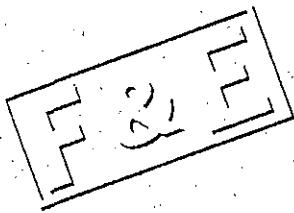


Stromsparen auf die elegante Art

EIN FORSCHUNGSPROJEKT DES BUNDES PRÜFT BAUTEILSYSTEME



Thermoaktive Bauteilsysteme heisst ein grosses Forschungs- und Messprojekt des Bundesamtes für Energie, in dem Kühlstrategien für Bürogebäuden evaluiert werden. Im folgenden Beitrag geht es um die Frage, wie weit thermoaktive Bauteile konventionelle Kühleinrichtungen mit dem Ziel einer effizienten Elektrizitätsnutzung ersetzen können.

Von Othmar Humm

THERMOAKTIVE BAUTEILSYSTEME nutzen die Gebäudemasse als Wärmespeicher. Die «Zwischenlagerung» von Wärme hat den Vorteil, dass der von Menschen und Geräten; aber auch durch die Sonne erzwungene Energieeintrag nicht sofort abgeführt werden muss, sondern nachts, bei tieferen Außentemperaturen und während des Niedertarifes der Elektrizitätswerke entsorgt werden kann. Bei diesem sogenannten Free-cooling kann auf eine Kältemaschine gänzlich verzichtet werden, sofern die gesamten internen Lasten, also ohne solare Wärmestrahlung, nicht über 40 W/m^2 steigen. Dies geht aus einer breit angelegten Untersuchung an der EMPA in Dübendorf hervor, bei der Markus Koschenz und Beat Lehmann von der Abteilung Haustechnik das thermische Verhalten eines 65 m^2 grossen Raumes als Teil eines Bürogebäudes untersuchten (Abb. 1).

Gebäudemodul als typischer Büror Raum

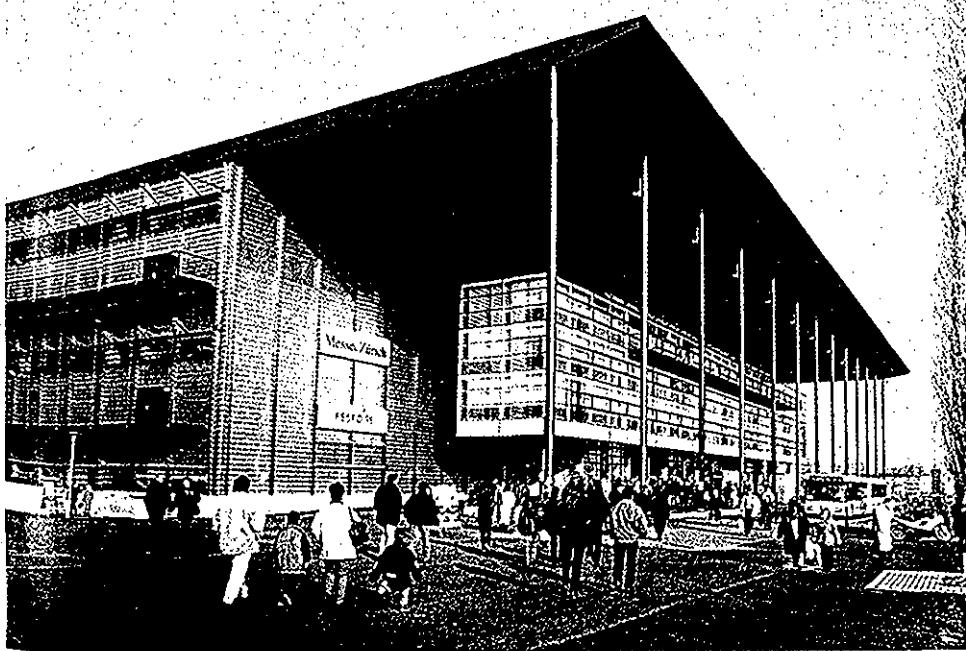
Der Raum misst 6 m in der Tiefe und 10,8 m in der Länge. Auf dieser nach Süden orientierten Längsseite ist der Raum befenstert. Die Glasfläche ist 13 m^2 gross, der Glas-k-Wert beträgt $1,6\text{ W/m}^2\text{ K}$, der g-Wert 66%. Exposition und Fensterfläche zeigen deutlich: Es handelt sich um einen «heissen» Raum, Kühlung ist für ei-

ne übliche Büronutzung unerlässlich. Nur gerade 20% der Solarstrahlung erreichen den Innenraum, den Löwenanteil von 80% hält das Beleuchtungssystem vom Büro fern. Von den anderen Geschossen ist der Raum durch eine 25 cm starke Betonplatte getrennt, auf der ein Unterlagsboden (5 cm) und ein Teppich liegt.

