

Merkblatt Fenster

Das Fenster im Energienachweis



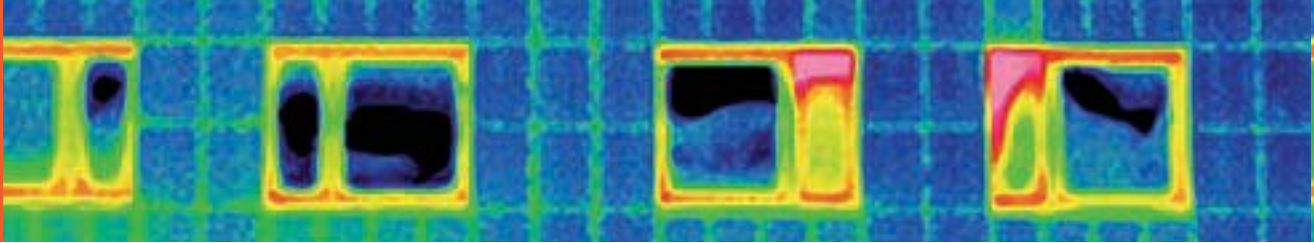
Fenster sind wichtige Elemente der Gebäudehülle. Ihr Einfluss auf den Energiebedarf, auf den sommerlichen Wärmeschutz und auf die Behaglichkeit ist erheblich. In diesem Merkblatt sind jene Anforderungen an ein Fenstersystem zusammengefasst, die sich auf den Heizwärmebedarf auswirken. Dieses Merkblatt dient insbesondere Planenden bei der energetischen Optimierung von Bauprojekten sowie beim Energie-Nachweis.

Inhalt

- Grundlagen zur Bestimmung des Fenster-*U*-Werts
- Einzelbauteilnachweis
- Systemnachweis
- Einbau des Fensters
- Weitere Informationen
- *U*-Werte von Fenstern (Rechenwerte)
- Empfehlungen
- Wichtige Informationen

Seite

- 2
- 3
- 4
- 7
- 8
- 10
- 14
- 16



Grundlagen zur Bestimmung des Fenster-U-Werts (U_w)

Ein Fenster stellt eine inhomogene Konstruktion mit unterschiedlichen Wärmedämmeigenschaften der Teilkomponenten dar. Die U -Werte von Rahmen und Glas gehen flächengewichtet in die Berechnung ein; die Wärmebrückenwirkung des Glasrandverbunds wird mit einem linearen Wärmedurchgangskoeffizienten berücksichtigt.

U -Wert Verglasung (U_g)

Der Wärmedurchgangskoeffizient einer Verglasung wird mit U_g bezeichnet und nach EN 673 deklariert. Für übliche 2-fach-Wärmeschutzverglasungen werden Werte von 1,1 W/m²K, bei 3-fach-Verglasungen mit Argonfüllung Werte bis 0,6 W/m²K erreicht.

U -Wert Fensterrahmen (U_f)

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient von Fensterrahmen wird mit U_f bezeichnet. Der Wert ist vom Material des Rahmens und der Profilgestaltung abhängig. Die Bestimmung des mittleren U_f -Wertes des Fensterrahmens erfolgt gemäss SIA 331, Anhang B.

Glasrandverbund (Ψ_g)

Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient des Glasrandverbunds wird mit Ψ_g bezeichnet. Abstandhalter sind aus Edelstahl, Kunststoff oder Aluminium gefertigt und weisen in Abhängigkeit vom Rahmenmaterial und Verglasung unterschiedliche Werte auf.

Fensterfläche A_w

Als massgebende Fensterfläche A_w gilt das lichte Mass der Wand- bzw. Dachöffnung; diese Fläche wird ebenfalls als Netto-Fensterabmessung bezeichnet. Sie ist für die Bestimmung des Fenster- U -Wertes massgebend.

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l}{A_w}$$

U, Ψ	= Wärmedurchgangskoeffizienten		
Masse	A = Fläche,	l = Länge	
Index	w = Fenster,	f = Rahmen,	g = Glas

Tabelle 1: U_w -Wert-Berechnung

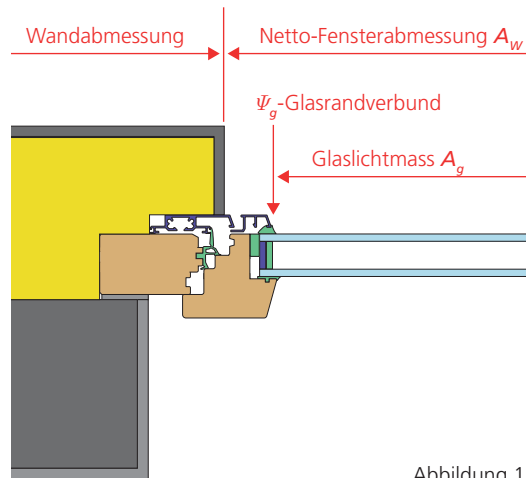


Abbildung 1

Nachweisverfahren

Für den Nachweis der energetischen Massnahmen sind gemäss SIA 380/1:2009 zwei Verfahren möglich:

- Einzelbauteilnachweis – vereinfachtes Verfahren: Einhaltung der Bauteileinzelanforderungen
- Systemnachweis: Einhaltung der Systemanforderung Heizwärmebedarf $Q_{h,II}$ für das Gebäude

Gesamtenergiedurchlassgrad (g_{\perp})

Der g -Wert definiert den Anteil der Sonnenstrahlung, der durch das Glas durchgelassen wird. Als Kennwert für die Verglasung wird der Gesamtenergiedurchlassgrad für senkrecht einfallende Strahlung g_{\perp} verwendet. Er ist für die Beurteilung einer Verglasung in Bezug auf die Gesamtenergiebilanz entscheidend. Erhältlich ist eine Vielfalt von Produkten mit unterschiedlichen g -Werten.

Berechnungstool

Für die Berechnung von Fenster- U -Werten steht das Berechnungstool der Konferenz Kantonalen Energiefachstellen kostenlos zur Verfügung. Dieses kann auf der Webseite der Energiedirektorenkonferenz heruntergeladen werden.

www.endk.ch

Einzelbauteilnachweis

Anwendungsbereich

Der Einzelbauteilnachweis kann nicht angewendet werden bei:

- Vorhangfassaden
- Verwendung von Sonnenschutzgläsern mit $g_{\perp} < 0,3$

Vorhangfassaden: Das lichte Mass, also die Fensterfläche, ist bei Vorhangfassaden nicht definiert. Daher ist der Einzelbauteilnachweis nicht zulässig.

Berechnung Einzelbauteil-U-Wert Fenster (U_w)

Im Einzelbauteilnachweis wird der U_w -Wert für ein 2-flügliges Fenster in der Norm-Fenstergrösse von 1,55 auf 1,15 m berechnet. Für die Ermittlung des Glasanteils müssen die spezifischen Einbaumasse berücksichtigt werden.

Vereinfachung: Ohne Nachweis der spezifischen Einbaumasse kann das Normfenster mit einem Glasanteil von 75 % berechnet werden.

