

## Licht für Senioren

Leitlinien zur tageslichtorientierten Innenraum-Beleuchtung  
von Wohnungen für ältere Menschen



FiTLicht e. V.

Fördergemeinschaft Innovative Tageslichtnutzung  
2009



---

## **Licht für Senioren**

Leitlinien zur tageslichtorientierten Innenraum-Beleuchtung  
von Wohnungen und Heimen für ältere Menschen

---

FiTLicht e. V.

Fördergemeinschaft Innovative Tageslichtnutzung

2009

Dipl.-Ing. Wolfgang Cornelius

Prof. Dr.-Ing. Helmut F. O. Müller

Dipl.-Ing. Clemens Schäfers

Dr.-Ing. Cornelia Vandahl

Dipl.-Ing. Günther Volz

# Inhalt

Editorial.....	3
Vorwort .....	4
Ältere Menschen haben einen höheren Lichtbedarf.....	4
Licht nicht nur zum Sehen – Die biologische Wirkung des Lichtes.....	4
Demenzkranke stellen besondere Anforderungen .....	5
Geltende Regeln.....	5
Beleuchtungs- und Gestaltungsprinzipien .....	6
Gebäude- und Raumplanung .....	8
Sonnen- und Blendschutzsysteme .....	13
Praktische Realisierung .....	13
Anhang A: Geltende Regeln.....	15
Anhang B: Tageslichtgerechte Fenstergestaltung und biologische Wirkung.....	19
Anhang C: Sonnen- und Blendschutzsysteme .....	24
Literatur.....	27
Weiterführende Informationen .....	27

## **Bildnachweis:**

Titelbild: Seniorenheim St. Stephanus, Hamm-Heessen

Bild 2, 8, 14, 15: Köster AG, Osnabrück

Bild 3: VWW Veranda GmbH, Weimar

Bild 4, 9: Haus Ruhrgarten – Ev. Altenhilfe Mülheim an der Ruhr gemeinnützige GmbH

Bild 11: Seniorenheim Tannroda

Bilder 12 und 13: FVLR Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e. V., Detmold

Bilder 14, 26-30: WAREMA Renkhoff GmbH, Marktheidenfeld

Bilder 24 und 25: Hans-Georg Esch, Hennef, Copyright: Deilmann Koch Architekten Stadtplaner.  
Objekt: Spherion, Düsseldorf.

Barrierefreiheit ist Grundlage für selbstbestimmtes Leben jeden Alters. Aus humanitären, sozialen und wirtschaftlichen Gründen muss der Verbleib älterer und behinderter Menschen in ihrem gewohnten Umfeld ermöglicht werden, die Nutzung ihrer Lebensräume erleichtert und ihre Selbstständigkeit erhalten bleiben. Volkswirtschaftlich zwingend notwendig sind Lösungen zur wirksamen Kostendämpfung, bei Erhalt gewohnter menschlicher Lebensqualität.

Gute Beleuchtung ist ein wesentlicher Faktor für das menschliche Wohlbefinden. Tageslicht übt eine besonders positive Wirkung auf die Gesundheit aus. Schlechte Lichtverhältnisse führen zu frühzeitigen Ermüdungserscheinungen durch Überanstrengung von Augen und Gehirn. Licht beeinflusst Menschen psychisch und physisch, was durch wissenschaftliche Erkenntnisse erwiesen ist. Die Dynamik des Tageslichtes wirkt anregend. Tageslichtsysteme in der Fassade und in Dächern verbinden die Innenwelt mit der Außenwelt und lassen an der Stimmung im Freien durch Tages- und Jahreszeit, Himmelszustand, Sonne und Wolken teilnehmen. Ebenso wird die Forderung nach effizienter Beleuchtung mit niedrigem Energiebedarf immer wichtiger. Innovative Lichttechnik zur tageslichtorientierten Raumbelichtung kann zu diesen Zielen einen wertvollen Beitrag leisten.

Tageslicht und künstliche Beleuchtung sind ein integraler Bestandteil der Architektur. Bei gesamtheitlicher Betrachtung mit den energetischen Aspekten zeigen sich übergreifende Zusammenhänge und die Notwendigkeit zur Optimierung. Eine frühzeitige Zusammenarbeit von Architekten und Ingenieuren bei der Planung ist daher notwendig.

Planungshilfen mit Qualitätsstandards können beschleunigend auf die Bereitstellung der erforderlichen technischen Ausstattung in Wohnungen und Heimen für Unterbringung, Betreuung und Pflege von Senioren und Behinderten wirken. Das bezieht sich auch auf die Modernisierung des Gebäudebestandes, dessen Nutzung für ältere Menschen und Menschen mit Behinderungen zum Problem werden kann. Durch kleine bauliche und technische Veränderungen können Wohnungen und Heime jedoch häufig auf die neuen Bedürfnisse ihrer Bewohner angepasst werden.

Der Leitfaden wurde durch ein fachübergreifendes Expertenteam geschaffen, um Bauherren, Investoren, Institutionen und sozialen Diensten, Archi-

tektekn, Ingenieuren, Handwerkern, Betreibern und Nutzern Lösungen im Bereich der Lichttechnik für Neubau und Modernisierung des Gebäudebestands an die Hand zu geben. Der Leitfaden will auch Impulse für Weiterentwicklungen und Forschungsarbeiten bezüglich der Verbesserung von Komponenten und Systemen für die Tageslichtnutzung, ihr Zusammenwirken mit effizienter künstlicher Beleuchtung sowie der Steuer- und Regeltechnik und Anbindung an die Gebäudeautomation geben.

Mit diesem Leitfaden will die FiTLicht – Fördergemeinschaft innovative Tageslichtnutzung e.V. aus Verpflichtung für die betroffenen Menschen und unsere nachfolgenden Generationen einen Beitrag zum übergeordneten Ziel der Lebensqualitäts-Verbesserung und den existentiell wichtigen Aufgaben unserer Gesellschaft leisten..

Neben den Mitarbeitern des früheren Fachausschusses Tageslicht der LiTG e.V. in der Vorbereitungsphase sei auf diesem Wege besonders allen ehrenamtlichen Mitarbeitern an der Erstellung des Leitfadens gedankt.



Günther Volz  
Beratender Ingenieur • VBI • VDI • VDE • LiTG

Vorsitzender FiTLicht  
Fördergemeinschaft innovative  
Tageslichtnutzung e.V.

## Vorwort

Der Anteil der älteren Bevölkerung erhöht sich stetig. Im Jahr 2005 betrug der Anteil der über 65jährigen 19 % der Gesamtbevölkerung in Deutschland. Im Jahr 2030 wird der Anteil auf 29% gestiegen sein [1]. Nach [2] ist zu erwarten, dass der Anteil der Pflegebedürftigen, die in Heimen untergebracht sind, in den nächsten Jahren ebenfalls steigen wird.

Ältere Menschen stellen spezielle Anforderungen an die Beleuchtung, die durch altersbedingte Beeinträchtigungen entstehen. Weiterhin erhöht sich

die Wahrscheinlichkeit verschiedenster Krankheitsbilder, wie Augenkrankheiten oder Demenz. Studien haben gezeigt, dass die Verbesserung der Beleuchtung zu einer höheren Lebensqualität führen kann, da durch Licht positive Wirkungen auf verschiedene Lebensbereiche erzielt werden können.

Richtlinien und Normen für die Lichtplanung berücksichtigen bisher nur sehr ungenügend die Bedürfnisse älterer Menschen. Ein erster Schritt soll mit dieser Schrift getan werden.

## Ältere Menschen haben einen höheren Lichtbedarf

Das menschliche Sehsystem verändert sich im Laufe des Lebens. Das „junge“ Auge existiert bis zu einem Alter von etwa 40 Jahren. Danach treten merkliche Verschlechterungen der Sehleistung auf [3].

Es verringern sich der Pupillendurchmesser und die Lichtdurchlässigkeit der Augenlinse, so dass weniger Licht ins Auge fallen kann. Die Augenmedien trüben sich ein, was zu einer Streuung des Lichtes führt. Die Folgen sind Reduzierung der Sehschärfe und der Kontrastempfindlichkeit sowie eine erhöhte Blendempfindlichkeit. Ältere Menschen benötigen bis zu doppelt so viel Licht wie junge Menschen.

Die Verringerung der Elastizität der Pupille führt zu einer verminderten Anpassfähigkeit an wechselnde Helligkeiten. Die Adaptation an eine neue Lichtsituation dauert deutlich länger.

Die Reduktion der Lichtdurchlässigkeit erfolgt vor allem im blauen Spektralbereich, was eine Einschränkung der Farbwahrnehmung zur Folge hat.

Alle die genannten Parameter führen dazu, dass für Altenheime eine spezielle Lichtplanung erforderlich ist. In den Anforderungen an die Beleuchtung müssen die Gegebenheiten des gealterten Auges besondere Berücksichtigung finden. Das gilt insbesondere für Beleuchtungsniveau, Blendungsbegrenzung und Farbwiedergabe.

## Licht nicht nur zum Sehen – Die biologische Wirkung des Lichtes

Neben der visuellen Funktion hat das Auge eine biologische Funktion. Über spezielle Rezeptoren im Auge wirkt Licht als der wichtigste Zeitgeber für unsere innere Uhr. Dieses so genannte circadiane System steuert den 24-Stunden-Rhythmus der physiologischen und psychologischen Parameter des Menschen. Deshalb werden die Wirkungen auch als „circadiane“ Wirkungen bezeichnet.

Um die innere Uhr zu „stellen“ bedarf es einer Mindestmenge Licht, die bei älteren Menschen bedingt durch Alterserscheinungen des Auges höher ist als bei jungen Menschen. Dazu kommt, dass sich die Lichtdurchlässigkeit der Augenlinse besonders im blauen Spektralbereich verringert.

Dieser Bereich ist jedoch für die biologische Wirkung des Lichtes besonders wichtig.

Seltene Aufenthalte im Freien sind bei Bewohnern von Altenheimen eine weitere Ursache dafür, dass die circadiane Rhythmik gestört sein kann. Das äußert sich in einem gestörten Schlaf-Wach-Rhythmus mit Nickerchen am Tag und vielen Schlafunterbrechungen in der Nacht.

Das alles zeigt, dass der Beleuchtung im Altenheim eine große gesundheitliche Bedeutung in der Pflege und Betreuung zukommt. Therapeutische Lichtwirkungen bei Orientierungsstörungen und Depressionen sind seit längerem bekannt.

