

Energiegewinn durch Verglasung und wärmebrückenfreie Montage in der Praxis

Autorennamen: Dirk Wiegand¹ und Markus Graf CoAutor²

1 Adresse: Wiegand Fensterbau,
Feldstraße 10, 35116 Hatzfeld-Holzhausen,
Telefon: 06452 9336-0 / Fax: 9336-33 / E-Mail post@wiegand-info.de
2 Adresse: Wiegand Fensterbau,
Feldstraße 10, 35116 Hatzfeld-Holzhausen,
Telefon: 06452 9336-20 / Fax: 9336-33 / E-Mail graf@wiegand-info.de

Kategorie: Vortrag

KURZFASSUNG

Der vorliegende Beitrag behandelt im ersten Teil die Bedeutung der solaren Energiegewinne durch Verglasungen im Verhältnis zu den Transmissionswärmeverlusten. Dabei wird der Unterschied zwischen gutem und schlechtem Dreifachglas aufgezeigt. Der zweite Teil erläutert das Thema praxisingerechte Montage von Passivhausfenstern und beinhaltet einen Vergleich verschiedener Einbaulagen. Wirkt sich eine Wärmebrückenoptimierung am Fenster immer positiv in der Energiebilanz aus? Warum dies nicht immer so ist wird in Kapitel drei des Beitrages beschrieben. Im letzten Teil werden Lösungen aufgezeigt Sonnenschutz in die Fassade eines Passivhauses wirtschaftlich und energetisch sinnvoll zu integrieren.

SCHLÜSSELWÖRTER

Passivhausfenster, Fenstermontage, Wärmebrückenberechnungen, Sonnenschutz, Verglasungen

1 ENERGIEGEWINN DURCH VERGLASUNG

Sonnenenergie die durch das Glas gelangt heizt im Winter kostenlos das Haus. Deutlich spürbar wird dieser Effekt, wenn die Sonne scheint und uns im kalten Winter hinter einer nach Süden ausgerichteten Scheibe warm wird. Der Mensch nimmt aber nur extreme Sonneneinstrahlungen wahr. Tatsächlich ist es so, dass selbst auf der Nordseite an bewölkten Tagen durch diffuse Strahlung solare Energiegewinne entstehen.

Der g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad) einer Verglasung gibt an, wie viel % der Sonnenenergie durch das Glas in den Raum gelangen.

Das Angebot an Sonnenenergie ist dabei Himmelsrichtungsabhängig (Süd-Seite am größten, Nord-Seite am geringsten).

Doch wie groß ist der Vorteil des solaren Energiegewinns im Vergleich zum Energieverlust durch Wärmeleitung?

Deutlich wird dies in einer Energiebilanz:

Energiebilanz = Energieverluste ($U_{g(\text{glass})}$ -Wert) – Energiegewinne (g-Wert * S_g -Wert)

mit: $U_{g(\text{glass})}$ -Wert = Wärmedurchgangskoeffizient Verglasung [W/(m²K)]
 g-Wert = Gesamtenergiedurchlassgrad [%]
 S_g -Wert = Strahlungsgewinnkoeffizient der Verglasung [W/(m²K)]
 (Süd = 3,2, Ost/ West = 1,7, Nord = 1,1)

Beim S_g -Wert müssen folgende Einflussfaktoren berücksichtigt werden:

- Himmelsrichtung
- Nicht senkrechter Sonneneinstrahlung (Abminderung - 15% im S_g -Wert enthalten)
- Verschmutzung der Verglasung (Abminderung – 5% im S_g -Wert enthalten)
- Verschattung durch Laibungstiefe (für 20 cm tiefe Laibung sind folgende Abminderungen im S_g -Wert enthalten: Süd = - 10%; Ost/ West = - 22 %; Nord = - 17 %)
- Verschattungseffekte (Nachbarbebauung, Bäume, Balkone)

In guter Software zur Heizwärmebedarfsermittlung wird die individuelle Verschattungssituation des Gebäudes abgefragt und durch den Anwender sind g-Wert und $U_{g(\text{glass})}$ -Wert anzugeben. Der Einfluss der Verglasung auf den Heizwärmebedarf des Hauses wird direkt sichtbar.

Wird die Energiebilanz für verschiedene Verglasungen erstellt, so ergeben sich wie in Tabelle 1 ersichtlich, deutliche Unterschiede:

TABELLE 1: Energiebilanz verschiedener Verglasungen (= $U_{g(\text{glass})} - S_g \cdot g$)

Glasart	Süd [W/(m ² K)]	Ost/West [W/(m ² K)]	Nord [W/(m ² K)]
gutes 3-fach-Glas $U_{g(\text{glass})}$ -Wert = 0,6 W/(m ² K) g-Wert = 61 % Aufbau: 4-18-4-18-4	- 1,35	- 0,44	- 0,07
schlechtes 3-fach-Glas $U_{g(\text{glass})}$ -Wert = 0,8 W/(m ² K) g-Wert = 50 % Aufbau: 4-10-4-10-4	- 0,80	- 0,05	0,25
2-fach-Glas $U_{g(\text{glass})}$ -Wert = 1,1 W/(m ² K) g-Wert = 62 % Aufbau: 4-16-4	- 0,88	0,05	0,42


Ein negativer Wert ist gut, weil er ausdrückt, dass die Gewinne größer sind als die Verluste. Gute Dreifachgläser haben eine Dicke von ca. 50 mm. Deshalb ist es wichtig auch einen Fensterrahmen zu wählen, der dicke Verglasungen aufnehmen kann und selbst gute Dämmeigenschaften besitzt.

2 MONTAGE VON PASSIVHAUS-FENSTERN IN DER PRAXIS

Die Einbaulage eines Fensters vor dem Mauerwerk in der Dämmebene wird mit Verweis auf die optimale Einbaulage immer wieder heiß diskutiert. Die Frage ist ob dies aus Sicht der Wärmebrückenminimierung in der Praxis sinnvoll ist.

Verglichen werden drei Einbausituationen des Passivhaus-Fensters „DW-plus“ ($U_{f(\text{frame})}$ -Wert 0,80 W/(m²K)) im Mauerwerk (Kalksandstein) mit WDVS.

TABELLE 2: Vergleich Einbausituation 1 - 3

Kriterium	Einbausituation 1 30 mm im Mauerwerk	Einbausituation 2 vor Mauerwerk mit Winkel	Einbausituation 3 vor Mauerwerk mit Kantholz
Einbaulage:	30 mm im Mauerwerk	vor dem Mauerwerk	vor dem Mauerwerk
Breite Montagefuge:	10 mm	0 mm	0 mm
Lasteintrag Fenster ins Mauerwerk			
unten	Fenster sitzt 30 mm auf Mauerwerk auf	2 Stahlwinkel 140 x 90 x 50 x 3 mm je Meter Fugenlänge	Kantholz 73 x 100 mm
seitlich und oben	Fensteranker (Laschen) nach innen mit Mauerwerk verdübelt	2 Stahlwinkel 90 x 90 x 80 x 8 mm je Meter Fugenlänge	2 Stahlwinkel 90 x 90 x 80 x 8 mm je Meter Fugenlänge
Wärmebrücken - Ψ-Einbau-Werte [W/(mK)]			
unten	0,017	0,028	0,035
seitlich und oben	0,002	0,005	0,005
Erhöhung U_w-Wert Fenster durch Wärmebrücken der Größe 1,23 x 1,48 m ΔU_w [W/(m ² K)]	+ 0,016 => am geringsten	+ 0,030	+ 0,035
Montagekosten	am billigsten	am teuersten	
Anschluss WDVS	WDVS muss ausgeklinkt werden	Erforderliche Strebe des unteren Stahlwinkel muss beim Anbringen des WDVS ausgeklinkt und der entstehende Hohlraum zwischen Strebe und Schenkel ausgefüllt werden (Gefahr von zusätzlicher Wärmebrücke durch Fehlstellen in Dämmung)	Kantholz muss zusätzlich beim Anbringen des WDVS ausgeklinkt werden
Ergebnis:	 geringste Wärmebrücken + geringste Montagekosten	Unter Berücksichtigung von ausreichend dimensionierten Winkeln: kein Wärmebrückenvorteil + größter Montageaufwand	größte Wärmebrückenverluste + erhöhter Montageaufwand

Ergebnis ist, dass die Montage des Fensters 30 mm im Kalksandsteinmauerwerk (Einbausituation 1) die wirtschaftlichste ist und im Beispiel die geringsten Wärmebrückenverluste aufweist.

