

## Licht voor senioren

Richtlijnen voor daglicht georiënteerde verlichting in  
woningen voor ouderen



FiTLicht.NL

Stichting voor het bevorderen van geïntegreerde  
daglichttoepassingen in binnenruimten  
2010

---

# Licht voor senioren

Richtlijnen voor daglicht georiënteerde verlichting in  
woningen voor ouderen

---

## Oorspronkelijke uitgave:

Dipl.-ing. Wolfgang Cornelius  
Prof. Dr. Helmut F. O. Müller  
Dipl.-ing. Clemens Schäfers  
Dr.-ing. Cornelia Vandahl  
Dipl.-ing. Günther Volz

## Nederlandse bewerking:

Ir. Joost Heuvelink  
Ing. Jan Meutzner  
Drs. Petra Jansen

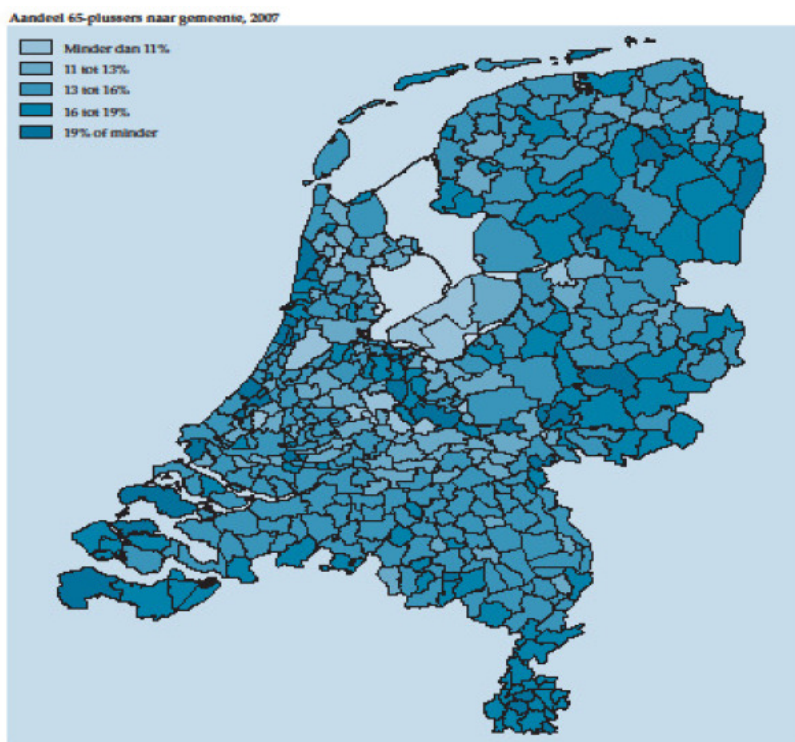
## Inhoud

1. Inleiding	4
2. Oudere mensen hebben behoefde aan een hoger lichtniveau	5
3. Licht niet alleen om te zien – de biologische kant van het licht	6
4. Dementie vraagt om bijzondere eisen voor verlichting	6
5. Van toepassing zijnde regelgeving	7
6. Verlichting- en ontwerpprincipes	7
7. Gebouw- en ruimteontwerpen	10
8. Zonwering- en helderheid begrenzingssystemen	14
9. Praktische uitvoering	15
10. Het verlichtingsadvies	15
Appendix A: Van toepassing zijnde bouwregelgeving	17
A.1 Algemeen	17
A.2 Juridische aspecten	18
A.3 NEN 2057, Daglichtopeningen	19
A.4 Werkplek verlichting NEN-EN 12464-1	20
A.5 Aanvullende eisen	21
Appendix B: Daglicht gerelateerd raamontwerp en biologische werking	22
B.1 Inleiding	22
B.2 Bewolkte situatie	22
B.3 Onbewolkte situatie	23
B.4 Beschaduwingsystemen met zonlichtsturing	24
B.5 Conclusie	25
Appendix C: Zonwering- en helderheid begrenzingssystemen	27
C.1 Inleiding	27
C.2 Aanbevelingen aan architecten en lichtontwerpers	27
C.3 Zonweringvoorzieningen	28
C.4 Zonwering gecombineerd met daglichtsturing	29
C.5 Centrale en decentrale zonweringbesturingssysteem	30
Appendix D. Literatuur	31

## 1. Inleiding

Het aandeel ouderen in onze samenleving neemt jaarlijks gestaag toe. Vergrijzing is een thema dat vrij plotseling aan urgentie heeft gewonnen. De toename van het aantal 65-plussers is echter al ruim van tevoren goed te voorspellen en dat heeft het CBS ook gedaan.

In de prognose van 1984 zijn het huidige aantal 65-plussers (2,4 miljoen) en de snelle toename van het aantal bejaarden – zoals 65-plussers toen nog werden genoemd – na 2010 nauwkeurig voorspeld. Het toenmalige eindniveau, in 2035, lag maar weinig onder de huidige prognose voor hetzelfde jaar. In Nederland ligt het aantal 65-plusser (2005) op ca. 14%, dit is lager dan het gemiddelde in Europa van 16,6%. In Duitsland is dat zelfs 19% van de totale bevolking.



In 2050 zal het aandeel 65+ in Nederland uitkomen op ca. 23,6%, dus bijna een kwart van de totale bevolking.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat het aandeel personen dat verpleging en hulp nodig hebben, thuis of in instellingen, zal stijgen.

Inmiddels heeft ook de politiek het onderwerp vergrijzing, lees beheersing van kosten, op hun agenda gezet. Wij zijn van mening dat meer gebruik van daglicht zorgt voor meer leef comfort en daarmee verlaging van de zorg- en energiekosten.

In de komende jaren zal het aandeel van de jongeren (tot 20 jaar) licht dalen. Toch is het aantal ouderen (65 jaar en ouder) waarschijnlijk pas vanaf 2025 (iets) groter dan het aantal jongeren. De voorspeelde daling van het aantal jongeren tussen nu en 2050 is betrekkelijk bescheiden, van 4,0 miljoen naar 3,6 miljoen.

Oudere mensen hebben specifieke eisen met betrekking tot verlichting. Dit ontstaat door leeftijdsafhankelijke verandering van het visuele vermogen en de verminderde fysieke flexibiliteit van het oog. Bovendien wordt de groep ouderen steeds ouder, waardoor er in absolute zin meer ziekten zullen voorkomen.

Studies hebben bewezen dat wanneer door een verbetering van de verlichting de aanwezige visuele beperkingen zoveel mogelijk worden opgeheven dit leidt weer tot een hogere kwaliteit van het leven. Tot op heden zijn er onvoldoende richtlijnen en normen die op de visuele behoeftes van ouderen ingegaan. Deze brochure is een eerste stap in de goede richting om een verbetering hierin aan te brengen.

## 2. Oudere mensen hebben behoefde aan een hoger lichtniveau

Het visuele systeem van de mens verandert in het verloop van het leven. Het “jonge” oog bestaat feitelijk tot een leeftijd van circa 40 jaar. Daarna verslechtert het visuele vermogen.

Oudere mensen (65+) hebben dubbel zo veel licht nodig als jongere (40+) mensen. De vermindering van de elasticiteit van de pupil leidt tot een geringere aanpassing van het oog aan wisselende luminanties. De adaptatie binnen een nieuwe lichtsituatie duurt duidelijk langer.

De reductie in de lichtdoorlatendheid geschiedt voornamelijk in het spectrale bereik van de kleur blauw, hetgeen tot een beperking van de kleurwaardering leidt.

Allereerst lopen de diameter van de pupil en de lichtdoorlatendheid van de ooglenzen terug, waardoor minder licht wordt opgenomen. Vervolgens vertroebelt het oog (het glasachtig lichaam), hetgeen tot een verstrooiing van het licht leidt.

Bovendien neemt de kwaliteit van het netvlies af in de loop van de jaren. Dit alles tezamen leidt tot een reductie van de visuele scherpte, het contrastvermogen en een verhoging van de verblindinggevoeligheid.

De genoemde parameters leiden ertoe, dat specifiek voor instellingen voor verzorging en verpleging van ouderen specifieke lichtontwerpen moeten worden gerealiseerd.

*De te stellen eisen moeten de specificaties van het ouder wordende oog als uitgangspunt nemen.*

**Dit geldt in het bijzonder voor de keuze van de lichtniveaus, beperking van verblinding en de kleurweergave.**

### 3. Licht niet alleen om te kunnen zien – de biologische kant van het licht

Naast de visuele functie heeft het oog een biologische functie. Via specifieke receptoren die tussen de staafjes en kegeltjes op het netvlies zijn gelegen, werkt het licht in het oog als een belangrijke tijdindicator, de biologische klok. Deze biologische klok (het circadiaan systeem) bestuurt in een 24-uur cyclus de psychologische en fysieke functies van de mens. Deze functies worden ook benoemd als “Circadiaan ritme”.

Om de biologische klok goed te besturen heeft men een bepaalde hoeveelheid licht nodig, die bij oudere mensen ten gevolge van de ouderdomsverschijnselen hoger is dan bij jonge mensen. Daar komt nog bij dat de transmissie van de ooglens voor licht in het bijzonder van het blauwe spectrum bij de oudere terugloopt. En juist dit blauwe deel van het licht stuurt de biologische klok aan.

Bewoners van zorginstellingen hebben vaak onvoldoende contact met daglicht hetgeen een oorzaak kan zijn dat het circadiaan ritme verstoort raakt. De gevolgen hiervan zijn vaak een verstoord slaap-waak ritme met hazenslaapjes overdag en een onderbroken slaap in de nacht.

De bovengenoemde beschrijvingen laten zien dat de verlichting in zorg- en verpleeginstellingen voor ouderen meer aandacht behoeft dan de hedendaagse praktijk laat zien. Lichtuitwerkingen op basis van therapie voor o.a. oriëntatiestoringen respectievelijk depressies zijn langer bekend.

### 4. Dementie vraagt om bijzondere eisen voor verlichting

Zorginstellingen die psychogeriatrische (dementerenden) bewoners huisvesten, moeten speciaal rekening houden met deze eisen ten aanzien van licht en verlichting.

Dementie is een ziekte, die een verlies veroorzaakt van het korte termijngeheugen. Dit heeft tot gevolg dat geen complexe handelingen kunnen worden verricht en geen relatie ligt tussen ruimte en tijd. Er ontstaan vooral problemen voor de verpleging door de verschuiving van de dag-nacht ritme waardoor de patiënten soms 's nachts door de gangen van de instellingen “dwalen”.