## Demenzkranke stellen besondere Anforderungen

In Heimen, in denen Demenzkranke wohnen, sind deren besondere Anforderungen zu berücksichtigen

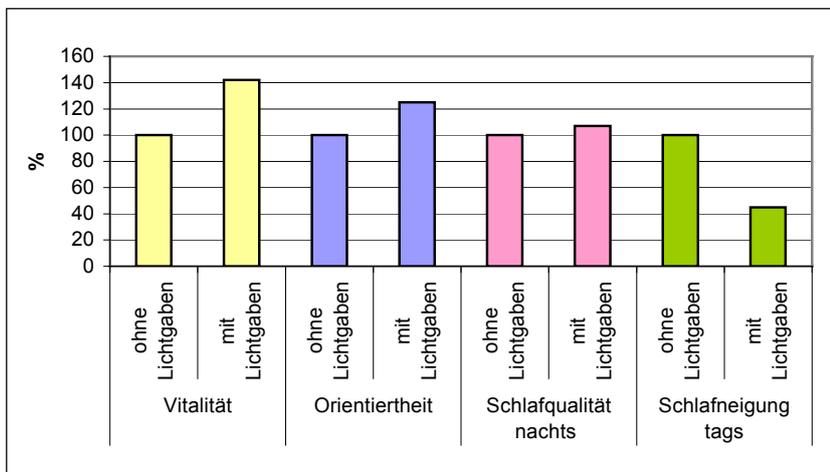
Demenzkranke haben einen Verlust des Kurzzeitgedächtnisses, sie können keine komplexen Handlungen vornehmen und ihnen fehlt die Zuordnung von Raum und Zeit. Verschiebungen im Tag-Nacht-Rhythmus können erhebliche pflegerische Probleme bereiten.

Weiterhin nimmt bei Demenzkranken das räumliche, dreidimensionale Sehvermögen ab. Deshalb werden farbliche Veränderungen des Bodens häufig als Schwellen interpretiert. Ebenso können starke Schatten zu Fehlinterpretationen führen.

Die Gestaltung des Wohnumfeldes muss eine gute räumliche Orientierung ermöglichen und zu Aktivitäten und sozialen Kontakten anregen.

Die zeitliche Orientierung wird durch einen ausgeprägten Hell-Dunkel-Rhythmus erleichtert. Räume mit großem Tageslichtanteil und Ausblick sind dafür besonders geeignet. Damit kann auch der oft gestörte Tag-Nacht-Rhythmus positiv beeinflusst werden.

Durchgeführte Untersuchungen [4], [5] haben gezeigt, dass hohe Beleuchtungsniveaus mit hohem Blauanteil im Laufe des Tages und eine Verlängerung der Tageslichtphasen in der dunklen Jahreszeit zu weniger Schlafphasen tagsüber führen, die Schlafqualität nachts verbessern und den gestörten Schlaf-Wach-Rhythmus bei Heimbewohnern positiv beeinflussen. Weitere positive Effekte sind Stimmungsaufhellung und Aggressionsabbau. Damit kann die Lebensqualität der Betroffenen durch verstärkte Eigeninitiative, bessere Orientiertheit und gesteigertes Wohlbefinden verbessert und die Betreuung entlastet werden.



*Bild 1: Gezielte Lichtbehandlung von Demenzpatienten [4] mit täglich zweimal 3 Stunden 1800 lx am Auge. Die Farbtemperatur betrug 6200 K. Das Bild zeigt die signifikante Änderung von Vitalität, Orientiertheit und Schlafverhalten. Dargestellt ist die prozentuale Änderung gegenüber dem Zeitraum vor der Behandlung.*

## Geltende Regeln

Derzeit gibt es noch keine gesetzlichen oder normativen beleuchtungstechnischen Anforderungen, die auf die Innenraumbeleuchtung speziell für Senioren zugeschnitten sind. Dies ist einer der Beweggründe für die Erarbeitung dieses Leitfadens.

Die gegenwärtig geltenden allgemeinen Regeln sind im Anhang A dargestellt.

## Beleuchtungs- und Gestaltungsprinzipien

### Tageslicht

Grundsätzlich gilt: Tageslicht ist besser als künstliche Beleuchtung. Nur mit Tageslicht ist es möglich, den Tagesverlauf auch im Inneren von Gebäuden erlebbar zu machen. Auch lassen sich maximale biologische Effekte am besten mit Tageslicht erzielen. Dazu sind ausreichend große Fensterflächen oder auch Oberlichter vorzusehen.

Um sehr tiefe Räume mit Tageslicht beleuchten zu können, bedarf es einer besonderen Planung der Gebäudearchitektur. Fenster und Oberlichter müssen entsprechend ausgeführt werden. Mit Lichtlenksystemen kann Tageslicht auch in die Tiefe eines Raumes geleitet werden. Damit ist eine energieeffiziente Erhöhung der Beleuchtungsstärke möglich.

Tageslicht durch Fenster und Oberlichter erhöht die Raumbeleuchtung und verbessert die Farbwahrnehmung. Zur Vermeidung von Überhitzung und Blendung ist die Verwendung eines Sonnenschutzes erforderlich.



Bild 2: Tageslichtbeleuchteter Essbereich

### Beleuchtungsniveau

Zur positiven Beeinflussung des Tag-Nacht-Rhythmus des älteren Menschen sind nach derzeitiger Erkenntnis hohe vertikale Beleuchtungsstärken von ca. 1.000 lx am Auge in Aufenthaltsbereichen günstig. Diese Beleuchtungsstärken sollten durch große helle Flächen, z. B. Fenster, erzeugt werden. Sollte die Realisierung mit Tageslicht nicht möglich sein, sollten großflächige Leuchten mit kaltweißen Lampen (mit hohem Blauanteil) eingesetzt werden. Günstig ist auch, dabei den tageszeitlichen Gang des Tageslichtes nachzubilden. Dazu ist eine entsprechende Lichtsteuerung erforderlich.

Zu beachten ist, dass die hohen Lichtintensitäten nicht in den Abendstunden zur Anwendung kommen sollten. Um allmählich auf die Nacht einzustimmen sind warme Lichtfarben und geringere Raumbeleuchtungen vorzusehen. Günstig ist es, die dadurch erforderlichen Änderungen der Raumbeleuchtung in kleinen Schritten vorzunehmen.

Die horizontale Beleuchtungsstärke der Allgemeinbeleuchtung für Sehaufgaben sollte mindestens 50 % höher als die derzeitige Normforderung ausgelegt werden, um die verringerte Lichtempfindlichkeit des alternden Auges auszugleichen.



Bild 3: Große Fensterflächen und Wintergärten sorgen für hohe Beleuchtungsstärken in Aufenthaltsräumen.

Minimal sind 500 lx als Allgemeinbeleuchtung vorzusehen. In Bereichen, in denen Beschäftigungen oder andere Aktivitäten (z. B. Basteln oder Lesen) ausgeführt werden, sind mindestens 1000 lx in der Aktivitätsebene zu planen. Günstig ist die Verwendung einstellbarer Arbeitsplatzbeleuchtungen um individuelle Bedürfnisse besser befriedigen zu können.



*Bild 4: Großflächige Lichtdecken können fehlendes Tageslicht ersetzen.*

## Lichtverteilung

Die Beleuchtung sollte eine hohe Gleichmäßigkeit aufweisen, da das Adaptationsvermögen älterer Menschen eingeschränkt ist. Auch benachbarte Räume sollten keine allzu großen Helligkeitsunterschiede aufweisen. Falls das nicht mögliche ist, sind Übergangsstrecken vorzusehen, die das Lichtniveau kontinuierlich anpassen. Besonders wichtig ist das nachts z. B. beim Betreten des Gebäudes.

Eine helle Wandgestaltung sorgt für große Gleichmäßigkeiten und vermeidet Blendung. Ein großer Indirektanteil vermeidet starke Schatten,

die zu Orientierungsstörungen führen könnten. So werden Schlagschatten in Fußbodennähe beispielsweise als Abgrund fehl gedeutet. Oberlichter, große Fenster und großflächige Leuchten tragen ebenso zur Schattenreduzierung bei.

Die Beleuchtung sollte die Raumstrukturen aufgreifen und unterstützen. Durch zusätzliche Stimmungsleuchten (am besten dimmbar) können zusätzliche Akzente gesetzt werden.

## Blendungsbegrenzung

Eine Blendung durch Sonneneinstrahlung oder besonnte Flächen sollte durch manuell verstellbare Verschattungsvorrichtungen vermeidbar sein.

Prinzipiell sollten nur gut entblendete Leuchten mit ausgewogenen Direkt-/Indirektanteilen verwendet werden. Geschlossene Leuchten verhindern den direkten Blick in das Leuchtmittel. Klarglasleuchten sind dafür ungeeignet.

Eine helle Wand- und Deckengestaltung verringert die Blendungsgefahr.

Reflexionen an glänzenden Oberflächen (Boden, Tische, Glastüren o. ä.) sollten vermieden werden. Das kann durch matte Oberflächen, eine diffuse Beleuchtung und eine entsprechend geplante Leuchtenanordnung erreicht werden.

## Kontraste erhöhen, Reflexe vermeiden

Gutes Sehen erfordert ausreichende Kontraste. Ältere und sehbehinderte Menschen benötigen höhere Kontraste. Darauf ist bei der Licht- und Raumgestaltung zu achten. Eine kontrastreiche Hervorhebung von wichtigen oder sicherheitsrelevanten Objekten (z. B. Türen oder Stufen) ist hilfreich. Unwichtige Türen können in umgekehrter Weise kaschiert werden.

Dunkle Fußbodenleisten zur Erkennung von Wand und Boden und eine homogene Wandgestaltung ohne große Muster unterstützen die Erkennung des räumlichen Umfeldes.

Zu beachten ist, dass zu starke Hell-Dunkel-Kontraste zu Fehldeutungen führen können.

## Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Um auch mit künstlicher Beleuchtung eine biologische Wirkung zu erzielen, ist ein höherer Blauanteil im Lampenspektrum erforderlich. In den Abendstunden sollte dieser reduziert werden, um auf die Nacht einzustimmen. Dazu sind farbveränderliche Beleuchtungssysteme erforderlich.

Ältere Menschen sind in ihrer Farbwahrnehmung eingeschränkt. Deshalb ist bei der Beleuchtung auf eine sehr gute Farbwiedergabe zu achten. Einfallendes Tageslicht erfüllt diese Anforderung besonders gut, solange eine farbneutrale Verglasung zum Einsatz kommt.

## UV-Anteil

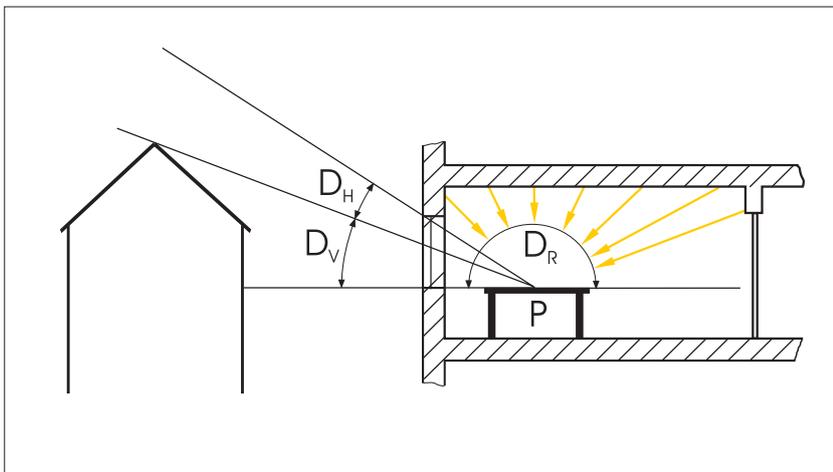
Wichtig für die positiven wie auch die negativen Einflüsse der Sonneneinstrahlung auf den Menschen ist überwiegend das UV-Strahlung. Es regt die Bildung von körpereigenen Glückshormonen und Endorphinen an und ist für die Bildung von Vitamin D im Körper notwendig. Dadurch werden die Ausschüttungen von Nervenstimulanzien im Gehirn gefördert.

In den Räumlichkeiten für Kranke und Behinderte, die sich selten im Freien aufhalten können, sollten Verglasungen möglichst UV-durchlässig sein.

## Gebäude- und Raumplanung

Für die Tageslichtbeleuchtung sind sowohl die städtebauliche Situation mit der Nachbarbebauung als auch der Gebäudeentwurf mit Baukörper- und Raumgeometrie sowie Größe und Anordnung der Lichtöffnungen in der Gebäudehülle von Be-

deutung. Bild 5 zeigt die drei wesentlichen Komponenten der Tageslichtbeleuchtung: den vom Himmel in den Raum einfallenden Teil, den von der Nachbarbebauung reflektierten und den durch die Innenraumoberflächen reflektierten Teil.



*Bild 5:  
Anteile der Tageslichtbeleuchtung bei bedecktem Himmel  
(nach DIN 5034-3 [9])*

**Tageslichtquotient D:**  
(Verhältnis von Raum- zu Außenbeleuchtungsstärke)

$$D = D_h + D_v + D_r$$

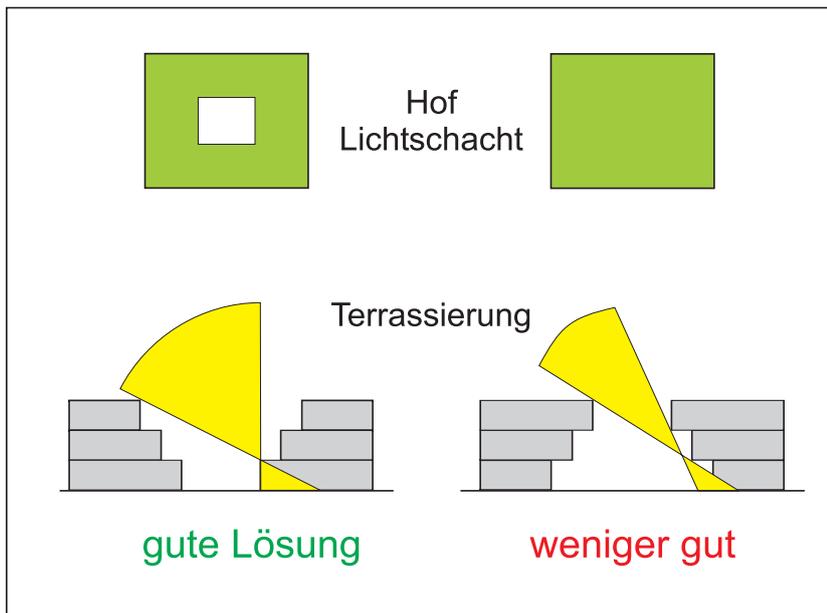
- $D_h$  Himmelslichtanteil
- $D_v$  Verbauungs-Reflexionsanteil
- $D_r$  Raum-Reflexionsanteil

## Berücksichtigung der Verbauung

Bei der Planung einer Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht müssen die lichtmindernden Einflüsse der vorhandenen oder einer baurechtlich möglichen Verbauung berücksichtigt werden. Steile Geländeerhöhungen oder Baumbewuchs sind ebenfalls als Verbauung anzusehen.

Bei vorhandener dichter Bebauung, z. B. bei Fenstern, die an Innenhöfen liegen, kann der Verlust an direktem Himmelslicht durch helle Oberflä-

chen im Raum und durch eine helle Fassade der gegenüberliegenden Gebäude etwas ausgeglichen werden. Bild 6 zeigt, wie Abstand und Höhe der Nachbarbebauung, die vertikale Staffelung bzw. Terrassierung von Geschossen und die Anordnung von Höfen oder Atrien die Tageslichtbeleuchtung beeinflussen.

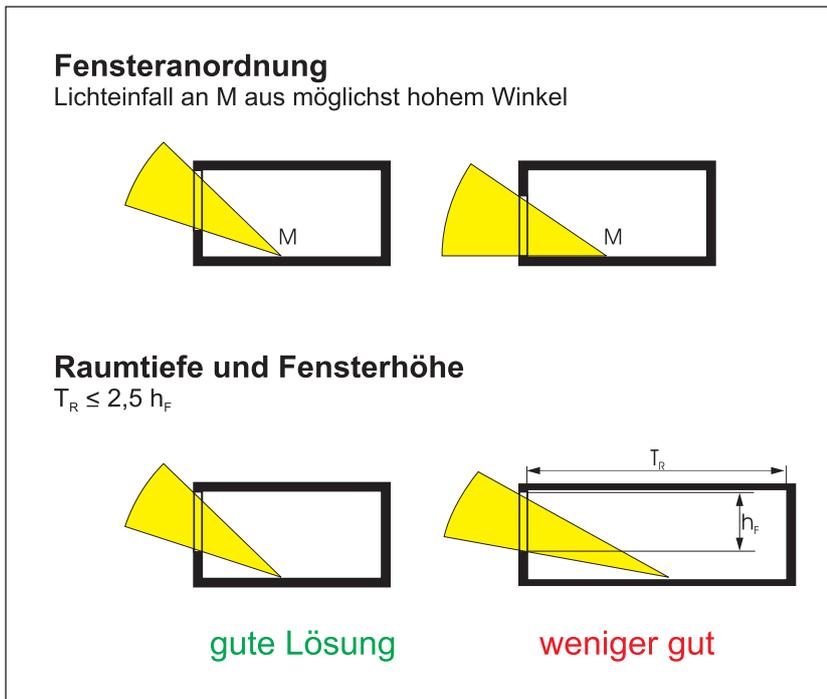


*Bild 6:  
Einfluss von Nachbarbebauung und  
Baukörpergeometrie auf das Ta-  
geslicht  
(Positive und negative Beispiele)*

## Berücksichtigung der Gestalt und der Abmessungen des Gebäudes und der Innenräume

In Räumen mit Fenstern beeinflusst die Raumtiefe die Beleuchtung durch Tageslicht und damit auch die notwendigen Fensterabmessungen. Da eine einseitige Fensteranordnung nur bis zu einer bestimmten Raumtiefe ausreichende Tageslichtquotienten ermöglicht (abhängig von der lichten Höhe des Innenraumes und dem gewünschten Beleuchtungsniveau), ist bei tieferen Räumen eine ständige Tageslicht-Ergänzungs-Beleuchtung (in der Regel ein Teil der künstlichen Beleuchtung, siehe DIN EN 12464-1) erforderlich, sofern nicht im tieferen Raumbereich zusätzliche Oberlichter in der Decke oder Fenster an einer zweiten Raumseite angeordnet sind.

Vorbauten oberhalb des Fenstersturzes (Balkone, Vordächer, Dachüberstände) und gegebenenfalls auch seitliche Begrenzungen (vorspringende Wandteile, Trennwände von Balkonen) sowie Tageslichtlenksysteme und nicht vollständig zu öffnende Sonnenschutzvorrichtungen (z. B. mit fest eingebauten drehbaren Lamellen) schränken den Tageslichteinfall ein. Bei der Berechnung von Tageslichtquotienten sind deshalb die sichtbaren Kanten dieser Lichthindernisse maßgebend. Lichtundurchlässige Hindernisse müssen möglichst hohe Reflexionsgrade haben.



*Bild 7:  
Einfluss von Raumtiefe und -höhe  
sowie Fenstergröße und Fenster-  
anordnung auf die Tageslichtbe-  
leuchtung*

## Fenstergestaltung



*Bild 8: Großflächige und hohe Fenster sorgen für viel Tageslicht*

Durch eine gleichmäßige Verteilung der Fenster in der Außenwand ergibt sich eine größere Gleichmäßigkeit der Beleuchtung als bei Anordnung der Fenster am Rand der Fensterwand. In Räumen mit nur einem Fenster wird die Gleichmäßigkeit am größten, wenn das Fenster in der Mitte der Außenwand angeordnet wird. In Räumen mit größerer Raumtiefe kann die Gleichmäßigkeit gegebenenfalls durch Anordnung von Fenstern in einander gegenüberliegenden Wänden verbessert werden.

Die Lage der Fensteroberkante beeinflusst wesentlich den Wert des Tageslichtquotienten. Werden gleiche Fensterflächen vorausgesetzt, ist der

Tageslichtquotient umso größer, je höher die Fensteroberkante über dem Fußboden liegt. Fensterflächen unterhalb der Nutzebene haben nur geringen Einfluss auf den Tageslichtquotienten. Bauteile im Fensterbereich (z. B. Sonnenschutzvorrichtungen, Balkone, Lichtlenksysteme) beeinflussen den Wert des Tageslichtquotienten und seine Verteilung im Innenraum.



*Bild 9: Fenstergestaltung für maximale Tageslichtnutzung*

Eine circadian wirksame Beleuchtung in Aufenthaltsräumen für ältere Menschen sollte vorzugsweise durch Tageslicht erfolgen. Der erforderliche Tageslichtquotient in Raummitte beträgt  $D \geq 10\%$  (ausführlichere Informationen hierzu siehe Anhang B).

Wesentlicher Gestaltungsparameter für eine tiefe Raumausleuchtung mit der notwendigen Helligkeit ist die Architektur mit Raumhöhe, Fenstergröße und Fensteranordnung. Dachoberlichter oder mehrseitige Seitenfenster, am besten mit deckengleichem Sturz, sind zielführende Lösungen. Die-

se Empfehlungen gelten im Wesentlichen für den Fall des bedeckten Himmels, auf den sich die Mindestforderungen der Tageslichtnormung beziehen, welche für eine circadiane Wirkung unzureichend sind. Für den Fall des klaren Himmels sind Blend- und Sonnenschutzvorrichtungen erforderlich, die einen Teil des Sonnenlichts in die Raumtiefe umlenken. Entsprechende Systeme sind in vielfältigen Ausführungen vorhanden. Der Einsatz kombinierter Sonnenschutz-/Tageslichtsysteme wie auch die architektonische Fenstergestaltung bedürfen in jedem Anwendungsfall einer angemessenen Tageslichtplanung.

## Sichtverbindung nach außen

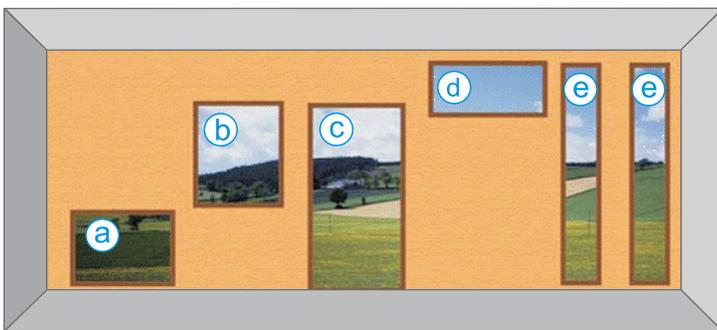


Bild 10:

- a) Kaum Sichtverbindung nach außen
- b) und c) Sehr gute Sichtverbindung
- d) Hoch liegende Fenster tragen zur Beleuchtung in der Raumtiefe bei, jedoch kaum zur Sichtverbindung nach außen
- e) Sehr schmale Fenster wirken sich eher ungünstig auf die Sichtverbindung nach außen aus.

aus BGI/GUV-I 7007 [14]

Wie schon oben ausgeführt wurde, sorgt das Tageslicht für bestimmte Informationen, die unser Körper für seine Regulation benötigt, z. B. für die Anpassung an den 24-Stunden-Rhythmus des Tages. Weiterhin empfängt der Mensch mit Hilfe des Tageslichtes Informationen über die Außenwelt wie Wetter, Wechsel der Jahreszeiten oder farbliches Erscheinungsbild der Umgebung. Gerade für die Bewohner von Alten- und Pflegeheimen ist der Blick durch das Fenster oftmals die einzig mögliche Informationsquelle, um Kontakt zur Welt außerhalb der Institution zu halten und somit aus sozialen Überlegungen unbedingt wichtig.

