

# Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen

Autor(en): **Sagelsdorff, Ralph / Bruggmann, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 35

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76683>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen

Von Ralph Sagelsdorff, Dübendorf, und Peter Bruggmann, Zürich

Der Sonnenenergiegewinn durch Glasflächen stellt einen wichtigen Beitrag bei der Ermittlung der Heiz- und Kühllast eines Gebäudes dar. Es müssen deshalb Kennwerte der Verglasung definiert werden, die einerseits einen Produktvergleich ermöglichen und andererseits als Grundwerte für die Berechnung eingesetzt werden können.

Der Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  nach DIN 67 507 erfüllt diese Anforderung. Seine Definition wird im folgenden vorgestellt. Die messtechnische und rechnerische Ermittlung des  $g$ -Wertes einer Verglasung wird anhand eines Fallbeispiels illustriert.

## Problemstellung

Die durch Verglasungen in ein Gebäude eindringende Sonnenenergie ist ein wichtiger Anteil in der Energiebilanz. Sie liefert in der Heizperiode einen Gratisbeitrag zur Heizung, kann jedoch bei grosser Intensität zu Überhitzungsproblemen in den Räumen führen. Bei klimatisierten Gebäuden belastet sie die Klimaanlage.

Der Planer wie der Ingenieur müssen deshalb über Kennwerte der Verglasungen verfügen, damit sie einerseits die verschiedenen Produkte auf dem Markt vergleichen und andererseits Grundwerte in ihren Berechnungen einsetzen können.

Als massgebender (jedoch nicht alleiniger) Kennwert für eine solche Beurteilung gilt der Gesamtenergiedurchlassgrad ( $g$ -Wert). In der Literatur wird dieser oft unterschiedlich definiert und angewendet. Es existieren entsprechend unterschiedliche Prüfmethode.

Im folgenden wird die Bestimmung des  $g$ -Wertes im Labor nach DIN 67 507 vorgestellt und ein Beispiel gegeben. Dieser Wert fand auch Eingang in den Entwurf für die neue SIA-Norm 180 Wärmeschutz im Hochbau.

Für die praktische Anwendung müssen aber die gegenüber diesem Normversuch anderen wirklichen Verhältnisse berücksichtigt werden.

### Normversuch

- Normiertes Sonnenspektrum
- Normierte Wärmeübergangsverhältnisse
- Senkrechter Einfallswinkel
- Direkte Strahlung
- Keine äussere Beschattung

### Wirklichkeit

- Wirkliches Sonnenspektrum
- Wirkliche Wärmeübergangsverhältnisse
- Unterschiedliche Einfallswinkel
- Direkte und diffuse Strahlung
- Äussere Beschattung vorhanden

Diese Unterschiede können je nach den Genauigkeitsanforderungen in der Anwendung durch geschätzte Korrekturfaktoren (vgl. z. B. Entwurf SIA V 380/1 Energie im Hochbau) oder durch objektspezifische Berechnungen berücksichtigt werden.

## Erläuterungen zum $g$ -Wert

Der Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  ist wie folgt definiert (die Symbole ent-

sprechen der DIN 67 507 und wurden auch in SIA 180 übernommen):

«Der Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  ist die Summe des Strahlungstransmissionsgrades  $\tau_e$  und des sekundären Wärmeabgabegrades  $q_i$  (Konvektion und Strahlung) der Verglasung nach innen, bezogen auf die aussen einfallende Sonnenstrahlung» (Bild 1).

Der  $g$ -Wert einer Verglasung ist nun nicht eine feste Grösse, sondern hängt von einer Reihe von Einflussgrössen ab. Solche sind:

### Art der Strahlungsquelle

Die auf eine Fassadenebene eingestrahlte Globalstrahlung  $I$  setzt sich zusammen aus den Anteilen  $I_{dir}$  Direktstrahlung und  $I_{diff}$  Diffusstrahlung (Himmelstrahlung und Reflexionsstrahlung aus der Umgebung).

### Spektrum der Strahlungsquelle

Die Transmissions-, Reflexions- und Absorptionseigenschaften einer Verglasung sind abhängig von der Wellenlänge der einfallenden Strahlung.

So beruht die Wirkung der Spezialgläser (Wärmeschutz- oder Sonnenschutzgläser) gerade auf der selektiven Veränderung dieser Werte.

Die Bestimmung der Strahlungskenngrössen erfolgt nun durch eine Gewichtung mit dem gemäss CIE genormten Sonnenspektrum (Bild 2):

### Einfallswinkel der Strahlung

Die Transmissions- und Reflexionseigenschaften einer Verglasung sind weiter abhängig vom Einfallswinkel der einfallenden Strahlung, die Absorptionseigenschaften sind hingegen beinahe konstant (Bild 3).

