

Lass die Sonne rein

Interview: Die Entwicklung des Passivhaus-Fensters

Das Bauteil Fenster hat in den vergangenen zwanzig Jahren eine permanente Entwicklung durchlebt, die sogar einen großen Einfluss auf die Entwicklung verschiedener Gebäudetypen hatte. So hat etwa die rasante Steigerung der Energieeffizienz durch Verbesserung der Verglasungen und der Fensterrahmen die Entwicklung des Passivhauses im Grunde erst möglich gemacht.



Fotos (2): Gerrit Horn

Der „Vater“ des Passivhausfensters: Fensterbauer Günter Pazen aus Zettingen-Rachtig

*Dipl.-Ing. Gerrit Horn,
Zimmermeister und
Architekt, Kaiserslautern*

Ein wesentlicher Grundgedanke des Passivhauses ist der Verzicht auf Heizkörper. Fenster, wie sie derzeit bei herkömmlichen Häusern eingesetzt werden, benötigen aber zwingend einen Heizkörper davor. Diese Heizquelle wirkt dem Kaltluftabfall an der Glasscheibe entgegen.

Neu entwickelte Passivhausfenster hingegen weisen bei niedrigsten Außentemperaturen immerhin noch Oberflächentemperaturen am Glas von über 16 °C auf. So kommt es nicht zu einem Kaltluftabfall am Fenster, der Raum kühlt nicht aus. Einer der Ersten, der sich mit dieser Thematik beschäftigt hat, ist der Fensterbauer Günter Pazen aus Zettingen-Rachtig an der Mosel. Er brachte die ersten Passivhausfenster mit hochwärmegeprägten Holz-, Holz-Aluminium- oder Kunststoffrahmen und Dreifachverglasungen zur Serienreife. Damit konnte der Boom des Passivhauses erst beginnen. BAUHANDWERK-Autor Gerrit Horn sprach mit Günter Pazen über das Passivhausfenster und dessen Entwicklung.

Was verbindet einen Fensterbauer wie Sie mit dem energieeffizienten Bauen?

Neben der verantwortlichen Position als Geschäftsführer

eines großen Fensterbaubetriebes habe ich in den letzten 20 Jahren den Schwerpunkt meiner Tätigkeit in der technischen Entwicklung von energieeffizienten Fenstern und deren Umsetzung am Markt gesehen. Seit knapp zwei Jahren berate ich mit meinem Unternehmen, der Pazen Fenster+Technik, Bauherren und Planer bei der Realisierung von Niedrigenergiehäusern und Passivhäusern bezüglich der Bauteile Fenster, Fassade und Beschattung. Energieeinsparen ist die effektivste Energiequelle. Dies gilt um so mehr in einer Zeit, in der fossile Energieträger durch regenerative Energie ersetzt werden müssen. Diese Erkenntnis hat bereits 1995 zum Beginn der Forschungsarbeit zur Entwicklung hochwärmegeprägter Fenster geführt. Auf der Basis meiner Forschungen konnten so mehrere energieeffiziente Fenstersysteme und Komponenten entwickelt und patentrechtlich geschützt werden. Diese Systeme sind mittlerweile in über 1000 Wohneinheiten europaweit zum Einsatz gekommen. Die Entwicklung der hochwärmegeprägten Fenster hat aber nicht nur die Fensterwelt verändert, sondern auch die Möglichkeit geschaffen, Häuser zu bauen, die nur noch ein Minimum der bisherigen Energie benötigen. Sehr wichtig ist hierbei eine

enge Zusammenarbeit von kompetenten Planern, Physikern und Handwerkern, und zwar von Anfang an! Ganzheitliches Denken ist angesagt. Auf diese Art und Weise sind wir gemeinsam in der Lage, statt einem normalen Haus ein riesiges Einsparkraftwerk zu bauen.

Worauf sollten Handwerker und Architekten beim Fensterkauf achten?

