

# Sondierungsprojekt VIG-SYS-RENO

## ANHANG 2

(Verfasser: E. Heiduk)

### Ermittlung des Verbesserungspotenzials für die Bauteilenergiebilanz durch den Einsatz von VG und VIG für die Fenstermodernisierung

Die Entwicklung der Fensterkonstruktionen und der Wärmeschutzverglasungen sind vielfältig und dynamisch.

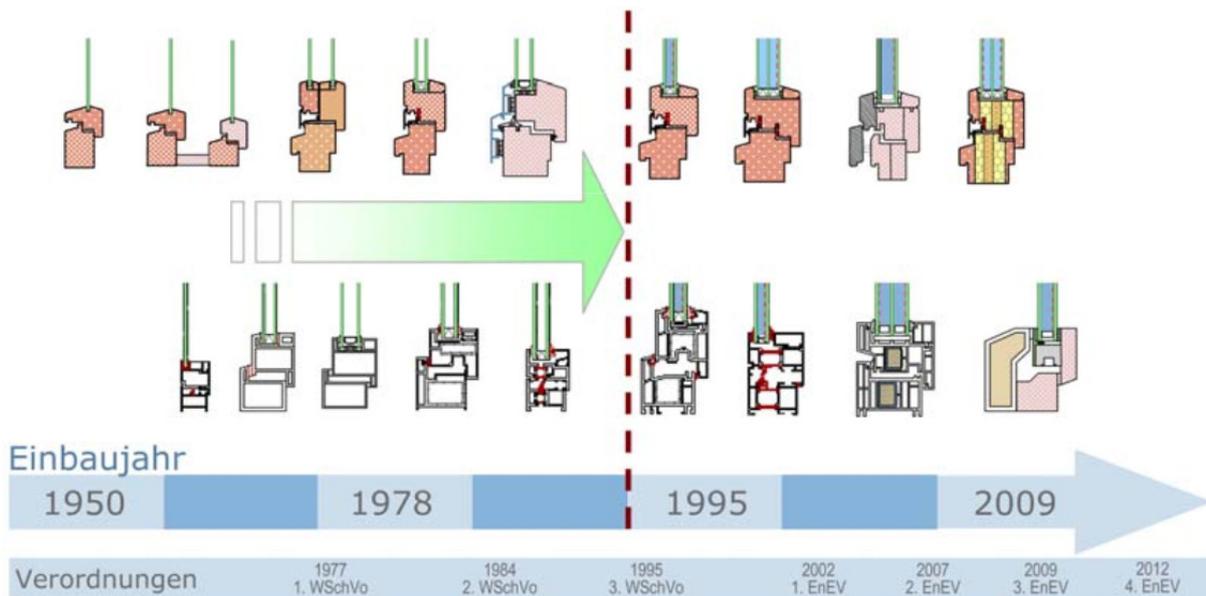


Abb. 1: Typische Fenster und Glasauführung im Bestand (Benitz-Wildenburg, J., Glas oder Fenster? – Energetische Optimierung von Fenstern im Bestand, ift Rosenheim)

Tabelle 1: nach Anhang 1 der „VFF-BF-Studie\_Mehr\_Energie\_sparen\_mit\_neuen\_Fenstern“

GLAS	Ug-wert [W/m <sup>2</sup> K]
Einfachglas	5,8
Kasten-/Verbundfenster	2,8
Isolierglas 4/12/4 (unbeschichtet)	2,8
2-fach Wärmedämmglas 1. Generation	1,4
2-fach Wärmedämmglas 2. Generation	1,2
2-fach Wärmedämmglas 3. Generation	1,1
3-fach Wärmedämmglas	< 0,8

Die Beanspruchung durch Klima und Nutzung begrenzen die Lebensdauer. Das und der Wunsch nach mehr thermischen Wohnraumkomfort und nach Energieeffizienz ergeben relativ kurze Austauschzyklen.

Bei kulturell und architektonisch wertvollen historischen Gebäuden ist ein Austausch der Fensterkonstruktion, die das Erscheinungsbild verändern, nicht wünschenswert. Hier ist der Einbau von VG nun eine neue Option.

Bei Fensterkonstruktionen bei denen die Fensterrahmen technisch noch in Ordnung sind, die Verglasung aber keine gute Qualität hat und der Austausch des Gesamtfensters wirtschaftlich nicht sinnvoll ist kann der Austausch des Glases alleine eine interessante neue Option sein. Hier kann Vakuumglas und Vakuumisolierglas zum Einsatz kommen.

Als Voraussetzungen für den Austausch von bestehendem Isolierglas gegen neues besseres Isolierglas formuliert Jürgen Benitz-Wildenburg vom ift-rosenheim in seiner Publikation „Glas oder Fenster? – Energetische Optimierung von Fenstern im Bestand“ die folgenden Bedingungen:

„Der Austausch der Verglasung kann eine interessante Alternative zum Fenstertausch sein, wenn der Fensterrahmen und die Beschläge intakt und ausreichend tragfähig für das neue Isolierglas sind, die Verglasung nach den Regeln der Technik möglich ist und der Uf-Wert des Rahmens akzeptabel ist ( $< 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Die Luftdurchlässigkeit des Fensters sollte mindestens Klasse 2 nach EN 12207 erreichen (also mindestens eine umlaufende, wirksame Dichtung), um die Anforderungen der EnEV erfüllen zu können“.

Das gilt genauso für die Variante der Nutzung neuer Vakuumglasoptionen.

Für alle diese Fälle der Gebäudemodernisierung bei denen bestehende Fenster nicht durch neue thermisch bessere Fenster ausgetauscht werden können ist es interessant zu ermitteln welches Verbesserungspotenzial für das Gesamtfenster erreichbar wäre wenn das bestehende Glas gegen neues Isolierglas mit einer optimierten LowE-Beschichtung oder Vakuumglas getauscht wird.

Dabei wird bei Fensterkonstruktionen mit Einfachglas oder Einfachgläsern der Tausch gegen Vakuumglas in den Stärken 3 + 3 mm oder 4 + 4 mm untersucht und bei Isolierglas der Tausch gegen Vakuumisolierglas in derselben Konstruktionsstärke des alten Isolierglases oder neues Isolierglas.

Dazu werden nachfolgend die Fensterkonstruktionen der Zusammenstellung „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade u.a. genutzt

Dabei wird pro Seite ein Fenstertyp mit den technischen Daten aus der Studie samt einer Schnittdarstellung mit den neuen Berechnungsergebnissen in Tabellenform und eigenen Schlussfolgerungen ergänzt. Die Berechnungen sind mit den Abmessungen des Normfensters mit 123 cm x 148 cm durchgeführt und erfolgen nach der Normberechnungsformel:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + \ell_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_f}$$
$$A_w = 1,23 \text{ m} \cdot 1,48 \text{ m} = 1,82 \text{ m}^2$$
$$A_g = 1,00 \text{ m} \cdot 1,22 \text{ m} = 1,22 \text{ m}^2$$
$$A_f = A_w - A_g = 1,82 \text{ m}^2 - 1,22 \text{ m}^2 = 0,60 \text{ m}^2$$

(entspricht einem Rahmenanteil von 33 %)

$$\ell = 2 \cdot 1,00 \text{ m} + 2 \cdot 1,22 \text{ m} = 4,44 \text{ m}$$

Uf-Werte des Rahmens mit mehr als  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  die eigentlich thermisch inakzeptabel schlecht sind, sind abgestuft rot unterlegt. Die neuen Uw-Werte mit neuem IG sind ocker und die mit VG oder VIG sind grün unterlegt.

## Holz - einfachverglaste Fenster

Rahmenmaterial	Hart-Holz	Weich-Holz
$U_w$ -Wert	4,6 W/(m <sup>2</sup> K)	4,5 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	1,9 W/(m <sup>2</sup> K)	1,5 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	5,7 W/(m <sup>2</sup> K)	5,7 W/(m <sup>2</sup> K)

- a-Wert  
meist ohne Dichtung, dann > 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm)  
wenn Dichtung vorhanden, dann ≤ 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm)
- Baujahre vor 1978
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen < 60 mm, häufig das Glas noch mit Kittfalz,  
Glasdicke 3 bis 5 mm, nur eine Scheibe



Abb. 2: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 2: Ergebnisse Holz - einfachverglaste Fenster

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	Ig	Psig	Uw
Hartholz							
Einfachglas 4 mm	1,22	5,70	0,60	1,90	4,44	0,100	4,69
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	1,90	4,44	0,102	1,31
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	1,90	4,44	0,102	1,24
Weichholz							
Einfachglas 4 mm	1,22	5,70	0,60	1,50	4,44	0,100	4,56
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	1,50	4,44	0,102	1,18
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	1,50	4,44	0,102	1,11

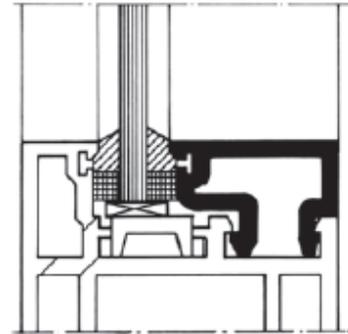
Außerhalb des Denkmalschutzbereichs wird es in Österreich, Deutschland, Schweiz und Skandinavien kaum noch solche Fensterkonstruktionen bei beheizten Räumen geben. In West-, Süd- oder Osteuropa, den USA, Japan u.a. gibt es aber sehr viele dieser Fenster.

Hier kann durch den Tausch der Einfachverglasung gegen VG, trotz des thermisch schlechten Rahmens der Fenster und der Wärmebrücke von VG am Randverbund, eine sehr deutliche Verbesserung des Wärmeschutzes erreicht werden. So kann eine akzeptable Wohnraumqualität erreicht werden.

VG ist auch in der Variante 3+3 mm etwas schwerer und dicker als das Einfachglas. Das ist zu berücksichtigen und die bestmögliche Einbaumethode in den Falz ist noch zu entwickeln.

## Kunststoff - einfachverglaste Fenster

Rahmenmaterial	Kunststoff
$U_w$ -Wert	4,7 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	2,2 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	5,7 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
meist ohne Dichtung, dann  $> 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$   
wenn Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre vor 1978
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen ca. 50 mm, Entwässerungsbohrungen sind sichtbar, Glasdicke 3 bis 5 mm, nur eine Scheibe

Abb. 3: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 3: Ergebnisse Kunststoff - einfachverglaste Fenster

Variante Glas	$A_g$	$U_g$	$A_f$	$U_f$	$l_g$	$\Psi_{i,g}$	$U_w$
Einfachglas 4 mm	1,22	5,70	0,60	2,20	4,44	0,100	4,79
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	2,20	4,44	0,102	1,41
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	2,20	4,44	0,102	1,34

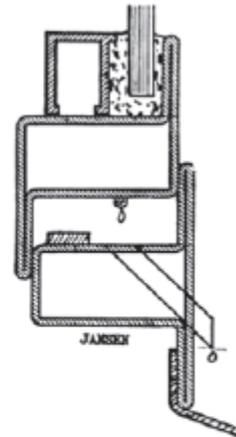
Kunststofffenster gibt es erst ab den 1960ern und in den mitteleuropäischen Ländern ist dieser Typus mit Einfachglas auch vor 1978 nicht in Verwendung. In West-, Süd- oder Osteuropa, den USA, Japan u.a. gibt es aber sehr viele dieser Fenster.

Auch hier kann durch den Tausch der Einfachverglasung gegen VG, trotz des thermisch schlechten Rahmens der Fenster und der Wärmebrücke von VG am Randverbund, eine sehr deutliche Verbesserung des Wärmeschutzes erreicht werden. So kann eine akzeptable Wohnraumqualität erreicht werden.

VG ist auch in der Variante 3+3 mm etwas schwerer und dicker als das Einfachglas. Das ist zu berücksichtigen und die Glasleiste wäre hier gegen eine dünnere zu tauschen die Raum für das dickere VG lässt.

## Metall einfachverglaste Fenster

Rahmenmaterial	Metall
U <sub>w</sub> -Wert	6,1 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>f</sub> -Wert	7,0 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>g</sub> -Wert	5,7 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
meist ohne Dichtung, dann  $> 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$   
wenn Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre vor 1979
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen  $< 50 \text{ mm}$ , häufig das Glas noch mit Kittfalz  
oder in Gummidichtungen, Glasdicke 3 bis 5 mm, nur eine Scheibe

Abb. 4: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 4: Ergebnisse Metall einfachverglaste Fenster

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
Einfachglas 4 mm	1,22	5,70	0,60	7,00	4,44	0,100	6,37
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	7,00	4,44	0,102	2,99
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	7,00	4,44	0,102	2,93

Die einfachverglaste Fenster mit sehr dünnen Metallrahmen sind vom Industriebau kommend vor allem in der beginnenden Moderne zu einem wichtigen Architekturteil geworden. Obwohl sie auch in den 1920ern sehr unkomfortabel waren gibt es sie in etlichen kulturell wertvollen und beheizten Gebäuden bei denen der Rahmen nicht verändert werden soll und darf wie dieses Fallbeispiel in Paris. Hier ist der Einbau von VG sehr leicht möglich, verbessert die thermische Qualität deutlich sie ist aber immer noch schlecht und erreicht noch keine Wohnraumqualität. Die besonders starke Wärmebrücke des Metallfensterrahmens kann auch so nicht verbessert werden und es wird weiter Kondensat am Rahmen auftreten.

