

Ser. 4

S 72

<sup>2<sup>e</sup> ex.</sup> Een andere kijk op aanbevelingen  
voor verlichtingssterkte  
bij binnenverlichting

Een studie  
Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid  
door IZF-TNO

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



\*NIA0031607\*

Directoraat-Generaal van de Arbeid



S 72

gratis dc  
20/9

# Een andere kijk op aanbevelingen voor verlichtingssterkte bij binnenverlichting

Een studie

Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid  
door IZF-TNO

Auteurs: P. M. van Bergem-Jansen  
P. Padmos

Nederlands Instituut voor  
Arbeidsomstandigheden NIA  
bibliotheek-documentatie-informatie  
De Boelelaan 32, Amsterdam-Buitenveldert

September 1989

stamb.nr.  
plaats  
datum

766  
Ser. 4, S 72 (2<sup>e</sup> ex)  
24 NOV. 1989

## VOORWOORD

De opdracht voor dit onderzoek luidde "hoe wordt de kritische detailgrootte voor niet-leestaken bepaald". De kritische detailgrootte is van belang omdat in de "Aanbevelingen voor binnenverlichting" van de NSvV, deze als basis gebruikt wordt voor het bepalen van de verlichtingssterkte. Uit dit onderzoek is gebleken dat deze relatie aanvechtbaar is en dat de classificatie naar detailgrootte twijfelachtig is.

De "Aanbevelingen" van de NSvV zijn door een commissie opgesteld, waaraan ook vanuit het IZF medewerking is verleend. Het IZF heeft daarbij een wezenlijke bijdrage geleverd tot eerdergenoemde methode voor het bepalen van de verlichtingssterkte. Dat betekent dat het IZF in dit rapport kritiek levert op aanbevelingen, aan de opstelling waarvan het in het verleden heeft meegewerkt. Het lijkt ons goed om deze verstrengeling in een woord vooraf te signaleren, ook al gaat het formeel om gescheiden verantwoordelijkheden, enerzijds van de Commissie voor Binnenverlichting van de NSvV en anderzijds van het IZF-TNO.

DGA, Voorburg.

## INHOUD

	Blz.
SAMENVATTING	5
ABSTRACT	6
1 INLEIDING	7
2 ACHTERGRONDEN VAN DE NSVV-AANBEVELINGEN	9
3 KRITIEK	11
3.1 Verlichtingssterkte versus detailgrootte	11
3.2 Compensatiemaatregelen	14
3.2.1 Slecht contrast	14
3.2.2 Kortdurende werkzaamheden	16
3.2.3 Maken van fouten	16
3.2.4 Oudere mensen	17
4 VOORSTEL VOOR VERLICHTINGSSTERKTEKLASSEN	18
4.1 Overwegingen	18
4.1.1 Normale werkverlichting	18
4.1.2 Oriëntatieverlichting	22
4.1.3 Speciale verlichting	23
4.1.4 Het belang van visuele ergonomie	23
4.2 Overzicht van het voorstel	24
4.3 Toelichting	25
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	28
REFERENTIES	30
BIJLAGE - NSVV-Classificatie van leestaken naar kritische detailgrootte	32

Andere kijk op aanbevelingen voor verlichtingssterkte bij binnenverlichting

P.M. van Bergem-Jansen en P. Padmos

SAMENVATTING

De Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, NSVV, hanteert in haar Aanbevelingen voor Binnenverlichting 1981 een specificatiesysteem voor verlichtingssterkten met als basis de grootte van het kritische detail in de visuele taak. Onderzocht is welke de achtergronden zijn van de relatie tussen benodigde verlichtingssterkte en detailgrootte zoals die door de NSVV wordt gehanteerd.

Geconcludeerd wordt dat aan deze relatie een aanvechtbare interpretatie van meetgegevens ten grondslag ligt. Uit de literatuur blijkt dat de detailwaarneming nauwelijks afhankelijk is van de lichtniveaus die gebruikelijk zijn voor werkruimten. Het heeft derhalve geen zin de kritische detailgrootte in de visuele taak te bepalen om daarmee vervolgens de aanbevolen waarde voor de verlichtingssterkte vast te leggen.

Een vereenvoudigd systeem met drie verlichtingssterkte-klassen, dat als basis kan dienen voor een ontwerpnorm voor binnenverlichting, wordt als alternatief voorgesteld. Onderzoek naar de subjectieve oordelen van verlichting in werkruimten wordt aanbevolen.

Another view on interior light level recommendations

P.M. van Bergem-Jansen and P. Padmos

**ABSTRACT**

The Netherlands Institution of Illuminating Engineering, NSVV, gives in its Recommendations for Interior Lighting 1981 a specification system for illuminance based on the size of the critical detail in the visual task. The scientific basis was investigated for the relation between illuminance needed and size of detail as presented by NSVV.

It is concluded that a disputable interpretation of measuring results underlies this relation. From literature it appears that minimum visual detail is hardly dependent on lighting levels common in working interiors. Consequently, determination of the critical detail in the visual task is not meaningful in specifying recommended lighting levels for interior lighting.

A simplified alternative system is proposed, with three classes of illuminances on which a draft standard on interior lighting levels can be based. Research on the subjective judgement of lighting for work is recommended.

## 1 INLEIDING

Voor het ontwikkelen van een beleid dat gericht is op het bevorderen van een optimale verlichting van de werkplek heeft het Directoraat Generaal van de Arbeid (DGA) behoefte aan normen. In 1985 signaleerde DGA dat binnen de huidige aanbevelingen op dit gebied (NSVV, 1981) een drietal aspecten voor dit doel onderbelicht zijn. Het betreft het specificatiesysteem voor verlichtingssterkte, de hinder van glans en de verblinding door de nieuwe generatie verlichtingsarmaturen. In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek dat het IZF in opdracht van DGA uitvoerde met betrekking tot het specificatiesysteem voor verlichtingssterkten. In volgende rapporten zullen glans en verblinding aan de orde komen.

De door DGA gestelde vraag was hoe men bij een gegeven visuele taak de kritische detailgrootte kan bepalen. De kritische detailgrootte (het kleinste detail dat in de taak waargenomen moet kunnen worden) wordt door de NSVV (1981) gebruikt als basis voor de bepaling van de aanbevolen waarde voor de verlichtingssterkte. Alleen voor normale symbolen als letters en cijfers zoals die in leestaken voorkomen, wordt een eenvoudig toepasbare methode ter bepaling van de kritische detailgrootte gegeven. Voor andere taken, bijvoorbeeld die welke in de industrie voorkomen (bijvoorbeeld bij machinebankwerk, inspectie), is het soms moeilijk de grootte van het kritische detail te bepalen.

Het nauwkeurig specificeren van noodzakelijke lichtniveaus voor praktische taken is uiterst moeilijk. Volgens Padmos en Vos (1980) bestaat een wetenschappelijk goed onderbouwd specificatiesysteem niet; de huidige aanbevolen niveaus (ook de Nederlandse) zouden merendeels berusten op dat wat in de praktijk gangbaar, alsmede economisch en technisch haalbaar is. Voor ruimten die permanent als werkruimte in gebruik zijn worden op basis hiervan in Europa en de Verenigde Staten niveaus aanbevolen tussen 200 en 2000 lux. Het minimum niveau van 200 lux is een algemeen aanvaarde ondergrens waar beneden men ervan uitgaat dat de ruimte er somber zal uitzien (CIE, 1986). Voor de keuze binnen het gebied van gebruikelijke niveaus hanteert men in enkele landen (w.o. Nederland) een classificatie van taken naar moeilijkheidsgraad, waarvoor de detailgrootte en het contrast van het detail met zijn achtergrond als kenmerkende grootheden gebruikt worden. Het is daarbij opmerkelijk dat bij dezelfde kritische detailgrootte tussen de aanbevelingen van landen als Nederland en Engeland (CIBS, 1984) grote verschillen in verlichtingssterkte (oplopend tot een factor 5, zie Fig. 1) optreden. Andere Europese verlichtingsaanbevelingen hanteren daarentegen niet de detailgrootte

als basis voor de benodigde verlichtingssterkte, maar geven algemene omschrijvingen van activiteiten en/of ruimtegebruik (zoals in DIN 5035, 1979). In de Verenigde Staten worden binnen genoemd verlichtingssterktebereik slechts drie globale klassen van detailgrootten onderscheiden: grote, kleine en zeer kleine details.