Die Fenster stellen das größte Energieleck eines Hauses dar. Unzureichend gedämmte und konventionell verglaste Fenster sind in Deutschland heute für bis zu 37 % der Gesamtwärmeverluste an Gebäuden verantwortlich. Während die Wände Wärmedurchgangskoeffizienten in Höhe von 0,4 bis unter 0,1 W/m²K erreichen, stehen Standardwärmeverglaste Fenster mit einem U_w-Wert von 1,5 W/m²K um einen Faktor von 4 bis 10 schlechter da. Die Notwendigkeit der Ressourcenschonung, der Klimaschutz und die Energiepreisentwicklung stellen aber immer höher Anforderungen an die thermische Qualität der Gebäudehülle. Auch die Fenster müssen hier mithalten. Beim Bau eines Passivhauses kommen hochwärmegeprägten Fenster mit einem U-Wert von < 0,8 W/m²K zum Einsatz. Bei der Sanierung oder bei einem Niedrigenergiehaus sollte die Entscheidung für Fenster fallen, die einen



U-Wert von $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ unterschreiten. Solche Systeme sind zu bezahlbaren Kosten am Markt erhältlich. Hochwärmedämmte Fenster gibt es heute in den Rahmenmaterialien Kunststoff, Holz, und Holz-Aluminium.

Wie kann man mit hochwärmedämmten Fenstern die Wohnlichkeit und Behaglichkeit fördern?

Fenster mit besserer Rahmendämmung und Verglasung haben deutlich höhere Oberflächentemperaturen als konventionelle Fenster. Bei konventionellen Fenstern wird im Bereich der Laibungen und der Glaskante sehr häufig der Taupunkt unterschritten. Die Temperaturen liegen hier oftmals bei 4 bis $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Die Folge: Feuchtigkeit kondensiert, es besteht die Gefahr der Schimmelpilzbildung. Bei hochwärmedämmten Fenstern liegt die Oberflächentemperatur der Rahmen und der Glasfläche etwa $2 \text{ }^\circ\text{C}$ unter Raumtempe-

ratur und damit deutlich oberhalb des Taupunktes. Die warmen Fensterflächen entziehen dem Haus weniger Wärme, dadurch ist es innen wohnlicher und behaglicher. Durch die hohen Oberflächentemperaturen der Fensterfläche entsteht kein sonst üblicher Kaltluftabfall an der Glasfläche. Dadurch kann man auf Heizkörper vor den Fenstern gänzlich verzichten. In Verbindung mit dem solaren Zugewinn stellen die Fenster eine großflächige Niedertemperaturheizung dar.

Was ist bei der Montage zu beachten?

Die Montage der Fenster beginnt bereits bei der Planung des Gebäudes. Die Fenster müssen beim Einbau in die Wand so positioniert werden, dass möglichst keine Einbau-Wärmeverluste entstehen. Die Fenstereinfugen müssen von den Handwerkern nach innen luftdicht und dampfdiffusionsdicht ausgeführt werden.

Die äußere Regendichtigkeit wird in der Regel durch den Putzer sichergestellt. Die innere Abdichtung soll auf jeden fall dampfdiffusionsdichter als die Äußere sein.

Die rasante Entwicklung des Fensters ist ja noch nicht zu Ende. Was ist in der Zukunft noch zu erwarten?

Neue Werkstoffe, neue Glasbeschichtungen oder Vakuum-Dämmstoffe erweitern ständig den Entwicklungshorizont. Damit kann die Serienfertigung der hocheffizienten Fenster weiter verbessert werden. Das Passivhausfenster wird in naher Zukunft zum Standardfenster für hochwertige Gebäude werden. Denn Energieeinsparung und hohe Wohnbehaglichkeit sind das, was die heutigen Bauherren wünschen.

Welches Fenster wird für welchen Zweck gebraucht?

