

DE WAARNEEMBAARHEID VAN VOERTUIGEN

stads- en dimlichten binnen de bebouwde kom

1969



1969 6

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid
Deernsstraat 1 Postbus 3071 Voorburg Nederland

Inhoud

Voorwoord	7
Samenvatting	10
Slotoverwegingen	12
HET ONDERZOEK	
1 Inleiding	15
2 Probleemanalyse	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Waarneembaarheid	17
2.2.1 Zichtbaarheid	18
2.2.2 Opvallendheid	18
2.2.3 Herkenbaarheid	18
2.2.4 Localiseerbaarheid	18
2.2.5 Object	19
2.2.6 'Normale waarnemer'	19
2.3 Doel en functie van wegverlichting	19
2.4 Zichtbaarheid van objecten	20
2.4.1 De zichtbaarheid van objecten op de weg, bij gebruik van stads- en dimlichten in straten met openbare verlichting, zonder verblinding door tegenliggers	20
2.4.2 De invloed van de fysiologische verblinding op de zichtbaarheid van objecten op de weg	25
2.4.3 Fysiologische verblinding	25
2.5 De waarneembaarheid van een voertuig dat markeringslichten voert	30
2.5.1 De zichtbaarheid	30
2.5.2 De opvallendheid	30
2.5.3 De herkenbaarheid	31
2.5.4 Positiebepaling	32
2.6 Behoeftte aan onderzoek	33
3 Het statistisch onderzoek	36
3.1 Doel van het onderzoek	36

3.2	Methode van onderzoek	37
3.2.1	De onderzoekperiode	37
3.2.2	De onderzoekstad en de controlesteden	37
3.2.3	Het gebruik van stads- en dimlichten	38
3.2.4	Beïnvloeden van gedrag	41
3.2.5	Ongevallenregistratie	41
3.3	Resultaten van het onderzoek	43
3.3.1	Algemene toelichting	43
3.3.2	De invloed van de dimlichtactie op het gedrag van weggebruikers	43
3.3.3.	De invloed van de verandering van het gedrag op ongevallen	48
3.3.4	Het gebruik van dimlicht in relatie tot het betrokken raken bij ongevallen	52
3.4	Conclusies	56
4	Het experimentele onderzoek	58
4.1	Doel en methode van het onderzoek	58
4.1.1	Inleiding	58
4.1.2	De auto	60
4.1.3	De weg	60
4.1.4	De waarnemingen	60
4.2	Resultaten van het onderzoek	65
4.3	Discussie	67
4.4	Conclusies	68
Appendix I	De mogelijkheid van het waarnemen van stads- en dimlichten	70
Appendix II	Vooronderzoek naar het gebruik van stads- en dimlichten	72
Appendix III	Factoren van invloed op het gebruik van stads- en dimlichten	74
Appendix VI	Het toetsen van verschillen tussen percentages dimlichtrijders	77
Literatuur		78

Voorwoord

De vraag wat voor de verkeersveiligheid binnen de bebouwde kom het beste is, het voeren van stadslichten of het gebruik van dimlichten, is al jaren aan de orde, zowel in Nederland als in andere landen. De opvattingen hierover verschillen van land tot land.

Ter beantwoording van deze vraag werd in Engeland een uitgebreid onderzoek ingesteld.

Te Birmingham werd in 1962 aan de verkeersdeelnemers verzocht in de bebouwde kom met dimlichten te rijden [1]. Door de ongevalgegevens voor, tijdens en na deze verandering in het gebruik van de autoverlichting te vergelijken, werd getracht het effect op de verkeersveiligheid te analyseren. De analyse van dit onderzoek door het Road Research Laboratory gaf echter onvoldoende uitsluitsel [2].

Om deze reden en omdat de verkeerssituaties, het niveau van openbare verlichting, alsmede de verkeerssamenstelling, in Engeland vrij sterk afwijken van die in Nederland, werd besloten zowel de proef met het dimlichtrijden, als de analyse van het effect op de verkeersveiligheid daarvan, in Nederland te herhalen.

Een verzoek hiertoe van de Centrale Politie Verkeerscommissie bereikte de SWOV eind 1964. De Minister van Verkeer en Waterstaat gaf opdracht het onderzoek uit te voeren.

Het jaar daarvoor had reeds in Haarlem een enquête plaatsgevonden, georganiseerd door politie en gemeentebestuur, die voor het trekken van conclusies ook onvoldoende was gebleken. Nog in 1964 werd na besprekingen met de leiding van de politiekorpsen in Utrecht, Amsterdam, Groningen en Den Haag, Utrecht aangewezen als proefstad voor het SWOV-onderzoek. De overige steden zouden fungeren als controlesteden.

Met de politie instanties werd een afspraak gemaakt over de wijze van ongevallenregistratie. Aan het normale ongevallenformulier werd een aantal extra vragen toegevoegd. De verwerking van deze gegevens stuitte naderhand op veel moeilijkheden, omdat de formulieren niet uniform bleken te zijn ingevuld. Hierdoor waren zij voor mechanische verwerking ongeschikt. Dit had tot gevolg dat bijna alle formulieren door de enkele medewerkers waarover de SWOV in die tijd beschikte, stuk voor stuk geanalyseerd moesten worden. Daarnaast ontstond bij de SWOV twijfel of de wijze van statistische bewerking die door het Road Research Laboratory was toegepast, en die ook voor het Nederlandse onderzoek was gekozen teneinde de resultaten te kunnen vergelijken, wel de meest aangewezen methode was. Deze twijfel werd versterkt door een publicatie van de Australian Road Research Board, die de zwakheden van de statistische verwerking van het Engelse

onderzoek aantoonde [3]. Er werd toen naar een andere methode gezocht. Nadat de nieuwe statistische bewerking van de Nederlandse proef eind 1967 gereed kwam, bleek dat, evenals in Engeland het geval was, een dergelijke proef geen uitsluitsel kan geven op de vraag wat beter is, stads- en dimlichten in de bebouwde kom.

Men dient zich hierbij te realiseren wat de mogelijkheden, maar vooral ook wat de beperkingen zijn van een statistische studie op basis van ongevallen. Een dergelijke studie kan slechts een antwoord geven op de vraag: wat is de invloed van het omschakelen van stads- naar dimlicht op de verkeersveiligheid in de op dat moment aanwezige situatie. Dit houdt in dat een dergelijke studie, ook wanneer de vraag 'of het één beter is dan het ander' concreet beantwoord kan worden, nauwelijks of geen voorspelling kan geven over niet-onderzochte, andere mogelijkheden. Deze zijn bijv. het invoeren van stadsluchten met een hogere lichtsterkte of van een ander niveau voor de openbare verlichting of het veranderen van de verkeerssamenstelling.

Vandaar dat de SWOV besloot al tijdens het statistische onderzoek, een theoretisch en experimenteel onderzoek op analytische basis uit te voeren, om voorspellingen te kunnen doen voor een mogelijk toekomstige situatie. Hierbij werden de beide autoverlichtingssystemen geanalyseerd en werd de invloed van deze systemen nagegaan op de perceptietaak van de verkeersdeelnemer.

Een experimenteel onderzoek was gericht op het schatten van afstanden tot en snelheden van bij duisternis naderende auto's door een aantal waarnemers. Een analyse werd gemaakt van de mate van verblinding door koplichten van voertuigen in verschillende situaties.

Alle genoemde onderzoeken zijn beschreven in dit rapport. De resultaten hebben geleid tot een conclusie en tot slotoverwegingen.

Deze overwegingen mogen niet gerekend worden tot de conclusie uit het onderzoek. Zij komen echter wel voort uit inzichten die door het onderzoek werden verworven.

Het rapport 'Stads- en dimlichten binnen de bebouwde kom' is in laatste instantie samengesteld door dr. ir. D. A. Schreuder (afdeling Basiswetenschappen SWOV). Het statistische onderzoek werd uitgevoerd door J. C. A. Carlquist, A. Blokpoel en J. van Steenis (afdeling Statistiek en Documentatie SWOV). Adviezen over statistische bewerkingsmethoden werden verstrekt door prof. ir. J. W. Sieben, hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Delft en ir. L. R. Verdooren, wetenschappelijk hoofdamtenaar Instituut voor Rassenonderzoek van Landbouwgewassen te Bennekom. Ten aanzien van methodologische aspecten zijn adviezen verstrekt door drs. D. J. Griep (afdeling Menselijke Factoren SWOV).

Het experimentele onderzoek werd uitgevoerd door het Lichttechnisch Laboratorium van N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken en stond onder leiding van dr. ir. D. A. Schreuder.

Het gehele onderzoek werd eind 1968 afgesloten.

Het onderzoek 'Stads- en dimlichten binnen de bebouwde kom' was de eerste praktijkstudie die de toen twee jaar jonge SWOV ter hand nam. De ervaringen hiermede opgedaan leidde tot het inzicht dat een andere organisatie van het onderzoek sneller tot resultaten zou hebben geleid. Immers, wanneer eerst het analytische onderzoek had plaatsgevonden, zou het statistische onderzoek in de proefstad en in de controlesteden meer gedifferentieerd kunnen zijn geweest op bepaalde

aspecten die uit het analytische onderzoek naar voren kwamen als zijnde van invloed op de ongevallenkans.

Dit inzicht, dat werd versterkt door ervaringen met enkele onderzoeken waarmee eveneens werd aangevangen in de beginfase van de SWOV, leidde tot een werkwijze waarbij elk onderzoek wordt aangevangen met een analytisch onderzoek, dat resulteert in een descriptief verslag. Op basis van dit verslag wordt eventueel besloten tot nader onderzoek. Deze werkwijze is thans vastgelegd in een systeem van netwerkplanning.

Ir. E. Asmussen
Directeur SWOV

Samenvatting

1. Bij goede openbare verlichting levert dimlicht geen merkbare bijdrage tot de waarneembaarheid van objecten. Bij slechte openbare verlichting levert dimlicht hiertoe een positieve bijdrage, zonder echter te leiden tot een voldoende niveau van waarneembaarheid van objecten waaraan kleine details moeten worden gezien. Fietsers en voetgangers zijn zulke objecten. De bijdrage hiervoor van stadslichten is verwaarloosbaar (Hoofdstuk 2).
2. De door dimlichten van tegemoetkomende auto's teweeg gebrachte verblinding is voor alle gangbare niveaus van straatverlichting onacceptabel sterk, zeker wanneer met een aanzienlijk aantal tegenliggers rekening wordt gehouden. Stadslichten veroorzaken vrijwel nooit verblinding maar zijn in vele gevallen niet voldoende opvallend (Hoofdstuk 2).
3. Naarmate de kwaliteit van de openbare verlichting beter is, zullen meer automobilisten uit vrije keuze gebruik maken van stadslichten. (Hoofdstuk 3).
4. De toename van ca. 35% tot ca. 80% dimlichtrijders binnen de bebouwde kom bij het onderzoek Utrecht, heeft geen aantoonbare invloed op het totaal aantal verkeersongevallen gehad. Ook de ongevalkans bij duisternis (= de dag/nachtverhouding) was niet significant veranderd (Hoofdstuk 3).
5. Het tegelijk voorkomen van dimlicht en stadslicht is misleidend en verwarrend en kan daarom een belangrijke bron van verkeersonveiligheid bij duisternis zijn. Gezien de resultaten vermeld in punt 4 heeft het feitelijke percentage dimlichten en stadslichten blijkbaar weinig invloed (Hoofdstuk 3).
6. De in de meeste West-Europese landen genormaliseerde dimlichten (zgn. E-lantaarns) stemmen onderling goed overeen, hoewel aanzienlijke verschillen door afstelling en veroudering kunnen voorkomen. Tussen stadslichten van auto's bestaan echter grote verschillen. Vele hebben een te lage opvallendheid. Dit wordt o.a. geconcludeerd uit het onevenredig kleine aantal conflicten tussen dimlichtrijders en voetgangers (Hoofdstuk 3).
7. Voor de detecteerbaarheid van een enkele auto onder laboratoriumomstandigheden is een lage intensiteit van stadslichten reeds voldoende. Conflictsituaties tussen stadslichtrijders en voetgangers moeten daarom in het bijzonder worden

toegeschreven aan de aanwezigheid van afleidende lichtbronnen, bijvoorbeeld van andere voertuigen voorzien van lichten met hoge intensiteit (Hoofdstuk 4). Zie ook punt 5.

8. Het gedrag van overstekende voetgangers (uit te drukken in gewenste oversteeektijd en frequentie van beslissingsfouten) hangt, onder laboratoriumomstandigheden bij het naderen van een enkele auto op een overigens vrije weg, niet meetbaar af van de intensiteit van de door de auto gevoerde lichten. Het hangt ook niet af van het gemiddelde niveau van de wegverlichting. Beslissingsfouten in de praktijk – speciaal het ten onrechte oversteken bij nadering van een auto met stadslichten – moeten dus het gevolg zijn van stoorinvloeden, zoals het voorkomen van auto's met lichten met hoge intensiteit (Hoofdstuk 4).

Conclusie:

In het bovenstaande is aangeduid dat zowel dimlichten als stadslichten bepaalde bezwaren hebben. Het is gewenst te zoeken naar een verlichtingssysteem voor de voorzijde van motorvoertuigen, dat deze bezwaren niet heeft, maar wel de voordelen. Dit is onder meer te bereiken met een licht dat in intensiteit ligt tussen de huidige dimlichten en stadslichten, zodat bij een aanvaardbare graad van verblinding een voldoende opvallendheid gewaarborgd blijft. Toepassing van een dergelijk 'stadslicht nieuwe stijl' impliceert echter dat de openbare verlichting niet buiten beschouwing kan blijven. Het verdient echter aanbeveling eventuele alternatieven te onderzoeken.

Slotoverwegingen

De vraag wat veiliger is, stads- of dimlicht, doet zich vooral op wegen met gemengd verkeer in beide richtingen. Deze vraag kan niet worden beantwoord zonder daarbij de openbare verlichting te beschouwen.

De in punt 4 van de samenvatting gegeven onderzoekresultaten geven aan dat er in de huidige situatie (d.w.z. bij de huidige kwaliteit van openbare verlichting, de kwaliteit van de autoverlichting en de huidige verkeerssamenstelling en -structurering) onvoldoende aanwijzingen zijn om een keuze te kunnen maken tussen het voorgeschreven gebruik van hetzij stadslichten, hetzij dimlichten.

Bij wegen met een scheiding van verkeerssoorten door éénrichtingverkeer of door gescheiden rijbanen, behoeven minder hoge eisen te worden gesteld aan de openbare verlichting en zou het uniform gebruik van dimlichten aanvaardbaar kunnen zijn, zolang geen rekening behoeft te worden gehouden met het voorkomen op de weg van objecten zoals fietsers en voetgangers.

In woonagglomeraties waar de wegen niet aan laatstgenoemde voorwaarden voldoen, zal een oplossing kunnen worden verkregen door alle straten met een verkeersfunctie te voorzien van een goede openbare verlichting (bijvoorbeeld met een luminantieniveau van ca. $0,5 \text{ cd/m}^2$ gecombineerd met het toepassen van autoverlichting met een intensiteit tussen die van het huidige dimlicht en stadslicht).

Het is wenselijk daartoe een 'stadslicht nieuwe stijl' voor auto's te creëren met een lichtsterkte tussen ca. 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.

HET ONDERZOEK

1 Inleiding

De verkeersongevallenstatistiek geeft aan dat in Nederland per jaar ruim 20% van alle verkeersongevallen tijdens schemer of duisternis plaatsvindt [4]. Er zijn voor Nederland geen gegevens beschikbaar betreffende het aantal ongevallen per gereden kilometer bij dag en bij duisternis. Op grond van o.a. Amerikaanse cijfers [5] mag echter worden aangenomen dat de ongevallenkans bij schemer en duisternis ongeveer drie maal zo hoog is als overdag. Het is te verwachten dat de verminderde zichtomstandigheden, naast en in combinatie met factoren betreffende de bestuurder (bijv. vermoeidheid, alcoholgebruik), mede van invloed zijn op het ontstaan van deze verkeersongevallen.

De invloed van de zichtvermindering op de verkeersveiligheid is steeds als vanzelfsprekend beschouwd. De voertuigen werden voorzien van verlichting en reeds spoedig werd in drukke straten de openbare verlichting aan het gemotoriseerde verkeer aangepast. De ontwikkeling van voertuigverlichting en straatverlichting is geleid door lichttechnici die een ruime ervaring hadden in het hanteren van zichtbaarheidsnormen. De eisen die daarbij werden (en worden) gesteld blijken onder meer uit de ingenieuze maar gecompliceerde constructie van de voor het vaste land van West-Europa genormaliseerde autokoplantaarn.

De mogelijkheid om groot licht en dimlicht in één lantaarn te realiseren heeft vele jaren research gekost. Bij de ontwikkeling van deze koplantaarns voor auto's is men uitgegaan van een juist gebruik onder ideale omstandigheden. De praktijk laat echter zien, dat in veel gevallen van een juist gebruik geen sprake is. De cijfers van autoverlichtingsacties spreken in dit opzicht boekdelen. Van de 18 477 auto's die de ANWB in 1968 controleerde werd bij 93% de koplantaarns afgesteld. Daarvan stond 59% te hoog gericht [6]. Na een actie van het Verbond voor Veilig Verkeer in 1968 gehouden, in samenwerking met Volkswagendealers, werd medegegeeld dat bij 61% van de gecontroleerde Volkswagens en bij 70% van de gecontroleerde auto's van andere merken de verlichting onjuist was afgesteld [7].

Voorts kan het niet-gereguleerde gebruik van hetzij stadslichten, hetzij dimlichten, binnen de bebouwde kom leiden tot een zeer onrustig en onoverzichtelijk verkeersbeeld, hetgeen nog versterkt wordt door de grote verscheidenheid in lichtsterkten die bij stadslichten voorkomt. Het is dan ook begrijpelijk dat bij overheidsinstanties de vraag steeds klemmender wordt of een normalisatie van autoverlichting niet vereist is. In een aantal landen o.a. in West-Europa hebben dergelijke overwegingen inderdaad tot voorschriften geleid.

Van een één duidige opvatting in de verschillende landen is echter geen sprake. Wat betreft de wetgeving ten aanzien van de autoverlichting binnen de bebouwde kom is het mogelijk een verdeling te maken in drie hoofdgroepen [8].

1. Tijdens het rijden is het voeren van parkeer- of stadslichten verboden (o.a. in de U.S.A., Tsjecho-Slowakije, België). In sommige andere landen wordt het algemeen toepassen van dimlicht sterk aanbevolen (bijv. in de Duitse Bondsrepubliek).

2. Het rijden met dimlichten is alleen verplicht wanneer de straatverlichting onvoldoende is. Bij voldoende straatverlichting is het gebruik van stadslichten voorgeschreven (o.a. in Frankrijk, Italië). Het probleem hierbij is hoe voor de weggebruiker het begrip 'voldoende straatverlichting' zinvol gedefinieerd kan worden.

3. Er zijn geen wettelijke voorschriften voor het gebruik van stads- of dimlichten; de weggebruiker is vrij de keuze zelf te bepalen (o.a. in Nederland, Denemarken, Groot-Brittannië). In deze landen bestaan wel aanbevelingen om bij goede straatverlichting met stadslichten te rijden en alleen bij onvoldoende straatverlichting dimlichten te gebruiken.

Wettelijke regelingen en aanbevelingen, benevens het toezicht op de naleving daarvan hebben een sterke invloed op de rijgewoonten, d.w.z. op het gebruik van hetzij stads-, hetzij dimlichten.

In de U.S.A. rijden vrijwel alle automobilisten in de steden met dimlicht. Ook in België en Duitsland is het percentage dimlichtrijders zeer hoog. In Frankrijk en Italië wordt in de grote steden bijna door iedereen met stadslichten gereden. In Nederland, waar de weggebruiker vrij is te kiezen, bestaat er een groot verschil in gebruik tussen de steden onderling.

Er zijn typische 'stadslichtsteden' en typische 'dimlichtsteden'. In enkele grote steden in het westen bestaat er een duidelijke voorkeur voor stadslichten. In Groningen en Eindhoven bijvoorbeeld rijdt men echter weer overwegend met dimlicht. De verwarrende situatie, o.a. als gevolg van de verschillen tussen de steden in Nederland, heeft in 1964 geleid tot een opdracht voor onderzoek naar de invloed van het gebruik van stads- of dimlichten op de verkeersveiligheid. Na een korte voorbereidingstijd, is nog eind 1964 met een statistisch onderzoek begonnen. Begin 1966 volgde een experimenteel onderzoek.

2 Probleemanalyse

2.1 Inleiding

De vraag of binnen de bebouwde kom, dus bij aanwezigheid van openbare verlichting, de voorkeur moet worden gegeven aan het gebruik van dimlichten, dan wel van stadslichten, is in de eerste plaats een probleem van verkeersveiligheid. Deze vraag kan alleen ondubbelzinnig worden beantwoord door de invloed van het gebruikte type autoverlichting op de ongevalenkans te onderzoeken (statistisch ongevalenonderzoek). De ongevalenkans echter wordt niet alleen door het type en de kwaliteit van verlichting, maar ook nog – en vermoedelijk in aanzienlijk sterkere mate – door vele andere factoren beïnvloed. Bovendien kan men op grond van statistisch onderzoek alleen een keuze uit de onderzochte (en dus bestaande) systemen maken. Tenslotte kan op grond van de statistische benadering geen verklaring voor het optreden van bepaalde typen ongevallen worden gegeven. Bij deze stand van zaken is het opportuun uit te gaan van de plausibele, maar onbewezen aanname dat voor een juist en veilig verkeersgedrag de waarneembaarheid van obstakels, voertuigen, enz. noodzakelijk is. Men dient vervolgens na te gaan welke fundamentele kennis beschikbaar is betreffende de fysiologische, psychologische en technische aspecten van de verlichting, en hun invloed op de waarneembaarheid van objecten. Daarna kan men nagaan op welke gebieden de beschikbare kennis te kort schiet, en waar aanvullend onderzoek gewenst is. Uit de aangevulde fundamentele kennis kan men afleiden in welke mate het waarnemen van objecten op of bij de weg afhankelijk is van de omstandigheden. Onder die omstandigheden wordt ook de verlichting verstaan. Wanneer de bedoelde afhankelijkheden bekend zijn, kan met gebruikmaking van het statistisch ongevalenonderzoek de vraag worden beantwoord welk type autoverlichting binnen de bebouwde kom de voorkeur verdient.

