

Dr. ir. P. L. Walraven
Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO,
Soesterberg.



De kleur van signaallichten

Inleiding

Het gebruik van kleur voor de geleiding van verkeer is wijdverbreid en wordt steeds meer toegepast. De keuze van de kleuren voor verkeerslichten berust enerzijds op de afspraak om bepaalde kleuren een zekere betekenis toe te kennen, aan de andere kant op het vermogen van de mens om deze kleuren als zodanig te herkennen.

De keuze van de kleuren is aan grenzen gebonden. Dit geldt aan twee kanten. In de eerste plaats is er de beperking welke en welk aantal kleuren men gebruiken kan. In de tweede plaats is er de begrenzing van: hoe oranje mag het rood nog zijn, en: hoe gelig of hoe blauwig mag het groen nog zijn. Verder doet zich de vraag voor, in hoeverre de eigenschappen van kleurenzwakken en kleurenblinden de keus van de kleuren beïnvloeden.

Een meer gedetailleerde behandeling van deze vragen is de inhoud van dit artikel.

Het vastleggen van kleuren

De meeste mensen zijn in het gelukkige bezit van kleurenonderscheidingsvermogen. Het is slechts een uiterst gering percentage, dat hun omgeving waarneemt zoals een zwart-wit film. Alhoewel het waarnemen van licht en van kleur onlosmakelijk aan elkander verbonden zijn — hoe neemt men waar zonder licht? — is het niet zeker dat bij het waarnemen van licht ook kleurindrukken worden verkregen.

Hier heeft de problematiek een natuurkundig zowel als een fysiologisch aspect. Het eerste betreft de samenstelling van het licht, de tweede de verwerking van dit licht tot de kleurindruk door het zintuig. Voor een goed begrip is het wellicht nuttig om even in te gaan op dit *natuurkundig* aspect. De meest demonstratieve natuurkundige proef die ons iets leert over het verband van licht en kleur is de vorming van het spectrum door een prisma. Het oog is gevoelig voor elektromagnetische straling, mits de golflengte ervan ruwweg ligt tussen 400 en 700 m/u (10^{-9} m).

De proef met het prisma is in feite niets anders dan het uit elkander halen van het licht, elektromagnetische straling, met verschillende golflengten, aan de ene zijde begrensd door 400 en aan de andere door 700 m/u. Elektromagnetische straling korter dan 400 m/u wordt ultra-violet, langer dan 700 m/u wordt infrarood genoemd. Daar tussen vinden we een reeks van kleuren in de volgorde violet, blauw, groen, geel, oranje en rood met alle overgangskleuren. Kleuren die van elkaar verschillen kunnen dus tot stand komen doordat de golflengte van het licht verschillend is.

Combinaties van golflengten geven uiteraard ook kleuren. Zo geeft de combinatie van „rode” en „violette” golflengten purper, van „rode” en „groene” geel. Wanneer alle golflengten vertegenwoordigd zijn, zoals in het licht voordat het door het prisma in een spectrum wordt gesplitst, hebben we te maken met wit. De praktijk is nu voor verkeerslichten, dat men filters gebruikt, geplaatst voor gloeilampen, die een gedeelte van het spectrum doorlaten. Een rood filter ontstaat doordat alleen het licht van golflengten langer dan bv. 600 m/u wordt doorgelaten en de rest van het licht geabsorbeerd. Voor een geel filter is het voldoende wanneer het blauwe licht wordt geabsorbeerd. Om een kleur te maken is het dus niet altijd noodzakelijk om een klein gedeelte van het spectrum met een filter uit te zeven. Doordat rood en groen licht samen ook geel geven, kan men het gehele spectrum vanaf groen tot rood doorlaten voor een geel licht. Zulk een filter laat dus veel meer licht door dan een filter dat een zeer nauw gedeelte uit het spectrum moet halen en is dus veel efficiënter. Ook worden kleuren verkregen met behulp van gasontladinglampen, die dus zelf reeds een bepaalde kleur geven zonder gebruik van filter. Een zelfde kleur kan dus op verschillende manieren vervaardigd worden.

