

AFLEVERINGEN

Wat is VerzekerDe Bewaring?

Hoe kan u deze pdf optimaal bekijken?

AUDIOVISUEEL MATERIAAL

BOEKEN EN BOEKBANDEN

ETNOGRAFISCH MATERIAAL

GLAS

IVOOR, BEEN, GEWEI EN SCHILDPAD

KARREN, WAGENS EN RIJTOUGEN

KERAMIEK

LEDER EN PERKAMENT

LICHT EN VERLICHTING

METAAL

MEUBILAIR

NATUURHISTORISCH MATERIAAL

OPENLUCHTSCULPTUREN

PAPIER

SCHILDERIJEN

SCHIMMELS EN INSECTEN

STEEN EN STEENACHTIGE MATERIALEN

TEXTIEL

INHOUD AFLEVERING: LICHT EN VERLICHTING

Auteur: Leon Smets



VOORAF

WAT IS LICHT?

INFRARODE STRALING (VANAF CA. 760 TOT VOORBIJ 100.000 NM)

ULTRAVIOLETTE STRALING (TUSSEN 10 EN 400 NM)

ZICHTBAAR LICHT (TUSSEN 400 EN CA. 760 NM)

WAT IS HET EFFECT VAN LICHT?

AANBEVOLEN LICHTSTERKTE

DE FACTOR TIJD

VASTE LUXWAARDEN VERSUS TENTOONSTELLINGSQUOTA'S

HOE METEN WE LICHTWAARDEN?

LICHTMETER

UV-METER

DATALOGGERS

HOE METEN WE LICHTSCHADE?

WELKE MAATREGELEN NEMEN?

WEREN VAN UV-STRALING

Daglicht

Kunstlicht

VERMINDEREN VAN IR

Daglicht

Kunstlicht

BEPERKEN VAN HET LICHTNIVEAU

VERLICHTING

VERLICHTING IN MUSEA

ZORG VOOR EEN EFFICIËNTE LICHTSITUATIE

Kleurweergave-index

Kleurtemperatuur

LET THERE BE LED

TENTOONSTELLINGSVITRINES EN VERLICHTING

DE BEWAARPLAATS

MEER

LINKS EN LITERATUUR

VOORAF

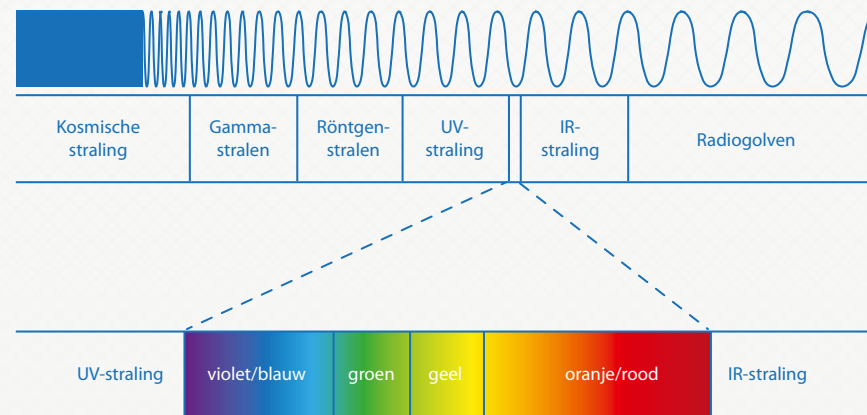
Wist u dat op een zonnige dag een gemiddelde lichtsterkte van ca. 3000 tot 35000 lux en meer door de ramen naar binnen kan vallen? Dat ongeveer 30 lux nodig is om kleuren te kunnen waarnemen? Dat om comfortabel te kunnen waarnemen, een zestigjarige ongeveer tienmaal meer licht nodig heeft dan een zestienjarige? Dat bij langdurige blootstelling aan meer dan 50 lux fotochemische afbraakprocessen op gang komen bij zeer lichtgevoelige objecten? Dat been en ivoor verbleken en verkalken onder invloed van uv-straling en dat sommige glassoorten kunnen verkleuren onder invloed van licht?

Licht is energie en brengt schade teweeg. Het effect ervan is cumulatief. Daarom zouden we alle waardevolle objecten die we voor het nageslacht willen behouden, best in het duister opbergen. Maar welke betekenis hebben ze dan nog, als niemand ze kan bekijken, bewonderen, bestuderen? Hoe zijn de eisen voor een goede bescherming tegen schadelijke invloeden van het licht te verzoenen met het presenteren van de objecten op zo'n manier dat zoveel mogelijk mensen ze zo goed mogelijk kunnen zien? Inzicht in de eigenschappen en de werking van het licht, de kennis van de materialen waaruit museumvoorwerpen zijn gemaakt en van de processen die ze ondergaan onder invloed van licht, moeten het mogelijk maken hierop een antwoord te bieden. Het resultaat zal altijd een compromis zijn, zowel voor de conservator als voor de bezoeker. De uitdaging bestaat erin een belichting, presentatie of tentoonstellingsstrategie uit te bedenken die aan zoveel mogelijk bezoekers voldoening kan schenken zonder het verval van de voorwerpen in de hand te werken en hun leven te verkorten. Met andere woorden: een compromis te vinden tussen een zo verwaarloosbaar mogelijke aantasting en voldoende comfortabele waarneming.

WAT IS LICHT?

Licht is een vorm van energie, stralingsenergie. Het bestaat uit golven van een bepaalde lengte of frequentie en vormt samen met andere stralen het elektromagnetische spectrum. Dit bestaat uit:

- radiogolven
- radargolven
- infrarode straling
- zichtbaar licht
- ultraviolette straling
- röntgenstraling
- gammastraling



Al deze golven hebben een verschillende golflengte (frequentie), van lang (radiogolven) tot kort (gammastralen). De golflengten worden uitgedrukt in nanometer (nm) 1 nanometer is een miljoenste van een millimeter. De energie van deze golven veroorzaakt afbraakreacties in de materialen die er gevoelig voor zijn. Hoe korter de golflengte van de straling, des te groter de kans dat ze schade veroorzaakt. De kortste golflengten zijn die van de gamma- en de röntgenstralen, waarvan iedereen wel de gevaren kent. De bekende lichtbronnen, de zon (daglicht) en de lampen (kunstlicht), zenden zowel infrarode als zichtbare en ultraviolette stralen uit, in meerdere of mindere mate naargelang van de lichtbron.

Wanneer we naar een object kijken, zien we enkel het licht dat het reflecteert tussen het rode en het violette gedeelte van het spectrum, het kleurengamma van de regenboog. Enkel straling met een golflengte tussen 400 en ca. 780 nm kan door het menselijk oog waargenomen worden. Meer hebben we ook niet nodig om goed te kunnen zien. De infrarode straling (IR) en het ultraviolette licht liggen dus buiten het bereik van onze waarneming. Maar dankzij bepaalde hulpmiddelen kunnen we er toch gebruik van maken. Zo zijn geschikte fotogra-

fische emulsies gevoelig voor gereflecteerde infrarode stralen (infraroodfilm). Via de resultaten op de ontwikkelde film kunnen wij zien wat anders onzichtbaar blijft: de onderliggende tekening van een schilderij bijvoorbeeld. Er bestaan eveneens infraroodgevoelige camera-buizen (**infraroodreflectografie**) (1).

Door middel van lagedruk-kwikdamplampen, waaruit het zichtbare licht wordt weggefilterd zodat enkel de ultraviolette straling blijft, kunnen we fluorescentie opwekken bij verschillende stoffen, zoals vernissen, bindmiddelen en sommige pigmenten. De ultraviolette straling wordt hierbij omgezet in stralen met een langere golflengte, zichtbaar licht dus. Hierdoor kunnen we kleurverschillen waarnemen op het bestraalde oppervlak, bijvoorbeeld van een oud schilderij, wat gegevens oplevert over de staat van bewaring ervan, over de toestand van de vernislaag en over eventuele overschilderingen.

INFRARODE STRALING (VANAF CA. 760 TOT VOORBIJ 100.000 NM)

IR wekt warmte op. Dit stellen wij uiteraard vast bij zonlicht, maar ook gloeilampen en halogeenlampen geven veel IR-straling en bijgevolg warmte af. Zelfs ledverlichting levert enige warmte op. Infrarode straling veroorzaakt opwarming aan het oppervlak van een voorwerp, vooral bij donkere kleuren, die de straling absorberen, en minder bij heldere kleuren, die de meeste straling weerkaatsen. Daardoor kunnen lokaal spanningen ontstaan in het oppervlak, met eventuele vervolgschade.

De blootstelling van objecten aan wat hogere temperaturen kan chemische aftakelingsprocessen versnellen. Bovendien veroorzaakt temperatuurstijging meestal een verandering van de relatieve vochtigheid (RV). De lucht wordt droger, waardoor zich bij verschillende materialen mechanische veranderingen gaan voordoen, zoals uitdrogen, krimpen, scheuren, bros worden. De voorwerpen moeten daarom afgeschermd of op voldoende grote afstand van de lampen geplaatst worden.