2.2 Waarneembaarheid

De vraag of een object waargenomen kan worden hangt af van de aard van het object, van de omgeving en van de waarnemer. De vraag of het betreffende object in de betreffende omgeving ook in feite waargenomen zal worden hangt bovendien, en wel in zeer sterke mate, af van de bezigheden en de persoonlijke instelling van

de waarnemer. Voordat deze punten kunnen worden besproken is het nodig eerst enige begrippen te definiëren.

2.2.1 Zichtbaarheid

Onder zichtbaarheid (of detecteerbaarheid) wordt verstaan de eigenschap van een object die aangeeft of de aanwezigheid van het bedoelde object door een 'normale waarnemer' en onder de bedoelde omstandigheden kan worden geconstateerd, onder het voorbehoud dat geen enkele vorm van afleiding optreedt, en de waarnemer zich derhalve volledig op de taak van waarnemer kan concentreren. Maatgevend voor het al dan niet zichtbaar zijn van een object zijn de normale op psychofysische wijze te bepalen drempelwaarden van bijvoorbeeld de contrastgevoeligheid.

2.2.2 Opvallendheid

Onder opvallendheid wordt verstaan de eigenschap van een object die aangeeft of de aanwezigheid van het bedoelde object onder de bedoelde omstandigheden geconstateerd kan worden wanneer met alle voorkomende bronnen van storing rekening wordt gehouden, meer speciaal ook met de taak die de waarnemer als verkeersdeelnemer (automobilist, fietser, voetganger, enz.) heeft. Voor de opvallendheid is ten dele maatgevend de mate waarin de prikkels sterker zijn dan die behorend bij de drempelwaarden. Opvallendheid kan ten dele worden aangeduid als de maat van 'bovendrempeligheid'. Voorts hangt de opvallendheid af van de mate waarin het waar te nemen object in kleur, vorm, helderheid, enz. afsteekt tegen andere in de omgeving voorkomende objecten. Tenslotte speelt de verwachting het bedoelde object daar ter plaatse aan te treffen, een rol. Voor de opvallendheid is alleen dan een kwantitatieve maat te geven wanneer de omstandigheden volledig bekend zijn.

2.2.3 Herkenbaarheid

Onder herkenbaarheid wordt verstaan de eigenschap van een object die aangeeft of de eigen aard en kenmerken van het bedoelde object onder de bedoelde omstandigheden, rekening houdende met alle optredende storingen, kunnen worden bepaald.

Bij de herkenbaarheid speelt uiteraard de mate waarin de waarnemer met de aard en de eigenschappen van het object bekend is, een grote rol.

2.2.4 Localiseerbaarheid

Onder localiseerbaarheid wordt verstaan de eigenschap van een object die aangeeft of de waarnemer de plaats en eventueel de bewegingstoestand en de veranderingen daarin, kan constateren.

Localiseerbaarheid veronderstelt uiteraard voldoende zichtbaarheid, opvallendheid en herkenbaarheid.

2.2.5 Object

Onder object wordt verstaan iedere persoon en elk voorwerp waarvan de waarneembaarheid voor de verkeersveiligheid van belang is of kan zijn. Een object dat een direct gevaar voor het verkeer oplevert, wordt soms als obstakel aangeduid.

2.2.6 'Normale waarnemer'

Onder een normale waarnemer wordt verstaan een (hypothetische) persoon wiens gezichtsorgaan zodanig is dat het voor alle fysiologische karakteristieken (gezichtsscherpte, waarnemingsnelheid, contrastgevoeligheid, enz.) een waarde oplevert die juist samenvalt met het gemiddelde van de gehele populatie van verkeersdeelnemers.

2.3 Doel en functie van wegverlichting

De twee doelstellingen van kunstmatige verlichting ten dienste van het wegverkeer zijn: 'Bevordering van de veiligheid enerzijds en de vlotheid en de doorstroming van het verkeer anderzijds, gedurende de tijd dat het natuurlijke licht te kort schiet'. Het onderhavige rapport blijft beperkt tot het eerste doel: de bevordering van de veiligheid.

Voor het bereiken van dit doel is het noodzakelijk dat de verkeersdeelnemers over voldoende visuele informatie kunnen beschikken – waarbij uiteraard de verlichting een essentiële rol speelt. Deze informatie betreft:

1. het verloop van de weg (het wegdek) in relatie tot de door de verkeersdeelnemer te volgen baan (koers, route);
2. de aanwezigheid van objecten voor zover van belang voor het veilig en vlot volgen van de te volgen baan; deze objecten kunnen in beginsel worden verdeeld in drie groepen:
 - a) andere in beweging zijnde verkeersdeelnemers of hun vervoermiddelen die een zodanige baan volgen dat er een risico van een botsing bestaat;
 - b) objecten die niet bewegen en op (of dicht in de buurt) zijn van de te volgen baan, zodat ook daarbij risico voor een botsing kan bestaan;
 - c) objecten buiten de te volgen baan (al of niet opzettelijk aangebracht) die een bijdrage leveren tot de informatie over het wegverloop of de aanwezigheid van andere objecten, onder meer door het verschaffen van informatie over de snelheid van eigen of andere vervoermiddelen.

De objecten onder punt 2a en punt 2b worden risicodragend genoemd, de objecten onder punt 2c informatiedragend. Uiteraard is deze indeling niet steeds scherp te maken.

Tot zover is de beschouwing nog algemeen. Om de vraag te kunnen beantwoorden of binnen de bebouwde kom het voeren van dimlicht dan wel van stadslicht de voor

keur verdient is een verdere concretisering nodig, en wel op basis van de conflict-situaties die zich in het stadsverkeer kunnen voordoen.

De conflictsituaties kunnen in hoofdzaak op twee grondpatronen worden teruggevoerd, nl.:

A. Weggebruiker A (automobilist) neemt een **onverlicht** object (stilstaande auto, steen, enz., maar ook: voetganger, fietser zonder licht) in zijn baan niet tijdig waar. De grens van de waarneembaarheid van het object wordt gesteld door het helderheidscontrast tussen het object en zijn directe achtergrond.

B. Weggebruiker A (voetganger of automobilist) neemt de markeringslichten voerende weggebruiker B (auto of fiets) niet tijdig waar. De grens aan de waarneembaarheid van B wordt gesteld door de intensiteit van de markeringslichten * van B om voldoende opvallendheid en herkenbaarheid te garanderen, ook in een omgeving die zeer wel versturende elementen kan bevatten.

Deze beide groepen betreffen in hoofdzaak de hierboven genoemde punten 2a en 2b. Binnen bebouwde kommen geeft datgene wat hierboven onder punt 1 (wegverloop) en punt 2c (informatiedragende objecten) is vermeld, zelden tot ernstige problemen aanleiding, omdat ten eerste de rijnsnelheden beperkt zijn en ten tweede vrijwel overal openbare verlichting aanwezig is. Voor de in dit rapport aan de orde zijnde centrale vraag zullen de punten 1 en 2c verwaarloosd worden. In de overblijvende gevallen – de punten 2a en 2b – heeft de door de lichten van het overige verkeer (en in mindere mate door de openbare verlichting) veroorzaakte verblinding een verzwaren van de taak van de waarnemer tot gevolg.

Nu is verblinding een verschijnsel dat twee aspecten heeft. In de eerste plaats de 'eigenlijke' of fysiologische verblinding. Hierbij wordt de visuele waarneming verstoord of zelfs onmogelijk gemaakt. Het tweede aspect is de psychologische verblinding.

Omdat over de verschijnselen van psychologische verblinding zoals deze bij verlichting door autolampen optreden, nog slechts weinig bekend is en deze verschijnselen niet van direct belang zijn voor het in dit rapport behandelde probleem zal er niet verder op worden ingegaan.

Achtereenvolgens worden besproken de eisen te stellen aan de verlichting van het eigen vervoermiddel voor de waarneembaarheid van objecten (fysiologische verblinding meegerekend), en aan de waarneembaarheid van andere vervoermiddelen die van markeringslichten zijn voorzien.

2.4 Zichtbaarheid van objecten

2.4.1 De zichtbaarheid van objecten op de weg, bij gebruik van stads- of dimlichten in straten met openbare verlichting, zonder verblinding door tegenliggers

Een object op de weg kan alleen gezien worden wanneer er voldoende verschil in fotometrische helderheid of luminantie is tussen het object en haar achtergrond.

* Onder markeringslichten wordt hier verstaan iedere verlichting aan de voorzijde van motorvoertuigen die dient om de aanwezigheid van het voertuig aan te geven, zoals stadslampen of (onder bepaalde omstandigheden) ook dimlichten.

Het luminantiecontrast wordt meestal aangegeven door:

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b}$$

waarbij:

C = luminantiecontrast (kan zowel positief als negatief zijn)

L_o = luminantie van het object

L_b = luminantie van de achtergrond (meestal het wegdek).

Hoe groter de absolute waarde van C is, des te beter is de zichtbaarheid van het object. In het geval van straatverlichting zal meestal L_o < L_b en dus C negatief zijn. Men spreekt dan van een negatief contrast.

Bij een verlichting met behulp van koplantaarns van auto's is de situatie juist omgekeerd.

De verticale voorzijde van de voorwerpen wordt sterk aangestraald en krijgt daardoor vaak een hogere luminantie dan het wegdek - afhankelijk van de reflectie van het object. Bij verlichting alleen met behulp van deze koplantaarns, is C meestal positief (positief contrast). Hieruit volgt dat bij het tegelijk aanwezig zijn van verlichting door autokoplantaarns en van straatverlichting het contrast gewoonlijk kleiner is dan bij het gebruik van elk van de verlichtingsmiddelen apart [9].

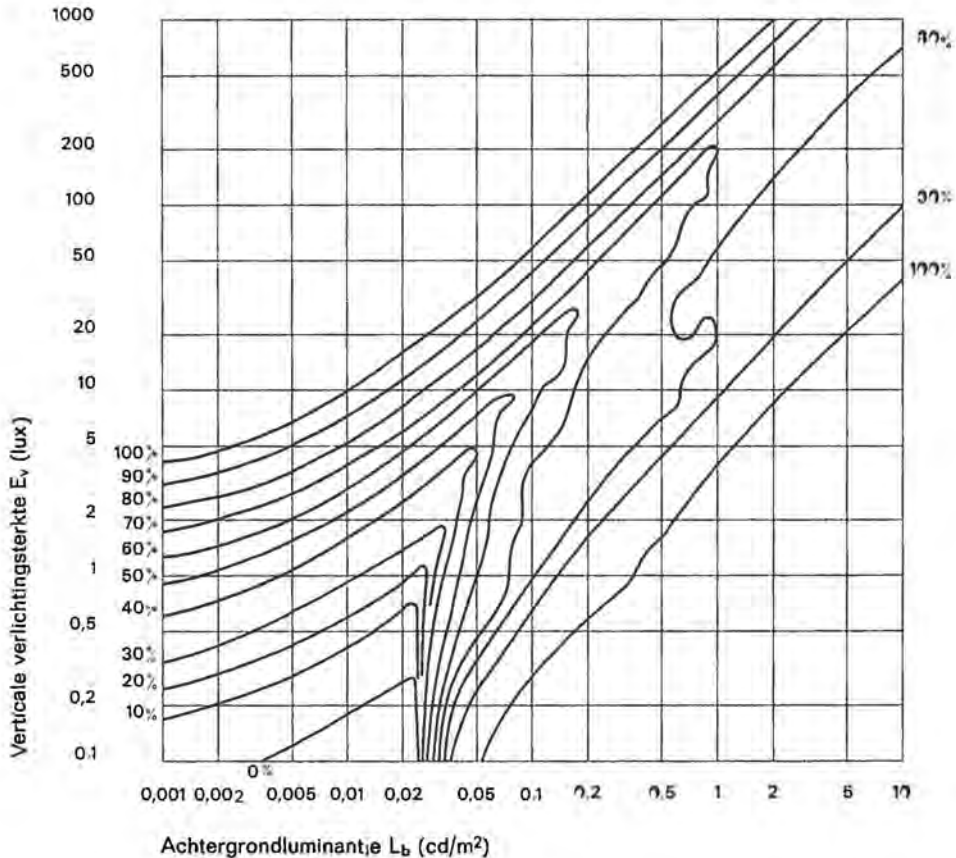
De invloed van het gebruik van dimlichten op het contrast voor straten voorzien van openbare verlichting kan worden bepaald aan de hand van de door Knudsen [10] gegeven beschouwingen betreffende de 'revealing power'. De berekeningsmethode komt in het kort op het volgende neer.

Op grond van een aantal onderzoeken is vastgesteld welk contrast (als functie van de adaptatieluminantie) nog als voldoende duidelijk voor veilig wegverkeer kan worden beschouwd. Dit wordt het kritische contrast genoemd. Voorts is een frequentieverdeling opgesteld van de reflectiefactoren die bij kleding van voetgangers, enz. voorkomen. Wanneer de achtergrondluminantie L_b en de verticale verlichtingsterkte E_v op het vlak van het object gegeven zijn, kan aan de hand van de genoemde frequentieverdeling worden bepaald hoe groot de waarschijnlijkheid is dat het contrast van het object groter is dan het bij L_b behorende kritische contrast. Deze waarschijnlijkheid in procenten uitgedrukt wordt de 'revealing power' genoemd.

In afbeelding 1 (zie blz. 22) is figuur nr. 7 uit de publicatie van Knudsen overgenomen. Deze geeft de verticale verlichtingsterkte E_v als functie van de achtergrondluminantie L_b met als parameter de op de geschetste wijze bepaalde 'revealing power'.

Uit deze figuur komt duidelijk naar voren hetgeen in de vorige alinea is uiteengezet: goede zichtbaarheid, d.w.z. een hoge 'revealing power', is alleen mogelijk bij hetzij een zeer hoge E_v of wel bij een lage E_v. Bij een gemiddelde wegdek-luminantie van 2 cd/m², corresponderend met een goede wegverlichting, moet voor 100% revealing power hetzij E_v > 1000 lux (zelfs met hoofdlampen van auto's alleen te bereiken op enkele meters afstand), of E_v < 8 lux (te bereiken met diepstralende armaturen). Globaal kan uit deze figuur worden afgeleid dat bij wegen met een gemiddelde wegdek-luminantie van meer dan ca. 0,1 cd/m² (d.w.z. bij alle wegen behalve de uitgesproken slecht verlichte) de contrasten van objecten op de weg bij het gebruik van dimlichten minder zijn dan bij het gebruik van stadslampen.

Afbeelding 1. De verticale verlichtingsterkte E_v , als functie van de achtergrondluminantie L_b , met als parameter de 'revealing power'



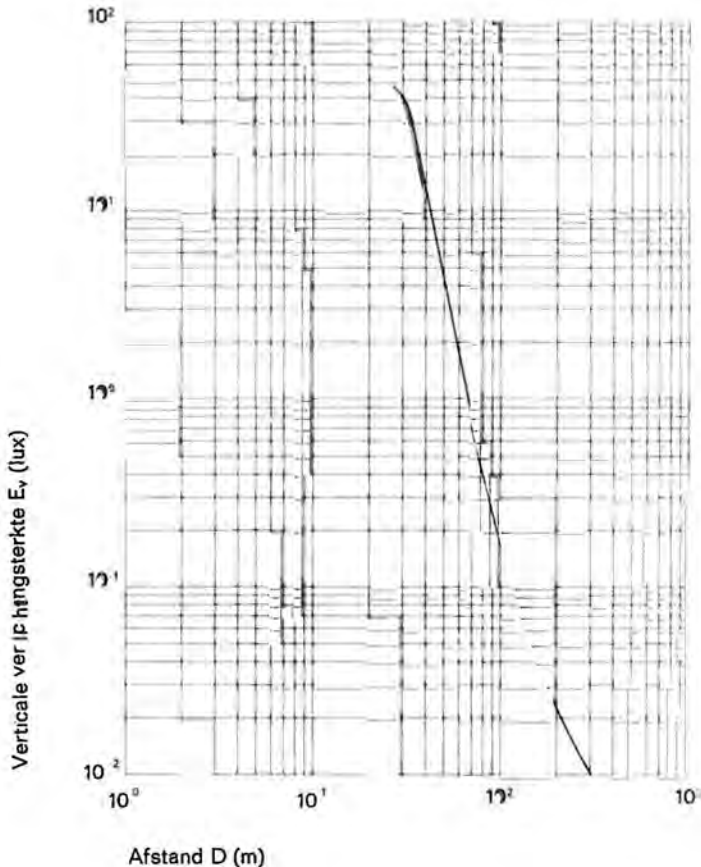
Deze vermindering treedt niet op:

- a) bij afstanden korter dan ca. 15 meter, ten gevolge van de hoge waarden van E_v treedt er meestal een verbetering van de zichtbaarheid van objecten op;
- b) bij zeer donkere plekken, zoals soms ontstaan op natte, spiegelende wegdekken; hierbij kan het gebruik van dimlichten de zichtbaarheid verbeteren, aangezien daar L_b zeer laag kan zijn.

In beide gevallen is de verbetering van de zichtbaarheid, hoewel soms duidelijk aantoonbaar, meestal niet voldoende om van een bevredigende situatie te kunnen spreken.

In het algemeen kan op grond van het bovenstaande worden gesteld, dat de invloed van het gebruik van dimlichten op de zichtbaarheid van objecten niet groot is.

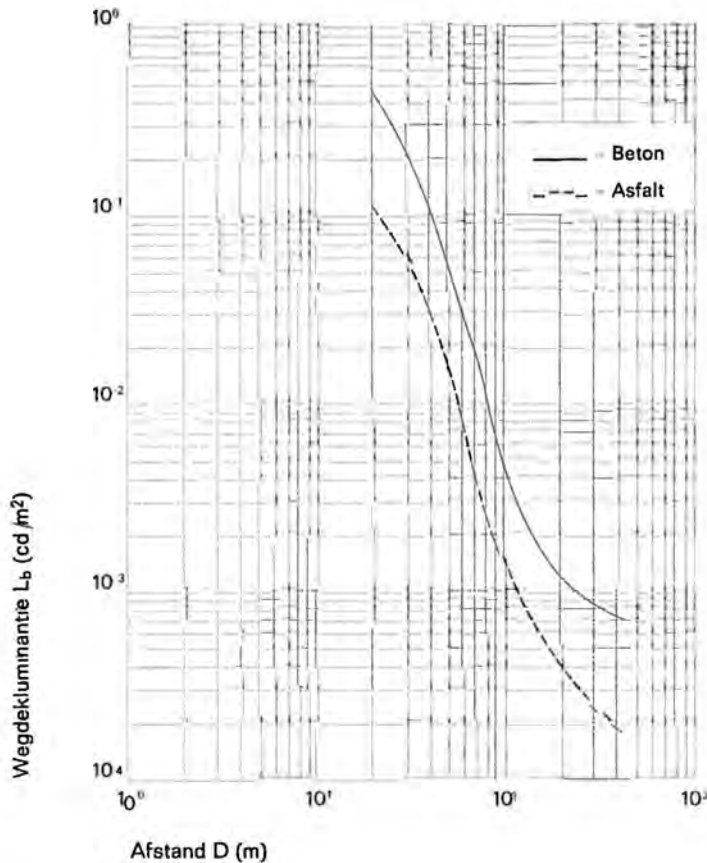
Afbeelding 2. De verticale verlichtingsterkte E_v , als functie van de afstand D tot het voertuig (met twee asymmetrische dimlichten)



Bij goed verlichte straten is deze invloed zelfs verwaarloosbaar. Ter nadere illustratie is in afbeelding 2 de verticale verlichtingsterkte recht voor twee asymmetrische dimlichten ter hoogte van het wegdek aangegeven als functie van de afstand (bij 30 meter 35 lux en bij 50 meter 5 lux). De luminanties die een donkergrijs, resp. een lichtgrijs object daar ter plaatse krijgen, zijn dan 0,7, resp. 2,1 cd/m^2 bij 30 meter; en 0,1, resp. 0,3 cd/m^2 bij 50 m (reflectiefactoren 6%, resp. 18%).

Ook de bijdrage van dimlicht tot de achtergrondluminantie L_b is gering, zoals blijkt uit afbeelding 3, waarin is weergegeven de wegdek-luminantie ten gevolge van twee goed afgestelde, asymmetrische dimlichten recht vooruit. De getrokken lijn geldt voor een wegdek van licht cement-beton (op 30 m: 0,2 cd/m^2 ; op 50 m: 0,06 cd/m^2).

Afbeelding 3. De wegdek luminantie L_b , afkomstig van twee asymmetrische dimlichten, als functie van de afstand D tot het voertuig



de gestippelde lijn voor een donker glad asfalt-beton (op 30 m: $0,06 \text{ cd/m}^2$; op 50 m: $0,015 \text{ cd/cm}^2$).

Uit dit laatste volgt duidelijk dat de bijdrage in wegdek luminantie op een afstand groter dan ca. 30 meter, zelfs in het geval van een matige openbare verlichting (bijv. $L_{\text{gem.}} = 1 \text{ cd/m}^2$), verwaarloosbaar is. Alleen in het gebied vlak voor de auto is dan een duidelijk zichtbare heldere vlek aanwezig. Dat is echter eerder een nadeel dan een voordeel voor het zien van objecten op grotere afstand wegens de stijging van het adaptatieniveau. Bovendien kan door een dergelijk heldere vlek soms een misplaatst gevoel van veiligheid worden gewekt. Ten onrechte kan de bestuurder menen dat eventuele obstakels duidelijk te zien zullen zijn.