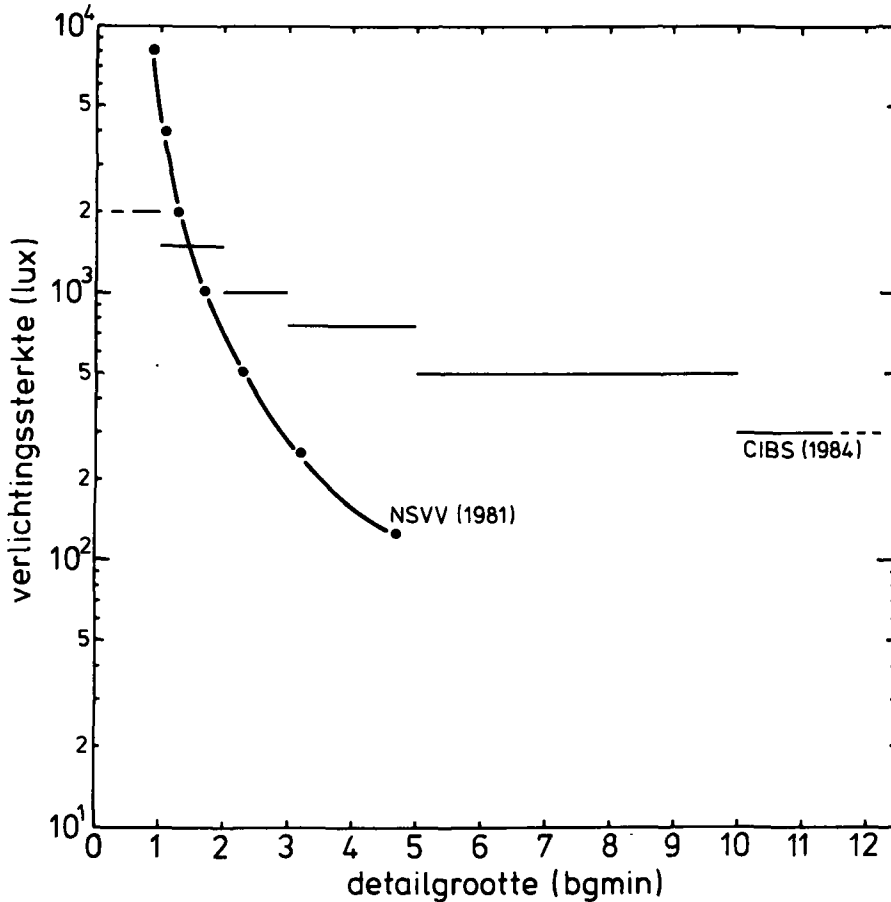


Fig. 1 Aanbevolen waarden voor de nominale verlichtingssterkte (E) als functie van de detailgrootte volgens NSVV (1981) en CIBS (1984). De nominale verlichtingssterkte is de verlichtingssterkte die gemiddeld over het werkvlak en gemiddeld over de onderhoudsperiode van de installatie aanwezig is (in het algemeen geldt dat de nominale verlichtingssterkte gelijk is aan circa 2x de minimaal toelaatbare verlichtingssterkte; zie Fig. 2).



Deze bevindingen hebben er toe geleid dat allereerst is onderzocht wat de achtergronden zijn van de relatie tussen verlichtingssterkte en detailgrootte, zoals die door de NSVV wordt gehanteerd. Vervolgens is in de literatuur nagegaan welke relatie er nu werkelijk bestaat tussen verlichtingssterkte en detailgrootte. Dit heeft er toe geleid dat het minder zinvol werd geacht om de vraag van de opdrachtgever in letterlijke zin te beantwoorden. In verband hiermee is met de opdrachtgever een bijgestelde opdrachtformulering overeengekomen, volgens welke een voorstel zal worden gedaan voor een vereenvoudigd systeem met een beperkt aantal verlichtingssterkte-classes.

## 2 ACHTERGRONDEN VAN DE NSVV-AANBEVELINGEN

De NSVV geeft geen argumentaties bij haar specificatiesysteem voor verlichtingssterkten. Reconstructie van het ontstaan van het systeem heeft plaats gevonden op grond van mededelingen van de leden van de Commissie Binnenverlichting die destijds betrokken waren bij het opstellen van de Aanbevelingen (NSVV, 1981). Hiertoe behoorde ook een IZF-vertegenwoordiger.

Voor het specificatiesysteem voor verlichtingssterkten is Fig. 2 essentieel. Deze zogenaamde E-grafiek geeft de relatie van detailgrootte en de minimaal toelaatbare verlichtingssterkte weer. De minimaal toelaatbare verlichtingssterkte is hier de verlichtingssterkte die te allen tijde op het voor de taakuitvoering relevante deel van het werkvlak tenminste beschikbaar moet zijn. Aan de E-grafiek blijkt de drempelcurve van Moon en Spencer (1944) ten grondslag te liggen (mondelinge mededeling van een lid van de Commissie Binnenverlichting). Meetresultaten van diverse auteurs zijn daarin door Moon en Spencer samengebracht in een figuur waarin de minimaal waarneembare detailgrootte (voor zwarte Landolt-C's op witte ondergrond) als functie van de luminantie wordt weergegeven (Fig. 3). Deze drempelcurve komt overeen met een detectiekans van circa 50% (van de aangeboden details wordt 50% gedetecteerd).

Voor de vertaling van deze curve naar bovendrempelige condities heeft de NSVV als uitgangspunt gehanteerd dat wat toen, ten tijde van het opstellen van de aanbevelingen, als normaal werd ervaren. Dit resulteerde in de keuze van de combinatie van circa 400 lux en een detailgrootte van 2 boogminuten als referentiesituatie (nominaal werkpunt).

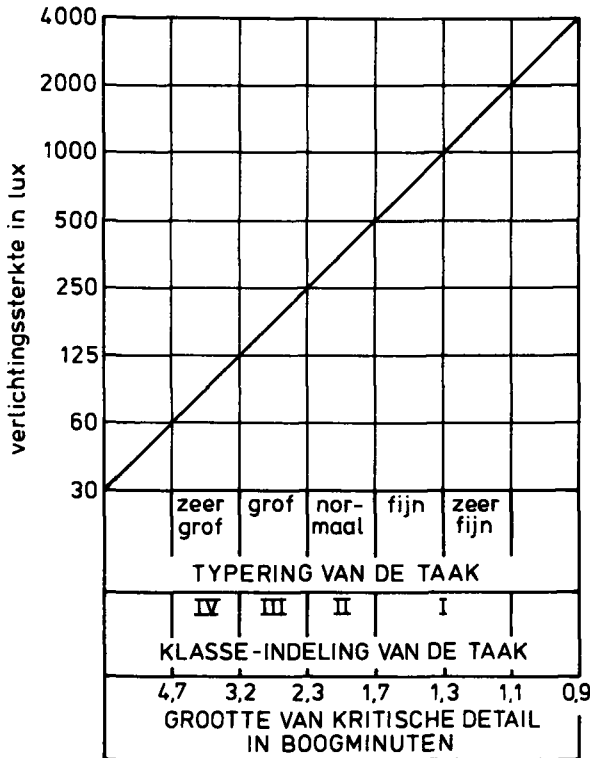


Fig. 2 Minimaal toelaatbare verlichtingssterkte in afhankelijkheid van de grootte van het kritische detail (in boogmin.) in de visuele taak, de zogenaamde E-grafiek (NSVV, 1981).

Voorkomend drukwerk (zie bijlage) en veel andere visuele taken zijn zodanig dat de detailgrootte in ieder geval niet veel kleiner is dan deze 2 boogminuten. Dat is geen toeval, want het berust natuurlijk indirect op het feit dat 90% van de mensen tussen 18-79 jaar (McDowell, 1964) bij goede verlichting een minimum visus heeft van minstens 1/2 en dus een detailgrootte van 2 boogminuten kan waarnemen. Het lichtniveau van 400 lux komt bij de gemiddelde diffuse reflectiefactor van 0,5 die de NSVV voor de taakachtergrond hanteert, overeen met een luminantie van 65 cd/m<sup>2</sup>. Door dit "nominale werkpunt" heeft men vervolgens de in horizontale richting over drie decaden verschoven drempelcurve van Moon en Spencer getrokken (onderbroken curve in Fig. 3).

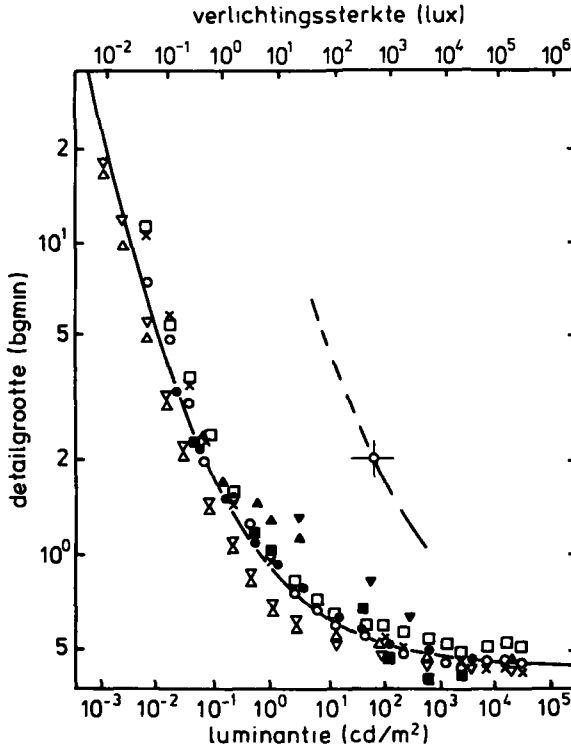


Fig. 3 Minimaal waarneembare detailgrootte (voor zwarte objecten op witte achtergrond) als functie van de luminantie bemeaten door diverse auteurs (gegevens van rond het begin van deze eeuw als samengebracht door Moon en Spencer, 1944).

