

A. Frangoudakis

Temperaturverhältnisse an einer zweischaligen, hinterlüfteten Gebäude-Fassade

Zweischalige, hinterlüftete Gebäude-Fassaden finden eine breite Anwendung im Metall-Leichtbau so wie bei der Altbausanierung als Regenschutz wie auch aus anderen technischen und architektonischen Gesichtspunkten.

Im IBP wurde eine numerische Methode entwickelt, die die Temperatur- und Wärmestromverhältnisse an einer

zweischaligen Gebäude-Fassade unter Einbeziehung der instationären Innen- und Außen-Lufttemperaturverhältnisse abschätzen kann. Hierbei kann sowohl die direkte Sonneneinstrahlung durch transparente Bauteile in Räume als auch die Sonneneinstrahlung auf die Fassadenoberfläche materialspezifisch erfaßt werden.

Beschreibung der Simulationsmethode

Die Wärmetransportvorgänge durch die geschichteten Wandteile werden mit Hilfe der eindimensionalen Fourier'schen Differentialgleichung nach einem Finiten-Differenzen-Verfahren berechnet [1].

Die Wärmeübertragung durch Konvektion und Strahlung ist auf der Innen- und Außenseite jedes Bauteilelementes durch einen vorgegebenen konstanten Wärmeübergangskoeffizienten α und der für jeden Zeitschritt berechneten Differenz aus Oberflächentemperatur und Lufttemperatur bestimmt. Für die Innenseite und Außenseite werden $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ und $\alpha_a = 23 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ angenommen. Der Einfluß der langwelligen Abstrahlung von der äußeren Wandoberfläche wurde, für das Zeitintervall von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang, mittels einer Absenkung der Außenlufttemperatur von 3 K erfaßt. Die numerische Simulation wird für 4 bis 5 Tage in Zeitschritten von 60 Sekunden bis zum Erreichen des thermisch eingewungenen Zustandes durchgeführt.

Die auf der Außenwandfläche auftreffende Sonneneinstrahlungsintensität wie auch die Außenlufttemperatur

wurden für einen Sommer- und einen Wintertag den gemessenen Wetterdaten der IBP Außenstelle Holzkirchen/Oberbayern entnommen.

Der Einfluß der Hinterlüftung zwischen dem Bauteil und der vorgehängten Bekleidung wurde nach [2] unter folgenden Voraussetzungen erfaßt:

Standort und Gebäudeform beliebig; Fassadenorientierung beliebig; Außen- und Raumlufttemperatur beliebig; Dämmvermögen und Schichtaufbau der Innenschale beliebig; Luftspaltbreite $s \geq 0,02 \text{ m}$; obere und untere Öffnungen der Hinterlüftung betragen 50 . . . 100 % der Fläche des freien Spaltquerschnitts.

Die Innenlufttemperatur wurde für den Fall 1 (Winter) und den Fall 2 (Sommer) konstant mit $20 \text{ }^\circ\text{C}$ angenommen. Für den Fall 3 (Sommer) wurde diese Temperatur instationär und gleich der Außenlufttemperatur erfaßt. Fall 1 und 2 beschreiben also Fälle eines vollklimatisierten Gebäudes. Für den Fall 3 ist eine hohe Luftwechselzahl angenommen, so daß sich Innen- und Außenluft ständig ausgleichen.

Beschreibung der Fassade

Als Beispiel wurden die Temperaturverhältnisse einer Leichtbetonwand von 20 cm Dicke mit einer vorgehängten Schale aus Asbestzementplatten von 0,6 cm Dicke berechnet. Der Luftzwischenraum sei 2,4 cm. Für die Leichtbetonwand wurde eine Dichte von 1100 kg/m^3 und eine

Wärmeleitfähigkeit von $0,4 \text{ W/mK}$ angenommen. Für die Asbestzementplatten wurde eine Dichte von 2000 kg/m^3 und eine Wärmeleitfähigkeit von $0,55 \text{ W/mK}$ verwendet. Für beide Materialien wurde eine spezifische Wärme von 930 J/kg K angenommen.