Bovendien neemt bij dementie het ruimtelijke driedimensionale visuele vermogen af. Hierdoor worden veranderingen van kleurstellingen van de vloer vaak als drempels geïnterpreteerd. Daarnaast kunnen sterke schaduwverschijnselen tot foutieve interpretaties leiden.

De inrichting van de woonomgeving moet een goede ruimtelijke oriëntering mogelijk maken en impulsen geven tot activiteiten en sociale contacten.

De tijdsafhankelijke oriëntatie wordt makkelijker door een uitgebalanceerd licht/donker ritme. Ruimten met een grote daglichttoetreding en het kijken naar buiten zijn hiervoor ideaal. Hierdoor kan het vaak gestoorde dag-nacht ritme positief worden beïnvloed.

Onderzoek heeft twee zaken bewezen. Allereerst dat hoge lichtniveaus aangevuld met een hoog blauwaandeel in het verloop van de dag leidt tot een verbetering van het slaap-waakritme. Bovendien kan een verlichting met een hoog blauwaandeel zorgen voor een verlenging van de daglichtfasering in de donkere maanden, wat zal leiden tot een vermindering van de slaaperioden overdag.

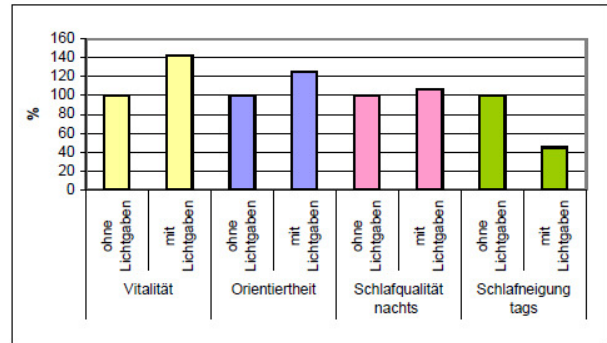
De totale kwaliteit van de vaak verstoorde slaap-waak ritme van bewoners in verpleeg- en verzorgingsinstellingen wordt hierdoor dus positief beïnvloedt.

Bijkomende voordelen zijn een verbetering van het algemene gevoel en een reductie van agressie. De kwaliteit van het leven van de betrokken personen wordt hiermee verbeterd, waardoor de verzorging ontlast wordt.



### Afbeelding 1:

Doelmatige behandeling met licht van dementiepatiënten met dagelijks twee keer 3 uur 1800 Lux op het oog. De kleurtemperatuur bedroeg 6.200 Kelvin. Het beeld toont de significante verandering van vitaliteit, oriëntatie en slaapvermogen. In beeld is gebracht de verandering in percentage ten opzichte van de periode voor de behandeling.



## 5. Van toepassing zijnde regelgeving

In de huidige bouwregelgeving bestaan geen wettelijke of normatieve eisen met betrekking tot verlichtingstechniek die specifiek is toegesneden op huisvesting van ouderen. Dit is een van de redenen voor het vervaardigen van deze leidraad. De hedendaagse algemeen van toepassing zijnde ontwerpregelen zijn omschreven in appendix A.

## 6. Verlichting- en ontwerpprincipes

### Daglicht

Als basis geldt: Daglicht is voor mensen, dieren en planten beter dan kunstmatig licht. Alleen door middel van daglicht is het mogelijk om het verloop van een etmaal ook binnen een gebouw te kunnen beleven. Daarnaast zijn de maximale biologische effecten het best door daglicht realiseerbaar. Hiervoor dienen woongebouwen te zijn voorzien van qua maatvoering toereikend grote raamoppervlakken en/of bovenlichten. Het blauw lichtaandeel per dag kan men niet bereiken achter glas. Een buitenruimte, te openen raam of frans balkon is daarom onontbeerlijk.

Om diepe ruimtes met daglicht te belichten is een gespecialiseerd ontwerp nodig met betrekking tot de gevel- respectievelijk gebouwarchitectuur. Ramen en bovenlichten moeten speciaal worden ontworpen. Met daglichtstuursystemen kan het daglicht in de diepte van een ruimte worden geprojecteerd. Hierdoor is een energie efficiënte verhoging van de verlichtsterkte haalbaar.



Afbeelding 2: Huiskamer met eettafel belicht door daglicht.

Daglicht door ramen en bovenlichten verhoogt het lichtniveau in ruimten en verbetert de kleurwaarneming. Om opwarming van de ruimte en verblinding van de werktaak te voorkomen, is toepassing van adequate zonwering noodzakelijk.

## Verlichtingsniveau

Om het dag-en nachtritme van oudere mensen positief te beïnvloeden is, volgens de huidige stand van de wetenschap, een hoge verticale verlichtingsterkte van ca. 1.000 lux op het oog in verblijfsruimten, thuis of in een instelling, gunstig. Deze verlichtingsterkte kan worden gerealiseerd door grote heldere vlakken, bv. ramen. Is toepassing van daglicht niet mogelijk dan zijn armaturen met grote lichtoppervlakken of lichtplafonds met daglicht gekleurde lichtbronnen (met een relatief hoog blauwaandeel) goed toepasbaar. Verder is het aan te bevelen de dynamiek van de wisseling van de daglichtkleuren (6.500 naar 3000 K) gedurende de dag hierin te betrekken. Dit is uitvoerbaar met speciale regelapparatuur.

Wel dient men erop toe te zien dat de hoge lichtintensiteiten niet in de avonduren worden bereikt. Om ons menselijk brein langzaam aan de nacht te laten wennen zijn warme lichtkleuren in combinatie met een lager lichtniveau te realiseren. Dit regelproces moet in kleinere stappen over een wat langere tijdsperiode worden uitgesmeerd.

De horizontale verlichtingsterkte van de algemene verlichting met betrekking tot visuele taken dient in een ruimte voor ouderen minimaal 50% hoger te worden ontworpen dan in de Europese norm wordt gevraagd, e.e.a. om de Lichtgevoeligheid van het ouder wordende oog aan de situatie aan te passen.

Voor de algemene verlichting is 500 lux als minimum te voorzien. In ruimten waar visueel hogere eisen worden gevraagd (bv. handwerken of puzzelen) is op werkvlakniveau minimaal 1.000 lux het ontwerpuitgangspunt. Het is aan te bevelen in deze ruimten regelbare lichtsystemen te installeren.



*Afbeelding 3: Grote raamoppervlakken en wintertuinen zorgen voor een hoge verlichtingsterkte in huiskamers.*



*Afbeelding 4: Een lichtgevend plafond met daarachter regelbare verlichting kan het ontbrekende daglicht voor een groot deel compenseren.*



## Lichtverdeling

Als gevolg van het beperktere adaptatievermogen van de oudere mens bereikt men het beste lichtbeeld voor deze groep met een goede gelijkmatigheid van de verlichting. Ook dient men bij het ontwerpen van de verlichting ervoor te zorgen dat de aangrenzende ruimten niet teveel verschillen in helderheid vertonen. Indien dit technisch niet haalbaar is, zorg dan voor voldoende lange overgangszones, zodat het oudere oog langzaam aan een ander niveau kan wennen. Bijzonder belangrijk is dit verschijnsel tijdens een avond/nachtsituatie bij het binnenkomen in een gebouw. Lichte wanden zorgen voor een betere gelijkmatigheid en voorkomen verblinding. Een groter indirect aandeel van de verlichting zorgt ervoor dat sterke schaduwvorming wordt voorkomen. Deze schaduwvorming leidt tot een verstoring van de oriënteringsmogelijkheden. Zo wordt bv. een slagschaduw op de vloer bijvoorbeeld als “diepe kuil” geïnterpreteerd. Bovenlichten, grote ramen en armaturen met groot lichtoppervlak zorgen ervoor dat een beperking van vervelende slagschaduwen optreedt. De verlichting moet de structuur van de ruimte ondersteunen. Door extra qua vormgeving passende regelbare armaturen in de ruimte aan te brengen kunnen verdere accenten worden gezet.

## Beperking van de verblinding

Om een verblinding door zonne-instraling in ruimten te voorkomen, is het aan te bevelen regelbare schaduwgevendende voorzieningen aan te brengen.

Wat betreft het kunstlicht, zouden in het lichtontwerp slechts armaturen kunnen worden toegepast die qua lichtuitstraling naar het gebruiksvlak goed zijn afgeschermd. Direct/indirect licht uitstralende armaturen voldoen het beste. Gesloten armaturen verhinderen de directe inkijk naar de lichtbron. Armaturen met heldere glasafscherming zijn in deze omgeving ongeschikt.

Kiest men voor heldere ruimtevlakken dan reduceert men het gevaar voor verblinding.

Reflecties van glanzende oppervlakken (vloer, tafel, glazen deuren e.d.) moeten worden vermeden. Toepassing van gematteerde oppervlakken, een diffuse verlichting en een passend lichtpatroon zijn het uitgangspunt voor het lichtontwerp voor ouderen.

## Verhogen van contrasten, vermijden van reflecties

Goed zien vraagt uitgewogen contrasten. Oudere mensen en visueel beperkte mensen hebben hogere contrasten nodig. Bij het ontwerpen van de ruimteafwerking- en inrichting in relatie tot de verlichting moet rekening worden gehouden met dit onderwerp. Belangrijke objecten zoals deuren of trappen moeten qua contrast de boventoon voeren ten aanzien van het overige.

Donkere plinten dragen eraan bij om goed de overgang van vloer naar wand te herkennen.

Wanden zonder ornamenten geven een homogeen en goed herkenbaar beeld. Let er wel op: te grote contrastverhoudingen tussen donker en licht kunnen leiden tot verkeerde ruimtelijke inschattingen.

## Lichtkleur en kleurweergave

Om toch door middel van kunstmatige verlichting een biologisch effect te bereiken is een hoger blauwaandeel binnen het spectrum van het licht nodig. In de avonduren dient dit aandeel te worden gereduceerd om je voor te bereiden op de slaap. Dit bereikt men met kleurveranderlijke verlichtingsystemen. Oudere mensen zijn beperkt bij het waarnemen van kleuren. Bij het ontwerpen van ruimten moet de lichtontwerper hiermee rekening houden. Daglichttoetreding past in dit doel indien een kleurneutrale beglazing wordt toegepast.

## UV-licht

Het UV-aandeel van het zonlicht heeft positieve en negatieve effecten op de mens.

UV-licht zorgt voor de aanmaak van lichaamseigen hormonen (endorfines) en draagt bij aan de productie van vitamine D. ( Hierdoor worden de zenuwen in de hersens gestimuleerd). Ook hier kan een frans balkon, een te openen raam of een buitenruimte voorgesteld worden.

