

Glas im Bauwesen
Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (*U*-Wert)
Berechnungsverfahren
Deutsche Fassung EN 673 : 1997

DIN
EN 673

ICS 81.040.20

Deskriptoren: Bauglas, Berechnungsverfahren, Wärmedurchgangskoeffizient

Glass in building – Determination of thermal transmittance (*U* value) –
Calculation method;

German version EN 673 : 1997

Verre dans la construction – Détermination du coefficient de transmission
thermique, *U* – Méthode de calcul;

Version allemande EN 673 : 1997

Die Europäische Norm EN 673 : 1997 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/TC 129 „Glass in building“ erarbeitet.

Da in Deutschland für dieses Normungsgebiet kein nationaler Arbeitsausschuß existiert, ist aus Gründen der fachlichen Zuordnung die Geschäftsstelle des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) für die Veröffentlichung der Deutschen Fassung dieser Europäischen Norm zuständig.

Fortsetzung 8 Seiten EN

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

– Leerseite –

ICS 81.040.20

Deskriptoren: Verglasung, Fensterglas, Wärmedämmung, Berechnung, Wärmeübergangszahl, Messung, Opazität, Infrarotstrahlung

Deutsche Fassung

Glas im Bauwesen Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U -Wert) Berechnungsverfahren

Glass in building – Determination of thermal transmittance (U value) – Calculation method

Verre dans la construction – Détermination du coefficient de transmission thermique, U – Méthode de calcul

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 8. Oktober 1997 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	8 Referenzwerte: Genormte Grenzwerte	6
1 Anwendungsbereich	2	9 Angabe der Ergebnisse	6
2 Normative Verweisungen	2	10 Prüfbericht	6
3 Formelzeichen	3	Anhang A (normativ) Bestimmung des normalen und des effektiven Emissionsvermögens	7
4 Definitionen	3	Anhang B (normativ) Iterationsverfahren für Verglasungen mit mehr als einem Gaszwischenraum	8
5 Grundgleichungen	3	Anhang C (informativ) Literaturhinweise	8
6 Grundlegende Materialeigenschaften	4		
7 Äußerer und innerer Wärmeübergangskoeffizient	4		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 129 „Glas im Bauwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom IBN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 1998, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 1998 zurückgezogen werden.

CEN/TC 129/WG 9 „Lichttransmission, Strahlungstransmission, Wärmeschutz“ hat einen Arbeitsentwurf auf der Basis des ISO-Dokumentes ISO/DIS 10292 „Wärmedämmung von Verglasungen – Berechnungsregeln zur Bestimmung des stationären *U*-Wertes (Wärmedurchgangskoeffizient) von Doppel- oder Mehrfachverglasungen“, das von ISO/TC 160 „Glas im Bauwesen“ erarbeitet worden ist, aufgestellt.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm enthält ein Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Verglasungen mit ebenen und parallelen Oberflächen.

Die vorliegende Europäische Norm gilt für unbeschichtetes Glas (einschließlich Glas mit strukturierter Oberfläche, z. B. Ornamentglas), beschichtetes Glas und für Materialien, die im fernen Infrarotbereich undurchlässig sind, z. B. Produkte aus Natron-Kalk-Glas, Borosilicatglas und Glaskeramik. Sie gilt ebenfalls für Mehrfachverglasungen aus derartigen Gläsern und/oder Materialien. Für Mehrfachverglasungen mit Schichten oder Folien im Gaszwischenraum, die im fernen Infrarotbereich durchlässig sind, gilt diese Norm nicht. Mit dem in dieser Europäischen Norm festgelegten Verfahren wird der *U*-Wert¹⁾ (Wärmedurchgangskoeffizient) im mittleren Bereich einer Verglasung bestimmt.

Die Randwirkungen infolge der Wärmebrücke durch den Abstandshalter einer hermetisch abgeschlossenen Verglasung oder durch den Fensterrahmen sind nicht berücksichtigt. Die Wärmeübertragung durch Sonneneinstrahlung wurde ebenfalls nicht berücksichtigt.

Der nach dieser Norm berechnete *U*-Wert ist für die Verglasungselemente bei der Berechnung des Gesamt-*U*-Werts von Fenstern, Türen und anderen Öffnungen zu verwenden (siehe C.1).