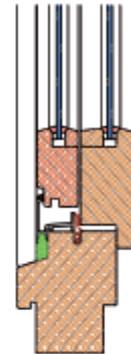


Abb. 5: Atelierhaus aus 1929, Architekt G. Grimberg, Rue Froidevaux, Paris  
(<http://dailyphotoparis.blogspot.co.at/2010/11/who-wants-to-clean-windows.html>)

Um Wohnraumqualität zu erreichen ohne die optische Erscheinung zu verändern könnte innen eine Nur-Glas-Konstruktion vorge setzt werden.

### Holz Verbundfenster

Rahmenmaterial	Hart-Holz	Weich-Holz
U <sub>w</sub> -Wert	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)	2,4 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>f</sub> -Wert	1,9 W/(m <sup>2</sup> K)	1,5 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>g</sub> -Wert	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
meist ohne Dichtung, dann > 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm)  
wenn Dichtung vorhanden, dann ≤ 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm)
- Baujahre vor 1978, selten noch bis 1995
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen ≥ 60mm, Flügelrahmen besteht aus 2 zu öffnenden Teilen, häufig das Glas noch mit Kittfalz, Glasdicke 3 bis 5 mm mit 2 Einzelscheiben

Der Scheibenzwischenraum ist meist > 25 mm, daher ist der U<sub>g</sub>-Wert besser als bei den ersten Isolierverglasungen.

Abb. 6: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 5: Ergebnisse Holz Verbundfenster

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psig	Uw
Hartholz							
2 x Einfachglas	1,22	2,60	0,60	1,90	4,44	0,085	2,61
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	1,90	4,44	0,085	1,31
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	1,90	4,44	0,085	1,24
Weichholz							
2 x Einfachglas	1,22	2,60	0,60	1,70	4,44	0,070	2,55
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	1,70	4,44	0,070	1,24
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	1,70	4,44	0,070	1,18

Holzverbundfenster waren 1945 bis 1978, vor der Entwicklung des Isolierglases, sehr verbreitet. Der Großteil wurde aber schon durch neue Isolierglasfenster ersetzt. Bei den noch vorhandenen erhaltenswürdigen Fenstern ist der Einbau von VG in den Außenflügel sehr leicht möglich. Durch Verklebung des VGs im Falz kann die vorhandene Glasleiste entfallen. Es wäre sogar möglich zwei VG Scheiben in diesen Fensterrahmen einzubauen. Damit wäre ein Uw-Wert von unter 0,8 erreichbar.

## Kunststoff Verbundfenster

Rahmenmaterial	Kunststoff
$U_w$ -Wert	2,4 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	1,6 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)

- a-Wert  
wenn Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{fm})$
- Baujahre vor 1978, selten noch bis 1985
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen ca. 60mm, Flügelrahmen besteht aus 2 zu öffnenden Teilen, häufig das Glas noch mit Kittfalz, Glasdicke 3 bis 5 mm mit 2 Einzelscheiben



Abb. 7: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

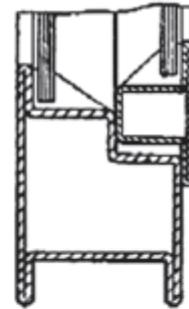
Tabelle 6: Ergebnisse Kunststoff Verbundfenster

Variante Glas	$A_g$	$U_g$	$A_f$	$U_f$	$l_g$	$\Psi_{s,g}$	$U_w$
2 x Einfachglas	1,22	2,60	0,60	1,60	4,44	0,065	2,43
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	1,60	4,44	0,065	<b>1,12</b>
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	1,60	4,44	0,065	<b>1,05</b>

Kunststoffverbundfenster waren vor 1978 nur kurz in Verwendung und kaum erhalten. Es würde aber das gleiche die für die Holzverbundfenster gelten. Durch Verklebung des VGs im Falz kann die vorhandene Glasleiste entfallen. Es wäre sogar möglich zwei VG Scheiben in diesen Fensterrahmen einzubauen. Damit wäre ein  $U_w$ -Wert von 0,85 W/m<sup>2</sup>K erreichbar.

## Metall Verbundfenster

Rahmenmaterial	Metall
$U_w$ -Wert	4,0 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	7,0 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
meist ohne Dichtung, dann > 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm)  
wenn Dichtung vorhanden, dann ≤ 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm)
- Baujahre vor 1978, selten noch bis 1984
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen ≥ 50 mm, Flügelrahmen besteht aus 2 zu öffnenden Teilen, häufig das Glas noch mit Kittfalz, Glasdicke 3 bis 5 mm mit 2 Einzelscheiben

Der Scheibenzwischenraum ist meist > 25 mm, daher ist der  $U_g$ -Wert besser als bei den ersten Isolierverglasungen.

Abb. 8: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 7: Ergebnisse Metall Verbundfenster

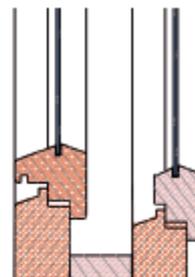
Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
2 x Einfachglas	1,22	2,60	0,60	7,00	4,44	0,070	4,22
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	7,00	4,44	0,070	2,91
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	7,00	4,44	0,070	2,85

Das Metallverbundfenster hat eine extrem schlechte thermische Rahmenqualität. Durch Verklebung des VGs im Falz kann die vorhandene Kittfuge entfallen. So wäre es von der Breite her sogar möglich zwei VG Scheiben in diesen Fensterrahmen einzubauen. Selbst diese Maßnahme würde wegen des schlechten Rahmens den  $U_w$ -Wert nur auf 2,65 abmindern.

Um Wohnraumqualität zu erreichen ohne die optische Erscheinung zu verändern könnte innen eine Nur-Glas-Konstruktion vorgesetzt werden.

