

## ERST BAUEN – DANN SIMULIEREN?

Bernd Heibel, Dr.-Ing.  
 Senior Consultant  
 Siemens AG  
 Siemens Real Estate, Development & Construction  
 Mechanical & Electrical Infrastructure  
 Otto-Hahn-Ring 6  
 81739 München, Deutschland

### KURZFASSUNG

In vielen, insbesondere neuen Gebäuden stellen sich während sommerlicher Hitzeperioden unbehagliche Innentemperaturen über längere Zeiträume ein. Den Ruf des Nutzers auf einer Nachrüstung einer mechanischen Kühlung als einzigem Ausweg kann der Eigentümer oder Vermieter kaum ignorieren. Nicht nur die Investitionskosten, sondern nicht zuletzt auch steigende Energiepreise führen zu der Veranlassung von Sachverständigengutachten.

Im Bestand ist die Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes sehr viel schwieriger als des winterlichen. Viele Gutachter sind hier überfordert.

Die thermische Gebäudesimulation stellt ein Tool dar, mit dem eine vereinheitlichte Bewertung des Ist-Zustandes und mögliche Optimierungen durch spezialisierte Sachverständige vorgenommen werden können.

Die Erfahrungen im Bestand sind auf die Planung von Neubauten übertragbar. Die Gebäudesimulation sollte von der Vorplanung bis zur Ausführung fortgeschrieben werden.

### ABSTRACT

In many – even new buildings high internal temperatures occur in summer with a long-during discomfort. Tenants ask for mechanical cooling as the only solution which is not easily arguing against by investors or landlords. Invest and maintenance cost lead to investigations by experts.

For existing buildings solar protection and summer performance is more difficult to evaluate as in planning. Many experts are not capable to solve this problem.

Dynamic thermal simulation (DTM) represents a tool which allows the qualified experts an integral evaluation of the status-quo and optimizing the situation.

For existing building the status-quo consists of a multi-influenced and complex situation which affords a profound analysis of the concerned rooms glazing, shading and use. The experiences with evaluating the thermal performance of buildings in summer may give advice to the plannings of build-

ings. Changes in planning should be accompanied by actualized simulations. The inputs, boundary conditions – and ways of evaluating the results in the DTM need to be negotiated with the builder/owner and documented well.

### HÄUFIGE URSACHEN FÜR RAUM-ÜBERHITZUNGEN

Nicht zufriedenstellende Komfortzustände von Räumen im Sommer resultieren oft aus unterschiedlichen Ursachen. Oft sind nicht alle besonnten Flächen verschattet, so dass ein solarer Wärmeeintrag für diese Flächen ca. 6mal so hoch sein kann wie für außen verschattete. Bei voll verglasten Räumen wird der unerfahrene Nutzer in der Regel einen außen liegenden Sonnenschutz nicht vollständig herunterfahren.

Aufstockungen von bestehenden Gebäuden werden aus statischen Gründen in Leichtbauweise erstellt, aus architektonischen Gründen wird oft ein screen als Sonnenschutz verwendet, der sich aufgrund der Gebäudekanten als sehr windanfällig einstellt.

Die Sensorik und Aktorik für bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen sind nicht immer auf das Gebäude und den jeweiligen Einsatz abgestimmt. Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen sind oft nicht aktiv automatisiert und sind schlecht eingestellt, d.h. sie sprechen bei zu niedrigen Windgeschwindigkeiten oder fahren bei geringen Änderungen der Sonneneinstrahlung auf und ab, so dass die Nutzer sich gestört fühlen. In anderen Fällen werden in der Planung interne Wärmelasten unterschätzt und Lüftungsöffnungen unzureichend dimensioniert (z. B. PC-Räume in Schulen).

Durch mangelnde Sachkenntnis über eingebaute Techniken und die Folgen der Fehlanwendungen kann ein Fehlverhalten des Nutzers resultieren, das zu deutlichen Temperaturerhöhungen führen kann. Dies betrifft zu hohe interne Lasten wie z. B. Kunstlicht, falsches Bedienen des Sonnenschutzes und falsches Lüften.

Nicht selten stellen sich Entscheidungen des Bauherren, Kosten einzusparen, als grundsätzliche Ursache für mangelnden Komfort dar.

## BEWERTUNG DURCH MESSUNGEN?

Raumklimamessungen zur Bewertung von Überhitzungen im Sommer sind oft angreifbar.

Oft werden von den Nutzern Raumtemperaturen aufgezeichnet. Dazugehörige Außentemperaturen und das Lüftungsverhalten werden in der Regel nicht dokumentiert. Systematische Fehler wie direkte Sensorbesonnung und Position des Sensors (Höhe, Belüftung) sind auch bei der Durchführung der Messungen durch Sachverständige für Wärmeschutz nicht auszuschließen. Werden Sensoren in genutzten Räumen aufgestellt, sind Manipulationen durch die Nutzer nicht selten.