0 : nominaal werkpunt (65 cd/m<sup>2</sup>, 2 boogminuten)

- - - : over drie decaden horizontaal verschoven curve

De verlichtingssterkte-schaal is berekend uit de luminantie met in achtneming van een achtergrondreflectie van 50% (NSVV, 1981).

### 3 KRITIEK

#### 3.1 Verlichtingssterkte versus detailgrootte

De door de NSVV (1981) gehanteerde vertaling van de Moon en Spencer-curve uit Fig. 3 naar bovendrempelige condities is wetenschappelijk aanvechtbaar. De verschuiving naar het werkpunt door horizontale verplaatsing over drie decaden is namelijk principieel fout. Hierbij

verandert de fysiologische toestand van het oog, waardoor het verband tussen luminantie en detailgrootte anders wordt.

Een verticale verschuiving van de Moon en Spencer-curve zou daarentegen een meer verantwoorde vertaling naar bovendrempelige condities opleveren. Dan wordt immers de bovendrempeligheid van de taak verhoogd door taakvergemakkelijking (hier: detailvergroting) in dezelfde fysiologische situatie. Een verschuiving als deze naar het door de NSVV gedefinieerde nominale werkpunt zou een verticale verplaatsing over een factor 4 in detailgrootte inhouden. Het verloop van de op deze wijze verschoven curve zal naar verwacht mag worden niet veel anders zijn dan die van de drempelcurve in hetzelfde luminantiegebied (Fig. 4).

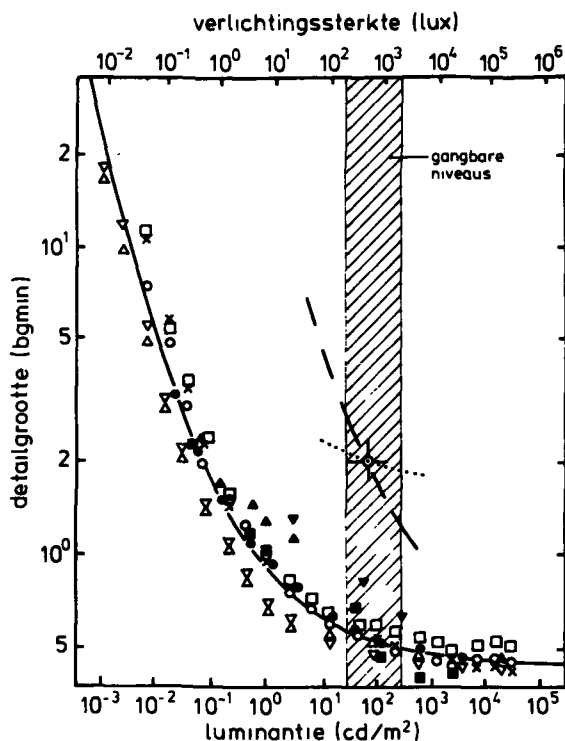


Fig. 4 Als Fig. 3, maar nu ook met de over een factor 4 in detailgrootte verticaal verschoven curve (.....).

Er is een forse discrepantie tussen de NSVV-kromme en deze verticaal verschoven curve. In het gebied van gangbare verlichtingsniveaus voor werkruimten (200-2000 lux; het gearceerde gebied in Fig. 4) sug-

gereert de NSVV-kromme de uitwisselbaarheid van detailgrootte en verlichtingssterkte bij gelijke prestatie. Dit in tegenstelling met dat wat uit het verloop van de andere curve voor dit gebied van lichtniveaus is af te leiden: binnen het bereik van 200-2000 lux verandert de net waarneembare detailgrootte niet meer dan 15%, hetgeen een vaak te verwaarlozen verbetering is.

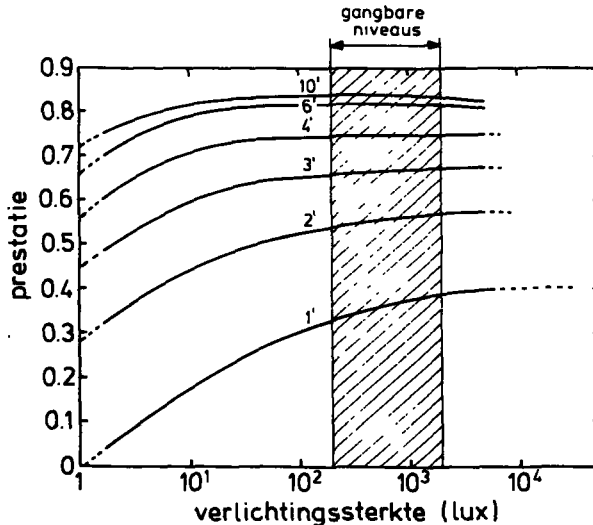


Fig. 5 Visuele prestatie (snelheid en accuratesse) als functie van de verlichtingssterkte bij Landolt C-taken van verschillende detailgrootte volgens Weston (1953).

Ook het onder meer realistische, bovendrempelige omstandigheden verrichte onderzoek van Weston (1953) geeft geen ondersteuning voor het verloop van de NSVV-kromme (Fig. 5). De taak bestond uit het aankruisen van Landolt C's met een gegeven oriëntatie op een kaart met een groot aantal willekeurig georiënteerde C's. Voor de gemeten prestatie waren snelheid en accuratesse bepalend. Bij geringe detailgrootte van 1 boogminuut is in het gebied van gangbare lichtniveaus (gearceerd gebied in Fig. 5) nog enige winst in prestatie te bereiken als gevolg van niveauverhoging, maar voor de door NSVV gehanteerde "nominale detailgrootte" van 2 boogminuten is deze winst al nihil. Overigens dient de winst bij geringe detailgrootte vergeleken te worden met de winst die te behalen is door een geringe vergroting van het detail, bijv. door de taak iets dichterbij te houden.

De toename van de verlichtingssterkte met de afnemende detailgrootte is daarom bij de niveaus die voor werkruimten gebruikelijk

zijn niet echt relevant. Dit leidt tot de conclusie dat voor de oorspronkelijke vraag van de opdrachtgever "hoe wordt bij een gegeven visuele taak de kritische detailgrootte bepaald ter vastlegging van de volgens NSVV aanbevolen verlichtingssterkte" de grond is weggefallen; de E-grafiek (Fig. 2) vormt geen goed uitgangspunt.

### 3.2 Compensatiemaatregelen

Tot nu toe is de discussie beperkt tot een goed contrast tussen detail en ondergrond. In de NSVV-aanbevelingen worden enkele factoren van taakverzwaring genoemd die het nodig zouden maken om het verlichtingsniveau aan te passen. Deze factoren zijn de tijdsduur van het werk, het contrast in de visuele taak, het risico van fouten bij het werk en de leeftijd van de werker. Het gaat hier om de correctie van de verlichtingssterkte die eerder in de E-grafiek in de afhankelijkheid van de detailgrootte is aangehouden. Deze correctie houdt in dat per taakverzwaring de verlichtingssterkte met een factor  $\sqrt{2} = 1,4$  moet worden opgevoerd. Omdat Fig. 2 al op langdurige arbeid is afgestemd dient de factor tijdsduur te worden beschouwd als taakvergemakkelijking (dus verminderen met een factor  $\sqrt{2}$ ). De kwantitatieve verantwoording die voor deze compensatiemaatregelen wordt gegeven is echter summier (NSVV, 1981).

Na het voorgaande ligt het voor de hand om ook aan de geldigheid van deze compensatiemaatregelen te twijfelen. In het volgende zal inderdaad blijken dat door de beschikbare literatuur niet kan worden bevestigd dat het mogelijk is om door middel van de voorgestelde veranderingen in verlichtingsniveau te compenseren voor deze factoren in termen van gelijkblijvende prestatie.

#### 3.2.1 Slecht contrast

Blackwell (1952) onderzocht in een drempel-detectie-experiment de kans op waarnemen in relatie tot onder meer detailgrootte en contrast. Het percentage correct gegeven responsies, gecorrigeerd voor toevalstreffers is hier de (relatieve) visuele prestatie (Fig. 6). Uit het desbetreffende materiaal blijkt dat met de genoemde compensatiemaatregel alleen het gewenste effect van gelijkblijvende prestatie bereikt wordt bij lage luminanties, ver buiten het normale werkgebied. In het gebied van gangbare lichtniveaus voor werkruimten (200-2000 lux) is veel, heel veel meer licht nodig dan een factor 1,4 om voor ook maar een geringe vermindering van het contrast te kunnen compenseren in termen van gelijkblijvende prestatie.

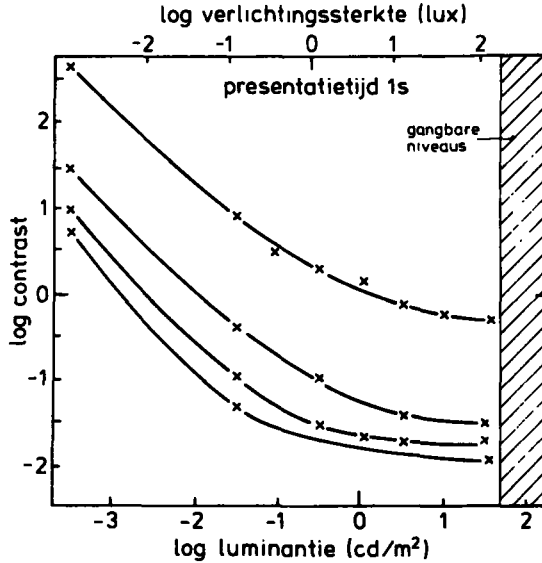


Fig. 6 Gegevens van Blackwell (1952) over het benodigd contrast als functie van luminantie en objectgrootte (99% detectiekans).