## Holz Kastenfenster

Rahmenmaterial	Hart-Holz	Weich-Holz
$U_w$ -Wert	2,5 W/(m <sup>2</sup> K)	2,3 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	1,6 W/(m <sup>2</sup> K)	1,2 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
meist ohne Dichtung, dann > 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm)  
wenn Dichtung vorhanden, dann ≤ 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm)
- Baujahre vor 1978, selten noch bis 1985
- Erkennungsmerkmale  
Zwei verbundene Fenster meist in Bautiefen von je ≥ 50 mm,  
mit einem Abstand zwischen den Fenstern von ca. 10 bis 15 cm,  
häufig das Glas noch mit Kittfalz, Glasdicke 3 bis 5 mm

Der Scheibenzwischenraum ist meist > 10 cm, daher ist der  $U_g$ -Wert besser als bei den ersten Isolierverglasungen.

Abb. 9: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 8: Ergebnisse Holz Kastenfenster

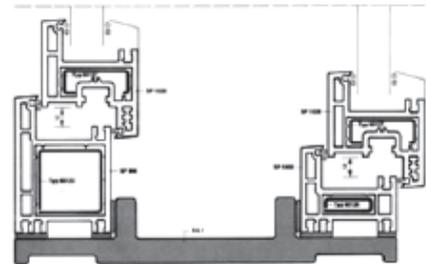
Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
Hartholz							
2 x Einfachglas	1,22	2,60	0,60	1,60	4,44	0,085	2,48
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	1,60	4,44	0,085	<b>1,17</b>
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	1,60	4,44	0,085	<b>1,10</b>
Weichholz							
2 x Einfachglas	1,22	2,60	0,60	1,20	4,44	0,070	2,31
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	1,20	4,44	0,070	<b>1,00</b>
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	1,20	4,44	0,070	<b>0,94</b>

Das Holzkastenfenster wurde in diesem Projekt genau untersucht und der Einbau von VG in den Außenflügel ergibt ein sehr gutes Niedrigenergiefenster ohne den Stock zu tauschen und die optische Erscheinung zu verändern.

VG ist auch in der Variante 3+3 mm etwas schwerer und dicker als das Einfachglas. Das ist zu berücksichtigen und die bestmögliche Einbaumethode in den Falz ist noch zu entwickeln.

## Kunststoff Kastenfenster

Rahmenmaterial	Kunststoff
$U_w$ -Wert	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	1,9 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre vor 1978, selten noch bis 1995
- Erkennungsmerkmale  
Zwei verbundene einfachverglaste Fenster meist in Bautiefen von je ca. 50 mm, mit einem Abstand zwischen den Fenstern von ca. 5 bis 10 cm, Glasdicke 3 bis 5 mm

Der Scheibenzwischenraum ist meist  $> 10 \text{ cm}$ , daher ist der  $U_g$ -Wert besser als bei den ersten Isolierverglasungen.  
Manchmal aus 2 verbundenen Fenstern mit Isolierverglasung, dann  $U_w$ -Wert 1,3 W/(m<sup>2</sup>K)

Abb. 10: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

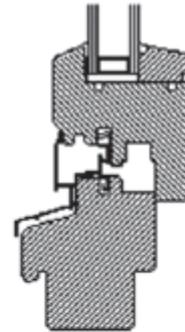
Tabelle 9: Ergebnisse Kunststoff Kastenfenster

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
2 x Einfachglas	1,22	2,60	0,60	1,90	4,44	0,065	2,53
VG 3+3 mm	1,22	0,65	0,60	1,90	4,44	0,065	1,22
VG 4+4 mm	1,22	0,55	0,60	1,90	4,44	0,065	1,15

Ein Kunststoffkastenfenster kann genauso wie das Holzkastenfenster durch den Einbau von VG in den Außenflügel zu einem ein sehr guten Niedrigenergiefenster umgebaut werden ohne den Stock zu tauschen und die optische Erscheinung zu verändern.

## Holz Isolierglasfenster

Rahmenmaterial	Hart-Holz	Weich-Holz
$U_w$ -Wert	2,7 W/(m <sup>2</sup> K)	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	1,9 W/(m <sup>2</sup> K)	1,5 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	2,8 W/(m <sup>2</sup> K)	2,8 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
mit Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$   
selten ohne Dichtung, dann  $> 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre ab 1978 bis 1995, selten später, dann nur in Nebenräumen, die nicht zum ständigen Aufenthalt von Personen gedacht sind, z.B. Treppenhaus, Keller, Garagen etc.
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen von 68 mm, frühe Fenster dieser Bauart noch mit 58 mm, fest verbundene Isolierglaseinheit ohne Wärmedämmschicht (LOW-E). Glasdicke 4 mm mit 2 Scheiben und einem Abstand von 12 bis 16 mm

Abb. 11: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 10: Ergebnisse Holz Isolierglasfenster

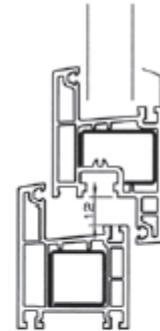
Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	Ig	Psig	Uw
Hartholz							
IG alt	1,22	2,80	0,60	1,90	4,44	0,060	2,65
IG neu	1,22	0,90	0,60	1,90	4,44	0,030	1,30
VIG	1,22	0,50	0,60	1,90	4,44	0,060	1,11
Weichholz							
IG alt	1,22	2,80	0,60	1,50	4,44	0,060	2,52
IG neu	1,22	0,90	0,60	1,50	4,44	0,030	1,17
VIG	1,22	0,50	0,60	1,50	4,44	0,060	0,98

Bei bautechnisch, ökonomisch oder baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Baugeneration der ersten Holzfenster speziell für Isolierglas könnte dieses gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) getauscht werden. Die Kombination zwischen Vakuumglas und Isolierglas verbessert den Wärmeschutz des Glases, vor allem durch eine Verringerung der Wärmebrücke am Rand, weiter. VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen. Somit kann durch den Tausch altes Isolierglas gegen neues Vakuum-Isolierglas eine deutliche Verbesserung des Wärmeschutzes für das Gesamtfenster und eine gute Wohnraumqualität

erreicht werden. Allerdings ist das neue VIG, nun mit drei Scheiben, um 50% schwerer und auch die Lichttransmission verringert sich dabei wie es bei einer Dreifachverglasung wäre.