ULTRAVIOLETTE STRALING (TUSSEN 10 EN 400 NM)

Golflengten die korter zijn dan 300 nm dringen niet door de aardse atmosfeer. Glas houdt golven van minder dan 320 nm tegen. Dan rest nog het bereik tussen 320 en 400 nm dat in de museumruimte binnen kan dringen. Deze onzichtbare kortegolfstraling geeft veel energie af en zal

bijgevolg vlugger lichtschade aan objecten toebrengen. Immers, hoe korter de golflengte, hoe schadelijker het effect. In verschillende materialen treden fotochemische reacties op, zoals het vergelen van vernis en papier, het verbleken van verf, politoer en foto's, het verkleuren van textiel, de afbraak van papier en textiel. Het komt er bijgevolg op aan alle ultraviolette straling uit het licht te weren. Als alle uv-straling is weggefilterd zal er ongeveer 60 % minder schade optreden, anders gezegd: met alleen zichtbaar licht op een voorwerp zal het drie keer zo lang duren voor kleuren beginnen te vervagen.

ZICHTBAAR LICHT (TUSSEN 400 EN CA. 760 NM)

Door de samenstelling van het zichtbare licht kunnen wij niet alleen de dingen zien, maar ze ook correct waarnemen. De lichtsterkte draagt bij tot het comfort van de waarneming; de samenstelling en kleurweergavekwaliteit van de lichtbron zorgen voor een getrouwe waarneming. Maar ook dit licht is energie, dus in zekere mate schadelijk. Dat geldt vooral voor het blauwe en groene aandeel binnen het zichtbare spectrum. Maar licht is uiteraard onontbeerlijk, en daarom moet u proberen de beste verhouding tussen de lichtsterkte, de belichtingsduur en het type lichtbron in de dagelijkse museumpraktijk te bereiken. Wat volgt kan een leidraad zijn.

WAT IS HET EFFECT VAN LICHT?

Uit eigen ervaring weten we dat licht schade teweegbrengt aan materialen. Een krant die gedurende enkele dagen achteraan in de wagen in de volle zon is blijven liggen, is zichtbaar vergeeld.

Meestal verloopt het verval van lichtgevoelige materialen in museale omstandigheden trager. De situaties zijn er zelden zo extreem. Juist omdat het zo'n langzaam proces is, hebben we er geen erg in en zijn we vaak niet alert genoeg. Louter met ons visuele geheugen kunnen wij immers geen kleurveranderingen meten en vergelijken. Toch wordt aangenomen dat bij zeer lichtgevoelige materialen zoals aquarellen, gekleurd textiel of tapijten in minder dan twintig jaar (of ongeveer de ambtstermijn van een conservator) **duidelijke kleurveranderingen** (2) optreden wanneer niet alle regels inzake preventieve conservering strikt worden toegepast. Voor pigmenten van schilderijen kan deze evolutie twintig tot honderd jaar duren.



Infraroodreflectogram toont de onderliggende tekening (Zingende engelen uit Lam Godsretabel, Gent, Sint-Baafskathedraal). © KIK, Brussel



Enkel onder de sierband bleven de kleuren van deze wandbespanning fris bewaard. Foto Joke Vandermeersch

Gevoeligheid voor licht is een eigenschap die samenhangt met de chemische samenstelling van materialen. Organische materialen (afkomstig van levende organismen) zijn het kwetsbaarst, evenals bepaalde kleurpigmenten en bindmiddelen; ook kunststoffen behoren tot de lichtgevoelige materialen.

Het verbleken van kleurstoffen en pigmenten zal het sterkst optreden waar ze in hun fijnstverdeelde vorm en als een dunne laag aan het licht worden blootgesteld. Dat is vooral het geval bij aquarellen, gekleurd papier, geverfde weefsels, pasteltekeningen en pluimen. De pigmenten die in schilderijen gebruikt zijn en nog worden gebruikt, zijn meestal van niet-organische oorsprong (mineralen en kunstmatige niet-organische pigmenten). Ze zijn minder lichtgevoelig dan de organische. Bovendien zijn de pigmentdeeltjes opgesloten in een bindmiddel, dat een film vormt en daardoor, samen met de vernislaag, enige bescherming biedt tegen licht. Toch lopen ook schilderijen gevaar voor lichtschade. Zo zal onder andere kraplak (het rode pigment uit de meekrapwortel) **sneller verbleken (3)**.

Weefsels, vooral gekleurde, zijn eveneens zeer kwetsbaar door lichtinvloed. Ofschoon de basissubstanties van de plantaardige (vlas, katoen) en dierlijke vezels (wol, zijde), meer bepaald cellulose en proteïne, niet zo extreem lichtgevoelig zijn, zijn het vooral de aanwezige kleurstoffen, beits, stijfjel en verontreiniging die het fotochemische afbraakproces versnellen. Bij langdurige blootstelling aan lichtwaarden van bv. 300 lux en meer zullen **textielvezels aan sterkte beginnen inboeten (4)**. Dat zal u vooral kunnen merken als de stoffen gewassen worden. Katoen, linnen, hennep en jute reageren ongeveer op dezelfde manier. Wol is iets resistenter, maar zijde is dan weer viermaal gevoeliger voor **de inwerking van licht (5)**. Wanneer ongeverfde cellulosevezels (bv. vlas, katoen) lange tijd in het donker worden bewaard, gaan ze vergelen. Ze kunnen opnieuw verbleken onder invloed van het daglicht.

Papier is zeer gevoelig voor ultraviolette stralen en zichtbaar licht. Het zijn vooral de lijming (vooral de sinds de 19e eeuw gebruikte hars-aluulinjming) en de vulstoffen die de cellulose zeer kwetsbaar maken. Ook verfstoffen kunnen de gevoeligheid van de cellulose verhogen. Houtvrij papier dat met dierlijke lijm is behandeld, verbleekt onder invloed van licht. Wordt dergelijk papier, na

langdurige blootstelling, in het donker opgeborgen, dan zal het beginnen vergelen. Harsgelijmd houtvrij papier zal meestal vergelen door licht. Maar het sterkst vergelen de houthoudende papiersoorten, door de aanwezige lignine. Papier wordt bovendien bros onder invloed van het ultraviolette en zichtbare licht.

Foto's zullen verbleken. Vooral kleurfoto's zijn zeer gevoelig. Ze verliezen contrast, kleur en stabiliteit, waardoor er ten slotte ook **informatie verloren gaat (6)**.

Licht doet **vernissen** (o.a. op schilderijen) en **oliehoudende bindmiddelen** vergelen en sprokkelig worden. Sommige vernissen worden minder oplosbaar.

De tint van gekleurd **hout**, maar ook de natuurkleur van bepaalde houtsoorten kan onder invloed van ultraviolette straling veranderen, verdonkeren of vergelen. Zo worden walnoot en mahonie lichter, teak donkerder, grenenhout, eik en rozenhout geler.

Been en **ivoor** zullen onder invloed van licht, en in het bijzonder van uv-stralen, verbleken en zelfs beginnen te verkalken. Bij langdurige bewaring in het duister zal ivoor daarentegen gaan verdonkeren.

Bij dit alles mag u niet vergeten dat lichtschade cumulatief is: het verval door lichtschade loopt steeds meer op.

Een uitgebreid overzicht van de gevoeligheid van specifieke materialen en erfgoedobjecten vindt u in de twee publicaties van het ICN (thans RCE): *Verlichting in musea en expositieruimten* (Praktijkdocument, ICN en Commissie Binnenverlichting van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, 2008), op p. 62 **tabel 7.1** en als bijlage C op pagina 125 e.v.: <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/u4/Verlichting%20in%20musea%20en%20expositieruimten%20%282008%29.pdf>.

Ook in de publicatie *Het beperken van lichtschade aan museale objecten: lichtlijnen* (ICN-informatie, nr. 13, 2005), **tabel 2**, p. 10: <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/documenten/info13.pdf>.

Over de relatie tussen belichtingssterkte, mate van verbleking en geraamde tijdsduur voor diverse stadia van verbleking komt u meer te weten in het artikel van Stefan Michalski (CCI) *Light, Ultraviolet and Infrared*: <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoindes/articles/10agents/chap08-eng.aspx#uv5>



Kraplak (Alizarine) is een zeer lichtgevoelig pigment van plantaardige herkomst. Oorspronkelijke kleur bewaard onder lijstrand. © Boeijink & Boekel schilderijenrestauratie, Haarlem.



