

DIN EN 410

ICS 81.040.20

Einsprüche bis 2010-10-09
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 410:1998-12

Entwurf

**Glas im Bauwesen –
Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen
Kenngrößen von Verglasungen;
Deutsche Fassung FprEN 410:2010**

Glass in building –
Determination of luminous and solar characteristics of glazing;
German version FprEN 410:2010

Verre dans la construction –
Détermination des caractéristiques lumineuses et solaires des vitrages;
Version allemande FprEN 410:2010

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-08-09 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nabau@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 61 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN
Normenausschuss Lichttechnik (FNL) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 410:2010) 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) im DIN.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 410:1998-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) komplette fachliche und redaktionelle Überarbeitung;
- b) Teilung und Überarbeitung des früheren Abschnittes 3 „Symbole und Definitionen“ in zwei Abschnitte, Abschnitt 3 „Begriffe“ und Abschnitt 4 „Symbole“;
- c) Einführung des Durchlassfaktors SC in einem neuen Abschnitt 5.7 „Durchlassfaktor“;
- d) Überarbeitung von Tabelle 3 „Normierte relative spektrale Verteilung des UV-Bereichs der Globalstrahlung U_{λ} , multipliziert mit dem Wellenlängenintervall $\Delta\lambda$ “;
- e) Anhang A (normativ) „Verfahren für die Berechnung der spektralen Kenngrößen von Glasscheiben mit verschiedener Dicke und/oder Einfärbung“ redaktionell geringfügig überarbeitet;
- f) neuer Anhang B (normativ) „Verfahren zur Berechnung der spektralen Kenngrößen von Verbundglas“ aufgenommen;
- g) neuer Anhang C (informativ) „Verfahren zur Berechnung der spektralen Kenngrößen von Siebdruckglas“ aufgenommen;
- h) früherer informativer Anhang B inhaltlich unverändert in Anhang D (informativ) „Beispiel für die Berechnung des Farbwiedergabeindex“ geändert.

Juli 2010

ICS 81.040.20

Vorgesehen als Ersatz für EN 410:1998

Deutsche Fassung

Glas im Bauwesen —
Bestimmung der lichtechnischen und trahlungsphysikalischen
Kenngrößen von Verglasungen

Glass in building —
Determination of luminous and solar characteristics of
glazing

Verre dans la construction —
Détermination des caractéristiques lumineuses et solaires
des vitrages

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 129 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder gehalten, die CEN-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.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde vom CEN in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum des CEN 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.

Warnvermerk : Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäischen Norm in Bezug genommen werden.



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Symbole	7
5 Bestimmung der Kenngrößen	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Lichttransmissionsgrad	9
5.3 Lichtreflexionsgrad	11
5.4 Gesamtenergiedurchlassgrad	12
5.4.1 Berechnung	12
5.4.2 Aufteilung der Strahlungsleistung	12
5.4.3 Direkter Strahlungstransmissionsgrad	13
5.4.4 Direkter Strahlungsreflexionsgrad	14
5.4.5 Direkter Strahlungsabsorptionsgrad	14
5.4.6 Sekundärer Wärmeabgabegrad nach innen	14
5.5 UV-Transmissionsgrad	19
5.6 Farbwiedergabe	19
5.7 Durchlassfaktor	22
6 Auswertung	22
7 Prüfbericht	22
Anhang A (normativ) Verfahren für die Berechnung der spektralen Kenngrößen von Glasscheiben mit verschiedener Dicke und/oder Einfärbung	30
A.1 Verfahren für die Berechnung des spektralen Transmissions- und Reflexionsgrads einer unbeschichteten Glasscheibe der Dicke y aus ihrem bei der Dicke x gemessenen spektralen Transmissionsgrad	30
A.2 Verfahren für die Berechnung des spektralen Transmissions- und Reflexionsgrads einer beschichteten Glasscheibe der Dicke y aus den spektralen Transmissions- und Reflexionsgraden einer Glasscheibe aus einem anderen Glas mit der Dicke x und mit der gleichen Beschichtung	32
A.2.1 Kenndaten des Aufbaus Luft/Beschichtung/Glas	32
A.2.2 Charakteristische Daten mit gleicher Beschichtung auf einem unterschiedlichen Glas	33
Anhang B (normativ) Verfahren zur Berechnung der spektralen Kenngrößen von Verbundglas	35
B.1 Einleitung	35
B.2 Terminologie	35
B.3 Grundgleichungen	36
B.3.1 Allgemeines	36
B.3.2 Reintransmissionsgrad für Medien, die den gleichen spektralem dekadischen Absorptionskoeffizienten, aber eine unterschiedliche Dicke haben	36
B.3.3 Gesamt-Reintransmissionsgrad zweier benachbarter Medien mit äquivalenten Brechzahlen	36
B.3.4 Transmission und Reflexion für eine nicht absorbierende Grenzfläche	37
B.4 Systeme mit zwei Grenzflächen	37
B.4.1 Berechnungen des Gesamttransmissionsgrades und der Gesamtreflexionsgrade aus den Grenzflächen- und Medienkenngrößen	37
B.4.2 Berechnungen der Grenzflächen- und Medienkenngrößen aus dem Gesamttransmissionsgrad und den Gesamtreflexionsgraden	39
B.5 Systeme mit drei Grenzflächen	43
B.5.1 Berechnungen für den Gesamttransmissionsgrad und die Gesamtreflexionsgrade aus den Grenzflächen- und Medienkenngrößen	43

