

## INSTITUT FÜR BAUPHYSIK DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

W. Schüle

### Wärmeschutz von Fenstern

Die Energiesituation zwingt in erhöhtem Maße zur Einsparung von Heizenergie. Da der Heizwärmeverbrauch von Bauten durch die Wärmedurchlässigkeit der Fenster in wesentlichem Umfange mitbestimmt wird, ist in den „Ergänzenden Bestimmungen zu DIN 4108, Fassung Oktober 1974“ der noch zulässige Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  von Fenstern mit  $3,0 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h K})$  festgelegt worden.

Durch rechnerische und meßtechnische Untersuchungen sollte Aufschluß gewonnen werden über die Möglichkeiten, niedrige Wärmedurchgangskoeffizienten bei Fenstern zu erzielen.

#### 1. Der Wärmedurchgang durch Fenster

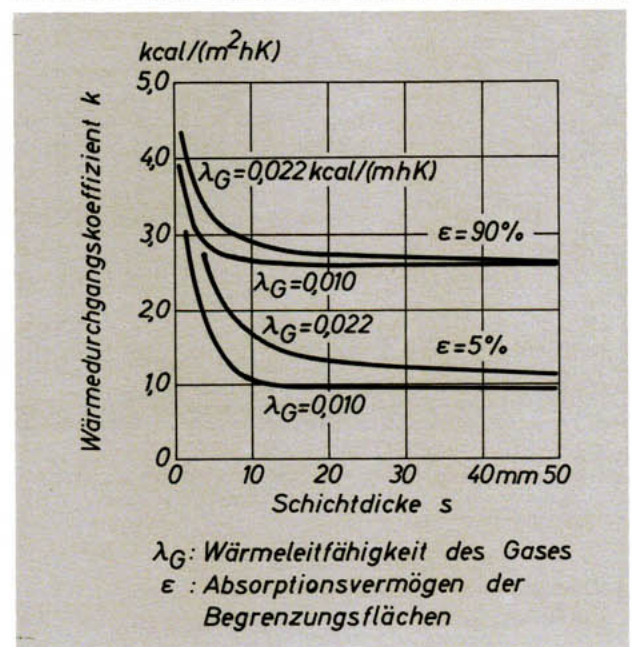
Rahmen und Verglasung bestimmen neben den Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_i$  und  $\alpha_a$  zu beiden Seiten des Fensters, dessen Wärmedurchgang und somit den Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$ .

##### 1.1 Verglasung

Bei Einfachverglasung ist, bestimmt durch die geringe Wärmedämmung der in der Regel wenige mm dicken Glasscheibe, der Wärmeübergang zu beiden Seiten der Scheibe für den  $k$ -Wert der Verglasung bestimmend. Unter Annahme der Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_i$  von 7 und  $\alpha_a$  von  $20 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h K})$  auf Innen- bzw. Außenseite, ergibt sich ein  $k$ -Wert von rund  $5 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h K})$ .

Werden zwei oder mehr Glasscheiben mit Abstand hintereinander angeordnet, so bestimmen der Abstand der Scheiben, das Reflexions- bzw. Absorptionsvermögen der Scheibenoberflächen sowie die Wärmeleitfähigkeit des Gases zwischen den Scheiben den Wärmedurchgang. Für eine ebene, beidseitig

begrenzte Gasschicht, sind die Zusammenhänge zwischen dem Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$  und der Dicke der Gasschicht in Bild 1 gezeichnet. Dabei sind außer dem Abstand  $s$  der Begrenzungsflächen (im praktischen Falle der Glasscheiben), deren Absorptionsvermögen  $\epsilon$  und die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_G$  der Gasfüllung variiert. Ein Absorptionsvermögen von 90% trifft für Glasoberflächen zu. Der Wert von 5% gilt für blanke Metallflächen und stellt somit den wohl kaum mehr realisierbaren Wert bei



**Bild 1**  
 Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  von ebenen Gasschichten verschiedener Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_G$ , beidseitig begrenzt von Flächen verschiedenen Absorptionsvermögens  $\epsilon$ , abhängig von der Schichtdicke  $s$ ,

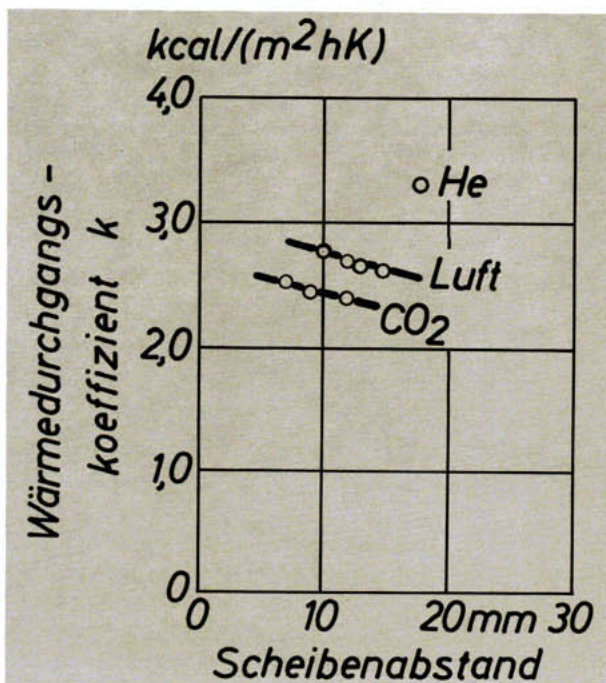
$$\alpha_i = 7 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h K}),$$

$$\alpha_a = 20 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h K}).$$

metallbedampften Gläsern dar, der erst bei praktisch undurchsichtiger Bedampfung erreicht wird. Die beiden gewählten Wärmeleitfähigkeiten des Gases gelten für Luft bzw. ein Gas geringer Wärmeleitfähigkeit (z. B. Halogen-Kohlenwasserstoffe).