Zum Zweck des Vergleichs von Produkten ist eine senkrechte Lage der Verglasung festgelegt.

Zusätzlich werden nach demselben Verfahren *U*-Werte für weitere Zwecke berechnet, insbesondere für die Voraussage von:

- Wärmeverlusten durch Verglasungen;
- Erhöhungen der Wärmeleitung im Sommer;
- Tauwasserbildung auf Glasoberflächen;
- Auswirkungen der absorbierten Sonnenstrahlung auf die Bestimmung des Sonnenfaktors (siehe C.2).

Bei der Anwendung von nach dieser Norm bestimmten *U*-Werten sollte auf C.3 und C.4 oder weitere Europäische Normen, die sich mit der Berechnung von Wärmeverlusten befassen, Bezug genommen werden.

Weiterhin wird ein Verfahren für die Ermittlung des Emissionsvermögens angegeben.

Die Regeln wurden entsprechend der Genauigkeit so einfach wie möglich gestaltet.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

¹⁾ In einigen Ländern ist bisher das Formelzeichen *k* benutzt worden.

- EN 674
Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (*U*-Wert) – Verfahren mit dem Plattengerät
- EN 675
Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (*U*-Wert) – Wärmestrommesser-Verfahren
- prEN 1098
Glas im Bauwesen – Meßverfahren für die Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (*U*-Wert) von Mehrfachverglasungen – Verfahren mit kalibriertem und geschütztem Heizkasten

3 Formelzeichen

<i>A</i>	Konstante	–
<i>c</i>	spezifische Wärme von Gas	J/(kg · K)
<i>d</i>	Dicke der Materialschichten (Glas bzw. alternatives Verglasungsmaterial)	m
<i>F</i>	Volumenanteile	–
<i>h</i>	– Wärmeübergangskoeffizient – auch Wärmedurchlaßkoeffizient	W/(m ² · K) W/(m ² · K)
<i>M</i>	Anzahl der Materialschichten	–
<i>n</i>	Exponent	–
<i>N</i>	Anzahl der Zwischenräume	–
<i>r</i>	spezifischer Wärmedurchlaßwiderstand des Glases (Verglasungsmaterials)	m · K/W
<i>P</i>	Gaseigenschaften	–
<i>R_n</i>	normaler Reflexionsgrad (senkrecht zur Oberfläche)	–
<i>s</i>	Breite des gasgefüllten Zwischenraumes	m
<i>T</i>	absolute Temperatur	K
<i>U</i>	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² · K)
ΔT	Temperaturdifferenz	K
ε	effektives Emissionsvermögen	–
ε_n	normales Emissionsvermögen (senkrecht zur Oberfläche)	–
ρ	Dichte des Gases	kg/m ³
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante (5,67 × 10 ⁻⁸)	W/(m ² · K ⁴)
μ	dynamische Viskosität des Gases	kg/(m · s)
λ	– Wärmeleitfähigkeit des Gases im Raum – auch Wellenlänge	W/(m · K) μm
ϑ	Temperatur	°C
Dimensionslose Kenngrößen		
<i>Gr</i>	Grashof-Zahl	–
<i>Nu</i>	Nusselt-Zahl	–
<i>Pr</i>	Prandtl-Zahl	–
Indizes		
<i>c</i>	Konvektion	
<i>e</i>	außen	
<i>i</i>	innen	
<i>j</i>	<i>j</i> -ste Materialschicht	
<i>g</i>	Gas	
<i>m</i>	mittlere(<i>r,s</i>)	
<i>n</i>	normal	
<i>r</i>	Strahlung	
<i>s</i>	Abstand	
<i>t</i>	Gesamt-, total	
1; 2	eins, zwei usw.	

4 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

4.1 *U*-Wert: Der *U*-Wert einer Verglasung ist ein Parameter, der den Wärmedurchgang durch den mittleren Bereich der Verglasung, d. h. ohne Randeffekte, charakterisiert und die stationäre Wärmestromdichte je Temperaturdifferenz zwischen den Umgebungstemperaturen auf jeder Seite angibt. Der *U*-Wert wird in Watt je Quadratmeter und Kelvin angegeben [W/m² · K].