Voor zorginstellingen, waarvan de bewoners weinig of zelden buiten komen, is het dan ook aan te bevelen vensterglas toe te passen dat het UV lichtbestanddeel doorlaat.

## 7. Gebouw- en ruimteontwerpen

Bij het maken van de daglichtberekeningen moet rekening worden gehouden met de situatie van de stedenbouw, vooral met de bebouwing van de directe omgeving. Daarnaast is de bouwvorm en ruimtegeometrie in relatie tot maatvoeringen en plaatsing van de raamvlakken van belang.

Op afbeelding 5 zijn de drie belangrijkste componenten van daglichttoetreding in ruimten te zien:

- het invallende onbelemmerde deel daglicht vanuit de hemel en de zon in de ruimte;
- het invallende belemmerde, deels reflecterende deel van de bebouwing in de directe omgeving;
- het deel gereflecteerd licht van alle ruimteoppervlakken in de ruimte.

### Daglichtquotient

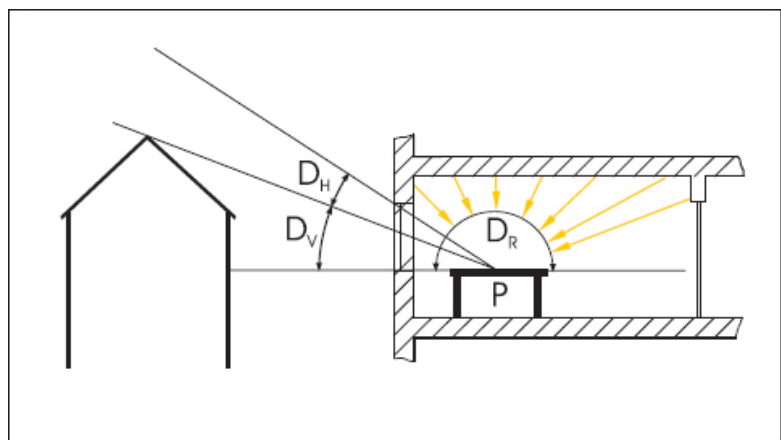
(Verhouding van ruimte- en buitenverlichtingsterkte)

$$D = D_h + D_v + D_r$$

$D_h$  deel invallend onbelemmerd daglicht

$D_v$  deel invallend, belemmerd en gereflecteerd daglicht

$D_r$  gereflecteerd licht ruimteoppervlakken



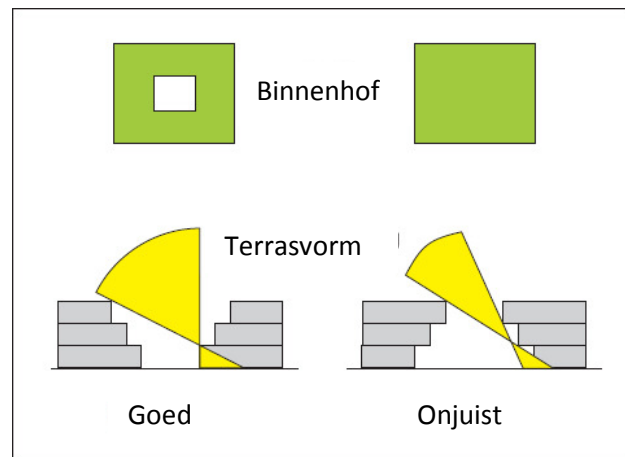
Afbeelding 5:

Aandeel daglicht t.b.v. ruimteverlichting bij bewolkte situatie (NEN 2057)

## Rekening houden met externe bebouwing

Bij het lichttechnisch ontwerpen met daglicht van binnenruimten moet rekening worden gehouden met eventuele reductie van de lichttoetreding door bestaande respectievelijk toekomstig volgens de bestemmingsplan te projecteren bebouwingen. Ook dient rekening te worden gehouden met boomgroei.

Bij een hoge bebouwingsdichtheid, bv. bij ramen die aan een binnenhof liggen, kan het verlies van het directe onbelemmerde daglichtaandeel enigszins worden gecompenseerd door de gevel van de tegenoverliggende bebouwing in een lichte kleur uit te voeren. In afbeelding 6 is te zien hoe afstand en hoogte van de tegenoverliggende bebouwing, de verticale terrasvorming van de bouwlagen, de uitvoering van een binnenhof respectievelijk een atrium het daglichtontwerp kunnen beïnvloeden.



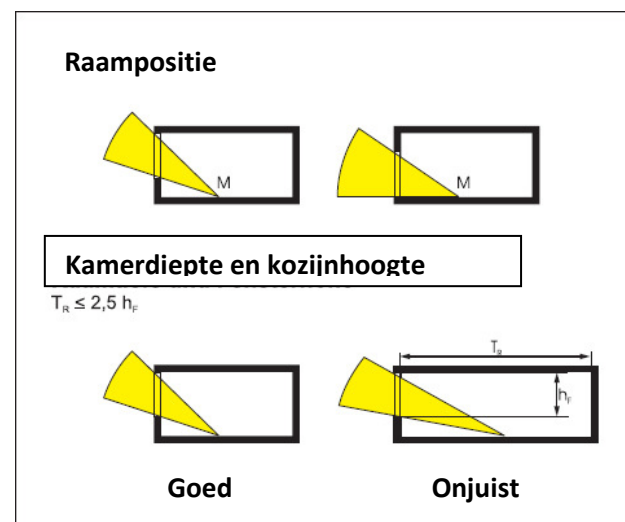
Afbeelding 6: Invloed van tegenoverliggende bebouwing op daglichtontwerp (positief en negatief voorbeeld)

### Rekening houden met bouwvorm en afmetingen van het gebouw en de binnenruimten

Het daglichtontwerp van een ruimte wordt beïnvloed door de ruimtediepte en de afmetingen van de ramen. Bij de mogelijkheid ramen alleen aan de gevelzijde te plaatsen is het tot een bepaalde diepte beperkt mogelijk een voldoende daglichtquotiënt te realiseren. Die quotiënt is namelijk afhankelijk van de hoogte van de ruimte en het gewenste daglichtniveau.

Indien in de ruimtediepte geen aanvullende daklichten of ramen aan een tweede gevelzijde zijn geprojecteerd is bij diepe ruimten uitgaand van de te verrichten taakverlichting een continue aanvulling van kunstmatig licht gewenst (NEN-EN 12464-1).

Een overstek boven een raam (bv. balkon, luifel of overhellend dak), belemmeringen aan de zijkanten (wanden, balkons en andere scheidingsvlakken), daglicht stuursystemen alsmede en niet volledig doordraaibare zonweringen beperken de inval van het daglicht. Bij het berekenen van de daglichtquotiënt dienen alle zichtbare zijkanten van de belemmeringen in de berekening betrokken te worden. Genoemde belemmeringen dienen bij voorkeur over een hoge reflectiegraad beschikken.



Afbeelding 7: Invloed van de ruimtediepte en hoogte zoals raammaten en plaatsing van ramen op het daglichtontwerp

## Uitvoering ramen

Afbeelding 8: Hoge ramen met een groot oppervlak zorgen voor een optimale daglichttoetreding

Door een gelijkmatige verdeling van de ramen op de buitengevel ontstaat een betere gelijkmatigheid van de daglichttoetreding dan bij een toepassing aan een zijde van een aansluitende wand.

In ruimten met slechts één raam is de gelijkmatigheid het beste wanneer het raam in het midden (hart) van de buitengevel is geplaatst. In diepere ruimten kan een betere gelijkmatigheid worden bereikt indien een tweede raam precies op de tegenoverliggende wand kan worden toegepast.

De ligging van de bovenzijde van het raam beïnvloedt de waarde van de daglichtquotiënt. Des te hoger de bovenzijde boven het vloerniveau ligt des te hoger is de daglichtquotiënt. Raamvlakken beneden het werkbladniveau hebben nauwelijks invloed op de daglichtquotiënt. Belemmerende onderdelen binnen het glasoppervlak (bv. zonwering, balkon, daglicht stuur systemen) beïnvloeden de waarde van de daglichtquotiënt en de verspreiding in de binnenruimte.

Een lichtstelsel dat werkt op het circadiaans systeem is bijzonder aan te bevelen in huiskamers of werk/hobbyruimten van oudere mensen. Het hoofdaandeel verlichting is gebaseerd op gebruik van daglicht.

De benodigde daglichtquotiënt in het midden van de ruimte is  $D \geq 10\%$  (informatie zie bijlage B). Essentiële ontwerpparameters bij het verlichten van diepe ruimtes zijn de gekozen ruimtehoogte, raammaten en plaatsing in de *Afbeelding 9: Raamontwerp voor optimale gevel, daklichten of meerdere ramen, het liefst met een gelijke bovenkant hoogte.* Genoemde voorzieningen zijn overdag functioneel bij elke bewolkte buitensituatie. De hoeveelheid licht, die op een bewolkte dag aanwezig is, bepaalt de minimale eis van de daglichtnormering. Deze zijn echter voor een circadiaans effect op de oudere mens ontoereikend.



*Afbeelding 8: Hoge ramen met een groot oppervlak zorgen voor een optimale daglichttoetreding.*



*daglicht toetreding in de ruimte.*

Voor het geval dat er een onbewolkte lucht aanwezig is moeten voorzieningen worden aangebracht welke verblinding van personen en oververhitting van de ruimte voorkomen.

Echter, deze zon- en lichtreguleringsvoorzieningen moeten dusdanig zijn uitgevoerd dat het diffuse deel van het daglicht wel de diepte van de ruimte bereikt.

Desbetreffende systemen zijn in meerdere uitvoeringen verkrijgbaar.

Het gebruik van gecombineerde zonwering- en daglicht stuursystemen in relatie tot een passend architectonisch raamontwerp vergt echter meer kennis van daglichtontwerp technologie.

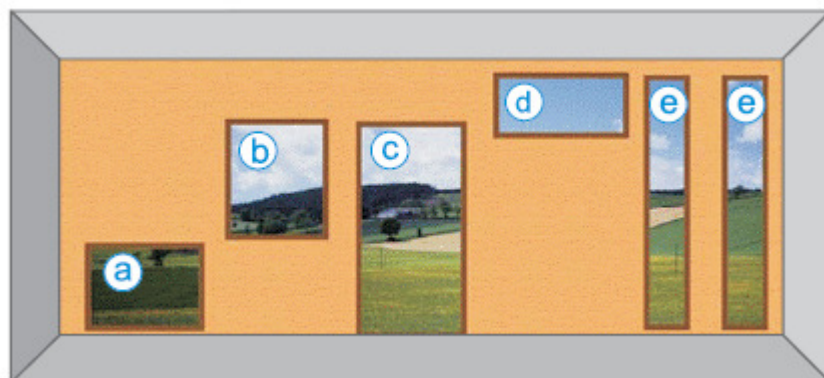
## Het zicht naar buiten

*Afbeelding 10: a) nauwelijks zicht naar buiten*

*b en c) zeer goed zichtcontact naar buiten*

*d) goed geschikt voor daglicht toetreding in de ruimte maar geen zicht naar buiten*

*e) smalle ramen hebben een beperkt doorzicht naar buiten*



Zoals eerder beschreven voorziet daglicht de mens van bepaalde informatie die ons lichaam nodig heeft voor haar regulatie, bv. aanpassing aan het 24 uur ritme van de dag. Verder ontvangt de mens met behulp van het daglicht informatie van buiten zoals het weer, de wisseling van de jaargetijden en het belevingsbeeld van de omgeving. Juist voor (oudere)bewoners van zorg- en verpleeginstellingen is het kijken naar buiten vaak de enige informatiebron om contact met de buitenwereld te hebben, hetgeen vanuit sociale overwegingen uiterst belangrijk is. Een zichtcontact naar buiten is naast de "optische oneindigheid" ook een factor voor ontspanning en welbevinden, aangezien de lichamelijke belasting van het visuele systeem daar relatief gering is.

De uitvoering en plaatsing van ramen in woon- en verpleeginrichtingen voor ouderen worden in principe op de gebruikelijke wijze als bij ramen in woonruimten gerealiseerd (zie beeld 10b en c), waardoor een prettige heldere ruimte-indruk ontstaat. Ook in dit opzicht is er echter speciale aandacht nodig voor deze groep ouderen.

Hoog liggende ramen (beeld 10d) verzorgen een gunstige ruimte belichting in de diepte, maar geven geen zichtcontact naar buiten. Smalle ramen (beeld 10e) geven ook geen prettig zichtcontact naar buiten.

Gaat men uit van bv. mindervalide personen in een rolstoel kan men op hogere verdiepingen van gebouwen lager gesitueerde ramen toepassen (beeld 10c en 10e). Hetzelfde geldt ook voor speciale beddenafdelingen waar de personen niet of nauwelijks kunnen opstaan. Hier is het zinvol dat de ramen relatief laag worden gesitueerd. Hierbij dient wel aandacht geschonken te worden aan flexibele helderheidweringen.



## Daklichten

Bij diepe ruimten zijn daklichten noodzakelijk voor een goede verlichting van de ruimten. Hoe groter de hoek is tussen de verticale daglichtopening en de horizontale zichtlijn, des te geringer is de daglicht toetreding.

Uitgaand van een bepaalde gemiddelde daglichtquotient hebben sheddaken een groter glasvlak nodig dan een dak met een daklicht.

Te grote helderheidsverschillen bij daklichten door directe zoninstraling kan men voorkomen door gebruik te maken van lichtverstrooiende beglazing, of adequate zonwering die gekoppeld is aan het daklicht.

Aanvullende maatregelen voor reductie van te hoge helderheden dienen toegepast te worden indien deze luminantie vlakken in het directe zicht liggen. Voor het dimensioneren van daklichten met betrekking tot verblinding- en zonwering dient men als uitgangspunt bij het berekenen (net als bij ramen) als basis de bewolkte hemelsituatie te kiezen (zie [14]).



*Afbeelding 11: Daklicht toegepast in een huiskamer*



*Afbeelding 12: Daklichten toegepast in een vide van een trappenhuis*



*Afbeelding 13: Daklicht toegepast in een gangsituatie*

## 8. Zon- en helderheidwering systemen

Om een ruimte te beschermen voor een oververhitting en een toetreding van te hoge luminanties is toepassing van een efficiënte zon- en helderheidwering noodzakelijk.

In huiskamers van oudere mensen is het aan te bevelen dat ook bij gesloten zon- en helderheidwering een redelijke hoeveelheid daglicht in de raamzone binnenkomt (zie ook appendix B en C).

De regeling respectievelijk de besturing zou (semi)automatisch kunnen werken waarbij ook de bewoner deze kan beïnvloeden. Alleen automatisch bestuurd systemen zoals markiezen, rolluiken en jaloezieën bieden de basis voor een optimale energie-efficiency voor gebouwen voorzien met een koelinstallatie.



*Afbeelding 14: Buiten zonwering*

## 9. Praktische uitvoering

### Reflectie van binnenwanden

Licht gekleurde plafonds en wanden verbeteren en leveren een bijdrage aan de gelijkmatigheid van de daglichtbelichting door ramen in binnenruimten. Deze plafonds en wanden verzachten de helderheidsverschillen tussen de verschillende vlakken en het zichtbare deel van de buitenlucht. Hieruit concluderend dient de reflectiegraad van plafonds tenminste 0,7, die van de wanden tenminste 0,5 en die van de vloeren tenminste 0,2 te bedragen. Er dient hierbij tevens rekening te worden gehouden met de reflectiegraden van de verdere inrichting en het meubilair. Hoe groter de ruimte, des te groter de invloed van daklichten op de reflectiegraad van de vloer met betrekking tot de helderheid van de ruimte, dit doordat de vloer het grootste reflecterende vlak is dat direct vanuit de daklijn wordt verlicht.

## 10. Het verlichtingsadvies

### Ingangzone

Entreezones zijn bepalend voor de eerste indruk van bezoekers. Daarom is het van belang deze zone een prettig gezicht mee te geven. Oriëntatie is hiervan een belangrijk onderdeel.

In de overgangzone van buiten naar binnen kunnen mensen visuele aanpassingsproblemen ervaren. Als bijvoorbeeld deze zones minder goed belicht zijn, kunnen aanwezige obstakels niet goed worden waargenomen en struikelgevaar opleveren.

Juist in de ingangzone kan veel (dag)licht een toegevoegde waarde leveren om de binnenruimte beter waar te nemen. Is dit niet realiseerbaar, dan moet gebruik gemaakt worden van kunstmatige verlichting. Deze verlichting dient bij voorkeur uitgevoerd te worden in een dimbare versie, zodat het verlichtingsniveau aangepast kan worden aan de hoeveelheid buitenlicht.



*Afbeelding 15: ingangzone*

### Woonruimte, huiskamers, eetkamers en bibliotheek

De voorkeur heeft een algemene verlichting, verblindingvrij, in combinatie met daglicht. De kunstmatige verlichting moet een minimaal niveau hebben van 300 lux. In delen van deze ruimten, waarin visueel intensief wordt gewerkt, bv. handwerken, lezen of spelletjes, moet de verlichtingssterkte tot 1000 lux kunnen worden opgevoerd.

Dit kan worden gerealiseerd door gebruik te maken van werkplekverlichting. Kiest men hierbij voor een groot aandeel indirecte verlichting, dan wordt de verblinding verminderd.

Voor een multifunctioneel karakter van de ruimten is het aan te bevelen de verlichting regelbaar en in zones uit te voeren. Hierdoor kunnen zones naar wens lichttechnisch worden verlaagd (bv. tijdens het televisie kijken) maar ook biologisch activerend worden verhoogd. Optimaal hierbij is te kiezen voor een systeem dat niet alleen in lichtniveau, maar ook in lichtkleur regelbaar is. Grote ramen zorgen voor een toereikend daglichtniveau in de binnenruimte. Voor diepe ruimten zijn daglichtstuursystemen beschikbaar. Ter voorkoming van oververhitting en verblinding in ruimten zijn zon- helderheidsweringsystemen beschikbaar.



*Afbeelding 16: eetkamer met grote ramen*

## **Slaapkamers**

In slaapkamers is het van belang om een algemene verlichting met een laag lichtniveau passend in de ambiance te realiseren. Voor de leesverlichting dient een flexibel en regelbaar armatuur aanwezig zijn, die vanuit het bed bedienbaar is.

Oriëntatieverlichting met een zeer laag lichtniveau (ca. 1 lux) en bij voorkeur laag aangebracht waarborgt veiligheid in de nacht. De lichtbron hiervan moet zo min mogelijk blauw licht bevatten teneinde de melatonine(slaaphormoon) toevoer in de nacht niet te stoppen.

Glazen (veranda)deuren in de buitengevel zijn de basis voor een zeer goede daglichttoetreding. Dit is van belang in geval van bedlegerigheid van een bewoner, het bed kan geplaatst worden aan de verandadeuren waardoor de bewoner voldoende licht krijgt en naar buiten kan kijken.

## **Badkamer**

De verlichting in badkamers moet gelijkmatig, schaduw- en verblindingvrij zijn. De verlichting moet een goede kleurweergave hebben om een zo natuurgetrouw mogelijk beeld op te leveren.

Ook voor deze ruimten geldt dat de verlichting in de avond- en nachturen zo weinig mogelijk blauw bevat in het licht, om te voorkomen dat de bewoner "te wakker" wordt.

Oriëntatieverlichting met een zeer laag lichtniveau (ca. 1 lux) is dan ook voldoende en waarborgt veiligheid in de nacht.

## **Gangen en trappen**

Op gangen en trappen moet een goede oriëntatie mogelijk zijn. Traptreden en deurgrepen moeten goed herkenbaar zijn. Een relatief hoog aandeel indirecte verlichting voorkomt storende schaduwvorming en reflectie op de vloer. Indien gangen tevens gebruikt worden als zithoek of verzamelplekken, moet de verlichting inherent aan de gebruiksvorm worden aangepast.

## **Oriëntatieverlichting in de nacht**

Voor de nachtsituatie is voor alle ruimten een oriëntatieverlichting zinvol. Dit is goed uitvoerbaar door toepassing van wandarmaturen net boven vloerniveau. Ook hier geldt dat een lichtbron moet worden toegepast die bij voorkeur over een zo laag mogelijke aandeel blauw beschikt.

Indien de oriëntatieverlichting door middel van bewegingsmelders wordt bediend moet er zorg voor worden gedragen dat deze langzaam binnen 20 seconden volop brandt. In die periode kan het oog wennen aan het lichtniveau. Voor het verplegend personeel moet wel voldoende lichtniveau aanwezig zijn.

### **Buitenzones**

De directe omgeving bij de ingang moet goed verlicht zijn. . Ten eerste zijn dan de toegangen makkelijker te zien en dat vergemakkelijkt de oriëntatie, ten tweede zorgt dit voor een betere aanpassing van het oog bij het betreden van het gebouw.

## **Appendix A. Bouwregelgeving**

Drs. Truus Hordijk / Ing. Jan Meutzner

### **A1. Algemeen**

#### **Maatregelen nieuwbouw:**

Bij gebouwontwerp, oriëntatie, gevel- en dakindeling en materiaalgebruik zijn er volop mogelijkheden om het gratis daglicht optimaal te benutten. Globaal kunnen alle daglichtmaatregelen worden ingedeeld in een aantal functionele aspecten:

- locatie op aarde: bepalend voor het aanbod van daglicht
- omgevingsfactoren: oriëntatie, omliggende bebouwing, beplanting
- gebouwvorm: in een compact vierkant gebouw kan daglicht maar in beperkte mate tot diep in het gebouw doordringen, terwijl een langgerekt gebouw die mogelijkheden wel geeft. Dit is echter tegenstrijdig aan de wens vanuit exploitatiekosten voor klimaatbeheersing, waar een compacte bouwvorm juist gewenst is
- lichtfunctie: eisen, bepalingen en wensen in relatie tot het type werk dat wordt verricht of het effect dat bereikt moet worden, verblinding, contrast
- daglichtsystemen: hulpmiddelen om de relatie tussen vertrek en daglicht te optimaliseren

Er kan pas sprake zijn van een optimaal gebruik van daglicht als er bij de bouw vanaf het allereerste begin van het ontwerp rekening is gehouden met alle aspecten die hierbij een rol spelen.

Dat betekent: vanaf de keuze van een locatie tot en met de inrichting van de ruimten.

Ook de publicatie “Daglicht in het ontwerp van utiliteitsgebouwen” volgt in grote lijnen bovenstaande indeling. De locatiekeuze en de functie van het gebouw moet door het ontwerpsteam in een zeer vroegtijdig stadium worden vastgesteld. In het vervolgtraject gaat de publicatie uit van vier niveaus waarop de uitgangspunten met betrekking tot het gebruik van daglicht verder in detail moeten worden uitgewerkt:

- gebouw
- vertrek
- raam
- daglichtsysteem

## Maatregelen bestaande bouw

Bovenstaande impliceert dat voor de bestaande gebouwen slechts beperkte mogelijkheden aanwezig zijn om het gebruik van daglicht te optimaliseren.

Natuurlijke momenten voor aanpassingen zijn groot onderhoud, renovatie of verbouwing. Dat zijn ook de momenten waarop energiebesparende maatregelen worden getroffen, zo blijkt eveneens uit de Energiebesparingsmonitor.

Maar die maatregelen beperken zich tot op heden tot het vervangen van kunstlichtsystemen (veelal meer hoogfrequent verlichting en halogeenlampen). Terwijl juist bouwkundige ingrepen verrassende resultaten kunnen opleveren, bijvoorbeeld op basis van omgevingsfactoren (begroeiing, licht gekleurde stedenbouwkundige materialen), lichtopeningen, interieur en daglichtsystemen.

## A.2. Juridische aspecten

### Arbeidsomstandighedenbesluit (AoB)

Het AoB stelt:

In een uitwendige scheidingsconstructie van een besloten ruimte waar overdag door iemand gemiddeld meer dan twee uur arbeid wordt verricht, zijn doorzichtige lichtopeningen aangebracht waardoor daglicht kan toetreden. Het gezamenlijk oppervlak van de lichtopeningen bedraagt ten minste 1/20 van het vloeroppervlak van de ruimte.

Werken uw werknemers meer dan twee uur per dag op dezelfde werkplek? Dan moet op minstens 5% van het vloeroppervlak daglicht schijnen. Er is geen uitzichteis opgenomen.

### Bouwbesluit

Het bouwbesluit (op grond van de woningwet) stelt eisen aan daglicht, maar ook aan uitzicht vanaf de werkplek. Deze eisen gelden voor “niet tot bewoning bestemde gebouwen”, dus voor kantoren en dergelijke. Het bouwbesluit vereist dat er voldoende daglicht binnenkomt en dat mensen naar buiten kunnen kijken (art.3.134 – 3.136).



Gebruiksfunctie	Grenswaarden	
Artikel	Daglichtoppervlakte 3.134	
1. Woonfunctie	%	m <sup>2</sup>
a. woonfunctie van een woonwagen	8	0,5
b. andere woonfunctie	10	0,5
2. Bijeenkomstfunctie		
a. bijeenkomstfunctie voor kinderopvang		
1 ruimte voor speelactiviteiten	5	0,5
2 andere ruimte	-	-
b. andere bijeenkomstfunctie	-	-
3. Celfunctie		
1 ruimte voor dag- en nachtverblijf	3	0,15
2 andere ruimte	-	-
4. Gezondheidszorgfunctie		
1 ruimte voor aan bed gebonden patiënten	5	0,5
2 andere ruimte	-	-
5. Industriefunctie	-	-
6. Kantoorfunctie	2,5	0,5
7. Logiesfunctie	7	0,35
8. Onderwijsfunctie	5	0,5
9. Sportfunctie	-	-
10. Winkelfunctie	-	-
11. Overige gebruiksfunctie	-	-
12. Bouwwerk geen gebouw zijnde	-	-

Sinds het Bouwbesluit 2003 valt 'daglichtopeningen' onder het hoofdstuk 'Voorschriften uit het oogpunt van gezondheid'.

In dat hoofdstuk is voor een aantal kwaliteitsaspecten van het binnenmilieu een wettelijk niveau voorgeschreven, waaronder de mogelijkheid van daglichttoetreding tot gebouwen.

Daarmee is het risico op 'ongezonde' gebouwen enigszins ingeperkt.

Het bouwbesluit verwijst voor wat betreft het gebruik van daglicht naar de Nederlandse norm NEN 2057 (Daglichtopeningen van gebouwen – Bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte van een ruimte). Zie volgende paragraaf.

### A.3 NEN 2057, Daglichtopeningen

De daglichttoetreding in woningen en woongebouwen vormt reeds lang onderwerp van normalisatie. Reeds in 1953 verscheen de voornorm V 1069, die tot 1991 gepraktiseerd werd.

Om de volgende redenen is de behoefte aan een nieuwe norm ontstaan:

- de in V 1069 omschreven berekenings- of bepalingsmethode voor de daglichtparameters blijkt te gecompliceerd te zijn voor toepassing op grote schaal;
- de in voorbereiding zijnde wijzigingen in de bouwregelgeving maken het gewenst te beschikken over een bepalingsmethode voor de afmetingen van ramen, die eenvoudig

hanteerbaar is en voor alle typen gebouwen kan worden toegepast, ongeacht de indeling, de oriëntatie en de situering.

Ter voorbereiding van een nieuwe norm is in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Volkshuisvesting onderzoek verricht naar de waardering door de bewoners van de hoeveelheid daglicht in verblijfsruimten van woningen, alsmede modelonderzoek.

In het kader daarvan is een eenvoudige grootheid ontwikkeld, die als maat voor de daglichttoetreding kan worden gehanteerd. Deze grootheid is in essentie de verhouding tussen het raamoppervlakte en de vloeroppervlakte van de ruimte. Het raamoppervlakte moet echter gecorrigeerd worden voor de aanwezigheid van lichtbelemmerende obstakels, hetgeen resulteert in een "equivalente daglichtoppervlakte".

Voor een verantwoord gebruik van de equivalente daglichtoppervlakte is het gewenst dat de bouwwereld kan beschikken over een goed omschreven bepalingsmethode.

Wanneer evenwel alle correctietermen, die lichttechnisch van belang zijn, in de bepalingsmethode worden opgenomen, ontstaat een methode die voor de dagelijkse praktijk van het bouwtoezicht te uitgebreid kan zijn.

Het in deze norm beschreven systeem is enigszins verkort zodat een werkwijze ontstaat die een benadering is en voor alle typen gebouwen en alle soorten daglichtopeningen, zowel in de gebouwschil als in de inwendige scheidingsconstructie, kan worden toegepast.

De methode houdt rekening met de voornaamste parameters die van belang zijn voor de effectiviteit van een daglichtopening uit het oogpunt van daglichttoetreding.

Deze parameters zijn:

- de hoogte van de onderkant van de daglichtopening boven het vloerniveau;
- de belemmeringshoek ten gevolge van belemmeringen, binnen een bepaalde zichthoek;
- de belemmeringshoek ten gevolge van overstekken;
- de hellingshoek die de daglichtopening maakt met het horizontale vlak;
- de lichttoetredingsfactor;
- de lichtdoorlatendheid van de buitenste gebouwschil, in geval de daglichtopening zich in een inwendige scheidingsconstructie bevindt.

#### **A.4 Werkplekverlichting NEN-EN 12464-1**

Binnen deze norm wordt per werkplek de verblinding en verlichtingsterkte per te verrichten werktaak omschreven. Deze is in mindere mate voor woonomgevingen van toepassing.

##### **Belichting van woonruimten**

De belichting van woonruimten door daglicht is gewaarborgd indien de daglichtquotiënt op een horizontale lijn, gemeten op een hoogte van 0,85 m boven vloerniveau uitgaand van de helft van de diepte van de ruimte en op 1 m afstand van de beide zijwanden gemiddeld tussen 0,75 % en 0,9 % is. In woonruimten met ramen aan twee aan elkaar grenzende wanden moet de daglichtquotiënt op het ongunstigste punt minimaal 1 % zijn.

##### **Verlichtingsterkte**

Vanwege de dagelijks en per seizoen wisselende daglichtniveau buiten als gevolg van de astronomische en meteorologische uitgangspunten kunnen niet altijd toereikende verlichtingsterktes conform NEN-EN 12464-1 op de werkvlakken worden bereikt.

Wel moet er rekening worden gehouden dat de verlichting van binnenruimten door middel van daglicht zich onderscheidt met die van kunstmatige verlichting. Dit leidt tot verschillende uitwerkingen van de uitgangspunten voor belichting tussen dag- en kunstlicht. Voor daglicht- hetgeen verticaal door de ramen de ruimte binnenkomt- geldt, dat de verlichtingssterkte toereikend is, indien op de ongunstigste werkplek minimaal een niveau van 0,6 van de in NEN-EN 12464-1 genoemde verlichtingssterkte bedraagt. Voor kunstmatige verlichting geldt de verlichtingssterkte omschreven.

## A.5 Aanvullende eisen

### **Beperking van de verblinding**

De kwaliteit van een daglichtbelichting in binnenruimten wordt naast de verlichtingssterkte op de werkplek beoordeeld op het beperken van de verblinding door raamvlakken.

Elke ruimte met daglichtvoorzieningen, die een directe zoninstraling heeft, moet worden beschermd tegen mogelijke verblinding (zoals zoninstraling, bewolkte lucht, gereflecteerde vlakken of spiegelingen van externe glasvlakken).

### **Bezonning**

Ten behoeve van woonruimten is een minimummaat, voor bezonning een belangrijk kwaliteitskenmerk, aangezien bezonning een positieve bijdrage levert met betrekking tot gezondheid en het welbevinden van de mens.

Een ruimte heeft een goede bezonning, wanneer de zonnestrallen bij een zonhoogte van tenminste 6 graden de ruimte bereiken. Daarnaast is de invalshoek van de zijwand (met betrekking tot het gevelvlak) betrokken, die ontstaat uit de breedte van het raam in relatie tot de dikte van de wand. Als referentie geldt een punt voor het midden van het raam op 0,85 m hoogte boven de vloer van de horizontale van de gevel. De bezonning van een gebouwvoorsprong bv. een erker, heeft geen betrekking tot de bezonning van een woning. Een ruimte is toereikend voorzien van bezonning, wanneer de bezonning op 17 januari tenminste 1 uur bedraagt.

### **Zonwering**

Zonwering is toe te passen om een storende beïnvloeding van oververhitting van ruimten tijdens de warme maanden en verblinding van personen te voorkomen. Zonwering zou individueel bedienbaar moeten zijn. Een periodieke beperking van de zichtverbinding naar buiten is acceptabel. Vaste zonwering- ook bij individueel bedienbare maximale opening – en daglicht stuur systemen mogen de zichtverbinding naar buiten niet te lang beperken.

De opwarming van binnenruimten is het resultaat van absorptie van de globale zoninstraling op objecten en scheidingsvlakken van ruimten. De geabsorbeerde straling wordt omgezet in langgolvlige infrarood straling. Deze is voor elke beglazing nagenoeg ondoorlaatbaar. Hierdoor ontstaat in de zomermaanden en niet gewenste verwarming van de ruimte. Afhankelijk van de regio, het gekozen zonwerende glasvlak, de raam- en gevelopbouw en de wijze van ventileren moeten speciale zonweringen worden gekozen.

Voor afscherming van zoninstraling naar binnenruimten kunnen ook bouwkundige elementen boven de raamvlakken (bv. overstek, daklijnen of balkon) worden toegepast.

Zonwerende beglazing kan eveneens de instraling van direct zonlicht beperken maar reduceert vanwege de geringere transmissiegraad de hoeveelheid daglicht en daarmee het gebruiksrendement van de visuele taak.

## Appendix B: Daglicht gerelateerd raamontwerp en biologische werking

Prof.Dr.-Ing. Helmut F.O. Müller

### B. 1 Inleiding

De inwerking van het licht op het dagelijkse ritme (circadiaan) van het menselijke organisme (ook biologisch ritme genoemd) wordt vanuit de evolutie door daglicht bepaald.

Uitgaand van het feit dat de huiskamers door oudere mensen voornamelijk overdag worden gebruikt ligt het voor de hand de verlichting op basis van daglicht te realiseren. Een uitvoering van de verlichting op basis van kunstmatig licht zou ook mogelijk kunnen zijn maar is technisch, energetisch en economisch duur.

Aangezien daglicht een hoger lichtniveau heeft is een circadiaanse reactie op de mens gewaarborgd en voldoet men aan architectonische uitgangspunten die in de huidige situatie enkel zijn afgestemd op de uitvoering van de visuele taak. De volgens bouwnormering eenzijdig per ruimte bemeten ramen zorgen alleen in de nabijheid van deze tot een voldoende lichtniveau maar geven onvoldoende licht in de diepte van de ruimte.

Een verbetering kan worden bereikt door twee of meerszijdige plaatsing van ramen in ruimten en hogere ruimten voorzien van hogere ramen of daklichten. Zijn deze voorzieningen niet realiseerbaar door bijvoorbeeld bestaande bouw, dan kunnen lichtsturende systemen op de ramen tot verbeteringen leiden.

De keuze en uitvoering van de mogelijke oplossingen zijn afhankelijk van het plaatselijke bestemmingsplan (bv. nieuwbouw in een bestaande omgeving), de oriëntatie van de ramen en de conditie van de buitenlucht (bedekt tot en met helder).

### B. 2 Bewolkte situatie

Uitgaand van het feit dat de bewolkte situatie in onze breedte- en lengtegraad overheersend is oriënteert het daglichtontwerp zich aan deze situatie. De buitenverlichting wisselt afhankelijk van de dag- en seizoenperiode in intensiteit (maximale verlichtingsterkte 19.000 lux, gemiddeld 10.000 lux) Het gekozen maat voor de bepaling van de daglichtverlichting is de daglichtquotiënt (D), dat is de verhouding tussen de verlichtingsterkte in de ruimte ten opzichte van de buitenverlichtingsterkte. Voor woningen is een D van minimaal 0,9 % vereist terwijl de aan te bevelen waardering voor woon- en werkruimten op ca. 5 % ligt. Bij een gemiddelde buitenverlichtingsterkte van 10.000 lux wordt dus bij een D = 5 % een verlichtingsterkte binnen van 500 lux bereikt.

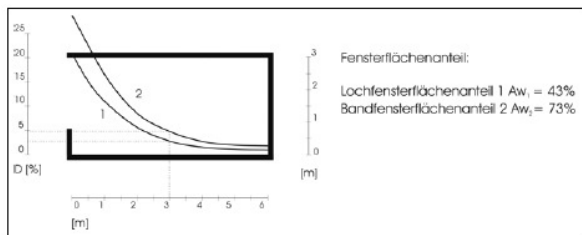
Een aan te bevelen waarde met betrekking tot een circadianse uitwerking op het menselijk lichaam is ca. 1.000 lux of zelfs meer (verticaal op de pupil), hetgeen een D van minimaal 10 % vraagt.

Naast de eerder geformuleerde efficiënte verbeteringsmogelijkheden door hoogte van de ruimte en ramen, ramen aan meerdere buitenwanden en daklichten (zie afbeeldingen 17 - 20) kunnen ook daglichtstuursystemen gebaseerd op de verplaatsing van diffuus daglicht worden toegepast.

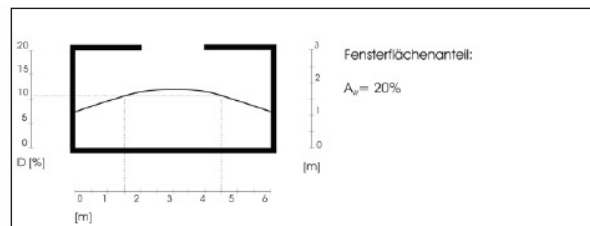
Ervan uitgaande dat de helderheid van een gelijkmatig bewolkte hemel in het zenit circa 3 keer zo groot is dan die aan de horizon is het aan te bevelen met een lichtsturing te werken vanuit het zenit in de diepte van de ruimte.

Mogelijke oplossingen zijn prismaglazzen of lichtplanken, die een gelijkmatige lichtverdeling in de diepte van de ruimte bewerkstelligen. In afbeelding 20 is een voorbeeld te zien van een opale lichtplank met een reflecterend oppervlak hetgeen de ruimteverlichting bij een bewolkte lucht

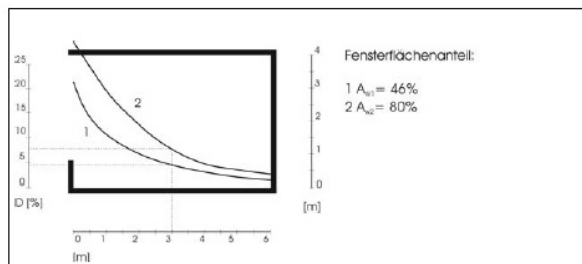
eerder verslechtert en enkel bij heldere lucht verbetert. Vanwege het geringe aanbod van daglicht tijdens een bewolkte lucht hebben ook efficiëntere stuursystemen alleen een beperkt rendement.



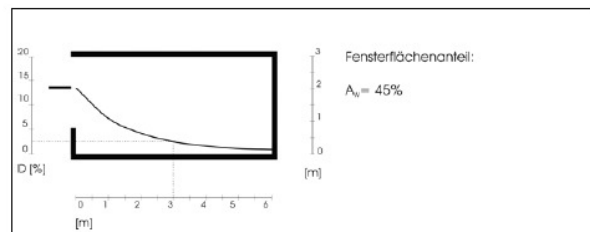
Afbeelding 17: daglichtquotiënt  $D$  bij standaard raamopeningen



Afbeelding 18: daglichtquotiënt  $D$  bij toepassing van daklichten



Afbeelding 19: daglichtquotiënt  $D$  bij een hogere ruimtehoogte



Afbeelding 20: daglichtquotiënt  $D$  bij toepassing van en lichtplank, hetgeen enkel bij heldere lucht een verbetering oplevert.

### B. 3 Onbewolkte lucht

Bij een onbewolkte lucht zijn vanwege de hogere buitenverlichtingsterkte (15.000 tot 100.000 lux) lichtniveaus in binnenruimte te realiseren die wel voldoen aan de circadianse uitwerkingen op de mens. Anderzijds ontstaat door de directe zonstraling een hoge oppervlaktehelderheid waardoor in de warme jaarperioden zonwering toegepast moet worden om verhitting van ruimten te voorkomen. Deze voorzieningen werken op basis van beschaduwing en hebben als nadeel dat de lichthoeveelheid in de ruimte terugloopt. Hierdoor verdwijnt ook de biologische werking van het daglicht op het lichaam en het basisniveau voor verlichten van werkplekken.

Om het dilemma te voorkomen, dat alhoewel een hoog daglichtaanbod het lichtniveau in de ruimte te laag is en zelfs kunstmatige verlichting bij geschakeld moet worden, zijn gecombineerde daglicht- en zonweringsystemen ontwikkeld. Deze waarborgen bij een heldere lucht zowel een hoog lichtniveau als ook een effectieve bescherming tegen zoninstraling en verblinding.