Eine Sichtverbindung nach außen dient durch den Blick ins „optisch Unendliche“ aber auch der Entspannung und einem Erholungseffekt, weil dadurch die muskuläre Belastung des Sehapparates Auge am geringsten ist.

Die Anordnung und die Gestaltung von Fenstern in Wohn- und Aufenthaltsräumen von Altenheimen sollten sich prinzipiell an der üblichen Gestaltung der Fenster in Wohnräumen orientieren (Bild 10b und 10c, weniger 10e), damit ein ausreichend heller Raumeindruck entsteht. Allerdings sind hinsichtlich der Bewohner spezielle Besonderheiten zu berücksichtigen. Hoch liegende Fenster (Bild 10d) tragen zur Beleuchtung in der Raumtiefe bei, jedoch kaum zur Sichtverbindung nach außen. Sehr schmale Fenster (Bild 10e) wirken sich eher ungünstig auf die Sichtverbindung nach außen aus.

Damit aber auch etwa Rollstuhlfahrer unbeeinträchtigt aus höheren Geschossen das Straßenleben beobachten können, können auch tiefer liegende Fenster wünschenswert sein (Bilder 10a, 10c und 10e). Gleiches gilt für bettlägerige Bewohner, die aus dieser Lage nicht über eine normale 90 cm hohe Brüstung schauen können. In diesen Fällen sollte auch an flexible Sichtschutzeinrichtungen gedacht werden.

## Oberlichter

Räume mit großer Raumtiefe können mit Tageslicht meist nur durch Oberlichter ausreichend beleuchtet werden.

Je größer der Winkel zwischen der Neigung der Tageslichtöffnung und der Horizontalen, umso geringer ist der Tageslichteinfall bei gleichgroßen Glasflächen. Sheddächer benötigen daher eine größere Verglasungsfläche als etwa Dächer mit Lichtkuppeln, wenn ein bestimmter mittlerer Tageslichtquotient erreicht werden muss.

Zu große Leuchtdichteunterschiede bei direkter Sonneneinstrahlung lassen sich bei Oberlichtern am einfachsten durch die Verwendung lichtstreuender Verglasungen vermeiden. Besondere Blendschutzmaßnahmen sind zusätzlich erforderlich, wenn Flächen zu hoher Leuchtdichte im Gesichtsfeld liegen. (z. B. lichtstreuende Verglasungen, Schachtwände von Oberlichtern).

Wie bei Fenstern ist auch bei Oberlichtern eine ausreichende Dimensionierung für die Raumbeleuchtung bei bedecktem Himmel vorzunehmen sowie Blend- und Sonnenschutz für klaren Himmel vorzusehen (siehe [14]).



*Bild 11: Oberlichter im Aufenthaltsbereich*



*Bild 12: Oberlicht im Flurbereich*



*Bild 13: Oberlicht im Flurbereich*

## Sonnen- und Blendschutzsysteme

Zur Vermeidung von Raumüberhitzung und Blendung ist ein effizienter Sonnen-/Blendschutz unerlässlich.

In Aufenthaltsbereichen für ältere Menschen sollte auch bei geschlossenem Sonnen-/Blendschutz eine angemessene Tageslichtbeleuchtung mit hoher Leuchtdichte im Fensterbereich gegeben sein. Zu lichtlenkenden Systemen siehe auch Anhänge B und C.

Die Regelung bzw. Steuerung sollte automatisch mit individueller Eingriffsmöglichkeit des Bewohners erfolgen können. Automatisch gesteuerte Systeme wie Raffstoren, Markisen, Rollläden, Jalousien und Rollos sind die Potentiale für eine optimierte Energieeffizienz von Gebäuden mit Kühlung.



Bild 14: Außenliegender Sonnenschutz

## Praktische Realisierung

### Ausstattung der Innenräume

Helle Decken und Wände verbessern die Gleichmäßigkeit der Tageslichtbeleuchtung bei Räumen mit Fenstern, verringern die Leuchtdichteunterschiede zwischen Wand- sowie Deckenflächen und dem sichtbaren Himmelsausschnitt und tragen zur Aufhellung des Raumes bei. Deshalb sollten der Reflexionsgrad der Decke mindestens 0,7, der der Wände mindestens 0,5 und der des Fußbodens mindestens 0,2 betragen. Der Einfluss der

Reflexionsgrade der Einrichtungsgegenstände ist hierbei möglichst zu berücksichtigen.

Speziell in Räumen mit Oberlichtern ist der Einfluss des Reflexionsgrades des Fußbodens auf die Raumhelligkeit in der Regel bedeutend, und zwar um so mehr, je größer der Raum ist; er wirkt sich dort stark auf die Höhe des Innenreflexionsanteils des Tageslichtquotienten aus.

## Beleuchtungsplanung

### Eingangsbereiche

Im Eingangsbereich entsteht bei Besuchern der erste Eindruck, deshalb ist die Gestaltung dieses Bereiches besonders wichtig. Fremden Personen sollte die Orientierung leicht gemacht werden.

Beim Wechsel vom Außen- in den Innenbereich kann es zu Anpassungsschwierigkeiten kommen. Mangelnde Anpassung kann dazu führen, dass Hindernisse nicht richtig gesehen werden können. Diese sollten deshalb deutlich hervorgehoben werden.

Die Nutzung von viel Tageslicht im Eingangsbereich erleichtert die Anpassung beim Betreten des Raumes. Ist dies nicht möglich, sollte die künstliche Beleuchtung dimmbar sein bzw. in Abhängigkeit von der Außenbeleuchtung gesteuert werden.



Bild 15: Eingangsbereich

## **Wohnräume, Aufenthaltsräume, Esszimmer, Bibliothek**

Die Allgemeinbeleuchtung sollte hell und blendfrei sein mit möglichst viel Tageslicht. Bei der künstlichen Beleuchtung sind minimal 300 lx vorzusehen, in Bereichen, in denen Beschäftigungen oder andere Tätigkeiten (Handarbeiten, Lesen) stattfinden 1000 lx. Günstig ist hier die Verwendung einstellbarer Arbeitsplatzbeleuchtungen. Ein großer Anteil indirekter Beleuchtung minimiert die Blendung.

Um eine vielfältige Nutzung zu gewährleisten, sollte die Beleuchtung flexibel sein. So können Stimmungsbeleuchtungen (z. B. beim Fernsehen) und auch biologisch aktivierende Beleuchtungen realisiert werden. Das erfordert neben der Änderung des Beleuchtungsniveaus auch die Änderung der Lichtfarbe.

Große Fenster sorgen für viel Tageslicht im Innenraum. Große Raumtiefen können durch Lenksysteme auch ausreichend mit Tageslicht versorgt werden. Zur Vermeidung von Überhitzung und Blendung sind Sonnenschutzmaßnahmen erforderlich.



*Bild 16: Essbereich mit großen Fenstern*

## **Schlafzimmer**

In Schlafzimmern ist eine ambiente Allgemeinbeleuchtung mit niedrigem Level und eine zusätzliche flexible und dimmbare Lesebeleuchtung vorzusehen, die vom Bett aus schaltbar ist. Eine Orientierungsbeleuchtung gewährleistet Sicherheit in der Nacht. Sie sollte einen möglichst geringen Blauanteil haben, um nicht zu aktivieren und einen guten Schlaf zu gewährleisten.

## **Bad**

Die Badbeleuchtung sollte gleichmäßig, schatten- und blendfrei sein sowie eine hohe Farbwiedergabe haben. Für die Abend- und Nachtstunden sollte auch hier der Blauanteil minimiert werden, um eine Aktivierung zu vermeiden. Die Orientierungsbeleuchtung sollte nur einige Lux aufweisen.

## **Flure und Treppen**

Auf Fluren und Treppen muss eine sehr gute Orientierung möglich sein. Stufen und Türen müssen gut erkennbar sein. Ein hoher Indirektanteil vermeidet störende Schatten und Reflexe am Boden. Werden Flure auch als Aufenthaltsbereiche genutzt, sind sie auch entsprechend zu beleuchten.

## **Orientierungsbeleuchtung in der Nacht**

Eine Orientierungsbeleuchtung für die Nacht ist in allen Räumen sinnvoll. Diese lässt sich optimal durch Zusatzleuchten im Bodenbereich realisieren. Wenig Blauanteil verhindert eine Aktivierung und sorgt für ein gutes Weiterschlafen.

Falls das Einschalten mit Bewegungsmeldern erfolgt, sollte das Lichtniveau langsam innerhalb von 20 s angehoben werden. Zu beachten ist, dass das Pflegepersonal ausreichend Licht zur Verfügung hat.

## **Außenbereiche**

Der Außenbereich sollte vor allem im Eingangsbereich hell beleuchtet sein. Das dient der besseren Orientierung und erleichtert außerdem die Anpassung beim Eintreten in das Gebäude.

# Anhang A: Geltende Regeln

Dipl.-Ing. Wolfgang Cornelius

## Allgemeines

Die Versorgung von Innenräumen mit Tageslicht ist dem Gesetzgeber aus verschiedenen Gründen wichtig. Deshalb findet man u. a. folgende Hinweise:

Baugesetzbuch (BauGB) § 136 Abs. 3:

*Bei der Beurteilung, ob in einem städtischen oder ländlichen Gebiet städtebauliche Missstände vorliegen, sind insbesondere zu berücksichtigen: 1. die Wohn- und Arbeitsverhältnisse oder die Sicherheit der in dem Gebiet wohnenden oder arbeitenden Menschen in Bezug auf die Belichtung, Besonnung und Belüftung der Wohnungen und Arbeitsstätten, ...*

Musterbauordnung (MBO) 2002 [6]:

§ 3 Allgemeine Anforderungen:

*(1) Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.*

Die ausreichende Beleuchtung von Innenräumen mit Tageslicht ist in der Deutschen Gesetzgebung im Prinzip über den Umweg einer Forderung nach Mindestgrößen von notwendigen Fenstern geregelt.

