

Energetische Kennwerte von Fenstern und Außentüren

Einführung

Fenster und Außentüren sind wichtige Bestandteile der Gebäudehülle. Sie trennen den wohnlichen Innenraum vom Außenklima. Sie halten Regen, Wind, Kälte und Lärm ab, gleichzeitig lassen sie Sonnenlicht und -wärme in den Raum hinein. Damit trägt das Fenster zum Wohlbefinden der im Gebäude lebenden Menschen bei.

Im Rahmen des „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Modernisierung der Wärmeversorgung in Gebäuden“ – kurz Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) werden Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäude und deren Bauteile gestellt, die über wärmetechnische Kennwerte angegeben werden. Die wichtigsten Kennwerte sind für transparente Bauteile der U-Wert und der g-Wert, die aufgrund europäisch vereinheitlichter Verfahren ermittelt werden.

Als klassische Kenngrößen werden auf Basis der europäischen Normung sämtliche Größen auf der Basis ihrer englischen Wortbezeichnung abgekürzt. So werden verschiedene U-Werte wie folgt bezeichnet:

<u>Produkte</u>	<u>Komponenten</u>
U_w (Fenster - Window)	U_f (Rahmen - Frame)
U_D (Tür - Door)	U_g (Glas - Glazing)
	U_p (Paneel - Panel)

Weitere Bezeichnungen, die zur Beschreibung der energetischen Effizienz von transparenten Bauteilen wichtig sind, bezeichnet man mit

- g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad, als Anteil der auftreffenden Strahlung, der vom Glas insgesamt hindurch gelassen wird)
- τ_v -Wert (Lichttransmissionsgrad, als Anteil des für das menschliche Auge sichtbaren Lichts, der vom Glas hindurch gelassen wird).
- Ψ -Wert (längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient, kennzeichnet den zusätzlich auftretenden Wärmeverlust einer linienförmigen Wärmebrücke, z.B. zwischen Glas und Rahmen)

Ein hoher g-Wert führt zu solaren Energiegewinnen in der Heizperiode, ein hoher τ_v -Wert spart Strom durch Nutzung des natürlichen Tageslichtes. (Näheres siehe VFF-Merkblatt ES.01 und ES.04)

Energiesparen mit Fenstern und Außentüren richtig bewerten

Fenster und Außentüren werden auf Basis der Produktnorm DIN EN 14351-1 mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet. Darin werden der Nennwert des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w oder U_D und die Strahlungseigenschaften angegeben. Eine ausführliche Erläuterung findet sich in VFF Merkblatt ES.01.

Aus den einzelnen Werten für Rahmen, Glas und Glasrandverbund wird für das Fenster oder die Fenstertüre der Nennwert U_w i.d.R. für die Referenzgröße $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$ (bzw. wahlweise Referenzgröße von $1,48 \text{ m} \times 2,18 \text{ m}$ bei Gesamtfläche $> 2,3 \text{ m}^2$) aus Tabellen und Berechnungsformeln gemäß EN ISO 10077-1 ermittelt oder nach EN ISO 12567-1/-2 gemessen.

Zusätzlich besteht für Fenster die Möglichkeit den U_w -Wert für die tatsächliche Größe zu berechnen (siehe Fußnote c, Tabelle E1, DIN EN 14351-1). Dies sollte aber zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart werden und ist nach VOB/C ATV DIN 18355 Tischlerarbeiten, Abschnitt 4.2. extra zu vergüten. Für Außentüren und die Ermittlung von U_D gilt dies analog. Nur die Standardgrößen sind bei Außentüren andere und ergeben sich aus Tabelle E.2 der EN 14351-1:

- $1,23 \text{ m} \times 2,18 \text{ m}$ für Gesamtfläche $\leq 3,6 \text{ m}^2$
- $2,00 \text{ m} \times 2,18 \text{ m}$ für Gesamtfläche $> 3,6 \text{ m}^2$

Grundsätzlich wird aus Gründen der Vergleichbarkeit der U_w -Wert für die senkrechte Einbaulage ermittelt, ist mit zwei wertanzeigenden Stellen anzugeben und so bei weiteren Berechnungen zu verwenden. Dieser Wert für den senkrechten Einbau wird für das CE-Zeichen und Nachweise nach dem GModG oder Fördermaßnahmen, z.B. bei der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) oder der steuerlichen Sanierungsförderung (ESanMV), verwendet.

Anforderungen des Gesetzes zur Einsparung von Energie und zur Modernisierung der Wärmeversorgung in Gebäuden in Gebäuden (GModG)

In dem GModG wird zwischen Wohn- und Nicht-Wohngebäuden sowie Neubau und Erneuerung von Bauteilen unterschieden. Beide Gebäudetypen müssen beim Neubau Anforderungen an den zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf und die Gebäudehülle einhalten. Für die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs wird das Referenzgebäudeverfahren angewendet. Hier wird der maximale Primärenergiebedarf über ein virtuelles Gebäude, das der Form, Lage und Ausrichtung des neuen Gebäudes entspricht, anhand von definierten Referenzwerten (z.B. $U_w=1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; $g=0,60$) berechnet. Die Anforderungen an die Gebäudehülle werden bei neuen Wohngebäuden über den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_{tr}' definiert. Für Fenster, Fenstertüren und Außentüren bedeutet dies im Neubau, dass bei Wohngebäuden keine Einzelanforderungen an Bauteile bestehen. Vielmehr muss die gesamte wärmeübertragende Gebäudehülle im Mittel zulässige Höchstwerte einhalten.

Bei neuen Nicht-Wohngebäuden hingegen sind Anforderungen an die Gebäudehülle durch maximal zulässige mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten für Bauteilgruppen gegeben, z.B. für transparente Bauteile $\leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Die konkreten Einzelwerte für die Bauteile (U- und g-Wert) werden im Rahmen der Berechnung des Gebäudes durch den Planer ermittelt und sind auszuschreiben.

In der Sanierung bei Änderungen, bestimmten Erweiterungen und Ausbau von Gebäuden dürfen festgelegte Wärmedurchgangskoeffizienten der Anlage 7 des GModG nicht überschritten werden. Diese Anforderungen sind auszugsweise für Fenster und Außentüren in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Bauteil	Wohngebäude und Zonen von Nicht-Wohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$	Zonen von Nicht-Wohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^\circ\text{C}$
	Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{\max}$	
Fenster, Fenstertüren	$1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Dachflächenfenster	$1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasung	$2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Fenstertüren mit Klapp-, Falt-, Schiebe-Mechanismen	$1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Außentüren	$1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz von Fenstern, Fenstertüren und Außentüren sind in DIN 4108-2 beschrieben.

Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Die Förderungsbedingungen der BEG orientieren sich vollständig an den öffentlich – rechtlichen Nachweisverfahren und den hierbei anzuwendenden Regeln der Technik (z.B. DIN 4108-4). Demnach beziehen sich (i.d.R.) deren Anforderungen an den U-Wert auf die Referenzgrößen (s.o.).

Bei den Anforderungen der BEG ist grundsätzlich zwischen Neubau/Komplettmodernisierung von Wohngebäuden / Nichtwohngebäuden oder Einzelmaßnahmen (Bauteilaustausch) zu unterscheiden:

- a) **Neubau/Komplettmodernisierung von Wohngebäuden / Nichtwohngebäuden**
Nachweis des Primärenergiebedarfes des Gebäudes, Einhaltung der Nebenanforderung H_{tr}' (mittlerer U-Wert der Gebäudehülle bei Wohngebäuden) oder maximale mittlere U-Werte für Bauteilgruppen sowie Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 erforderlich. Effizienzhäuser der BEG müssen im Primärenergiebedarf das GModG (bis auf weiteres ohne Berücksichtigung der GModG-Änderung in 2027) deutlich unterschreiten.
- b) **Einzelmaßnahmen (Bauteilaustausch)**
Anforderung an den U-Wert (Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)) auszugsweise für Fenster, Fenstertüren und Außentüren:
 - Fenster, Balkon- und Terrassentüren: $U_w \leq 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 - Barrierearme oder einbruchhemmende Fenster, Balkon- und Terrassentüren: $U_w \leq 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 - Ertüchtigung von Fenstern ... sowie Fenster mit Sonderverglasung: $U_w \leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 - Dachflächenfenster: $U_w \leq 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 - Außentüren beheizter Räume, Hauseingangstüren: $U_D \leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Luftdichtheit von Fenstern und Außentüren

Gemäß DIN 4108-2 müssen die Funktionsfugen von Fenstern und Fenstertüren mindestens der Klasse 2 (bei Gebäuden bis zu zwei Vollgeschossen) bzw. der Klasse 3 (bei Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen) nach EN 12207 entsprechen. Bei Außentüren muss die Luftdurchlässigkeit der Funktionsfuge mindestens der Klasse 2 nach EN 12207 entsprechen.

Sommerlicher Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz begrenzt unbehaglich hohe Raumlufttemperaturen infolge Sonneneinstrahlung und hoher Außenlufttemperaturen unter Einbeziehung typischer Wärmequellen. Zur Reduzierung von hohen Temperaturen in Räumen dienen Sonnenschutzmaßnahmen mit einem niedrigen g_{tot} -Wert, aber auch ein erhöhter Luftwechsel in kühlen Nachtstunden sowie eine geeignete Wahl der Gebäudekonstruktion. Näheres erläutert VFF Merkblatt ES.04 „Sommerlicher Wärmeschutz“.

Passende U-/g-Wertepaare für den GModG-Standard und das Effizienzhaus EH40

Ohne Berücksichtigung der GModG-Änderung in 2027 ist der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf für Neubauvorhaben im GModG auf 55% des berechneten Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes festgelegt. Man bezeichnet verschiedene verbesserte Gebäudestandards als Effizienzhäuser (EH) in Verbindung mit der Prozentangabe gegenüber dem Referenzfall, wie z.B. EH40 mit einem maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf von 40% des berechneten Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes.

Die alte KfW-Förderung verknüpfte diese Effizienzhäuser mit einer Anforderung an einen pauschal reduzierten H_T' -Wert und zwar für EH55 um 30% und EH40 um 45% reduziert gegenüber dem Wert des Referenzgebäudes.

Hier muss jedoch beachtet werden, dass im H_T' -Wert die nutzbaren solaren Gewinne nicht berücksichtigt werden. Will man also eine um 30% oder 45% energetisch effizientere Gebäudehülle haben, darf man nicht nur den U-Wert des Referenzfalls pauschal reduzieren.

Folgende Tabelle für Fenster gibt eine Übersicht der energetischen Effizienz beispielhafter Kombinationen von U- und g-Wert für Argon gefüllte Referenzglastypen aus 2 oder 3 Floatglasscheiben (4 mm) bezogen auf den derzeitigen Referenzfall:

Glastyp	U _g -Wert	g-Wert	τ _v -Wert	SZR	PSI-Wert warme Kante ¹⁾	U _T -Wert	U _w -Wert	Bilanzkennwert BK _T -Wert			Einsparung gegenüber U _w =1,3			energetische Verbesserung gemittelt 35% Süd, 25% West, 25% Ost, 15% Nord
	Glas				Abstands- halter Glas	Rahmen	Fenster ¹⁾	Fenster ^{1), 2)}			N	O/W	S	
	W/(m²K)	-	-	mm		W/(m²K)	W/(m²K)	N	O/W	S	N	O/W	S	
2-fach Wärme- dämmglas	1,1	0,64	0,82	16	0,06	1,4	1,3	0,85	0,66	0,34	0%	0%	0%	0%
	1,1	0,64	0,82	16	0,06	1,1	1,2	0,75	0,56	0,24	12%	15%	29%	20%
	1,1	0,64	0,82	16	0,06	1,0	1,2	0,75	0,56	0,24	12%	15%	29%	20%
3-fach Wärme- dämmglas	0,7	0,62	0,74	14+14	0,06	1,4	1,1	0,67	0,48	0,17	22%	27%	50%	34%
	0,7	0,62	0,74	14+14	0,06	1,1	0,97	0,54	0,35	0,04	37%	47%	88%	60%
	0,7	0,62	0,74	14+14	0,06	1,0	0,94	0,51	0,32	0,01	41%	52%	97%	66%
3-fach Wärme- dämmglas	0,6	0,53	0,74	14+14	0,06	1,4	0,99	0,62	0,46	0,20	27%	30%	43%	34%
	0,6	0,53	0,74	14+14	0,06	1,1	0,90	0,53	0,37	0,11	38%	44%	69%	52%
	0,6	0,53	0,74	14+14	0,06	1,0	0,87	0,50	0,34	0,08	41%	48%	78%	58%
3-fach Wärme- dämmglas	0,5	0,53	0,74	18+18	0,06	1,4	0,92	0,55	0,39	0,13	36%	41%	63%	48%
	0,5	0,53	0,74	18+18	0,06	1,1	0,83	0,46	0,30	0,03	46%	55%	90%	66%
	0,5	0,53	0,74	18+18	0,06	1,0	0,80	0,43	0,27	0,01	50%	59%	99%	71%
	0,5	0,47	0,71	18+18	0,06	1,0	0,80	0,47	0,33	0,10	45%	50%	72%	57%

¹⁾ Der Ermittlung von U_w erfolgt nach EN ISO 10077-1 mit thermisch verbesserten Randverbund

²⁾ Berechnung des Bilanzkennwertes für transparente Bauteile nach Anhang F.2 der DIN/TS 18599-2:2025-10 für MFH

Sehr gut geeignete und gleichwertige U-/g-Wertepaare für den GModG-Standard und EH40 sind daher:

- GModG: U_w 1,1 / g 0,62 ≈ U_w 0,99 / g 0,53 (etwa 34% energetische Verbesserung ggü. Referenz)
- EH40: U_w 0,94 / g 0,62 ≈ U_w 0,83 / g 0,53 (etwa 66% energetische Verbesserung ggü. Referenz)

Gleichzeitige Anforderungen an Wärme- und Schallschutz

Bei der Festlegung von Wärme- und Schallschutzanforderungen ist zu berücksichtigen, dass erhöhte Schalldämmwerte die solaren Einträge reduzieren und damit die energetische Effizienz des Fensters beeinflussen können. Die Tabelle zeigt in der letzten Zeile Werte für ein Schallschutzfenster mit einem Glas von R'_{w,Glas} = 45 dB. Der Vergleich zur vorletzten Zeile verdeutlicht einen Rückgang der gemittelten Energieeffizienz um 14 %.

Auch wirken sich gleichzeitige Anforderungen an verschiedene Merkmale auf die Kosten der Fenster aus, was besonders bei der Festlegung von Wärme- und Schallschutzanforderungen zu beachten ist.

Nachfolgende Tabelle zeigt einen prozentualen Kostenvergleich von Fenstern für unterschiedliche Wärme- und Schalldämmung (Beispiel Kunststoff-Fenster) für die Standardgröße $1,23 \times 1,48 \text{ m} = 1,82 \text{ m}^2$.

Fenster	Bautiefe Rahmen	U_g -Wert Glas	BK _{tr,MFH} (35% S, 25% W+O, 15% N)	Energetische Verbesserung	$R_w = 32\text{dB}$	$R_w = 39\text{dB}$	$R_w = 42\text{dB}$	$R_w = 45\text{dB}$
$U_w = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}, g = 0,6$	70,00 mm	$1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0,62	0%	95%	99%	110%	112%
Gewicht					35 kg	62 kg	74 kg	
$U_w = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}, g = 0,62$	76,00 mm	$0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0,40	36%	101%	106%	116%	118%
Gewicht					44 kg	75 kg	76 kg	84 kg
$U_w = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}, g = 0,5$	76,00 mm	$0,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0,44	30%	100%	104%	115%	117%
Gewicht					44 kg	75 kg	76 kg	84 kg
$U_w = 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}, g = 0,62$	90,00 mm	$0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0,25	60%	109%	114%	124%	126%
Gewicht					48 kg	79 kg	82 kg	88 kg
$U_w = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}, g = 0,5$	90,00 mm	$0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	0,24	62%	108%	112%	123%	125%
Gewicht					48 kg	79 kg	82 kg	88 kg

Als Basis des Vergleichs (100%-Wert) wird ein Fenster mit $U_w = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $g = 0,5$ (mittlere Zeile) ohne erhöhte Schalldämmung ($R_w = 32 \text{ dB}$) angenommen, das sich mit einer mittleren energetischen Verbesserung von 30% gegenüber dem nur fünf Prozent günstigeren Referenzfenster gut für den GModG-Neubau eignet.

Montagekosten sind in dem Vergleich nicht berücksichtigt, da sie individuell variieren können. Stattdessen werden die Gewichte der einzelnen Fenster angegeben, die sich auf die Montage auswirken. Bei großen Formaten ist die Realisierbarkeit zu prüfen, da hierbei Einschränkungen auftreten können. Auch kann es zu Abweichungen des Kostenvergleichs bei anderen Formaten sowie großen Gebäudehöhen kommen.