Bild 1. Strahlungsdurchgang für eine Glasscheibe

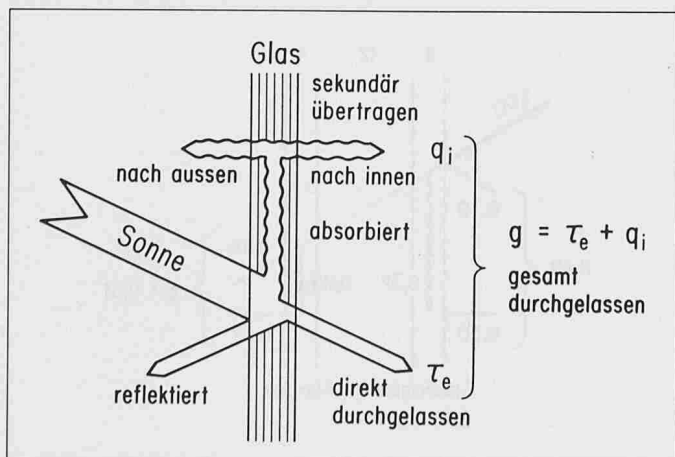
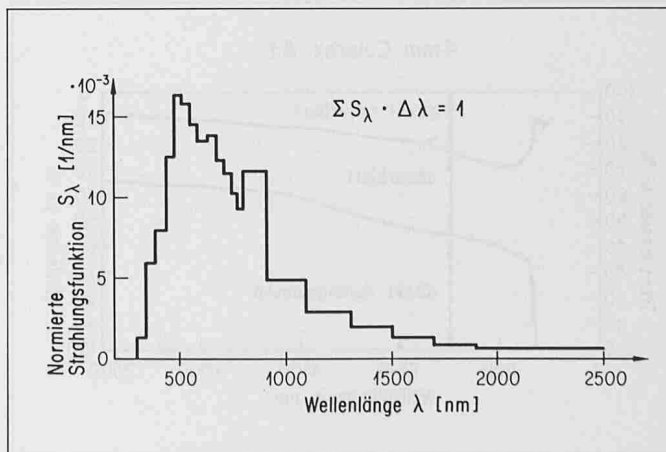


Bild 2. Normiertes Sonnenspektrum CIE



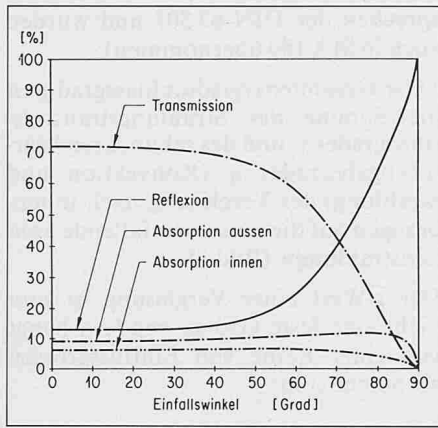


Bild 3. Einfluss des Einfallswinkels auf den Strahlungsdurchgang einer 2-fach-Verglasung (Klarglas)

**Wärmeübergangsbedingungen an den Verglasungsflächen**

Für den sekundären Wärmeabgabegrad  $q_i$  spielen neben den Absorptionseigenschaften der einzelnen Gläser auch die Wärmedurchgangs- und Wärmeübergangswiderstände nach aussen und innen eine Rolle. Angaben bezüglich der vorhandenen thermischen Randbedingungen sind deshalb unbedingt erforderlich. Für einen direkten Produktvergleich sind *normierte* Randbedingungen notwendig. Eine eventuelle Verwendung solcher normierter  $g$ -Werte für bauphysikalische Berechnungen (passive Sonnenenergienutzung, Kühllastbetrachtungen usw.) muss aber mit der notwendigen Sorgfalt erfolgen. Je nach Problemstellung und Genauigkeitsanforderungen müssen die veränderten Randbedingungen gebührend berücksichtigt werden.

**Normierung gemäss DIN 67 507**

Die Strahlungskenngrössen einer Verglasung bezüglich Lichttransmission

Verglasungstyp	k-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	$\tau$ (%)	$\tau_e$ (%)	$\rho_e$ (%)	$\alpha_{e1}$ (%)	$\alpha_{e2}$ (%)	g (%)	$q_i$ (%)
Floatglas IV (4 / 12 / 4 mm)	3,0*	81	71	14	9	6	76	5
(4 / 12 / 4 mm)		81*					77*	
Infrastop auresin (5 / 12 / 5 mm)	1,4*	39	20	32	47	1	24	4
(5 / 12 / 5 mm)		39*					28*	
Calorex A1 (4 / 12 / 4 mm)	3,0*	38	39	24	34	4	46	7
(6 / 12 / 6 mm)		38*					42*	
Heglas 11023 (4 / 15 / 4 mm)	1,3*	78	50	21	10	19	67	17
(4 / 15 / 4 mm)		79*					67*	
Comfort (4 / 15 / 4 mm)	1,6*	68	47	16	9	27	70	23
(4 / 15 / 4 mm)		68*					71*	
Stopsol bronze (6 / 15 / 6 mm)	3,0*	23	29	22	46	3	37	8
(6 / 15 / 6 mm)		18*					31*	
Soltran argent (4 / 12 / 4 mm)	1,5*	52	39	17	41	3	44	5

Tabelle 1. Vergleich von Kennwerten von einigen, in der Schweiz üblichen Spezialgläsern mit den Herstellerangaben

Strahlungskenngrössen nach DIN 67 507	
* Herstellerangaben	$\alpha_{e2}$ Strahlungsabsorptionsgrad der Innenscheibe
$\tau$ Lichttransmissionsgrad	g Gesamtenergiedurchlassgrad
$\tau_e$ Strahlungstransmissionsgrad	$q_i$ sekundär nach innen abgegebener Anteil
$\rho_e$ Strahlungsreflexionsgrad	
$\alpha_{e1}$ Strahlungsabsorptionsgrad der Aussenscheibe	

Bild 4. Spektrale Eigenschaften für eine 4 mm dicke Calorex A1-Scheibe

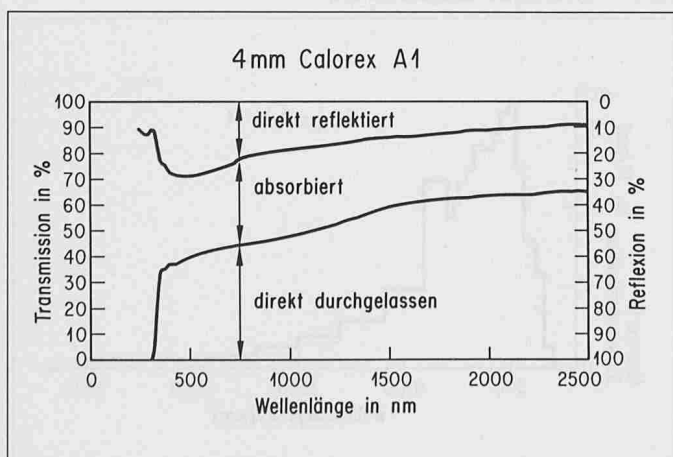
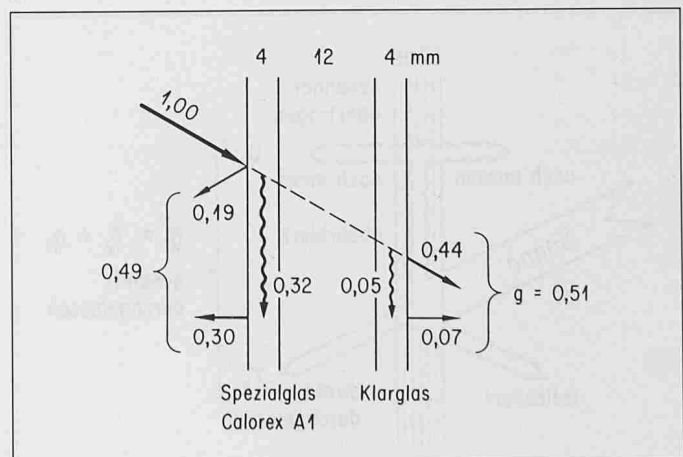


Bild 5. Aufteilung der auftreffenden Globalstrahlung für ein Sonnenschutzglas



und Gesamtenergiedurchlass sind in der DIN 67 507 definiert sowie die Randbedingungen festgelegt.

### Geltungsbereich

Die Norm ist für Einfach-, Doppel- und Dreifachverglasungen, zusammengesetzt aus Klar-, Absorptions- oder Reflexionsgläsern, gültig. Sie ist sinngemäss für alle transparenten Materialien anwendbar, ausser für IR durchlässige Materialien (5–50  $\mu\text{m}$  Bereich) und Verglasungen mit IR-absorbierenden Gasfüllungen.

### Verwendete Grössen

Die Strahlungskenngrössen einer Verglasung umfassen:

- $\tau$  Lichttransmissionsgrad
- $\tau_e$  Strahlungstransmissionsgrad
- $\varrho_e$  Strahlungsreflexionsgrad
- $\alpha_e$  Strahlungsabsorptionsgrad
- $\tau_{(\lambda)}$  spektraler Transmissionsgrad
- $\varrho_{(\lambda)}$  spektraler Reflexionsgrad
- $q_i$  sekundärer Wärmeabgabegrad nach innen
- $q_a$  sekundärer Wärmeabgabegrad nach aussen
- $g$  Gesamtenergiedurchlassgrad