Da das sommerliche Wärmeverhalten über Temperaturstatistiken erfolgen sollte, ist eine messtechnische Bewertung sehr aufwändig und sollte über eine Simulation validiert werden [Hauser, Heibel 1].

## SIMULATION

Anhand von Beispielen soll im Folgenden dargestellt werden, welche Einflussgrößen bei der Modellbildung im Einzelfall berücksichtigt werden sollten.

### **Modellgrenzen – Zonierung und Lüftung**

Das Siemens i-center in Weiden wurde um ein veretztes Obergeschoss – aus statischen Gründen eine leichte verglaste Stahlkonstruktion – aufgestockt. Die Glasflächen wurden ganzflächig mit Außenrollos ausgestattet. Das Nachweisverfahren nach DIN 4108-2, das auf umfangreichen Parameterstudien durch thermische Gebäudesimulationen entwickelt wurde [Rouvel, Elsberger], wurde eingehalten.

In der Praxis traten folgende Probleme auf: Das Gewebe des Außenrollos war an den Ecken gerissen, Auf der Dachfläche traten im Sommer bei Windstille Lufttemperaturen bis 60 °C auf. Dies führte dann auch zu deutlich erhöhten Temperaturen im Innenbereich.

Die Belüftung der Räume bei geschlossenem screen ist schwierig, eine Querlüftung ist nicht möglich.

Das Beispiel zeigt, dass auch die Lage der verglasten Fläche nach außen und die Auswahl des Sonnenschutzes das Raumklima im Sommer wesentlich beeinflussen können. In der Simulation wurde die Dachfläche als zusätzliche Außenzone mit Besonnung der Dachfläche und einer entsprechend starken Belüftung der Außenzone abgebildet.

Ebenfalls wichtig ist eine ausreichende Zonierung, wenn hochverglaste Verkehrsflächen vorliegen, die nach Norm nicht als Aufenthaltsbereiche einzuordnen sind. Speziell gilt dies auch für teilbelegte Bürogebäude: Im Winter machen sich unbeheizte Nachbargeschosse deutlich in einer Erhöhung der Heizlast bemerkbar. Sind die Fenster nicht mit automatisierten Sonnenschutzvorrichtungen ausgestattet, können

bei typischen Fensterflächenanteilen und Verglasungen in den nicht genutzten Geschossen maximale Lufttemperaturen von ca. 40 °C auftreten [Heibel].

### **Modellierung Sonnenschutz**

Die Modellierung von Sonnenschutzsystemen stellt oft eine besondere Aufgabe dar, wenn es sich um zusammengesetzte Systeme handelt [Hauser, Heibel 2]. Um zusammengesetzte Systeme handelt es sich auch, wenn ein vorgesehener Balkon geplant wird (Beispiel: Kliniken Dr. Erler, Nürnberg – Aufstockung mit Südbalkon, Abb. 1). Die Balkonbrüstung trägt in einem solchen Fall zum Sonnenschutz bei, d. h. es spielt eine Rolle, ob die Brüstung eine verglast oder opak ausgeführt wird.

Es ist weiterhin davon auszugehen, dass ein außen liegender Sonnenschutz vor der Balkontür nicht eingesetzt werden kann, wenn der Balkon genutzt wird.



**Abbildung 1:**  
Kliniken Dr. Erler, Nürnberg, Aufstockung

### **Außenbedingungen**

Bei einer thermischen Gebäudesimulation sind Wetterdaten auszuwählen und weiterzuverarbeiten. Hierbei ist das lokale Mikroklima zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere die örtlichen Windbedingungen, die den Einsatz beweglicher Sonnenschutzvorrichtungen einschränken bzw. die natürliche Lüftung wesentlich beeinflussen. Für kleine Bauvorhaben ist eine aerodynamische Simulation der Gebäudeumströmung wirtschaftlich nicht vertretbar.

## SIMULATION – WIE?

In der Praxis stellt sich der gebaute Zustand oft als komplexe Situation aus unterschiedlichen Einflüssen dar, die eingehender Analyse der zu betrachtenden Räume, der Verglasung, des Sonnenschutzes und der Nutzung bedarf. Der Missstand beruht nicht selten auf einer Kombination aus Planungsfehlern, Gebäudeabnahme und Fehlverhalten der Nutzer oder Fehlentscheidungen des Bauherren.

Wie die Erfahrung und die Beispiele im vorherigen Kapitel jedoch nahe legen, ist eine Simulation mit vielen Eingangsgrößen behaftet, so dass eine gute Modellbildung Basis jeder Simulation – sowohl bei

der Beurteilung von Bestandssituationen als auch in der Planung - sein sollte.