B.5.2	Berechnungen der Grenzflächen- und Medienkenngößen aus dem Gesamttransmissionsgrad und den Gesamtreflexionsgraden.....	45
B.5.3	Beispiel für die Gleichungen (B.24), (B.25) und (B.26): Eine beschichtete Lage zwischen einer Zwischenschicht und einer Glasscheibe	46
B.6	Beispiele	48
B.6.1	Allgemeines	48
B.6.2	Beispiel 1 — Fall mit einfachem Verbundglas (unbeschichtet).....	48
B.6.3	Beispiel 2: Fall eines Verbundglases mit einer absorbierenden Beschichtung zwischen der Zwischenschicht und der zweiten Glasscheibe mit unbeschichteten äußeren Oberflächen.....	52
Anhang C (informativ)	Verfahren zur Berechnung der spektralen Kenngrößen von Siebdruckglas.....	55
Anhang D (informativ)	Beispiel für die Berechnung des Farbwiedergabeindex	56
Literaturhinweise		59

Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 410:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 129 „Glas im Bauwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NBN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 410:1998 ersetzen.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Verfahren zur Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen von Gebäuden fest. Diese Kenngrößen können als Grundlage für licht-, heizungs- und klimatechnische Berechnungen dienen. Sie ermöglichen den Vergleich zwischen unterschiedlichen Verglasungen.

Diese Europäische Norm ist sowohl anwendbar auf übliche Verglasungen als auch auf absorbierende oder reflektierende Sonnenschutzgläser, eingesetzt in senkrechten oder waagerechten Lichtöffnungen. Die geeigneten Gleichungen für Einfach-, Doppel- und Dreifachverglasungen sind angegeben.

Diese Europäische Norm ist für sämtliche lichtdurchlässige Materialien entsprechend anwendbar, ausgenommen solche, die eine nennenswerte Transmission im Wellenlängenbereich von 5 µm bis 50 µm von Strahlung bei Raumtemperatur aufweisen, wie z. B. gewisse Kunststoffe.

Materialien mit lichtstreuenden Eigenschaften für die auftreffende Strahlung werden grundsätzlich wie normale lichtdurchlässige Stoffe unter Beachtung bestimmter Bedingungen (siehe 5.2) behandelt.

Die Eigenschaften von schrägem Licht und die Strahlungseigenschaften von Glas in Gebäuden werden in dieser Norm nicht erfasst. Forschungsarbeiten, die in diese Richtung gehen, werden jedoch zusammenfassend in E.1, E.2 und E.3 dargestellt.

Während die vorliegende Europäische Norm Gleichungen für die exakten Berechnungen der spektralen Kenngrößen der Verglasung vorlegt, wird die Unsicherheit der Messungen nicht berücksichtigt, die zur Bestimmung der für die Berechnungen verwendeten spektralen Kenngrößen notwendig sind. Es sollte angemerkt werden, dass für Systeme mit einer Einfachverglasung, für die nur wenige Messungen erforderlich sind, die Ergebnisunsicherheit dann zufrieden stellend ist, wenn die Messverfahren vorschriftsmäßig durchgeführt wurden. Bei komplizierten Verglasungssystemen, für die eine große Anzahl von Messungen zur Bestimmung der spektralen Kenngrößen notwendig ist, zeigt die Unsicherheit einen kumulativen Zusammenhang mit der Anzahl der Messungen und sollte bei Angabe der Endergebnisse berücksichtigt werden.

Die in dieser Europäischen Norm verwendete Benennung „Grenzfläche“ (interface) ist als eine Oberfläche zu verstehen, die durch den Transmissionsgrad und die Reflexionsgrade für die Lichtstärke charakterisiert wird. Das bedeutet, die Interaktion mit Licht ist inkohärent, und alle Phaseninformationen gehen verloren. Im Fall dünner Schichten/Filme (in dieser Europäischen Norm nicht beschrieben), werden die Grenzflächen durch den Transmissionsgrad und die Reflexionsgrade für die Lichtamplituden charakterisiert, d. h. die Interaktion mit Licht ist kohärent, und Phaseninformationen sind verfügbar. Schließlich kann vereinfachend eine beschichtete Grenzfläche als eine Fläche beschrieben werden, auf der sich ein dünner Film oder mehrere dünne Filme befinden, wobei die gesamte Anordnung der dünnen Filme durch die sich ergebende Transmission und Reflexion der Lichtstärken charakterisiert wird.