§ 6 Abstandsflächen, Abstände:

*(1) Vor den Außenwänden von Gebäuden sind Abstandsflächen von oberirdischen Gebäuden freizuhalten. Satz 1 gilt entsprechend für andere Anlagen, von denen Wirkungen wie von Gebäuden ausgehen, gegenüber Gebäuden und Grundstücksgrenzen.*

*(4) Die Tiefe der Abstandsfläche bemisst sich nach der Wandhöhe; sie wird senkrecht zur Wand gemessen. Wandhöhe ist das Maß von der Geländeoberfläche bis zum Schnittpunkt der Wand mit der Dachhaut oder bis zum oberen Abschluss der Wand. ... Das sich ergebende Maß ist H.*

*(5) Die Tiefe der Abstandsflächen beträgt 0,4 H, mindestens 3 m. In Gewerbe- und Industriegebieten genügt eine Tiefe von 0,2 H, mindestens 3 m. Vor den Außenwänden von Wohngebäuden der Gebäudeklassen 1 und 2 mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschossen genügt als Tiefe der Abstandsfläche 3 m.*

§ 47 Aufenthaltsräume:

*(2) Aufenthaltsräume müssen ausreichend belüftet und mit Tageslicht belichtet werden können. Sie müssen Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens 1/8 der Netto-Grundfläche des Raumes einschließlich der Netto-Grundfläche verglaster Vorbauten und Loggien haben.*

*(3) Aufenthaltsräume, deren Nutzung eine Belichtung mit Tageslicht verbietet, sowie Verkaufsräume, Schank- und Speisegaststätten, ärztliche Behandlungs-, Sport-, Spiel-, Werk- und ähnliche Räume sind ohne Fenster zulässig.*

Die in den jeweiligen Landesbauordnungen gegenwärtig individuell festgelegten Regelungen zur Mindestfenstergröße (siehe Tabelle 1) sind jedem Architekten geläufig und werden gerade eingehalten, jedoch basieren sie auf Untersuchungen aus den späten 70iger Jahren. Damals wurde nach einem Weg gesucht, eine ausreichende Tageslichtversorgung über die Größe von notwendigen Fenstern in Aufenthaltsräumen zu regeln. Dies schien machbar, da zu der Zeit z. B. die Art der Verglasung in etwa eine konstante Größe war (Isolierverglasung aus Standardglas). Dies hat sich aber heute durch die verschiedenen Gläser (beschichtete Wärmeschutz- und Sonnenschutzgläser etc.) geändert. Die dann durchgeführten Untersuchungen hatten das Ziel, Kriterien für Mindestfenstergrößen lediglich auf der Grundlage eines angenehmen Raumeindrucks bzw. subjektiven Helligkeitseindrucks festzulegen [7, 8]. Darüber hinaus gehende Anforderungen, wie etwa die Beleuchtung zur Erfüllung von bestimmten Sehauftgaben in Wohnräumen (Lesen, Handarbeiten etc.) oder eine biologische Wirkung des Tageslichtes auf den Menschen zu dessen Gesundheitserhaltung, wurden nicht betrachtet.

Schon damals aber postulierten Klingenberg und Seidl nach den Untersuchungen mehrere notwendige abhängige Parameter:

*Dimensionierung der Fenster*

*Ein Wohnraumfenster kann als ausreichend groß angesehen werden, wenn die Höhe des lichtdurchlässigen Teils 1,30 m, wenn die Breite des lichtdurchlässigen Teils 55 % der Breite des Wohnraumes sowie 10 % der Bodenfläche des Wohnraumes und wenn die lichtdurchlässige Flä-*

che 30 % der Fensterwandfläche, 16 % der Bodenfläche und 7 % des Raumvolumens nicht unterschreitet (Breite in m, Flächen in m<sup>2</sup>, Volumen in m<sup>3</sup> gemessen).

Übernommen wurde damals vom Ordnungsgeber i.d.R. nur das griffige Verhältnis Fensterfläche zu Raumgrundfläche. Der Ordnungsgeber hat es bis heute, bis auf wenige Ausnahmen, bei

der Bindung der Mindestfensterfläche an die Raumgrundfläche belassen. Von den anderen wechselseitigen Abhängigkeiten haben später nur der geforderte Breitenanteil (55 % der Breite der Wand) sowie die Höhe des lichtdurchlässigen Teils (Oberkante des Fensters  $\geq 2,20$  m und Fensterbrüstungshöhe  $\leq 0,90$  m) Eingang in die Norm DIN 5034-1 gefunden (siehe unten).

Bundesland	Aufenthaltsräume	Anteil Fensterfläche (Rohbauöffnung) an Netto-Raumgrundfläche
Baden-Württemberg	§ 34 (2)	1/10
Bayern	Art. 45 (2)	1/8
Berlin	§ 48 (2)	1/8
Brandenburg	§ 40 (2)	1/8
Bremen	§ 46	-
Hamburg	§ 44 (2)	1/8
Hessen	§ 42 (2)	1/8
Mecklenburg-Vorpommern	§ 47 (2)	1/8
Niedersachsen	§ 43 (4)	-
Nordrhein-Westfalen	§ 48 (2)	1/8
Rheinland-Pfalz	§ 43 (2)	1/10
Saarland	§ 45 (2)	1/8
Sachsen	§ 47 (2)	1/8
Sachsen-Anhalt	§ 46 (2)	1/8
Schleswig-Holstein	§ 51 (2)	-
Thüringen	§ 45 (2)	1/8

Tabelle 1: Regelungen zur Größe der Fenster in Aufenthaltsräumen in Abhängigkeit vom Bundesland

## Normative Regeln

Zu nennen ist hier vorrangig die Normreihe DIN 5034 Tageslicht in Innenräumen [9]. Allerdings ist diese Norm nicht in der Liste der technischen Baubestimmungen enthalten. Schon im Anwendungsbereich des Teils 1 wird darauf hingewiesen, dass Aufenthaltsräume ausreichendes Tageslicht erhalten und eine notwendige Sichtverbindung nach außen haben sollen. Es wird besonders erwähnt, dass die in den Bauordnungen der Länder geforderte, auf die Grundfläche des Raumes bezogene Mindestfensterfläche hinsichtlich der Beleuchtung mit Tageslicht eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung ist.

DIN 5034-1 trifft hinsichtlich der Dimensionierung von Fenstern Festlegungen, die nachstehend gekürzt zusammengefasst sind. Der genaue Wortlaut ist der Norm zu entnehmen, die beim Beuth-Verlag, Berlin, bezogen werden kann.

### Fenster in Wohnräumen

Für eine ausreichende Sichtverbindung, also dem ungehinderten Ausblick nach draußen, sollten die Fenster folgende Kriterien erfüllen:

- Die Oberkante der Verglasung (durchsichtige Fläche) sollte mindestens 2,20 m über der Oberkante des fertigen Fußbodens liegen.
- Die Brüstungshöhe des Fensters sollte 90 cm nicht übersteigen und die Unterkante der Verglasung sollte nicht höher sein als 95 cm.
- Die Summe der Breiten aller Glasflächen sollte mindestens 55 % der Wohnraumbreite sein.

## Fenster in sonstigen Aufenthaltsräumen

Die für Wohnräume nach Abschnitt 4.2.2 geltenden Regelungen sind auch auf Krankenzimmer, Zimmer von Pflegeheimen usw. anzuwenden.

Damit auch Bettlägerige einen freien Ausblick nach draußen haben, sind in Patientenzimmern niedrige Brüstungen ratsam. Unter Beachtung der Sicherheitsbestimmungen sollte sich die untere Kante der Verglasung etwa in Höhe der Liegefläche befinden. Die Norm gibt hier 50 cm an. In Räumen zur Kinderbetreuung sollte die untere Kante der Verglasung nicht höher als 60 cm liegen. Ein vorübergehender Sichtschutz kann unter Umständen erforderlich sein.

Hinsichtlich der Beleuchtung mit Tageslicht fordert DIN 5034 [9]:

### Helligkeit in Wohnräumen

Die durch das Tageslicht in Innenräumen erzeugte Helligkeit ist hinsichtlich ihrer psychischen Wirkung ausreichend, wenn der Tageslichtquotient  $D$  an zwei Punkten gemessen als Mittelwert wenigstens 0,9 % beträgt (halbe Raumtiefe, 1 m Abstand von den Seitenwänden, 85 cm Höhe, horizontale Messung), wobei der kleinste dieser Werte mindestens 0,75 % sein muss.

Gibt es in einem Wohnraum Fenster an zwei aneinander grenzenden Wänden, darf der Tageslichtquotient  $D$  am ungünstigsten Punkt nicht kleiner sein als 1,0 %.

### Beleuchtungsstärke

Das im Freien verfügbare Tageslicht schwankt täglich und jahreszeitlich durch den Sonnengang und durch das Wetter. Folglich können durch Tageslicht nicht zu allen Zeiten ausreichende Beleuchtungsstärken auf der Nutzfläche erreicht werden.

DIN EN 12464-1 [15] listet zur Erfüllung bestimmter Sehaufgaben je nach Art der Tätigkeit bestimmte Beleuchtungsstärken auf.

Eine Beleuchtung mit Tageslicht unterscheidet sich grundsätzlich von einer künstlichen Beleuchtung. Dies kann zu verschiedenen Bewertungen der Beleuchtungsbedingungen bei Tageslicht und bei Kunstlicht führen. Bedingt durch den seitlichen Lichteinfall bei Fenstern hat sich herausgestellt, dass die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz infolge Tageslicht dann ausreichend ist, wenn sie wenigstens das 0,6fache der in DIN 5035-2 bzw. DIN EN 12464-1 [15] angegebenen Werte der Wartungsbeleuchtungsstärke  $E_m$  beträgt.

## Blendungsbegrenzung

Nicht nur die Beleuchtungsstärke spielt hinsichtlich der Güte der Beleuchtung von Innenräumen mit Tageslicht eine Rolle, auch ist die Begrenzung der Blendung wesentlich.

Dies wird erreicht, wenn die besonnten Tageslichtöffnungen einen Schutz gegen eventuell störende Blendungen haben. Diese können hervorgerufen sein durch die Sonne, den Himmel oder stark reflektierende Flächen.

### Besonnung

DIN 5034 [9] fordert ein Mindestmaß an Besonnung eines Innenraumes, da eine ausreichende Besonnung zur Gesundheit und zum Wohlbefinden beiträgt. Dies ist gegeben, wenn seine Besonnungsdauer am 17. Januar mindestens 1 Stunde beträgt.

Eine Besonnung ist dann gegeben, wenn Sonnenstrahlen bei einer Sonnenhöhe von mindestens  $6^\circ$  in den Raum einfallen können. Als Nachweisort gilt ein Punkt vor der Fenstermitte in 0,85 m Höhe über dem Fußboden und in Fassadenebene.

### Sonnenschutz

Gegen störende Einflüsse der Sonneneinstrahlung, wie zu hohe Erwärmung der Raumluft insbesondere in der warmen Jahreszeit oder Blendung ist in der Regel ein geeigneter Sonnenschutz notwendig.

Der Sonnenschutz sollte individuell einstellbar sein. Eine zeitweise Einschränkung der Sichtverbindung nach außen ist akzeptabel.

Feststehender Sonnenschutz – auch der individuell einstellbare bei maximaler Öffnung – und Tageslichtlenksysteme dürfen die Sichtverbindung nach außen nicht zu stark einschränken.

Räume sind gegen Wärme durch die Sonneneinstrahlung vor allem im Sommer durch geeignete Sonnenschutzvorrichtungen zu schützen. Außen, vor der Verglasung liegende Vorrichtungen, z. B. Außenjalousien und Markisen, sind in der Regel wirksamer als zwischen der Verglasung liegende oder innen liegende Sonnenschutzvorrichtungen.

Anmerkung:

Die Aufheizung der Innenräume resultiert aus der Absorption der Globalstrahlung an den Gegenständen in den Räumen und den Begrenzungsflächen der Räume. Die absorbierte Strahlung wird in langwellige Infrarot-Strahlung umgewandelt, für die alle Verglasungsmaterialien nahezu undurchlässig sind. Das führt zu der im Sommer in der Regel unerwünschten Erwärmung des Raumes.