Beispiele

Ein U_w -Wert $\leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ist möglich mit:

- Fenstersystem mit Glasanteil von 75 %:

$$U_g \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}; U_f \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K};$$

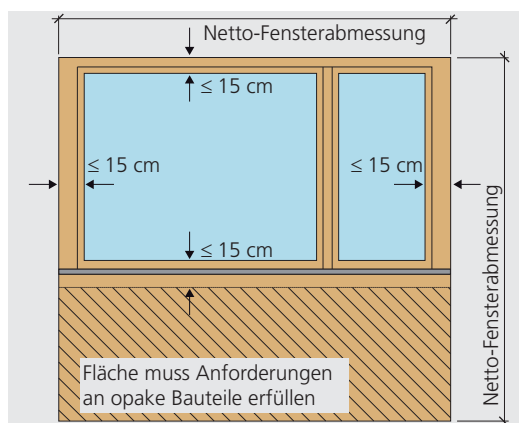
$$\Psi_g \leq 0,045 \text{ W/mK}$$

- Fenstersystem mit Glasanteil von 75 %:

$$U_g \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}; U_f \leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K};$$

$$\Psi_g \leq 0,050 \text{ W/mK}$$

Bei der Bestimmung des U -Wertes des Fensters für den Einzelbauteil-Nachweis darf neben der Verglasung nur ein Rahmen von allseits maximal 15 cm Breite zum Fenster gerechnet werden (Abbildung 2). Breitere Bauteile wie Rahmenverbreiterungen oder Paneele müssen, auch wenn sie innerhalb der Netto-Fensterabmessung liegen, die Anforderungen an übliche opake Bauteile respektive an Storenkasten erfüllen.



Grenzwert U_{ii}

In der Norm SIA 380/1 sind die energetischen Anforderungen an Bauteile der Gebäudehülle definiert. Die Grenzwerte U_{ii} gelten für die Gebäudekategorien mit der Standard-Raumtemperatur (θ_i) von 20 °C. Bei Gebäuden oder Gebäudeteilen, deren Standard-Raumtemperatur von 20 °C abweicht, werden die Grenzwerte U_{ii} angepasst. Pro 1 K Abweichung wird der Grenzwert um 5 % reduziert bzw. erhöht.

Beispiele für Korrektur Grenzwert U_{ii}

- Gebäudekategorie Industrie ($\theta_i = 18 \text{ °C}$):

U_{ii} von 1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$ wird um 10 % erhöht,

U_{ii} Industrie = 1,43 $\text{W/m}^2\text{K}$, gerundet

1,4 $\text{W/m}^2\text{K}$.

- Gebäudekategorie Hallenbad ($\theta_i = 28 \text{ °C}$):

U_{ii} von 1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$ wird um 40 % reduziert,

U_{ii} Hallenbad = 0,78 $\text{W/m}^2\text{K}$, gerundet

0,8 $\text{W/m}^2\text{K}$.

Storenkasten

Der Storenkasten wird nicht in den U_w -Wert des Fensters eingerechnet, sondern als separates Bauteil nachgewiesen. Der Grenzwert U_{ii} beträgt 0,5 $\text{W/m}^2\text{K}$.

Nachweis Höchstanteil, Anforderungen an Fenster

Wenn im Nachweis «Höchstanteil an nicht erneuerbare Energien» eine der Standardlösungen mit erhöhten Anforderungen an die Gebäudehülle gewählt wird, ist für die Fenster ein U_w -Wert von 1,0 $\text{W/m}^2\text{K}$ einzuhalten.

Beispiel

Der U_w -Wert $\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ kann wie folgt erreicht werden:

- Fenstersystem mit Glasanteil von 75 %:

$$U_g \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}; U_f \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K};$$

$$\Psi_g \leq 0,045 \text{ W/mK}$$

Fenster, Fenstertüren und Türen

gegen Aussenklima	1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$
gegen unbeheizte Räume	1,6 $\text{W/m}^2\text{K}$

gegen Aussenklima	1,0 $\text{W/m}^2\text{K}$
gegen unbeheizte Räume	1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$

mit vorgelagerten Heizkörpern

gegen Aussenklima	1,0 $\text{W/m}^2\text{K}$
gegen unbeheizte Räume	1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$

Für den Nachweis stehen zwei Wege offen – der Einzelbauteilnachweis und der Systemnachweis (Seite 4).

Tabelle 2: Grenzwerte U_{ii} für Fenster und Türen gemäss Norm SIA 380/1

Abbildung 2: Fenster mit angrenzendem Bauteil

Systemnachweis

In der Berechnung des Heizwärmebedarfs werden für das Bauteil Fenster sowohl die Wärmedämmeigenschaften (Wärmeverluste) wie auch die solaren Gewinne berücksichtigt.

In der Norm SIA 380/1:2009 sind verschiedene Rechenwerte und damit zusammenhängende Vorgaben festgelegt.

Rechenwerte solare Gewinne

Rechenwerte sind typische Werte für bestimmte Eingabedaten, diese vereinfachen die Berechnung des Heizwärmebedarfs. Folgende Rechenwerte sind für die Berechnung des solaren Wärmegevinns relevant:

- Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung
- Abminderungsfaktor für Fensterrahmen
- Verschattungsfaktoren

Gesamtenergiedurchlassgrad g_{\perp}

Nach Norm SIA 380/1, 3.5.4.10, sind Rechenwerte gemäss Tabelle 3 zu verwenden. Die Verwendung von besseren Werten ist nachzuweisen. Zu beachten sind insbesondere tiefere Werte für g_{\perp} bei Verglasungen mit stärkeren Gläsern und deren Beschichtungen. Im Systemnachweis wird der Wert g_{\perp} mit dem Faktor 0,9 abgemindert (Kompensation Einfallswinkel und Verschmutzung).

Art der Verglasung		Wert g_{\perp}
2-IV	Klarglas	0,75
2-IV-IR	Wärmeschutzglas	0,55
3-IV	Klarglas	0,70
3-IV-IR	Wärmeschutzglas	0,45

Tabelle 3: Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung (Wert g_{\perp})

Abminderungsfaktor für Fensterrahmen F_f

Bei der Berechnung der solaren Wärmegevinne ist die Glasfläche A_g (Durchblicksfläche) des Fensters massgebend. Der Anteil «Glasfläche A_g zur Fensterfläche A_w » wird mit dem Abminderungsfaktor F_f berücksichtigt. Als Vereinfachung kann ein Abminderungsfaktor von 0,7 eingesetzt werden. Wenn Werte für $F_f \geq 0,7$ eingesetzt werden, sind diese anhand von detaillierten Unterlagen zu belegen.

Verschattungsfaktor F_s

Der Verschattungsfaktor berücksichtigt die Minderung der Sonneneinstrahlung aufgrund der Topografie, anderen Gebäuden und festen baulichen Elementen am eigenen Gebäude wie Balkone, usw. Der Verschattungsfaktor F_s setzt sich aus drei Teilfaktoren zusammen (Tabelle 4). Die Rechenwerte für F_{s1} , F_{s2} und F_{s3} sind der Norm SIA 380/1, Tabellen 18 bis 20 zu entnehmen. Ergeben sich im Projekt grössere Winkel, als in den Tabellen aufgeführt, kann mit dem grössten Winkel der entsprechenden Tabelle gerechnet werden. Verschattungsfaktoren von Fenstern gegen unbeheizte Räume und gegen benachbarte beheizte oder gekühlte Räume werden gleich Null gesetzt. Dies gilt auch für Glasvorbauten und Atrien.