Für eine rechnerische Bestimmung der Scheibenoberflächentemperaturen besonnener Verglasungen sind zudem die in den Einzelscheiben absorbierten Anteile auszuweisen:

- $\alpha_{e1}$  Strahlungsabsorptionsgrad der Aussenscheibe
- $\alpha_{e2}$  Strahlungsabsorptionsgrad der Innenscheibe

### Berechnungsgrundlagen

Für die Berechnungsformeln zur Bestimmung der Strahlungskenngrössen aufgrund der gemessenen spektralen Verteilung von Transmission  $\tau_{(\lambda)}$  und Reflexion  $\varrho_{(\lambda)}$  wird auf die DIN 67 507 verwiesen. Beim Lichttransmissionsgrad  $\tau$  wird auch die spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges für Tageslicht mit berücksichtigt.

### Randbedingungen

Für die Berechnungen gelten die folgenden Randbedingungen:

- quasi paralleler, senkrechter Strahlungseinfall (d.h. Direktstrahlung)

- spektrale Sonnenstrahlungsverteilung nach CIE, Publ. 20 (1972)
- gleiche Lufttemperatur innen und aussen
- normierte Wärmeübergangsbedingungen:  
 $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ,  $\alpha_a = 23 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

### Beispiel

Der Ablauf einer  $g$ -Wert-Bestimmung soll anhand eines Beispiels aus der Praxis illustriert werden. Das Vorgehen entspricht dabei dem Prüfablauf an der EMPA, wobei die Probenahme in der Regel durch die Abteilung Bauphysik der EMPA Dübendorf, die spektralen Messungen und Berechnungen durch die Abteilung Physik der EMPA St. Gallen erfolgen.

#### Beispiel:

Sonnenschutzglas (4/12/4 mm)	
Aussenscheibe Calorex A 1	4 mm
Luftzwischenraum	12 mm
Innenscheibe Klarglas	4 mm

### 1. Schritt: Probekörper herstellen

Aus einer Isolierverglasung, Abmessungen  $60 \times 100 \text{ cm}$ , werden Proben in der Grösse von  $6 \times 6 \text{ cm}$  hergestellt. Der Isoliersteg der Verglasung wird dazu aufgetrennt und aus den beiden Scheiben jeweils 5 Glasproben entnommen.

Die Verarbeitung der Gläser hat sehr vorsichtig zu erfolgen, darf doch die Oberfläche der Prüflinge weder verletzt noch verschmutzt werden.

### 2. Schritt: Spektroskopie

Von jedem Prüfling werden folgende spektrale Messungen durchgeführt und die Messwerte digitalisiert abgespeichert:

- Transmissionsgrad in Einfallrichtung zur Strahlung
- Reflexionsgrad in Einfallrichtung zur Strahlung
- Reflexionsgrad entgegengesetzt zur Einfallrichtung

Für die Calorexscheibe ist dies im Bild 4 dargestellt (Mittelwerte der Proben)

### 3. Schritt: Bestimmung der thermischen Eigenschaften

Die thermischen Kenngrössen  $k$ ,  $\Lambda$ ,  $\alpha_i$ ,  $\alpha_a$  der Verglasung müssen rechnerisch oder messtechnisch ermittelt oder vom Hersteller angegeben werden. Für die gewählte Verglasung wurde benutzt:

$$k = 3,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\Lambda = 6,07 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\alpha_a = 23 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

### 4. Schritt: Berechnung der Strahlungskenngrössen nach DIN 67 507

Die digitalisierten Messwerte werden mit Hilfe eines EDV-Auswerteprogrammes wie folgt verarbeitet:

- Berechnung der Mittelwerte pro Glassorte
- Berechnung von  $\tau_{(\lambda)}$  und  $\varrho_{(\lambda)}$
- Berechnung von  $\tau$ ,  $\tau_e$ ,  $\varrho_e$
- Berechnung von  $q_i$ ,  $g$

Die Rechenresultate für das gewählte Beispiel sind in Bild 5 dargestellt.

### Zusammenstellung von Messresultaten

Im Rahmen einer Untersuchung im Auftrage der Schweiz. Zentralstelle für Fenster und Fassadenbau (SZFF) wurden einige in der Schweiz üblichen Spezialgläser aus dem Handel bezogen und deren Kennwerte wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben ermittelt. Die Resultate sind in der Tabelle 1 zusammengestellt und mit Herstellerangaben verglichen. Die für die verschiedenen Prüfkörper einer Scheibe gemessenen Werte liegen nahe beieinander, die berechneten Kennwerte weichen von den Herstellerangaben teilweise etwas ab.

Adresse der Verfasser: R. Sagelsdorff, dipl. Ing. ETH, Abteilungsvorsteher, EMPA Abteilung Bauphysik, 8600 Dübendorf, und P. Bruggmann, Hans Schmidlin AG, Schaffhauserstr. 315, 8050 Zürich.