Der Fenstermarkt ist groß und unübersichtlich. Damit der Einblick leichter wird, zeigt die Tabelle auf dieser

Um Einbau-Wärmeverluste zu vermeiden, muss der Handwerker ein Passivhausfenster beim Einbau exakt positionieren










Qualitätsstandard	Kunststofffenster PVC	Holzfenster	Holz-Aluminium Fenster
Standard $U_w \leq 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 <p>Rahmen $U_i = 1,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glas $U_g = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glasabstandhalter: Aluminium</p> <p>$U_w = 1,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	 <p>Rahmen $U_i = 1,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glas $U_g = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glasabstandhalter: Aluminium</p> <p>$U_w = 1,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	 <p>Rahmen $U_i = 1,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glas $U_g = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glasabstandhalter: Aluminium</p> <p>$U_w = 1,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>
Niedrigstenergiehäuser Medium $U_w \leq 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 <p>Rahmen $U_i = 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glas $U_g = 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glasabstandhalter: thermisch getrennt</p> <p>$U_w = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	 <p>Rahmen $U_i = 0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glas $U_g = 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glasabstandhalter: thermisch getrennt</p> <p>$U_w = 0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	 <p>Rahmen $U_i = 1,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glas $U_g = 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glasabstandhalter: thermisch getrennt</p> <p>$U_w = 0,94 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>
Passivhäuser Premium $U_w \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	 <p>Rahmen $U_i = 0,96 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glas $U_g = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glasabstandhalter: thermisch getrennt</p> <p>$U_w = 0,74 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	 <p>Rahmen $U_i = 1,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glas $U_g = 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Glasabstandhalter: thermisch getrennt</p> <p>$U_w = 0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>	 <p>Ausführung wie links stehendes Passivhaus-Holzfenster, jedoch mit zusätzlicher Vorsatzschale aus Aluminium</p> <p>$U_w = \text{etwa } 0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p>

Tabelle: Fenstersysteme im Überblick. Vom Standardfenster bis zum Passivhausfenster in Kunststoff, Holz und Holzaluminium

Seite, welche grundsätzlichen Fenstertypen auf dem Markt zu finden sind. Am Beispiel von gängigen Fenstersystemen mit Holz-, Holzaluminium und Kunststoffrahmen sind die unterschiedlichen Energiestandards bis hin zum Passivhausfenster dargestellt. Dabei wurden hier drei Standards definiert:

- Standard: mit Fenstern dieser Kategorie erfüllt man die geringen Anforderungen aus der Energie-Einsparverordnung EnEV ($U_w \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$). In die ungedämmten Fensterahmen werden Zweifach-Isoliergläser eingesetzt. Für Passivhäuser sind diese Fenster ungeeignet.
- Medium: zwischen EnEV und Passivhaus liegt ein mittleres Niveau für Fenster mit einem U_w -Wert $\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der ungedämmte Rahmen erhält

die hochwertige Dreifachverglasung mit thermisch getrenntem Randverbund. Bei Niedrigstenergiehäusern, wie zum Beispiel „KfW 60-Häuser“, sind diese Fenster sicher eine preiswerte Alternative zu reinen Passivhausfenstern. Das muss aber genau im Energiekonzept berechnet werden.

- Premium: Das echte Passivhausfenster mit gedämmten Rahmen und Dreifach-Wärmeschutzglas mit „Warmer Kante“.

Vielen Dank für das Gespräch.

Glossar

Dreifachverglasung oder Dreifach-Wärmeschutzglas
 Um für Passivhäuser die erforderlichen niedrigen U-Werte zu erreichen, war zunächst der erste Schritt, die herkömmlichen Isolier-

gläser mit einer weiteren Scheibe zu versehen. Bei drei 4 mm dicken Gläsern und jeweils 16 mm Scheibenzwischenraum (SZR) erreichen dieser Gläser eine Dicke von 44 mm und ein recht hohes Gewicht, welches sich bei dickeren Sicherheitsgläsern noch erhöht.

Glaseinstand

Beim Passivhausfenster ist zur Minimierung der Wärmebrücken am Glasrand der Glaseinstand auf etwa 30 mm erhöht. Damit wird die kritischste Zone besser mit dem gedämmten Rahmenprofil überdämmt.

