

DIN EN 673



ICS 81.040.20

Ersatz für
DIN EN 673:2003-06

**Glas im Bauwesen –
Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) –
Berechnungsverfahren;
Deutsche Fassung EN 673:2011**

Glass in building –
Determination of thermal transmittance (U value) –
Calculation method;
German version EN 673:2011

Verre dans la construction –
Détermination du coefficient de transmission thermique, U –
Méthode de calcul;
Version allemande EN 673:2011

Gesamtumfang 20 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 673:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 129 „Glas im Bauwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NBN (Belgien) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-09-91 AA „Prüfung von Beschichtungen auf Glas“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau).

In Ausgabe 2003 von DIN EN 673 wurden bereits die Änderungen A1 und A2 eingearbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 673:2003-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) fachliche und redaktionelle Überarbeitung;
- b) der bisherige normative Anhang A zur Bestimmung des Emissionsvermögens entfällt, dafür wird auf EN 12898 „Glas im Bauwesen — Bestimmung des Emissionsgrades“ verwiesen;
- c) der frühere normative Anhang B wurde überarbeitet, insbesondere das Beispiel für eine Iteration von Dreifachverglasung und ist nun als normativer Anhang A der einzige Anhang zur Norm;
- d) wichtigste Änderungen sind die Anpassungen bei den inneren und äußeren Wärmedurchgangskoeffizienten, um Mehrdeutigkeiten bei der Rundung von Zwischenwerten zu vermeiden.

Frühere Ausgaben

DIN EN 673: 1999-01, 2001-01, 2003-06

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 vom CEN am 2. Januar 2011 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 Management-Zentrum des CEN-CENELEC 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 Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Formelzeichen, dimensionslose Kenngrößen und Indizes	6
4.1 Formelzeichen.....	6
4.2 Dimensionslose Kenngrößen	7
4.3 Indizes	7
5 Grundgleichungen.....	7
5.1 Allgemeines.....	7
5.2 U -Wert	7
5.3 Strahlungsleitwert h_r	8
5.4 Wärmedurchlasskoeffizient des Gaszwischenraums h_g	9
5.4.1 Allgemeines.....	9
5.4.2 Vertikalverglasung.....	10
5.4.3 Horizontale und geneigt stehende Verglasung	10
6 Grundlegende Materialeigenschaften.....	10
6.1 Emissionsvermögen.....	10
6.2 Gaseigenschaften	11
6.3 Infrarotabsorption des Gases.....	12
7 Äußerer und innerer Wärmeübergangskoeffizient.....	13
7.1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient.....	13
7.2 Innerer Wärmeübergangskoeffizient h_i	13
7.3 Bemessungswerte	14
8 Referenzwerte: Genormte Grenzwerte	14
9 Angabe der Ergebnisse.....	14
9.1 U -Werte	14
9.2 Zwischenwerte	15
10 Prüfbericht.....	15
10.1 Informationen, die in dem Prüfbericht angegeben sind	15
10.2 Kennzeichnung der Verglasung	15
10.3 Querschnitt der Verglasung	15
10.4 Ergebnisse.....	15
Anhang A (normativ) Iterationsverfahren für Verglasungen mit mehr als einem Gaszwischenraum	16
Literaturhinweise	18

Vorwort

Dieses Dokument (EN 673:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 129 „Glas im Bauwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NBN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2011, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2011 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 673:1997.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Das CEN/TC 129/WG9 „Lichttransmission, Strahlungstransmission, Wärmeschutz“ hat einen Arbeitsentwurf auf der Basis des ISO-Dokuments ISO/DIS 10292 „Wärmedämmung von Verglasungen — Berechnungsregeln zur Bestimmung des stationären U -Werts (Wärmedurchgangskoeffizient) von Doppel- oder Mehrfachverglasungen“, das von ISO/TC 160 „Glas im Bauwesen“ erarbeitet worden ist, aufgestellt. Dieser Arbeitsentwurf wurde 1997 als EN 673 veröffentlicht.

