



10.8 Wärme- und Schalldämmung bei Fenstern

Fenster und Fenstertüren müssen Wärmeschutz bieten und gegen Schall dämmen.

10.8.1 Wärmedämmung bei Fenstern und Fenstertüren

Maßgebend für die Wärmedämmung sind vier Faktoren: Wärmeleitung durch den Baukörper, Wärmeabstrahlung durch transparente Bauteile und Konvektion, Wanderung von Luft infolge Undichtheit und Wärmebrücken.

10.8.1.1 U_w -Wert, g -Wert, Q -Wert, Ψ -Wert

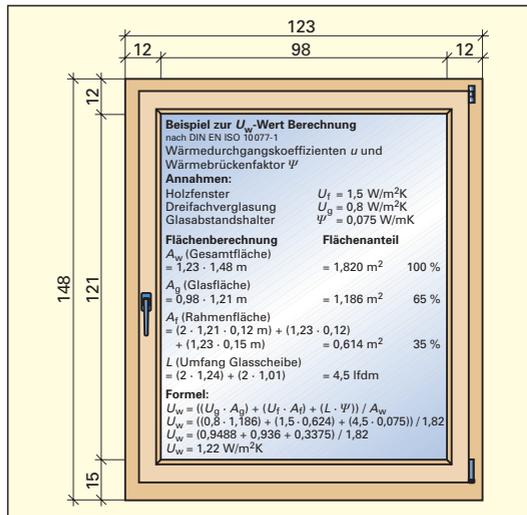


Bild 1: U_w -Wert-Berechnung gemäß DIN EN ISO 10077-1

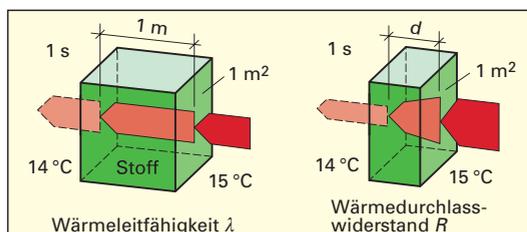


Bild 2: U -Wert, Wärmedurchgangskoeffizient, W/m^2K

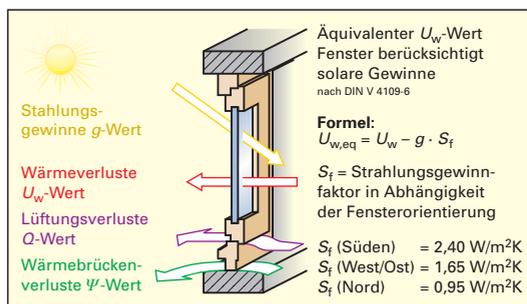


Bild 3: maßgebende Energieströme beim Fenster

Der U_w -Wert (w vom engl. window) ist der Wärmedurchgangskoeffizient für ein Fenster mit der Einheit W/m^2K , d.h. Watt ist hier die Energiemenge, welche durch einen Quadratmeter Bauteilfläche bei einem Kelvin, das entspricht einem Grad Celsius durchwandert. Der U_w -Wert bezieht sich auf das gesamte Fenster. In der DIN EN 14351-1, maßgebend für die CE-Kennzeichnung, wird eine feste Fenstergröße von $1,23 \times 1,48$ m Außenmaß zum Vergleich von Fenstersystemen definiert. Bezogen auf diese Fenstergröße wird der Wärmedurchgangskoeffizient für die Scheibe U_g , der Wärmedurchgangskoeffizient für den Rahmen U_f (f vom engl. frame = Rahmen) mit den bauteilbezogenen Flächen multipliziert. Zu diesem wird der Längenumfang der Scheibe mit dem Wärmebrückenfaktor des Glasabstandhalters multipliziert und addiert und durch die Gesamtfläche geteilt. Der Wert kann über Messung am realen Fenster gemäß EN 12567 noch genauer ermittelt werden. Eine U_w -Wert-Berechnung zeigt sehr deutlich, dass dieser sich je nach Fenstergröße ändert, da sich die Flächenanteile von Rahmen und Glas ändern. Je höher die Anforderung an den U_w -Wert ist, umso maßgebender wird der U_f -Wert (Rahmendämmwert) und der Wärmebrückenfaktor des Glasabstandhalters.

