

Fenster mit hohem Wärmeschutz

Abb 1



- ▶ **Wichtig für fortgeschrittene Niedrigenergiehäuser**
- ▶ **Unerlässlich bei Gebäuden ohne konventionelle Heizung**
- ▶ **Langzeiterfahrungen liegen noch nicht vor**
- ▶ **Konstruktion und Qualität des Bauanschlusses hat hohen Einfluss auf den Wärmeschutz des gesamten Fensters**

Holzfensterrahmen mit hohem Wärmeschutz und Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung

Bei den Wärmeschutzeigenschaften von Fenstern gibt es noch erkennbare Entwicklungsspielräume. Die Verbesserungsmöglichkeiten liegen zunächst vor allem im Bereich der Fensterrahmen, des Isolierglasrandverbundes, der die edelgasgefüllten Scheibenzwischenräume abdichtet, sowie in der konstruktiven Ausführung des Bauanschlusses.

Die Verglasungen konnten im vergangenen Jahrzehnt nochmals entscheidend verbessert werden. Mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasungen werden inzwischen Wärmedurchgangskoeffizienten von nur 0,4 bis 0,7 W/m²K erreicht (U_g -Wert, bislang: k_V -Wert). Daraus resultiert ein deutlicher Komfortgewinn aufgrund weit höherer Oberflächentemperaturen im Winter. Zugleich kann Tauwasser auf dem Glas nicht mehr auftreten. Bei unverschatteter Südorientierung wird selbst in den Wintermonaten eine positive Energiebilanz erreicht – die Gläser lassen im Mittel mehr Sonnenwärme in den Raum als in umgekehrter Richtung Raumwärme an die Umgebung strömen kann. Die Fensterrahmen sind lange Zeit hinter dieser Entwicklung zurückgeblieben, der Wärmeschutz hochwertiger Verglasungen war deutlich besser als der bislang verfügbarer Fensterrahmen. Und dies obwohl typischerweise 15-35% der lichten Wandöffnung auf die Rahmen

entfallen. Gebräuchliche Fensterrahmen haben Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen 1,4 und 3 W/m²K. Zusätzliche Wärmeverluste entstehen über den Isolierglasrandverbund, sie haben bei guten Gläsern einen anteilig größeren Effekt.

Bereits 1992 wurden am Passivhaus in Darmstadt-Kranichstein mit der hochwertigen Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung auch wärmetechnisch verbesserte Fensterrahmen eingesetzt. In handwerklicher Einzelfertigung hergestellte Polyurethan-Rahmendämmschalen wurden an den konventionellen Holzfensterrahmen mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung angebracht. Mit dieser zusätzlichen Wärmedämmung konnte der Heizwärmebedarf des Passivhauses um ungefähr 40 Prozent gesenkt werden.

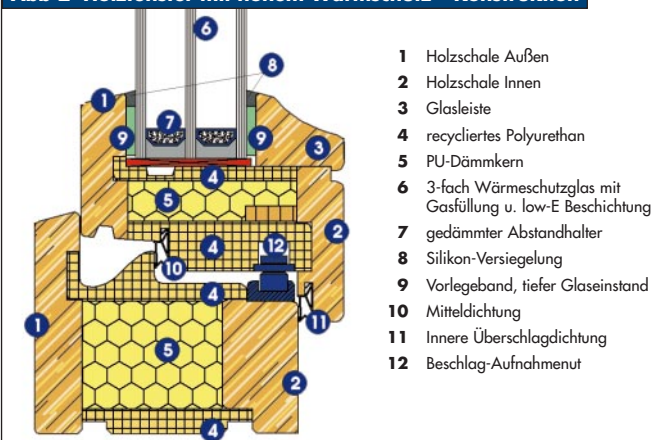
Die eurotec Pazen GmbH entwickelte jetzt mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) einen hochwärmedämmten Fensterrahmen auf der Basis von Holz mit Polyurethanschäum sowie in der Folge auch unter Verwendung anderer Materialien. Die Rahmen werden inzwischen in Serie gefertigt und erzielen in Verbindung mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung über die gesamte Wandöffnung gleichermaßen sehr gute Wärmeschutzeigenschaften (U_w -Wert deutlich unter 1 W/m²K).