Man erkennt aus dem Diagramm, daß Gasschichten geringer Wärmeleitfähigkeit bei Begrenzung mit unbehandeltem Glas auch bei großen Scheibenabständen kaum zu Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$  unter etwa  $2,5 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h K})$  führen werden. Wird durch eine geeignete Bedampfung der Scheiben deren Absorptionsvermögen für Wärmestrahlung wesentlich verringert, so können erhebliche Senkungen der  $k$ -Werte erwartet werden, wobei sich in diesen Fällen Gase mit geringerer Wärmeleitfähigkeit als Luft schon bei verhältnismäßig geringen Dicken besonders günstig auswirken.

In Bild 2 sind die Ergebnisse von Messungen des Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$  an Isolierverglasungen aus zwei Scheiben mit 12 mm Abstand bei verschiedenen Gasfüllungen gezeichnet. Die wenigen bisher an handelsüblichen metallbedampften Isolierverglasungen durchgeführten Messungen haben bei Luftfüllung und 12 mm Scheibenabstand  $k$ -Werte zwischen 1,7 und 1,9  $\text{kcal}/(\text{m}^2 \text{ h K})$  ergeben.



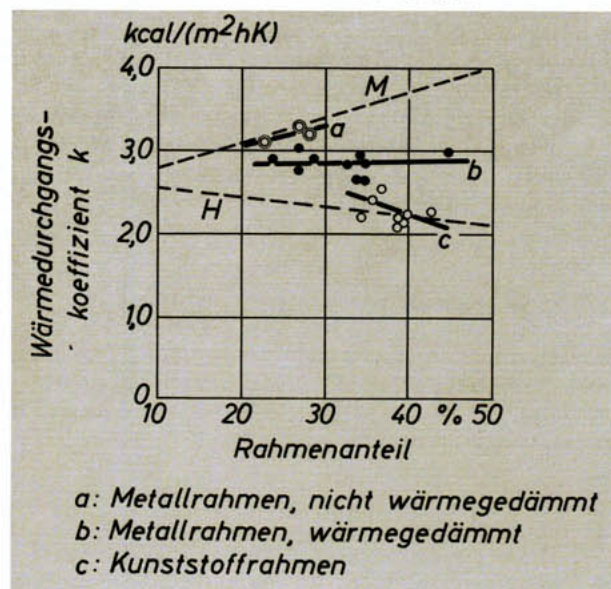
**Bild 2**  
Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  von Isolierverglasungen mit verschiedenen Gasfüllungen, abhängig vom Scheibenabstand.  
Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  der Gase:  
Helium 0,13  $\text{kcal}/(\text{m h K})$ ,  
Luft 0,022  $\text{kcal}/(\text{m h K})$ ,  
Kohlendioxid 0,012  $\text{kcal}/(\text{m h K})$ .

## 1.2 Rahmen

Rahmenmaterial (Holz, Kunststoff, Metall), Rahmenausführung und der Flächenanteil des Rahmens an der gesamten Fensterfläche beeinflussen den Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$  des Fensters, zusammen mit der Verglasung. Dabei senken Holz- und Kunststoffrahmen den  $k$ -Wert. Die Ergebnisse einiger Messungen sind in dem Diagramm des Bildes 3 zusammengestellt.

## 2. Zusammenfassung

Der Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  von Fenstern mit Isolierverglasung (zwei Scheiben mit Zwischenraum) läßt sich, abgesehen von Rahmenart und Rahmenanteil an der Fensterfläche, durch Füllung des Raumes zwischen den Glasscheiben mit Gasen geringer Wärmeleitfähigkeit und durch Metallbedampfung der Scheiben senken. Bei den üblichen Scheibenabständen von rund 12 mm lassen sich durch Verwendung von Gasen niedrigerer Wärmeleitfähigkeit als Luft nur verhältnismäßig geringe Verbesserungen erzielen. Erst durch Verwendung metallbedampfter Scheiben in Verbindung mit Gasfüllungen niedriger Wärmeleitfähigkeit lassen sich die  $k$ -Werte von Verglasungen wesentlich senken. Dies ist naturgemäß auch möglich durch Verwendung von Mehrfachverglasungen mit 3 und mehr Scheiben und der entsprechenden Anzahl von Luft- bzw. Gasschichten.



**Bild 3**

Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  von Fenstern mit Isolierverglasung (Scheibenabstand 12 mm, Luftfüllung) mit verschiedenen Rahmenarten, abhängig vom Rahmenanteil an der Fensterfläche.  
Strichliert: rechnerisch ermittelte Grenzen für Fenster mit Holzrahmen (H) und nicht wärmedämmte Metallrahmen (M).



Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Instituts für Bauphysik

INSTITUT FÜR BAUPHYSIK DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT  
7 STUTTGART 70 DEGERLOCH, Königstraße 74, Tel. (07 11) 76 50 08/09  
Außenstelle: 815 HOLZKIRCHEN (OBB.), Postfach 1180, Tel. (080 24) 572