Der Gesamtenergiedurchlassgrad (auch g -Wert) ist ein Maß für die Durchlässigkeit von transparenten Bauteilen für Energie. Er setzt sich zusammen aus der direkt durchgelassenen Sonnenstrahlung sowie der Wärmeabgabe nach innen durch Strahlung und Luftbewegung. Ein g -Wert von 0,6 bedeutet, dass 60% der eingestrahlenen Sonnenenergie ins Innere des Raumes gelangen. Der Rest der eingestrahlenen Energie wird reflektiert (zurückgestrahlt) oder von der Scheibe absorbiert (aufgenommen). In der Heizsaison ist ein hoher g -Wert somit vorteilhaft, weil mehr solare Energie das Gebäude erwärmt.

Die Fugendurchlässigkeit (Q -Wert, ehemals a -Wert) eines Fensters wird nach DIN EN 12207 klassifiziert. (Seite 537). Über undichte Fenster geht über Konvektion Energie verloren.

Wärmebrücken, Ψ -Werte gibt es nicht nur im Bereich des Glasrandverbundes, sondern auch an den Fenster-/Mauerwerksanschlüssen, z.B. Blendrahmen unten, Fensterbankanschlüsse.



10.8.1.2 Energieeinsparverordnung EnEV 2009

Verschärfte Anforderungen der Energieeinsparverordnung an Fenster mit der EnEV 2009 geforderter $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bisheriges Fenstersystem IV 68	Modernes Fenstersystem IV 78	Sehr modernes Fenstersystem IV 90
1 Wärmeschutzglas 2-fach 4/16/4 mm $U_g = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	1 Wärmeschutzglas 3-fach 4/12/4/12/4 $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	1 Wärmeschutzglas 3-fach 4/18/4/18/4 $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
2 normaler Randverbund Wärmebrückenfaktor $\Psi = 0,086 \text{ W/mK}$	2 normaler Randverbund Wärmebrückenfaktor $\Psi = 0,086 \text{ W/mK}$	2 Randverbund optimiert Wärmebrückenfaktor $\Psi = 0,031 \text{ W/mK}$
3 Wärmedämmung Holzrahmen $U_f = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	3 Wärmedämmung Holzrahmen $U_f = 1,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	3 Wärmedämmung Holzrahmen $U_f = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
ergibt Wärmedurchgangskoeffizient für gesamtes Fenster $U_w = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	ergibt Wärmedurchgangskoeffizient für gesamtes Fenster $U_w = 1,13 \text{ W/m}^2\text{K}$	ergibt Wärmedurchgangskoeffizient für gesamtes Fenster $U_w = 0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$
✗ nicht zulässig nach EnEV 2009	✓ entspricht Anforderung der EnEV 2009	✓ entspricht zukünftigen Anforderungen der EnEV

Bild 1: Wärmeschutztechnischer Vergleich des herkömmlichen Fensters IV68 mit modernen Fenstersystemen IV 78 und IV 90

Für den Fensterbau ist die Energieeinsparverordnung (EnEV) von 2009 sehr wichtig. Ziel ist es, das energetische Niveau soweit anzuheben, dass bis 2021 Passivhäuser bzw. Nullenergiehäuser zum Standard werden. In der EnEV 2009 wird für Fenster ein U_w -Wert von $\leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ mit einem g -Wert von min. 0,6 gefordert. Das Fenstersystem IV 68 mit Zweifach-Wärmeschutzglas stößt hier an Leistungsgrenzen. 3-fach-Glas wird zukünftig notwendig sein. Das IV 68-Fenster bietet für 3-fach-Glas zu wenig Platz. Zudem gibt es durch neuere Fensterforschung völlig neue wärmebrückenreduzierte, optimierte Profilgeometrien. Notwendig werden variable, flexible Fenstersysteme in den Stärken von ca. 78 bis 90 mm und mehr. Das IV 78-Fenster mit 3-fach-Glas genügt den derzeitigen Anforderungen. In Zukunft werden aber dickere Fenster mit dem Rahmendämmwert U_f immer wichtiger werden. Bei Ganzholzkonstruktionen erreicht man dies nur über die Holzstärke. Eine hinsichtlich Wärmebrücken optimierte Konstruktion, sei es im Glasrandbereich oder im Wand-, Brüstungsanschlussbereich wird ebenfalls immer entscheidender.

