

DIN EN 13947**DIN**

ICS 91.060.10; 91.120.10

Ersatz für
DIN EN 13947:2007-03**Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden –
Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten;
Deutsche Fassung EN 13947:2006**

Thermal performance of curtain walling –
Calculation of thermal transmittance;
German version EN 13947:2006

Performances thermiques des façades légères –
Calcul du coefficient de transmission thermique;
Version allemande EN 13947:2006

Gesamtumfang 56 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm EN 13947:2006 ist vom Technischen Komitee CEN/TC 89 (Sekretariat: SIS, Schweden) in der Arbeitsgruppe WG 7 unter deutscher Mitwirkung erarbeitet worden. Das Sekretariat von CEN/TC 89/WG 7 wird von Deutschland geführt. Der für die CEN/TC 89/WG 7 zuständige Arbeitsausschuss im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist der als Spiegelausschuss eingesetzte NA 005-56-97 AA „Transparente Bauteile“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13947:2007-03 wurden folgende Berichtigungen vorgenommen:

- a) in Tabelle B.1 wurde „Aluminium, Holz“ durch „Holz-Aluminium“ ersetzt;
- b) in Tabelle B.2 wurde „Aluminium, Holz“ durch „Holz-Aluminium“ ersetzt;
- c) in Tabelle B.2 wurde in der Zeile „Holz-Aluminium“ $\psi = 0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ durch $\psi = 0,08 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ersetzt;
- d) in Tabelle B.3 wurde in der Zeile „Holz oder PVC“ $\psi = 0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ durch $\psi = 0,08 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ersetzt;
- e) in Tabelle B.4 wurde in der Zeile „Holz oder PVC“ $\psi = 0,6 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ durch $\psi = 0,06 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ersetzt;
- f) in der Legende zu Bild E.3 wurde „Abstandshalter mit $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ “ durch „Abstandshalter mit $\lambda = 0,4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ “ ersetzt;
- g) editorielle Korrekturen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13947: 2007-03

Deutsche Fassung

**Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden —
Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten**

Thermal performance of curtain walling —
Calculation of thermal transmittance

Performances thermiques des façades légères —
Calcul du coefficient de transmission thermique

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. November 2006 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 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, 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: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe, Symbole und Einheiten	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole und Einheiten	8
3.3 Tiefgestellte Indizes.....	9
3.4 Hochgestellte Indizes	9
4 Geometrische Merkmale	9
4.1 Hauptmerkmale.....	9
4.2 Abgewinkelte Fläche und raumseitige Tiefe	12
4.3 Grenzen von Vorhangfassaden.....	12
4.3.1 Allgemeines.....	12
4.3.2 Grenzen eines repräsentativen Bezugs-elementes.....	13
4.3.3 Flächen von Vorhangfassaden.....	14
5 Schnittebenen und Unterteilung in Wärmezonen	15
5.1 Regeln für die thermische Modellierung	15
5.2 Schnittebenen im geometrischen Modell.....	15
6 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Vorhangfassaden.....	16
6.1 Verfahren	16
6.2 Vereinfachtes Beurteilungsverfahren.....	17
6.2.1 Wärmedurchgangskoeffizient von Verglasungen und Paneelen (Füllungen).....	17
6.2.2 Bestimmung des Wärmestroms durch den Verbindungsbereich Füllung/Pfosten oder Riegel/Füllung	17
6.2.3 Bestimmung des Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizienten einer Vorhangfassade (U_{CW})	22
6.3 Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten	23
6.3.1 Allgemeines.....	23
6.3.2 Definition der Flächen	23
6.3.3 Wärmedurchgangskoeffizient von Verglasungen und Paneelen (Füllungen).....	26
6.3.4 Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmen, Pfosten/Riegeln	26
6.3.5 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	27
6.4 Wärmedurchgangskoeffizient einer Vorhangfassade aus unterschiedlichen Elementen.....	28
7 Eingabedaten	29
8 Bericht.....	29
8.1 Querschnittszeichnungen.....	29
8.2 Gesamtzeichnung des Vorhangfassadenelementes.....	30
8.3 Werte für die Berechnung	30
8.4 Darstellung der Ergebnisse	30
Anhang A (informativ) Leitlinie zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_{CW} von Vorhangfassaden beider Verfahren	31
Anhang B (informativ) Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient des Verbindungsbereiches	32
Anhang C (normativ) Verfahren zur Berechnung des wärmetechnischen Einflusses von Schrauben unter Anwendung eines zweidimensionalen numerischen Verfahrens und der Verfahren nach EN ISO 10077-2	40
C.1 Allgemeines.....	40
C.2 Berechnung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit einer Schraube $\lambda_{s,eq}$	41
C.3 Berücksichtigung von Schraubenköpfen und Unterlegscheiben	41

Anhang D (normativ) Belüftete und ruhende Lufträume	42
Anhang E (informativ) Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten: Beispiel für die Berechnung.....	45
E.1 Daten für die Beispiele.....	45
E.2 Rahmen.....	47
E.2.1 Definition und Beurteilung von Flächen	47
E.2.2 Beurteilung der Werte für U_f	48
E.3 Verglasungen.....	48
E.3.1 Definition und Beurteilung der Flächen	48
E.3.2 Bewertung der Werte für U_g	48
E.3.3 Definition von l_g und Beurteilung der Werte für ψ_g und $\psi_{m,f}$ und $\psi_{t,f}$	48
E.4 Paneele	49
E.4.1 Definition und Beurteilung der Flächen	49
E.4.2 Beurteilung der Werte für U_p	49
E.4.3 Definition von l_p und Beurteilung der Werte für ψ_p	49
E.4.4 Berechnung eines ganzen Elementes.....	50
Anhang F (informativ) Vereinfachtes Beurteilungsverfahren: Beispiel für die Berechnung	51
F.1 Allgemeine Beschreibung der Beispiele.....	51
F.2 Auf den Mittenbereich der Verglasung bezogener U-Wert	52
F.3 Auf den Mittenbereich der Fensterbrüstung bezogener U-Wert	52
F.4 U-Werte von Anschlüssen.....	52
F.5 Gesamt-U-Wert der Vorhangfassade.....	53
Literaturhinweise.....	54

Bilder

Bild 1 — Prinzipdarstellung einer Vorhangfassade: Elementbauweise	10
Bild 2 — Prinzipdarstellung einer Vorhangfassade: Pfosten-Riegel-Konstruktion.....	11
Bild 3 — Raumseitig und außenseitig abgewinkelte Fläche, raumseitige Tiefe	12
Bild 4 — Grenzen eines repräsentativen Bezugselementes einer Fassade.....	13
Bild 5 — Flächen mit unterschiedlichen wärmetechnischen Eigenschaften.....	14
Bild 6 — Wärmetechnischer Abschnitt, stellvertretend für die gesamte Vorhangfassade	17
Bild 7a — Darstellung der Bereiche für die Vorgehensweise mit U_{TJ} (Beispiel: Verglasung, Pfosten, Paneel)	19
Bild 7b — Darstellung der Bereiche für die Vorgehensweise mit ψ_{TJ} (Beispiel: Verglasung, Pfosten, Paneel)	20
Bild 8 — Beispiel 1: Vorhangfassade in Rahmenbauweise	21
Bild 9 — Beispiel 2: SG-Verglasung mit Silikonverklebung	21
Bild 10 — Beispiel 3: SG-Verglasung	22
Bild 11 — Beispiel 4: Hinterlüftete Fassade	22
Bild 12 — Darstellung der verglasten Fläche und der Umfangslänge.....	24
Bild 13 — Darstellung der verschiedenen Flächenanteile von Pfosten und Riegeln sowie von Paneelen und Verglasungen.....	25
Bild 14 — Darstellung der verschiedenen Flächenanteile von beweglichen und feststehenden Rahmen und von Verglasungen	26
Bild 15 — Darstellung eines in einen Riegel oder Pfosten integrierten Fensters	28
Bild B.1 — Definition der wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter für Verglasungen	35
Bild B.2 — Paneel Typ 1.....	36
Bild B.3 — Paneel Typ 2.....	36
Bild B.4 — Randbedingungen für die Berechnung von U_f für direkt in die Fassade eingebaute Rahmenprofile (Pfosten-Rahmen-Verbindungsgebiete Typ C und Typ D).....	39
Bild C.1 — Beurteilung des wärmetechnischen Einflusses von Schrauben unter Anwendung einer zweidimensionalen numerischen Berechnung	40
Bild D.1 — Beispiel: Berechnung des Ucw Wertes für eine Doppelfassade.....	44

	Seite
Bild E.1 — Element einer Vorhangsfassade, von außen betrachtet.....	45
Bild E.2 — Detail einer Verglasung	46
Bild E.3 — Detail eines Paneels	46
Bild E.4 — Definition der Flächen	47
Bild F.1 — Geometrie des Fassadenmoduls.....	51
 Tabellen	
Tabelle 1 — Symbole und Einheiten	8
Tabelle 2 — ΔU -Werte für Pfosten und Riegel in Bezug auf Verbindungsmittel aus nichtrostendem Stahl	27
Tabelle 3 — Herkunft der Eingabedaten.....	29
Tabelle A.1 — Zusammenfassung der Verfahren zur Bestimmung des U_{cw} -Wertes von Vorhangfassaden	31
Tabelle B.1 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{m,g}$ und $\Psi_{t,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für übliche Abstandhalter (z. B. aus Aluminium oder Stahl, mit Trocknungsmittel gefüllt) für Verglasungen, die in Pfosten/Riegel eingebaut sind.....	32
Tabelle B.2 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{m,g}$ und $\Psi_{t,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter für Verglasungen, die in Pfosten/Riegel eingebaut sind.....	33
Tabelle B.3 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{t,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für übliche Abstandhalter (z. B. aus Aluminium oder Stahl, mit Trocknungsmittel gefüllt) für Verglasungen, die in Rahmen eingebaut sind	33
Tabelle B.4 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{t,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter für Verglasungen, die in Rahmen eingebaut sind	34
Tabelle B.5 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für Abstandhalter für Paneele.....	35
Tabelle B.6 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für den Verbindungsbereich von Pfosten/Riegel und Rahmen Aluminium- und Stahlprofile	37
Tabelle B.7 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für den Verbindungsbereich von Pfosten/Riegel und Rahmen Profile aus Holz sowie aus Holz und Aluminium	38
Tabelle D.1 — Wärmedurchlasswiderstand R_s von ruhenden Luftschichten in $(m^2 \cdot K/W)$: Oberflächen mit hohem Emissionsgrad	42
Tabelle E.1 — Darstellung der Werte für das Berechnungsbeispiel	50
Tabelle F.1 — Maße des Paneels.....	52
Tabelle F.2 — U-Werte von Anschlüssen	53
Tabelle F.3 — Gesamt-U-Wert der Vorhangsfassade.....	53

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13947:2006) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2007 zurückgezogen werden.

Diese Norm ist Teil einer Reihe von Normen über Berechnungsverfahren zur Festlegung und Beurteilung des wärmetechnischen Verhaltens von Gebäuden und Bauteilen.

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

Einleitung

Die Bemessung und der Bau von Vorhangfassaden sind komplexe Vorgänge. In dieser Norm wird ein Verfahren zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Vorhangfassaden festgelegt.

Vorhangfassaden bestehen oft aus verschiedenen Materialien, die auf unterschiedliche Weise miteinander verbunden sind und zahlreiche geometrische Formen aufweisen können. In derart komplexen Konstruktionen ist die Wahrscheinlichkeit relativ hoch, dass Wärmebrücken innerhalb der Gebäudehülle entstehen.

Die Ergebnisse von Berechnungen, die mit den in dieser Norm festgelegten Verfahren durchgeführt werden, können benutzt werden, um den Wärmedurchgangskoeffizienten verschiedener Arten von Vorhangfassaden miteinander zu vergleichen; sie können aber auch als Teil der Eingabedaten für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden dienen. Diese Norm darf nicht dazu angewendet werden, die Wahrscheinlichkeit der Kondenswasserbildung auf den Oberflächen des Bauwerks oder innerhalb des Bauwerkes zu bestimmen.

Es werden unterschiedliche Verfahren in dieser Norm gegeben:

- Vereinfachtes Beurteilungsverfahren (siehe 6.2);
- Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten (siehe 6.3);

Eine Einleitung zur Anwendung dieser Verfahren ist im Anhang A gegeben. Berechnungsbeispiele für diese beiden Verfahren sind in den Anhängen E und F gegeben.

Die Prüfung nach EN ISO 12567-1 ist eine Alternative zu diesem Berechnungsverfahren.

Die Berechnung der thermischen Wirkungen der Anschlüsse zwischen Vorhangfassade und Tragwerk sowie der dazu verwendeten Verbindungsmittel kann nach prEN ISO 10211 erfolgen.

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Rahmens U_f wird nach EN ISO 10077-2 oder EN 12412-2 in Verbindung mit Anhang A definiert. Der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung U_g , der die Randeinflüsse nicht berücksichtigt, wird nach EN 673, EN 674 oder EN 675 definiert. Die thermische Wechselwirkung zwischen Rahmen und Füllung wird im längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ , der mit den in EN ISO 10077-2 festgelegten Verfahren abgeleitet wird, berücksichtigt.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein Verfahren zur Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Vorhangfassaden fest, die aus verglasten und/oder opaken Paneelen, die in Rahmen eingebaut werden oder mit Rahmen verbunden sind, bestehen.

Die Berechnung umfasst

- unterschiedliche Verglasungsarten, z. B. aus Glas oder Kunststoff, einfache und mehrfache Verglasungen, Verglasungen mit oder ohne Beschichtungen mit niedrigem Emissionsgrad sowie Verglasungen mit einem Zwischenraum, der mit Luft oder anderen Gasen gefüllt ist;
- Rahmen (aus einem beliebigen Material), mit oder ohne wärmetechnische Trennung;
- verschiedene Arten von opaken Paneelen, die mit Metall, Glas, Keramik oder einem anderen Material verkleidet sind.

Die Berechnung berücksichtigt den Einfluss von Wärmebrücken am Falz oder an der Fuge zwischen der verglasten Fläche, dem Rahmen und dem Paneel.

Folgende Faktoren werden in der Berechnung nicht berücksichtigt:

- Einflüsse aus der Sonneneinstrahlung;
- Wärmeübertragung durch Luftdurchlässigkeit;
- Tauverhalten;
- Einfluss von Abschlüssen;
- zusätzliche Wärmeübertragung an den Ecken und Kanten der Vorhangfassade;
- Verbindungen mit dem Tragwerk und die dazu verwendeten Verbindungsmittel;
- Vorhangfassaden mit eingebauter Heizung.

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 673:1997, *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 12412-2, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens — Teil 2: Rahmen*

prEN ISO 6946:2005, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren (ISO/DIS 6946:2005)*

EN ISO 7345:1995, *Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987)*

EN ISO 10077-1:2006, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 1: Vereinfachtes Verfahren (ISO/DIS 10077-1:2006)*

EN ISO 10077-2:2003, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen (ISO 10077-2:2003)*

prEN ISO 10211, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Detaillierte Berechnungen (ISO/DIS 10211:2005)*

EN ISO 12567-1, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens — Teil 1: Komplett Fenster und Türen (ISO 12567-1:2000)*

3 Begriffe, Symbole und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 673:1997, EN ISO 7345:1995, prEN ISO 6946:2005.

ANMERKUNG Abschnitt 4 enthält Beschreibungen einer Reihe von geometrischen Kenngrößen von Verglasungen, Rahmenteilern und Paneelen.

