.
- Mortimer, R.G. (1970). Automotive rear lighting and signalling research. Univ. of Michigan, Ann. Arbor, 1970.
- Mortimer, R.G. (1972). Car and truck rear lighting and signalling: the application of research findings. In: SWOV, 1972.
- Mortimer, R.G. (1976). Motor vehicle exterior lighting. *Human Factors* 18 (1976) 259-272.
- Mortimer, R.G. et al. (1974a). Studies of automobile and truck rear lighting and signalling systems. UM-HSRI-HF-74-25. Motor Vehicle Manufacturers Ass., Detroit, 1974.
- Mortimer, R.G.; Becker, J.M. (1973). Computer simulation to predict night driving visibility as a function of headlamp beams. IDBRA, Zürich, 1973.
- Mortimer, R.G.; Becker, J.M. (1974). Computer simulation of current U.S. and European headlamp meeting beams, and a proposed mid beam. Paper 740311. Soc. of Automotive Engineers, Detroit, 1974.
- Mortimer, R.G.; Jorgeson, C.M. (1974). Eye fixations of drivers in night driving with three headlight beams. Report No UM-HSRI-HF-74-17. Motor Vehicle Manufacturers Association, Inc. Detroit, 1974.

- Mortimer, R.G.; Post, D.V. (1972). Evaluation of rear-end collision data for determining vehicle rear lighting and signalling priorities. HIT Lab. Report, 3 (1972) no. 4; 1-3.
- Mulder, J. (1984). Consult hooggeplaatste remlichten. SWOV, Leidschendam, 1984.
- Münch, W.; Wichert, G. (1969). Die Vorausberechnung der Sichtweite im Nächtlichen Kfz-Verkehr. Techn. Wiss. Abh. Osram Gesellschaft. 10 (1969) 293-302.
- Murphy, H.E.H. (1979). Dipped headlights and road safety. Public lighting 44 (1979) 243-244.
- Narisada, K. (1972). Latest research in tunnel lighting in Japan. Highway Research Circular (1972) no. 137 p. 9-27.
- Narisada, K. (1975). Applied research on tunnel entrance lighting in Japan. Lighting Res. Technol. 7 (1975) 87-90.
- Narisada, K.; Inoue, T.; Bjørset, H.H. (1977). Tunnel lighting - luminous intensity of luminaires to guide approaching drivers. Journ. light & Vis. Env. 1 (1977) 45-50.
- Narisada, K.; Takeuchi, T.; Kosako, S. (1980a). Luminance measurements in the access zones of tunnels in daytime - associated errors. Matsushita Electric Industrial Co, Osaka (1980).
- Narisada, K.; Yoshikawa, K. (1974). Tunnel entrance lighting - effect of fixation point and other factors on the determination of requirements. Lighting Res. Technol. 6 (1974) 9-18.
- Narisada, K.; Yoshikawa, K.; Yoshimura, Y. (1980). Adaptation luminance of driver's eyes approaching a tunnel entrance in daytime. P. 79-64. In: CIE (1980).
- Narisada, K.; Yoshimura, Y. (1977). Adaptation luminance of driver's eyes at the entrance of tunnel - an objective measuring method. In: CIE (1977).
- Newby, R.F. (1963). The Birmingham dipped headlight campaign 1962-63. Road Research Technical Paper no. 69. H.M. Stationery Office, London, 1963.
- Nielsen, B. (1974). The use of automobile lights on illuminated roads; running lights (in Deens). Lysteknisk Laboratorium, Lyngby, 1974.
- NNI (1972). NEN 3322. Norm. verkeerslichten. Nederlands Normalisatie Instituut NNI, Rijswijk, 1972.
- NNI (1973). Toelichting op de norm. NEN 3322, NPR, 3323. Nederlands Normalisatie Instituut, NNI, Rijswijk, 1973.
- Noordzij, P.C. (1973). Fietsen bij schemer/duisternis. Publicatie 1973 - 3 N. SWOV, Voorburg, 1973.
- Noordzij, P.C.; van Kampen, L.T.B. (1973). Ongevallen met geparkeerde vrachtwagens. Verkeerstechniek 24 (1973) 243-245.