In Anhang B wird das Verfahren zur Berechnung der spektralen Kenngrößen von Verbundglas unter spezifischem Bezug auf beschichtetes Glas angegeben. Das gleiche Verfahren kann für die Anwendung auf Glas mit dünnen Schichten (Filmen) übernommen werden (z. B. Glas mit selbstklebender Polymerfolie).

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 673, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Berechnungsverfahren*

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*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

- 3.1
Lichttransmissionsgrad**
Anteil des auftreffenden Lichts, der vom Glas hindurch gelassen wird
- 3.2
Lichtreflexionsgrad**
Anteil des auftreffenden Lichts, der vom Glas reflektiert wird
- 3.3
Gesamtenergiedurchlassgrad**
Anteil der auftreffenden Strahlung, der vom Glas insgesamt hindurch gelassen wird
- 3.4
direkter Strahlungsreflexionsgrad**
Anteil der auftreffenden Sonnenstrahlung, der direkt vom Glas hindurch gelassen wird
- 3.5
normaler Emissionsgrad
normales Emissionsvermögen**
in einer Richtung senkrecht zur Oberfläche das Verhältnis der Emissionsstärke der Oberfläche des Glases zur Emissionsstärke eines schwarzen Körpers (siehe EN 12898)
- 3.6
direkter Strahlungsreflexionsgrad**
Anteil der auftreffenden Sonnenstrahlung, der vom Glas reflektiert wird
- 3.7
ultravioletter Transmissionsgrad**
Anteil der auftreffenden UV-Komponenten der Strahlung, der vom Glas hindurch gelassen wird
- 3.8
Farbwiedergabeindex (bei der Transmission)**
Änderung der Farbe eines Objekts als Folge des Lichts, das vom Glas hindurch gelassen wird
- 3.9
Durchlassfaktor**
Verhältnis des Energiedurchlassgrads des Glases zum Energiedurchlassgrad eines Referenzglases (klares Floatglas)

4 Symbole

Sym.	Deutsch/ German/ Allemand	Englisch/ English/ Anglais	Französisch/ French/ Français
D_{65}	Normlichtart D65	standard illuminant D65	illuminant normalisé D65
UV	ultravioletter Strahlungsbereich	ultraviolet radiation	rayonnement ultraviolet
τ_{UV}	ultravioletter Transmissionsgrad	ultraviolet transmittance	facteur de transmission de l'ultraviolet
$\tau(\lambda)$	spektraler Transmissionsgrad	spectral transmittance	facteur de transmission spectrale
$\rho(\lambda)$	spektraler Reflexionsgrad	spectral reflectance	facteur de réflexion spectrale
τ_v	Lichttransmissionsgrad	light transmittance	facteur de transmission lumineuse
ρ_v	Lichtreflexionsgrad	light reflectance	facteur de réflexion lumineuse
τ_e	direkter Strahlungstransmissionsgrad	solar direct transmittance	facteur de transmission directe de l'énergie solaire
ρ_e	direkter Strahlungsreflexionsgrad	solar direct reflectance	facteur de réflexion directe de l'énergie solaire
g	Gesamtenergiedurchlassgrad	total solar energy transmittance (solar factor)	facteur de transmission totale de l'énergie solaire ou facteur solaire
R_a	allgemeiner Farbwiedergabeindex	general colour rendering index	indice général de rendu des couleurs
D_λ	relative spektrale Verteilung der Normlichtart D65	relative spectral distribution of illuminant D65	répartition spectrale relative de l'illuminant normalisé D65
$V(\lambda)$	spektraler Hellempfindlichkeitsgrad	spectral luminous efficiency	efficacité lumineuse relative spectrale
α_e	direkter Strahlungsabsorptionsgrad	solar direct absorptance	facteur d'absorption directe de l'énergie solaire
ϕ_e	Strahlungsleistung (Strahlungsfluss)	incident solar radiant flux	flux énergétique solaire incident
q_i	sekundärer Wärmeabgabegrad nach innen	secondary internal heat transfer factor	facteur de réémission thermique vers l'intérieur
q_e	sekundärer Wärmeabgabegrad nach außen	secondary external heat transfer factor	facteur de réémission thermique vers l'extérieur
S_λ	relative spektrale Verteilung der Sonnenstrahlung	relative spectral distribution of solar radiation	répartition spectrale relative du rayonnement solaire
h_e	Wärmeübergangskoeffizient nach außen	external heat transfer coefficient	coefficient d'échange thermique extérieur
h_i	Wärmeübergangskoeffizient nach innen	internal heat transfer coefficient	coefficient d'échange thermique intérieur
ε	korrigierter Emissionsgrad	corrected emissivity	émissivité corrigée
Λ	Wärmedurchlasskoeffizient	thermal conductance	conductance thermique

(fortgesetzt)

Sym.	Deutsch/ German/ Allemand	Englisch/ English/ Anglais	Französisch/ French/ Français
λ	Wellenlänge	wavelength	longueur d'onde
$\Delta\lambda$	Wellenlängenintervall	wavelength interval	intervalle de longueur d'onde
U_x	relative spektrale Verteilung der UV-Strahlung der Sonne	relative spectral distribution of UV in solar radiation	répartition spectrale relative du rayonnement ultraviolet solaire
SC	Durchlassfaktor	shading coefficient	coefficient d'ombrage

5 Bestimmung der Kenngrößen

5.1 Allgemeines

Die Kenngrößen werden bei quasi-parallelem, beinahe senkrechtem Strahlungseinfall (siehe E.4) der Strahlungsverteilung der Normlichtart D₆₅ (siehe Tabelle 1), der Globalstrahlung nach Tabelle 2 und der UV-Strahlung nach Tabelle 3 bestimmt.

Die Kenngrößen sind:

- spektraler Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ und spektraler Reflexionsgrad $\rho(\lambda)$ im Wellenlängenbereich von 300 nm bis 2 500 nm;
- Lichttransmissionsgrad τ_v und Lichtreflexionsgrad ρ_v für die Normlichtart D₆₅;
- direkter Strahlungstransmissionsgrad τ_e und direkter Strahlungsreflexionsgrad ρ_e ;
- Gesamtenergiedurchlassgrad g ;
- UV-Transmissionsgrad τ_{UV} ;
- allgemeiner Farbwiedergabeindex R_a ;
- Gesamt-Durchlassfaktor, SC.

Die für die Kennzeichnung von Verglasungen entscheidenden Kenngrößen sind τ_v und g ; die anderen Kenngrößen liefern wahlweise ergänzende Informationen.

Wenn der Wert einer vorgegebenen Kenngröße für verschiedene Glasdicken (im Fall unbeschichteten Glases) oder für die gleiche Schicht auf unterschiedlichen Substraten benötigt wird, kann dieser Wert (nach Anhang A) berechnet werden.

Ein Verfahren zur Berechnung spektraler Kenngrößen für Verbundglas wird in Anhang B angegeben.

Richtlinien zur Bestimmung spektraler Kenngrößen von siebbedrucktem Glas werden in Anhang C angegeben.

5.2 Lichttransmissionsgrad

Der Lichttransmissionsgrad τ_v der Verglasung wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\tau_v = \frac{\sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} D_{\lambda} \tau(\lambda) V(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} D_{\lambda} V(\lambda) \Delta \lambda} \quad (1)$$

Dabei ist

- D_{λ} die relative spektrale Verteilung der Normlichtart D₆₅ (siehe D.2);
- $\tau(\lambda)$ der spektrale Transmissionsgrad der Verglasung;
- $V(\lambda)$ der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad für phototopisches Sehen des Normalbeobachters (siehe D.2),
- $\Delta \lambda$ das Wellenlängenintervall.

Tabelle 1 enthält die Werte für D_{λ} $V(\lambda)$ $\Delta \lambda$ für Wellenlängenintervalle von 10 nm. Die Tabelle ist so aufgestellt worden, dass $\sum D_{\lambda} V(\lambda) \Delta \lambda = 1$ ist.

Bei Mehrfachverglasungen lässt sich der spektrale Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ aus den spektralen Transmissionsgraden und den spektralen Reflexionsgraden der einzelnen Scheiben wie folgt berechnen:

Für Doppelverglasung:

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda) \tau_2(\lambda)}{1 - \rho'_1(\lambda) \rho_2(\lambda)} \quad (2)$$

Dabei ist

- $\tau_1(\lambda)$ der spektrale Transmissionsgrad der ersten (äußeren) Scheibe;
- $\tau_2(\lambda)$ der spektrale Transmissionsgrad der zweiten Scheibe;
- $\rho'_1(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der ersten (äußeren) Scheibe, gemessen gegen die Richtung der auftreffenden Strahlung;
- $\rho_2(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der zweiten Scheibe, gemessen in Richtung der auftreffenden Strahlung.

Der spektrale Transmissionsgrad für Doppelverglasungen wird in Bild 1 dargestellt.

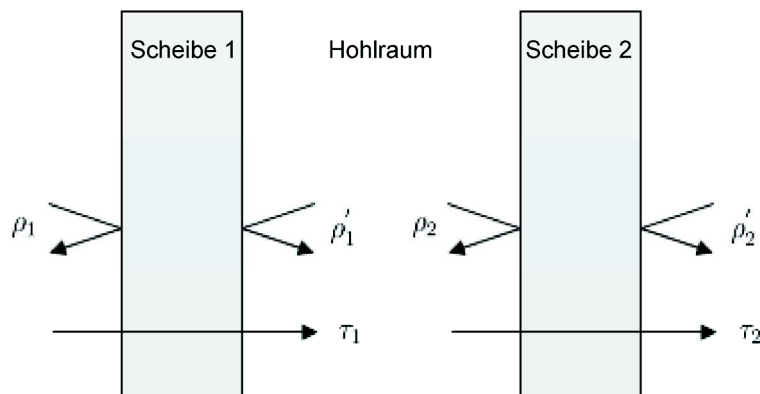


Bild 1 — Lichttransmission und Lichtreflexion in einer Isolierglaseinheit mit Doppelverglasung