3 Ψ-EINBAU-WERT IST NICHT ALLES

Lohnt sich eine Minimierung von vermeintlichen Wärmebrücken am Fenster in jedem Fall? Deutlich soll dies am Beispiel einer Fensterbrüstung werden (siehe Bild 1).

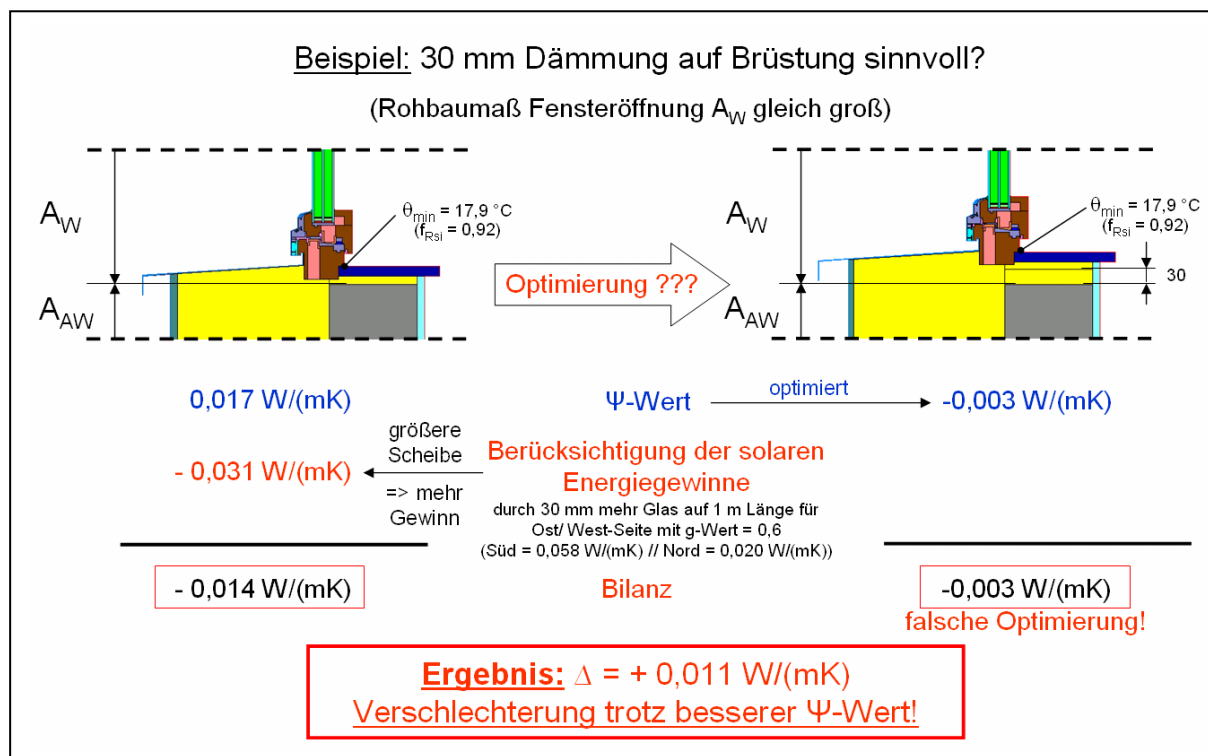


Abb. 1: Einbausituation Fenster mit und ohne Dämmplatte auf Brüstung

Das Lochmaß ist fix. Durch die Standard-Einbausituation (Einbausituation linke Seite in Abb. 1) entsteht ein längenbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient (Ψ -Einbauwert) von $0,017 \text{ W}/(\text{mK})$. Um eine Reduzierung des Wärmebrückenverlustes zu erreichen wird eine Dämmplatte von 30 mm Dicke auf der Fensterbrüstung angebracht. Dadurch verringert sich die Fenstergröße um 30 mm und der Einbauwärmeverlust wird auf $-0,003 \text{ W}/(\text{mK})$ gesenkt (Einbausituation rechte Seite in Abb. 1). Vergessen wird bei dieser Optimierungsvariante meist, dass sich durch ein 30 mm kleineres Fenster auch die Glasfläche um 30 mm verringert und damit die solaren Energiegewinne reduziert werden. Hier ist es sinnvoll wieder eine Energiebilanz aus Verlusten (Ψ -Einbau) und solaren Gewinnen (Ψ -Solar) zu bilden (siehe Abb. 1).

An den Ergebnissen in Abb. 1 wird deutlich, dass sich eine Wärmebrückenoptimierung des Fensteranschlusses auch nachteilig auswirken kann.

Wichtig ist, dass bei beiden Einbausituationen die niedrigste Oberflächentemperatur am Übergang Fenster/ Fensterbank innen größer $12,6^\circ\text{C}$ ist (bei -5°C außen, 20°C innen, $f_{\text{Rsi}} > 0,7$). Dies ist bei gut gedämmten Fensterrahmen in der Regel gegeben (siehe Abb. 1).