Zijden vlag, verbleekt, gescheurd en uiteengevallen onder invloed van licht en warmte. Foto: Joke Vandermeersch



Verbleking en degradatie van zijdeweefsel. Foto: Griet Kockelkoren



Verbleekte foto. © Fotomuseum Antwerpen

AANBEVOLEN LICHTSTERKTE

De bedoeling met museumcollecties, archieven, kunstwerken, kortom met alles wat we waardevol vinden om te bewaren, is dat ze getoond kunnen worden. Voor een goed waarnemingscomfort is een minimum aan licht nodig, maar tegelijkertijd dient de schadelijke inwerking zoveel mogelijk beperkt te worden. De factoren die een rol spelen bij de aantasting door licht zijn: lichtsterkte, duur van de belichting, type lichtbron (bv. met veel of weinig uv-straling) en de toestand en gevoeligheid van het object.

Ruim vijftig jaar circuleren in de erfgoedsector maximum toegelaten waarden voor **lichtsterkte** die gelden als aanbeveling om schade zoveel mogelijk uit te sluiten of te beperken. Deze waarden waren het gevolg van een compromis tussen de goede waarneembaarheid van tentoongestelde objecten en acceptabele schade bij een langdurige blootstelling aan licht. De destijds gebruikelijke verlichtingsbronnen en gemiddelde belichtingsduur bij het permanent exposeren waren de parameters, meer bepaald de (60 Watt) gloeilamp en haar uv-gehalte (ongeveer 75 microwatt per lumen ($\mu\text{W}/\text{lumen}$)), bij een jaarlijks gemiddelde van 3000 belichtingsuren. Dat leverde de aanbevelingen op die tot op vandaag in de meeste erfgoedinstellingen en vooral in de bruikleenovereenkomsten gehanteerd worden:

- ▶ 50 lux als maximum toegelaten lichtsterkte voor zeer gevoelig materiaal als textiel, kostuums, watterverf, tapijten, tekeningen en grafiek, foto's, postzegels, collages, handschriften, miniatures, behangpapier, gouache, geveerd leder, beschilderd ivoor, opgezette dieren, botanische specimens, pels, veren
- ▶ 150 – 200 lux voor gevoelige objecten en materialen als schilderijen in olieverf en tempera, natuurlijk leder, lakwerk, hout, hoorn, been, ivoor, mangaanhoudend glas, parelmoer, schildpad, kunststoffen zoals nitrocellulose, niet-gestabiliseerde pvc, enz.

Voor weinig of niet-gevoelige materialen en objectsoorten als steen, metaal, aardewerk, keramiek, glas (niet alle soorten), email, juwelen werden geen eisen gesteld.

(De eenheid om lichtsterkte of -intensiteit te meten, is lumen. Voor **zichtbaar licht** drukken we ons uit in lux, het equivalent van één lumen per vierkante meter.)

De hoeveelheid uv-stralen moet voor alle voorwerpen zo laag mogelijk blijven. De uv-waarde wordt uitgedrukt in microwatt per lumen, de verhouding dus van de uv-straling tot het zichtbare licht. $75 \mu\text{W}/\text{lumen}$ werd sinds lang algemeen beschouwd als de maximaal toelaatbare hoeveelheid voor alle materialen, maar vandaag wordt een lagere maximale waarde van $10 \mu\text{W}/\text{lumen}$ aanbevolen.

DE FACTOR TIJD

Zich enkel beperken tot de noemer maximale luxwaarde is echter onvoldoende. Er spelen namelijk vier factoren een rol bij de invloed van het licht op de aantasting van objecten:

- ▶ de **intensiteit** van het licht (lichtsterkte),
- ▶ de **tijdsduur** van de belichting,
- ▶ de **aard** of samenstelling van het licht (veel of weinig uv),
- ▶ de **gevoeligheid** en **bewaringstoestand** van het object.

Hierbij geldt de regel van de reciprociteit: een sterke belichting gedurende een korte tijd zal dezelfde schade geven als een zwakker licht dat lange tijd schijnt. Bijvoorbeeld: een voorwerp dat gedurende 10 uur aan 500 lux wordt blootgesteld, krijgt eenzelfde lichtdosis als bij 100 uren onder 50 lux.

Door de belichtingssterkte en de belichtingsduur als gelijkwaardige factoren te behandelen, in combinatie met de samenstelling van het licht, zijn we in staat nauwkeuriger en flexibeler om te gaan met lichtbeheersing. Daardoor kunnen we de bezoeker **een beter kijkcomfort bieden, zij het dan gedurende korte periodes (7)**. Deze aanpak vergt wat rekenwerk en discipline. In plaats van u louter op een vaste belichtingssterkte te richten, kan u werken met quota's van belichtingsduur x lichtniveau.



Het Ardabiltapijt (ca 1536), Victoria & Albert Museum Londen, bewaard bij ca. 10 lux, wordt om het half uur gedurende 10 minuten verlicht tot 50 lux. Foto's: Leon Smets

VASTE LUXWAARDEN VERSUS TENTOONSTELLINGSQUOTA'S

De aanbevolen maximum lichtwaarden van 50, 200 of 300 lux zijn, zoals gezegd, afgestemd op de meest voorkomende situatie in musea: een weinig flexibele permanente presentatie van de collectiestukken. Voor objecten uit de categorie van 50 lux komt dit ongeveer neer op een totaal van minstens 124.000 luxuren per jaar (50 lux x 8 uren per dag x 310 bezoeken dagen), voor de minder gevoelige objecten op ongeveer 500.000 luxuren.

Uitgaande van dergelijke jaardosissen aan luxuren kan u alternatieve strategieën ontwikkelen, die een groter visueel comfort voor de bezoeker combineren met een strikter regime inzake belichtingsduur. Voorwerpen kunnen gedurende een beperkte periode – bijvoorbeeld bij een tijdelijke tentoonstelling – meer licht krijgen dan de aanbevolen norm, en nadien voor een tijd opgeborgen worden. Als vuistregel geldt immers altijd: elk uur dat de lichtsterkte met, bijvoorbeeld, 100 lux boven de aanbevolen waarde uitstijgt, moet gecompenseerd worden door, gedurende een uur, 100 lux onder die waarde te blijven. Dat is een van de redenen waarom direct zonlicht – dat kan oplopen tot boven de 100.000 lux – in musea wordt geweerd: de jaarlijkse voorraad luxuren zou in enkele uren opgesoupeerd zijn.

Het werken met dergelijke tentoonstellingsquota's vereist een regelmatige opvolging van de situatie en het nauwkeurige beheer van de 'lichtbudgetten'. Daarom is de keuze voor vaste lichtniveaus in de tentoonstellingsruimten voor veel musea een aantrekkelijk alternatief: op die manier is de blootstelling aan licht gelijkmatig over het hele jaar gespreid.

Wetenschappelijk kan berekend worden na hoeveel jaren blootstelling aan 50 lux bij zeer lichtgevoelige voorwerpen de eerste juist merkbare verbleking (jmv) zal optreden (*one perceptible change*, 1 pc). De vraag is dan: hoe lang wil het museum het object in de huidige toestand bewaren? Tweehonderd jaar? Dan zal u het slechts enkele dagen per jaar mogen tonen. Vijftig jaar? In dat geval kan het object gedurende langere periodes geëxposeerd worden, voor het, na twee generaties, de eerste sporen van verbleking vertoont. Met andere woorden: voor zeer lichtgevoelige stukken zoals gekleurde textilia of prenten kan u werken met een 'lichtbudget'. De conservator

beslist hoe met het beschikbare lichtbudget wordt omgesprongen. Als algemene aanbeveling voor zeer lichtgevoelige objecten geldt dat ze gedurende 20 % van hun totale levensduur worden tentoongesteld, aan 50 lux welteverstaan. De beslissing of een voorwerp voor tentoonstellingen wordt uitgeleend of niet, kan onder andere op dat criterium gebaseerd zijn.

Enkele voorbeelden voor het uitrekenen van een belichtingsregime (waterverfprent en 17e-eeuws olieverfschilderij) vindt u in hierboven vermelde praktijkdocumenten *Verlichting in musea en expositieruimte*, bijlage B, p. 120 e.v. <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/u4/Verlichting%20in%20musea%20en%20expositieruimten%20%282008%29.pdf> en *Het beperken van lichtschade aan museale objecten: lichtlijnen*, p. 9: <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/documenten/info13.pdf>.

HOE METEN WE LICHTWAARDEN?

De hoeveelheid zichtbaar licht op een voorwerp kan u nauwkeurig meten met een **lichtmeter (luxmeter)**. De waarde wordt rechtstreeks van het meettoestel afgelezen.

De **uv-meter (uv-monitor)** geeft de verhouding weer van de uv-straling tot het zichtbare licht dat door een lichtbron wordt uitgezonden.

LICHTMETER

Wanneer daglicht invalt in de tentoonstellingsruimte kunnen er sterke verschillen in de lichtniveaus optreden, naargelang van het weer, het moment van de dag en het seizoen. In zo'n situatie is het nodig om regelmatig lichtmetingen te verrichten. Ook in ruimten met hoofdzakelijk of uitsluitend kunstlicht is dit aan te raden. Er worden al eens lampen vervangen, de plaats en de afstand van de lichtbronnen kan veranderen, en dat alles kan wijzigingen teweegbrengen in de lichtsterkte op de voorwerpen. Met de lichtmeter maakt u een momentopname van de situatie.