Die Eignung der Sonnenschutzvorrichtungen als Wärmeschutz ist von unterschiedlichen Kriterien abhängig, z. B. der Sommerklimaregion, dem solarwirksamen Fensterflächenanteil, der Bauweise und der Lüftungsweise.

Als abschirmende bauliche Vorrichtungen sind Vorsprünge über den Fenstern (z. B. Dächer oder Balkone) sowie waagrecht ausladende Raster oder tafelförmige Blenden über oder vor den Fenstern geeignet.

Sonnenschutzverglasungen können ebenfalls den Eintritt der Strahlungsleistung in den Raum vermindern, verringern jedoch aufgrund ihres geringeren Lichttransmissionsgrades den Tageslichteinfall und damit die Nutzungszeit für das Tageslicht. Um außerdem einen Blendschutz zu gewährleisten, bedürfen sie im Allgemeinen der Ergänzung durch einen individuell einstellbaren Sonnenschutz.

## Anhang B: Tageslichtgerechte Fenstergestaltung und biologische Wirkung

Prof. Dr.-Ing. Helmut F.O. Müller

### Einführung

Die Wirkung des Lichts auf den täglichen Rhythmus (circadian) des menschlichen Organismus (auch Biorhythmus genannt) ist evolutionsbedingt vom Tageslicht geprägt. Weil Aufenthaltsräume für ältere Menschen überwiegend tagsüber genutzt werden, liegt deren Beleuchtung durch Tageslicht nahe. Eine entsprechende künstliche Beleuchtung ist zwar möglich, würde aber technisch, energetisch und wirtschaftlich sehr aufwendig sein.

Eine für die circadiane Wirkung angemessene Tageslichtbeleuchtung erfordert ein höheres Beleuchtungsniveau als es in der Regel durch Standardlösungen der Architektur erreicht wird, die heute (noch) ausschließlich für Sehaufgaben ausgelegt sind. Die normgerecht bemessenen Fenster eines einseitig beleuchteten Raumes werden nur in unmittelbarer Fensternähe die erforderli-

chen Beleuchtungsstärken aufweisen, während die übrigen Raumbereiche mit größerem Fensterabstand zu dunkel sein werden.

Eine Verbesserung kann durch zwei- oder mehrseitige Fensteranordnung, höhere Räume mit höheren Fenstern oder durch verglaste Flächen bzw. Oberlichter erreicht werden. Stehen diese architektonischen Möglichkeiten nicht zur Verfügung, z. B. bei Altbauten, dann können lichtlenkende Maßnahmen in der Fenstergestaltung Verbesserungen erzielen.

Bei der Auswahl und Gestaltung der möglichen Lösungen sind grundsätzlich die örtlichen Randbedingungen (z. B. Nachbarbebauung), die Orientierung der Fenster sowie die Himmelszustände von bedeckt bis klar zu berücksichtigen.

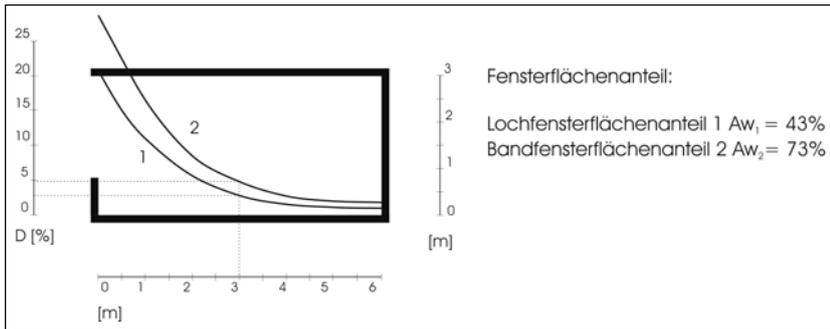
### Bedeckter Himmel

Da der bedeckte Himmel in unseren Breiten der vorherrschende Zustand ist, orientiert sich die Tageslichtnormung auch an diesem. Um angesichts der tages- und jahreszeitlich stark schwankenden Außenhelligkeiten (maximale horizontale Beleuchtungsstärke 19.000 lx, im Mittel ca. 10.000 lx) ein Maß für die Tageslichtbeleuchtung von Räumen zu haben, wird der Tageslichtquotient (D) verwendet, das Verhältnis von Innen- zu Außenbeleuchtungsstärke. Für Wohnungen ist ein D von mindestens 0,9% vorgeschrieben (DIN 5034 [9]), während empfohlene Werte für Wohn- und Arbeitsräume bei 5% liegen. Bei der mittleren Außenbeleuchtungsstärke von 10.000 lx wird beim empfohlenen D von 5% also eine Beleuchtungsstärke von 500 lx erreicht.

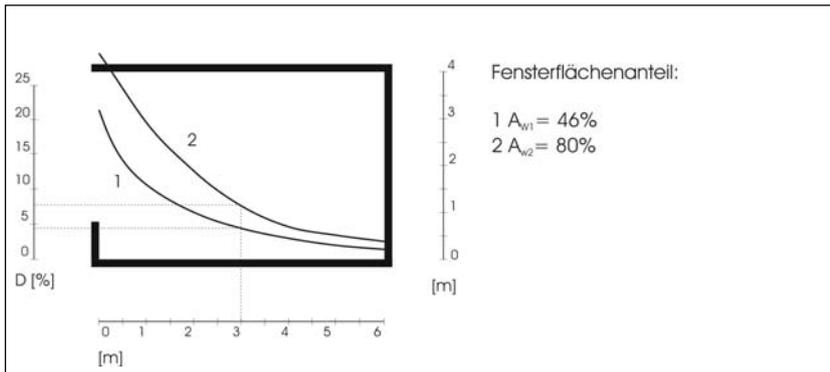
Wünschenswert für eine circadiane Wirkung beim Nutzer wären aber 1.000 lx und mehr, was ein  $D \geq 10\%$  erfordert. Für diese orientierende Bewertung mit Hilfe des Tageslichtquotienten muss aber angemerkt werden, dass die Beleuchtungsstärke auf der Netzhaut ausschlaggebend für die circadiane Wirkung ist, also eher die vertikale als die horizontale Beleuchtungsstärke.

Neben den schon angesprochenen effizienten Verbesserungsmöglichkeiten durch Höhe von Raum und Fenster, mehrseitiger Anordnung von Fenstern und Oberlichtern (siehe Bild 17 bis 20) können auch Maßnahmen zur Umlenkung des diffusen Lichts eingesetzt werden. Da die Leuchtdichte des gleichmäßig bedeckten Himmels im Zenit etwa dreimal so groß ist wie am Horizont, empfiehlt sich eine Umlenkung aus dem Zenitbereich in die Raumtiefe.

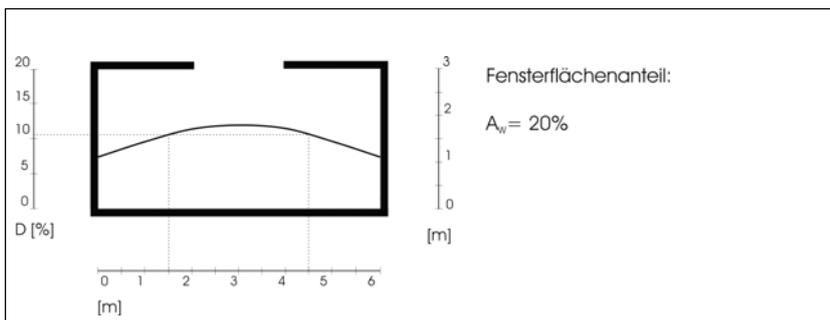
Geeignete technische Lösungen, wie Prismengläser oder Lichtschwerter, die eine gleichmäßigere Lichtverteilung in der Raumtiefe bewirken, sind u. a. in [10] dargestellt. Bild 20 zeigt allerdings am Beispiel eines opaken Lichtschwerts mit reflektierender Oberfläche, dass sich die Raumbelichtung bei bedecktem Himmel eher verschlechtert und sich nur bei Besonnung verbessert. Aufgrund des geringen Lichtangebots des bedeckten Himmels haben auch effizientere Umlenkmaßnahmen nur eine begrenzte Wirksamkeit.



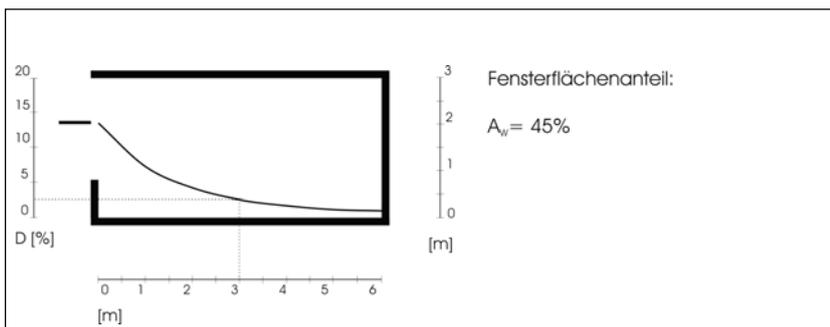
**Bild 17:**  
Tageslichtquotient  $D$  bei typischen Fenstergrößen und -anordnungen



**Bild 18:**  
Tageslichtquotient  $D$  bei größerer Raumhöhe



**Bild 19:**  
Tageslichtquotient  $D$  bei Beleuchtung über Oberlichter



**Bild 20:**  
Tageslichtquotient  $D$  bei Einsatz eines umlenkenden Lichtschwerts, das nur bei klarem Himmel eine Verbesserung bewirkt

## Klarer Himmel

Bei klarem Himmel sind aufgrund der höheren Außenbeleuchtungsstärken (15.000 - 100.000 lx) Beleuchtungsniveaus im Raum möglich, die für die circadiane Wirkung ausreichen. Allerdings erfordern die durch direktes Sonnenlicht verursachten hohen Leuchtdichten in der Regel einen Blendschutz und in der warmen Jahreszeit müs-

sen Sonnenschutzvorrichtungen gegen eine Raumüberhitzung eingesetzt werden. Solche Verschattungsvorrichtungen können den Raum so stark abdunkeln, dass die Helligkeit für den Biorhythmus nicht mehr reicht, häufig auch nicht mehr für die Sehaufgaben.

Um das Dilemma zu vermeiden, dass trotz hohen Tageslichtangebots die Raumhelligkeit unzureichend ist und oft sogar Kunstlicht eingeschaltet werden muss, wurden kombinierte Tageslicht-/ Verschattungssysteme entwickelt. Sie gewährleisten bei besonntem Fenster sowohl hohe Beleuchtungsniveaus im Raum als auch effektiven Blend- und Sonnenschutz.

Drei Prinziplösungen stehen zur Auswahl:

- Lichtstreuende Verschattung in Form eines Rollos, einer Markise oder eines Vorhanges, wobei der Schutz vor hohen solaren Wärmeein-

trägen eine Außenanordnung erfordert. Gegebenenfalls kann hier Blendung durch hohe Leuchtdichten auftreten.

- Durchlass von Diffuslicht und Abschirmung von direktem Sonnenlicht (z. B. durch Prismen- oder Spiegellamellen).
- Dosierter Durchlass und blendfreie Umlenkung von direktem Licht.

