

19 (1992) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

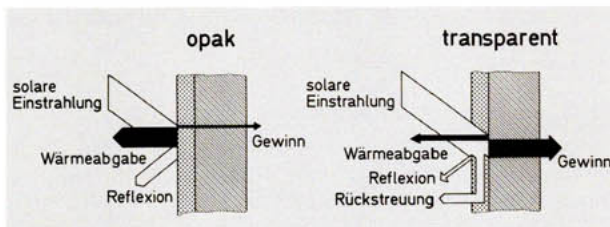
Fraunhofer-Institut für Bauphysik

E. Boy und K. Bertsch

## Transparente Wärmedämmung Wärmedämmung und passive Solarenergienutzung in einem System

### Wirkungsweise der transparenten Wärmedämmung

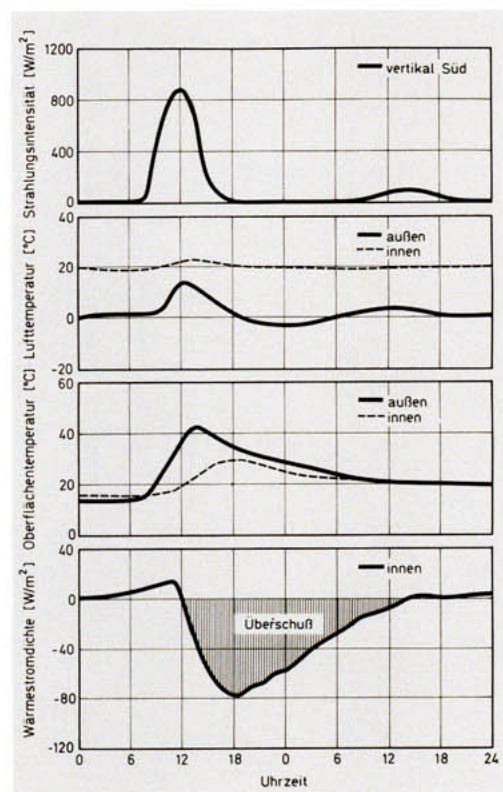
Die Verringerung der Transmissionswärmeverluste durch Wärmedämmung ist unumstritten. Gegenüber der herkömmlichen opaken ermöglicht die transparente Wärmedämmung bei Anwendung vor massiven Außenwänden einen beträchtlichen passiven Wärmege-  
winn aus der solaren Einstrahlung. In Bild 1 ist das Funktionsschema der transparenten Wärmedämmung im Vergleich mit der opaken Dämmung angegeben.



**Bild 1:** Funktionsschema der transparenten Wärmedämmung im Vergleich mit der opaken Wärmedämmung

Die auf eine opak gedämmte Wand auftreffende Solarstrahlung trägt nur zu einem geringen Teil zur Transmissionswärmestromverringerung bei. Bei Absorption von Solarstrahlung kann sich die Außenoberfläche zwar stark erwärmen. Wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht gelangt jedoch auch bei großen Temperaturgradienten nur relativ wenig Wärme nach innen. Im Gegensatz dazu wird bei der transparent gedämmten Wand ein Teil der Solarstrahlung durch die Dämmschicht transmittiert und an der Außenoberfläche der inneren Wandschale absorbiert. Die davorliegende Dämmschicht bewirkt, daß ein Großteil der absorbierten Energie in die innere Wandschale eingeleitet wird. Je nach Strahlungsintensität und Außenlufttemperatur wird dadurch der Transmissionswärmeverlust mehr oder weniger vermindert oder zeitweilig der Wärmestrom sogar von außen nach innen umgekehrt. Die transparent gedämmte Wand wirkt als Heizung. Dabei kann die innere Wandschale als Wärmespeicher dienen. Ihre Wärmekapazität bewirkt eine Temperaturamplitudendämpfung von außen nach innen und eine Phasenverschiebung zwischen solarem Angebot außen und Nutzwärmeabgabe an den Innenraum.

An einem praktischen Meßbeispiel über zwei Wintertage, das in Bild 2 angegeben ist, wird diese Funktionsweise verdeutlicht.



**Bild 2:** Zwei-tägiges Meßbeispiel einer transparent gedämmten, 20 cm dicken Betonwand, südorientiert. In den beiden oberen Diagrammen sind die klimatischen Randbedingungen und in den unteren die Zeitverläufe der Oberflächentemperaturen und der Wärmestromdichte angegeben.