Kühllastberechnungen [VDI 2078] beruhen in der Planung oft auf worst-case Annahmen (d. h. extrem heiße Sommerperiode, lange Nutzungszeiten, installiertes Kunstlicht im Sommer voll eingeschaltet), so stellt sich die Frage nach den »richtigen« Parametern für die Simulation.

Oft werden in der Planung für Simulationen sehr lange Büronutzungszeiten angesetzt (9 bis 11 Stunden am Tag ohne Abwesenheit [DIN V 18599-10]). Tatsächlich ist eher von einer durchschnittlichen Anwesenheit am Arbeitsplatz von 172 Tage im Jahr oder weniger auszugehen [N24].

Erfahrungen mit Simulationen oder Kühllastberechnungen zeigen, dass Einzelraumbetrachtungen oft nicht ausreichen. Insbesondere wenn komplexe bauliche Verschattungen (z. B. Innenhöfe, Atrien, vgl. Abbildung 2) vorliegen, sind Simulationsprogramme, die auf 3D-Modellen basieren, für den Planer attraktiv. Gerade im Sanierungsfall ist der Einsatz von zusammengesetzten Sonnenschutzsystemen wahrscheinlich.

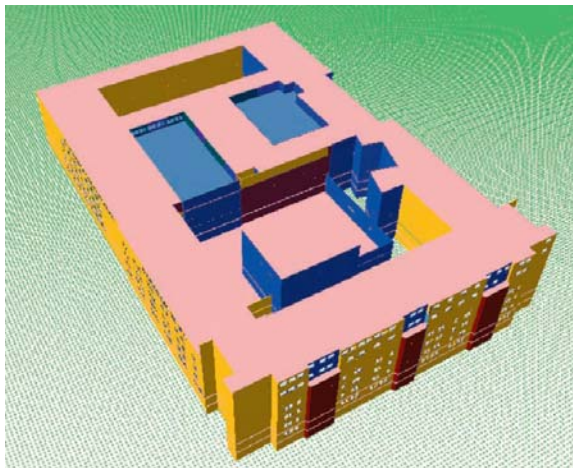


Abbildung 2: 3-dimensionales Simulationsmodell (BMJ, Berlin)

Die Erfahrung zeigt, dass eine sorgfältige Vereinbarung der zugrunde gelegten Randbedingungen mit dem Auftraggeber extrem wichtig ist. Dies betrifft insbesondere die Anforderungen, die Nutzungsrandbedingungen, den zu verwendenden Klimadatensatz, aber auch die Art der Auswertung der Ergebnisse [FGK]. Prinzipiell sieht DIN EN 13779 eine maximale Raumtemperatur von 26 °C vor, weist aber ausdrücklich auf die Möglichkeit hin, andere Anforderungen mit dem Bauherren zu vereinbaren [DIN EN 13799].

Auch im Planungsverlauf für einen Neubau ermöglichen 3D-Modelle eine leichtere Nachverfolgung der baulichen Situation und die Erfassung von Nutzungsänderungen.

Der Bauherr sollte für größere Gebäude eine thermische Gebäudesimulation mit einem Mehrzonenmodell im Standard-Planungspaket vorsehen.

Die Kosten für eine Planung begleitende Simulation fallen dann nicht höher aus als im Schadensfall als Ursache von „erst bauen – dann simulieren“.

## LITERATUR

Hauser, G.; Heibel, B.: Zuluftfassaden - Simulationsmodell und messtechnische Validation. Gesundheits-Ingenieur 117(1996), Nr. 1, S. 1–8

Heibel, B.: Sommerlicher Wärmeschutz -Planung und Praxis, in „Umweltbewusstes Bauen, Festschrift zum 60. Geburtstag von Gerd Hauser“, S. 321 - 338

Hauser, G.; Heibel, B.: Modellierung und Quantifizierung der Wirkung von Sonnenschutzvorrichtungen über die Sommerperiode. In: Bauphysik der Außenwände. Schlussbericht. DFG-Forschungsschwerpunktprogramm. Fraunhofer IRB Verlag, 2000, S. 109–130

P. Deutscher, M. Elsberger, L. Rouvel: Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes für Gebäude mit raumlufttechnischen Anlagen, Der Gesundheits Ingenieur, Heft 2, Jahrgang 1997

P. Deutscher, M. Elsberger, L. Rouvel: Sommerlicher Wärmeschutz - Eine einheitliche Methodik für die Anforderungen an den winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz, Teil 1, Bauphysik 22 (2000), Heft 2

VDI 2078 Technische Regel, 1994-10 Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregel)

DIN V 18599-10 Vornorm, 2007-02 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

N24: Zahl des Tages vom 23.03.2005

FGK Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. (Hrsg.): Folgen des Bielefelder Klimaurteils und der Veränderung der Wetterdaten: Vereinbarungsbedarf zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber über die Bemessung Raumlufttechnischer Anlagen

DIN EN 13779 Norm, 2007-09 Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme; Deutsche Fassung EN 13779:2007