Ein wärmebrückenreduzierter Randverbund (schwarz) aus Edelstahl bzw. Kunststoff oder ein höherer Glaseinstand verringern den Wärmebrückenfaktor, den sogenannten Ψ -Wert im Glasfalzbereich. Als Faustformel kann je mm Mehreinstand der Verglasung eine Verbesserung von U_f um $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht werden. Je hochwärmedämmender das Gebäude, umso wichtiger wird der g -Wert, da dieser solare Zugewinne bei süd-, ost-, westseitigem Einbau bewirkt.

Bauteil	Referenzwerte $W/(m^2K)$	Höchstwerte $W/(m^2K)$ lt. Ref.-Entw.	g -Wert
Fenster			
Fenstertüren	1,30	1,9	0,6
Dachflächenfenster	1,40		0,6
Außentüren			
Haustüren	1,80	2,9	-
Vorhangfassaden (in Nicht-Wohngeb.)	1,40	1,9	0,48

Bild 2: EnEV 2009- U-Wert-Anforderungen im Neubau

Bauteil	Max. U -Wert $W/(m^2K)$ Normalverglasung	Max. U -Wert $W/(m^2K)$ Sonderverglasung
Fenster		
Fenstertüren	1,30	2,00
Dachflächenfenster	1,40	2,00
Außentüren		
Haustüren	2,90	-
Austausch von Verglasungen	1,10	1,60
Vorhangfassaden	1,50	2,3

Bild 3: EnEV 2009, U-Wert-Anforderungen im Altbau

2-fach-Wärmeschutzglas Grenze U_w -Wert = $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	3-fach-Wärmeschutzglas U_w -Wert = $0,5 - 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
normaler Aluminium, Abstandshalter, Randverbund, Wärmebrücke	Wärmeebrücken reduzierter Randverbund „warme Kante“ Edelstahl oder Kunststoff
Trockenmittel, Butylabdichtung	Perforation

Bild 4: Vergleich 2-fach-, 3-fach-Wärmeschutzglas, wärmebrückenreduzierter Randverbund „warme Kante“

10.8.2 Schalldämmung bei Fenstern und Fenstertüren

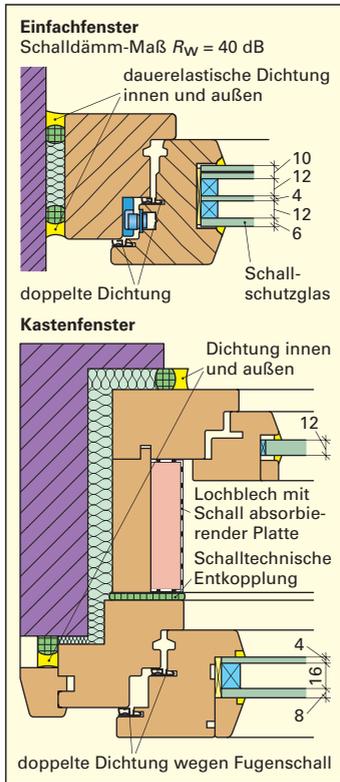


Bild 1: Schalldämmende Fenster

Forderungen gem. VDI 2719, Tab. 2 und 3		
Verglasung R_w	SSK	Fenster R'_w
≥ 27 dB oder: d ges. ≥ 6 mm SZR ≥ 6 mm	1	25 dB bis 29 dB
≥ 32 dB oder: d ges. ≥ 8 mm SZR ≥ 12 mm	2	30 dB bis 34 dB
≥ 37 dB	3	35 dB bis 39 dB
≥ 45 dB	4	40 dB bis 44 dB
-	5	45 dB bis 49 dB
-	6	> 50 dB

