

Dr. D. van Norren



Dirk van Norren hield zich gedurende zijn studie in de natuurkunde aan de Vrije Universiteit voornamelijk bezig met kernfysica. Voordat hij in 1968 afstudeerde was echter zijn belangstelling reeds gewekt voor perceptuele problemen. Het was dan ook geen toeval dat hij gedurende zijn militaire diensttijd gedetacheerd werd bij het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO te Soesterberg. Daar hield hij zich, ook na zijn diensttijd, bezig met toegepaste studies op visueel gebied en tevens met fundamenteel onderzoek over processen in het netvlies. Publikaties over dit laatste onderwerp leidden in 1974 tot een promotie aan de Rijksuniversiteit van Utrecht. Op het ogenblik brengt hij een studiejaar door in de Verenigde Staten aan het Stanford Research Institute (Menlo Park, Californië), daartoe in staat gesteld door de Stichting Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek.

In:
Linksaf, rechtsaf, alsmar recht door.
Catalogus bij de tentoonstelling over bewegwijzering van de Beroepsvereniging Grafisch Vormgevers Nederland GVN, Amsterdam, 1976. 168 blz.

Inleiding

Bij het bestuderen van de leesbaarheid van wegwijzers komen verschillende aspecten aan de orde. Ten eerste de eigenschappen van de wegwijzer zelf, zoals de grootte van het bord, de lettergrootte, de soort letters, de gebruikte kleuren en de plaats van de wegwijzer. Ten tweede moet rekening worden gehouden met de eigenschappen van de weggebruikers, zoals leesnelheid, gezichtsscherpte, bekendheid met de situatie en rijgedrag; tevens spelen ook eigenschappen van het voertuig, zoals rijnsnelheid, een grootte van de voorruit een rol. Tenslotte moet beschouwd worden wat zich bevindt tussen de weggebruiker en de wegwijzer. Dat zijn aan de ene zijde de atmosferische omstandigheden (regen, mist, sneeuw) en aan de andere zijde obstakels (andere wegwijzers, bomen, palen).

Bij het probleem van bewegwijzering komen uiteraard nog vele andere aspecten aan de orde. Genoemd kunnen worden, de maximale hoeveelheid te presenteren informatie, het systeem van bewegwijzering (plaatsnamen tegenover wegnummers) en het gebruik van woorden of van symbolen. Al deze zgn. cognitieve aspecten komen in dit overzicht niet aan de orde. Deze studie is beperkt tot de visuele aspecten.

De bewegwijzering zoals die zich in Nederland langs de autosnelwegen bevindt (Westerduin, 1972) heeft reeds een lange ontwikkeling achter de rug. Door diverse instanties (ANWB, SWOV, TNO, particuliere bedrijven) is onderzoek verricht en er is in hoge mate rekening gehouden met resultaten van buitenlandse onderzoekingen. Op grond van deze onderzoekingen is men bijvoorbeeld tot de keuze gekomen van de kleur blauw voor het bord en wit voor de letters, tot het gebruik van de Amerikaanse alfabetserie E (Bureau of Public Roads) en voor een bepaald contrast tussen letters en achtergrond. In veel opzichten zijn bij de bewegwijzering de aanbevelingen gevolgd van het SWOV (1970) rapport 'Verkeerstekens op borden'. Dit rapport is vnl. gebaseerd op studies van de literatuur tot 1966. Het huidige rapport legt de nadruk op de gegevens die sinds die tijd ter beschikking zijn gekomen. Het zal geen verbazing wekken dat de nieuwste gegevens niet leiden tot aanbevelingen die radikaal in strijd zijn met de bestaande voorschriften. Eerder is dit rapport bedoeld om de gegevens die ook al vermeld zijn in het SWOV rapport nog eens op te sommen voor het specifieke geval van bewegwijzering langs de autosnelweg en deze gegevens van enige kanttekeningen te voorzien.

Lettersoort

Er is tamelijk veel onderzoek gedaan naar de invloed van de lettersoort op de leesbaarheid. Wat optimaal is, wordt in sterke mate bepaald door de omstandigheden: is er sprake van donkere of lichte letters, betreft het één letter of meerdere woorden. Eén enkele letter kan beter als hoofdletter gepresenteerd worden evenals bekende korte woorden zoals HALT en STOP (Christie en Rutley, 1961). Men is het er langzamerhand over eens (Dewar,

1973) dat voor wat langere woorden, vooral als het gaat om woorden die de weggebruiker kent en verwacht, zoals de naam van de plaats waar hij heen wil, kleine letters (onderkast) met beginhoofdletter (kapitaal) de voorkeur genieten. Dit zou dan komen doordat bij kleine letters het woordbeeld karakteristischer is dan bij hoofdletters.

Een andere faktor die de leesbaarheid beïnvloedt, is de stokdikte. McCormick (1970) geeft voor de hoogte/stokdikte-verhouding $1/6-1/8$ voor zwart op wit en $1/8-1/10$ voor wit op zwart. De lichte letter op een donkere achtergrond kan dus beter wat dunner zijn dan de donkere letter op een lichte achtergrond. Variaties in stokdikte in, of in de buurt van, bovengenoemde gebieden leveren slechts geringe variaties in leesbaarheid op. Dan is er ook nog de breedte/hoogte-verhouding van de letters. Optimale leesbaarheid van aparte letters, wordt benaderd als deze verhouding 1 is. Echter, in de praktijk heeft men, vanwege het ruimte- en dus kostenbesparend effect, liever smalle hoge letters. De beslissing over wat nog toelaatbaar is, zal van geval tot geval verschillen. Als voorbeeld kan men nemen de Amerikaanse BPR-alfabetserie F, die een breedte/hoogte-verhouding heeft van nagenoeg 1. De serie E is ca 10% smaller en daardoor neemt de leesbaarheidsafstand met ca 6% af. Een overzicht over bovengenoemde factoren met uitvoerige verwijzingen naar de originele onderzoeken is te vinden in Woltman (1972).

De keuze die voor de bewegwijzering langs autosnelwegen in Nederland gemaakt is - de Amerikaanse alfabetserie E, onderkast met begin kapitaal - lijkt niet onredelijk. Wat het nut geweest is van de veranderingen die de ANWB hierin aangebracht heeft blijft een vraagteken. In ieder geval schijnen de grafici er niet over te juichen (Mijksenaar, 1971). Een vergelijkend onderzoek naar de leesbaarheid van het ANWB-alfabet en een door de grafici wel gewaardeerd alfabet, bijvoorbeeld het in Engeland gebruikte 'Transport medium', zou in deze controverse wel eens verhelderend kunnen werken. De kans lijkt niet uitgesloten dat de verschillen in leesbaarheid minimaal zijn (Moore en Christie, 1960). Over de spatiëring zijn ook verschillende onderzoeken verricht. Soms kan winst in leesbaarheid gemaakt worden door de spatiëring toe te laten nemen. Echter, als men dezelfde hoeveelheid ruimte laat innemen door wat grotere letters, neemt de leesbaarheid ook toe. Hoewel spatiëring niet onbelangrijk is, blijft lettergrootte de primaire faktor (Dewar, 1973). Indien men de gegevens uit de literatuur beziet, valt te voorspellen dat uitgaande van een optimale spatiëring, een andere spatiëring met wat eenvoudiger spatiëringregels niet veel meer dan enkele procenten leesbaarheidsverlies zal opleveren.

