



## Neuer Fensterrahmen: Hoher Dämmwert, niedriges Gewicht

Abb. 1



- ▶ Schlanker, leichter Fensterrahmen mit  $U_f$ -Wert von  $0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ Polyurethan-Dämmkern in Form aufgeschäumt
- ▶ Stabilität durch Klebtechnik: Stahl- oder Aluminiumarmierung überflüssig
- ▶ Pilotfertigung läuft

Das neue Profil mit Dreifachisolierglas

Die Anforderungen an die Wärmedämmung der Gebäudehülle steigen kontinuierlich. Dies gilt besonders vor dem Hintergrund wachsender Wärmeschutzstandards, die die Energieeinsparverordnung verlangt. Speziell im Fensterbereich gibt es hier noch Entwicklungsbedarf.

Zwar haben sich die wärmedämmenden Eigenschaften von Verglasungen in den letzten dreißig Jahren erheblich verbessert. Bestes Beispiel ist die aktuelle Entwicklung des Vakuumisolierglases. Ein Vakuum im Scheibenzwischenraum ermöglicht hier Wärmedurchgangskoeffizienten für die Verglasung von  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Trotzdem stellen Fenster im Vergleich zu Gebäudehüllen noch immer energetische Schwachstellen dar. Eine Ursache sind die aktuell verfügbaren Rahmen. Die Dämmwerte konventioneller Fensterrahmen liegen noch immer deutlich über den Wärmedurchgangskoeffizienten der besten Verglasungen. Sogar Passiv-

hausfenster mit sehr guter Wärmedämmung für Rahmen und Dreischeibenverglasung erreichen kaum  $U_w$ -Werte unter  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Der Preis hierfür sind schwerfällige Systeme mit verstärkten Profilen und Beschlägen sowie großen Bautiefen. Fazit: Die Zeit ist reif für Rahmen, die hochdämmend und trotzdem schlank und leicht sind.

Im Forschungsprojekt „Hochwärmedämmende Fenster- und Fassadensysteme“ sollten entsprechende Rahmenkonstruktionen entwickelt werden. Der Forschungsverbund sollte diese für die Anwendung als Standard-Fenster für den Neubau und die Sanierung im Wohnungsbau entwickeln und dabei neue Verglasungen wie das Vakuumisolierglas einbeziehen. Insgesamt sind zwei Forschungsinstitute und sieben mittelständische Unternehmen an dem mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Forschungsprojekt beteiligt.

## ► Neues Profil im Profil

Der gesamte neue Rahmen besteht aus Polyurethan (PU), allerdings in zwei Strukturformen. Der Dämmkern ist mit PU-Isolierschaum aufgeschäumt (Dichte: 110 g/l). Die durch die Aufschäumung entstehenden dünnen Wände mit Luft einschlüssen führen zu einer geringen Wärmeleitfähigkeit. Warm- und Kaltseite sind thermisch weitestgehend voneinander entkoppelt.

Eine dünne Schicht aus formstabilem und wetterfestem Polyurethan-Vollmaterial umhüllt den Schaumkern. Auch bei Temperaturen um 80°C ist Polyurethan fest und wärmebeständig. Die Funktionshülle besitzt eine variable Wandstärke und sichert die mechanischen und statischen Eigenschaften des Rahmens. Außerdem lässt sie gestalterischen Spielraum: Die Oberflächen

können nahezu beliebig beklebt und lackiert werden. Das neue Profil besteht somit aus einem einzigen Material „an einem Stück“. Bei der späteren Entsorgung ergeben sich keine Probleme mit der Sortierung oder Verwertung. Das Gewicht des Sandwichtaufbaus setzt sich zu 95% aus dem Hartschaumkern und zu 5% aus der Ummantelung zusammen.

Bei dem beschriebenen Rahmen kann ohne Stahl- oder Aluminiumarmierung die nötige Stabilität erreicht werden. Auch daraus resultieren ein geringes Gewicht und niedrige Dämmwerte. Beim Einbau der Fenster gibt es keine Unterschiede zu herkömmlichen Rahmensystemen. So entsprechen etwa die Abstände der Verschraubungen denen konventioneller Fenster.