3.2 Symbole und Einheiten

Tabelle 1 — Symbole und Einheiten

Symbol	Größe	Einheit
A	Fläche	m^2
T	thermodynamische Temperatur	K
U	Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
l	Länge	m
d	Tiefe	m
Φ	Wärmestrom	W
Ψ	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m \cdot K)$
Δ	Differenz	
Σ	Summe	
ε	Emissionsgrad	

3.3 Tiefgestellte Indizes

cw	Vorhangfassade
d	abgewickelt
e	außenseitig
eq	äquivalent
f	Rahmen
f,g	Rahmen/Verglasung
FE	Füllung
g	Verglasung
i	raumseitig
j	Anschluss
m	Pfosten
m,f	Pfosten/Rahmen
m,g	Pfosten/Verglasung
n	normal
p	(opakes) Paneel
s	Schrauben
t	Riegel
t,f	Riegel / Verglasung
t,g	Riegel/Verglasung
tot	Gesamt...
TJ	Fuge zwischen zwei Füllungen
W	Fenster

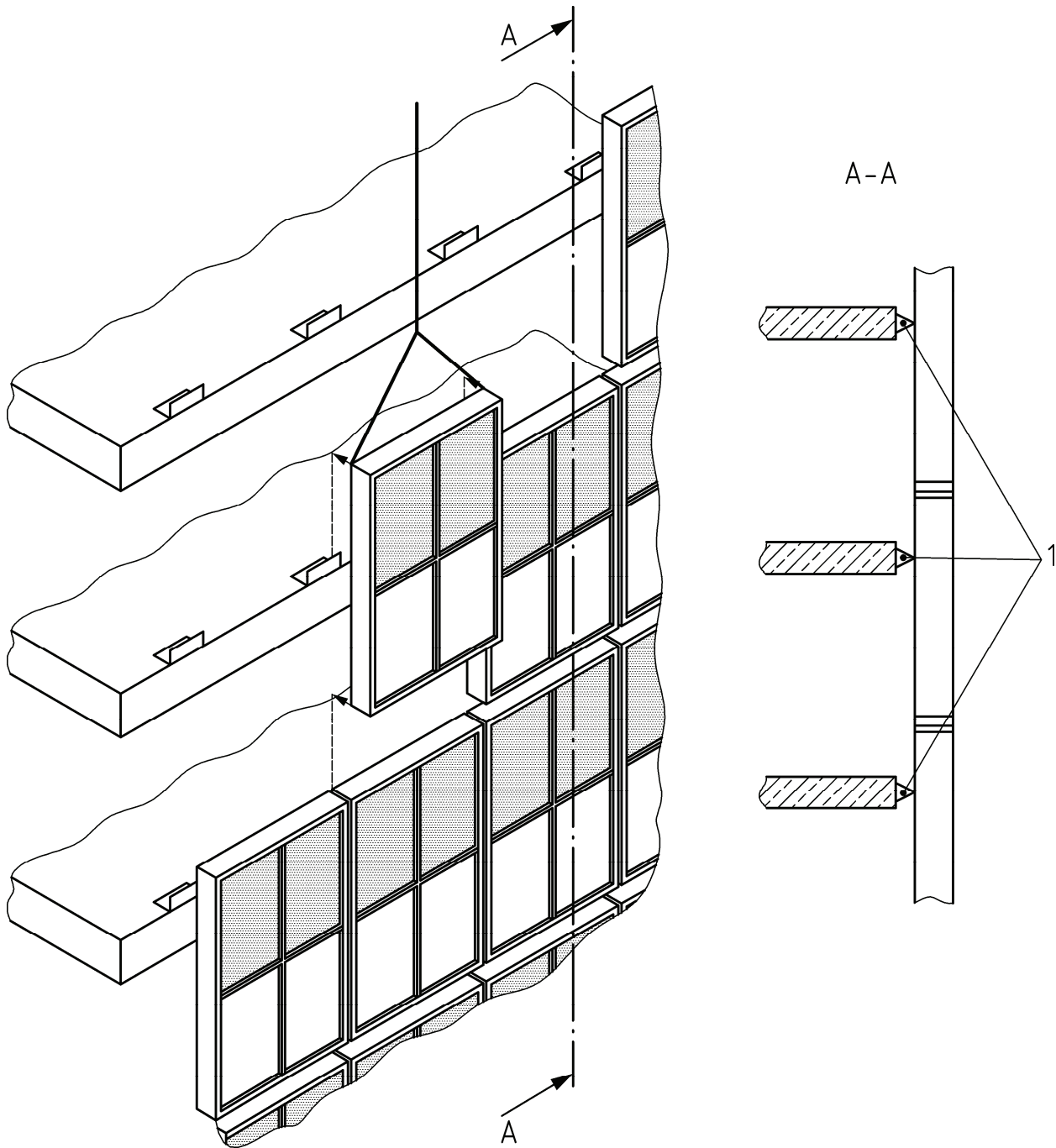
3.4 Hochgestellte Indizes

* Definition der Flächen für die Vorgehensweise mit Ψ_{joint} (siehe 6.2.2.3)

4 Geometrische Merkmale

4.1 Hauptmerkmale

Die Hauptmerkmale von Vorhangfassaden sind in den Bildern 1 und 2 dargestellt.

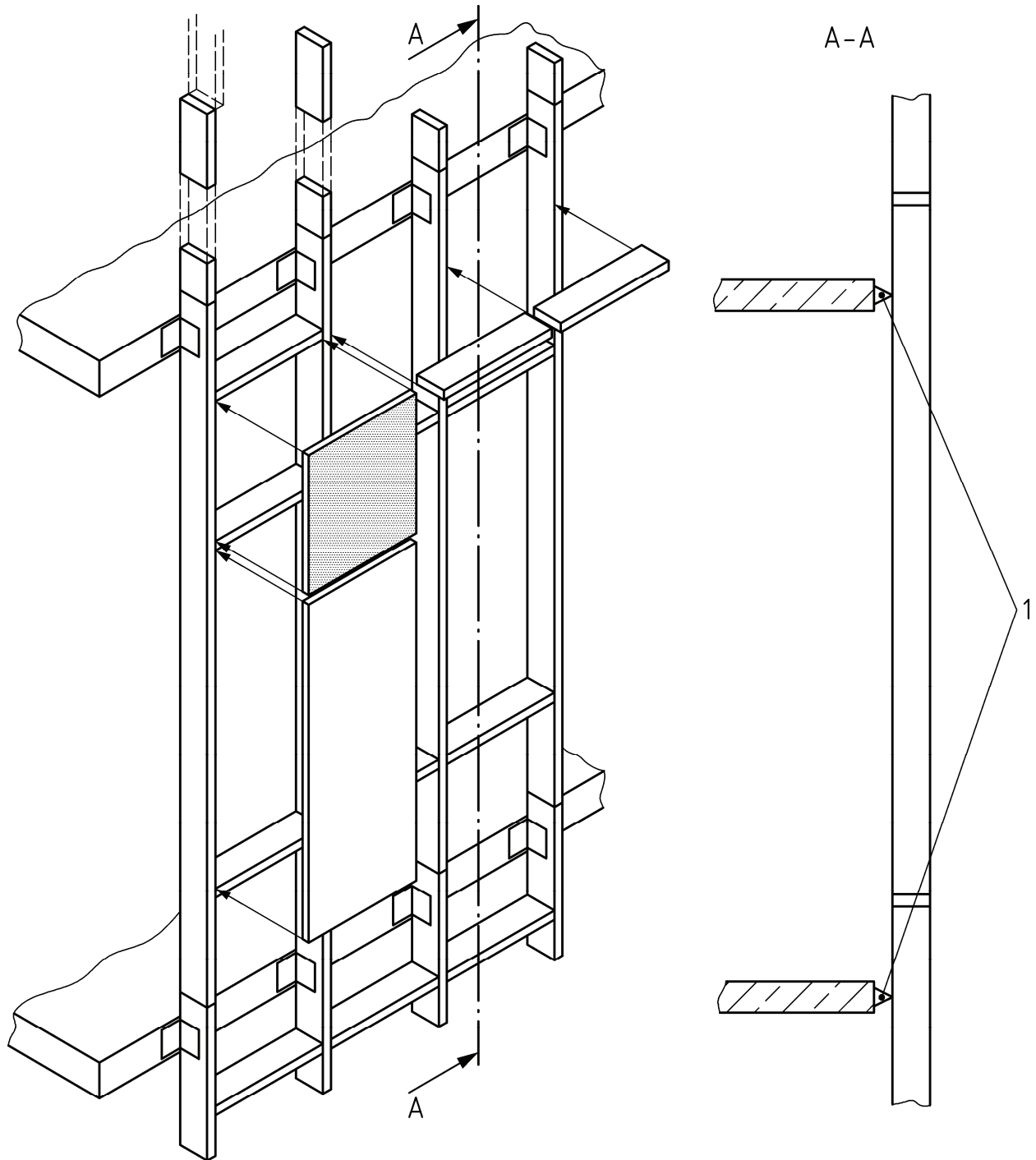


Legende

1 Befestigungskonsole

A-A Vertikaler Schnitt

Bild 1 — Prinzipdarstellung einer Vorhangfassade: Elementbauweise



Legende

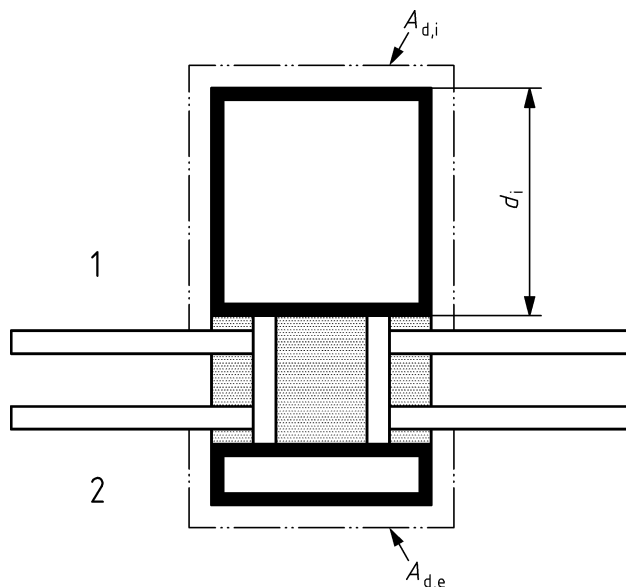
1 Befestigungskonsole

A-A Vertikaler Schnitt

Bild 2 — Prinzipdarstellung einer Vorhangfassade: Pfosten-Riegel-Konstruktion

4.2 Abgewinkelte Fläche und raumseitige Tiefe

Raumseitig und außenseitig abgewinkelte Flächen sowie die raumseitige Tiefe sind nach Bild 3 definiert.



Legende

- 1 raumseitig
2 außenseitig

d_i raumseitige Tiefe eines Pfosten oder eines Riegels

$A_{d,i}$ raumseitig abgewinkelte Fläche

$A_{d,e}$ außenseitig abgewinkelte Fläche

Bild 3 — Raumseitig und außenseitig abgewinkelte Fläche, raumseitige Tiefe

4.3 Grenzen von Vorhangfassaden

4.3.1 Allgemeines

Für die Beurteilung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Vorhangfassaden sollten repräsentative Bezugsflächen definiert werden. Die verschiedenen Flächen sind in den nachstehenden Abschnitten definiert.

4.3.2 Grenzen eines repräsentativen Bezugselementes

Die Grenzen des repräsentativen Bezugselementes sind in Übereinstimmung mit den in Bild 4 dargestellten Grundlagen zu wählen.

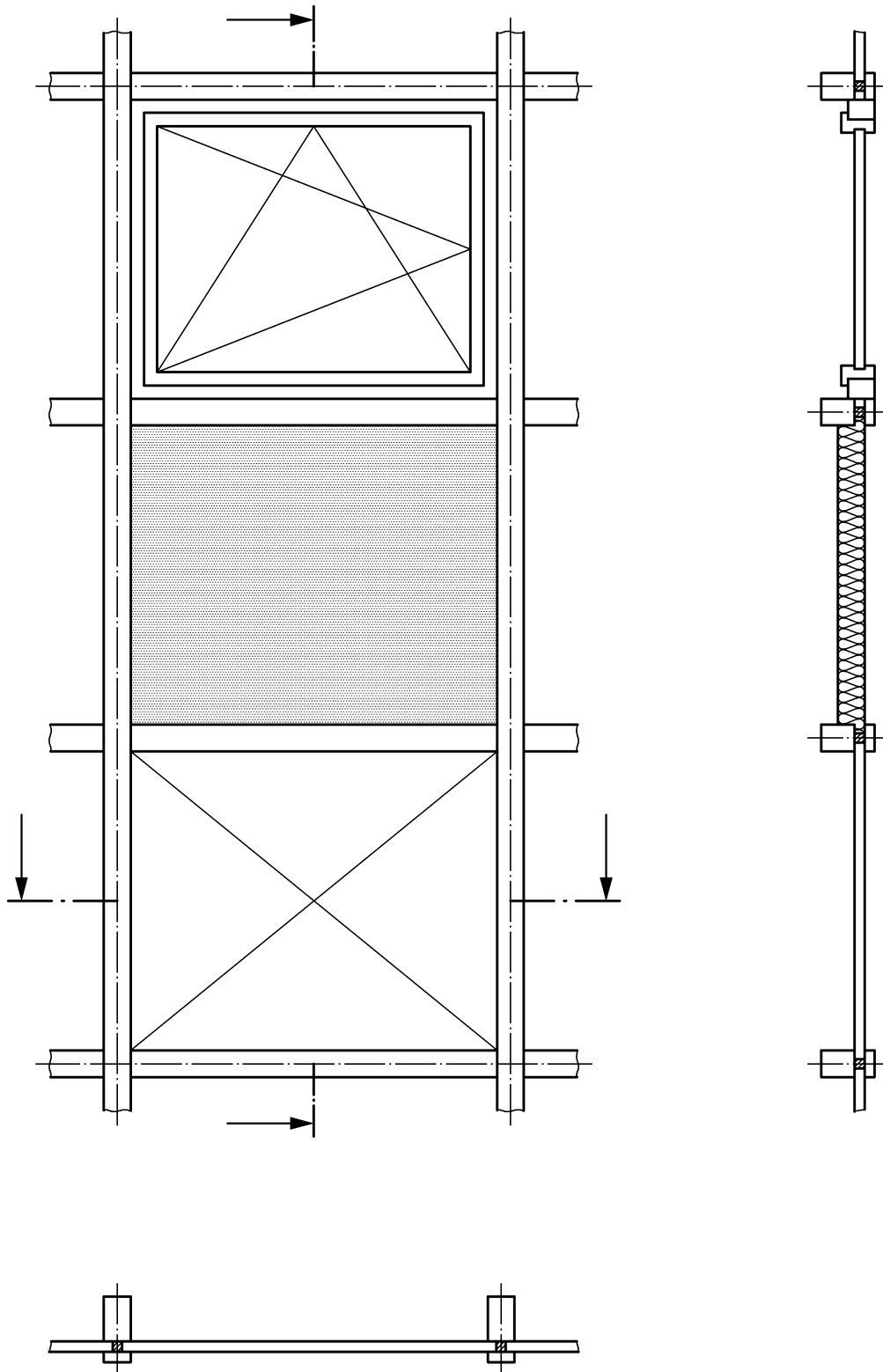
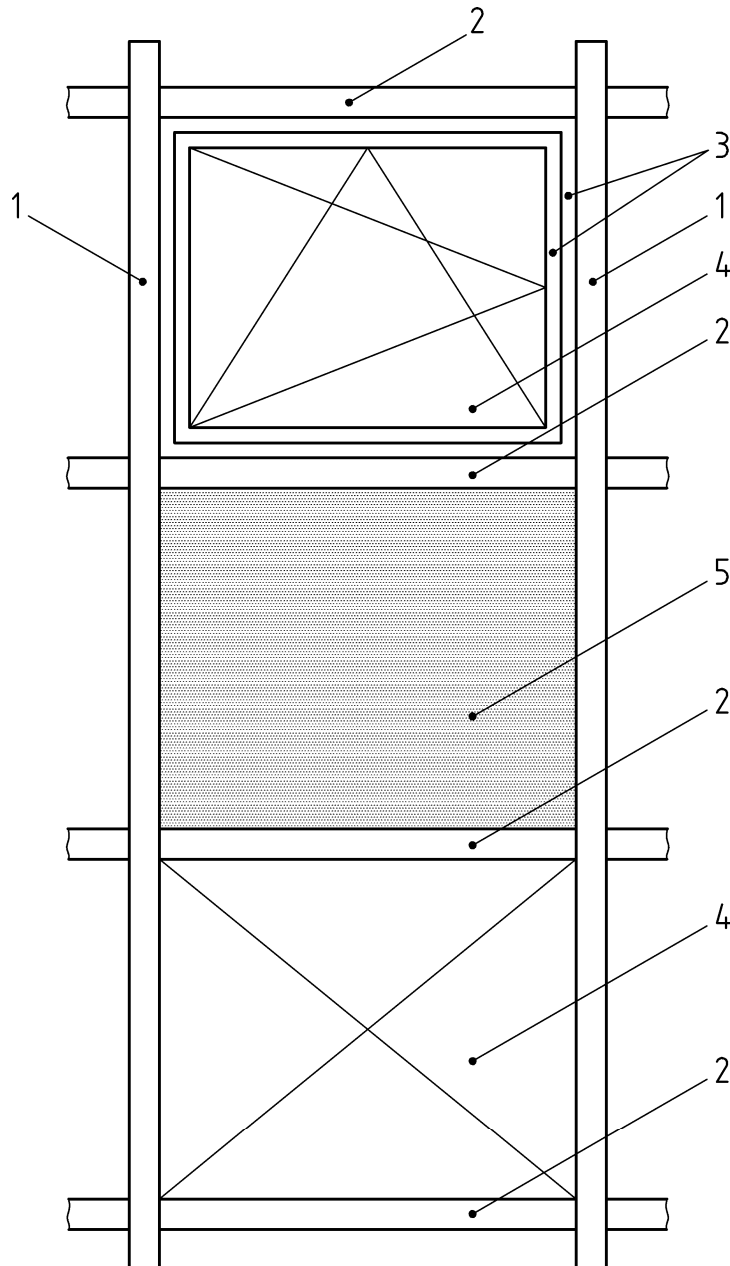


Bild 4 — Grenzen eines repräsentativen Bezugselementes einer Fassade

4.3.3 Flächen von Vorhangfassaden

Das repräsentative Bezugselement wird in Flächen mit unterschiedlichen wärmetechnischen Eigenschaften (feststehender und beweglicher Rahmen, Pfosten, Riegel, Verglasung und Paneele) unterteilt (siehe Bild 5).



Legende

- 1 Pfosten
- 2 Riegel
- 3 feststehender und beweglicher Rahmen
- 4 Verglasung
- 5 Paneel

Bild 5 — Flächen mit unterschiedlichen wärmetechnischen Eigenschaften

5 Schnittebenen und Unterteilung in Wärmezonen

5.1 Regeln für die thermische Modellierung

In den meisten Fällen ist es möglich, die Fassade durch die Anwendung von Schnittebenen in mehrere Bereiche zu unterteilen, damit der Wärmedurchgangskoeffizient der gesamten Fassade anschließend als der flächengewichtete Mittelwert aus den Werten für den Wärmedurchgangskoeffizienten für jeden Bereich berechnet werden kann. Die erforderlichen Eingabedaten (d.h. die wärmetechnischen Eigenschaften für jeden Bereich) können durch Messung, zweidimensionale Finite-Element- oder Finite-Differenzen-Berechnungen mit der entsprechenden Software oder durch Tabellen und Graphiken beurteilt werden. Im Allgemeinen gibt es zwei Möglichkeiten:

- das vereinfachte Beurteilungsverfahren (siehe 6.2);
- das Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten.(siehe 6.3).

Die Unterteilung der Fassade ist in der Weise vorzunehmen, dass bedeutende Unterschiede zwischen den Berechnungsergebnissen für eine als Ganzes behandelte Fassade und dem Wärmestrom durch die unterteilte Fassade vermieden werden. Eine geeignete Unterteilung in mehrere geometrische Bereiche wird durch die Wahl passender Schnittebenen erzielt.

5.2 Schnittebenen im geometrischen Modell

Das geometrische Modell umfasst die zentralen Elemente (Verglasungen, Fensterbrüstungen usw.) und die Anschlüsse (Pfosten, Riegel, Silikonfugen usw.), die die verschiedenen zentralen Elemente miteinander verbinden. Das geometrische Modell wird durch Schnittebenen begrenzt.

Vorhangfassaden enthalten häufig Elemente mit hoher Wärmeleitfähigkeit (Glas und Metalle), so dass ein erheblicher seitlicher Wärmestrom entstehen kann. Die Schnittebenen sollten adiabatische Grenzen darstellen. Diese können entweder

- Symmetrieebenen oder
- Ebenen, in denen der Wärmestrom durch diese Ebene rechtwinklig zur Ebene der Vorhangfassade verlaufen, d.h. es sind keine Randeinflüsse vorhanden (z. B. mit einem Abstand von mindestens 190 mm zum Rand eines Fensters mit Doppelverglasung),

sein.

Die Schnittebenen dürfen nur dort angeordnet werden, wo ein adiabatischer Zustand eindeutig vorhanden ist (d. h. der Wärmestrom verläuft rechtwinklig zur Ebene). In Bild 6 sind adiabatische Linien (in der Mitte vom Glas bzw. Paneel mit ausreichendem Abstand zum Rahmen) dargestellt; der Wärmestrom verläuft rechtwinklig zu den Glasscheiben.

Die Schnittebenen entsprechen nicht notwendigerweise den geometrischen Grenzen der Elemente (z. B. Rahmen). Es kann sein, dass die Mitte eines Rahmens keine adiabatische Grenze darstellt. Dies könnte auf die asymmetrische geometrische Form des Rahmens, asymmetrische Materialeigenschaften (z. B. Bauteile unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit an beiden Seiten des Rahmens) oder den asymmetrischen Anschluss der Paneele in einem symmetrischen Rahmen (z. B. ein Rahmen, der eine Fensterbrüstung und eine Verglasung oder zwei Verglasungen mit unterschiedlichen thermischen Eigenschaften miteinander verbindet) zurückzuführen sein.

6 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Vorhangfassaden

6.1 Verfahren

Es werden zwei Verfahren zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Vorhangfassaden festgelegt: das vereinfachte Beurteilungsverfahren und das Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten.

Das vereinfachte Verfahren (siehe 6.2) beruht auf detaillierten Computerberechnungen der Wärmeübertragung durch eine gesamte Konstruktion einschließlich Pfosten, Riegel und Füllungen (z. B. zwischen der Verglasung und einem opaken Paneel). Der Wärmestrom (zwischen zwei adiabatischen Linien) wird durch Modellierung der Fugen zwischen zwei Füllungen (zwischen einem opaken Paneel und/oder einer Verglasung) mittels einer 2D- oder 3D-FEM-Analyse berechnet. Durch die flächenbezogene Gewichtung der U-Werte der Fugen und der Füllungen lässt sich der U-Wert für die gesamte Fassade berechnen. Dieses Verfahren ist auf alle Vorhangfassaden anwendbar (d.h. Element-Fassaden, Pfosten-Riegel-Fassaden, Trockenverglasung, geklebte Glaskonstruktion, hinterlüftete Fassaden usw.).

Im Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten (siehe 6.3) wird ein repräsentatives Element in Flächenanteile mit unterschiedlichen thermischen Eigenschaften, z. B. Verglasungen, opake Paneele und Rahmen, unterteilt. Durch die flächenbezogene Gewichtung der U-Werte dieser Elemente (ψ -Werte) unter Anwendung von zusätzlichen Korrekturfaktoren, die die thermische Wechselwirkung zwischen den Elementen beschreiben, lässt sich der U-Wert für die Fassade als Ganzes berechnen. Dieses Verfahren ist auf Vorhangfassaden, wie z. B. Element-Fassaden, Pfosten-Riegel-Fassaden und Trockenverglasung anwendbar. Das Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten eignet sich nicht für SG-Verglasung mit Silikonverklebung, hinterlüftete Fassaden und SG-Verglasung.

Für die Anwendung dieser Norm umfasst der Begriff „Füllung“ alle Fassadenbauteile mit eindimensionalem Wärmestrom und ohne Randeinflüsse (die ebene Oberfläche verläuft rechtwinklig zur Richtung des Wärmestroms). Beispiele hierfür sind Verglasungen und Fensterbrüstungen.

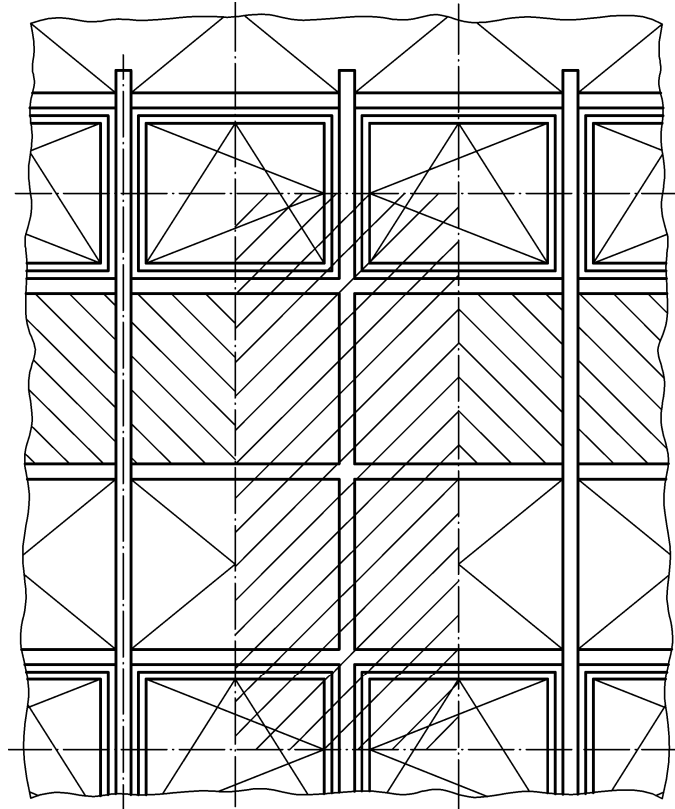


Bild 6 — Wärmetechnischer Abschnitt, stellvertretend für die gesamte Vorhangfassade

6.2 Vereinfachtes Beurteilungsverfahren

6.2.1 Wärmedurchgangskoeffizient von Verglasungen und Paneelen (Füllungen)

Der Wärmedurchgangskoeffizient von opaken Paneelen U_p ist nach prEN ISO 6946 zu beurteilen. Der Wärmedurchgangskoeffizient von Verglasungen U_g ist nach EN 673, EN 674 und EN 675 zu beurteilen. In einigen Fällen sind die Füllungen an den beiden Seiten der Fugen unterschiedlich (z. B. Pfosten, Riegel), so dass zwei Wärmedurchgangskoeffizienten zu berechnen sind.

6.2.2 Bestimmung des Wärmestroms durch den Verbindungsbereich Füllung/Pfosten oder Riegel/Füllung

6.2.2.1 Allgemeines

Der Gesamtwärmestrom Φ_{tot} des gesamten Anschlusses ist mit einer Software in Übereinstimmung mit prEN ISO 10211-1 und EN ISO 10077-2 zu berechnen oder nach EN ISO 12567-1 zu messen; dabei werden die Füllungen zwischen den adiabatischen Linien angeordnet. Die Modellierung der Schrauben (sofern vorhanden) in der zweidimensionalen Berechnung ist nach Anhang C durchzuführen.

Da der Wärmestrom zwischen den beiden adiabatischen Grenzen bestimmt wird, stellt er den Wärmestrom durch die Füllungen und die Fuge (z. B. Pfosten/Riegel) sowie den seitlichen Wärmestrom (Randeinflüsse) infolge der Wechselwirkung zwischen den zwei Füllungen dar.

Daher stellt Φ_{tot} den gesamten zusätzlichen Wärmestrom, der durch den Anschluss von zwei Füllungen entsteht, dar; er umfasst:

- den Wärmestrom durch beide Füllungen (eindimensionaler Wärmestrom rechtwinklig zur Oberfläche der Füllung);
- den Wärmestrom durch das Fugenbauteil oder -material, das die beiden Füllungen miteinander verbindet (z. B. Rahmen in einer Vorhangfassade in Rahmenbauweise, Silikonfugen bei SG-Verglasungen, usw.);
- die Wärmeströme an den Seiten und Kanten infolge der thermischen Wechselwirkung zwischen den Füllungen und dem Fugenbauteil oder -material sowie infolge der Gestaltung der Kanten der beiden Füllungen (z. B. Abstandhalter aus Glas).

Da es in den meisten Fällen schwierig ist, die verschiedenen Wärmeströme voneinander zu trennen und einem bestimmten Teil der Fuge zuzuordnen, ist es angemessen, den Gesamtwärmestrom durch eine Fuge in maximal drei Anteile zu unterteilen (siehe Bild 7a):

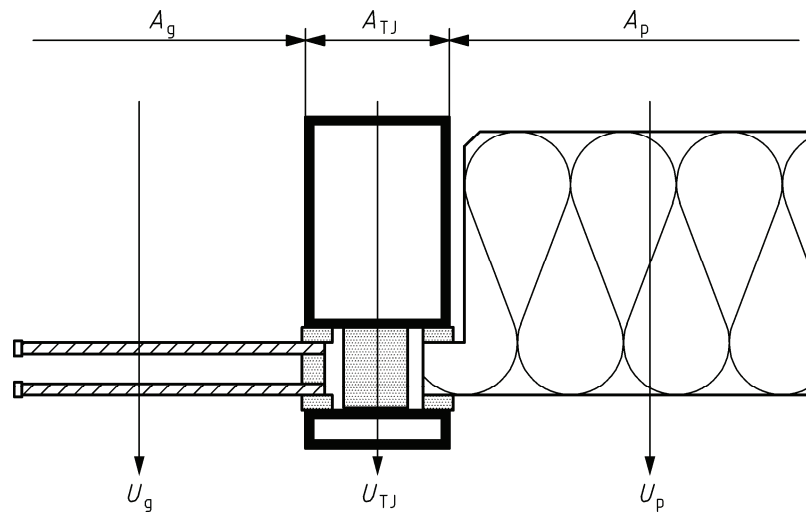
- der Wärmestrom Φ_{FE1} durch die erste Füllung, ohne Fuge (d.h. der Wärmestrom wird vom U-Wert für die Mitte der ersten Füllung abgeleitet);
- der Wärmestrom Φ_{FE2} durch die zweite Füllung, ohne Fuge (d.h. der Wärmestrom wird vom U-Wert für die Mitte der zweiten Füllung abgeleitet);
- der Wärmestrom Φ_{TJ} dies ist der zusätzliche Wärmestrom durch Herstellung einer Fuge (einschließlich direkten und seitlichen Wärmestroms an allen Fugenkanten und an der Fuge selbst mit Ausnahme des eindimensionalen Wärmestroms durch die Füllungen).

Es gibt zwei Möglichkeiten, den zusätzlichen Wärmestrom Φ_{TJ} zu berücksichtigen. Die nachstehenden Vorgehensweisen sind gleichwertig und ergeben den gleichen Wärmedurchgangskoeffizienten der Vorhangfassade:

- Berücksichtigung des Wärmestroms Φ_{TJ} in einem flächenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten der Fuge U_{TJ} ;
- Berücksichtigung des Wärmestroms Φ_{TJ} in einem linearen Wärmedurchgangskoeffizienten der Fuge Ψ_{TJ} ;

ANMERKUNG Der Wärmedurchgangskoeffizient der Fuge U_{TJ} und der lineare Wärmedurchgangskoeffizient der Fuge Ψ_{TJ} umfassen in einem Parameter alle Einflüsse von Wärmebrücken, die durch die Herstellung von Fugen zwischen Füllungen entstehen. Diese Definition sollte nicht mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten des Rahmens U_{f} (z. B. wie in EN ISO 10077-2 bzw. in dem in 6.3 beschriebenen alternativen Verfahren definiert) verglichen werden, da dieser ausschließlich den Wärmestrom durch den Rahmen ohne Berücksichtigung der seitlichen Wärmestromeffekte von Paneelen und der Wechselwirkung mit dem Rahmen darstellt. Der Wert U_{TJ} sollte nicht zur Beurteilung der Gefahr der Kondenswasserbildung benutzt werden.

6.2.2.2 Bestimmung des flächenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten von Fugen U_{TJ}



**Bild 7a — Darstellung der Bereiche für die Vorgehensweise mit U_{TJ}
(Beispiel: Verglasung, Pfosten, Paneel)**

Der Wärmestrom Φ_{TJ} , der den zusätzlichen Wärmestrom, der durch die Herstellung einer Fuge zwischen zwei Füllungen entsteht, kann wie folgt berechnet werden:

$$\Phi_{TJ} = \Phi_{\text{tot}} - (U_{FE1} A_{FE1} + U_{FE2} A_{FE2}) \Delta T \quad (1a)$$

Dabei ist

ΔT die Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft zur Simulation der Wärmeübertragung.

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Fuge U_{TJ} wird wie folgt berechnet:

$$U_{TJ} = \Phi_{TJ} / (A_{TJ} \Delta T) \quad (2a)$$

Dabei ist

A_{TJ} die projizierte Fläche der Fuge;

ΔT die Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft zur Simulation der Wärmeübertragung.

6.2.2.3 Bestimmung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten von Fugen ψ_{TJ}

Die Definition der Flächen der Füllungen unterscheidet sich von den Definitionen in Bild 7a und ist Bild 7b zu entnehmen. Die Berechnung von Φ_{TJ} erfolgt nach Gleichung (1b).

Der Wärmeverlust Φ_{TJ} kann wie folgt berechnet werden:

$$\Phi_{TJ} = \Phi_{tot} - (U_{FE1} A_{FE1}^* + U_{FE2} A_{FE2}^*) \Delta T \quad (1b)$$

Dabei ist

ΔT die Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft zur Simulation der Wärmeübertragung.