De nieuwste literatuur geeft derhalve geen aanleiding om verdere regels zoals gegeven in het SWOV (1971) rapport, te veranderen. Deze regels zijn: de ruimte tussen twee woorden en tusser laatste woord en rand van het bord moet ongeveer gelijk zijn aan 2 stokdiktes. Minimale regelafstand moet zijn: halve letterhoogte van de kapitaal. En, zoals al eerder genoemd, het Amerikaanse BPR-alfabet lijkt een redelijke keuze.

Kleur

Mits het contrast voldoende is, is in principe iedere kleurkombinatie van letters en achtergrond geschikt voor gebruik op wegwijzers. Stelt men de eis dat inwendige verlichting mogelijk moet zijn dan moet, om overstralingseffekten te voorkomen, de achtergrond donker zijn en de letters licht (Van Meeteren e.a., 1968). Rode achtergrondkleuren vallen af omdat die meestal gebruikt worden voor gevaaraanduidingen. Met kleuren rond het geel is met witte letters moeilijk voldoende contrast te verkrijgen. Er blijft dus over het blauw-groene gebied. Met diep blauw wordt het contrast te groot, maar verder zijn er geen doorslaggevende argumenten voor één bepaalde kleur uit dit gebied. In Nederland is voor blauw gekozen, hoewel proeven gedaan worden met groene wegwijzers langs autosnelwegen. Met name bij het gebruik van blauw dient er voor zorg gedragen te worden dat de transmissie hoog genoeg is, omdat anders het contrast tussen de witte letters en de achtergrond te hoog wordt (overstraling bij inwendige verlichting). Voor aangestraalde borden geldt in principe hetzelfde, in dat geval moet de reflectie van het blauw hoog genoeg zijn (zie ook paragraaf over contrast).

Wat in dit verband ook nog met nadruk genoemd dient te worden is de opvallendheid van het bord als geheel t.o.v. zijn omgeving. De kleur blauw is in principe iets opvallender dan groen (Odescalchi, 1960). Echter de kleur blauw zoals die bij de oudere wegwijzers nog veel voorkomt, heeft een lage reflectie en het kleurpunt ligt aan de verzadigd blauwe kant. Door het zwart-grijze voorkomen is de opvallendheid overdag gering. Met een goed reflecterend, niet al te verzadigd blauw is de opvallendheid van moderne wegwijzers enorm verhoogd. Omdat dit probleem vooral bij blauw speelt en minder bij geel en groen is in Fig. 1 het toelaatbare kleurgebied van verkeersborden blauw aangegeven zoals gespecificeerd door de CIE (overgenomen in NEN 3381). Met de onverzadigde kleuren, waarvan de coördinaten liggen in de richting van het wit, zijn in principe de optimale kleuren te bereiken. Volgens Wyszecki en Stiles (1967) is de theoretisch hoogst haalbare reflectiecoëfficiënt binnen het normgebied 0.4. Volgens de NEN norm voor verkeersborden moet de reflectiecoëfficiënt liggen tussen 0.075 en 0.2; echter in de praktijk blijkt 0.14 wel ongeveer het hoogst haalbare getal. Indien we de reflectie van wit stellen op 0.8 is het contrast dan 70%. Een nog lager contrast geeft verlies aan leesbaarheid; het heeft dus geen zin te trachten hogere reflectiecoëfficiënten voor blauw te gaan verwezenlijken. In de praktijk zijn echter nog grote aantallen donkerblauwe borden te vinden met reflectiecoëfficiënten van de orde 0.04; in die gevallen is het contrast tussen letters en achtergrond duidelijk te hoog. Samenvattend kan gezegd worden dat de kleur blauw die voor wegwijzers gebruikt wordt een goede keuze is, mits maar het lichte blauw gebruikt wordt met een reflectie van ongeveer 10%. Een nog hogere reflectie mag het bord als geheel beter zichtbaar maken, het komt de leesbaarheid van de tekst niet ten goede.

Voor het berekenen van de lettergrootte is het nodig te weten hoe lang de weggebruiker er over doet om een bepaalde wegwijzer te lezen. Veel gebruikt wordt de regel van Odescalchi, Rutley en Christie (1962):

$$t = \frac{N}{3} + 2,$$

waarbij N het aantal namen op de wegwijzer is. Uit het onderzoek van Odescalchi e.a. bleek dat de gemiddelde tijd kan beschreven worden door

$$\frac{N}{7} + 1.$$

Echter om te voorzien in het geval dat men alle woorden moet lezen voordat het gezochte woord gevonden is, wordt voor de praktijk een tijd gerekend die twee maal zo lang is als de gemiddelde. De proefpersonen in het onderzoek hadden een neventaak. In feite werd de tijd gemeten gedurende welke de neventaak onderbroken werd voor het doen van de waarneming. In de formule wordt N ook wel geïnterpreteerd als het aantal conceptuele eenheden (woord, pijl, nummer), waarbij een

afstandaanduiding als 600 m ook als één eenheid genomen kan worden. Eerder was door Mitchell en Forbes (1942) gevonden dat voor een bord met 3 woorden een leestijd van 1 seconde nodig was. Verder werd een veiligheidsmarge van 1 seconde genomen. Dit komt neer op de formule:

$$t = \frac{N}{3} + 1.$$

Mackworth (1963) vond dat de leestijd voor losse cijfers en letters resp. 3,6 en 3,1 per seconde was; voor een bekend niet te lang woord zal de leestijd in dezelfde orde van grootte liggen. Belangrijk is in dit verband dat de tijd besteed aan woorden die men niet zoekt (die niet in het mentale schabloon passen) korter is dan de tijd besteed aan het woord dat men wel zoekt (zie ook het literatuuroverzicht van Bunt en Sanders, 1973). Zoals gezegd hoeft men gemiddeld slechts de helft van de informatie te lezen voordat men de informatie die men zoekt gevonden heeft. Tevens leest men in het algemeen niet én plaatsnamen én wegnummers. Aan de andere kant kan het zicht op een bord wel eens belemmerd zijn gedurende een deel van de theoretisch beschikbare leestijd, en kan de verkeerssituatie zo gekompliceerd zijn dat verhoudingsgewijs veel tijd besteed moet worden aan andere waarnemingen. Toch moet gezegd worden dat de berekende leestijd van 3,7 sek voor het in Nederland veel voorkomende bord met 2 plaatsnamen, een pijl en een Europawegnummer (vijf conceptuele eenheden) zeker niet te krap is. Als men dan ook nog werkt met herhaalborden die alle een lettergrootte hebben gebaseerd op bovenstaande formule, dan komt men al dicht bij een situatie waarbij vraagtekens geplaatst kunnen worden bij de kosten-batenverhouding. Een moderne benadering van het probleem van leestijd is te vinden in de studie van Rockwell, Bhise en Safford (1970). Daarin werd de actuele fixatietijd op een wegwijzer gemeten m.b.v. apparatuur die oogbewegingen registreerde. Een markant resultaat was dat voor bepaalde eenvoudige borden in het geheel geen foveale fixatie gevonden werd (de fovea is dat gedeelte van het netvlies waar de gezichtsscherpte het grootst is en waar normaal mee gelezen wordt). Daarom werd, uitgaande van de gezichtsscherpte over het hele functionele gezichtsveld gemeten gedurende v. l. ke