Conclusie:

Bij het zoeken naar een optimale oplossing voor het zichtbaar maken van objecten op de weg speelt de kwaliteit van de voertuigverlichting slechts een te verwaarlozen rol, bij wegen of staten voorzien van openbare verlichting, welke aan redelijke kwaliteitseisen voldoet. Alleen bij installaties op plaatsen waar de gemiddelde wegdeklluminantie zeer laag is, of welke zeer donkere plekken vertonen, kunnen goed ingestelde dimlichten het contrast verhogen ten opzichte van dat van stadslichten. Meestal is ook dan de corresponderende waarneembaarheid nog niet voldoende, zodat alleen een verhoging van het verlichtingsniveau van de openbare verlichting een verbetering kan opleveren van de waarneembaarheid van objecten. (Bij deze beschouwingen werd geen rekening gehouden met het gebruik van retroflecterende materialen. In dat geval kan de waarneembaarheid van die objecten, waarop dergelijke materialen zijn aangebracht, wel degelijk gunstig worden beïnvloed door het inschakelen van de dimlichten).

2.4.2 De invloed op de fysiologische verblinding op de zichtbaarheid van objecten op de weg

Verblinding ontstaat doordat een of meer storende heldere lichtbronnen binnen het gezichtsveld aanwezig zijn. Hierdoor kunnen de waarnemingsmogelijkheden aanzienlijk worden verlaagd of bemoeilijkt.

Zoals reeds is aangegeven, moet men onderscheid maken tussen:

- a) fysiologische verblinding (disability glare);
- b) psychologische verblinding (discomfort glare).

De laatste wordt in dit rapport niet besproken.

2.4.3 Fysiologische verblinding

In het algemeen kan gesteld worden dat de klassieke opvattingen van Holladay over het verschijnsel van fysiologische verblinding nog steeds geldig zijn. Het effect van fysiologische verblinding op de waarneembaarheid van objecten kan volgens deze opvattingen beschreven worden met het effect van een extra sluier in het gezichtsveld. Aan deze sluier kan een (equivalente) luminantie worden toegekend. Zulk een sluier overdekt zowel de objecten als de achtergrond zodat de equivalente luminantie van beide met hetzelfde bedrag toenemen. Het verschil in luminantie tussen object en achtergrond blijft echter gelijk. De absolute waarde van het contrast neemt daardoor af.

Immers,

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b}$$

zowel L_o als L_b nemen toe met de sluierluminantie L_s , dus met verblinding wordt het contrast:

$$C' = \frac{(L_o + L_s) - (L_b + L_s)}{L_b + L_s} = \frac{L_o - L_b}{L_b + L_s} \quad \text{dus } |C'| < |C|$$

De equivalente sluiertluminantie L_s kan worden berekend met de formule:

$$L_{s_j} = \frac{K \cdot E_{o_j}}{\Theta_j^n}$$

waarin:

L_{s_j} = sluiertluminantie voor de lichtbron j (cd/m^2)

K = constante

n = constante

E_{o_j} = de door de verblindende lichtbron j veroorzaakte verticale verlichtingsterkte op het vlak van het oog van de waarnemer (lux)

Θ_j = de hoek tussen de richtingen waarin het object, resp. de verblindende lichtbron j , worden gezien (graden).

Voor $50^\circ > \Theta > 1,5^\circ$ geldt volgens Holladay:

1. K : afhankelijk van de leeftijd waarnemer tussen 5 en 15 (volgens Adrian gemiddeld $9,2 \approx 10$ [11]).
2. n : ongeveer 2
3. L_s : totaal = $\sum_j L_{s_j}$ (additiviteit)

Voor $100' > \Theta > 10'$ geldt volgens Hartmann en Moser [12]

1. K : ongeveer 50
2. n : ongeveer 3,5

Voor de meeste situaties binnen de bebouwde kom kan de formule gebruikt worden met de constanten volgens Holladay.

Immers $1,5^\circ$ correspondeert reeds met een grote afstand tussen de auto's in lengterichting (distale afstand R) en een kleine afstand in dwarsrichting (laterale afstand d). Beschouwt men nu een gebied van waarden van Θ tussen ca. 15° en ca. $1,5^\circ$ dan geldt dus Stiles - Holladay, maar ook geldt (met voldoende goede benadering) $\text{tg } \Theta = \Theta$ (Θ in radialen) want $d \ll R$.

Dus voor Θ in graden geldt:

$$\Theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{d}{R}$$

Voorts geldt steeds:

$$E = \frac{I}{R^2}$$

I : de in de richting van de waarnemer uitgestraalde lichtsterkte van de verblindende lichtbron.

Ingevuld levert dit:

$$L_s = \frac{10 \cdot \frac{I}{R^2}}{\frac{180^2}{\pi^2} \cdot \frac{d^2}{R^2}} = \frac{I}{324d^2}$$

De sluiertluminantie L_s is dus recht evenredig met de lichtsterkte I en omgekeerd evenredig met het kwadraat van de laterale afstand d , maar onafhankelijk van de

distale afstand R (Voor zeer kleine hoeken Θ geldt het door Hartmann en Moser gegeven verband; daar blijft een afhankelijkheid van zowel d als R bestaan). Onder aanname dat de door dimlichten uitgestraalde lichtsterkte binnen het voor belang zijnde gebied constant is, kan voor iedere dwarsafstand (tussen oog van de waarnemer en gedimde koplantaarn van de tegenligger) een vaste waarde van L_s worden bepaald.

Voor de op het vasteland van West-Europa toegelaten dimbundels bedraagt de maximaal toelaatbare waarde van de lichtsterkte in richtingen boven de horizontaal 437,5 cd, onder voorbehoud dat voor de richting (3,4 graden links en 0,6 graden boven de horizontaal) de maximaal toelaatbare waarde 187,5 cd bedraagt. In de praktijk betekent dit gewoonlijk dat de lichtsterkte boven de horizontaal geleidelijk afneemt. In het hierna volgende is echter, zoals gezegd, de lichtsterkte constant verondersteld, omdat verwacht mag worden dat in vele gevallen door foutieve afstelling enz. een aanzienlijk hogere lichtsterkte zal worden gevonden.

De sluierluminantie is dan $L_s = \frac{437,5}{324d^2}$

Gezien de additiviteit van de formule van Stiles-Holladay kan men eenvoudig de totale sluierluminantie bepalen die ondervonden wordt wanneer niet een enkele, maar een groot aantal tegenliggers aanwezig is. In de hierna volgende beschouwing zijn van een aantal van de parameters getalwaarden ingevuld. De keuze is niet geheel vrij van enige willekeur. Een nadere discussie zal verderop worden gegeven. Zoals reeds is aangegeven, worden bij verhoging van de sluierluminantie de contrasten in het gezichtsveld kleiner. Wanneer het contrast dat aanwezig was zonder verblinding reeds dicht in de buurt van de drempelwaarde voor de contrastgevoeligheid van het oog van de waarnemer lag, is het zeer goed mogelijk dat een verhoging van de sluier het zichtbare contrast tot onder de drempelwaarde doet dalen. Dit betekent dat het betreffende object onzichtbaar is geworden.

Nu komt men tot een kritiek punt in alle beschouwingen over de invloed van fysiologische verblinding: welke daling in de zichtbare contrasten nog kan worden geaccepteerd? Een algemeen geldig antwoord kan op deze vraag niet worden gegeven. Men kan echter aannemen, dat een toename van het juist zichtbare contrast met 20% de waarneembaarheid van obstakels wezenlijk zal beïnvloeden (d.w.z. een stijging van de drempel van bijv. $C = 0,20$ naar $C' = 0,24$).

Uit de metingen en berekeningen van Berek (door Adrian bewerkt [13]) blijkt dat de drempelwaarde van het juist zichtbare luminantieverschil ΔL afhangt van de adaptatieluminantie L , en wel bij benadering volgens $\Delta L = 0,1 L^{0,5}$, voor $0,1 \text{ cd/m}^2 < L < 10 \text{ cd/m}^2$ en voor een object van 10 boogminuten (representatief voor een klein object op de weg).

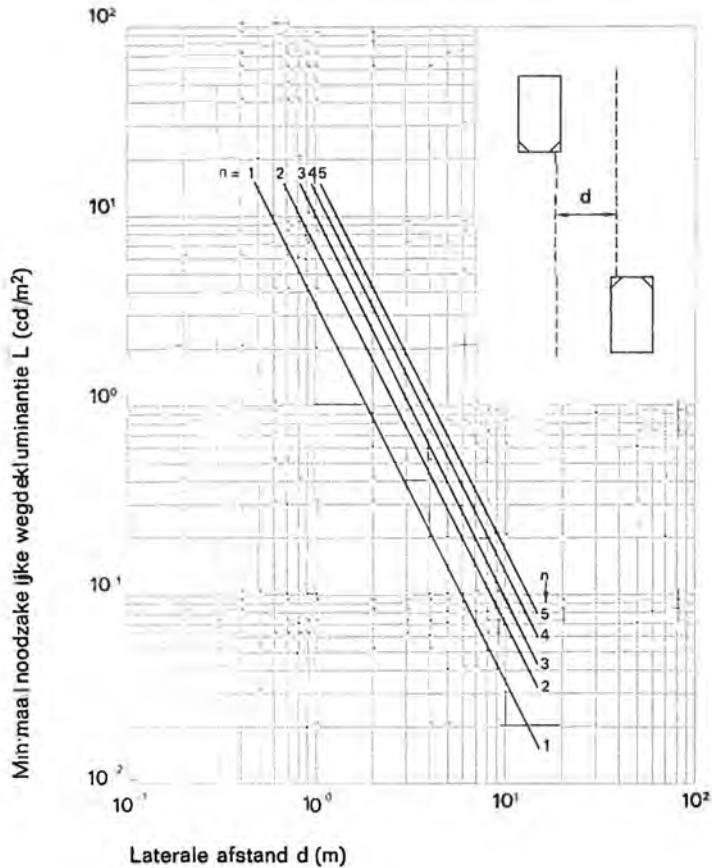
Hieruit kan men het verband bepalen tussen de laterale afstand d tussen de twee (rijen van) elkaar tegemoet komende auto's en de minimaal noodzakelijke achtergrondluminantie (hier gelijkgesteld aan de gemiddelde wegdek-luminantie) zodanig, dat de drempelwaarde van de contrastgevoeligheid niet meer dan 20% toeneemt. Het aantal tegelijk zichtbare tegenliggers is parameter. Een grafische voorstelling hiervan is gegeven in afbeelding 4 (zie blz. 28). Deze is als volgt afgeleid.

Zonder verblinding is $\Delta L = 0,1 L^{0,5}$. Met verblinding wordt ΔL groter tot $\Delta L'$, en L groter tot $L + L_s$, dus $\Delta L' = 0,1 (L + L_s)^{0,5}$.

Het contrast is $\frac{\Delta L}{L}$; dus voor deze twee gevallen resp.

$$C = \frac{\Delta L}{L} = 0,1 L^{-0,5} \text{ en } C' = \frac{\Delta L'}{L + L_s} = 0,1 (L + L_s)^{-0,5}$$

Afbeelding 4. De minimaal noodzakelijke wegdekuminantie L als functie van de laterale afstand d tussen een voertuig en een aantal naderende voertuigen



$$\text{Dus } \frac{C}{C'} = \frac{\Delta L}{L} / \frac{\Delta L'}{L + L_s} = \left(\frac{L}{L + L_s} \right)^{-0,5} = \left(\frac{L + L_s}{L} \right)^{0,5}$$

Noem nu de relatieve verandering in het contrast

$$\frac{C - C'}{C'} = p, \text{ dan is } \frac{C}{C'} - 1 = p \text{ en } \frac{C}{C'} = 1 + p.$$

$$\text{Dan is } 1 + p = \left(\frac{L + L_s}{L} \right)^{0,5}, \text{ dus } (1 + p)^2 = \frac{L + L_s}{L} = 1 + \frac{L_s}{L}$$

Wanneer $p < 1$, dan is $p^2 \ll p$; dus $(1 + p)^2 = (1 + 2p + p^2) \approx 1 + 2p$.

Dan is $1 + 2p = 1 + (L_s/L)$, dus $p = L_s/2L$.

Gesteld is nu voor de berekening van figuur 4

$$p = 0,2 \text{ en } L_s = \frac{l}{324d^2} \text{ (met } l = 437,5 \text{ cd per auto).}$$

$$\text{Voor } n \text{ tegenliggers is dus } L_s = \frac{n \cdot 437,5}{324d^2}$$

dus tenslotte

$$0,2 = \frac{n \cdot 437,5}{324d^2} \cdot \frac{1}{2L} \text{ of } L = 3,38 \frac{n}{d^2}.$$

Deze formule is in afbeelding 4 afgebeeld.

Langs de horizontale as is de laterale afstand d afgezet. Aangenomen wordt dat slechts het linker licht van iedere auto zichtbaar is. Langs de verticale as staat de minimum achtergrondluminantie, waarbij de verblinding nog beneden de gestelde grens blijft.

Uit de grafiek blijkt dat bijv. bij smalle wegen met twee rijstroken (dus zonder gescheiden rijbanen) waarbij $d \approx 1,5$ m, bij één (halve) tegenligger een achtergrondhelderheid van ca. $1,5 \text{ cd/m}^2$ nodig is, maar bijv. bij vijf tegenliggers achter elkaar een achtergrondhelderheid van meer dan 7 cd/m^2 noodzakelijk is.

Hierbij moet worden opgemerkt dat $d = 1,5$ m weinig is voor het moment van passeren. In smalle stadsstraten met fietsers, geparkeerde auto's, enz. is de koers meestal niet precies recht, zodat in de praktijk ook waarden van $d \approx 0$ kunnen voorkomen, zolang de elkaar tegemoetkomende auto's nog enige afstand van elkaar zijn.

Bekijken we wegen met gescheiden rijbanen waarbij de minimum laterale afstand ongeveer 4 m is, dan blijkt dat bij een (halve) tegenligger een minimum achtergrondhelderheid van $0,2 \text{ cd/m}^2$ vereist is en bij vijf tegenliggers ongeveer $1,0 \text{ cd/m}^2$.

Hieruit blijkt hoe groot de invloed van het aantal tegelijk zichtbare tegenliggers is; de tot nu toe gangbare denkwijze waarbij steeds slechts een enkele tegenligger in rekening is gebracht, blijkt voor het moderne stadsverkeer veelal een verkeerd resultaat op te leveren.

Op deze wijze is ook af te leiden, welke lichtsterkte voor koplichten nog tolerabel is bij wegen zonder gescheiden rijbanen ($d = 1,5$ m) maar met straatverlichting. Bij een verhoging van de drempelwaarde van $p = 20\%$ en een gemiddelde wegdek-luminantie van de straatverlichting van $1,0 \text{ cd/m}^2$ blijkt de toelaatbare lichtsterkte van de koplampen ca. 60 cd te zijn voor vijf tegenliggers ($n = 5$).

De hier gegeven minimaal noodzakelijke wegdek-luminanties hangen af van de getalwaarden van de verschillende parameters die bij de afleiding zijn gebruikt. Gestreefd is steeds een waarde te kiezen die in het midden ligt van het in de praktijk voorkomende gebied. Zo kan de sluiertluminantie afhankelijk van de leeftijd sterk variëren ($5 < K < 15$). Voorts is gesteld dat L_s onafhankelijk is van R . Dit houdt het midden tussen de resultaten van Hartmann en Moser [12] waarbij L_s afneemt bij afnemende R en de resultaten van De Boer en Vermeulen [22], waarbij de zichtbaarheid afneemt bij afnemende R . De keuze van $l = \text{constant}$ is reeds aangegeven. De exponent van L in de gebruikte formule $\Delta L = 0,1 L^{0,5}$ hangt af van de omgevingsluminantie en van de objectgrootte. Bovendien is de expositietijd van belang. Voor de hier gebruikte omstandigheden geeft Blackwell [23] een exponent van ca. 0,6. Aanzienlijk hogere waarden zijn gegeven door De Boer [24]. Mede gezien

de zeer veel hogere drempelwaarden die De Boer opgeeft, kan worden vermoed dat het verschil in experimentele opzet een belangrijke rol speelt. Een grotere waarde van de exponent leidt tot een lagere verblinding; daartegenover kan worden gesteld de verblindingsverhogende werking van regen, natte straten en natte of vuile voorruit.

Niet in alle gevallen is numeriek aan te geven hoe de resulterende verblinding afhangt van de aangegeven variaties in de parameters. Er komen – zoals de ervaring leert – veel situaties voor waarbij de verblinding aanleiding geeft tot een onacceptabel sterke reductie van de zichtbaarheid. Een acceptabele toestand is alleen aanwezig wanneer alle factoren gunstiger zijn dan het gemiddelde. Dit leidt tot de volgende conclusie.

Conclusie:

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 of wel 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.

N.B. De nieuw ontwikkelde duplo-halogenelampen leveren ongeveer dezelfde lichtsterkte naar de tegenliggers. Hierbij is wat de verblinding betreft dus nauwelijks verschil t.o.v. de conventionele lampen, gezien de ook bij deze lampen nog steeds geringe bijdrage tot de wegdekkluminantie.

2.5 De waarneembaarheid van een voertuig dat markeringslichten voert

2.5.1 De zichtbaarheid

De zichtbaarheid (definitie zie par. 2.2) van een voertuig dat markeringslichten voert kan op twee wijzen plaatsvinden. Deze sluiten elkaar uiteraard niet uit.

Ten eerste kan het voertuig zelf zichtbaar zijn. Hierbij kan de redenering die hierboven in par. 2.4 is gegeven betreffende de zichtbaarheid van objecten zonder meer worden toegepast: immers een voertuig is ook een object. Op de noodzaak van goede straatverlichting is in dit verband hierboven reeds gewezen.

De tweede wijze van zichtbaar zijn van het voertuig is het zichtbaar zijn van de markeringslichten. Aangezien echter de eisen, die op grond van een voldoende mate van de hierna te bespreken opvallendheid aan de lichten worden gesteld, aanzienlijk zwaarder zijn dan die welke volgen uit een voldoende zichtbaarheid,

kan de zichtbaarheid van voertuigen met markeringslichten hier verder onbesproken blijven.

2.5.2 De opvallendheid

Voor de opvallendheid is de zichtbaarheid weliswaar een noodzakelijke maar geen voldoende voorwaarde. (Voor de definities van zichtbaarheid, opvallendheid, enz. zij verwezen naar par. 2.2). De aanwezigheid in de weg- en verkeerssituatie van andere elementen, die eveneens de aandacht van de bestuurder trekken, kan werkstelligen dat een object in feite pas op een afstand wordt ontdekt, die aanzienlijk korter is dan de zichtbaarheidsafstand. In sommige gevallen kan een op zichzelf zichtbaar object zelfs in het geheel niet waargenomen worden. Zo blijkt uit onderzoek dat de opvallendheid van een signaallicht sterk verminderd wanneer dit moet worden waargenomen te midden van andere lichten van ongeveer dezelfde intensiteit. Nog sterker is dit uiteraard het geval wanneer de lichtsterkte van de storende lichten veel groter is dan van het waar te nemen licht. Zo wordt bijv. de opvallendheid van een auto met stadslucht sterk gereduceerd wanneer in de nabijheid auto's met dim- of groot licht aanwezig zijn. Uiteraard kan ook de zichtbaarheid ten gevolge van 'disability glare' afnemen. Tenslotte blijkt dat de opvallendheid van een lichtsignaal sterk terugloopt bij veelvuldig voorkomen. (Zo is bijv. de opvallendheid van een blauw zwaailicht aanzienlijk groter dan van het veel gebruikte gele zwaailicht ondanks het feit dat de zichtbaarheid van het gele zwaailicht groter is).

Hierbij wordt de opvallendheid beïnvloed door hetgeen men verwacht op grond van zijn ervaring in het verleden. Dit is te vergelijken met het feit dat een voetganger die een autoweg buiten de bebouwde kom oversteekt, veelal later zal worden opgemerkt dan een wandelaar op een zebepad binnen de bebouwde kom, ook wanneer de zichtbaarheid van de voetganger in beide gevallen gelijk is.

Conclusie:

De opvallendheid van de verlichting van voertuigen speelt een primaire rol in het probleem stads- of dimlichten binnen de bebouwde kom, meer speciaal betreffende de wenselijkheid van uniformiteit in de verlichting.

2.5.3 De herkenbaarheid

De belangrijkste bijdrage van de verlichting tot de herkenbaarheid van voertuigen ligt in de mogelijkheid voertuigen van verschillende categorieën te onderscheiden. In het algemeen kunnen de verschillende categorieën worden aangeduid met verschillende lichten, of verschillende aantallen en/of plaatsen van lichten. Zo is door de plaatsing van markeringslichten het verschil te zien tussen een grote vrachtauto en een personenauto. In sommige gevallen geeft dit echter onvoldoende zekerheid voor het tijdig herkennen. Ook is het van zeer groot belang ruim op tijd het verschil tussen een motorfiets, een bromfiets, en een auto met een defecte koplantaarn te kunnen zien. De lichtkleur zou hier een aanduiding kunnen geven. Herkennen van de verschillende categorieën voertuigen is echter niet steeds vol-

doende. Tot de herkenbaarheid kan worden gerekend het waarnemen van de verschillen tussen bijv. rijdende en stilstaande auto's. Zo is een op de weg stilstaand voertuig niet als zodanig herkenbaar op grond van algemene karakteristieken, zoals wel of niet branden van de achterlichten.

