

Tageslichtsimulationen im Spagat zwischen wissenschaftlichem Anspruch und Planungspraxis

Jan Wienold, Tilmann Kuhn, Christian Reetz
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Heidenhofstr. 2
79110 Freiburg

Tel.: 0761 / 4588 - 5133, Fax.: - 9133
email: wienold@ise.fhg.de

1. Einleitung

Tageslichtaspekte fanden in den vergangenen Jahren mehr und mehr Berücksichtigung bei der Gebäudeplanung. Trotzdem ist die Tageslichtplanung nach wie vor nicht so fest im Planungsprozess verankert, wie dies für andere Arbeitsgebiete üblich ist. Dies hat mehrere Gründe: Zum einen existiert derzeit keine Fachplaneraufgabe „Tageslichtplanung“ wie dies z.B. für die TGA-Planung der Fall ist. Meist wird diese Aufgabe vom Architekten wahrgenommen. Andererseits liegen die wichtigsten Vorteile einer verstärkten Tageslichtnutzung schwerpunktmäßig im Bereich Komforterhöhung. Die monetären Auswirkungen der eingesparten Kunstlichtenergie sind bei den derzeitigen Strompreisen eher als gering anzusehen. Ebenso können durch eine gute Planung keine investiven Einsparungen erzielt werden, weil die elektrische Beleuchtung ohne Tageslichteinfluss ausgelegt werden muss.

Trotzdem ist diese planerische Geringschätzung von Tageslicht nicht verständlich, denn die Komfortverbesserungen durch verbesserte Lichtverhältnisse führen zu Steigerungen der Arbeitsmotivation und besser Leistungsfähigkeit der Personen am Arbeitsplatz [Witting1998]. Außerdem sollte man bedenken, dass eine Kältemaschine, die zu Kühlzwecken am Arbeitsplatz eingesetzt wird, auch „nur“ zur Komforterhöhung (Temperatur) eingesetzt wird. Für diese Art der Komforterhöhung besteht allerdings eine wesentlich höhere Bereitschaft investive Mehrkosten in Kauf zu nehmen als für besseren visuellen Komfort.

Für eine effiziente und sichere Vorhersage der Tageslichtverhältnisse wurden in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Berechnungs- und Prüfmethoden entwickelt. Anhand der Erfahrungen aus Planungsdienstleistungen des Fraunhofer ISE für konkrete Bauvorhaben zeigt dieser Beitrag die Möglichkeiten einer modernen Tageslichtplanung auf und stellt aktuelle Forschungsschwerpunkte im Bereich Tageslicht vor.

2. Planungsziele

Aus der Erfahrung aus vielen Planungsprojekten ist eines der wichtigsten Planungsziele bei allen Bauvorhaben die Einhaltung der **Kostenziele**. Der Bereich Sonnenschutz/Blendschutz und elektrische Beleuchtung sind zeitlich eine der letzten Gewerke, die ausgeschrieben werden. Traten in anderen Gewerken Kostenüberschreitungen auf, dann wird häufig in den noch nicht vergebenen Gewerken der Rotstift angesetzt. Wurden in der Vorplanung modernste Technik und ausgeklügelte Tageslichtsysteme eingeplant, so kann es deswegen passieren, dass bei der Ausführungsplanung eine Reduktion auf minimale Ziele erfolgt. Ebenso sind in der Vergangenheit die Vorteile verschiedener Alternativen nicht eindeutig vermittelbar gewesen, da die vorhandenen Planungstools mit neuen Systemen überfordert sind und ganzjährige Betrachtungen nicht korrekt durchgeführt werden konnten. Hierzu arbeitet das Fraunhofer ISE gezielt an der Verbesserung von Planungswerkzeugen (siehe Abschnitt 2.2 und Abschnitt 3). Egal ob Rotstift oder nicht, der Planer muss die **Tageslichtversorgung** und die **Leuchtdichtereduktion** an der Fassade näher untersuchen. Denn die Minimalanforderung in