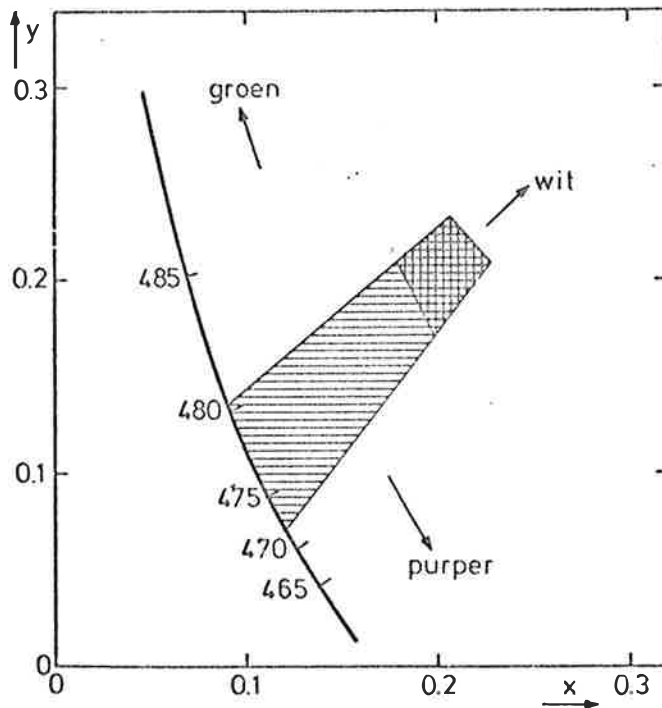


Fig. 1. Toegestaan gebied van kleurcoördinaten van blauw voor verkeersborden volgens NEN 3381: horizontale arcering. Aanbevolen gebied: verticale arcering.

tijd er een leesbaar beeld op het netvlies aanwezig was. Daarbij geldt dat naarmate het beeld meer naar de periferie op het netvlies valt, de afmeting groter moet zijn. Dit komt omdat de gezichtsscherpte naar de periferie sterk afneemt. De tijd waarop een leesbaar beeld aanwezig was op het netvlies, varieerde (bij de 4 proefpersonen) tussen 0,5 en 4 sek. Daarbij moet bedacht worden dat sommige van de gelezen borden vrij veel informatie bevatten (bijv.: plaatsnaam, exit 1 mile, next exit 6 miles). De leestijd nam af bij herhaalborden. Er werd verder gevonden dat de bestuurders vrijwel nooit een bord in één keer lazen, maar hun aandacht verdeelden tussen bord en weg. Dit 'time-sharing'-proces was afhankelijk van vele factoren, zoals verkeersdichtheid, relevantie van de benodigde informatie, en bekendheid met de situatie. Aan borden waarop de verwachte informatie niet aanwezig was, werd vrij veel tijd gependend. In de onderhavige studie werden parameters ontwikkeld, waarmee de juistheid van een wegwijzersysteem getest kon worden. Omdat de metingen berusten op praktijksituaties, is het aantal parameters groot en is ook de interpretatie van de verkregen gegevens tamelijk gekompliceerd. Toch geeft een dergelijke opzet de richting aan waarin toekomstige experimenten over benodigde leestijd zich waarschijnlijk zullen ontwikkelen.

Voorlopig is geen aanleiding de formule:

$$t = \frac{N}{3} + 2,$$

overboord te zetten. De tijd die hieruit berekend wordt, moet echter gezien worden als een tamelijk onzekere bovenste schatting van werkelijk voorkomende leestijden, als men tenminste uitgaat van goed geplaatste borden met een gestandaardiseerde vormgeving.

Gezichtsscherpte/leesbaarheid

In de literatuur over wegwijzers wordt veel gesproken over de leesbaarheidsafstand van een bord met een bepaalde lettersoort. Men moet zich realiseren dat deze afstand in de praktijk van persoon tot persoon verschilt omdat de gezichtsscherpte (visus) per individu verschilt. De leesbaarheid van een bepaald alfabet (gedefinieerd als de afstand waarop de letters te lezen zijn per cm letterhoogte) moet altijd gekoppeld worden aan een schatting van het percentage weggebruikers waarvoor dit getal voldoet. Het bepalen van de leesbaarheid van een alfabet is een gekompliceerde zaak. Ten eerste is het, met het oog op de praktijksituatie, zinvol om bekende woorden te testen in plaats van afzonderlijke letters. Verder moet men er op bedacht zijn dat er grote verschillen kunnen optreden tussen de leesbaarheid gemeten in het laboratorium en die in de praktijk. Voor een alfabet gebruikt langs een autosnelweg, moet in feite de proefpersoon zich op zo'n weg met grote snelheid naar de tekst toe bewegen. In zo'n situatie gaan dan een aantal moeilijk te controleren parameters een rol spelen zoals het weer, de toestand van de autoruit, en de vering

van de auto. Heeft men de leesbaarheid eenmaal bepaald dan moet men, uitgaande van de visus van de proefpersoon, een schatting maken van de leesbaarheid voor de rest van de weggebruikers. Hiervoor is dan weer het gegeven nodig van de spreiding van de visus van weggebruikers. Hoewel dit voor Nederland niet bekend is, kan gebruik gemaakt worden van Amerikaanse gegevens zoals die van Burg (1966, 1967, 1968). Burg onderzocht ruim 17.000 personen die hun rijbewijs kwamen aanvragen of verlengen. Het doel van dit onderzoek was inzicht te verkrijgen in de korrelatie tussen gezichtsvermogen en staat van ongelukken en bekeuringen. Het verband tussen visus en kumulatief percentage weggebruikers is weergegeven in Fig. 2. Heeft men bijvoorbeeld vastgesteld dat de leesbaarheid van een bepaald alfabet, voor een proefpersoon met een visus = 1: 3,5 meter per cm letterhoogte is, dan kan men op grond van Fig. 2 konkluderen dat 73% van de bestuurders aan deze afstand voldoende heeft. De rest moet dichterbij komen om de woorden te kunnen lezen. Langs de bovenschaafl van Fig. 2 is de leesbaarheid weergegeven waarbij verondersteld is dat voor visus = 1 de leesbaarheid 6,5 m/cm is. De relatie tussen leesbaarheid (l in m/cm) en visus (v in boogminuten⁻²) is $l = a \cdot v$

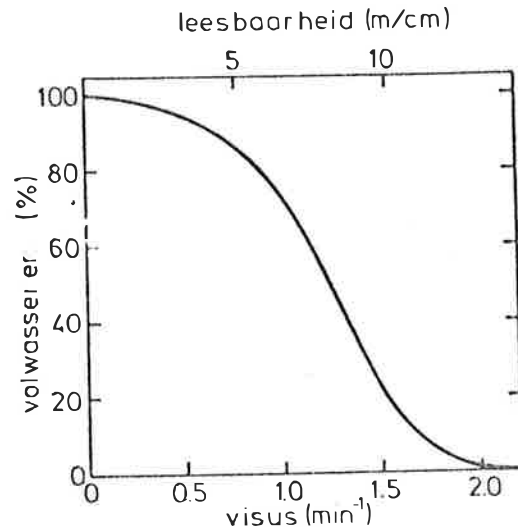


Fig. 2 Kumulatief percentage volwassenen uitgezet tegen de visusgrens, en de daarmee korresponderende leerbaarheid van een hypothetisch alfabet waarvoor geldt dat bij visus 1, de leesbaarheid 6,5 m/cm is (naar Cole, 1972).

De grootte van de konstante a kan voor een letter (in een laboratoriumsituatie) afgeschat worden als 6 à 7. Voor de Amerikaanse alfabetserie E wordt de leesbaarheid gegeven als 6,2 m/cm voor de 85e percentielwaarde (Kneebone, 1964). Als we aannemen dat bij 6,2 m een visus 1 hoort, dan lijkt de schatting van 85% wat aan de hoge kant. Dit is mogelijk veroorzaakt doordat de groep proefpersonen van Kneebone niet representatief was. Het is verder nog interessant te vermelden dat Kneebone in zijn onderzoek de door hem gebruikte ideale meetomstandigheden compenseerde door naar één foute letter in een tamelijk lang woord te laten zoeken. Dit betekent eens te meer dat de gevonden waarde van 6,2 m een tamelijk onzekere benadering is van de leesbaarheid in de praktische situatie.

Een andere faktor omtrent de leesbaarheid van een wegwijzer is het gedrag van de weggebruiker. Voordat gekonkludeerd wordt dat een bord grotere letters moet hebben omdat anders een te groot percentage weggebruikers niet voldoende leestijd heeft, is studie naar de relatie tussen visus en rijgedrag noodzakelijk. De langere leestijd bij een lage visus kan in principe volledig gecompenseerd worden door een lagere rijsnelheid. In dit verband is één van de konklusies uit het onderzoek van Burg (1968) onthullend. Een relatief slecht gezichtsvermogen heeft slechts een uitermate lage korrelatie met brokkenmaken.

Burg (1967, 1968) heeft in zijn gigantische onderzoek behalve gezichtsscherpte ook nog andere visuele test afgenomen zoals de dynamische gezichtsscherpte van het centrale gezichtsveld. Deze werd gemeten door een testobjekt met een bepaalde snelheid over een cilindrisch rondom opgesteld scherm te laten bewegen. De proefpersoon kon het testobjekt met oog- en hoofdbewegingen volgen. De korrelatie tussen statische en dynamische gezichtsscherpte was vrij hoog, maar er zijn een paar karakteristieke verschillen (Fig. 3). Ten eerste is de dynamische gezichtsscherpte altijd lager dan de statische en wel meer, naarmate het testveld sneller beweegt. Verder bleek dat de afname van de visus bij hogere leeftijd voor de dynamische situatie veel sterker was dan voor de statische (Burg, 1966). De dynamische gezichtsscherpte zoals hier gemeten, en wellicht meer nog de dynamische gezichtsscherpte van het perifere gezichtsveld, spelen waarschijnlijk een grote rol in de interactie met andere weggebruikers. Echter, juist in het geval van de autosnelweg zal, bij het lezen van een wegwijzer, over het algemeen de snelheid waarmee het beeld t.o.v. de weggebruiker beweegt laag zijn, hoogstens enkele graden per seconde. In dit speciale geval zal daarom met de statische visus getallen gewerkt kunnen worden.

Konkluderend kan gesteld worden dat een scherp gedefinieerde leesbaarheid voor een alfabet zeer moeilijk vast te stellen is. De hierover bekende gegevens moeten dan ook als niet meer dan indicatief beschouwd worden. Relatieve leesbaarheid is uiteraard goed bruikbaar om vast te stellen of een bepaald alfabet beter is dan een ander.

Helderheid

Uit vele onderzoeken is komen vast te staan dat de leesbaarheid toeneemt met het helderheidsniveau van letters en achtergrond tot een waarde van ongeveer 100 cd/m^2 (Fig. 4). Verdere toename van de helderheid levert slechts geringe winst in leesbaarheid. Overdag is de letterhelderheid meestal ruim boven de 100 cd/m^2 . 's Nachts is de situatie erg afhankelijk van het al of niet verlicht zijn van de borden.

De letterhelderheid van inwendig verlichte en aangestraalde borden in Nederland is ca 200 cd/m^2 . Deze helderheid is hoger dan noodzakelijk voor een optimale leesbaarheid, maar heeft het voordeel dat de waarneembaarheidsafstand van het bord als geheel iets vergroot wordt. Voor niet verlichte borden, die het 's avonds moeten hebben, van retroflectie is de situatie veel minder gunstig. Bij een afstand van auto tot bord tussen 300 en 50 m en een bord dat tussen de 6 en 18 m opzij van de weg staat, ligt de letterhelderheid, bij gebruik van (Amerikaanse) dimlichten, in de orde van enkele cd/m^2 ; voor portaalborden soms nog wat lager (King en Lunefeld, 1971). Een berekening toont aan dat de situatie voor Europese koplampen zeker niet beter is. Als de letters van het materiaal Scotchlite engineer grade zijn, loopt de helderheid tussen 400 en 100 m voor een bermbord (15 m lateraal, 3,5 m boven koplamp) op van $0,15 \text{ cd/m}^2$ tot $1,5 \text{ cd/m}^2$. Voor portaalborden is de situatie nog iets ongunstiger (van 0,1 tot 1 cd/m^2). Gaat men uit van het nieuwere materiaal Scotchlite high intensity grade, dan zijn

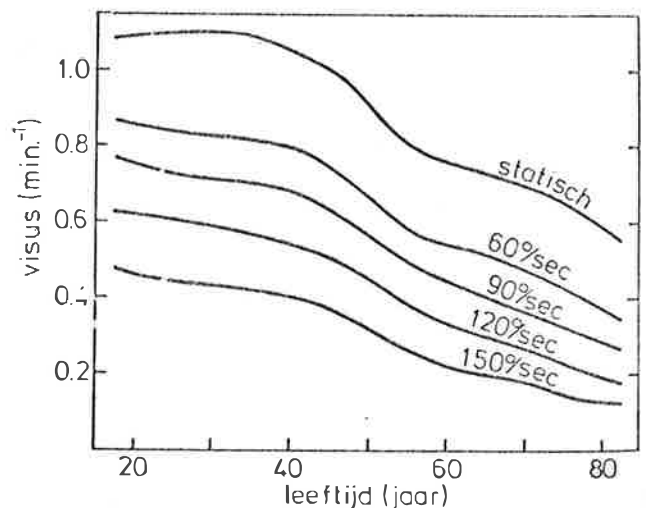


Fig. 3. Gemiddelde statische en dynamische gezichtsscherpte als functie van de leeftijd (naar Burg, 1966).

alle waarden een faktor 3,5 hoger. Bovenstaande berekeningen zijn uitgevoerd voor dimlichten, omdat in de Nederlandse situatie het rijden met vol licht vanwege de verkeersdrukke vrijwel nooit mogelijk is. Bij vol licht is de berekende helderheid enkele tientallen cd/m^2 , dus enigszins vergelijkbaar met permanent verlichte borden. Bezie men de konsekwenties voor de beschikbare leesafstand dan valt uit Fig. 4 af te leiden dat bij een helderheid van $1 cd/m^2$ de visus een faktor twee lager is dan die bij hoge helderheden. Dezelfde reductiefaktor is toe te passen op de leesafstandsafstand. Dus, waar bij voldoende helderheid een bord op 200 m gelezen kan worden, is bij $1 cd/m^2$ dat bord pas op 100 m leesbaar. Bij hogere snelheden zal de beschikbare leestijd dan ook duidelijk te kort zijn. Voor de waargenomen helderheid spelen in de praktijk nog vele factoren een rol. Veel borden zullen gunstiger geplaatst zijn dan die waarvoor de berekening uitgevoerd werd. Echter, mist vermindert de helderheid aanzienlijk; als de koplampen van een auto verkeerd staan afgesteld, kan dat meer of minder reflectie tot gevolg hebben; de reflectiecoëfficiënt van het materiaal vermindert met de tijd (een faktor 2 na 7 jaar); de helderheid van de koplampen kan door vervuiling wel tot 10% van het maximum afnemen en dauw vermindert de retroflekterende eigenschappen aanzienlijk. In het Amerikaanse onderzoek van King en Lunefeld (1971) waarin de leesbaarheid bij nacht van een aantal retroflekterende wegwijzers langs een snelweg geanalyseerd werd, moest de konklusie getrokken worden dat, indien met dimlicht gereden werd, de helft van de borden te kleine letters had

om voldoende leesbaarheid te garanderen. (Overigens gold dat ook nog voor 25% van de borden in de daglichtsituatie.) De Nederlandse situatie 's nachts zal waarschijnlijk weinig beter zijn. Om een goede leesbaarheid bij nacht te garanderen is het misschien noodzakelijk meer borden langs een autosnelweg aan te stralen of inwendig te verlichten.

Kontrast

De leesbaarheid van een wegwijzer hangt af van het contrast 1) tussen letters en achtergrond. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen het fysische contrast en het waargenomen contrast. Het waargenomen contrast wordt beïnvloed door het medium tussen stimulus en waarnemer (het weer, de autoruit) en door de eigenschappen van het oog van de waarnemer. In Fig. 5 is de relatie weergegeven tussen fysisch contrast en leesbaarheid voor donkere letters op een lichte achtergrond. Uit deze figuur zou gekonkludeerd kunnen worden dat de leesbaarheid altijd optimaal is bij een contrast van 100%. Toch strookt dit niet met de ervaring. Bij zeer heldere letters H (groter dan $100 cd/m^2$) op een donkere achtergrond of omgekeerd, zwarte letters op een fel witte achtergrond, speelt het verschijnsel van de overstraling een rol en daardoor lijkt het beeld onduidelijk en niet goed leesbaar. De oplossing van deze tegenspraak zit in de leestijd. Blijft men lang naar een sterk overstraald woord staren, dan wordt dat woord op den duur beter leesbaar. Voor de praktijksituatie telt echter niet de

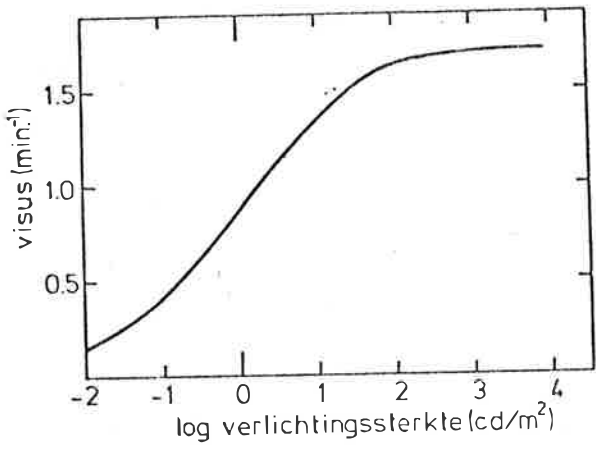


Fig. 4. Visus van een groep jonge proefpersonen als functie van de verlichtingssterkte (uit: Pirenne, 1948).

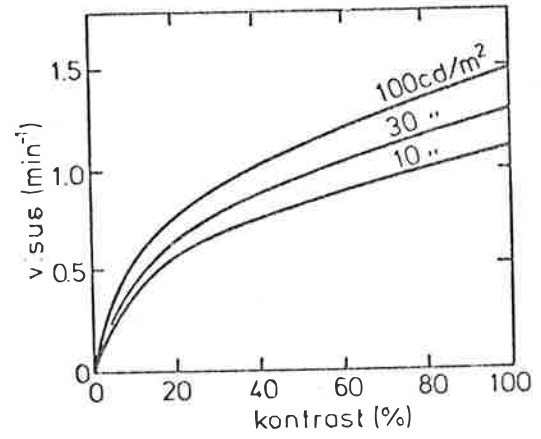


Fig. 5. Gezichtsscherpte als functie van het contrast (naar Cole, 1972).

150 leesbaarheid na lang staren, maar de totale leestijd. Daarom zal men in de praktijk graag maatregelen nemen om de leestijd te verkorten. Deze leestijdverkorting kan bereikt worden door contrastvermindering. Uit experimenten (Van Meeteren e.a., 1968) is gebleken dat door het verschil in helderheid tussen achtergrond en letters wat minder te maken, de leestijd niet onaanzienlijk kan worden bekort (zie Fig. 6). De achtergrondshelderheid moet ongeveer 8% zijn van de letterhelderheid (bij witte letters op donkere achtergrond). Dit komt neer op een contrast van 85%. Bij aangestraalde en inwendig verlichte borden zal de blauwe achtergrond daarom voldoende reflectie of transmissie moeten hebben om aan deze eis te voldoen. Bij de nieuwere borden langs autosnelwegen is dit reeds het geval. Bij andere kleurcombinaties dan wit op blauw, zoals wit op groen en wit op rood die bijvoorbeeld gebruikt worden voor wegnummers, is meestal het contrast wel minder dan 90%. Hier geldt eerder de waarschuwing het contrast niet lager te maken van 75%²⁾. Bij niet kontinu verlichte naam-borden is het contrast bij retroflekterende letters (reflektiecoëfficiënt 10) op een niet retroflekterende achtergrond (reflektiecoëfficiënt 0,1) dicht bij 100%. Echter is in dat geval de letterhelderheid zeker bij de tot nu toe gebruikte kwaliteit retroflekterend materiaal (Scotchlite, engineer grade) weer veel lager, nl. in de orde van 1 cd/m² (bij dimlichten), en dan spelen overstralingseffekten geen rol meer. Bij de nieuwere retroflekterende materialen (Scotchlite, high intensity grade) is de reflectie 3,5 maal hoger, maar dan is de waargenomen helderheid nog steeds te laag om last te hebben van overstraling. Om die reden is het daarom niet noodzakelijk de blauwe achtergrond in retroflekterend materiaal uit te voeren. Argumenten om dit wel te doen zijn ten eerste de opvallendheid van het bord als geheel wordt iets hoger en ten tweede de waargenomen kleurcombinatie blijft ook bij nacht wit op blauw, zonder retroflekterende achtergrond is dit in feite wit op zwart. Het is de vraag of de kosten tegen deze voordelen opwegen. Samenvattend kan gezegd worden dat voor lichte teksten op donkere achtergronden het contrast niet hoger moet zijn dan 85%. zodra de lichte tekst een luminantie heeft van ca 100 cd/m²; aan de andere kant mag het contrast niet veel lager worden dan 75% omdat anders de leesbaarheid te veel achteruit loopt.

Funktioneel gezichtsveld

De 'ideale' plaats van een wegwijzer is gelegen in het verlengde van de rijrichting op ooghoogte van de bestuurder. De afwijkingen van deze positie in de praktijk worden gevormd door minimum doorrijhoogte en gewenste obstakel-vrije zone. De minimum hoogte van de onderkant van het bord boven het wegdek is ca 5 m. Ter beoordeling van de hoek die het bord maakt met de rijrichting van de bestuurder is het gegeven nodig van de hoogte van de ogen boven het wegdek (ruim 1 m) en van de hoogte van de bovenste regel tekst (ca 3 m boven onderrand bord). De tekst bevindt zich dus ca 7 m boven de ogen van de bestuurder. De zijwaartse afstand van een bord is meestal groter. De afstand van het midden

van de linker-rijstrook tot de rechterraand van het bord wordt aangegeven als ca 15 m.

Reeds vanaf de 40-er jaren speelt de vraag welke hoek tussen rijrichting en blikrichting van de bestuurder nog aanvaardbaar is, zonder dat de verkeersveiligheid in gevaar komt. Vanaf hoeken van 15 à 25° naar links of rechts wordt het hoofd meegedraaid en is gedurende een niet verwaarloosbare tijd de informatie over gebeurtenissen in de rijrichting minimaal (Sanders, 1963). De eerste op het verkeer gerichte experimenten over het functionele gezichtsveld waren van Mitchell en Forbes (1942). De algemene konklusie uit deze en latere experimenten is, dat een maximale hoek van 10° naar links en rechts en een iets kleinere hoek van 8°

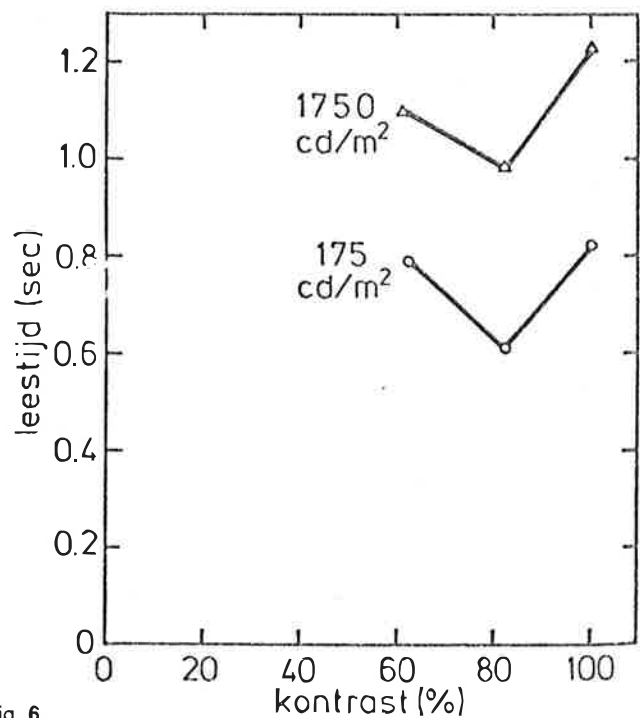


Fig. 6.

naar boven een redelijke schatting is om beschikbare leestijden uit te rekenen. Uit een recent onderzoek van Rockwell, Bhise en Safford (1970) naar leesgedrag in de praktijk (m.b.v. oogbewegingsregistratie) is af te leiden dat proefpersonen soms hun laatste blik op een portaal wegwijzer sloegen onder een hoek van ca 20°. Het is evenwel niet uitgesloten dat dit een laatste check is, die niet gepaard gaat met een hoofdbeweging (Sanders, 1963). Toch lijkt het verstandig om bij het ontwerp van wegwijzers uit te blijven gaan van de gewenste situatie. Voor het verkrijgen van informatie over de routekeuze moet het niet nodig zijn in principe gevaarlijke grote hoofd- en oogverdraaiingen te maken (Greenshields, 1965). Wat zich afspeelt in een veld met een straal van 15° is in de relatief simpele situatie van een autosnelweg nog te overzien.

Konkluderend kan gesteld worden dat de hoek van 10° (8°) die in berekeningen voor wegwijzers langs autosnelwegen gebruikt wordt, een redelijke, voor de meeste verkeersomstandigheden enigszins conservatieve schatting is van het functionele gezichtsveld.

Woersinvloeden

De toestand van het medium tussen weggebruiker en wegwijzer kan van grote invloed zijn op de waarnemingsmogelijkheden van wegwijzers. Mist is wel het duidelijkste voorbeeld van een zichtbeperkende toestand. Regen zal over het algemeen zijn hinderlijke invloed doen gelden door druppels en waterlagen op de voorruit. Het voornaamste effect van mist is de contrastvermindering. Dat is terug te vinden in de definitie van meteorologisch zicht: de afstand waarop het contrast van 100% tot 2% verminderd is (Middleton, 1952). De contrastvermindering doet de leesbaarheidsafstand verminderen (zie Fig. 5). Om dezelfde leestijd over te houden moet de automobilist minder snel gaan rijden, een situatie die overigens toch al wenselijk is uit een oogpunt van verkeersveiligheid. Om een idee te krijgen van de situatie overdag het volgende voorbeeld (de vrij gekompliceerde berekening is hier weggelaten). Een automobilist die 120 km/uur rijdt, moet bij een zicht van 1000 m 85 km/uur gaan rijden om dezelfde leestijd over te houden, bij een zicht van 500 m is dit 50 km/uur en bij een zicht van 100 m kan het bord alleen nog maar gelezen worden als het hoofd of de ogen gedraaid worden, m.a.w. als de hoek tussen bestuurder en bord al groter is dan 10° (bij de berekening is uitgegaan van 85% fysisch contrast, een letter van 100 cd/m², een leesbaarheidsafstand van 200 m en een leestijd van 3 seconden). Aan de situatie bij mist overdag is wat betreft de bewegwijzering niets te verbeteren.

's Nachts is de situatie gekompliceerder. Bij retroflekterende materialen vermindert de helderheid van de letters door lichtverstrooiing in de atmosfeer en vermindert het contrast door de aanwezigheid van het strooilichtwaas. Dit strooilichtwaas kan al snel een waarde van enkele cd/m² aannemen. Aangezien de helderheid van retroflekterende letters zonder mist ook in deze orde van grootte of zelfs lager is, wordt het contrast bij mist (afnemende helderheid) al

snel zeer slecht.

Om de situatie bij aangestraalde of inwendig verlichte borden te kunnen beoordelen is een belangrijk (nu ontbrekend) gegeven nodig, nl. de uit het oogpunt van verkeersveiligheid gewenste snelheid. Uitgaande van deze snelheid kan pas berekend worden of zo'n bord voldoet. Het lijkt nl. weinig zinvol te adviseren het lichtniveau van wegwijzers bij mist zo in te stellen dat de borden ook nog voldoen bij rijsnelheden die in feite gevaarlijk zijn. M.a.w. de waarneembaarheid van wegwijzers mag niet beter zijn dan die van andere objecten. De situatie van aangestraalde of inwendig verlichte borden is in ieder geval veel beter dan die van retroflekterende borden. De letterhelderheid is veel hoger dan de helderheid van het strooilichtwaas van de koplampen. Bij een mist, gedefinieerd door een zicht van 500 m is op 200 m afstand van de wegwijzer de letterhelderheid gezakt van bijv. 175 cd/m² naar 37 cd/m²; de achtergrondhelderheid van het bord van 18 cd/m² naar 4 cd/m². Als het strooilichtwaas 3 cd/m² bedraagt, is het contrast nog steeds 70%. Voor een mist met 200 m zicht is dit getal 30%. Uit Fig. 5 is af te lezen dat de leesbaarheid vanwege de contrastvermindering met een faktor 1,5 afneemt. Echter, de helderheid van de letters is zo laag geworden dat ook daardoor de leesbaarheid beduidend geringer wordt (zie Fig. 4). Toch is de situatie in de praktijk minder ongunstig dan uit dit voorbeeld blijkt. Bij een tamelijk zware mist is de rijsnelheid lager; de afstand waarop een bord leesbaar moet worden kan dan weer lager zijn, bijv. 150 of 120 m. Voor deze afstand is, bij een mist van 200 m zicht, het contrast 60% en de letterhelderheid 18 cd/m². Berekeningen tonen aan dat bij rijsnelheden van 60 km/uur (of lager) het bord nog goed te lezen is. Bij mist 's nachts is dit een rijsnelheid die aansluit bij de praktijksituatie (volgens schatting van de Rijkspolitie). Bovenstaande ruwe berekeningen doen vermoeden dat (een kostbare) regelbare verlichting van aangestraalde borden t.b.v. een mistsituatie waarschijnlijk niet nodig is. Aan retroflekterende borden is niets te regelen; overdag kan ook niets gedaan worden om borden beter zichtbaar te maken. Kortom, het lijkt het beste de situatie bij mist wat de wegwijzers betreft te aanvaarden zoals ze is.

Blokkering van bewegwijzering door vrachtwagens

Het zicht op naast de weg geplaatste wegwijzers kan belemmerd worden door hoge vrachtwagens. Dit geldt vooral voor op de linkerrijbaan rijdende personenauto's die vrachtwagens inhalen. Voor hooggeplaatste zijbermborden en portaalborden speelt dit probleem niet of nauwelijks een rol. Abramson (1971), ook weergegeven in King en Lunefeld (1971), geeft berekeningen voor een 4-strooks rijbaan met één of twee vrachtwagens. De kans op blokkering kan vrij hoog worden. De betekenis voor de praktische situatie van dit soort berekeningen is echter, zoals de auteur zelf ook opmerkt, beperkt. Een weggebruiker die weet dat hij binnenkort van een afslag gebruik moet maken zal door zijn rijgedrag de leeskans aanzienlijk kunnen vergroten. Indien kwantitatieve gegevens over de nadelige invloed van blokkering door vrachtwagens gewenst zijn (om daaruit beslissingen te nemen

152 over het eventueel hoger plaatsen van wegwijzers), lijkt enquetering en analyse van rijgedrag ter plekke een betere benadering dan theoretische berekeningen. De huidige praktijk van herhalingsborden geeft uiteraard al een forse verbetering van de door Abramson berekende situatie. Het plaatsen van borden in de linkerberm heeft in dit verband voordelen. Een nadeel is echter dat deze plaats afwijkt van de praktijk op andere wegsoorten. De betekenis van theoretische beschouwingen ligt vnl. in de ontwikkeling van automatische elektronische geleidingssystemen op snelwegen. Het ligt dus niet voor de hand om aan studies als van Abramson hoge prioriteit te geven; onderzoek naar het gedrag van de automobilist lijkt interessanter.

Berekening van de lettergrootte

Hoewel op het gebied van de lettergrootte-berekening geen nieuwe inzichten te melden zijn, wordt ter wille van de compleetheid de berekening hier gegeven. In Fig. 7 is de situatie weergegeven van een bord waarvan de loodrechte afstand tot het midden van de linkerrijbaan a meter bedraagt. De leesweg is tv waarbij t wordt berekend met de eerder genoemde leestijdformule

$$t = \frac{N}{3} + 2,$$

(N = aantal conceptuele eenheden); v is de rijsnelheid in m/s. Als het bord op een afstand van a cotg α is, moet het lezen voltooid zijn (zgn. verdwijnpunt). De hoek α wordt voor zijbermborden 10° genomen voor portaalboreen 8° . De totale afstand van waarnemer tot bord op het moment dat het bord juist leesbaar moet zijn, is dan:

$$\sqrt{(tv + a \cotg \alpha)^2 + a^2} \text{ m.}$$

Indien de leesbaarheid van de soort letters L m/cm is, dan is de benodigde letterhoogte:

$$H = \frac{\sqrt{(tv + a \cotg \alpha)^2 + a^2}}{L} \text{ cm.}$$

Omdat

voor $\alpha < 10^\circ$ altijd $a \ll (tv + a \cotg \alpha)$ is de formule te vereenvoudigen tot:

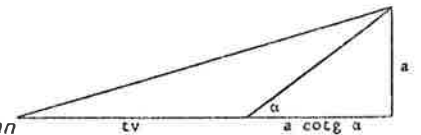
$$H = \frac{tv + a \cotg \alpha}{L} \text{ cm.}$$

Als voorbeeld is in Tabel 1 de lettergrootte uitgerekend voor rijsnelheden tussen 40 en 140 km/uur en 1-10 conceptuele eenheden. Voor de laterale verplaatsing van zijbermborden is 15 m genomen,

v (km/uur)	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40		12 17	13 18	13 19	14 19	15 20	15 21	16 22	16 22	17 23	18 23
60		14 20	15 21	16 22	17 23	18 24	19 25	20 26	21 26	21 27	22 28
80		17 23	18 24	19 25	20 26	21 27	22 28	24 29	25 30	26 32	26 33
100		18 24	20 26	22 27	23 29	25 30	26 32	28 34	29 35	31 37	32 38
120		21 26	22 28	24 30	26 32	28 33	29 35	31 37	33 39	35 41	37 42
140		23 28	25 30	27 32	29 35	31 37	33 39	35 41	37 43	40 45	42 47

tabel 1. Lettergrootte (cm) als functie van aantal conceptuele eenheden (N) en rijsnelheid (v). Bovenste getal: portaalborden; onderste getal: zijbermborden.

Fig. 7. Hulpfiguren ter berekening van de leesbaarheidsafstand van wegwijzers.



voor portaalborden 7 m, zodat $a \cotg \alpha$ respectievelijk 85 m en 50 m is.

De ontwerpsnelheid van de Nederlandse autosnelwegen is 120 km/uur. Aangezien het aantal conceptuele eenheden per bord meestal niet meer dan 5 is, lijkt voor normale gevallen een lettergrootte van rond de 30 cm voldoende. Nogmaals, en wellicht ten overvloede, wordt er op gewezen dat de berekening een ruwe vuistregel is en dat aan de berekende getallen geen al te preciese betekenis mag worden gehecht.

Konklusies en samenvatting

Hoewel er tamelijk veel onderzoek verricht is naar de visuele aspecten van bewegwijzing is er nog weinig bekend hoe in de praktijk de interactie is tussen weggebruiker en de aangeboden informatie. Bijvoorbeeld: hoe ziet het leesgedrag er precies uit; wat is de invloed van herhalingsborden daarop; wordt het rijgedrag beïnvloed door de visuele eigenschappen van de bestuurder? Omdat de antwoorden op dit soort vragen niet of slechts ten dele bekend zijn, kan men de gegevens over bewegwijzing met enige flexibiliteit behandelen. Alle berekeningen zijn als niet meer dan indicatief te beschouwen. Illustratief hiervoor is de formule waarmee de leestijd berekend wordt. Eerst nam men

$$t = \frac{N}{3} + 1,$$

later werd er

$$t = \frac{N}{3} + 2,$$

van gemaakt.

Deze verandering maakt de letters een kwart groter, de borden 1,5 maal zo duur en er is geen werkelijk bewijs dat deze vergroting ook inderdaad noodzakelijk is.