Hier komt het *fysiologische* aspect van de kleur aan de orde. Gebruik makend van dit feit, dat een zelfde kleur op verschillende manieren tot stand

Reëel zijn

Het is trouwens zaak in deze materie met beide voeten op de grond te blijven en vooral niet een theoretisch noodzakelijk geachte verbetering te kopen met een in de praktijk onbevredigend stelsel. Wanneer „Rk” (in „De Christelijke Politieambtenaar”) als een schrikbeeld de mogelijkheid schildert dat er ergens zelfs nog wel eens een ander getuigschrift dan dat betreffende de moderne talen als voorwaarde voor bevordering zou kunnen worden gesteld, dan vereist een reële visie daarbij te bedenken dat het toch heel normaal is en voor de hand ligt dat bijzondere, veelal specialistische, bekwaamheden worden verlangd voor een in een hogere rang te vervullen functie. Het „bevoegd gezag” zou zijn verantwoordelijkheid trouwens in redelijkheid niet meer kunnen dragen als het daarbij het onderzoek naar de vraag in hoeverre de belanghebbende deze bekwaamheden bezit, niet in zijn oordeel kan betrekken.

Wat past er nu beter in een uniforme rechtspositie-regeling: dat de belanghebbende ten bewijze dat hij de verlangde bekwaamheid bezit, kan volstaan met het overleggen van een diploma òf dat hij metterdaad moet aantonen dat hij — doorgaans vele jaren na het verwerven van het diploma — deze bekwaamheid nog bezit en weet te hanteren?

Twee facetten

De belangstellende oordelaar zal tot de slotsom komen dat de aangehaalde publikaties hun grond lijken te vinden in een wat eenzijdige beoordeling van het bevorderingsprobleem. Die eenzijdigheid wordt hierdoor veroorzaakt, dat de auteurs van die publikaties uitsluitend het onderzoek naar bekwaamheid en geschiktheid voor de naasthogere rang en niet mede een onderzoek naar bekwaamheid en geschiktheid voor de in die hogere rang te vervullen functie voor ogen heeft gestaan.

Het verlangen naar objectivering en vooral ook naar zichtbaar maken van de bevorderingseisen tot in details is heel begrijpelijk. Het is dan ook zeker niet een aangelegenheid waarmee alleen de politie geconfronteerd wordt. Elders zo goed als bij ons moet men evenwel tot de slotsom komen dat dit verlangen nimmer volledig kan worden bevredigd. Altijd zal er een complex van vereisten overblijven dat er voor de ene functie totaal anders uitziet dan voor de andere. En deze vereisten — daaraan ware alle aandacht te schenken — omvatten ook die op het terrein van de bekwaamheid! Wanneer in de geciteerde passage uit „De Politie” wordt gezegd: „De beoordeling van de persoonlijke geschiktheid dient uiteraard aan de burgemeester voorbehouden te blijven”, dan zal daar het begrip geschiktheid dan ook stellig zo ruim zijn bedoeld dat bekwaamheid erin begrepen is. Ware het anders, „het bevoegd gezag” zou onvoldoende bewe-

gingsvrijheid hebben overgehouden om de verantwoordelijkheid voor zijn bevorderingsbeleid te kunnen aanvaarden!

Een eventuele wijziging van artikel 7 der ambtenarenreglementen is wel een aangelegenheid die veel omzichtigheid verlangt!