- NSVV (1949). International visibility tests with motorcar lighting. (jaartal geschat).
- OECD (1968). Alcohol and drugs. OECD, Paris, 1968.
- OECD (1970). Driver behaviour. OECD, Paris, 1970.
- OECD (1971). Lighting, visibility and accidents. OECD, Paris, 1971.
- OECD (1972). Symposium on road user perception and decision marking. (published in Italian). OECD, Rome, 1972.
- OECD (1975). Road marking and delineation. OECD, Paris, 1975.
- OECD (1975a). Roadside obstacles: their effect on the frequency and severity of accidents. OECD, Paris, 1975.
- OECD (1976). Adverse weather, reduced visibility and road safety. OECD, Paris, 1976.
- OECD (1976a). Polarized light for vehicle headlamps. OECD, Paris, 1976.
- OECD (1978). New research on the role of alcohol and drugs in road accidents. OECD, Paris, 1978.
- OECD (1980). Improving road safety at night. OECD, Paris, 1980.
- OECD (1981). Methods for evaluating road safety measures. OECD, Paris, 1981.
- OECD (1984). Road surface characteristics. OECD, Paris, 1984.
- Olson, P.L. et al. (1975). Factors influencing the effectiveness of automotive rear lighting systems. UM-HSRI-HF-75-4. Motor Vehicle Manufacturers Ass. Detroit, 1975.
- Olson, P.L.; Halstead-Nussloch, R.; Sivak, M. (1979). Development and testing of techniques for increasing the conspicuity of motorcycles and motorcycle drivers. Report no. DOT HS 805 143. Univ. Michigan, Ann. Arbor, 1979.
- Olson, P.L.; Mortimer, R.G. (1974). Analysis of sources of error in headlamp aim. Report no. 740312. SAE, 1974.
- OTA (1970). Tenth International Study Week in Traffic and Safety Engineering. OTA, Rotterdam, 1970.
- Padmos, P. (1981). Veiligheids- en comfort aspecten van het rijden bij duisternis. Rapport IZF 1981-C-21. IZF, Soesterberg, 1981.
- Padmos, P. (1984). Visually critical elements in night driving, in relation to public lighting. TRB/CIE Symposium, Washington, DC, July 1984.
- Padmos, P.; Alferdinck, J.W.A.M. (1983). Verblinding bij tunnelingen - II. De invloed van atmosferisch strooilicht. Rapport 1983 C-9. IZF, Soesterberg, 1983.
- Padmos, P.; Alferdinck, J.W.A.M. (1983a). Verblinding bij tunnelingen - III. De invloed van strooilicht van de autovoorraad. Rapport 1983 C-10. IZF, Soesterberg, 1983.

- Padmos, P.; Walraven, J. (1982). Wegverlichting buiten de bebouwde kom; welke visuele informatie heeft de automobilist nodig. *Elektrotechniek* 60 (1982) 449-451.
- Pagès, R.; Lacoste, F. (1971). Essais sur la visibilité des feux de signalisation. CIE, Barcelona, 1971.
- Pinkney, H.F.L.; Ayad, A.A.; Walker, A.C. (1976). Application of a photographic method to study the luminance distribution governing visibility in night driving. NRC no. 15350. National Research Council Canada, Ottawa, 1976.
- Pocci, G. (1960). La XX Riunione del Comité d'experts del GTB. *Trasporti Pubblici* (1960) no. 5.
- Polak, P.H. (1986). Verlichting overdag voor motorvoertuigen: Het attentielicht. R-86-27. SWOV, Leidschendam, 1986.
- Preston, B.W. (1969). Applied optics in the automotive industry. *Applied Optics* 8 (1969) 1765-1769.
- Projector, T.H. et. al (1969). Analytic assessment of motor vehicle rear signal systems. National Highway Safety Bureau, Washington, DC, 1969.
- Reading, V. (1966). Yellow and white headlamp glare and age. *Trans. Illum. Engng. Soc. (London)*. 31 (1966) 108.
- Ricard, J. (1973). Éléments d'étude des projecteurs antibrouillard. *Lux* (1973) oct., no. 34, 324-329.
- Riemersma, J.B.J. (1979). The perception of deviations from a straight course. Report 1979-C 6. IZF, Soesterberg, 1979.
- Riemersma, J.B.J. (1983). Visual processes in vehicle guidance. In: CIE (1983c).
- Riemersma, J.B.J. (1983a). The effects of stroboscopic visual occlusion on maintaining course on a straight road. Report 1983 C-20. IZF, Soesterberg, 1983.
- Rinalducci, E.J. (1974). Losses in nighttime visibility caused by transient adaptation. *Journ. Illum. Engng. Soc.* 3 (1974) 336-345.
- Rinalducci, E.J.; Beare, A.N. (1975). Visibility losses caused by transient adaptation at low luminance levels. TRB special report 156 p. 11-20. *Trans. Res. Board, Washington*, 1975.
- Roper, V.J. The General Electric Co. tests on polarized headlighting. *Highway Research Board Bulletin*. 11 (1948).
- Roper, V.J.; Howard, E.A. (1938). Seeing with motorcar headlamps. *Trans. Am. Illum. Engng. Soc.* 33(1938) 417.
- Rosemann, A. (1977). Die Bremsreaktionszeit von Kraftfahrzeugfahrern. p. 392. In: Anon 1977.

- Roszbach, R. (1972). Improving vehicle rear lighting and signalling. In: OECD (1972).
- Roszbach, R. (1972a). Some problems in the design of improved vehicle rearlighting configuration. in: SWOV 1972.
- Roszbach, R. (1974). Verlichting en signalering aan de achterzijde van voertuigen. SWOV, Voorburg, 1974.
- Roszbach, R. (1974a). Het voeren van verlichting overdag door motorvoertuigen en de verkeersveiligheid. R-74-4. SWOV, Voorburg, 1974.
- Rumar, K. (z.j.). The visibility of motor vehicles as a function of colour and lights, and the effect of visibility on traffic safety. Trafik-saekerhets kommitte, Stockholm (zonder jaar).
- Rumar, K. (1970). Effectiveness of old, new and future motorcar lighting. In: OTA (1970).
- Rumar, K. (1972). Obstacle visibility with European Halogen H4 and American Sealed Beam Headlights. In: OECD (1972).
- Rumar, K. (1972a). Night driving visibility with present European headlights. In: SWOV, 1972.
- Rumar, K. (1973). Obstacle visibility with European Halogen H4 and American Sealed Beam Headlights. Report 133. Dept. of Psychology, University, Uppsala, 1973.
- Rumar, K. (1973a). Dirty headlights - frequency and visibility effects. Report 136. Dept. of Psychology, University, Uppsala, 1973.
- Rumar, K. et al. (1970). Experimental studies of a polarized headlight system. Dept. of Psychology. University, Uppsala, 1970.
- Rumar, K.; Ingelstam, E. (1971). A Swedish system for polarized headlights. CIE, Barcelona, 1971.
- Sabey, B.E. (1971). A fully automatic headlight dimming system. CIE, Barcelona, 1971.
- Sabey, B.E. (1973). Road accidents in darkness. Report LR 536. TRRL, Crowthorne, 1973.
- Schinke, M. (1984). Ursachen und Auswirkungen der physiologischen Blendung bei kleinen Blendwinkeln. Voordracht Licht 84, 7 juni 1984. Mannheim, 1984.
- Schmidt, W. (1966). Die Richtlinien Din 5044 und die internationale CIE Empfehlungen für die öffentliche Beleuchtung. In: LITG 1966.
- Schmidt-Clausen, H.J. (1975). Verbesserung des konventionellen Abblendlichtes durch ein zusätzliches Autobahn-Abblendlicht. Technischer Bericht Nr. B.10.144. Hella, Lippstadt, 1975.

- Schmidt-Clausen, H.J. (1977). Verbesserung des rückwärtigen Signalbildes an Kraftfahrzeugen durch zusätzliche hochgesetzte Bremsleuchten. ATZ 79 (1977) 505-508.
- Schmidt-Clausen, H.J. (1977a). Zur Auffälligkeit von Signalleuchten am Kraftfahrzeug. In: Anon 1977.
- Schmidt-Clausen, H.J.; Bindels, J.T.H. (1974). Assessment of discomfort glare in motor vehicle lighting. Lighting Res. Technol. 6 (1974) 79-88.
- Schouten, T.M. (1972). Verblinding, enige fysiologische, leeftijdsafhankelijke oorzaken. R-72-9. SWOV, Voorburg, 1972.
- Schreuder, D.A. (1964). lighting in adverse weather. Traffic Engineering & Control. 5 (1964) 720-723.
- Schreuder, D.A. (1964a). The lighting of vehicular traffic tunnels. Eindhoven, Centrex, 1964.
- Schreuder, D.A. (1966). Verlichting van nachtelijk wegverkeer. T.Soc. Geneeskunde 44 (1966) 230-235.
- Schreuder, D.A. (1967). Measurements. Chapter 8. In: de Boer, ed., 1967.
- Schreuder, D.A. (1967a). Theoretical basis of road-lighting design. Chapter 3. In: de Boer, ed., 1967.
- Schreuder, D.A. (1972). The coding and transmission of information by means of road lighting. In: SWOV (1972).
- Schreuder, D.A. (1972a). The assessment of glare in public lighting (in Dutch). Elektrotechniek 50 (1972) 583-589.
- Schreuder, D.A. (1972b). Safety barriers and lighting columns. International Lighting Review 23 (1972) 20-21.
- Schreuder, D.A. (1972c). Bermbeveiliging en lichtmasten. Verkeerstechniek 23 (1972) 22-25.
- Schreuder, D.A. (1973). De codering en overdracht van informatie met behulp van wegverlichting. Electrotechniek, 51 (1973) 633-637.
- Schreuder, D.A. (1974). Empfehlungen für Blendungsbegrenzung in der Strassenbeleuchtung. Lichttechnik 26 (1974) 180-182.
- Schreuder, D.A. (1974a). De rol van functionele eisen bij de wegverlichting. In: Anon (1974a).
- Schreuder, D.A. (1975). Funktionelle Erfordernisse für Systeme der Blendungsbegrenzung. Lichttechnik 27 (1975) 148-150.
- Schreuder, D.A. (1975a). Wit of geel licht van autokoplantaarns? Publicatie 1975-3N. SWOV, Voorburg, 1975.
- Schreuder, D.A. (1975a). Functional requirements of road lighting. R-75-3. SWOV, Voorburg, 1975.
- Schreuder, D.A. (1976). An integrated system for vehicle lighting and signalling. R-76-41. SWOV, Voorburg, 1976.