4.2 Referenzwert: *U*-Wert, der bei genormten Grenzwerten erhalten wurde (siehe Abschnitt 8).

5 Grundgleichungen

Das Verfahren nach dieser Norm beruht auf einer Berechnung nach den folgenden Prinzipien:

5.1 *U*-Wert

Der *U*-Wert ergibt sich nach:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_t} + \frac{1}{h_i} \quad (1)$$

Hierbei sind h_e und h_i der äußere bzw. der innere Wärmeübergangskoeffizient, h_t ist der Gesamtwärmedurchlaßkoeffizient der Verglasung.

$$\frac{1}{h_t} = \sum_1^N \frac{1}{h_s} + \sum_1^M d_j \cdot r_j \quad (2)$$

Dabei sind:

- h_s Wärmedurchlaßkoeffizient des Gaszwischenraumes;
- N* Anzahl der Zwischenräume;
- d_j Dicke jeder Zwischenlage;
- r_j spezifischer Wärmedurchgangswiderstand jedes Materials (Wärmedurchgangswiderstand von Natron-Kalk-Glas = 1,0 m · K/W);
- M* Anzahl der Materialschichten.

$$h_s = h_r + h_g \quad (3)$$

Dabei sind

- h_r Strahlungsleitwert;
- h_g Wärmedurchlaßkoeffizient des Gases.

Bei Verglasungen mit mehr als einem Gaszwischenraum ist der *U*-Wert durch Iteration zu ermitteln (siehe Anhang B).

5.2 Strahlungsleitwert h_r

Der Strahlungsleitwert ist gegeben durch:

$$h_r = 4\sigma \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1} T_m^3 \quad (4)$$

Dabei sind:

- σ Stefan-Boltzmann-Konstante;
- T_m absolute mittlere Temperatur des Gaszwischenraumes;
- ε_1 und ε_2 effektives Emissionsvermögen bei T_m .

5.3 Wärmedurchlaßkoeffizient des Gaszwischenraums h_g

Der Wärmedurchlaßkoeffizient des Gaszwischenraumes ist gegeben durch:

$$h_g = Nu \frac{\lambda}{s} \quad (5)$$

Dabei sind:

- s Breite des Zwischenraumes;
- λ Wärmeleitfähigkeit;
- Nu Nusselt-Zahl.

$$Nu = A(Gr, Pr)^n \quad (6)$$

Dabei sind:

- A Konstante;
- Gr Grashof-Zahl;
- Pr Prandtl-Zahl;
- n Exponent.

$$Gr = \frac{9,81 s^3 \Delta T \cdot \rho^2}{T_m \mu^2} \quad (7)$$

$$Pr = \frac{\mu c}{\lambda} \quad (8)$$

Dabei sind:

- ΔT Temperaturdifferenz zwischen Grenzflächen des Gaszwischenraumes;
- ρ Dichte;
- μ dynamische Viskosität;
- c spezifische Wärme;
- T_m mittlere Temperatur.

Die Nusselt-Zahl wird aus Gleichung (6) errechnet.

Falls Nu kleiner ist als 1, wird in Gleichung (5) für Nu der Wert 1 eingesetzt.

5.3.1 Senkrechte Verglasung

Für senkrechte Verglasung:

$$A = 0,035;$$

$$n = 0,38.$$

5.3.2 Waagerechte oder geneigt stehende Verglasung

Bei waagerechter oder geneigt stehender Verglasung sowie aufwärts gerichtetem Wärmestrom wird der Wärmeübergang durch Konvektion gefördert.

Dieser Effekt ist zu berücksichtigen, indem die folgenden Werte für A und n in Gleichung (6) eingesetzt werden:

Waagerechte Zwischenräume

$$A = 0,16 \quad n = 0,28$$

Geneigte Zwischenräume im Winkel von 45°

$$A = 0,10 \quad n = 0,31$$

Für Zwischenwerte des Winkels ist eine lineare Interpolation ausreichend.

Wenn der Wärmefluß nach unten gerichtet ist, kann in der Praxis die Konvektion als unterdrückt angesehen werden, und in Gleichung (5) wird $Nu = 1$ gesetzt.