Ten behoeve van een ondubbelzinnige herkenbaarheid van deze situatie (dus het stilstaan) is het nodig uniform gebruik te maken van aanduidingen die specifiek voor deze situatie zijn. Daarvoor zijn thans bijv. alternerend brandende richting-aanwijzers, knipperende remlichten of een gevarendriehoek voorhanden.

Ook bij het voertuig dat geparkeerd staat op een goed verlichte weg is wellicht een uniforme aanduiding specifiek voor deze situatie wenselijk. Een mogelijkheid is bijv. het onverlicht stilstaan, en bij rijden het gebruik van stads- of dimlicht.

Door deze specificiteit van aanduiding wordt ondubbelzinnig aangegeven dat de auto niet in beweging is, maar stilstaat. Dit laatste is natuurlijk alleen maar mogelijk wanneer de openbare verlichting aan hoge eisen voldoet.

Conclusie:

De herkenbaarheid van verschillende categorieën weggebruikers en de herkenbaarheid van het al dan niet stilstaan van een voertuig zijn van groot belang bij het probleem stads- of dimlichten.

2.5.4 Positiebepaling

Het is van zeer groot belang voor de verkeersveiligheid dat de positie van objecten en hun bewegingskenmerken nauwkeurig bepaald en herkend kunnen worden.

Het bepalen van de plaats en beweging kan worden onderverdeeld in drie processen, t.w.:

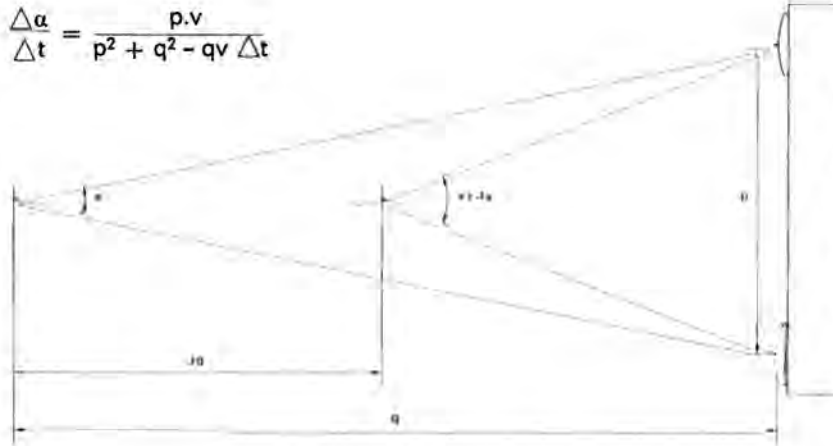
1. Het schatten van de afstand tot objecten
2. Het schatten van snelheden van objecten
3. Het schatten van verschillen tussen eigen snelheid en de snelheid van objecten.

In de praktijk zullen 2 en 3 gewoonlijk samenvallen waarbij gesproken kan worden van het detecteren en schatten van relatieve snelheden.

Het schatten van afstanden is algemeen bekend. Bij afstanden van meer dan enige meters speelt convergentie der ogen en parallax geen rol meer. Noodzakelijk is dat de afmetingen van het object bekend zijn. In het wegverkeer bij duisternis zijn van verkeersmiddelen veelal alleen de markeringslichten zichtbaar, zodat een goede schatting zeer is gediend bij een voor alle voertuigen van dezelfde categorie gelijke afstand tussen de markeringslichten. Afstand schatten aan de hand van de schijnbare helderheid van lichten is niet goed mogelijk. Voor het schatten van relatieve snelheid komt in de eerste plaats in aanmerking de verandering per tijdseenheid van de hoek waaronder de bestuurder het object waarneemt. Zie afbeelding 5. Met een afname van de afstand q tussen de bestuurder en het object neemt de hoek α waaronder het object wordt waargenomen toe.

De per tijdseenheid optredende hoekverandering $\frac{\Delta \alpha}{\Delta t}$ is nagenoeg lineair afhan-

Afbeelding 5. Detectie van het snelheidsverschil door beoordeling van de verandering in de schijnbare grootte van een voertuig



kelijk van de relatieve snelheid van de grenswaarde van $\frac{\Delta \alpha}{\Delta t}$, en wordt veelal als 2 à 3 boogminuten per seconde aangenomen bij verlichtingsniveaus die normaal zijn voor dag en schemer, en ook voor openbare verlichting [14].

Bij voertuigen met ingeschakelde verlichting wordt de afstand q bepaald door de afstand tussen de lichtbronnen, d.w.z. aan de voorkant door de afstand tussen de koplantaarns, resp. de stadslichten, aan de achterkant door de afstand tussen de achterlichten.

Ook voor een nauwkeurige bepaling van de relatieve snelheid is het dus wenselijk dat de afstand tussen deze lichtbronnen uniform is. Een andere, en vermoedelijk aanzienlijk nauwkeuriger methode voor het schatten van de afstand en de relatieve snelheid wordt de verkeersdeelnemer mogelijk gemaakt, wanneer het object zich duidelijk aftekent tegen zijn achtergrond, bijv. tegen het wegdek of bomen e.d. die in de buurt staan. Uiteraard is bij duisternis deze methode van schatten alleen mogelijk wanneer er een goede openbare verlichting aanwezig is.

Naast de verlichtingsmiddelen zelf, zijn de contouren van de weg hierbij van groot belang, omdat deze als referentiesysteem kunnen dienen. In vele gevallen is het van belang de tijd te weten die beschikbaar is voordat het bewegende voertuig een bepaald punt bereikt. Dit houdt in dat de afstand en snelheid impliciet in de schatting van de beschikbare tijd voorkomen, maar niet apart bepaald behoeven te worden. De bedoelde situatie doet zich voor bij inhaalmanoeuvres en bij het oversteken van voetgangers.

Conclusie:

Voor het bepalen van de plaats en (relatieve) beweging van objecten zijn zowel de configuratie van de autolichten als de verlichting van de omgeving van belang. Het relatieve belang van deze twee aspecten en de wijze waarop ze in combinatie voorkomen moet echter nog apart onderzocht worden. Een begin van een dergelijk onderzoek is beschreven in hoofdstuk 4.

2.6 Behoeftte aan onderzoek

Bij de hierboven gegeven probleemanalyse is (veelal impliciet) uitgebreid gebruik gemaakt van onderzoekresultaten die uit de literatuur bekend zijn. Dit geldt meer speciaal de gebruikte gegevens betreffende oogeigenschappen zoals contrastgevoeligheid, gevoeligheid voor verblinding, drempelwaarden voor zichtbaarheid en detectie van beweging, enz.

Aangezien de onderzoeken algemeen bekend zijn, en veel van de resultaten reeds in detail werd aangegeven in de voorafgaande paragrafen, is een gedetailleerde bespreking van de experimenten op deze plaats niet nodig.

Op bepaalde punten is een aanvulling van het onderzoek gewenst.

Ook op het gebied van het statistische onderzoek zijn in het verleden reeds belangrijke resultaten gepubliceerd. Dit betreft vooral de zgn. 'dipped headlights campaigns' in Engeland in de jaren 1963 en 1964. Alhoewel deze onderzoeken weinig concrete resultaten hebben opgeleverd, zijn ze belangrijk genoeg om hier iets meer in detail te worden besproken, temeer daar de literatuur hierover niet gemakkelijk toegankelijk is gebleken [1.15].

In Engeland zijn in enkele grote steden vrij uitgebreide statistische onderzoeken verricht, zgn. voor- en nastudies, waarbij werd nagegaan welke invloed het overgaan van stads- naar dimlichten heeft op het ongevallenpatroon. In het algemeen heeft dit onderzoek geen ondubbelzinnige resultaten opgeleverd. Dit had o.m. de volgende oorzaken:

1. Het aantal weggebruikers, dat in actiesteden gehoor gaf aan het verzoek met dimlichten te rijden was vrij klein (bijv. in Birmingham 60%, in Worcester 25%).
2. Het percentage dimlichtrijders nam in de contrôlesteden (waar dus geen actie gevoerd werd) ook toe, zodat de gegevens afkomstig uit deze steden minder goed voor statistische contrôle dienst konden doen.
3. Zowel in de actie- als in de contrôlesteden werd gedurende de actie van vele straten de openbare verlichting verbeterd.
4. Er zijn vele nevenacties gevoerd, o.a. strengere snelheidscontrôle, speciale propaganda, éénrichtingverkeer in sommige hoofdstraten, enz.

Hoewel uit deze onderzoeken geen algemeen generaliseerbare conclusies over de vraag 'dimlicht of stadslicht in de bebouwde kom' kunnen worden getrokken, kwamen er wel enkele interessante tendenzen uit naar voren:

1. Het aantal ongevallen waarbij voetgangers bij duisternis betrokken waren, nam af bij gebruik van dimlichten.
2. Het aantal andere ongevallen (dus zonder voetgangers) nam af bij slecht verlichte straten, maar nam daarentegen iets toe bij goed verlichte straten.

In het algemeen kunnen uit dit statistische onderzoek in combinatie met andere onderzoeken de volgende conclusies worden getrokken:

1. Het ongevalrisico gedurende de duisternis is groter dan gedurende de dag.
2. Het ongevalrisico bij duisternis wordt in aanzienlijke mate beïnvloed door:
 - a) de kwaliteit van de openbare verlichting
 - b) de kwaliteit van de door de auto's gevoerde verlichting.

Wat de hiermede aangehaalde punten 2a en 2b betreft kan nog het volgende worden opgemerkt:

In de Europese steden is, vooral de laatste jaren, een sterke kwaliteitsverbetering van de openbare verlichting te constateren, een verbetering waarbij Nederland bepaald niet achterblijft.

Ook de kwaliteit van de stadslichten van de auto's is de laatste tijd sterk verbeterd. Bij de Europese auto's van een bouwjaar voor 1960 was de lichtsterkte van de stadslichten veelal nog lager dan 1 cd. Dit geldt vooral voor de auto's waarbij de lampjes van het stadslicht niet in de koplantaarn zelf maar achter de reflector bevestigd zijn.

Na ca. 1961 is de lichtsterkte van de stadslichten van de meeste auto's sterk opgevoerd. Stadslichten met een lichtsterkte van minder dan 5 cd komen vrijwel niet meer voor; waarden van 15 à 25 cd zijn geen zeldzaamheid meer.

Door de Commission Economique pour l'Europe is op 16 januari 1967 voorgesteld als minimale lichtsterkte van stadslichten de waarde van 4 cd in te voeren [16].

Door het feit, dat het antwoord op de vraag 'stadslichten of dimlichten in de bebouwde kom' zo sterk beïnvloed wordt door deze twee factoren, nl. de kwaliteit van de straatverlichting en de kwaliteit van de autolichten, gecombineerd met het feit dat juist deze factoren de laatste tijd zo sterk aan het veranderen zijn, moet het mogelijk geacht worden, dat in een land waar het voeren van dimlichten een aantal jaren geleden nog een aantoonbaar voordeel was nu, door de verbetering van de straatverlichting en de verbeterde autolichten, het gebruik van stadslichten aan te bevelen is.

Conclusie:

Het experimentele onderzoek behoeft aanvulling omdat nog niet bekend is op welke wijze uit het schatten van snelheid en afstand een waarnemer komt tot het schatten van de tijd die beschikbaar is voordat een bewegend voertuig een bepaald punt heeft bereikt (zie par. 2.5.3).

Het statistische onderzoek zoals dat in Engeland is uitgevoerd behoeft dan ook aanvulling omdat het beschikbare materiaal reeds tamelijk verouderd is, omdat het in hoofdzaak op specifiek Engelse omstandigheden betrekking heeft en omdat door beïnvloeding van de proefnemingen door ongewenste nevenverschijnselen de significantie van de resultaten te gering is om er beleidsmaatregelen op te kunnen aanbevelen.

3 Het statistische onderzoek

3.1 Doel van het onderzoek

Zoals in het vorige hoofdstuk reeds werd gesteld (zie 2.1), is het doel van het statistische onderzoek, na te gaan of er verband bestaat tussen het gebruik van een bepaald soort autoverlichting en de ongevallenkans binnen de bebouwde kom.

Dit doel schept een aantal beperkingen, resp. voorwaarden, maar roept tegelijkertijd ook een aantal nieuwe vragen op. De beperkingen, resp. voorwaarden zijn:

1. Het onderzoek heeft alleen betrekking op de verkeersveiligheid binnen de bebouwde kom. Wat de autoverlichting betreft zal dus alleen de invloed van het gebruik van stads- of dimlichten worden onderzocht. (Autoverlichting waarbij als het dimlicht wordt ontstoken, het stadslicht blijft branden, is opgevat als dimlicht.)
2. Het criterium waaraan de invloed van de autoverlichting wordt getoetst, is de verkeersveiligheid uitgedrukt in het aantal verkeersongevallen. De door lichttechnici geformuleerde zichtbaarheidsnormen voor autoverlichting zijn in deze betekenis als criterium voor goed of slecht, dus onvoldoende. Het is nuttig deze zeer belangrijke voorwaarde iets nader toe te lichten.

Het verkeersongeval ontstaat als gevolg van een zeer gecompliceerd samenspel van een grote hoeveelheid relevante factoren, waarvan de zichtbaarheid er slechts één is. Het is dus denkbaar dat het voldoen aan alle zichtbaarheidsnormen niet altijd een optimale verkeersveiligheid tot gevolg heeft. Evenzo kan een **niet-optimale** zichtbaarheid (bijv. een te grote verblinding) ruimschoots door andere factoren worden gecompenseerd en buiten verwachting toch tot minder verkeersongevallen leiden. De subjectieve risicobeoordeling van de verkeersdeelnemer speelt daarin een zeer belangrijke rol.

De vragen die de doelstelling oproept zijn o.a.:

- a) Is het gewenst tot één type verlichting te geraken, of is het gebruik van stads- en dimlichten door elkaar van weinig invloed?
- b) Is er enige invloed van de plaatselijke openbare verlichting op het gebruik van stads- of dimlichten?
- c) Voldoet de huidige autoverlichting wel aan alle eisen voor een zo groot mogelijke verkeersveiligheid?

Het in dit hoofdstuk beschreven statistische onderzoek beperkt zich alleen tot de beantwoording van de onder punt a en b gestelde vragen. Het onder punt c gestelde probleem is voor een gedeelte het onderwerp van een experimenteel onderzoek geweest. De resultaten hiervan worden besproken in hoofdstuk 4.

3.2 Methode van onderzoek

Het principe van de bij dit onderzoek gevolgde methode is als volgt te beschrijven:

1. Bepaal het gebruik van stads- en dimlichten binnen een bebouwde kom.
2. Breng gedurende een bepaalde periode in dit gebruik een zo groot mogelijk^o verandering aan.
3. Ga na welke invloed deze verandering heeft gehad op de verkeersonveiligheid (het aantal verkeersongevallen) in die bebouwde kom.

Hoewel het principe dus eenvoudig is, moet bij de verdere uitwerking aan een aantal voorwaarden worden voldaan. Deze voorwaarden en de wijze waarop hieraan is tegemoet gekomen worden hierna toegelicht.

3.2.1 De onderzoeksperiode

Het onderzoek werd in de maanden december t/m februari uitgevoerd. Een nadeel hiervan was wel, dat het onderzoek verstoord zou kunnen worden door invloeden zoals sneeuw, ijs, mist, enz. In par. 3.2.2 is aangegeven op welke wijze hiermee rekening is gehouden.

3.2.2 De onderzoekstad en de controlesteden

Behalve het gebruik van stads- en dimlichten zijn er nog andere factoren die tijdens het onderzoek de verkeersonveiligheid beïnvloeden. Sommige van deze factoren kunnen vrij nauwkeurig in de hand gehouden worden, zoals bijv. overheidsmaatregelen, wegverbeteringen, e.d. Er zijn echter ook factoren die niet voorspeld kunnen worden en die toch een belangrijke invloed op het ontstaan van verkeersongevallen kunnen hebben. De weersomstandigheden zijn hiervan een voorbeeld (zie par. 3.2.1). Als gevolg van deze overwegingen is het dan ook noodzakelijk dat bij de vóór- en nastudie behalve de onderzoekstad ook één of meer controlesteden in de beschouwingen worden betrokken.

De keuzemogelijkheden voor deze steden was min of meer beperkt. De volgende overwegingen moesten namelijk in acht worden genomen.

1. Het aantal te verwachten ongevallen moest groot genoeg zijn (tenminste ca. 5000 ongevallen per jaar, waarvan 5-10% met motorvoertuigen, bij duisternis, in de periode van december t/m februari) om bij een onderverdeling in verschillende typen ongevallen de analysemogelijkheden niet te veel te beperken.
2. In de onderzoekstad moest het percentage stadslichtrijders 70-80% zijn opdat bij de omschakeling naar dimlicht het effect zo groot mogelijk zou zijn; tenminste één van de controlesteden moest hiermee vergelijkbaar zijn.
3. Van de steden die in aanmerking kwamen moest bekend zijn dat de overheid direct vóór en tijdens de onderzoeksperiode geen maatregelen gepland had die de verkeersveiligheid belangrijk zouden kunnen beïnvloeden.
4. Tenminste één van de controlesteden moest ten opzichte van de onderzoekstad geografisch zodanig liggen dat verwacht mocht worden dat de weersomstandigheden (zoals sneeuwval, regenval en vorst) dezelfde zouden zijn.

Tabel 1. Gegevens betreffende de onderzoekstad (Utrecht) en de controlesteden (Amsterdam, Den Haag, Groningen) (1965)

1965	Utrecht	Amsterdam	Den Haag	Groningen
Inwoneraantal (1-1-1965)	267.001	866.290	598.709	152.513
Landoppervlakte in ha (1-1-66)	5.152	15.641	6.486	2.741
Landoppervlakte bebouwd in ha	3.009	8.154	4.349	2.094
Inwoners per ha bebouwd oppervlak	89	106	138	73
Lengte verharde wegen in km	472	1.165	1.090	205
Idem binnen bebouwde kom *	398	1.040	1.090	194
Aantal motorvoertuig ^{en}	40.602	144.742	100.418	21.471
Aantal personenauto's	30.098	115.853	78.197	16.354
Percentage pers.auto's/motorvoertuigen	74%	80%	78%	76%
Aantal verkeersongevallen	10.358	31.868	24.428	4.271
Idem met letsel (of doden)	2.027	5.163	3.196	604
Aantal meters verharde weg binnen bebouwde kom per motorvoertuig	10	7	11	9
Aantal ongevallen met letsel per km verharde weg binnen bebouwde kom	5	5	3	3
Percentage stadslichtrijders vóór het onderzoek	64%	79%	83%	17%

* wegen met 50 km of 70 km snelheidbeperking

Deze overwegingen hebben er tenslotte toe geleid dat als onderzoekstad Utrecht werd gekozen en als controlesteden Amsterdam, Den Haag en Groningen. In tabel 1 is met betrekking tot deze steden een overzicht gegeven van de belangrijkste verkeers- en andere kenmerken.

3.2.3 Het gebruik van stads- en dimlichten

Om het gebruik van stads- en dimlichten te kunnen vaststellen hebben in de onderzoekstad en de controlesteden tellingen plaatsgevonden. Hiervoor werd in een pilot study eerst nagegaan of het onderscheiden van stads- en/of dimlichten inderdaad mogelijk was. Een proef waarbij twee waarnemers, onafhankelijk van elkaar dezelfde voertuigen met stads- en dimlichten moesten tellen, toonde aan dat een betrouwbare waarneming mogelijk was (zie voor de beschrijving van deze proef, Appendix I, blz. 70).

Vervolgens werd een telschema voor de onderzoekperiode vastgesteld. Aangezien de telling slechts een steekproef kon zijn, was het noodzakelijk te weten in welke mate verschillende factoren invloed uitoefenen op het rijden met stads- en dimlichten. Daartoe zijn in Utrecht in één week, gedurende alle dagen van die week en in verschillende typen straten, tellingen verricht. De resultaten van dit vóór-onderzoek wezen uit, dat het rijden met stads- of dimlichten inderdaad afhangt van factoren zoals: de dag in de week, de kwaliteit van de openbare verlichting en het type straat. (Een nadere toelichting wordt gegeven in Appendix II, blz. 72).

Tabel 2. Telschema - De gearceerde vakjes geven de data aan waarop geteld is.

	1964							1965							
zondag	15/11	22/11	29/11	6/12	13/12	20/12	27/12	3/1	10/1	17/1	24/1	31/1	7/2	14/2	21/2
maandag	16/11	23/11	30/11	7/12	14/12	21/12	28/12	4/1	11/1	18/1	25/1	1/2	8/2	15/2	22/2
dinsdag	17/11	24/11	1/12	8/12	15/12	22/12	29/12	5/1	12/1	19/1	26/1	2/2	9/2	16/2	23/2
woensdag	18/11	25/11	2/12	9/12	16/12	23/12	30/12	6/1	13/1	20/1	27/1	3/2	10/2	17/2	24/2
donderdag	19/11	26/11	3/12	10/12	17/12	24/12	31/12	7/1	14/1	21/1	28/1	4/2	11/2	18/2	25/2
vrijdag	20/11	27/11	4/12	11/12	18/12	25/12	1/1	8/1	15/1	22/1	29/1	5/2	12/2	19/2	26/2
zaterdag	21/11	28/11	5/12	12/12	19/12	26/12	2/1	9/1	16/1	23/1	30/1	6/2	13/2	20/2	27/2

In het telschema voor de onderzoekperiode (tabel 2) komen alle dagen van de week dan ook driemaal voor.

Bovendien werden op iedere teldag twee straat-typen, beide onderverdeeld naar goed en slecht verlichte straten, in de waarnemingen betrokken. In tabel 3 is een overzicht gegeven van de straten waarin deze tellingen hebben plaatsgevonden.

De tellingen werden steeds gehouden tussen 19.30 en 20.30 uur. De keuze van dit uur is voornamelijk door de volgende praktische problemen geïndiceerd.

1. De tellingen moesten bij duisternis plaatsvinden.
2. Telling gedurende de avondspits bleek praktisch onuitvoerbaar, zodat de vroege avonduren niet in aanmerking kwamen.
3. De late avonduren waren eveneens ongeschikt, daar er dan sprake was van te weinig verkeer en dus te weinig waarnemingen.

Bij de analyse van de gegevens is er stilzwijgend van uit gegaan dat het tijdstip

	Invalwegen		Distributiewegen	
	'goede' open- bare verlichting	'slechte' open- bare verlichting	'goede' open- bare verlichting	'slechte' open- bare verlichting
Utrecht	1. Gr van Roggenweg	2. Amsterdamse straatweg	3. Nobe straat	4. P. Nieuw-landstraat
Amsterdam	5. Haarlemmerweg	6. Middenweg	7. van Baerlestraat	8. Churchillaan
Den Haag	9. Middachtenweg	10. Oude Waalsdorpweg	11. Weteringkade	12. Kamperfoeliesraat
Groningen	13. Hereweg	14. Damsterdiep	15. Ged. Zuiderdiep	16. Zaagmuldestraat

Tabel 3. Overzicht van de straten waarin de tellingen hebben plaatsgevonden

van de avond of nacht, geen invloed op het gebruik van stads- of dimlichten uitoefent.

De keuze van de straten is gedaan in overleg met de plaatselijke autoriteiten van politie en elektriciteitsbedrijven.

De oorspronkelijke gedachte om de openbare verlichting te onderscheiden in vijf helderheidsniveau's moest worden verlaten, omdat er geen voldoende eenheid in de vergelijkingscriteria was te verkrijgen. In de meeste gevallen waren er geen gegevens beschikbaar en de onderzoekstijd was te beperkt om in alle straten waar ongevallen hadden plaatsgevonden alsnog helderheidsmetingen te verrichten.

Voor de straten waarin de tellingen hebben plaatsgevonden is daarom volstaan met een indeling in 'goed' en 'slecht' verlichte straten. Hoewel deze indeling op subjectieve wijze tot stand is gekomen bestaat er voldoende evidentie dat deze indeling een redelijke maat voor de kwaliteit van de verlichting genoemd mag worden. Bij de verlichtingsdeskundigen uit de onderzoekstad en bij die van de controlesteden is dit getoetst door een enquête te houden over de mening betreffende het 'goed' of 'slecht' zijn van een aantal verlichtingsinstallaties. Tabel 4 geeft een overzicht van de gegevens die betrekking hebben op de onderzoekstraten. (Door de wijze van beoordelen is het mogelijk dat in deze tabel een goede verlichting niet altijd overeenstemt met een hoge verlichtingssterkte).

Aangezien de toestand van het wegdek (nat of droog) niet van te voren was te voorzien, is bij de opstelling van het telschema hiermee dan ook geen rekening ge-

Plaats en straatnummer (zie tabel 3)	Verlichtingssterkte in lux (gemiddeld)	Verlichtingssoort	Rijwegbreedte in m	Wegdekverharding	
Utrecht	1	15 lux	natrium	2 x 9 m	bitumen
	2	8 lux	natrium	8 - 10,5 m	klinkers
	3	12 lux	tl	± 9 m	bitumen
	4	8 lux	kwik	± 9 m	klinkers
Amsterdam	5	11 lux	natrium	9 m	bitumen
	6	5 lux	gloeilampen	11 - 15 m	bitumen
	7	8 lux	kwik	18 m	bitumen
	8	11 lux	natrium	2 x 9 m	bitumen
Den Haag	9	10 lux	kwik	2 x 7 m	bitumen
	10	5 lux	menglicht	9 - 12 m	klinkers
	11	12 lux	kwik	2 x 8,5 m	bitumen
	12	5 lux	kwik	10 m	bitumen
Groningen	13	35 lux	kwik	13 m	bitumen
	14	20 lux	natrium	9 m	bitumen
	15	32 lux	kwik	13 m	bitumen
	16	4 lux	gloeilampen	7,5 - 10 m	bitumen

Tabel 4. Overzicht van de gegevens betreffende de onderzoekstraten

houden. Wel is tijdens de telling de toestand van het wegdek geregistreerd en is de invloed hiervan achteraf nagegaan.

3.2.4 Beïnvloeden van het gedrag

Om de automobilisten in Utrecht te bewegen, gedurende de onderzoeksperiode zo veel mogelijk met dimlicht in de bebouwde kom te rijden, is een plaatselijk gerichte voorlichtingsactie gevoerd. De uitwerking van deze actie mocht uiteraard geen gedragsbeïnvloeding in de controlesteden tot gevolg hebben.

De actie bestond uit de volgende onderdelen: (zie ook afbeelding 6, blz. 42)

1. Op alle belangrijke invalswegen van Utrecht werden borden geplaatst met het verzoek dimlichten te voeren.
2. In een huis aan huis bezorgde brief, getekend door de hoofdcommissaris van politie, werden alle Utrechters die in het bezit waren van een auto verzocht aan de actie mee te werken.
3. Tijdens een persconferentie waarbij alleen de plaatselijke pers was uitgenodigd, werden het doel en de uitvoering van de actie uiteengezet. Ook tijdens de actie zijn nog een paar perscommuniqué's uitgegeven.
4. Via fleet-owners en garagebedrijven en bij parkeerplaatsen en tankstations zijn tijdens de actie 25.000 pamfletten verspreid, die eveneens op deelneming aandrongen.

3.2.5 Ongevallenregistratie

Teneinde na te kunnen gaan of de gedragsverandering inderdaad invloed heeft gehad op de verkeersonveiligheid, was het noodzakelijk de normale ongevallenregistratie met de volgende extra gegevens uit te breiden:

1. De verlichting die de bij ongevallen betrokken voertuigen voerden, met name: géén licht, stadslicht, dimlicht of groot licht.
2. De kwaliteit van de straatverlichting ter plaatse van het ongeval, onderverdeeld in drie klassen.
3. Het merk, type en bouwjaar van de bij het ongeval betrokken auto's.

De bedoeling van het eerste gegeven is duidelijk. Hiermede zou de invloed bepaald kunnen worden die bijv. het rijden met dimlicht heeft op het betrokken raken bij ongevallen.

De gegevens over de straatverlichting waren nodig om een eventuele interactie te kunnen bepalen tussen het rijden, resp. het betrokken raken bij ongevallen, met het voeren van een bepaalde autoverlichting en de aanwezigheid van een bepaald niveau straatverlichting.

Met behulp van de autogegevens kon mogelijk worden achterhaald welk merk en type koplantaarn op het desbetreffende voertuig was gemonteerd.

De politie bleek om praktische redenen niet in staat, in alle betrokken steden de gewenste gegevens te verschaffen. Vooral de registratie van de gegevens genoemd onder punt 2 en 3 heeft grote problemen opgeleverd, zodat deze gegevens nauwelijks enige bijdrage hebben kunnen leveren tot de analyse van deze gegevens (zie par. 3.3.1). Getracht is nog de ontbrekende gegevens te completeren, hetgeen niet in voldoende mate is gelukt.

in Utrecht geen stadslicht maar



GEMEENTEPOLITIE UTRECHT

BELANGRIJK VERZOEK AAN DE AUTOMOBILISTEN IN DE STAD UTRECHT

Utrecht, november 1964

ALSTUBLIEFT

Tot 27 februari 1965 wordt in de stad Utrecht een onderzoek gehouden in het belang van de verkeersveiligheid. Nagegaan zal worden of het rijden met DIMLICHT in de stad veiliger is dan met stadslicht. Het is van groot belang dat dit onderzoek slaagt. Dit kan alleen als u sportief medewerkt. Daar vertrouwen wij graag op. Ons verzoek is in de stad Utrecht te rijden met

DIMLICHT EN NIET MET STADSLICHT

* Centrale Verkeers Politiecommissie
* Stichting Wetenschappelijk
Onderzoek Verkeersveiligheid
* Gemeente politie Utrecht

Utrecht, november 1964
In de stad Utrecht wordt een onderzoek gehouden naar de verkeersveiligheid met dimlicht. Het is van groot belang dat dit onderzoek slaagt. Dit kan alleen als u sportief medewerkt. Daar vertrouwen wij graag op. Ons verzoek is in de stad Utrecht te rijden met

zoek juist tot u gericht? maanden zal in Utrecht een onderzoek worden ing van de verkeersveiligheid. onderzoek waarschijnlijk al in uw krant gelezen.

schappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid en Verkeers Commissie zullen in samenwerking verkeerspolitie nagaan of het rijden met dimlichter is dan met stadslicht

medewerking van u en alle andere Utrechts dit onderzoek tot een succes maken

tot dimlicht en niet meer met stadslicht. Het d verkeersveiligheid. En dat is, dunkt mij,

zijn er tijd u te beris over de uitslag van het onderzoek. Het is van belang dat u uw medewerking.

H. W. OFFERS,
Hoofdcommissaris van politie.

3.3 Resultaten van het onderzoek

3.3.1 Algemene toelichting

De volgende problemen hebben een beperking van de analyse tot gevolg gehad.

1. Van Amsterdam is niet en van Utrecht is slechts ten dele bekend welke soort verlichting de bij de verkeersongevallen bij duisternis betrokken motorvoertuigen hebben gevoerd (zie tabel 9a, b en c, blz. 53).

Ten aanzien van deze twee steden kon daarom niet of onvoldoende worden nagegaan of er enig verband bestaat tussen het rijden met een bepaald soort verlichting en het betrokken raken bij ongevallen.

2. In tenminste twee van de vier steden was gedurende de onderzoeksperiode het aantal ongevallen bij duisternis waarbij een voetganger was betrokken te gering om gefundeerde conclusies te kunnen trekken.

Voor de conclusie uit het Engelse onderzoek [17] – het aantal voetgangersongevallen neemt af bij het voeren van dimlicht in plaats van stadslicht – kon daarom geen duidelijke bevestiging worden verkregen.

3. Omdat het onmogelijk was (zie par. 3.2.3) van alle straten waarin ongevallen plaatsvonden betrouwbare informatie te verkrijgen over de kwaliteit van de openbare verlichting, kon niet worden onderzocht of, behalve autoverlichting, ook de openbare verlichting invloed heeft gehad op het ontstaan van ongevallen.

Bovengenoemde onvolkomenheden in het beschikbare cijfermateriaal, hebben de kans op het vinden van bepaalde samenhangen verkleind.

3.3.2 De invloed van de dimlichtactie op het gedrag van de weggebruikers

3.3.2.1 Het rijden met stads- of dimlichten

In afbeelding 7 zijn de percentages dimlichtrijders zoals die in de onderzoeksperiode zijn geteld, grafisch weergegeven.

Hieruit blijkt onder meer, dat in Amsterdam en Den Haag relatief veel van stadslichten gebruik wordt gemaakt.

De invloed van de dimlichtactie (zie par. 3.2.4) wordt duidelijk uit de Utrechtse cijfers. Vóór de actie reden in Utrecht ca. 37% van de automobilisten en motorrijders met dimlicht. In de eerste weken van de actie liep dit op tot 75%. Gedurende de rest van de actie was het ca. 80%.

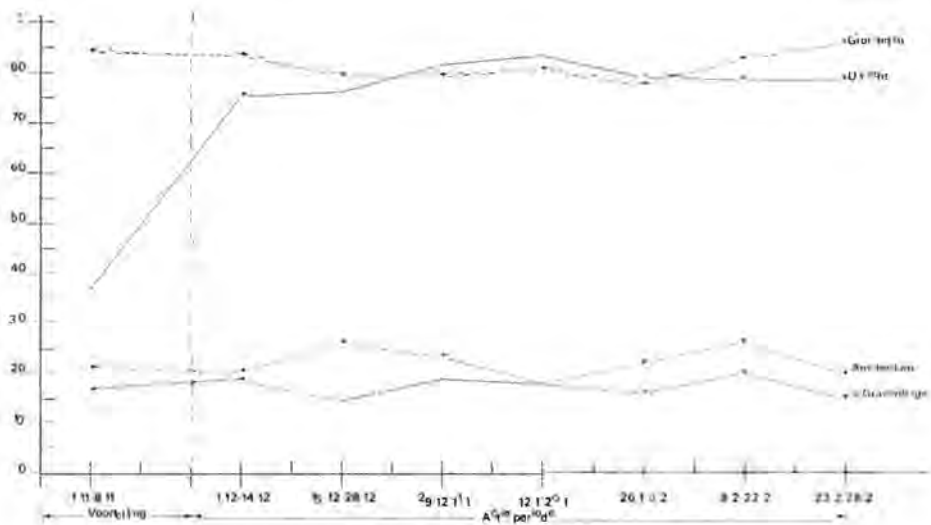
Uit deze grafiek komt ook duidelijk naar voren, dat de in Utrecht gevoerde actie, geen invloed heeft gehad op het gebruik van dimlicht in de controlesleden.

Tellingen, resp. één maand, en één jaar na verloop van de actie hebben echter aangetoond dat het gebruik van dimlicht in Utrecht weer is teruggelopen. Een maand na de actie was het percentage ca. 60% en een jaar later 55%. Het percentage van vóór de actie (37%) is echter niet meer bereikt, zodat de actie kennelijk toch enige blijvende invloed heeft gehad.

3.3.2.2 Factoren van invloed op het gedrag

Door tellingen uit te voeren in twee verschillende typen straten met resp. goede

Afbeelding 7. De percentages dimlichtrijders in Utrecht en in de controlesteden voor en tijdens de actie



en 'slechte' openbare verlichting, kon de invloed van deze factoren op het rijden met stads- en dimlichten worden nagegaan.

Bovendien bleken er van de 22 teldagen in de onderzoekstad Utrecht, 8 dagen te zijn waarbij het wegdek nat was tengevolge van regen. Ook de invloed van deze factor kon dus worden onderzocht.

De cijfers voor deze analyse zijn vermeld in tabel 5.

Zij geven het percentage dimlichtrijders aan, tijdens de hele waarnemingsperiode (één uur) op een bepaalde teldag in de stad Utrecht, onderverdeeld naar twee typen straat, goede of slechte openbare verlichting en nat of droog wegdek.

Om de invloed van de drie factoren en hun interacties te bepalen is een variantieanalyse uitgevoerd. (In Appendix III is hiervan een statistische verantwoording gegeven; zie blz. 74).

Uit deze analyse blijkt dat de factoren: type straat (A1 en A2) en de kwaliteit van de verlichting (B1 en B2), inderdaad een duidelijke invloed hebben op het rijden met stads- of dimlichten. Bovendien is er ook nog sprake van een interactie tussen deze twee factoren. Het resultaat is samengevat in tabel 6. Hierin zijn de klassemiddelen van de percentages dimlichtrijders aangegeven.

Dit kan als volgt worden geïnterpreteerd: (zie ook afbeeldingen 8 en 9, blz. 46)

1. Op wegen met slechte openbare verlichting wordt meer met dimlicht gereden dan op goed verlichte wegen.
2. Op invalwegen wordt meer met dimlicht gereden dan op distributiewegen.

Tabel 5. Het percentage dimlichtrijders in Utrecht onderverdeeld naar het type weg (A1: Invalwegen; A2: Distributiewegen), de kwaliteit van de verlichting (B1: goed; B2: slecht) en de toestand van het wegdek (C1: droog; C2: nat).

Aantal teldagen	A1				A2			
	B1		B2		B1		B2	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	73,5	83,3	82,7	85,8	61,3	58,3	74,6	85,5
2	79,9	85,9	87,2	89,5	75,5	74,7	84,6	88,4
3	87,7	81,0	89,2	88,0	67,1	61,9	82,4	84,8
4	85,5	81,6	82,5	86,9	72,2	76,5	87,2	91,4
5	82,2	90,8	91,1	90,6	61,1	65,0	86,0	84,9
6	77,4	78,8	86,7	87,1	89,0	68,9	87,4	83,0
7	84,4	86,7	88,3	80,1	84,8	88,7	85,8	85,9
8	79,1	90,2	85,3	93,1	76,6	74,0	84,0	89,0
9	83,0		90,0		68,5		82,3	
10	83,2		86,1		70,1		84,7	
11	81,8		91,6		67,0		84,3	
12	85,1		87,1		72,6		88,1	
13	78,8		89,4		73,2		88,1	
14	79,2		91,5		71,4		85,0	
$\sum x_{ij}$	1140,8	678,3	1228,7	701,1	1010,4	568,0	1184,5	692,9
$\sum x_{ij}^2$	93142,14	57644,27	107949,89	61545,89	73708,22	40978,74	100370,41	60066,63
Totaal $\sum x_{ij}$	7204,7							
Totaal $\sum x_{ij}^2$	595.406,14							

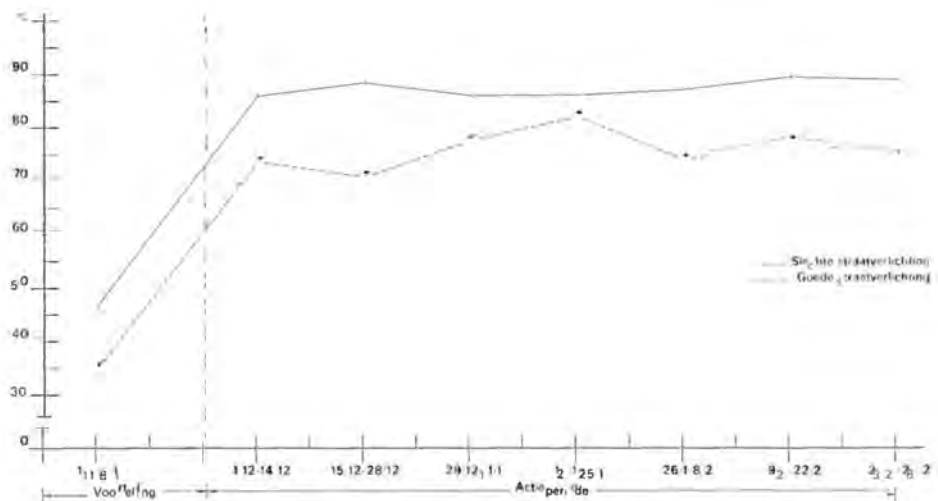
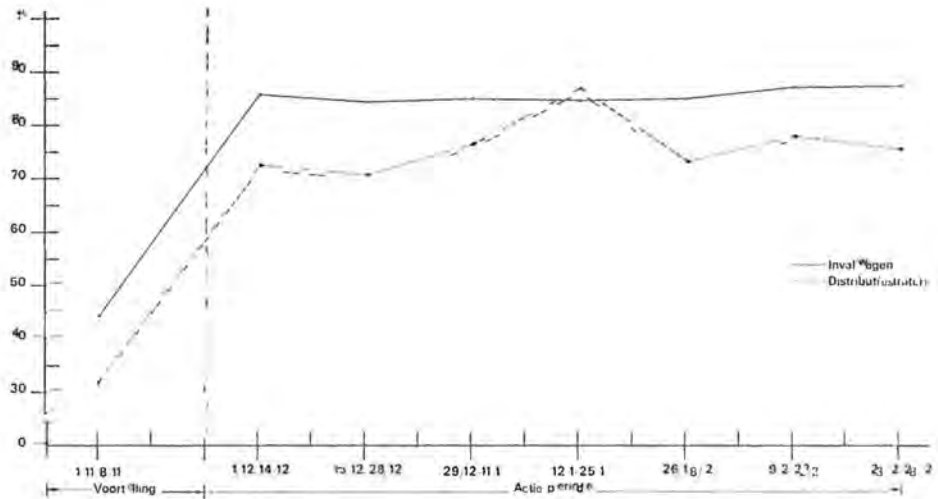
3. Door een interactie-effect is op goed verlichte invalwegen het dimlichtgebruik nog altijd hoger dan het gemiddelde gebruik.

Overigens gelden deze conclusies behalve voor de onderzoekstad Utrecht ook voor de controle-steden (zie afbeeldingen 10 en 11, blz. 47) zodat generalisatie redelijk lijkt.

	B1	B2	gemiddeld
A1	82,7%	87,7%	85,2%
A2	71,8%	85,3%	78,5%
gemiddeld	77,2%	86,5%	81,9%

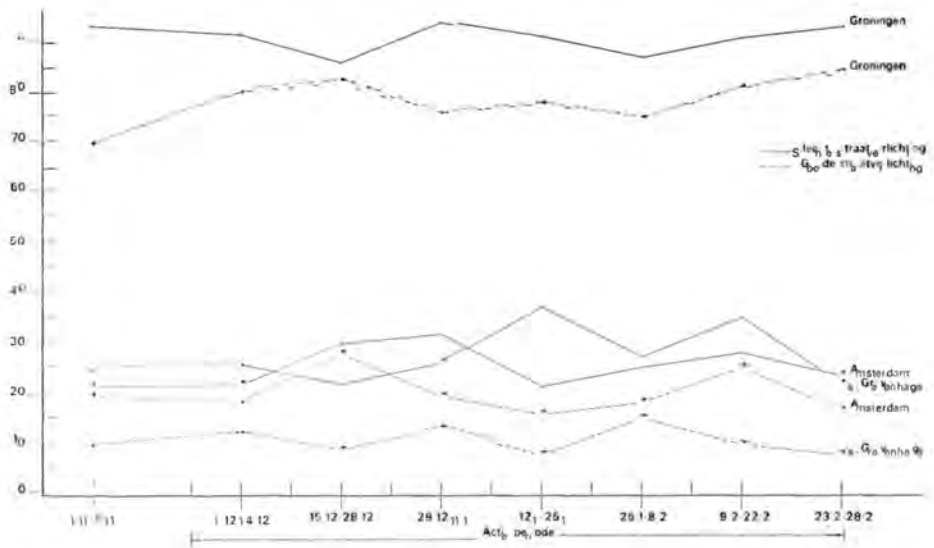
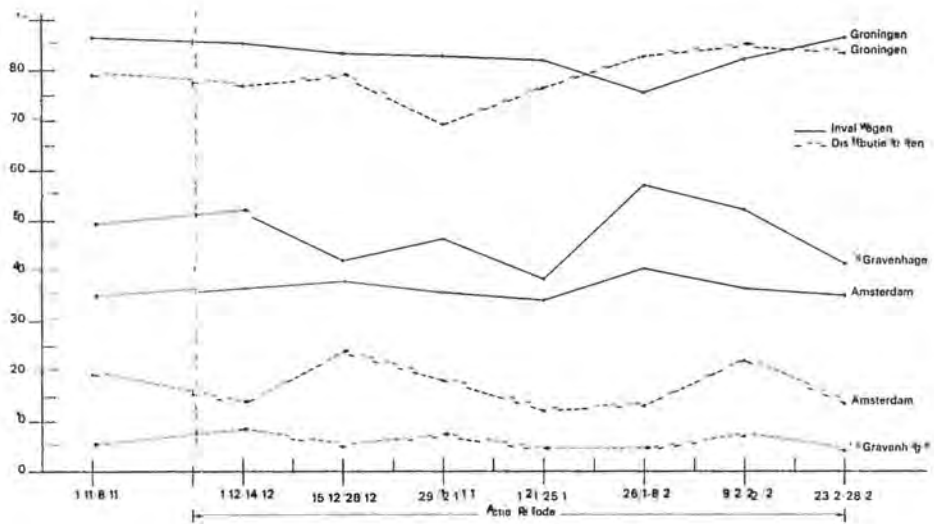
Tabel 6. De klassegemiddelden van de percentages dimlichtrijders in Utrecht onderverdeeld naar het type weg (A1: Invalwegen; A2: Distributiewegen) en de kwaliteit van de verlichting (B1: goed; B2: slecht).

