

Tageslichtnutzung – Hemmnisse und Möglichkeiten

Heide G. Schuster, Lehrstuhl für Klimagerechte Architektur, Universität Dortmund, Baroper Strasse 301, D- 44227 Dortmund, Fon 0049 (0) 231 755 6034, Fax 0049 (0) 231 755 5423, Email heide.schuster@uni-dortmund.de

Abstrakt

Für das „Funktionieren“ eines Gebäudes sind unterschiedliche Maßnahmen erforderlich, die zum Teil widersprüchliche Anforderungen haben. Der Sonnenschutz soll primär die Überhitzung von Gebäuden gewährleisten, dem entgegen steht der Wunsch nach dem Ausblick sowie das Ziel, den Einsatz von Kunstlicht durch gute Tageslichtnutzung weitgehend zu minimieren. Die in den gesetzlichen Regelungen enthaltenen Forderungen lassen die Resultate bei aktivem Sonnen- und Blendschutz meist außen vor. Eine gute Tageslichtplanung jedoch verlangt die Auseinandersetzung mit dem Klima und den Gegebenheiten vor Ort sowie der Nutzung im Gebäude, um den Energieverbrauch für Beleuchtung so weit wie möglich zu reduzieren. Daneben spielt die Nutzerakzeptanz eine wesentliche Rolle. Das Paper diskutiert Möglichkeiten und Hemmnisse der Tageslichtnutzung und fasst dies anhand vergleichender Bewertungen zusammen.

1 Hintergrund

Historisch gesehen war das Wissen um die Tageslichtnutzung in Gebäuden eine Notwendigkeit, um Innenräume beleuchten zu können. Tageslicht machte die Funktion eines Gebäudes notwendig. Schon Vitruvius diskutierte dies in seinen „Zehn Büchern über Architektur“ [VIT] und gab Hinweise sowohl auf die Bauweise von Gebäuden in unterschiedlichen Klimazonen, aber auch auf die Zuordnung von Räumen innerhalb des Bauwerkes. Die Erfindung des Kunstlichtes machte die Nutzung von Tageslicht überflüssig. Große Raumtiefen und sogar fensterlose Gebäude konnten realisiert werden. Das Kunstlicht versprach eine konstante, sich nie ändernde Beleuchtung, die völlig unabhängig von der Außenwelt realisiert werden konnte.

Heute, auch mit ausgelöst durch die Energiekrise in den 70er Jahren, befasst man sich wieder vermehrt mit der Tageslichtnutzung in Gebäuden. Der hohe Energieverbrauch für künstliche Beleuchtung und Kühlung, insbesondere in Bürogebäuden, sowie die fehlende Nutzerakzeptanz in weitgehend nur durch Kunstlicht zu nutzenden Räumen [CAK] und die zum Teil negativen Auswirkungen auf die Gesundheit, führt zu größerer Aufmerksamkeit. Insbesondere in den letzten 15 Jahren wurde eine Vielzahl von Systemen für Sonnenschutz und Lichtlenkung entwickelt und diese hinsichtlich ihrer verbesserten Nutzung des Tageslichtes analysiert [u.a. IEA]. In der Realität der Gebäudeplanung fällt die Integration jedoch häufig einem engen ökonomischen Rahmen und einer kurzfristig gedachten Nutzungsphilosophie („Investorenprojekte“) zugunsten konventioneller Sonnenschutzsysteme zum Opfer.

Die fehlende Integration von Tageslicht in die Planung und Realisierung von Gebäuden wird beeinflusst von unterschiedliche Faktoren; zum einen wird Tageslicht in seiner Wichtigkeit für die Nutzung eines Gebäudes meist nur als „Nebeneffekt“ gesehen, nicht als notwendiges Planungskriterium, bedingt auch durch die geltenden Vorschriften, die weitgehend für Kunstlicht ausgelegt sind. Zum anderen bildet die Tageslichtplanung auch in der Ausbildung von Planern meist nur ein nebensächliches Kriterium und wird insbesondere in der Architektur häufig nicht als gesondertes Gebiet gelehrt. In den letzten Jahren ändert sich dies durch die vermehrte Schaffung von entsprechenden Lehrstühlen an den Universitäten und anderen Ausbildungseinrichtungen zum Positiven. Ein dritter hemmender Faktor besteht darin, dass die Auswirkungen des Tageslichtes auf den Menschen nur unzureichend bekannt sind. Natürlich befassen sich Spezialisten aus Medizin, Arbeitswissenschaft und Lichttechnik mit den Wirkungsweisen von Licht - wissenschaftliche Untersuchungen werden jedoch häufig unter Kunstlichtbedingungen im Labor durchgeführt, das Tageslicht bleibt aufgrund der ständig wechselnden Bedingungen häufig unterrepräsentiert - die breite Palette der Planer jedoch bleibt meist ein Laie auf diesem Gebiet. Um kurzfristige ökonomisch fokussierte Projekte zu vermeiden, müssten insbesondere für Investoren und planende Ingenieure Informationen bereitgestellt werden, die die Auswirkungen guter und schlechter Tageslichtplanung auch monitär gegenüberstellen.