Veiligheidsfakkels

worden geleverd door

N.V. Kon. Ned. Kunstvuurwerk- & Munitiefabriek A. J. KAT

Leiden - Telefoon (01710) 21475

Amsterdamsche Droogdokmaatschappij



Meeuwenlaan 56
Amsterdam N

De befaamde Amerikaanse

„Loadometer” wieldrukmeter

voor voertuigen met een
weegbereik van 10.000 kg per wiel

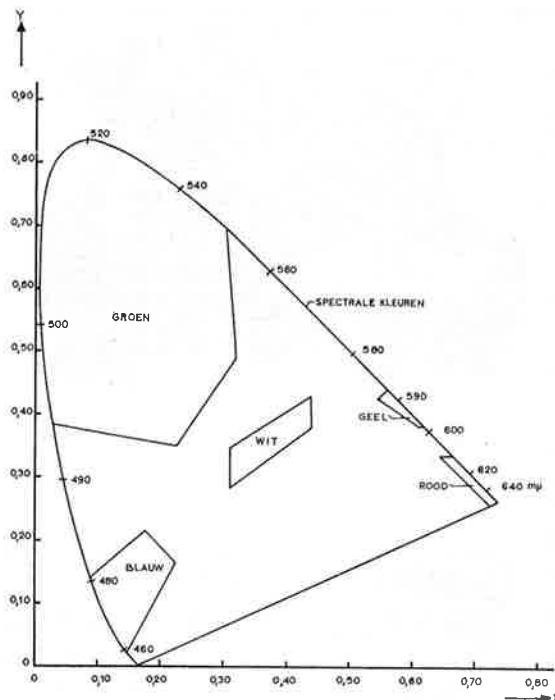
wordt geleverd door de
alleenvertegenwoordigers
voor de Benelux:

N.V. Technische Handelsmij.

AKKERMAN & CO.

Mercuriusweg 20 — 's-Gravenhage
Telefoon 070 - 859907

Fig. 1. De kleurendriehoek met de gebieden voor een 5-kleuren signaal-systeem. Elke coördinaat in dit diagram geeft een kleur weer. De kleuren van monochromatisch licht zijn geplaatst aan de omtrek van het gebogen deel van het diagram. De rechte lijn rechtsonder geeft de reeks kleuren die ontstaan door menging van rood en violet. In het midden is wit geplaatst. Hoe dichter naar de rand, hoe verzadigder de kleur.



gebracht kan worden, dus met licht van verschillende fysische samenstelling, heeft men een andere manier ontwikkeld om kleur aan te geven, nl. met een kleurendriehoek (Fig. 1). Deze kleurendriehoek heeft een vrij gecompliceerde achtergrond en is gebaseerd op de eigenschappen van het oog. Zonder hier op details in te gaan, kan gesteld worden dat alle kleuren in deze kleurendriehoek een eigen plaats vinden, zodat met elke coördinaat van deze kaart een bepaalde kleur correspondeert. Langs de omtrek vinden we de kleuren, die met monochromatisch licht, dat is licht behorend bij één golflengte, worden verkregen. In het midden van de kleurendriehoek is wit geplaatst. Hoe verder van het centrum af, hoe verzadigder de kleur wordt.

Gratis proefrit in snelle Daffodil een openbaring...

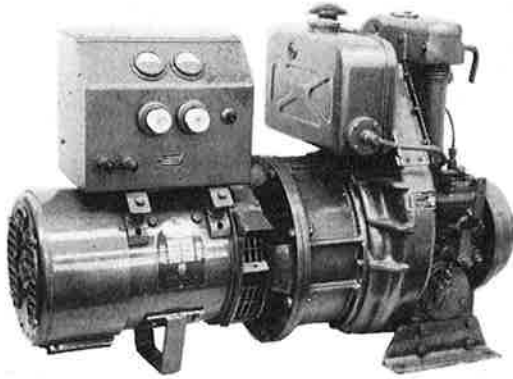


- **Beter schakelen**, alléén met het gaspedaal.
- **Genieten** van het riante zicht rondom.
- **Fel, snel, volautomatisch rijden**, een ongekende vrijheid.
- **Uitrusten door compleet comfort** op royale fauteuils en achterbank.
- **Beseffen**, dat een Daffodil goedkoop is in aanschaf en onderhoud. Laag in belasting en verzekering.
- **Een vol jaar garantie**, ongeacht het aantal gereden kilometers.

daffodil **f. 4595,-**
daffodil de luxe **f. 4950,-**
af fabriek



VAN DOORNE'S AUTOMOBIELFABRIEK N.V. EINDHOVEN TEL. 04900-62062



SAMOFA STROOMAGGREGATEN

voor vermogens van 2-3,5 Kw bestaande uit een luchtgekoelde Samofa dieselmotor en een aangeflensde generator:

Door opstelling op trillingdemers ideaal voor montage in voertuigen en op plaatsen waar geen permanente fundatie aanwezig is.