Für Dreifachverglasung:

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda) \tau_2(\lambda) \tau_3(\lambda)}{[1 - \rho'_1(\lambda) \rho_2(\lambda)][1 - \rho'_2(\lambda) \rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda) \rho'_1(\lambda) \rho_3(\lambda)} \quad (3)$$

Dabei ist

$\tau_1(\lambda)$, $\tau_2(\lambda)$, $\rho'_1(\lambda)$ und $\rho_2(\lambda)$ wie in Gleichung (2) angegeben;

$\tau_3(\lambda)$ der spektrale Transmissionsgrad der dritten Scheibe;

$\rho'_2(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der zweiten Scheibe, gemessen gegen die Richtung der auftreffenden Strahlung;

$\rho_3(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der dritten Scheibe, gemessen in Richtung der auftreffenden Strahlung.

Der spektrale Transmissionsgrad für Dreifachverglasungen wird in Bild 2 dargestellt.

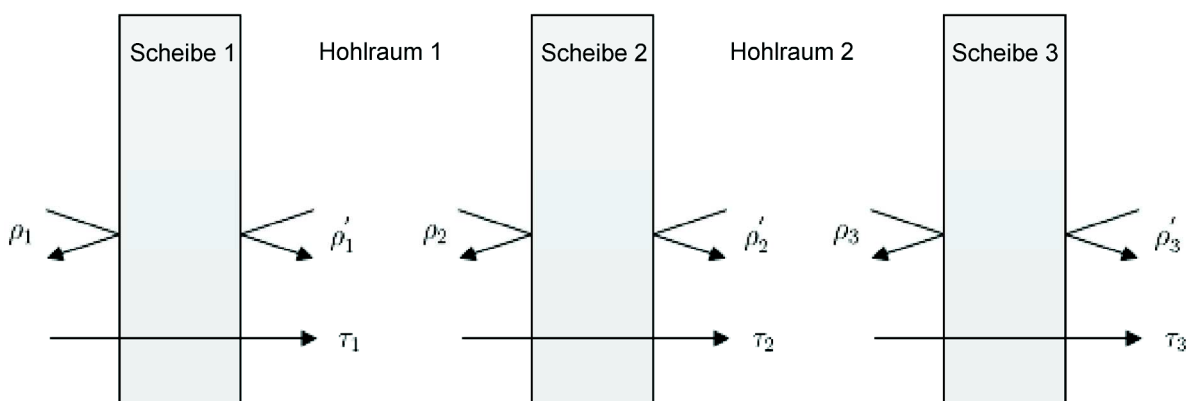


Bild 2 — Lichttransmission und Lichtreflexion in einer Isolierglaseinheit mit Dreifachverglasung

Für Verglasungen aus mehr als drei Scheiben bestehen für die Berechnung des spektralen Transmissionsgrades $\tau(\lambda)$ solcher Verglasungen aus den spektralen Koeffizienten einzelner Scheiben ähnliche Zusammenhänge wie bei den Gleichungen (2) und (3). Zum Beispiel: Eine Verglasung bestehend aus fünf Einzelscheiben darf wie folgt berechnet werden:

- zuerst werden die drei Einzelscheiben als Dreifachverglasung betrachtet und die spektralen Eigenschaften dieser Kombination berechnet;
- dann wird die gleiche Berechnung für zwei weitere Scheiben als Doppelverglasung durchgeführt;
- schließlich wird $\tau(\lambda)$ für die Fünffachverglasung berechnet, indem sie als Kombination einer Dreifach- und einer Doppelverglasung betrachtet wird.

ANMERKUNG 1 Die Verwendung einer Ulbricht-Kugel ist notwendig, wenn lichtstreuende Materialien untersucht werden. In diesem Fall müssen die Kugel und deren Öffnung groß genug sein, damit alles Streulicht erfasst und bei ungleichmäßiger Oberflächenstruktur der Verglasung eine ausreichende Mittelwertbildung für den Messwert erhalten werden.

ANMERKUNG 2 Die Messung von lichtstreuenden Produkten ist Gegenstand eines Ringversuchs, für den die Internationale Kommission des Technischen Komitees 10 für Glas verantwortlich ist. Es wird erwartet, dass sich aus den Ergebnissen dieses Ringversuchs Vorschläge für Verbesserungen der Mess- und der Vorhersagetechniken ableiten lassen.

5.3 Lichtreflexionsgrad

Der Lichtreflexionsgrad der Verglasung ρ_V wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\rho_V = \frac{\sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} D_\lambda \rho(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda} \quad (4)$$

Dabei ist

D_λ , $V(\lambda)$ und $\Delta\lambda$ wie in 5.2 angegeben;

$\rho(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der Verglasung.