- Schreuder, D.A. (1976a). Voertuigverlichting binnen de bebouwde kom (herziene versie). R-76-7. SWOV, Voorburg, 1976.
- Schreuder, D.A. (1976b). Future lines of research in the field of toxic and psychological factors in road traffic accidents. R-76-36. SWOV, Voorburg, 1976.
- Schreuder, D.A. (1977). The relation between lighting parameters and driver performance. In: CIE (1977).
- Schreuder, D.A. (1977a). Signaallichten in het verkeer. *Electrotechniek* 55 (1977) 254-275.
- Schreuder, D.A. (1978). The relation between lighting parameters and transportation performance. *Transportation Res. Rec.* 681. p. 43-47. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1978.
- Schreuder, D.A. (1978a). Woonerven en hun verlichting. SWOV, Voorburg, 1978.
- Schreuder, D.A. (1978b). Woonerven en hun verlichting. *Electrotechniek* 56 (1978) 633-639.
- Schreuder, D.A. (1978c). Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen. SCW, Arnhem, 1978.
- Schreuder, D.A. (1979a). The lighting of residential yards. Nr.: R-79-49. SWOV, Voorburg, 1979. Ook in: CIE (1980).
- Schreuder, D.A. (1979b). Physiological glare caused by the illumination of sportsfields (in Dutch). *Polyt. Tijdschr.* 34 (1979) 734-737.
- Schreuder, D.A. (1979c). Public and vehicle lighting in residential areas. Paper CIBS Annual Conference, Harrogate, 19-23 May., 1979. R-79-4. SWOV, Voorburg, 1979.
- Schreuder, D.A. (1980). Lichttechnische Forderungen am Lichtsignalanlagen im Strassenverkehr. *Voordracht Licht* 80. R-80-26. SWOV, Voorburg, 1980.
- Schreuder, D.A. (1981). De verlichting van tunnelingangen; een probleem-analyse. SWOV, Voorburg, 1981.
- Schreuder, D.A. (1981a). Enige overwegingen omtrent de verlichting van fietsers. *Verkeerskunde* 32 (1981) 244-246.
- Schreuder, D.A. (1981b). Light signals for road traffic control. *Traffic Engineering & Control* 22 (1981) 370-371.
- Schreuder, D.A. (1981c). L'efficacité lumineuse des signaux routiers. *Lux* (1981) no. 112. (avril) 13-15.
- Schreuder, D.A. (1981d). Profilierte Fahrbahnmarkierungen. R-80-48. SWOV, Voorburg, 1980.
- Schreuder, D.A. (1982). Het project Licht en Zicht in het verkeer. Intern memorandum DS/DSm/95872. (niet gepubliceerd). SWOV, Leidschendam, 1982.

- Schreuder, D.A. (1982a). Een model voor de taakaspecten van het verkeersgedrag. Intern memo DS/DSm/95457 (niet gepubliceerd). SWOV, Leidschendam, 1982.
- Schreuder, D.A. (1982b). Een model voor de taakaspecten van het verkeersgedrag. Deel III toepassingen: risico en beslissingen. Intern memorandum DS/YH/95873 (niet gepubliceerd). SWOV, Leidschendam, 1982.
- Schreuder, D.A. (1982c). Assessment of road lighting quality on the basis of driver task analysis. Rapport CIE-TC 4.6. SWOV, Voorburg, 1982.
- Schreuder, D.A. (1982d). Openbare verlichting en ongevallenkans. *Electrotechniek*, (1982).
- Schreuder, D.A. (1982e). Openbare verlichting en ongevallenkans. SWOV, Voorburg, 1982.
- Schreuder, D.A. (1983). Systeem voor classificatie van wegdekken op reflectie-eigenschappen. *Wegen* 57 (1983) p. 364-370.
- Schreuder, D.A. (1983a). Principles of information transfer by road markings. In: CIE (1983c).
- Schreuder, D.A. (1984). Regelen, sturen en beheersen. *Wegen* 59 (1985) p. 217-220.
- Schreuder, D.A. (1984a). Visibility aspects of road lighting. TRB/CIE Symposium, Washington, DC, July 1984. SWOV, Leidschendam, 1984.
- Schreuder, D.A. (1984b). Glare in road lighting. *CIE Journal* 2 (1983) p. 53-57.
- Schreuder, D.A. (1984c). Antiverblindingschermen. *Wegen* 58 (1984) p. 366-388.
- Schreuder, D.A. (1984d). De toepassing van retroreflecterende materialen in het wegverkeer. SWOV, Leidschendam, 1984.
- Schreuder, D.A. (1984e). Seitenreflektoren für Fahrräder. *Voordracht Licht 84*. Mannheim, 1984.
- Schreuder, D.A. (1984f). Kwaliteitsverbetering aan de verlichting van fietsen. R-85-6. SWOV, Leidschendam, 1985.
- Schreuder, D.A. (1986). The function of road markings in relation to drivers' visual needs. SWOV, Leidschendam (1986) (in druk).
- Schwab, R.N.; Hemion, R.H. (1971). Improvement of visibility for night driving. Paper 50th Annual Meeting. Highway Res. Board, Washington, 1971.
- SCW (1974). Wegverlichting en oppervlaktetextuur. Mededeling no. 34. Stichting Studiecentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1974.
- SCW (1984). Wegverlichting en oppervlaktetextuur. Mededeling no. 68. Stichting Studiecentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1984.
- SCW (1984a). Wegmarkeringen op natte wegen. Eindrapport (in druk).