Fabrikanten van lucht- en watergekoelde dieselmotoren, stroom-, pomp-, brandblus- en gecombineerde aggregaten voor land- en scheepsgebruik.

MOTORENFABRIEK

SAMOFA N.V.

HARDERWIJK TEL. 03410-3041



Samp 2

De keuze van de kleuren

De keuze van de kleuren wordt gedaan op grond van experimenten met waarnemers. Grote aantallen proefpersonen heeft men allerlei kleuren laten benoemen en men heeft daarbij nagegaan hoe groot de zekerheid bij dit benoemen is. De eerste systematische proeven hierover zijn van nederlandse onderzoekers¹, doch de meeste resultaten zijn van engelse origine. Op grond van dit gedurende vele jaren verzamelde materiaal en door de ervaring in de praktijk verkregen in vele landen ter wereld zijn er aanbevelingen uitgegaan van een internationaal lichaam, de Commission Internationale d'Eclairage, om de kleuren van signaallichten niet buiten in de kleurendriehoek aangegeven gebieden te laten vallen. Deze gebieden zijn weergegeven in Fig. 1 en wel voor 5 kleuren, zoals aangeduid. Dit zijn grenzen zoals ze aanbevolen worden wanneer een 5-kleuren signaal systeem wordt gebruikt. Voor verkeersregeling zijn er slechts 3 van nodig, rood, geel en groen. Toch wordt blauw ook wel gebruikt, zij het niet in verkeerslichten, nl. bij militaire colonnes, politie en langs de taxibanen op vliegvelden. Het grote nadeel van blauw is, dat dit licht onscherp door het oog wordt afgebeeld op het netvlies, waardoor deze lichten altijd omgeven zijn door een waas.

De grenzen zoals in Fig. 1 gegeven zijn uiterste grenzen, en het kan aanbeveling verdienen een

bepaalde keus te maken binnen deze gebieden. Er zijn twee soorten overwegingen, die een nadere aanduiding van deze gebieden bepalen. De eerste is die van het efficiënt gebruik van het licht, de tweede die van het tegemoet komen aan de eigenschappen van kleurenzwakken. Bij de beoordeling van de *efficiency* speelt enerzijds een rol, dat de kleuren zo verschillend mogelijk moeten worden gekozen, dus zo ver als mogelijk uit elkaar moeten liggen in de kleurendriehoek, anderzijds dat de kleuren zo helder mogelijk moeten zijn. Het ver uit elkaar geplaatst zijn van de kleuren in de kleurendriehoek betekent, dat zij dicht bij de rand liggen, en dit houdt automatisch in dat een daarbij behorend filter weinig licht doorlaat. In andere woorden, bij een gegeven hoeveelheid energie is er een optimale keus, een compromis, tussen de afstand waarop het licht zichtbaar is als licht, en de zekerheid van kleurbenoeming.

Wanneer tegemoet gekomen wordt aan de eigenschappen van *kleurenzwakken* en kleurenblinden, komt een extra overweging de keus beïnvloeden. Ongeveer 8 % van de mannen en 0,5 % van de vrouwen hebben een kleurenzienstoring. Ongeveer 2 % van de mannen missen volledig het onderscheidingsvermogen tussen rood en groen. De helft hiervan heeft daarbij ook een verminderde gevoeligheid voor licht.

De overblijvende 6 % die enig kleuronderschei-

dingensvermogen bezitten kunnen opgesplitst worden in 5% zonder en 1% met een verminderde gevoeligheid in het rood. Verminderd kleuronderscheidingsvermogen en verminderde lichtgevoeligheid zijn twee geheel verschillende aspecten.