6 Grundlegende Materialeigenschaften

6.1 Emissionsvermögen

Die korrigierten Emissionsvermögen ε der die eingeschlossenen Räume begrenzenden Flächen werden zur Berechnung des Strahlungsleitwertes h_r in Gleichung (4) benötigt.

Bei unbeschichteten Natron-Kalk-Glasoberflächen oder Natron-Kalk-Glasoberflächen mit einer Beschichtung, die das Emissionsvermögen nicht beeinflußt, ist für das korrigierte Emissionsvermögen der Wert 0,837 einzusetzen.

ANMERKUNG 1: Mit hinreichenden Vertrauensgrenzen kann derselbe Wert für unbeschichtetes Borosilicatglas und Glaskeramik eingesetzt werden.

Bei anderen beschichteten Oberflächen ist das normale Emissionsvermögen ε_n mit einem Infrarotspektrometer zu bestimmen (siehe A.1 und C.6), und das korrigierte Emis-

sionsvermögen wird wie in A.2 beschrieben aus dem normalen Emissionsvermögen errechnet.

ANMERKUNG 2: Theoretisch sollten zwei verschiedene Definitionen des Emissionsvermögens zur Beschreibung des Strahlungsaustausches zwischen

- a) gegenüberliegenden Oberflächen einer Verglasung;
- b) einer Glasoberfläche mit einem angrenzenden Raum angewendet werden.

In der Praxis haben sich die zahlenmäßigen Unterschiede jedoch als vernachlässigbar klein erwiesen. Deshalb wird das korrigierte Emissionsvermögen zur Beschreibung beider Arten des Wärmeaustauschs mit hinreichend guter Näherung verwendet.

6.2 Gaseigenschaften

Folgende Eigenschaften des den Zwischenraum ausfüllenden Gases werden benötigt:

- Wärmeleitfähigkeit λ
- Dichte ρ
- dynamische Viskosität μ
- spezifische Wärme c

In den Gleichungen (7) und (8) werden die relevanten Werte für die Grashof- und die Prandtl-Zahl eingesetzt, und die Nusselt-Zahl wird aus Gleichung (6) bestimmt.

Wenn die Nusselt-Zahl größer als 1 ist, deutet dies darauf hin, daß eine den Wärmestrom im Gas fördernde Konvektion vorhanden ist.

Wenn die berechnete Nusselt-Zahl kleiner als 1 ist, weist dies darauf hin, daß der Wärmefluß nur noch durch Leitung erfolgt, und die Nusselt-Zahl erhält den Grenzwert 1. Durch Einsetzen in die Gleichung (5) erhält man den Wärmedurchlaßkoeffizienten des Gases, h_g .

Die Werte der Gaseigenschaften für eine Anzahl von Gasen, die in hermetisch abgeschlossenen Verglasungen verwendet werden, sind in Tabelle 1 angegeben.

Für sämtliche praktisch auftretenden Gasgemische sind die Gaseigenschaften mit ausreichender Näherung im Verhältnis ihrer Volumenanteile F_1, F_2, \dots proportioniert:

Gas 1: F_1 ; Gas 2: F_2 usw.

Somit ist

$$P = P_1 F_1 + P_2 F_2 \quad (9)$$

Hierbei steht P für die jeweilige Eigenschaft: Wärmeleitfähigkeit, Dichte, Viskosität oder spezifische Wärme.

6.3 Infrarotabsorption des Gases

Einige Gase absorbieren Infrarotstrahlung im Bereich von 5 μm bis 50 μm .

Dort, wo das betreffende Gas in Verbindung mit einer Beschichtung mit einem korrigierten Emissionsvermögen von weniger als 0,2 verwendet wird, kann dieser Effekt aufgrund der geringen Dichte des Netto-Infrarot-Strahlungsflusses vernachlässigt werden.

In den übrigen Fällen sollte der U -Wert nach EN 674, EN 675 oder prEN 1098 gemessen werden, wenn eine mögliche Verbesserung zu berücksichtigen ist.

7 Äußerer und innerer

Wärmeübergangskoeffizient

7.1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient h_e

Der äußere Wärmeübergangskoeffizient h_e ist eine Funktion der Windgeschwindigkeit nahe der Verglasung, des Emissionsvermögens und weiterer klimatischer Faktoren.