Ergebnisse

In Bild 1 ist der Tagesgang der Außenlufttemperatur und der auf eine Südwand auftreffenden Sonnenstrahlung eines wolkenlosen Wintertags (14. Januar 1980) und in Bild 2 für einen Sommertag (15. Juni 1980) dargestellt. Diese Werte sind Meßwerte, die von der Wetterstation des IBP Außenstelle in Holzkirchen aufgezeichnet wurden.

In Bild 3, 4 und 5 sind für diese Tage und die entsprechenden Innenbedingungen die berechneten Oberflächen-temperaturen auf der Außenseite einer Leichtbetonwand hinter der vorgehängten Schale aufgezeichnet.

In Bild 6, 7 und 8 sind die entsprechenden Wärmestromdichten an der Innenseite der Wand angegeben.

Man bemerkt, daß die nicht hinterlüftete Schale für den Winter (Fall 1) wärmetechnisch günstiger ist als für die hinterlüftete Schale. Während der Sommertage ist, im Gegensatz zu Fall 1, die Bestimmungsgröße des Temperaturverhaltens die Außenlufttemperatur. Der Sonnen-

einfall ist im Sommer auf eine südorientierte Wand tatsächlich gering, eine Hinterlüftung ist wirkungslos.

In Bild 8 (Fall 3) bemerkt man, daß die Wärmebelastung des Raumes mit einem Tagesmittelwert um 0 W/m^2 den Fällen 1 und 2 widerspricht. In Fall 1 und 2 haben die Wärmeströme während jeder Tageszeit dieselbe Richtung und erfordern einen Energieaufwand, um eine Raumtemperatur von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ zu halten. Bei hohen Luftwechselraten wechselt die Wärmeflußrichtung tags und nachts im Fall 3. Wenn eine Reduzierung der Luftwechselrate über Tag möglich ist, ergibt sich die Möglichkeit, den Raum auf behaglichen Temperaturen zu halten ohne Energieaufwand für künstliche Kühlung.

Aus den aufgeführten Beispielen wird klar, daß eine Hinterlüftung für die Fälle 1 bis 3 teilweise ungünstig ist. Ohne Hinterlüftung wird aber für jede Wandkonstruktion ein Aufwand zur Optimierung des Feuchtetransports (Wasserdampfdiffusion) erforderlich.

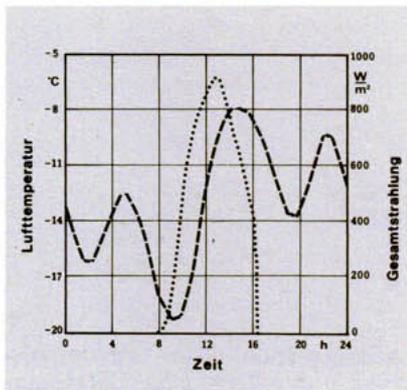


Bild 1 für den 14. Januar 1980

Literatur

- [1] Frangoudakis, A.; Kupke Chr.; Mechel, F. P.: „Berechnung des Wärmedurchgangs durch mehrschichtige Wände mit gleichzeitiger Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung.“ Ges.-Ing. 103 (1982), Heft 1, S. 35 – 39.
- [2] Fohry, R.: „Berechnung des Transmissionswärmestroms durch hinterlüftete Fassaden.“ Luft und Kältetechnik (1974), Heft 4, S. 205 – 210.

Bild 1 und 2
Außenlufttemperatur und Gesamtstrahlung auf eine südorientierte Wand in Holzkirchen

Bild 3, 4 und 5
Oberflächentemperatur an der Außenseite der Leichtbetonwand
..... nicht hinterlüftet - - - - - mit Hinterlüftung