Für die Simulation wurde ein Luftwechsel «Null» angenommen, was nicht heisst, dass der Raum nicht belüftet ist, sondern dass die Lüftung keine Kühllast übernimmt. Diese muss entweder von der passiven Fensterlüftung (Fall 1) oder vom Free-cooling-System (Fall 2) übernommen werden. Dafür sind in der Betondecke Polyaethylenrohre mit einem Abstand von 30 cm eingelegt, insgesamt 6 mal 36 m (Durchmesser 25 mm, Wandstärke 3 mm). Zwischen 22 Uhr und 6 Uhr fließen stündlich $22\text{ kg Wasser pro m}^2$ Betondecke vom Rohrregister zum Rückkühler auf dem Dach – ein Wärmetauscher mit Axialventilatoren – und wieder zurück.

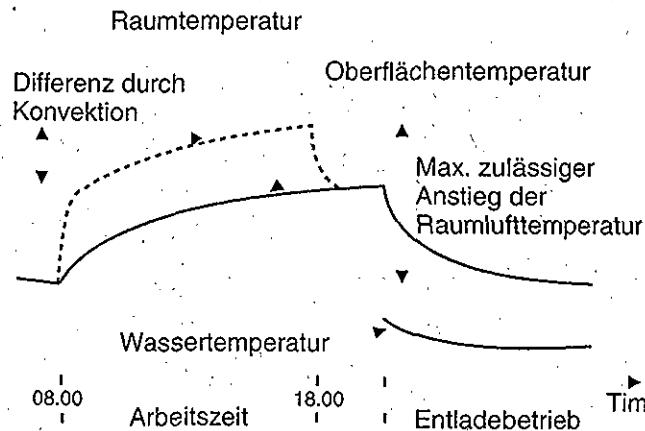
Wechselwirkung zwischen Last, Raumluft und Bauteil

«Der Energietransport zwischen den Wärmequellen und dem (gekühlten) Bauteil erfolgt über zwei verschiedene Wege», erläutert Markus Koschenz, «durch Strahlung und durch Konvektion.» Der direkte Weg ist die Strahlung, bei der die Wärme ohne Umwege von der Quelle ins Bauteil eindringt. «Na-



Beim Neubau der Messe Zürich gelangten thermoaktive Bauteilsysteme in der Praxis zur Anwendung.
(Foto Messe Zürich)

ΔT [°C]



Raumlufttemperatur und Oberflächentemperatur des Bauteils während eines typischen Arbeitstages im supponierten Büroräum. Infolge der praktisch vernachlässigbaren Speicherfähigkeit der Luft und des geringen Wärmeüberganges an horizontalen Bauteilen führen schon kleine Wärmeströme zu einem raschen Anstieg der Raumlufttemperatur.

turgemäss haftet dieser Wärmeübertragung die höhere Effizienz an», meint der HLK-Ingenieur, im Vergleich zur Konvektion, bei der zwischen Wärmequelle und Bauteil die Luft als «Zwischenmedium» fungiert und sich erwärmt, mitunter bis auf unbehagliche Temperaturen.

Bauteile erwärmen sich aufgrund der hohen Wärmekapazität auch bei grossen Lasten nur wenig, die Luft dagegen reagiert sehr flink auf Wärmeeinträge, weil die Speicherfähigkeit (fast) vernachlässigbar gering ist. Gering ist auch der mögliche Wärmeübergang an horizontalen Bauteilen, wie beispielsweise an der Decke und am Boden. Lediglich rund 2 W/m² K lassen sich konvektiv übertragen. (Strahlung ist diesbezüglich viel leistungsfähiger!) Umgerechnet auf den Büroräum von 65 m² sind das bei einem typischen Temperaturunterschied zwischen Raumluft und Bauteil von 4 K und einer Bürozeit von 10 Stunden gerade mal 10 kWh pro Tag – viel zu wenig! Fazit: Die beiden Systeme Raumluft und Bauteil sind thermisch weitgehend entkoppelt! Der konvektive Übergang zwischen Raumluft und Bauteil bildet sozusagen einen Flaschenhals.

Resultate zeigen Richtung

Für Koschenz sind die Resultate deutlich: Mit der Fensterlüftung allein (Fall 1) steigt die Raumluft öfters

mal auf unbehagliche Temperaturen von 29 °C. Mit der Bauteilkühlung (Fall 2) wird es im gleichen Büroräum nicht wärmer als 26 °C. Unter Ausnutzung einer noch vertretbaren Temperaturspreizung zwischen 20°C am Morgen und 28 °C am Abend lassen sich interne Wärmelasten, also ohne Solarenergieeintrag, von 40 W/m² abführen. Händerräume von Banken sind da nicht möglich, wohl aber Büroräume.

Interessant ist auch ein Vergleich zwischen den abgeföhrten Wärmemengen und den Gebäudeverlusten. 40% der Wärme verlässt den Raum in Form von Transmissionsverlusten, mehr als dies allgemein vermutet wird. Koschenz dazu: «Die Gebäudeverluste haben somit einen bedeutenden Einfluss auf die Dimensionierung des Rückkühlwerkes.» Ob diese Erkenntnis rasch

Eingang in die Planungs- und Projektierungsbüros finden wird, bleibt offen; wünschbar ist es, denn so lassen sich Investitionskosten minimieren.

Messungen und Simulationen

Am Beispiel der Messe Zürich soll die Wirkungsweise und Relevanz der Bauteilkühlung wissenschaftlich untersucht und mit den Simulationen verglichen werden. Die Messkampagne im Oerliker Messezentrum ist Teil des vom Bundesamt für Energie geförderten Projektes «Thermoaktive Bauteilsysteme», das von der EMPA geleitet wird. Ziel ist es, Planungsgrundlagen zu entwickeln. Ausgelegt wurden die Messehallen auf eine maximale Wärmelast von 80 W/m², 62% davon kann über das thermoaktive Bauteilsystem weggeführt werden, der Rest bewältigt die Lüftungsanlage. Der Split ist möglich, ohne die Lüftungsanlage über dem hygienisch notwendigen Luftwechsel zu betreiben. Sowohl die Zuluft als auch der Bauteil-Kreislauf kann über die Kältemaschine gekühlt werden. Ob diese in Betrieb geht, ist in erster Linie von der Außenlufttemperatur abhängig, die internen Lasten sind nachrangig. Zwar ist die Bauteilkühlung wesentlich effizienter als die Zuluftkühlung, auf letztere kann allerdings aus Gründen der Behaglichkeit nicht verzichtet werden (Die Folge wäre ein Barackenklima mit heisser Luft in einer kalten Raumhülle).

Der eigentliche Test für die Haustechnik bildet die Züspa; während diesen 10 Tagen sind die höchsten Wärmelasten zu erwarten (um 80 W/m²). Im Unterschied zum supponierten Büroräum, bei dem das Free-cooling-System nur nachts im Betrieb ist, läuft die Bauteilkühlung in der Messe Zürich rund um die Uhr, aber selbstverständlich nur während den Messen. Auch deshalb geht es nicht ohne Kältemaschine, sofern sowohl die Außenlufttemperatur als auch die Wärmelasten (relativ) hoch sind. ■

Bauteilkühlung

Alles andere als trivial

Effiziente Raumkonditionierung mittels Bauteilen ist bauphysikalisch anspruchsvoll. Dies gilt ganz besonders, was den Split der abzuführenden Wärmelasten zwischen den beiden Systemen Raumluft und Bauteil anbelangt. Wer mehr Detailwissen sucht: Der Tagungsband des Status-Seminars enthält auf den Seiten 261 und folgenden interessante Infos. (Bezug Tagungsband: EMPA-KWH, Fax: 01 823 40 09.)