

Thema:

## Passivhausfenster - Transparenz und Effizienz

vom richtigen U-Wert bis zur optimalen Montage

Referent:

Dirk Wiegand,  
Dipl.-Ing. (FH) Holztechnik



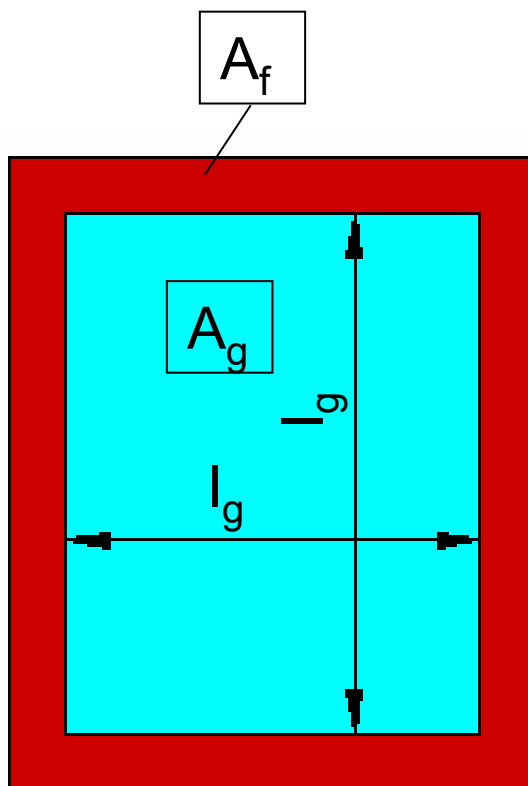
# Inhalt

- 1 Grundlagen (Energiegewinne und –verluste durch Passivhausfenster) (Folie 3 - 7)
- 2 g-Wert  $\leftrightarrow$  U-Wert (Folie 8 – 13)
- 3 Montage von Passivhausfenstern in der Praxis (Folie 14 – 21)
- 4 Sonnenschutz in die Fassade integriert (Folie 22 + 23)
- 5  $\Psi$ -Wert ist nicht alles (Folie 24)



# 1 Wie wird der U-Wert eines Fensters bestimmt?

$$U_w = \frac{A_g}{A_g + A_f} \cdot U_g + \frac{A_f}{A_g + A_f} \cdot U_f + \frac{l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f}$$



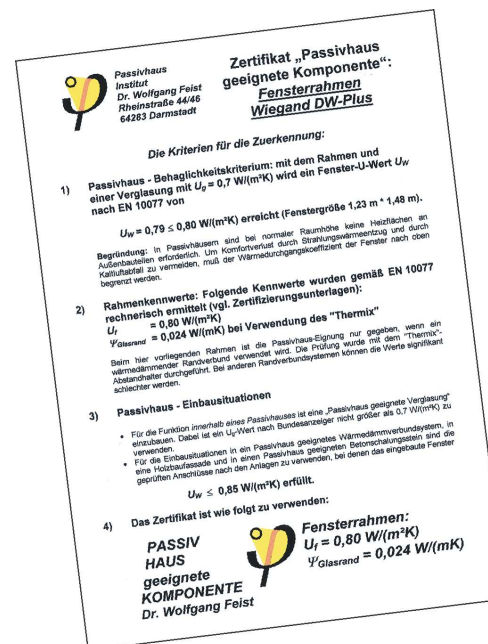
U = Wärmedurchgangskoeffizient  
W = Window ( Fenster )  
f = frame ( Rahmen )  
g = Glas  
A = Fläche  
l = Länge Fuge  
 $\Psi$  = Wärmebrückenkoeffizient

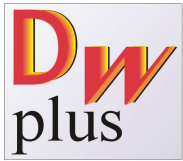
# 1 Anforderung an das Fenster im Passivhaus

Anforderung:  $U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$   
mit  $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Berechnung nach DIN 10077

$U_{w\text{Einbau}} \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$





... das Passiv-Fenster

# 1 Energiegewinn durch Verglasung



... Ideen aus Holz

Was ist der **g-Wert** und wie wirkt er sich aus?

# 1 Energiegewinn durch Verglasung

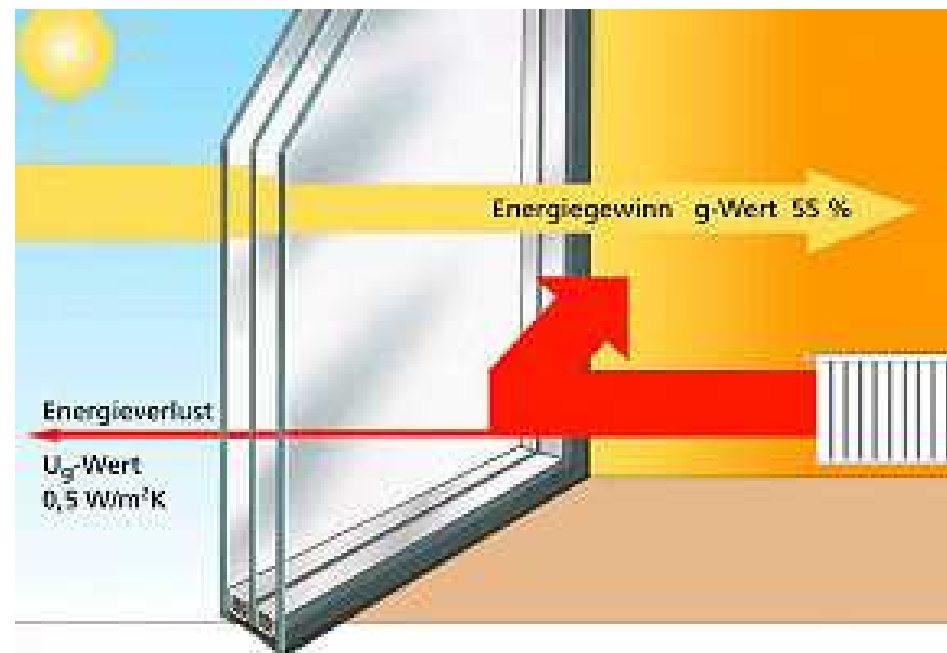
g-Wert

=

Gesamtenergiedurchlassgrad

=

Anteil der Sonnenenergie, der als Wärme im Raum nutzbar ist



# 1 Energiegewinn durch Verglasung

## Was mindert mögliche Energiegewinne?

- **g-Wert Verglasung** (je höher, desto mehr Sonnenenergie gelang durch Verglasung, gute g-Werte ca. 0,6)
- **Verschattungseffekte** (Nachbarbebauung, Bäume, Laibungstiefe)
- **nicht senkrechte Sonneneinstrahlung** (Abminderung – 15%)
- **Verschmutzung der Verglasung** (Abminderung - 5 %)
- **Laibungstiefe** (folgende Abminderung für 20 cm Laibungstiefe: Süd: - 10%; Ost/ West – 22%; Nord - 17 % )

# g-Wert $\longleftrightarrow$ Ug-Wert am Beispiel Passivhaus



# 2 g-Wert $\Leftrightarrow$ U-Wert am Beispiel 2-fach und 3-fach-Glas

## Energiebilanz 3-fach- und 2-fach- Glas

gutes 3-fach-Glas  
 $U_{g(\text{glass})}$ -Wert 0,6 W/(m<sup>2</sup>K)  
g-Wert 0,61  
(Scheibendicke 48 mm)

schlechtes 3-fach-Glas  
 $U_{g(\text{glass})}$ -Wert 0,8 W/(m<sup>2</sup>K)  
g-Wert 0,50  
(Scheibendicke 32 mm)

2-fach-Glas  
 $U_{g(\text{glass})}$ -Wert 1,1 W/(m<sup>2</sup>K)  
g-Wert 0,62  
(Scheibendicke 24 mm)

Ausrichtung	Gewinn $g \cdot S_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Verlust $U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Bilanz [W/(m <sup>2</sup> K)]	Gewinn $g \cdot S_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Verlust $U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Bilanz [W/(m <sup>2</sup> K)]	Gewinn $g \cdot S_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Verlust $U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Bilanz [W/(m <sup>2</sup> K)]
Süd	1,95	0,6	-1,35	1,60	0,8	-0,80	1,98	1,1	-0,88
Ost/ West	1,04	0,6	-0,44	0,85	0,8	-0,05	1,05	1,1	0,05
Nord	0,67	0,6	-0,07	0,55	0,8	0,25	0,68	1,1	0,42



**mehr Energiegewinne als Verluste!**

$S_g$ -Werte

Süd = 3,2 W/(m<sup>2</sup>K)

Ost/ West = 1,7 W/(m<sup>2</sup>K)

Nord = 1,1 W/(m<sup>2</sup>K)

# 2 g-Wert $\Leftrightarrow$ U-Wert am Beispiel 2-fach und 3-fach-Glas

- Verglasungsaufbauten Ug- und g-Wert optimiert
- Vergleichskriterium Energiebilanz
- Ug-Werte auf 2 Nachkommastellen zur Verwendung im PHPP