Abb. 2: Im Querschnitt: Profile mit Dämmkern und Funktionshülle



### Sehr gut dämmende Rahmen – Ein Seitenblick

Momentan verfügbare hochdämmende Rahmen weisen Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen 1,1 und 0,7 W/m<sup>2</sup>K auf. Im Einzelfall werden noch etwas geringere Werte erreicht. Mit verbesserten Abstandhaltern sind U<sub>w</sub>-Werte von 0,7 bis 0,8 W/m<sup>2</sup>K möglich. Gekoppelt ist dies allerdings an hohe Bautiefen. Bei Passivhausfensterrahmen liegen diese oft bei 120 bis 130 mm.

Folgende Rahmenvarianten lassen sich unterscheiden:

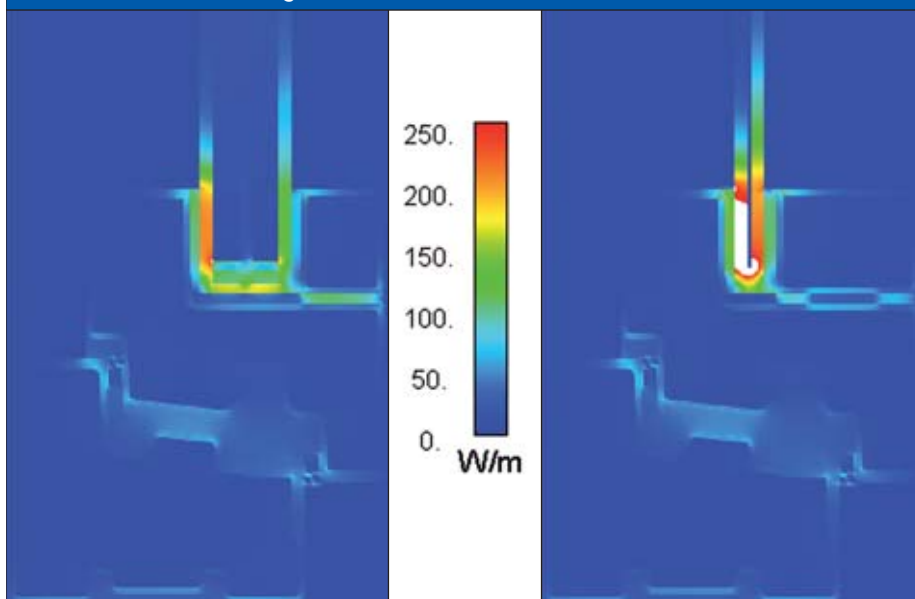
- Extruder-Rahmenprofile aus PVC mit innen liegender Stahlarmierung und mehreren Luftkammern. Zusätzliche PU-Ausschäumungen können die Wärmedämmwirkung des Rahmens weiter verbessern.
- Holzrahmen mit Kerndämmung bzw. als Sandwichtaufbau mit dämmender Mittel- oder Außenschicht. Das Dämmmaterial ist entweder PU-Integralschaum, PU-Recyclat (Purenit), Styrodur oder Weichfaserdämmstoff. Die Anordnung

der Dämmschichten ist dabei je nach Hersteller unterschiedlich. Außerdem gibt es Holz-Aluminium-Fenster mit PU-Dämmkern.

- Aluminiumrahmen, bei denen die Rahmenschalen mit einem PU-Dämmkern ausgefüllt sind.
- Weitere Entwicklungen: Ausgeschäumte Kunststoffprofile, in denen die Stahlarmierung durch glasfaserverstärkte Profile ersetzt wird sowie Holzrahmen, die mit außen liegenden holzfaserverstärkten Profilen kombiniert werden.

## ► Material und Komponenten im Test

Abb. 3: Wärmestromberechnung des neuen Rahmens mit Dreifachisolierglas (links) und Vakuumisolierglas



Das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum führte Prüfungen an Einzelkomponenten und mechanische Simulationen durch und testete so die Gebrauchstauglichkeit und die Langzeitstabilität des kompletten Fenstersystems. Die Experten ermittelten das mechanische Verhalten bei starken Temperatur-

schwankungen (Wärme-/Kälteschock) sowie bei schwellenden Windlasten (Sog/Druck) in Kombination mit Temperatur oder Regen. Stoßfestigkeit, Profilsteifigkeit sowie Eckenfestigkeit wurden so unter anderem überprüft. Im Ergebnis zeigte das neu entwickelte Profil eine sehr gute Stabilität, die

Abb. 4: Prüfapparatur zur Bestimmung der Eckenfestigkeit



Klebertechnik sorgt für eine hohe Festigkeit. Den neuen Rahmen thermisch zu optimieren und charakterisieren war Aufgabe des Bayerischen Zentrums für Angewandte Energieforschung (ZAE Bayern). Mittels Simulationen berechneten die Wissenschaftler den Wärmedurchgang sowie den Einfluss von Wärmebrücken. Diese Berechnungen führten zur Herstellung von optimierten Musterprofilen und Fenstern. Mit Hilfe von Hotbox-Messungen und numerischen Verfahren untersuchten die Experten den Prototyp mehrfach thermisch.

