

18 (1991) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

H. Erhorn, M. Szerman, R. Stricker

Thermische, energetische und tageslichttechnische Gebäudeoptimierung am Beispiel eines Museumsgebäudes

1. Entwurfsintegrierte Planungsinstrumente

Die energetische, thermische und lichttechnische Optimierung eines Gebäudes sollte in frühest möglichem Entwurfsstadium vorgenommen werden. Mittels entwurfsintegrierter CAD-Programme lassen sich Rechenmodelle zur Vorherbestimmung des thermischen, energetischen und lichttechnischen Verhaltens anbieten, deren Ergebnisse dem entwerfenden Architekten bereits in der frühen Entwurfsphase Hinweise zum energiesparenden und lichttechnisch sinnvollen Entwurf geben [1]. So können frühzeitig bauphysikalische Aspekte der Planung eines Gebäudes berücksichtigt werden. Die Wirkungen einzelner Maßnahmen werden dabei dem Bauherren und dem Architekten deutlich gemacht. Dazu können photorealistic wirkende Ansichten und Animationen digitaler Szenarien dienen, in die die Ergebnisse der integrierten bauphysikalischen Software eingespielt werden.

2. Anwendung am Museumsgebäude

Am Beispiel des in Planung befindlichen Erweiterungsbaus des Museums für Verkehr und Technik (MVT) in Berlin soll der Einsatz ausgewählter integrativer bauphysikalischer Planungsinstrumente im folgenden beispielhaft aufgezeigt werden.

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik unterstützt die Architekten bei der Planung des Museumsneubaus durch die Ausarbeitung des thermischen Energiekonzepts. Hierbei wurden energiesparende, solarenergetische und tageslichttechnische Maßnahmen für das Museumsgebäude vorgeschlagen und rechnerisch bewertet. Die Minimierung des Gesamtenergiebedarfs des Gebäudes hat einen hohen Stellenwert in der Gebäudekonzeption.

3. Untersuchte Aspekte

3.1 Temperatur- und Energieverhalten

In der Entwurfsphase wurde eine mehrstufige interaktive Prozedur durchlaufen, um sowohl die Energieverbräuche als auch das Temperaturverhalten des geplanten Gebäudes den Anforderungen entsprechend zu optimieren. Als erster Schritt wird die Gebäudehülle untersucht. Hierbei ist eine überschlägige und vor allem schnelle Aussage als Grundlage für Wirtschaftlichkeitsabschätzungen zum jährlichen Energieverhalten (Heiz- und Kühlenergiebedarf) gefordert. In Parameterstudien werden Geometrie und Fassadenkonstruktionen variiert. Bild 1

| Fall | Variante | Heizenergiebedarf [kWh/m ² a] | | | | |
|------|---|---|-----|-----|-----|-----|
| | | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| 0 | Ausgangssituation | [Bar chart showing high energy demand] | | | | |
| I | verbesserter Wärmeschutz personenbezogener Luftwechsel | [Bar chart showing reduced energy demand] | | | | |
| II | wie I, mit transparenter Wärmedämmung | [Bar chart showing further reduced energy demand] | | | | |
| III | wie I, mit Zuluftvorwärmung über Erdreich | [Bar chart showing lowest energy demand] | | | | |

Bild 1: Gegenüberstellung der Energiebilanzen baulicher Maßnahmen im gesamten Ausstellungsbereich des Museums für Verkehr und Technik.

verdeutlicht beispielhaft den Einfluß einiger baulicher Maßnahmen auf den Heizenergiebedarf des Museumsneubaus. Gleichzeitig erfolgt die Überprüfung des Temperaturverhaltens des Gebäudes bei der energieoptimierten Gebäudehülle. Hierzu werden instationäre Berechnungsprogramme auf der Basis stündlicher Wetterdaten eingesetzt. So können Aussagen über voraussichtliche Überhitzungssituationen sowie den Anteil passiv hybrid und aktiv nutzbarer Solarenergie schon im ersten Gebäudeentwurfsstadium getroffen werden. Bild 2 zeigt exemplarisch die Auswirkung verschiedener untersuchter Kühlstrategien auf den Raumtemperaturverlauf im 3. Obergeschoß des geplanten Museumsneubaus. In einer späteren, detaillierteren Phase soll die Anlagentechnik mit eingebunden werden.