2 Rahmenbedingungen

Die aktuellen Rahmenbedingungen schreiben Mindestabstandsflächen, Mindestfenstergrößen, den mindestens zu erreichenden Tageslichtquotienten und Mindestbeleuchtungsstärken für Arbeitsplätze für die Kunstlichtplanung vor [u.a. DIN EN 12464]. Zudem gibt es Maximalwerte für die Blendungsbegrenzung und allgemeine Aussagen zur erzeugten Lichtqualität [VDI]. Was nur meist unscharf formuliert wird sind die Anforderungen an das Tageslicht, insbesondere an die Qualität der mit aktivem Sonnenschutz erreichten Raumhelligkeiten. Nach wie vor wird davon ausgegangen, dass bei ungenügendem Tageslicht das Kunstlicht einen guten Ersatz bildet. Dass jedoch Kunstlichtquellen sogar negative Auswirkungen auf Büronutzer haben können (Gesundheit, Wohlbefinden, Leistung), haben verschiedenste Untersuchungen [u.a. CAK; CHR; KÜL; HMG] immer wieder gezeigt.

Alles in allem wird die Qualität von Licht zurzeit über die Anforderungen an das visuelle System, also an die Sehaufgaben angelehnt vorgegeben. Die circadiane Wirkung, also die Wirkung des Tageslichtes auf den natürlichen biologischen Rhythmus des Menschen, wurde bisher nicht in geltende Regelwerke aufgenommen, da erst vor wenigen Jahren der entsprechende Rezeptor auf der Retina gefunden, wenn auch schon lange zuvor vermutet wurde [BRA, REA]. Seitdem gibt es erste Ansätze zur Bewertung der circadianen Wirkung auf den Menschen [GAL] mit der Schaffung eines circadianen Wirkungsfaktors. Er ist vor allem abhängig von der spektralen Verteilung des Lichtes. So hätte eine künstliche Lichtquelle (z.B. eine Glühlampe) nur etwa 40% an Wirkung dessen was Tageslicht zu leisten vermag. Diese Art von Bewertung wird hoffentlich bald Einzug in geltende Regelwerke haben und somit klar dem Tageslicht den Vorzug geben.

3 Gebäudeplanung

Die Tageslichtplanung ist von vielfältigen Faktoren abhängig, angefangen vom Klima, der Positionierung eines Gebäudes in das gebaute Umfeld des städtebaulichen Rahmens und der Nutzung von Räumen innerhalb des Gebäudes. *Abbildung 1* zeigt ein innerstädtisches Gebiet in der chinesischen Stadt Shenzhen, bei dem alle Kriterien der Beleuchtung und Belüftung von Gebäuden negiert wurden. Soweit bekannt wurde dieses Gebiet mittlerweile abgerissen.



Abbildung 1: Innerstädtisches Gebiet der chinesischen Stadt Shenzhen, 2001

Die Ausbildung der Fassade eines Gebäudes ist ein weiterer wichtiger Punkt für die resultierende Tageslichtnutzung. Meist beruht die Planung allerdings mehr auf gestalterischen denn auf nutzungsbezogenen Aspekten. Dass das verwendete System zudem einen großen Einfluss auf die Wirkung im Innenraum hat zeigt *Abbildung 2* anhand von zeitnah aufgenommenen Leuchtdichte Bildern unterschiedlicher Sonnenschutz- und Lichtlenksysteme und *Abbildung 3* anhand von Tageslichtsimulationen verschiedener Systeme in einer typischen Kombizone eines Büros.

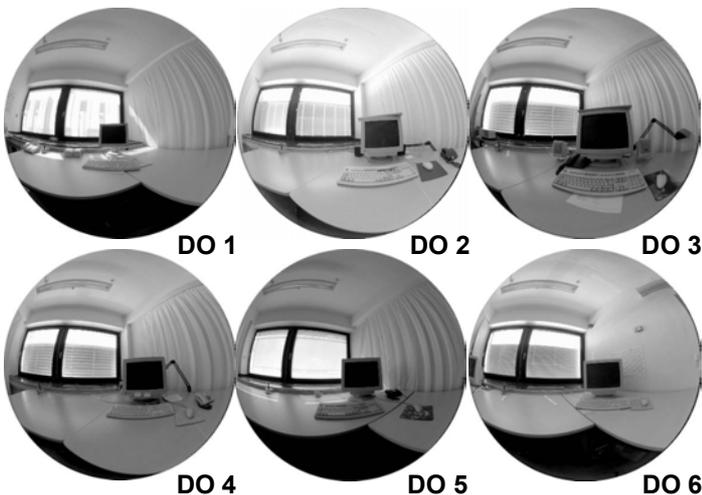


Abbildung 2: Vergleichende Leuchtdichte aufnahmen aus Testräumen der Universität Dortmund mit sechs unterschiedlichen Sonnenschutz- und Lichtlenksystemen [MÜL a]



Abbildung 3: Tageslichtsimulation eines konventionellen Sonnenschutzes im Vergleich mit einem Lichtlenksystem in der Kombizone eines typischen Bürogebäudes [EME]

Die Abstimmung von Raumboflächen mit dem Tageslichtsystem ist ein weiteres Planungskriterium. Lichtlenkelemente verlangen eine glatte möglichst helle Oberfläche, insgesamt wird ein Raum bei gleich bleibenden Beleuchtungsstärken mit hellen Oberflächen eher auch als hell bezeichnet. Dabei spielt auch die Art der Beleuchtung eine große Rolle, denn die Wahrnehmung eines Nutzers ist grundsätzlich verbunden mit der Lichtverteilung im Raum, nicht etwa mit der absoluten Beleuchtungsstärke. Ein hoher Indirektanteil führt zu besserem Helligkeitsempfinden [DIA; FLE], punktuelle direkte Beleuchtung kann einem Raum Schwerpunkte verleihen und ihn damit für den Betrachter interessant machen und die Aufmerksamkeit erhöhen.

Insgesamt ist das Produkt der Tageslichtnutzung immer als ein Produkt der drei Komponenten Außenbedingungen, Fassadengestaltung und Innenraum (Abbildung 4) zu sehen.

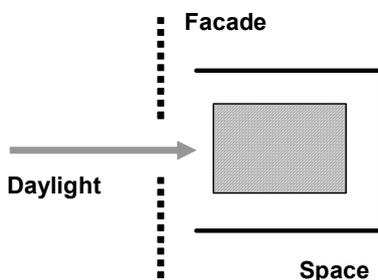


Abbildung 4: Die drei Komponenten des Produktes Tageslichtnutzung [SCH]

4 Energieeffizienz

Ein Sonnenschutzsystem hat grundsätzlich thermische und visuelle Aufgaben, also Versorgungsfunktionen durch Licht und Wärme aber auch Schutzfunktionen vor Überhitzung und Blendung zu erfüllen. Neben der reinen thermischen und reinen lichttechnischen Betrachtung von Tageslichtsystemen spielt vor allem das Zusammenwirken beider Komponenten bezogen auf den späteren Energieverbrauch eines Gebäudes eine große Rolle. An der Universität Dortmund wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes sechs unterschiedliche Fassadensysteme lichttechnisch vermessen [MÜL a]. *Abbildung 5* zeigt einen Vergleich der Überschreitung von Beleuchtungsstärken in der Arbeitsebene bei aktiven Systemen (geschlossener Zustand) und sonnigen Verhältnissen über einen typischen Ar-

beitstag im Sommer auf (konventioneller Außenraffstore, Lichtlenkglas, Tageslichtoptimierte Jalousie).