Afbeelding 8. De percentages dimlichrijders in Utrecht in verschillende type straten



Afbeelding 9. De percentages dimlichrijders in Utrecht bij verschillende kwaliteit straatverlichting

Afbeelding 10 - De percentages dimlichrijders in de controlesteden in verschillende typen straten



Afbeelding 11 - De percentages dimlichrijders in de controlesteden bij verschillende kwaliteit straatverlichting

3.3.3 De invloed van de verandering van het gedrag op ongevallen

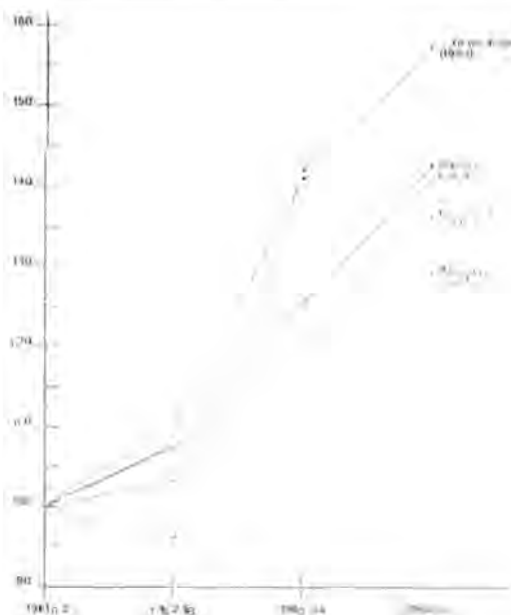
3.3.3.1 Ongevallen met motorvoertuigen

Het belangrijkste deel van het onderzoek was het vaststellen van de invloed van het toegenomen gebruik van dimlichten op de verkeersveiligheid in Utrecht. Ongevallen waarbij geen motorvoertuig betrokken is geweest zijn buiten beschouwing gelaten. Tevens werd aangenomen dat het gebruik van stads- of dimlichten geen directe invloed uitoefent op het ontstaan van ongevallen tussen uitsluitend bromfietzers, fietsers, voetgangers, e.d. Bovendien zijn alleen ongevallen geanalyseerd die bij duisternis binnen de bebouwde kom hebben plaatsgevonden.

In afbeelding 12 zijn de genoemde ongevallen die in de actieperiode (december t/m februari 1965) in Utrecht zijn geregistreerd, vergeleken met de ongevallen in dezelfde periode in voorgaande jaren. Tevens is in deze figuur de ontwikkeling van hetzelfde type ongevallen in de drie controlesteden weergegeven.

Het is zonder meer duidelijk dat er geen sprake is van een gunstig effect op de totale omvang van de verkeersveiligheid in Utrecht. Het aantal ongevallen bij duisternis met motorvoertuigen is vrijwel volgens de trend van de voorgaande jaren toegenomen. Uit de cijfers van de controlesteden blijkt ook niet, dat er in Utrecht gesproken kan worden van een bijzondere ontwikkeling, hoewel opgemerkt moet worden dat ten opzichte van de periode 1963/1964 de nachtongevallen in Utrecht relatief iets meer zijn toegenomen dan in de controlesteden.

De Groningse cijfers vertonen een wat grillig verloop. Dit kan mogelijk verklaard



Afbeelding 12. Het verloop van het aantal ongevallen met motorvoertuigen bij duisternis (1961/1962 = 100) in de maanden december t/m februari. N.B. De absolute cijfers van alle ongevallen bij nacht 1964/1965 zijn tussen haakjes vermeld.

Tabel 7. De ontwikkeling van het aantal ongevallen met motorvoertuigen betrokken op de ontwikkeling van de verkeersintensiteit (in de binnenstad) van Utrecht.

	Intensiteit in Indexcijfers	Ongevallen in Indexcijfers	Ongevallen/ Intensiteit in indexcijfers
1961/1962	100	100	100
1962/1963	106	107	101
1963/1964	120	125	104
1964/1965	127	141	111

worden door het feit dat het aantal ongevallen in Groningen relatief klein is (in 1964/1965: 877) waarvan 297 met motorvoertuigen bij duisternis).

Daardoor kan alleen al door toevallig optredende omstandigheden een veel grotere spreiding in de vergelijkbare maandtotalen optreden. Zo'n toevallige omstandigheid is o.a. het weer; bijvoorbeeld in Groningen zijn er van de 22 teldagen in december t/m februari 1965, er 12 geweest met regen of natte sneeuw, tegen 8 in Utrecht.

Als er rekening wordt gehouden met de ontwikkeling van de verkeersintensiteit in Utrecht, blijkt er ook geen verbetering in de relatieve onveiligheid te zijn opgetreden.

In tabel 7 zijn cijfers vermeld die tot deze conclusie leiden. De intensiteitsindex in deze tabel heeft uitsluitend betrekking op de ontwikkeling van het verkeer in de binnenstad van Utrecht. Tellingen in het buitencordon wijzen erop dat het verkeer zich daar sneller ontwikkelt. Het is dus aannemelijk dat de vermelde intensiteitsindexcijfers voor het gehele bebouwde kom van Utrecht iets te laag zijn.

Desondanks is de ontwikkeling van de relatieve onveiligheid (= de ongevallenindex betrokken op de intensiteitsindex) niet zodanig dat 1964/1965 er als een veiliger periode uitspringt.

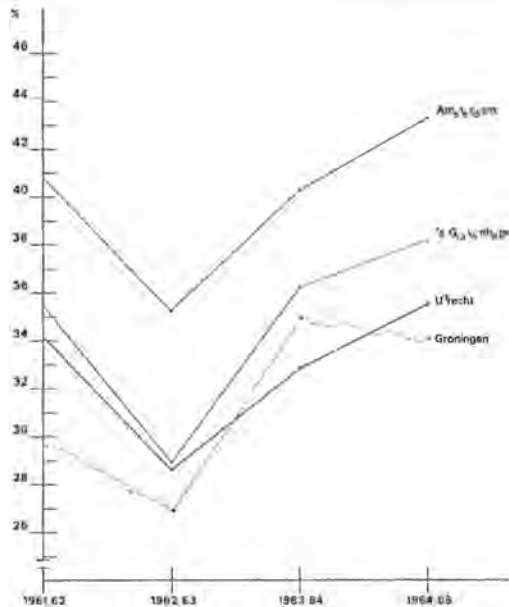
De gebrekkigheid van het waarnemingsmateriaal betreffende de intensiteiten, rechtvaardigen overigens geen absolute conclusies.

3.3.3.2 De dag / nachtverhouding

Afbeelding 13 geeft de ontwikkeling aan van het percentage ongevallen dat bij duisternis heeft plaats gevonden. Door middel van deze cijfers is getracht vast te stellen of de ontwikkeling van het aantal ongevallen bij duisternis is afgeweken ten opzichte van het aantal bij dag. Ook uit deze gegevens blijkt evenwel niet dat in de actieperiode het aantal ongevallen bij duisternis relatief is afgenomen. De lichte stijging van ca. 33 % naar 35 % heeft uit statistisch oogpunt geen betekenis. Het is verklaarbaar uit het toevalseffect (waaronder ook te verstaan, het effect als gevolg van onvoorspelbare factoren als het weer, e.d.).

Zo is bijvoorbeeld de algemene daling in alle steden in de maanden december t/m februari van 1962/1963 een duidelijk gevolg van de strenge winter van 1963. Deze

Afbeelding 13. Het verloop van het percentage ongevallen met motorvoertuigen bij duisternis t.o.v. het aantal ongevallen met motorvoertuigen bij dag in de maanden december t/m februari



heeft de verhouding tussen dag- en nachtongevallen in alle steden belangrijk verstoord. Dit kan zowel een gevolg zijn van een daling van het aantal dagongevallen als een stijging van het aantal nachtongevallen. Hierop wordt nu niet verder ingegaan.

Deze redenering geldt overigens ook weer voor de dag/nachtverhouding in 1964/1965 te Utrecht. Een mogelijke daling van de ongevallen bij duisternis kan gecompenseerd zijn door een daling van de ongevallen overdag, zodat het quotiënt geen verandering te zien geeft. In samenhang met hetgeen in par. 3.3.3.1 is geconstateerd kan evenwel worden geconcludeerd, dat met voldoende zekerheid is aangetoond dat de Utrechtse dimlichtactie geen aanwijsbare directe invloed heeft gehad op de totale nachtelijke verkeersonveiligheid in de stad. Het blijft echter mogelijk dat er een meer beperkte invloed is geweest op bepaalde typen ongevallen, zoals onder andere in het Engelse onderzoek naar voren is gekomen [2] [17].

3.3.3.3 Ongevallen met voetgangers

In het hierboven genoemde Engelse onderzoek is gesuggereerd dat het voeren van 'dipped headlights' * een gunstig effect zou hebben gehad op het aantal verkeersongevallen tussen motorvoertuigen en voetgangers. Ook in dit onderzoek zijn daarom de ongevallen met voetgangers nader geanalyseerd. In tabel 8 zijn van alle bij het onderzoek betrokken steden de aantallen ongevallen met voetgangers vermeld. Bovendien is het percentage voetgangersongevallen berekend, ten opzichte van alle ongevallen in de betreffende periode.

* Vergelijkbaar met dimlicht. Het is echter nuttig er op te wijzen dat het Engelse systeem van autoverlichting sterk afwijkt van de autoverlichting op het vaste land van Europa.

Tabel 8. Ongevallen ⁿ tussen motorvoertuigen ⁿ en voetgangers in de maanden december t/m februari

		1961/1962		1962/1963		1963/1964		1964/1965	
		aantal	% alle ongev.	aantal	% alle ongev.	aantal	% alle ongev.	aantal	% alle ongev.
UTRECHT	bij daglicht	13	1,5	19	1,5	4	0,3	3	0,3
	bij duisternis	10	2,2	7	1,4	3	0,5	1	0,16
GRONINGEN	bij daglicht	11	2,2	11	1,9	9	1,6	3	0,5
	bij duisternis	8	3,7	5	2,4	3	1,0	1	0,3
DEN HAAG	bij daglicht	66	3,0	55	1,7	17	0,6	12	0,4
	bij duisternis	38	3,1	30	2,2	9	0,5	11	0,6
AMSTERDAM	bij daglicht	107	3,4	72	1,7	104	2,6	127	3,5
	bij duisternis	71	3,2	51	2,2	57	2,1	71	2,5

Een nadere beschouwing van deze cijfers geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen.

Het aantal ongevallen tussen motorvoertuigen en voetgangers in Utrecht (en ook in Groningen) is in de onderzoeksperiode en de jaren daarvoor te gering geweest, om daaraan bepaalde conclusies te verbinden ten aanzien van de invloed van de actie op het ontstaan van deze ongevallen. Ook de gunstige ontwikkeling van de dag/nachtverhouding is uit statistisch oogpunt van geen betekenis.

Opvallend is wel, dat er in alle steden, uitgezonderd Amsterdam, sprake is van een dalende tendens bij de voetgangersongevallen, ook in percentages van het totaal. Mogelijk is de verklaring hiervoor te vinden in de relatieve omvang van het voetgangersverkeer in de steden. De stijging in Amsterdam van het procentuele aandeel is echter niet zo eenvoudig te verklaren. (De SWOV verzamelt inmiddels gegevens t.b.v. een onderzoek naar voetgangersongevallen.)

De vraag of de Engelse bevindingen ten aanzien van dimlicht en voetgangersongevallen ook voor Nederlandse omstandigheden opgaan is dus met behulp van deze gegevens niet te beantwoorden. Een verklaring voor het feit dat in het Engels onderzoek een mogelijke invloed op voetgangersongevallen eerder moest opvallen, kan gelegen zijn in het feit, dat het procentuele aandeel van de voetgangersongevallen ten opzichte van alle letselonegevallen in Engeland veel groter is dan in Nederland [18].

Bovendien verschillen de normen van het registreren van verkeersongevallen in Nederland en Engeland. Hierdoor is het zeker mogelijk dat een eventuele invloed

op voetgangersongevallen in Engeland beter meetbaar is. Zo geldt bijvoorbeeld als registratienorm in Engeland: 'het optreden van letsel'. In Nederland is het echter mogelijk dat voetgangersongevallen met *gering* letsel buiten de registratie blijven omdat er geen reden tot juridische vervolging bestaat. Ook is het begrip 'ongeval met voetganger' verschillend interpreteerbaar. Als een voetganger wel de aanleiding is tot een ongeval (bijv. op of nabij een zebra) maar niet zelf het slachtoffer dan wordt dit in Nederland niet als een voetgangersongeval gekenmerkt. In par. 3.3.4 zal nog nader op de voetgangersongevallen worden ingegaan, maar dan in verband met het betrokken zijn bij ongevallen met alleen dimlichtrijders.

3.3.4 Het gebruik van dimlicht in relatie tot het betrokken raken bij ongevallen

Behalve door een voor- en nastudie van de ongevallencijfers in de onderzoekstad Utrecht, is de relatie die er bestaat tussen het gebruik van stads- of dimlichten en het betrokken zijn bij verkeersongevallen ook nog op de volgende wijze onderzocht. Uitgangspunt is de hypothese dat de kans bij een ongeval betrokken te raken voor alle automobilisten die met dimlicht rijden gelijk moet zijn aan de verhouding waarmee dimlichtrijders in het verkeer voorkomen.

$$P(\text{dim(ongeval)}) = \frac{\text{alle dimlichtrijders}}{\text{alle automobilisten bij duisternis}}$$

Als dus uit de waarnemingen blijkt dat de fractie bij ongevallen betrokken dimlichtrijders afwijkt van de fractie waarin zij in het verkeer voorkomen, dan kan op grond van deze hypothese de conclusie worden getrokken dat er een bepaald verband bestaat tussen de soort autoverlichting en het betrokken raken bij ongevallen.

In de tabellen 9a, 9b en 9c zijn voor Utrecht, Groningen en Den Haag de aantallen en percentages motorvoertuigen vermeld die in de proefperiode bij ongevallen betrokken zijn geweest.

Als gevolg van een aantal praktische problemen bij de registratie van verkeersongevallen in de onderzoekstad Utrecht (zie ook 3.2.5) is het aantal motorvoertuigen waarvan de verlichting onbekend is gebleven vrij groot. (Met redelijke zekerheid kan worden aangenomen dat hiervan een relatief groot percentage stadslichten is geweest.) Het gevolg hiervan is, dat het geregistreerde aantal bij ongevallen betrokken dimlichtrijders een relatief grote onbetrouwbaarheidsmarge heeft. Voor Utrecht moeten de volgende conclusies dan ook met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

In tabel 10 zijn bovengenoemde dimlichtpercentages vergeleken met de gemiddelde dimlichtpercentages die uit de verkeersstellingen (zie 3.3.2.1) zijn afgeleid. Een vergelijking met cijfers van vóór de actie kon niet worden uitgevoerd, omdat van de ongevallen vóór de actie geen extra gegevens betreffende het rijden met stads- of dimlichten zijn geregistreerd.

Uit deze cijfers blijkt dat in alle drie steden het percentage bij ongevallen betrokken dimlichtrijders, aanmerkelijk lager ligt dan verwacht mocht worden op grond van het aandeel van de dimlichtrijders in het totale verkeer (zie Appendix IV, blz. 77). De conclusie is dat er verband moet zijn tussen het rijden met dimlichten en het minder frequent bij ongevallen betrokken raken.

Tabel 9 (a, b, c). De bij ongevallen betrokken motorvoertuigen (M) naar aantallen (a) en percentages (p), en de onderverdeling naar het type botsing (I = motorvoertuig en motorvoertuig; II = motorvoertuig en langzaam verkeer; III = motorvoertuig en voetganger) en de

9a. UTRECHT	M _a	M _p	D _a	D _p	S _a	S _p	G _a	G _p
Botsing type I								
Botsing type II								
Botsing type III								
Totaal	996	100%	606	61%	62	6%	328	33%

9b. GRONINGEN	M _a	M _p	D _a	D _p	S _a	S _p	G _a	G _p
Botsing type I	328	100%	171	52%	98	30%	59	18%
Botsing type II	58	100%	31	53%	11	19%	16	20%
Botsing type III	5	100%	3	60%	-	-	2	40%
Totaal	391	100%	205	52%	109	28%	77	20%

9c. DEN HAAG	M _a	M _p	D _a	D _p	S _a	S _p	G _a	G _p
Botsing type I	2378	100%	187	8%	2179	92%	12	
Botsing type II	375	100%	26	7%	339	91%	10	2%
Botsing type III	54	100%	1	2%	42	78%	11	20%
Totaal	2807	100%	214	8%	2560	91%	33	1%

gevoerde verlichting (D = dimlicht; S = stadslicht, G = geen licht). NB. Van Amsterdam zijn deze gegevens niet bekend.

Tabel 10. Het aandeel van de dimlichtrijders betrokken bij ongevallen en het aandeel van de dimlichtrijders in het verkeer

	Aandeel dimlichtrijders betrokken bij ongeval	Aandeel dimlichtrijders in het verkeer
UTRECHT	61%	79%
GRONINGEN	52%	82%
DEN HAAG	8%	17%

In feite wordt deze conclusie nog versterkt door de volgende redenering. Op grond van de gedragswaarnemingen (zie 3.3.2.2) is vastgesteld dat het rijden met dimlicht beïnvloed wordt door de kwaliteit van de openbare verlichting en door het straattype. Nu leidt een slechte straatverlichting enerzijds tot een frequenter dimlichtgebruik, maar anderzijds is de ongevalenkans door het lage algemene zichtbaarheidsniveau groter [5]. Op grond van deze redenering is het dus te verdedigen dat dimlichtrijders een grotere kans hebben om bij ongevallen betrokken te raken.

Niet tengevolge van het dimlicht, maar wel als gevolg van andere omstandigheden die ook tot het dimlichtgebruik hebben geleid.

In het voorgaande is evenwel gebleken, dat het werkelijke aantal bij ongevallen betrokken dimlichtrijders aanmerkelijk minder is dan op grond van een proportionele verdeling mocht worden verwacht. Een grotere ongevalenkans als gevolg van de interactie die er bestaat tussen het dimlichtgebruik en slechte openbare verlichting, versterkt dit effect.

De vraag blijft echter hoe het dan verklaarbaar is, dat er enerzijds een relatie lijkt te bestaan tussen dimlichtgebruik en minder ongevallen, terwijl anderzijds een plotselinge toename in het aantal dimlichtrijders (in de onderzoekstad) geen merkbare invloed heeft gehad op het totaal aantal ongevallen, waarbij motorvoertuigen waren betrokken.

Een mogelijke verklaring hiervoor is, dat met een toename van het percentage dimlichtrijders en dus een afname van het percentage stadslichtrijders, de kans op een ongeval voor dimlichtrijders afneemt, maar die voor stadslichtrijders toeneemt. Dit laatste is dan in progressief sterker mate het geval, naarmate het percentage stadslichtrijders geringer is.