## ► Neue Ansätze bei der Herstellung

Statt wie bisher üblich die Profile zu pressen oder extrudieren, wird der Kern des neuen Rahmens in einer Form umschäumt und mit einer Kunststoffschicht ummantelt. Systemvoraussetzungen für diese Art der Polyurethanverarbeitung sind eine Hochdruckschäumenanlage, ein Formenträgersystem und Schäumwerkzeuge. Die Fensterhersteller kaufen die sechs Meter langen PU-Stangen ein und schneiden diese entsprechend ihren Anforderungen zurecht. Aktuell läuft die Pilotfertigung des Prototypen, vierzig Musterfenster wurden bereits hergestellt und geprüft. Als Ergänzungsprofil ist die Herstellung des neuen Profils in eine vorhandene Produktion integrierbar. Es liegen Produktionskonzepte für mittlere (200.000 laufende m<sup>2</sup>/a) und große Jahresmengen (1,2 Mio. laufende m<sup>2</sup>/a) vor.

Im Gegensatz zu konventionellen Rahmen, kann das rein aus Polyurethan bestehende Profil nicht geschweißt werden. Stattdessen werden die Ecken sowie Rahmen und Verglasung verklebt. Die Schnittflächen des Rahmens werden hierzu mit einem neu entwickelten Klebstoff benetzt. Dieser härtet in Sekundenschnelle aus und kann für den nächsten Produktionsschritt wieder durch eine Schweißmaschine aktiviert werden. Aufgrund der kurzen Antrocknungszeit des Klebers kann im normalen Produktionstakt weitergearbeitet werden. Während der Klebstoff nach vier bis fünf Stunden seine endgültige Festigkeit erreicht, kann die Fensterherstellung weiterlaufen. So ist es möglich, dass die üblichen Produktionstaktzeiten von PVC-Fenstern nicht überschritten werden.

Abb. 5: Form zum Schäumen des Dämmkerns



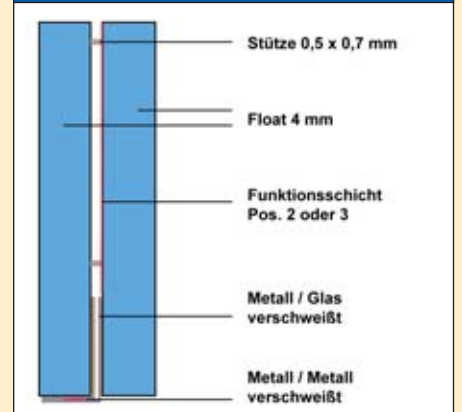
## Vakuumisolierglas: Passender Rahmen gesucht und gefunden

Ziel des vorgestellten Forschungsprojektes war es unter anderem einen Rahmen zu entwickeln, der die Vorteile des Vakuumglases optimal nutzt. Das „Kernstück“ dieser Verglasung (vgl. BINE-Projektinfo 01/08) befindet sich im Scheibenzwischenraum: Durch Evakuierung fehlt hier das Medium, das Wärme von der Innen- zur Außenscheibe transportiert. Um dies zu erreichen, wird der Druck in diesem Bereich auf unter 10<sup>-3</sup>hPa gesenkt. Nur so ist es möglich, den Wärmetransport des Restgases auf Werte von weniger als 0,1 W/m<sup>2</sup>K zu reduzieren und einen Wärmedurchgangskoeffizienten für die Verglasung von 0,5 W/m<sup>2</sup>K zu erreichen. Den atmosphärischen

Druck nehmen die Stützen auf. Der Randverbund verbindet zwei 3 bis 4 mm dicke Scheiben mit einer niedrig-emittierenden Schicht (low-ε-Schicht).