Een wat meer praktische, bovendrempelige taak werd door Smith en Rea (1979) gebruikt. Een groep jonge (20-24 jr) en een groep oude (60-69 jr) proefpersonen controleerden een lijst van 20 nummers op overeenkomst met een referentielijst bij acht verschillende taakluminanties. De referentielijsten waren uitgevoerd met relatief grote cijfers (detailgrootte circa 4 bgmin.) in zwarte respectievelijk grijze inkt op wit papier, overeenkomend met goed en slecht contrast ( $L_{\text{achtergrond}}/L_{\text{grijs cijfer}} = 1,4$ ). De gemiddelde gemeten prestaties, waarvoor snelheid en accuratesse bepalend waren, zijn in Fig. 7 weergegeven. Ook uit deze resultaten is af te leiden dat er in het gebied van gangbare lichtniveaus bij slecht contrast praktisch geen noemenswaardige verbetering in prestatie te bereiken is als gevolg van verhoging van het lichtniveau. Alleen bij de dubbele handicap van ouderen met slecht contrast lijkt nog enige winst in prestatie te bespeuren (zie ook § 3.2.4), maar ook hier geldt dat dit afgewogen moet worden tegen de veel grotere winst die het gevolg is van contrastverhoging (bijv. door gebruik van balpen in plaats van potlood).

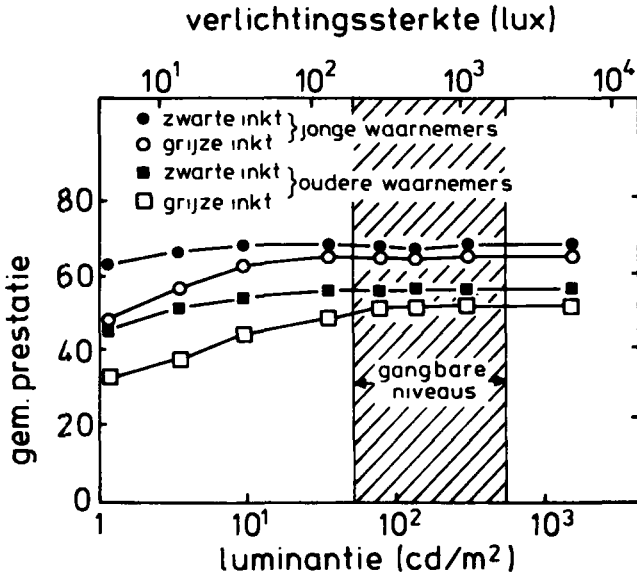


Fig. 7 Gemiddelde prestatiescore gemeten aan jonge (20-24 jr.) en oudere (60-69 jr.) proefpersonen bij het controleren van cijferkolommen, gedrukt in zwarte en grijze inkt op wit papier ( $L_{\text{achtergrond}}/L_{\text{grijs cijfer}} = 1,4$ ). Snelheid en accuratesse waren samen bepalend voor de prestatie (Smith en Rea, 1979).

### 3.2.2 Kortdurende werkzaamheden

Uit de argumentaties die door de NSVV worden gegeven bij de correctie met betrekking tot kortdurende werkzaamheden is op te maken dat het hier gaat om een correctie voor de invloed van de vermoeidheid op de prestatie. Gezien het voorgaande mag ook hier geen belangrijk effect verwacht worden. Harde gegevens zijn er echter nauwelijks. Padmos en Vos (1980) komen tot de conclusie dat de studies die op het gebied van vermoeidheid zijn verricht weinig informatie opleveren die relevant is voor het gebied van gangbare lichtniveaus. Op zijn best kan worden gesteld dat niveaus beneden 200 lux niet geschikt zijn voor langdurige werkzaamheden of voor moeilijke visuele taken. Hetgeen, gezien het voorgaande, hier geen bijzondere uitspraak meer is.

### 3.2.3 Maken van fouten

In de prestatiescores zoals die zijn weergegeven in de figuren 5 en 7 was ook de accuratesse verwerkt. En dus geldt ook hier dat voor een



geringe vermindering van de kans op fouten veel meer dan een factor 1,4 aan extra licht nodig is.

### 3.2.4 Oudere mensen

Dat oudere mensen profijt kunnen hebben van een verhoogd lichtniveau is bekend. Belangrijke redenen hiervoor zijn dat de contrastgevoeligheid afneemt als gevolg van verstrooiing in de oogmedia en dat de lichtgevoeligheid afneemt ten gevolge van de kleinere pupil en de toegenomen absorptie in de ooglens. In het gebied van gangbare lichtniveaus (>200 lux), echter, is volgens onderzoek van Boyce (1973) bij ouderen als gevolg van niveauverhoging alleen een significante verhoging van de prestatie te verwachten in geval van (moeilijke) visuele taken met kleine details gecombineerd met zwakke contrasten (Fig. 8). Ook in Fig. 7 is deze tendens, zij het in geringere mate, aanwezig.

Gezien de enorme spreiding bij ouderen in het vermogen tot het zien van kleine details, lijkt het overigens niet zinvol om op basis van de beschikbare onderzoeksgegevens dwingende conclusies te trekken over het wenselijke lichtniveau bij oudere mensen. Individuele aandacht is hier meer op zijn plaats, waarbij vaak andere factoren, zoals een betere brilcorrectie, effectiever werken.

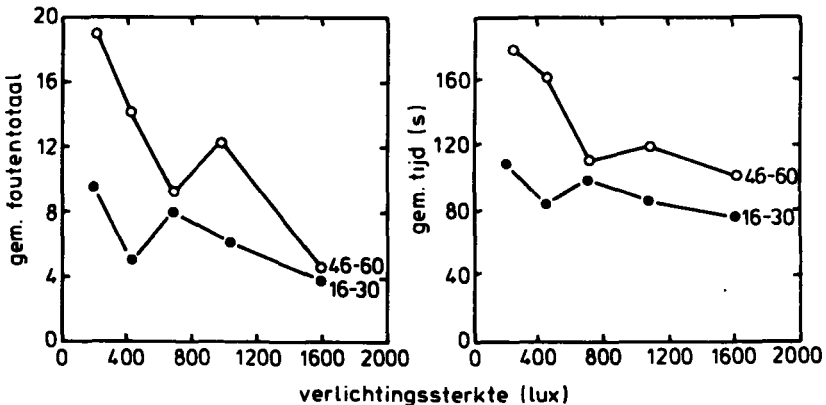


Fig. 8 Gemiddelde tijd en gemiddeld foutentotaal waarbij proefpersonen uit twee leeftijdsgroepen een Landolt C-taak (1,5 bgmin. en  $L_{\text{achtergrond}}/L_{\text{symbool}} = 1,7$ ) uitvoeren als functie van de verlichtingssterkte (Boyce, 1973). Gezien het hakkerige verloop van de grafieken kan aan prestatieverschillen kleiner dan 4 fouten (linker figuur) of 20 seconden (rechter figuur) geen betekenis worden toegekend.

#### 4 VOORSTEL VOOR VERLICHTINGSSTERKTE-KLASSEN

Nu gebleken is dat de E-grafiek uit Fig. 2 geen goed uitgangspunt vormt voor de vastlegging van de benodigde verlichtingssterkte, is in overleg met de opdrachtgever de vraagstelling bijgesteld. Gezocht is naar een beter systeem voor verlichtingssterkte-aanbevelingen.

Nu echter voor normale taken (met niet al te kleine details) en gangbare lichtniveaus (200-2000 lux) niet meer van een afhankelijkheid van de verlichtingssterkte mag worden uitgegaan, kan het voorstel niet worden gebaseerd op een koppeling met welk taakkenmerk ook. Het enige dat daarom bij het opstellen van het voorstel als doel kan worden gesteld is dat het niet mag afwijken van de huidige praktijk, waaraan men nu gewend is. Het voorstel zal daarmee niets anders zijn dan een weerspiegeling van dat wat vandaag aan de dag gangbaar, c.q. normaal is.

Voor de basis van het voorstel is daarom uitgegaan van een drietal gangbare toepassingmogelijkheden van kunstverlichting, namelijk:

oriëntatieverlichting,  
normale werkverlichting,  
speciale verlichting.

In het volgende wordt eerst per toepassingsgebied ingegaan op de overwegingen bij het voorstel. In § 4.2 wordt vervolgens een overzicht gegeven van het voorstel, waarna in § 4.3 in een toelichting hierop een aantal overwegingen uit § 4.1 weer terugkomen. Het is de bedoeling dat deze paragrafen 4.2 en 4.3 te lezen zijn los van de overige tekst van dit rapport.

