

*Nur Zusammenarbeit schafft Identifikation*

# Wer im Glashaus sitzt, der schwitzt

*Dipl.-Ing. Detlef Hagenbruch, Köln*

*Geplant von Architekten mit internationalem Ruf in Verbund mit einer neuen Generation von Ingenieuren der Bauklimatik schätzen viele Investoren die Transparenz und attraktive Optik der Gebäude mit Doppelfassaden. Zugleich soll die neue Fassadentechnologie auch dazu beitragen, in kühleren Jahreszeiten den Wärmebedarf des Gebäudes zu verringern. Durch den Schutz der „zweiten Hülle“ wird in den Büros eine natürliche Lüftung ermöglicht (individuelle Fensteröffnung) sowie eine Entkopplung der Bürozonen von der Außenwetterlage (Regen, Winddruck etc.) und von äußeren Lärmeinflüssen sichergestellt.*



*Moderne Fassadenkonzeptionen*

Die moderne Architektur liefert also künftig bereits einen Teil des energetischen Konzeptes mit, wobei die heiz- und gegebenenfalls lüftungstechnischen Anlagen auf reine Bedarfssysteme reduziert werden. Eine zentrale Klimaanlage kann allerdings nicht durch eine Doppelfassade ersetzt werden, auch wenn irritierende Begriffe wie Klimafassade, atmende Gebäudehülle oder selbstmodulierende Kli-

mahülle dies suggerieren. Zwischenzeitlich hat sich jedoch herausgestellt, dass bei der Gestaltung von Gebäudekonzeptionen die Grundregeln thermischer Behaglichkeit gravierend unterlaufen werden, insbesondere durch Sonderberater von Architekten. In den vergangenen Jahren haben gerade die Fachleute der Klimabranche eingetretene Pfade des Gewerkedenkens verlassen und arbeiten heute u.a. mit Bauphysikern, Fassadenplanern, IT-Spezialisten und FM-Dienstleistern eng zusammen. Setzt künftig die Zusammenarbeit zwischen Architekt und TGA-Fachplaner frühzeitig genug ein, lassen sich günstige gebäudeklimatische Verhältnisse mittels Multifunktionssystemen und Doppelfassadentechnologie realisieren.

Vorgabe für die erfolgreiche Umsetzung unterschiedlicher Fassadenkonzepte muss stets die Behaglichkeit sein, die mehrere Kriterien voraussetzt. Nicht nur auf Temperatur, Feuchte und Raumluftqualität kommt es an, sondern verstärkt auch auf die Raumakustik, Beleuchtung und den Sonnenschutz. Qualifizierte TGA-Fachplaner sind heute in der Lage, mittels simultaner Modellierung das thermische Gebäudeverhalten im Vorfeld sehr exakt zu ermitteln.

**zum Autor**

**Dipl.-Ing.  
Detlef Hagenbruch,  
VDI, ASHRAE,  
Köln**



Durch moderne Gebäudesimulationen kann man Planungskonzepte verwirklichen, die die Optimierung von Architektur, Bautechnologie und gebäudetechnischen Lösungen ermöglichen und somit der Planungssicherheit dienen.

## **Gebäudesimulation als Entscheidungsunterstützung**

Der Einsatz von dynamischen Simulationsprogrammen im Bereich der Gebäudetechnik und der Bauphysik ist seit Jahren eine anerkannte Methode zur energetischen Optimierung und Auslegung von Gebäuden und deren Anlagentechnik.

Bei der dynamischen Gebäudesimulation werden durch die Berücksichtigung stündlicher Daten über einen vorgegebenen Betrachtungszeitraum die auftretenden Wechselwirkungen des Gebäudes zu seiner Umgebung und zu seinen technischen Einrichtungen erfasst.

Neben detaillierten Wetterdaten sind dies vor allem stündliche Daten über die Personenbelegung von Räumen und die damit verbundenen technischen Ausstattungen sowie anlagenspezifische Daten, beispielsweise aus dem Bereich der Raumlufttechnik wie Volumenströme, Temperaturen, Feuchte etc.

Diese genaue Betrachtung ist äußerst hilfreich zur Beurteilung des sich einstellenden Raumklimas und des Energiebe-



Thermische Gebäudesimulation

schaligen Fassaden berücksichtigt werden. Sachverständige ermittelten Temperaturen von bis zu 65 °C.