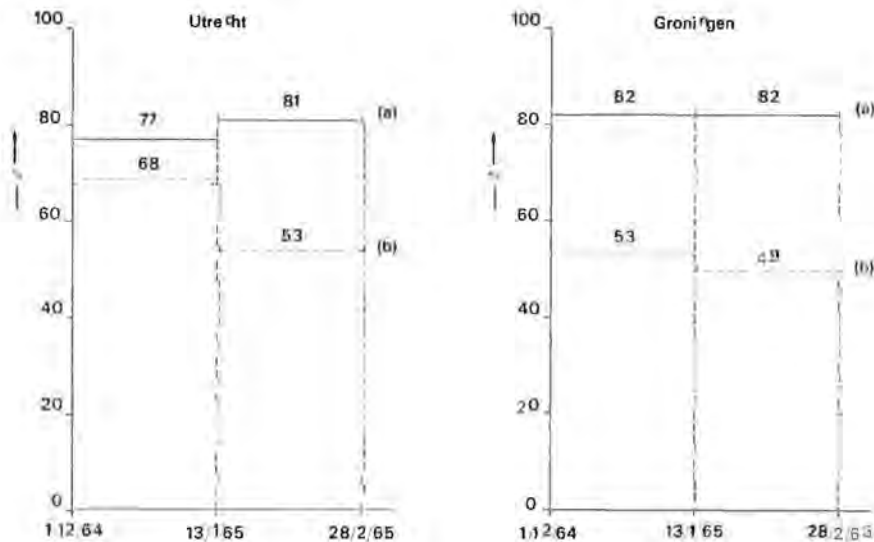
Een andere verklaring, die overigens de vorige redenering niet uitsluit, maar mogelijk aanvult, is dat de vrij plotselinge verandering van ca. 35 % naar ca. 80 % dimlichtrijders het aanzien van het straatbeeld bij duisternis zo drastisch kan hebben veranderd, dat er de eerste tijd sprake is geweest van een zekere gewenning. Deze zou ongunstig gewerkt kunnen hebben op het ongevallenpatroon. Een aanwijzing hiervoor is het feit, dat het percentage bij ongevallen betrokken dimlichtrijders in de eerste zes weken van de actie hoger is geweest, nl. 68 %, dan in de laatste

zeven weken toen het 53% was (zie afbeelding 14). Voor de totale actieperiode was het 61% (zie tabel 10) behoudens de reeds eerder genoemde onnauwkeurigheid in het waarnemingsmateriaal.

Ook de Groningse cijfers wijzen in die richting. Wat het percentage dimlichtrijders betreft, was deze stad nl. vergelijkbaar met Utrecht (82% tegen 79%). In Groningen, waar het hoge percentage dimlichtrijders niet is bereikt door een plotselinge verandering, ligt het percentage bij ongevallen betrokken dimlichtrijders veel lager (gemiddeld 52%). Het is gedurende de gehele onderzoeksperiode vrij constant gebleven (zie eveneens afbeelding 14). Een factor die waarschijnlijk in beide hierboven vermelde hypothesen een belangrijke rol speelt is de mate van uniformiteit van de gebruikte autoverlichting. Zowel de menging van stads- en dimlichten als de helderheid van de autolamp spelen hierbij een rol. Het is aannemelijk dat bijv. een verkeerssituatie, waarbij veel met dimlicht wordt gereden en het aantal, toch al zo onopvallende, stadslichten gering is, een onveiligere situatie schept dan die waarin het aandeel van de stadslichtrijders ver in de meerderheid is. Alleen een totale uniformiteit (100% dimlichtrijders) kan hierin verbetering brengen. De ongevalgegevens hebben ten aanzien van dit punt echter nog onvoldoende evidentie opgeleverd.

Om hierover een meer concrete uitspraak te kunnen doen, zijn uitgebreider ongevalgegevens noodzakelijk, gedifferentieerd naar soort en type autoverlichting en gekoppeld aan gegevens betreffende het gebruik van stads- en dimlichten.

Wel zijn er duidelijke aanwijzingen dat de opvallendheid van de autoverlichting een belangrijke rol speelt. Dit komt tot uitdrukking in de ongevallen tussen motorvoer-



Afbeelding 14. Het percentage dimlichtrijders van alle automobilisten (a) t.o.v. het percentage bij ongevallen betrokken dimlichtrijders (b) in de actieperiode in Utrecht en dat van de controlestad Groningen.

tuigen en voetgangers die in de onderzoeksperiode in Den Haag hebben plaatsgevonden.

In de onderzoeksperiode hebben in Den Haag bij duisternis 54 ongevallen tussen motorvoertuigen en voetgangers plaatsgevonden. Van deze 54 ongevallen is er evenwel maar 1 geweest waarbij de auto met dimlicht reed (zie tabel 9c). Dit is slechts 2% van alle ongevallen met voetgangers, terwijl in Den Haag het percentage dimlichtrijders ca. 17% bedraagt (zie tabel 10). Het aandeel van dimlichtrijders in ongevallen met andere verkeerscategorieën (niet-voetgangers) is relatief veel groter. Het aantal ongevallen met voetgangers in Groningen en Utrecht was te gering om met enige zekerheid te kunnen vaststellen of ook daar sprake is geweest van een relatief gering aantal ongevallen waarbij dimlichtrijders zijn betrokken.

In ieder geval leveren de cijfers van Den Haag een bevestiging van de ook in het Engelse onderzoek gevonden positieve invloed die een goed zichtbare autoverlichting vooral heeft op het conflict tussen auto en voetganger.

3.4 Conclusies

Door het statistische onderzoek zijn een aantal hypothesen bevestigd en konden enkele belangwekkende conclusies worden getrokken ondanks het feit dat de analyse van de ongevalgegevens bemoeilijkt werd door beperkingen in de registratie en het geringe aantal ongevallen. De conclusies zijn:

1. Het rijden met stads- of dimlichten binnen de bebouwde kom wordt beïnvloed door de kwaliteit van de openbare verlichting en het type van de straat, resp. de samenstelling van het verkeer.

Er is inderdaad een tendens om bij relatief slechte zichtomstandigheden deze te compenseren door het voeren van dimlicht.

2. De stijging van ca. 35% naar ca. 80% dimlichtrijders binnen de bebouwde kom van Utrecht heeft géén aantoonbare invloed op de verkeersveiligheid gehad. Ook de ongevallenkans bij duisternis (= de dag/nachtverhouding) is niet significant veranderd.

Er zijn aanwijzingen dat naarmate het percentage dimlichtrijders hoger is, de kans op een ongeval voor dimlichtrijders afneemt en voor stadslichtrijders toeneemt.

Ook is het mogelijk dat het effect van het dimlichtgebruik is verzwakt door een soort inschakelverschijnsel, een gewenningsproces, als gevolg van de plotselinge verandering in het verkeersbeeld. Het is aannemelijk dat het gebrek aan uniformiteit in de autoverlichting hierbij een rol heeft gespeeld (zie ook punt 3).

3. In de contrôlesteden Groningen en Den Haag en in mindere mate in Utrecht is vastgesteld dat de kans bij een ongeval betrokken te raken voor dimlichtrijders kleiner is dan op grond van hun aandeel in het verkeer mocht worden verwacht.

Het is waarschijnlijk dat hierbij de mate van uniformiteit van de autoverlichting een rol speelt. Bij een menging van veel dimlichten en weinig stadslichten is bijvoorbeeld de opvallendheid van de stadslichten zeer gering. Bovendien is vooral bij stadslichten de spreiding in intensiteit zeer groot.

Op grond hiervan kan worden geconcludeerd dat het tegelijk voorkomen van dim-

lichten en stadslichten ongewenst is. Ook kan worden geconcludeerd dat het dan ook aanbeveling verdient bij de constructie van de autoverlichting, maar ook bij het gebruik van stads- of dimlichten, een zo groot mogelijke uniformiteit te betrachten.

4. In één van de onderzoeksteden is vooral het aantal ongevallen tussen motorvoertuigen met dimlicht en voetgangers kleiner gebleken dan mocht worden verwacht op grond van het percentage dimlichtrijders in die stad. Het is in feite een bevestiging van de veronderstelling dat de gemiddelde zichtbaarheid van het huidige stadslicht in bepaalde situaties onvoldoende is.

4. Het experimentele onderzoek

4.1 Doel en methode van het onderzoek

4.1.1 Inleiding

Een deel van de nachtelijke verkeersongevallen waarbij enerzijds overstekende voetgangers en anderzijds motorvoertuigen zijn betrokken, wordt toegeschreven aan het feit dat de voetganger op het moment van oversteken de afstand en/of de rijsnelheid van het naderende motorvoertuig verkeerd heeft beoordeeld.

In dit hoofdstuk zijn een aantal proeven beschreven die zijn uitgevoerd om na te gaan of, en zo ja in hoeverre, de beslissing van voetgangers al of niet over te steken, afhangt van de intensiteit van de door de motorvoertuigen gevoerde lichten en het niveau van de openbare verlichting.

Deze proefnemingen zijn gebaseerd op de volgende gedachtengang. Bij een bepaalde rijsnelheid van de auto, een vaste wegbreedte, een vaste loopsnelheid en een constante of te verwaarlozen beslissingstijd van de voetganger, kan één afstand van auto tot voetganger worden aangegeven die correspondeert met de grens 'veilig oversteken'. Is de auto verder weg, dan kan de voetganger zeker veilig oversteken; is de auto dichterbij dan is het oversteken niet meer veilig.

De genoemde afstand nu correspondeert, als de omstandigheden gegeven zijn, met één bepaalde hoeveelheid tijd die de voetganger nodig heeft om te beslissen en over te steken (t). Bij de proeven is nagegaan welk gedeelte van de voetgangers meent te kunnen oversteken, afhankelijk van de oversteektijd. Zouden geen beslissingsfouten worden gemaakt dan is deze fractie 0% voor $t < t_v$ (t_v is de kleinste veilige oversteektijd) en 100% voor $t > t_v$. Het werkelijke p-t diagram vertoont door het optreden van beslissingsfouten geen rechthoekig verband.

Men kan hierbij onderscheid maken tussen twee typen beslissingsfouten. Het eerste (en wellicht het ernstigste) type is dat de voetganger ten onrechte meent te kunnen oversteken, als dit in feite niet het geval is ($t < t_v$).

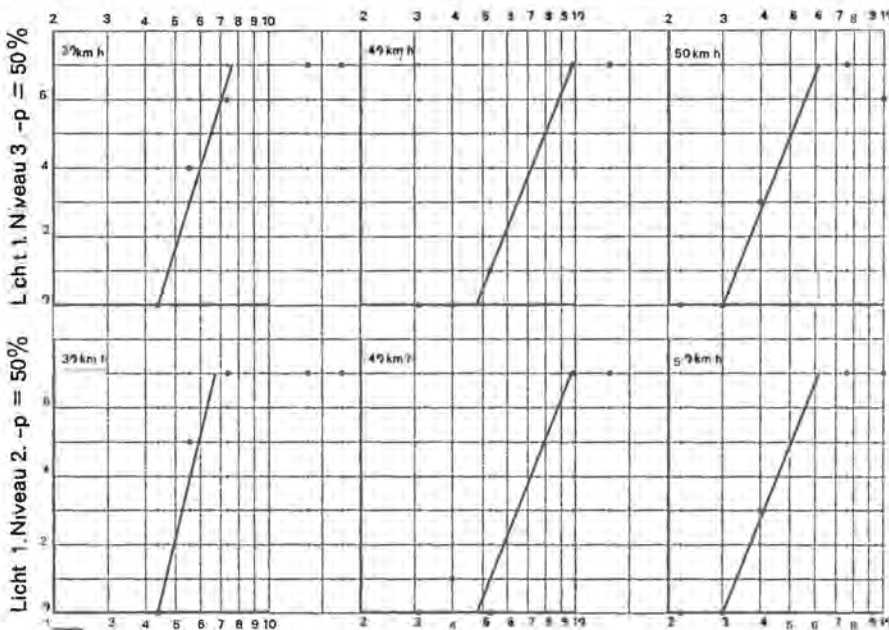
Het tweede type betreft het ten onrechte niet oversteken ($t > t_v$). Fouten van het eerste type kunnen de verkeersveiligheid beïnvloeden en zijn derhalve voor dit onderzoek van groot belang. Fouten van het tweede type kunnen de capaciteit van de weg en de oversteekplaatsen verminderen en/of de vlotheid van de verkeersdoorstroming belemmeren.

In een p-t diagram zijn de gebieden die de fouten type I en type II grafisch weer te geven (zie afbeelding 15).

Uit overwegingen van verkeersveiligheid is het gewenst dat het gebied I klein, en zo mogelijk afwezig is; vlotheid en capaciteit zijn gediend bij een klein oppervlak van het gebied II. Een directe experimentele bepaling van de bedoelde gebieden I en II is niet mogelijk, omdat een in werkelijke situaties voorkomende, algemeen geldige waarde van t_v niet bepaald kan worden. De grootte t_v is alleen ingevoerd

ter verduidelijking van de relevante processen. Bovendien is voor de in dit rapport ter sprake komende problemen een absolute bepaling van t_v van geen belang, gezocht wordt naar de mate waarin het gedrag van voetgangers afhangt van uite-wendige omstandigheden. Daarom zijn in het volgende als karakteristieke waarden voor het p-t diagram gekozen: de waarde van t waarbij $p = 50\%$, en de helling in dat punt. Een eventuele invloed van de intensiteit van de autolichten op de frequentie van optreden van beslissingsfouten van voetgangers kan zich op twee wijzen uiten: zowel de waarde van t waarbij $p = 50\%$, als de helling kan afhankelijk zijn van de lichtsterkte. Het eerste betekent dat de schatting van de beschikbare tijd (d.w.z. de afstandschatting of de snelheidschatting, of beide) afhangt van de intensiteit. Het is hierbij ook mogelijk dat de beslissingstijd van de intensiteit afhangt. Het tweede betekent dat de onzekerheid in deze schattingen van de intensiteit afhangt, d.w.z. dat de frequentie van het optreden van beslissingsfouten afhangt van de intensiteit.

De proefnemingen zijn als volgt uitgevoerd: Een auto rijdt op een aantal stilstaande - in een van luikjes voorzien waarnemingshuisje opgestelde - waarnemers toe. De intensiteit van de lichten van de auto en de rijnsnelheid zijn bij iedere rit anders. Bovendien wordt het niveau van de wegverlichting gevarieerd. De luiken in het huisje worden voor korte tijd geopend als de auto op een bepaalde afstand voor de waarnemers is gekomen. Ook deze afstand is bij iedere rit anders. Zo vlug mogelijk na het openen van de luikjes geven de waarnemers aan of zij onder deze omstandigheden nog zouden oversteken of niet. Zowel de beslissingen als de be-



slissingstijden worden geregistreerd. Wanneer dit met voldoende waarnemers wordt gedaan, kan voor iedere combinatie van intensiteit – wegverlichting – rijsnelheid het verband tussen p en t worden bepaald.

De proeven zijn uitgevoerd op het Lichttechnisch Laboratorium van de N.V. Philips Gloeilampenfabrieken te Eindhoven (proefstraat te Acht), met medewerking van het Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO te Soesterberg, de Rijkswaterstaat en de Gemeentepolitie te Utrecht.

4.1.2 De auto

Voor de proeven is een witte DAF-600 personenauto gebruikt. Zowel aan de linker als aan de rechter voorkant waren vier lantaarns gemonteerd (afbeelding 16). De relatieve lichtsterkteverdeling van alle lantaarns was gelijk (afbeelding 17). De intensiteit van het maximum was door de keuze van de lampen en zo nodig door bijregelen met regelweerstand ingesteld op vier vaste waarden: 0,3 – 3 – 30 en 300 cd. Van deze waarden correspondeert de laagste met een zeer zwak stadslicht, en de hoogste ongeveer met de lichtsterkte van een goed ingesteld dimlicht in de richting van de ogen van de tegenligger. De gebruikte lichtsterkteverdeling maakte dat de lichtvlek op de weg voor de auto aanzienlijk zwakker was dan die bij een normaal dimlicht. De lichtkleur van de vier lichten was ten naastebij gelijk. Drie rijsnelheden zijn gebruikt, nl. 30, 40 en 50 km/h.

4.1.3 De weg

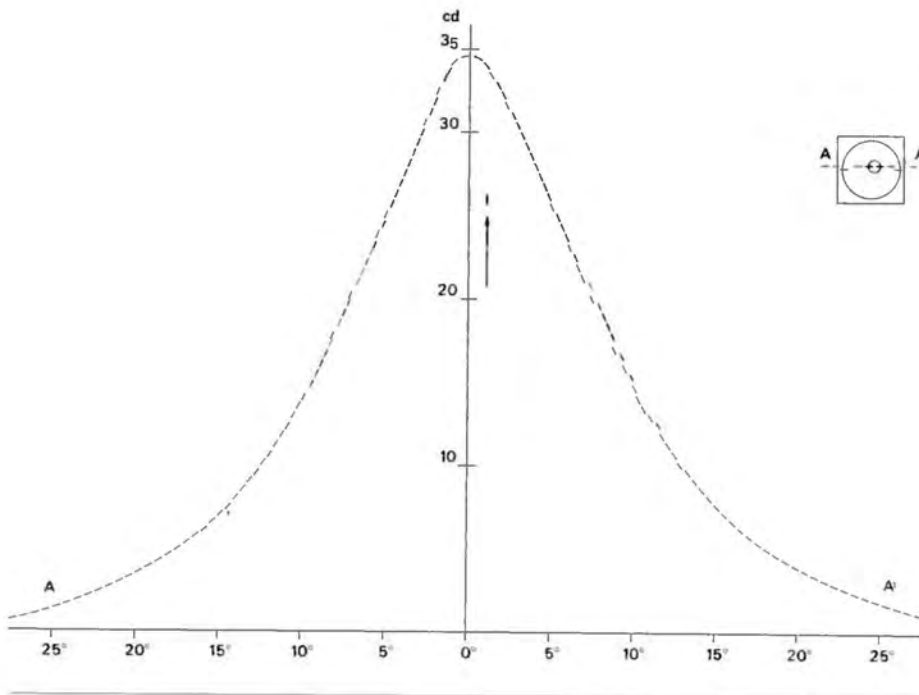
De proeven zijn op de proefstraat te Acht uitgevoerd. Afbeelding 18 geeft een plattegrond van de gebruikte verlichtingsinstallatie. Vanuit de waarnemingsplaats gezien stonden de lichtmasten rechts en reed de auto aan de linkerkant. De lichtmasten waren uitgerust met diepstralende armaturen met gloeilampen. De effectieve wegbreedte was 14 meter. Bij de nachtproeven zijn drie niveau's van de straatverlichting gebruikt. Zie tabel 11 en afbeelding 19 en 20. Op de linker helft van de straat waren vijf slangen uitgelegd die verbonden waren met drukschakelaars.

Door de proefleider werd steeds één van deze schakelaars gekozen; wanneer de auto over de betreffende slang reed, werd deze schakelaar korte tijd gesloten. Hiermee werd het hierna te bespreken luikjessysteem ingeschakeld. Om mogelijke storingen te voorkomen zijn de slangen in V-vorm gelegd, en van twee parallelgeschakelde schakelaars voorzien (afbeelding 21). De afstanden van de slangen tot aan de waarnemers bedroegen 45, 55, 70, 120 en 155 meter.

4.1.4 De waarnemingen

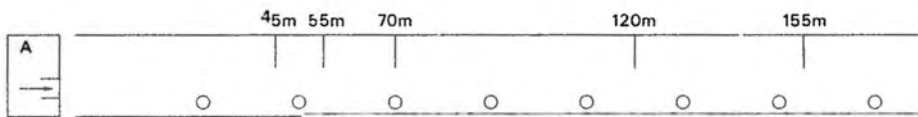
De zeven waarnemers (leeftijd 25-35 jaar) bevonden zich staande in het waarnemingshuisje. Voor iedere waarnemer bevond zich een scherm met een luik dat meestal gesloten was, zodat de weg niet gezien kon worden (afbeeldingen 22 en 23). Wanneer de auto over de door de proefleider gekozen slang reed werd een synchroonmotor gestart die via een nokkenschijf met schakelaars achtereenvol-

Afbeelding 16



Afbeelding 17

Afbeelding 18



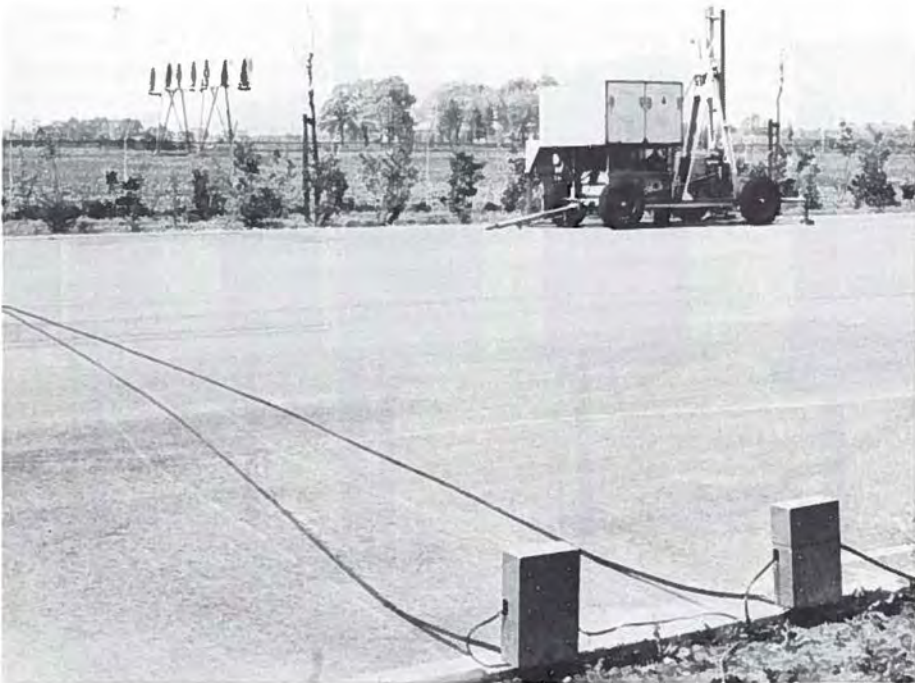
Niveau	L	L rechts	L links	afbeelding
1	geen	geen	geen	geen
2	0,19 cd/m ²	0,36 cd/m ²	0,04 cd/m ²	19
3	1,0 cd/m ²	1,45 cd/m ²	0,50 cd/m ²	20

Tabel 11



Afbeelding 19

Afbeelding 20



Afbeelding 21

Tabel 12. Beschikbare tijden in seconden voor verschillende afstanden en rij snelheden

afstand	45m	55m	70m	120m	155m
snelheid 30 km/h	4,4	5,6	7,4	13,4	17,6
snelheid 40 km/h	3,1	4,0	5,3	9,8	12,9
snelheid 50 km/h	2,2	3,0	4,0	7,6	10,1

tijd' zijn steeds de gemiddelden bepaald over alle variabelen waarbij één variabele constant is gehouden. In tabel 13 zijn de hierbij horende gemiddelde waarden van t_m , de helling en de beslissingstijd opgenomen. Bovendien zijn in deze tabel de gemiddelden voor de dagmetingen toegevoegd, hoewel die niet direct met de nachtmetingen zijn te vergelijken. Tenslotte zijn hierin de gemiddelde standaardafwijkingen opgegeven.