Er bestaan twee soorten lichtmeters: bij **de analoge lichtmeter** wijst een pijltje de lichtwaarde aan op een schaal (8), bij de digitale leest u de waarde af op een **nu-**



Analoge lichtmeter



Digitale lichtmeter/datalogger

8

9

merieke display (9). Dit laatste type is thans het meest gebruikte. De meter moet op de hoogte van het verlichte object gehouden worden en naar de lichtbron gericht zijn. Wanneer een object horizontaal gepresenteerd wordt, houdt u de meter best in een rechte hoek richting lichtbron.

Er kunnen soms foutieve waarden verschijnen. Ga altijd na of het toestel optimaal werkt (batterij enz.). U moet er ook op letten dat u niet zelf tussen de lichtbron en de fotocel staat bij **het uitvoeren van de meting (10)**. Is de meetapparatuur geijkt? Dit laat u best eens per jaar doen, of vergelijk bij twijfel uw meetresultaten met die van een recent geijkt toestel.

UV-METER

Voor het meten van de uv-straling kiest u best voor het toesteltype dat de verhouding van de uv-straling ten opzichte van het zichtbare licht weergeeft (in $\mu\text{W}/\text{lumen}$), in plaats van de absolute uv-waarde. Zo kan u de waarden meten onafhankelijk van de afstand tot de lichtbron.

Ook van dit meettoestel bestaan twee types: de speciaal voor musea ontworpen **Crawford uv-monitor (11)**, die vandaag minder gebruikt wordt, en de digitale meter met numerieke display. De meeste hedendaagse toestellen combineren luxmeter en uv-meter.

Of de waarden die de uv-meter aangeeft nog betrouwbaar zijn, kan u zelf nagaan door een meting te verrichten onder een gloeilamp van 60 watt. Het resultaat moet ongeveer 75 $\mu\text{W}/\text{lumen}$ zijn. Gaat de waarde echter de richting van de 100 $\mu\text{W}/\text{lumen}$ uit, dan moet uw toestel terug naar de fabrikant voor nazicht.

DATALOGGERS

Dataloggers maken de continue meting van licht en uv-straling mogelijk (12). Dat kan nuttig zijn in ruimten waar de lichtniveaus voortdurend wisselen, vooral door het binnenvallende daglicht. De toestelletjes zijn van twee fotocellen voorzien en slaan de meetgegevens op. Na de gewenste periode kan u de informatie downloaden, van het computerscherm aflezen en printen. Zo'n registratie van waarden over een langere periode kan nuttig zijn bij het beheren van de jaardosis luxuren.

HOE METEN WE LICHTSHADE?

De mens is niet in staat om enkel op basis van zijn geheugen kleurveranderingen te constateren. Om toch de mate van kleurverbleking over een welbepaalde periode visueel in kaart te kunnen brengen, en de lichtgevoeligheid van objecten te meten, werd door de International Standards Organisation de zogenaamde Blauwe Wol Standaard (*ISO Blue Wool Standard*) ontwikkeld. Het betreft acht blauwgeverfde lapjes stof, elk blauw van een andere kleurgevoeligheid. Zo is ISO 1 zeer lichtgevoelig, vergelijkbaar met de gevoeligheid van sommige kleurenfoto's en gekleurde prenten. ISO 2 heeft tweemaal zoveel belichtingstijd nodig om te verkleuren, ISO 3 ook weer het dubbele, enzovoort. ISO 8 is zo'n 2000 maal stabielere dan 1, overeenkomstig bepaalde kleurvast pigmenten. Ze kunnen gegroepeerd worden in gevoeligheidsklassen: hooggevoelig zijn ISO 1, 2 en 3; ISO 4, 5 en 6 heten gevoelig en 7 en 8 laaggevoelig. De acht variaties worden in strookjes naast elkaar in een kartonnen passe-partout gezet. De helft van elk lapje is bedekt door het karton, de andere helft wordt blootgesteld aan het licht. Wil u op voorhand meten welk invloed het licht zal hebben op de plaats waar u een object wil exposeren, dan kan u deze standaard ophangen gedurende eenzelfde tijdsduur als de latere tentoonstelling, onder de voorziene lichtsterkte en belichtingsduur. Is de kleur van het lapje, dat overeenkomt met de lichtgevoeligheid van het object, na de controleperiode niet vervaagd, dan is de situatie veilig. **In het andere geval moet u maatregelen nemen (13).** Een overzicht van de maximale lichtdosis per ISO-categorie, uitgedrukt in Megaluxuren of miljoen luxuren (Mlxh) vindt u als tabel 4 in de CCI-bijdrage *Light, Ultraviolet and Infrared* <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prend-resoindes/articles/10agents/chap08-eng.aspx#uv6> en als tabel 3, p. 11 van de ICN-Informatie *Lichtlijnen* <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/documenten/info13.pdf>.

Eveneens in het praktijkdocument *Verlichting in musea en expositieruimten*, p. 64, tabel 7.2 <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/u4/Verlichting%20in%20musea%20en%20expositieruimten%20%282008%29.pdf>.

De Blauwe Wolmethode biedt geen echt kwantitatieve meetgegevens zoals de luxmeters, maar u kan ze ge-



Lichtmeting



Crawford uv-meter



Lux datalogger

10

11

12

bruiken als een overtuigend argument om maatregelen te nemen inzake lichtbeheersing.

De LightCheck® dosimeter is een verwant instrument dat toelaat de hoeveelheid licht die een object opvangt tijdens het tentoonstellen, te evalueren. Het bestaat uit een glasstrook met **een lichtgevoelige blauwe coating**. De kleur verandert in verhouding tot de blootstelling aan licht (14). Regelmatige vergelijking met een meegeleverde kleurenreferentieschaal geeft de (snelheid van de) verbleking aan en de mogelijkheid om het maximale aantal uren blootstelling aan de huidige lichtcondities voor het voorwerp te berekenen (dosimeter). Meer uitleg op <http://www.lightcheck.co.uk/whatis.htm>.

Een wat ingewikkelder systeem om lichtschade te meten is de door het Canadian Conservation Institute (CCI) ontwikkelde 'Light Damage Slide Rule'. Deze rekenlat helpt u de schade te berekenen die ontstaat uit een specifieke combinatie van lichtsterkte en belichtingsduur, en toont u tevens de resultaten wanneer een van beide factoren verandert.

Wie een visuele indruk wil oproepen van de mate van kleurverbleking van bepaalde kleurstoffen binnen een tijdspanne en onder belichtingswaarden die u zelf naar keuze kan invoeren, is de *Light Damage Calculator* op de website van het CCI een handzaam instrument (<http://www.cci-icc.gc.ca/tools-outils/lcd-cdl/index-eng.aspx>). Een handig instrument om zelf de belichtingsduur te kunnen bepalen per gevoeligheidsklasse is **de Belichtingsduur rekentabel, ontwikkeld oor het ICN** (thans RCE).

WELKE MAATREGELEN NEMEN?

WEREN VAN UV-STRALING

We weten nu dat uv-stralen het schadelijkst zijn en dat zij volstrekt geen rol spelen in onze waarneming. Daarom moet alles in het werk worden gesteld om ze zoveel mogelijk te elimineren.

Daglicht

De grootste hoeveelheid uv-straling is aanwezig in het **daglicht**. Ook wanneer dit getemperd wordt door gordijnen of andere vormen van rechtstreekse zonwering, blijft een aanzienlijke hoeveelheid ultraviolet licht binnendringen. Het is verkeerd ervan uit te gaan dat het licht aan de noordzijde 'onschuldiger' is dan het binnenvallende zonlicht aan de zuidkant. Al zal dat laatste wel meer warmteontwikkeling veroorzaken, toch bevat het noorderlicht in verhouding meer uv-straling. Er zijn slechts twee methodes om de uv-straling te weren: ofwel sluit u de ramen geheel af, bijvoorbeeld met luiken, ofwel zorgt u voor een totale wegfiltering.

De ramen kunnen voorzien worden van uv-werend glas, of gewoon glas kan met een uv-filter bedekt worden. Er bestaan uv-werende vernissen en folies. Ze worden rechtstreeks op het glas aangebracht. Aangezien glas onder invloed van warmte uitzet en krimpt, ontstaan er na enige tijd barstjes in de vernislaag en neemt de doeltreffendheid van de filter snel af. Daarom zijn folies over het algemeen geschikter. Een goede kwaliteit van uv-werende folie elimineert tot 99 % van de schadelijke straling. De levensduur van dergelijke filters is niet onbegrensd en varieert naargelang van de kwaliteit van de film. Af en toe metingen uitvoeren en de folie op tijd vervangen is dus de boodschap. Er bestaat eveneens uv-werend plaatmateriaal uit polycarbonaat (merknaam Lexan) of polymethylmethacrylaat (merknaam Perspex) waarmee u de ramen kan bedekken.