Bei Mehrfachverglasungen lässt sich der spektrale Reflexionsgrad $\rho(\lambda)$ aus den spektralen Transmissionsgraden und den spektralen Reflexionsgraden der einzelnen Scheiben wie folgt berechnen:

Für Doppelverglasung wird der Lichtreflexionsgrad der Verglasung nach außen wie folgt berechnet:

$$\rho(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda) \rho_2(\lambda)}{1 - \rho_1'(\lambda) \rho_2(\lambda)} \quad (5)$$

Dabei ist

$\tau_1(\lambda)$, $\rho_2(\lambda)$ und $\rho_1'(\lambda)$ wie in 5.2 angegeben;

$\rho_1(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der ersten (äußeren) Scheibe, gemessen in Richtung der auftreffenden Strahlung.

Eine entsprechende Gleichung kann auch zur Berechnung des Reflexionsgrads der Verglasung nach innen abgeleitet werden.

Für Dreifachverglasung wird der Lichtreflexionsgrad der Verglasung nach außen wie folgt berechnet:

$$\rho(\lambda) = \rho_1(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda) \rho_2(\lambda) [1 - \rho_2'(\lambda) \rho_3(\lambda)] + \tau_1^2(\lambda) \rho_3(\lambda)}{[1 - \rho_1'(\lambda) \rho_2(\lambda)] [1 - \rho_2'(\lambda) \rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda) \rho_1'(\lambda) \rho_3(\lambda)} \quad (6)$$

Dabei ist

$\rho_3(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der dritten Scheibe, gemessen in Richtung der auftreffenden Strahlung;

$\tau_1(\lambda)$, $\tau_2(\lambda)$, $\rho_1(\lambda)$, $\rho_2(\lambda)$, $\rho'_1(\lambda)$ und $\rho'_2(\lambda)$ wie in 5.2 und 5.3 angegeben.

Eine entsprechende Gleichung für den Lichtreflexionsgrad einer Dreifachverglasung nach innen kann auch abgeleitet werden.

Für Verglasungen mit mehr als drei Scheiben wird das gleiche Verfahren angewendet, das in 5.2 angegeben ist.

5.4 Gesamtenergiedurchlassgrad

5.4.1 Berechnung

Der Gesamtenergiedurchlassgrad g ist die Summe des direkten Strahlungstransmissionsgrads τ_e und des sekundären Wärmeabgabegrads q_i der Verglasung nach innen (siehe 5.4.3 und 5.4.6), letzterer bedingt durch den Wärmetransport infolge Konvektion und langwelliger IR-Strahlung des Anteils der auftreffenden Strahlung, der von der Verglasung absorbiert wird:

$$g = \tau_e + q_i \quad (7)$$

5.4.2 Aufteilung der Strahlungsleistung

Die Strahlungsleistung ϕ_e wird in die folgenden drei Anteile aufgespaltet (siehe Bild 3):

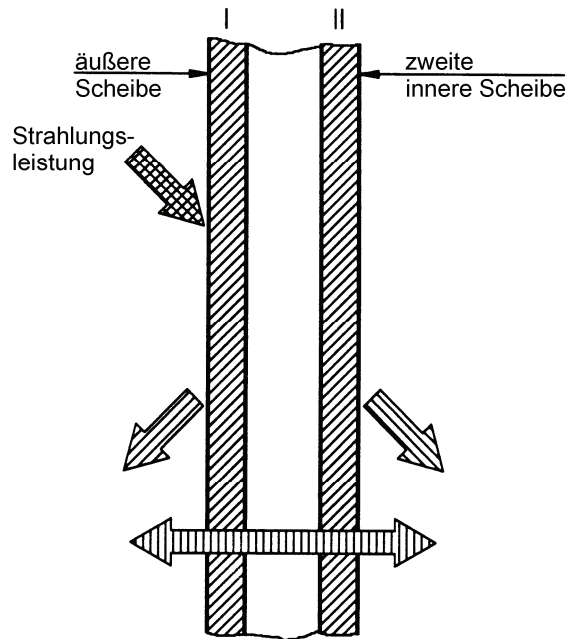
- a) den hindurch gelassenen Anteil, $\tau_e \phi_e$;
- b) den reflektierten Anteil, $\rho_e \phi_e$;
- c) den absorbierten Anteil, $\alpha_e \phi_e$.

Dabei ist

τ_e der direkte Strahlungstransmissionsgrad (siehe 5.4.3);

ρ_e der direkte Strahlungsreflexionsgrad (siehe 5.4.4);

α_e der direkte Strahlungsabsorptionsgrad (siehe 5.4.5).



$$\rho_e = 0,38$$

$$q_e = 0,17$$

$$\tau_e = 0,41$$

$$\frac{q_i = 0,04}{g = 0,45}$$

Bild 3 — Beispiel für die Darstellung der Aufteilung der Strahlungsleistung

Zwischen den drei Anteilen besteht der folgende Zusammenhang:

$$\tau_e + \rho_e + \alpha_e = 1 \quad (8)$$

Der absorbierte Anteil $\alpha_e \phi_e$ wird weiterhin in die Anteile $q_i \phi_e$ und $q_e \phi_e$ aufgespalten. Das sind die Energieanteile, die nach innen bzw. außen abgegeben werden:

$$\alpha_e = q_i + q_e \quad (9)$$

Dabei ist

q_i der sekundäre Wärmeabgabegrad der Verglasung nach innen;

q_e der sekundäre Wärmeabgabegrad der Verglasung nach außen.