Er staan 3 principes ter beschikking:

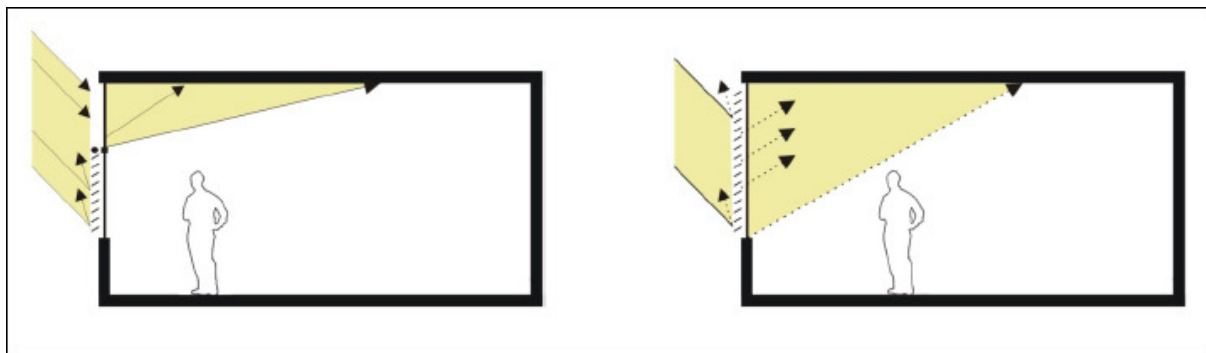
1. Lichtstrooiende beschaduwing in vorm van een markiezen of gordijn, waarbij aan de buitenkant van het gebouw extra maatregelen moeten worden genomen om verhitting van de ruimte te voorkomen. Er kan wel verblinding door te hoge luminanties optreden;
2. Doorlaat van diffuus licht en afscherming van directe zonstraling (bv. prisma- of spiegellamellen systemen);
3. Gedoseerde doorlaat en verblindingvrije sturing van direct zonlicht.



Metingen in verschillende gebouwen hebben aangetoond, dat alleen de laatstgenoemde systemen met een directe sturing een zekere efficiency bereikt.

## B. 4 Beschaduwingsystemen met zonlichtsturing

Om de richting van direct daglicht bij binnenkomst in een ruimte te kunnen veranderen speelt voor de ruimtelijke verdeling de gevelstructuur (daglichtopening) een belangrijke rol. De voorziening welke de richtingsverandering tot stand moet brengen dient zowel verblinding te voorkomen alsook het licht gelijkmatig horizontaal en verticaal te verdelen. Vaak wordt het systeem, om verblinding te voorkomen in een relatief kleine raamzone op ooghoogte geplaatst. Wordt een groter stuurvlak onder ooghoogte gebruikt dan moet de lichtsturing een kleine, verblindingvrije lichthoeveelheid betreffen of moet steil naar boven worden gericht. De technische uitvoering is realiseerbaar door jaloeziesystemen en door lichtsturende beglazing.



*Afbeelding 21: Plaatsing van lichtsturende systemen aan de bovenkant of het geheel glasoppervlak*

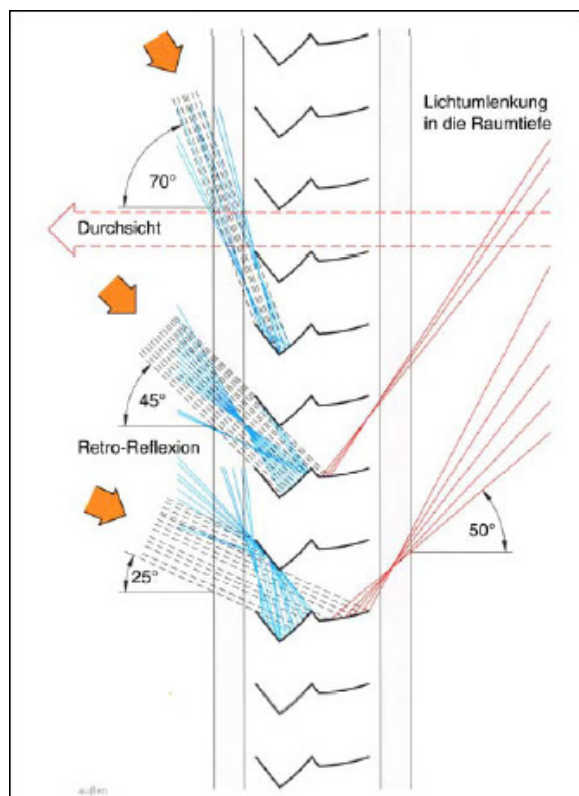
De eenvoudigste oplossingen zijn jaloezieën, die in het bovendeel in een lichtsturende positie staan c.q. gezet worden, terwijl het onderste deel naar keuze kan worden gedraaid of compleet kan worden gesloten.

Een complexere oplossing is het bovenste lamellendeel door een tweede besturingsmogelijkheid de beweging van de zon te laten volgen en in de beste stand qua lichtsturing te brengen (afbeelding 21). De lichtsturende lamellen met bijzondere profielen worden over het geheel glasvlak aangebracht om een deel van het zonlicht in de diepte van de ruimte te verplaatsten, terwijl het andere deel naar buiten wordt gereflecteerd.

Om verblinding te voorkomen moeten deze jaloezieën continu de actuele zonstand volgen. Om reflectie door vervuiling van het spiegelende lamel oppervlak te voorkomen worden deze systemen in het dubbele glas van de ramen geplaatst. Om een het effect van de zonwering niet te verlagen is het aan te bevelen een combinatie toe te passen met geselecteerd zonwerend glas (dat betekent een grote lichttransmissie en een kleine energiedoorlaat graad).

Vaste lichtsturende beglazing kan het licht vanuit alle zonposities zonder besturing verblindingvrij in een ruimte verplaatsen. Deze worden vanwege hun hoge efficiency in kleine vlakken aan de bovenzijde van de ramen geplaatst. De daaronder liggende glasvlakken kunnen dan met verschillende beschaduwingsystemen (jaloezie, markiezen) worden gecompleteerd.

De richtingsverandering van het zonlicht geschiedt verticaal (tegen een reflecterend plafond en in de diepte van de ruimte) en horizontaal (parallel in richting van de wanden), waarbij een geringe verstrooiing ter voorkoming van een harde slagschaduw plaatsvindt.



*Afbeelding 22: Voorbeeld van een jaloezie met spiegellamellen als zonwering en lichtsturing in een dubbelglazen ruit*

## B. 5 Conclusie

Samenvattend kan worden gezegd, dat in woonruimten voor oudere mensen een circadiaan werkzame verlichting door daglicht is aan te bevelen.

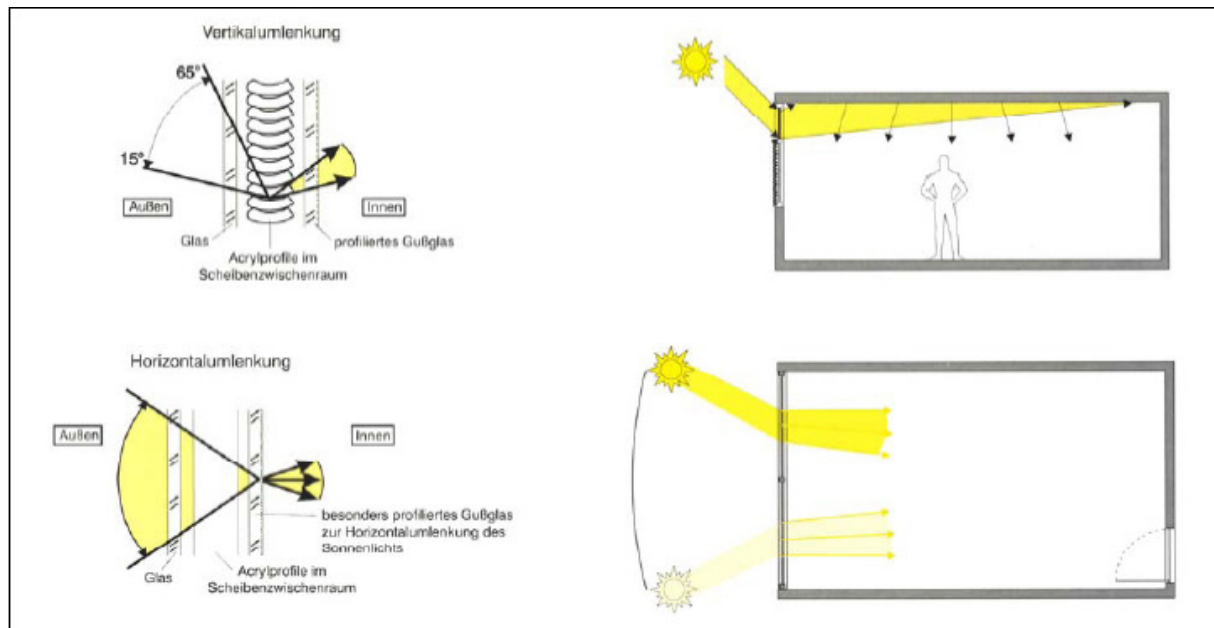
De vereiste daglichtquotiënt in het midden van de ruimte is dan 10 %. Wezenlijke ontwerpcriteria ten behoeve van een goede diepe belichting van ruimten is gebaseerd op de architectuur van de ruimtehoogte, venstergrootte en plek van het raam in de gevel. Daklichten of ramen aan meerdere gevelkanten, het liefst in dezelfde geometrie en afstand van de onderkant plafond, leiden tot goede resultaten.

Dit advies geldt vooral voor de bewolkte situatie, waarbij de minimale eisen van daglichtontwerpen zijn gebaseerd, die wel jammer genoeg niet tot circadiane resultaten leiden.

Indien een heldere lucht aanwezig is moeten maatregelen worden genomen om verblinding en verhitting in de ruimten te voorkomen maar die degelijk ertoe leiden dat een deel van het daglicht in

de diepte van de ruimte wordt verplaatst.

De toepassing van gecombineerde zonwering- daglicht stuur systemen is nodig en dan in samenhang met een goede architectonische uitwerking van de gevelstructuur.



Afbeelding 23: Lichtsturende beglazing in het bovenste raambereik met verticale en horizontale zonlicht verplaatsing in richting plafond en zonlichtverbreding zonder bewegende delen.



Afbeelding 24: Ramen met lichtsturende beglazing in het bovenste deel (Lumitop) en zonverblindingwering in het onderste bereik (jaloezie tussen het dubbele glas) Zonwering compleet gesloten.



Afbeelding 25: Hetzelfde systeem als in afbeelding 24, zonwering is deels gesloten (Cut-off-hoek met doorkijkmogelijkheid bij beschadwing door directe straling).

## Appendix C: Zonwering- en helderheid begrenzingssystemen

Dipl.-Ing. Clemens Schäfers

### C. 1 Inleiding

Grote glas- en raamvlakken karakteriseren de architectuur van de 20<sup>e</sup> eeuw. Deze vlakken bieden het voordeel veel daglicht naar de binnenruimte te kunnen doordringen. Hierdoor ontstaat wel het gevaar dat er verblinding ontstaat en de ruimten overmatig worden opgewarmd.