Die vorliegende Ausgabe ist eine Überarbeitung von EN 673:1997. Die wichtigste Änderung in dieser Ausgabe besteht darin, dass bei den inneren und äußeren Wärmeübergangskoeffizienten leichte Änderungen vorgenommen wurden, um Mehrdeutigkeiten beim Runden von Zwischenwerten zu vermeiden. Der ursprüngliche Anhang zur Bestimmung des Emissionsvermögens wurde gestrichen, und es gibt eine Verweisung auf EN 12898. Außerdem wurden die Änderungen A1 und A2 für EN 673:1997 eingearbeitet sowie allgemeine Textverbesserungen vorgenommen, um den Inhalt verständlicher zu vermitteln.

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 Kalknatronglas, 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 Abstandhalter einer hermetisch abgeschlossenen Verglasung oder durch den Fensterrahmen sind nicht berücksichtigt. Die Wärmeübertragung durch Sonneneinstrahlung wurde ebenfalls nicht berücksichtigt. Die von Sprossen und anderen Leisten/Riegeln ausgehenden Einwirkungen fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm.

Der nach der vorliegenden Norm berechnete U -Wert für Verglasungselemente ist bei der Berechnung des Gesamt- U -Werts von Fenstern, Türen und anderen Abschlüssen (siehe EN ISO 10077 [1]) zu verwenden.

Zum Zweck des Vergleichs von Produkten ist eine senkrechte Lage der Verglasung festgelegt. Zusätzlich werden nach demselben Verfahren U -Werte für weitere Zwecke berechnet, besonders für die Voraussage von:

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

Bei der Anwendung von nach dieser Norm bestimmten U -Werten sollte auf [3], [4] und [5] oder weitere Europäische Normen, die sich mit Berechnungen von Wärmeverlusten befassen, Bezug genommen werden.

Weiterhin wird ein Verfahren für die Ermittlung des Emissionsvermögens in EN 12898 angegeben.

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

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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*

EN 12898, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Emissionsgrades*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

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

ANMERKUNG Der *U*-Wert wird in Watt je Quadratmeter und Kelvin angegeben [$W/(m^2 \cdot K)$].

3.2

Referenzwert

U-Wert, der bei genormten Grenzwerten erhalten wurde (siehe Abschnitt 8)

4 Formelzeichen, dimensionslose Kenngrößen und Indizes

4.1 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	W/(m ² ·K)
	— auch Wärmedurchlasskoeffizient	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 (des Verglasungsmaterials)	m·K/W
<i>P</i>	Gaseigenschaften	—
<i>s</i>	Breite des gasgefüllten Zwischenraums	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 $5,67 \times 10^{-8}$	W/(m ² ·K ⁴)
μ	dynamische Viskosität des Gases	kg/(m·s)
λ	Wärmeleitfähigkeit des Gases im Raum	W/(m·K)
<i>g</i>	Temperatur auf der Celsius Skala	°C

4.2 Dimensionslose Kenngrößen

<i>Gr</i>	Grashof-Zahl	—
<i>Nu</i>	Nusselt-Zahl	—
<i>Pr</i>	Prandtl-Zahl	—

4.3 Indizes

c	Konvektion
e	außen
i	innen
j	j-te Materialschicht
k	K-ter Zwischenraum
g	Gas
m	mittlere(r, s)
n	normal
r	Strahlung
s	Abstand
t	Gesamt-, total
1; 2	eins, zwei usw.

5 Grundgleichungen

5.1 Allgemeines

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

5.2 *U*-Wert

Der *U*-Wert ergibt sich nach:

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

Dabei ist

h_e der äußere Wärmeübergangskoeffizient;

h_i der innere Wärmeübergangskoeffizient;

h_t 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 ist

- h_s der Wärmedurchlasskoeffizient des Gaszwischenraums;
- N die Anzahl der Zwischenräume;
- d_j die Dicke jeder Zwischenlage;
- r_j der spezifische Wärmedurchlasswiderstand jedes Materials (Wärmedurchlasswiderstand von Kalknatronglas = 1,0 m²K/W);
- M die Anzahl der Materialschichten.

$$h_{s,k} = h_{r,k} + h_{g,k} \quad (3)$$

Dabei ist

- $h_{s,k}$ der Wärmeübergang des k-ten Zwischenraumes
- $h_{r,k}$ der Strahlungsleitwert
- $h_{g,k}$ der U -Wert von Gas