Zudem findet man häufig die Ansicht, dass strenge Anforderungen an die thermischen Bedingungen im Raum nur in Gebäuden mit RLT-Anlagen zu stellen sind, in Gebäuden mit freier Lüftung aber nicht gelten. Das ist damit zu erklären, dass die Regeln für die thermische Behaglichkeit und hygienische Anforderungen bisher nur für Räume mit RLT-Anlagen aufgestellt wurden. Das heißt aber nicht, dass die Menschen in nicht maschinell belüfteten Räumen ein anderes Empfinden haben. Es sollte deshalb gefordert werden, dass die Anforderungen auch erfüllt werden, wenn keine raumlufttechnischen Anlagen vorgesehen werden. Klimagerecht gebaute Gebäude können diese Forderungen weitgehend erfüllen, vorausgesetzt, dass die inneren thermischen Lasten nicht zu hoch sind.

Die DIN 1946 Teil 2 empfiehlt einen Behaglichkeitsbereich, in dem die operativen Raumtemperaturen zwischen 22 °C und 27 °C und die relativen Feuchten zwischen 30% und 65% und der absoluten Feuchte von 11,5 g/kg liegen. Ein kurzzeitiges Übersteigen dieser Raumtemperaturen ist zulässig.

Mit steigenden Temperaturen im Sommer kommt der Wärmeabgabe des Körpers durch Verdunstung eine immer größere Bedeutung zu, da die Anteile der Wärmeabgabe durch Konvektion und Strahlung mit steigender Raumlufttemperatur sinken und bei 33 °C gleich Null sind.

Sind die Raumlufttemperaturen höher als 33 °C, muss über die Feuchtediffusion bzw. Schweißabgabe zusätzlich noch die

darfs sowie zur Planung und Optimierung der Gebäudehülle und aller technischen Anlagen.

So können Angstzuschläge entfallen, Anlagen bedarfsgerecht geplant, dimensioniert geregelt und betrieben werden.

Der Einsatz einer dynamischen Gebäude- und Anlagensimulation für komplexe Fragestellungen, gerade im Bereich der Raumlufttechnik, stellt eine enorme Hilfe für den Fachplaner dar.

Zusammenhänge können damit deutlich gemacht sowie Optimierungspotentiale entdeckt und umgesetzt werden. Auch bietet dieses Planungshilfsmittel die Möglichkeit, technisch und wirtschaftlich schwer zu beurteilende Maßnahmen wie z.B. die Nutzung einer Nachtlüftung für den Bauherrn plakativ und nachvollziehbar darzustellen.

Die Schwierigkeiten bei Simulationen liegen in der Festlegung und Genauigkeit beim Aufbau des Berechnungsmodells.

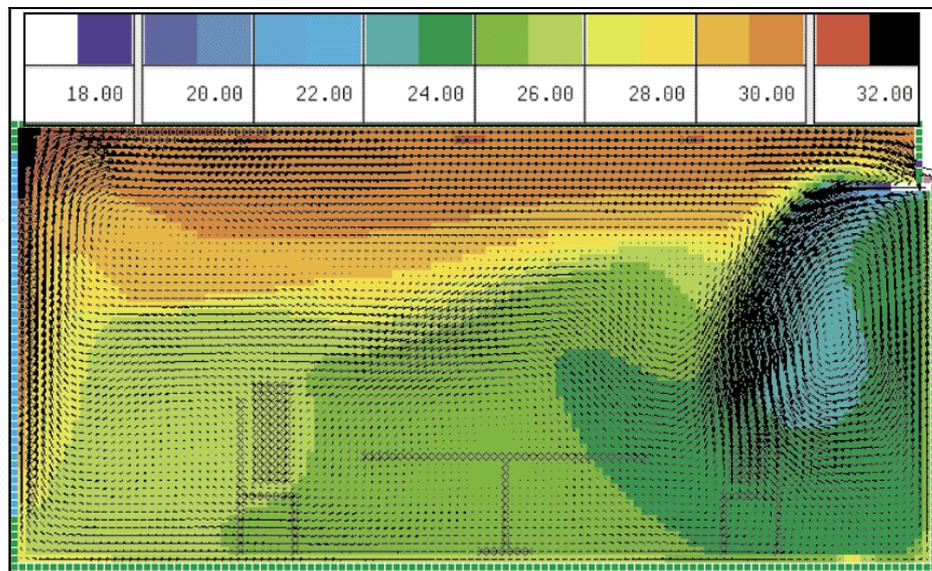
Schlüssel für ein umsetzbares Ergebnis sind, neben der Erfahrung, Messungen der zu beurteilenden Parameter im Vorfeld einer Simulationsberechnung sowie Plausibilitätskontrollen.