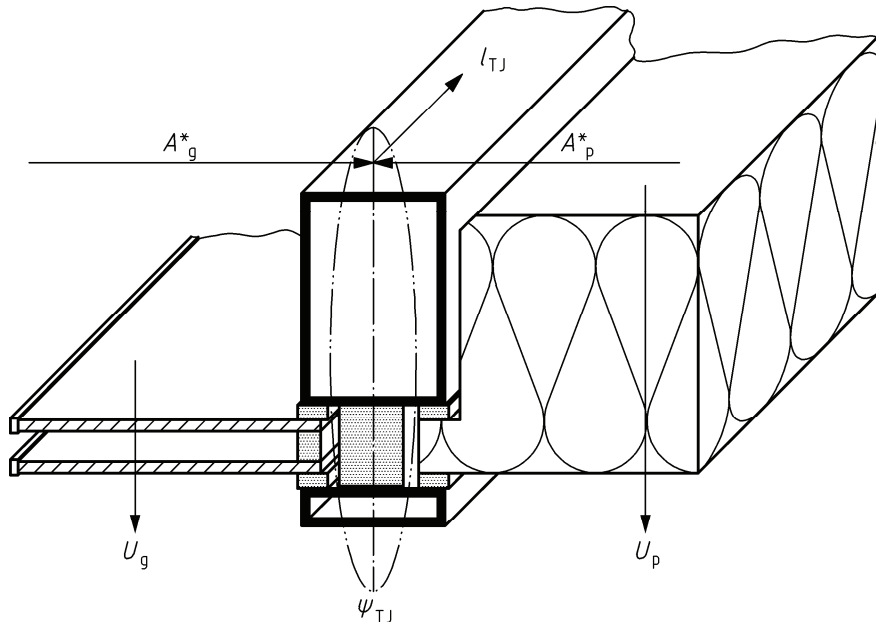


Bild 7b — Darstellung der Bereiche für die Vorgehensweise mit ψ_{TJ} (Beispiel: Verglasung, Pfosten, Paneel)

Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient der Fuge ψ_{TJ} wird wie folgt berechnet:

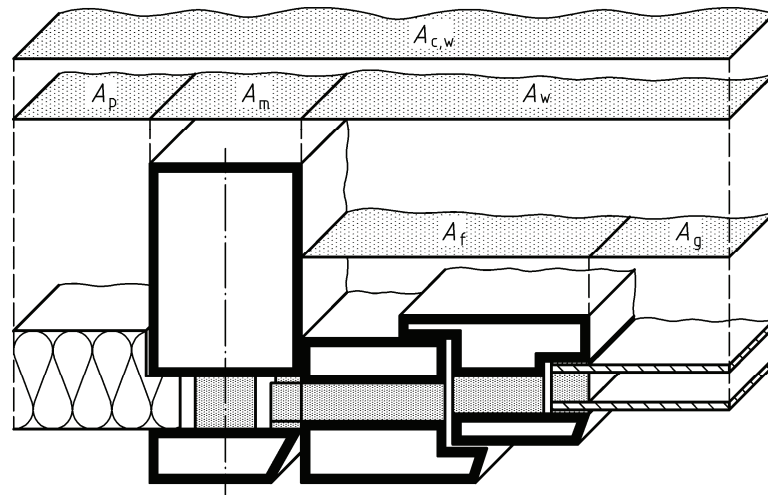
$$\psi_{TJ} = \Phi_{TJ} / (l_{TJ} \Delta T) \quad (2b)$$

Dabei ist

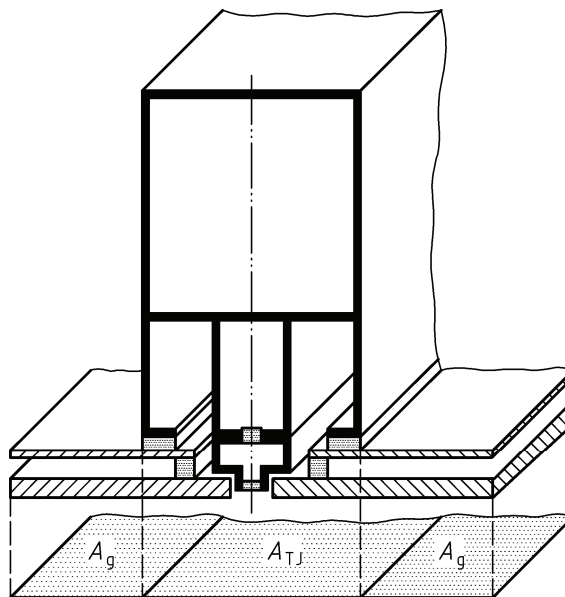
ΔT die Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft zur Simulation der Wärmeübertragung.

6.2.2.4 Bestimmung der Bereiche für weitere Kombinationen

Die Bilder 8 bis 11 enthalten weitere Beispiele für die Zerlegung von Vorhangfassaden für die Analyse mit dem vereinfachten Beurteilungsverfahren. Die Fläche der Fuge A_{TJ} ist die größte projizierte Fläche zwischen den beiden Füllungen. Die Länge der Fuge l_{TJ} entspricht der Länge der Fuge zwischen den Füllungen.

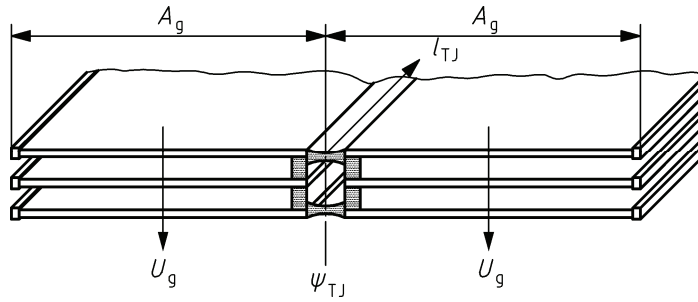
**Legende**

A_j	A_{joint}	A_w	Fensterfläche
$A_{c,w}$	Fläche der Vorhangfassade	A_f	Flächenanteil des Rahmens
A_p	Fläche des Panels	A_g	Fläche der Verglasung
A_m	Fläche des Pfostens		

Bild 8 — Beispiel 1: Vorhangfassade in Rahmenbauweise**Legende**

A_{TJ}	Anschlussfläche
A_g	Fläche der Verglasung

Bild 9 — Beispiel 2: SG-Verglasung mit Silikonverklebung



Legende
TJ Fuge

Bild 10 — Beispiel 3: SG-Verglasung

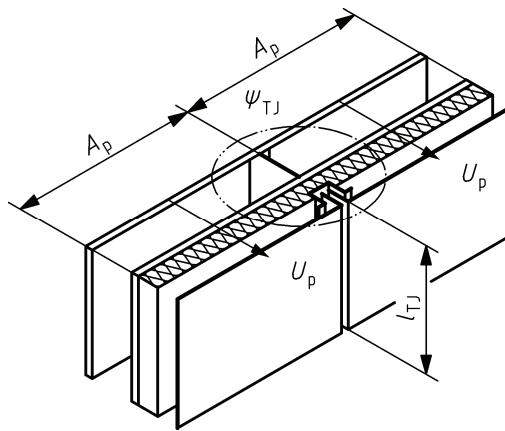


Bild 11 — Beispiel 4: Hinterlüftete Fassade

6.2.3 Bestimmung des Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizienten einer Vorhangfassade (U_{cw})

6.2.3.1 Vorgehensweise mit U_{TJ}

Der Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient der Vorhangfassade U_{cw} wird als flächengewichteter Mittelwert aus allen Wärmedurchgangskoeffizienten der Fugen, Verglasungen und Paneele berechnet.

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_{TJ} U_{TJ}}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_{TJ}} \quad (3a)$$

Die Flächen A_g und A_p werden nach Bild 7a definiert.

6.2.3.2 Vorgehensweise mit ψ_{TJ}

Der Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient der Vorhangfassade U_{cw} wird als flächengewichteter Mittelwert aus allen Wärmedurchgangskoeffizienten der Fugen, Verglasungen und Paneele berechnet.

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g^* U_g + \sum A_p^* U_p + \sum l_{TJ} \psi_{TJ}}{A_{cw}} \quad (3b)$$

Die Flächen A_g^* und A_p^* werden nach Bild 7b definiert.

6.3 Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten

6.3.1 Allgemeines

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines einzelnen Elementes der Vorhangfassade U_{cw} ist nach Gleichung (4) zu berechnen:

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_m U_m + \sum A_t U_t + \sum l_{f,g} \Psi_{f,g} + \sum l_{m,g} \Psi_{m,g} + \sum l_{t,g} \Psi_{t,g} + \sum l_p \Psi_p + \sum l_{m,f} \Psi_{m,f} + \sum l_{t,f} \Psi_{t,f}}{A_{cw}} \quad (4)$$

Dabei ist

U_g, U_p der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung und des Paneels;

U_f, U_m, U_t der Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens, des Pfostens und des Riegels;

$\Psi_{f,g}, \Psi_{m,g}, \Psi_{t,g}, \Psi_p$ der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient infolge der kombinierten thermischen Wirkungen der Verglasung oder des Paneels und des Rahmens oder des Pfostens oder des Riegels;

$\Psi_{m,f}, \Psi_{t,f}$ der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient infolge der kombinierten thermischen Wirkungen von Rahmen-Pfosten und Rahmen-Riegel.

Alle anderen Symbole sind in Abschnitt 3 definiert.

Die Fläche der Vorhangfassade ist nach Gleichung (5) zu berechnen:

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_f + A_m + A_t \quad (5)$$

Dabei ist

A_{cw} die Fläche der Vorhangfassade;

A_g die Fläche der Verglasung;

A_p die Fläche des Paneels;

A_f die Fläche des Rahmens;

A_m die Fläche des Pfostens;

A_t die Fläche des Riegels;

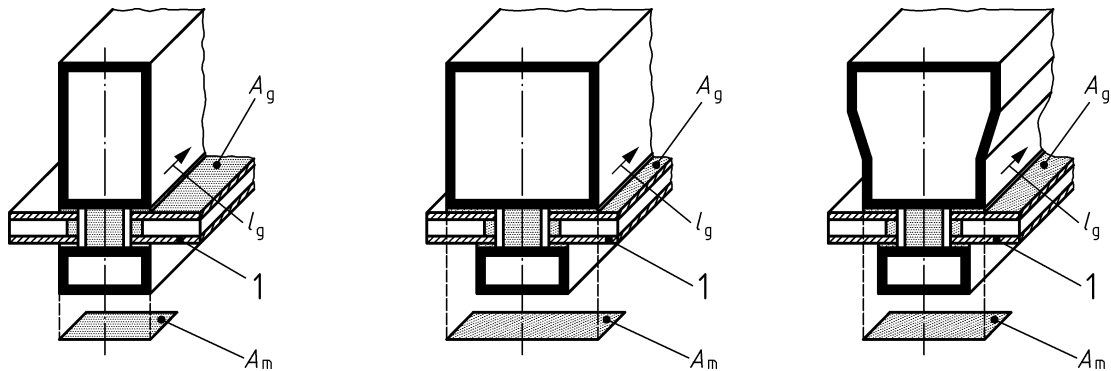
6.3.2 Definition der Flächen

6.3.2.1 Verglaste Flächen

Die verglaste Fläche A_g bzw. die Fläche eines opaken Paneels A_p eines Bauteils ist die kleinere der beidseitig sichtbaren Flächen (siehe Bilder 12 und 13). Die Überlappung der verglasten Flächen durch Dichtungen wird nicht berücksichtigt.

6.3.2.2 Sichtbare Gesamtumfangslänge der Verglasung und des opaken Paneels

Die Gesamtumfangslänge der Verglasung l_g bzw. des opaken Paneels l_p ist die Summe der sichtbaren Umfangslängen der Glasscheiben (bzw. der opaken Paneele). Sind die sichtbaren Umfangslängen zu beiden Seiten der Glasscheibe oder des Paneels unterschiedlich, wird die Umfangslänge durch die Schnittstelle der Verglasung und des Rahmens definiert (siehe Bild 12).



Legende

1 Glas

Bild 12 — Darstellung der verglasten Fläche und der Umfangslänge

6.3.2.3 Flächenanteile des Rahmens, Pfostens und Riegels

Bezüglich der Festlegung der Flächen siehe auch die Bilder 13 und 14.

$A_{m,i}/A_{t,i}$ Raumseitige Projektion des Flächenanteils des Pfostens/Riegels, gleich der Projektion des raumseitigen Pfostens/Riegel auf eine Ebene parallel zur Wand;

$A_{m,e}/A_{t,e}$ Außenseitige Projektion des Flächenanteils des Pfostens/Riegels, gleich der Projektion des außenseitigen Rahmens auf eine Ebene parallel zur Wand;

$A_{m/t}$ Flächenanteil des Pfostens/Riegels, gleich der größeren der sichtbaren Projektionsflächen;

$A_{f/i}$ Raumseitige Projektion des Flächenanteils des Rahmens, gleich der Projektion des raumseitigen Rahmens auf eine Ebene parallel zur Wand;

$A_{f/e}$ Außenseitige Projektion des Flächenanteils des Rahmens, gleich der Projektion des außenseitigen Rahmens auf eine Ebene parallel zur Wand;

A_f Flächenanteil des Rahmens, gleich der größeren der sichtbaren Projektionsflächen;

$$A_m = \max (A_{m,i}; A_{m,e});$$

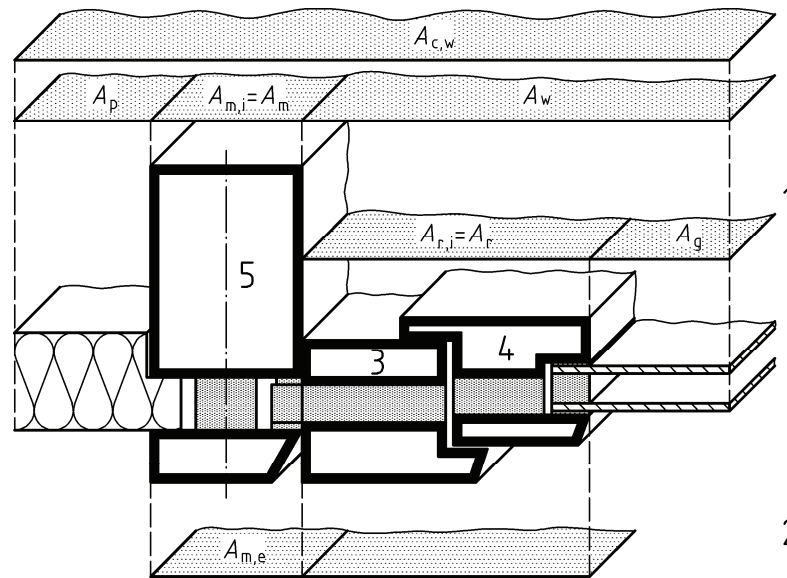
$$A_t = \max (A_{t,i}; A_{t,e});$$

$$A_f = \max (A_{f,i}; A_{f,e});$$

$$A_w = A_{f,i} + A_g;$$

$$A_{cw} = A_t + A_m + A_{f,i} + A_g + A_p.$$

In Bild 13 ist nur ein Pfosten dargestellt. Das Grundsatzprinzip ist ebenfalls für Riegel anwendbar.



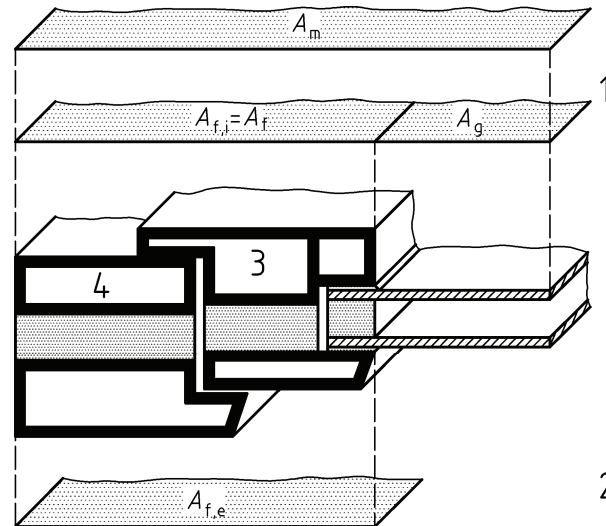
Legende

1	raumseitig	$A_{c,w}$	Fläche der Vorhangfassade	A_f	Fläche des Rahmens
2	außenseitig	A_p	Fläche des Paneels	A_g	Fläche der Verglasung
3	feststehender Rahmen	$A_{m,i}$	raumseitige Fläche des Pfostens	A_m	Fläche des Pfostens
4	beweglicher Rahmen	$A_{m,e}$	außenseitige Fläche des Pfostens		
5	Pfosten/ Riegel	$A_{f,e}$	außenseitige Fläche des Rahmens		

Bild 13 — Darstellung der verschiedenen Flächenanteile von Pfosten und Riegeln sowie von Paneelen und Verglasungen

6.3.2.4 Flächenanteil eines Vorhangfassadenmoduls

Weist der raumseitige oder außenseitige Rahmen eine komplexe geometrische Form auf, wird der Flächenanteil A_f nach Bild 14 bestimmt. Der Flächenanteil des Pfostens und des Riegels A_m und A_t werden nach Bild 13 bestimmt. Die Gesamtfläche $A_{c,w}$ eines Elementes einer Vorhangfassade ist die Summe der Flächenanteile der Pfosten/Riegel A_m/A_t , der Rahmen A_f , der verglasten Fläche A_g und der Fläche des Paneels A_p (siehe auch Bild 13).



Legende

- 1 raumseitig
- 2 außenseitig
- 3 beweglicher Rahmen
- 4 feststehender Rahmen

Bild 14 — Darstellung der verschiedenen Flächenanteile von beweglichen und feststehenden Rahmen und von Verglasungen

6.3.3 Wärmedurchgangskoeffizient von Verglasungen und Paneelen (Füllungen)

Der Wärmedurchgangskoeffizient von opaken Paneelen U_p ist nach prEN ISO 6946 zu beurteilen. Der Wärmedurchgangskoeffizient von Verglasungen U_g ist nach EN 673, EN 674 und EN 675 zu beurteilen. In einigen Fällen sind die Füllungen an den beiden Seiten der Fugen unterschiedlich (z. B. Pfosten, Riegel), so dass zwei Wärmedurchgangskoeffizienten zu berechnen sind.

6.3.4 Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmen, Pfosten/Riegeln

Die Werte für U_f für den feststehenden und beweglichen Rahmen können nach prEN 12412-2, EN ISO 10077-1 oder EN ISO 10077-2 beurteilt werden. Siehe auch Anhang B bezüglich der Randbedingungen für die Berechnung von U_f für Rahmen, die in die Fassade integriert sind.