Für 30 mm Glasfläche lässt sich ein längenbezogener solarer Wärmegevinnkoeffizient (Ψ -Solar) in Abhängigkeit der Ausrichtung des Fensters wie folgt berechnen.

$$\Psi\text{-Solar} = S_g\text{-Wert} * b * g\text{-Wert}$$

mit: $S_g\text{-Wert}$ = Strahlungsgewinnkoeffizient [$W/(m^2K)$]
(Süd = 3,2, Ost/ West = 1,7, Nord = 1,1 – Abhängigkeiten siehe Kapitel 1)
 b = Breite der Verglasungsdifferenz [m]
 $g\text{-Wert}$ = Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung [%]

Beispielrechnung für Ψ -Solar:

TABELLE 3: Vergleich Y-Einbau-Bilanz mit und ohne Dämmplatte auf Brüstung

für Verglasung mit $g\text{-Wert} = 0,6$ $b = 0,03 \text{ m}$	Rechnung $S_g * b * g$	Solare Gewinne für 3 cm mehr Glasfläche $\Psi\text{-Solar} [W/(mK)]$
Süd	$3,2 \text{ W}/(m^2K) * 0,03 \text{ m} * 0,6$	0,058
Ost/ West	$1,7 \text{ W}/(m^2K) * 0,03 \text{ m} * 0,6$	0,031
Nord	$1,1 \text{ W}/(m^2K) * 0,03 \text{ m} * 0,6$	0,020

4 SONNENSCHUTZ IN DIE FASSADE INTEGRIERT

Sonnenschutz ist nicht nur als Blendschutz erforderlich, sondern auch notwendig um die solaren Energiegewinne zu steuern. Durch die wachsenden Anforderungen der EnEV an die Dämmung des Baukörpers und die zunehmende Verbreitung der Passivhausbauweise nehmen auch die Dicken der WDVS und des Mauerwerks zu. Bei dicken Wandaufbauten hat man die Möglichkeit den Sonnenschutz energetisch sinnvoll und nicht sichtbar vor dem Fenster in die Wand zu integrieren. Offensichtlich stellt sich sofort die Frage, ob Sonnenschutz in der Dämmebene eine bedenkliche Wärmebrücke bildet. Im weiteren Verlauf werden Sonnenschutzlösungen für zwei unterschiedliche WDVS-Dicken und im monolithischen Mauerwerk verglichen.