Für Zwecke des Vergleiches der U -Werte von Verglasungen wird der Wert von h_e für gewöhnlich senkrechte Glasflächen auf 23 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ festgelegt.

Tabelle 1: Gaseigenschaften

Gas	Temperatur ϑ °C	Dichte ρ kg/m ³	Dynamische Viskosität μ kg/(m · s)	Leitfähigkeit λ W/(m · K)	spezifische Wärme c J/(kg · K)
Luft	-10	1,326	$1,661 \times 10^{-5}$	$2,336 \times 10^{-2}$	$1,008 \times 10^3$
	0	1,277	$1,711 \times 10^{-5}$	$2,416 \times 10^{-2}$	
	10*	1,232	$1,761 \times 10^{-5}$	$2,496 \times 10^{-2}$	
	20	1,189	$1,811 \times 10^{-5}$	$2,576 \times 10^{-2}$	
Argon	-10	1,829	$2,038 \times 10^{-5}$	$1,584 \times 10^{-2}$	$0,519 \times 10^3$
	0	1,762	$2,101 \times 10^{-5}$	$1,634 \times 10^{-2}$	
	10*	1,699	$2,164 \times 10^{-5}$	$1,684 \times 10^{-2}$	
	20	1,640	$2,228 \times 10^{-5}$	$1,734 \times 10^{-2}$	
SF ₆ **	-10	6,844	$1,383 \times 10^{-5}$	$1,119 \times 10^{-2}$	$0,614 \times 10^3$
	0	6,602	$1,421 \times 10^{-5}$	$1,197 \times 10^{-2}$	
	10*	6,360	$1,459 \times 10^{-5}$	$1,275 \times 10^{-2}$	
	20	6,118	$1,497 \times 10^{-5}$	$1,354 \times 10^{-2}$	
Krypton	-10	3,832	$2,260 \times 10^{-5}$	$0,842 \times 10^{-2}$	$0,245 \times 10^3$
	0	3,690	$2,330 \times 10^{-5}$	$0,870 \times 10^{-2}$	
	10*	3,560	$2,400 \times 10^{-5}$	$0,900 \times 10^{-2}$	
	20	3,430	$2,470 \times 10^{-5}$	$0,926 \times 10^{-2}$	
* Genormte Grenzwerte					
** Schwefelhexafluorid					

ANMERKUNG: Der reziproke Wert $1/h_c = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ wird mit 2 signifikanten Stellen angegeben.

Die Verbesserung des U -Wertes durch das Vorhandensein von äußeren beschichteten Flächen mit einem Emissionsvermögen unter 0,837 wird bei diesem Verfahren nicht berücksichtigt.

Für den Wert von h_c bei horizontalen Flächen siehe C.3.

7.2 Innerer Wärmeübergangskoeffizient h_i

Der innere Wärmeübergangskoeffizient wird nach der folgenden Gleichung ermittelt:

$$h_i = h_r + h_c \quad (10)$$

Dabei sind:

- h_r der Strahlungsleitwert;
- h_c der Wärmedurchlaßkoeffizient infolge von Konvektion.

Der Strahlungsleitwert für unbeschichtete Oberflächen aus Natron-Kalk-Glas beträgt $4,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Wenn die Innenfläche der Verglasung ein geringeres Emissionsvermögen besitzt, so ist der Strahlungsleitwert gegeben durch:

$$h_r = \frac{4,4 \varepsilon}{0,837} \quad (11)$$

Dabei sind:

- ε das korrigierte Emissionsvermögen der beschichteten Oberfläche;
- 0,837 das korrigierte Emissionsvermögen von unbeschichtetem Natron-Kalk-Glas (siehe 6.1).

Dies gilt nur, wenn keine Kondensation auf der beschichteten Oberfläche auftritt. Ein Verfahren zur Bestimmung des korrigierten Emissionsvermögens einer Beschichtung ist im Anhang A angegeben.

Der Wert für h_c beträgt $3,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ für freie Konvektion. Dort, wo sich unter oder über einem Fenster eine Gebläseheizung befindet, ist dieser Wert größer, wenn ein Luftstrom über das Fenster geblasen wird.