Gasfüllung

Um die Scheibenzwischenräume zu füllen, werden vornehmlich Edelgase wie Argon oder Krypton verwendet, deren Wärmeleitfähigkeit unterhalb der von Luft liegt: ($\lambda_{Ar} = 0,017 \text{ W/mK}$), $\lambda_{Kr} = 0,009 \text{ W/(mK)}$; Luft hat dagegen eine zwei bis dreifache Wärmeleitfähigkeit: $\lambda_{Luft} = 0,026 \text{ W/(mK)}$. Durch die Verwendung von Argon oder Krypton wird die Wärmeleitung zwischen den Gläsern vermindert. Das bessere Krypton ist aufgrund geringeren Vorkommens wesentlich teurer als Argon und kommt deshalb seltener zur Anwendung.

Low-E-Beschichtung

Die weitgehend farbneutrale und nahezu unsichtbare Beschichtung auf den Innenseiten der äußeren Scheiben verringert die Wärmeübertragung durch Wärmestrahlung zwischen den beiden Scheiben und trägt wesentlich zur Wärmedämmung der Verglasung bei.

Glasabstandhalter

Am Rand von Mehrfachgläsern werden die einzelnen Scheiben mit Abstandhal-

tern auf Distanz gehalten. In diesen Abstandshaltern selbst ist meist ein Trocknungsmittel enthalten, das die Trockenheit der Gasfüllung im Scheibenzwischenraum (SZR) sicherstellen soll. So wird das Beschlagen der Scheibe im SZR verhindert. Im Regelfall werden bei heutigen Standard-Zweifachverglasungen Aluminiumabstandhalter verwendet. Durch die gute Wärmeleitfähigkeit von Aluminium stellt diese Ausführung einen „thermischen Kurzschluss“ dar. Etwas besser, aber für Passivhäuser noch zu schlecht sind Abstandhalter aus Edelstahl. Deshalb wurden speziell für hochwärmegeämmte Fenster aus anderen Materialien Abstandhalter entwickelt. Dabei musste insbesondere die Dampfdiffusion in den SZR verhindert werden. Diese Produkte bewirken die im Fachjargon genannte „Warme Kante“.

Warme Kante

(englisch: „warm-edge“):

Auf dem Markt für thermisch optimierte Glasabstandhalter gibt es hauptsächlich zwei Lösungen: eine aus Glasfaser („Swisspacer“) oder aus Kunststoff mit einer eingebauten, hauchdünnen Edelstahlfolie als Dampfsperre („Thermix“).

Gedämmte

Fensterrahmenprofile

Im Vergleich zu einer Wand mit U-Werten unter 0,15 W/m²K ist das Fenster wesentlich schlechter. Damit gerade im Übergang die Wärmebrücken vermieden werden, muss beim Passivhaus der Rahmen selbst gedämmt sein. Bei Holzfenstern wird dabei zwischen die außenliegenden Schalen ein Dämmstoff eingebaut.

PVC-Hartbox

Abkürzung für die Außenschale aus Polyvinylchlorid PVC. Ungefähr die Hälfte aller Fenster werden in Deutschland aus Kunststoff hergestellt. Die Hohlkammern der Kunststoffenster können mit Dämmstoffen befüllt werden, um effizientere PVC-Fenster zu erreichen. In der Regel wird hierzu PU-Schaumkunststoff verwendet.

Polyurethan PU

In der geschäumten Form aufgrund seiner niedrigen Wärmeleitfähigkeit ($\lambda = 0,02$ bis $0,03$ W/mK) als Dämmstoff bestens geeignet. PU wird in den meisten gedämmten Fensterrahmen mit Profilen aus Holz, Holzaluminium oder Kunststoff für Passivhäuser eingesetzt. Alternativen hierzu aus Kork, Balsaholz oder anderen Dämmstoffen sind erheblich teurer.

EPDM-Dichtung

Abkürzung für eine Dichtung aus Ethylen-Propylen-Dien-Monomer; einem Kautschuk mit ausgezeichneter Beständigkeit gegen Alterung und Umwelteinflüsse.