4.1 Dämmdicke > 260 mm

In Abb. 2 wird anhand des Ergebnisses einer Wärmebrückenberechnung gezeigt, dass sich der Ψ -Einbau-Wert durch den Sonnenschutz erhöht, auf den Energiebedarf des gesamten Hauses aber nur geringfügig auswirkt. Voraussetzung für den eingesetzten Sonnenschutz ist, dass die Dicke des WDVS mindestens 260 mm beträgt.

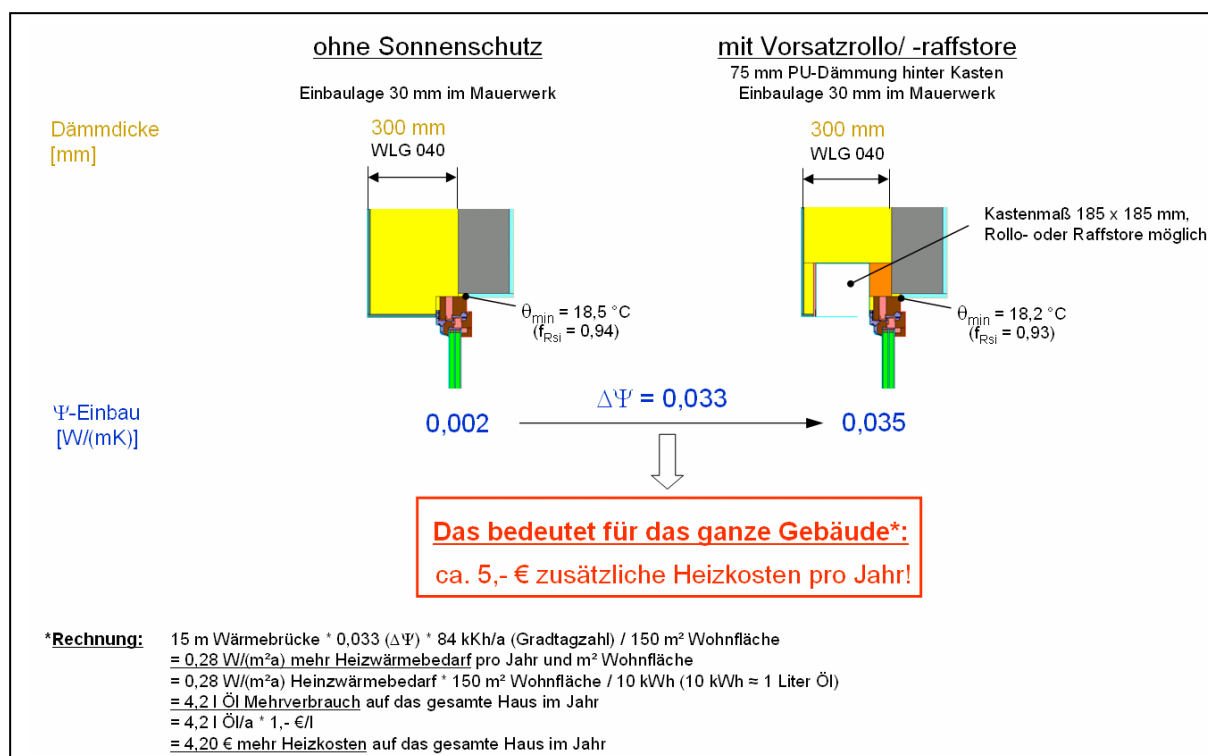


Abb. 2: Vergleich Sonnenschutz im WDVS > 260 mm Dämmdicke

4.2 Dämmdicke < 240 mm

Kommen WDVS mit Dicken kleiner als 240 mm zum Einsatz, ergeben sich für die Integration des Sonnenschutzes die in Abb. 3 ersichtlichen Lösungen.

Betrachtet der Planer den Ψ -Einbau-Wert, kommt er klar zum Schluss, dass die rechte Lösung die bessere ist. Aber Achtung - falsch! Entscheidend ist immer der Gesamtwärmestrom durch einen Abschnitt. Der Gesamtwärmestrom ist bei der linken Einbausituation am geringsten, weil die Variante den kleinsten Fensterrahmenanteil besitzt.