F_{s1}	Verschattungsfaktor Horizont
F_{s2}	Verschattungsfaktor Überhang
F_{s3}	Verschattungsfaktor Seitenblende

$$F_s = F_{s1} \cdot F_{s2} \cdot F_{s3}$$

Tabelle 4: Verschattungsfaktoren

■ **Verschattungsfaktor «Horizont» F_{S1}**

Der Verschattungsfaktor «Horizont» für umliegende Gebäude und Topografie wird fassadenweise bestimmt. Der Horizontwinkel α wird auf die Fassadenmitte bezogen.

Ohne speziellen Nachweis müssen für die Bestimmung von F_{S1} folgende Werte verwendet werden:

■ Wenn die Zonenvorschrift drei- oder mehrgeschossige Nachbarbauten zulässt oder wenn die Nachbarbauten höher sind als der zu berechnende Bau: Horizontwinkel $\alpha = 30^\circ$.

■ Andernfalls Horizontwinkel $\alpha = 20^\circ$

Diese Praxisregelung gilt, wenn kein anderer Wert nachgewiesen werden kann.

Abbildung 3 zeigt anhand von zwei Situationen die Auswirkung von Gebäudehöhen und Gebäudeabständen auf den Verschattungsfaktor F_{S1} . Auch Eigenverschattungen von Bauten sind zu berücksichtigen (Abbildung 4).

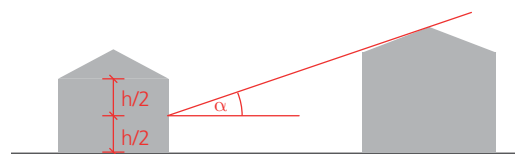
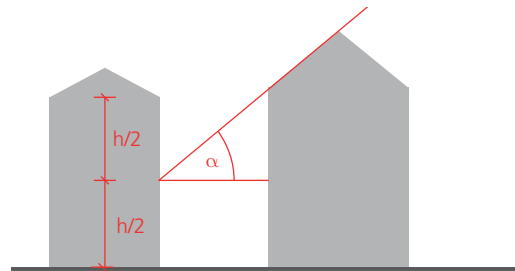


Abbildung 3: Schnitt

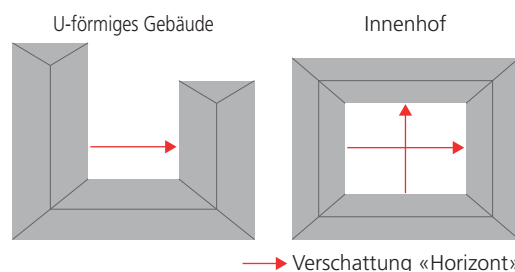


Abbildung 4: Dachaufsicht

■ **Verschattungsfaktor «Überhang» F_{S2}**

Der Verschattungsfaktor «Überhang» berücksichtigt auskragende Verschattungselemente an der Fassade. Der Faktor wird fensterweise und auf die Fenstermitte bezogen bestimmt (Abbildung 5).

Typische Beispiele sind Balkonplatten und Vordächer. Bei der Verschattung des Fensters ist dessen Lage innerhalb der Aussenwand zu beachten.

Ab einer Leibungstiefe von mehr als 30 cm ist die Verschattung einzurechnen. Dies folgt aus der Definition der Messebene für die thermische Gebäudehülle nach Norm SIA 416/1, 2.3.4.

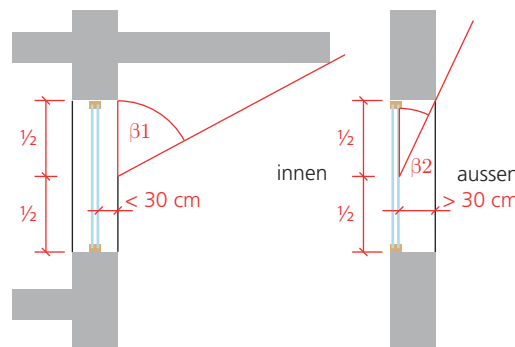


Abbildung 5: Schnitt

■ **Verschattungsfaktor «Seitenblende» F_{S3}**

Mit dem Verschattungsfaktor «Seitenblende» werden seitliche Verschattungen berücksichtigt. Der Faktor wird fensterweise und auf die Fenstermitte bezogen bestimmt (Abbildung 6). Bei beidseitigen Blenden gegen Süden sind die Werte miteinander zu multiplizieren. Typische Beispiele sind nach innen versetzte Balkone oder Fassadenrücksprünge. Auch hier gilt, wie beim Überhang, dass bei einer Leibungstiefe von mehr als 30 cm analog zur Messebene der thermischen Gebäudehülle nach Norm SIA 416/1 die Verschattung eingerechnet werden muss (Abbildung 7).

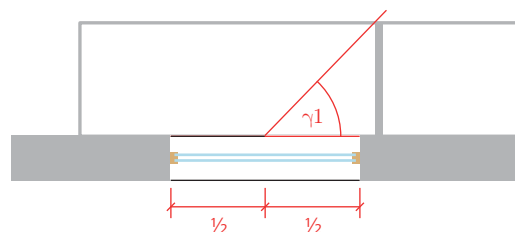


Abbildung 6: Grundriss

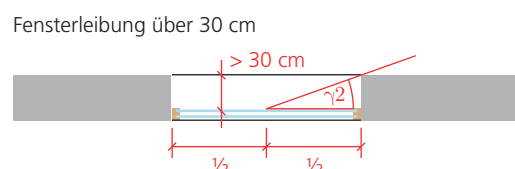


Abbildung 7: Grundriss



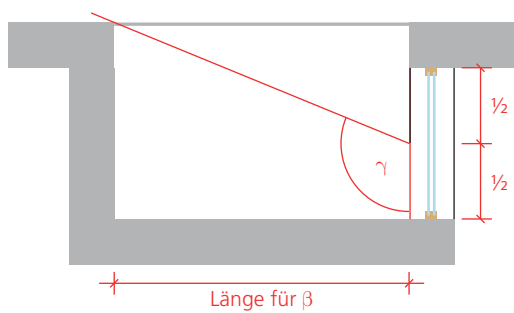
Tabelle 5: Verschattungsfaktoren Seitenblende F_{s3} bei Fensterleibungen. Die folgende Tabelle stellt einen einfachen Vergleich dar. Für Südfenster wurden die beiden Rechenwerte bereits miteinander multipliziert.

Leibungstiefe	Fensterbreite								
	0,80 m			1,50 m			2,20 m		
	Süd	Ost/West	Nord	Süd	Ost/West	Nord	Süd	Ost/West	Nord
0,30 m	0,62	0,88	1,00	0,85	0,94	1,00	0,88	0,96	1,00
0,60 m	0,31	0,77	1,00	0,59	0,87	1,00	0,77	0,92	1,00

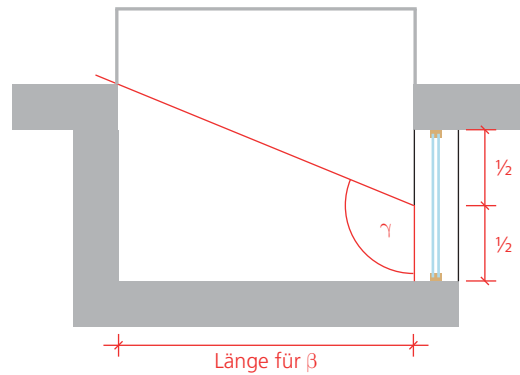
Verschattungsfaktoren bei nach innen versetzten Fenstern: Bei Loggias respektive nach innen versetzten Balkonen ist für jedes Fenster der Überhang F_{s2} und die Seitenblende F_{s3} zu berücksichtigen (Abbildung 8).

Verschattung der Glasflächen durch vorge-setzte Elemente: Wenn die solare Einstrahlung durch fixe Beschattungen beeinträchtigt wird, ist der Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung entsprechend zu reduzieren, (Absturzsicherungen vor Balkontüren oder der Glasfläche vorge-setzte Holz-Lamellen, usw.).

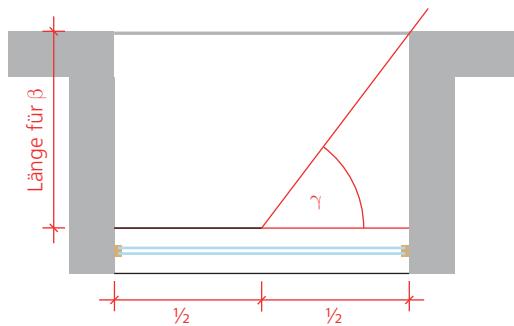
Loggia; Fenster seitlich; Grundriss



Balkon; Fenster seitlich; Grundriss



Loggia; Fenster innen; Grundriss



Balkon; Fenster innen; Grundriss

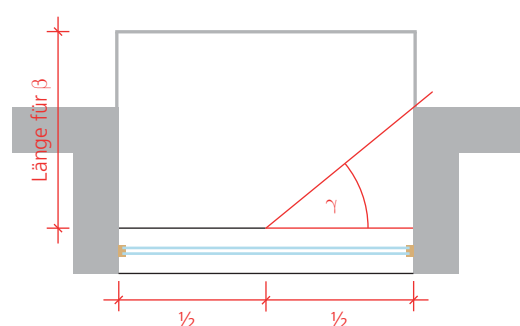


Abbildung 8: Grundrisse

Fenster – Einbau

Fenster optimal einbauen

- Der Einbau der Fenster bedarf der vollen Aufmerksamkeit hinsichtlich Planung und konstruktiver Ausführung.
- Die Norm SIA 380/1 verlangt die Berücksichtigung von Wärmebrücken. Bei einem Einzelbauteilnachweis ist für den Fensteranschlag der Grenzwert von $0,10 \text{ W/mK}$ einzuhalten (siehe «Checkliste Wärmebrücken» der Kantone).
- Durch eine ungünstige Einbausituation können die Anstrengungen für die Verbesserung der Glasqualität und des Fensterrahmens grossteils zunichte gemacht werden.

Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Teile der Gebäudehülle mit signifikant geringerem Wärmedurchlasswiderstand im Vergleich zur ungestörten Aussenwandfläche. Sie führen in der Regel zu erhöhten Wärmeverlusten und sollten wenn möglich durch konstruktive Massnahmen vermieden werden. Beim Fensteranschlag (Übergang von Fenster zu Aussenwand) lässt sich die Wärmebrücke nicht vollständig vermeiden, jedoch deren Einfluss reduzieren.

Einfluss Fensteranschlag auf den Ψ_w -Wert

Die folgenden Einbaubedingungen beeinflussen den Ψ_w -Wert des Fensteranschlags:

- U -Wert der angrenzenden Aussenwand und des Fensterrahmens
- Qualität der Anschlusskonstruktion
- Tiefe und Dämmstärke der Leibung

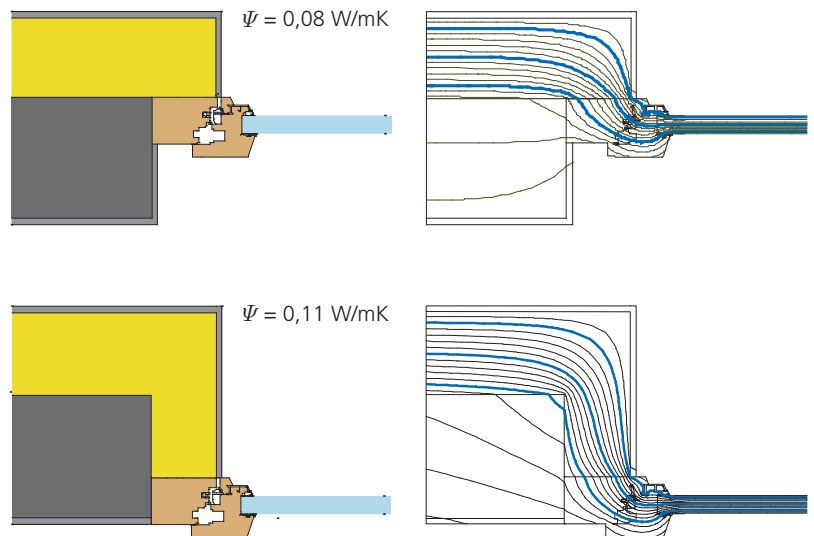


Abbildung 9: Einfluss auf die Wärmebrücke, dargestellt am Beispiel einer Aussenwand und der unterschiedlichen Anschlagsart des Fensterrahmens. Die Werte beziehen sich auf Fensterrahmen; $U_f = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Die beste Positionierung des Fensterrahmens hinsichtlich geringer Wärmeverluste ist in der Dämmebene der Wandkonstruktion. Der Blendrahmen ist möglichst weit zu überdämmen (Abbildung 9).



Weitere Informationen

Dachflächenfenster: Die Normgrösse der Dachflächenfenster im Einzelbauteilnachweis-Verfahren beträgt $1,14 \text{ m} \cdot 1,40 \text{ m}$ (Aussenabmessung); berechnet wird ein einflügliges Fenster. Die U_w -Wert-Angaben der Dachflächenfenster-Anbieter basieren auf Prüf- respektive Rechenwerten dieser Norm-Fenstergrösse. In einer gut gedämmten Dachfläche bedeuten Dachflächenfenster energetische Schwachstellen. Es ist wichtig, dass möglichst Fenstertypen mit tiefen U_w -Werten eingesetzt werden; die Anschlüsse an den Baukörper sind sorgfältig zu lösen (Dämmung, Luftdichtigkeit).

Lichtkuppeln: Lichtkuppeln sind in zwei-, drei- oder vierschali ger Ausführung erhältlich, die U -Werte liegen zwischen $1,5$ und $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kann der geforderte Grenzwert für Fenster von $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ beim Einzelbauteilnachweis nicht eingehalten werden, ist immer ein Systemnachweis erforderlich.

Profilglas: Profilglas ist in unterschiedlicher Qualität erhältlich. Ein doppelschaliges Element hat einen U -Wert von ca. $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$; dies bei einem Gesamtenergiedurchlassgrad von $0,68$. Mit folgenden Massnahmen kann die Wärmedämmfähigkeit verbessert werden:

■ Beschichtung einer Oberfläche ($U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g_{\perp} = 0,60$)

■ Beschichtung einer Oberfläche und Ausfüllen der Zwischenräume mit transparenter Wärmedämmung ($U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g_{\perp} = 0,30$)

Glasbausteine: Glasbausteine sind transluzente Bauteile, im Energienachweis werden diese jedoch als opakes Bauteil berücksichtigt. Der U -Wert dieser Bauteile liegt zwischen $3,2$ und $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, ein Einzelbauteilnachweis ist somit bei der Verwendung von Glasbausteinen nicht zulässig.