De duurzaamste oplossing is het plaatsen van gelaagd uv-werend glas. De uv-werende film is in het glas gelaamineerd en daardoor minder kwetsbaar. Gelaagd glas is bovendien meer geluidwerend en sterker dan gewoon glas. Alle filters zijn transparant en kleurloos. Uv-werende film kan ook op het glas van de vitrine zelf aangebracht worden. Daaraan zou men kunnen denken



Blauwe Wol Standaard. Foto: ICN



Dosimeter LightCheck® Sensitive

wanneer er bijvoorbeeld slechts één vitrine met lichtgevoelig materiaal is.

Als er in de zalen gebruik wordt gemaakt van getemperd of gefilterd daglicht, kan u best de wanden laten schilderen met een sterk pigmenthoudende witte verf (titanium dioxide, zinkoxide of loodoxide). Deze pigmenten absorberen ultraviolette stralen, zodat het gehalte in het gereflecteerde licht sterk wordt verlaagd.

Kunstlicht

Het probleem met uv-straling in ruimten met uitsluitend kunstlicht is veel geringer dan in die met ongefilterd daglicht. Toch kunnen er maatregelen nodig zijn voor bepaalde types van lampen.

De gewone **gloeilampen** geven een ‘warm’ licht; het aandeel van het violette en blauwe gedeelte van het spectrum is zeer gering. Zij stellen dan ook geen problemen inzake uv-emissie, maar verdwijnen definitief uit de handel.

De hoeveelheid violet en blauw licht in fluorescentielampen (tl-buizen) daarentegen is hoger en hangt samen met de kleurtemperatuur van de lamp. De **kleurtemperatuur** van een lamp drukt men uit in Kelvin (K). Hoe hoger de kleurtemperatuur hoe ‘koeler’ of blauwer het licht. De gewone gloeilamp heeft een kleurtemperatuur van rond de 2800 K; daglicht varieert van 5000 tot 7000 K. De kleurtemperatuur van fluorescentie- of gasontladingslampen bedraagt, afhankelijk van het type, tussen de 2700 en 6500 K. Hierin speelt het fluorescentiepoeder binnen in de buis een rol. Het poeder absorbeert de uv-straling die in de buis wordt opgewekt en zendt ze uit als zichtbaar licht. Sommige tl-lampen geven een geliger licht af (lagere kleurtemperatuur), andere een blauwiger of witter licht. Hierin zit meer uv-straling, die zal moeten worden weggefilterd. Dit kan gebeuren door het aanbrengen van een uv-absorberend omhulsel, een ‘mouw’ (**tube jacket**) in een dunne transparante folie, die u over de buislamp schuift. U kan de lamp ook afschermen met een uv-absorberende acrylplaat, lexan, plexiglas of perspex. Of u kan kiezen voor een uv-arme tl-buis.

Vandaag maken halfgeleiders of leds (*Light Emitting Diode*) een steile opgang als algemene en als objectbelichting. Zij hebben het grote voordeel dat ze geen uv-straling afgeven. Ook glasvezelverlichting is uv-vrij. Dit type ver-

lichtingsbron wordt haast uitsluitend voor binnenverlichting in vitrines gebruikt. De optische vezels sturen enkel het zichtbare licht door, ongeacht de lichtbron (bv. halogeenlamp, hogedruk gasontladingslamp e.a.).

VERMINDEREN VAN IR

Infrarode straling zorgt voor warmteontwikkeling. Het voorwerp absorbeert de energie waardoor het oppervlak opwarmt. Daardoor worden chemische afbraakprocessen versneld. Bij papier (cellulose) bijvoorbeeld verdubbelt elke temperatuurverhoging van 10°C deze reactiesnelheid. Opwarming van de omgeving veroorzaakt tevens verandering in de relatieve vochtigheid, met het uisdrogen van organische materialen tot gevolg. Dat leidt tot verzwakking, scheuren of barsten.

Daglicht

De meest voor de hand liggende actie om warmtetoe name te minimaliseren is het weren van rechtstreeks zonlicht. Luiken voor de ramen, screens, jaloezieën en gordijnen kunnen **doeltreffende oplossingen zijn (15)**. Bepaalde glassoorten en speciale gekleurde uv-werende en lichtreducerende films kunnen zonlicht en interne zonnewarmte reduceren. Afhankelijk van het type wordt de film aan de binnen- of aan de buitenkant aangebracht. Nadeel is dat de meeste van deze glasfolies groenachtig, grijs of bronskleurig getint zijn waardoor de kleurweergave binnen de ruimte verandert. Aan de buitenzijde kunnen de behandelde ramen er metaalachtig of spiegelend uitzien.

Kunstlicht

De lampen die de meeste warmte afgeven, zijn de gewone gloeilamp (met wolfram gloeidraad) – waarvan de energie hoofdzakelijk in warmte wordt omgezet en slechts in geringe mate in licht – en de variant daarvan, de halogeenlamp (met halogeen gevuld omhulsel). Al geeft deze laatste een iets betere lichtopbrengst, zij heeft het nadeel dat zij kortegolf-uv-straling uitzendt, zodat een glasfilter nodig is. Om het warmte-effect te verminderen dient u de afstand van de lamp tot het object te vergroten en minder sterke lampen te gebruiken.

Er bestaan halogeenreflectorlampen met koudlichtreflector, die de warmte achteraan afstralen. Het afgeven van de warmte gebeurt daardoor weliswaar niet meer in



Lichtbeheersing door luiken gesloten te houden (Museum Plantin-Moretus, Antwerpen). Foto: Leon Smets

de richting van het object, maar draagt wel nog onverminderd bij tot de algemene temperatuurstijging binnen de tentoonstellingsruimte.

In Vlaanderen zijn gloeilampen sinds 1 september 2012 uit de handel genomen. De meeste vormen van halogeenverlichting blijven toegestaan, maar vanaf 2016 mogen alleen de meest zuinige typen nog worden verkocht. Daarbuiten resten dan gasontladingslampen - waarvan de fluorescentielampen (tl) met voorschakelapparaat, of de compacte fluorescentielampen zonder voorschakelapparaat en starter -, lagedruk en hogedruk kwiklampen de meest toepasbare zijn, en uiteraard de leds. De geringe energie die de ledlampen nodig hebben wordt bijna volledig omgezet in verlichting en nauwelijks in warmte. Die wordt aan de achterzijde van de diode geproduceerd; afhankelijk van de soort led kan het om geringe tot redelijke warmte (met name bij power-ledarmaturen) gaan, niet als straling maar geconcentreerd op de printplaat. Deze warmte kan afgeleid worden door een aluminium koelelement, maar bij toepassing van leds in een gesloten vitrinekast kan desondanks een opwarming voorkomen, soms tot 3-4°C, afhankelijk van **het aantal strips (16a) (16b)**.

Glasvezelverlichting, die meestal als objectbelichting in vitrines wordt aangewend, geeft op zich geen warmte af (17). De lichtgenerator, waarin zich de lichtbron bevindt, wordt buiten de vitrine gehouden, zodat de warmteontwikkeling van de meest gebruikte lichtbronnen, zoals de halogeenlamp of hogedruk gasontladingslamp, geen invloed heeft op de bewaaromgeving.

BEPERKEN VAN HET LICHTNIVEAU

Vanaf twee fronten kunnen we de tentoongestelde voorwerpen behoeden tegen een schadelijke blootstelling aan zichtbaar licht: door de belichtingsduur te verkorten en door het niveau van het zichtbare licht af te stemmen op de aanbevolen normen.

Musea die gebruikmaken van daglicht kunnen hun toevlucht nemen tot de hierboven opgesomde oplossingen met (rol)gordijnen, screens, jaloezieën, verticale zonweringen. Om het lichtniveau dat van dakkoepels binnendringt te temperen, worden soms elektronische jaloezieën geïnstalleerd die reageren op de wisselingen van de intensiteit van het buitenlicht. Een dure oplossing die

meestal hoge onderhoudskosten met zich brengt. **Een systeem van vaste jaloezieën (louvres)** is bruikbaar als u zeker bent dat bij zomerse dagen een vooropgezet maximum lichtniveau van bijvoorbeeld 300 lux niet wordt overschreden (18).

Een andere mogelijkheid is het aanbrengen van een lichtreducerende film op het vensterglas, die tot 90 % van het licht kan absorberen. De voor- en nadelen ervan hebben we hierboven besproken (verminderen van IR). Om te vermijden dat lichtgevoelige objecten onnodig lang worden blootgesteld, kunnen verschillende trucs toegepast worden:

- ▶ de vitrine met een doek afdekken. De bezoeker wordt uitgenodigd het gordijn op te tillen / weg te schuiven en nadien weer dicht te doen.
- ▶ door de lichtbron op een grotere afstand van de objecten te plaatsen, de belichtingshoek te wijzigen of door de lichtbundel te spreiden (reflector) kan u lagere lichtwaarden bereiken. Om het effect van de afstand te berekenen bestaat een vuistregel: het lichtniveau bij het object is omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tussen het object en de lichtbron. Neem aan dat **de afstand van de lichtbron tot het object** tweemaal groter wordt, dan verkleint het lichtniveau vier maal (2^2). Of: als de afstand drie keer groter wordt, dan wordt de lichtsterkte 3^2 of negen maal kleiner (19). Ook binnen de vitrine speelt de afstand van het object tot de lichtbron een rol: leg de lichtgevoeligste stukken onderaan in de vitrine; daar zijn de lichtwaarden aanzienlijk lager dan boven, in de buurt van het lichtcompartiment.
- ▶ er wordt een tijdschakelaar geïnstalleerd. Het licht in een vitrine kan door de bezoeker door een druk op de knop gestart worden. Deze methode is tegenwoordig meestal door het gebruik van elektronische sensoren vervangen.
- ▶ u kan afwisseling brengen in de tentoongestelde stukken (die dan weer naar het depot verhuizen).
- ▶ bij handschriften en boeken: de getoonde pagina wordt, indien mogelijk, regelmatig veranderd.

Stel de voorwerpen niet langer dan nodig bloot aan licht. Schakel daarom alle lichtbronnen uit na bezoektijd.



Ledstrips in tafelvitrine. Foto: Robert Buelens.



Leds in vitrine. Foto: Leon Smets



Glasvezelverlichting in vitrine. © Lichtvormgevers, Dongen (NI)



Verticale zonwering. Museum Het Valkhof Nijmegen. Foto: Leon Smets

16a

16b

17

18

VERLICHTING

In het vorige hoofdstuk werd beschreven welk effect lichtenergie kan hebben op materialen, en welke conservatorische maatregelen kunnen worden genomen. Het probleem werd daarbij vooral gesitueerd vanuit de aanbevolen bewaarcondities voor museumvoorwerpen. Maar uiteraard speelt het visuele comfort van de bezoeker een even grote rol bij het concipiëren van verlichting in musea.

VERLICHTING IN MUSEA

Een museumbezoek moet in de eerste plaats voor iedereen een boeiende en aangename ervaring zijn. Hierop wordt in **de hedendaagse museumarchitectuur** zoveel mogelijk ingespeeld (20). Maar of het nu om grote of om kleine musea gaat, architecturale supernova's of bescheiden oudheidkamers: pas wanneer de verlichting op een efficiënte manier een verzoening tussen visueel aantrekkelijk en conservatorisch verantwoord bereikt, is het museum in dat deel van zijn opdracht geslaagd.

Het licht wordt wel eens 'de vierde dimensie in de architectuur' genoemd. Dat gaat zeker op voor de musea. Licht speelt in musea een meervoudige rol. Het geeft vorm aan de architectuur, het organiseert de binnenruimte door onderverdeling en detaillering te scheppen. Licht kan de bezoeker door de ruimten leiden en de aandacht op iets vestigen. En het is het instrument bij uitstek om de tentoongestelde objecten tot hun recht te laten komen.

De architect maakt gebruik van daglicht en van kunstlicht, in combinatie en complementair aan elkaar, als element van vormgeving voor de architectuur. Door zijn spreiding en voortdurende wisseling doet het daglicht de binnenarchitectuur anders uitkomen dan het kunstlicht. Dat laatste biedt vooral mogelijkheden om de ruimte hiërarchisch op te delen, elementen te benadrukken, bepaalde ruimtelijke indrukken te creëren enzovoort. Kunstlicht geeft **de mogelijkheid te detailleren, vorm te geven, op te delen** (21). Afhankelijk van de objectpresentatie kan kunstlicht, al dan niet gecombineerd met daglicht, worden ingezet als:

- ▶ algemene verlichting: direct, indirect, of als een combinatie van beide,
- ▶ lichtspreiding via plafond, wand (*wash lighting*) en vloer,
- ▶ accentbelichting.

De conservatorische problemen die het **binnenvallende daglicht** met zich brengt, komen hierboven ter sprake. Toch kan het toelaten van daglicht architecturale en psychologische voordelen bieden: de relatie met het wisselende licht, het buitenzicht en de natuurlijke kleurweergave blijft bestaan. Maar juist de onvoorspelbare intensiteit en voortdurende wisseling maken het natuurlijke licht onberekenbaar en daardoor nauwelijks of niet geschikt voor de presentatie van lichtgevoelige objecten. Hiermee zal u rekening moeten houden bij de bestemming van de ruimten en de opstelling van de collectie. In sommige situaties tracht men het daglichtniveau zo laag mogelijk te houden en aan te wenden als algemene omgevingsverlichting, terwijl **kunstlicht de tentoongestelde stukken accentueert** (22). Het resultaat is vaak onevenwichtig. Sterk gefilterd daglicht dat via lichtkoepels in mat glas binnenvalt, biedt vaak hetzelfde visuele effect als op dezelfde manier aangebrachte fluorescentielampen.

In gebouwen, waar ruimten met daglicht worden afgewisseld met afdelingen waar louter met kunstlicht wordt gewerkt omdat er lichtgevoelige objecten staan opgesteld, moet erop toe worden gezien dat de balans tussen beide lichtniveaus evenwichtig is. Er mogen geen extreme verschillen zijn, want het menselijk oog moet zich moeiteloos aan de verschillen in lichtsterkte kunnen aanpassen. De aanpassingstijd die ons oog nodig heeft bij de overgang van daglicht naar een lichtwaarde van 50 lux bedraagt ongeveer 25 minuten. Daarom wordt aanbevolen het verschil tussen de minimale en de maximale lichtsterkte in de museumruimten nooit groter dan de verhouding 1:6 te maken. Stelt u bijvoorbeeld objecten tentoon bij 50 lux, zorg dan dat in andere zalen of doorgangen de lichtsterkte niet boven de 300 lux uitstijgt.



Lampen buiten de vitrine. Foto Leon Smets



Keulen, Kolumbamuseum. Foto Leon Smets



Keulen, Kolumbamuseum. Foto Leon Smets



Daglicht en kunstlicht gecombineerd. British Galleries, V&A Londen. Foto Leon Smets

19

20

21

22

ZORG VOOR EEN EFFICIËNTE LICHTSITUATIE

Licht is een van de moeilijkst te beheersen aspecten van de museale inrichting. Het lichtbeheer vergt een goede planning vooraf en een hechte samenwerking tussen de conservator, de architect en de lichtadviseur. Overleg, inventiviteit en kennis van de diverse lichtbronnen, lamp-types en armaturen zijn onontbeerlijk.

De volgende aandachtspunten en basisprincipes kunnen behulpzaam zijn bij het uitwerken van een verlichtingsplan voor de museumzalen:

- ▶ vraag u af wat u wil bereiken met de verlichting in uw tentoonstellingsruimte. Met licht kan u een sfeer scheppen. Of u kan doelbewust een bepaalde 'theatraliteit' creëren; het efficiënte gebruik ervan kan een rol spelen in het verhaal van uw tentoonstelling. Of u kan de ruimtelijke omgeving neutraal en gedempt houden en vooral objectgericht werken, met **accentbelichting (23)**.
- ▶ vertrek bij het bepalen van het lichtniveau altijd van de beperkingen die het lichtgevoeligste materiaal in een voorwerp of een reeks voorwerpen stelt.
- ▶ in eenzelfde ruimte mogen geen te sterke contrasten in het lichtniveau zijn, tenzij u dat om 'theatrale' redenen verkiest en de voorwerpen ertegen bestand zijn. Onze oogpupil stelt zich automatisch in op het sterkste lichtniveau. Daarom zijn ramen met rechtstreeks daglicht of sterk verlichte heldere muren te mijden. Ze bemoeilijken de afstemming van het oog op de minder contrastrijke of donkere objecten. Nuances in een donker schilderij bijvoorbeeld zullen beter te onderscheiden zijn als het werk tegen een donkere wand gepresenteerd wordt.
- ▶ wanneer u lichtgevoelige objecten tentoonstelt, zal u de algemene verlichting van de ruimte zo laag mogelijk moeten houden, om de objecten zelf wat te kunnen bijlichten. Het lichtste vlak moet immers bij het voorwerp zelf liggen om het bij een laag lichtniveau nog goed te kunnen zien.

Bij lage lichtniveaus is ons oog gevoeliger voor verschillen in het lichtniveau dan bij hoge lichtsterkten. Bij 50 lux zal een voorwerp al voldoende contrasteren tegen een achtergrondverlichting van 45 lux.

In het gebied van de lage lichtwaarden geeft het 'warme'

licht van de gloeilamp het beste kijkcomfort; zo zullen we bij 50 lux met een gloeilamp als lichtbron meer de indruk hebben een object goed te kunnen waarnemen dan met een fluorescentielamp die 'kouder' licht afgeeft. De gloeilamp (temperatuurstraler) heeft een continu spectrum (dit wil zeggen dat de golflengten van het zichtbare licht gelijkmatig aanwezig zijn) en een maximum in het geelrode gebied van dat spectrum. Onze ogen zijn kleur gevoeliger voor geel, en minder voor het blauw in tl-verlichting. Nu de gloeilamp en in de toekomst ook de halogeenlamp verdwijnt, moeten de ontwikkelingen van de nieuwe lichtbronnen, en in het bijzonder de led, hiervoor het passend alternatief kunnen bieden.

Heldere achtergronden stellen minder lichteisen, in het bijzonder voor heldere objecten. In dat geval wordt aanbevolen voor de omgeving of achtergrond te streven naar een helderheid die niet minder dan een derde van de helderheid van het object bedraagt.

Zorg voor een voldoende flexibel verlichtingssysteem, met verschillende soorten van lichtbronnen, zelfs daglicht in meerdere of mindere mate, indien wenselijk. De lichtsystemen moeten esthetisch passen in de museumruimte, onderhoudsvriendelijk zijn en niet verblinden.

Bij het presenteren van driedimensionale objecten of van voorwerpen met een uitgesproken textuur vermijdt u best een te sterke, eenzijdige schaduwvorming door accentbelichting vanuit één richting. Het licht mag ook niet te **diffuus** zijn (24), waardoor het reliëf te 'vlak' kan worden. Zorg voor een evenwichtige combinatie van diffuus licht en accentbelichting.

Hou bij de keuze van de lichtbronnen zoveel mogelijk rekening met:

- ▶ het beperken van uv- en IR-straling,
- ▶ de gewenste **kleurtemperatuur** van de lampen (warm? wit? koud?),
- ▶ een goede **kleurweergavekwaliteit** van de lampen.

Kleurweergave-index

Museumverlichting moet de kleuren zo natuurlijk mogelijk kunnen weergeven. De kleurweergave-index (uitgedrukt in Ra) is de objectieve maatstaf om de kleurweergavekwaliteit van een lichtbron aan te geven. De index



Accentbelichting. Berlijn, Museum voor Aziatische Kunst. Foto: Leon Smets



Diffuus zenitaal licht. Foto: Leon Smets

23

24

werd vastgelegd op basis van de berekening van hoe een aantal referentiekleuren verschijnen onder een bepaalde lichtbron in vergelijking tot hoe ze zouden verschijnen onder de 'perfecte' lichtbron. Als de perfecte lichtbron beschouwen we de zogenaamde temperatuurstralers: de zon, die het volledige kleurenspectrum omvat, de gloeilamp en de halogeenlamp. Zij gelden als de referentielichtbron en krijgen het maximum waarderingscijfer van 100, wat betekent: alle kleuren worden weergegeven zoals in het zonlicht. Hoe dichter de kleurweergave-index van een lichtbron de 100 benadert, hoe beter is de kleurweergave-eigenschap. Voor musea wordt een minimum Ra van 85 aanbevolen; bij voorkeur wordt de lat op 90 gelegd. Bij ledlampen is de kleurweergave-index nog niet altijd optimaal, maar de ontwikkelingen verlopen snel en gunstig. Er zijn echter veel goedkope leds op de markt met een incompleet kleurenspectrum. De kleurweergave-index schommelt momenteel tussen ca. 70 en 95 Ra. In tegenstelling tot andere lichtbronnen kunnen leds traploos gedimd worden zonder dat de kleurweergave en kleurtemperatuur veranderen.

Kleurtemperatuur

Het licht in een ruimte ervaren we anders naargelang de gebruikte lichtbron. Gloeilampen geven een geliger, 'warmer' licht dan het 'wittere' daglicht, of dan het koele, blauwige licht dat bepaalde tl-lampen of de eerste generaties leds uitstralen. Licht heeft dus een bepaalde kleur. Hoe 'warm' of 'koud' een lichtkleur is, wordt met de meetterm 'kleurtemperatuur' uitgedrukt, niet in °Celsius maar in graden Kelvin of, kortweg, Kelvin (K). Zoals u bij de gloeidraad van een gloeilamp of bij een ijzeren staaf in het vuur de hittegraad kan aflezen aan het kleurverschil – van rood over geelrood tot gloeiend wit – zo bepaalt de temperatuur van sommige lichtbronnen de kleur van het uitgezonden licht. Daarom heten deze lichtbronnen ook temperatuurstralers. Hoe hoger de kleurtemperatuur, hoe witter het licht. Kaarslicht heeft een kleurtemperatuur van ca. 1900 K; een gedimde gloeilamp, met gelig licht, tussen 2000 à 2500 K. De gewone gloeilamp heeft een kleurtemperatuur van rond de 2700–2800 K, de halogeenlamp ca. 3000 K. Het wisselende daglicht vanaf ca. 5000 K tot 7000 K. Op het vlak van kleurtemperatuur heeft de aanvankelijk als koud en ongezellig wit ervaren led een sterke verbetering doorgebracht. Tegenwoordig zijn er ledlampen met verschil-

lende kleurtemperaturen verkrijgbaar, variërend van koel- tot (extra) warmwit en een K tussen 3000 en 6000. Meestal lijkt de keuze voor museumverlichting zich te bevinden tussen 3000 en 4000 K.

Kleurweergave-index en kleurtemperatuur staan niet in relatie tot elkaar. Een lamp met hoge kleurtemperatuur geeft niet noodzakelijk een betere kleurweergave.

Fluorescentielampen zijn, zoals de naam aangeeft, geen temperatuurstralers. Het licht ontstaat door ontlading van de kwikdamp, waarmee de buis is gevuld. Hierdoor wordt een ultraviolette straling opgewekt, die het poeder dat aan de binnenzijde van de buis is aangebracht, doet fluoresceren. De samenstelling van dit poeder zal de kleurtemperatuur en de kleurweergave bepalen. 'Daglicht'-gasontladingslampen hebben een kleurtemperatuur van ca. 6500 K; die met een warmer, geler licht tussen 2800 en 4500 K.

Gegevens van kleurtemperatuur en kleurweergave-index zal u helaas zelden of nooit op de verpakking van lampen terugvinden. Raadpleeg daarvoor de catalogus van de producent of ga te rade bij een lichtadviseur.

LET THERE BE LED

Leds zijn vandaag overal aanwezig. Omdat leds duurzaam zijn, uitermate sterk en veel minder energie verbruiken dan een gewone lamp, lijken ze uitstekend geschikt voor gebruik in musea en tentoonstellingsruimten. Berekend op basis van de gemiddelde openingstijden van onze musea zouden leds zeventien jaar (50 000 uren) kunnen meegaan. Een immense besparing dus in kosten van onderhoud en vervanging. Bovendien bevatten leds weinig infrarood (wel warmteontwikkeling binnen een gesloten omgeving) en geen uv, wat een behoorlijk voordeel biedt bij het aanstralen van museumobjecten. Leds zijn daarenboven in allerlei vormen op de markt: inbouw, lineair, spots ... (25).

Maar het meest doorslaggevende argument bij de keuze voor leds is hun energie-efficiëntie. In hun streven naar duurzaamheid, reductie van ecologische voetafdruk en energiekosten zijn musea al gauw bereid om op dit nieuwe type van verlichting over te stappen, ondanks de hoge basisinvestering. Hoewel er meer en meer vergelijkend cijfermateriaal beschikbaar komt over de energiebesparing en terugverdientijd van ledverlichting in



Ledspots, museum M Leuven. Foto: Leon Smets

musea, moeten dergelijke berekeningen met de nodige nuance beoordeeld worden. Besparingen vloeien niet uitsluitend voort uit het gekozen verlichtingstype. Ook een al of niet programmeerbare verlichtingstijd, het nuttige gebruik van daglicht en andere facetten van belichtingsstrategie en verlichtingsregime kunnen hierin een rol spelen. Indien u over de realiteit van energiekostenreductie door ledtoepassing versus de gebruikelijke verlichting met halogeen- en fluorescentielampen wat concretere info wil (voorbeelden uit de UK), raden we u aan om het artikel van Rebecca Atkinson, [Is now the time to invest in LED lighting?](#) (17/01/2011) te raadplegen.

Hoe dan ook is ledverlichting een enorme stap voorwaarts inzake energiebesparing. Maar wat met de lichtkwaliteit die de hedendaagse leds voortbrengen in relatie tot de museale eisen? Hierover bestonden lange tijd twijfels, zowel wat de **kleurtemperatuur** (leds waren aanvankelijk blauwachtiger en kouder dan gloeilamp of halogeen) als wat de **kleurweergave** van de door deze lichtbron belichte objecten betreft. De omzetting naar een warmere kleurkwaliteit van de leds is mogelijk, maar zou toch nog een vermindering van energie-efficiëntie én meer opwarming tot gevolg hebben. Vraag is of voor schilderijen bijvoorbeeld, waar de kwaliteit van kleurweergave zeer belangrijk is, in deze fase van de ledontwikkelingen halogeenverlichting nog een betere keuze is. Wie vandaag resoluut voor led kiest moet beseffen dat deze technologie met rasse schreden vooruitgaat. Daardoor is het niet uitgesloten dat wie thans zwaar investeert in een duurzaam systeem met oog op de lange termijn, het binnen enkele jaren wellicht al wenselijk zal achten zijn verlichtingssysteem behoorlijk te upgraden. De vraag is dus niet: led of geen led, maar: wanneer spring ik op de rijdende trein van deze beloftevolle, energiebesparende technologie.

De publicatie van James Druzik en Stefan Michalski, *Guidelines for Selecting Solid-State Lighting for Museums* (september 2011) biedt een goed onderbouwd antwoord op de meest gestelde vragen omtrent ledverlichting in musea, zij het uitsluitend vanuit een Amerikaans referentiekader wat betreft onderzoeksrapporten, standaards, fabrikanten, bedrijven enz. Zie: <http://www.connectingtocollections.org/wp-content/uploads/2011/08/SSL-Guidelines-Ver-10.0.pdf>

TENTOONSTELLINGSVITRINES EN VERLICHTING

Zeer dikwijls worden vitrines van binnenuit verlicht. Dit biedt een aantal voordelen. Binnenverlichting kan kleuren en details beter tot hun recht laten komen. Verlichte vitrines kunnen een aantrekkingskracht uitoefenen binnen een ruimte, door een aangenaam contrast te bieden met de omgeving.

Er zijn echter ook nadelen aan verbonden:

- ▶ lampen, in het bijzonder halogeenlampen, en de voorschakelapparatuur van fluorescentielampen, geven warmte af, wat een **temperatuurstijging binnen de gesloten vitrine** teweegbrengt (26). Het aansteken en uitschakelen van dergelijke 'warmtebronnen' werkt een voortdurende wisseling van temperatuur en RV in de hand,
- ▶ voor onderhoud en vervanging van de lampen moet de vitrine geopend worden.

Daarom maakt u het verlichtingsgedeelte best tot een afzonderlijk compartiment, voorzien van de nodige verluchting om de warmte weg te halen, en apart toegankelijk zodat het klimaat in de vitrine niet wordt verstoord.

Om dergelijke problemen te vermijden wordt vaak gekozen voor glasvezelverlichting of voor **leds in vitrines** (27). Bij glas- of kunststofvezelverlichting bevindt de lichtbron zich buiten de vitrine, waardoor er geen opwarmingsprobleem is; uv-stralen worden geëlimineerd en het lichtniveau kan worden gedimd. Glasvezelverlichting heeft weliswaar een geringe lichtopbrengst maar door voldoende aantal en juiste spreiding van de lichtpunten kan een efficiënte objectverlichting gecreëerd worden. Meer en meer wordt op leds overgeschakeld als verlichting binnen vitrines. Net als bij glasvezel komt het erop aan de rijen lampjes zo in te bouwen, dat ze een goede spreiding geven – of juist de bedoelde lichtaccenten teweegbrengen – zonder dat de lichtbronnen of hun reflectie storend zichtbaar zijn. Men mag niet vergeten dat ledlampjes warmte afgeven aan de achterzijde. Deze warmte moet afgevoerd kunnen worden via de profielen waarop de leds gemonteerd zijn. Zo niet zal het klimaat binnen de vitrine opwarmen, zelfs met 3-4°C, afhankelijk van het aantal ingebouwde ledstrips.

Om diverse redenen, onder andere esthetische, zal u misschien kiezen voor verlichting buiten de vitrine. Indien



Halogeenspots in een gesloten vitrine kunnen temperatuurstijging veroorzaken. Foto: Leon Smets



Leds in vitrine. Foto: Leon Smets

26

27

de lichtbron op voldoende afstand is geplaatst, wordt op die manier opwarming binnen de vitrine vermeden. Maar de bezoeker kan te maken krijgen met storende reflectie in het glas, een weerkaatsing die zeer onaangenaam is voor de ogen die zich instellen op het helderste licht als referentiepunt, waardoor het object in de kast donkerder lijkt en bijgevolg minder goed wordt waargenomen. De structuur van de vitrinekast kan schaduwen werpen op de voorwerpen, ook bij naadloze stolpen in plexiglas. Dit kan u verhelpen door:

- ▶ te kiezen voor de dure oplossing van ontspiegeld, dus niet-reflecterend glas,
- ▶ de lichtbron af te dekken of te verplaatsen,
- ▶ de hoek van de lichtbron ten opzichte van de vitrine te wijzigen,
- ▶ de mogelijkheid te creëren om de voorwerpen in de kast vanuit verschillende gezichtspunten te bekijken, zodat de bezoeker het voor hem/haar comfortabelste standpunt kan kiezen,
- ▶ te werken met uitgekiende omgevingsbelichting, via de architectuur.

DE BEWAARPLAATS

Alhoewel voor de verlichting in de bewaarplaats dezelfde aandachtspunten gelden inzake lux- en uv-reductie, is het wenselijk in de bergruimte een heldere en gespreide algemene verlichting te voorzien. Het museumdepot is naast bergruimte immers ook werkruimte, waar objecten naar binnen en naar buiten worden gebracht, waar ze zorgvuldig geordend en genummerd, nagekeken en vaak ook bestudeerd worden. Het licht moet een goede visuele controle kunnen bieden tijdens het nazicht op, bijvoorbeeld, houtwormaantasting, bij het ontstoffen en het algemene onderhoud.

U geeft daarom best de voorkeur aan een goede algemene verlichting, waarbij de schadelijkste elementen uit het licht geweerd worden, bijvoorbeeld voor fluorescentielampen door middel van een goede metalen armatuur met acrylplaat.

Natuurlijk mag het licht niet langer branden dan strikt nodig. En binnenvallend licht moet zoveel mogelijk vermeden worden.

MEER

LINKS EN LITERATUUR

Protection from Light Damage, Preservation Leaflet van de Northeast Document Conservation Center (update 2012): <http://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/2.-the-environment/2.4-protection-from-light-damage>

STEPHAN MICHALSKI (CCI): *Light, Ultraviolet and Infrared*. Overzichtelijke en zeer toegankelijke bijdrage over de lichtproblematiek in musea en het dilemma 'seeing versus saving' (update 2011): <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prend-resoindes/articles/10agents/chap08-eng.aspx#det5>

Light Damage Calculator van het CCI: (<http://www.cci-icc.gc.ca/tools-outils/ldc-cdl/index-eng.aspx>).

AGNES BROKERHOF E.A., *Verlichting in musea en expositieruimten. Praktijkdocument*, uitgegeven door het ICN en de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, Amsterdam, 2008: <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/u4/Verlichting%20in%20musea%20en%20expositieruimten%20%282008%29.pdf>

Het beperken van lichtschade aan museale objecten: lichtlijnen. ICN-informatie 13 (2005) <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/documenten/info13.pdf>

JAMES DRUZIK (The Getty Conservation Institute), *Illuminating Alternatives: Research in Museum Lighting* (2002): http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/19_1/news_in_cons1.html

Over verlichting, lichtdesign en -concepten in musea:

http://www.erco.com/download/data/30_media/61_erco_light_for_museums/nl_erco_lightformuseums.pdf

http://www.zumtobel.com/PDB/teaser/nl/AWB_Kunst_und_Kultur.pdf

AKSEL KARCHER E.A., *Light perspectives. Between culture and technology*. Lüdenscheid, Erco, 2009.

CHRISTOF CUTTLE, *Light for Art's Sake. Lighting for Artworks and Museum Displays*. Amsterdam, Butterworth-Heinemann, 2007

JEAN-JACQUES EZRATI, "l'éclairage muséographique", in *La Lettre de l'OCIM*, 95, sept – oct., 2004, p. 31-35.

CHRISTOF CUTTLE, *Lighting by Design*, Amsterdam, Elsevier, 2008

Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (Informationen zur Lichtan-

wendung, 18). Frankfurt am Main, Fördergemeinschaft Gutes Licht, s.d. <http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/h18.pdf>

C. WALLER, *Licht und Lichtschutz im Museum*:
<http://www.cwaller.de/deutsch.htm?licht.htm~information>

Een overzicht van verschillende lichtbronnen en hun karakteristieken, informatie ICN, mei 2005: <http://nl.scribd.com/doc/27452267/Overzicht-van-verschillende-lampen-en-hun-karakteristiek-ICN-info-13>

Video van het Museum Lighting Research Project van het Getty Conservation Institute, over de ontwikkeling van filters om schadelijke straling uit lichtbronnen te reduceren (2009; duur: 9'41") http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=69jWYl29yNQ

Colofon

AUTEUR: Leon Smets

REDACTIE: Annemie Vanthienen en Birgit Geudens

VORMGEVING: Silke Theuwissen

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER:
Marc Jacobs, FARO. Vlaams steunpunt voor cultureel erfgoed vzw, Priemstraat 51, 1000 Brussel

D/2013/11.524/19

Brussel, juli 2013