► Projekt: Fenster mit hohem Wärmeschutz

Basierend auf einem bereits existierenden Konstruktionsmuster wurden in dem Projekt zunächst Detaillösungen für einen Fensterrahmen mit Holzprofilen erarbeitet. Dies beinhaltete die Auswahl verschiedener Holzprofile, eine Untersuchung mehrerer Dämmprofile aus unterschiedlichen Hartschäumen, die Entwicklung von Verankerungspunkten im Kern mit möglichst geringer Beeinflussung der Wärmeleitung im Rahmen, die Prüfung verschiedener Armierungslisenen und von Klebstoffen zur Verbindung der Materialien. Danach begannen die Arbeiten an dem Fenster-Prototypen, ein einflügeliges Dreh-Kipp-Fenster der Größe 1,23 x 1,48. Hieran wurden Eckverbindungsverfahren, unterschiedliche Beschlagsysteme und handelsübliche Dichtprofile erprobt. Die Tests des Fensters auf Schlagregensicherheit und Winddichtigkeit zeigten, dass einige konzeptionelle Änderungen vorzunehmen waren, welche die Falzmaße und die Beschlags- und Dichtungsebenen betrafen. Auch die Verfahrenstechnik zur Einbringung des Polyurethanschaums musste modifiziert werden.

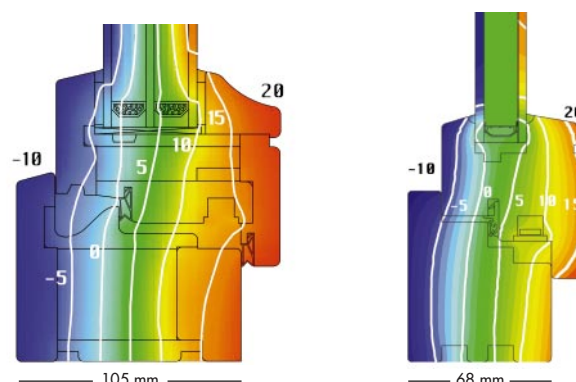
Anschließend wurden zusätzliche Fenstertypen (Festverglasungen, Parallel-Schiebe-Kipp-Konstruktionen) entwickelt, weitere Rahmenmaterialien (Holz-Aluminium, PVC) eingeführt und Bauanschlüsse erarbeitet, die konstruktiv zu diesen Fenstern passen und diese wärmetechnisch ergänzen. **Abb 2** zeigt die konstruktiven Details des entwickelten Holzfensters, **Abb 3** den Temperaturverlauf in Verglasung und Rahmen unter definierten Bedingungen (im Vergleich zu einem konventionellen Fenster) und **Abb 4** stellt geeignete Bauanschlüsse für zwei Wandkonstruktionen dar.

Abb 2 Holzfenster mit hohem Wärmeschutz – Konstruktion



- 1 Holzschale Außen
- 2 Holzschale Innen
- 3 Glasleiste
- 4 recyceltes Polyurethan
- 5 PU-Dämmkern
- 6 3-fach Wärmeschutzglas mit Gasfüllung u. low-E Beschichtung
- 7 gedämmter Abstandhalter
- 8 Silikon-Versiegelung
- 9 Vorleiband, tiefer Glaseinstand
- 10 Mitteldichtung
- 11 Innere Überschlafdichtung
- 12 Beschlag-Aufnahmenut

Abb 3 Temperaturverlauf im neuen Holzfenster im Vergleich zur konventionellen Variante



► Kosten

Die Mehrkosten für Fenster mit hohem Wärmeschutz gegenüber Standardfenstern sowie die erreichbare Energiekostensparnis sind in **Abb 5** angegeben. Als zusätzlicher Nutzen ist der spürbare Komfortgewinn aufgrund höherer Oberflächentemperaturen im Fensterbereich anzuführen. Außerdem sind bei Verwendung von sehr gut wärmedämmten Fenstern kleinere Heizkörper ausreichend, diese können auch unter Einsparung von Leitungslängen an den Innenflächen angebracht werden. Bei Gebäuden mit einem Heizwärmebedarf von jährlich weniger als 15 kWh pro m² kann die konventionelle Heizung – und die damit verbundenen Kosten – gänzlich entfallen.