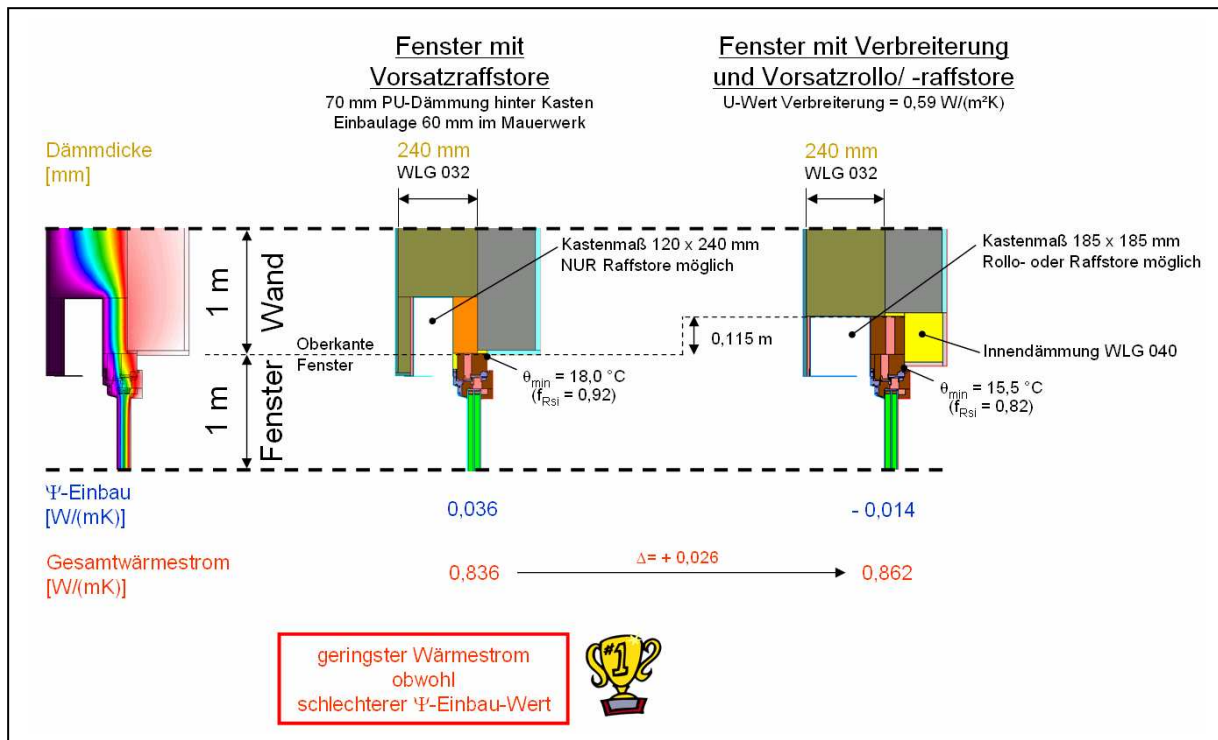


Abb. 3: Vergleich Sonnenschutz im WDVS < 240 mm Dämmdicke

4.3 Monolithisches Mauerwerk

Für die Realisierung des Sonnenschutzes im monolithischen Mauerwerk wird ein möglichst bis unter die Geschosdecke reichendes Fenster betrachtet. Verglichen werden die in Abb. 4 ersichtlichen Einbauvarianten in Tabelle 5.