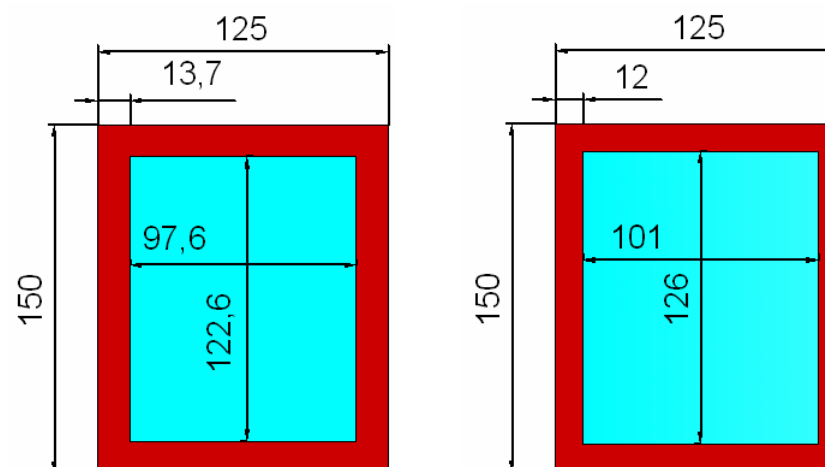
Nr.	Bezeichnung der Verglasung	Hinweise	Aufpreis [€/m² Fenster]  gültig bis 31.07.2011	Ug-Wert [W/(m²K)]		g-Wert [%]	Füllung SZR	Aufbau	max. Temperatur der Scheibe bei 800 W θ <sub>maximal</sub>	Dicke [mm]	Energiebilanz (U <sub>g</sub> - g*8a)					
											Süd		Ost/ West		Nord	
											[W/(m²K)]		[W/(m²K)]		[W/(m²K)]	
				DIN	PHPP	PHPP	PHPP									
				1 Steile	2 Steilen	2 Steilen	2 Steilen									
<b>Standard 3-fach-Glas mit Argon-Füllung (Varianten ohne Aufpreis)</b>											<b>Qualitätskriterium: Summe aus Energieverlusten (U<sub>g</sub>-Wert) und Energiegewinnen (g-Wert)</b>					
1	iplus neutral 3LS Standard WIEGAND (2 x 18)	+++ hoher g-Wert (61 %) ++++ U <sub>g</sub> -Wert 0,6 nach DIN +++ niedrige Scheibentemperaturen (θ <sub>maximal</sub> ) durch Spezialbeschichtung ++++ niedriger Preis	Standard ab Juli 2011	0,6	0,54	61	Argon	4   18   4LS   18   4LS	50	48	-1,35	-1,31	-0,40	-0,03		
2	iplus neutral 3E (2 x 18)	++++ U <sub>g</sub> -Wert 0,5 nach DIN + guter g-Wert (53 %) ++++ niedriger Preis	0,00 € (Alternative)	0,5	0,53	53	Argon	4   18   4E   18   4E	59	48	-1,20	-1,17	-0,37	-0,05		
3	iplus neutral 3L (2 x 16)	war Standard bis Juli 2011	0,00 € (Alternative - war Standard bis Juli 2011)	0,6	0,52	57	Argon	4   16   4L   16   4L	60	44	-1,22	-1,20	-0,35	-0,01		
<b>Mehrkosten für 3-fach-Glas mit Sonderaufbau (Argon-Füllung)</b>																
4	iplus neutral 3LS mit ipawhite außen (2 x 18)	++++ beste Energiebilanz ++++ höchster g-Wert (64 %) +++ U <sub>g</sub> -Wert 0,6 W/(m²K) nach DIN ++++ Fenster mit Schallschutzklasse 3 (37 dB R <sub>w,p</sub> bezogen auf Fenstergröße 1,23 x 1,48 m) +++ niedrige Scheibentemperaturen (θ <sub>maximal</sub> ) durch Spezialbeschichtung ++ geringer Aufpreis (Aufbauend auf Nr. 1)	15,00 €	0,6	0,54	64	Argon	6whl   18   4LS   18   4LS	50	50	-1,45	-1,41	-0,45	-0,06		
5	iplus neutral 3L mit ipawhite außen (2 x 18)	+++ hoher g-Wert (60 %) +++ guter U <sub>g</sub> -Wert (0,57 W/(m²K)) ++++ Fenster mit Schallschutzklasse 3 (37 dB R <sub>w,p</sub> bezogen auf Fenstergröße 1,23 x 1,48 m) ++ geringer Aufpreis	15,00 €	0,6	0,57	60	Argon	6whl   18   4L   18   4L	60	50	-1,32	-1,35	-0,45	-0,09		
6	iplus neutral 3L mit ipawhite außen (2 x 16)	+++ hoher g-Wert (60 %) +++ U <sub>g</sub> -Wert 0,6 W/(m²K) nach DIN ++++ Fenster mit Schallschutzklasse 3 (37 dB R <sub>w,p</sub> bezogen auf Fenstergröße 1,23 x 1,48 m) ++ geringer Aufpreis (Aufbauend auf Nr. 3)	15,00 €	0,6	0,52	60	Argon	6whl   16   4L   16   4L	60	46	-1,32	-1,30	-0,40	-0,04		
7	iplus neutral 3 1.0 (2 x 18)	++++ sehr guter U <sub>g</sub> -Wert (0,48 W/(m²K)) +++ geringer Aufpreis ---- schlechter g-Wert (42 %)	7,00 €	0,5	0,48	42	Argon	4   18   4p1.0   18   4p1.0	58	48	-0,84	-0,86	-0,23	0,02		

