

Passive solare Energiegewinnung im nicht-transparenten Fassadenbereich

Bedrucktes Flachglas als Wärmespendender

Dr. Klaus W. Liersch

Seit Bekanntmachung der Wärmeschutzverordnung '95 besteht für die Baupraxis die Möglichkeit, den solaren Wärmege winn von Verglasungsbauteilen zu erfassen. Erste Untersuchungen zeigen hier ein beachtliches Potential, daß allerdings sehr von der Beschaffenheit der Wand abzu hängen scheint.

Bei Fenstern und ähnlichen lichtdurchlässigen Bauteilen mit einem Verglasungsanteil von mindestens 60 % ist zur Bestimmung des solaren Wärmege winns folgender Ansatz gebräuchlich

$$k_{eq,F} = k_F - g_F \cdot S_F$$

Hierin sind

k_F Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmen und Verglasung

g_F Gesamtenergiedurchlaßgrad

S_F Strahlungsgewinnkoeffizient gemäß Tabelle 1

Orientierung	S_F in $W/(m^2K)$
Nordfenster	0,95
Ost- und Westfenster	1,65
Fenster in bis zu 15° geneigten Dachflächen	1,65
Südfenster	2,40

Tabelle 1: Strahlungsgewinnkoeffizienten S_F in $W/(m^2K)$ gemäß WSVO '95

Die Wärmedurchgangskoeffizienten k bzw. $k_{eq,F}$ von Außenbauteilen, die hinter geschlossenen, nicht beheizten Glasvorbauten liegen, dürfen abgemindert werden auf die Werte in Tabelle 2.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes war zu untersuchen, inwieweit mit

0,70	bei Einfachverglasungen
0,60	bei Isolier- oder Doppelverglasungen mit Klarglas
0,50	bei Wärmeschutzfenstern mit $k_v \leq 2,00 W/(m^2K)$

Tabelle 2: Abminderungsfaktoren für vorgeschaltete Verglasungsbauteile gemäß WSVO '95

einer Vorhangfassade aus bedrucktem Flachglas, einem somit deutlich weniger transparenten Material als die durch die Tabellen 1 und 2 erfaßten Gläser, ebenfalls solare Gewinne in nennenswertem Umfang nachgewiesen werden können. Der Bedruckungsgrad war aus gestalterischen Gründen mit 75 % vorgegeben. Hieraus ergibt sich ein Gesamtenergiedurchlaßgrad von $g = 0,30$. Der solare Gewinn wurde zunächst meßtechnisch untersucht und danach anschließend mit einer Bemessungsformel beschrieben.

Untersuchungen an der Wand

Im Passiv-Prüfstand der BTU Cottbus wurden 1996 und 1997 über mehrere Wochen Messungen an einer nach Süden ausgerichteten Außenwand aus Kalksandsteinen mit einer Vorhangfassade aus bedrucktem Glas (75 %

Bedruckung) durchgeführt. Zunächst war die Wand ohne Wärmedämmschicht untersucht worden, später jedoch mit einer außenliegenden Dämmschicht ausgestattet, die für die gesamte Wand einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $k_W = 0,50 W/(m^2K)$ ergab.

Prof. Dr. Klaus Liersch ist Inhaber des Lehrstuhls Baukonstruktion und Bauphysik an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus und außerdem ö. b. u. v. Sachverständiger für Wärme- und Feuchteschutz der IHK Berlin

Für die Auswertung bieten sich mehrere quasistationäre Modelle an, wobei zur Bildung einer Bemessungsformel die nachstehende Betrachtung besonders anschaulich ist.

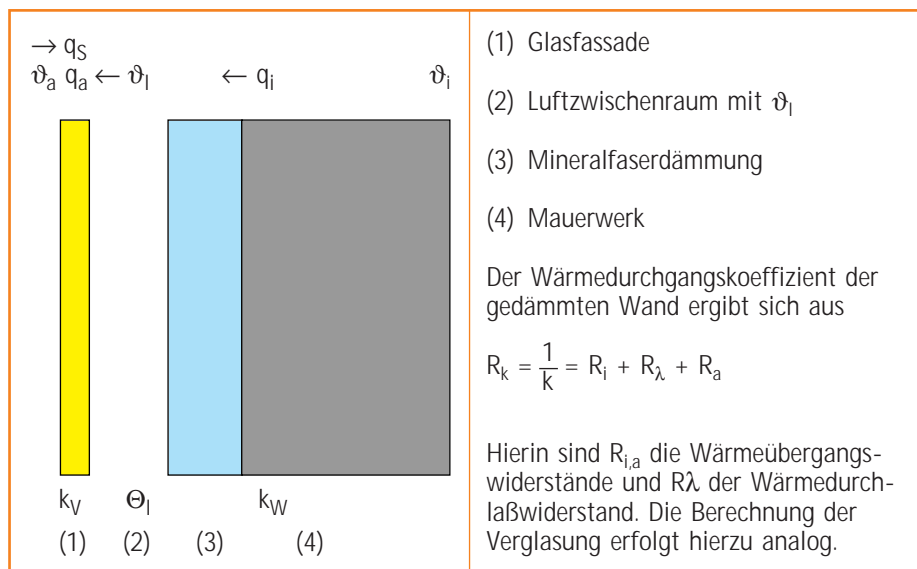
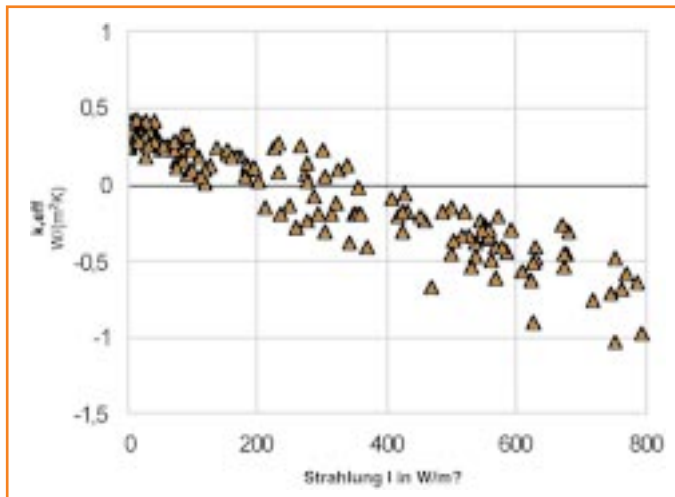