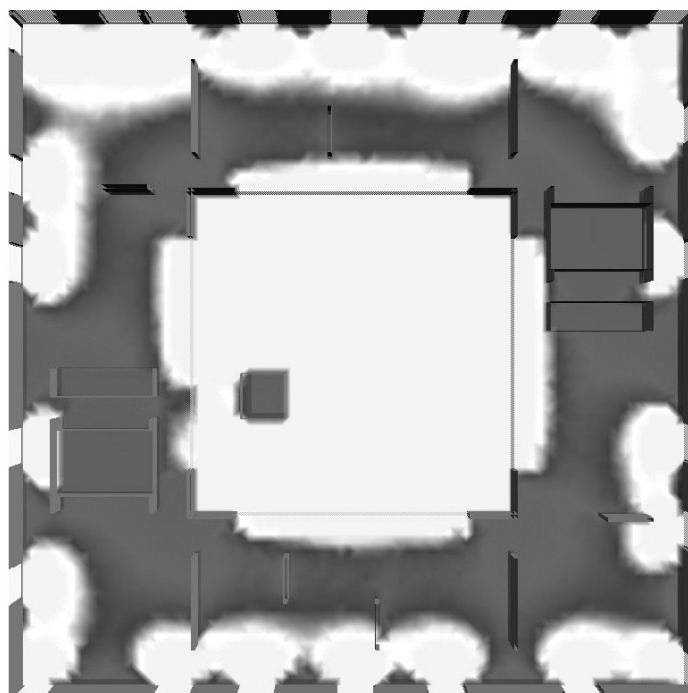
der Planung lautet „**Einhaltung der minimalen TQ-Anforderung nach DIN5034**“ und „**Einhaltung der Bildschirmarbeitsplatzverordnung**“.

2.1 Tageslichtversorgung

a) Tageslichtquotient

Wir verstehen eine gute TQ-Verteilung als Einstieg in die Planung. Diese sollte die Mindestanforderung nach DIN 5034 (0,9% in halber Raumtiefe) deutlich überschreiten (Zielwert TQ: 2-3%). Allerdings kann mit dem TQ definitionsgemäß nur Situationen bei bedecktem Himmel (ca. 50-60% aller Fälle) zufriedenstellend bewertet werden. Im sonnigen oder wolkigen Falle sind Sonnenschutz- und Blendschutzsysteme und deren Regelung (+ Nutzereingriff) zu berücksichtigen, welches mit dem TQ nicht möglich ist. Für die Bewertung auch dieser Fälle ist die Berechnung der Tageslichtautonomie notwendig (siehe Abschnitt 2.2).

Für komplexe Geometrien eignen sich einfache Berechnungsverfahren oder Simulationsprogramme nicht mehr, um den TQ verlässlich zu berechnen. Hierzu muss auf leistungsfähige Simulationstools wie z.B. RADIANCE zurückgegriffen werden, die keine Einschränkungen bezüglich Geometrien aufweisen. In nachfolgendem Bild ist beispielhaft die TQ-Verteilung eines Großraumbüros dargestellt, welches durch seitliche Fenster und durch ein Atrium belichtet wird. In diesem Beispiel wird der häufig auftretende planerische Zwiespalt besonders gut deutlich: Die vom Bauherrn geforderten großen Räume ergaben relativ große Raumtiefen (Abstand Fenster-Atrium 9?? m). Gleichzeitig wollte der Architekt aus gestalterischen Gründen eine Sichtbetondecke ausführen. Aus sommerlichen Überhitzungsgründen sollten die Fensterflächen so klein wie möglich gehalten werden. Unter diesen Randbedingungen war eine gute Tageslichtplanung ein Herausforderung für uns.



TQ [%]
3
1.5
0

Mit unseren Planungs-
tools untersuchten und
bewerteten wir
verschiedene Varianten
(u.a. Teilbereiche
der Decke sehr hell
($R > 80\%$), andere
Deckenbereiche als
Sichtbeton). Als opti-
mierte Variante wurde
die Arbeitszone (Beginn
in ca. 2m Abstand zur
Fassade und zum
Atrium) mit heller
Deckenoberfläche ge-
wählt, die restliche
Decke als Sichtbeton.

Bild1: Falschfarbendarstellung einer TQ-Berechnung für ein Großraumbüro, Deckenzone des Arbeitsbereiches (Abstand Fassade und zum Atrium jeweils ca. 2 m) mit hoher Reflexion (ca. 80%)

Architekt: Seelinger & Vogels, Darmstadt
Energiekonzept und TGA-Planung: solares bauen GmbH, Freiburg
Tageslichtplanung: Fraunhofer ISE

b) Tageslichtautonomie

Die Schwächen des TQ sind unübersehbar: Dieser berücksichtigt weder die Auswirkungen bei klarem oder bewölktem Himmel, noch das variable Verhalten von Tageslicht- und Sonnenschutzsystemen, welches durch Regelalgorithmen und/oder Nutzereingriffen bestimmt

wird. Die Kenngröße, die diese Auswirkungen richtig wiedergibt (und das entspricht hinterher der realen Verwendung) ist die Tageslichtautonomie (=der Anteil der Arbeitszeit, zu dem kein elektrisches Licht notwendig ist, um die erforderliche Nennbeleuchtungsstärke einzuhalten). Gebräuchliche Planungstools verwenden Verfahren (z.B. ADELIN: RADLINK), die zu sehr großen Ungenauigkeiten führen. Aus diesem Grund haben wir vor einiger Zeit ein Verfahren auf Basis von Tageslichtkoeffizienten entwickelt, das in vertretbarer Rechenzeit zuverlässige Ergebnisse liefert [REINHART2001] und frei verfügbar ist. Allerdings fehlen bislang gesicherte Erkenntnisse darüber, nach welchem Schema Nutzer die Tageslicht- und Sonnenschutzsysteme verwenden. Aus diesem Grund arbeitet das Fraunhofer ISE seit einiger Zeit daran, das Nutzerverhalten bezüglich Sonnen- und Blendschutzbedienung zu evaluieren [REINHART2000] und in Simulationsmodelle zu überführen.

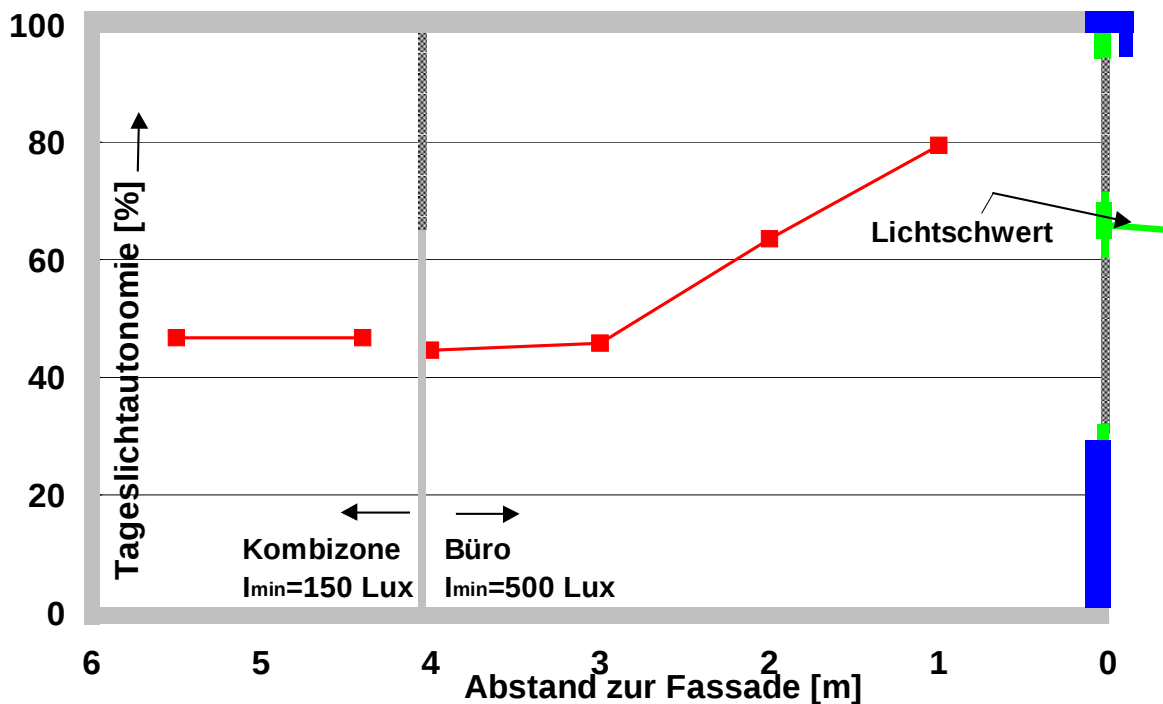


Bild 2: Beispielberechnung der Tageslichtautonomie für ein seitenbelichtetes Büro