Vergleich 2-fach mit 3-fach-Glas

## 2 g-Wert $\Leftrightarrow$ U-Wert am Beispiel Passivhausfenster

Fenstertyp	„DW-plus“ Fa. Wiegand	„Passiv SuperPlus“
Uf-Wert Rahmen	0,80 W/(m <sup>2</sup> *K)	1,00 W/(m <sup>2</sup> *K)
Ansichtbreite	137 mm	120 mm
Ug-Wert in W/(m <sup>2</sup> *K)	0,6 W/(m <sup>2</sup> *K)	0,5 W/(m <sup>2</sup> *K)
g-Wert Verglasung	61 %	51 %
Psi-Wert Glas	0,024 W/(m*K)	0,030 W/(m*K)
Uw-Wert	<b>0,73 W/(m<sup>2</sup>*K)</b>	<b>0,73 W/(m<sup>2</sup>*K)</b>

Frage:  
Welches Fenster würden Sie kaufen?



# 2 g-Wert $\Leftrightarrow$ U-Wert am Beispiel Passivhausfenster

Vergleich der Fenstertypen anhand der **Auswirkungen** auf den **Energiekennwert-Heizwärme** des PHPP anhand eines erbauten Passivhauses

„DW plus“  
Fa. Wiegand

„Passiv SuperPlus“

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche				
Energiebezugsfläche: 226,53 m <sup>2</sup>				
	Verwendet:	Jahreserfasser	PH-Zertifikat:	Erfüllt:
Energiekennwert Heizwärme:	14,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	✓
Drucktest-Ergebnis:	0,45 h <sup>-1</sup> Zielwert	0,6 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Heizkeller-Ström):	114 kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsström):	48 kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsström):	kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Einparnung durch solar erzeugten Strom:				
Heizlast:	13,6 W/m <sup>2</sup>			

Energiekennwert Heizwärme

14,2 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche				
Energiebezugsfläche: 226,53 m <sup>2</sup>				
	Verwendet:	Jahreserfasser	PH-Zertifikat:	Erfüllt:
Energiekennwert Heizwärme:	16,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	–
Drucktest-Ergebnis:	0,45 h <sup>-1</sup> Zielwert	0,6 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Heizkeller-Ström):	117 kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsström):	51 kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsström):	kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Einparnung durch solar erzeugten Strom:				
Heizlast:	13,9 W/m <sup>2</sup>			

Energiekennwert Heizwärme

16,7 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)

**18 % Unterschied** auf den **Heizbedarf** des ganzen Hauses und **Erfüllung** des **Passivhauskriteriums** nur durch den **Einsatz** des **zertifizierten Passiv-Fensters!!!**

## 2 g-Wert $\Leftrightarrow$ U-Wert am Beispiel Passivhausfenster

Auswirkungen des g und Ug-Wertes auf den  
Energiekennwert Heizwärme in kWh/(m<sup>2</sup>\*a) lt. PHPP

g-Wert	U <sub>g</sub> -Wert 0,6 W/(m <sup>2</sup> *K)	Veränderung
61 %	14,2	100 %
57 %	15,5	109 %
55 %	16,1	113 %
51 %	17,6	124 %

## 3 Definition Wärmebrücke

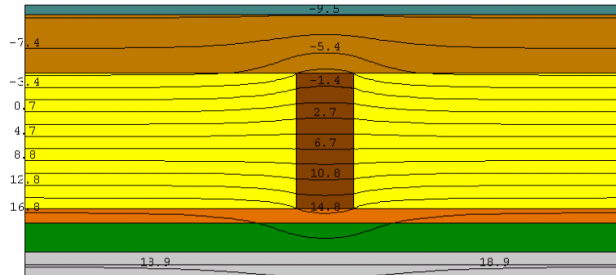
Nach DIN EN 10211:

„Teil der Gebäudehülle, wo der ansonsten gleichförmige Wärmedurchlasswiderstand signifikant verändert wird..“

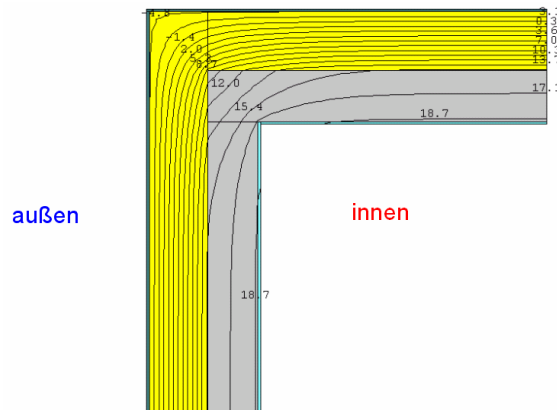


# 3 Ursachen Wärmebrücken

- Stofflich bedingte Wärmebrücke



- geometrisch bedingte Wärmebrücke



- konvektive Wärmebrücke

## 3 Wärmebrückenarten

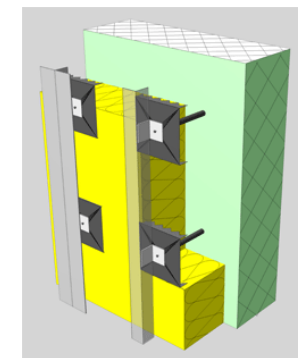
- **Linienförmige Wärmebrücke**

- verläuft durchgehend senkrecht zur Richtung des Wärmestromes
- längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi$  [W/(mK)]



- **Punktförmige Wärmebrücke**

- lokale Stellen – z.B. Befestigungselemente von Dämmung
- punktförmige bezogene Wärmedurchgangskoeffizient  $\chi$  [W/K]





## 3 Auswirkung Wärmebrücke

- Senkung Oberflächentemperatur
- Erhöhung Energieverbrauch
- Schimmel- und Tauwasserbildung
- Entstehung von Bauschäden

Längere Zeit Tauwasser an Bauteiloberfläche führt zur Durchfeuchtung der Materialien

- Beeinträchtigung thermische Behaglichkeit

Zugerscheinungen durch Strahlungswärmeentzug und Konvektion



### 3 Warum Wärmebrückennachweis?

- Forderung DIN – Nachweis Schimmelpilzfreiheit

DIN 4108-2 fordert Temperaturfaktor  $f_{rsi} > 0,7$

$$f_{rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

mit:

$\theta_i$  = raumseitige Oberflächentemperatur

$\theta_{si}$  = Innenlufttemperatur 20° C

$\theta_e$  = Außenlufttemperatur -5° C



Normklima: 20° C innen, -5° C außen, 50% rel. Luftfeuchte

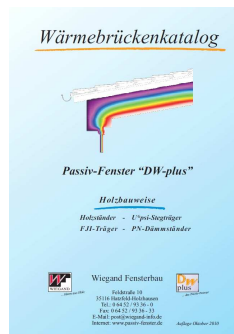
$f_{rsi} > 0,7$  entspricht einer Oberflächentemperatur von **> 12,6 °C**  
(> 80% rel. Luftfeuchte- langfristig Schimmelpilzkritisch)

ABER: Gemäß DIN 4108-2 nicht auf der Fensteroberfläche gefordert!

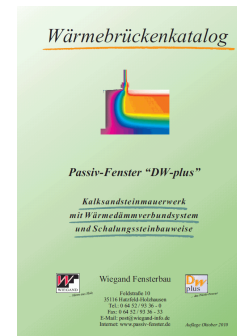
# 3 Wärmebrückenkataloge WIEGAND

- Passiv-Fenster „DW-plus“
- Sonnenschutz
- Passiv-Haustür
- Hebe-Schiebe-Tür

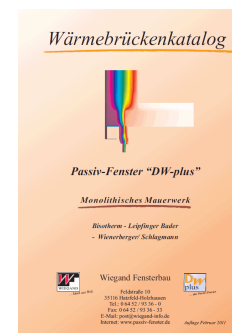
## Holzbau



## Kalksandstein + Schalungsstein



## Monolithisch



- unterschiedliche Einbaulagen
- Dach
- Kellerdecken
- alle Bsp. Brüstung mit Kunststein-FB
- Bodenpatte

Download pdf + Datenbank Internet:

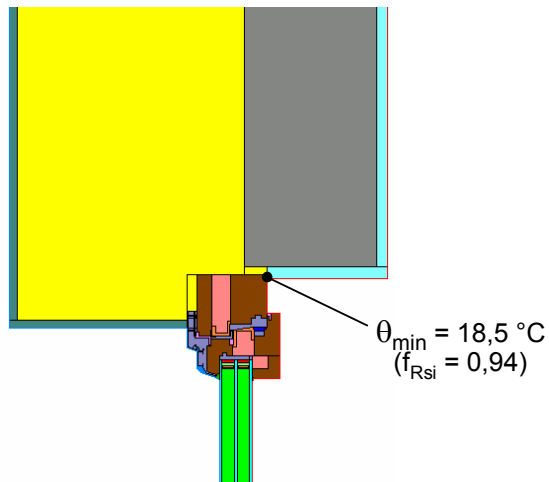
[www.wiegand-info.de/waermebrueckenberechnung](http://www.wiegand-info.de/waermebrueckenberechnung)

# 3 Fenstermontage vor dem Mauerwerk sinnvoll?

## Anschluss Passiv-Haus seitlich und oben

### Einbausituation 1

Fenster 30 mm im Mauerwerksebene  
 Rahmenüberdämmung 60 mm  
 Einbaufuge 10 mm

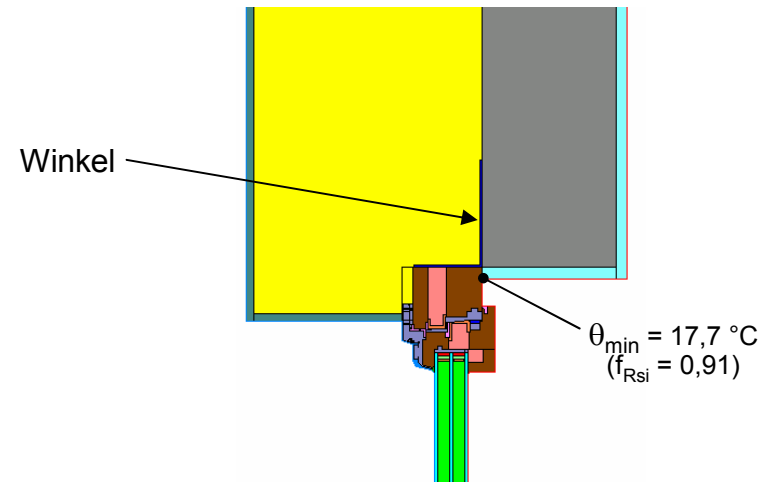


$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,002 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

[Detail 01101 WBK Wiegand]

### Einbausituation 2 und 3

Fenster Mauerwerk vor dem Mauerwerk  
 2 Stück Stahlwinkel 140 x 90 x 50 x 3 mm je Meter  
 ohne Einbaufuge



$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,005 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

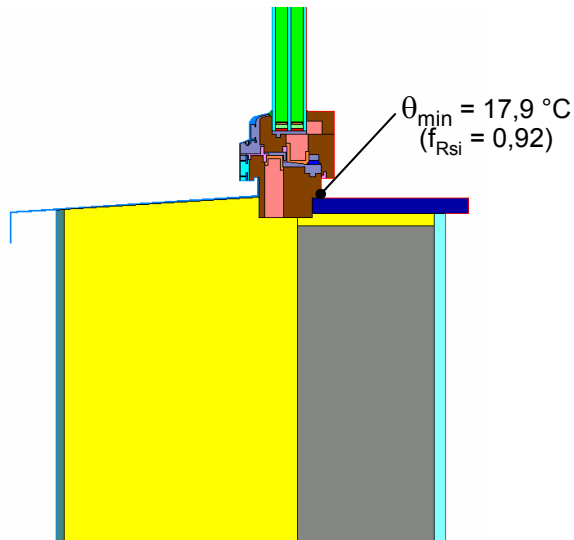
[Detail 01501 WBK Wiegand]