Mit einem Glasabstand von etwa 0,7 mm ist diese Verglasung deutlich schlanker als heute übliche Zweifachverglasungen. Trotzdem bleibt beim Vakuumisolierglas die Schwachstelle der Randverbund aus Metall, der eine Wärmebrücke bildet. Mit marktgängigen Fensterprofilen konnte dieses Problem bisher nicht bewältigt werden. Eine Lösung bietet der neu entwickelte Rahmen. Denn der hohe Glaseinstand verhindert, dass der Taupunkt am Glasrand unterschritten wird.

Abb. 6: Aufbau Vakuumisolierglas



## ► Rahmensysteme im Vergleich

In der ersten Projektphase hatte sich gezeigt, dass die Optimierungsmöglichkeiten von gepressten Standard-Aluminium- und extrudierten Standard-PVC-Profilen begrenzt sind. Bereits heute ist es technologisch und produktionstechnisch sehr aufwendig bei Profilhöhen unter 90 mm gleichzeitig U-Werte von weniger als 0,8 W/m<sup>2</sup>K zu erreichen. Aus diesem Grund beschloss das Forschungsteam, ein völlig neues Fenster-Rahmen-System zu entwickeln. Mit einem U<sub>f</sub>-Wert von 0,68 W/m<sup>2</sup>K unterschreitet das Profil den für Passivhausfenster geforderten Dämmwert. Vergleichbare neu entwickelte Profile anderer Hersteller liegen bei ähnlicher Einbautiefe bestenfalls bei einem U<sub>f</sub>-Wert von 0,85 W/m<sup>2</sup>K. In Kombination mit Vakuumisolierglas (VIG) erreicht der Rahmen einen U<sub>w</sub>-Wert von 0,67 W/m<sup>2</sup>K (vgl. Abb. 6).

Abb. 7: Übersicht thermische Kennwerte

	U <sub>f</sub> -Wert [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>w</sub> -Wert [W/m <sup>2</sup> K] für Standardfenstergröße 1,23 m x 1,48 m			U <sub>w,eq</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)] mit Berücksichtigung solarer Wärmegewinne	
		mit 2-fach Glas Ug = 1,1 W/m <sup>2</sup> K	mit 3-fach Glas Ug = 0,7 W/m <sup>2</sup> K	mit VIG Ug = 0,5 W/m <sup>2</sup> K	Südseite	Nordseite
Standard Aluminiumfensterrahmen	1,8	1,5	-	-	0,49	1,10
Standard PVC-Fensterrahmen	1,4	1,4	-	-	0,39	1,00
Optimierter PVC-Fensterrahmen	1,1	-	1,0	-	0,17	0,67
Passivhausfensterrahmen	0,7 bis 0,8	-	circa 0,8	-	0,00	0,49
Neuer Fensterrahmen (TopTherm 90)	0,68	-	0,79	0,67	-0,15	0,36

Das neue System ist für Gläser mit Stärken von 9 mm bis 50 mm geeignet. Berücksichtigt man die solaren Wärmegewinne, hat das Profil bei günstiger Positionierung eine positive Wärmebilanz. Innerhalb der Beanspruchungsgruppen Luftdurchlässigkeit (EN 1026), Windlast (EN 12211)

und Schlagregen (EN 1027) befindet sich der Rahmen auf demselben Niveau wie vergleichbare Modelle.

## ► Fazit

Mit seinen niedrigen Dämmwerten liegt das neue Profil auf dem Niveau von Passivhausfensterrahmen. Allerdings wiegt es weniger und ist deutlich schmaler.

Der Forschungsverbund beging mit dem Rahmen neue Wege bei Material und Herstellung. So besteht das gesamte Profil aus Polyurethan, was Konsequenzen für die Produktion und Weiterverarbeitung hat. Zur Aufschäumung, Formung und Ummantelung sind spezielle Maschinen erforderlich. Die BBG GmbH entwickelte den Herstellungsprozess für die zukünftige Serienfertigung und erstellte die Prototypenwerkzeuge. Aktuell läuft die Pilotfertigung und erste Gespräche mit Systemherstellern finden statt.

Der PU-Rahmen kann nicht verschweißt werden. Abhilfe schafft hier eine innovative Technik, bei der Rahmen und Verglasung mit einem neu entwickelten Klebstoff verbunden werden. Verschiedene Untersuchungen der Musterfenster haben gezeigt, dass die Verklebung eine einfache Fensterherstellung ermöglicht und eine hohe Festigkeit bringt. Eine industrielle Nutzung mit Integration des Rahmens in eine vorhandene Fensterfertigung ist möglich.

Unter der Bezeichnung „TopTherm90“ wurde das neu entwickelte Standardfenster mit Dreifach-Verglasung und Vakuumisolierverglasung auf der glasstec 2008 in Düsseldorf sowie auf dem Kunststoff-Fenster-Kongress 2009 in Würzburg bereits einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt.

Das Profil ist sowohl für den Neubau als auch für die Sanierung im Baubestand geeignet. Der Schwerpunkt des vorgestellten Projektes lag auf der Entwicklung eines Rahmenprofils für Standardfenster. Für Fassadensysteme mit Abmessungen von bis zu mehreren Geschosshöhen ist ein reines Kunststoffprofil nicht geeignet. Man kann es zwar in Pfosten-Riegel-Konstruktionen einsetzen, eine tragende Funktion kann es dabei aber nicht übernehmen. Deshalb soll im Rahmen eines Anschlussprojektes eine thermisch optimierte Pfosten-Riegel-Konstruktion auf Basis von Aluminiumträgern entwickelt werden.

## ► PROJEKTADRESSEN

### Gesamt-Projekt Koordinator

- Glaser FMB GmbH & Co. KG  
37688 Beverungen

### Industriepartner

- Bayer MaterialScience AG  
Division Polyurethanes  
51368 Leverkusen
- Henkel AG & Co. KGaA  
73441 Bopfingen
- BBG GmbH & Co. KG  
87719 Mindelheim
- Schüring GmbH & Co.  
Fenster-Technologie KG  
53842 Troisdorf - Spich
- Roto Frank Bauelemente GmbH  
97980 Bad Mergentheim
- Walter Stickling GmbH  
33334 Gütersloh
- heroal- Johann Henkenjohann  
GmbH & Co. KG  
33415 Verl
- VEKA AG  
48324 Sendenhorst

### Institutspartner

- SKZ – KFE gGmbH  
Süddeutsches Kunststoff-Zentrum  
97076 Würzburg
- Bayerisches Zentrum für  
Angewandte Energieforschung e.V.  
97074 Würzburg

## ► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

### Internet

- www.hwff.info
- www.vig-info.de
- www.enob.info

### Literatur

- Weinläder, H.; Ebert, H.-P.: Vakuumisolierverglasung – das Fenster der Zukunft. In: Architektur & Bau Forum. Jg. 41 (2008), H. 7
- Wagner, A.: Energieeffiziente Fenster und Verglasungen. FIZ Karlsruhe. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.). Berlin : Solarpraxis, 2007. 144 S., 3, vollst. überarb. Aufl. (unveränderter Nachdruck 2008), ISBN 978-3-934595-61-3, 16,80 Euro, BINE-Informationspaket

### Abbildungsnachweis

- Abb. 1, 4: SKZ, Würzburg
- Abb. 5: BBG, Mindelheim
- Abb. 2, 3, 6, 7: ZAE Bayern, Würzburg

### Service

- Dieses Projektinfo gibt es auch als online-Dokument unter [www.bine.info](http://www.bine.info) im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.

## PROJEKTORGANISATION

- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Markus Kratz  
52425 Jülich

- Förderkennzeichen  
0327654

## IMPRESSUM

- ISSN  
0937 – 8367

- Version in Englisch  
Dieses Projekt-Info bieten wir Ihnen als PDF auch in englischer Sprache unter [www.bine.info](http://www.bine.info) an.

- Herausgeber  
FIZ Karlsruhe  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
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.

- Autorin  
Birgit Schneider

## BINE Informationsdienst Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet zu Energieeffizienztechnologien und Erneuerbaren Energien.

In kostenfreien Broschüren, unter [www.bine.info](http://www.bine.info) und per Newsletter zeigt die BINE-Redaktion, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

BINE Informationsdienst ist ein Service von FIZ Karlsruhe und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

### Kontakt

Haben Sie Fragen zu diesem **projektinfo**?  
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel. 0228 92379-44

 **BINE**  
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn  
Kaiserstraße 185 – 197  
53113 Bonn

[kontakt@bine.info](mailto:kontakt@bine.info)  
[www.bine.info](http://www.bine.info)