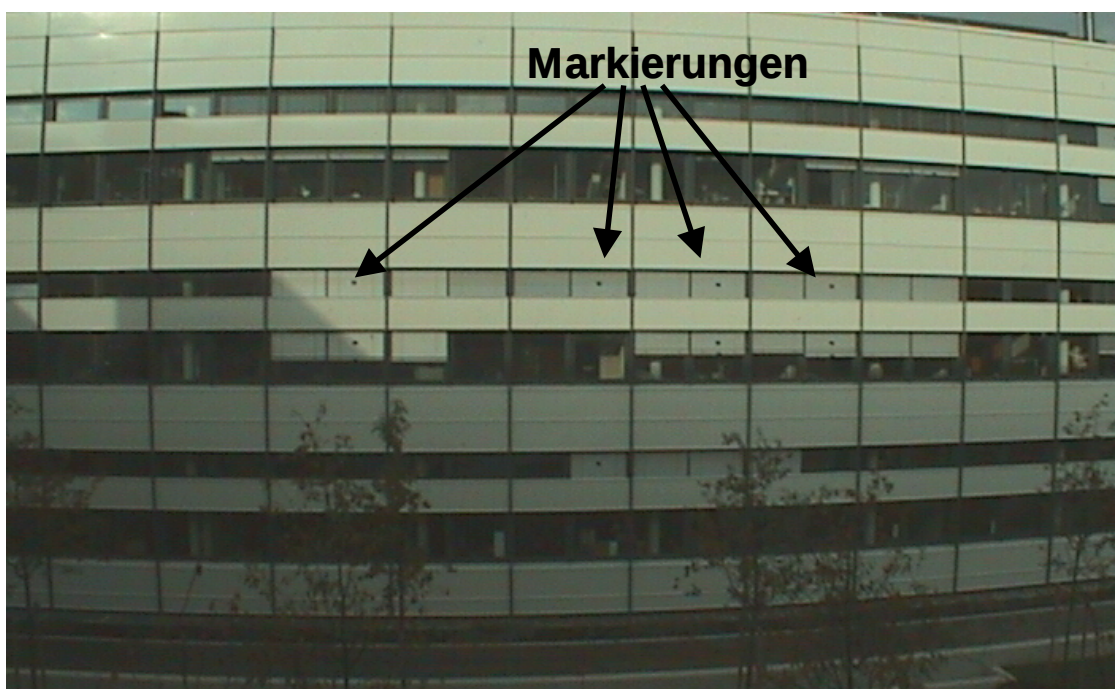


Bild 3: Auswertung des Nutzerverhaltens der Sonnenschutzbedienung an einem Bürotrakt. Die schwarzen Markierungen am Sonnenschutz dienen zur automatischen Auswertung der Position.

2.2 Leuchtdichtereduktion an der Fassade

Welches System eignet sich auch für den Einsatz an Bildschirmarbeitsplätzen? Leider lässt sich diese einfache Frage häufig nicht einfach beantworten, insbesondere dann, wenn aus gestalterischen oder aerodynamischen Gründen (hohe Windgeschwindigkeiten z.B. im



Bild 4: Blendschutzprüfung am Fraunhofer ISE: Messung von verschiedenen Screenstoffen zur Beurteilung der Bildschirmtauglichkeit mit Leuchtdichtekamera auf CCD-Basis



Bild 5: Simulierte Lichtverhältnisse einer Bürosituation
Quelle: BGI Sonnenschutz im Büro, VBG

Hochhausbereich) kein außenliegendes Jalousiesystem verwendet werden kann. Meist wird auch aus Kostengründen auf die Trennung von Sonnenschutz- und Blendschutzfunktion verzichtet, so dass ein System beides gut können muss. Die Anforderungen an das System werden dann meist von den Sonnenschutzanforderungen dominiert [WIENOLD2001]. Zur Beurteilung des Blendschutzes kann am Fraunhofer ISE entweder Leuchtdichtemessungen in drehbaren Testräumen durchgeführt werden, oder die Materialeigenschaften (direkte + diffuse Transmission, direkte + diffuse Reflexion) werden im eigenen Labor gemessen. Die Messdaten werden konvertiert und in Simulationsmodelle eingebettet. Mit diesen Modellen werden dann charakteristische Lichtsituationen berechnet (Beispiel siehe Bild 5).

3. Weiterentwicklung von Simulationstools

Neue, innovative Tageslichtsysteme, aber auch herkömmliche Jalousiesysteme können derzeit von Simulationswerkzeugen zum Teil nicht richtig berechnet werden. Einer der Hauptgründe dafür ist, dass Rückwärtsstrahlverfolger den Lichtweg vom Raum über ein kleines System (z.B. Jalousie von wenigen cm Größe) zur Sonne (Raumöffnungswinkel $0,5^\circ$) finden müssen. Da dies statistisch gesehen sehr unwahrscheinlich ist, werden diese Situationen deutlich falsch berechnet (Abweichungen im Einzelfall von mehreren 100% möglich).

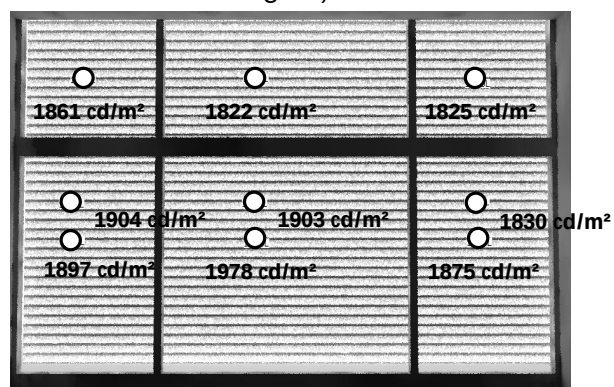
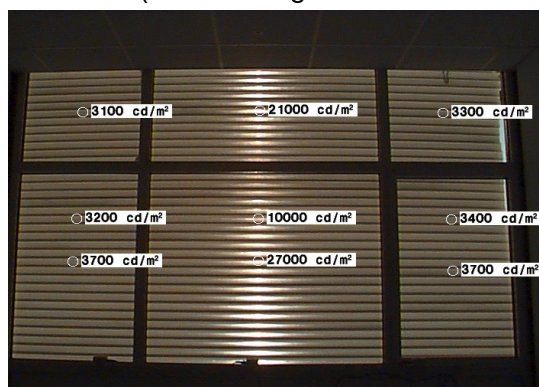


Bild 7 Beispiel der Unterschätzung der Fassadenleuchtdichte an einem streuenden und lichtlenkendem System.
Linkes Bild: punktuelle Messung der Leuchtdichten, Rechtes Bild: Simulation der Leuchtdichten

Ein im Frühjahr 2001 gestartetes Forschungsvorhaben soll diese Hürde beseitigen. Eine benutzerfreundliche Erweiterung des Tageslicht-Simulationsprogramms RADIANCE auf Basis eines optischen Forward-Raytracers wird Entwicklern innovativer Systeme zur Systemplanung und -optimierung zur Seite gestellt. Für Gebäudeplaner wird ein unabhängiges, benutzerfreundliches Programmmodul zur Berechnung und Analyse diverser Tageslichtsysteme entwickelt. Mit diesen beiden Erweiterungen ist eine gezielte Auslegung und Bewertung der Systeme bereits in der Entwicklungs- und Planungsphase möglich. Eine integrierte Datenbank soll sämtliche Systemdaten, Kennwerte, Bilder und Anwendungsbeispiele zusammenfassen. Dieses vom BMWi geförderte Projekt führt das Fraunhofer ISE in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP und Systemherstellern durch. Es ist gleichzeitig ein deutscher Beitrag im Rahmen der IEA Gruppe Daylighting in a New Century.

4. Fazit:

Die Planungspraxis hilft uns, Schwächen im Planungsprozess oder in Planungswerkzeugen zu erkennen, um neue Forschungsarbeiten anzustoßen.

In diesem Zusammenhang wurde ein Verfahren zur Tageslichtautonomiebestimmung bereits entwickelt und steht zur Verfügung.

In aktuellen Forschungsarbeiten arbeiten wir an folgenden Themen:

- Modelle für das Nutzerverhalten von Sonnenschutz- und Blendschutzsystemen
- Weiterentwicklung von Planungstools für innovative Tageslichtsysteme

Des weiteren führen wir als Qualitätssicherungsmaßnahme Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessungen am gebauten Objekt durch, um zukünftig noch höhere Planungssicherheit zu haben.

Literatur

[Witting1998]	Dr. W. Witting 2000. Minimierung der visuellen Belastung bei Bildschirmarbeit durch innovative Kunst- und Tageslichtsysteme, Viertes Symposium über Innovative Lichttechnik in Gebäuden, Staffelstein, 1998
[Lindsay1992]	Lindsay C. R. T., Littlefair P. J.; October 1992. Occupant use of venetian blinds in offices. PD 233/92. Watford, Buiding Research Establishment.
[RADIANCE]	Das Simulationsprogramm wurde am Lawrence-Berkley-Lab entwickelt und kann ohne Lizenzgebühren benutzt werden. Download unter http://www.lbl.gov
[Reinhart2000]	Reinhart, C. F. et. al., Monitoring and Analysis of the Manual control strategies for Artificial Lighting and Venetian Blinds of 20 users - Experimental Setup and Preliminary Results", Siebtes Symposium über Innovative Lichttechnik in Gebäuden, Staffelstein
[Reinhart2001]	Reinhart, C., 2001. Daylight availability and manual lighting control in office buildings - simulation studies and analysis of measurement, Fraunhofer IRB Verlag, SBN3-8167-6056-2
[Wienold1999]	Wienold J., Schossig P. Tageslicht am Arbeitsplatz - Messung, Bewertung und Nutzerakzeptanz von neuen Tageslichtsystemen, Fünftes Symposium über Innovative Lichttechnik in Gebäuden, Staffelstein, 1999