

E487

Publ. no. 37

29 APR 1951
ORGANISATIE T. N. O.A. J. KRUGER *), P. B. ORNEE, arts **)
en Ir J. v. d. EIJK *)

Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O. (publicatie no. 37)

Zwarte of gekleurde schoolborden

INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

Reeds tientallen jaren worden behalve zwarte schoolborden ook groene gebruikt en in de laatste tijd is er neiging ook andere kleuren te gaan toepassen. De wenselijkheid daarvan kwam o.a. ter sprake in de Studie-Commissie voor Scholenbouw, ingesteld door het Nederlands Congres voor Openbare Gezondheidsregeling en naar aanleiding hiervan werd het in dit artikel beschreven onderzoek opgezet.

Op de psychologische of aesthetische argumenten, die tegen het zwarte schoolbord worden aangevoerd zal in het kader van deze publicatie niet nader worden ingegaan.

We zullen ons uitsluitend beperken tot de vraag: „Is de kleur van het bord, beschreven met gewoon wit krijt, van invloed op de gezichtsscherpte van lezende personen?”

De leessnelheid is bij onze proeven dus niet bepaald, evenmin als de tijd, waarna vermoeidheid optreedt.

Wat betreft de op de lange duur optredende vermoeidheid, zal worden getracht daarin een inzicht te verkrijgen aan de hand van praktijkervaringen.

Beschouwt men de prestaties als een maat voor het gemak, waarmee men leest, dan kan aangenomen worden,

men worden, dat dit laatste, althans op korte termijn, ongeveer evenredig is met de gezichtsscherpte. Uit het onderzoek van Fortuin¹⁾ blijkt n.l., dat de prestaties op korte termijn evenredig zijn met het quotiënt van de werkelijke afmetingen en de kleinste zichtbare afmetingen. Hij heeft dit weliswaar alleen aangetoond voor verschillende zwart-wit contrasten, maar deze regel gaat allicht ook min of meer op bij gebruik van kleuren.

De verschillende publicaties, die over de opgeworpen vraag, of nauw hiermee verwante problemen, tot nog toe verschenen, geven geen afdoend antwoord, hetzij doordat de proefomstandigheden te veel afwijken van de in een leslokaal gebruikelijke, hetzij door onvoldoende specificatie van de kleuren e.d. Om deze reden leek het gewenst op korte termijn een in het bijzonder op dit probleem gericht onderzoek op te zetten, waarvan de uitkomst voldoende houvast zou kunnen bieden voor de praktijk.

Het onderzoek, dat zowel fysieke als fysiologische aspecten heeft, werd door de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O. in samenwerking met de Gemeentelijke Geneeskundige Dienst te Delft uitgevoerd, terwijl de statistische bewerking der waarnemingen verzorgd werd door de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten T.N.O.

INRICHTING VAN DE PROEVEN

Dank zij de medewerking van de rector van het Grotius Gymnasium te Delft konden de leesproeven worden uitgevoerd met leerlingen van die school in een der leslokalen. De leeftijden der proefpersonen lagen tussen 13 en 23 jaar. Hiervan

*) Medewerkers van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O.

**) Schoolarts bij de Gem. Geneesk. Dienst te Delft.

¹⁾ G. J. Fortuin: Visual Power and Visibility. (Proefschrift, Groningen, 1951).