Bei senkrecht stehenden Flächen von Natron-Kalk-Glas und freier Konvektion gilt:

$$h_i = 4,4 + 3,6 = 8,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (12)$$

Das ist zum Zwecke eines Vergleichs der U -Werte von Verglasungen festgelegt.

ANMERKUNG: Der reziproke Wert $1/h_i$ für Oberflächen von Natron-Kalk-Glas, auf zwei Dezimalstellen angegeben, beträgt $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Für den Wert von h_i bei horizontalen Flächen siehe C.3.

7.3 Bemessungswerte

Bei der Anwendung der U -Werte von Verglasungen für die Bemessung von Gebäuden könnte die Verwendung von Referenzwerten nicht immer hinreichend genau sein. Unter besonderen Umständen ist ein Bemessungswert nach dieser Norm zu bestimmen. Bemessungs- U -Werte für die jeweilige Lage der Verglasung und die Umgebungsbedingungen sind unter Verwendung der genauen Grenzwerte für h_s , h_e und h_i zu errechnen, was anzugeben ist.

ANMERKUNG: Die Anwendung des Referenzwertes eines Außenbauteils entspricht bei der Berechnung der Wärmeverluste nicht zuverlässig präzise der empfundenen Temperatur bei trockener Innenluft in beheizten Innenräumen. In den meisten praktischen Anwendungsfällen ist dies ausreichend, für Verglasungen mit einer relativ großen Oberfläche und besonders bei niedrig abstrahlenden Oberflächen können jedoch Fehler auftreten.

Für die Berechnung der Wärmeverluste wird auf C.4, C.5 oder weitere maßgebliche Europäische Normen verwiesen.

8 Referenzwerte: Genormte Grenzwerte

In sämtlichen Fällen, in denen U -Werte zu Werbezwecken angegeben werden, müssen die nachstehend festgelegten genormten Grenzwerte angewendet werden.

Die genormten Grenzwerte für Referenzwerte sind:

r	spezifischer Wärmedurchgangswiderstand von Natron-Kalk-Glas	1,0 m · K/W
ε	korrigiertes Emissionsvermögen von Natron-Kalk-Glas- und Borosilicatglasoberflächen	0,837
ΔT	Temperaturdifferenz zwischen äußeren Glasflächen	15 K
T_m	mittlere absolute Temperatur des Gaszwischenraumes	283 K
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante	$5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
h_e	äußerer Wärmeübergangskoeffizient für unbeschichtete Natron-Kalk-Glasoberflächen	23 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
h_i	innerer Wärmeübergangskoeffizient für unbeschichtete Natron-Kalk-Glasoberflächen	8 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
A	Konstante	0,035
n	Exponent	0,38

Genormte Grenzwerte für Gaseigenschaften sind in Tabelle 1 für eine Temperatur von 10 °C (283 K) angegeben.

9 Angabe der Ergebnisse

9.1 U -Werte

U -Werte sind auf eine Dezimalstelle gerundet in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ anzugeben. Wenn die 2. Dezimalstelle eine 5 ist, muß auf den nächst höheren Wert aufgerundet werden.

BEISPIEL 1: 1,53 wird 1,5;

BEISPIEL 2: 1,55 wird 1,6;

BEISPIEL 3: 1,549 wird 1,5.

9.2 Emissionsvermögen

Wenn das Emissionsvermögen in Werbezwecken dienenden Schriften dargestellt wird, muß es auf zwei Dezimalstellen angegeben werden, wobei festzulegen ist, ob dies das normale oder das korrigierte Emissionsvermögen ist.

9.3 Zwischenwerte

Zwischenwerte dürfen in Berechnungen nicht gerundet werden.

10 Prüfbericht

10.1 Informationen, die in dem Prüfbericht angegeben sind

Der Prüfbericht muß die folgenden Angaben enthalten.

10.2 Kennzeichnung der Verglasung

- Nenngesamtdicke der Verglasung (mm);
- Nenndicke der einzelnen Glasscheiben (mm);
- Nenndicke der einzelnen Zwischenlagen, wenn vorhanden (mm);
- Nenndicke des Gaszwischenraumes/der Gaszwischenräume (mm);
- Art der Gasfüllung;
- Lage der IR-Reflexionsschicht, wenn vorhanden;
- Neigung der Verglasung (Winkel zur Waagerechten);
- sämtliche weiteren, von den genormten Grenzwerten abweichenden Zustände.