- Simson, B.G.; Mandel, J. (1974). Photometric data variability of automotive lighting components. Technical note 821. Natl. Bureau of Standards, Washington DC, 1974.
- Slop, M. (1970). Roadside safety structures. Report 1970-6. SWOV, Voorburg, 1970.
- Smiley, A.; Huculak, P. (1973). A target detection experiment at night on highway 417. LTR ST. 598. Natl. Research Council, Ottawa, 1973.
- Smith, F.C. (1938). Trans. Illum. Engng. Soc. (London). 3 (1938) 196.
- Spencer, D.E. (1943). Journ. Opt. Soc. Amer. 33 (1943) 10.
- Spencer, D.E. (1960). Scattering functions for fog. Journ. Opt. Soc. Amer. 50 (1960) 584.
- Spencer, D.E.; Peek, S.C. (1972). The transient aspect of automotive lighting. Illum. Engng. 66 (1972) 292.
- Steel, M. (1979). See and be seen. Public lighting 44 (1979) 241-242.
- Stiles, W.S.; Crawford, B.H. (1937). The effect of a glaring light source on extrafoveal vision. Proc. Roy. Soc. 122B (1937) 255-280.
- Stoovelaar, F.; Groot, R.E. (1976). Een zichtbare fiets. Verkeerskunde 27 (1976) 115-119; 169-174.
- Stoovelaar, F.; Groot, R.E. (1977). Zichtbare motor- en bromfietsen. Verkeerskunde 28 (1977) 356-362; 428-434.
- Sturgis, S.P. (1976). Motorcycle headlighting: some peculiar issues. HSRI Research 6 (1976) no. 4, 3-17.
- Svensson, O. (1968). PM Angående halvljusbelysning på fordon i rörelse under dagsljusbetingelser. Statens Trafiksäkerhetsverk, Solna (Sweden) 1968.
- SWOV (1965). Rapport werkgroep menselijke factoren in de preventie van verkeersongevallen. SWOV, Den Haag, 1965.
- SWOV (1967). Bijdragen voor de Nota Verkeersveiligheid. Staatsuitgeverij, Den Haag, 1967.
- SWOV (1969). Stads- en dimlichten binnen de bebouwde kom. Rapport 1969-6. SWOV, Voorburg, 1969.
- SWOV (1971). Snelheidslimieten buiten de bebouwde kom. Rapport 1971-1. SWOV, Voorburg, 1971.
- SWOV (1972). Psychological aspects of driver behaviour. Symposium 2-6 August 1971. SWOV, Voorburg, 1972.
- SWOV (1974). Het voeren van verlichting overdag door motorvoertuigen en de verkeersveiligheid. SWOV, Voorburg, 1974.
- SWOV (1976). Toekomst in veiligheid. Congres, 18 mei 1976. SWOV, Voorburg, 1976.

- SWOV (1976b). Snorfiets, veilig of niet ? Publicatie 1976-1N. SWOV, Voorburg, 1976.
- SWOV (1976c). De voetganger in het verkeer. Publicatie 1976-2N. SWOV, Voorburg, 1976.
- SWOV (1976d). Pedestrians, two-wheelers and road safety. Publication 1976- 3E. SWOV, Voorburg, 1976.
- Ten Grootenhuis (1976). Woonerven voordracht. Verkeerstechnische leergang ANWB.
- Terry, R.M. (1973). Automotive headlamp aiming, intentions and results. Report no. 730007. SAE, 1973.
- Terstiege, H. (1977). Über das nächtliche Erkennen von Verkehrszeichen. P. 387-391. In: Anon 1977.
- Thiry, J.P.; Deveaux, P. (1971). Determination experimentale de l'intensité lumineuse admissible des projecteurs route. CIE, Barcelona. 1971.
- Thoenes, E.; Slop, M. (1969). SWOV-onderzoek leidde tot flexibele en snel te repareren geleiderailconstructies. Wegen 43 (1969) 296-304.
- Tooke, W.R.; Hurst, D.R. (1975). Wet night visibility study. G. DOT Research Project no. 6701. Department of Transportation. Georgia, 1975.
- Tromp, J.P.M. (1984). Spat- en sproeiwater bij vrachtwagens. SWOV, Leidschendam, 1984.
- Van Bommel, W.J.M. (1970). Gepolariseerd licht en de toepassing daarvan voor autoverlichting. Afd. technische Natuurkunde. Technische Hogeschool, Eindhoven, 1970.
- Van de Pol, W.H.M.; Slop, M. (1969). Flexibele geleiderailconstructies en lichtmasten in middenbermen. Wegen 43 (1969) 358-361.
- Van Minnen, J. (1982). Het effect van achterreflectoren en reflecterende pedalen op de veiligheid van fietsers. R-82-29. SWOV, Leidschendam, 1982.
- Van Norren, D. (1974). Leesbaarheid van bewegwijzering langs autosnelwegen. Rapport 1974-C15. IZF, Soesterberg, 1974.
- Van Norren, D. (1977). Invloed van het type retroreflecterend materiaal op de leesbaarheid van berm bordes. Rapport IZF-1977-C3. IZF, Soesterberg, 1977.
- Van Norren, D. (1981). Informatiedragers langs de weg. Rapport 1981 C-25. IZF, Soesterberg, 1981.
- Van Wisselingh, T.H. (ed.)(1953). Weg en verkeer (jaartal geschat). Van Holkema & Warendorf, Amsterdam, 1953.
- Van Wisselingh, T.H.; Halbertsma, N.A.; Volmüller, J. (1953). Het ontwerpen van wegen en straten. Hoofdstuk IX. In: van Wisselingh, ed., 1953.

- Veling, I.H. (1982). Analyse rijtaak; beschrijving van een onderzoeksprogramma. Rapport 1982 C-1. IZF, Soesterberg, 1982.
- Vos, J.J. (1963). On mechanisms of glare. Diss. University, Utrecht, 1963.
- Vos, J.J. (1983). Verblinding bij tunnelingangen -I. De invloed van strooilicht in het oog. Rapport 1983 C-8. IZF, Soesterberg, 1983.
- Vos, J.J.; Bouman, M.A. (1959). Disability glare: Theory and practice. Cie, Brussels, 1959.
- Vos, J.J.; Padmos, P. (1979). In: CIE, 1980.
- Vos, J.J.; Padmos, P. (1983). Straylight, contrast sensitivity and the critical object in relation to tunnel entrance lighting. In: CIE (1983) p D404/1-4.
- Vos, J.J.; Walraven, J.; van Meeteren, A. (1976). Light profiles of the foveal image of a point source. Vision Res. 16 (1976) 215-219.
- Walker, D. (1972). Field adjustment and inspection of headlamp aim. Paper 720286. SAE, Detroit, 1972.
- Walker, A.E.; Chapman, R.G. (1980). Assessment of anti-dazzle screen on M6. Report LR 955. TRRL, Crowthorne, 1980.
- Walraven, J. (1973). Special characteristics of chromatic induction. Vision Res. 13 (1973) 1739-1753.
- Walraven, J. (1979). Signaallichten voor voertuigen. NSVV.
- Walraven, J. (1980). Visueel-critische elementen bij het nachtrijden: een verkennend onderzoek. Rapport IZF 1980-C22. IZF, Soesterberg, 1980.
- Walthert, R. (1972). Über den Einfluss der Infeldstruktur auf die Kontrastempfindlichkeit p. 125-137. In: Bauer et al, ed., 1972.
- Walsh, J.W.T. (1958). Photometry (3rd edition). Dover, New York, 1958.
- Watson, R.L. (1970). A comparison of three different dipped headlight beams in meeting situations. Technical Note TN486. Road Res. Lab. Crowthorne, 1970.
- Watson, R.L. (1970a). Further comparison of dipped headlight beams. Technical Note TN 492. Road Res. Lab., Crowthorne, 1970.
- Watson, R.L. (1970b). A comparison of three dipped headlight systems on an undulating road. Technical Note TN 508. Road Res. Lab., Crowthorne, 1970.
- Webster, L.A.; Yeatman, F.R. (1968). An investigation of headlight glare as related to lateral separation of vehicles. Bulletin 496. College of Engineering. Univ. of Illinois, 1968.
- Wichert, G. (1971). Ein neues, an wichtige Verkehrssituationen angepasstes Kraftfahrzeug-Scheinwerferlicht. CIE, Barcelona, 1971.

- Wilkenson, E.A. (1973). Glare problems by night driving. Report EAW 45. Helsingborg, 1973.
- Wortman, R.H.; Webster, L.A. (1968). Headlight glare as related to lateral vehicle separation. p. 130-144. in: Anon 1968b.
- Würger, H. (1961). Überlegungen zum Problem der Strassen- und Auto-beleuchtung. Bull. SEV 52 (1961) 527-528.
- Yerrell, J.S. (1971). Headlamp intensities in Europe and Britain. Report LR 383. Road Res. Lab., Crowthorne, 1971.
- Yerrell, J.S. (1971a). The performance of two self-levelling headlamp systems. Report LR 378. Road Res. Lab., Crowthorne, 1971.
- Yerrell, J.S. (1976). Vehicle headlights. Lighting Res. Technol. 8 (1976) 69-79.
- Zaccharini, F. (1970a). Systematic photometric control of mass produced headlights. Report C-RA-188. Natl. Inst. Mat. Testing, Stockholm, 1970.
- Zaccharini, F. (1970b). A survey of headlight aiming devices. Report C-RA-187. Natl. Inst. Mat. Testing, Stockholm, 1970.
- Zecnall, R. (1962). Influence of light distribution of headlamps on seeing distances p. 53-70. In: Anon 1962.
- Zecnall, R. (1966). Entwicklungsmöglichkeiten bei den fahrzeugeigenen Beleuchtung. In: LITG 1966.
- Zucknik, R. (1978). Die Wirkung ausgewählter Betriebsparameter von KFZ-Scheinwerfer auf die Sichtweite und Blendung. Forschungshefte zur Verkehrssicherheit. (1978) no. 2; 73-88.
- Zehender, E. (1973). Scheinwerfer für Kraftfahrzeuge mit polarisiertem Licht. Lichttechnik 21 (1973) 97-100.
- Zwikker, C. (1932). Beknopte verlichtingsleer. De Paltrok, Amsterdam, 1932.

BIJLAGE I

WANNEER IS OPENBARE VERLICHTING EVEN DUUR ALS DIMLICHT

Hypothese: Bij goede openbare verlichting behoeft geen dimlicht te worden gevoerd.

Gevraagd: Bij welke verkeersintensiteit wegen de daardoor optredende besparingen aan benzine op tegen de stroomkosten van de openbare verlichting?