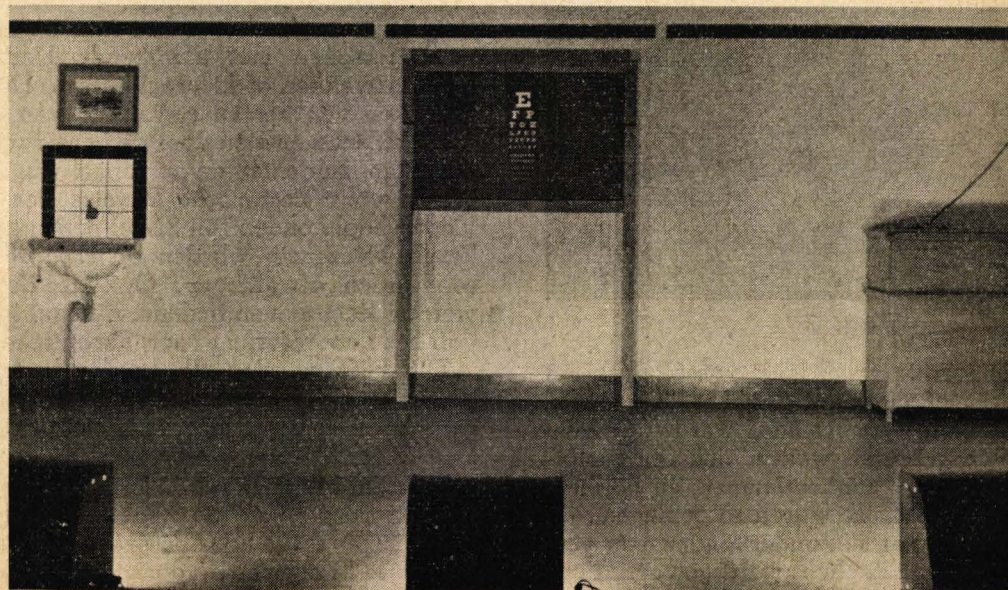


Fig. 1

waren 43 jongens en 68 meisjes, in totaal dus 111 leerlingen.

Met behulp van de Stilling-atlas waren van tevoren alle personen met afwijkende kleuren-zin opgespoord. Deze zijn niet in bovengenoemde aantallen begrepen.

Fig. 1 geeft een beeld van de gebruikte opstelling. Tegen de vóór-wand van het lokaal bevindt zich op de normale plaats een bord van ongeveer normale grootte, waarop 11 regels witte letters, waarvan de afmetingen van boven naar beneden afnemen: de bekende optotypen van Snellen, (zie fig. 2).

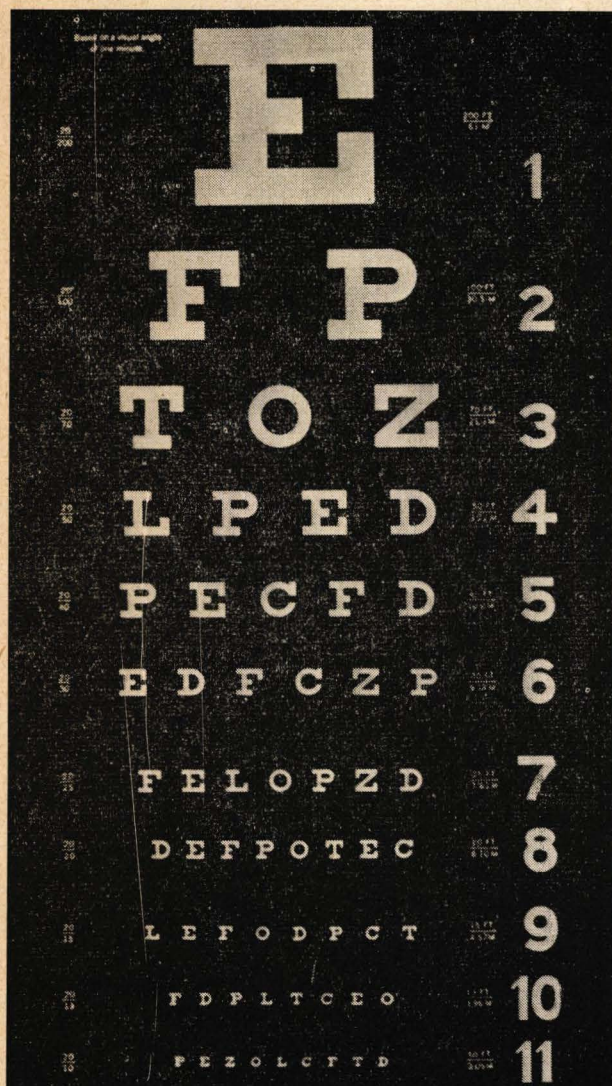


Fig. 2

Doordat de sterkte ervan snel wisselt was het niet mogelijk met normaal daglicht te werken. Voor de verlichting van het bord werden daarom drie lichtbakken gebruikt, waarin zich een combinatie van blauwe, z.g. zonlichtlampen, en normale gloeilampen bevond. Deze waren zo geplaatst, dat de proefpersonen geen last ondervonden van verblinding. Het gewone daglicht werd geweerd door

passende schotten van hard-board voor de ramen te plaatsen.

Twee verlichtingssterkten van het bord werden gebruikt: 25 lux en 65 lux.

Op een afstand van 6 meter vóór het bord zit de proefpersoon en leest de letters, eerst bij de lage en daarna bij de hogere verlichtingssterkte. Het nummer van de regel, waarin twee of meer fouten gemaakt werden, werd genoteerd. Gelezen werd met beide ogen, terwijl de brillendragers hun bril ophiielden. Aanvankelijk werden de proeven zowel met elk oog afzonderlijk (door het andere met de hand af te dekken) als met beide ogen tezamen gedaan. Al spoedig bleek men bij het lezen met twee ogen steeds verder te komen dan met het beste van de twee ogen afzonderlijk. Daarna werden de proeven verder alleen met beide ogen gedaan. Steeds werd eerst de laagste verlichtingssterkte genomen, omdat het oog zich sneller aanpast bij een hogere dan bij een lagere verlichtingssterkte.

Vervolgens werd het bord vervangen door één van andere kleur, maar met dezelfde letters, waarna de leesproeven herhaald werden.

Vier verschillende borden werden gebruikt: zwart, groen, rood en blauw.

Teneinde vermoeidheidsinvloeden zoveel mogelijk te ontgaan, werden de proeven in twee series gesplitst. Bij de eerste serie proeven werden het zwarte en het rode bord gepresenteerd, waarbij de ene proefpersoon eerst het zwarte en daarna het rode bord te zien kreeg en de volgende proefpersoon juist de omgekeerde volgorde. Bij de tweede serie proeven, enkele weken later, werden dan het groene en het blauwe bord getoond, terwijl ook het zwarte bord werd gepresenteerd om aldus verband te kunnen leggen tussen de twee reeksen proeven. Ook bij de tweede serie werd de volgorde, waarin de kleuren gepresenteerd werden steeds afgewisseld.

De uitkomsten der leesproeven zouden voor normaal kleuren-zienden anders kunnen uitvallen dan voor personen met afwijkende kleurenzin, z.g. kleurenzwakken of kleurenblinden. Door gebruik te maken van het kaartsysteem van de Delftse schoolartsendienst en door de bereidwilligheid van docenten, studenten en personeel van het Laboratorium voor Technische Physica der Technische Hogeschool konden een 22-tal personen met afwijkende kleurenzin worden opgespoord, allen met rood-groen afwijkingen. Ook met deze personen werden leesproeven gedaan, ditmaal in een lokaal van het Laboratorium voor Technische Physica.

Dit keer werden alle borden in één serie getoond, waarbij de kleurenvolgorde wel wisselde, maar elke serie geopend én besloten werd met het zwarte bord.

Doordat steeds dezelfde letters gebruikt werden, zou een „leer-effect” de resultaten kunnen vertroebelen, maar dit is door de proeven op de beschreven wijze in te richten voorkomen: het verwisselen

van de volgorde der aangeboden borden en het splitsen der proeven in twee series met enkele weken tussenruimte.

Bij de proeven met personen met afwijkende kleurenzin is deze laatste maatregel niet genomen, maar daar is extra controle op het leer-effect aanwezig door zowel aan het begin als aan het eind van elke serie het zwarte bord te tonen.

De reflectiecoëfficiënt van de witte letters was 80 %, overeenkomend met die van met wit krijt geschreven letters; die van de borden was als volgt: rood 13 %, blauw 6 %, groen 7 %, zwart 7 %.

De reflectiefactoren van de bordrand en de omgeving waren resp. 35 % en 80 %.

De kleur van de borden is natuurlijk afhankelijk van de kleur van het licht dat er op valt. Specificatie is op verschillende wijze mogelijk, wij kiezen hier als zodanig de plaats in de bekende C.I.E. „kleurendriehoek”. De kleurpunten konden door het Vezelinstituut T.N.O. bepaald worden bij standaard-daglicht en bij lamplicht. Het werkelijk gebruikte licht ligt tussen deze beide in. Met voor ons doel voldoende benadering kunnen we door interpolatie de kleurpunten bij de gebruikte licht-samenstellingen bepalen. Deze punten zijn als volgt te karakteriseren:

kleur	x	y
rood	0,62	0,31
blauw	0,24	0,30
groen	0,39	0,45

In feite was niet elk der borden voorzien van letters, maar waren deze laatste op een vel doorzichtig celluloid geschilderd, dat tussen twee glasplaten geklemd werd. Achter deze glasplaten werden dan afwisselend de gekleurde borden geschoven.

Op de kleurpunten van de borden heeft dit geen invloed, wel echter op de reflectie-coëfficiënt van letters en achtergrond. Echter: niet de reflectie-coëfficiënten zijn voor ons van belang, maar het helderheidscontrast tussen letters en achtergrond. En daar de helderheid het product is van reflectie-coëfficiënt en verlichtingssterkte, mogen we dus de werkelijke reflectie-coëfficiënten vermenigvuldigen met een willekeurig getal, mits we de werkelijke verlichtingssterkte dan door dit getal delen. Daar met wit krijt geschreven letters een reflectie-coëfficiënt van ongeveer 80 % hebben, terwijl onze op celluloid geschilderde letters achter glas slechts een reflectie-coëfficiënt van 64 % hadden, zijn alle in het voorgaande opgegeven reflectie-coëfficiënten de werkelijke door meting verkregen waarden, vermenigvuldigd met 80/64, terwijl de opgegeven verlichtingssterkten de werkelijke zijn, vermenigvuldigd met 64/80. Op deze wijze blijven de helderheden en het helderheidscontrast gelijk, terwijl de opgegeven getallen direct voor de praktijk bruikbaar zijn, waar met wit krijt wordt geschreven.

Doordat de wand achter de proefpersoon met zwarte stof is behangen en de lichtbakken laag geplaatst zijn, ziet de proefpersoon generlei spiegeling en krijgt deze volkomen de indruk van witte letters direct op een gekleurd bord, zonder glas ervoor. Ook het eigen spiegelbeeld kan hij niet zien; daarvoor staat het bord te hoog.

RESULTATEN

De betekenis van de kleur voor normalen.

De belangrijkste uitkomsten van de leesproeven

met normaal kleuren-ziende leerlingen zijn in de tabel 1 verenigd.

Daaruit blijkt dus bijv., dat bij een verlichtingssterkte van 65 lux, 55 kinderen bij zwarte en rode achtergrond tot dezelfde regel komen, terwijl er 25 bij het zwarte bord één regel verder en 22 daarentegen één regel minder ver komen dan bij het rode. Verder zien we, dat 4 kinderen op het zwarte bord 2 regels verder komen, 3 daarentegen 2 regels minder ver dan op het rode, terwijl de getallen voor 3 regels resp. 1 en 0 zijn.

Tabel 1:

Leesproeven met normalen						
Verschil	zwart-rood		zwart-groen		zwart-blauw	
	+	—	+	—	+	—
bij 25 lux:						
3 regels	0	0	0	0	0	0
2 regels	6	6	4	3	2	3
1 regel	23	18	15	25	22	17
geen						
verschil	57		54		57	
bij 65 lux:						
3 regels	1	0	0	0	0	0
2 regels	4	3	3	1	5	5
1 regel	25	22	19	22	24	13
geen						
verschil	55		56		54	
Aantal						
kinderen	110		101		101	

Uit deze tabel blijkt in de eerste plaats, dat bij meer dan de helft der kinderen er geen verschil tussen de borden van diverse kleur in nummer van de laatste regel was. Een groter verschil dan één regel kwam meestal bij minder dan 10 % van de kinderen voor. Bovendien is er nergens een duidelijk voorkeur (meer positieven resp. meer negatieven) voor een bepaalde kleur. De kleine verschillen kunnen geheel aan het toeval geweten worden en zijn statistisch niet significant, zelfs niet bij de minst critische beoordeling (het zgn. 10 % punt).