#### 4.1 Overwegingen

##### 4.1.1 Normale werkverlichting

Naar verwacht mag worden zal dat wat nu als "normaal" wordt ervaren niet veel verschillen met dat wat circa 10 jaar geleden door de NSVV als normaal-standaard werd gekozen (§ 2). De referentiesituatie (nominaal werkpunt) van toen kan daarom voor het voorstel van nu worden overgenomen. Het betreft de combinatie van circa 400 lux en 2 boogminuten. In normaal voorkomend drukwerk zal de kritische detailgrootte zelfs groter zijn dan deze 2 boogminuten (zie bijlage).

Voor "normale werkverlichting", waarvoor deze referentiesituatie als normaal wordt beschouwd, is als minimum niveau een verlichtingssterkte van 200 lux en als maximum 800 lux gekozen. Dergelijke

stappen van een factor 2 in lichtniveau, overeenkomend met een duidelijk waarneembare helderheidsprong, zijn in de verlichtingsnormgeving heel gebruikelijk (NSVV, 1981).

Op basis van onderzoekresultaten van Weston (1953) kan nu worden gesteld dat bij de referentiesituatie een redelijk prestatieniveau hoort van circa 95% van de maximaal haalbare prestatie voor de desbetreffende taak (Fig. 9). Binnen het gebied van 200-800 lux wordt deze prestatie - zowel links als rechts van het normaalpunt - nauwelijks beïnvloed door de verlichtingssterkte. Als gevolg hiervan is de niveaukeuze binnen deze marge dus moeilijk kwantificeerbaar.

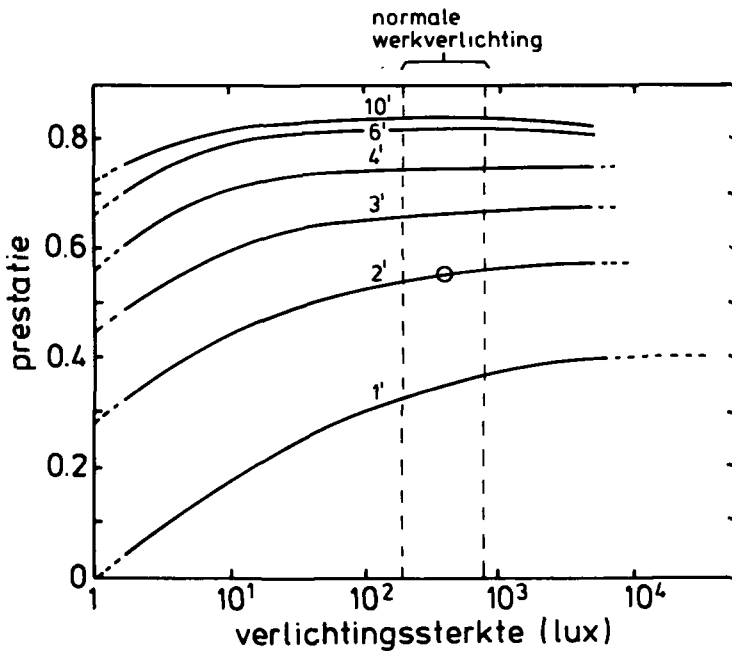


Fig. 9 Als Fig. 5, maar nu met vermelding van het normaalpunt (400 lux, 2 hoogminuten) en de onder/bovengrens van "normale werkverlichting".

Behalve de visuele prestatie wordt de subjectieve beoordeling van de verlichtingssterkte ook wel als argument gebruikt voor verlichtingssterkte-aanbevelingen. Zo worden bijvoorbeeld resultaten van preferentiestudies als uitgangspunt gehanteerd. Voorbeelden van dit soort gegevens vindt men in de door Fischer (1970) samengestelde figuur van gewenste lichtniveaus, die ook door de CIE (1986) wordt vermeld.

Voorzichtigheid is echter geboden bij het hanteren van resultaten als deze, omdat de uitkomst sterk afhankelijk blijkt van de onderzoekopzet (Tregenza, 1974). Aangeboden beginsituatie, beschikbare tijd i.v.m. adaptatie, aantal beschouwde niveaus en het "range"-effect (binnen de reeks van alternatieven is men geneigd de uitersten van de schaal te vermijden; Poulton, 1974) zijn voorbeelden van factoren die het oordeel kunnen beïnvloeden. Nog afgezien van de invloed die de ruimteafmetingen, de afwerking van de wanden, de helderheden in de ruimte e.d. kunnen hebben.

Padmos en Vos (1980) wijzen op de enorme methodologische artefacten die daardoor binnen kunnen sluipen en keuren het gebruik van preferentiestudies als richtlijn voor wenselijke niveaus af. Als meer fundamenteel bezwaar voeren Padmos en Vos (1980) bovendien aan dat in de praktijk er een bovengrens aan lichtniveaus is alleen al vanwege de kosten. In preferentiestudies die in laboratoriumsituaties worden uitgevoerd is deze grens niet aanwezig en kunnen alleen neveneffecten als verblinding en warmteproductie als zodanig invloed hebben. Het is daarom niet verrassend dat het optimum niveau uit de door Fischer (1970) samengestelde figuur zoveel hoger (2000 lux) is dan de niveaus die in de praktijk voorkomen.

Een deel van de bezwaren voor het gebruik van preferentiestudies zullen minder gelden als het oordeel wordt gevraagd wanneer men gedurende langere tijd in een werksituatie aan de verlichting is blootgesteld. Bovendien gelden de genoemde bezwaren ten aanzien van de bovengrens niet als men zich concentreert op de subjectief toelaatbare ondergrens. In de hierna volgende acceptatiestudies wordt met beide overwegingen rekening gehouden.

Saunders (1969) liet in een als kantoor ingerichte vensterloze ruimte verlicht met conventionele plafondarmaturen, proefpersonen eerst een tijd rondkijken om te adapteren. Daarna werden de proefpersonen gevraagd plaats te nemen achter een van de bureaus en een boek te lezen. Vervolgens werd hun mening gevraagd over de geschiktheid van de verlichting om bij te lezen en over de algemene kwaliteit van de verlichting op het bureau. De proefpersonen namen daarna plaats achter een ander bureau waar ze dezelfde vragen beantwoordden. Fig. 10 toont de resultaten met betrekking tot het oordeel van de 33 proefpersonen over de kwaliteit van de verlichting op het bureau. De aangeboden niveaus varieerden tussen 120 en 1700 lux.

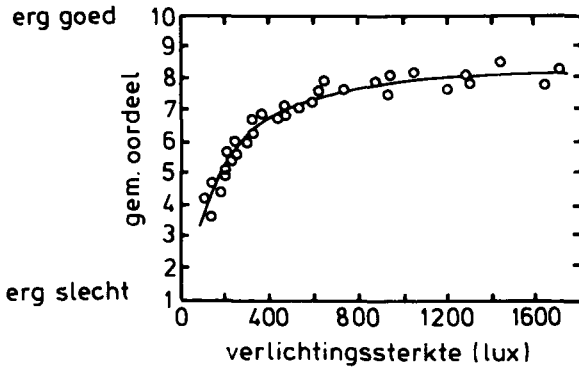


Fig. 10 Gemiddeld oordeel over de kwaliteit van de verlichting in een vensterloze kantoorruimte bij verschillende verlichtingssterkten op het bureau (Saunders, 1969).

Overeenkomstige resultaten heeft Van Ierland (1965) verkregen met een veldonderzoek waarin de verlichtingssterkte eveneens op de werkplek, maar nu bij de aanwezige verlichtingsinstallaties in bestaande kantoren, met al hun tekortkomingen (o.a. qua reflecties, lichtinvals-

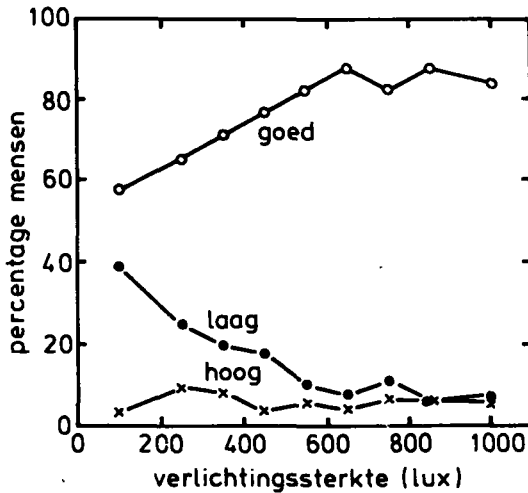


Fig. 11 Percentage mensen die de verlichtingssterkte op hun bureau als volgt beoordelen: ●, te laag of aan de lage kant; ○, goed; x, te hoog of aan de hoge kant (Van Ierland, 1965).

richting, helderheidsverhoudingen op de werkplek), door de betrokken werkers zelf beoordeeld werden. In Fig. 11 zijn de resultaten opgenomen die betrekking hebben op het oordeel van circa 2000 kantoorbewoners en een grote verscheidenheid aan lichtniveaus (100-1000 lux). Overigens wekt de circa 5% die zelfs beneden 400 lux het oordeel "te hoog" of "aan de hoge kant" geeft enige verbazing. Hoewel beide onderzoeken nog wel ruimte geven voor een ondergrens van bijvoorbeeld 300 lux, zien wij voornamelijk geen reden om af te wijken van de voorgestelde ondergrens van 200 lux, die bovendien in verband met acceptatie algemeen aanvaard blijkt (CIE, 1986).