Luftdichtigkeit

Dass Fenster luftdicht eingebaut werden müssen, hat nichts mit dem Passivhaus selbst zu tun, ist dort aber noch wichtiger. Um die hohen Anforderungen zu erfüllen, muss der Blendrahmen sauber an die luftdichte Ebene der Wände mit einem geeigneten Klebeband angeschlossen werden. Auch die Einstellung des Flügelrahmens muss so erfolgen, dass alle Dichtungen gut und dauerhaft dicht bei geschlossenem Fenster anliegen.



Fotos (2): Gerrit Horn



Passivhausfenster sorgen für geringe Wärmeverluste und hohe Wohnqualität

Passivhausdachflächenfenster
Derzeit ist kein Dachflächenfenster am Markt vom Passivhausinstitut Dr. Feist in Darmstadt als passivhaus-tauglich zertifiziert. Es gibt sehr gute Dachflächenfenster für Niedrigenergiehäuser. Ein Hersteller wirbt mit angeblicher Passivhaus-tauglichkeit, doch diese wurde vom Passivhausinstitut für den Fassadeneinbau berechnet. In der schräge sieht die Situation völlig anders aus, da die Abstrahlung gegen den Himmel zu beachten ist (Warum vereist beim Auto im Winter die schräggestellte Windschutzscheibe, und die Scheinwerfer nicht?).

Physikalische Fachbegriffe rund um das Fenster

λ -Wert

Die Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK] gibt den Wärmestrom (in Watt) an, der bei einer Temperaturdifferenz von 1 Kelvin (= 1 Grad Celsius) zwischen innen und außen durch eine bestimmte Materialdicke (in Meter) strömt. Je niedriger der Wert λ ist, desto weniger Wärme geht verloren.

U-Wert (früher k-Wert)

Der Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K] gibt an, welcher Wärmestrom (in Watt) pro Stunde durch ei-

nen Quadratmeter eines Bauteils von der Dicke d (in Meter) im stationären Zustand fließt. Wenn der Temperaturunterschied zwischen der Luft der beidseitig anschließenden Räume 1 Kelvin (= 1 Grad Celsius) beträgt. Je niedriger der Wert ist, desto weniger Wärme geht verloren. Die k -Werte können entweder gemäß Bundesanzeiger (Zusatz „BA“) oder gemäß DIN angegeben werden. Die U -Werte sind in der DIN EN 10077 definiert.

U_g -Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient U_g [W/m²K] für die Verglasung (englisch: „glass“).

U_f -Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient U_f [W/m²K] für den Fensterrahmen (englisch: „frame“) für Blend- und Flügelrahmen zusammen.

U_w -Wert

Für ein gesamtes Fenstersystem berechnet sich der Wärmedurchgangskoeffizient U_w [W/m²K] aus U_g und U_f unter Berücksichtigung von Wärmebrückenverlusten des Glasrandes, des Randverbundes und der Einbaufuge.

Ψ Rahmen (sprich „Psi“)

Der Wärmebrückenverlustkoeffizient Ψ Rahmen [W/

mK] gibt den Wärmestrom an, der bei einer Temperaturdifferenz von 1 Kelvin (= 1 Grad Celsius) zwischen innen und außen durch einen Meter des Verbundes zwischen Verglasung und Rahmen hindurchtritt. Dieser Wärmestrom ist als zusätzlicher Wärmeverlust zu den Verlusten durch die Regelbauteile zu sehen.

g-Wert [%]

Ein Maß für den Energiedurchlass einer Verglasung: Der prozentuale Wert ist als 0 % für eine geschlossene Wand und 100 % für ein geöffnetes Fenster definiert.

T_L -Wert [%]

Eine Angabe über die Lichtdurchlässigkeit im Bereich der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes (380 nm bis 780 nm). Der prozentuale Wert ist bezogen auf die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges (gemäß DIN 67507).

Verschattung

Zum Thema „Passivhausfenster“ gehört zwingend auch die Diskussion zur Verschattung ... und diese wird in der kommenden Ausgabe der BAUHANDWERK 6/2004 geführt.