Bild 2: VDI 2719 Schallschutzklassen wurde abgelöst von DIN 4109

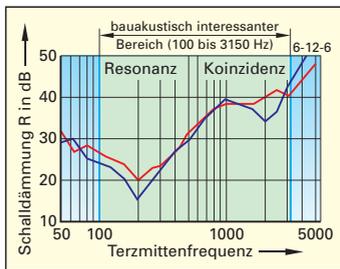


Bild 3: Doppelwandresonanz tritt auf bei symmetrischem Aufbau

Das Schalldämm-Maß R eines Bauteils ist von der Frequenz (Tonhöhe) abhängig. Der bauakustische Frequenzbereich kann sich nach EN 717-1 von 100 Hz bis 3150 Hz erstrecken. Meßtechnisch ergibt sich für jede Frequenz eine unterschiedliche Schalldämmung (R) in dB (Dezibel), wie man aus der Kurve (**Bild 3**) ersehen kann. Gemäß EN 717-1 wird eine Normbezugskurve so lange mit dem Messdiagramm verschoben, bis die Unterschreitung im Mittel nicht mehr als 2 dB beträgt. Sodann ergibt sich ein bewertetes Schalldämm-Maß R_w für das Bauteil. Aufgrund des logarithmischen Maßstabs der Maßeinheit dB bewirkt eine Verbesserung der Schalldämmung von 10 dB eine Halbierung der Lärmbelastung. Grundsätzlich muss für die Verglasung messtechnisch im Labor der ($R_{w,p}$) ermittelt werden. Zusätzlich werden in diesem Zusammenhang zwei Spektrum-Anpassungswerte C und Ctr anhand des Messdiagramms ermittelt, welche den Kurvenverlauf genauer beschreiben sollen. Auf Basis dieser Werte kann $R_{w,p}$ (C; Ctr) für ein Fenster gemäß EN 12519 unter Anwendung von tabellarischen Werten errechnet werden. Eine entsprechende Ermittlung der Werte durch Prüfung gemäß EN ISO 140-3 ist auch möglich. Dieser Wert muss heute bei jeder Fensterlieferung bei der CE-Kennzeichnung angegeben werden. Nach Einbau der Fenster reduziert sich dieser Wert in der Regel um -2 bis -3 dB. Dies kann durch Messung an der Baustelle ($R_{w,b}$) im Nachgang festgestellt werden. Deshalb ist es wichtig, ob in der Ausschreibung ein bewertetes Schalldämm-Maß ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile (R_w) oder mit Schallübertragung über flankierende Bauteile (R'_w) gefordert ist. Ein gutes Gefühl für Schallschutz bekommt man durch die stark an Bedeutung verlorene VDI-Richtlinie 2719. In dieser gibt es sechs Schallschutzklassen. Für Fenster sind die Schallschutzklassen III (leichter Schallschutz) mit R'_w 35 bis 39 dB und Schallschutzklasse IV (erhöhter Schallschutz) mit R'_w 40 bis 44 dB in erster Linie relevant.

Fugendichtigkeit

Schallschutz erreicht man durch sehr dichte Konstruktionen zur Vermeidung von Fugenschall. Eine kleine Leckage kann den Schallschutz massiv verschlechtern. Bis 37 dB reicht eine Flügelmitteldichtung aus. Darüber braucht man eine zweite Dichtung. Die Dichtungen sollten möglichst weit voneinander entfernt liegen. Schallschutzreduzierter Einbau entsteht durch dauerelastische Abdichtung der Innen- und Außenfugen. Die äußere Abdichtung sollte jedoch dampfdiffusionsdurchlässiger wie die innere sein.

Verglasung

Je dicker und schwerer eine Glasscheibe ist, desto besser ist die Schalldämmung. Isolierverglasung mit symmetrischem Aufbau (zwei gleichdicke Scheiben) ist jedoch von der Schalldämmung schlechter als eine Einzelscheibe. Dies kommt durch den Effekt der Doppelwandresonanz. Diesen Effekt kann man durchbrechen, indem man eine Scheibe stärker wählt. Es ändert sich das Schwingungsverhalten. Dies beginnt bei einer Scheibendicke von 6 mm und endet bei 10 bis 12 mm (ca. 39 dB, preisgünstiges Schallschutzglas). Höherer Schallschutz wird durch Gießharzkompositionen oder den Einsatz von Schallschutzfolien zum Verkleben von zwei Scheiben, wie beim VSG, erreicht. Zweifachglas ist möglich bis $R_w = 52$ dB, Dreifachglas bis zu 47 dB. Bei Kastenfenstern kann man einen sehr hohen Schallschutz durch Entkopplung der Außen- von der Innenkonstruktion mit Schall absorbierenden Materialien und entsprechenden Verglasungskombinationen erreichen.