Messungen in unterschiedlichen Gebäuden [10] haben gezeigt, dass die letztgenannte Lösung mit Direktlichtumlenkung am effizientesten ist.

## Verschattungssysteme mit Sonnenlichtumlenkung

Bei der Umlenkung von direktem, d. h. intensivem und nahezu parallelem, Sonnenlicht ist die Verteilung von der Fassade in den Raum von entscheidender Bedeutung. Zur Vermeidung von Direktblendung und für die Gleichmäßigkeit der Raumausleuchtung sind die Anordnung der Umlenkvorrichtung im Fensterfeld sowie der Umlenkwinkel in vertikaler und horizontaler Richtung entscheidend. Häufig wird das Umlenkensystem in

einem relativ kleinen Fensterbereich über Augenhöhe eingebaut, um Blendung zu vermeiden. Wird eine größere Umlenkfläche mit Bereichen unter Augenhöhe verwendet, so muss die Umlenkung entweder für eine kleine, blendfreie Lichtdosis erfolgen oder steil nach oben gerichtet sein. Für die technische Ausführung kommen sowohl bewegliche Jalousiesysteme in Frage als auch starre Lichtlenkgläser.

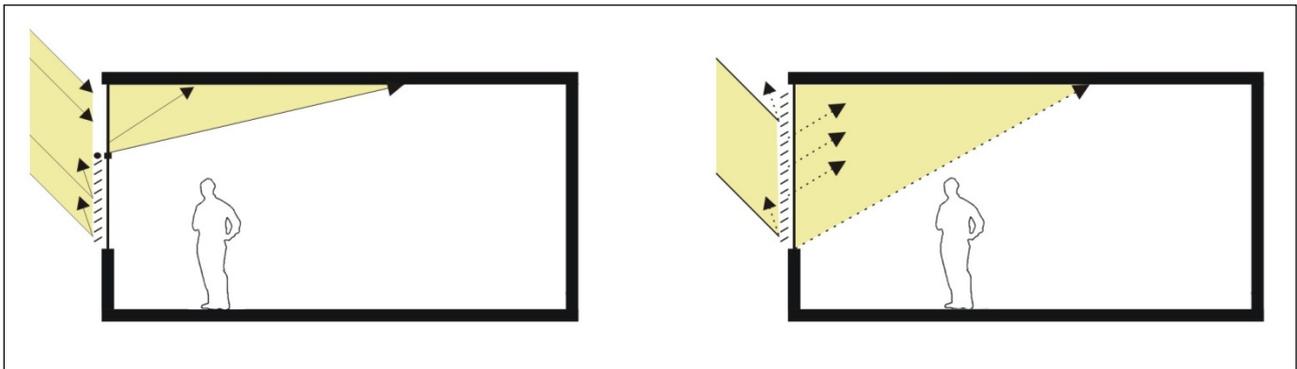


Bild 21: Anordnung der Lichtlenkung in der oberen oder der gesamten Fensterfläche

Die einfachsten Lösungen sind Jalousien, deren Lamellen im oberen Fensterbereich in einer Lichtlenkposition verharren, während sie im unteren Bereich beliebig geneigt oder ganz geschlossen werden können. Etwas aufwendiger wird diese Lösung, wenn die oberen Lamellen durch einen zweiten Antrieb dem Sonnenstand nachgeführt und in die optimale Umlenkposition bewegt werden können (Bild 21).

Über die ganze Fensterfläche angeordnete Lichtlenkjalousien (Bild 22) weisen Lamellen mit besonderen Profilierungen auf, die einen Teil des

Sonnenlichts in den Raum lenken, während der andere Teil nach außen reflektiert wird. Zur Vermeidung von Blendung müssen diese Jalousien kontinuierlich der Sonne nachgeführt werden. Um eine Beeinträchtigung der richtungsselektiven Reflexion durch Verschmutzung der Oberflächen zu vermeiden, werden diese Vorrichtungen im Scheibenzwischenraum der Verglasung oder raumseitig angeordnet. Um eine Effizienzminde- rung des Sonnenschutzes zu vermeiden, empfiehlt sich eine Kombination mit selektivem Sonnenschutzglas (d. h. große Lichttransmission und kleiner Gesamtenergiedurchlassgrad).

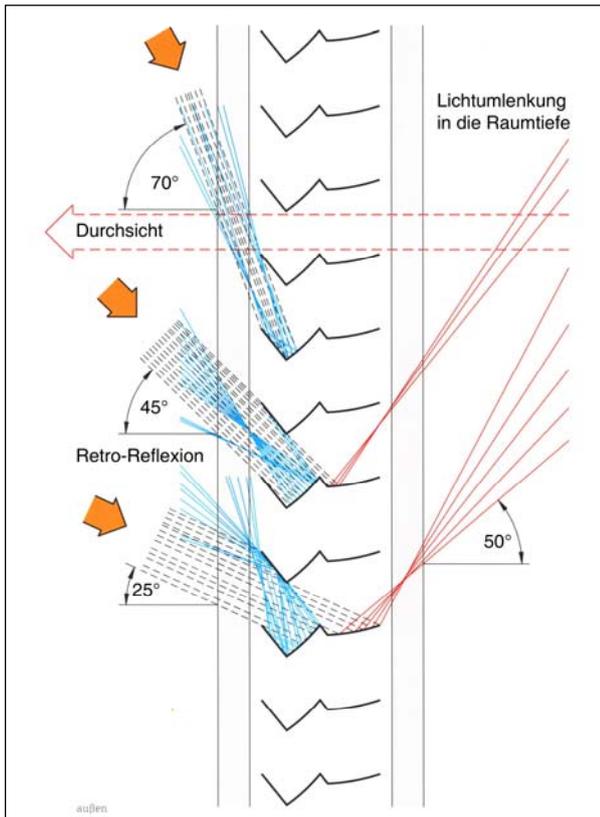


Bild 22:

Beispiel für Jalousie mit Spiegellamellen als Sonnenschutz und Sonnenlichtlenkung im Scheibenzwischenraum SZR [13]

Starre Lichtlenkgläser können das Licht aus allen Sonnenpositionen ohne Nachführung blendfrei in den Raum lenken. Sie werden aufgrund ihrer Effizienz in vergleichsweise kleinen Flächen im Oberlichtbereich angeordnet. Der darunter liegende Fensterbereich kann mit jeder beliebigen Verschattungsvorrichtung (Jalousie, Rollläden, Markise)

komplettiert werden. Die Umlenkung des Sonnenlichts erfolgt beim Lichtlenkglas vertikal (gegen die reflektierende Decke und in die Raumtiefe) und horizontal (parallel zu den Trennwänden), wobei eine geringfügige Streuung zur Vermeidung von harten Schlagschatten vorgenommen wird.

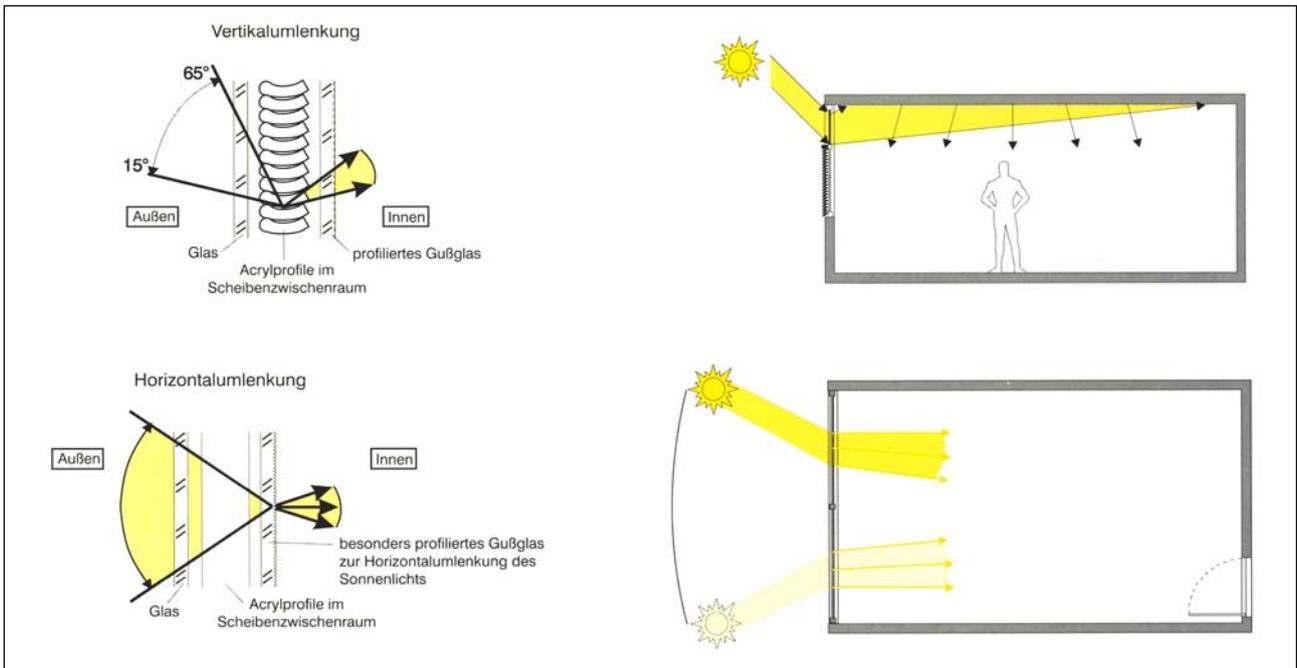
## Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine circadian wirksame Beleuchtung in Aufenthaltsräumen für ältere Menschen durch Tageslicht erfolgen sollte.

Der erforderliche Tageslichtquotient in Raummitte beträgt  $D \geq 10\%$ . Wesentlicher Gestaltungsparameter für eine tiefe Raumausleuchtung mit der notwendigen Helligkeit ist die Architektur mit Raumhöhe, Fenstergröße und Fensteranordnung. Dachfenster oder mehrseitige Seitenfenster, am besten mit deckengleichem Sturz, sind zielführende Lösungen.

Diese Empfehlungen gelten im Wesentlichen für den Fall des bedeckten Himmels, auf den sich die Mindestforderungen der Tageslichtnormung beziehen, welche aber für das Erzielen einer circadianen Wirkung unzureichend sind.

Für den Fall des klaren Himmels sind Blend- und Sonnenschutzvorrichtungen erforderlich, die einen Teil des Sonnenlichts in die Raumtiefe umlenken. Entsprechende Systeme sind in vielfältigen Ausführungen vorhanden. Der Einsatz kombinierter Sonnenschutz-/Tageslichtsysteme wie auch die architektonische Fenstergestaltung bedürfen in jedem Anwendungsfall einer angemessenen Tageslichtplanung.



