



Ministerie van Sociale Zaken
en Werkgelegenheid

— Glans als bron van hinder bij — het lezen van drukwerk

— S 179

Glans als bron van hinder bij het lezen van drukwerk

:

.

.

:

.

:

:

:

:

.

:

:

:

.

:

:

.

:

:

Glans als bron van hinder bij het lezen van drukwerk

P.M. van Bergem

P. Padmos

Onderzoek uitgevoerd in opdracht
van het Ministerie van Sociale Zaken en
Werkgelegenheid door het Instituut voor
Zintuigfysiologie TNO

CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

Bergem, P.M. van

Glans als bron van hinder bij het lezen van drukwerk /
P.M. van Bergem, P. Padmos. - Den Haag: Ministerie van
Sociale Zaken en Werkgelegenheid; Den Haag:
Sdu Uitgeverij Plantijnstraat [distr.]. - Ill. - ([Studie /
Directoraat-Generaal van de Arbeid], Arbeidsinspectie,
ISSN 0921-9218; S 179)

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van
Sociale Zaken en Werkgelegenheid door het Instituut voor
Zintuigfysiologie TNO.
ISBN 90-399-0771-4
Trefw.: drukwerk.

Behoudens uitzonderingen door de Wet gesteld mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbende(n) op het auteursrecht niets uit deze uitgave worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins, hetgeen ook van toepassing is op de gehele of gedeeltelijke bewerking. De uitgever is met uitsluiting van ieder ander gerechtigd de door derden verschuldigde vergoedingen van kopiëren, als bedoeld in artikel 17 lid 2, Auteurswet 1912 en in het K.B. van 20 juni 1974 (Stb. 351) ex artikel 16b Auteurswet 1912, te innen en/of daartoe in en buiten rechte op te treden.

Copyright reserved. Subject to the exceptions provided for by law, no part of this publication may be reproduced and/or published in print, by photocopying, on microfilm or in any other way without the written consent of the copyright holder(s); the same applies to whole or partial adaptations. The publisher retains the sole right to collect from third parties fees payable in respect of copying and/or take legal or other action for this purpose.

© Sdu Uitgeverij Plantijnstraat, Den Haag 1994

Hoewel bij deze uitgave de uiterste zorg is nagestreefd, aanvaarden auteur en uitgever voor eventuele fouten en/of onvolledigheden geen aansprakelijkheid.

| INHOUD | Blz. |
|---|------|
| SAMENVATTING | 5 |
| SUMMARY | 6 |
| 1 INLEIDING | 7 |
| 2 GEOMETRIE VAN DE COMBINATIE VISUELE TAAK / WAARNEMER / VERLICHTING | 8 |
| 2.1 De visuele taak | 8 |
| 2.1.1 Gerichte, diffuse en gemengde reflectie | 8 |
| 2.1.2 Glans | 9 |
| 2.1.3 Drukwerk | 13 |
| 2.2 De positie van de waarnemer | 15 |
| 2.3 De verlichting | 16 |
| 2.3.1 Verhouding van bronluminantie en verlichtingssterkte | 16 |
| 2.3.2 Plaats en afmetingen lichtbron | 17 |
| 2.4 De kritische zone voor de verlichting | 18 |
| 3 KWANTIFICERING VAN GLANS IN DRUKWERK | 19 |
| 3.1 Mogelijke effecten van glans op de waarneming | 19 |
| 3.2 Gevonden verbanden tussen contrastreductie en prestatie c.q. waardering | 21 |
| 3.2.1 Visuele prestatie | 21 |
| 3.2.2 Subjectieve waardering | 22 |
| 3.3 De rol van de contrastweergavefactor bij de beschrijving van glans | 25 |
| 3.3.1 Definitie | 25 |
| 3.3.2 Bruikbaarheid | 26 |
| 3.4 Alternatieve maatstaven voor glans in drukwerk | 27 |
| 3.4.1 Volgens De Boer | 27 |
| 3.4.2 Volgens Reitmaier | 28 |
| 3.4.3 Volgens eigen meting | 29 |
| 4 PRAKTISCHE RICHTLIJNEN VOOR HET MINIMALISEREN VAN GLANS IN DRUKWERK | 30 |
| 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 35 |
| REFERENTIES | 37 |
| Bijlage A Reflectiemetingen aan drukwerk | 39 |
| Bijlage B Beschrijving experiment ter bepaling van de maximum toelaatbare L_b/E | 44 |
| Bijlage C Beschrijving experiment ter bepaling van praktische meetmethode voor L_b/E | 51 |
| Bijlage D Instructie proefpersonen | 55 |

Glans als bron van hinder bij het lezen van drukwerk

P.M. van Bergem en P. Padmos

SAMENVATTING

In opdracht van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid werd een studie uitgevoerd naar de visuele hinder van glans bij het lezen van drukwerk. In deze studie, die gericht is op de praktijk van de Arbeidsinspectie, werd achtereenvolgens aandacht besteed aan de volgende aspecten:

- a. de omstandigheden waarbij hinderlijke glans in drukwerk kan optreden;
- b. de bruikbaarheid van de contrastweergavefactor CRF, die in de internationale literatuur geopperd wordt als maat voor de kwantitatieve beschrijving van glanseffecten in drukwerk;
- c. praktische richtlijnen ter minimalisering van glans in gangbaar drukwerk.

Uit literatuuronderzoek bleek dat CRF geen eenduidige maat is voor de hinder van glans in drukwerk. Voor het meest gangbare, niet al te glansgevoelige, drukwerk is CRF nog wel bruikbaar, maar de berekening en meting ervan is verre van eenvoudig. Daarom werd CRF niet geschikt geacht voor de praktijk van de Arbeidsinspectie. Een alternatieve maat, de verhouding van de bronluminantie in de spiegelrichting en de verlichtingssterkte op het werkvlak, L_b/E , werd experimenteel getoetst en bleek in afhankelijkheid van de glansgevoeligheid van het drukwerk wel goed bruikbaar als indicator van het 'glansopwekkend' vermogen van de verlichting. Bovendien is L_b/E vrij eenvoudig te bepalen. Tezamen met de in dit rapport geformuleerde praktische richtlijnen is dit een goed instrument om glans in gangbaar drukwerk te minimaliseren.

¹Per 1 februari 1994 is de naam Instituut voor Zintuigfysiologie TNO gewijzigd in TNO Technische Menskunde.

Gloss as a source of discomfort in reading tasks

P.M. van Bergem en P. Padmos

SUMMARY

Under contract of the Ministry of Social Affairs and Employment a study was carried out on the visual discomfort experienced from gloss in reading tasks. In this study, which was focused on the practice of the Labour Inspectorate, the following aspects were treated successively:

- a. the circumstances under which gloss can occur in printed matter;
- b. the usefulness of the Contrast Rendition Factor CRF which is proposed in the international literature as a measure for the quantitative description of gloss effects in printed matter;
- c. practical directives to minimize gloss in current print.

From a study of the literature it was concluded that CRF is a rather ambiguous measure for the visual discomfort experienced from gloss in printed matter. Although CRF is still useful for most of the current print with weak gloss sensitivity, measurement and calculation of CRF is far from easy. That was why CRF was concerned not suitable for the practice of the Labour Inspectorate. An alternative measure, the ratio between source luminance in the specular direction and the illuminance on the working plane, L_b/E , was tested experimentally. L_b/E appeared to be a good indicator of the gloss generating ability of the lighting

in dependence of the gloss sensitivity of the reading material. In addition L_b/E is relatively easy to measure. Together with the practical directives formulated in this report it is a useful instrument to minimize gloss in current print.

1 INLEIDING

Het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid heeft voor het opstellen van eenduidige richtlijnen voor de verlichting van werkplekken behoefte aan nader onderzoek met betrekking tot een aantal aspecten in de huidige norm- en regelgeving (NSVV, 1981; NNI, 1991a, 1991b). Reeds eerder werd door TNO Technische Menskunde (TNO-TM) in opdracht van DGA gerapporteerd over het onderzoek naar de benodigde verlichtingssterkte bij verschillende toepassingen van binnenverlichting (Van Bergem & Padmos, 1989). In het navolgende komt het aspect glans in drukwerk aan de orde.

Afhankelijk van de richtingen waarin het licht op de visuele taak invalt kan dit licht geheel of gedeeltelijk spiegelend worden gereflecteerd in de waarnemingsrichting. Bij het lezen van drukwerk kunnen bij niet matte oppervlakken hierdoor ongunstige visuele effecten optreden. Zo zal de spiegelende reflectie van een hoge luminantie in de drukletters het contrast in de taak verminderen, hetgeen de leesbaarheid nadelig kan beïnvloeden.

Naast de op papier gedrukte teksten worden tegenwoordig vooral ook teksten op beeldschermen gepresenteerd. Ondanks het feit dat spiegeling en glans in beeldschermen een reëel probleem kan vormen, beperkt dit rapport zich tot glans in drukwerk. Over glans in beeldschermen zijn expliciete richtlijnen opgesteld: NEN 3087 (NNI, 1991a), P 184 (SZW, 1993).

In de internationale literatuur wordt de contrastweergavefactor (CRF) geopperd als maat voor de kwantitatieve beschrijving van glanseffecten in drukwerk. De contrastweergavefactor is zelfs opgenomen in de Amerikaanse en enkele Europese verlichtingsnormen. Desondanks moeten we constateren dat er in de praktijk nauwelijks mee gewerkt wordt. Dit was voor DGA de reden om aan TNO-TM de vraag te stellen of de contrastweergavefactor als kwantitatieve beschrijving bruikbaar is voor de praktijk van de Arbeidsinspectie. Zo ja, welk criterium hieraan gesteld kan worden en zo nee, welke maatstaf dan wel moet gelden.

In dit rapport is gekozen voor een systematische aanpak van het probleem, waarbij vooral getracht wordt meer inzicht te geven in de omstandigheden waarbij hinderlijke glans in drukwerk optreedt en hoe men deze hinderlijke glans kan voorkomen. Dit rapport mondt uit in praktische richtlijnen.

2 GEOMETRIE VAN DE COMBINATIE VISUELE TAAK / WAARNEMER / VERLICHTING

2.1 De visuele taak

2.1.1 Gerichte, diffuse en gemengde reflectie

Veel materialen kaatsen een deel van het opvallende licht terug. Het andere deel wordt door het materiaal geabsorbeerd en/of doorgelaten. De *reflectiefactor* ρ is een maat voor het deel van het opvallende licht dat wordt teruggekaatst/gereflecteerd en is gedefinieerd als de verhouding van de gereflecteerde lichtstroom Φ_r , en de opvallende lichtstroom Φ_i :

$$\rho = \Phi_r / \Phi_i \quad (1)$$

Er worden drie soorten van terugkaatsing/reflectie onderscheiden: gerichte, diffuse en gemengde reflectie.

Gerichte reflectie

Valt een bundel evenwijdige lichtstralen op een gepolijst glazen of metalen oppervlak, dan wordt dit licht als een evenwijdige lichtbundel gereflecteerd. De lichtstralen liggen zowel voor als na de reflectie in hetzelfde vlak loodrecht op dat oppervlak, terwijl de hoeken die de opvallende en gereflecteerde stralen met de normaal op dat vlak maken aan elkaar gelijk zijn. Deze reflectie is volgens de spiegelwet en wordt *gerichte of spiegelende reflectie* genoemd (Fig. 1).

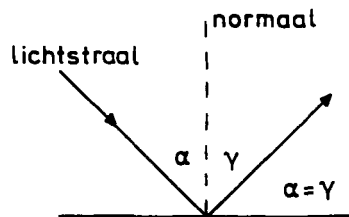


Fig. 1 Gerichte of spiegelende reflectie bij een volmaakte spiegel. Volgens de spiegelwet is de hoek van inval (α) gelijk aan de hoek van uitval, terugkaatsing (γ).

De luminantie van het spiegelbeeld van de lichtbron in het oppervlak van het materiaal is gelijk aan:

$$L = \rho \cdot L_b \quad (2)$$

Hierin is L de luminantie van het spiegelbeeld, L_b de luminantie van de lichtbron en ρ de reflectiefactor van het spiegelende oppervlak.

Diffuse reflectie

De meeste oppervlakken reflecteren niet gericht. Ze verstrooien (diffuseren) veel van het opvallende licht in allerlei richtingen. Deze reflectie wordt *diffuse reflectie* genoemd. Diffuse reflectie kan op twee manieren tot stand komen:

- 1 Een deel van het opvallende licht dringt het materiaal van het object binnen. Daar wordt het licht gedeeltelijk gereflecteerd door de materiaaldeeltjes. Dit proces van veelvuldige reflectie en refractie verstrooit (diffuseert) het licht. Een deel van het verstrooide licht keert op deze wijze terug naar de oppervlakte van het object, vanwaar het het object in alle richtingen weer verlaat. Het overige licht dat het materiaal is binnengedrongen wordt geabsorbeerd of soms ook doorgelaten.
- 2 Het oppervlak is niet glad. Een niet volkomen glad oppervlak kan beschouwd worden als zijnde opgebouwd uit een groot aantal kleine vlakjes, die allerlei hoeken met elkaar maken, zodat de normale op deze kleine vlakjes alle mogelijke posities kunnen hebben. Wanneer nu deze kleine vlakjes op zichzelf gericht reflecteren, worden de evenwijdig invallende lichtstralen toch in alle richtingen gereflecteerd. In Fig. 2 is dit schematisch weergegeven.

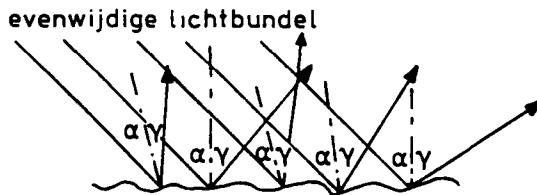


Fig. 2 Diffuse reflectie bij een niet glad oppervlak.

In tegenstelling tot een spiegelend oppervlak heeft een diffuus reflecterend oppervlak niet alleen in de spiegelrichting, maar in alle richtingen een zekere luminantie. Bij een volkomen diffuserend oppervlak (Lambertstraler) is de luminantie onafhankelijk van de hoek γ (Fig. 3):

$$L = \rho \cdot E / \pi \quad (3)$$

Hierin is L de luminantie van het volkomen diffuserende oppervlak en E de verlichtingssterkte op dat oppervlak.

Bij diffuse reflectie is dus de verlichtingssterkte bepalend voor de luminantie van het oppervlak; bij gerichte (spiegelende) reflectie is het de luminantie van de lichtbron. Zie formule (2).

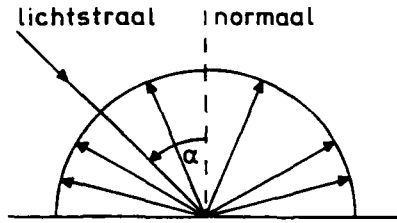


Fig. 3 Luminantieverdeling bij volkomen diffuse reflectie door een volkomen mat oppervlak.

Gemengde reflectie

De twee extreme vormen van reflectie, de volkomen gerichte en de volkomen diffuse, treden bij geen enkel oppervlak zuiver op. Bij veel matte oppervlakken benadert de luminantieverdeling bij loodrechte lichtinval weliswaar die van de Lambertstraler, maar hoe meer de lichtinvalsrichting hiervan afwijkt, hoe spitser de verdeling ter plaatse van de spiegelhoek wordt (Fig. 4a). Zelfs de best geslepen en gepolijste spiegel vertoont nog een, zij het zeer kleine, diffuse reflectie naast de gerichte.

Ook kan er sprake zijn van een optelling van twee effecten: de diffuse reflectie van een mat oppervlak en de gerichte reflectie van een glanzende laag die over dit oppervlak heen is aangebracht (bv. papier in plastic inschuifmapje). Zie Fig. 4b.

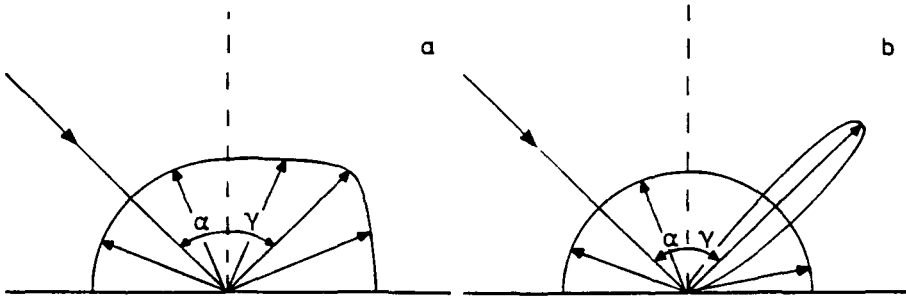


Fig. 4 Luminantieverdeling bij: a. niet volkomen diffuse reflectie; b. gemengde reflectie.

Terminologie

Men spreekt over de *diffuse reflectiefactor* ρ_d , die gedefinieerd is als de verhouding van het diffuus gereflecteerde deel van de (totale) gereflecteerde lichtstroom Φ_d en de opvallende lichtstroom Φ_i^2 :

² De meetwaarde is afhankelijk van de gebruikte meetmethode.

$$\rho_d = \Phi_d / \Phi_i \quad (4)$$

De *spiegelreflectiefactor* ρ_s is gedefinieerd als de verhouding van het gericht gereflecteerde deel van de (totale) gereflecteerde lichtstroom Φ_r , en de opvallende lichtstroom Φ_i :

$$\rho_s = \Phi_r / \Phi_i \quad (5)$$

Bij vele voorwerpen is deze spiegelreflectiefactor afhankelijk van de lichtinvalsrichting; deze neemt toe naarmate de hoek van inval groter is.

De verdeling van het door een oppervlak gereflecteerde licht laat zich echter het beste fysisch beschrijven door middel van de *bundelreflectiefactor*. De bundelreflectiefactor R is gedefinieerd als de verhouding van de in de richtingen binnen een bepaalde ruimtehoek gereflecteerde lichtstroom (Φ_r) en de lichtstroom ($\Phi_{r,wit}$) die in dezelfde richtingen door een volkomen mat en ideaal wit oppervlak wordt gereflecteerd bij dezelfde verlichting.

$$R = \Phi_r / \Phi_{r,wit} \quad (6)$$

Wanneer de ruimtehoek waarbinnen wordt gemeten gelijk is aan een halve bol, dan is $R = \rho$. Wanneer de ruimtehoek waarbinnen de lichtstroom gemeten wordt naar nul nadert, is de bundelreflectiefactor niets anders dan de luminantiefactor. De *luminantiefactor* β is gedefinieerd als de verhouding van de luminantie L van een oppervlakte-element in een bepaalde richting en de luminantie L_{wit} in dezelfde richting van een volkomen mat en ideaal wit oppervlak bij dezelfde verlichting.

$$\beta = L / L_{wit} \quad (7)$$

Omdat per definitie voor een ideaal wit oppervlak geldt dat $\rho = 1$, is volgens formule (3) L_{wit} gelijk aan E/π . Dus geldt:

$$\beta = \pi L / E \quad (8)$$

2.1.2 Glans

Glans is de sensatie die wordt opgewekt door lokale maxima in de verdeling van het licht dat door een oppervlak wordt gereflecteerd, wanneer dit oppervlak bij gerichte verlichting en onder bepaalde hoeken wordt beschouwd. Materialen glansen dus wanneer ze een niet volkomen diffuse reflectie vertonen waarin naast een diffuse reflectiecomponent ook in meer of mindere mate een gerichte reflectiecomponent in de waarnemingsrichting aanwezig is.

In Fig. 5 is voor drie in waarneembare glans verschillende papersoorten de verdeling van het gereflecteerde licht weergegeven voor waarnemingshoeken γ tussen 0° en 90° en bij een lichtinvalsrichting $\alpha = 45^\circ$.

De grotere bundelreflectiefactor onder de waarnemingshoek van 45° betreft hier het licht dat spiegelend (gericht) gereflecteerd wordt. Dit geeft een indicatie van de mate waarin het materiaal glanst. Één van de materialen is mat wit papier (A) dat weinig of geen glans vertoont; de desbetreffende curve vertoont geen piek in de spiegelhoek ($\gamma = 45^\circ$). De curve voor het glanzende witte papier (B) bevat echter wel zo'n piek. Voor het glanzende zwarte papier (C) verloopt de curve in en nabij de spiegelhoek praktisch hetzelfde, maar onder de andere hoeken is R duidelijk kleiner dan die voor het glanzende witte papier. Ver buiten het spiegelingsgebied rond $\gamma = 45^\circ$, wordt het diffuus gereflecteerde licht gemeten en zijn de waarden voor R dus typerend voor de diffuse reflectie, die voor zwart papier inderdaad kleiner is dan voor wit papier.

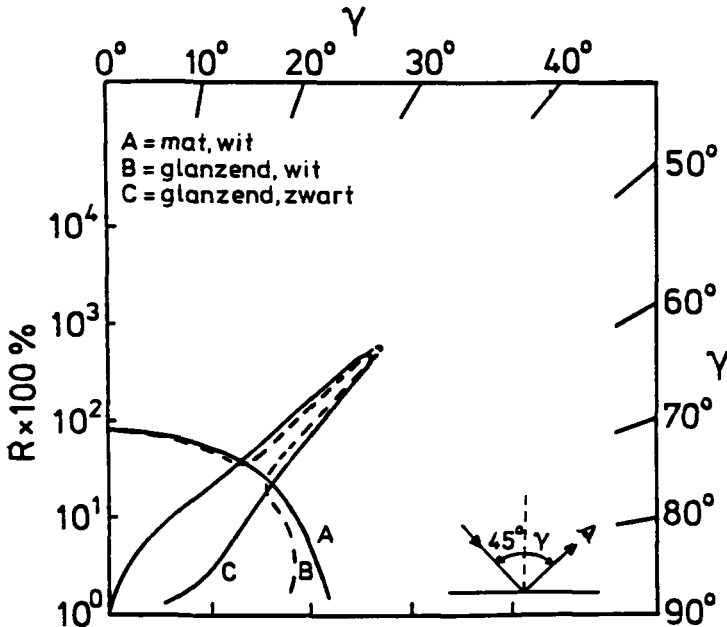


Fig. 5 Bundelreflectiefactoren R ($\times 100\%$) van drie in waarneembare glans verschillende papersoorten voor waarnemingshoeken γ van 0° tot 90° en bij een lichtinvalsrichting α van 45° , naar Hunter (1975).

Glansgewaarwording

Ondanks het feit dat het maximum van de glanslob voor het glanzende witte papier (B) iets groter is dan voor het glanzende zwarte (C), zal men in het glanzende zwarte papier toch meer glans gewaar worden. Voor de glansgewaarwording is namelijk niet alleen de hoogte van de glanslob bepalend, maar is ook deze hoogte ten opzichte van de hoeveelheid (diffuus) gereflecteerd licht onder de overige (niet-spiegel-)hoeken van belang.

Overigens is ook de breedte van de glanslob belangrijk voor de soort glans die men ervaart. Is deze smal en alleen geconcentreerd rond de spiegelhoek dan is er sprake van een spiegelend oppervlak, waarin het spiegelbeeld van de lichtbron scherp afgebeeld te zien is. Naarmate de lob breder is en aan weerskanten meer geleidelijk afloopt zullen de contouren van het spiegelbeeld vervagen en zullen er in het materiaal alleen lichte plekken zichtbaar zijn. Dit laatste is het geval bij drukwerk. De glanslob bij drukwerk is in het algemeen niet breder dan 6° (Reitmaier, 1979).

Glansgevoeligheid

Een algemeen bruikbare psycho-fysische maat voor glans (d.w.z. een fysische maat die voor vele materialen en verlichtingsomstandigheden een goede overeenkomst heeft met de glansgewaarwording) is tot nu toe nog niet gevonden. Wel hanteert men de spiegelreflectiefactor ρ_s om voor verschillende papiersoorten een gradatie in glansgevoeligheid aan te geven (CIE, 1986).

Wij hanteren in dit rapport de term glansgevoeligheid wanneer het gaat om de materiaaleigenschap en niet om de door de waarnemer ervaren glans. Daarbij beschouwen wij de luminantie van de glansplek, L_g , opgebouwd uit twee componenten: L_s , de luminantie van het gerichte deel en L_d , de luminantie van het diffuse deel. Strikt genomen is dit een theoretisch concept omdat L_s en L_d bij dezelfde geometrie niet kunnen worden gescheiden. Maar omdat L_d heel weinig hoekafhankelijk is, kunnen we L_d benaderen door L , de luminantie van het materiaal buiten de glansplek.

De *glansgevoeligheid* g , uitgedrukt in procenten, is nu:

$$g = (L_g - L / L_s) \times 100\% \quad (9)$$

Met andere woorden: g geeft het zuiver spiegelend deel van de gemengde reflectie weer en is als zodanig niets anders dan de spiegelreflectiefactor ρ_s , zoals gedefinieerd in § 2.1.1.

2.1.3 Drukwerk

Uit het voorgaande blijkt dat de verdeling van het gereflecteerde licht bij een bepaalde lichtinvalsrichting in hoofdzaak bepaald wordt door de oppervlaktestructuur van het materiaal. Ook bij papier is dat het geval. De meeste papier-soorten zijn samengesteld uit ruwe vezels die samengeperst worden. Hoe groter de mate van persing (satineren) hoe vlakker het papier en dus hoe meer er sprake zal zijn van een gerichte component in het gereflecteerde licht.

Bij papier neemt verder de gerichte reflectiecomponent toe met toenemende lichtinvalshoek. Zo kan zelfs bij mat papier toch gerichte reflectie optreden bij scherend invallend licht.

Bij de fabricage van sommige papiersoorten wordt een bepaalde substantie toegevoegd aan de vezels waardoor het papieroppervlak gladder wordt. Soms wordt zelfs ter versteviging of bescherming, maar ook wel uit esthetische overwegingen, apart nog een gladde transparante laag, een bepaalde coating of

laminaat, over het bedrukte papier heen aangebracht. Dientengevolge kan, afhankelijk van de papiersoort de luminantieverdeling van het papier variëren tussen diffuus (Fig. 2) en gemengd (Fig. 4b).

Volkomen mat papier vertoont geen gerichte reflectiecomponent en heeft derhalve een glansgevoeligheid $g=0$. Onder voorkomend drukwerk in een kantoor situatie blijkt uit eigen meting dat het meest glansgevoelige papier een g van 0,5% heeft. Bij de gemengde luminantieverdeling van papier in een glad inschuifmapje is een g van 3,6% gemeten (Tabel I).

Tabel I Gemeten waarden voor de glansgevoeligheid van een aantal typen drukwerk. Zie Bijlage A voor meer informatie.

| omschrijving drukwerk | glansgevoeligheid g (in %) | |
|---------------------------|------------------------------|----------|
| | papier | drukinkt |
| correspondentie | | |
| printeruitdraai | 0,0 | 0,0 |
| fotokopie | 0,0 | 0,0 |
| fotokopie + inschuifmapje | | |
| -glad | 3,6 | 3,6 |
| -mat | 0,6 | 0,6 |
| tijdschriften | | |
| Lighting Res. & Techn. | 0,0 | 0,0 |
| TNO Magazine | 0,1 | 0,3 |
| Elektrotechniek | 0,3 | 0,5 |
| boeken | | |
| boek zonder foto's | 0,1 | 0,4 |
| boek met foto's | 0,2 | 0,8 |
| overig | | |
| produktinformatie | 0,0 | 0,2 |
| idem | 0,4 | 0,6 |
| cursusaankondiging | 0,5 | 0,8 |

Ook de op het papier aangebrachte tekst kan glanzen. De verdeling van het door de drukinkt gereflecteerde licht hangt in de eerste plaats af van de wijze waarop de tekst op het papier wordt aangebracht. Zo zal de tekst die luchtig is aangebracht op een ruwe papiersoort de structuur van het papier niet wezenlijk veranderen en net als het papier praktisch geen glans kunnen vertonen. Daarentegen zal tekst die op het zelfde matte papier met kracht wordt aangebracht de textuur ter plaatse pletten en dus wel spiegelende reflectie kunnen vertonen. Drukinkt op gesatineerd papier kan dus net als het papier ook glanzen.

De glansgevoeligheid van de drukinkt is bovendien afhankelijk van de hars/pigment-verhouding in de samenstelling van de inkt. Drukinkt is glansgevoeliger naarmate het aandeel van de hars of de vernis groter is.

Uit de resultaten van de reflectiemetingen aan voorkomend drukwerk (Tabel I) blijkt dat bij glansgevoelig papier de drukinkt vrijwel altijd nog iets glansgevoeliger is. Vooral in drukwerk waarin veel foto's gepresenteerd worden is de glansgevoeligheid van de drukinkt groter dan die van het papier. Combinaties van glansgevoelig papier en matte drukinkt komen niet voor in het verzamelde leesmateriaal (Bijlage A).

2.2 De positie van de waarnemer

Voor de waarneming van glans is de positie van de waarnemer ten opzichte van de visuele taak belangrijk. Bij waarneming van slechts één enkel punt in de visuele taak is er maar één positie van waaruit glans waarneembaar is. Wordt daarentegen zoals bij leestaken een vlak beschouwd, dan verandert daarin de plaats van de glans met de plaats van waarneming (Fig. 6).

De plaats van de glans volgt uit de spiegelwet volgens welke de hoek van inval gelijk is aan de hoek van terugkaatsing, zoals bij een volmaakte spiegel het geval is.

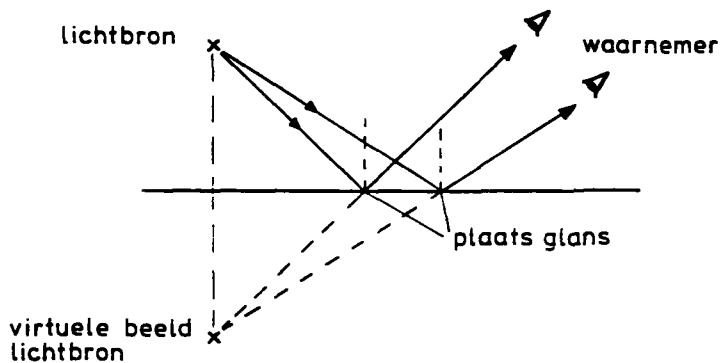


Fig. 6 De plaats van de glans verandert met de plaats van de waarneming³.

³ Hier is voor de eenvoud steeds uitgegaan van eenogige (monoculaire) waarneming. In § 3.1 wordt ingegaan op de gebruikelijke waarneming met twee ogen (binoculaire waarneming).

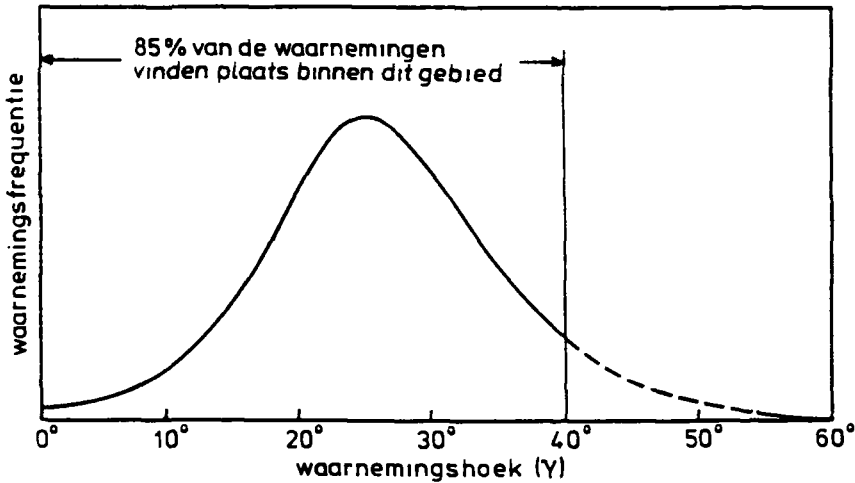


Fig. 7 Gemeten verdeling van de waarnemingshoek (met de normaal op de visuele taak) bij schrijf- en leestaken in kantoren naar Allphin (1963).

Het blijkt dat in werksituaties leestaken op papier onder zeer uiteenlopende hoeken worden waargenomen (Rea e.a., 1985). In Fig. 7 is voor kantoren en scholen de door Allphin (1963) gemeten verdeling van deze hoeken weergegeven, waarin duidelijk een piek te onderscheiden is bij een hoek van 25° met de normaal op de visuele taak. In Fig. 7 is ook af te lezen dat 85% van de waarnemingen plaatsvindt tussen 0° en 40°.

2.3 De verlichting

In de voorgaande twee paragrafen is meestal uitgegaan van gerichte verlichting met een evenwijdige lichtbundel afkomstig van een enkele lichtbron van geringe afmetingen. Andere verlichtingsgeometrieën kunnen echter invloed hebben op de verdeling van het gereflecteerde licht en dus op de glans die het drukwerk kan vertonen.

2.3.1 Verhouding van bronluminantie en verlichtingssterkte

Bij glans is er in de lichtverdeling van het door het materiaal teruggekaatste licht altijd in meer of mindere mate een gerichte reflectiecomponent aanwezig naast de diffuse reflectiecomponent (§ 2.1.2). Naarmate de gerichte reflectiecomponent ten opzichte van de diffuse groter is neemt de glans toe. Met andere woorden, wanneer de verhouding L_r/L van de luminantie in de spiegelrichting (L_r) en de luminantie (ver) buiten deze spiegelrichting (L) voldoende groot is, is er sprake van glans.

Betrokken op uitsluitend de verlichting, dus los van de glansgevoeligheid van het leesmateriaal, kan op grond van het bovenstaande worden afgeleid dat de verhouding L_b/E van de bronluminantie (L_b) in de spiegelrichting en de verlichtingssterkte (E) op het leesmateriaal voor glans van belang is.

Dit laat zich als volgt verklaren. Uit formule (9), § 2.1.2, volgt dat de luminantie L_g in de spiegelrichting afhangt van glansgevoeligheid g , de bronluminantie L_b , en het diffuus gereflecteerde deel van de luminantie in de spiegelrichting (L_d , welke benaderd wordt door L), volgens:

$$L_g = (g/100)L_b + L \quad (10)$$

En de verlichtingssterkte op het drukwerk is, afgezien van de reflectie-eigenschappen daarvan, bepalend voor de luminantie L buiten de spiegelrichting: $L = \beta \cdot E / \pi$ (§ 2.1.1). Nu is:

$$L_g/L = (\pi/100) \cdot (g/\beta) \cdot (L_b/E) + 1 \quad (11)$$

Naarmate L_b/E groter is, zal voor niet volledig mat materiaal L_g/L groter zijn en er dus meer glans in optreden.

2.3.2 Plaats en afmetingen lichtbron

De plaats en de afmetingen van de lichtbron kunnen ook invloed hebben op de waarneembare glans. Verandert de plaats van de lichtbron, dan verandert ook de plaats van de glans (Fig. 8).

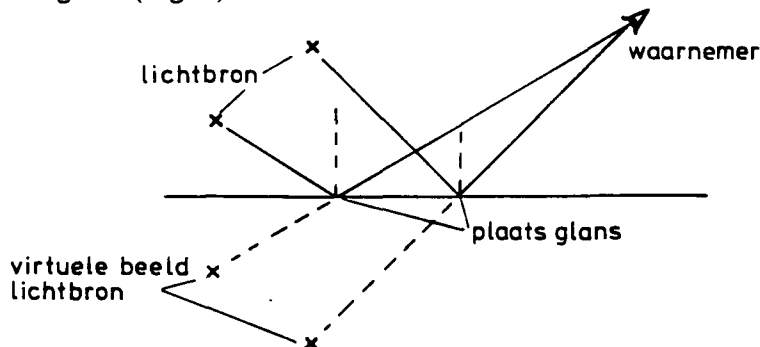


Fig. 8 De plaats van de glans verandert met de plaats van de lichtbron. Zie voetnoot bij Fig. 6.

Ook geldt dat naarmate de lichtbron groter is, de oppervlakte van de glansplek toeneemt. Dit geldt totdat de lichtbron zo groot is, dat er geen sprake meer is van gerichte verlichting. Dan geldt dat naarmate het licht uit meerdere richtingen op het object invalt, ook de lichtverdeling van het gereflecteerde licht meer diffuus zal worden en de glans steeds meer zal afnemen. Als uiterste kan hier de verlichtingssituatie buiten bij een bedekte hemel worden genoemd (relatief

gezien is hier L_b klein en E groot). Maar ook bij een lichtend plafond, bij indirecte verlichting of bij een bureau direct voor het raam ($L_b/E \approx 4$) kan deze situatie zich voordoen. Glansgevoelig materiaal zal dan onder deze vrij diffuse verlichting geen of nauwelijks glans vertonen. Terwijl dit zelfde materiaal bij een verlichting met een puntvormige lichtbron juist de sterkste glans vertoont.

2.4 De kritische zone voor de verlichting

Uit het voorgaande zal het duidelijk zijn dat voor glans in drukwerk twee aspecten van belang zijn:

- 1 de reflectie-eigenschappen (glansgevoeligheid) van het drukwerk;
- 2 de geometrie van lichtinvalsrichting / visuele taak / waarnemingsrichting.

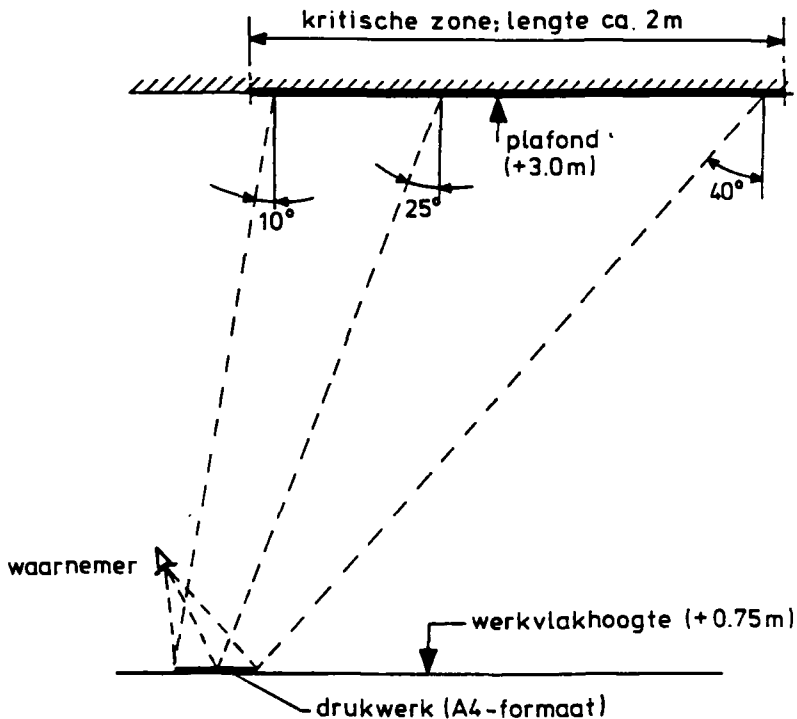


Fig. 9 De kritische zone waarbinnen hoge luminanties glans in niet volledig mat drukwerk kunnen veroorzaken. Deze zone breidt zich overeenkomstig uit ter linker en rechter zijde van de waarnemer (ooghoogte: 400 mm). Voor het voorbeeld in de figuur meet deze zone $2 \times 1,5$ m. Naar Reitmaier (1979).

In niet volledig mat drukwerk, waarvan de glansgevoeligheid voor papier en/of drukinkt groter dan nul is, kan de waarnemer in de spiegelrichting glans gewaarworden indien in het teruggekaatste licht de gerichte component ten opzichte van de diffuse component relatief groot is. Dit doet zich voor wanneer er een

verlichtingsarmatuur in de kritische zone (Fig. 9) aanwezig is en de verhouding L_b/E groot genoeg is. Overigens zullen verlichtingsarmaturen met een sterk (benedenwaarts) gerichte bundel (spots bv.), ook al komen ze in delen van de kritische zone voor, geen glans veroorzaken vanwege hun lage luminantie in de spiegelrichting.

In Fig. 9 is voor de in de praktijk meest voorkomende opstelling van werkvlak en waarnemer de genoemde geometrie weergegeven. Uit het voorgaande volgt dat deze kritische zone bij gegeven visuele taak- en kijkpositie gemakkelijk is na te gaan door op de plaats van de visuele taak een spiegel neer te leggen.

3 KWANTIFICERING VAN GLANS IN DRUKWERK

3.1 Mogelijke effecten van glans op de waarneming

Mogelijke effecten van glans op de waarneming van drukwerk zijn:

a Verminderde zichtbaarheid

Verminderde zichtbaarheid van de tekst in drukwerk kan door vier mechanismen worden veroorzaakt:

- Contrastreductie;
Een belangrijke voorwaarde voor de leesbaarheid van tekst op papier is dat er tussen letter en ondergrond een zeker minimum aan contrast aanwezig is. Als gevolg van glans kan er echter een contrastreductie optreden, die een verminderde zichtbaarheid tot gevolg kan hebben (Ronchi & Neri, 1974; De Boer, 1977; Reitmaier, 1979). Zie Fig. 5 (C en B): in de spiegelrichting is de reflectie van zwart (vergelijk met drukinkt) vrijwel gelijk aan die van wit (papier). Glans kan zelfs tot contrastomkeer leiden, waarbij de luminantie van de tekst groter is dan die van het papier.
- Aangetaste contourdefinitie;
Wanneer tekst met kracht op papier wordt aangebracht, kan op de plaats van de tekst het papier worden ingedrukt. Op de overgang van wel en niet ingedrukt papier, d.i. ter plaatse van de contouren van de letters, kunnen spiegelende reflecties optreden. De hierdoor veroorzaakte glansplekjes kunnen de contouren vervormen, waardoor de scherpte van de letter afneemt en de zichtbaarheid kan verminderen (De Boer, 1977).
- Successieve lichtadaptatie;
Door glans kan de luminantie van het papier plaatselijk worden verhoogd. Als gevolg daarvan zal de waarnemer bij het lezen van de tekst afwisselend moeten adapteren op de hoge en lage luminanties die zich in het papier voordoen. Dit kan leiden tot een tijdelijke vermindering van de contrastgevoeligheid van het netvlies, die zo groot kan zijn dat dit een verminderde taak-zichtbaarheid tot gevolg kan hebben (Boynton e.a., 1969).

- Indirecte verblinding;

Door glans die met name naast de te lezen tekst optreedt wordt plaatselijk de luminantie binnen het gezichtsveld verhoogd. Het daardoor veroorzaakte strooilicht in de oogmedia vermindert het contrast van het beeld op het netvlies. Glansverschijnselen in papier zijn meestal te zwak om dit effect te veroorzaken. Daarentegen kan indirecte verblinding zich wel voordoen bij spiegeling van lichtbronnen in gladde oppervlakken die zich in de directe omgeving van de te lezen tekst bevinden, zoals bijvoorbeeld in gepolijste of glazen bureaubladen. Volgens Stones en Groves (1968) en Hopkinson (1963) geeft dit eerder hinder (vermindering van het kijkgemak) dan vermindering van prestatie.

b Fototropische afleiding

De aandacht wordt afgeleid in de richting van de heldere lokaties die door glans in of nabij het drukwerk veroorzaakt kunnen worden. Dit kan tot vermindering van het kijkgemak leiden (Boyce, 1981a).

c Tegenstrijdige informatie voor beide ogen

Wordt het drukwerk in de spiegelrichting waargenomen, dan kunnen zich daarin glansverschijnselen voordoen die bij afwisselende waarneming met het rechter en linker oog in plaats en intensiteit verschillen.

Op voor beide ogen met elkaar corresponderende plaatsen van het netvlies worden nu luminanties geprojecteerd die niet met elkaar overeenstemmen. Deze tegenstrijdige informatie kan het kijkgemak verminderen (Hartmann, 1970).

d Accommodatieprobleem

Het virtuele beeld van de glansbron bevindt zich bij spiegeling op een andere afstand dan de te lezen tekst. Het oog probeert in dat geval op beide beelden scherp te stellen; dit wordt fusieprikkel genoemd (Hartmann, 1970).

Het is echter onwaarschijnlijk dat dit probleem zich voor zal doen bij leestaken op papier. Papier, ook het meest glansgevoelige, zal namelijk altijd enige structuur vertonen waardoor de lichtbron nooit echt scherp zal worden afgebeeld in het vlak van het papier. De bedoelde fusieprikkel zal dus bij drukwerk uitblijven. Alleen bij drukwerk in een glad inschuifmapje kan dit effect wel optreden.

Voor drukwerk vallen dus de effecten van de indirecte verblinding en het accommodatieprobleem af. Verder zal naar verwachting voor de praktijk het effect van de aangetaste contourdefinitie niet echt belangrijk zijn. Voor de overige effecten geldt dat verminderde zichtbaarheid door successieve lichtadaptatie, en fototropische afleiding alleen kunnen voorkomen bij glansgevoelig papier. Contrastreductie en tegenstrijdige informatie voor beide ogen zijn effecten die zowel bij mat als glansgevoelig papier een rol kunnen spelen.

3.2 Gevonden verbanden tussen contrastreductie en prestatie c.q. waardering

In de literatuur wordt voor de kwantitatieve omschrijving van de betekenis van glansverschijnselen voor het waarnemen van drukwerk onderscheid gemaakt tussen twee criteria, de visuele prestatie en de subjectieve waardering.

3.2.1 Visuele prestatie

Beslissende parameters voor de visuele prestatie zijn: adaptatieluminantie, contrast en detailgrootte, alsmede de individuele contrastgevoeligheid en gezichtsscherpte van de waarnemer. Omdat dit dezelfde parameters zijn die ook voor de zichtbaarheid van een object van beslissende betekenis zijn, gaat de CIE (1981) ervan uit dat een bepaalde maat voor de zichtbaarheid van een taak bepalend is voor de mogelijke visuele prestatie. Deze maat wordt het zichtbaarheidsniveau genoemd en geeft als zodanig de bovendrempeligheid van de visuele taak weer. Het zichtbaarheidsniveau omvat de verlichtingskenmerken, de detailgrootte en het contrast in de visuele taak en de contrastgevoeligheid van de waarnemer. Contrastreductie komt hier dus neer op een vermindering van het zichtbaarheidsniveau, hetgeen volgens het CIE-model bij de gangbare niveaus in werkruimten leidt tot vermindering van de visuele prestatie.

De moeilijkheden die zijn ondervonden bij de toepassing van dit model zijn hoofdzakelijk veroorzaakt door het gebrek aan de juiste methoden om de precieze aard van de werkelijke visuele taak te definiëren. Dit heeft er toe geleid dat dit model, slechts beperkt wordt toegepast in Amerika en voor praktische toepassing nooit echt ingang heeft gevonden in Europa (Boyce, 1983).

Andere onderzoekers kozen voor een meer praktische benadering en lieten proefpersonen bij voor glansverschijnselen noodzakelijke verlichtingsgeometrieën min of meer realistische visuele taken uitvoeren die onderling verschilden in de glansgevoeligheid van zowel papier als inkt. Voor de gemeten visuele prestatie waren steeds snelheid en nauwkeurigheid bepalend.

Bij *mat papier* en in glansgevoeligheid variërende drukinkt blijkt de visuele prestatie bepaald te worden door het actuele (gereduceerde) contrast in de visuele taak volgens een relatie zoals die in Fig. 10 is weergegeven. Het verloop van deze curve is door Rea (1981) aan numerieke verificatietaken gemeten en wordt later door Slater (1983) bevestigd. Het actuele contrast is hier dus het contrast in de visuele taak dat is gemeten in de beschouwde verlichtingssituatie.

Uit de gevonden relatie kan worden afgeleid dat bij een zwak intrinsiek⁴ contrast (d.i. $C < 0,3$) de kleinste contrastreductie door glans in de drukinkt tot vermindering van de visuele prestatie leidt. Daarentegen is bij een goed intrinsiek contrast (d.i. $C \geq 0,8$) pas sprake van prestatieverlies wanneer er een aanzienlijke contrastreductie optreedt; meer dan 75% voor nagenoeg mat papier met glansgevoelige drukinkt en een intrinsiek contrast van $C = 0,9$.

⁴ Het intrinsieke contrast is het contrast bij glansvrije verlichting.

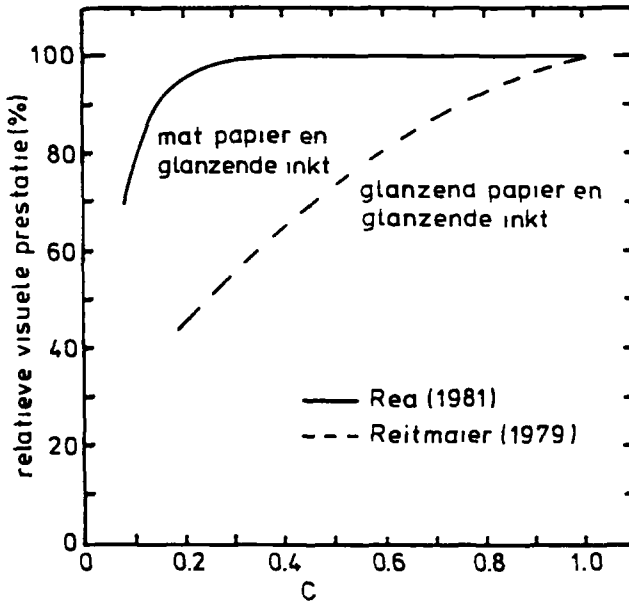


Fig. 10 De relatieve visuele prestatie (snelheid en nauwkeurigheid) in afhankelijkheid van het actuele (gereduceerde) contrast. Het contrast is hier gedefinieerd als $C = \Delta L / L_b$, waarin ΔL het luminantieverschil tussen drukletter en papierondergrond en L_b de luminantie van de papierondergrond is.

Bij wijze van voorbeeld is voor dergelijk drukwerk waarvan de glansgevoeligheid bekend is ($g_{\text{papier}}=0,03$ en $g_{\text{drukinkt}}=0,24$; zie Bijlage A), uitgerekend dat voor een contrastreductie van 75% een verlichting nodig is met een L_b/E van 80. Omdat L_b/E -waarden als deze alleen voor kunnen komen bij uitsluitend plaatselijke verlichting met hoge luminanties zoals die van gloeilampen, zal in de praktijk de contrastreductie in gangbaar drukwerk, dat vrijwel altijd een goed intrinsiek contrast heeft, zelden of nooit prestatieverlies tot gevolg kunnen hebben.

Daarentegen blijkt uit de prestatiemetingen van Reitmaier (1979) dat bij drukwerk op *glanzend papier* contrastreductie vrijwel altijd tot prestatieverlies zal leiden, ook al is het intrinsieke contrast goed (Fig. 10).

Behalve door de contrastreductie wordt de verminderde prestatie bij glanzend papier blijkbaar mede door andere effecten veroorzaakt, zoals het effect van successieve lichtadaptatie (§ 3.1).

3.2.2 Subjectieve waardering

De subjectieve waardering van glans in drukwerk wordt in de literatuur geoperationaliseerd als de subjectieve beoordeling van de hinder die men ervaart bij het lezen van drukwerk door glansverschijnselen op een schaal van onacceptabel/acceptabel/goed.

Pogingen om met fysiologische experimenten een bruikbaar substituuut voor de directe subjectieve beoordeling te vinden hebben tot nu toe nog niets opgeleverd (CIE, 1986).

Een aantal onderzoekers vond correlaties tussen het subjectieve oordeel en de verhouding van het contrast in de glanssituatie en het contrast bij praktisch glansvrije diffuse verlichting (voor deze verhouding wordt hier het symbool M gehanteerd; in feite is M niets anders dan de contrastweergavefactor CRF zoals gedefinieerd in § 3.3.1).

De Boer (1977) rapporteert over een experiment waarin proefpersonen twee tijdschriften moesten lezen; de een met 'matig glanzend' papier en de ander met 'glanzend' papier. De typeringen 'matig glanzend' en 'glanzend' zijn door de onderzoeker gekozen. Een fysische beschrijving van de glansgevoeligheid ontbreekt. Wel worden de namen en de jaargangen van de gebruikte tijdschriften gegeven: respectievelijk 'Lighting Design and Application 4' en 'Lichttechniek 26'. Uit Fig. 11 blijkt dat voor de gedrukte tekst in beide tijdschriften (---) een contrastreductie—d.i. $(1-M) \times 100\%$ —van zo'n 40% als "juist storend" wordt beoordeeld. Maar dat voor foto's op dezelfde papiersorten (—) 20% contrastreductie reeds als storend wordt ervaren.

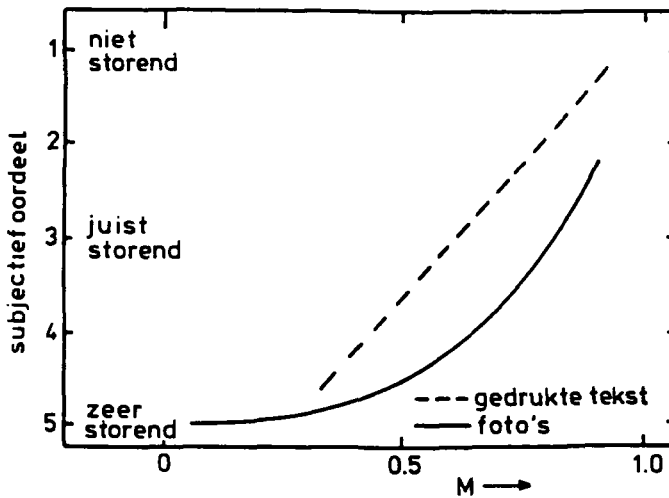


Fig. 11 Subjectieve waardering van glans in drukwerk op 'matig glanzend' en op 'glanzend' papier exclusief (---) en inclusief foto's (—) naar De Boer (1977). M is de verhouding van het contrast in de glanssituatie en het contrast bij praktisch glansvrije diffuse verlichting.

Geringe contrastreducties zijn bij 'matig glanzend' en 'glanzend' papier blijkbaar niet kritisch voor de waardering. Ook Bjorset en Frederiksen (1979) komen tot deze conclusie voor een enorme verscheidenheid aan geschreven en gedrukt leesmateriaal. Zij vonden dat 90% van de proefpersonen een contrastreductie van ongeveer 25% accepteerden, ongeacht of het nu materiaal betrof dat een hoog of een laag intrinsiek contrast bezat. Het subjectieve oordeel wordt hier

kennelijk alleen gebaseerd op de contrastreductie en wordt niet mede bepaald door het intrinsieke contrast, zoals dat bij visuele prestatie wel het geval was (§ 3.2.1).

Uit het werk van Reitmaier (1979) (Fig. 12) blijkt overigens wel dat men voor *zeer glanzend papier* gevoeliger is en hiervoor een geringere contrastreductie accepteert dan voor mat en matig glanzend papier (zie § 3.4.2 voor de door Reitmaier gehanteerde fysische beschrijving van het leesmateriaal).