5.4.3 Direkter Strahlungstransmissionsgrad

Der direkte Strahlungstransmissionsgrad τ_e der Verglasung wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\tau_e = \frac{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \tau(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (10)$$

Dabei ist

S_{λ} die relative spektrale Verteilung der Sonnenstrahlung (siehe Tabelle 2);

$\tau(\lambda)$ der spektrale Transmissionsgrad der Verglasung;

$\Delta\lambda$ das Wellenlängenintervall.

Bei Mehrfachverglasungen wird der spektrale Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ nach 5.2 berechnet.

Die relative spektrale Verteilung, S_λ , die für die Berechnung des direkten Strahlungstransmissionsgrads benötigt wird, ist aus D.3 abzuleiten.

Die entsprechenden Werte $S_\lambda \Delta\lambda$ sind in Tabelle 2 angegeben. Die Tabelle ist so aufgestellt worden, dass $\sum S_\lambda \Delta\lambda = 1$ ist.

ANMERKUNG Abweichend von den tatsächlichen Verhältnissen wird stets vereinfachend angenommen, dass die Spektralverteilung der Sonnenstrahlung (siehe Tabelle 2) unabhängig vom Sonnenstand und den atmosphärischen Bedingungen (z. B. Staub, Dunst, Wasserdampfgehalt) ist und dass die Sonnenstrahlung gerichtet und nahezu senkrecht auf die Verglasung auftrifft. Die dabei entstehenden Fehler sind sehr gering.

5.4.4 Direkter Strahlungsreflexionsgrad

Der direkte Strahlungsreflexionsgrad ρ_e der Verglasung wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_\lambda \rho(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_\lambda \Delta\lambda} \quad (11)$$

Dabei ist

S_λ die relative spektrale Verteilung der Sonnenstrahlung (siehe Tabelle 2);

$\rho(\lambda)$ der spektrale Reflexionsgrad der Verglasung;

$\Delta\lambda$ das Wellenlängenintervall.

Bei Mehrfachverglasungen wird der spektrale Reflexionsgrad $\rho(\lambda)$ nach 5.3 berechnet.

5.4.5 Direkter Strahlungsabsorptionsgrad

Der direkte Strahlungsabsorptionsgrad α_e wird nach Gleichung (8) in 5.4.2 berechnet.

5.4.6 Sekundärer Wärmeabgabegrad nach innen

5.4.6.1 Randbedingungen

Für die Berechnung des sekundären Wärmeabgabegrades nach innen, q_i , werden die Wärmeübergangskoeffizienten nach außen, h_e , und nach innen, h_i , benötigt. Diese Werte sind im Wesentlichen abhängig von der Lage der Verglasung, der Windgeschwindigkeit, den Innen- und Außentemperaturen und außerdem von den Temperaturen der beiden äußeren Glasoberflächen.

Da es Zielsetzung dieser Norm ist, grundlegende Informationen über die Eigenschaften der Verglasung zu geben, wurden aus Gründen der Vereinfachung übliche Randbedingungen festgelegt:

- a) Lage der Verglasung: senkrecht;
- b) äußere Oberfläche: Windgeschwindigkeit etwa 4 m/s, korrigierter Emissionsgrad = 0,837;

- c) innere Oberfläche: natürliche Konvektion, Emissionsgrad wählbar;
- d) Luftzwischenräume sind nicht belüftet.

Mit diesen vereinbarten durchschnittlichen Bedingungen werden für h_e und h_i Durchschnittswerte erhalten:

$$h_e = 25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$h_i = 3,6 + \frac{4,1 \varepsilon_i}{0,837} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Dabei ist

ε_i der korrigierte Emissionsgrad der inneren Oberfläche.

Für unbeschichtetes Kalk-Natronsilicat-Glas und Borosilicatglas ist $\varepsilon_i = 0,837$ und $h_i = 7,7 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Der korrigierte Emissionsgrad wird nach EN 12898 definiert und gemessen.

ANMERKUNG Niedrigere Werte als 0,837 für ε_i (aufgrund von Oberflächenbeschichtungen mit höherem Reflexionsgrad im fernen Infrarot) werden nur dann bei der Berechnung berücksichtigt, wenn Bildung von Kondensat auf der beschichteten Scheibenoberfläche ausgeschlossen werden kann.