### Zur Notwendigkeit

Durch die großen Fensterflächen wirken die Fenster bei solarer Einstrahlung wie ein Kollektor, in dem die Temperatur je nach thermischen Bedingungen bis zu ca. 10 K über der Raumlufttemperatur liegen kann. Diese Temperaturerhöhung ist bei der Lüftung über die Fenster zu berücksichtigen. Eine weitere Temperaturerhöhung findet vor der Fassade statt. Je nach Höhe des betrachteten Geschosses bildet

sich bei Strahlung auf die Fassade eine Temperaturschicht vor der Fassade aus. Die Schichtdicke kann in 10 m Höhe ca. 0,6 m betragen. Diese Grenzschicht ist nicht stabil. Sie wird unter Windeinfluss reduziert, bildet sich aber danach sofort wieder aus.

Die Luft wird bei den zweischaligen Fassaden durch Öffnungen angesaugt, die im Verhältnis zur Dicke dieser thermischen Grenzschicht klein sind, so dass die Luft aus der Temperaturschicht angesaugt wird. Die angesaugte Luft kann noch einmal eine um ca. 10 K höhere Temperatur als die Außenluft in größerer Entfernung zum Gebäude aufweisen. Diese Temperaturerhöhung muss bei den Betrachtungen zur Fensterlüftung mit zwei-



Strömungssimulation

Wärmemenge des konvektiven Anteils abgeführt werden. Es ist also anzustreben, dass die Raumluftzustände im Sommer bei hohen Außentemperaturen in Richtung niedrigerer relativer Feuchte verschoben werden. In Abb. 4 ist der Anteil der Wärmeabgabe durch Verdunstung dargestellt.

Nicht zuletzt hängt die geistige Leistungsfähigkeit von einer optimalen Raumtemperatur ab. Forschungen in Schweden haben diese Abhängigkeit ermittelt (siehe Abb. 5).

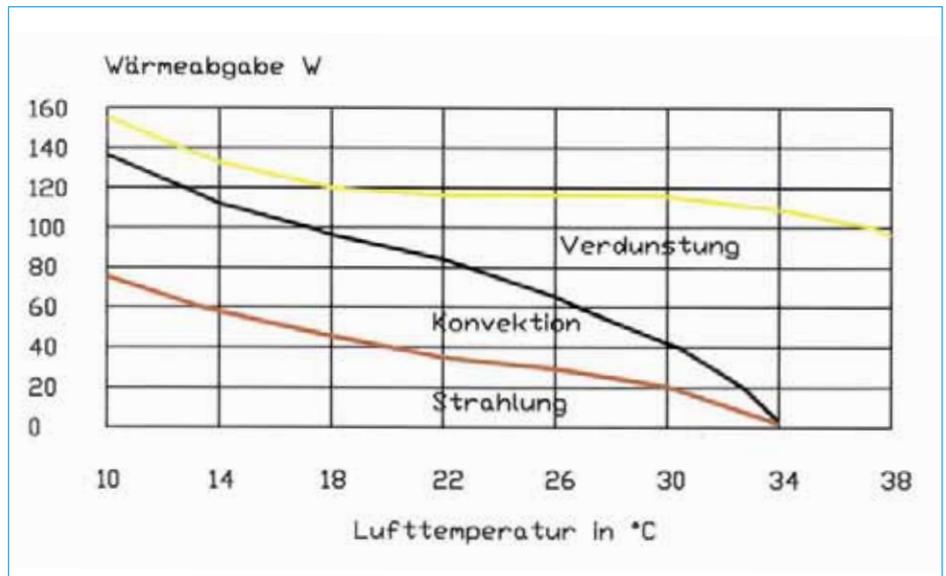
Die Anforderungen an die Planung der gebäudetechnischen Anlagen von Bürohochhäusern bestehen im Wesentlichen aus den folgenden Leitsätzen:

- Qualitativ hochwertige Arbeitsplätze
- Einhaltung akustischer Vorgaben
- Manuelle Fensterlüftung
- Reduzierung der Energiekosten

Detaillierte Anforderungen der Bauherren bezüglich einzuhaltender Raumlufttemperaturen und Raumluftgeschwindigkeiten können nicht immer eindeutig abgeleitet werden. Wird jedoch die Forderung nach qualitativ hochwertigen Arbeitsplätzen zu Grunde gelegt, so muss davon ausgegangen werden, dass für Raumtemperaturen und Raumluftgeschwindigkeiten die Grenzwerte der DIN 1946 Teil 2 anzuwenden sind (siehe Abb. 6).