Bild 1: Prinzipielle Darstellung der Vorhangfassade

Bild 2: Gegenüberstellung des effektiven k-Wertes zur Besonnung der Fassade bei südlicher Ausrichtung der Wand



Durch die solare Zustrahlung q_s verringert sich der Wärmedurchgangskoeffizient der Wand

$$k_{\text{eff}} = k_W \cdot (1 - \Omega)$$

Der Luftzwischenraum wird als nicht belüftet angesehen, d. h. der konvektive Wärmetransport wird vernachlässigt.

Aus der Wärmebilanz ohne konvektiven Wärmeverlust im Luftzwischenraum

$$q_i - q_a + q_s = 0$$

ergibt sich, daß der Parameter gleichzusetzen ist mit der standardisierten Temperatur im Luftzwischenraum

$$\theta_l = \frac{\vartheta_i - \vartheta_a}{\vartheta_i - \vartheta_a}$$

- ϑ_i Raumlufttemperatur
- ϑ_a Außenlufttemperatur
- ϑ_l Temperatur im Luftspalt

Die Temperatur im Luftzwischenraum läßt sich ebenfalls aus der Wärmebilanz ermitteln und lautet

$$\theta_l = \frac{1 + \frac{\eta \cdot I \cdot g}{k_W \cdot \Delta T}}{1 + \frac{k_V}{k_W}}$$

- k_W k-Wert der Wand in $W/(m^2K)$
- k_V k-Wert der Verglasung in $W/(m^2K)$

- g Gesamtenergiedurchlaßgrad
- I Strahlungsintensität in W/m^2
- η Wirkungsgrad des Strahlungsgewinns
- $\Delta T = \vartheta_i - \vartheta_a$ Temperaturdifferenz

Die in Bild 2 dargestellte Auswertung der gemessenen Daten für den Temperaturbereich $\Delta T = 15 \dots 20$ K bestätigt die gefundene Gleichung. Sie ist allerdings nur bei ausreichend speicherfähigen Bauteilen anwendbar, die jedoch ab der üblichen Mindestdicke von 17,5 cm für Kalksandsteinmauerwerk gegeben ist. Aus Bild 2 ist weiterhin erkennbar, daß bereits ohne Sonneneinstrahlung der effektive

k-Wert der Wand bereits deutlich abgemindert ist. Ab einer Strahlungsintensität von $300 W/m^2$ ist die Wärmebilanz ausgeglichen, so daß kein Wärmeverlust auftritt. Auch ohne Sonneneinstrahlung ist der effektive Wärmedurchgang der Wand geringer als berechnet ($k_W = 0,5$)

Hochrechnung auf die gesamte Heizperiode

In DIN 4108-6 sind monatliche Durchschnittswerte für die Strahlungsintensität J in W/m^2 auf senkrechte Flächen – nach Himmelsrichtungen abgestuft – angegeben. Ferner sind dort monatliche Mittelwerte der Außenlufttemperaturen aufgeführt. Diese Angaben wurden zur Auswertung der Gleichungen 2–2 und 2–5 herangezogen, wobei zunächst die monatlichen Ergebnisse berechnet wurden. Die Ergebnisse sind in Bild 3 dargestellt. Man erkennt, daß im Januar wegen des geringeren Strahlungsgewinns ein höherer effektiver k-Wert, also ein größerer Wärmeverlust, resultiert.