Vorhangfassade: Gesamtsystem, bestehend aus vertikalen und horizontalen, miteinander verbundenen, im Baukörper verankerten und mit Ausfachungen ausgestatteten Bauteilen, die eine leichte, raumumschliessende und ununterbrochene Hülle bilden. Diese erfüllt selbständig oder in Verbindung mit dem Baukörper alle üblichen Funktionen einer Aussenwand, sie trägt jedoch nicht zu den lastaufnehmenden Eigenschaften des Baukörpers bei. Sie wird in der Regel aus Metall, Holz oder Kunststoff hergestellt. Ein Gesamtsystem kann auch Massnahmen für Sonnenschutz, aktive Sonnenenergienutzung, Antriebe und Steuerungen umfassen.

Thermischer Komfort im Winter: Der thermische Komfort im Winter ist nicht nur von der Raumlufttemperatur abhängig sondern auch von den Oberflächentemperaturen der raumumschliessenden Bauteile – und somit der Wärmedämmfähigkeit der umschliessenden Hülle. Die Anforderungen sind in der Norm SIA 180:1999, Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau, aufgeführt.

Kaltluftabfall: An der kalten Oberfläche eines Fensters kühlt sich die Raumluft ab und fällt nach unten. Je nach Oberflächentemperatur und Höhe des Fensters kann die Luftgeschwindigkeit Werte annehmen, die oberhalb des Grenzwerts für das Zugempfinden bei einer bestimmten Raumtemperatur liegen und damit den Aufenthalt in Fenster Nähe negativ beeinflussen. Als Beurteilungsgrösse wird die Luftgeschwindigkeit herangezogen. Die Höhe und der U -Wert des Fensters beeinflussen die Luftgeschwindigkeit wesentlich. Entscheidend ist die Luftgeschwindigkeit in der Arbeitszone, das heisst etwa $1,0 \text{ m}$ von der Aussenwand entfernt. Bei geschosshohen und höheren Fenstern ist es wichtig, den Kaltluftabfall genau zu überprüfen. Es empfiehlt sich, bei solchen Fenstern eine 3-fach-Verglasung sowie Fensterrahmen mit einem tiefen U_f -Wert einzusetzen.

Begriffe zum Fenster

Blendrahmen: Umrahmung eines Fensters, die eine Verbindung mit dem Baukörper ermöglicht.

Flügelrahmen: Der Flügel ist der mit dem Blendrahmen beweglich verbundene Teil des Fensters.

Fenstertyp: Fensterteilung und Öffnungsart, z.B. 2-flüglig (1-feldrig)

Rahmenverbreiterungen: Verbreiterung des Fenster-Blendrahmens, meist im Bereich des Storenkastens; Rahmenverbreiterungen können auch unten oder seitlich vorkommen.

Riegel (Kämpfer): Die Fensterfläche horizontal unterteilendes Rahmenstück

Pfosten (Setzstück): Die Fensterfläche vertikal unterteilendes Rahmenstück

Sommerlicher Wärmeschutz: In Anbetracht der steigenden Komfortbedürfnisse und der steigenden Aussentemperaturen ist der sommerliche Wärmeschutz wichtig.

Bei Neubauten und Umbauten muss der g -Wert des Sonnenschutzes eingehalten werden (dies gilt auch für Dachflächenfenster). Bei gekühlten Räumen oder bei Räumen, in denen eine Kühlung notwendig oder erwünscht ist, sind zudem die Anforderungen an die Steuerung und Windfestigkeit des Sonnenschutzes einzuhalten. Die Bestätigung der getroffenen Massnahmen ist Bestandteil des Energienachweises (siehe Vollzugshilfe der Kantone).

Sonnen- und Blendschutzsysteme: Primäre Aufgabe eines Sonnenschutzsystems ist der Schutz des Innenraums vor Überhitzung durch solare Einstrahlung. Bei Arbeitsplätzen bestehen weitere Anforderungen wie beispielsweise an einen funktionalen Blendschutz. Wichtig ist, dass bei direkter Sonneneinstrahlung das hohe Tageslichtangebot zur Raumbelichtung genutzt wird. Bei Fassaden, die stark verschattet sind, ist die Steuerung pro Geschoss einer Steuerung pro Fassade vorzuziehen.

Sonnenschutzverglasungen: Sonnenschutzverglasungen sind Isolierverglasungen mit einer speziellen Beschichtung, die tiefe g -Werte aufweisen. Ist der Gesamtenergiedurchlassgrad kleiner als 0,3, ist der Einzelbauteilnachweis nicht zulässig.

Gebäude mit hohem Glasanteil: Bei Gebäuden mit hohem Glasanteil gilt es, die thermische Behaglichkeit im Sommer und im Winter zu gewährleisten und gleichzeitig den Wärmebedarf im Winter als auch den Kühlbedarf im Sommer möglichst tief zu halten. Das Merkblatt SIA 2021:2002 «Gebäude mit hohem Glasanteil», und die dazugehörige Dokumentation D 0176 behandeln dieses Thema ausführlich.

Solare Nutzung: Mit möglichst vielen Südfenstern kann der Heizwärmebedarf und somit auch der Energieverbrauch reduziert werden. Wenn diese Fenster jedoch im Winter verschattet sind, ist eine unverschattete Ost- oder Westorientierung bezüglich Nutzung der Solarenergie besser als die Südorientierung.

MINERGIE®-Modul Fenster: Mit einem Gesamt- U -Wert von $U_w \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ garantieren MINERGIE®-Fenster neben der Energieeinsparung einen hohen thermischen Komfort. Weitere Informationen siehe www.minergie.ch.

Fachbetriebe wie Fensterbauer und Schreinerereien bieten ebenfalls gute Produkte an (siehe www.fensterverband.ch).

Wichtige Kriterien für die Auswahl sind:

- 3-fach-Verglasung $U_g \leq 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Abstandhalter Edelstahl oder besser
- Möglichst hoher Glasanteil
- Fachgerechte Abdichtung beim Einbau
- Bei Sanierungen: Fensterleibungen sollten gedämmt werden.

Ausführung: Wichtig ist, die Daten nicht nur im Energienachweis richtig einzusetzen. Vielmehr ist darauf zu achten, dass die festgelegten Werte in der Ausschreibung berücksichtigt und bei der Ausführungskontrolle auch überprüft werden.

Zum Beispiel: Die Norm SIA 331:2008 «Fenster und Fenstertüren» regelt die Kennzeichnung von Isolierglaselementen. Bei diesen sind auf dem Abstandhalter folgende Angaben anzubringen:

- Hersteller
- Herstellungsdatum und/oder Produktionsnummer
- Material des Abstandhalters, sofern wärmetechnisch verbessert
- Kennzeichnungen, aus denen sich der U_g -Wert und der g -Wert durch die Angabe der Beschichtung, der Grösse des Scheibenzwischenraums und der Gasfüllung bestimmen lassen.

U_w -Werte von Fenstern (Rechenwerte)

Einzelbauteilnachweis Fenster

Beim Einzelbauteilnachweis ist der U -Wert für ein Normfenster (2-flügelig mit der Normfenstergröße von 1,55 m • 1,15 m) des geplanten Verglasungs- und Rahmentyps massgebend. Die folgende Tabelle enthält U -Werte für Normfenster mit Rahmenanteil 25 % und Edelstahl-Abstandshalter $\Psi_g = 0,06$ W/mK.

U_w -Werte für Normfenster										
Glas U_g in W/m ² K	Rahmen U_f in W/m ² K									
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8
2,9	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1
2,6	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9
2,3	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6
2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5
2,0	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
1,9	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3
1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3
1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2
1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1
1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0
1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0
1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9
1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8
1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7
1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7
0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
0,8	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5
0,7	0,95	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4
0,6	0,87	0,92	0,97	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
0,5	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3

Tabelle 6: U_w -Werte von Normfenstern in Abhängigkeit von Glas und Rahmen.

■ Werte erfüllen Anforderungen gegen unbeheizte Räume

■ Werte erfüllen Anforderungen gegen Aussenklima

Fettgedruckt: Sehr gute Werte für Fenster



U_g -Wert der Verglasung					
Verglasung	Typ (Beschichtung)	Dimension mm	U -Wert der Verglasung nach EN 673; U_g in W/m^2K		
			Luft	Argon	Krypton
2-fach	IR-E5	4-10-4	1,9	1,5	1,1
		4-12-4	1,7	1,3	1,1
		4-14-4	1,5	1,2	1,2
		4-16-4	1,4	1,2	1,2
		4-20-4	1,5	1,2	1,2
	IR-E3	4-10-4	1,8	1,5	1,0
		4-12-4	1,6	1,3	1,1
		4-14-4	1,5	1,2	1,1
		4-16-4	1,4	1,1	1,1
		4-20-4	1,4	1,2	1,1
3-fach	IR-E5 (2 Scheiben beschichtet)	4-6-6-6-4	1,6	1,3	0,9
		4-8-6-8-4	1,3	1,0	0,7
		4-10-6-10-4	1,1	0,9	0,6
		4-12-6-12-4	1,0	0,8	0,5
	IR-E3 (2 Scheiben beschichtet)	4-6-6-6-4	1,6	1,2	0,8
		4-8-6-8-4	1,3	1,0	0,7
		4-10-6-10-4	1,1	0,8	0,6
		4-12-6-12-4	0,9	0,7	0,5

■ Empfohlene Verglasungselemente

Tabelle 7: U -Werte von Verglasungen. Füllgrad der Gasfüllungen: 90% gemäss Norm EN 673.

U -Wert Rahmen

Wenn für den U -Wert des Rahmens keine überwachten Produktangaben zur Verfügung stehen, sind Werte gemäss Tabelle 8 einzusetzen.

Rechenwerte für den U -Wert des Rahmens U_f	
Rahmenmaterial	U_f in W/m^2K
Holz/Holz-Metall	1,8
Kunststoff	2,2
Wärme gedämmte Verbundprofile	2,8

Tabelle 8: Rechenwerte für den Rahmen- U -Wert U_f gemäss SIA D 0176

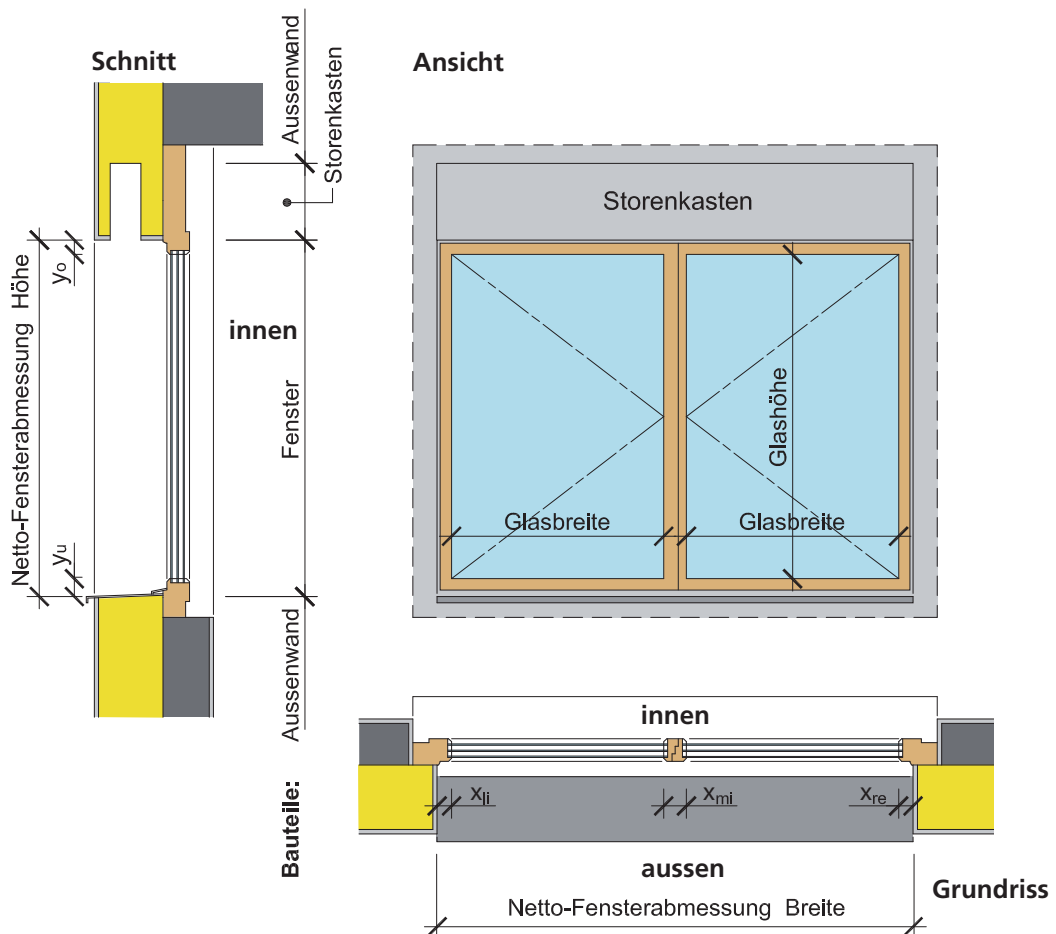
Tabellen 9 und 10: Wenn für den ψ -Wert des Glasrandverbunds keine überwachten Werte zur Verfügung stehen, sind Werte gemäss Tabellen 9 und 10 zu verwenden.
Quelle: EN ISO 10077-1:2006, Anhang E

ψ_g -Wert der Verglasung mit thermisch verbessertem Abstandhalter (Edelstahl, Kunststoff)			ψ_g -Wert der Verglasung mit Aluminium-Abstandhalter		
Rahmenwerkstoff	ψ_g -Wert in W/mK		Rahmenwerkstoff	ψ_g -Wert in W/mK	
	2- und 3-fache, unbeschichtete Verglasungen $U_g = 1,9$ bis $3,0$ W/m ² K	2- und 3-fache Wärmeschutzverglasungen $U_g = 0,5$ bis $1,8$ W/m ² K		2- und 3-fache, unbeschichtete Verglasungen $U_g = 1,9$ bis $3,0$ W/m ² K	2- und 3-fache Wärmeschutzverglasungen $U_g = 0,5$ bis $1,8$ W/m ² K
Holz- oder PVC-Rahmen	0,05	0,06	Holz- oder PVC-Rahmen	0,06	0,08
Metallrahmen mit wärmetechnischer Trennung	0,06	0,08	Metallrahmen mit wärmetechnischer Trennung	0,08	0,11
Metallrahmen ohne wärmetechnischer Trennung	0,01	0,04	Metallrahmen ohne wärmetechnischer Trennung	0,02	0,05

■ Empfohlener Glasverbund

Hinweis: Die Bezeichnung «Netto-Fensterabmessung» ist gleichbedeutend mit den Bezeichnungen in der Norm SIA 380/1: «Lichtes Mass der Wand- bzw. Dachöffnung» und Fensterfläche A_w

Abbildung 10: Glasbreite, Glashöhe (Durchblicksfläche A_g).
 x_{ji} , x_{re} : seitlicher Rahmeneinstand (Fensterleibung bis Glasfläche)
 x_{mi} : Breite Mittelpartie
 y_o : Rahmeneinstand oben (ab Unterkante Fenstersturz bis Glasfläche)
 y_u : Rahmeneinstand unten (ab Oberkante Fensterbank bis Glasfläche)



Berechnungsverfahren Fenster U_w für Systemnachweis		Berechnungsschritte	
Rahmen			
Material	Holz-Alu	$A_f = 1,40 \times 0,05 \times 1 = 0,07 \text{ m}^2$ $1,40 \times 0,18 \times 1 = 0,252 \text{ m}^2$ $1,81 \times 0,05 \times 2 = 0,181 \text{ m}^2$ $1,81 \times 0,12 \times 1 = 0,217 \text{ m}^2$ 0,72 m²	
Fabrikat	Thermoframe AG		
U -Wert Rahmen	$U_f = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$		
Projektionsfläche des Rahmens	$A_f = 0,72 \text{ m}^2$		
Verglasung			
Glasbezeichnung	IV 3-fach	$A_g = 0,59 \times 1,81 \times 2 = \mathbf{2,136 \text{ m}^2}$	
Fabrikat	Thermo1a		
Füllung Luftzwischenraum	Argon		
U -Wert Glas	$U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$		
Projektionsfläche Verglasung	$A_g = 2,14 \text{ m}^2$		
Glasrandverbund			
Material, Bezeichnung	Thermo+	$l = 0,59 \times 4 = 2,36 \text{ m}$ $1,81 \times 4 = 7,24 \text{ m}$ 9,60 m	
Fabrikat	Firma XX		
Wärmedurchgangskoeffizient	$\psi_g = 0,04 \text{ W/mK}$		
Länge Glasrandverbund total	$l = 9,6 \text{ m}$		
Projektionsfläche Fenster	$A_w = 2,86 \text{ m}^2$	$1,40 \times 2,04 = \mathbf{2,86 \text{ m}^2}$	
$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \psi_g \cdot l}{A_w} = \frac{1,2 \cdot 0,72 + 0,7 \cdot 2,14 + 0,04 \cdot 9,6}{2,86} = \mathbf{0,96 \text{ W/m}^2\text{K}}$			

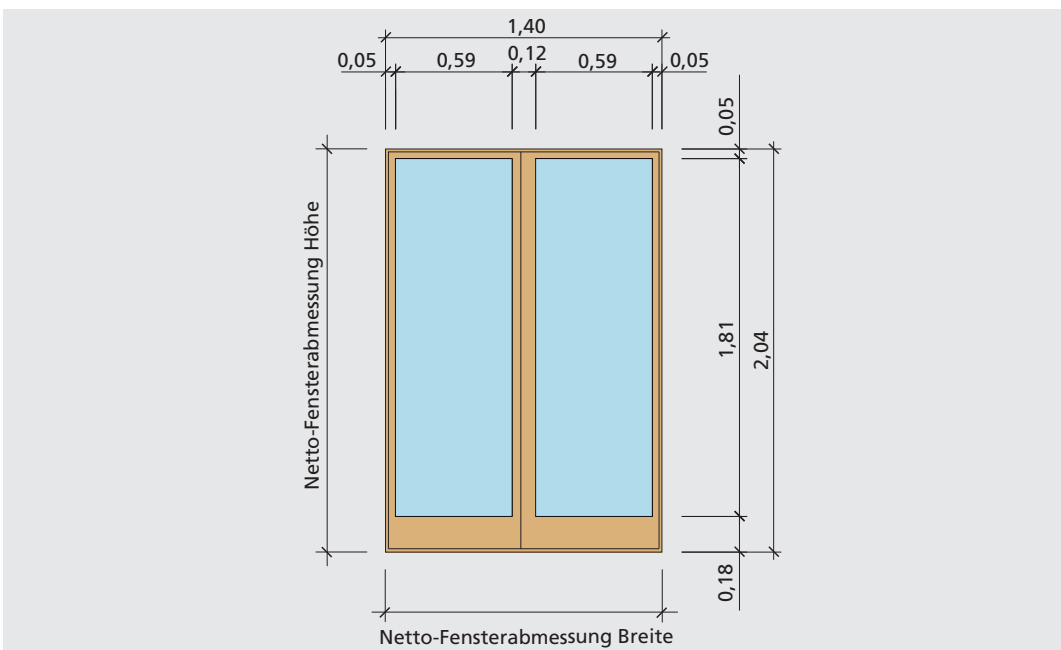


Abbildung 11: Massbild als Grundlage des Berechnungsverfahrens im Systemnachweis (spezifische Fenstergrösse)

Das Fenster als Teil der Bauhülle: Empfehlungen

Das Fenster ermöglicht die Nutzung von Tageslicht, eine sporadische Erneuerung der Raumluft und den Bezug zum Aussenraum. Dem Fenster kommt nicht nur aus wohnphysiologischen Gründen eine besondere Stellung zu, auch hinsichtlich des Energiehaushalts und der Bauphysik eines Gebäudes ist das transparente Bauteil wichtig.

Fenster haben einen in etwa 5-mal höheren U -Wert als opake Bauteile. Auf der anderen Seite kann dieser Nachteil durch Nutzung von solarer Strahlungswärme mehr als kompensiert werden. Voraussetzung ist allerdings, dass die Konzeption der Befensterung nach energetischen Kriterien optimiert und das Bauteil selbst von hoher Qualität ist.



Gebäudekonzept

■ **Orientierung:** Die Gebäude sind so zu konzipieren, dass die grossen Fensterflächen möglichst nach Süden orientiert sind.

■ **Speichermasse:** Die Nutzung der solaren Strahlungswärme ist von der Speichermöglichkeit des Gebäudes abhängig. Gute Speichermassen sind massive Boden-, Decken- und Wandflächen ohne Abdeckungen.

■ **Tageslichtnutzung:** Grösse, Anordnung und Einbau der Fenster, insbesondere im Sturzbereich, beeinflussen den Tageslichteinfall erheblich. Die Nutzung von Tageslicht ist aus gesundheitlichen Gründen und wegen des Einspareffekts bei der Elektrizität für die Beleuchtung von Belang. Hochliegende Fensterstürze oder Oblichter sind diesbezüglich besonders wirksam.