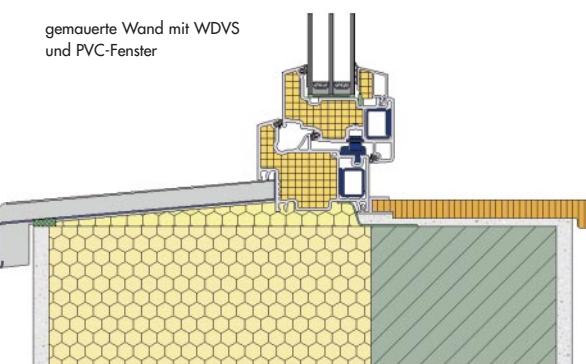
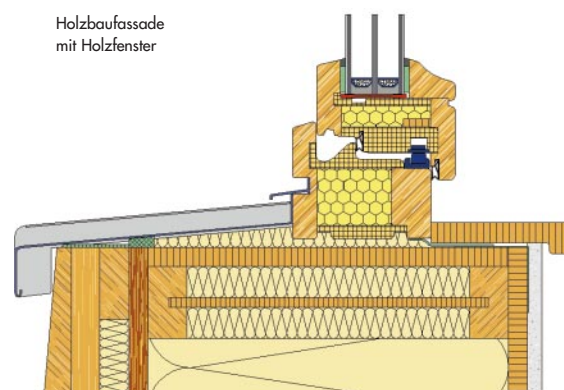
Abb 5 Mehrkosten von Fenstern mit hohem Wärmeschutz ($U_w=0,8$)

	pro m ² Fensterfläche ¹⁾	Einfamilienhaus (30 m ²)
heute	75–100 € (150–200 DM)	ca. 2.500 € (ca. 5.000 DM)
mittel- bis langfristig	≤ 25 € (≤ 50 DM)	≤ 750 € (≤ 1.500 DM)
Energiekosteneinsparung ²⁾	ca. 5 € (ca. 10 DM)	ca. 150 € (ca. 300 DM)

1) Mehrkosten gegenüber Fenster-Mindeststandard gemäß Wärmeschutzverordnung 1995 ($U_w = 2,0$)

2) Grobe Abschätzung (3500 Heizgradtage, Wärmegestehungskosten 0,05 €/kWh [0,10 DM/kWh])

Abb 4 Einbausituation: Beispiele



► Anwendungsbereiche

Hochwärmegedämmte Fenster sind an allen Gebäuden einsetzbar – für Wohn- und Zweckbauten sowie auch für die Altbau-sanierung. Wirtschaftlich am attraktivsten sind sie bei Gebäuden mit sehr niedrigem Heizwärmebedarf von jährlich weniger als 30 kWh/m², unerlässlich sind hochwärmegedämmte Fenster, wenn bei weiter erhöhtem Wärmeschutz auf eine konventionelle Heizungsanlage verzichtet werden soll.



Abb 6 Gartenhofsiedlung „Lummerlund“, Wiesbaden

► Erfahrungen

Fenster mit hohem Wärmeschutz sind seit Ende 1997 kommerziell erhältlich. Sie wurden in vielen Gebäuden eingebaut, zumeist in sog. Passivhäusern. Langzeiterfahrungen im Fensterbau und Wohnalltag liegen noch nicht vor, von Schwierigkeiten in der Nutzung wurde noch nicht berichtet.

Die neuen Fenster unterscheiden sich in der Handhabung nicht von konventionellen Fenstern – wohl aber geringfügig in der Ästhetik, da für die Rahmen grundsätzlich größere Profilstärken verwendet werden. Die Rahmen können u. U. stärker in Erscheinung treten. Bei einigen Architekten gibt es hier Vorbehalte. Jedoch zeigen die bislang ausgeführten Gebäudebeispiele, dass dieser Effekt – insbesondere in Kombination mit den größeren Wandstärken gut wärmegeschützter Gebäude – nur wenig (nach außen) sichtbar wird (s. Abb 6 u. 7).



Abb 7 Verwaltungsgebäude Fa. Wagner & Co, Cölbe

► Konstruktionsmerkmale von „Superfenstern“

$T_{\min \text{ Glas}}$	$T_{\min \text{ Rahmen}}$	U_w [W/m ² K]
-------------------------	---------------------------	----------------------------

$T_{\min \text{ Glas}}$: Minimale Temperatur der raumseitigen Glasoberfläche (in Rahmennähe)

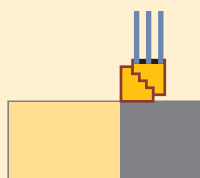
$T_{\min \text{ Rahmen}}$: Minimale Temperatur der raumseitigen Rahmenoberfläche

U_g : Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung, neue Nomenklatur gemäß intern. Sprachgebrauch und neuen Normen (bislang k_v)

U_w : Wärmedurchgangskoeffizient des gesamten Fensters (über die gesamte Wandöffnung gemittelt), bislang k_f

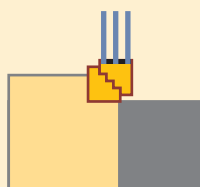
Berechnungen nach Dr. Feist 1998 (siehe auch unter Literatur)

1. Referenzfenster	5,46 °C	11,57 °C	1,81
--------------------	---------	----------	------



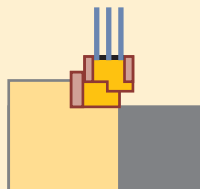
Außentemperatur -15°C , Raumtemperatur $+20^\circ\text{C}$, Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung ($U_g=0,7$ W/m²K), Standardrandverbund (Aluminium), 12 mm Glaseinstand, in Standardfensterrahmen (1,23 x 1,48), Außenwand aus 175 mm Kalksandstein mit 300 mm Wärmedämmverbundsystem (WDVS), Fensterrahmen außenbündig auf der gemauerten Wand, keine Überdeckung des WDVS.

2. Verbesserte Einbausituation	5,56 °C	13,37 °C	1,28
--------------------------------	---------	----------	------



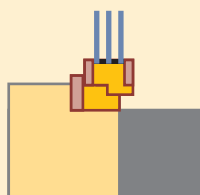
Wie 1) aber zusätzlich: Einbau des Fensterrahmens außen vor das Mauerwerk (Befestigung mittels kleiner Stahlplatten), Wärmedämmverbundsystem wird 60 mm über den Blockrahmen geführt. Die minimale Glastemperatur ist fast unverändert, es kann Tauwasser auftreten. Die Temperatur am Rahmen ist deutlich erhöht.

3. Verbesserte Rahmendämmung	5,52 °C	16,34 °C	1,02
------------------------------	---------	----------	------



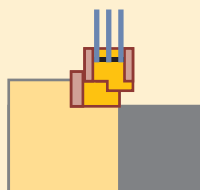
Wie 2) aber zusätzlich: Fensterrahmen mit hohem Wärmeschutz. Die minimale Glastemperatur ist weiter unverändert, es kann Tauwasser auftreten. Die Temperatur am Rahmen ist deutlich höher.

4a. Wärmetechnisch optimierter Abstandhalter (Randverbund)	10,71 °C	16,90 °C	0,84
--	----------	----------	------



Wie 3) aber zusätzlich: Randverbund aus Kunststoff mit Metall als Diffusionsdichtung ($\lambda=0,6$ W/mK). Die normalerweise verwendeten Abstandhalter aus Aluminium sind sehr gute Wärmeleiter. Besteht der Randverbund nunmehr aus Kunststoff, so erhöht sich die minimale Glastemperatur deutlich, unter normalen Wohnbedingungen bleibt die Verglasung tauwasserfrei.

4b. Tieferer Glaseinstand (im Rahmen)	12,30 °C	17,14 °C	0,79
---------------------------------------	----------	----------	------



Wie 3) aber zusätzlich: erhöhter Glaseinstand (34 mm). Der wärmetechnisch ungünstige Randverbund (Abstandhalter aus Aluminium) wird hier vom gut gedämmten Rahmen umschlossen. Die minimale Glastemperatur erhöht sich deutlich, unter normalen Wohnbedingungen bleibt die Verglasung tauwasserfrei.

► Trends

Neue Rahmenmaterialien: Neben dem bewährten Holz (Hart- und Weichhölzer mit Anstrichsystemen), Holz-Aluminium und PVC kommen inzwischen weitere Materialien in Betracht. Stahlverstärkte Profile aus Polyurethan (PUR) sowie glasfaserverstärkte Polyolefin-Profile sind in der späteren Entsorgung unproblematischer als das chlorhaltige PVC.

Weiter verbesserte Einbausituation: Wird die äußerste Lage des Blockrahmes rundum durch ein Konstruktionsdämmmaterial ersetzt und dieses bis zur Oberkante des Flügelrahmens verlängert, dann kann darauf das WDVS bis zur Glasleiste gezogen werden. Aufgrund der Überlappung von ca. 100 mm erreicht das gesamte Fenster einen sehr guten Wärmedurchgangskoeffizienten (U_w) von nur 0,66. Von außen entsteht der Eindruck, die Verglasung sei direkt in der Fensterlaibung befestigt. Diese Konstruktion wurde zum Teil (an beiden Seiten und oben) bereits in einem Demonstrationsobjekt realisiert. Für die untere Rahmenseite sind Lösungen für eine derart weitgehende Überlappung in Arbeit, die beschriebene Konstruktion ist noch nicht normgerecht.

Verbesserte Verglasungen: Die obenstehenden Berechnungen basieren auf einer Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit $U_g=0,7$. Inzwischen sind zwar Verglasungen mit $U_g=0,4$ auf dem Markt, jedoch haben diese Gläser eine vergleichsweise geringe Transmission (g-Wert von ungefähr 40%) und zudem ist deren Füllgas Xenon äußerst knapp und teuer. Mit der Vakuum-Verglasung (mit einem dauerhaften Hochvakuum im Scheibenzwischenraum) könnten langfristig U_g -Werte von 0,5 bei g-Werten von 70% erreicht werden. Zudem sind diese Gläser sehr viel dünner als Dreischeiben-Verglasungen.

► Marktentwicklung

Inzwischen teilen sich drei mittelständische Fensterproduzenten den noch exklusiven Markt für die Fenster mit hohem Wärmeschutz, sie werden zumeist in fortgeschrittenen Niedrigenergiehäusern eingesetzt. Das „Passivhaus“, mit einem Heizenergiebedarf von jährlich weniger als 15 kWh pro m², geht zunehmend in Serie. Als schlüsselfertiges Haus ist es heute schon zu haben, bis zum Fertighaus ist es nicht mehr weit. Mit der kommenden Energieeinsparverordnung (EnEV), die sich derzeit im Gesetzgebungsverfahren befindet, werden die Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden weiter erhöht – dies wird den Markt für Fenster mit hohem Wärmeschutz weiter beleben.

► Folgeprojekt

In einem unter der Regie des Instituts für Fenstertechnik (i.f.t.), Rosenheim, laufenden Vorhaben werden in den nächsten zwei Jahren die neuen Fenster mit hohem Wärmeschutz im eingebauten Zustand untersucht und hinsichtlich Konstruktion und Montage optimiert. Die heute üblichen Wandanschlussysteme sollen weiterentwickelt und die geltenden Montagetrichterlinien angepasst werden.

► PROJEKTADRESSEN

Projektdurchführung

- eurotec Pazen GmbH
Deutscherherrenstraße 63
54492 Zeltingen-Rachtig
- Eine Liste mit den weiteren beteiligten Unternehmen und Instituten ist bei BINE erhältlich oder abrufbar unter <http://bine.fiz-karlsruhe.de>

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Dr. Feist: „Passivhaus: Fensterrahmen und Randverbund die bisher schwächsten Glieder“. In: GFF – Zeitschrift für Glas, Fenster, Fassade Nr. 4/1998. S. 160-167

PROJEKTORGANISATION

- Förderung der Vorhaben
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Godesberger Allee 185, 53175 Bonn
- Projektbegleitung im Auftrag des BMWi
Projektträger Biologie, Energie, Umwelt (BEO)
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Hans-Georg Bertram
52425 Jülich
- Förderkennzeichen
0329716 B

IMPRESSUM

- ISSN
0937 – 8367
- Herausgeber
Fachinformationszentrum Karlsruhe,
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische
Information mbH
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
- Nachdruck
Nachdruck des Textes nur zulässig bei
vollständiger Quellenangabe und gegen
Zusendung eines Belegexemplares;
Nachdruck der Abbildungen nur mit
Zustimmung der jeweils Berechtigten.
- Redaktion
Johannes Lang

BINE – INFORMATIONEN UND IDEEN ZU ENERGIE & UMWELT

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderter Informationsdienst.

BINE informiert über neue Energietechniken und deren Anwendung in Wohnungsbau, Industrie, Gewerbe und Kommunen.

BINE bietet Ihnen folgende kostenfreie Informationsreihen

- Projekt-Infos
- Profi-Infos
- Bildung & Energie

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf, wenn Sie vertiefende Informationen, spezielle Auskünfte, Adressen etc. benötigen, oder wenn Sie allgemeine Informationen über neue Energietechniken wünschen



BINE

Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe
Büro Bonn
Mechenstr. 57
53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0
Fax: 0228 / 9 23 79-29

eMail: bine@fiz-karlsruhe.de
Internet: <http://bine.fiz-karlsruhe.de>