Situatie	Beschrijving	t_m (sec)	Helling	Beslissings-tijd (sec)	
Licht	1	0,3 cd	$5,2 \pm 0,3$	$0,72 \pm 0,03$	$1,01 \pm 0,03$
	2	3 cd	$5,5 \pm 0,2$	$0,67 \pm 0,05$	$0,96 \pm 0,03$
	3	30 cd	$5,3 \pm 0,2$	$0,66 \pm 0,03$	$0,95 \pm 0,03$
	4	300 cd	$6,5 \pm 0,2$	$0,69 \pm 0,04$	$0,97 \pm 0,04$
Niveau	1	0 cd/m ²	$5,6 \pm 0,3$	$0,71 \pm 0,03$	$0,98 \pm 0,03$
	2	0,2 cd/m ²	$5,8 \pm 0,2$	$0,68 \pm 0,03$	$0,96 \pm 0,03$
	3	10 cd/m ²	$5,5 \pm 0,2$	$0,67 \pm 0,03$	$0,97 \pm 0,03$
Snelheid	1	30 km/h	$5,9 \pm 0,2$	$0,75 \pm 0,04$	$0,94 \pm 0,03$
		40 km/h	$5,8 \pm 0,3$	$0,68 \pm 0,03$	$1,00 \pm 0,03$
		50 km/h	$5,2 \pm 0,2$	$0,62 \pm 0,01$	$0,97 \pm 0,03$
Dag		5,0	0,74	$0,80 \pm 0,03$	

Tabel 13

4.3 Discussie

Met nadruk moet worden gesteld dat alle conclusies die uit de hier beschreven metingen kunnen worden getrokken uiteraard alleen betrekking hebben op de bij de proeven bestaande omstandigheden. Op enige essentiële punten wijken deze omstandigheden in belangrijke mate af van de omstandigheden zoals die zich in het normale wegverkeer voordoen. Ten eerste was bij de proef op de weg slechts een enkele auto te zien. Zelfs de lichten met de laagste intensiteit zijn daarbij nog duidelijk zichtbaar. Bovendien zijn ze wegens het ontbreken van ander verkeer steeds als de stadslichten van een auto te herkennen; de zichtbaarheid en de opvallendheid van de lichten wordt niet door andere lichten gestoord. Voorts zijn de waarnemers van te voren gewaarschuwd dat een auto in aantocht is; bij het moment van waarnemen is ook de richting waar de auto zich bevindt, vrij goed bekend. Wat betreft deze punten zijn de omstandigheden bij de proeven gunstiger dan bij het normale verkeer. De beslissing wordt gebaseerd op een enkele, kort durende waarneming. De mogelijkheid van herhaalde waarneming en eventuele correctie van de beslissing is bij de proeven niet mogelijk. Wat dit laatste betreft zijn de omstandigheden in werkelijkheid gunstiger dan die bij de proeven. Een mogelijke invloed op het resultaat is de omstandigheid dat de waarnemers niets riskeren bij een te overmoedige beslissing, maar anderzijds kunnen de waarnemers overmatig voorzichtig zijn. Het is echter niet te verwachten dat een dergelijke overmoedigheid noch deze voorzichtigheid systematisch van de verlichtingssituatie afhangt, zodat de resultaten voor een vergelijking van verlichtingssituaties kunnen worden gebruikt.

Met dit voorbehoud kan uit tabel 13 worden afgeleid, dat de gemiddelde tijd (t_m : de tijd waarbij in 50% van de waarnemingen nog een positieve beslissing wordt genomen) niet significant afhangt van de intensiteit van de autoverlichting wanneer die tussen 0,3 en 30 cd ligt. Bij hoge intensiteiten (300 cd) wordt de t_m significant groter. Men zou dit als volgt kunnen interpreteren: tengevolge van de grote lichtintensiteit lijkt de auto dichterbij te zijn dan hij in werkelijkheid is. Gezien de spreiding kan wat betreft de hellingen en de beslissingstijden (en de daarmee verbandhoudende mate van onzekerheid van de beslissing) geen invloed van de intensiteit van de autolichten worden geconstateerd.

De hier gebruikte niveaus van de wegdeklluminantie hebben geen aantoonbare invloed op de beoordelingen. Mogelijk speelt hierbij de witte kleur van de auto een rol: bij lage wegdeklluminanties waren de lichten, en bij hogere lumianties was de auto zelf steeds goed te zien. Bij de daarmee gemeten zijn kleinere waarden van t_m en van de beslissingstijd gevonden. Misschien spelen hierbij de reeds genoemde leer-effecten een rol.

De snelheid heeft enige invloed op het resultaat. Het is niet na te gaan in hoeverre dat een gevolg is van de beperkte waarnemingstijd.

Interacties tussen de variabelen kunnen, gezien de spreiding in de individuele waarnemingen, niet worden aangetoond. Men mag wel verwachten dat een invloed van eventuele interacties niet groot zal zijn.

4.4 Conclusies

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 dan 0,3 cd is, 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. Het is een onderwerp van nader onderzoek waar het optimum in de lichtsterkte is en hoe breed het toelaatbare gebied rond deze optimale waarde mag zijn, zonder dat op storende wijze van de uniformiteit wordt afgeweken. Zoals reeds eerder is aangegeven, wordt de ligging van het optimum bepaald ten eerste 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.

APPENDIX I, II, III, IV

APPENDIX I: HET STATISTISCHE ONDERZOEK

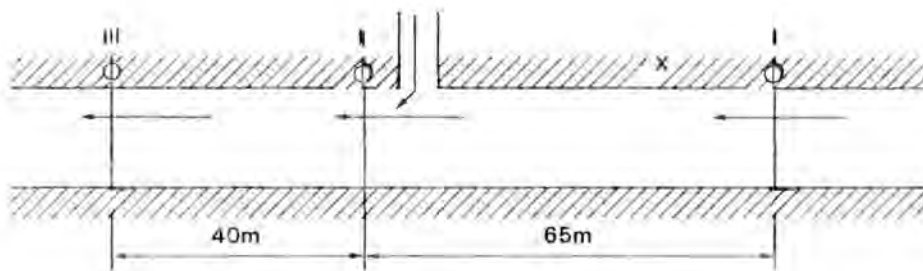
De mogelijkheid van het waarnemen van stads- en dimlichten

Aan de proef hebben vier waarnemers deelgenomen. De waarnemingen waren verdeeld over twee maal een half uur; het eerste half uur bij droog weer, het tweede half uur bij regenachtig weer.

In afbeelding 1.1 zijn de posities ten opzichte van elkaar weergegeven (I, II en III). Bij X heeft een extra waarnemer gestaan die alleen het aantal passerende motorvoertuigen heeft geteld.

De resultaten van de waarnemingen zijn in tabel 1.1 weergegeven. Tijdens de waarnemingen in het eerste half uur bleken er verschillende moeilijkheden op te treden; onder andere werd het dimlicht van een bepaald type auto door één van de waarnemers als een stadslicht beoordeeld. Er is in deze periode dan ook sprake van een verschil tussen de waarnemers II en III ($\chi^2 = 0,171$; $df = 1$; $0,50 < P < 0,75$). Nadat over de problematische waarnemingen een duidelijke instructie was gegeven, bleek het verschil in waarneming vrijwel geheel te verdwijnen. Het tweede half uur was er dan ook, ondanks de regen, geen noemenswaardig verschil meer tussen de waarnemers II en III ($\chi^2 = 0,009$; $df = 1$; $0,90 < P < 0,95$).

N.B. De resultaten van waarnemer I zijn niet in deze berekeningen opgenomen



Afbeelding 1.1

omdat de voertuigen komende uit de zijstraat niet door deze waarnemer zijn geteld. Wel is op grond van de tellingen van waarnemer I en de controle teller bij X, vastgesteld kunnen worden dat het moeten waarnemen van stads- of dimlichten niet tot onjuiste totaalstellingen leidt.

	Verlichting voertuig	Waarn. I	Waarn. II	Waarn. III	Waarn. X
eerste half uur (droog)	stadslicht	356	353	363	
	dimlicht	114	114	110	
	totaal	470	467	473	469
tweede half uur (regen)	stadslicht	277	276	278	
	dimlicht	94	114	113	
	totaal	371	390	391	372

Tabel I.1. De resultaten van de waarnemingen

APPENDIX II - HET STATISTISCHE ONDERZOEK

Vooronderzoek naar het gebruik van stads- en dimlichten

Het primaire doel van dit vooronderzoek was, na te gaan of het rijden met stads- of dimlichten afhankelijk was van de dag in de week. Daarom is in de onderzoekstad (Utrecht) en de controlesteden (Amsterdam, Den Haag en Groningen) gedurende één week op alle dagen geteld.

In tweede instantie is in het vooronderzoek nagegaan of de veronderstellingen juist waren, dat het type weg en de kwaliteit van de openbare verlichting een niet te verwaarlozen invloed hadden op het rijden met stads- of dimlichten.

In tabel II.1 zijn alleen de resultaten van de tellingen in Utrecht vermeld. (De cijfers

dag in de week	datum	Invalswegen				Distributiewegen			
		slechte verlicht.		goede verlicht.		slechte verlicht.		goede verlicht.	
		aantal stadsl.	aantal diml.	aantal stadsl.	aantal diml.	aantal stadsl.	aantal diml.	aantal stadsl.	aantal diml.
zondag	1-11-'64	141	95	266	225	106	139	531	240
maandag	2-11-'64	181	105	255	260	105	107	607	237
dinsdag	3-11-'64	174	129	364	297	132	146	664	219
woensdag	4-11-'64	206	88	265	208	110	114	630	188
donderdag	5-11-'64	175	149	289	193	106	107	695	232
vrijdag	6-11-'64	189	170	294	276	140	156	679	208
zaterdag	7-11-'64	141	137	204	203	121	102	522	177
Totaal in aantallen		1207	873	1937	1662	820	871	4328	1501
Totaal in percentages		58%	42%	54%	46%	48%	52%	74%	26%

Totaal cijfers:	stadslichten	dimlichten	Totaal
goede openbare verlichting	6265	3163	9428
slechte openbare verlichting	2027	1744	3771
Totaal in aantallen	8292	4907	13199
Totaal in percentages	63%	37%	100%

Tabel II.1. Het gebruik van stads- en dimlichten in Utrecht. Waarnemingsuur: 19.30-20.30 uur.

van de andere steden zijn achterwege gelaten; zij geven niet meer informatie en de conclusies zijn gelijk aan die van de Utrechtse cijfers).

Uit de resultaten blijkt inderdaad dat er tussen de dagen onderling zodanige verschillen optreden dat het gewenst is hiermee rekening te houden bij het eigenlijke onderzoek. Deze conclusie is getrokken door met behulp van de randtotalen voor iedere dag de verwachtingswaarde van het aantal stads- en dimlichten te berekenen en deze verwachtingswaarde met de werkelijke waarde te vergelijken. ($\chi^2 = 17,86$; $df = 6$; $P < 0,01$)

Uit de resultaten blijkt tevens dat er zeer waarschijnlijk ook sprake is van een invloed van het type straat en de kwaliteit van de openbare verlichting op het gebruik van stads- en dimlichten. Het bleek onmogelijk, met het beschikbare beperkte cijfermateriaal dit verband statistisch significant aan te tonen. Desondanks is aangenomen dat er inderdaad zo'n invloed bestaat.

Op grond hiervan is daarom besloten genoemde factoren als onafhankelijke variabelen in het eigenlijke onderzoek op te nemen.

APPENDIX III - HET STATISTISCHE ONDERZOEK

Factoren van invloed op het gebruik van stads- en dimlichten

Statistische verantwoording

Als gevolg van het feit dat het aantal teldagen voor natte en droge wegdekken niet gelijk is (14 dagen droog en 8 dagen nat) moeten voor het C-effect, het AC-, het BC- en het ABC-effect eerst de zgn. contrastcoëfficiënten worden bepaald (zie tabel III.1) om de cijfers geschikt te maken voor een normale variantie-analyse-berekening [19]. Met behulp van deze coëfficiënten kan de noemer voor de kwadraten som van het C-effect worden berekend. Hierna kan een variantie-analyse worden uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn gegeven in tabel III.2.

Toetsing van de restvarianties tegen de effecten AC, BC en ABC levert geen significante verschillen op zodat deze varianties kunnen worden samengenomen tot één nieuwe variantie, waartegen de overige effecten worden getoetst (tabel III.3). Hieruit blijkt dat de gevonden F-waarden voor de effecten A, B en AB zeer significant zijn.

Een andere methode om het ongelijke aantal teldagen voor droge en natte wegdekken te vereffenen is die waarbij de percentages eerst worden getransformeerd met behulp van de: boogsinus $\sqrt{\text{waarneming}}$ [20]. De conclusies blijven na een variantie-analyse echter hetzelfde.

Toepassing van de variantie-analyse veronderstelt o.a. dat de varianties van de verschillende reeksen waarnemingen uit een zelfde normaal verdeelde populatie komen en niet significant van elkaar verschillen. Hiernaar kan een onderzoek worden ingesteld door de varianties binnen de reeksen waarnemingen onderling te vergelijken en in een F-tabel de bijbehorende significantiewaarden op te zoeken. Het blijkt dan dat de aanname 'alle varianties zijn gelijk' niet klopt. De consequentie hiervan is dat de variantie-analyse in feite niet mag worden toegepast, resp. de resultaten met enige voorzichtigheid moeten worden gehanteerd.

Om na te gaan in hoeverre de conclusies die uit de variantie-analyse zijn getrokken bruikbaar waren is een volgende controleberekening uitgevoerd.

1. Voor alle waarnemingsreeksen (uitgedrukt in percentages dimlichtrijders) zijn de gemiddelde waarden en de varianties berekend.
2. De varianties zijn onderling vergeleken met behulp van de F-toets.
3. Waar significante ($P < 0,05$) verschillen optraden zijn vervolgens de gemiddelde waarden vergeleken met de t-toets.
4. Tenslotte zijn met behulp van deze t-waarden de significant van elkaar verschillende waarnemingsreeksen bepaald.

Tabel III.1. Contrastcoëfficiënten voor het C-, het AC-, het BC-, en het ABC-effect.
Tabel III.2. De variantie-analyse

	(1)	c	b	bc	a	ac	ab	abc
C	-8	-14	-8	-14	-8	14	-8	14
AC	8	-14	8	-14	-8	14	-8	14
BC	8	-14	-8	14	8	-14	-8	14
ABC	-8	14	8	-14	8	-14	-8	14

	kwadratensom	aantal vrijheidsgraden	variantie
A	976,223	1	976,223
B	1907,433	1	1907,433
C (gecorrigeerd)	20,455	1	20,455
AB	402,919	1	402,919
AC	6,975	1	6,975
BC	0,081	1	0,081
ABC	55,530	1	55,530
rest.	2176,27	80	27,203
totaal	5545,889	87	

Effect	$F (= s^2 / s_1^2)$	P
AB	14,937	$P < 0,001$
A	36,191	$P < 0,001$
B	70,714	$P < 0,001$
C	0,758	$0,50 < P < 0,70$

Tabel III.3. Toetsing met een nieuwe variantie ($s_1^2 = 26,974$; $df = 83$)

Een onderlinge vergelijking van alle mogelijke combinaties leidt tenslotte tot de volgende conclusies:

1. Er is een invloed van de kwaliteit van de openbare verlichting (= effect B) op het rijden met dimlichten.
2. Er is ook een geringe invloed van het type straat op het rijden met dimlichten (= effect A), vooral bij een slechte openbare verlichting (= effect AB).
3. De toestand van het wegdek blijkt in dit onderzoek geen invloed te hebben op het rijden met dimlichten.

Uit deze controleberekeningen blijkt dat de resultaten van de variantie-analyse voldoende betrouwbare resultaten opleveren, ook al voldoet het basismateriaal in feite niet aan alle voorwaarden.

APPENDIX IV - HET STATISTISCHE ONDERZOEK

Het toetsen van verschillen tussen percentages dimlichrijders

De verschillen in de percentages vermeld in tabel 10 zijn als volgt onderzocht. Op grond van de uitgevoerde waarnemingen kunnen de waarden voor p_1 en p_2 worden berekend waarin:

$$p_1 = \frac{\text{het aantal bij ongevallen betrokken dimlichrijders}}{\text{het totaal aantal bij ongevallen betrokken automobilisten}}$$

$$p_2 = \frac{\text{het aantal waargenomen dimlichrijders}}{\text{het totaal aantal waargenomen automobilisten}}$$

De hiermee corresponderende populatie-parameters zijn P_1 en P_2 . De verschillen tussen p_1 en p_2 worden nu getoetst onder de nulhypothese, dat $H_0: P_1 = P_2$. Het betrouwbaarheidsinterval waarbinnen het verschil tussen P_1 en P_2 moet liggen kan uit de waarnemingen als volgt worden berekend:

$$p_1 - p_2 - z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{N_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{N_2}} < P_1 - P_2 < p_1 - p_2 + z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{N_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{N_2}}$$

waarin:

N_1 = het totaal aantal bij ongevallen betrokken automobilisten

N_2 = het totaal aantal getelde automobilisten

Als de waarde nul, binnen deze grenzen valt, is er geen reden om de nulhypothese op het 100 α % niveau te verwerpen [21].

De berekeningen met bovenstaande formule leveren voor de percentages van tabel 10 de volgende resultaten op:

Utrecht: $0,149 < p_1 - p_2 < 0,211$. De nulhypothese moet dus worden verworpen: $p_1 \neq p_2$; er is sprake van een significant verschil (getoetst op 95 % = betrouwbaarheidsniveau).

Den Haag: $0,048 < p_1 - p_2 < 0,072$. (Idem als bij Utrecht).

Groningen: $0,250 < p_1 - p_2 < 0,350$. (Idem als bij Utrecht).

Literatuur

- [1] Lord Mayor of Birmingham. The use of dipped headlights in Birmingham during the winter of 1962/1963. Interim report to the Minister of Transport. 1963.
- [2] Newby, R. F. The Birmingham dipped headlights campaign 1962-63. Department of Scientific and Industrial Research, Road Research Technical Paper No. 69. H.M. Stationary Office, London. 1963.
- [3] Foldvary, L. A. Application of Partition-Tests in Road Accident Analyses. Discussion of [2]. Proceedings of the second conference of the Australian Road Research Board. Volume 2, Part 1. 1964. Blz. 441 t/m 460.
- [4] Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS): Statistiek van de verkeersongevallen op de openbare weg. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage. Jaarlijks.
- [5] The Federal role in Highway Safety. Letter from the Secretary of Commerce. United States Government Printing Office, Washington. 1959.
- [6] Mededeling ANWB. 1969.
- [7] Mededeling Verbond voor Veilig Verkeer. 1969.
- [8] Road Research Laboratory. International regulations for the construction and lighting of motor vehicles. Technical note TN 207. RRL, Crowthorne. 1967.
- [9] Schreuder, D. A. Verlichting voor nachtelijk wegverkeer. T. soc. Geneesk. 44 (1966) 230 t/m 235.
- [10] Knudsen, B. De mørke punkter i vejbelysning (Zwarte plekken in de wegverlichting). Dansk Vejtidskrift (1968)8: 153 t/m 164.
- [11] Adrian, W. Der Einfluss störender Lichten auf die extrafoveale Wahrnehmung des menschlichen Auges. Lichttechnik 13 (1961) 450 t/m 454, 508 t/m 551, 558 t/m 562.
- [12] Hartmann, E., Moser, E. A. Das Gesetz der physiologischen Blendung bei sehr kleinen Blendwinkeln. Lichttechnik 20 (1968) 67A t/m 69A.
- [13] Adrian, W. Zur Blendungsbewertung bei der Beleuchtung von Strassen. Lichttechnik 16 (1964) 541 t/m 546.
- [14] Graham, C. (ed) Vision and visual perception. John Wiley & Sons, Inc., New York - London - Sydney. 1965.
- [15] Christie, A. W. Some new research on two problems connected with public lighting. Public Lighting 33 (1968) 174 t/m 184.
- [16] Agreement concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motor vehicle equipment and parts. United Nations, Economic Commission for Europe. Geneva. 1958.
- [17] Road Research Laboratory. Dipped headlights campaigns in 1963-64. Department of Scientific and Industrial Research. Road Research Technical Paper No. 73. H.M. Stationary Office. London. 1964.

- [18] Carlquist, J. C. A. Safe or dangerous? An international comparison of traffic accident figures. *Traffic Engng.* (1966) 31 t/m 35.
- [19] Davies, Owen, L. (ed): *The design and analysis of industrial experiments*. Oliver and Boyd, London - Edinburgh. 2nd ed., 1967.
- [20] Snedecor, G. W. *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. State University Press, Ames, Iowa. 6th ed., 1967.
- [21] Dixon, W. J., Massey, F. J. *Introduction to statistical analysis*. MacGraw Hill Book Company, Inc., New York - Toronto - London; Kogakusha Company Ltd., Tokyo. 2nd ed., 1957.
- [22] De Boer, J. B., Vermeulen D. On measuring the visibility with motor-car head-lighting. *Appl.Sci. Res. B* 2 (1951) 1-32.
- [23] Blackwell, H. R. Contrast thresholds of the human eye. *Journ. Opt. Soc. Am.* 36 (1946) 624-643.
- [24] De Boer, J. B. *Fundamental experiments on visibility and admissible glare in road lighting*. Comm. Int. Eclair. Stockholm, 1951.