### Kunststoff Isolierglasfenster

Rahmenmaterial	Kunststoff ≤ 50 mm (3 Kammer)
U <sub>w</sub> -Wert	2,8 W/(m²K)
U <sub>f</sub> -Wert	2,2 W/(m²K)
U <sub>g</sub> -Wert	2,8 W/(m²K)



- a-Wert  
muss mit Dichtung  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$  sein, Dichtungen sind bei älteren Fenstern häufig in den Ecken nicht geschlossen (geschrumpft)
- Baujahre ab 1975 bis 1985, selten später, dann nur in Nebenräumen, die nicht zum ständigen Aufenthalt von Personen gedacht sind, z.B. Treppenhaus, Keller, Garagen etc.
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen in Bautiefen von ca. 50 mm, Entwässerungsbohrungen sind vorhanden, fest verbundene Isolierglaseinheit ohne Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 4 mm mit 2 Scheiben und einem Abstand von 12 bis 16 mm

Abb. 12: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 11: Ergebnisse Kunststoff Isolierglasfenster

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
IG alt	1,22	2,80	0,60	2,20	4,44	0,060	2,75
IG neu	1,22	0,90	0,60	2,20	4,44	0,030	1,40
VIG	1,22	0,50	0,60	2,20	4,44	0,060	1,21

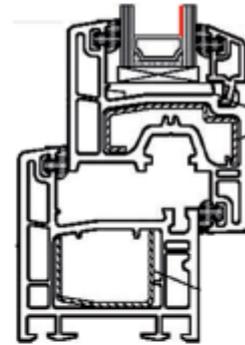
Bei bautechnisch, ökonomisch oder baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Baugeneration der ersten Kunststofffenster speziell für Isolierglas könnte dieses gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) getauscht werden.

Dadurch kann eine deutliche Verbesserung des Wärmeschutzes für das Gesamtfenster und eine mittlere Wohnraumqualität erreicht werden.

VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen.

## Kunststoff Isolierglasfenster mit LOW-E

Rahmenmaterial	Kunststoff ≤ 60 mm (3 Kammer)
U <sub>w</sub> -Wert	1,6 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>f</sub> -Wert	1,8 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>g</sub> -Wert	1,2 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
muss mit Dichtung ≤ 1,0 m<sup>3</sup>/(h\*lfm) sein
- Baujahre ab 1995
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen in Bautiefen von ca. 60 mm, fest verbundene Isolierglaseinheit mit Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 4 mm mit 2 Scheiben und einem Abstand von 16 mm

Eine Beschichtung der Verglasung erkennen Sie mit einem speziellen Testgerät oder an der farblich anders reflektierenden Spiegelung einer Feuerzeugflamme an der Scheibe (Position 2 oder 3).

Abb. 13: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 12: Ergebnisse Kunststoff Isolierglasfenster mit LOW-E

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
IG alt	1,22	1,20	0,60	1,80	4,44	0,060	1,54
IG neu	1,22	0,90	0,60	1,80	4,44	0,030	1,27
VIG	1,22	0,50	0,60	1,80	4,44	0,060	1,07

Bei bautechnisch, ökonomisch oder baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Baugeneration der zweiten Generation von Kunststofffenstern speziell für Isolierglas könnte dieses gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) getauscht werden.

Da hier schon gute Isoliergläser mit LowE-Beschichtung einbaut sind kann der Wärmeschutz nicht mehr so stark verbessert werden. Hier macht der Tausch vor allem dann Sinn wenn die Isolierverglasung schadensbedingt sowieso getauscht werden muss. Dann würde sich die mittlere auf eine gute Wohnraumqualität des Gesamtfensters verbessern.

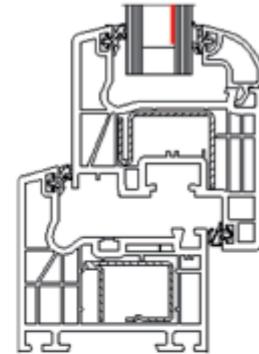
VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen.

Der Tausch des alten gegen ein neues Zweifach-Isolierglas ist bautechnisch natürlich genauso einfach und um ca. 50% bei den Materialkosten und somit ca. 25% der Gesamtkosten billiger. Die erreichbare

Verbesserung der thermischen Qualität ist aber deutlich geringer und die Wohnraumqualität verbessert sich auch nur geringfügig.

### Kunststoff Isolierglasfenster mit LOW-E

Rahmenmaterial	Kunststoff 70 mm (5 Kammer)
$U_w$ -Wert	1,5 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	1,5 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	1,2 W/(m <sup>2</sup> K) 2. Generation



- a-Wert  
muss mit Dichtung  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$  sein
- Baujahre ab 2000
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen in Bautiefen von max. 70 mm, fest verbundene Isolierglaseinheit mit Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 4 mm mit 2 Scheiben und einem Abstand von 16 mm

Eine Beschichtung der Verglasung erkennen Sie mit einem speziellen Testgerät oder an der farbig anders reflektierenden Spiegelung einer Feuerzeugflamme an der Scheibe (Position 2 oder 3). Das ist annähernd der heutige übliche Standard.

Abb. 14: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 13: Ergebnisse Kunststoff Isolierglasfenster mit LOW-E

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
IG alt	1,22	1,20	0,60	1,50	4,44	0,060	1,45
IG neu	1,22	0,90	0,60	1,50	4,44	0,030	<b>1,17</b>
VIG	1,22	0,50	0,60	1,50	4,44	0,060	<b>0,98</b>

In diese Fenstertypologie wird dieses Fenster als Kunststofffenster der zweiten Generation bezeichnet. Eigentlich ist es aber die dritte Generation.

Bei bautechnisch, ökonomisch oder baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Baugeneration von Kunststofffenstern speziell für Zweifach-Isolierglas könnte dieses gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) getauscht werden.

Da hier schon gute Isoliergläser mit LowE-Beschichtung einbaut sind kann der Wärmeschutzes nicht mehr so stark verbessert werden. Hier macht der Tausch vor allem dann Sinn wenn die Isolierverglasung schadensbedingt sowieso getauscht werden muss. Dann würde sich die mittlere auf eine gute Wohnraumqualität des Gesamtfensters verbessern.

VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen.

Der Tausch des alten gegen ein neues Zweifach-Isolierglas ist bautechnisch natürlich genauso einfach und um ca. 50% bei den Materialkosten und somit ca. 25% der Gesamtkosten billiger. Die erreichbare Verbesserung der thermischen Qualität ist aber deutlich geringer und die Wohnraumqualität verbessert sich auch nur geringfügig.

### Metall Isolierglasfenster

Rahmenmaterial	Metall (ohne therm. Trennung)
U <sub>w</sub> -Wert	4,1 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>f</sub> -Wert	7,0 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>g</sub> -Wert	2,8 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
mit Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$   
selten ohne Dichtung, dann  $> 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre ab 1975 bis 1985, selten später, dann nur in Nebenräumen, die nicht zum ständigen Aufenthalt von Personen gedacht sind, z.B. Treppenhaus, Keller, Werkstatt etc.
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen von 50 mm, homogenes Material, meist Aluminium, fest verbundene Isolierglaseinheit ohne Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 4 mm mit 2 Scheiben und einem Abstand von 12 bis 16 mm

Abb. 15: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 14: Ergebnisse Metall Isolierglasfenster

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
IG alt	1,22	2,80	0,60	7,00	4,44	0,040	4,28
IG neu	1,22	0,90	0,60	7,00	4,44	0,030	2,98
VIG	1,22	0,50	0,60	7,00	4,44	0,060	2,79

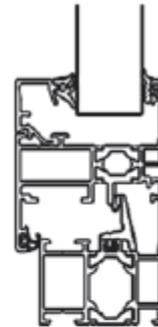
Diese Fenster sind von der Wohnraumqualität her unakzeptabel schlecht. Bei speziellen architektonischen Gebäuden mit baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Bauart könnte das schlechte Zweifach-Isolierglas gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) getauscht werden.

Der Wärmeschutz könnte so verbessert werden. Hier macht der Tausch nur dann Sinn wenn die Isolierverglasung schadensbedingt sowieso getauscht werden muss. Dann würde sich die sehr schlechte auf eine schlechte Wohnraumqualität des Gesamtfensters verbessern.

VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen. Die erreichbare Verbesserung der thermischen Qualität ist im Vergleich zu neuem, billigerem Isolierglas aber sehr gering und dadurch unökonomisch.

## Metall Isolierglasfenster

Rahmenmaterial	Metall (mit therm. Trennung)
U <sub>w</sub> -Wert	3,1 W/(m²K)
U <sub>f</sub> -Wert	3,8 W/(m²K)
U <sub>g</sub> -Wert	2,8 W/(m²K)



- a-Wert  
mit Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$   
selten ohne Dichtung, dann  $> 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre ab 1978 bis 1987, selten später, dann nur in Nebenräumen, die nicht zum ständigen Aufenthalt von Personen gedacht sind, z.B. Treppenhaus, Keller, Werkstatt etc.
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen von 50 bis 60 mm, die thermische Trennung ist meist ein schwarzer Kunststoffsteg, fest verbundene Isolierglaseinheit ohne Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 4 mm mit 2 Scheiben und einem Abstand von 12 bis 16 mm

Abb. 16: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 15: Ergebnisse Metall Isolierglasfenster

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
IG alt	1,22	2,80	0,60	3,80	4,44	0,040	3,23
IG neu	1,22	0,90	0,60	3,80	4,44	0,030	1,93
VIG	1,22	0,50	0,60	3,80	4,44	0,060	1,73

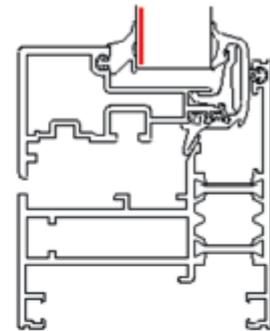
Die thermische Entkopplung der Metallprofile verbessert die Wohnraumqualität der Fenster etwas, sie ist aber immer noch sehr schlecht. Bei speziellen architektonischen Gebäuden mit baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Bauart könnte das schlechte Zweifach-Isolierglas gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) getauscht werden.

Der Wärmeschutz könnte so verbessert werden. Auch hier macht der Tausch nur dann Sinn wenn die Isolierverglasung schadensbedingt sowieso getauscht werden muss. Dann würde sich die sehr schlechte auf eine schlechte Wohnraumqualität des Gesamtfensters verbessern.

VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen. Die erreichbare Verbesserung der thermischen Qualität ist im Vergleich zu neuem, billigerem Isolierglas aber sehr gering und dadurch unökonomisch.

## Metall Isolierglasfenster mit LOW-E

Rahmenmaterial	Metall (mit therm. Trennung)
U <sub>w</sub> -Wert	2,0 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>f</sub> -Wert	3,0 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>g</sub> -Wert	1,2 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
mit Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$   
selten ohne Dichtung, dann  $> 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre ab 1978 bis 1995, selten später, dann nur in Nebenräumen, die nicht zum ständigen Aufenthalt von Personen gedacht sind, z.B. Treppenhaus, Keller, Werkstatt etc.
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen von 50 bis 60 mm, die thermische Trennung ist meist ein schwarzer Kunststoffsteg, fest verbundene Isolierglaseinheit mit Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 4 mm mit 2 Scheiben und einem Abstand von 12 bis 16 mm

Eine Beschichtung der Verglasung erkennen Sie mit einem speziellen Testgerät oder an der farbig anders reflektierenden Spiegelung einer Feuerzeugflamme an der Scheibe (Position 2 oder 3).

Abb. 17: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 16: Ergebnisse Metall Isolierglasfenster mit LOW-E

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	lg	Psi g	Uw
IG alt	1,22	1,20	0,60	3,00	4,44	0,040	1,89
IG neu	1,22	0,90	0,60	3,00	4,44	0,030	1,67
VIG	1,22	0,50	0,60	3,00	4,44	0,060	1,47

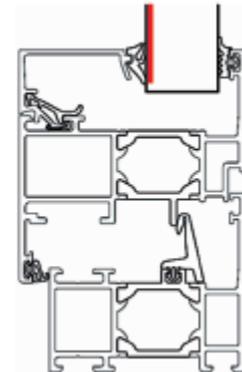
Die etwas bessere thermische Entkopplung der Metallprofile verbessert die Wohnraumqualität der Fenster etwas, sie ist aber immer noch schlecht. Bei speziellen architektonischen Gebäuden mit baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Bauart könnte das schon relativ gute Zweifach-Isolierglas gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) getauscht werden.

Der Wärmeschutz könnte geringfügig verbessert werden. Auch hier macht der Tausch nur dann Sinn wenn die Isolierverglasung schadensbedingt sowieso getauscht werden muss. Dann würde sich die schlechte auf eine mäßig schlechte Wohnraumqualität des Gesamtfensters verbessern.

VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen. Die erreichbare Verbesserung der thermischen Qualität ist im Vergleich zu neuem, billigerem Isolierglas aber sehr gering und dadurch unökonomisch.

### Metall Isolierglasfenster mit LOW-E

Rahmenmaterial	Metall (mit therm. Trennung)
U <sub>w</sub> -Wert	1,8 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>f</sub> -Wert	2,2 W/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>g</sub> -Wert	1,2 W/(m <sup>2</sup> K) 2. Generation



- a-Wert  
mit Dichtung  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre ab 1995
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen von 70 mm und mehr, die thermische Trennung ist meist ein schwarzer Kunststoffsteg (wenn nicht farblich beschichtet), fest verbundene Isolierglaseinheit mit Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 4 mm mit 2 Scheiben und einem Abstand von 16 mm

Eine Beschichtung der Verglasung erkennen Sie mit einem speziellen Testgerät oder an der farblich anders reflektierenden Spiegelung einer Feuerzeugflamme an der Scheibe (Position 2 oder 3).

Abb. 18: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 17: Ergebnisse Metall Isolierglasfenster mit LOW-E

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	Ig	Psi g	Uw
IG alt	1,22	1,20	0,60	2,20	4,44	0,040	1,63
IG neu	1,22	0,90	0,60	2,20	4,44	0,030	1,40
VIG	1,22	0,50	0,60	2,20	4,44	0,060	1,21

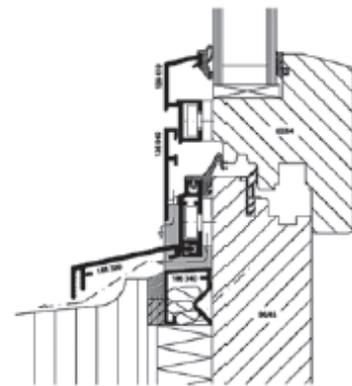
Die bessere thermische Entkopplung der Metallprofile verbessert die Wohnraumqualität der Fenster, sie ist aber immer noch nicht gut. Bei speziellen architektonischen Gebäuden mit baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Bauart könnte das schon relativ gute Zweifach-Isolierglas gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) getauscht werden.

Der Wärmeschutz könnte geringfügig verbessert werden. Auch hier macht der Tausch nur dann Sinn wenn die Isolierverglasung schadensbedingt sowieso getauscht werden muss. Dann würde sich die mäßig schlechte auf eine noch nicht gute Wohnraumqualität des Gesamtfensters verbessern.

VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen. Die erreichbare Verbesserung der thermischen Qualität ist im Vergleich zu neuem, billigerem Isolierglas aber gering und dadurch unökonomisch.

### Holzfenster mit Metallvorsatzschale Isolierglasfenster

Rahmenmaterial	Hart-Holz-Metall	Weich-Holz-Metall
$U_w$ -Wert	2,7 W/(m <sup>2</sup> K)	2,6 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	1,9 W/(m <sup>2</sup> K)	1,5 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	2,8 W/(m <sup>2</sup> K)	2,8 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
mit Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$   
selten ohne Dichtung, dann  $> 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre ab 1978 bis 1995, selten später
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen von 68 mm, frühe Fenster dieser Bauart noch mit 58 mm, mit einer Aluminium/Metall-Außenschale, fest verbundene Isolierglaseinheit ohne Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 2 x 4 mm Scheiben und einem Abstand von 12 bis 16 mm

Abb. 19: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 18: Ergebnisse Holzfenster mit Metallvorsatzschale Isolierglasfenster

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	Ig	Psi g	Uw
Hartholz							
IG alt	1,22	2,80	0,60	1,90	4,44	0,040	2,60
IG neu	1,22	0,90	0,60	1,90	4,44	0,030	1,30
VIG	1,22	0,50	0,60	1,90	4,44	0,060	1,11
Weichholz							
IG alt	1,22	2,80	0,60	1,50	4,44	0,040	2,47
IG neu	1,22	0,90	0,60	1,50	4,44	0,030	1,17
VIG	1,22	0,50	0,60	1,50	4,44	0,060	0,98

Die erste Generation von Holzfenstern mit äußerer Aluminiumschale für Isolierglasscheiben hat einen thermisch besseren Rahmen als es die thermische Qualität der ersten Isolierglasscheiben war. Die Wohnraumqualität der Fenster ist dadurch schlecht. Bei bautechnisch, ökonomisch oder baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Bauart könnte das schlechte alte Zweifach-Isolierglas leicht gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) oder neues IG getauscht werden. Der Wärmeschutz könnte

deutlich verbessert werden. Auch hier macht der Tausch immer Sinn und die schlechte Wohnraumqualität könnte auf eine gute verbessert werden.

VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen. Die erreichbare Verbesserung der thermischen Qualität ist im Vergleich zu neuem, billigerem Isolierglas aber gering und dadurch unökonomisch.

Der Tausch des alten gegen ein neues Zweifach-Isolierglas ist bautechnisch natürlich genauso einfach und um ca. 50% bei den Materialkosten und somit ca. 25% der Gesamtkosten billiger. Die erreichbare Verbesserung der thermischen Qualität ist aber geringer und die Wohnraumqualität verbessert sich nicht so stark.

### Holzfenster mit Metallvorsatzschale Isolierglasfenster mit LOW-E

Rahmenmaterial	Hart-Holz-Metall	Weich-Holz-Metall
$U_w$ -Wert	1,6 W/(m <sup>2</sup> K)	1,5 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_f$ -Wert	1,9 W/(m <sup>2</sup> K)	1,5 W/(m <sup>2</sup> K)
$U_g$ -Wert	1,2 W/(m <sup>2</sup> K)	1,2 W/(m <sup>2</sup> K)



- a-Wert  
mit Dichtung vorhanden, dann  $\leq 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$   
selten ohne Dichtung, dann  $> 1,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{lfm})$
- Baujahre ab 1995
- Erkennungsmerkmale  
Rahmen meist in Bautiefen von 68 mm, frühe Fenster dieser Bauart noch mit 58 mm, mit einer Aluminium/Metall-Außenschale, fest verbundene Isolierglaseinheit mit Wärmedämmschicht (LOW-E), Glasdicke 2 x 4 mm Scheiben und einem Abstand von 12 bis 16 mm

Abb. 20: Ausschnitt aus „Fenster und Glas im Bestand“ des Deutschen Verbands Fenster + Fassade