Omdat de genoemde onderzoeken dateren van circa 20 jaar geleden, achten wij het wel wenselijk soortgelijk onderzoek nu weer uit te voeren. Het is mogelijk dat de subjectief toelaatbare ondergrens voor verlichtingssterkte conjunctuur-gevoelig is. Omdat een factor 4 aan spreiding wenselijk wordt geacht, zou de bovengrens dan ook aangepast kunnen worden.

Voor de keuze binnen dit gebied van "normale werkverlichting" worden in § 4.3 een aantal factoren genoemd. Een van deze factoren is dat de werker aan de grens van het gezichtsvermogen moet opereren. Ook een hogere leeftijd van de werker kan hierbij een rol spelen. Toepassen van een hoog niveau moet dan wel worden afgewogen tegen vaak effectievere wijzen ter verbetering van de taakzichtbaarheid (bijv. toepassing van optische hulpmiddelen, zie § 4.1.4).

#### 4.1.2 Oriëntatieverlichting

Lichtniveaus kleiner dan 200 lux zullen, zo kan uit het bovenstaande worden afgeleid, in werkruimten onherroepelijk tot klachten leiden. Ze zijn dus hooguit geschikt voor ruimten waarin slechts een gedeelte van de werktijd wordt gewerkt. Te denken valt aan situaties in de bouw, gangen, trappehuizen, opslagruimten, e.d. Omdat in dit soort ruimten geen kritische visuele taken worden verricht en het vooral gaat om het zich kunnen oriënteren, wordt hier van "oriëntatieverlichting" gesproken. Hiervoor is een minimum niveau van 10 lux aangehouden dat uit oogpunt van veiligheid nodig zal zijn voor algemene oriëntatie en het zien van obstakels. Deze ondergrens is door ons gekozen op grond van het minimum luminantieniveau van  $1 \text{ cd/m}^2$  dat door de CIE (1977) wordt aanbevolen voor wegverlichting, waarbij het zien van obstakels een van de criteria is geweest. Omgerekend naar binnencondities met gemiddelde reflecties komt dit overeen met 10 lux.

#### 4.1.3 Speciale verlichting

Niveaus groter dan 800 lux worden plaatselijk toegepast bij speciale verlichting voor speciale condities. Deze speciale condities worden vooral gekenmerkt door het feit dat men de gerichtheid van het licht in de hand wil houden om bijvoorbeeld licht-schaduw-effecten te creëren die de taakzichtbaarheid kunnen bevorderen. Hierbij zal vaak met het, diffusere, algemene verlichtingsniveau geconcurrereerd moeten worden. In de toelichting bij het voorstel (§ 4.3) worden een aantal praktische voorbeelden hiervan genoemd.

Laatst genoemde effecten van speciale verlichting kunnen op efficiëntere wijze worden bereikt naarmate het algemene verlichtingsniveau lager (!) is, hoewel een zeer laag algemeen niveau de visuele wereld op ongewenste wijze kan beperken.

#### 4.1.4 Het belang van visuele ergonomie

Uit het voorgaande moge blijken dat de huidige gangbare lichtniveaus in werkruimten voor de meeste visuele taken zover boven wat minimaal vereist is liggen, dat van een strikte koppeling tussen verlichtingssterkte en taak- en werkereigenschappen geen sprake meer kan zijn. Als ondergrens geldt hier uit acceptatieoverwegingen voorlopig een lichtniveau van 200 lux.

Alleen bij (moeilijke) visuele taken die hoge eisen stellen aan het gezichtsvermogen van de waarnemer is speciale aandacht nodig. Deze aandacht dient allereerst gericht te zijn op de mogelijkheden van taakvergemakkelijking, die veel efficiënter blijken te zijn dan het verhogen van het lichtniveau. Te denken valt aan contrastverbetering en/of detailvergroting door toepassing van optische hulpmiddelen zoals de loep of videopresentatie, maar ook aan het gebruik van speciale op de individuele waarnemer afgestemde werkbrillen.

Pas wanneer taakvergemakkelijking niet of onvoldoende mogelijk is, moet men zich afvragen wat er met de verlichting nog kan worden gedaan. Daarbij is het louter toepassen van een hoog lichtniveau meestal niet of juist niet de oplossing. Hier gaat het veel meer om speciale - op de taak afgestemde - verlichting. Genoemd is al de gerichtheid van het licht (zie ook § 4.3), maar ook geheel andere soorten verlichting zijn vaak mogelijk: UV, gepolariseerd en monochromatisch licht, e.d. Diverse mogelijkheden worden door Faulkner en Murphy (1972) genoemd.

Het moge uit het bovenstaande duidelijk zijn dat "verlichten" niet alleen betekent het voorzien in voldoende licht, maar dat juist wanneer het er op aan komt de visuele ergonomie als belangrijk onderdeel daarvan moet worden beschouwd.

#### 4.2 Overzicht van het voorstel

Tabel 1 geeft een overzicht van het voorstel met de drie klassen en de bijbehorende lichtniveaus. Uit de verantwoording bij de keuze van de lichtniveaus, die in paragraaf 4.1 is gegeven, moge blijken dat de niveaugrenzen een zekere mate van willekeur en conjunctuur-gevoeligheid hebben. De ondergrens van 200 lux voor "normale werkverlichting" berust meer op visueel comfort dan op detailwaarneming. Het lichtniveau van 10 lux als ondergrens voor "oriëntatieverlichting" is niet echt gefundeerd, maar is een praktisch goed bruikbaar niveau dat bovendien niet erg kritisch is in verband met takenoverwegingen. De bovengrenzen van "normale werkverlichting" en van "speciale verlichting" zijn gekozen op basis van praktijkervaring en zijn dus niet bindend. Men realiseert zich dat hogere niveaus bij deze twee soorten verlichting geen wezenlijke bijdrage meer zullen leveren aan waardering noch prestatie.

Tabel I Voorstel voor verlichtingssterkte-klassen.

standaard verl.sterkte	toepassing
10 - 200 lx	Oriëntatieverlichting. Voor ruimten waar de visuele taak niet kritisch is. In het algemeen zal lokale normale werkverlichting additioneel nodig zijn voor het lezen van drukwerk, of taken met een vergelijkbare detailgrootte.
200 - 800 lx	Normale werkverlichting. De meeste visuele taken kunnen verricht worden in dit gebied van verlichtingssterkten, waarbij de prestatie slechts in geringe mate wordt beïnvloed door de verlichtingssterkte. Het te kiezen niveau is afhankelijk van o.a.: verlichtingsniveaus in aangrenzende ruimten, de aanwezigheid van vensters, het voorkomen van kleine details met zwakke contrasten, de leeftijd van werkers en, niet in de laatste plaats, het beschikbare budget.
800 -3000 lx	Speciale verlichting. Voor speciale situaties kan deze lokaal soms gewenst zijn. Dit zal zich vooral voordoen bij het vermijden of opwekken van effecten van glans of schaduw, maar ook bij zeer zwakke contrasten bij kleine reflectiefactoren en bij zeer nauwkeurige kleurbeoordeling. Niet zelden kunnen deze niveaus worden vermeden door het treffen van andere maatregelen die de taakzichtbaarheid verbeteren.



De standaardverlichtingssterkten in de tabel betreffen de verlichtingssterkte die te allen tijde (dus ook aan het eind van de onderhoudsperiode) tenminste aanwezig moet zijn op het voor de uitvoering van de taak relevante deel van het werkvlak (in § 2 is dit minimaal toelaatbare verlichtingssterkte genoemd overeenkomstig de terminologie in NSVV, 1981). Volgens NSVV (1981) geldt in het algemeen dat de te installeren gemiddelde (nominale) verlichtingssterkte gelijk is aan circa 2 maal de standaardverlichtingssterkte. Hierbij is rekening gehouden met een zekere mate van ongelijkmatigheid van de verlichtingssterkte over het werkvlak en een gemiddelde lichtterugval (depreciatie) tijdens de gebruiksperiode.

#### 4.3 Toelichting

De oriëntatieverlichting (10-200 lux) is geschikt voor ruimten waarin slechts een gedeelte van de werktijd wordt gewerkt en waar de visuele taak niet kritisch is: in de bouw, gangen, trappehuizen, magazijnen, opslagruimten, e.d. Het minimum niveau van 10 lux is uit oogpunt van veiligheid nodig voor algemene oriëntatie en het zien van obstakels. Indien er drukwerk moet worden gelezen, of taken moeten worden uitgevoerd met vergelijkbare detailgrootte en contrast, dan is i.h.a. normale werkverlichting lokaal nodig. Denk aan: het bureau van de magazijnbediende, de plaats in de bouw waar regelmatig tekeningen worden gelezen.

Normale werkverlichting (200-800 lux) is geschikt voor praktisch alle ruimten die permanent als werkruimte in gebruik zijn: kantoor, school, werkplaats, laboratorium, atelier, tekenkamer, e.d. Het minimum niveau van 200 lux is een algemeen aanvaarde ondergrens waarbij en -beneden de verlichtingssterkte op de werkplek onacceptabel laag is. De verlichtingssterkte van 800 lux is geen bindende bovengrens. Men realiseer zich dat hogere niveaus geen wezenlijke bijdrage meer leveren aan noch de waardering, noch de prestatie.