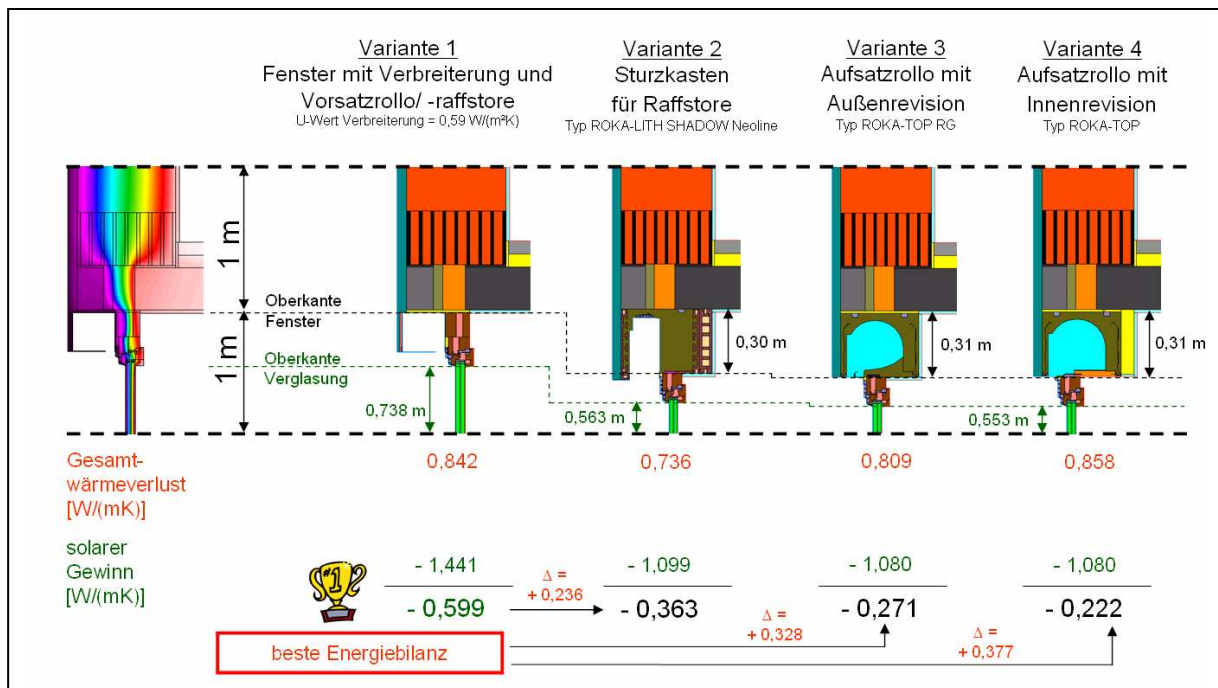




Abb. 4: Einbaubeispiele Sonnenschutz im monolithischen Mauerwerk

TABELLE 5: Variantenvergleich Sonnenschutz im monolithischen Mauerwerk

Kriterium	<u>Variante 1</u> Vorbaulement Rollo o. Raffstore	<u>Variante 2</u> Sturzkasten Raffstore	<u>Variante 3</u> Aufsatzrollo Außenrevision	<u>Variante 4</u> Aufsatzrollo Innenrevision
Sonnenschutzart	Vorbaulement Raffstore oder Rollo	Raffstore in bauseitigen Sturzkasten	Aufsatzrolladen mit Außenrevision, auf Fenster montiert	Aufsatzrolladen mit Innenrevision, auf Fenster montiert
Höhe Sonnenschutz (Maß von Oberkante Fenster bis Decke)	125 mm	300 mm	310 mm	310 mm
Umsetzung auf der Baustelle	Fenstermontage mit Sonnenschutz zusammen	1.) Sturzkasten durch Rohbauer 2.) Montage Fenster 3.) Montage Sonnenschutz	Fenstermontage mit Sonnenschutz zusammen	Fenstermontage mit Sonnenschutz zusammen
Planungsaufwand	gering	groß	gering	gering
Gesamtwärme- verlust [W/(mK)]	0,842	0,736	0,809	0,856
Solarer Energiegewinn für Südseite und Glas mit 61% g-Wert [W/(mK)]	- 1,441	- 1,099	- 1,080	- 1,080
Energiebilanz [W/mK]	- 0,599	- 0,363	- 0,271	-0,222
Kritische Oberflächen- temperatur (f_{Rsi}) [-5° C außen, 20° C innen]	18,6 (0,94)	17,3 (0,89)	15,6 (0,82)	13,6 (0,74) 
Ergebnis	 + Geringe Energieverluste , + einfach zu planen + größte Verglasungs- fläche für solare Energiegewinne	Planungsauf- wand und Kosten beachten	für Passivhäuser großer Energieverlust	für Passivhäuser großer Energieverlust - Problem Umsetzung luftdichter Kastendeckel innen

Ergebnis ist, dass Variante 1 nicht nur die beste Energiebilanz liefert, sondern auch leicht umzusetzen ist. Fenster können bis fast bis unter die Decke geplant werden.