■ **Anordnung in der Fassade:** Aus energetischen Gründen soll das Fenster in der Dämmebene, möglichst bündig mit der inneren Fläche der Dämmung, positioniert werden. Denn die Anordnung des Fensters wirkt sich auf den Wärmebrückeneffekt des Fensteranschlags, auf die Dämmstärken im Bereich des Storenkastens und auf die Tageslichtnutzung aus. Aussenseitig fassadenbündig eingebaute Fenster sind aus energetischen und bauphysikalischen Gründen ungünstig. Zudem sind sie stark der Witterung ausgesetzt.

■ **Sonnenschutz:** Um eine Überhitzung von Räumen zu verhindern, ist eine ausreichende Beschattung des Fensters unverzichtbar. Sehr wirkungsvoll sind aussenliegende, bewegliche Sonnenschutzsysteme, sodass der Eintrag an Solarwärme auf den tatsächlichen Bedarf abgestimmt werden kann.

■ **Schallschutz:** Zu den wesentlichen Qualitätsmerkmalen von Fenstern gehört das Schalldämmmass. Zur Einhaltung der Lärmschutz-Verordnung sind fallweise Schallschutzfenster notwendig. Neben dem eigentlichen Bauteil Fenster hat die Qualität des Einbaus sowie angrenzender Bauteile, z.B. des Storenkastens, einen erheblichen Einfluss auf die Dämmwirkung.

■ **Denkmalpflege:** Neben den energetischen Anforderungen können auch denkmalpflegerische Anforderungen zu beachten sein.



Bauteil Fenster

■ **Rahmenanteil:** Der U -Wert des Rahmens ist in der Regel höher als jener des Glases; deshalb bringen schlanke Rahmenprofile eine energetische Verbesserung des Fensters. Negativ wirken sich auch Kämpfer, Setzhölzer und Sprossen aus.

■ **U -Wert des Fensters:** Die Dämmwirkung des Fensters beeinflusst auch den Komfort im fenster-nahen Bereich. Dies gilt bei raumhohen Verglasungen und Übereck-Befensterungen verstärkt. Um den Arbeits- und Wohnkomfort zu gewährleisten, sind 3-fach-Verglasungen in Kombination mit hochwertigen Rahmen sehr empfehlenswert.

■ **g -Wert der Verglasung:** 3-fach-Verglasungen weisen zumeist deutlich tiefere g -Werte auf. Zur Optimierung des Solarwärmeeintrags sind aber Fenster mit hohen g -Werten naturgemäss vorzuziehen. Der g -Wert ist abhängig von der Anzahl Gläser, der Glasstärke und der Glasqualität sowie der (Sonnen- und Wärmeschutz-) Beschichtungen der Gläser.

■ **Randverbund:** Der Randverbund der Isolierverglasung gewährleistet den Abstand der einzelnen Gläser, den mechanischen Verbund und die Dichtigkeit (Gasfüllung, Feuchtigkeit). Der Randverbund bedeutet eine Wärmebrücke und wirkt sich daher auf den U -Wert des Fensters aus. Zudem muss bei einem Randverbund aus Aluminium mit Kondenswasser gerechnet werden. Die Mehrkosten von Kunststoff oder Edelstahl anstelle von Aluminium sind gering.

■ **3-fach-Verglasungen:** U -Werte von 3-fach-Verglasungen liegen zwischen 0,5 und 0,7 W/m^2K . Einflussfaktoren sind, neben den Beschichtungen, der Scheibenzwischenraum sowie die Gasfüllung. Mit Krypton sind tiefere U_w -Werte zu erreichen als mit Argon; allerdings sind ökologische Vorbehalte gegenüber Krypton angezeigt (Verfügbarkeit und Graue Energie für die Beschaffung).

Einbau

■ **Montage:** Der luftdichte Anschluss des Fensters an die Leibung der Aussenwand ist sehr wichtig. Um eine ausreichende Qualität an dieser Nahtstelle zu garantieren, sind die Verantwortlichkeiten präzise festzulegen. Mittels Kittfugen und durch Abkleben mit Folien sind dichte Anschlüsse möglich. Bei einem Fensterersatz ist unbedingt der Storenkasten zu dämmen und abzudichten.

■ **Montage des Storens:** Je nach Storenkonzept sind grosse Wärmebrücken im Sturzbereich möglich. Falls die Befestigung durch die Dämmebene erfolgt, sind unbedingt thermisch getrennte Halterungen einzusetzen. Noch besser ist die Befestigung des Storenpakets mittels Storenführungen.

■ **Spezialausführungen:** Bei Hebe-Schiebetüren, bei Oberlichtern und Dachfenstern sind bezüglich energetischer Qualität grosse Unterschiede feststellbar. Bei der Spezifikation und der Auswahl dieser Elemente empfiehlt sich eine sorgfältige Abklärung.

Storenkasten

Storenkasten und Rahmenverbreiterungen bilden in der Regel eine Schwachstelle der Gebäudehülle. Entsprechend wichtig ist die sorgfältige Planung dieser wichtigen Bauteile. Eine Hinterdämmung des Storenkastens mit einer Dämmschicht von 60 mm bis 80 mm ist unverzichtbar, um die Energieverluste über den Storenkasten zu mindern (siehe Vertikalschnitt auf Seite 12). Diese Empfehlung gilt unabhängig davon, ob hinter den Storenkasten eine Rahmenverbreiterung oder eine (ungedämmte) Wand liegt.

Wichtige Informationen

Vollzugshilfen Energie

Die Kantone stellen für die Planenden, Bauwilligen und Vollzugsbehörden ausführliche Hilfsmittel für den Energievollzug zur Verfügung. Diese werden auf den Webseiten der kantonalen Energiefachstellen publiziert.

Mitgeltende Normen und Vollzugshilfen

- Norm SIA 180:1999; «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau»
- Norm SIA 331:2008; «Fenster und Fenstertüren»
- Norm SIA 380/1:2009; «Thermische Energie im Hochbau»
- Norm SIA 382/1:2007; «Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen»
- Norm SIA 416/1:2007; «Kennzahlen der Gebäudetechnik»
- Checkliste Wärmebrücken (EnFK)
- Vollzugshilfen der Energiefachstellen der Kantone (EnFK)

Merkblätter und Dokumentationen

- Merkblatt SIA 2021:2002; «Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz»
- Dokumentation SIA D 0176; «Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz»

Berechnungstool

Für die Berechnung von Fenster-*U*-Werten steht das Berechnungstool der Konferenz Kantonaler Energiefachstellen kostenlos zur Verfügung. Dieses kann auf der Webseite der Energiedirektorenkonferenz heruntergeladen werden. www.endk.ch

Das Merkblatt löst folgende Planungswerkzeuge des Bundes ab

- *U*-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog Neubauten, Kapitel 5.1 Fenster (Ausgabe 2002)
- *U*-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog Sanierungen, Kapitel 5.1 Fenster (Ausgabe 2002)
- *k*-Werte und *g*-Werte von Fenstern (Ausgabe 1995)

Informationen und Vorgehen im vorliegenden Merkblatt basieren auf der Norm SIA 380/1, «Thermische Energie im Hochbau», Ausgabe 2009.

EnergieSchweiz

Bundesamt für Energie BFE, Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.energie-schweiz.ch

Vertrieb: Bundesamt für Bauten und Logistik BBL, Vertrieb Publikationen, CH-3003 Bern · www.bundespublikationen.admin.ch
Bestellnummer: 805.107.d 08.2009 / 5000 / 860225466