10.3 Querschnitt der Verglasung

Eine Zeichnung soll den Aufbau der Verglasung zeigen (Lage und Dicke der Glasscheiben und Zwischenlagen, Lage der/von Beschichtung(en), Lage und Dicke des Gaszwischenraumes/der Gaszwischenräume, Art der Gasfüllung).

Die einzelnen Lagen aus Glas und weiteren Materialien und die Gaszwischenräume sind von der Außenseite der Scheibe ausgehend zu numerieren.

10.4 Ergebnisse

- korrigiertes Emissionsvermögen der Beschichtung bei Beschichtungen, die das Emissionsvermögen verändern;
- innerer Wärmeübergangskoeffizient h_i bei Beschichtungen, die das Emissionsvermögen verändern [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];
- gesamter Wärmedurchlaßkoeffizient der Verglasung, h_t [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];
- U -Wert der Verglasung [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];
- h_s , h_e und h_i , wenn diese Werte zur Berechnung des Bemessungs- U -wertes herangezogen wurden, wobei in diesem Fall der Ausdruck „Bemessungs- U -Wert“ anzuwenden ist [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$].

Anhang A (normativ)

Bestimmung des normalen und des effektiven Emissionsvermögens

ANMERKUNG: Dieser Anhang stimmt mit C.6 überein.

A.1 Bestimmung des normalen Emissionsvermögens ε_n

Das normale Emissionsvermögen einer beschichteten Oberfläche, ε_n , wird aus ihrer spektralen Kurve des normalen Reflexionsgrades – der mit einem Infrarot-Spektralphotometer gemessen wird, das zusätzlich mit einem Zielreflektor ausgestattet ist – nach dem folgenden Verfahren errechnet:

Der normale Reflexionsgrad, R_n , bei einer mittleren Temperatur von 283 K wird aus der Kurve bestimmt, indem der arithmetische Mittelwert aus den Werten des spektralen Reflexionsgrades, $R_n(\lambda)$, gebildet wird, die bei den in Tabelle A.1 angegebenen 30 Wellenlängen gemessen wurden.

$$R_n = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} R_n(\lambda_i) \quad (\text{A.1})$$

Das normale Emissionsvermögen bei 283 K, ε_n , wird festgelegt mit

$$\varepsilon_n = 1 - R_n \quad (\text{A.2})$$

ANMERKUNG: Bei anderen Umgebungstemperaturen hängt das Emissionsvermögen wenig von der mittleren Temperatur ab.

Tabelle A.1: 30 ausgewählte Wellenlängen λ_i für die Bestimmung des normalen Reflexionsgrades, R_n , bei 283 K

Nr i	Wellenlänge λ_i μm	Nr i	Wellenlänge λ_i μm
1	5,5	16	14,8
2	6,7	17	15,6
3	7,4	18	16,3
4	8,1	19	17,2
5	8,6	20	18,1
6	9,2	21	19,2
7	9,7	22	20,3
8	10,2	23	21,7
9	10,7	24	23,3
10	11,3	25	25,2
11	11,8	26	27,7
12	12,4	27	30,9
13	12,9	28	35,7
14	13,5	29	43,9
15	14,2	30	50,0 ^{*)}

^{*)} 50 μm wurden gewählt, da diese Wellenlänge den Grenzwert der meisten im Handel erhältlichen Spektrometer darstellt. Die Auswirkung dieser Näherung auf die Genauigkeit der Berechnung ist vernachlässigbar.

A.2 Bestimmung des korrigierten Emissionsvermögens ε

Das korrigierte Emissionsvermögen, ε , wird bestimmt, indem das normale Emissionsvermögen mit dem in Tabelle A.2 angegebenen Quotienten multipliziert wird.

Zwischenwerte können mit hinreichender Genauigkeit durch lineare Interpolation oder Extrapolation erhalten werden.