ANMERKUNG Bei Bestimmung des U -Werts darf der spezifische Wärmedurchlasswiderstand der Teile berücksichtigt werden, die nicht aus Glas bestehen (z. B. Zwischenlagen aus Verbundglas). Für diese Norm sollten Werte zur Wärmeleitfähigkeit für die Verwendung von Glas in Gebäuden aus der Tabelle der allgemein anerkannten Werte in der relevanten Produktnorm (z. B. EN 572-1 für Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas) entnommen werden. Wenn die Einflüsse der nicht aus Glas bestehenden Teile als nicht signifikant oder wesentlich angesehen werden, darf ein vereinfachtes Verfahren angewendet werden, bei dem diese Einflüsse vernachlässigt werden.

5.3 Strahlungsleitwert h_r

Der Strahlungsleitwert ist gegeben durch:

$$h_r = 4\sigma \left(\frac{1}{\varepsilon_{1,k}} + \frac{1}{\varepsilon_{2,k}} - 1 \right)^{-1} T_{m,k}^3 \quad (4)$$

Dabei ist

- σ die Stefan-Boltzmann-Konstante;
- $T_{m,k}$ absolute mittlere Temperatur des Gaszwischenraums;
- $\varepsilon_{1,k}$ und $\varepsilon_{2,k}$ das jeweilige effektive Emissionsvermögen der begrenzenden Flächen um den Raum zwischen den Scheiben bei $T_{m,k}$.

5.4 Wärmedurchlasskoeffizient des Gaszwischenraums h_g

5.4.1 Allgemeines

Der Wärmedurchlasskoeffizient des Gaszwischenraums ist gegeben durch:

$$h_{g,k} = Nu \frac{\lambda_k}{s_k} \quad (5)$$

Dabei ist

s_k die Breite des k-ten Zwischenraums;

λ_k die Wärmeleitfähigkeit des k-ten Gases;

Nu die Nusselt-Zahl.

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

Dabei ist

A eine Konstante;

Gr die Grashof-Zahl;

Pr die Prandtl-Zahl;

n ein Exponent.

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

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

Dabei ist

ΔT die Temperaturdifferenz zwischen Grenzflächen des Gaszwischenraums;

ρ die Dichte;

μ die dynamische Viskosität;

c die spezifische Wärme;

T_m die 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.

5.4.2 Vertikalverglasung

Für Vertikalverglasung ist:

$$A = 0,035$$

$$N = 0,38$$

5.4.3 Horizontale und geneigt stehende Verglasung

Bei horizontal 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 $A = 0,16$ $n = 0,28$

Geneigte Zwischenräume im Winkel von 45° $A = 0,10$ $n = 0,31$

Für Zwischenwerte des Winkels ist eine lineare Interpolation ausreichend; muss jedoch zwischen den beiden nächstgelegenen Punkten durchgeführt werden.

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 Strahlungsleitwerts h_r in Gleichung (4) benötigt.

Bei unbeschichteten Kalk-Natronglas-Oberflächen oder Kalk-Natronglas-Oberflächen 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 eingesetzt werden.

Bei anderen beschichteten Oberflächen ist das normale Emissionsvermögen ε_n mit einem Infrarotspektrometer nach EN 12898 zu bestimmen. Das korrigierte Emissionsvermögen muss nach EN 12898 aus dem normalen Emissionsvermögen errechnet werden.

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.

ANMERKUNG 3 Bei Verbundgläsern und Verbund-Sicherheitsgläsern, bei denen eine Beschichtung mit geringem Emissionsvermögen direkten Kontakt zu einer Zwischenschicht hat, ist der Einfluss dieser Beschichtung bezogen auf den U -Wert vernachlässigbar.