Anschließend wurden für die Heizperiode von Oktober bis April aus der Summierung der Transmissionswärmeverluste die mittleren effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten für eine Außenwand mit $k_W = 0,50 W/(m^2K)$

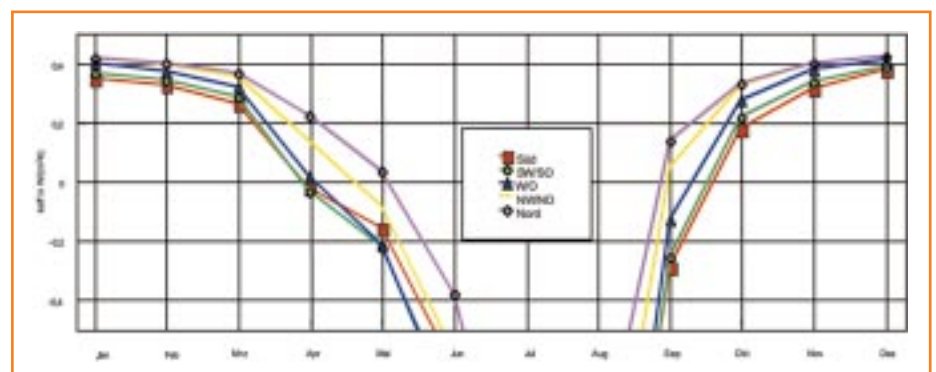


Bild 3: Monatlicher solarer Gewinn einer Glasfassade in Abhängigkeit der Himmelsrichtung für $k_W = 0,50 W/(m^2K)$

Himmelsrichtung	k_{eff} $W/(m^2K)$	ungünstigster k_{eff} $W/(m^2K)$
Süd	0,272	0,377
Südwest/Südost	0,289	0,391
West/Ost	0,324	0,412
Nordwest/Nordost	0,356	0,421
Nord	0,366	0,421

Tabelle 3: Mittlere effektive Wärmedurchgangskoeffizienten für $k_W = 0,50 W/(m^2K)$ und $g = 0,30$ (75 % Bedruckungsgrad)

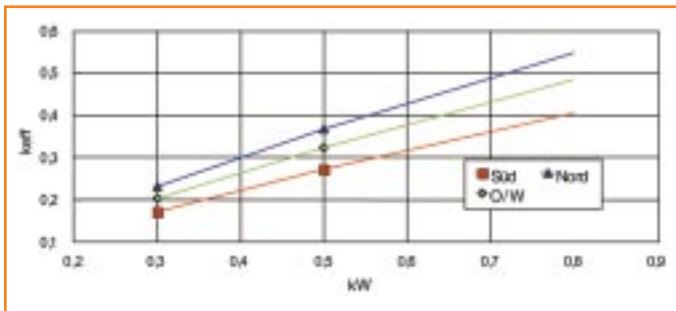


Bild 4: Solarer Gewinn gedämmter Außenwände mit einer Glasfassade; Abhängigkeit des effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten k_{eff} vom k -Wert der Wand

berechnet. Es ergeben sich die in Tabelle 3 aufgeführten Werte. Die weitere Auswertung ergibt die Darstellung in Bild 4.

Aus den Kurvendarstellungen ergeben sich folgende Bestimmungsgleichungen:

$$\text{Südfassade: } k_{\text{eff}} = 0,505 \cdot k_W + 0,0195$$

$$\text{Ost/Westfassade: } k_{\text{eff}} = 0,600 \cdot k_W + 0,0240$$

$$\text{Nordfassade: } k_{\text{eff}} = 0,675 \cdot k_W + 0,0285$$

Gewinne unterschiedlich

Die Auswertung der theoretischen und meßtechnischen Untersuchungen zeigt, daß mittels einer vorgehängten, reduziert transparenten Glasfassade beträchtliche Wärmegevinne zu erzielen sind. Diese ergeben sich aus der Sonneneinstrahlung sowie der Behinderung langwelliger Wärmeabstrahlung. Die Gewinne lassen sich durch eine Abminderung des mittleren effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten darstellen. Die zu erzielenden Gewinne sind allerdings um so geringer, je besser die sonstige wärmeschutztechnische Ausrüstung der betreffenden Wand, d. h. je niedriger der k -Wert der nicht-transparenten Wandfläche ist. Das bedeutet, daß bei Außenwänden mit Zusatzdämmung und einem Wärmedurchgangskoeffizienten unterhalb $k_W \approx 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ der Gewinn nicht mehr nennenswert ist, wobei dann auch die Ausrichtung der Fassade zur Himmelsrichtung das Ergebnis nur noch in geringem Umfang beeinflußt. □

Literatur

- [1] Passys-Testberichte Nr. 1, 2 und 3; BTU Cottbus, Lehrstuhl für angewandte Physik, 1996/97
- [2] WSVO '95 – Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutz-Verordnung) vom 16. August 1994, BGBl. I, 55 S. 2121–2132
- [3] DIN 4108-6 – Wärmeschutz im Hochbau; Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs von Gebäuden, Vornorm 1995-4
- [4] Liersch, K.W.: Belüftete Dach- und Wandkonstruktionen; Band 1, Vorhangfassaden: Bauphysikalische Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes; Bauverlag Wiesbaden und Berlin, 1981