Die Werte für U_t und U_m für Pfosten und Riegel können nach EN 12412-2 oder EN ISO 10077-2 beurteilt werden.

In den U -Werten, die nach EN ISO 10077-2 berechnet werden, wird der Einfluss von Schrauben, mit denen die raumseitigen und außenseitigen Teile der Pfosten und der Riegel miteinander verbunden werden, nicht berücksichtigt. Der Einfluss von Schrauben ist mit den Gleichungen (6a) und (6b) zu berücksichtigen.

$$U_m = U_0 + \Delta U \tag{6a}$$

$$U_t = U_0 + \Delta U \tag{6b}$$

Dabei ist

- U_m/U_t die Wärmedurchgangskoeffizient der Profile;
- U_0 der nach EN ISO 10077-2 berechnete Wärmedurchgangskoeffizient der Profile mit Ausnahme des Einflusses von metallischen Verbindungsmitteln (Schrauben);
- ΔU die Differenz zwischen den Wärmedurchgangskoeffizienten der Profile mit und ohne Schrauben.

Die Werte für ΔU sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2 — ΔU -Werte für Pfosten und Riegel in Bezug auf Verbindungsmittel aus nichtrostendem Stahl

Durchmesser von Verbindungsmitteln aus nichtrostendem Stahl	Abstand zwischen Verbindungsmitteln aus nichtrostendem Stahl mm	ΔU -Wert W/(m ² ·K)
≤ 6 mm	200 bis 300	0,3

Der ΔU -Wert hängt vom Abstand zwischen den Verbindungsmitteln, dem Durchmesser und den verwendeten Materialien ab.

Anstelle der Anwendung der in Tabelle 2 angegebenen Werte kann ΔU mit den in EN 12412-2 angegebenen Verfahren ermittelt werden. In diesem Fall wird ΔU aus der Differenz zwischen den Messwerten für Probekörper mit Metallschrauben und den Messwerten für die gleichen Probekörper mit Kunststoffschrauben abgeleitet. (Es wird davon ausgegangen, dass der Einfluss von Kunststoffschrauben vernachlässigbar ist). Der ΔU -Wert kann auch mittels einer dreidimensionalen Berechnung nach EN ISO 10211 unter Berücksichtigung der in EN ISO 10077-2 angegebenen besonderen Regeln für Hohlräume ermittelt werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Berechnung des Einflusses von Schrauben nach Anhang C.

In der Praxis ist es üblich, Profilsysteme mit einer großen Anzahl von verschiedenen Rahmen in vielfältigen geometrischen Formen, jedoch mit ähnlichen wärmetechnischen Eigenschaften herzustellen. Der Grund für die Ähnlichkeit der wärmetechnischen Eigenschaften besteht darin, dass innerhalb der Rahmengruppen die wichtigen Parameter wie Abmessungen, Werkstoffe und Art der wärmetechnischen Trennung gleich sind.

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Profils bzw. einer Kombination von Profilen in einem Profilsystem kann wie folgt beurteilt werden:

- durch Anwendung des maximalen Wertes für U_f oder U_m/U_t der Profile oder Profilkombinationen im Profilsystem oder
- durch Anwendung von Grafiken, die die Beziehung zwischen U_f oder U_m/U_t und festgelegten geometrischen Merkmalen aufzeigen.

In letzteren Fall werden die Punkte zur Erstellung der Grafik an ausgewählten Querschnitten der Profile aus dem betreffenden Profilsystem beurteilt. Detaillierte Vorgehensweisen werden in [1], [2] und [3] der Literaturhinweise beschrieben.

6.3.5 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient

Die Werte für den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten von Verglasungen ψ_g sind Anhang B, Tabelle B.1, Tabelle B.2, Tabelle B.3 und Tabelle B.4 zu entnehmen oder nach EN ISO 10077-2 zu berechnen. Bei Einfachverglasungen ist ψ_g in Gleichung 4 mit Null anzunehmen (d.h. ohne den Einfluss von Abstandhaltern), da etwaige Korrekturen vernachlässigbar wären.

Die Werte für den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten von Paneelen ψ_p sind Tabelle B.5 zu entnehmen oder nach EN ISO 10077-2 zu berechnen.

Die Wechselwirkung zwischen dem Rahmen und dem Pfosten oder Riegel, die durch Einbau des Rahmens in den Falz des Pfostens oder Riegels entsteht (Bild 15), wird mit dem längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\psi_{m,f}$ bzw. $\psi_{t,f}$ berücksichtigt.

Die Werte für die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{m,f}$ und $\Psi_{t,f}$, die den Wärmestrom auf Grund des Einbaus eines Fensters in die Fassade beschreiben, sind Tabelle B.6 oder Tabelle B.7 zu entnehmen oder nach EN ISO 1077-2 zu berechnen:

$$\Psi_{m,f} = L_{\Psi}^{2D} - U_m A_m - U_f A_f - U_{p1} A_{p1} - U_{p2} A_{p2} \quad (7a)$$

$$\Psi_{t,f} = L_{\Psi}^{2D} - U_t A_t - U_f A_f - U_{p1} A_{p1} - U_{p2} A_{p2} \quad (7b)$$

Dabei ist

L_{Ψ}^{2D} der nach EN ISO 10077-2 berechnete thermische Leitwert des in Bild 13 dargestellten Querschnittes, in $W/(m \cdot K)$;

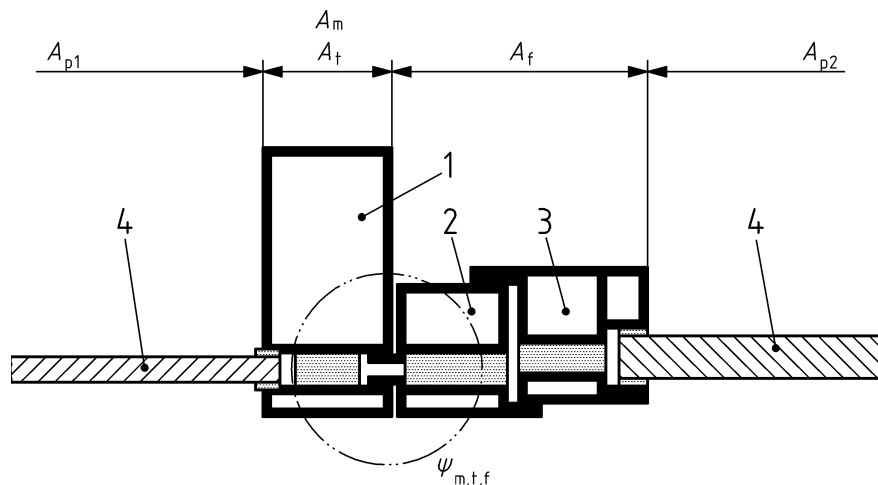
U_f der nach EN ISO 10077-2 berechnete Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens, in $W/(m^2 \cdot K)$;

U_m der nach EN ISO 10077-2 berechnete Wärmedurchgangskoeffizient des Pfostens, in $W/(m^2 \cdot K)$;

U_t der nach EN ISO 10077-2 berechnete Wärmedurchgangskoeffizient des Riegels, in $W/(m^2 \cdot K)$;

U_{p1} der Wärmedurchgangskoeffizient von Paneel 1, in $W/(m^2 \cdot K)$;

U_{p2} der Wärmedurchgangskoeffizient von Paneel 2, in $W/(m^2 \cdot K)$.



Legende

- 1 Riegel oder Pfosten
- 2 feststehender Rahmen
- 3 beweglicher Rahmen
- 4 Füllung, Paneel

Bild 15 — Darstellung eines in einen Riegel oder Pfosten integrierten Fensters

6.4 Wärmedurchgangskoeffizient einer Vorhangfassade aus unterschiedlichen Elementen

Die Berechnung des Wertes $U_{cw,tot}$ einer Vorhangfassade, die aus Elementen unterschiedlicher Größe oder Gestaltung besteht, ist als flächengewichteter Mittelwert des Wärmedurchgangskoeffizienten aller Module nach Gleichung (8) zu berechnen:

$$U_{cw,tot} = \frac{\sum (U_{cw,j} A_{cw,j})}{\sum A_{cw,j}} \quad (8)$$

Dabei ist

$\Sigma U_{cw,j} \cdot A_{cw,j}$ die Summe der Produkte der Wärmedurchgangskoeffizienten und der zugehörigen Flächen der verschiedenen Module;

$\Sigma A_{cw,j}$ die Summe der Flächen der verschiedenen Module.

7 Eingabedaten

Die Daten über die wärmetechnischen Eigenschaften, die zur Beurteilung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Vorhangfassaden mit den in dieser Norm festgelegten Verfahren erforderlich sind, sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3 — Herkunft der Eingabedaten

Werte des Wärmedurchgangskoeffizienten	Herkunft
U_g	EN 673, EN 674, EN 675
U_f	EN 12412-2, EN ISO 10077-1, EN ISO 10077-2
U_m, U_t	EN 12412-2, EN ISO 10077-2 (und Anhang C)
Ψ_g und Ψ_p und $\Psi_{m,f} / \Psi_{t,f}$	Anhang B, EN ISO 10077-2
U_p	prEN ISO 6946

Die Herkunft aller Daten ist eindeutig anzugeben. Es ist sicherzustellen, dass sich die verwendeten Zahlenwerte genau auf die in Abschnitt 4 definierten Flächen beziehen.

Werden die Ergebnisse zum Vergleich der Eigenschaften verschiedener Vorhangfassaden verwendet, muss die Herkunft der Zahlenwerte für jeden Parameter für jede Vorhangfassade im Vergleich identisch sein.

Ergebnisse zum Vergleichszweck von Produkten (deklariertes Wert) sind für den horizontalen Wärmestrom zu berechnen oder zu messen.

Die Ermittlung der Bemessungswerte, die die konkrete Einbausituation sowie die zugehörigen Randbedingungen berücksichtigen, erfolgt über die Berücksichtigung der Neigung der Fassade bei der Ermittlung von U_g . Die Wärmedurchgangskoeffizienten U_m, U_t, U_f und Ψ werden unabhängig von der Lage der Fassade für den vertikalen Einbau ermittelt.

Werte für den Wärmeübergangswiderstand der Oberfläche können der EN ISO 10077-1:2006, Anhang A entnommen werden.

8 Bericht

8.1 Querschnittszeichnungen

Eine technische Zeichnung (vorzugsweise im Maßstab 1:1) mit den Querschnitten der Vorhangfassaden muss verfügbar sein; die enthaltenen Details müssen ausreichen, um Folgendes überprüfen zu können:

- Dicke, Lage, Art und Anzahl der wärmetechnischen Trennzonen;
- Anzahl und Maße der Hohlkammern (bei Kunststoffrahmen);
- Vorhandensein und Lage von Metalaussteifungen (nur bei Kunststoffrahmen);

- Dicke von Rahmen;
- Dicke des Gas-Zwischenraumes und Art des Gases;
- Glasart und -dicke sowie die wärmetechnischen Eigenschaften und der Emissionsgrad der Oberflächen;
- Dicke und Aufbau von opaken Füllungen im Rahmen, sofern vorhanden;
- Lage der Abstandhalter der Glasscheiben und der Paneele oder Randausbildung bei opaken Füllungen.

Der Abstand zwischen den Verbindungsbereichen der außen- und raumseitigen Rahmenbauteile, die Wärmebrücken darstellen, ist deutlich anzugeben.

8.2 Gesamtzeichnung des Vorhangfassadenelementes

Eine Zeichnung der Vorderansicht des gesamten Vorhangfassadenelementes (Außenansicht) mit den folgenden Angaben muss verfügbar sein:

- verglaste Fläche A_g und/oder Fläche des opaken Paneels A_p ;
- Flächenanteil des Rahmens A_f ;
- Umfangslänge der Verglasung l_g und/oder der opaken Paneele l_p .

8.3 Werte für die Berechnung

Werden die Werte im Anhang B verwendet, ist dies anzugeben und es ist auf die Tabellen und Anhänge zu verweisen.

Werden Mess- oder Rechenwerte verwendet, sind die Mess- oder Berechnungsverfahren deutlich anzugeben. Ferner ist anzugeben, dass die so ermittelten Werte mit den in dieser Norm angegebenen Definitionen der Flächen übereinstimmen.

8.4 Darstellung der Ergebnisse

Der Wärmedurchgangskoeffizient der Vorhangfassade, der nach dieser Norm berechnet wird, ist mit zwei wertanzeigenden Ziffern anzugeben.

Es ist auf diese Europäische Norm zu verweisen.

Anhang A (informativ)

Leitlinie zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_{CW} von Vorhangfassaden beider Verfahren

**Tabelle A.1 — Zusammenfassung der Verfahren zur Bestimmung des U_{CW} -Wertes von
Vorhangfassaden**

Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten	Vereinfachtes Beurteilungsverfahren
1 Rahmen 1.1 Definition und Beurteilung der Flächen nach 4.2 1.2 Beurteilung der Werte für U_f , U_m und U_t nach EN ISO 10077-2 (mit Gleichung (6)) oder EN 12412-2 1.3 Beurteilung der Werte für $\Psi_{m,f}/\Psi_{t,f}$ nach Tabelle B.6 dieser Norm oder nach EN ISO 10077-2	1. Rahmen (Anschlüsse) 1.1 Definition und Beurteilung der Flächen nach 4.2 1.2 Beurteilung der Werte für U_{TJ} oder Ψ_{TJ} nach 6.2
2 Verglasung 2.1 Definition und Beurteilung der Flächen nach dieser Norm 2.2 Beurteilung der Werte für U_g nach EN ISO 10077-1 oder EN 673, EN 674, EN 675 2.3 Beurteilung der Werte für $\Psi_{t,g}$, $\Psi_{m,g}$ und $\Psi_{f,g}$ nach Tabelle B.1, B.2, B.3 oder B.4 dieser Norm oder nach EN ISO 10077-2	2 Verglasung 2.1 Definition und Beurteilung der Flächen nach dieser Norm 2.2 Beurteilung der Werte für U_g nach EN ISO 10077-1 oder EN 673, EN 674, EN 675
3 Paneele 3.1 Definition und Beurteilung der Flächen nach 4.2 3.2 Beurteilung der Werte für U_p nach prEN ISO 6946 3.3 Beurteilung der Werte für Ψ_p nach Tabelle B.5 dieser Norm oder nach EN ISO 10077-2	3 Paneele 3.1 Definition und Beurteilung der Flächen nach 4.2 3.2 Beurteilung der Werte für U_p nach prEN ISO 6946
4 Ganze Elemente 4.1 Berechnung der ganzen Elemente nach Gleichung (4) dieser Norm	4 Ganze Elemente 4.1 Berechnung der ganzen Elemente nach Gleichung (3) dieser Norm
5 Vorhangfassade als Ganzes 5.1 Berechnung einer Fassade aus unterschiedlichen Elementen nach Gleichung (8) dieser Norm	5 Vorhangfassade als Ganzes 5.1 Berechnung einer Fassade aus unterschiedlichen Elementen nach Gleichung (8) dieser Norm

Anhang B (informativ)

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient des Verbindungsbereiches

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung U_g und der Paneele U_p beziehen sich auf den Mittenbereich der Verglasung und des Paneels und berücksichtigen nicht den Einfluss der Abstandhalter im Randbereich der Verglasung oder des Paneels. Andererseits bezieht sich der Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmen-, Pfosten/Riegel-Rahmen-Verbindungsbereiches (U_f , U_m , U_t) auf Rahmen ohne Verglasung oder Paneel. Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient Ψ beschreibt die zusätzliche Wärmeleitung infolge der Wechselwirkung zwischen Rahmen, Glas oder Paneel und Abstandhalter. Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient Ψ ergibt sich hauptsächlich aus der Wärmeleitfähigkeit des Materials, aus dem die Abstandhalter hergestellt sind, und aus der Gestaltung des Rahmens oder des Pfostens und des Riegels.

Die Tabellen B.1 und B.4 enthalten die Werte für $\Psi_{m,g}$ und $\Psi_{t,g}$ für die Abstandhalter für in Pfosten/Riegel eingebaute Verglasungen.

Die Tabellen B.3 und B.3 enthalten die Werte für $\Psi_{f,g}$ für die Abstandhalter für in Rahmen eingebaute Verglasungen.

Tabelle B.5 enthält die Ψ_p -Werte für die Abstandhalter, die in Paneelen verwendet werden.

Die Tabellen B.6 und B.7 enthalten die Werte für $\Psi_{m,f}$ und $\Psi_{t,f}$ für den Pfosten/Riegel-Rahmen-Verbindungsbereich.