Langs de Nederlandse autosnelwegen wordt op het ogenblik een lettergrootte van 30 cm gebruikt. Uit de voorgaande paragrafen is gebleken dat er een aantal factoren zijn die ten gunste van de leestijd werken en een aantal ten ongunste. Als gunstige factoren kunnen genoemd worden (1) de weggebruiker hoeft gemiddeld slechts de helft van het bord te lezen voordat hij de gewenste informatie vindt; (2) hij leest meestal óf wegnummers óf de plaatsnamen; (3) de laterale afstand tot een bord in de zijberm is in de meeste gevallen kleiner dan 15 m, evenals voor portaalborden de informatie zich ook op minder dan 7 m boven het oog bevindt. (4) Verder zal het met name in eenvoudige verkeerssituaties nog mogelijk zijn een bord te lezen als de hoek al kleiner dan 10° geworden is; (5) de rijnsnelheid zal voor de meeste weggebruikers, zeker bij een maximum snelheid van 100 km/uur, lager zijn dan 120 km/uur. Tenslotte (6) worden de meeste borden twee maal herhaald. Bij de ongunstige factoren moet genoemd worden (1) dat het gezichtsvermogen van de weggebruikers waarschijnlijk wat slechter is dan waarmee tot nu toe gerekend werd. (2) Bepaalde weersomstandigheden (regen, mist) doen de leesbaarheid verminderen, en (3) bij niet verlichte borden is 's nachts de letterhelderheid zo laag dat een aanzienlijk kortere leestijd ter beschikking staat. Verder (4) is het aantal conceptuele eenheden op een bord, of een serie portaalborden, soms groter dan vijf en (5) kunnen verkeerssituaties soms zo gekompliceerd zijn dat weinig leestijd beschikbaar is. In sommige geschriften wordt wel aangehaald dat de lettergrootte als minimum beschouwd moet worden omdat er harder dan 120 km/uur gereden wordt. Echter, zeer hoge

snelheden brengen duidelijk risico's met zich mee, het lijkt niet de taak van de overheid het nemen van deze risico's te sanktioneren door de borden nog beter leesbaar te maken dan ze toch al zijn. Het afwegen van bovengenoemde positieve en negatieve factoren blijft een subjektieve zaak. Het lijkt niet eenvoudig met voldoende bewijzen te komen om de bestaande 30 cm letters te vervangen door grotere. Wel een nuttige zaak is het vervangen van borden die nog de oude donkerblauwe achtergrond hebben. Ook het regelmatig nagaan of alle borden eigenlijk wel zichtbaar zijn op de berekende afstand en niet geblokkeerd worden door bomen, struiken of andere obstakels, kan hier en daar nog verrassende verbeteringen opleveren. Grote verbeteringen in de situatie kunnen eerder liggen op terreinen die in deze studie niet aan de orde kwamen: hoeveel informatie moet de weggebruiker hebben; is deze informatie niet beter te presenteren in de vorm van wegnummers; enz.

Tenslotte kunnen nog de volgende punten worden samengevat. Een zwak punt, volgens de berekeningen is de situatie van retroflekterende borden die slechts door dimlichten beschenen worden. Dit onderwerp vereist wellicht nadere studie. De bewegwijzingssituatie bij mist overdag is ook problematisch, de oplossing daarvoor is even simpel als onhaalbaar: langzamer rijden. Bij mist 's nachts komen de aangestraalde en inwendig verlichte borden er nog goed af; de retroflekterende eigenschappen doen vrijwel geen dienst meer. De achtergrondkleur blauw is goed als de reflektiecoëfficiënt maar hoog genoeg is, ca. 10%. Groen zou evenzeer volstaan. De letterhelderheid van inwendig verlichte en aangestraalde borden moet minstens 100 cd/m² zijn. In de praktijk komen veelal wat hogere waarden voor. Vanwege overstralingseffekten moet het contrast niet te hoog zijn, een laag contrast doet echter de leesbaarheid verminderen: 80 à 85% is een goede tussenwaarde.

- Abramson, P.** (1971). Blockage of signs by trucks. *Traffic Engineering* 42, 18-26.
- Bunt, A.A. en Sanders, A.F.** (1973). Informatieverwerking in het functionele gezichtsveld: Een overzicht van de literatuur. Rapport IZF 1973-C8. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Burg, A.** (1966). Visual acuity as measured by dynamic and static tests: a comparative evaluation. *J. appl. Psychol.* 50, 460-466.
- Burg, A.** (1967). The relationship between vision test scores and driving record. Univ. of California Report 67-24.
- Burg, A.** (1968). Vision test scores and driving record: additional findings. Univ. of California Report 68-27.
- Christie, A.W. en Rutley, K.S.** (1961). Relative effectiveness of some lettertypes designed for use on road traffic signs. *Roads and Road Construction* 39, 239-244.
- Cole, B.L.** (1972). Visual aspects of road engineering. Australian Road Research Board, Vol. 6 part 1, 102-148.
- Dewar, R.E.** (1973). Psychological factors in the perception of traffic signs. Report Road and Motor Vehicle Traffic Safety Branch, Dept. of Transport. Canada.
- Goenshields, B.D.** (1965). *Traffic Engineering Handbook*. Inst. of Traffic Engineers. Washington D.C.
- King, G.F. en Lunsfeld, H.** (1971). Development of information requirements and transmission techniques for highway users. Natl. Coop. Highway Res. Program Report 123. Highway Research Board.
- Kneebone, D.C.** (1964). Sign legends. Australian Road Research Board Proceedings, vol. 2, part 1, 542-555.
- Mackworth, J.F.** (1963). The relation between visual image and post perceptual immediate memory. *J. verb. learn. verb. beh.* 2 75-85.
- McCormick, E.J.** (1970). *Human factors engineering* (3rd ed.). McGraw-Hill, New York.
- Meesteren, A. van, Leebok, H.J. en Blokland-de Graaf, N.H.** (1968). Leesbaarheid van inwendig verlichte naamborden. Rapport IZF 1968-C2. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Middleton, W.E.K.** (1952). *Vision through the atmosphere*. Univ. Toronto Press.
- Mitchell, A. and Forbes, T.W.** (1942). Design of letter sizes. *Proc. of the Amer. Soc. of Civil Engineers* 68, 95-104.
- Moore, L.A. and Christie, A.W.** (1960). Direction signs for motorways. *Engineer*, may 1960.
- Mijksenaar, P.** (1971). Typografie bij bewegwijzering. *Graficus Revue* 3, 12-30.
- Odescalchi, P.** (1960). Conspicuity of signs in rural surroundings. *Traff. Enging. & Control* 2,7.
- Odescalchi, P., Rutley, K.S. en Christie, A.W.** (1962). The time taken to read a traffic sign and its effect on the size of lettering necessary. Road Res. Lab. Note No LN/93/PO.KSR.AWC (unpublished report).
- Piranne, M.H.** (1948). *Vision and the eye*. Chapman and Hall, London.

- Rockwell, T.H., Ehise, V.D. en Safford, R.R.** (1970). Development of a methodology for evaluation of road signs. Rep. No EES-315B. College of Engineering. Ohio State University.
- Sanders, A.F.** (1963). The selective process in the functional visual field. Van Gorcum, Assen.
- SWOV.** (1970). Verkeerstekens op borden. Rapport no. 1970-7.
- Westerduin, B.** (1972). Bewegwijzering op Nederlandse autosnelwegen. In *Verkeerstechnische Leergang ANWB*, najaar 1971. Uitgave ANWB 1972.
- Wolman, H.L.** (1972). Review of visibility factors in roadway signing. Highway Research Board Special Report 134, 28-40. U.S. Dept. of Health, Education and Welfare.
- Wyszecki, G. and Stiles, W.S.** (1967). *Color Science*. John Wiley and Sons, New York.

$$1) \text{ Definitie } K = \frac{L-A}{L+A};$$

K = contrast, L = letterhelderheid; A = achtergrondhelderheid.

2) De Europaweg-nummers (wit op groen) zoals die op wegwijzers voorkomen lijken minder leesbaar dan de rest van de letters (wit op blauw). Behalve de al genoemde oorzaak dat het groen mogelijk een te hoge reflectie heeft, kunnen ook maskeringseffekten een rol spelen. Om het betrekkelijk kleine groene oppervlak is nog weer eens een witte band aangebracht. Voor de opvallendheid van het wegnummer lijkt dit overbodig omdat het kleurencontrast tussen blauw en groen al voldoende groot is.