# 3 Fenstermontage vor dem Mauerwerk sinnvoll?

## Anschluss Passiv-Haus Brüstung

### Einbausituation 1

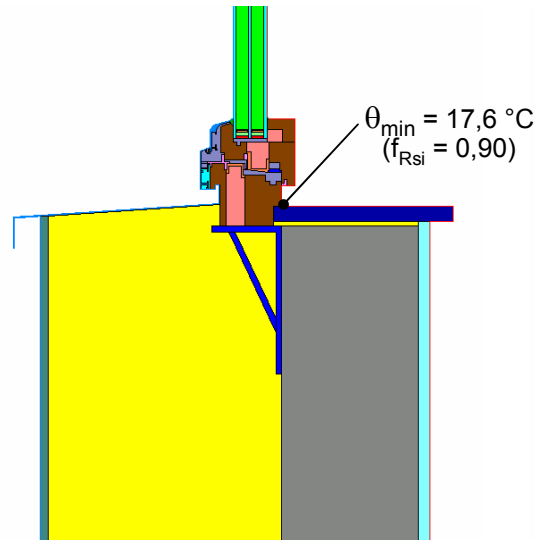
Fenster 30 mm im Mauerwerksebene  
 Einbaufuge 10 mm  
 Innenfensterbank Kunststein 2 cm  
 Außenfensterbank Aluminium



$\Psi_{Einbau} = 0,017 \text{ W/(mK)}$   
 [Detail 01103 WBK Wiegand]

### Einbausituation 2

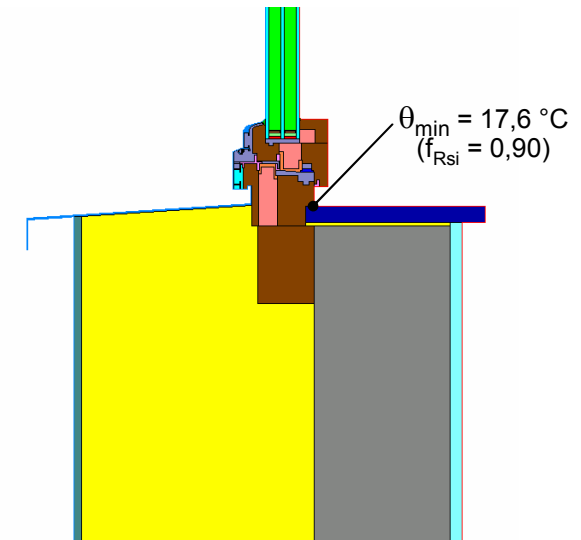
Fenster Mauerwerk außen bündig  
 ohne Einbaufuge  
 2 Stück Stahlwinkel 190 x 90 x 80 x 8 mm je Meter  
 Innenfensterbank Kunststein 2 cm  
 Außenfensterbank Aluminium



$\Psi_{Einbau} = 0,028 \text{ W/(mK)}$   
 [Detail 01505 WBK Wiegand]

### Einbausituation 3

Fenster Mauerwerk außen bündig  
 ohne Einbaufuge  
 Kantholz 73 x 100 mm  
 Innenfensterbank Kunststein 2 cm  
 Außenfensterbank Aluminium



$\Psi_{Einbau} = 0,035 \text{ W/(mK)}$   
 [Detail 01508 WBK Wiegand]

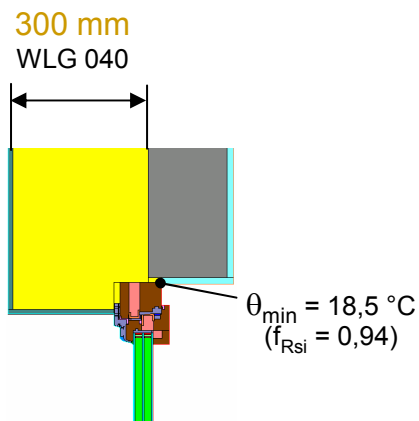
# 4 Sonnenschutz

- Fassade mit WDVS (> 260 mm Dicke)

Dämmdicke  
[mm]

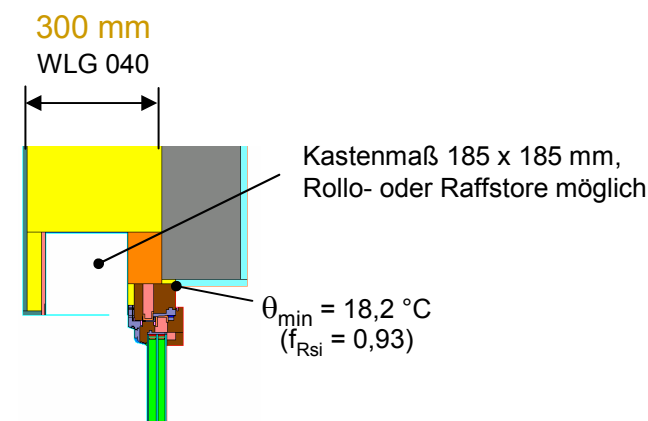
ohne Sonnenschutz

Einbaulage 30 mm im Mauerwerk



mit Vorsatzrollo/ -raffstore

75 mm PU-Dämmung hinter Kasten  
Einbaulage 30 mm im Mauerwerk



$\Psi$ -Einbau  
[W/(mK)]