Kleurenzwakken zonder onderscheidingsvermogen tussen rood en groen herkennen de betekenis vaak aan de plaatsing van de lichten, of zij gaan af op het gedrag van hun mede-weggebruikers. Zij nemen dus de informatie op een andere wijze op dan normalen en het is de vraag of door een geschikte kleurenkeus hieraan niet enigszins tegemoet gekomen kan worden.

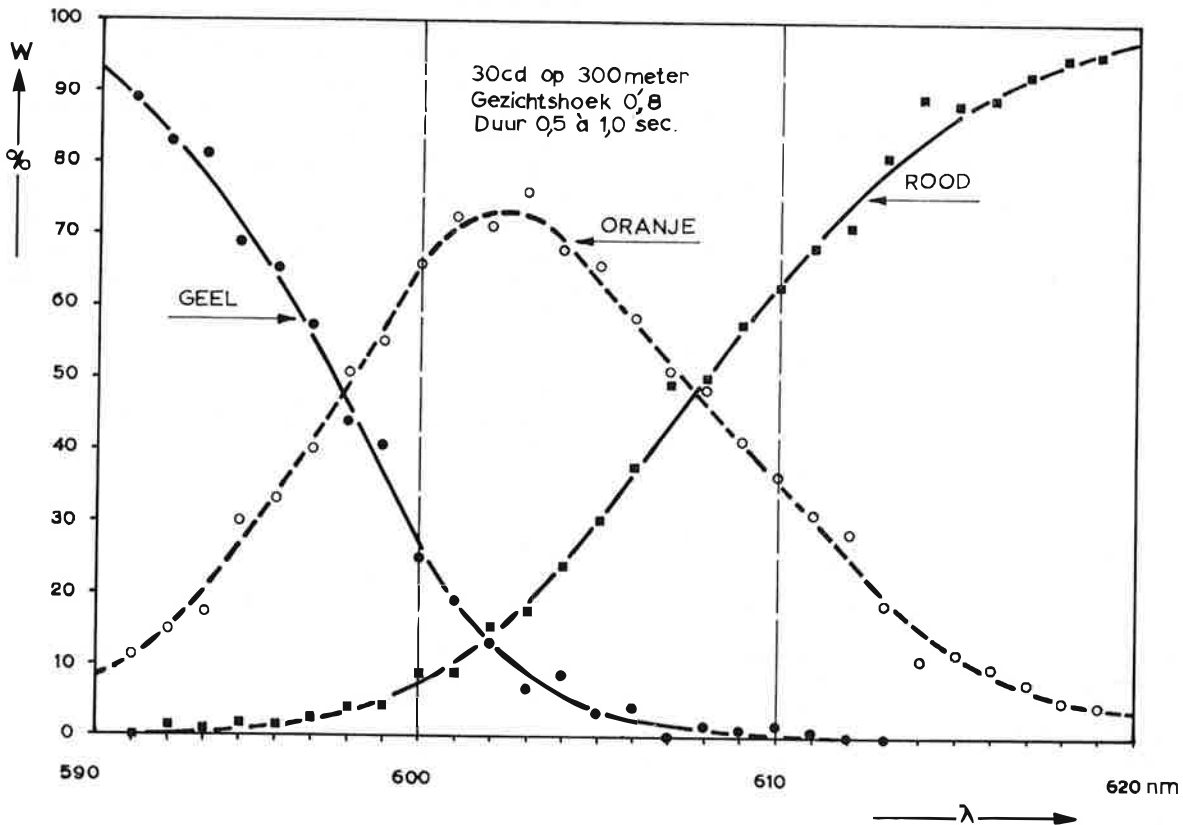
Voor het *groene* licht kan daartoe gebruik gemaakt worden van het feit, dat de rood-groen kleurenzwakken nog onderscheidingsvermogen tussen groen en blauw bezitten. Het oog bezit in feite twee kleuronderscheidingsmechanismen², waarvan één, het zg. rood-groen mechanisme, onwerkzaam is bij rood-groen blinden. Zij bezitten echter nog het zg. geel-blauw onderscheidingsmechanisme, waardoor voor hen het onderscheid tussen groen en blauw zichtbaar wordt. Door nu het groene licht een blauwe tint te geven, zien zij dit verschillend van het gele en rode licht, die beide door hen als geel worden waargenomen. Deze lichten komen steeds meer in gebruik en zijn in sommige landen genormaliseerd.