3.2 Tageslichtnutzung

Die tageslichttechnische Beurteilung des Gebäudeentwurfs sowie dessen Planungsvarianten findet sowohl über Modellmessungen als auch durch Einsatz von geeigneten Rechenprogrammen statt. Die Modellmessungen werden an einzelnen Gebäudezonen und lichtlenkenden Systemen im künstlichen Himmel [2] sowie in der künstlichen Sonne des Instituts durchgeführt [3]. Aus den Messungen können Tageslichtquotienten-, Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichteverteilungen unter beliebigen Himmelszuständen gewonnen werden.

Daneben können mit dem Berechnungsprogramm SUPER-LITE die Tageslichtverhältnisse unter standardisierten Him-

melsbedingungen vorausberechnet werden [4]. SUPERLITE bietet die Möglichkeit, beliebige Raumgeometrien mit frei definierten Tageslichtöffnungen unter Berücksichtigung der Transmissions- und Reflektionseigenschaften der Verglasungen und der opaken Bauteile zu untersuchen.

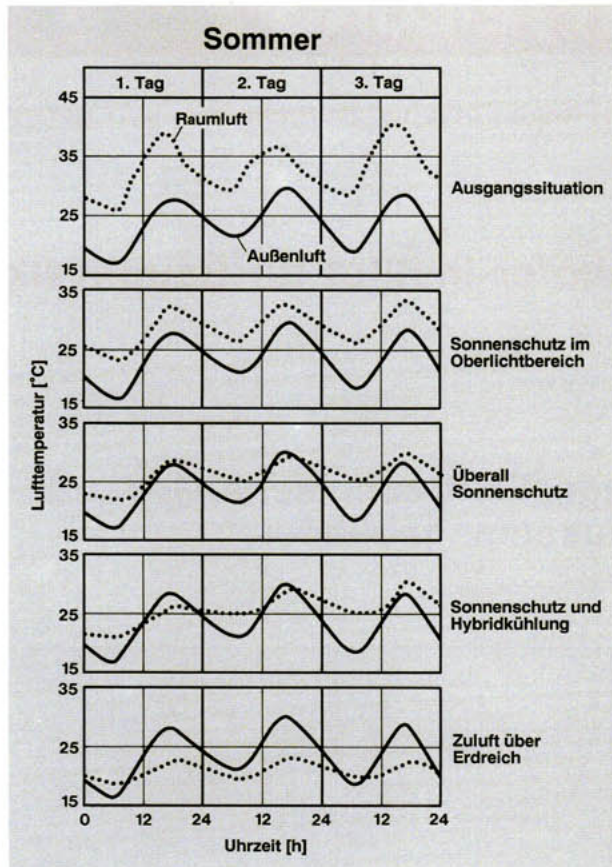


Bild 2: Raumlufthemperaturverläufe für das dritte Obergeschoß des Museums für Verkehr und Technik bei verschiedenen Kühlstrategien für eine sommerliche Dreitagesperiode.

3.3 Visueller Komfort

Um Abschätzungen über den visuellen Komfort (Blendung, Kontraste) in einem in Planung befindlichen Gebäude zu treffen, wird im Institut für Bauphysik das Rechenprogramm RADIANCE eingesetzt. RADIANCE berechnet photorealistische Innen- und Außenansichten des geplanten Gebäudes mittels der Ray-tracing Methode. In dem Programm erfolgt die Darstellung des berechneten Bildes nicht nur qualitativ; es wird vielmehr eine physikalisch zutreffende lichttechnische Berechnung unter Einbeziehung sowohl der vorhandenen Lichtquellen (Kunstlicht und Tageslicht) als auch der spektralen Reflektions- und Transmissionscharakteristik der im Raum vorhandenen Wände und Objekte durchgeführt. Mit Hilfe der berechneten Bilder und der lichttechnischen Größen läßt sich der visuelle Komfort vorhersagen. Ein Beispiel einer photorealistischen Darstellung für das Museum ist in Bild 3 dargestellt.

4. Optimierungsstrategien

Um bauliche und anlagentechnische Energiekonzepte und Tageslichtstrategien aufeinander abzustimmen, ist die Kenntnis der Auswirkung der einzelnen Maßnahmen aufeinander, z. B. des Tageslichtsystems auf den Kunstlichteinsatz und damit

auf Raumtemperatur, Heiz- und Kühlenergie notwendig. Die Ermittlung dieser Interaktion wird mit dem am Institut entwickelten Rechenprogramm SUPERLINK [5] durchgeführt. Mit SUPERLINK können somit auf ein Gesamtenergiekonzept abgestimmte Tageslichtstrategien erarbeitet und bewertet werden.

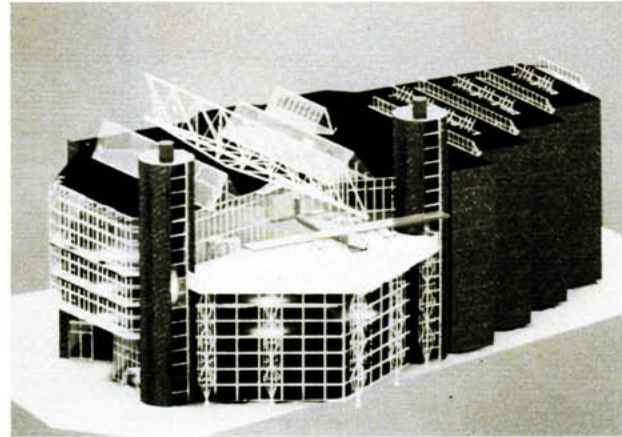


Bild 3: Photorealistische Vorausberechnung einer Außenansicht des Museums für Verkehr und Technik.

5. Ausblick

Die geschilderten integrierten Planungsinstrumente erschließen dem entwerfenden Architekten eine Fülle von Möglichkeiten, seinen Entwurf unter ästhetischen und anforderungsorientierten Gesichtspunkten zu verbessern und bereits im Planungsprozeß zu einer Synergie aller Anforderungen zu gelangen. Derzeit werden im Fraunhofer-Institut für Bauphysik thermische, energetische und tageslichttechnische Programme mit elektronischer Architektorentwurfsoftware zum interaktiven Programmhandling vernetzt. Die Integration weiterer Planungsinstrumente ist geplant, die wichtige Voraussetzungen für einen künftigen „Architektenarbeitsplatz 2000“ bilden.

5. Literatur

- [1] Stricker, R., Erhorn, H., Szerman, M.: Thermal Simulation Model and Simplified Energy Calculation Methods Intelligent Frontend. IEA Task XI, Expert Systems Workshop, Kopenhagen/Dänemark. 2.-3.Juni 1989.
- [2] Szerman, M.: Künstlicher Himmel - Quantifizierbare Tageslichtplanung im Entwurfsstadium. Fraunhofer-Institut für Bauphysik, IBP-Mitteilung, Nr. 174, 16 (1989).
- [3] Erhorn, H. und Szerman, M.: Tageslichtberechnung in Innenräumen. Fraunhofer-Institut für Bauphysik. IBP-Mitteilung, Nr. 154, 15 (1988).
- [4] Ward, Greg: The RADIANCE Synthetic Imaging System. Reference Manual Version 1.4. Lawrence Berkeley Laboratory, (1991).
- [5] Szerman, M.: SUPERLINK 1.0. Documentation/ Manual. Fraunhofer-Institut für Bauphysik (1990). Unveröffentlicht.

Das Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) (Förderkennzeichen: 0329084A) gefördert.



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
 Leiter: o.Prof. Dr. h.c. Karl Gertis
 7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)970-00
 8150 Holzkirchen, Postfach 1180, Tel. (08024)643-0
 O-1092 Berlin, Plauener Str. 163-165, Tel. (030)9783-3115

Herstellung und Druck:
 SDSC, Informationszentrum RAUM und BAU
 der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart
 Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des
 Fraunhofer-Instituts für Bauphysik