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 Gashof- 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

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

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

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 ^a	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 ^a	1,699	$2,164 \times 10^{-5}$	$1,684 \times 10^{-2}$	
	20	1,640	$2,228 \times 10^{-5}$	$1,734 \times 10^{-2}$	
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 ^a	3,560	$2,400 \times 10^{-5}$	$0,900 \times 10^{-2}$	
	20	3,430	$2,470 \times 10^{-5}$	$0,926 \times 10^{-2}$	
Xenon	-10	6,121	$2,078 \times 10^{-5}$	$0,494 \times 10^{-2}$	$0,161 \times 10^3$
	0	5,897	$2,152 \times 10^{-5}$	$0,512 \times 10^{-2}$	
	10 ^a	5,689	$2,226 \times 10^{-5}$	$0,529 \times 10^{-2}$	
	20	5,495	$2,299 \times 10^{-5}$	$0,546 \times 10^{-2}$	
SF ₆ ^b	-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 ^a	6,360	$1,459 \times 10^{-5}$	$1,275 \times 10^{-2}$	
	20	6,118	$1,497 \times 10^{-5}$	$1,354 \times 10^{-2}$	
^a Genormte Grenzwerte ^b Schwefelhexafluorid					

ANMERKUNG Die Anwendung von SF₆-Gas ist in einigen Teilen der Welt, auch in der Europäischen Union, verboten. Die Gaseigenschaften von SF₆ wurden deshalb in erster Linie zu dem Zweck aufgenommen, einen Vergleich mit früher gewonnenen Angaben zu ermöglichen.

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 oder EN 675 gemessen werden, wenn eine mögliche Verbesserung zu berücksichtigen ist.

7 Äußerer und innerer Wärmeübergangskoeffizient

7.1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient

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 $25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ festgelegt.

ANMERKUNG Der reziproke Wert des äußeren Wärmeübergangskoeffizienten $1/h_e$ beträgt $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{KW}$.

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

Für die Werte von h_e bei horizontalen Flächen ist Bezug auf [3] zu nehmen.

7.2 Innerer Wärmeübergangskoeffizient h_i

Der innere Wärmeübergangskoeffizient h_i wird nach der folgenden Gleichung ermittelt:

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

Dabei ist

h_r der interne radiative Wärmeübergangskoeffizient;

h_c der interne konvektive Wärmeübergangskoeffizient.

Im Rahmen der vorliegenden Norm beträgt der Strahlungsleitwert für unbeschichtete Oberflächen aus Kalknatronglas $4,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Wenn die Innenfläche der Verglasung ein geringeres Emissionsvermögen besitzt, so ist der Strahlungsleitwert gegeben durch:

$$h_r = \frac{4,1 \varepsilon}{0,837} \quad (11)$$

Dabei ist

ε das korrigierte Emissionsvermögen der beschichteten Oberfläche;

$0,837$ das korrigierte Emissionsvermögen von unbeschichtetem Kalknatronglas (siehe 6.1).

Dies gilt nur, wenn keine Kondensation auf der beschichteten Oberfläche auftritt. Ein Verfahren zur Bestimmung des korrigierten Emissionsvermögens einer Beschichtung ist in EN 12898 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 Kalknatronglasflächen und freier Konvektion gilt:

$$h_i = 4,1 + 3,6 = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (12)$$

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

ANMERKUNG Der reziproke Wert des inneren Wärmeübergangskoeffizienten $1/h_i$ für Kalknatronglasoberflächen auf zwei Dezimalstellen angegeben, beträgt $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{KW}$.

Für den Wert von h_i bei horizontalen Flächen ist Bezug auf [3] zu nehmen.

7.3 Bemessungswerte

Bei der Anwendung der U -Werte von Verglasungen für die Bemessung von Gebäuden kann es sein, dass die Verwendung von Referenzwerten nicht immer hinreichend genau ist. 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 Referenzwerts 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 [3], [4], [5] oder auf weitere maßgebliche Europäische Normen hingewiesen.

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 Wärmedurchlasswiderstand von Kalknatronglas	1,0 m ² K/W
ε	korrigiertes Emissionsvermögen von unbeschichteten Kalknatronglas- und Borosilicatglasoberflächen	0,837
ΔT	Temperaturdifferenz zwischen äußeren Glasflächen	15 K
T_m	mittlere absolute Temperatur des Gaszwischenraums	283 K
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante	$5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
h_e	Äußerer Wärmeübergangskoeffizient von unbeschichteten Kalknatronglasoberflächen	25 W/(m ² ·K)
h_i	innerer Wärmeübergangskoeffizient von unbeschichteten Kalknatronglasoberflächen	7,7 W/(m ² ·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

In allen Fällen sind die U -Werte gerundet auf eine Dezimalstelle in W/(m²·K) anzugeben.

Wenn die zweite Dezimalstelle eine 5 ist, muss auf den nächsthöheren 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 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

- Gesamtdicke der Verglasung (Millimeter);
- Dicke der einzelnen Glasscheiben (Millimeter);
- Dicke der einzelnen Materiallagen, wenn vorhanden (Millimeter);
- Dicke des Gaszwischenraums/der Gaszwischenräume (Millimeter);
- Art der Gasfüllung;
- Lage der IR-Reflexionsschicht, wenn vorhanden;
- Neigung der Verglasung (Winkel zur Waagerechten);
- sämtliche weiteren, von den genormten Grenzwerten abweichende Zustände.

10.3 Querschnitt der Verglasung

Eine Zeichnung muss den Aufbau der Verglasung zeigen (Lage und Dicke der Glasscheiben und Materiallagen, Lage der Beschichtung(en), Lage und Dicke des Gaszwischenraums/der Gaszwischenräume; Art der Gasfüllung).

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

10.4 Ergebnisse

- Korrigiertes Emissionsvermögen der Beschichtung bei Beschichtungen, die das Emissionsvermögen verändern;
- innerer Wärmeübergangskoeffizient, h_i , bei Beschichtungen, die das Emissionsvermögen verändern [W / (m²·K)];
- gesamter Wärmedurchlasskoeffizient der Verglasung, h_t [W / (m²·K)];
- U -Wert der Verglasung [W / (m²·K)];
- h_s , h_e und h_i , wenn diese Werte zur Berechnung des Bemessungs- U -Werts herangezogen wurden, wobei in diesem Fall der Ausdruck „Bemessungs- U -Wert“ anzuwenden ist [W / (m²·K)].

Anhang A (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 A.1), bei dem der Wärmedurchlasskoeffizient h_s jedes Gaszwischenraums 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 dem auf diese Weise erhaltenen Wärmedurchlasskoeffizienten des Gaszwischenraums werden für jeden Zwischenraum neue Werte für ΔT_s nach folgender Gleichung berechnet:

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

Diese Werte für ΔT_s werden 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 Wärmedurchlasswiderstands 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 A.1 — Beispiel für eine Iteration von Dreifachverglasungen mit folgenden Kennwerten:
Aufbau 4/12/4/16/4; eine Beschichtung im 2. Zwischenraum mit $\varepsilon_n = 0,03$ ($\varepsilon = 0,037$);
Argongasfüllungen in beiden Zwischenräumen (90 % Befüllung)**

Iteration Nr	1	2	3	4
$1/h_s$ für Zwischenraum 1 [m ² ·K/W]	0,193 4	0,193 4	0,193 4	0,193 4
$1/h_s$ für Zwischenraum 2 [m ² ·K/W]	0,773 9	0,764 4	0,765 0	0,764 9
$\sum_1^2 1/h_s$ [m ² ·K/W]	0,967 3	0,957 8	0,958 4	0,958 4
ΔT für Zwischenraum 1 [K]	2,999 0	3,028 9	3,027 0	3,027 1
ΔT für Zwischenraum 2 [K]	12,001 0	11,971 1	11,973 0	11,972 9
U - Wert [W/(m ² ·K)] — gerundet	0,870	0,877	0,877	0,877 0,9

Literaturhinweise

- [1] EN ISO 10077-1, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 1: Allgemeines (ISO 10077-1:2006)*
- [2] EN 410, *Glas im Bauwesen — Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen*
- [3] EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren (ISO 6946:2007)*
- [4] EN ISO 13790, *Energieeffizienz von Gebäuden — Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ISO 13790:2008)*
- [5] EN ISO 10211, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Teil 1: Detaillierte Berechnungen (ISO 10211:2007)*
- [6] EN ISO 10456, *Baustoffe und Bauprodukte — Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften — Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung wärmeschutztechnischer Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456:2007)*