**Bild 23:** Lichtlenkglas im Oberlichtbereich mit vertikaler und horizontaler Sonnenlicht-Umlenkung und Sonnenlicht-Aufweitung ohne bewegliche Teile [11]



**Bild 24:**  
Fenster mit lichtlenkendem Glas im oberen Bereich (Lumitop) und Sonnen-/ Blendschutz im unteren Bereich (Jalousie im Scheibenzwischenraum)  
Sonnenschutz komplett geschlossen



**Bild 25:**  
Gleiches System wie in Bild 24  
Sonnenschutz teilweise geschlossen (Cut-Off-Winkel mit Durchsicht bei Verschattung für direkte Strahlung)

## Anhang C: Sonnen- und Blendschutzsysteme

Dipl.-Ing. Clemens Schäfers

### Einleitung

Große Glas- und Fensterflächen charakterisieren die Architektur des 20. Jahrhunderts. Diese haben den Vorteil, dass sehr viel Tageslicht in den Innenraum gelangen kann. Gleichzeitig steigt dabei jedoch die Gefahr der Blendung und der übermäßigen Raumaufheizung.

So ist die Bedeutung der Regulierung von Licht und Klima in Gebäuden gestiegen. In allen besonnten Räume sind Sonnenschutzmaßnahmen notwendig. Dabei reichen die Möglichkeiten von außen- oder innenliegenden Lamellen- und Rollosystemen bis zu komplexen Tageslichtsystemen mit Lichtlenkung.

Tageslichtsysteme beeinflussen den thermischen Komfort und das Raumklima, indem sie den solaren Wärmeeintrag regulieren. In gekühlten Gebäuden kann dadurch die Energieeffizienz verbessert werden.

Bei Anwendung aller Systeme sollte auf direkte Sonneneinstrahlung allerdings nie völlig verzichtet werden.



*Bild 26:  
Sonnenschutz mit außenliegenden Lamellen*

### Anforderungen an den Architekten und den Planer

Die Anforderungen an den heutigen Sonnenschutz sind vielschichtig und anspruchsvoller geworden. Daher ist es schon in der Planungsphase sehr wichtig, detaillierte Produktinformationen zu erhalten. Ein guter Sonnenschutz erfüllt viele Funktionen gleichzeitig.

Die Tageslichtplanung (Tageslichtsimulation) muss in der frühen Entwurfsphase von Gebäuden anhand des Nutzungskonzepts bereits berücksichtigt werden. Vor dem Einsatz (Vorplanung) von Tageslichtsystemen ist eine ganzheitliche Beurteilung gewerkeübergreifend zu treffen. So

kann z. B. eine Klimaanlage überflüssig werden. Der Sonnenschutz sollte entsprechend der wechselnden Außenbedingungen funktionieren, so dass ein Maximum der Behaglichkeit der Nutzer und zugleich eine Minimierung des zur Aufrechterhaltung der Behaglichkeitsbedingungen notwendigen elektrischen und thermischen Energiebedarf erreicht werden.

Als Resultat tageslichttechnischer Planung sollten optimal beleuchtete Innenräume entstehen. Ein wichtiger Sekundäreffekt besteht im reduzierten Energieverbrauch der künstlichen Beleuchtung.

## Sonnenschutzvorrichtungen

Klassische Sonnenschutzvorrichtungen können sich an der Außenseite des Fensters (außenliegend) oder innenliegend befinden. Ebenso sind Systeme, die zwischen den Fensterscheiben angebracht sind, einsetzbar.

### Außenliegender Sonnenschutz

Außenliegende Sonnenschutzsysteme (z. B. Markisen oder Jalousien) schatten die Sonnenstrahlung bereits vor dem Fenster ab. Dadurch sind sie wirksamer gegen Wärmestrahlung als innenliegende Systeme. Das Öffnen der Fenster ist dabei ohne Einschränkung möglich. Bei der Verwendung von Markisen kann die Sichtverbindung nach außen eingeschränkt sein. Außenliegende Systeme sollten bereits bei der Bauplanung berücksichtigt werden.

### Innenliegender Sonnenschutz

Mit innenliegenden Systemen (Rollos, Lamellen) und den damit verbundenen thermischen und visuellen Stoffeigenschaften lässt sich die Sonneneinstrahlung reduzieren und ein gedämpftes Licht für eine dezente Raumatmosphäre schaffen.

Der mögliche Wärmeintrag ist höher als bei außenliegenden Systemen. Sie können auch noch nachträglich montiert werden. Auch Sonderformen zur Verschattung von Trapez- und Dreiecksfenstern stellen eine Problemlösungen für die moderne Glasarchitektur dar.

Bei Auswahl und Betrieb der Systeme ist darauf zu achten, dass die Sichtverbindung wenigstens teilweise noch erhalten bleibt. Das ist beispielsweise mit schräg gestellten Lamellen möglich (Bild 28).



Bild 27: Außenliegende Markisen



Bild 28: Innenliegende senkrechte Lamellen



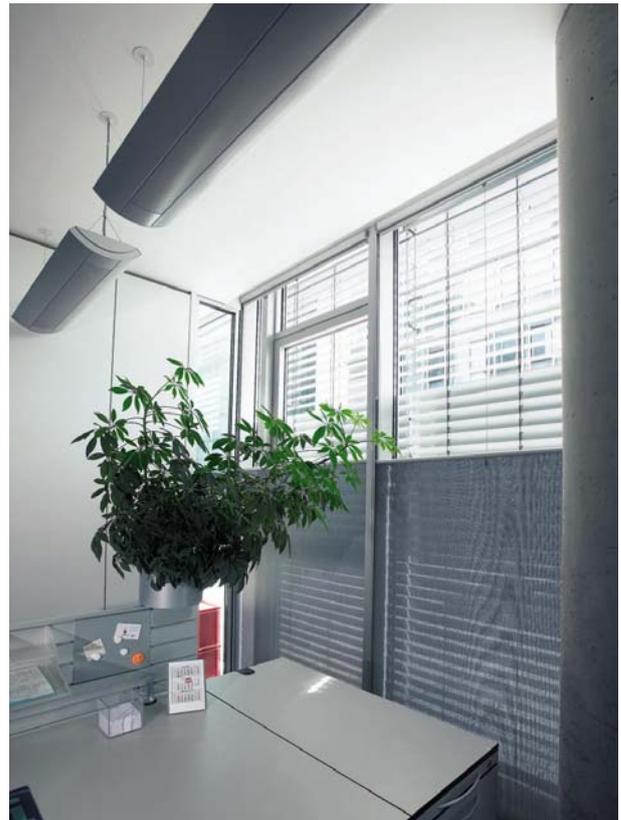
Bild 29: Innenliegende waagerechte Lamellen

## Sonnenschutz kombiniert mit Tageslichtlenkung

Die am häufigsten verwendeten Tageslichtsysteme, die neben der Transmission auch Lichtlenkung ermöglichen, sind horizontale innen- oder außenliegende Lamellensysteme. Hierbei werden die Lamellen dem Sonnenverlauf automatisch angepasst und kontrolliert nachgeführt. So wird die direkte Sonneneinstrahlung und Hitze (Cut-Off-Stellung) ausgesperrt und gleichzeitig der Raum mit diffusem Tageslicht versorgt (siehe auch Anhang B).

Zweiteilige Systeme haben im oberen Behangteil Lichtlenkelemente, die für ausreichende Beleuchtungsstärken sorgen. Der untere Teil dient dem Sonnenschutz und kann geschlossen werden.

Selektive Lamellen reflektieren nur das sichtbare Licht in den Raum. UV- und IR-Strahlung werden von der Lamelle absorbiert und als Wärme abgegeben. Diese langwellige Wärmestrahlung kann aber nicht durch die Verglasung ins Rauminnere gelangen.



*Bild 30: Zweiteilige Lamelle, der obere Bereich leitet Licht in den Innenraum*

## Zentrale und dezentrale Sonnenschutz-Steuerungssysteme

Moderne Sonnenschutz- und Tageslichtsysteme sowie Klimaanlage werden mittels zentraler Steuerungssysteme geregelt um ein gut temperiertes Klima zu erreichen. Unter Berücksichtigung der heutigen aktuellen Anforderungen an die Fassade können die vielfältigen Sonnenschutzaufgaben mit Gebäudeleittechnik gut aufeinander abgestimmt werden. In einem Gebäude müssen viele Funktionen koordiniert werden, um das ganze Jahr über ein gleichmäßiges und behagliches Klima zu erhalten.

Hier müssen Sonnenschutz-, Lüftung, Heizung, Kühlung und vieles mehr ineinander greifen, um auf die witterungsbedingten Einflüsse von außen zu reagieren. Eine BUS-basierte Zentralsteuerung kann alle relevanten elektrischen Verbraucher steuern.

Je nachdem wie der Nutzer dezentral den Sonnenschutz bedient, kann er Schutz vor Überhit-

zung des Raums bieten oder die Nutzung von solaren Wärmegegewinnen im Frühjahr und Herbst ermöglichen.

Bei den dezentralen örtlichen manuellen Bedienelementen gibt es:

- herkömmliche Jalousietaster oder Jalousieschalter
- BUS-gesteuerte Jalousietaster
- Fernbedienung durch Hand- oder Wandsender bzw. Mehrkanal-Funksystem,
- Funk-Zeitschaltuhr
- Bidirektionale Funksysteme
- Multifunktionale Bediengeräte für verschiedene BUS-Systeme.

Alle Produkte müssen untereinander vollständig kompatibel und beliebig kombinierbar sein.

## Literatur

- [1] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Demografischer Wandel in Deutschland - Bevölkerungs- und 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, Tagungsband 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 Berlin
- [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-ergebaut.de/lbo/VTMB100.pdf>
- [7] Klingenberg, H., Seidl, M.: Forderungen an Abstandsflächen und Fenster 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, Forschungsbericht, 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, M., Schuster, H., Soyulu, I.: Sonnenschutz und Tageslicht in Büroräumen, in: Bauphysik-Kalender 2005, Hrsg. E. Czielski, Ernst & Sohn, Berlin.
- [12] H. Müller, H. Schuster, C. Dittmar, M. Oetzel, S. Jellinghaus, J. Göttische, A. Delahaye, K. Schwarzer: Abschlussbericht Verbundprojekt: Licht in Büroräumen
- [13] Köster, H.: Tageslichtdynamische Architektur – Grundlagen , Systeme, Projekte; Birkhäuser-Verlag, Basel/Boston/Berlin (2004)
- [14] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.): Tageslicht am Arbeitsplatz – leistungsfördernd und gesund. BGI/GUV-I 7007, Februar 2009
- [15] DIN EN 12464-1: Beleuchtung von Arbeitsstätten
- [16] Licht + Farbe Wohnqualität für ältere Menschen, herausgegeben vom Kuratorium Deutsche Altershilfe ISBN 978-3-940054-12-8 zu beziehen bei [www.kda.de](http://www.kda.de)
- [17] VDI 6008, Blatt 1: Barrierefreie Lebensräume – Anforderungen an die Elektro- und Fördertechnik, August 2005
- [18] VDI 6011, Blätter 1-3: Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung, 2002-2006
- [19] ISO/TR 22411: Ergonomische Daten und Leitlinien für die Anwendung des ISO/IEC Guide 71 in Produkt- und Dienstleistungsnormen zur Berücksichtigung der Belange älterer und behinderter Menschen, September 2008

## Weiterführende Informationen

FiTLicht e. V. Fördergemeinschaft Innovative Tageslichtnutzung <http://www.fitlicht.de>

LiTG e. V. Deutsche Lichttechnische Gesellschaft <http://www.litg.de>

Kuratorium Deutsche Altershilfe, Wilhelmine-Lübke-Stiftung e.V.: <http://www.kda.de>