0,002  $\xrightarrow{\Delta\Psi = 0,033}$  0,035



**Das bedeutet für das ganze Gebäude\*:  
ca. 5,- € zusätzliche Heizkosten pro Jahr!**

**\*Rechnung:** 15 m Wärmebrücke \* 0,033 ( $\Delta\Psi$ ) \* 84 kWh/a (Gradtagzahl) / 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche  
 = 0,28 W/(m<sup>2</sup>a) mehr Heizwärmebedarf pro Jahr und m<sup>2</sup> Wohnfläche  
 = 0,28 W/(m<sup>2</sup>a) Heizwärmebedarf \* 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche / 10 kWh (10 kWh  $\approx$  1 Liter Öl)  
 = 4,2 l Öl Mehrverbrauch auf das gesamte Haus im Jahr  
 = 4,2 l Öl/a \* 1,- €/l  
 = 4,20 € mehr Heizkosten auf das gesamte Haus im Jahr

## 4 Sonnenschutz

### - Vorsatzrollo/ -raffstore in der Praxis

Ansicht Fenster mit Rollo  
in der fertigen Fassade



Ansicht Fenster mit Rollo  
im Rohbau montiert



Raffstores und Rollos in  
einem Objekt  
Ansichten nur im  
heruntergelassenen Zustand  
verschieden



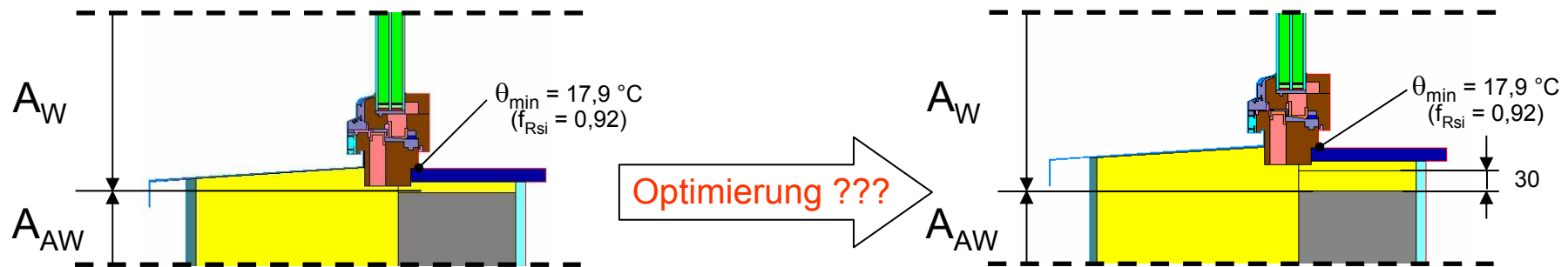
Montage Fenster mit  
Sonnenschutz im Rohbau



# 5 $\Psi$ -Wert ist nicht alles

## Beispiel: 30 mm Dämmung auf Brüstung sinnvoll?

(Rohbaumaß Fensteröffnung  $A_W$  gleich groß)



0,017 W/(mK)

$\Psi$ -Wert  $\xrightarrow{\text{optimiert}}$  -0,003 W/(mK)

- 0,031 W/(mK) ← größere Scheibe  
=> mehr Gewinn

**Berücksichtigung der solaren Energiegewinne**  
durch 30 mm mehr Glas auf 1 m Länge für Ost/ West-Seite mit g-Wert = 0,6  
(Süd = 0,058 W/(mK) // Nord = 0,020 W/(mK))

**- 0,014 W/(mK)**

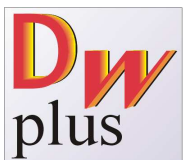
**Bilanz**

**-0,003 W/(mK)**

**falsche Optimierung!**

**Ergebnis:  $\Delta = + 0,011$  W/(mK)**  
**Verschlechterung trotz besserer  $\Psi$ -Wert!**





... das Passiv-Fenster



... Ideen aus Holz

## **Anschrift:**

Wiegand Fensterbau  
Feldstraße 10  
35116 Hatzfeld-Holzhausen/ Eder

## **Telefon:**

0 64 52 / 93 36 0

## **Fax**

0 64 52 / 93 36 33

## **E-mail**

[post@wiegand-info.de](mailto:post@wiegand-info.de)

## **Internet**

[www.wiegand-info.de](http://www.wiegand-info.de)  
[www.passiv-fenster.de](http://www.passiv-fenster.de)  
[www.dw-plus.de](http://www.dw-plus.de)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