Tabelle B.1 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{m,g}$ und $\Psi_{t,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für übliche Abstandhalter (z. B. aus Aluminium oder Stahl, mit Trocknungsmittel gefüllt) für Verglasungen, die in Pfosten/Riegel eingebaut sind

Art von Pfosten/Riegel	Art der Verglasung	
	Doppel- oder Dreifachverglasung (6-mm-Glas) — unbeschichtetes Glas — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$	Doppel- oder Dreifachverglasung (6-mm-Glas) — Glas mit niedrigem Emissionsgrad * Einfachbeschichtung bei Zweischeibenverglasung * Zweifachbeschichtung bei Dreischeiben-Verglasung — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$
Holz-Aluminium	0,08	0,11
Metall mit wärmetechnischer Trennung	$d_i \leq 100$ mm: 0,13 $d_i \leq 200$ mm: 0,15	$d_i \leq 100$ mm: 0,17 $d_i \leq 200$ mm: 0,19
d_i ist die raumseitige Tiefe des Pfostens/Riegels (siehe auch Bild 3)		

Tabelle B.2 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{m,g}$ und $\Psi_{f,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter für Verglasungen, die in Pfosten/Riegel eingebaut sind

Art von Pfosten/Riegel	Verglasung	
	Doppel- oder Dreifachverglasung (6-mm-Glas) — unbeschichtetes Glas — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$	Doppel- oder Dreifachverglasung (6-mm-Glas) — Glas mit niedrigem Emissionsgrad * Einfachbeschichtung bei Zweischeibenverglasung * Zweifachbeschichtung bei Dreischeiben-Verglasung — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$
Holz-Aluminium	0,06	0,08
Metall mit wärmetechnischer Trennung	$d_i \leq 100$ mm: 0,09 $d_i \leq 200$ mm: 0,10	$d_i \leq 100$ mm: 0,11 $d_i \leq 200$ mm: 0,12
d_i ist die raumseitige Tiefe des Pfostens/Riegels (siehe auch Bild 3)		

Tabelle B.3 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{f,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für übliche Abstandhalter (z. B. aus Aluminium oder Stahl, mit Trocknungsmittel gefüllt) für Verglasungen, die in Rahmen eingebaut sind

ANMERKUNG Diese Tabelle basiert auf EN ISO 10077-1:2006

Rahmenart	Verglasung	
	Doppel- oder Dreifachverglasung (4-mm-Glas) — unbeschichtetes Glas — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$	Doppel- oder Dreifachverglasung (4-mm-Glas) — Glas mit niedrigem Emissionsgrad * Einfachbeschichtung bei Zweischeibenverglasung * Zweifachbeschichtung bei Dreischeiben-Verglasung — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$
Holz oder PVC	0,06	0,08
Metall mit wärmetechnischer Trennung	0,08	0,11
Metall ohne wärmetechnische Trennung	0,02	0,05

Tabelle B.4 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\psi_{f,g}$ in W/(m·K) für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter für Verglasungen, die in Rahmen eingebaut sind

ANMERKUNG Diese Tabelle basiert auf EN ISO 10077-1:2006

Rahmenart	Verglasung	
	Doppel- oder Dreifachverglasung (4-mm-Glas) — unbeschichtetes Glas — mit Luft- oder Gaszwischenraum W/(m·K)	Doppel- oder Dreifachverglasung (4-mm-Glas) — Glas mit niedrigem Emissionsgrad * Einfachbeschichtung bei Zweischeibenverglasung * Zweifachbeschichtung bei Dreischeiben-Verglasung — mit Luft- oder Gaszwischenraum W/(m·K)
Holz oder PVC	0,05	0,06
Metall mit wärmetechnischer Trennung	0,06	0,08
Metall ohne wärmetechnische Trennung	0,01	0,04

Werte für Abstandhalter, die nicht tabellarisch erfasst sind, können durch numerische Berechnung nach EN ISO 10077-2 ermittelt werden.

Definition von wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern für Verglasungen

Für die Anwendung dieses Anhangs B werden wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter durch folgendes Merkmal bestimmt:

$$\Sigma (d \times \lambda) \leq 0,007 \text{ W/K}$$

Dieses Merkmal beruht auf der Dicke der Materialien der Abstandhalter.

Dabei ist

- d die Dicke der Wand des Abstandhalters, in m;
- λ die Wärmeleitfähigkeit des Abstandhalters in W/(m·K).

Das Produkt aus der Dicke der Wand des Abstandhalters und der Wärmeleitfähigkeiten sind zu addieren.

Die Summe betrifft alle Wärmeströme parallel zur Hauptstromrichtung, die Dicke d wird senkrecht zur Hauptstromrichtung gemessen, siehe Bild B.1. Werte für die Wärmeleitfähigkeit von Abstandhaltern sollten der prEN ISO 10456 oder EN ISO 10077-2 entnommen werden.

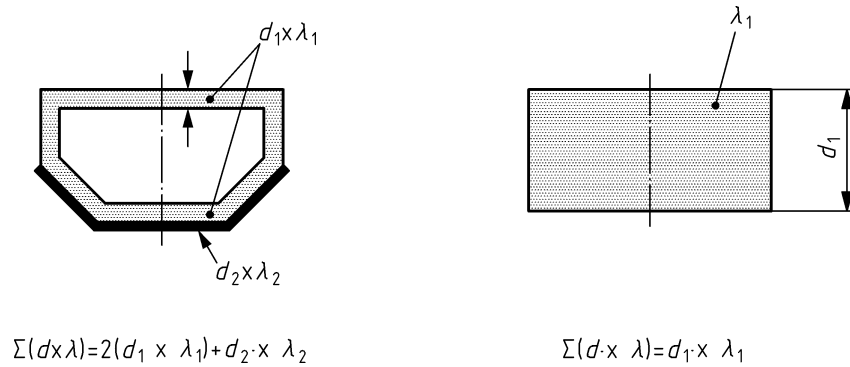
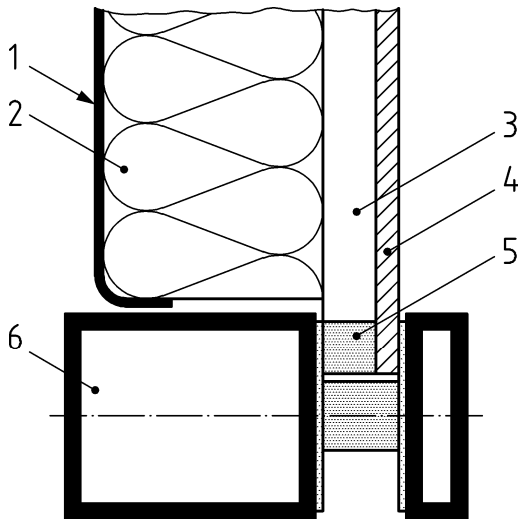


Bild B.1 — Definition der wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter für Verglasungen

Tabelle B.5 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für Abstandhalter für Paneele

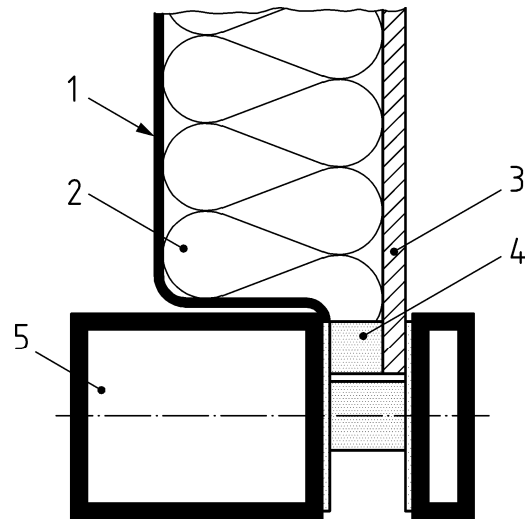
Art von Füllung Innenliegende bzw. außenseitige Verkleidung	Wärmeleitfähigkeit des Abstandhalters λ W/(m·K)	Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ^a ψ_p W/(m·K)
Paneel Typ 1 (siehe Bild B.2) mit Verkleidung: Aluminium/Aluminium Aluminium/Glas Stahl/Glas	—	0,13
Paneel Typ 2 (siehe Bild B.3) mit Verkleidung: Aluminium/Aluminium Aluminium/Glas Stahl/Glas	0,2 0,4 0,2 0,4 0,2 0,4	0,20 0,29 0,18 0,20 0,14 0,18
^a Dieser Wert darf verwendet werden, wenn keine Angaben aus Messungen oder aus detaillierten Berechnungen vorliegen.		



Legende

- 1 Aluminium 2,5 mm/Stahl 2,0 mm
- 2 Dämmstoff $\lambda = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ bis $0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 3 luftgefüllter Zwischenraum 0 bis 20 mm
- 4 Aluminium 2,5 mm/Glas 6 mm
- 5 Abstandhalter $\lambda = 0,2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ bis $0,4 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 6 Aluminium

Bild B.2 — Paneel Typ 1



Legende

- 1 Aluminium 2,5 mm/Stahl 2,0 mm
- 2 Dämmstoff $\lambda = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ bis $0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 3 Aluminium 2,5 mm/Glas 6 mm
- 4 Abstandhalter $\lambda = 0,2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ bis $0,4 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 5 Aluminium

Bild B.3 — Paneel Typ 2

Tabelle B.6 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für den Verbindungsbereich von Pfosten/Riegel und Rahmen Aluminium- und Stahlprofile

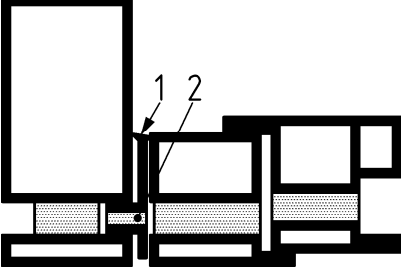
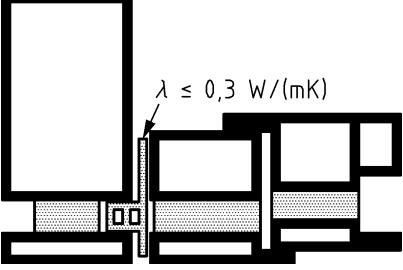
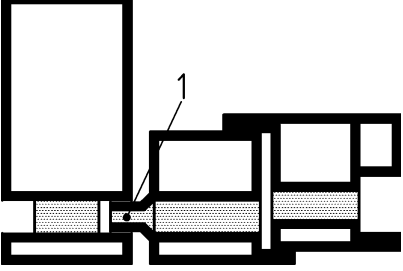
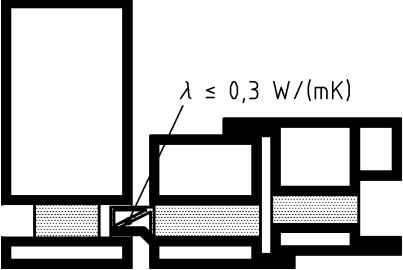
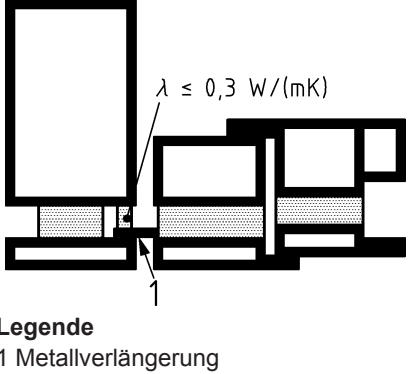
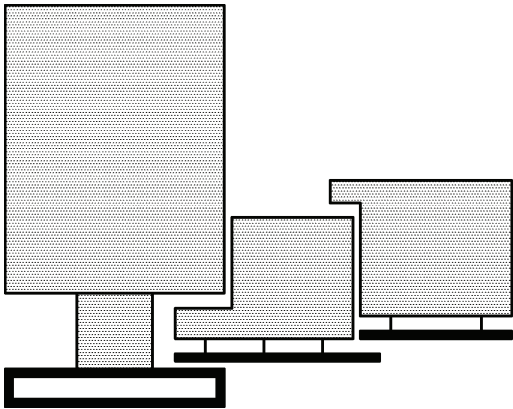
Typen von Verbindungsbereichen	Bild	Beschreibung	Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ^a $\Psi_{m,f}$ oder $\Psi_{t,f}$ W/(m·K)
A	 <p>Legende 1 Metall 2 wärmetechnische Zone</p>	Einbau des Rahmens in den Pfosten mit einem zusätzlichen Aluminiumprofil mit wärmetechnischer Trennzone	0,11
B	 <p>$\lambda \leq 0,3 \text{ W/(mK)}$</p>	Einbau des Rahmens in den Pfosten mit einem zusätzlichen Profil mit niedriger Wärmeleitfähigkeit z. B. Polyamid 6.6 mit einem Glasfasergehalt von 25 %	0,05
C1	 <p>Legende 1 wärmetechnische Zone</p>	Einbau des Rahmens in den Pfosten mit der Verlängerung der wärmetechnischen Trennung des Rahmens	0,07
C2	 <p>$\lambda \leq 0,3 \text{ W/(mK)}$</p>	Einbau des Rahmens in den Pfosten mit der Verlängerung der wärmetechnischen Trennung des Rahmens (z. B. Polyamid 6.6 mit einem Glasfasergehalt von 25%)	

Tabelle B.6 (fortgesetzt)

Typen von Verbindungsbereichen	Bild	Beschreibung	Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ^a $\Psi_{m,f}$ oder $\Psi_{t,f}$ W/(m·K)
D	 <p>Legende 1 Metallverlängerung</p>	<p>Einbau des Rahmens in den Pfosten mit der Verlängerung des außenseitigen Aluminiumprofils. Füllungswerkstoff für die Befestigung mit niedriger Wärmeleitfähigkeit ($\lambda = 0,3 \text{ W/(m·K)}$)</p>	0,07
<p>^a Dieser Wert darf verwendet werden, wenn keine Angaben aus Messungen oder aus detaillierten Berechnungen vorliegen. Diese Werte gelten nur, wenn sowohl der Pfosten/Riegel als auch der Rahmen wärmetechnische Trennzonen aufweisen und eine wärmetechnische Trennzone nicht durch einen Teil des anderen Rahmens ohne wärmetechnische Trennzone unterbrochen wird.</p>			

Werte für Ψ , die nicht tabellarisch erfasst sind, können durch numerische Berechnung nach EN ISO 10077-2 ermittelt werden.

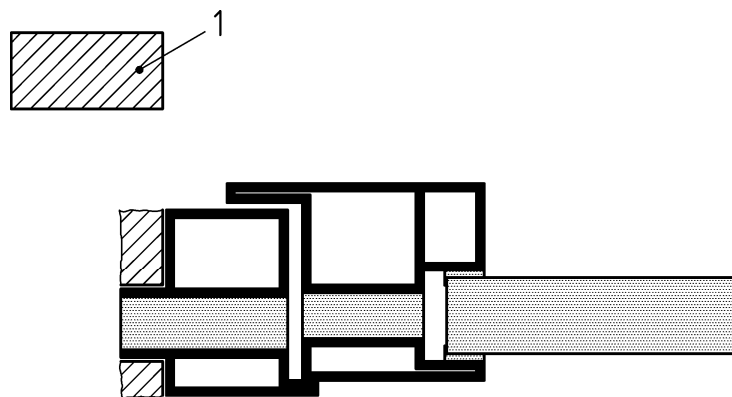
Tabelle B.7 — Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für den Verbindungsbereich von Pfosten/Riegel und Rahmen Profile aus Holz sowie aus Holz und Aluminium

Typen von Versicherungsbereichen	Bild	Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ^a $\Psi_{m,f}$ oder $\Psi_{t,f}$ W/(m·K)
<p>A</p> <p>$U_m > 2,0 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$</p>		0,02
<p>B</p> <p>$U_m \leq 2,0 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$</p>		0,04
<p>^a Dieser Wert darf verwendet werden, wenn keine Angaben aus Messungen oder aus detaillierten Berechnungen vorliegen.</p>		

Berechnung des Wertes für U_f für Rahmenprofile, die in die Fassade eingebaut werden

Die U_f -Werte für Rahmen, die mit einem zusätzlichen Profil in die Fassade eingebaut werden (Pfosten-Rahmen-Verbindungsbereich Typ A und B) werden nach EN ISO 10077-2 berechnet. Das zusätzliche Profil wird nicht in die Berechnung von U_f mit einbezogen. Der Wärmestrom im zusätzlichen Profil ist ein Teil des linearen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{m,f}$ oder $\Psi_{t,f}$, der die thermische Wechselwirkung zwischen Pfosten/Riegel und Fenster beschreibt.

Die übliche Vorgehensweise für die Berechnung des U_f -Wertes für Rahmen, die direkt in die Fassade eingebaut werden (Pfosten-Rahmen-Verbindungsbereiche Typ C und Typ D), ist in EN ISO 10077-2 definiert. Für die Anwendung der Gleichung wird der in den Pfosten eingebaute Bereich des Rahmens als adiabatisch angesehen (siehe Bild B.4). Der zusätzliche Wärmestrom infolge des Einbaus des Fensters in die Fassade ist Teil des linearen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{m,f}$ oder $\Psi_{t,f}$, der die thermische Wechselwirkung zwischen Pfosten/Riegel und Fenster beschreibt.