Dit volgt uit

$$x = \frac{b d e g h l n p}{a c f i k m}$$

waarin:

- x het aantal voertuigen per nacht (gevraagd)
- a het vermogen van niet-gebruikte lampen (stel: 90W)
- b rendement gehele auto (stel: 0,15)
- c omrekeningsfactor (1 Wh = 0,86 kcal_{i,r}) (neem: 0,86 kcal/Wh)
- d verbrandingswaarde benzine (stel 11000 kcal/kg)
- e soortelijke massa benzine (stel 0,72 kg/dm³)
- f benzineprijs (stel 180 cent/dm³)
- g rijsnelheid (stel 100.000 m/uur)
- h gewenste wegdekluminantie (stel 2 cd/m²)
- i verlichtingsrendement (stel 0,07 cm/lm)
- k armatuurrendement enz (stel 0,50)
- l wegbreedte twee rijbanen (stel 20 m)
- m specifieke lichtstroom (stel 200 lm/W)
- n stroomprijs (stel 0,015 cent per W/uur)
- p aantal uren per nacht (stel 11 uur/nacht)
(gegevens per medio 1984)

Ingevuld levert dit op: x = 8040 eenheden/nacht.

De dimensie van X = 1/nacht. Dit klopt:

$$x = \frac{\text{kcal} \text{ kg} \text{ m} \text{ cd} \text{ m} \text{ cent} \text{ h} \text{ Wh} \text{ dm}^3 \text{ lm} \text{ W}}{\text{kg} \text{ dm}^3 \text{ h} \text{ m}^2 \text{ Wh} \text{ nacht} \text{ W} \text{ kcal} \text{ cent} \text{ cd} \text{ lm}}$$

BIJLAGE 2

EEN GEÏNTEGREERD SYSTEEM VOOR AUTOVERLICHTING

1. Algemeen

Er wordt een schets gegeven van een geïntegreerd systeem voor autoverlichting, dat kan worden beschouwd als een optimale oplossing van de verschillende problemen die met de verlichting van de auto's samenhangen. De uitgangspunten voor dit systeem zijn de volgende:

1. Signaallichten die de positie (de snelheid), de veranderingen in de positie en de snelheid en de voorgenomen veranderingen in de positie en de snelheid waarneembaar kunnen maken voor de andere weggebruikers, zijn onmisbaar.
2. Dergelijke signaallichten moeten kunnen functioneren bij dag en bij nacht; bij heldere atmosfeer en bij slecht zicht.
3. Bij nacht moet onder bepaalde omstandigheden (nl. afwezigheid van openbare verlichting) de weg en alles wat daarbij hoort zichtbaar gemaakt worden van lampen die met de auto worden meegevoerd.
4. De taak van de bestuurder dient zo eenvoudig mogelijk te blijven.
5. Dit alles dient te worden gezien vanuit de functionele eisen die aan verkeersvoorzieningen in het algemeen, en aan verlichting meer in het bijzonder dienen te worden gesteld, namelijk het aan de verkeersdeelnemer mogelijk te maken het einddoel van zijn tocht veilig, vlot en comfortabel te bereiken, en dat tegen minimale kosten (voor hemzelf en de gemeenschap).

2. Een algemeen systeem

Een mogelijk systeem van autoverlichting dat aan de hierboven genoemde eisen voldoet, kan men zich als volgt denken:

2.1. Op de auto zijn de volgende lichten aangebracht (alles tweevoud; links en rechts gelijk).

1. Aan de voorkant:

- gepolariseerd hoofdlicht
- "verbeterd stadslicht"
- parkeerlicht
- richtingaanwijzers (twee niveaus) (eventueel mistlicht)

2. Aan de achterkant:

- achterlicht (twee niveaus)
- remlicht (twee niveaus) (eventueel extra licht voor "pre-warning")

3. Aan de zijkant:

- richtingaanwijzers (twee niveaus) (eventueel positielicht)
- (Deze lichten kunnen voor zover zinvol worden aangevuld of soms zelfs vervangen door retroreflectoren).

4. Dit kan voor zover gewenst worden aangevuld met speciale lampen, zoals achteruitrijlampen, verstralers, breedstralers, zoeklichten, hulplichten voor bochten, nummerplaatverlichting, enz. Deze worden niet verder besproken: alleen zij opgemerkt dat het gebruik van dergelijke lichten strikt gereguleerd moet zijn om misbruik en verwarring te voorkomen.

2.2. Bij de volgende situaties worden gebruikt:

1. Overdag helder weer; volle zon

- voorzijde: gepolariseerd licht
- achterzijde: achterlicht hoog niveau
- richtingaanwijzers voor/achter en remlichten hoog niveau.

2. Schemering, helder weer

- voorzijde: gepolariseerd licht
- achterzijde: achterlicht laag niveau
- richtingaanwijzers voor/achter en remlichten: laag niveau

3. Nacht, helder weer, bij openbare verlichting (geen eenrichtingsverkeer e.d.)

- voorzijde: "verbeterd stadslicht"
- achterzijde: achterlicht laag niveau
- richtingaanwijzers voor/achter en remlichten: laag niveau

4. Nacht, helder weer, geen openbare verlichting

- voorzijde: gepolariseerd licht
- achterzijde: achterlicht laag niveau
- richtingaanwijzers voor/achter en remlichten: laag niveau

5. Overdag en schemering met slecht zicht (mist)

- voorzijde: gepolariseerd licht (eventueel aangevuld met mistlicht)
- achterzijde: achterlicht hoog niveau
- richtingaanwijzers voor/achter en remlichten: hoog niveau

6. Nacht, slecht zicht (mist, al dan niet openbare verlichting)

- voorzijde: gepolariseerd licht
- achterzijde: achterlicht hoog niveau
- richtingaanwijzers voor/achter en remlichten: hoog niveau

Een vereenvoudigd systeem is beschreven door Schreuder (1977); zie ook Tabel A1.

3. Enige aanvullende opmerkingen

1. Er dienen nog enige technische en juridische problemen te worden opgelost voordat gepolariseerd licht algemeen kan worden toegepast (zie OECD, 1976b). Zoals hier geïntroduceerd, is aangenomen dat de bestuurder zelf kan beslissen of hij zijn "analysator" wil gebruiken of niet.
2. De functie van extra mistlampen aan de voorzijde is zeer twijfelachtig (Schreuder, 1971b, SWOV, 1975). De kleur is in ieder geval onbelangrijk (SWOV, 1975).
3. De kleur, plaats en intensiteit van achterlichten "hoog niveau" is zo gedacht dat enerzijds wordt voldaan aan de daglichtsituatie al dan niet met mist, en anderzijds aan de nachtsituatie met mist. Dit licht komt dus tevens in de plaats van het momenteel gangbare "mistachterlicht". Daarbij is ervan uitgegaan dat de gewenste niveaus voor "dag-helder" - "dag-mist" - en "nacht-mist" elkaar voldoende overlappen om met één licht te kunnen volstaan. Zo niet, dan is een drie-niveauschakeling noodzakelijk. Dit derde niveau dient dan te worden gebruikt bij "dag-mist". Wanneer rekening wordt gehouden met een dergelijk derde niveau, bestaat volledige overeenstemming tussen dit systeem en het systeem voorgesteld door Roszbach (1974). Roszbach houdt echter nog de mogelijkheid open van een vierde niveau voor "nacht-mist". Overigens geldt dit derde niveau niet alleen voor achterlichten, maar ook voor richtingaanwijzers en remlichten.
4. Het is gewenst dat de bestuurder zo min mogelijk hoeft te schakelen. Ten eerste levert dat een complicatie op voor zijn taak als bestuurder, en ten tweede introduceert dit de mogelijkheden van foute beslissingen. Het is daarom zeer gewenst het gehele systeem te laten bedienen met één en dezelfde automaat. Voor zover het de hierboven geschetste situaties 1 t/m 4 betreft is dit zonder meer mogelijk: alleen is nodig dat op een aantal nader te bepalen niveaus van de "ambient luminance" van een bepaald niveau op een ander niveau wordt overgeschakeld. Dit kan natuurlijk ook geleidelijk plaatsvinden. Volgens het hier gegeven voorstel moet de verlichting aan de voorkant bij een ander niveau worden omgeschakeld dan de verlichting aan de achterkant. Dit levert technisch natuurlijk geen problemen op.

Voor de situaties 5 en 6 is een analoog systeem bruikbaar; de schakelschema's wijken echter af van de voorgaande schema's in die zin dat 5 en 6

A.

Signaallicht voor:	laag : 20-100 midden: >2000 cd (dimlicht) hoog : >50.000 (hoofdlicht)
Signaallicht achter:	laag : 5- 25 cd midden: 20- 100 cd hoog :200-1000 cd (mistachterlicht)
Richtingaanwijzers, remlicht	laag : 20- 100 cd midden:200-1000 cd hoog :200-1000 cd (>2000 cd is niet realiseerbaar)

B.

Omgeving	Weer	
	Helder	Mist
$E < 10 \text{ lux}$	L ^{*)}	M
$10 < E < 100 \text{ lux}$	L	M
$100 < E < 1000 \text{ lux}$	M	M
$E < 1000 \text{ lux}$	H	H

*) hieraan toe te voegen: dimlicht voor illuminatie

C.

Bestuurder telt in: helder weer/mist

Helder weer

startpunt $E = 0$: alles L; dimlicht aan
bij $E = 10 \text{ lux}$: dimlicht uit
bij $E = 100 \text{ lux}$: van L naar M
bij $E = 1000 \text{ lux}$: van M naar H

Mist

startpunt $E = 0$
bij $E = 1000 \text{ lux}$: alles M; van M naar H

gelijk zijn aan 1. Hier kan men uit twee oplossingen kiezen: de bestuurder schakelt het regime "mist" in waarbij het totale systeem gefixeerd blijft in de situatie behorende bij situatie 1. of het inschakelen van dit regime vindt plaats op basis van een stuursignaal van het "road-side" waarschuwingssysteem voor mist. Het tweede komt uiteraard voorlopig op zijn hoogst in aanmerking voor gedeeltelijke toepassing.

Bij het invoeren van een derde niveau moet - bij in werking zijn van het regime "mist" - worden overgeschakeld van dit derde (zeer hoge) niveau voor overdag naar het hoge niveau bij nacht. Dit kan weer met dezelfde automaat gebeuren; mogelijk echter bij een ander helderheidsniveau van de omgeving.