Bild 5, 6 und 7
Wärmestromdichte an der Innenseite

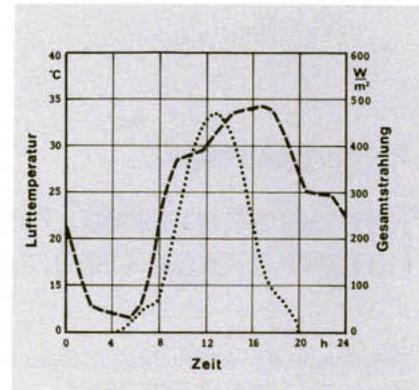


Bild 2 für den 15. Juni 1980

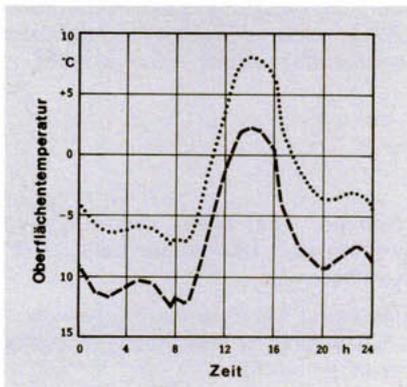


Bild 3 Fall 1 für den 14. Februar 1980

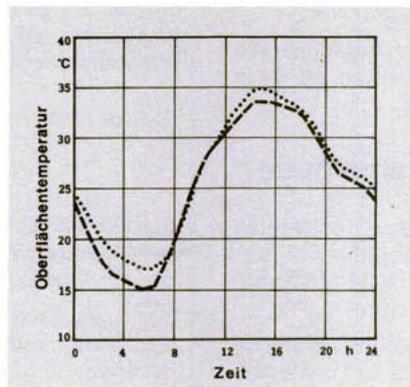


Bild 4 Fall 2 für den 15. Juni 1980

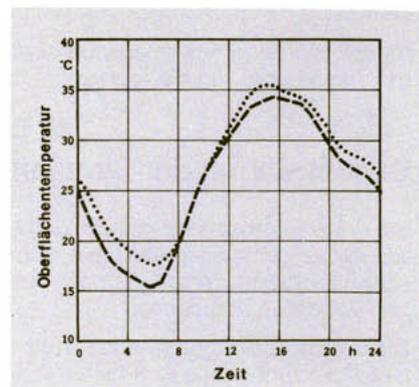


Bild 5 Fall 3 für den 15. Juni 1980

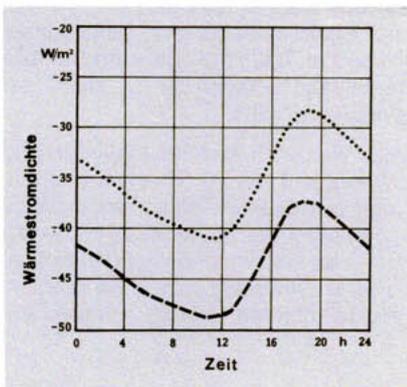


Bild 6 Fall 1 für den 14. Januar 1980

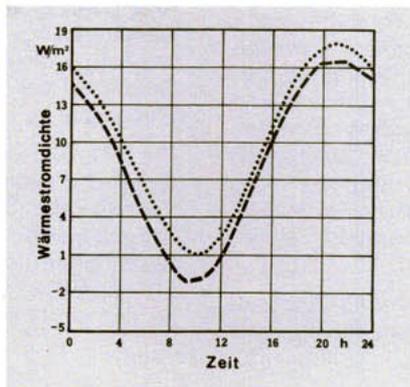


Bild 7 Fall 2 für den 15. Juni 1980

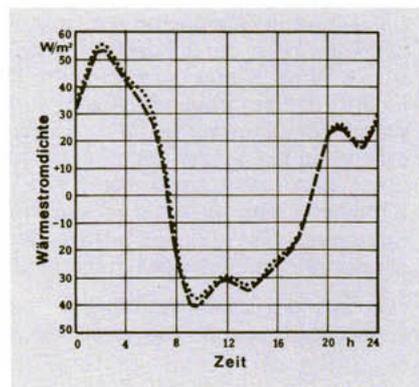


Bild 8 Fall 3 für den 15. Juni 1980



Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
7000 STUTTGART 80 (VAIHINGEN), Nobelstraße 12, Tel. (0711) 68 68 00
Außenstelle: 8150 HOLZKIRCHEN (OBB.), Postfach 1180, Tel. (08024) 15 72