Die seit 7/2003 gültige DIN 4108-2 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz macht einige für den Klimaingenieur unverständliche Aussagen. So heißt es, dass Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz unter Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen im Sommer eine hohe Erwärmung der Aufenthaltsräume sowie die Notwendigkeit einer Kühlung vermeiden. Dass nur in besonderen Fällen Anlagen zur Raumluftkonditionierung notwendig werden, ist völlig unzutreffend.

Häufig fällt dabei auf, dass bei Nachtlüftung extrem hohe Werte zur Verbesserung der Effektivität angesetzt werden, die am nächsten Morgen in Büros eine ganz neue Aktenlage zur Folge hat. Die Forderung nach einer zentralen bzw. dezentralen luft- bzw. kühltechnischen RLT-Anlage ist nach heutigem Verständnis ein Muss bei qualitativ hochwertigen Arbeitsplätzen. RLT-Anlagen ermöglichen ebenso hohe Nutzungsqualität wie Funktionalität, also Grundvoraussetzungen für die Vermietungs- und Vermarktungsqualität von Immobilien. Die Innenzonen müssen in jedem Fall mechanisch belüftet werden,



Anteil der Verdunstung an der Gesamtwärmeabgabe

wobei je nach Nutzung auch dort Kühlung nicht ausgeschlossen werden kann.

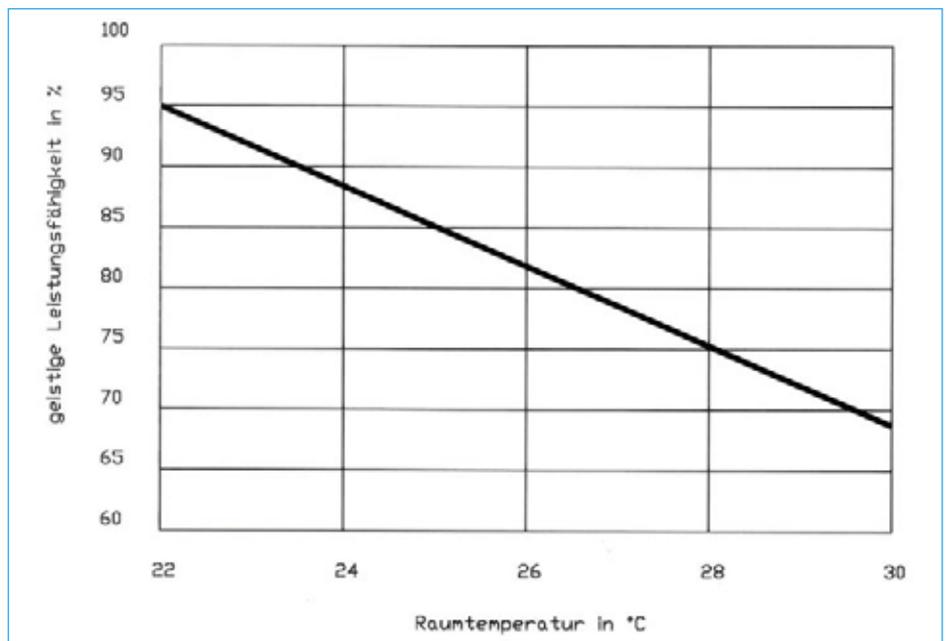
### Raumtemperatur und Leistungsfähigkeit

Das Temperaturniveau in Räumen ist nicht allein wichtig für die thermische Behaglichkeit, sondern auch für die Arbeitsfähigkeit von Personen und für ihre Gesundheit. Ungünstige Umgebungsbedingungen führen zu erhöhter Fehlerhäufigkeit und zu geringerer körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit. Um die gleiche Leistung wie unter Optimalbedingungen zu erbringen, steigen Anstrengung und

Stress bei der Arbeit, was jedoch nur kurzzeitig möglich ist.

So kann der Effektivitätsverlust bei Überschreitung einer Temperatur von 27°C mit ca. 25% angesetzt werden. Wird von einer Überschreitungszeit dieser Temperatur von 100 Stunden/Jahr und Kosten von 40 €/h für Personal- und Arbeitsplatzkosten ausgegangen, so beträgt der Verlust 1000 €/(Jahr und Person). Bei 2 000 Mitarbeitern bedeutet dies einen jährlichen Verlust an Arbeitsleistung von 2 Mio. €.

Bei Temperaturabweichungen vom Sollwertbereich ist aber noch ein Aspekt zu beachten, der gern vernachlässigt wird. Temperaturabweichungen nach oben sind



Abhängigkeit der geistigen Leistungsfähigkeit von der Raumtemperatur nach D. Wyon