De meeste visuele taken kunnen bij dit gebied van verlichtingssterkten worden verricht. Zoals in het voorgaande reeds is gesteld wordt de prestatie hier slechts in geringe mate beïnvloed door de verlichtingssterkte.

De keuze van de verlichtingssterkte binnen dit gebied is daarom afhankelijk van factoren als:

- het lichtniveau in aangrenzende ruimten: wanneer men vanaf de werkplek zicht heeft op een ruimte met een hoog lichtniveau, dan

zal men in de eigen werkruimte ook een hoger lichtniveau prefereren.

- de aanwezigheid van vensters; vooral achterin het vertrek heeft een hoger lichtniveau de voorkeur om het door de werkers ervaren grote verschil met de niveaus nabij het venster enigszins te verkleinen, maar vooral ook om bij het opkijken naar het heldere venster adaptatieproblemen te verminderen.
- kleine details, zwakke contrasten, hogere leeftijd van de werker; combinaties van deze factoren kunnen maken dat er tegen de grens van de waarneming wordt gewerkt. Een verhoogd lichtniveau kan in deze omstandigheden nog leiden tot enige prestatieverbetering.
- het beschikbare budget; dit zal ook samenhangen met de gewenste mate van representativiteit.

Het moge hieruit blijken dat in algemene aanbevelingen en normen het niet mogelijk is om binnen het gebied van 200-800 lux een gefundeerde relatie te geven tussen taak- en werker-eigenschappen enerzijds en verlichtingssterkte anderzijds. Afspraken hierover zouden echter wel op bedrijfsniveau gemaakt kunnen worden.

Speciale verlichting (800-3000 lux) wordt alleen lokaal toegepast voor speciale situaties, waarin manipulatie van de lichtverdeling nodig is, zoals bij:

- vermijden van effecten van glans of spiegeling; de luminantie van de eigenlijke taak moet kunnen concurreren met de luminantie van het gespiegelde beeld van een helder object (armatuur, lamp, venster).

Een rekenvoorbeeld: Voor een ongestoorde waarneming via een spiegelend oppervlak dient volgens een praktische richtlijn (Leebeek, 1986) de taakluminantie minstens 5x zo groot te zijn dan de gespiegelde luminantie van de lichtbron. Dit betekent bijv. bij waarneming via een ruit van enkel glas (lichttransmissie van 87%, spiegelende reflectie van 8%) dat de taakluminantie minstens een derde moet zijn van de luminantie van de lichtbron die gespiegeld wordt. Betreft het een conventioneel verlichtingsarmatuur met een gemiddelde luminantie van 1000 cd/m<sup>2</sup>, dan is bij een gemiddelde reflectie van de taak van 50% minimaal een lichtniveau nodig van circa 2000 lux.

- vermijden van effecten van schaduw; als de algemene verlichting ongewenste schaduweffecten geeft kan een "concurrerende" lokale verlichting deze verminderen. Dit geldt ook wanneer in holtes het doel niet rechtstreeks kan worden beschenen.

Indien de werker zichzelf in het licht moet zitten (b.v met de rug naar het raam), dan is op de werkplek extra licht nodig om dit voor hem te compenseren, ook al zou het lichtniveau op zichzelf zonder het fellere omgevingslicht al voldoende zijn als werkverlichting.

- opwekken van effecten van glans of schittering; het object dat de glans of schittering moet vertonen moet een groot luminantiecontrast met zijn omgeving vertonen. Het kan daartoe worden aangestraald met licht afkomstig van een kleine lichtbron met hoge luminantie. Op korte afstand toegepast zal deze lichtbron een hoog lichtniveau veroorzaken.
- opwekken van effecten van schaduw; wanneer er harde (slag-) schaduwen gewenst zijn bijv. bij het beoordelen van oneffenheden van oppervlakken, is er een groot luminantiecontrast nodig tussen schaduw en directe omgeving. Verlichting met scherend invallend licht kan dit bevorderen.

Het scherend invallend licht moet hiertoe een minstens 10 maal hogere luminantie veroorzaken dan de luminantie van de schaduwpartij die uitsluitend door de (diffuse) algemene verlichting wordt verlicht.

Veel van bovengenoemde effecten van speciale verlichting kunnen op efficiëntere wijze worden bereikt naarmate het algemene verlichtingsniveau lager (!) is.

Daarnaast kunnen hoge lichtniveaus nodig zijn bij:

- taken met zeer zwakke contrasten en lage reflectiefactoren, waarbij de werker aan de grens van zijn gezichtsvermogen moet opereren. Een extra hoog lichtniveau kan hier de situatie net boven de "drempel" uitvullen, maar dit dient te worden afgewogen tegen andere middelen om de taakzichtbaarheid te verbeteren (zie ook § 4.1.4).
- zeer nauwkeurige kleurbeoordeling, waarbij de kleuren zich in hun natuurlijke (daglicht-)tint moeten voordoen. Hiervoor is licht nodig dat het daglicht in zowel spectrale samenstelling als lichtniveau benadert.

## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De relatie van verlichtingssterkte en detailgrootte die ten grondslag ligt aan het NSVV-specificatiesysteem voor verlichtingssterkten is wetenschappelijk niet behoorlijk te onderbouwen. Uit de literatuur blijkt dat deze relatie niet relevant is bij de niveaus die voor werkruimten gebruikelijk zijn ( $> 200$  lux). Met name blijkt dat slechts een zeer kleine verbetering in prestatie te bereiken is met een zeer sterke verhoging van het lichtniveau.

Het heeft derhalve geen zin om de vraag van de opdrachtgever te beantwoorden hoe bij een gegeven visuele taak de kritische detailgrootte bepaald kan worden om vervolgens daarmee de volgens NSVV aanbevolen waarde voor de verlichtingssterkte vast te leggen.

Voorts blijkt dat de door de NSVV voorgestelde maatregelen om bij de keuze van de verlichtingssterkte de invloed van een aantal taakverzwarende aspecten zoals zwakke contrasten en leeftijd in rekening te brengen, de gewenste compensatie in termen van gelijkblijvende prestatie niet kunnen realiseren. De NSVV verlichtingssterktegrafiek vormt geen goed uitgangspunt.

Omdat de lichtniveaus waaraan wij nu gewend zijn, zo ver boven het minimum benodigde liggen, kan een alternatief systeem voor verlichtingssterkte-aanbevelingen niet veel anders zijn dan een weerspiegeling van wat gangbaar, d.i. algemeen aanvaard is. Deze verankering van aanbevelingen aan "gangbare praktijk" betekent wel dat ze tijdgebonden zijn, d.w.z. medebepaald door technische en economische mogelijkheden.

De volgende verlichtingssterkte-klassen worden voorgesteld:

- oriëntatieverlichting (10-200 lux) voor ruimten waar de visuele taak niet kritisch is;
- normale werkverlichting (200-800 lux) waarbij de meeste visuele taken verricht kunnen worden;
- speciale verlichting (800-3000 lux) voor lokale verlichting in speciale situaties.

Alleen bij (moeilijke) visuele taken die hoge eisen stellen aan het gezichtsvermogen van de waarnemer is speciale aandacht nodig. Deze aandacht dient allereerst gericht te zijn op de mogelijkheden van taakvergemakkelijking die veel efficiënter blijken dan het verhogen van het lichtniveau.

Het verdient aanbeveling om het voorstel, samengevat in § 4.2, met de gegeven toelichting in hoofdstuk 4.3, in te brengen in de Commissie voor Binnenverlichting van de NSVV en de NNI-commissie ter voorbereiding van de Nederlandse norm "Binnenverlichting".

Onderzoek naar de subjectieve oordelen ten aanzien van de verlichting in werkruimten wordt wenselijk geacht. Met dit onderzoek kan worden nagegaan of het nodig is om in het voorgestelde systeem de ondergrens van de klasse "normale werkverlichting" aan te passen aan de huidige verlichtingspraktijk.