5.4.6.2 Einfachverglasung

Der sekundäre Wärmeabgabegrad einer Einfachverglasung nach innen, q_i , wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$q_i = \alpha_e \frac{h_i}{h_e + h_i} \quad (12)$$

Dabei ist

α_e der solare Absorptionsgrad nach 5.4.5;

h_e und h_i die Wärmeübergangskoeffizienten nach außen bzw. innen nach 5.4.6.1.

5.4.6.3 Doppelverglasung

Der sekundäre Wärmeabgabegrad einer Doppelverglasung nach innen, q_i , wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$q_i = \frac{\left[\frac{\alpha_{e1} + \alpha_{e2}}{h_e} + \frac{\alpha_{e2}}{\Lambda} \right]}{\left[\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{\Lambda} \right]} \quad (13)$$

Dabei ist

h_e und h_i die Wärmeübergangskoeffizienten nach außen bzw. innen nach 5.4.6.1;

α_{e1} der direkte Strahlungsabsorptionsgrad der äußeren Scheibe in der Doppelverglasung;

α_{e2} der direkte Strahlungsabsorptionsgrad der zweiten Scheibe in der Doppelverglasung;

Λ der Wärmedurchlasskoeffizient zwischen der äußeren Oberfläche und der innersten Oberfläche der Doppelverglasung (siehe Bild 4).

α_{e1} und α_{e2} werden wie folgt berechnet:

$$\alpha_{e1} = \frac{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2500\text{ nm}} S_{\lambda} \left\{ \alpha_1(\lambda) + \frac{\alpha'_1(\lambda)\tau_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)} \right\} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2500\text{ nm}} S_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (14)$$

$$\alpha_{e2} = \frac{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2500\text{ nm}} S_{\lambda} \left\{ \frac{\alpha_2(\lambda)\tau_1(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)} \right\} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2500\text{ nm}} S_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (15)$$

Dabei ist

$\alpha_1(\lambda)$ der direkte Strahlungsabsorptionsgrad der äußeren Scheibe, gemessen in Richtung der auftreffenden Strahlung und nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\alpha_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1(\lambda) \quad (16)$$

$\alpha'_1(\lambda)$ der direkte spektrale Absorptionsgrad der äußeren Scheibe, gemessen gegen die Richtung der auftreffenden Strahlung und nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\alpha'_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho'_1(\lambda) \quad (17)$$

$\alpha_2(\lambda)$ der direkte spektrale Absorptionsgrad der zweiten Scheibe, gemessen in Richtung der auftreffenden Strahlung und nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\alpha_2(\lambda) = 1 - \tau_2(\lambda) - \rho_2(\lambda) \quad (18)$$

S_{λ} und $\Delta\lambda$ wie in 5.4.3 angegeben;

$\tau_1(\lambda)$, $\rho_2(\lambda)$ und $\rho'_1(\lambda)$ wie in 5.2 angegeben.

Der Wärmedurchlasskoeffizient Λ wird nach dem Berechnungsverfahren nach EN 673 bestimmt, soweit möglich, oder durch Messung nach EN 674 oder EN 675.

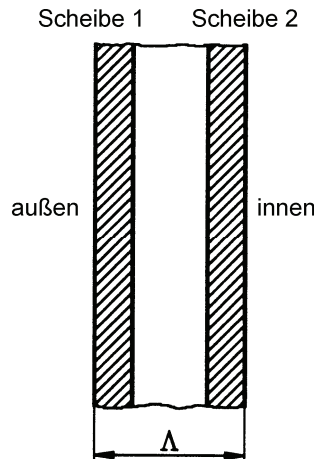


Bild 4 — Darstellung der Bedeutung des Wärmedurchlasskoeffizienten Λ

5.4.6.4 Dreifachverglasung

Der sekundäre Wärmeabgabegrad einer Dreifachverglasung nach innen, q_i , wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$q_i = \frac{\left[\frac{\alpha_{e3}}{\Lambda_{23}} + \frac{\alpha_{e3} + \alpha_{e2}}{\Lambda_{12}} + \frac{\alpha_{e3} + \alpha_{e2} + \alpha_{e1}}{h_e} \right]}{\left[\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{\Lambda_{12}} + \frac{1}{\Lambda_{23}} \right]} \quad (19)$$

Dabei ist

- α_{e1} der direkte Strahlungsabsorptionsgrad der äußeren Scheibe in der Dreifachverglasung;
- α_{e2} der direkte Strahlungsabsorptionsgrad der zweiten Scheibe in der Dreifachverglasung;
- α_{e3} der direkte Strahlungsabsorptionsgrad der dritten Scheibe in der Dreifachverglasung;
- h_e und h_i die Wärmeübergangskoeffizienten nach außen bzw. innen nach 5.4.6.1;
- Λ_{12} der Wärmedurchlasskoeffizient zwischen der äußeren Oberfläche der ersten Scheibe und der Mittellinie der zweiten Scheibe (siehe Bild 5);
- Λ_{23} der Wärmedurchlasskoeffizient zwischen der Mittellinie der zweiten Scheibe und der innersten Oberfläche der dritten Scheibe (siehe Bild 5).