

4(1976) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

H. Künzel und Chr. Snatzke

## Beurteilung des Sonnenschutzes von Fenstern

Eine zu starke Raumerwärmung infolge Sonneneinstrahlung durch Fenster kann und soll durch geeignete Sonnenschutzmaßnahmen verhindert werden (z. B. durch Beschattungselemente oder spezielle Sonnenschutzgläser). Über die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen wurden in der Freilandversuchsstelle Holzkirchen Untersuchungen durchgeführt, die zu einem Vorschlag für eine Beurteilung des Sonnenschutzes geführt haben [1]. Dies wird im folgenden kurz erläutert.

### Die beiden Arten der Wärmelieferung durch ein Fenster

Die auf ein Fenster auftreffende Sonnenstrahlung  $I$  teilt sich – siehe Bild 1 – auf in:

- die durch die Scheiben transmittierte Strahlung (Strahlungsdurchlaßzahl  $D$ )
- die in den Scheiben absorbierte Strahlung (Strahlungsabsorptionszahl  $A$ )
- die von den Scheiben nach außen reflektierte Strahlung (Strahlungsreflexionszahl  $R$ )

Bezieht man Strahlungsdurchlässigkeit, Reflexion und Absorption auf die außen auftreffende Strahlung, dann erhält man die oben in Klammern angegebenen Verhältniszahlen  $D$ ,  $R$  und  $A$ , deren Summe 1 ergibt.

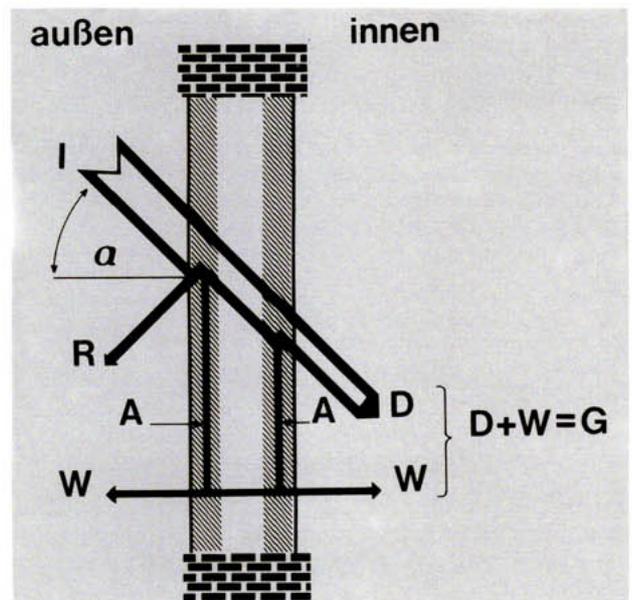
Die durch ein Fenster hindurchgehende Strahlung trägt unmittelbar zur Raumerwärmung bei. Sie wird »primäre« Wärmelieferung genannt.

Durch die Absorption von Strahlung erwärmen sich die Fensterscheiben und geben zusätzlich Wärme durch Konvektion und langwellige Strahlung an den Raum ab. Dieser Anteil wird »sekundäre« Wärmeabgabe genannt im Gegensatz zu der unmittelbar transmittierten Strahlung.

Die Größe der sekundären Wärmeabgabe hängt wesentlich von der Außenstrahlung ab und kann – bezogen auf diese – ebenfalls als Verhältniszahl dargestellt werden (Wärmeabgabezahl  $W$ ).

Die nach außen reflektierte Strahlung hat keinen Einfluß auf die Raumerwärmung; es ist daher günstig, wenn dieser Anteil groß ist.

Die Strahlungsdurchlässigkeit eines Fensters und die sekundäre Wärmeabgabe von der Fensterfläche sind somit für die Raumerwärmung durch die Sonne maßgebend. Zur Kennzeichnung der gesamten Wärmelieferung ist die



**Bild 1**  
Schematische Darstellung des Strahlungsdurchganges von Sonnenstrahlung, der Reflexion und Absorption mit Wärmeabgabe an einer Doppelscheibe.

Summe der beiden Kennwerte für die primäre und sekundäre Wärmelieferung zu bilden, wofür der Begriff **Sonnendurchlaßzahl  $G$**  vorgeschlagen wird:

$$\text{Sonnendurchlaßzahl } G = \text{Strahlungsdurchlaßzahl } D + \text{Wärmeabgabezahl } W$$

Eine Sonnendurchlaßzahl 0,7 bedeutet z. B., daß das 0,7-fache oder 70% der auf die Fensteraußenfläche auftreffenden Strahlung zur Erwärmung des Raumes beitragen.

### Ermittlung der Sonnendurchlaßzahl

Die Sonnendurchlaßzahl wird aufgrund von Messungen an den zu beurteilenden Glasscheiben in Verbindung mit rechnerischen Ermittlungen – insbesondere hinsichtlich der sekundären Wärmeabgabe – bestimmt (näheres siehe [1]).

Hierzu ist die Kenntnis folgender Materialeigenschaften bzw. Randbedingungen erforderlich:

- Durchlässigkeit, Reflexion und Absorption der Glasscheiben in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der Strahlung. Hierzu sind Messungen an den Scheiben erforderlich (siehe Bild 2).
- Emissionsverhältnis der Fensteroberflächen und der mit ihnen im Strahlungsaustausch stehenden Flächen
- Strahlungsintensität
- Lufttemperatur außen und innen
- Luftbewegung außen und innen

Da außen- und raumklimatische Parameter mitbestimmend sind, ist die Sonnendurchlaßzahl keine Konstante, sondern in gewissem Umfang von der Fensterorientierung und der Jahreszeit abhängig. Für praktische Belange, insbesondere für die vergleichende Beurteilung der Wirkung verschiedener Sonnenschutzscheiben oder -vorrichtungen (Vorhänge, Jalousien) ist es ausreichend und zweckmäßig, vereinheitlichte Randbedingungen zu verwenden, die durchschnittlichen sommerlichen Verhältnissen in der Praxis entsprechen. Als solche Randbedingungen werden vorgeschlagen:

Strahlungsintensität	600 kcal/m <sup>2</sup> h
Strahlungseinfallswinkel	55°
Emissionsverhältnis	0,91
Außenlufttemperatur	24° C
Raumlufttemperatur	24° C
Windgeschwindigkeit	2 m/s

In der folgenden Tabelle sind kennzeichnende Verhältniszahlen, ermittelt für die angegebenen Randbedingungen für Doppelscheiben aus Klarglas, sowie aus speziellen Absorptions- bzw. Reflexionsgläsern angegeben:

Glasart	Strahlungsdurchlaßzahl D	Wärmeabgabezahl W	Sonnendurchlaßzahl G
Klarglas-Doppelscheiben	0,56–0,60	0,06–0,08	0,64–0,66
Absorbierende Sonnenschutz-Doppelscheiben	0,24–0,29	0,12–0,13	0,37–0,41
Reflektierende Sonnenschutz-Doppelscheiben	0,17–0,37	0,06–0,08	0,23–0,45

Die angegebenen Schwankungen sind durch Unterschiede in den strahlungstechnischen Eigenschaften der Gläser bedingt.

## Vergleiche mit anderen Beurteilungsmethoden

Die Sonnendurchlaßzahl stimmt mit dem in Frankreich und

[1]: Chr. Snatzke, H. Künzel: Verfahren zur Ermittlung des strahlungsbedingten Wärmetransportes durch Fenster.

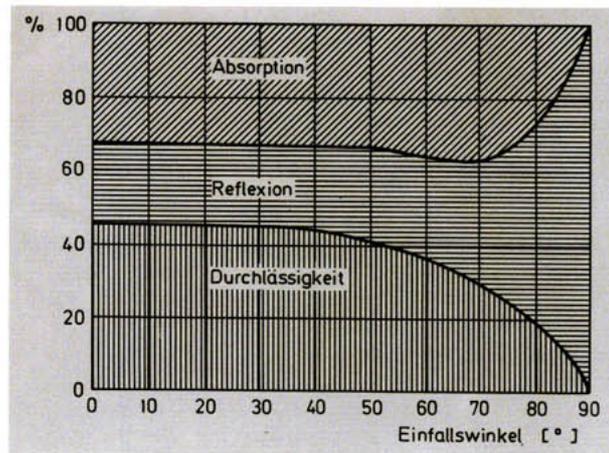


Bild 2

Strahlungsdurchlässigkeit, Reflexion und Absorption einer mit reflektierender Oberflächenbeschichtung versehenen Glasscheibe in Abhängigkeit vom Einfallswinkel, gemessen bei direkter Sonneneinstrahlung.

Belgien zur Beurteilung des Sonnenschutzes von Fenstern gebräuchlichen „facteur solaire“ überein:

$$\text{facteur solaire (Sonnendurchlaßzahl)} = \frac{\text{primäre und sekundäre Wärmeenergie auftreffende Gesamtenergie}}{\text{Wärmeenergie}}$$

Gewisse Unterschiede bestehen durch die Wahl der Randbedingungen.

In Schweden wird ein Abschirmungsfaktor verwendet mit der Definition:

$$\text{Abschirmungsfaktor} = \frac{\text{primäre und sekundäre Wärmeenergie}}{\text{Wärmelieferung durch Doppelscheibe}}$$

Die primäre und sekundäre Wärmeenergie wird durch Messung und Rechnung ermittelt.

In den VDI-Kühllastregeln (VDI 2078) ist ein „Durchlaßfaktor b“ festgelegt, der im Prinzip dem in den USA üblichen „shading-coefficient“ entspricht:

$$\text{Durchlaßfaktor b (shading-coefficient)} = \frac{\text{Gesamtwärmeenergie (kalorimetrisch)}}{\text{Wärmelieferung durch Einzelscheiben}}$$

Der Bezug auf die Wärmelieferung durch eine Einzelscheibe erscheint heute nicht mehr zweckmäßig. Einmal sind neuerdings einfach verglaste Fenster gar nicht mehr zulässig, zum anderen ist die Strahlungsdurchlässigkeit der auf dem Markt befindlichen „normalen“ Gläser unterschiedlich. Außerdem treten nicht unerhebliche meßtechnische Schwierigkeiten bei der kalorimetrischen Ermittlung der durch ein Fenster transmittierten Gesamtwärmeenergie auf.

(Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e. V. und der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen e. V. [AIF] durchgeführt.)



Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Instituts für Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK  
7000 STUTTGART 70 DEGERLOCH, Königstraße 74, Tel. (07 11) 76 50 08/09  
Außenstelle: 8150 HOLZKIRCHEN (OBB.), Postfach 11 80, Tel. (0 80 24) 15 72