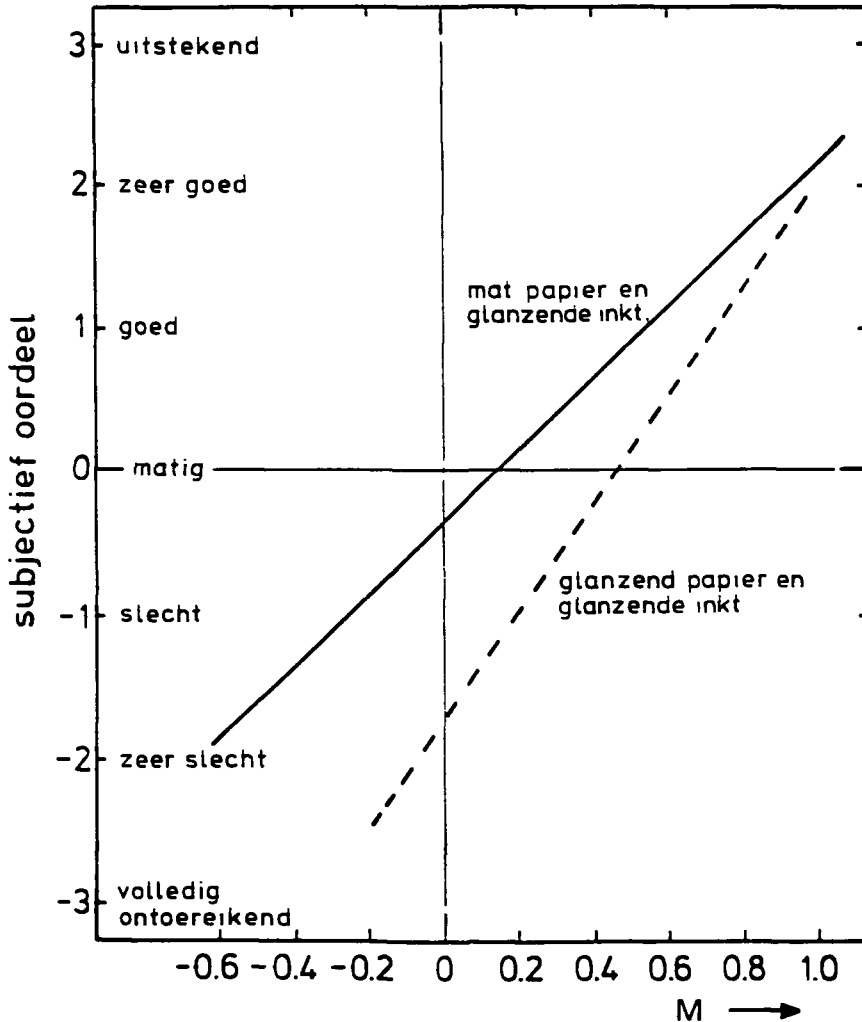


Fig. 12 Gemiddeld subjectief oordeel over de kwaliteit van de verlichting bij glans in drukwerk op mat en matig glanzend papier en op (zeer) glanzend papier naar Reitmaier (1979). Zie voor de definitie van M het onderschrift bij Fig. 11. Bij $M < 0$ is sprake van contrastomkeer ($L_{\text{inkt}} > L_{\text{papier}}$).

Niet alleen voor de prestatie (Fig. 10), ook voor de waardering bij glanzend papier spelen dus blijkbaar andere effecten dan alleen de contrastreductie een

rol, zoals het effect van successieve lichtadaptatie, van tegenstrijdige informatie voor beide ogen, of van (fototropische) afleiding (§ 3.1). Volgens Hartmann (1970) zou hiervan de tegenstrijdige informatie voor beide ogen als het meest storend worden ervaren. In de literatuur zijn hiervoor echter geen verdere aanknopingspunten gevonden.

3.3 De rol van de contrastweergavefactor bij de beschrijving van glans

3.3.1 Definitie

In (CIE, 1981) wordt het effect van glans op de zichtbaarheid van leesmateriaal beschreven met de contrastweergavefactor CRF, die als volgt gedefinieerd is:

$$CRF = C_o / C_{o,ref} \quad (12)$$

$C_{o,ref}$ is gedefinieerd als C_o , maar onder de referentieverlichting die gekenmerkt is door volkomen diffuus en ongepolariseerd invallend licht bij dezelfde achtergrondluminantie.

C_o is het equivalente contrast, d.i. het contrast van een referentietaak met hetzelfde zichtbaarheidsniveau als de werkelijke visuele taak onder de beschouwde verlichting.

Het equivalente contrast C_o wordt bepaald met behulp van een zichtbaarheidsmeter (visibility meter): In feite is het hiermee vastgelegde zichtbaarheidsniveau (d.i. de bovendrempeligheid van de visuele taak, zie § 3.2.1) een aardige maat, omdat hierin behalve de contrastreductie ook de andere zichtbaarheidsvermindende effecten die in § 3.1 zijn besproken, worden meegenomen.

Het gebruik van de zichtbaarheidsmeter voor de bepaling van het equivalente contrast is echter moeilijk en tijdrovend. De meetresultaten zijn bovendien onderhevig aan een behoorlijke spreiding die veroorzaakt wordt door het feit dat de waarnemer een subjectief oordeel moet geven van wanneer de tekst verdwijnt, c.q. niet meer zichtbaar is.

Vanwege de genoemde bezwaren wordt in de literatuur ook wel een alternatieve definitie van CRF gehanteerd, namelijk de verhouding van luminantiecontrasten:

$$CRF = \frac{\text{luminantiecontrast bij beschouwde verlichting}}{\text{luminantiecontrast bij referentieverlichting}}$$

In feite is deze CRF niets anders dan de verhouding M in Fig. 11 en 12.

Boyce (1978) heeft aangetoond dat voor gebruikelijke condities qua leesmateriaal en verlichting de CRF-waarden die als verhouding van luminantiecontrasten gemeten zijn, redelijk overeenkomen met die welke als verhouding van de equivalente contrasten zijn gemeten. Boyce heeft zich daarbij hoofdzakelijk

beperkt tot de matte papiersoorten. Bij glansgevoelig papier zullen er vermoedelijk wel verschillen optreden, omdat de andere zichtbaarheidsverminderende effecten die dan ook een rol kunnen spelen, niet in het luminantiecontrast worden meegenomen.

In veel verlichtingssituaties zal CRF kleiner zijn dan 1 (Boyce, 1981b), hetgeen betekent dat er sprake kan zijn van contrastreductie ($= 1 - \text{CRF}$) en dat de verlichting in dit opzicht dus van mindere kwaliteit is dan de, volkomen diffuse, referentieverlichting. In sommige situaties kan CRF ook groter zijn dan 1: de verlichting is dan van nog betere kwaliteit dan de referentieverlichting. Iedere waarde van CRF heeft overigens betrekking op een bepaalde visuele taak die vanuit een specifieke richting wordt waargenomen op een bepaalde plaats onder de beschouwde verlichtingsinstallatie.

In het hierna volgende wordt uit praktische overwegingen de tweede definitie van CRF, de verhouding van luminantiecontrasten, aangehouden.

3.3.2 *Bruikbaarheid*

De contrastweergavefactor CRF, gedefinieerd als de verhouding van luminantiecontrasten (§ 3.3.1), geeft voor drukwerk in feite alleen de contrastreductie ($= 1 - \text{CRF}$) weer. De contrastreductie vertoont echter geen eenduidige relatie met de visuele prestatie noch met de waardering bij glans in drukwerk (§ 3.2). Afhankelijk van de reflectie-eigenschappen van het drukwerk, spelen namelijk andere effecten mede een rol die de zichtbaarheid en/of het kijkgemak kunnen beïnvloeden (§ 3.1). De contrastweergavefactor is derhalve geen eenduidige maat voor de hinder van glans bij het lezen van drukwerk.

Naar verwachting zal in de praktijk de subjectief ervaren hinder het meest voorkomende effect van glans in drukwerk zijn (§ 3.2.2). Ter voorkoming van deze vorm van glanshinder in praktische situaties wordt in enkele buitenlandse verlichtingsnormen een minimum CRF-waarde van 0,7 als criterium gehanteerd. Deze waarde komt overeen met de onder meer door Reitmaier gevonden kritische acceptatiegrens van 30% contrastreductie bij zeer glansgevoelig papier (Fig. 12; subjectief oordeel "goed"). Deze 'worst case'-benadering is echter uit ergonomisch oogpunt af te raden. Er wordt namelijk geen rekening gehouden met het soort drukwerk waar het echt om gaat en waarvoor, vanwege de vaak kleinere glansgevoeligheid, naar verwacht mag worden een ruimere acceptatiegrens geldt.

De CRF is daarom naar onze mening ook voor de praktijk niet goed bruikbaar.

Zoals in het volgende zal blijken, is bovendien het meten en berekenen van de CRF niet eenvoudig. Voor wat betreft de bestaande reken- en meetmethoden kan de volgende balans worden opgemaakt.

In bestaande situaties kan CRF worden gemeten. De meest fundamentele methode met de zichtbaarheidsmeter is voor de praktijk ongeschikt (§ 3.3.1). Het

gebruik van een luminantiemeter is een redelijk alternatief, maar de aanschaffingskosten van een luminantiemeter, die een voldoende kleine openingshoek moet hebben, zijn hoog en het meten is specialistisch werk (Slater, 1979). Dit laatste geldt ook, maar in mindere mate, voor een in Denemarken ontwikkeld meetinstrument (Yde & Nielson, 1979) dat bij een gegeven waarnemingshoek de luminanties van een standaard wit en een standaard zwart schijfje, welke combinatie representatief wordt geacht voor één bepaald type (matig glanzend) drukwerk (To, 1992) automatisch vergelijkt en vervolgens de CRF elektronisch berekent.

Het voorspellen van de CRF in het ontwerpstadium van een verlichting-taak combinatie vereist een uitvoerige doorrekening van de spiegelende en diffuse reflecties. Reeds voor een matig nauwkeurige berekening is het gebruik van een computer noodzakelijk. Met de beschikbare computerprogramma's moet echter voorzichtig worden omgegaan; vooral de data die voor de berekeningen worden gebruikt verdienen daarbij de aandacht (Blackwell, DiLaura & Helms, 1973; Slater, 1979). Voor de berekening van CRF is het namelijk niet alleen noodzakelijk een compleet beeld te hebben van de richting en intensiteit van al het licht dat op het leesmateriaal valt, ook zeer gedetailleerde kennis van de reflectie-eigenschappen van dat materiaal is noodzakelijk. Deze gegevens zijn slechts voor een zeer beperkt aantal visuele taken gemeten. Een computerprogramma voor de berekening van CRF is derhalve beperkt tot één van die visuele taken.

3.4 Alternatieve maatstaven voor glans in drukwerk

Vanwege de beperkte (praktische) bruikbaarheid van de CRF worden in de literatuur ook voorstellen gedaan voor het gebruik van andere criteria ter voorkoming van hinder van glans in drukwerk. In principe komen ze neer op de beperking van de luminantie van het verlichtingsarmatuur dat zich binnen de kritische zone (Fig. 9) bevindt en op de toename van de verlichtingscomponent uit andere richtingen.

Daarbij zijn drie benaderingen te onderscheiden, waaraan experimenten naar de subjectieve waardering van glans in drukwerk ten grondslag liggen. Het voordeel van dit soort experimenten is dat het subjectieve oordeel behalve de contrastreductie, ook de andere effecten van glans zoals successieve lichtadaptatie en tegenstrijdige informatie voor beide ogen omvat.

3.4.1 Volgens De Boer

De Boer (1977) hanteert de verhouding van de luminantie van het verlichtingsarmatuur L_b in de spiegelrichting en de verlichtingssterkte E ter plaatse van de visuele taak (vergelijk L_b/E in § 2.3.1). Op basis van het eerder in § 3.2.2 genoemde experiment worden hiervoor de volgende maximum waarden voor L_b/E aanbevolen:

| | | |
|-------------------------------------|---|----|
| drukwerk op 'matig glanzend' papier | : | 15 |
| drukwerk op 'glanzend' papier | : | 7 |

Deze waarden komen volgens De Boer voor zijn materiaal overeen met een CRF-waarde (M-waarde in Fig. 11) van 0,6. De hinder wordt daarbij gemiddeld als 'juist storend' ervaren.

3.4.2 Volgens Reitmaier

Reitmaier (1979) komt op basis van zijn experiment tot aanbevelingen met betrekking tot P_{\max} , dat is het maximum aandeel waarmee het verlichtingsarmatuur binnen de kritische zone mag bijdragen aan de totale verlichtingssterkte ter plaatse van de visuele taak.

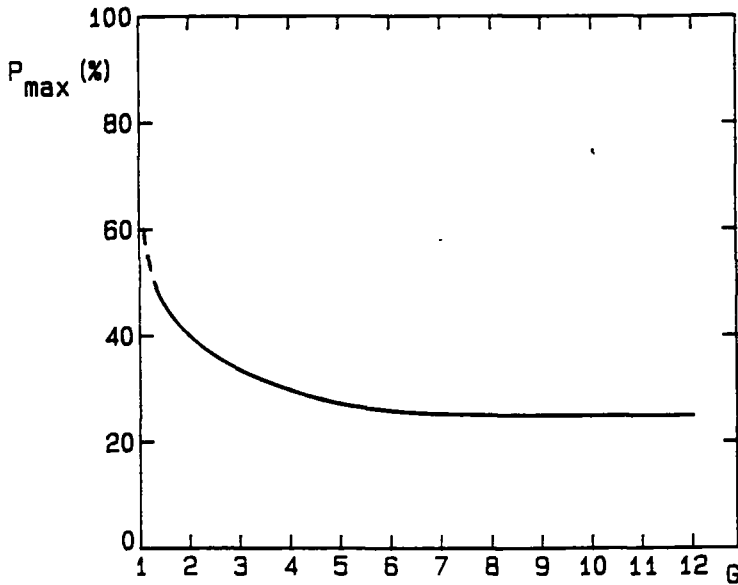


Fig. 13 Het maximum aandeel P_{\max} waarmee het verlichtingsarmatuur in de kritische zone mag bijdragen aan de totale verlichtingssterkte ter plaatse van de visuele taak in afhankelijkheid van de glansgevoerdingsgraad G van het papier, naar Reitmaier (1979).

In Fig. 13 wordt P_{\max} weergegeven in afhankelijkheid van de glansgevoelingsgraad G^5 van het papier. De kwaliteit van de visuele omstandigheden wordt daarbij gemiddeld als 'matig' beoordeeld.

Voor 'matig glanzend' papier ($G \leq 3,1$) ligt de grens bij $P_{\max} = 37\%$ en voor 'sterk glanzend' papier ($G \leq 6$) bij 25%. Deze waarden voor P_{\max} komen overeen met L_b/E -waarden van respectievelijk 12 en 9. Deze verhoudingen zijn bij gebrek aan voldoende meetgegevens over het gebruikte drukwerk niet in verband te brengen met die van De Boer.

3.4.3 Volgens eigen meting

De twee hiervoor genoemde benaderingen geven onvoldoende aanknopingspunten voor de praktijk. De Boer geeft geen fysische omschrijving van het drukwerk dat hij gebruikte. Zijn resultaten kunnen daarom niet betrokken worden op andere typen drukwerk. Reitmaier geeft weliswaar wel een fysische beschrijving van het drukwerk dat hij in zijn experiment hanteerde, maar hij omschrijft zijn meetmethode voor ξ onvoldoende. Hierdoor is het niet mogelijk om voor willekeurig materiaal een goede inschatting te maken van de bijbehorende G -waarde en vervolgens op basis daarvan P_{\max} of de maximum L_b/E te bepalen.

Getracht is door middel van een eigen experiment een betere aansluiting met de praktijk te verkrijgen. Het experiment, dat in bijlage B is beschreven, had tot doel om voor gangbaar drukwerk (donkere tekst op wit papier) de juist acceptabele L_b/E te meten als functie van de glansgevoeligheid van het drukwerk. Zie voor definitie van glansgevoeligheid g § 2.1.2, formule (9).

Uit de resultaten van het experiment (Bijlage B, Fig. B.2) zijn voor de verschillende typen gangbaar drukwerk de volgende maximum toelaatbare L_b/E -waarden af te leiden:

| | |
|--|--------------|
| correspondentie ($g_p^6 \leq 0,03$) | $L_b/E = 18$ |
| tijdschriften en boeken ($g_p \leq 0,3$) | $L_b/E = 8$ |

⁵ De glansgevoelingsgraad G is een empirisch door Reitmaier (1979) bepaalde maat voor de ervaren glans en is door hem gedefinieerd als $G = 0,52(1 + \xi)$, waarin ξ de verhouding is van de luminantie van het papier in de spiegelrichting ($\gamma = 25^\circ$) en de luminantie ervan bij $\gamma = 0^\circ$. De volgende categorieën worden onderscheiden:

| | |
|--------------------|---------------------------|
| $G = 1$ | geen glans |
| $1 < G \leq 1,3$ | nauwelijks merkbare glans |
| $1,3 < G \leq 1,7$ | geringe glans |
| $1,7 < G \leq 3,1$ | middelmatige glans |
| $3,1 < G \leq 6,1$ | sterke glans |
| $G \geq 6,1$ | extreem sterke glans |

Bij een gebrek aan voldoende gegevens over de wijze waarop Reitmaier ξ heeft gemeten is G niet in verband te brengen met de glansgevoeligheid van het drukwerk zoals die in dit rapport gehanteerd wordt.

⁶ g_p , de glansgevoeligheid van het papier. Zie Bijlage A, § 3.

Veel correspondentie, vooral fotokopieën en printeruitdraaien, zijn vrijwel mat en laten nog grotere L_b/E -waarden toe; de bovengenoemde maximum waarde van 18 is hier dus aan de veilige kant.

L_b/E kan in de praktijk vrij eenvoudig bepaald worden. Het meten of berekenen van de verlichtingssterkte E mag bij de doelgroep bekend verondersteld worden. L_b is het maximum van de luminanties die worden verkregen door op verschillende plaatsen van de glansbron de luminantie te bepalen binnen een ruimtehoek van 0,0044 sr die de top ter plaatse van het drukwerk heeft en waarvan de as gericht is op de glansbron (Bijlage C). Voor de meting van L_b kan net als bij de verlichtingssterkte een luxmeter worden gehanteerd, die dan wel voorzien moet zijn van een overigens nog te ontwikkelen voorzetlens.

4 PRAKTISCHE RICHTLIJNEN VOOR HET MINIMALISEREN VAN GLANS IN DRUKWERK

(Dit hoofdstuk is op verzoek van de opdrachtgever zo opgesteld dat deze onafhankelijk van de rest van het rapport leesbaar is.)

DEFINITIE SYMBOLEN

- g glansgevoeligheid (in procenten), geeft het zuiver spiegelend deel van de gemengde reflectie weer. De glansgevoeligheid bij volkomen mat papier of drukinkt is 0%, bij zuivere spiegel 100%.
- L_b de luminantie van de lichtbron in de spiegelrichting (in cd/m^2). Zie voor bepalingsmethode verderop in tekst.
- E de verlichtingssterkte op het drukwerk (in lux).

INLEIDING

Glans in drukwerk treedt bij de volgende omstandigheden op:

- de verlichting heeft een gerichte component (in tegenstelling tot volkomen diffuse verlichting),
- de positie van het drukwerk en de waarnemer ten opzichte van de lichtinvalsrichting is volgens de spiegelwet (hoek van inval is hoek van uitval),
- het papier en/of de inkt vertoont een zekere mate van gerichte reflectie, oftewel heeft een glansgevoeligheid $g > 0$.

In Fig. A is voor de in de praktijk meest voorkomende opstelling van werkvlak en waarnemer de genoemde geometrie drukwerk/waarnemer/verlichting weergegeven. De hierin aangegeven kritische zone is bij gegeven visuele taak- en

kijkpositie gemakkelijk na te gaan door op de plaats van de visuele taak een spiegel neer te leggen.

Door glans kunnen bij het lezen van drukwerk ongunstige visuele effecten optreden. Zo zal bijvoorbeeld de spiegelende reflectie van een hoge luminantie in de drukletters het contrast in de taak verminderen, hetgeen de leesbaarheid nadelig kan beïnvloeden.

In de internationale literatuur wordt de contrastweergavefactor (CRF) geopperd als maat voor de kwantitatieve beschrijving van glanseffecten in drukwerk. Uit literatuuronderzoek kan echter worden geconcludeerd dat de contrastweergavefactor (CRF), in het algemeen geen eenduidige relatie vertoont met de visuele prestatie noch met de subjectieve waardering bij glans in drukwerk. Glans blijkt namelijk ook op andere wijze dan uitsluitend via reductie van het contrast tussen letter en papier de waarneming te beïnvloeden. Vooral bij glanzend papier spelen behalve contrastreductie ook andere effecten zoals successieve lichtadaptatie een rol. CRF is derhalve geen eenduidige maat voor de hinder van glans in drukwerk. Omdat bovendien het meten en berekenen ervan niet eenvoudig is, wordt de CRF als maat voor de hinder van glans in drukwerk voor de praktijk niet geschikt geacht.

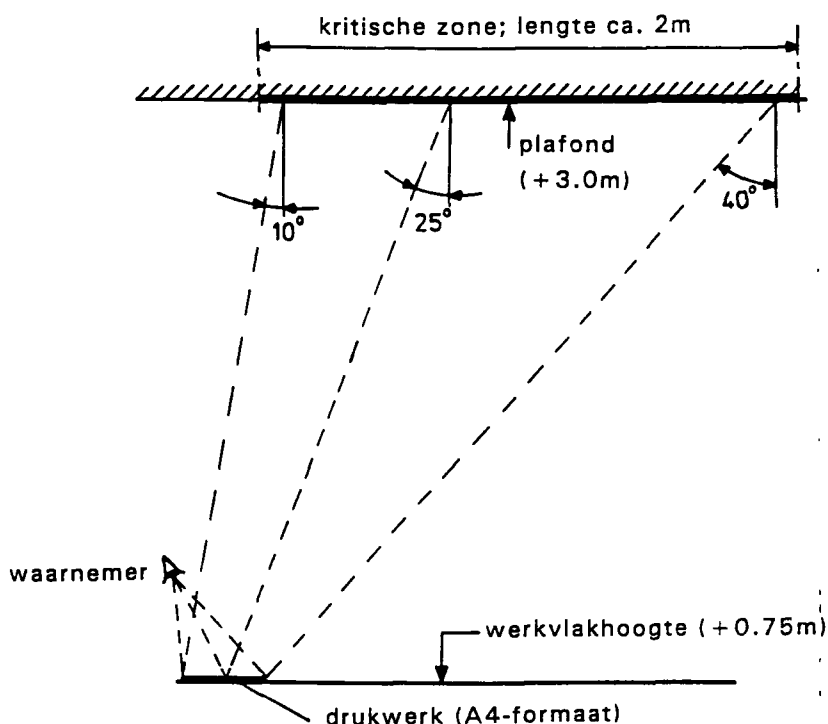


Fig. A De kritische zone waarbinnen hoge luminanties glans in niet volledig mat drukwerk kunnen veroorzaken. Deze zone breidt zich overeenkomstig uit ter linker en rechter zijde van de waarnemer (ooghoogte: 400 mm). Voor het voorbeeld in de figuur meet deze zone $2 \times 1,5$ m.

ALTERNATIEVE MAAT

Een alternatieve maat, de verhouding van de luminantie van de lichtbron in de spiegelrichting en de verlichtingssterkte op het drukwerk, L_b/E , is experimenteel getoetst en bleek in afhankelijkheid van de glansgevoeligheid van het drukwerk goed bruikbaar als indicator voor het 'glans-opwekkend vermogen' van de verlichting. Deze maat heeft het voordeel dat, in tegenstelling tot de CRF, nu de installatie-eigenschappen (tot uiting komend in L_b/E) losgekoppeld zijn van de drukwerk-eigenschappen (tot uiting komend in de glansgevoeligheid g). Bovendien is de bepaling van L_b/E betrekkelijk eenvoudig.

Voor het gangbare drukwerk in kantoren zijn de maximum toelaatbare waarden van L_b/E experimenteel bepaald en luiden (in afhankelijkheid van de glansgevoeligheid van het papier van drukwerk, g_p):

- correspondentie, w.o. brieven, teksten,
fotokopieën, printeruitdraaien ($g_p \leq 0,03\%$) $L_b/E \leq 18$
- tijdschriften en boeken ($g_p \leq 0,3\%$) $L_b/E \leq 8$

De verlichtingssterkte E wordt met een luxmeter gemeten of berekend volgens bekende methode. De bronluminantie L_b is het maximum van de luminanties die worden verkregen door op verschillende plaatsen van de glansbron de luminantie te bepalen binnen een ruimtehoek van 0,0044 sr waarvan de top ter plaatse van het drukwerk is en waarvan de as gericht is op de glansbron. Voor de meting van L_b kan net als bij de verlichtingssterkte een luxmeter worden gehanteerd, die dan wel voorzien moet zijn van een nog te ontwikkelen voorzetlens.

PRAKTISCHE RICHTLIJNEN

Reflectie-eigenschappen drukwerk

In het algemeen geldt dat het gebruik van matte soorten drukwerk moet worden aangemoedigd, voor zover dit niet in strijd is met esthetische of andere belangen. Visuele taken die volkomen mat zijn uitgevoerd vertonen ongeacht de richting waarin het licht invalt, in het teruggekaatste licht geen gerichte component. Hierdoor kan contrastreductie of enig ander nadelig visueel effect van glans zich niet voordoen.

Veel soorten drukwerk benaderen dit ideaal; vooral brieven, teksten, printeruitdraaien en fotokopieën. Het gangbare drukwerk is echter niet uitsluitend van het volledig matte type. Voorbeelden van drukwerk waarin vaak glans optreedt zijn representatiemateriaal en folders. Boeken en tijdschriften nemen wat glansgevoeligheid betreft een tussenpositie in; met name indien er veel foto-illustratiemateriaal in deze media voorkomt wordt vaak gekozen voor een glansgevoelige papiersoort.

In kantoren bestaat het leesmateriaal hoofdzakelijk uit brieven, teksten, printeruitdraaien en fotokopieën die alle nagenoeg mat zijn. Helaas komt het in kantoren ook voor dat met potlood geschreven concepten gelezen moeten worden, materiaal dat juist zeer glansgevoelig is. Het is daarom aan te bevelen af te zien van het gebruik van dit type leesmateriaal.

De wat meer glansgevoelige tijdschriften en boeken worden in het algemeen in kantoren slechts incidenteel geraadpleegd en worden vooral gelezen in bibliotheken en leeszalen. De meest glansgevoelige typen drukwerk, waaronder vooral folders en ander representatiemateriaal, behoren veelal niet tot het gebruikelijke leesmateriaal. Alleen in speciale toepassingsgebieden, zoals in de grafische industrie kan het voorkomen dat frequent gewerkt moet worden met (zeer) glansgevoelig drukwerk. Dit type drukwerk is hier buiten beschouwing gelaten.

Verlichtingseigenschappen

Veel correspondentie, w.o. brieven, teksten, fotokopieën, printeruitdraaien, zijn vrijwel mat en laten relatief grote L_b/E -waarden toe. De bovengenoemde maximum waarde van 18 is voor wat dat betreft nog aan de veilige kant.

Vooraf daar waar vaak met glansgevoelig drukwerk wordt gewerkt, zoals tijdschriften en boeken, is het zaak om L_b/E klein te houden; bij voorkeur niet groter dan 8. In de praktijk betekent minimalisering van L_b/E meestal dat de luminanties in de kritische zone beperkt moeten worden en de verlichtingscomponent afkomstig van buiten deze zone zo groot mogelijk moet zijn. In het volgende wordt aangegeven op welke wijze L_b/E beïnvloed wordt door de armatuureigenschappen, de opstellingsgeometrie en de lichtreflecties in het vertrek.

Armatuureigenschappen

De plafondarmaturen met TL-lampen (de officiële benaming is buisvormige fluorescentielampen) die meestal voor algemene verlichting worden toegepast, hebben L_b/E -waarden die liggen tussen circa 9 en 20; de kleinste waarden gelden voor armaturen met opalen kap, de grootste voor spiegeloptiek armaturen (waaronder beeldschermarmaturen). Verder geldt dat naarmate het verlichtingsarmatuur bij gelijkblijvende lichtsterkte een grotere oppervlakte heeft de luminantie L_b van de lichtbron kleiner is, hetgeen resulteert in een kleinere L_b/E -waarde.

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat algemene verlichting met plafondarmaturen in de regel geen glanshinder zal veroorzaken in kantoren waar vooral brieven, fotokopieën e.d. worden verwerkt. Anders is het wanneer op kantoor ook regelmatig tijdschriften en boeken gelezen moeten worden, of wanneer het gaat om een bibliotheek of leeszaal. Een L_b/E kleiner dan 8 is dan zeker aan te bevelen. Dit betekent dat verlichtingsarmaturen met een relatief grote L_b/E , zoals de meeste plafondarmaturen, niet in de kritische zone aanwezig mogen zijn. Diepstralende armaturen zoals spots, kunnen ondanks hun hoge luminanties, soms toch voldoende kleine L_b/E -waarden opleveren. De hoek

die de begrenzing vormt van de lichtbundel moet dan wel kleiner zijn dan de geldende spiegelhoek. Bij indirecte algemene verlichting met armaturen die het licht naar het plafond toe stralen, kunnen zich de kleinste L_b/E -waarden voordoen van ongeveer 2 à 3.

Toepassing van armaturen voor (plaatselijke) werkplekverlichting blijken de grootste L_b/E -waarden op te leveren. Waarden van L_b/E tot 40 à 50 vormen hierbij geen uitzondering. Dan is het, ook bij het minst glansgevoelige drukwerk, van het grootste belang dat het verlichtingsarmatuur uit de kritische zone blijft, bijvoorbeeld door plaatsing aan de zijkanten van de bureaus (Fig. B). Niet alle bureau-armaturen lenen zich echter voor een dergelijke positie. In het algemeen blijft het dus bij plaatselijke verlichting moeilijk om glans te voorkomen. Daarom is het aan te bevelen om werkplekverlichting alleen als aanvulling op de algemene (ruimte)verlichting toe te passen om de verhouding L_b/E zo klein mogelijk te houden.

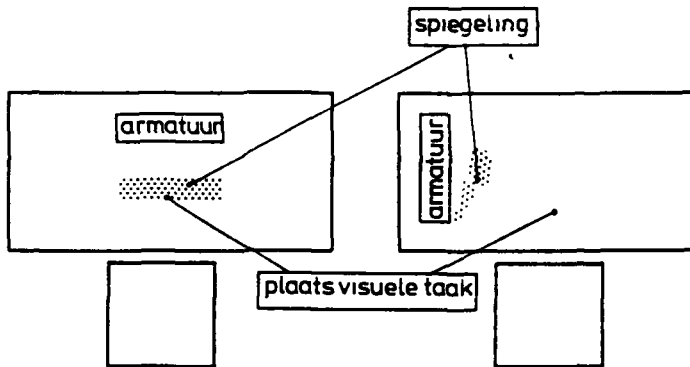


Fig. B Plaatsing van het bureau-armatuur aan de zijkant van het werkblad (rechts) levert, in tegenstelling tot plaatsing aan de lange zijde daarvan (links), op de plaats waar het drukwerk wordt gelezen geen glans op.

Opstellingsgeometrie

Minimalisering van L_b/E is, zoals reeds genoemd, ook mogelijk door de juiste opstellingsgeometrie drukwerk/waarnemer/verlichting te kiezen. In feite komt het er op neer dat er in de kritische zone (Fig. A) geen verlichtingsarmaturen aanwezig mogen zijn.

Voor een maximum aan flexibiliteit in de opstelling van werkplekken zou men er bij het verlichtingsontwerp naar kunnen streven zo veel mogelijk grote delen van het plafond vrij te laten. Uiteraard wordt deze mogelijkheid beperkt door andere verlichtingstechnische aspecten zoals de gewenste gelijkmatigheid en afscherming van de armaturen.

Bij sommige armaturen varieert de L_b/E -waarde afhankelijk van het C-vlak (het vlak door de normaal op het armatuur) waarin L_b gemeten wordt. Ter minimali-

sering van glans kan dan de werkplek zo ten opzichte van het armatuur worden opgesteld dat de kleinste L_b/E -waarde geldt.

In de zone nabij het raam draagt het binnenkomende daglicht vaak in hoge mate bij aan de op de werkplek benodigde verlichting. Ter minimalisering van glans dienen hier de werkplekken met de kijkrichting evenwijdig aan de vensterwand opgesteld te worden. Het daglicht valt dan buiten de kritische zone in en vermindert zo L_b/E . Een uitzondering hierop vormt de werkplek vlak voor en met de kijkrichting naar het (hoge) raam, waarvoor een L_b/E geldt van circa 4.

Lichtreflectie van wanden, plafond en vloer

Meer licht afkomstig van buiten de kritische zone vermindert L_b/E . Lichte tinten voor de wanden, het plafond en de vloer maken dat er in de werkruimte meer licht gereflecteerd wordt en er dus meer licht uit de gunstige richtingen op het te lezen drukwerk valt.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Glans in drukwerk treedt bij de volgende omstandigheden op:

- de verlichting heeft een gerichte component (in tegenstelling tot volkomen diffuse verlichting),
- de positie van het drukwerk en de waarnemer ten opzichte van de lichtinvalsrichting is volgens de spiegelwet (Fig. 1),
- het papier en/of de inkt vertoont een zekere mate van gerichte reflectie, oftewel heeft een glansgevoeligheid $g > 0$.

In het algemeen is de Contrastweergavefactor CRF, die in feite uitsluitend de contrastreductie weergeeft, niet geschikt als maat voor de hinder van glans in drukwerk. Glans blijkt namelijk ook op andere wijze dan alleen via reductie van het contrast tussen letter en papier de waarneming te beïnvloeden. Vooral bij glanzend papier spelen behalve contrastreductie ook andere effecten zoals successieve lichtadaptie een rol.

Voor het gangbare drukwerk op kantoren, dat gekenmerkt wordt door een goed intrinsiek contrast en een glansgevoeligheid van maximaal 0,5%, is CRF weliswaar nog bruikbaar, maar de berekening en meting ervan is allerminst eenvoudig. De verhouding van de luminantie van de glansbron in de spiegelrichting en de verlichtingssterkte op het drukwerk, L_b/E , blijkt voor de praktijk een goed alternatief. Deze maat is experimenteel getoetst en is in afhankelijkheid van de glansgevoeligheid van het drukwerk goed bruikbaar als indicator voor het 'glansopwekkend vermogen' van de verlichting. L_b/E heeft het voordeel dat, in tegenstelling tot de CRF, nu de installatie-eigenschappen (tot uiting komend in L_b/E) losgekoppeld zijn van de drukwerk-eigenschappen (tot uiting komend in

de glansgevoeligheid g). Bovendien is de bepaling van L_v/E betrekkelijk eenvoudig.

Voor het gangbare drukwerk in kantoren gelden op basis van de resultaten van het experiment de volgende maximum waarden (g_p is glansgevoeligheid van het papier van drukwerk):

- correspondentie, w.o. brieven, teksten,
fotokopieën, printeruitdraaiën ($g_p \leq 0,03\%$) $L_v/E \leq 18$
- tijdschriften en boeken ($g_p \leq 0,3\%$) $L_v/E \leq 8$

Tezamen met andere richtlijnen, die in hoofdstuk 4 beschreven zijn, vormt het een praktisch goed hanteerbaar gereedschap ter minimalisering van glans in drukwerk.

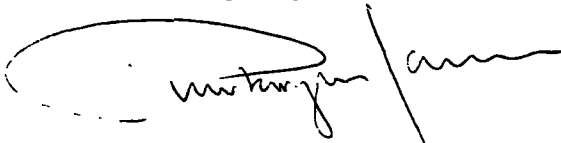
Het leesmateriaal in de meeste kantoren is niet of nauwelijks glansgevoelig. Voor de algemene verlichting met de gebruikelijke TL-armaturen hebben de genoemde eisen voor L_v/E hier geen consequenties. Bij plaatselijke werkplekverlichting kan daarentegen wel glans optreden in daarvoor gevoelig materiaal. Indien regelmatig boeken en tijdschriften gelezen worden, zoals op sommige kantoren en vooral in bibliotheken en leeszalen, is het zaak L_v/E zo klein mogelijk te houden.

REFERENTIES

- Allphin, W. (1963). Sight lines to desk tasks in schools and offices. *Journal of the Illumination Engineering Society (USA)*, 58, nr. 4, 244-249.
- Bergem-Jansen, P.M. van & Padmos, P. (1989). *Andere kijk op aanbevelingen voor de verlichtingssterkte bij binnenverlichting*. Publikatie S72, Den Haag: Directoraat-Generaal van de Arbeid.
- Bjorset, H.H. & Frederiksen, E. (1979). *A proposal for recommendations for the limitation of the contrast reduction in office lighting*. Proc. CIE 19th Session, Kyoto.
- Blackwell, H.R., DiLaura, D.L. & Helms R.N. (1973). Application procedures for evaluation of veiling reflections in terms of ESI. *Journal of the Illumination Engineering Society (USA)*, 2, 299-327.
- Boer, J.B. de (1977). Performance and comfort in the presence of veiling reflections. *Lighting Research and Technology*, 9, nr. 4, 169-176.
- Boyce, P.R. (1978). The variability of contrast rendering factor in lighting installations. *Lighting Research and Technology*, 10, nr. 2, 299-327.
- Boyce, P.R. (1981a). *Human Factors in Lighting*. London: Applied Science Publications.
- Boyce, P.R. (1981b). The application of CRF to office lighting design. *Lighting Research and Technology*, 13, nr. 2, 65-79.
- Boynton, R.M., Rinalducci, E.J. & Sternheim, C. (1969). Visibility losses by transient adaptational changes in the range from 0,4 to 4000 footlamberts. *Illumination Engineering*, april, 217-227.
- CIE (1981). *An analytic model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance*. CIE Publ. no. 19/2, Paris.
- CIE (1986). Evaluation of the attribute of appearance called gloss. CIE Research Note. *CIE Journal*, Vol. 5, 2.
- Hartmann, E. (1970). *Beleuchtung und Sehen am Arbeitsplatz*. München: Goldmann.
- Hopkinson, R.G. (1963). *A preliminary study of reflected glare*. London: Architectural Physics; Lighting.
- Hunter, R.S. (1975). *The measurement of appearance*. New York: John Wiley and Sons.
- Kling, J.W. & Riggs, L.A. (1972). *Experimental Psychology*. London: Methuen & Co, Ltd.
- NNI (1991a). *NEN 3087, Visuele ergonomie in relatie tot verlichting; principes en toepassingen*. Delft: Nederlands Normalisatie Instituut NNI.
- NNI (1991b). *NEN 1890, Binnenverlichting; functionele eisen*. Delft: Nederlands Normalisatie Instituut NNI.
- NSVV (1981). *Aanbevelingen voor Binnenverlichting*. Arnhem: Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde.
- Rea, M.S. (1981). *Visual performance with realistic methods of changing contrast*. *Journal of the Illumination Engineering Society (USA)*, 10, nr. 3, 164-177.