## REFERENTIES

- Blackwell, H.R. (1952). Brightness discrimination data for the specification of quantity of illumination. *Illum. Eng.* 47, pp. 602-09.
- Boyce, P.R. (1973). Age, illuminance, visual performance and preference. *Lighting Research and Technology*, 5, no. 3, pp. 125-144.
- CIBS (1984). Code for Interior Lighting. The Chartered Institution of Building Services, London.
- CIE (1977). International recommendations for the lighting of roads for motorized traffic. Publication no. 12/2. Commission Internationale de l'Eclairage, Wenen.
- CIE (1986). Guide on Interior Lighting; 2nd ed. Publication no. 29.2. Commission Internationale de l'Eclairage, Wenen.
- DIN 5035, Teil 2 (1979). Innenraumbelichtung mit künstlichem Licht; Richtwerte für Arbeitsstätten. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- McDowell, A.J. (1964). Binocular visual acuity of adults. Public Health Service, Publ. nr. 1000, series 11, nr. 3, Washington.
- Faulkner, T.W. and Murphy, T.J. (1973). Lighting for difficult tasks. *Human Factors* 15, pp. 149-62.
- Ferguson, D.A., Major, G. and Keldoulis, T. (1974). Vision at work. *Applied Ergonomics* 5, 2, pp. 84-93.
- Fischer, D. (1970). Optimale Beleuchtungsnivos in Arbeitsräumen. *Lichttechnik* 22, pp 61-63 en 103-105.
- Ierland, J. van (1965). Enquête over kantoorverlichting. *Electrotechniek* 43, pp. 9-12.
- Leebeek, H.J. (1986). Visuele ergonomie en beeldschermen I en II. *Elektro Magazine*, pp. 25-33 en 71-74.
- Moon, P. and Spencer, D.E. (1944). Visual data applied to lighting design. *J. Opt. Soc. Amer.* 34, pp. 605-17.
- NSVV (1981). Aanbevelingen voor Binnenverlichting. Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, Arnhem.
- Padmos, P. en J.J. Vos (1980). The validity of interior light level recommendations: some neglected aspects. In: Proc. 19th Session, Kyoto. Publication no 50. Commission Internationale de l'Eclairage, Wenen.
- Poulton, E.C. (1973). Unwanted range effects from using within-subject experimental designs. *Psychol. Bull.* 80, pp. 113-121.
- Saunders, J.E. (1969). The role of the level and diversity of horizontal illumination in an appraisal of a simple office task. *Lighting Research and Technology*, 1, no.1, pp. 37-46.
- Smith, S.W. and Rea, M.S. (1979). Relationship between office task performance and ratings of feelings and task evaluation under different light sources and level. Proceedings 19th Session,

- Kyoto. Publication no. 50. Commission Internationale de l'Eclairage, Wenen.
- Tregenza, P.R., Romaya, M.A., Dawe, S.P., Heap, L.J. and Tuck, B. (1974). Consistency and variation in preferences for office lighting. *Light. Res. Technol.* 6, pp.205-210.
- Weston, H.C. (1953). The relation between illumination and visual performance. Report no. 87. Medical Research Council, London.

## BIJLAGE - NSVV-Classificatie van leestaken naar kritische detailgrootte

Om inzicht te krijgen in de door NSVV (1981) gegeven classificatie van leestaken naar kritische detailgrootte heeft er een inventarisatie plaatsgevonden van leestaken (druk- en typwerk) die zoal in kantoren voorkomen. Omdat in de loop van het onderzoek bleek dat dit geen wezenlijke bijdrage levert aan de oplossing van het probleem, vindt rapportage ervan plaats in deze bijlage.

De methode die de NSVV (1981) geeft ter bepaling van het kritische detail is beperkt tot leestaken. De NSVV hanteert de vuistregel dat de detailgrootte gelijk is aan 1/5-maal de symboolhoogte, waarbij voor drukwerk de hoogte van de "onderkast" (kleine letter x) geldt. Voor omrekening naar de hoekmaat (in boogminuten) moet uitgegaan worden van reële kijkafstanden, die volgens NSVV op 400 en 600 mm gesteld kunnen worden.

Voorkomend leesmateriaal (type- en drukwerk) is door ons geïnventariseerd en op genoemde wijze omgerekend naar detailgrootte (voor kijkafstand van 400 mm). In Fig. 12 zijn de resultaten hiervan schematisch weergegeven. Als vaste schalen zijn in de figuur de x-hoogte (in mm) en de overeenkomstige corps-grootte (pt) gehanteerd. Een standaard typografische maat voor de corpsgrootte is: 1 pt = 0,376 mm (x-hoogte/corpsgrootte = 0,51 mm/mm).

Onze interpretatie van het geïnventariseerde materiaal levert een indeling op naar de "kleine lettertjes" en "normaal drukwerk", waarbij door ons een corpsgrootte van 7 pt (x-hoogte = ca. 1,3 mm) als ondergrens voor "normaal drukwerk" is gekozen, gezien het veel minder vaak voorkomen van de kleinere corpsen.

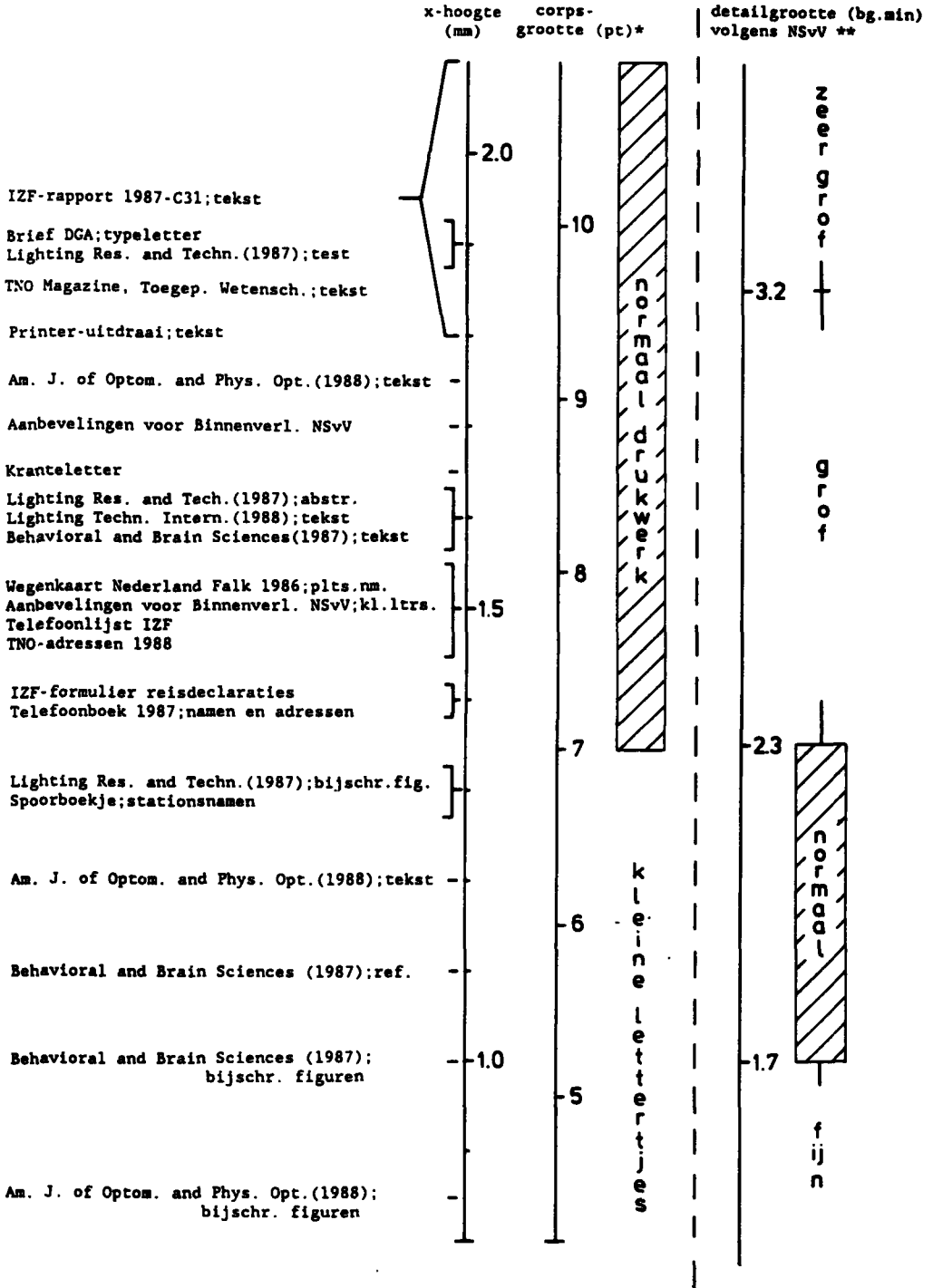
Rechts van de vaste schalen in Fig. 12 is de schaal opgenomen met de volgens NSVV bepaalde detailgrootten bij een kijkafstand van 400 mm en de daarbij behorende NSVV klasse-indeling. Omdat men in de literatuur voor kijkafstanden bij lezen en schrijven waarden vindt die variëren van 300 tot 450 mm is hier afgezien van een schaal met detailgrootten bij de daarom minder reële afstand van 600 mm.

Het lezen van het door ons als "normaal drukwerk" (w.o. type-letters) geclassificeerd materiaal maakt een zeer wezenlijk deel uit van het werk in kantoren. Kantoorwerk behoort volgens NSVV (1981) tot de klasse "normaal", hetgeen overeenkomt met detailgrootten van 1,7-2,3



boogminuten. Het hiermee corresponderende leesmateriaal in Fig. 12 betreft echter drukwerk van circa 5-7 pt, dus de wel erg kleine lettertjes. Dit betekent in feite dat de NSVV voor dat wat voor kantoorwerk als normaal wordt ervaren een te kleine detailgrootte als referentie heeft gekozen.

Uit het bovenstaande menen wij te mogen concluderen dat de classificatie van leestaken naar kritische detailgrootte zoals de NSVV die hanteert, twijfelachtig is.



\* x-hoogte / corpgrootte=0.192 mm/pt

\*\* detailgrootte=60 tan<sup>-1</sup> (1/5 . x-hoogte/400)