4.3 Monolithisches Mauerwerk - Befestigung

Ein letzter Punkt ist für die Wahl des richtigen Sonnenschutzes noch zu beachten. Stellen Sie sicher, dass Horizontallasten (Windlast, Verkehrslast) auch immer gesichert abgetragen werden können (siehe Abb. 5).

Bei Systemen, die mit einer Art Dämmklotz über dem Fenster arbeiten (Abb. 5 – Variante 2) ist für breite Fensterelemente nicht gelöst wo und wie die Befestigungsmittel im Querstück des Fensters Kräfte ins Mauerwerk weiterleiten.

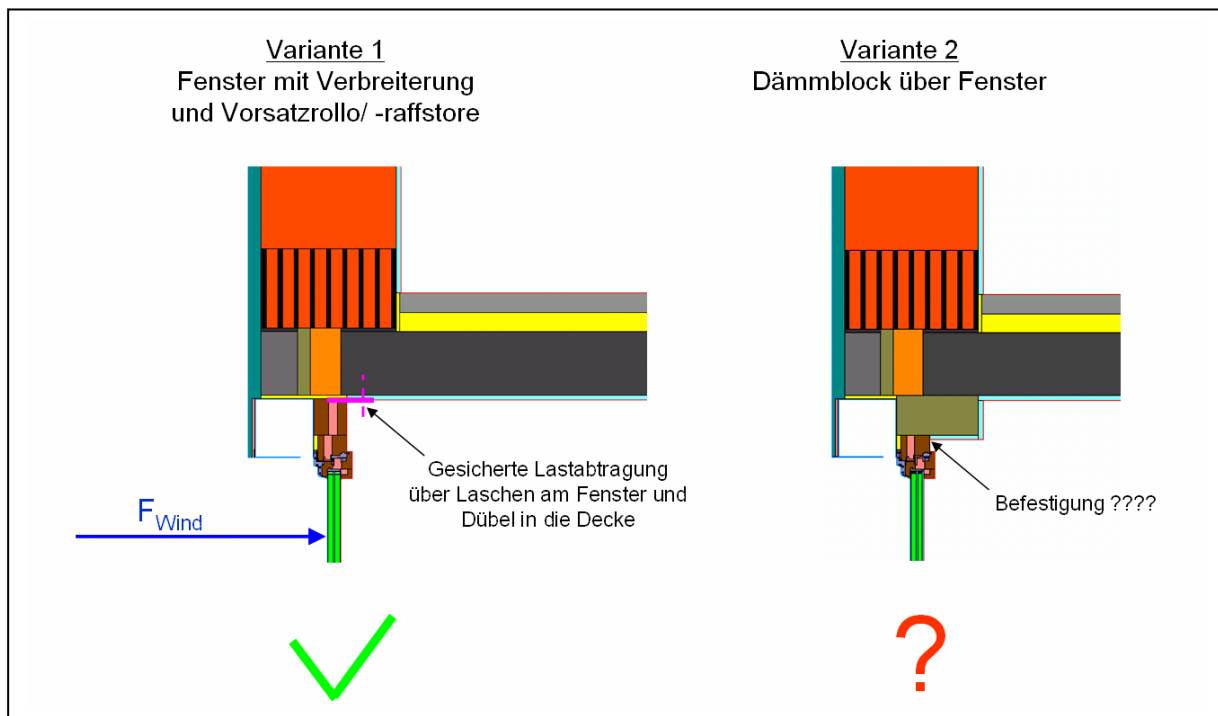


Abb. 5: Befestigung Fenster