Legende

1 adiabatisch

Bild B.4 — Randbedingungen für die Berechnung von U_f für direkt in die Fassade eingebaute Rahmenprofile (Pfosten-Rahmen-Verbindungsbereiche Typ C und Typ D)

Anhang C (normativ)

Verfahren zur Berechnung des wärmetechnischen Einflusses von Schrauben unter Anwendung eines zweidimensionalen numerischen Verfahrens und der Verfahren nach EN ISO 10077-2

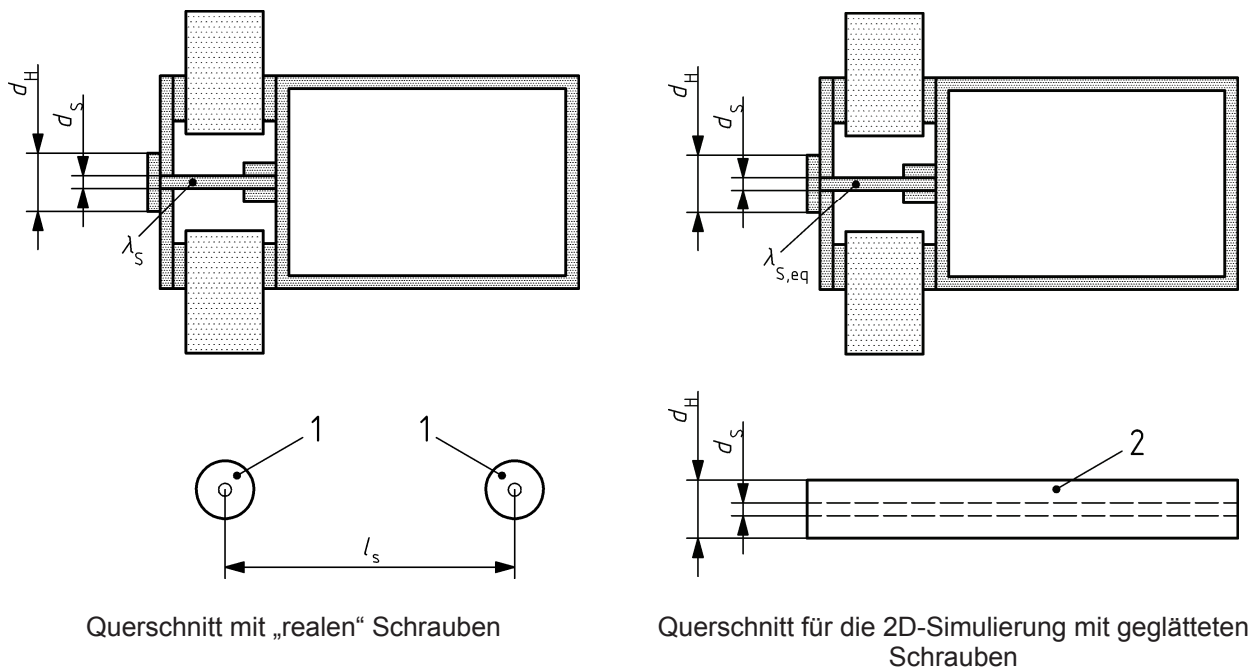
C.1 Allgemeines

Der Anwendungsbereich von EN ISO 10077-2 umfasst die wärmetechnischen Einflüsse infolge der dreidimensionalen Wärmeübertragung wie zum Beispiel durch punktförmige metallische Verbindungen (z. B. Schrauben) nicht. Messungen an Vorhangfassaden haben jedoch ergeben, dass der wärmetechnische Einfluss von Schrauben nicht außer Acht gelassen werden darf.

Dieser Anhang enthält ein Verfahren zur Beurteilung der dreidimensionalen Wärmeübertragung durch Schrauben unter Anwendung einer zweidimensionalen Berechnung und der in EN ISO 10077-2 angegebenen Verfahren.

Die Schraube wird als „geglättete“ Schraube mit einer Dicke, die dem tatsächlichen Durchmesser d_s entspricht, jedoch eine äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{s,eq}$ aufweist, modelliert (siehe Bild C.1). Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wird nach Gleichung C.1 berechnet. Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Luftraumes um die Schraube ist auf Grundlage eines einzelnen Luftraumes (ohne Schraube) zu berechnen.

ANMERKUNG Wenn die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Luftraumes automatisch durch Computerprogramme errechnet wird, kann die Software dieses als zwei getrennte Lufträume (oberhalb und unterhalb der geglätteten Schraube, wie im rechten Bild in Bild C.1 dargestellt) behandeln. Dies kann zu fehlerhaften Ergebnissen führen.



Legende

- 1 reale Schraube
- 2 geglättete Schrauben

Bild C.1 — Beurteilung des wärmetechnischen Einflusses von Schrauben unter Anwendung einer zweidimensionalen numerischen Berechnung

C.2 Berechnung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit einer Schraube $\lambda_{s,eq}$

Die Verbindung zwischen der Druckplatte und dem Fassadenprofil wird mit einer Schraube mit Durchmesser d_s ausgeführt. Die Wärmeleitfähigkeit der Schraube beträgt λ_s . Der Abstand zwischen den Schrauben beträgt l_s .

Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{s,eq}$ einer geglätteten Schraube mit Durchmesser d_s wird folgendermaßen berechnet:

$$\lambda_{s,eq} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot \frac{1}{l_s \cdot d_s} \cdot \lambda_s = \frac{\pi \cdot d_s}{4 \cdot l_s} \cdot \lambda_s \quad (C.1)$$

C.3 Berücksichtigung von Schraubenköpfen und Unterlegscheiben

Die Schraubenköpfe sind mit dem tatsächlichen Durchmesser und der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Schraube $\lambda_{s,eq}$ in der zweidimensionalen Berechnung zu berücksichtigen.

Die Unterlegscheiben sind mit dem tatsächlichen Durchmesser und der tatsächlichen Wärmeleitfähigkeit in der zweidimensionalen Berechnung zu berücksichtigen.

Anhang D (normativ)

Belüftete und ruhende Lufträume

Alle Lufträume (ob belüftet oder ruhend) in einer Fassade, z. B. in einer Doppelfassade, können mit ihrem Wärmedurchlasswiderstand berücksichtigt werden.

Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten

Die in diesem Anhang angegebenen Werte gelten für Luftschichten, die

- von zwei Flächen begrenzt sind, als parallel zueinander anzusehen sind, senkrecht zur Richtung des Wärmestromes verlaufen und einen Emissionsgrad von mindestens 0,8 besitzen;
- eine Dicke (in Richtung des Wärmestromes) von weniger als dem 0,1fache eines der anderen beiden Maße und maximal 1 m besitzen;
- keinen Luftaustausch mit dem Innenraum aufweisen.

Ruhende Luftschichten

Eine Luftschicht gilt als ruhend, wenn der Luftraum von der Umgebung abgeschlossen ist. In Tabelle D.1 sind Bemessungswerte des Wärmedurchlasswiderstandes angegeben. Die Werte unter „horizontal“ gelten für Richtungen des Wärmestromes von $\pm 30^\circ$ zur horizontalen Ebene.

**Tabelle D.1 — Wärmedurchlasswiderstand R_s von ruhenden Luftschichten in ($m^2 \cdot K/W$):
Oberflächen mit hohem Emissionsgrad**

Dicke der Luftschicht mm	Richtung des Wärmestroms		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23
500	0,16	0,18	0,23
1 000	0,16	0,18	0,23

ANMERKUNG Zwischenwerte können durch Interpolation ermittelt werden.

Eine Luftschicht mit kleinen Öffnungen zur Außenumgebung, die keine Dämmschicht zwischen sich und der Außenumgebung besitzt, ist auch als ruhende Luftschicht zu betrachten, wenn diese Öffnungen so angeordnet sind, dass ein Luftstrom durch die Schicht nicht möglich ist, und die Öffnungen

- 500 mm² je Meter Länge bei vertikalen Luftschichten;
- 500 mm² je Quadratmeter der Oberfläche bei horizontalen Luftschichten

nicht überschreiten.

ANMERKUNG Entwässerungsöffnungen in Form von offenen vertikalen Fugen in der Außenschale von zweischaligem Mauerwerk erfüllen in der Regel die oben angegebenen Kriterien und werden daher nicht als Lüftungsöffnungen angesehen.

Schwach belüftete Luftschichten

Eine Luftschicht gilt als schwach belüftet, wenn der Luftaustausch mit der Außenumgebung durch Öffnungen folgender Maße begrenzt wird:

- 500 mm² bis 1 500 mm² je Meter Länge bei vertikalen Luftschichten;
- 500 mm² bis 1 500 mm² je Quadratmeter der Oberfläche bei horizontalen Luftschichten.

Der Bemessungswert des Wärmedurchlasswiderstandes einer schwach belüfteten Luftschicht beträgt die Hälfte des entsprechenden Wertes nach Tabelle D.1. Wenn der Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils zwischen Luftschicht und Außenumgebung 0,15 m² · K/W überschreitet, muss mit einem Höchstwert von 0,15 m² · K/W gerechnet werden.

Stark belüftete Luftschichten

Eine Luftschicht gilt als stark belüftet, wenn die Öffnungen zwischen Luftschicht und Außenumgebung

- 1 500 mm² je Meter Länge bei vertikalen Luftschichten;
- 1 500 mm² je Quadratmeter der Oberfläche bei horizontalen Luftschichten

überschreiten.

Der Gesamt-Wärmedurchlasswiderstand einer Fassade mit einer stark belüfteten Luftschicht ist zu bestimmen, indem der Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht und aller anderen Luftschichten zwischen Luftschicht und Außenumgebung außer Acht gelassen wird und ein äußerer Wärmeübergangswiderstand verwendet wird, der einer ruhenden Luftschicht entspricht (siehe prEN ISO 6946:2005, Anhang A). Liegen keine weiteren Angaben vor, beträgt dieser äußere Wärmeübergangswiderstand:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

BEISPIEL Berechnung des U_{cw} -Wertes für eine Doppelfassade

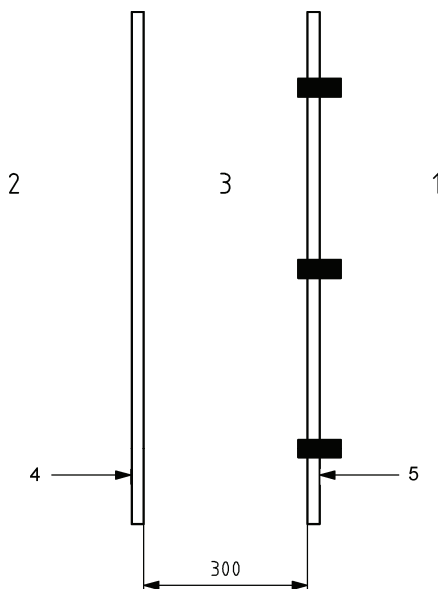
Das folgende Beispiel zeigt, wie U_{cw} unter Berücksichtigung des Wärmedurchlasswiderstandes einer schwach belüfteten Luftschicht berechnet wird (siehe Bild D.1):

Der U-Wert der innenliegenden Fassade (Primärfassade) beträgt: $U_{cw,1} = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Der U-Wert der außenliegenden Fassade (Sekundärfassade) beträgt: $U_{cw,2} = 6,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Der Hohlraum ist schwach belüftet und die Dicke der Luftschicht beträgt 300 mm. Nach Tabelle D.1 und der Festlegung für schwach belüftete Luftschichten besitzt diese Luftschicht einen Wärmedurchlasswiderstand von:

$$R_s = 0,09 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$



Legende

- 1 Innen
- 2 Außen
- 3 schwach belüftete Luftschicht
- 4 Sekundärfassade $U_{cw,2} = 6,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- 5 Primärfassade $U_{cw,1} = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Bild D.1 — Beispiel: Berechnung des U_{cw} Wertes für eine Doppelfassade

Der U_{cw} -Wert für die gesamte Fassade wird folgendermaßen berechnet:

$$\begin{aligned}
 U_{cw} &= \frac{1}{\frac{1}{U_{cw,1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{cw,2}}} && \text{(D.1)} \\
 &= \frac{1}{\frac{1}{1,8} - 0,13 + 0,09 - 0,04 + \frac{1}{6,0}} \\
 &= 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})
 \end{aligned}$$

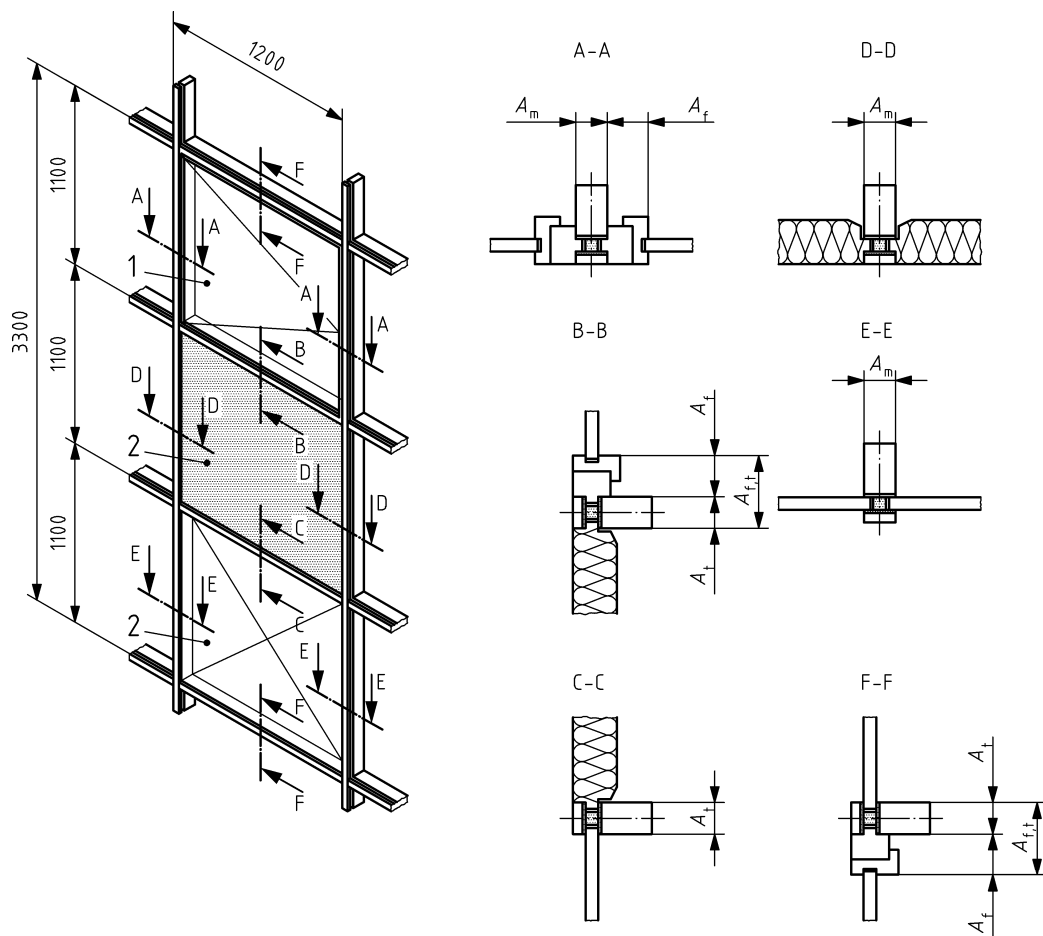
Anhang E (informativ)

Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten: Beispiel für die Berechnung

E.1 Daten für die Beispiele

Dieser Anhang enthält ein Beispiel für die Berechnung eines Vorhangfassadenelementes nach dem Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten nach 6.3.

Maße in Millimeter



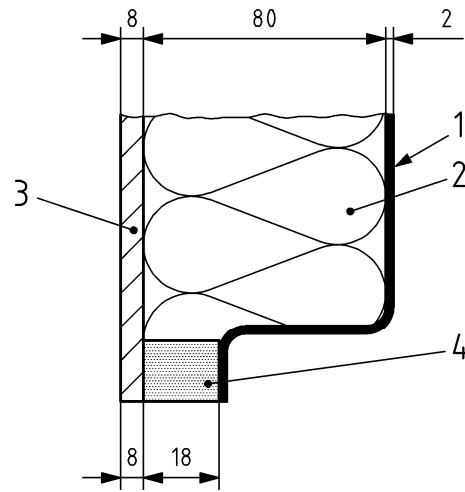
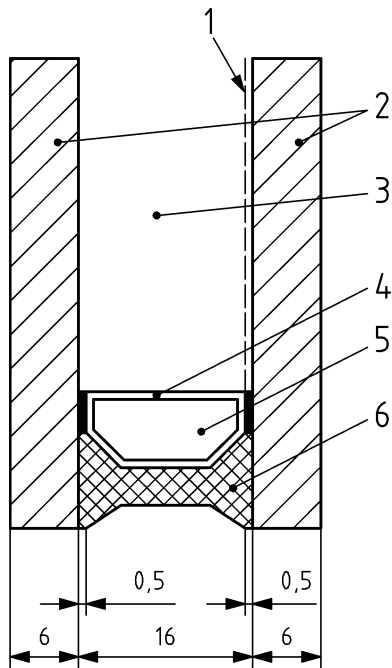
Legende

- 1 Fenster
- 2 Paneel
- 3 feststehende Verglasung

ANMERKUNG 6*/6* entspricht 6/6, jedoch mit umgekehrter Anordnung

Bild E.1 — Element einer Vorhangfassade, von außen betrachtet

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Beschichtung mit niedrigem Emissionsgrad $\varepsilon_n = 0,05$
- 2 Glas mit $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 3 Argon 90%
- 4 Aluminium mit Dicke 0,5 mm und $\lambda = 160 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 5 Molekularsieb mit $\lambda = 0,13 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 6 Polysulfid mit $\lambda = 0,40 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Bild E.2 — Detail einer Verglasung

Legende

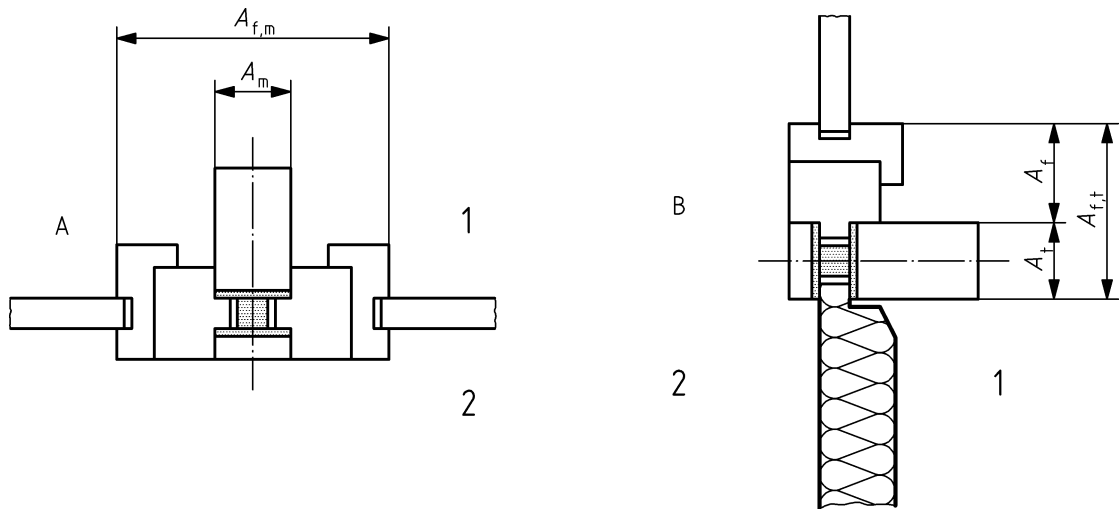
- 1 Stahl
- 2 Dämmstoff mit $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 3 Glas mit $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 4 Abstandhalter mit $\lambda = 0,4 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Bild E.3 — Detail eines Paneels

Für die in den Bildern E.1 bis E.3 dargestellten Module wird die Berechnung nach E.2 bis E.5 durchgeführt.

E.2 Rahmen

E.2.1 Definition und Beurteilung von Flächen



Legende

A	Pfosten-Rahmen	1	raumseitig
B	Riegel-Rahmen	2	außenseitig

Bild E.4 — Definition der Flächen

Pfosten	$2 \times 3,3 \text{ m} \times 0,025 \text{ m}$	$= 0,1650 \text{ m}^2$
Fläche	A_m	$= 0,1650 \text{ m}^2$
Riegel	$2 \times (1,20 \text{ m} - 2 \times 0,025 \text{ m}) \times 0,025 \text{ m}$	$= 0,0575 \text{ m}^2$
	$2 \times (1,20 \text{ m} - 2 \times 0,025 \text{ m}) \times 0,050 \text{ m}$	$= 0,1150 \text{ m}^2$
Fläche	A_t	$= 0,1725 \text{ m}^2$
Rahmen	$2 \times (1,20 \text{ m} - 2 \times 0,025 \text{ m}) \times 0,080 \text{ m}$	$= 0,1840 \text{ m}^2$
	$2 \times (1,10 \text{ m} - 2 \times 0,025 \text{ m} - 2 \times 0,08 \text{ m}) \times 0,08 \text{ m}$	$= 0,1424 \text{ m}^2$
Fläche	A_f	$= 0,3264 \text{ m}^2$
A_m	50 mm Breite	
A_t	50 mm Breite	
A_f	80 mm Breite	

E.2.2 Beurteilung der Werte für U_f

Die Werte für U_f können Messwerte nach EN 12412-2 sein oder nach EN ISO 10077-2 berechnet werden. (Der Einfluss von Schrauben ist nach 6.3.2 zu berücksichtigen). Für weitere Berechnungen in diesem Beispiel werden folgende Werte angenommen:

Pfosten	U_m	2,2 W/(m ² ·K)*
Riegel	U_t	1,9 W/(m ² ·K)*
Rahmen	U_f	2,4 W/(m ² ·K)

* Messwert nach EN 12412-2

E.3 Verglasungen

E.3.1 Definition und Beurteilung der Flächen

Beweglicher Teil	Breite	$1,20 \text{ m} - 2 \times 0,025 \text{ m} - 2 \times 0,08 \text{ m}$	= 0,99 m
	Höhe	$1,10 \text{ m} - 2 \times 0,025 \text{ m} - 2 \times 0,08 \text{ m}$	= 0,89 m
	A_g	$0,99 \text{ m} \times 0,89 \text{ m}$	= 0,881 1 m ²
Feststehender Teil	Breite	$1,20 \text{ m} - 2 \times 0,025 \text{ m}$	= 1,15 m
	Höhe	$1,10 \text{ m} - 2 \times 0,025 \text{ m}$	= 1,05 m
	A_g	$1,15 \text{ m} \times 1,05 \text{ m}$	= 1,207 5 m ²

E.3.2 Bewertung der Werte für U_g

Für die weiteren Berechnungen wird angenommen, dass:

$$U_g = 1,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

E.3.3 Definition von l_g und Beurteilung der Werte für Ψ_g und $\Psi_{m,f}$ und $\Psi_{t,f}$

Umfangslänge	l_g		
beweglicher Teil	$l_{f,g}$	$2 \times 0,99 \text{ m} + 2 \times 0,89 \text{ m}$	= 3,76 m
feststehender Teil	$l_{t,g} + l_{m,g}$	$2 \times 1,15 \text{ m} + 2 \times 1,05 \text{ m}$	= 4,40 m

Die Werte für Ψ können Anhang A dieser Norm entnommen oder nach EN ISO 10077-2 berechnet werden.

(Siehe Tabelle B.1, B.3 und B.5 dieser Europäischen Norm)

$\Psi_{f,g}$	beweglicher Teil	0,11 W/(m·K)
$\Psi_{m,g}$ $\Psi_{t,g}$	unbeweglicher Teil	0,17 W/(m·K)
$\Psi_{m,f}$	Typ D2	0,07 W/(m K)
$\Psi_{t,f}$	Typ D2	0,07 W/(m K)

E.4 Paneele

E.4.1 Definition und Beurteilung der Flächen

Breite	1,20 m – 2 x 0,025 m	= 1,15 m
Höhe	1,10 m – 2 x 0,025 m	= 1,05 m
Fläche A_p	1,15 m x 1,05 m	= 1,207 5 m ²

E.4.2 Beurteilung der Werte für U_p

Der U-Wert eines Paneels kann nach prEN ISO 6964 beurteilt werden. Für das in E.2 dargestellte Paneel ergibt sich:

$$U_p \quad 0,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

E.4.3 Definition von l_p und Beurteilung der Werte für Ψ_p

Umfangslänge	l_p	2 x 1,15 m + 2 x 1,05m	= 4,40 m
--------------	-------	------------------------	----------

Die Werte für Ψ_p können Anhang B, Tabelle B.5 entnommen oder nach EN ISO 10077-2 berechnet werden. Für das in E.3 dargestellte Paneel ergibt sich:

$$\Psi_p \quad 0,18 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

E.4.4 Berechnung eines ganzen Elementes

Tabelle E.1 — Darstellung der Werte für das Berechnungsbeispiel

	A m ²	U W/(m ² ·K)	l m	Ψ W/(m·K)	$A \cdot U$ W/K	$\Psi \cdot l$ W/K
Pfosten	A_m 0,165 0	U_m 2,2			0,363	
Riegel	A_t 0,172 5	U_t 1,9			0,328	
Rahmen	A_f 0,326 4	U_f 2,4			0,783	
Pfosten-Rahmen			$l_{m,f}$ 2,20	$\Psi_{m,f}$ 0,07		0,154
Riegel-Rahmen			$l_{t,f}$ 2,20	$\Psi_{t,f}$ 0,07		0,154
Verglasung						
– beweglicher Teil	A_g 0,881 1	U_g 1,2	$l_{f,g}$ 3,76	Ψ_g 0,11	1,057	0,414
– feststehender Teil	A_g 1,207 5	U_g 1,2	$l_{m,g}$ 4,40 $l_{t,g}$	Ψ_g 0,17	1,449	0,748
Paneel	A_p 1,207 5	U_p 0,46	l_p 4,40	Ψ_p 0,18	0,556	0,792
Gesamtbetrag	A_{cw} 3,96				4,536	2,262
$A_{cw} \cdot U_{cw} = \sum A \cdot U + \sum \Psi \cdot l =$					6,80	
$U_{cw} = \frac{\sum A \cdot U + \sum \Psi \cdot l}{A_{cw}} = 6,80/3,96 =$					1,7 (1,72)	

Anhang F (informativ)

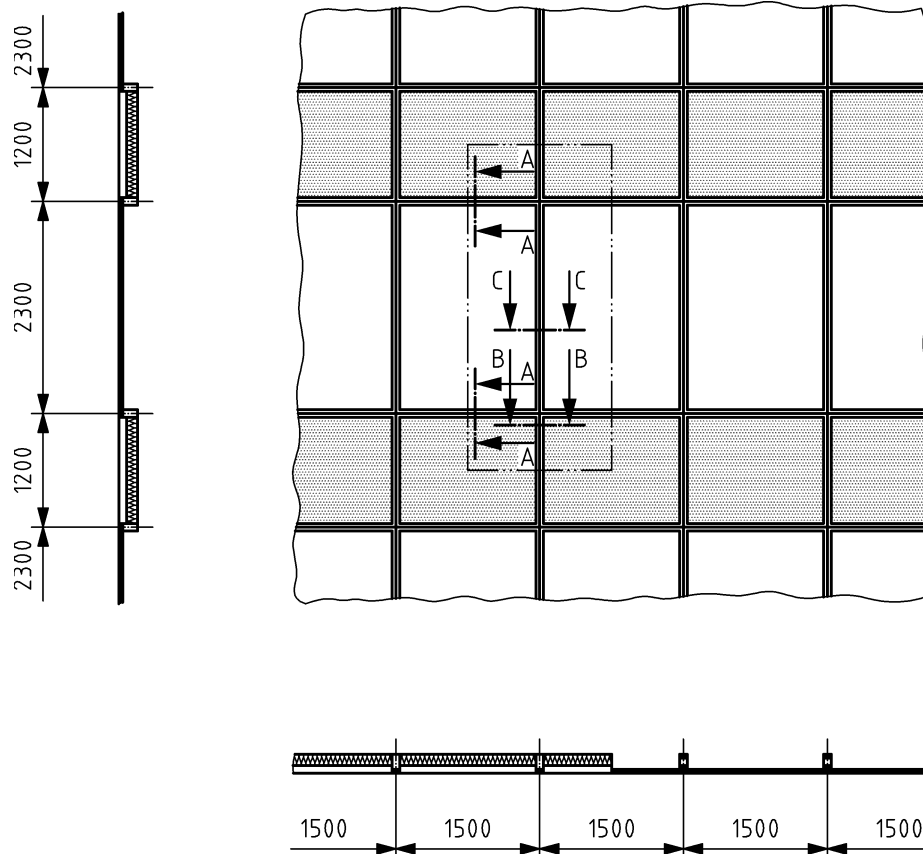
Vereinfachtes Beurteilungsverfahren: Beispiel für die Berechnung

F.1 Allgemeine Beschreibung der Beispiele

Dieser Anhang enthält ein Beispiel für die Berechnung eines Vorhandfassadenmoduls, die nach dem in 6.2 festgelegten vereinfachten Beurteilungsverfahren durchgeführt wird. Diesem Beispiel wird eine SG-Verglasung mit Silikonverklebung zu Grunde gelegt.

Die Berechnungen basieren auf den angegebenen Maße des Paneels.

Maße in Millimeter



Legende

- A-A Anschluss Wetterschenkel/Decke-Riegel
- B-B Anschluss Pfosten-Paneel
- C-C Anschluss Pfosten-Verglasung

Bild F.1 — Geometrie des Fassadenmoduls

Tabelle F.1 — Maße des Paneels

Paneel	Maße mm
Höhe des Fassadenmoduls	3 500
Breite des Fassadenmoduls	1 500
Höhe der Fensterbrüstung	1 200

F.2 Auf den Mittenbereich der Verglasung bezogener U-Wert

Für diese Berechnung wird folgende Verglasung verwendet:

Außenseitige Glasscheibe: 8 mm, Glas mit niedrigem Emissionsgrad ($\varepsilon_n = 0,04$); Hohlraum: 16 mm, luftgefüllt; raumseitige Glasscheibe: 5 mm, klares Glas

Für diese Verglasung wurde eine eindimensionale Berechnung des auf den Mittenbereich bezogenen U-Wertes nach EN 673 durchgeführt. Danach beträgt der eindimensionale Wärmedurchgangskoeffizient dieser Verglasung:

$$U_g = 1,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}.$$

F.3 Auf den Mittenbereich der Fensterbrüstung bezogener U-Wert

Der eindimensionale Wärmedurchgangskoeffizient des Paneels beträgt $U_p = 0,38 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ (nach prEN 6946).

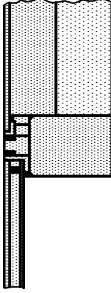
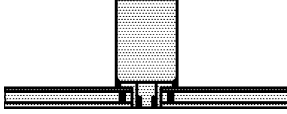
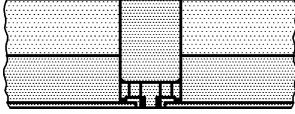
F.4 U-Werte von Anschlüssen

Die Anschlüsse wurden unter Anwendung einer zweidimensionalen FEA-Analyse modelliert. Die Materialeigenschaften wurden EN ISO 10077-2:2003, Anhang A entnommen.

Die Verglasung wurde mit Abstandhaltern aus Aluminium modelliert.

Der zu bewertende U-Wert des Anschlusses U_{TJ} stellt den Wärmeverlust durch den Rahmen zuzüglich aller wärmetechnischen Einflüsse infolge der thermischen Wechselwirkung zwischen Glas, Rahmen und Paneel dar. Die projizierte Breite des Anschlusses (rechtwinklig zur Richtung des Paneels) mit Ausnahme der Dichtungen der Verglasung wird zwischen den beiden Paneelen gemessen. Für jedes Modell wird die projizierte Breite der Anschlüsse zusammen mit dem U-Wert des Anschlusses angegeben.

Tabelle F.2 — U-Werte von Anschlüssen

Bauteil	Anschluss Decke-Riegel (gleich dem Anschluss Wetterschenkel-Riegel in dieser Gleichung)	Anschluss Pfosten- Verglasung	Anschluss Pfosten- Paneel
			
U_{TJ} in $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{TJ} = 9,97 W/(m^2 \cdot K)$	$U_{TJ} = 9,71 W/(m^2 \cdot K)$	$U_{TJ} = 9,66 W/(m^2 \cdot K)$
A_{TJ} in m	$b_{TJ} = 0,092$ m	$b_{TJ} = 0,092$ m	$b_{TJ} = 0,092$ m

F.5 Gesamt-U-Wert der Vorhangfassade

Zur Berechnung des Gesamt-U-Wertes werden die U-Werte aller Rahmen, Verglasungen und Paneele nach der Fläche gewichtet.

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_{TJ} U_{TJ}}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_{TJ}} \quad (F.1)$$

Tabelle F.3 — Gesamt-U-Wert der Vorhangfassade

Bauteile	U-Wert $W/(m^2 \cdot K)$	A m^2	U · A W/K
Anschluss Decke-Riegel	9,97	0,13	1,29
Anschluss Wetterschenkel-Riegel	9,97	0,13	1,29
Anschluss Pfosten-Glas	9,71	0,21	2,05
Anschluss Pfosten-Paneel	9,66	0,11	1,07
Mittenbereich Fensterbrüstung	0,37	1,56	0,58
Mittenbereich Verglasung	1,40	3,11	4,35
	Gesamt-U-Wert	5,25	10,63
Gesamt-U-Wert der Vorhangfassade $U_{cw} = 2,0 W / (m^2 \cdot K)$			

Literaturhinweise

- [1] *U_F-values for thermal break metal profiles of window systems*, ift Guideline WA-01engl/2, ift Rosenheim, Februar 2005
- [2] *U_F-values for PVC profile sections of window systems*, ift Guideline WA-02engl/3, ift Rosenheim, Februar 2005
- [3] *U_F-values for thermal break metal profile of facade systems*, ift Guideline WA-03engl/3, ift Rosenheim, Februar 2005
- [4] prEN ISO 10456, *Baustoffe und -produkte — Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften — Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO/DIS 10456:2005)*