Hierdoor is een grotere vraag ontstaan het binnenkomende daglicht te regelen om het binnenklimaat beter te kunnen beheersen. Voor alle ruimten, welke door directe zonstraling kunnen worden bereikt moeten zonweringmaatregelen worden getroffen. Hiervoor zijn legio mogelijkheden vanaf buiten- en binnen te plaatsen lamellen- en doek systemen tot complete daglichtsystemen met daglichtsturing.

Daglicht stuursystemen beïnvloeden het thermisch comfort en dus het ruimteklimaat doordat zij solaire *Afbeelding 26: Zonwering met* lichttoetreding reguleren. In gebouwen voorzien van *buitenliggende lamellen.* koeling kan hierdoor de energie efficiency worden verbeterd.

Welk systeem ook wordt toegepast, belangrijk is de directe zoninstraling in binnenruimten voor een goede verlichting te waarborgen.

### C. 2 Aanbevelingen aan architecten en lichtontwerpers

De eisen voor zonwering zijn breder en serieuzer geworden. Daarom is het al in de voorontwerpfase van belang over gedetailleerde productinformatie te beschikken. Een goede zonwering vervult meerdere functies gelijktijdig.

Daglichtontwerpen (daglicht simulatie) moeten het liefst al in de planningsfase, dus nog voor het voorontwerp, in het ontwerpconcept van een gebouw worden overwogen. In het voorontwerp moet door alle bouwpartners en disciplines rekening worden gehouden met de mogelijkheid voor toepassing van daglichtsystemen. Hierdoor kan bijvoorbeeld een airconditionering overbodig worden of kan een koelmachine met een geringer elektrisch vermogen worden toegepast. De zonwering moet inherent aan de wisselende buitenomstandigheden zodanig functioneren dat voor de gebruiker een maximale behaaglijkheid ontstaat en een minimum aan elektrisch en thermisch energieverbruik aan de orde is.



Het resultaat van een goed daglichtontwerp is optimaal verlichte binnenruimten. Een belangrijk secundaire effect is hierbij de reductie van het energieverbruik van de kunstmatige verlichting.

### C. 3 Zonweringvoorzieningen

Klassieke zonweringvoorzieningen kunnen aan de buitenzijde maar ook aan de binnenzijde van ramen worden toegepast. Daarnaast bestaan er systemen, die tussen de glasvlakken worden geplaatst.

#### **Buitenzonwering**

Buitenzonwering (markiezen of jaloezieën) veroorzaken een slagschaduw waardoor de zoninstraling reeds voor het raam wordt geweerd. Hierdoor leveren deze systemen een hoger rendement op ten aanzien van warmtestraling naar binnenruimten als binnen liggende systemen.

Het openen van ramen is daarbij zonder problemen goed realiseerbaar.

Bij de toepassing van markiezen of doekzonweringen wordt wel de zichtverbinding naar buiten beperkt. De keuze voor toepassing van buitenzonwering zou al tijdens de bouwkundige voorontwerpen van gebouwen worden genomen.

#### **Binnenzonwering**

Door toepassing van binnenzonwering (rolgordijnen, lamellen) en de daaraan gekoppelde thermische en visuele materiaaleigenschappen kan men de zoninstraling reduceren en een sfeervol licht in combinatie met een plezierige ruimtesfeer creëren.

De warmtetoetreding in de ruimte is wel groter dan bij buitenzonwering. Binnenzonwering kan ook na gereed komen van de bouw worden toegevoegd. Andere architectonisch gevormde raamvlakken (bv. trapeziumvormige en driehoekig gevormde raampartijen) vormen een probleem bij toepassing van zonweringsystemen.

Bij de keuze en functionaliteit van de systemen moet er op worden gelet dat de zichtverbinding met buiten ten dele worden gehandhaafd. Dit is bijvoorbeeld met schuin gedraaide lamellen (horizontaal respectievelijk verticaal) mogelijk (afbeelding 28 op volgende pagina).



*Afbeelding 28: Binnen geplaatste verticale lamellen*



*Afbeelding 29: Binnen geplaatste horizontale lamellen*



## C.4 Zonwering gecombineerd met daglichtsturing

De meeste toegepaste daglichtsystemen, die naast transmissie ook lichtsturing kan realiseren, bestaan uit binnen of buiten te plaatsen horizontale lamellenvlakken. De lamellen worden afhankelijk van de zonnestand automatisch aangepast en gecontroleerd bestuurd. Zo wordt de directe zonstraling en warmteontwikkeling (Cut-Off stelling) uitgesloten en gelijkmatig de ruimte met diffuus daglicht verzorgt (zie ook appendix B).

In twee delen bestuurbare systemen beschikken in het bovenste lamellendeel over lichtsturende elementen, die ervoor zorg dragen dat de ruimte toereikend wordt belicht. Het onderste lamellendeel werkt als zonwering en kan (individueel) worden gesloten.

Sommige lamellen laten enkel het zichtbare licht in de diepte van de ruimte binnen vallen. UV en IR-straling worden door de lamellen geabsorbeerd en als warmte afgegeven. Deze langgolvlige warmtestraling kan niet door de beglazing naar de binnenruimte toe.



*Afbeelding 30: tweedelig lamel systeem, waarbij het bovenste deel het diffuse licht in de diepte van de ruimte reflecteert.*

## C. 5 Centrale en decentrale zonwering besturingsystemen

Moderne zonwering- en daglicht stuursystemen als ook klimaatinstallaties worden geregeld door middel van centrale gebouwbesturingsystemen met als uitgangspunt een goed binnenklimaat in gebouwen te realiseren.

Rekening houdend met de huidige actuele eisen voor de gevels en de veelvuldige mogelijkheden voor zonwering in combinatie met een gebouwenbeheer systeem (GBS) moeten de systemen goed op elkaar worden afgestemd. Binnen een gebouwontwerp moeten alle functionaliteiten goed worden gecoördineerd met als uitgangspunt het gehele jaar een uitgewogen binnenklimaat te verkrijgen.

Zonwering, luchtbehandeling, verwarming, koeling en alle overige gebouwgebonden functies moeten integraal worden ontworpen om snel op de weersafhankelijke beïnvloeding van buitenaf te kunnen anticiperen. Door middel van een centraal bestuurd bus-systeem kunnen alle relevante functies worden bestuurd.

Afhankelijk hoe de gebruiker decentraal de zonwering bedient, kan deze de ruimte tegen verhitting beschermen en in het voorjaar en najaar een aanvulling op de warmtebalans vormen.

Voor de bediening van decentrale plaatselijke handmatig te bedienen elementen bestaan o.a.:

- Traditionele jaloezie schakelaar;
- Bus bestuurd jaloezie schakelaar;
- Afstandbediening door hand- of warmtezender respectievelijk meerkanaal-radiologisch bestuurd systemen;
- Radiobestuurde schakelklok;
- Bi-directionele radiobestuurde systemen;
- Multifunctionele bedieningsapparatuur t.b.v. verscheidene bus-systemen.

Alle producten moeten onderling volledig compatibel zijn en naar behoefde met elkaar te zijn te combineren.

## Appendix D Literatuur

- [1] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Demografischer Wandel in Deutschland - Bevölkerungs- Haushaltsentwicklung im Bund und in den Ländern, Ausgabe 2007
- [2] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Demografischer Wandel in Deutschland - Auswirkungen auf Krankenhausbehandlungen und Pflegebedürftige im Bund und in den Ländern, Ausgabe 2008
- [3] Schierz, Ch.: Licht für die ältere Bevölkerung - Physiologische Grundlagen und ihre Konsequenzen. Tagung Licht 2008 Ilmenau, Tagesband S.32-41
- [4] Bieske, K.; Dierbach, O.: Evaluation des Einsatzes von tageslichtähnlichem Kunstlicht in der gerontopsychiatrischen Pflege und Betreuung Hochbetagter. Tagung Licht und Gesundheit 23.-24.2.2006
- [5] Van Someren, E.J.; Kessler, A.; Mirmiran, M.; Swaab, D.F.: Indirect bright light improves Circadian rest-activity rhythm disturbances in demented patients. Biol. Psychiatry 1997 May 1;41 (9): 955-63.
- [6] Musterbauordnung (MBO) Fassung Nov.2002, Internet: <http://www.is-argebau.de/lbo/VTM100.pdf>
- [7] Klingenberg, H., Seidl, M.: Forderungen an Abstandflächen und Fenstern im Hinblick auf Kommunikation und Privatheit, Kurzbericht aus der Bauforschung Nr. 11/78 -153, S.857-862
- [8] Seidl, M., Freymuth, H.: Mindestabstände zwischen Gebäuden und Fenstergrößen für Ausreichende Tagesbeleuchtung, TU Berlin, 1978
- [9] DIN 5034-1: Tageslicht in Innenräumen - Allgemeine Anforderungen (1999)  
DIN 5034-3: Tageslicht in Innenräumen -Berechnung (2007)
- [10] IEA International Energy Agency: Daylight in Buildings, A Source Book on Daylighting and Systems and Components. A Report of IEA SHC Task 21, 2000
- [11] Müller, H.F.O., Emembolu, A., Oetzel, S., Schuster, H., Soyulu, I.: Sonnenschutz und Tageslicht in Büroräumen, in: Bauphysik-Kalender 2005; Hrsg. E. Cziesielski, Ernst & Sohn, Berlin
- [12] H. Müller, H. Schuster, C. Dittmar, M. Oetzel, S. Jellinghaus, J. Götttsche, A. Delahaye, K. Schwarzer: Abschlussbericht Verbundprojekt: Licht in Büroräumen
- [13] Köster, H.: Tageslichtdynamische Architektur - Grundlagen, Systeme, Projekte; Birkhäuser-Verlag, Basel/Berlin (2004)
- [14] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.): Tageslicht am Arbeitsplatz - leistungsfördernd und gesund. BGI/GUV-1 7007, Februar 2009
- [15] NEN EN 12464-1: Verlichting van werkplekken- deel 1 binnen

- [16] Licht + Farbe Wohnqualität für ältere Menschen, herausgegeben vom Kuratorium Deutsche Altershilfe ISBN 978-3-940054-12-8 zu beziehen bei <http://www.kda.de>
- [17] NEN 2057 versie 2010 Daglichtvoorzieningen in gebouwen

## Verdere informatie

**FiTLicht.NL** Stichting ter bevordering van daglicht/kunstlichtgebruik in binnenruimten  
[www.fitlicht.nl](http://www.fitlicht.nl)

**NSVV** Nederlandse Stichting Voor Verlichtingskunde [www.NSVV.nl](http://www.NSVV.nl)

**SLD** Stichting ter bevordering daglicht in architectuur [www.livingdaylights.nl](http://www.livingdaylights.nl)