- Rea, M.S., Ouelette, M.J. & Kennedy, M.E. (1985). Lighting and task parameters affecting posture, performance and subjective ratings. *Journal of the Illumination Engineering Society (USA)*, Fall 1985, 231-238.
- Reitmaier, J. (1979). Some effects of veiling reflections in papers. *Lighting Research and Technology*, 11, nr. 4, 204-209.
- Ronchi, L. & Neri, M. (1974). Speed of reading versus target contrast. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, Vol. 29, 957.
- Schuffel, H., Ellens, E. & Pot, F. (1989). *Richtlijnen voor de ergonomie van werkplekken*. Rapport IZF 1989 C-27, Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Slater, A.I. (1979). Variation in use of contrast rendering factor and equivalent sphere illuminance. *Lighting Research and Technology*, 11, nr. 3, 117-139.
- Slater, A.I., Perry, M.J. & Crisp, V.H.C. (1983). *The applicability of the CIE performance model to lighting design*. Proc. CIE 20th Session 1983, Amsterdam.
- Stone, P. & Groves, S.P.D. (1968). Discomfort Glare and visual performance. *Journal of the Illumination Engineering Society (London)*, Vol. 33, 9.
- SZW (1993). P 184, *Werken met beeldschermen*. Den Haag: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid.
- To, D. (1992). Contrast rendering factor: Comparison of measurements using different tasks. *Lighting Research and Technology*, 24, nr. 2, 81-91.
- Yde, L. & Nielson, O. (1979). *Reflection Standard, make and characteristics*. Proc. CIE 19th Session 1979, Kyoto.

Soesterberg, 13 juli 1994



P.M. van Bergem-Jansen R.e.

BIJLAGE A Reflectiemetingen aan drukwerk

1 Inleiding

Om een indruk te krijgen van de soorten drukwerk die in kantooromstandigheden zo al gelezen worden, is het bij TNO-TM voorkomende drukwerk geïnventariseerd. Aan een selectie van 26 soorten drukwerk zijn reflectiemetingen verricht. Deze metingen hadden tot doel de glansgevoeligheid van de verschillende soorten voorkomend drukwerk vast te leggen.

2 Methode

2.1 Materiaal

Het bemeeten materiaal vormde een zo breed mogelijke selectie uit het bij het TNO-TM voorkomende drukwerk, waaronder printeruitdraaien, fotokopieën, tijdschriften, boeken, aankondigingen en ander informatiemateriaal. Van in totaal 26 soorten drukwerk werden de luminanties van zowel het witte papier als de zwarte drukinkt in specifieke verlichtingsomstandigheden en onder verschillende waarnemingshoeken gemeten.

2.2 Meetgrootheden

Het doel van de meting was het vastleggen van de glansgevoeligheid van zowel papier als drukinkt. De glansgevoeligheid g is in dit rapport gedefinieerd als de verhouding van het verschil van de luminantie van het gerichte en het diffuse deel van het gereflecteerde licht in de spiegelrichting ($L_g - L_d$; in § 2.1.2 benaderd door $L_g - L$, waarin L de luminantie buiten de glansplek) en de luminantie van de lichtbron (L_b), uitgedrukt in procenten (§ 2.1.2):

$$g = (L_g - L) / L_b \times 100\%$$

Verder is de luminantiefactor β van papier en drukinkt buiten de spiegelrichting bepaald uit (§ 2.1.1):

$$\beta = L / L_{\text{wit}} = \pi L / E$$

Met β wordt als het ware de 'witheid' van het papier en de 'zwarteheid' van de drukinkt in glansvrije verlichtingssituatie weergegeven.

2.3 Meetopstelling

Op de optische bank was een meetopstelling gemaakt die in Fig. A.1 schematisch is weergegeven. Het licht van een op een gestabiliseerde voeding aange-

sloten halogeenlamp (9W, 220V) viel via een condensor op een matglazen plaatje dat zich in een ronde opening met een diameter van 45 mm bevond. De lichtbundel was afgeschermd door middel van diafragma's. Op 695 mm afstand vanaf deze opening was het te bemeten materiaal geplaatst. De normaal op het vlak van het materiaal maakte een hoek van 25° met de as van de lichtbundel. Het bemeten deel van het materiaal (papier of drukinkt) bevond zich in het centrum van de lichtbundel. Door middel van een stuk mat zwart papier waarin een rond gat met een diameter van 4 mm was aangebracht, werd het deel van het materiaal dat niet werd bemeten afgeschermd ter minimalisering van strooi-licht.

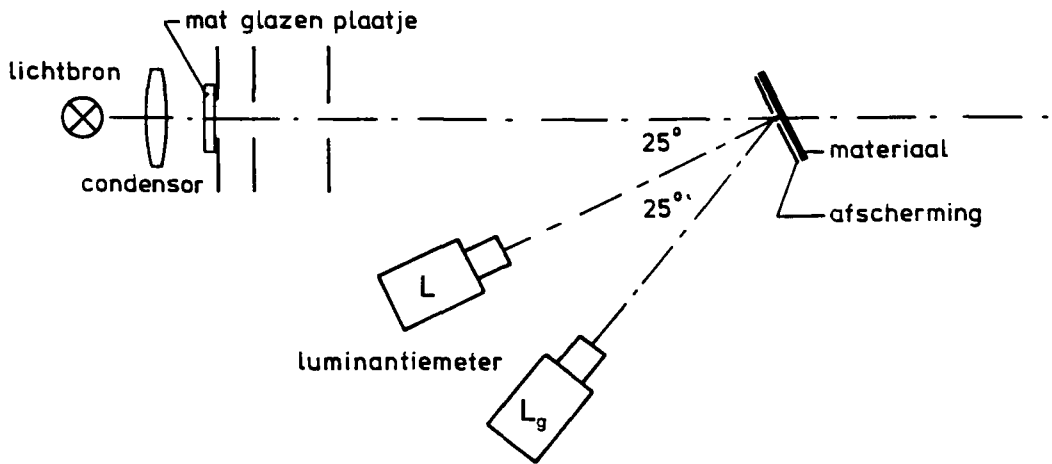


Fig. A.1 Schematische weergave van de meetopstelling.

Luminantiemetingen werden op een afstand van circa 600 mm verricht loodrecht op het materiaal en onder een hoek van 25° met de normaal op het materiaal, de spiegelhoek. Deze metingen betroffen respectievelijk L en L_g . Voorts zijn de verlichtingssterkte E op het materiaal en de luminantie van de lichtbron L_b gemeten: $E = 33 \text{ lx}$ en $L_b = 11,1 \cdot 10^3 \text{ cd/m}^2$.

2.4 Meetapparatuur

De luminantiemetingen werden uitgevoerd met de luminantiemeter type L 1009, fabrikaat Lichtmesstechnik LMT, Berlin. De ingestelde openingshoek bedroeg steeds $6'$.

2.5 Meetresultaten

De resultaten zijn weergegeven in Tabel A.I.

Tabel A.I Resultaten van de reflectiemetingen aan diverse typen drukwerk. (Tussen haakjes zijn de nummers van het tijdens het experiment gebruikte stimulusmateriaal vermeld; zie Bijlage B).

| soort drukwerk | glansgevoeligheid g (in %) | | diffuse luminantiefactor β (in %) | |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------|--|----------|
| | papier | drukinkt | papier | drukinkt |
| correspondentie | | | | |
| printeruitdraai | | | | |
| -laser | 0,00 | 0,00 | 92,2 | 7,68 |
| -quiet jet | 0,01 | 0,01 | 87,4 | 15,37 |
| fotokopie | 0,03 | 0,01 | 92,2 | 13,45 |
| idem | 0,03 | 0,01 | 95,1 | 13,45 |
| tijdschriften | | | | |
| CIE Journal '86 | 0,02 | 0,01 | 80,7 | 29,78 |
| El.techniek '89 | 0,29 | 0,52 | 93,2 | 5,76 |
| El.Magazine '89 | 0,02 | 0,13 | 81,61 | 1,53 |
| NEM '89 (1) | 0,02 | 0,14 | 85,4 | 10,57 |
| LRT '89 | 0,00 | 0,04 | 89,3 | 15,37 |
| Lichttechniek '74 | 0,16 | 0,46 | 91,1 | 7,68 |
| LDA '74 (4) | 0,10 | 0,16 | 80,7 | 8,65 |
| TNO TW '89 (5) | 0,13 | 0,27 | 87,4 | 8,65 |
| Def.H.World '89 (6) | 0,13 | 0,45 | 90,3 | 5,76 |
| ET/El.nika '89 (8) | 0,01 | 0,07 | 87,4 | 11,53 |
| CIE Proc. '79 (3) | 0,05 | 0,19 | 90,3 | 10,57 |
| boeken | | | | |
| NSVV Bi.verl. | 0,14 | 0,41 | 91,3 | 5,76 |
| Creative Light (7) | 0,24 | 0,84 | 97,0 | 3,84 |
| overig | | | | |
| cursusaank. (9) | 0,53 | 0,79 | 94,1 | 7,68 |
| uitnodiging | 0,03 | 0,12 | 96,1 | 7,68 |
| krant | 0,02 | 0,07 | 74,9 | 12,49 |
| programma | 0,03 | 0,17 | 95,1 | 9,61 |
| produkt-info (2) | 0,03 | 0,24 | 92,2 | 8,65 |
| idem | 0,35 | 0,57 | 93,2 | 9,61 |
| zeer glansgevoelig materiaal | | | | |
| Farbe + D (omslag) | 2,50 | 2,50 | 93,2 | 2,88 |
| fotokopie met | | | | |
| -gladde omslagmap | 3,60 | 3,60 | | |
| -ruwe omslagmap | 0,60 | 0,60 | | |

3 Discussie

In Fig. A.2 zijn de gemeten waarden voor de glansgevoeligheid van het papier en van de drukinkt tegen elkaar uitgezet. Hieruit kan worden afgeleid dat glanzend papier vrijwel altijd gecombineerd is met drukinkt waarvan de glansgevoeligheid groter is dan die van het papier; in het verzamelde materiaal varieerde dit van minder dan 2 tot 6 maal. Combinaties van glanzend papier en matte drukinkt komen praktisch niet voor.

Het geïnterpreteerde drukwerk laat zich in drie groepen onderverdelen:

- *correspondentie*

Dit is het leesmateriaal dat veel in kantoren wordt gebruikt—brieven, printer-uitdraaien, fotokopieën—van een vrijwel matte papiersoort. De glansgevoeligheid van het papier, g_p , is hier ten hoogste 0,03%.

- *tijdschriften en boeken*

Van tijdschriften en boeken is de glansgevoeligheid van het papier, g_p , niet groter dan 0,3%. Met name indien er veel foto-illustratiemateriaal in deze media voorkomt wordt vaak gekozen voor een glansgevoelige papiersoort.

- *overig*

Het gaat hier vooral om representatief materiaal, zoals uitnodigingen, produktinformatie, folders. Dit materiaal vertoont veelal grotere glansgevoeligheden. De grootste waarde die in het geïnterpreteerde materiaal voor papier gemeent is, is $g_p = 0,53\%$. Gelamineerd papier is hier buiten beschouwing gebleven.

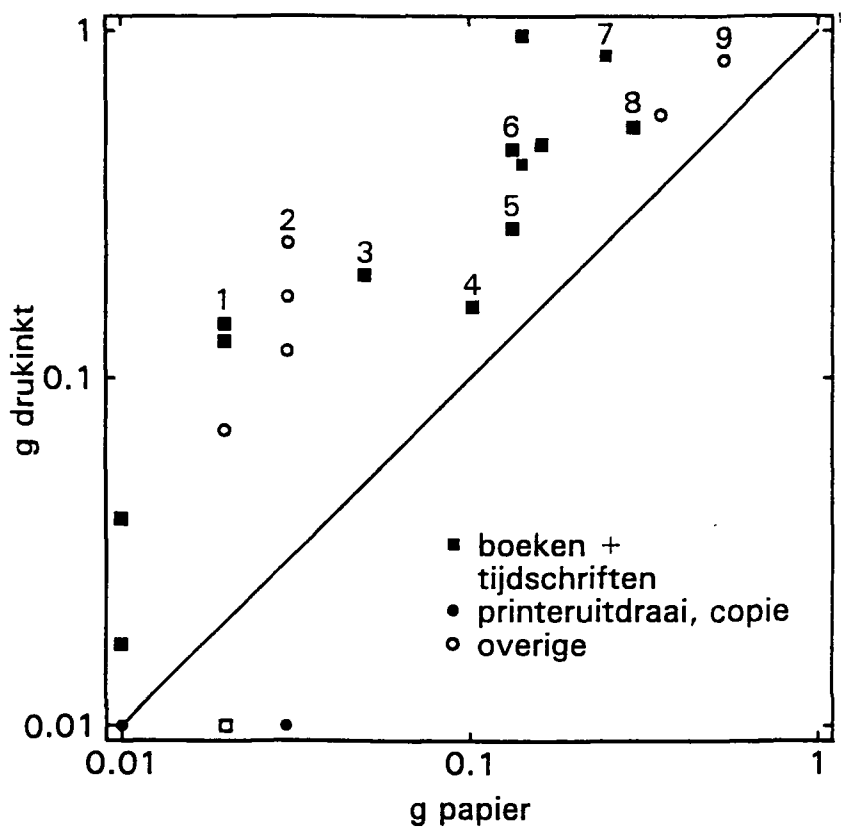


Fig. A.2 Relatie tussen de gemeten glansgevoeligheden van papier en drukinkt, g_p en g_i , in het geïnventariseerde materiaal. De nummers corresponderen met de typen drukwerk die tijdens het experiment gebruikt zijn (Bijlage B).

BIJLAGE B Beschrijving experiment ter bepaling van de maximum toelaatbare L_b/E

1 Inleiding

Het experiment werd uitgevoerd om de juist acceptabele L_b/E (zie voor definitie § 2.3.1) voor gangbaar drukwerk te bepalen als functie van de glansgevoeligheid van het drukwerk. Daartoe was het voor proefpersonen mogelijk gemaakt om de verlichting in een proefopstelling zo te regelen dat zij in verschillende soorten glansgevoelig drukwerk de glans konden variëren van niet aanwezig tot heel sterk aanwezig. De proefpersoon werd gevraagd de verlichting, dat wil zeggen de L_b/E , in te stellen volgens de twee criteria "juist merkbare hinder" en "juist onacceptabele hinder", zoals deze (subjectief) werden ervaren bij het lezen van het drukwerk, dat als stimulus diende.

2 Methode

2.1 Proefpersonen

Twee groepen van tien proefpersonen in de leeftijd van 20 tot 30 jaar en van 50 tot 60 jaar namen deel aan het experiment. Ze beschikten allen over minimaal een middelbaar opleidingsniveau. Alle proefpersonen hadden een normaal (gecorrigeerd) gezichtsvermogen; visus voor nabijzien van minimaal 1.

2.2 Taak

De proefpersonen werd gevraagd om voor verschillende soorten drukwerk de verlichting achtereenvolgens in te stellen volgens de twee criteria "juist merkbare hinder" en "juist onacceptabele hinder" bij het lezen van de tekst binnen en vlak om de glansplek. Daartoe hadden zij de mogelijkheid om bij constante E de luminantie van de lichtbron L_b continu te variëren. Zie Bijlage D voor de instructie van de proefpersonen.

2.3 Proefopstelling

In Fig. B.1 is de proefopstelling weergegeven. Een lichtbron met afmetingen van 560×280 mm was ten opzichte van het bureauvlak zo gepositioneerd dat deze bij de gebruikelijke waarnemingsrichting glans veroorzaken kon in niet volledig mat drukwerk.

Deze lichtbron werd gevormd door een opalen plaat die als afscherming diende van een speciaal armatuur waarin een halogeenlamp 1000 W was ondergebracht. De luminantie in de spiegelrichting kon gevarieerd worden van 0 tot 17000 cd/m^2 met een draaiknop die door de proefpersonen zelf bediend kon worden en waarmee hij/zij de gevraagde instelling kon maken. Links en rechts van de

waarnemer waren op een hoogte van 1750 mm 500 W halogeen-fotolampen opgesteld die het licht wierpen op twee reflectieschermen. Het door deze schermen gereflecteerde licht zorgde voor een (glansvrije) diffuse aanstraling van het drukwerk. De fotolampen waren aangesloten op een lichtregelaar die door middel van een lichtgevoelig element de totale verlichtingssterkte (afkomstig van fotolampen en lichtbron) op een bepaalde in te stellen waarde constant hield. Tijdens het experiment werden twee condities qua lichtniveau onderscheiden: 250 lx en 500 lx. Het lichtniveau van 250 lx kon in de beschreven proefopstelling constant worden gehouden tot aan een bronluminantie L_b van 10.000 cd/m^2 . De beschreven condities vormden een goede afspiegeling van de werkelijkheid waarin TL-armaturen in de kritische zone (Fig. 9) in/aan het plafond zijn aangebracht of aan pendels boven het bureau zijn opgehangen (zie Tabel B.I).

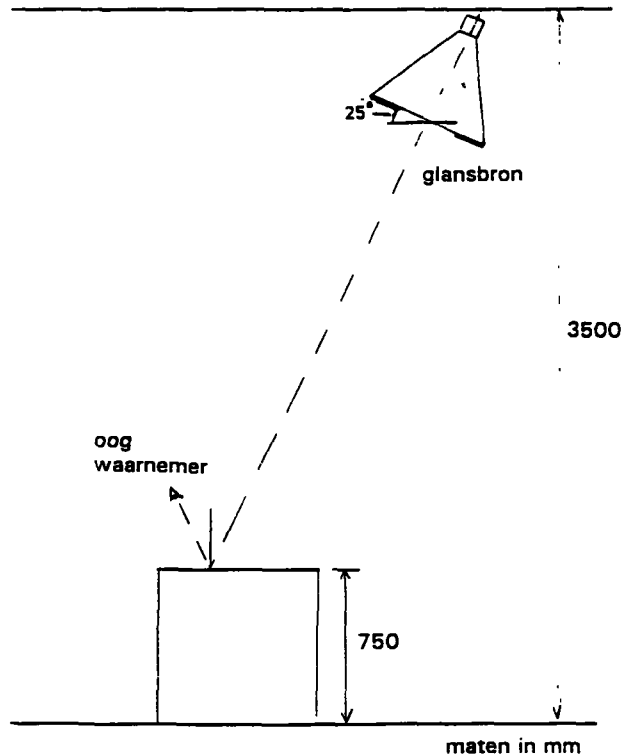


Fig. B.1 Schematische weergave van de proefopstelling.

Tabel B.I De verlichtingstechnische waarden in de proefopstelling en in de gangbare praktijk van algemene TL-verlichting in kantoren.

| verlichtingstechnische grootheid | proefopstelling | praktijk |
|--|--|--------------|
| luminantie lichtbron, L_b (cd/m ²) | 0 - 17000 | 3500 - 15000 |
| verlichtingssterkte op drukwerk, E (lx) | 250 en 500 | 200 - 800 |
| L_b/E | bij 250 lx: 0 - 40 bij 500 lx: 0 - 34 | 4 - 75 |

2.4 Design

Negen soorten drukwerk werden beoordeeld (Tabel A.I). Deze negen soorten waren qua glansgevoeligheid van papier en drukinkt zo goed mogelijk verdeeld over het geïnventariseerde drukwerk (Fig. A.2). De negen soorten leesmateriaal werden bij $E=250$ lx in gerandomiseerde volgorde tweemaal aan iedere proefpersoon aangeboden. De proefpersoon begon iedere instelling steeds in de laagste stand van de bronluminantie, $L_b=0$ cd/m².

Voor vier van de negen typen drukwerk (5, 6, 8, 9) werden de gevraagde instellingen ook gemaakt bij een lichtniveau van 500 lx. Vanwege de beperkte instelmogelijkheid van L_b bij 500 lx (tot L_b/E van maximaal 34; zie Tabel B.I) is het nagenoeg matte drukwerk materiaal bij deze selectie buiten beschouwing gebleven.

2.5 Procedure

Alle proefpersonen begonnen met de conditie $E=250$ lx en maakten de gevraagde instellingen voor de negen typen drukwerk in de aan hen aangeboden volgorde. Daarna werkten zij deze serie nogmaals af in omgekeerde volgorde (herhaling). Vervolgens werd door de proefleider het lichtniveau van 500 lx ingesteld en werden na een korte pauze op dezelfde wijze de instellingen gemaakt voor de vier geselecteerde typen drukwerk.

De door de proefpersonen ingestelde bronluminanties L_b werden tijdens het experiment vastgelegd. Elke proefpersoon had na training en instructie de taak volledig uitgevoerd in 30 à 50 minuten.

2.6 Score en analyse

Voor elk beschouwd soort drukwerk zijn de rekenkundige gemiddelden en de standaarddeviaties van de ingestelde L_b/E -verhoudingen bepaald.

Variantie-analyses zijn uitgevoerd met betrekking tot de verschillende condities en herhaling.

3 Resultaten

Volgens variantie-analyses bleek er geen significant effect van herhaling. Herhaling is daarom in de verdere analyse als een replicatie-factor opgevat. In geen van de gevallen werd een significant hoofdeffect van leeftijd gevonden. Tussen de condities 250/500 lx blijkt eveneens geen significant effect te bestaan. Dit werd op theoretische gronden verwacht (Van Bergem & Padmos, 1989). Alleen voor criterium 2 (juist onacceptabele hinder) en drukwerktype 9 is met betrekking tot de verlichtingssterkte wel een significant effect gevonden ($p < 0,05$).

In Tabel B.II zijn voor elk type drukwerk de gemiddelden van de ingestelde L_b/E -waarden tezamen met de standaarddeviaties en de s.e.m.-waarden (standaardfouten van het gemiddelde) weergegeven.

Tabel B.II De gemiddelden van de ingestelde L_b/E -waarden met de standaarddeviaties en de standaardfouten van het gemiddelde (s.e.m.).

| type drukwerk (Tabel A.I) | 250 lx | | | 500 lx | | |
|---|--------|------|--------|--------|------|--------|
| | gem. | s.d. | s.e.m. | gem. | s.d. | s.e.m. |
| criterium 1 (juist merkbare hinder) | | | | | | |
| 1 NEM '89 | 24,16 | 8,94 | 2,00 | | | |
| 2 Aankondiging | 20,29 | 7,26 | 1,62 | | | |
| 3 CIE Proc.'79 | 17,71 | 8,38 | 1,03 | | | |
| 4 LDA '74 | 18,36 | 7,80 | 1,74 | | | |
| 5 TNO/TW '89 | 10,73 | 4,61 | 1,03 | 8,75 | 3,99 | 0,89 |
| 6 Def.H.W. '89 | 8,44 | 3,29 | 0,74 | 8,28 | 4,61 | 1,03 |
| 7 Creative L. | 12,68 | 5,70 | 1,27 | | | |
| 8 El.techn.'89 | 13,04 | 6,11 | 1,37 | 12,90 | 5,73 | 1,28 |
| 9 Cursusaank. | 12,09 | 6,05 | 1,35 | 9,65 | 5,31 | 1,18 |
| criterium 2 (juist onacceptabele hinder) | | | | | | |
| 1 NEM '89 | 32,85 | 9,37 | 2,10 | | | |
| 2 Aankondiging | 28,38 | 6,09 | 1,36 | | | |
| 3 CIE Proc. '79 | 26,24 | 7,59 | 1,70 | | | |
| 4 LDA '74 | 27,86 | 9,99 | 2,23 | | | |
| 5 TNO/TW '89 | 17,12 | 6,57 | 1,47 | 13,68 | 4,46 | 0,99 |
| 6 Def.H.W. '89 | 13,11 | 4,49 | 1,00 | 12,95 | 6,45 | 1,44 |
| 7 Creative L. | 19,65 | 7,66 | 1,71 | | | |
| 8 El.techn.'89 | 20,67 | 7,63 | 1,71 | 19,62 | 6,91 | 1,54 |
| 9 Cursusaank. | 19,79 | 7,38 | 1,65 | 14,87 | 5,88 | 1,31 |

In Fig. B.2 zijn met betrekking tot het criterium 'juist onacceptabele hinder' de 85 percentielwaarden (gemiddelde minus standaarddeviatie) voor L_b/E weergegeven. Deze waarden geven de grens voor L_b/E aan waar beneden 85% van de proefpersonen de glans in het desbetreffende drukwerk nog acceptabel vindt.

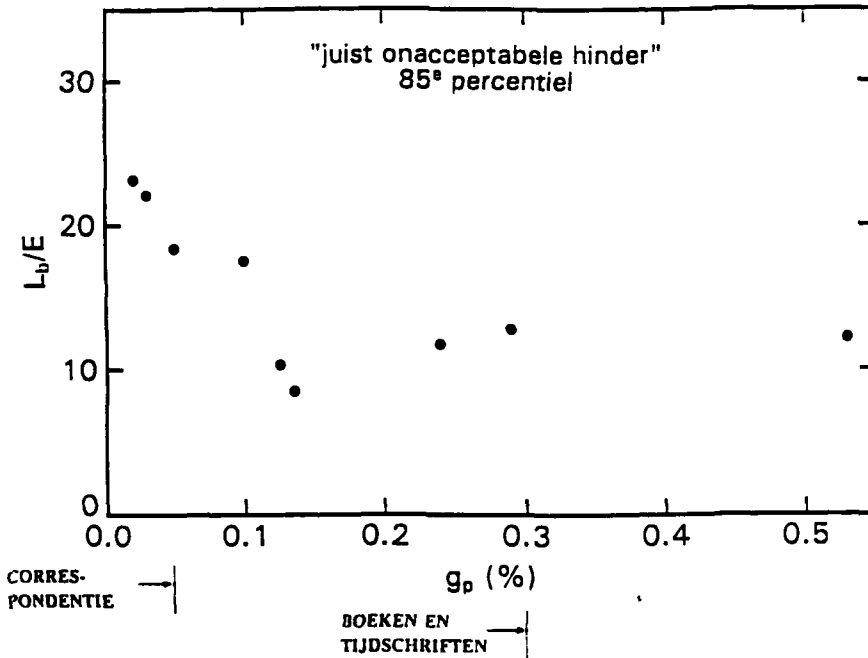


Fig. B.2 De maximum toelaatbare L_b/E volgens welke 85% van de proefpersonen de glanshinder nog acceptabel vinden, als functie van de glansgevoeligheid g_p van het papier.

Het resterende percentage van 15% ontevreden is bij comfortonderzoek gebruikelijk.

Uit Fig. B.2 is af te leiden dat voor het geïventariseerde gangbare drukwerk de hinder van glans in correspondentie ($g_p \leq 0,03$) nog acceptabel is bij $L_b/E \leq 18$ en in tijdschriften en boeken ($g_p \leq 0,3$) bij $L_b/E \leq 8$.

4 Discussie

In Fig. B.3 zijn de gemeten waarden en voorspelde waarden van L_b/E tegen elkaar uitgezet. De voorspelde waarden zijn berekend volgens de volgende twee hypothesen.

Hypothese I:

De hinder van glans in drukwerk wordt bepaald door contrastreductie. Een zekere reductie wordt nog getolereerd tot aan een bepaald contrast tussen drukletter en papier (tekstcontrast) dat constant is voor alle typen drukwerk.

Het tekstcontrast is gedefinieerd als (zie voor definitie van symbolen § 2.1):

$$C_t = (L_p - L_i)/L_p$$

nu is:

$$\begin{aligned} L_p &= \rho_p \cdot L_b + \beta_p \cdot E / \pi \\ L_i &= \rho_i \cdot L_b + \beta_i \cdot E / \pi \end{aligned}$$

en geldt derhalve:

$$C_t = [L_b/E(\rho_p - \rho_i) + (\beta_p - \beta_i)/\pi] / (\rho_p \cdot L_b/E + \beta_p/\pi)$$

Verondersteld wordt dat de proefpersonen de gevraagde grens van L_b/E op een bepaalde voor hen acceptabele C_t instellen die constant is voor alle soorten drukwerk. Uit de laatste formule volgt:

$$L_b/E = 1/\pi[(C_t - 1)\beta_p + \beta_i] / [(1 - C_t)\rho_p - \rho_i]$$

en geldt dus:

$$L_b/E = 1/\pi[(\beta_i - \text{constante} \cdot \beta_p) / (\text{constante} \cdot \rho_p - \rho_i)]$$

daar $\rho = g$ (2.1.2), kan ook worden geschreven:

$$L_b/E = 1/\pi[(\beta_i - \text{constante} \cdot \beta_p) / (\text{constante} \cdot g_p - g_i)]$$

Hypothese II:

De hinder van glans in drukwerk wordt bepaald door het contrast tussen de glansplek en het papier zonder glans, het glanscontrast. Het juist acceptabele glanscontrast is constant voor alle typen drukwerk.

Het glanscontrast C_g is gedefinieerd als (zie voor definitie van symbolen § 2.1):

$$C_g = (L_g - L_p) / L_p$$

na substitutie van:

$$\begin{aligned} L_g &= \rho_p \cdot L_b + \beta_p \cdot E / \pi & \text{en} \\ L_p &= \beta_p \cdot E / \pi \end{aligned}$$

geldt:

$$C_g = (L_b \cdot \rho_p + E \cdot \beta_p / \pi - E \cdot \beta_p / \pi) / E \cdot \beta_p / \pi = (\pi \cdot \rho_p \cdot L_b / E) / \beta_p$$

Verondersteld wordt dat de proefpersonen de gevraagde grens van L_b/E instellen op een voor hen juist acceptabele C_g , die constant is voor alle soorten drukwerk:

$$L_b/E = C_g \cdot \beta_p / \pi \cdot \rho_p = C_g \cdot \beta_p / \pi \cdot g_p$$

ofwel:

$$L_b/E = \text{constante} \cdot \beta_p / g_p$$

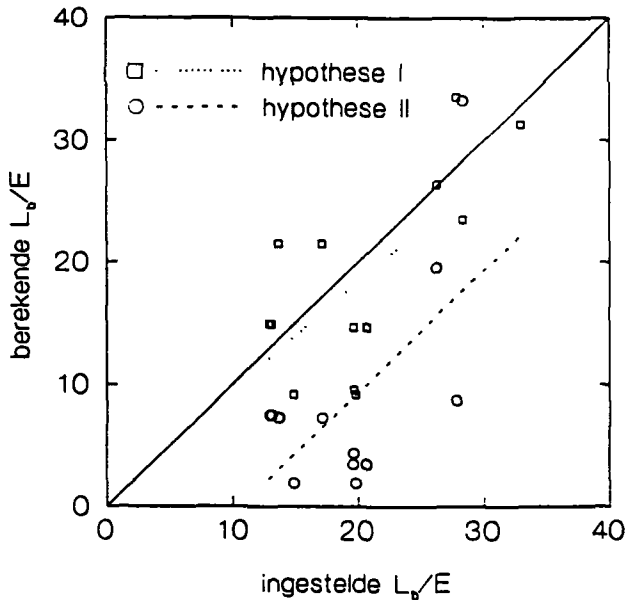


Fig. B.3 De gemiddelden van de ingestelde L_b/E -waarden volgens het criterium "juist onacceptabele hinder", tezamen met de voorspelde waarden volgens hypothese I en II, met respectievelijk $C_t=0,721$ en $C_g=0,034$ verkregen volgens een 'best fit' over alle monsters.

De correlaties tussen de ingestelde L_b/E -waarden en de berekende volgens beide hypothesen zijn niet sterk verschillend (resp. 0,70 en 0,76). De ingestelde waarden worden echter met hypothese II (glanscontrast $C_g = \text{constant}$) sterk onderschat, terwijl hypothese I (tekstcontrast $C_t = \text{constant}$) de ingestelde waarden beter benaderd (Fig. B.3).

De experimentele resultaten ondersteunen derhalve gedeeltelijk het belang van de contrastweergavefactor, zoals gedefinieerd in § 3.3.1, gedeeltelijk vanwege de beperking tot gangbaar drukwerk (zwart op wit) dat gekenmerkt wordt door een goed intrinsiek contrast van ongeveer 0,9 en een glansgevoeligheid van papier van maximaal 0,5. Het neemt echter niet weg dat voor de praktijk de CRF vanwege de ingewikkelde bepalingsmethode minder geschikt is dan L_b/E (§ 3.3.2).

BIJLAGE C Beschrijving experiment ter bepaling van praktische meetmethode voor L_b/E

1 Inleiding

Voor de praktijk is het van belang dat L_b/E berekend en gemeten kan worden op een betrekkelijk eenvoudige wijze. Voor de Arbeidsinspectie is vooral de meting van L_b/E in bestaande situaties belangrijk. Omdat de berekening c.q. meting van de verlichtingssterkte E bekend verondersteld mag worden, wordt in het volgende uitsluitend ingegaan op de ontwikkeling van een bepalingsmethode voor de luminantie L_b van de lichtbron.

2 Probleemstelling

Licht dat in de spiegelrichting op niet volledig mat papier valt, wordt door dat papier gericht gereflecteerd. Als gevolg van de verstrooiing van het papier bevindt dit gericht gereflecteerde licht zich binnen een kegel, de verstrooiingskegel, waarvan de grootte afhankelijk is van de structuur van het papier (uit het werk van Reitmaier valt hiervoor globaal een tophoek van maximaal 6° af te leiden). Voor de glansgewaarwording is de luminantie gemiddeld binnen de verstrooiingskegel bepalend. De luminanties die, afgezien van de reflectie-eigenschappen van het materiaal, verantwoordelijk zijn voor die gemiddelde luminantie binnen de verstrooiingskegel (§ 2.1.1), bevinden zich binnen een zekere ruimtehoek met als top het werkvlak en met een as die wijst naar de glansbron. De grootte van deze voor glans werkzame ruimtehoek is bepaald in een pilot-experiment. De wijze waarop de luminanties binnen deze ruimtehoek geïntegreerd moet worden, is eveneens experimenteel vastgesteld.

Dit laatste is vooral van belang bij lichtbronnen met een inhomogene luminantieverdeling, zoals de gebruikelijke verlichtingsarmaturen. Bij lichtbronnen met een homogene luminantieverdeling, zoals die welke in het in Bijlage B beschreven experiment is gebruikt, zijn de luminanties binnen de werkzame ruimtehoek overal gelijk. L_b is dan gelijk aan de luminantie van het armatuur in de spiegelrichting. Vooropgesteld natuurlijk dat de voor glans werkzame ruimtehoek volledig wordt 'gevuld' door de lichtbron, hetgeen in het experiment inderdaad het geval was.

3 Pilot-experiment ter bepaling van de werkzame ruimtehoek

Voor de bepaling van de 'werkzame' ruimtehoek is in de beschreven proefopstelling (Bijlage B) de oppervlakte van de lichtbron gevarieerd in vijf stappen van groot naar klein, van 560×280 mm naar 70×70 mm. Bij iedere lichtbron zijn door twee proefpersonen twee typen glansgevoelig drukwerk materiaal (nr. 8

en 9 uit Tabel B.II) beoordeeld volgens de twee criteria, die ook tijdens het experiment uit Bijlage B gehanteerd zijn: 'juist merkbare hinder' en 'juist onacceptabele hinder'. De verlichtingssterkte was daarbij steeds 100 lx.

In Fig. C.1 zijn de resultaten van het pilot-experiment voor het criterium 'juist onacceptabele hinder' weergegeven. De door de proefpersonen ingestelde L_b/E blijft bij afnemende grootte van de lichtbron (in Figuur van links naar rechts) eerst nagenoeg constant en neemt vervolgens toe. In het deel van de Figuur waarin L_b/E zo goed als constant is, doet blijkbaar de oppervlakte van de lichtbron er niet echt toe en is uitsluitend de luminantie van de lichtbron binnen de 'werkzame' ruimtehoek van belang. In het deel van de Figuur waarin L_b/E toeneemt zijn luminantie en oppervlak van de lichtbron uitwisselbaar en wordt de bronluminantie binnen de 'werkzame' ruimtehoek geïntegreerd. Het snijpunt van beide curves correspondeert nu met de gevraagde werkzame ruimtehoek, waarvan volgens Fig. C.1 de grootte kan worden ingeschat op 220 sr^{-1} , ofwel $0,0044 \text{ sr}$ (steradianen) is. Dit komt overeen met een tophoek van $4,3^\circ$.

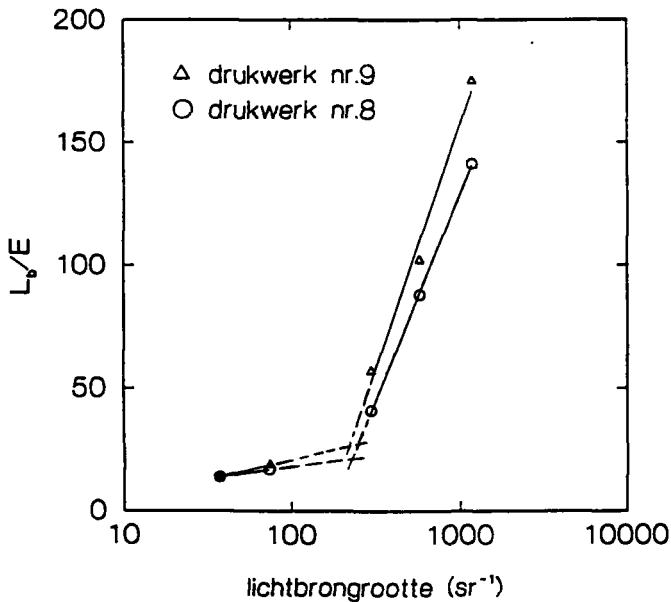


Fig. C.1 De tijdens het pilot-experiment ingestelde L_b/E -waarden voor twee typen drukwerk (zie bij de nummers Tabel A.1) als functie van de inverse lichtbrongrootte (sr^{-1}).

4 Experiment ter bepaling van L_b bij inhomogene lichtbronnen

Aansluitend op het in bijlage B beschreven experiment hebben alle 20 proefpersonen voor vier typen drukwerk de gevraagde instellingen gemaakt bij een inhomogene lichtbron en een verlichtingsniveau van 250 lx. De inhomogene lichtbron werd gerealiseerd door een perspex plaat (lichttransmissie $t=0,9$) voor de eigenlijke lichtbron (afmetingen: $560 \times 280 \text{ mm}$) te plaatsen, waarop een

gelijkmatig blokkenpatroon van 20 niet- en 12 wel lichtdoorlatende vlakken ($70 \times 70 \text{ mm}/0,0009 \text{ sr}$) was aangebracht.

De resultaten van het experiment zijn weergegeven in Tabel C.I.

Tabel C.I De gemiddelden van de ingestelde L_b/E -waarden⁷ met de standaarddeviaties en de standaardfouten van het gemiddelde (s.e.m.) bij twee soorten lichtbronnen.

| type drukwerk (Tabel A.I) | homogeen (Tabel B.II) | | | inhomogeen | | |
|------------------------------|--------------------------|------|--------|------------|-------|--------|
| | gem. | s.d. | s.e.m. | gem. | s.d. | s.e.m. |
| criterium 1 | | | | | | |
| 5 TNO/TW '89 | 10,73 | 4,61 | 1,03 | 25,09 | 12,57 | 2,81 |
| 6 Def.H.W. '89 | 8,44 | 3,29 | 0,74 | 22,75 | 10,78 | 2,41 |
| 8 El.techn. '89 | 13,04 | 6,11 | 1,37 | 32,60 | 15,11 | 3,89 |
| 9 Cursusaank. | 12,09 | 6,05 | 1,35 | 27,73 | 14,01 | 3,13 |
| criterium 2 | | | | | | |
| 5 TNO/TW '89 | 17,12 | 6,57 | 1,47 | 37,69 | 13,03 | 2,91 |
| 6 Def.H.W. '89 | 13,11 | 4,49 | 1,00 | 34,12 | 11,97 | 2,68 |
| 8 El.techn. '89 | 20,67 | 7,63 | 1,71 | 49,61 | 15,32 | 3,91 |
| 9 Cursusaank. | 19,79 | 7,38 | 1,65 | 42,63 | 14,16 | 3,17 |

De gemiddelde L_b/E -waarden liggen bij de inhomogene lichtbron voor de criteria 1 en 2 respectievelijk gemiddeld een factor 2,4 en 2,3 hoger dan die welke zijn ingesteld bij de homogene lichtbron.

Indien bij de inhomogene lichtbron het *gemiddelde* van de luminanties, \bar{L} , binnen de werkzame ruimtehoek bepalend zou zijn voor L_b , dan dient $\bar{L} = 0,42.L_b$ te zijn.

In het hier beschreven experiment met de inhomogene lichtbron zou voor dezelfde glansgewaarwording in dat geval de luminantie van de lichtdoorlatende blokken gemiddeld $1/0,42 = 2,4$ maal groter moeten worden ingesteld dan de gemiddeld ingestelde L_b tijdens het experiment met de homogene lichtbron.

Uit het geringe verschil tussen deze factor en die welke op grond van de meetresultaten (2,3) werd afgeleid, mag worden geconcludeerd dat binnen de werkzame ruimtehoek van $0,0044 \text{ sr}$ inderdaad de gemiddelde luminantie bepalend is voor de bronluminantie L_b .

⁷ Bij inhomogene lichtbron is L_b de luminantie van de lichtdoorlatende blokken.

5 Voorstel meetmethode L_b

De bronluminantie L_b is op grond van het bovenstaande gelijk aan de gemiddelde luminantie te bepalen binnen een ruimtehoek van 0,0044 sr waarvan de top ter plaatse van het werkvlak is en waarvan de as gericht is op de glansbron. Veel lichtbronnen zullen door hun afmetingen gedeeltelijk buiten de genoemde ruimtehoek vallen. In dat geval dient de (as van de) ruimtehoek op verschillende plaatsen van de glansbron gericht te worden en is L_b gelijk aan het maximum van de op die wijze bepaalde luminanties. Voor de meting van L_b kan net als bij de verlichtingssterkte een luxmeter worden gehanteerd, die dan wel voorzien moet zijn van een nog te ontwikkelen voorzetlens.

BIJLAGE D Instructie proefpersonen

U werkt als proefpersoon mee aan een onderzoek naar *de subjectief ervaren hinder van glans bij het lezen van drukwerk*.

Naast deze instructie ligt een blad papier met gedrukte tekst. Met de draaiknop links van u kunt u de verlichting van dit blad zo regelen dat er op de tekst glans ontstaat. Het bereik dat u met de draaiknop kunt instellen ligt tussen "niet aanwezige glans" en "zeer sterk aanwezige glans". Gaat u dit eerst zelf na, voordat u deze instructie verder leest. Zorg er wel voor dat het blad tekst recht voor u ligt.

U zult opgemerkt hebben dat de glansplek niet het gehele blad papier beslaat. Straks, tijdens het experiment, dient u zich te concentreren op de tekst *binnen en vlak om* deze glansplek.

In het experiment wordt van u gevraagd om met de draaiknop achtereenvolgens de volgende twee criteria in te stellen:

1. **JUIST MERKBARE HINDER**; de glans die u volgens dit criterium instelt geeft u bij het lezen van de tekst binnen en om de glansplek net een gevoel van hinder.
2. **JUIST ONACCEPTABELE HINDER**; de glans die u volgens dit criterium instelt geeft u bij het lezen van de tekst binnen en om de glansplek net een gevoel van onacceptabele hinder.

Bij het instellen van de glans volgens de twee criteria, kan het nuttig zijn het instelbare bereik van niet tot sterk aanwezige glans goed te doorlopen.

Nadrukkelijk wordt er op gewezen dat het er bij het experiment niet om gaat of u de tekst binnen de glansplek nog kunt lezen. Het gaat hier alléén om de *hinder* die u van de glans ervaart bij het lezen van de tekst.

Tijdens het experiment wordt u door de proefleider een aantal bladen met gedrukte tekst aangeboden, waarvoor u steeds de gevraagde twee instellingen maakt.

Zijn er nog vragen, aarzel niet deze te stellen!

Veel succes.

PUBLIKATIES

De volgende publikaties kunnen eveneens van belang zijn

| CODE | | PRIJS |
|-------|--|---------|
| P 1 | Inhoud verbandtrommels Middelen voor de Eerste hulp bij ongevallen op het werk Vijfde druk 1993 | f 7,50 |
| P 184 | Werken met beeldschermen Tweede druk 1993 ISBN 9039903735 | f 20,- |
| P 185 | Handhavingsbeleid en lijst van ernstige overtredingen Eerste druk 1993 ISBN 9053072500 | f 24,50 |
| P 186 | Kantoren, informatie, organisatie en besluitvorming bij kantoorbouw- en inrichtingsprojecten Eerste druk 1993 | f 40,- |
| P 190 | Arbo- en verzuimbeleid Eerste druk 1994 ISBN 903990607 6 | f 40,- |

Signaalintekening en cluster Chemie met 25% korting

U wilt goed gedocumenteerd zijn op uw vakgebied? Wanneer u zich abonneert op één of meerdere onderstaande signaalintekeningen ontvangt u automatisch alle nieuwe publikaties van de Arbeidsinspectie op uw vakgebied met een korting van 25% op de normale verkoopprijs. U kunt tevens complete clusters bestellen met alle publikaties op uw vakgebied. Vermelde prijzen zijn indicaties.

Alle publikaties van de Arbeidsinspectie tezamen
bestelcode DGACOMPLEET, ca. f 12.750,-
bestelcode signaalintekening BGSICPL

Complete set publikatiebladen

bestelcode DGAPBLAD, ca. f 1390,-
bestelcode signaalintekening BGSIPBLAD

Bouwbedrijf

bestelcode DGABOUW, ca. f 900,-
bestelcode signaalintekening BGSIBOUW

Havenbedrijf

bestelcode DGAHAVEN, ca. f 735,-
bestelcode signaalintekening BGSIHAVEN

Land-, tuin- en bosbouw

bestelcode DGALAND, ca. f 660,-
bestelcode signaalintekening BGSILAND

Houtbewerking

bestelcode DGAHOUT, ca. f 715,-
bestelcode signaalintekening BGSIHOUT

Metaalnijverheid

bestelcode DGAMETAAL, ca. f 825,-
bestelcode signaalintekening BGSIMETAAL

Garagebedrijf

bestelcode DGAGARAGE, ca. f 385,-
bestelcode signaalintekening BGSIGARAGE

Chemie (gevaarlijke stoffen)

bestelcode DGACHEMIE, ca. f 4725,-
bestelcode signaalintekening BGSICHEMIE

Elektrotechniek

bestelcode DGAELEKTRO, ca. f 280,-
bestelcode signaalintekening BGSIELEKTRO

Hijs- en hefwerktuigen

bestelcode DGAHIJS, ca. f 125,-
bestelcode signaalintekening BGSIHIS

Arbeidsomstandigheden ondoorzichtig?

Arboscoop: praktijkblad voor gezond en veilig werken

Nieuwe verplichtingen voor werkgevers die voortvloeien uit de per 1 januari 1994 gewijzigde Arbowet zijn bij de meeste ondernemers niet voldoende bekend. Arboscoop biedt, direct van de bron, informatie over de nieuwste ontwikkelingen op het gebied van gezond en veilig werken, over conceptrichtlijnen, nieuwe publikatiebladen, over nieuwe producten, het arbobeleid van de overheid en de projecten van de Arbeidsinspectie.

Veelzijdige redactie: direct contact met de praktijk
De deskundige auteurs en redactie-adviescommissie zijn vanuit zeer verschillende invalshoeken direct betrokken bij de praktijk. Beleidsmakers, arbo-adviseurs, arbeidshygiënisten, veiligheidskundigen, onderzoekers en bedrijfsgeneeskundigen.

Bestelinformatie

Arboscoop verschijnt 11 maal per jaar. Een jaarabonnement kost f 95,- inclusief BTW en porto). U kunt gebruik maken van de bestelbon of rechtstreeks bestellen bij Sdu Servicecentrum Uitgeverijen.
Telefoon (070) 378 98 87, fax (070) 378 97 83.

Nieuwe uitgaven

U kunt zich gratis abonneren op de nieuw te verschijnen catalogus om op de hoogte te blijven van nieuwe uitgaven van de Arbeidsinspectie.
Bestelcode BGTSICATDGA

Adressen

Informatie over de activiteiten van de I-SZW is te verkrijgen bij onderstaande adressen.

I-SZW Dienst voor Inspectie en Informatie (voorheen Arbeidsinspectie)

Maastricht
Postbus 300, 6200 AH
Sint Pieterskade 26, 6212 AD
Telefoon (043) 219251
Telefax (043) 213052

Breda
Postbus 90109, 4800 RA
Vismarktsstraat 28, 4811 WE
Telefoon (076) 223400
Telefax (076) 229470

Rotterdam
Stadionweg 43c, 3077 AS
Postbus 9580, 3007 AN
Telefoon (010) 4798300
Telefax (010) 4797093

Nieuwegein
Postbus 7001, 3430 JA
Florijnburg 41, 3437 SR
Telefoon (03402) 94511
Telefax (03402) 40905

Zoetermeer
Postbus 3013, 2700 KN
Bredewater 18, 2715 CA
Telefoon (079) 710101
Telefax (079) 511773

Amsterdam
Leeuwendalersweg 21,1055 JE
Telefoon (020) 5812612
Telefax (020) 6864703

Groningen
Postbus 30016, 9700 RM
Engelse Kamp 4, 9722 AX
Telefoon (050) 225880
Telefax (050) 267202

Deventer
Postbus 5011, 7400 GC
Smedenstraat 284, 7411 RD
Telefoon (05700) 14745
Telefax (05700) 17208

Bestel/faxbiljet Publicaties Arbeidsinspectie

Graag ontvang ik rechtstreeks/via boekhandel _____
de hieronder vermelde uitgaven

AANTAL

CODE

| | | |
|-------|-------|----------------|
| _____ | _____ | naam _____ |
| _____ | _____ | t.a.v. _____ |
| _____ | _____ | adres _____ |
| _____ | _____ | postcode _____ |
| _____ | _____ | plaats _____ |
| _____ | _____ | functie _____ |
| _____ | _____ | |

Handtekening

Stuur een kopie van dit bestelbiljet naar: Sdu Servicecentrum Uitgeverijen,
afd. Verkoop Publicaties (K2303), postbus 20014, 2500 EA Den Haag
Rechtstreeks bestellen kan ook: telefoon (070) 378 98 80, fax (070) 378 97 83

Genoemde prijzen zijn incl. BTW, excl. verzendkosten. Prijswijzigingen voorbehouden

Vanaf 1 januari 1994

NIEUWE VERPLICHTINGEN ARBOWET

Wat de nieuwe verplichtingen in de praktijk voor u betekenen, leest u in het nieuwe 'Handboek Arbowet' en het 'Handboek Arbobesluiten'. De auteurs van beide uitgaven hebben meegewerkt aan de totstandkoming van de nieuwe Arbo-regelgeving. Wie volledig geïnformeerd en gedocumenteerd wil zijn heeft met deze publikaties de juiste informatiebron voor handen.



Handboek Arbobesluiten

Mw. mr J.W. Ahlers
Mw. mr M.E. Bijmans-Kusters

De grote hoeveelheid nieuwe wetgeving maakt de arbeidsomstandighedenwetgeving steeds minder inzichtelijk. Het nieuwe 'Handboek Arbobesluiten' geeft aan welke specifieke voorschriften in welke situatie moeten worden nageleefd.

In het 'Handboek Arbobesluiten' komen de nieuwste 'arbo-brede' besluiten aan de orde, elk voorzien van een artikelsgewijze toelichting met verwijzingen naar andere relevante (arbeidsomstandigheden)wetgeving. Elk besluit is voorzien van een handige checklist.

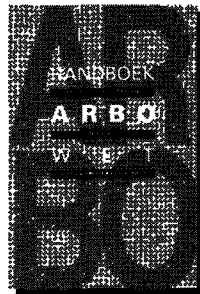
ISBN 90 399 0558 4,
312 pagina's. Prijs f 39,50

Arbeidsinspectie
Kijk op gezond en veilig werk

Handboek Arbowet

Mr. P.E. van der Poest Clement
Mr. A.H.M. Boere

Het 'Handboek Arbowet' geeft overzichtelijk en helder - uitleg over de nieuwe verplichtingen uit de Arbowet. Verder volgt dit boek alle andere wijzigingen die de komende tijd in de Arbowet plaatsvinden, zoals bijvoorbeeld: thuiswerk, tijdelijke en mobiele bouwplaatsen, seksuele intimidatie, agressie en geweld en de opheffing van de Arboraad. Praktische checklists maken het 'Handboek Arbowet' tot een compleet naslagwerk voor werkgevers, arbocoördinatoren,



ondernemingsraden, arbo-diensten en bedrijfsverenigingen.

ISBN 90 399 0299 2,
490 pagina's. Prijs f 49,50

Gratis catalogus Arbeid

Een overzicht van 600 publikaties van de Arbeidsinspectie wordt op aanvraag gratis toegezonden.

Bestellingen:

Sdu Servicecentrum
Uitgeverijen, postbus 20014,
2500 EA Den Haag. Tel. (070)
378 98 80, fax (070) 378 97 83

Bestelbon



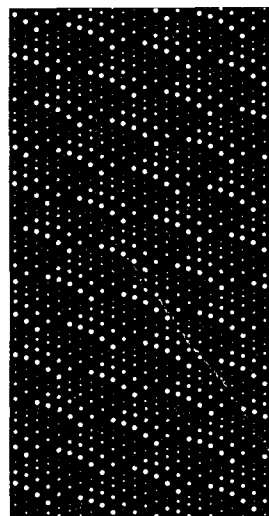
Stuur mij rechtstreeks/via boekhandel:

- ex. **Handboek Arbowet** ISBN 90 399 0299 2 f 49,50
ex. **Handboek Arbobesluiten** ISBN 90 399 0558 4 f 39,50

Stuur mij de gratis catalogus Arbeid

Afzender:

Vermelde prijzen zijn inclusief BTW en exclusief verzendkosten.
Prijswijzigingen voorbehouden.



BESTELADRES PUBLIKATIES ARBEIDSINSPECTIE

Sdu Servicecentrum Uitgeverijen

Afdeling Verkoop, kamer 2303

Postbus 20014, 2500 EA Den Haag

Telefoon (070) 378 98 80, Fax (070) 378 97 83

ISBN 90-399-0771-4



9 789039 907719