Tabelle 19: Ergebnisse Holzfenster mit Metallvorsatzschale Isolierglasfenster mit LOW-E

Varianten Glas	Ag	Ug	Af	Uf	Ig	Psi g	Uw
Hartholz							
IG alt	1,22	1,20	0,60	1,90	4,44	0,040	1,53
IG neu	1,22	0,90	0,60	1,90	4,44	0,030	1,30
VIG	1,22	0,50	0,60	1,90	4,44	0,060	1,11
Weichholz							
IG alt	1,22	1,20	0,60	1,50	4,44	0,040	1,40
IG neu	1,22	0,90	0,60	1,50	4,44	0,030	1,17
VIG	1,22	0,50	0,60	1,50	4,44	0,060	0,98

Die zweite Generation von Holzfenstern mit äußerer Aluminiumschale für Isolierglasscheiben hat nicht den Rahmen thermisch verbessert aber nun besseres Glas mit LowE-Beschichtung eingebaut. Die Wohnraumqualität der Fenster ist dadurch besser aber noch nicht gut. Bei bautechnisch,

ökonomisch oder baukulturell erhaltenswürdigen Fensterrahmen dieser Bauart könnte das Zweifach-Isolierglas leicht gegen neues Vakuum-Isolierglas (VIG) oder neues IG getauscht werden.

Hier macht der Tausch vor allem dann Sinn wenn die Isolierverglasung schadensbedingt sowieso getauscht werden muss. Dann würde sich die mittlere auf eine gute Wohnraumqualität des Gesamtfensters verbessern. VIG ist mit der gleichen Dicke des alten Isolierglases fertigbar wodurch keine Veränderungen am Fenster vorgenommen werden müssen.

Der Tausch des alten gegen ein neues Zweifach-Isolierglas ist bautechnisch einfach und um ca. 50% bei den Materialkosten und somit ca. 25% der Gesamtkosten billiger als bei VIG. Die erreichbare Verbesserung der thermischen Qualität ist aber geringer und die Wohnraumqualität verbessert sich nicht so stark.

Tabelle 20: Zusammenfassung der Ergebnisse

	Uw Bestand	Ug Glas alt	Ug Glas IG neu 0,9	Ug VIG	Uw mit IGneu	Uw mit VG 3+3	Uw mit VG 4+4	Empfehlung
Holz - einfachverglaste Fenster - Hartholz	4,69	5,70	0,65	0,55		1,31	1,24	VG 3+3
Holz - einfachverglaste Fenster - Weichholz	4,56	5,70	0,65	0,55		1,18	1,11	VG 3+3
Kunststoff - einfachverglaste Fenster	4,79	5,70	0,65	0,55		1,41	1,31	VG 3+3
Metall einfachverglaste Fenster	6,37	5,70	0,65	0,55		2,99	2,93	VG 3+3
Holz Verbundfenster - Hartholz	2,58	2,60	0,65	0,55		1,27	1,20	VG 3+3
Holz Verbundfenster - Weichholz	2,47	2,60	0,65	0,55		1,17	1,10	VG 3+3
Kunststoff Verbundfenster	2,43	2,60	0,65	0,55		1,12	1,05	VG 3+3
Metall Verbundfenster	4,22	2,60	0,65	0,55		2,91	2,85	VG 3+3
Holz Kastenfenster - Hartholz	2,48	2,60	0,65	0,55		1,17	1,10	VG 3+3
Holz Kastenfenster - Weichholz	2,31	2,60	0,65	0,55		1,00	0,94	VG 3+3
Kunststoff Kastenfenster	2,53	2,60	0,65	0,55		1,22	1,15	VG 3+3
						VIG mit 3+3	VIG mit 4+4	
Holz IG-Fenster - Hartholz	2,65	2,80		0,50	0,90	1,30	1,11	VIG
Holz IG-Fenster - Weichholz	2,52	2,80		0,50	0,90	1,17	0,98	VIG
Kunststoff IG-Fenster	2,75	2,80		0,50	0,90	1,40	1,21	VIG
Kunststoff IG-Fenster mit LOW-E	1,54	1,20		0,50	0,90	1,27	1,07	VIG
Kunststoff IG-Fenster mit LOW-E 2.Gen.	1,45	1,20		0,50	0,90	1,17	0,98	VIG
Metall IG-Fenster	4,28	2,80		0,50	0,90	2,98	2,79	IG 0,9
Metall IG-Fenster therm. getrennt	3,23	2,80		0,50	0,90	1,93	1,73	IG 0,9
Metall IG-Fenster + LOW-E therm. getrennt	1,89	1,20		0,50	0,90	1,67	1,47	VIG
Metall IG-Fenster mit LOW-E therm. getr. 2.Gen.	1,63	1,20		0,50	0,90	1,40	1,21	VIG
HF + Metallvorsatz-schale IG-Fenster Hartholz	2,60	2,80		0,50	0,90	1,30	1,11	VIG
HF + Metallvorsatz-schale IG-Fenster Weichholz	2,47	2,80		0,50	0,90	1,17	0,98	VIG
HF + Metallvorsatz-schale IG-Fenster LowE Hartholz	1,53	1,20		0,50	0,90	1,30	1,11	VIG
HF + Metallvorsatz-schale IG-Fenster LowE Weichholz	1,40	1,20		0,50	0,90	1,17	0,98	VIG

### **Schlussfolgerungen:**

Die Beispiele und die Zusammenfassung der Ermittlung des thermischen Verbesserungspotenzials für die Bauteilenergiebilanz durch den Einsatz von neuem Isolierglas und alternativ von Vakuumglas und Vakuumisolierglas für die Fenstermodernisierung zeigen dass durch den Glasaustausch deutliche Verbesserungen erreicht werden können.

Der Austausch der Verglasung kann eine interessante Alternative zum Fenstertausch sein. Vakuumglas eröffnet dafür neue Optionen für Fenstertypen für die das bislang nicht möglich war.

Vakuumisolierglas würde es im Austausch gegen altes Isolierglas erlauben nicht nur den Wärmeschutz sondern auch den Schallschutz zu verbessern und so nicht nur den thermischen sondern auch den akustischen Innenraumkomfort zu steigern.

Für alle Fälle gilt aber dass diese möglichen Maßnahmen immer nur Teil eines gut geplanten Gesamtmodernisierungskonzepts eines Gebäudes sein sollten und jeweils nur objektspezifisch beurteilt werden können.