Uit het onderzoek volgt dus, dat er geen aanwijzingen zijn, dat t.a.v. de leesbaarheid gedurende een korte periode aan enige kleur de voorkeur moet worden gegeven.

De mogelijkheid bestaat natuurlijk, dat bij een onderzoek met een veel groter aantal kinderen, zou blijken, dat er wel een significante voorkeur voor een bepaalde kleur bestaat. Het is echter aan de hand van deze met het niet zo kleine aantal van meer dan honderd kinderen gedane proef reeds mogelijk met grote stelligheid te verklaren, dat een eventueel bij groter aantal te vinden significant verschil slechts zou uitwijzen, dat het verschil gemiddeld zeer klein (b.v. van de orde van grootte van 0,1 of 0,2 regel) zou zijn.

De betekenis van de kleur voor kleurenzwakken en kleurenblinden.

Voor deze personen zijn de overeenkomstige gegevens in tabel 2 gegeven.

Tabel 2:

Leesproeven met kleurenblinden

Vershil	zwart-rood		zwart-groen		zwart-blauw	
	+	—	+	—	+	—
bij 25 lux:						
3 regels	0	0	0	0	0	0
2 regels	0	1	1	1	0	1
1 regel	1	5	7	4	5	5
geen						
verschil	15		9		11	
bij 65 lux:						
3 regels	0	0	0	0	0	0
2 regels	0	0	2	0	2	1
1 regel	7	5	2	6	6	4
geen						
verschil	10		12		9	
Aantal proef- personen	22		22		22	

Het aantal proefpersonen was hier zo gering, dat alleen indien er een verschil van tenminste één regel in visus tengevolge van de kleur van het schoolbord zou bestaan, een significant resultaat verwacht kan worden.

Ook hier bleek, dat bij ca de helft der proefpersonen bij de vergelijking van twee kleuren in het geheel geen verschil werd gevonden, een groter verschil dan één regel werd steeds bij minder dan 14 % der proefpersonen gevonden. Een groter verschil dan twee regels werd nimmer gevonden (bij de proeven met normalen éénmaal). De optredende verschillen in positieve en negatieve richting komen ongeveer even vaak voor; zij zijn niet

significant, wat hier dus wil zeggen, dat een eventueel verschil zeer waarschijnlijk kleiner is dan één regel.

De betekenis van het leereffect en de verlichtingssterkte.

Het leereffect bleek pas na viermaal lezen belangrijk te worden. De derde maal kwamen de kinderen gemiddeld 0,08 regel verder dan de eerste keer, maar de vijfde maal 0,33 regel.

Door verhoging van de verlichtingssterkte van 25 lux tot 65 lux kwamen de kinderen gemiddeld 0,25 regel verder. (Bij de berekening van deze verbetering werd rekening gehouden met het leereffect). Opgemerkt moet worden, dat ondanks de betrekkelijke geringe verhoging van de gezichtscherptheit de hoge verlichtingssterkte beslist prettiger gevonden werd.

CONCLUSIE

Bij gebruik van witte letters van 80 % reflectiefactor op borden met een reflectiefactor van omstreeks 10 % is er geen verschil van belang in leesbaarheid op zwarte, rode, groene of blauwe achtergrond bij verlichtingssterkten tussen 25 en 65 lux.

Daar de gebruikte kleuren tamelijk ver uit elkaar liggen, mag de conclusie met vrij grote zekerheid tot andere kleuren worden uitgebreid, mits de reflectie-coëfficiënt niet groter is dan ongeveer 10 %.