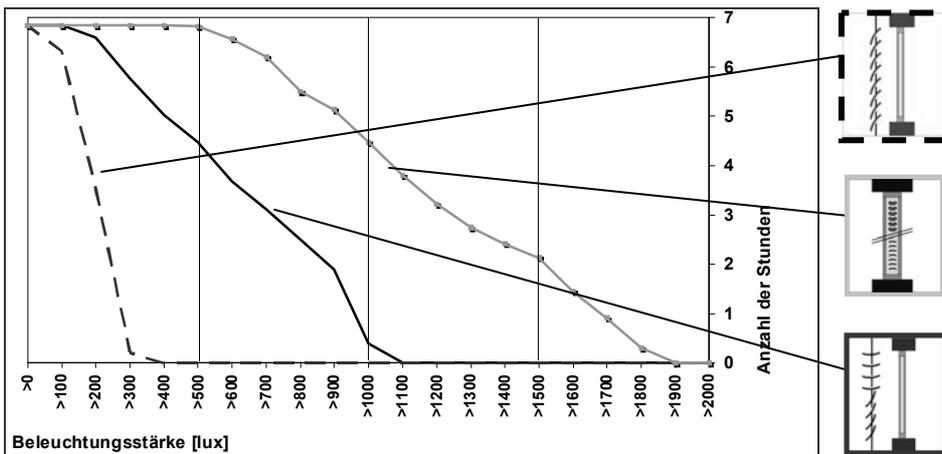


Abbildung 5: Überschreitung von Beleuchtungsstärken in Raummitte über einen sonnigen Sommertag [MÜL a]

Deutlich wird hier, dass ein konventionelles System bei geschlossenem Zustand kaum die für das Sehen notwendigen Beleuchtungsstärken am Arbeitsplatz liefern kann, geschweige denn die für den circadianen Rhythmus erforderlichen höheren Werte [u.a. BOM]. Über diese Messungen hinausgehend wurden Studien zur lichttechnischen und zur thermischen Bilanzierung dreier Systeme und dreier Fassadentypen durchgeführt [MÜL b]. Ziel war, die Abhängigkeiten zwischen Licht und thermischen Aspekten hinsichtlich der Auswirkungen auf den Energieverbrauch zu analysieren. Aus den lichttechnischen Analysen ergaben sich die in *Abbildung 6* gezeigten Ergebnisse (Standard- Kombibüro mit einer Lochfassade mit konventioneller Außenjalousie, Lichtlenkjalousie mit konkaven Lamellen, Lichtlenkglas im Scheibenzwischenraum in Kombination mit einer im SZR liegenden Jalousie).

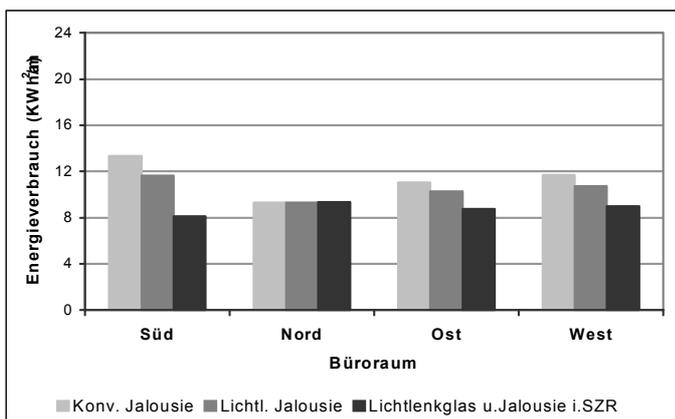


Abbildung 6: Der jährliche Energiebedarf für künstliche Beleuchtung dreier Systeme für unterschiedliche Orientierungen von Büroräumen

Die Untersuchungen wurden mit dem Lichtsimulationsprogramm Radiance [RAD] und Si-view [SIV] und einem an der Universität Dortmund entwickelten Berechnungsmodul für Lichtlenkglas [EGG] durchgeführt.

Thermische Untersuchungen (durchgeführt mit TRNSYS) mit exakt den gleichen Randparametern wurden in Abhängigkeit des Sonneneinfallswinkels und auf Basis des Testrefe-

renzjahres berechnet und zeigen, dass zwar der Anteil an Energie für Beleuchtung bei größeren Glasanteilen der Fassade sinkt, jedoch der Anteil an Energie für Heizung und Kühlung zunimmt (Abbildung 7), und dies bei allen drei eingesetzten Systemen.

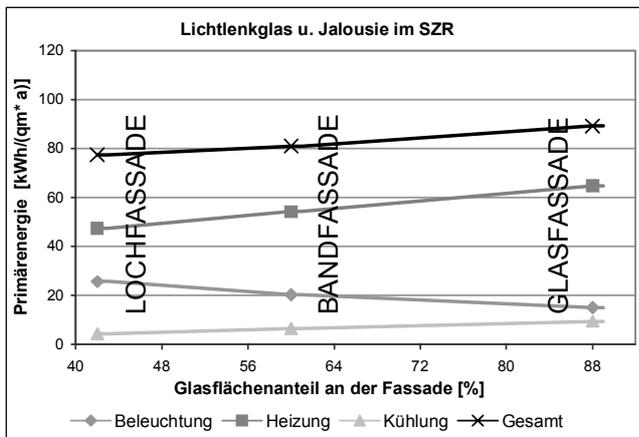


Abbildung 7: Jährlicher Primärenergiebedarf für künstliche Beleuchtung, Heizung und Kühlung bei unterschiedlichen Glasanteilen einer Fassade [MÜL b]

Bezogen auf Überheizungsstunden im Jahr schneidet das Lichtlenkglas im Scheibenzwischenraum naturgemäß bezogen auf einen Südraum etwas schlechter ab als die außen liegenden Systemen. Dies jedoch relativiert sich bei Betrachtung des gesamten Kombibüros aufgrund der besseren Lichtverhältnisse durch dieses System und bei Betrachtung des steigenden Glasanteiles.

Zusammenfassend zeigt sich, dass der geringste Gesamtprimärenergiebedarf pro Jahr für die Lochfassade und speziell mit eingesetztem Lichtlenkglas am geringsten ist, die negativen Aspekte des geringern g-Wertes des im Scheibenzwischenraum Systems also durch die wesentlich bessere Tageslichtausbeute deutlich kompensiert wird (Abbildung 8).

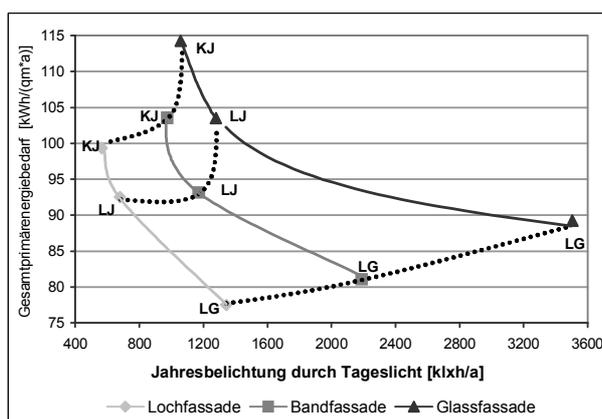


Abbildung 8: Jährlicher Gesamtprimärenergiebedarf über der Tageslichtautonomie bei unterschiedlichen Glasanteilen einer Fassade und unterschiedlichen Systemen [MÜL b]

5 Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt zeigen die hier angesprochenen Themen rund um die Tageslichtversorgung in Gebäuden eine Notwendigkeit auf, insbesondere die Abhängigkeiten von lichttechnischen,

thermischen und psychologischen Planungsparametern weiter zu untersuchen. Die Planung bedingt also mehr als nur eine Disziplin, sie benötigt vielmehr ein interdisziplinäres Planungsteam, welches von Beginn an alle Aspekte der Gebäudeplanung und der späteren Nutzung integrieren kann. Basierend auf den hier vorgestellten Ergebnissen verschiedener Studien wird deutlich, dass in Zukunft mehr Wert auf die Beeinflussung der Planungsparameter untereinander gelegt werden muss, in der Forschung aber auch später in der Anwendung und Realisierung. Wichtige Schritte hierzu sind die Weiterentwicklung von modernen Berechnungstools zur Simulation von lichttechnischen und thermischen Gegebenheiten in Abhängigkeit von Ort, Raum und Sonnenständen und die Integration der Nutzerakzeptanz, die nicht, wie in der Praxis häufig verwendet, 500 Lux am Arbeitsplatz als das Optimum verstehen [LAN]. Studien in realen Gebäuden geben zudem mehr Aufschluss über die tatsächlichen Verhaltensweisen der Nutzer und der Auswirkungen auf die Energiebilanz eines Gebäudes. Die hier gezeigten Ergebnisse verschiedener Arbeiten führen zu dem Schluss, dass innovative Tageslichtsysteme zur Reduktion des Energieverbrauches beitragen können, und dies die höheren Investitionskosten durchaus kompensieren kann. Dabei kommt dem Aspekt der Informationsverbreitung sowohl der Planungsparameter, angefangen vom Städtebau bis hin zum Gebäudeentwurf und den genannten interdisziplinären Abhängigkeiten eine besondere Aufgabe zu.