Voor het *rode* licht dient rekening gehouden te worden met de verminderde gevoeligheid voor rood licht van een gedeelte van de kleurenzwakken. Dit betekent, dat het rood niet als te diep rood moet worden gekozen, daar deze anders te donker of zelfs onzichtbaar wordt, onder omstandigheden waarbij normalen dit goed kunnen waarnemen. Dit betekent, dat het rood naar de oranje kant gekozen moet worden, zonder dat het door normalen als oranje wordt geapprecieerd.

Het zien van kleuren

In het bovenstaande is er vanuit gegaan, dat de keuze van de kleuren gebaseerd is op experimenteel waarnemingsmateriaal, een compromis tussen diepe kleur en lichtopbrengst, en het rekening houden met de eigenschappen van kleurenzwakken. In deze paragraaf worden enkele experimentele feiten weergegeven, die een illustratie geven van de beperkingen gesteld aan de kleurenkeus. Deze beperktheid wordt aangeduid in het volgende experiment³, waarin waarnemingen zijn verricht om na te gaan of het nuttig is om remlichten de kleur oranje te geven. Hierdoor zou een extra indicatie gegeven zijn boven de hoge lichtsterkte die deze bezitten. In Fig. 2 zijn weergegeven de gemiddelde kansen op geel-, oranje- en roodbenoelingen door een groep van 40 proefpersonen van

Fig. 2. De kans op een bepaalde kleurbenoeming als functie van de golflengte onder de aangegeven condities, gemiddeld voor 40 waarnemers.



een licht van 30 cd sterkte op een afstand van 300 meter als een functie van de golflengte van het licht. Men ziet, dat onder deze waarnemingsomstandigheden oranje, zelfs bij de optimale golflengte van 602 à 603 m/μ niet de 100 % haalt. De spreiding in benoeming berust op een spreiding tussen de individuen — bij de een liggen de grenzen tussen geel en oranje, en oranje en rood anders dan bij een ander — en op de spreiding per waarnemer.

Eenzelfde aanbieding leidt nl. wel eens tot verschillende antwoorden bij dezelfde waarnemer. Een voorbeeld van een zeer grote variatie in de kleurbenoeming is gegeven in Fig. 3. Dit treedt op in een vrij extreme situatie. De waarnemer kijkt hier naar kortdurende flitsen (0,1 sec duur) onder een gezichtshoek van 3' (de hoek waaronder 1 mm wordt gezien op een afstand van 1 meter).

Fig. 3 geeft de kleurbenoemingsresultaten voor een golflengte van 550 m/μ, uitgezet als functie van de intensiteit van het licht. In de bovenste figuur zijn twee curven gegeven. Degene, die aangeduid is met totaal geeft aan de kans dat de flits gezien werd. Zulk een kans wordt bepaald door

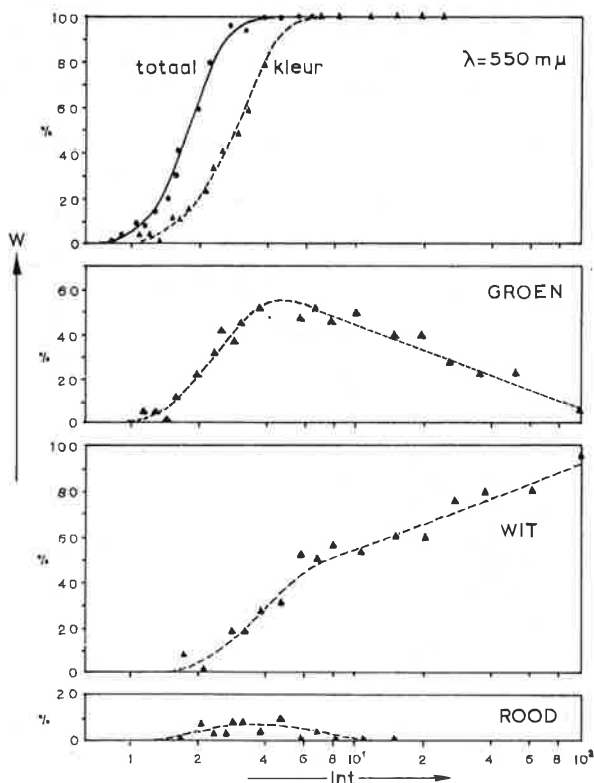


Fig. 3. De bovenste grafiek geeft de kans van waarnemen (totaal), en de kans op een kleurbenoeming (kleur) van kortdurende flitsen (0,1 sec) en gezien onder een kleine gezichtshoek (3) in het centrum van het gezichtsveld. De drie onderste grafieken geven de opsplitsing van de kans op kleurbenoeming in de kansen op de aangegeven kleuren.

bv. 30 flitsen te geven, en na te gaan hoeveel van deze flitsen gezien zijn. Het is duidelijk dat beneden een bepaalde intensiteit het licht in het geheel niet gezien wordt en boven een bepaalde intensiteit altijd. Uit de proefnemingen blijkt dat hiertussen een geleidelijke overgang is. Zulk een geleidelijke overgang bestaat ook, wanneer men de waarnemer vraagt aan te geven, wanneer hij de flitsen gekleurd heeft gezien. De intensiteit daarvoor nodig is hoger. Maakt men een onderverdeling in rood, groen en wit van de kleurbenoemingen, dan blijkt dat rood bij deze golflengte zelfs in een meetbaar percentage voorkomt! De instabiliteit van de benoeming onder de geschetste waarnemingsomstandigheden vindt zijn oorzaak in de fysieke eigenschappen van het licht en de bijzondere opbouw van het netvlies^{2,4}. Dat de kleur bij toenemende intensiteit steeds meer wit wordt gewaardeerd, is een bekend verschijnsel, het zg. Bezold-Brücke effect. Dit witter worden van de kleur wordt minder wanneer de visuele hoek, waaronder een licht wordt waargenomen, groter wordt. Dit vindt zijn toepassing bij het gebruik van grote achterlichten, en een vergroten van signaallichten.

Het witter worden van de kleurindruk kan worden waargenomen wanneer een licht aan de rand van het gezichtsveld te zien is. Dit experiment kan eenvoudig gedaan worden in de verloren ogenblikken, gedurende welke men voor een spoorwegovergang staat te wachten. Wendt men de blik van het rode knipperlicht af, dan neemt men waar dat het rood steeds minder verzadigd wordt, totdat geheel aan de rand van het gezichtsveld het knipperlicht wit is. Ook dit hangt samen met de opbouw van het netvlies, aan de randen hiervan zijn de kleuronderscheidingsmechanismen zeer zwak werkzaam.

Geeft deze paragraaf geen uitvoerige verklaring voor de genoemde experimentele feiten, er is wel in aangeduid, dat de materie vrij complex is. Hierdoor is het nodig, dat om verantwoorde beslissingen te nemen op dit gebied, systematische research verricht wordt.

LITERATUUR

1. L. S. Ornstein, J. G. Eymers en D. Vermeulen: „Farberkennungsprüfungen mit Rücksicht auf die Brauchbarkeit von Signalgläsern.” Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. 37, 385-391, 1934.
2. P. L. Walraven: „On the mechanisms of colour vision”. Proefschrift Univ. van Utrecht 1962. Rapport Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO IZF 1962-16.
3. P. L. Walraven, H. J. Leebeek en M. A. Bouman: „Colour naming of brake-lights”. Rapport Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, W.W. 1956-6.
4. P. L. Walraven: „Kleurherkenning en kleuronderscheiding”. T.N.O.-Nieuws 13, 255-261, 1958.