Wandkennwerte: gesamt k-Wert:  $1\text{ W/m}^2\text{K}$   
k-Wert des Dämmsystems:  $1,3\text{ W/m}^2\text{K}$   
Strahlungstransmissionsgrad: 0,6

Die Intensität der Gesamtstrahlung erreicht am ersten Tag auf der Südfäche Werte bis zu  $860\text{ W/m}^2$ ; am folgenden Tag werden  $100\text{ W/m}^2$  kaum noch überschritten. Die Außenlufttemperatur liegt in den Nachtstunden um den Gefrierpunkt und steigt in den Mittagstunden an, und die Innenlufttemperatur liegt bei ca.  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Als Folge der absorbierten Solarstrahlung steigt die Oberflächentemperatur der inneren Wandschale unter der transparenten Dämmschicht



von 14 °C auf 43 °C an. Ca. 6 Stunden phasenverschoben dazu erhöht sich die Innenoberflächentemperatur von ca. 16 °C auf 30 °C. Die Wärmestromdichte an der Innenoberfläche (im Bild 2 ganz unten) ist nach außen als Verlust positiv und nach innen als Gewinn (mit Überschußwärme bezeichnet) negativ aufgetragen. Der Wärmestrom an der Innenoberfläche kehrt sich schon in der Mittagszeit von außen nach innen um und erreicht sein Maximum in den Abendstunden. Obwohl der zweite Tag sehr strahlungsarm ist, sind auf Grund der Speicherwirkung der inneren Wandschale bis in die Abendstunden des zweiten Tages keine Verlustwärmeströme festzustellen.

### Anwendungsabhängigkeit der Wirkungsweise

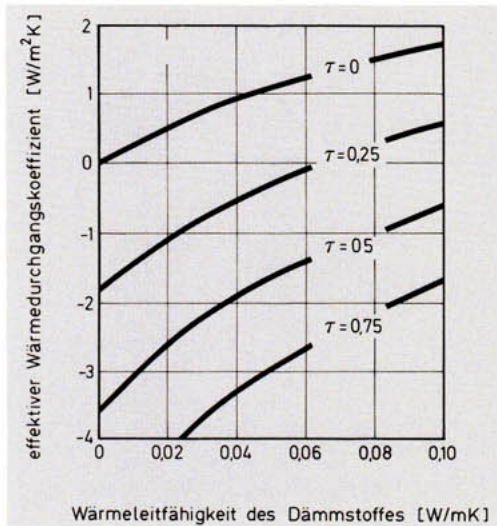
Die Wirkungsweise transparenter Wärmedämmschichten hängt nicht nur vom Dämmmaterial ab. Zur Charakterisierung der unterschiedlichen Wirkungsweisen sind effektive Wärmedurchgangskoeffizienten anschaulich.

$$k_{\text{eff}} = \frac{q_{\text{eff}}}{\Delta \vartheta_L} \quad (1)$$

Der effektive k-Wert ist der Quotient aus der während des Betrachtungszeitraumes (z.B. während der Heizperiode) vorliegenden mittleren Wärmestromdichte im Bauteil und der mittleren Differenz der Temperaturen der beidseitig angrenzenden Luft. In einer vereinfachten Betrachtungsweise kann mit den üblichen Materialkennwerten der Einfluß der verschiedenen Parameter näherungsweise beschrieben werden.

### Einfluß der Materialkennwerte des Dämmstoffes

Der Einfluß des Strahlungstransmissionsgrades und der Wärmeleitfähigkeit der transparenten Dämmschicht ist in Bild 3 für ein Anwendungsbeispiel angegeben. Schon mit Strahlungstransmissionsgraden um 0,25 kann bei Wärmeleitfähigkeiten des Dämmstoffes um 0,06 W/mK während der Heizperiode der k-Wert von 1,3 W/m²K auf einen effektiven k-Wert um Null gesenkt werden.



**Bild 3:** Einfluß der Wärmeleitfähigkeit des transparenten Dämmstoffes auf den effektiven k-Wert einer Wandkonstruktion mit einer 32 mm dicken Dämmschicht bei minimaler Strahlungsabsorption im Dämmstoff für verschiedene Strahlungstransmissionsgrade.