Literatur

- [BOM] van Bommel, Ir W J M; Ir G J van den Beld. Lighting for Work: Visual and biological Effects. Philips Lighting, The Netherlands. 2003.
- [BRA] Brainhard, G.C., J.P. Hanifin: Action Spectrum for Melatonin Suppression: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor in the human Eye, in Biological Effects of Light 2001. Boston Massachusetts, Kluwer Academic Publishers. (2002)
- [CAK] Cakir, A.: Licht und Gesundheit - Gesundheits- und Befindlichkeitsstörungen bei der Büro- und Bildschirmarbeit. Eine Untersuchung zum Stand der Beleuchtungstechnik in deutschen Büros. Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung Forschungsgesellschaft mbH. 1990, 1994, 1998.
- [CHR] Christoffersen, J., Petersen, E., Johnsen, K., Valbjørn, O. and Hygge: Windows and daylight – a field study in office buildings. SBI Report 318. Danish Building Research Institute.S. 1999
- [DIA] Licht und Mensch. Ergebnisse eines Experiments. DIAL GmbH Lüdenscheid. 2003
- [DIN EN 12464] "Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten", Teil 1 Arbeitstätten in Innenräumen. 2004
- [EGG] Eggenstein, F.: Simulation des optischen Verhaltens von Tageslichtsystemen; Diplomarbeit an der Universität Dortmund, Lehrstuhl für klimagerechte Architektur; April 2002
- [EME] Emmembolu, A. Vergleichende Untersuchungen zum Aufbau von innovativen Fassaden im Hinblick auf eine optimierte Tageslichtnutzung in Büroräumen. Diploma thesis. Dortmund 2004
- [FLE] Fleischer, S.: Die psychologische Wirkung veränderter Kunstlichtsituationen auf den Menschen, Dissertation ETH Zürich, 2001
- [GAL] Gall, D.; Vandahl, C; Bieske, K.; Schmidt, A.; Hermann, R.; Blankenhagen, C.: Die Ermittlung von Licht- und Farbfeldgrößen zur Bestimmung der spektralen Wirkung des Lichtes. Tagung LICHT Dortmund, 2004
- [HMG] Hescong Mahone Group: Skylighting and retail sales. An Investigation into the relationship between Daylighting and Human Performance. REPORT August 1999. Pacific Gas and Electric Company
- [IEA] IEA International Energy Agency: Daylight in Buildings, A Source Book on Daylighting and Systems and Components. A Report of IEA SHC Task 21, 2000

- [KÜL] Küller, R., Lindsten, C. Health and behavior of children in classrooms with and without windows. Journal of Environmental Psychology 12, (1992), S. 305 – 317
- [LAN] Lange (Hrsg.): Handbuch der Beleuchtung. Ecomed Verlag
- [MÜL a] Müller, H.; Schuster, H; Schwarzer, K; Jellinghaus, S.; e.a.: Abschlussbericht über das Forschungsvorhaben: Verbund: Licht in Büroräumen –Sonnenschutz; Vergleich innovativer Fassaden; Elektrochrome Lichtlenkende Fassade, Dortmund, Jülich, 2004
- [MÜL b] Müller, H., Schuster, H., Oetzel, M., Emembolu, A., Soylu, I.: Bauphysik-Kalender 2005: Beitrag "Sonnenschutz und Tageslichtbeleuchtung in Büroräumen", Ernst u. Sohn Verlag 2005
- [RAD] Radiance: Lawrence Berkeley National Laboratory: Radiance 2.3, Synthetic Imaging system, Berkeley 1996
- [REA] Rea, M.S.: Licht – Mehr als nur Sehen, Lighting Researchcenter, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, USA, (<http://www.lrc.edu/programs/lightHealth/pdf/moreThanVision.pdf>)
- [SCH] Schuster, H.: User Acceptance Studies as a Measure for the Use of Daylighting and Shading Devices. Tagungsband PLEA 2003. Santiago de Chile
- [SIV] Siteco Beleuchtungstechnik GmbH: Siview- Referenzhandbuch; Lichtsimulationsprogramm Siview Version 6.0 Beta, Traunreut 1999
- [TRY] TRNSYS: A Transient System Simulation Program, Version 15.0. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 2000
- [VDI] VDI 6011: Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung. Beuth Verlag Berlin 2003
- [VIT] Vitruvius Pollio, Marcus: zehn Bücher über Architektur. Übersetzt und erläutert von Jakob Prestel. Verlag Heitz GmbH, Baden-Baden, 1959