Tabelle A.2: Faktoren für die Berechnung des korrigierten Emissionsvermögens ε aus dem normalen Emissionsvermögen ε_n

Normales Emissionsvermögen ε_n	Quotient $\varepsilon/\varepsilon_n$
0,03	1,22
0,05	1,18
0,1	1,14
0,2	1,10
0,3	1,06
0,4	1,03
0,5	1,00
0,6	0,98
0,7	0,96
0,8	0,95
0,89	0,94

Anhang B (normativ)

Iterationsverfahren für Verglasungen mit mehr als einem Gaszwischenraum

Für Verglasungen mit mehr als einem Gaszwischenraum ($N > 1$) muß die Berechnung nach dem Iterationsverfahren ausgeführt werden (veranschaulicht in Tabelle B.1), bei dem der Wärmedurchlaßkoeffizient h_s jedes Gaszwischenraumes bei einer mittleren Temperatur von 283 K bestimmt wird (hinreichende Genauigkeit wird erreicht, da der Einfluß geringfügiger Abweichungen von 283 K vernachlässigt werden kann).

Für den ersten Schritt des Iterationsverfahrens wird in Gleichung (7) eine Temperaturdifferenz von $\Delta T = 15/N$ (K) für jeden Scheibenzwischenraum angenommen.

Mit den auf diese Weise erhaltenen Wärmedurchlaßkoeffizienten des Gaszwischenraumes werden für jeden Zwischenraum neue Werte für ΔT_s nach folgender Gleichung berechnet:

$$\Delta T_s = 15 \frac{1/h_s}{\sum_1^N 1/h_s} \quad (\text{B.1})$$

Diese Werte für ΔT_s werden dann für die zweite Iteration benutzt; und so weiter.

Das Iterationsverfahren muß so lange wiederholt werden, bis der Wärmedurchlaßwiderstand der Verglasung $\sum_1^N 1/h_s$ aus Gleichung (2) mit der 3. Stelle konvergiert (gewöhnlich nicht mehr als 3 und ausnahmsweise 4 Iterationen).

Der durch Konvergieren erhaltene Wert des Wärmedurchlaßwiderstandes ist in Gleichung (2) und Gleichung (1) einzusetzen, um den U -Wert zu berechnen.

Wenn die Anfangswerte von h_s gleich sind, werden die zu berücksichtigenden Temperaturdifferenzen durch $\Delta T = 15/N$ (K) bestimmt, und ein Iterationsverfahren ist nicht notwendig.

**Tabelle B.1: Beispiel für eine Iteration von Dreifachverglasungen mit folgenden Kennwerten:
Aufbau 4/12/4/12/4; eine Beschichtung im zweiten Zwischenraum mit
 $\varepsilon = 0,1$; SF6-Füllung in beiden Zwischenräumen**

Iteration Nr		1	2	3	4
$1/h_s$ für Zwischenraum 1	[m ² · K/W]	0,1455	0,1717	0,1713	0,1714
$1/h_s$ für Zwischenraum 2	[m ² · K/W]	0,2720	0,3125	0,3135	0,3133
$\sum_1^2 1/h_s$	[m ² · K/W]	0,4175	0,4842	0,4848	0,4847
ΔT für Zwischenraum 1	[K]	5,23	5,31	5,30	5,30
ΔT für Zwischenraum 2	[K]	9,77	9,68	9,70	9,70
U -Wert	[W/(m ² · K)]	1,67	1,51	1,50	1,50

Anhang C (informativ)

Literaturhinweise

C.1 prEN 30077

Fenster, Türen und Abschlüsse – Wärmedurchgangskoeffizient – Rechenmethode (ISO/DIS 11077 : 1993)

C.2 prEN 410

Glas im Bauwesen – Bestimmung des Lichttransmissionsgrades, direkter Sonnenenergietransmissionsgrad, Gesamtenergiedurchlaßgrad, UV-Transmissionsgrad und damit zusammenhängende Glasdaten

C.3 Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method (ISO/DIS 6946-1 : 1995) (WI: 00089013)

C.4 prEN 832

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs – Wohngebäude

C.5 EN ISO 10211-1

Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren (ISO 10211-1 : 1995)

C.6 prEN 12898

Glass in building – Determination of the emissivity (Glas im Bauwesen – Bestimmung des Emissionsvermögens)