Zugrundegelegte Daten:

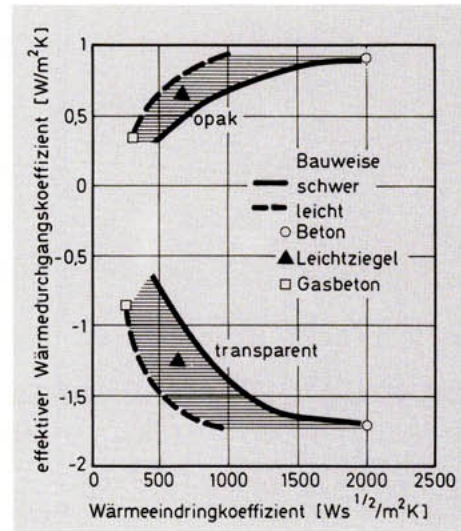
Wandkonstruktion: Glasabdeckung/ transparente Dämmschicht/ 20 cm dicke Betonwand, südorientiert  
Klimadaten von Stuttgart (Jahr 1981)

### Einfluß des Wandbaustoffes

Das unterschiedliche thermische Verhalten kann in Abhängigkeit vom Wärmeeindringkoeffizienten:

$$b = \sqrt{\lambda \rho c_p} \quad (2)$$

aufgezeigt werden. Unter jeweiliger Variation der Wärmeleitfähigkeit ist in Bild 4 der Einfluß des Wärmeeindringkoeffizienten für die schwere und leichte Bauweise angegeben. Als Orientierungswerte dienen zusätzlich die Punkte für jeweils 20 cm dicke Wände aus Beton, Leichtziegel und Gasbeton. Mit zunehmendem k-Wert bei opaker Dämmung und zunehmendem Wärmeeindringkoeffizienten verringert sich der effektive k-Wert der transparent gedämmten Wand.



**Bild 4:** Einfluß des Wärmeeindringkoeffizienten auf den effektiven k-Wert transparent gedämmter, südorientierter Wände bei schwerer und leichter Bauweise. Zum Vergleich sind die Werte bei entsprechender opaker Dämmung mitangegeben.

Zugrundegelegte Daten:

Wandkonstruktion wie in Bild 3 jedoch innere Wandschale variabel  
k-Wert des Dämmsystems 1,2 W/m²K und Strahlungstransmissionsgrad 0,46 bei minimaler Strahlungsabsorption im Dämmstoff  
Klimadaten: Test-Referenz-Jahr

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Vereinigung der Dämmwirkung und der passiven Solarenergienutzung in einem System macht die transparente Wärmedämmung in energetischer Sicht sehr interessant. Die während der Heizzeit erwünschte passive Solarenergienutzung kann natürlich in der Übergangszeit und in den Sommermonaten Sonnenschutzmaßnahmen erforderlich machen. Für die praktische Anwendung im Ein- und Mehrfamilienhausbereich des Altbaubestandes sind architektonisch ansprechende Systeme noch zu entwickeln. Am effektivsten ist die transparente Wärmedämmung in der Anwendung vor schweren Wänden mit gut wärmeleitenden Baustoffen wie z.B. Beton.

Hinweis: Die Untersuchungen zur transparenten Wärmedämmung wurden im BMFT-Forschungsvorhaben 03E-8411-A LEGIS mit Industriebeteiligung unter Förderung der Gips-Schule-Stiftung, zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme, durchgeführt.

### Literaturhinweise:

- [1] Lang, H., Boy, E., Bertsch, K.: Heizenergieeinsparung durch Wände mit transparenten Wärmedämmschichten - Meßergebnisse unter idealisierten Randbedingungen -. IBP-Bericht SA 3/85, Stuttgart (1985).
- [2] Schreiber, E., Boy, E., Bertsch, K.: Heizenergieeinsparung durch Wände mit transparenten Wärmedämmschichten - Rechenergebnisse unter idealisierten Randbedingungen -. IBP-Bericht SA 4/85, Stuttgart (1985).



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK  
Leiter: o.Prof. Dr. Dr. h.c. Karl Gertis  
7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel. (0711)970-00  
8150 Holzkirchen, Postfach 1180, Tel. (08024)643-0  
O-1092 Berlin, Plauener Str. 163-165, Tel. (030)9783-3115

Herstellung und Druck:  
SDSC, Informationszentrum RAUM und BAU  
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart  
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des  
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik