

# Das bessere Fenster

## Transparente Bauteile

Das Fenster beeinflusst die Energiebilanz und letztlich den Energieverbrauch eines Gebäudes wesentlich und wirft speziell bei Minergie-P-Bauten einige Fragen bezüglich Planung und Evaluation und Ausschreibung der Produkte auf.

## Einflüsse des Fensters

Energieverlust durch Transmission:

- Rahmenkonstruktion (äussere Projektionsfläche im Mauerlicht, U-Wert  $U_f$ )
- Verglasung (Glasfläche, U-Wert  $U_g$ ; Abwicklung Glasrandverbund, Wärmebrückenverlust  $\Psi_g$ )

Energieverlust durch Transmission bei Wärmebrücke aufgrund des Fenstereinbaus:

- Geometrische und materialtechnische Einflüsse (Abwicklung Fenstereinbau, Wärmebrückenverlust  $\Psi_E$ )

Energiegewinn durch Sonneneinstrahlung:

- Glasfläche, Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$ , Orientierung und Globalstrahlung
- Verschattung  $F_s$  durch Horizont, Überhang und Seitenblende
- Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne  $\eta_g$  (Speichermasse, Regulierung der Heizung). Lüftungswärmeverluste:

- Luftdichtigkeit der Fenster (Fälze, Einbau Verglasung)
- Luftdichtigkeit beim Einbau (Anschluss Wand/Fenster)
- Fensterlüftung, Nutzereinfluss

## Drei Fenster im Vergleich

Im folgenden sollen drei Fenster betreffend Rahmen-U-Wert, Fenster-U-Wert bei unterschiedlichen Fenstergrössen, Wärmebrückenverlust und Energiebilanz verglichen werden:

- «Optiwin»: ein passivhauszertifiziertes Fenster (1a Hunkeler)
- «Topwin»: ein neues, innovatives Holz-Metall-Fenster (1a Hunkeler)
- «Referenz»: ein «normales» Holz-Metall-Fenster, das dem Minergie-Modul Fenster entspricht.

Eine erste Fragestellung betrifft den Rahmen-U-Wert  $U_f$  (Abbildungen 6 und 7). Bezogen auf die Geometrie des Minergie-Fensters (zweiflügelig, 1,75 m auf 1,30 m) weist das passivhauszertifizierte Fenster

«Optiwin» mit Abstand den besten U-Wert auf ( $U_f = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), während die anderen beiden Fenster ähnliche U-Werte aufweisen («Topwin»:  $U_f = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; «Referenz»  $U_f = 1,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) (Tabelle 1).

Ist nun das Passivhausfenster auch derart viel besser als es den Anschein macht?

Die Kennwerte sollen auf die Frage nach dem energieeffizientesten Fenster Antworten geben (Tabelle 2 und Abbildung 9):

- Fenster-U-Wert bei zwei verschiedenen Abmessungen (Minergie-Fenster von 1,55 m auf 1,15 m bzw. grössere Fensterfront von 4,50 m auf 2,50 m, beide Varianten zweiflügelig ausgeführt) ohne Berücksichtigung der Wärmebrücke beim Einbau ( $U_w$ ) bzw. mit Berücksichtigung derselben ( $U_{w,E}$ ; Abbildung 10 betreffend die Wärmebrücke  $\Psi_E$ ). Bei diesen U-Werten ist eine 3-fach-Isolierverglasung mit  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  und  $\Psi_g = 0,05 \text{ W/mK}$  (Randverbund aus Edelstahl) berücksichtigt (Tabelle 2).

Auch betreffend das Kriterium Fenster-U-Wert  $U_w$  bzw.  $U_{w,E}$  schneidet das passivhaus-zertifizierte Fenster «Optiwin» immer noch am besten ab, wobei insbesondere bei grossen Fensterflächen das Fenster «Topwin» fast ebenbürtig wird. Beim Fenster

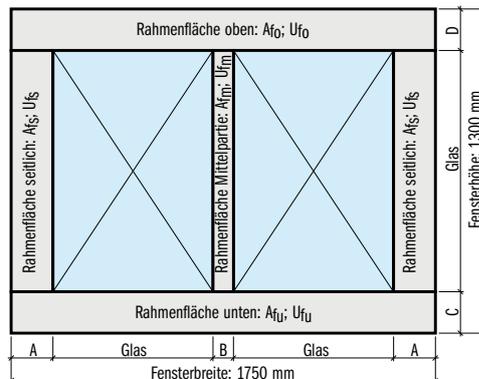


Abbildung 6: Masse am Fenster, wie sie für den Vergleich der Rahmen in Tabelle 1 gelten.

<b>Fenster «Optiwin»</b>	$U_f = 0,699 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Fenster «Topwin»</b>	$U_f = 1,229 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Fenster «Referenz»</b>	$U_f = 1,336 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabelle 1: Rahmen-U-Werte ( $U_f$ ), normiert auf Masse des Minergie-Fensters (1,75 m auf 1,30 m).

«Referenz» führt der grosse Wärmebrückenverlust beim Einbau, verursacht durch Aluprofile, die in die Wärmedämmschicht hineinragen, zum mit Abstand höchsten U-Wert  $U_{w,E}$ .

■ Den wichtigsten Wert hinsichtlich Beurteilung der Energieeffizienz liefert aber die

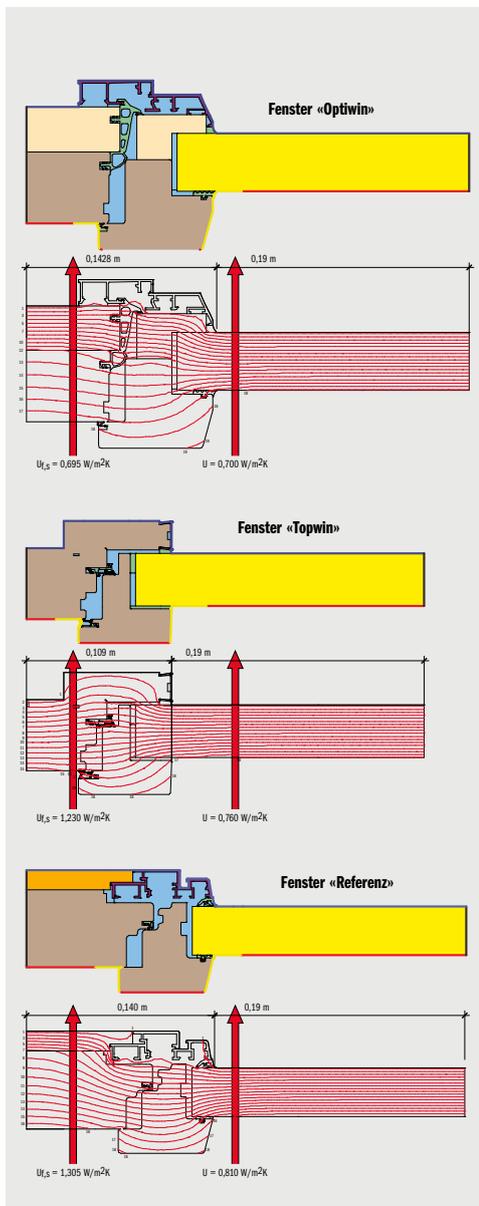


Abbildung 7: Rechnerische Ermittlung der Rahmen-U-Werte von drei Fenstern am Beispiel der seitlichen Rahmenpartie.

Tabelle 2: Kennwerte der drei Fenster. Die Masse beziehen sich auf das eingebaute Fenster.

Materialien (Abbildung 7)			
	$\lambda$ [W/m·K]		$\lambda$ [W/m·K]
Aluminium	160,000	Glas/Panel	0,035
Dichtungsmaterialien	0,250	Holzwerk	0,130
Polystyrolhartschaum EPS	0,036	Unbelüftete Hohlräume	0,9
Wärmedämmschicht	0,035		

Tabelle 2	Fenster 1,55 m auf 1,15 m		Fenster 4,5 m auf 2,5 m	
	$U_w$	$U_{w,E}$	$U_w$	$U_{w,E}$
Optiwin	0,74 W/m²K	0,87 W/m²K	0,60 W/m²K	0,66 W/m²K
Topwin	0,82 W/m²K	0,99 W/m²K	0,63 W/m²K	0,70 W/m²K
Referenz	0,87 W/m²K	1,22 W/m²K	0,66 W/m²K	0,80 W/m²K

Bilanz aus Transmissionswärmeverlust minus Sonnenenergiegewinne (Abbildung 9). Es wurde das erwähnte Glas in «Solarausführung», mit einem g-Wert von 57 %, berücksichtigt; als Klimastation wurde Zürich SMA verwendet, die Verschattung  $F_s$  mit 0,8 und der Ausnutzungsgrad für Wärmeenergiegewinne  $\eta_g$  mit 0,6 berücksichtigt. Durch den kleineren Rahmen- und somit grösseren Glasanteil des Fensters «Topwin» gegenüber den beiden anderen Fenstern resultiert ein grösserer Energiegewinn durch Sonneneinstrahlung und das Fenster «Topwin» weist nun, abgesehen von der Nordorientierung, die beste Energiebilanz auf. Gegen Süden, Westen und Osten orientiert, ist «Topwin», über die gesamte Heizperiode betrachtet, ein Energiegewinnsystem (Fenster 4,5 m x 2,5 m). Gegen Norden weist «Topwin» gegenüber dem Passivhausfenster «Optiwin» nur einen um 3 % bis 7 % höheren bilanzierten Heizperiodenverlust auf. ■

**Fazit:** Es ist somit möglich, auf teure Passivhausfenster zu verzichten, weil mit innovativen Fenstersystemen und optimaler Verglasung mindestens ebenso energieeffiziente Fenster geplant werden können. Eine zweite Quintessenz bezieht sich auf die Fenstergrösse: Wenige grosse Fenster sind besser als viele kleine.

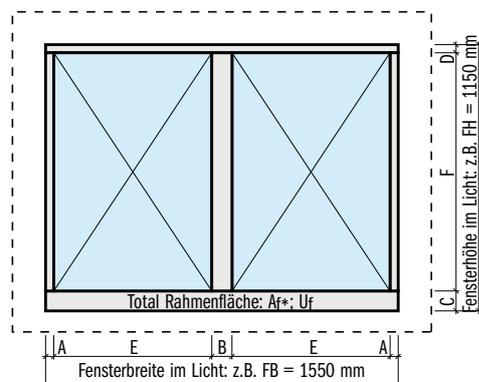


Abbildung 8: Flächen am Fenster, wie sie für den Vergleich in Abbildung 9 und Tabelle 2 gelten.

U-Wert	$U_g$	0,50	[W/m²K]
Glasrand Edelstahl	$\Psi_g$	0,05	[W/mK]
Energiedurchlassgrad	g	0,57	[-]
Klimakennwerte Klimastation Zürich SMA			
Heizgradtage	HGT	3717	[Kd/a]
Globalstrahlung Süd	GS	1710	[MJ/m²a]
Globalstrahlung West	GW	1016	[MJ/m²a]
Globalstrahlung Ost	GE	965	[MJ/m²a]
Globalstrahlung Nord	GN	474	[MJ/m²a]
Verschattungsfaktor	FS	0,8	[-]
Ausnutzungsgrad Wärmeenergiegewinne	$\eta_g$	0,6	[-]

Tabelle 3: Eingesetzte Verglasungen für Abbildung 9 und Tabelle 2.



Abbildung 9: Obwohl das Passivhausfenster «Optiwin» den besten U-Wert erreicht, weist das viel kostengünstigere Fenster «Topwin», abgesehen von der Nordorientierung, eine bessere Energiebilanz auf. Beim Fenster «Referenz» wirkt sich der hohe Wärmebrückenverlust beim Fenstereinbau ungünstig auf die Energiebilanz aus.

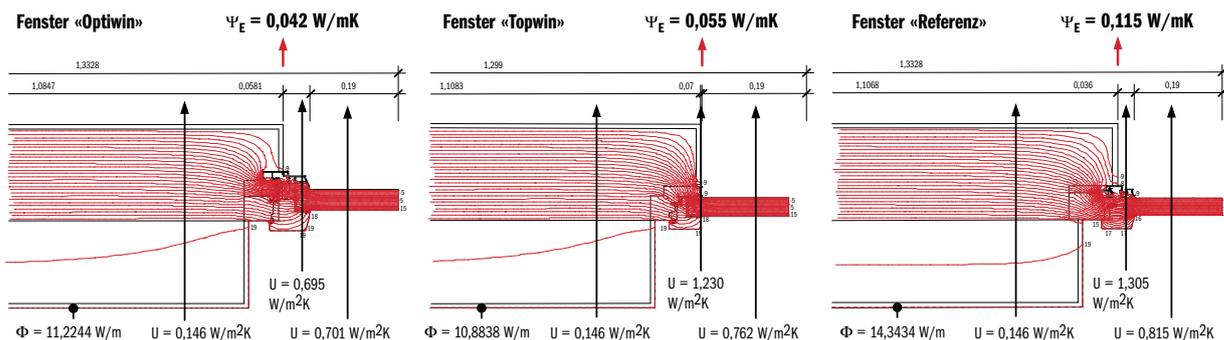


Abbildung 10: Beim Fenster «Referenz» führen die Alu-Profile bei einer analogen Anlagsituation zu einem mehr als doppelt so großen Wärmebrückenverlust  $\Psi_E$  wie beim Passivhausfenster «Optiwin» und dem Fenster «Topwin».