Fraunhofer Institut Bauphysik

IBP-Mitteilung 375

27 (2000) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

J. de Boer, H. Erhorn

Vergleich von Programmen zur Berechnung der Tageslichtverhältnisse in Gebäuden

1. Einleitung

Als kostengünstiger Ersatz aufwendiger Modelluntersuchungen in künstlichen Himmeln sind in den letzten 15 Jahren leistungsstarke Programme zur Berechnung der natürlichen Beleuchtungsverhältnisse in Innenräumen entwickelt worden. Für den Anwender der Programme ist das Vertrauen in die Genauigkeit der Berechnungsergebnisse maßgebend. Unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik wurden in einer Arbeitsgruppe des Forschungsprojektes Task 21 "Daylighting in Buildings" der Internationalen Energieagentur (IEA) in Kooperation mit namhaften internationalen Forschungseinrichtungen 5 tageslichttechnische Berechnungsprogramme hinsichtlich Berechnungsgenauigkeit, Berechnungszeit und Bedienbarkeit untersucht [1]. Im Rahmen der Arbeiten wurden Standardtestdatensätze definiert und dokumentiert, die in ihren lichttechnischen Eigenschaften (Geometrie und Materialbeschreibung) ein breites Spektrum der Berechnungsfälle in der Planungspraxis abdecken. Die Programme wurden sowohl mit diesen Datensätzen als auch untereinander verglichen.

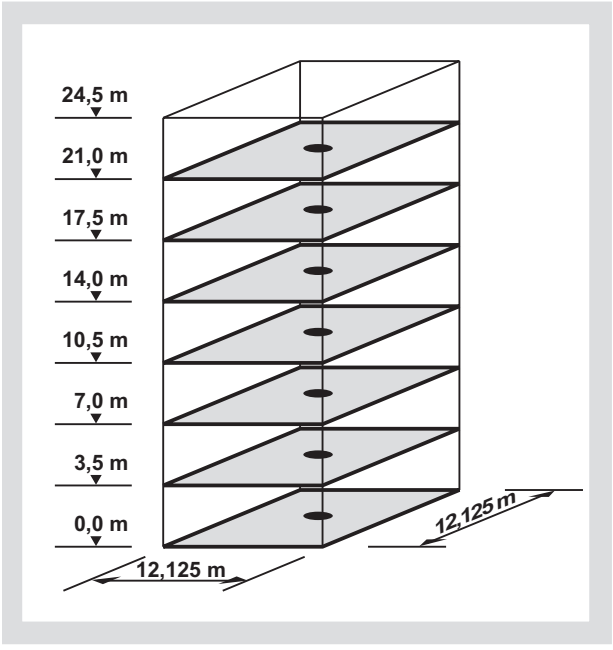

Bild 1: Modell eines einfaches Atrium. Ein einstellbarer Boden kann in sieben verschiedenen Positionen arretiert werden.

2. Testdatensätze und Simulationsprogramme

Sämtliche Testdatensätze wurden in Modellen unter künstlichen Himmeln ermittelt. Künstliche Himmel [2] bieten den Vorteil, daß sich die Himmelsleuchtdichteverteilungen definiert einstellen lassen. Die gewählten Modelle decken sowohl seitlich belichtete Räume als auch von oben belichtete Gebäudetypen wie Atrienkonstruktionen ab. Die Photometrie der Oberflächen wurde als perfekt diffus bei variierenden Reflektionsgraden ausgebildet. Sie reichten von schwarz (nur direkter Anteil) stufenweise bis hellweiß (hoher interreflektierter Anteil zwischen den Wandoberflächen).

Die Auswahl der Programme wurde so getroffen, daß sich hierin die gängigen Lichtberechnungsalgorithmen wiederfinden. So waren mit den beiden im Programmsystem ADELINE vertretenen Programmen SUPERLITE und RADIANCE sowohl ein Radiosity Verfahren (Berechnung des Strahlungsaustausches zwischen den Raumumschließungsflächen) als auch ein Backward Ray-Tracing Algorithmus (Strahlverfolgung) vertreten. Des weiteren wurde das auf einer Vorwärts-Strahlverfolgung basierende Programm GENELUX betrachtet; das neu entwickelte Programm LESO-DIAL nutzt rein analytische Verfahren.

3. Ausreichende Genauigkeit

Bei dunklen Raumumschließungsflächen ist der direkte - d. h. der nicht reflektierte - Beleuchtungsanteil in den Räumen dominierend. Hierfür lagen die Abweichungen zwischen Rechnung und Messung bei +/- 5 %, was im Bereich der Meßgenauigkeit der Himmel liegt. Mit zunehmend helleren Wänden - d. h. höheren interreflektierten Anteilen - wurden dagegen teilweise höhere Abweichungen zwischen gemessenen und errechneten Beleuchtungsstärken festgestellt. Gehen die Modelle von perfekt diffusen Oberflächen aus, entsprechen die realen in den Modellen genutzten Farben

nur näherungsweise diesem Modell und reflektieren mehr Licht in die der Lichtquelle entgegengesetzten Richtung. Somit lagen die in den Himmeln gemessenen Werte meist höher. Da im Planungsalltag bei der Durchführung der Berechnungen zumeist nur geringes Wissen über die spätere Raumgestaltung (Farben, Möblierung etc.) vorliegt, scheint die Näherung perfekt diffuser Materialien dennoch im allgemeinen gerechtfertigt. Die Berechnungswerkzeuge tendieren im Vergleich zu realen Räumen eher zur Unterprädiktion der Beleuchtungsverhältnisse und somit zu einer größeren Planungssicherheit.

Beispielhaft sind für das in Bild 1 dargestellte helle und tiefenvariable Atrium (direkter Anteil 29 %, indirekter Anteil 71 % in der untersten Ebene) Messungen und Rechnungen in Bild 2 einander gegenübergestellt. Dem Bild ist zu entnehmen, daß alle untersuchten Programme die Meßergebnisse in hinreichender Genauigkeit abbilden. Die Programme lieferten auch bei komplexeren Geometrien im gesamten planungstechnisch wichtigen Bereich verläßlich genaue Ergebnisse. Dies wurde selbst bei Tageslichtquotienten unter 0,2 % festgestellt, was Beleuchtungstärken unter bedeckten Himmeln im Sommer von nur noch ca. 40 lx und ca. 10 lx im Winter (jeweils zur Mittagszeit) entspricht.

4. Berechnungszeit und Berechnungsparameter

Erhebliche Unterschiede ergaben sich je nach eingesetzten Verfahren in der Berechnungszeit. Für eine Einpunktberechnung des in Bild 1 dargestellten hellen und tiefen Atriums (Tiefe 24,5 m) benötigte das Programm RADIANCE z. B. mehr als 5 Stunden auf einem Pentium PC 166 MHZ, 32 MB RAM. Innerhalb weniger Sekunden lieferten die "einfachen" Programme SUPERLITE und LESO-DIAL dasselbe Ergebnis. Aufgrund eines wesentlich umfangreicheren Reflexionsmodells erlauben die beiden Berechnungsprogramme RADIANCE und GENELUX komplexere Lichtsysteme, die z. B. mit Reflektorblechen oder Spiegeln arbeiten, abzubilden. Die Berechnungen werden jedoch von einer großen Anzahl meist quantitativer Parameter (RADIANCE über 50) gesteuert und sind damit für unerfahrene Nutzer fehleranfällig. Der SUPERLITE Berechnungsalgorithmus wird dagegen nur von signifikanten 3 Parametern gesteuert, was die Gefahr von Bedienungsfehlern gerade bei Neuanwendern deutlich reduziert.

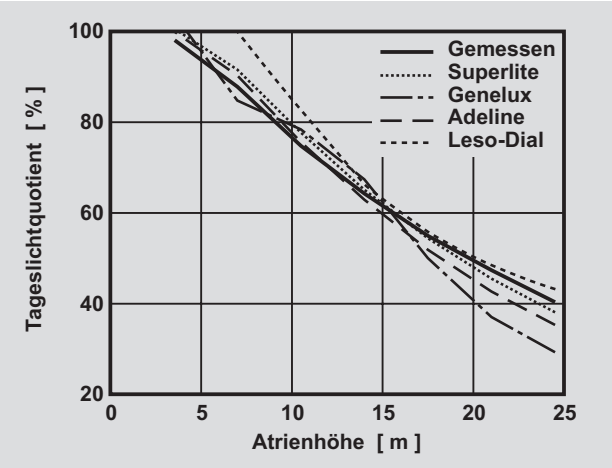

Bild 2: Gegenüberstellung der gemessenen und mit verschiedenen Programmen berechneten Tageslichtquotienten für die in Bild 1 dargestellten unterschiedlich tiefen Atrien mit hellen Wänden (Reflektionsgrad 85 %).

5. Konsequenzen und Ausblick

Es ist festzustellen, daß heute verfügbare Rechenprogramme bei gewöhnlichen und auch komplexeren Aufgaben Planungssicherheit bieten. Vor Beginn lichttechnischer Berechnungen sollte allerdings beachtet werden:

– In der frühen Entwurfsphase erscheint der Einsatz einfacher Verfahren wie der Programme SUPERLITE (in das Programmsystem ADELINE integriert) oder LESO-DIAL sinnvoll. Diese Programme bieten sowohl in der Modellerstellung als auch in der Berechnung große Zeitvorteile.

– Werden komplexere Modelle und Materialien benötigt (innovative Verglasungssysteme, gerichtet reflektierende Materialien) sollte auf Programme wie RADIANCE bzw. GENELUX ausgewichen werden. Sie verlangen jedoch eine tiefergehende Vertrautheit des Anwenders mit dem Berechnungsmodell und seinen Parametern.

Im Rahmen der durchgeführten Studie wurden normale Verglasungssysteme untersucht. Mittlerweile liegen ebenfalls als Ergebnis der Arbeiten des internationalen Projektes erste Meßergebnisse innovativer Glassysteme zur Lichtlenkung vor, die in fortgeführten Untersuchungen jedoch noch einer validierten Integration in die Berechnungsprogramme bedürfen. Das Setzen der Berechnungsparameter komplexer Programme könnte zukünftig durch die Entwicklung eines Parameterassistenten, d. h. einer Software, die aufgrund der spezifizierten Geometrie, Materialien etc. die optimalen Simulationsparameter automatisch ermittelt, erleichtert werden.

6. Literatur

[1] M. Fontoyont, H. Erhorn, J. de Boer et. al.: Validation of daylighting simulation programmes. A report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29 Daylight in Buildings, ENTPE, Vaulx - en - Velin, France, 1999.

[2] M. Szermann, H. Erhorn: Tageslichttechnische Bewertung von Gebäudemodellen unter künstlichem Himmel und künstlicher Sonne. IBP-Mitteilung 10 (1993) Nr. 237.

Die Arbeit wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Az: 0329037E) und vom ADELINE-Nutzerclub im Rahmen des IEA-SHC-Projektes "Daylight in Buildings" gefördert.

Fraunhofer Institut Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0

Herstellung und Druck: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Satz- und Druckcenter
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik