



ifz info WA-06/2

April 2013



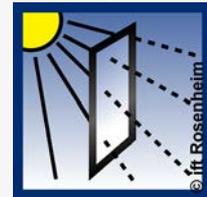
Das Institut für
Fenster und Fassaden,
Türen und Tore,
Glas und Baustoffe

Im Schwitzkasten

Sommerlicher Wärmeschutz

In the sweatbox

Heat insulation during the summer



Inhalt

■ 1 Sommerlicher Wärmeschutz?	1
■ 2 Einflussgrößen auf das Raumklima	1
■ 3 Solarstrahlung	1
■ 4 Gesamtenergiedurchlassgrad	3
■ 5 Möglichkeiten des Sonnenschutzes	3
■ 6 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	6
■ 7 Begriffe	7

Der Einsatz großer Verglasungen ist im Trend. Schlagworte wie „Transparentes Bauen“, „Lichtdurchflutete Räume“, „Sonnenenergie einfangen“ sind Begriffe, die in vielen Zeitschriften en vogue sind. Durch diesen Architekturtrend des „gläsernen Bauens“ steigt jedoch gleichzeitig die Gefahr der Überhitzung des Gebäudes. Wichtig ist es, sich schon im Vorfeld der Gebäudeplanung Gedanken zum Verhalten im Sommer zu machen.

Die Einflussgrößen auf das Raumklima, die Möglichkeit des Sonnenschutzes und vereinfachte Nachweisverfahren sind Inhalt dieses ifz infos.

Im Schwitzkasten

Sommerlicher Wärmeschutz

1 Sommerlicher Wärmeschutz?

Unter bauklimatischen Gesichtspunkten ist der Hauptzweck eines Gebäudes die Schaffung eines behaglichen Klimas für die Nutzer. Der sommerliche Wärmeschutz, d. h. im wesentlichen der Schutz vor Überhitzung, ist dabei eine Teilaufgabe, die allerdings nur im Zusammenhang mit allen anderen Einflüssen gesehen werden kann.

Nicht zuletzt durch die Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) wurde dem sommerlichen Wärmeschutz mehr Beachtung geschenkt. So fordert die EnEV den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes bei Gebäuden mit normalen Innentemperaturen.

Der Einsatz von hohen Verglasungsanteilen ist im Trend. Schlagworte wie „Transparentes Bauen“, „Lichtdurchflutete Räume“, „Sonnenenergie einfangen“ sind Begriffe, die in vielen Zeitschriften en vogue sind. Durch diesen Architekturtrend des „gläsernen Bauens“ steigt jedoch gleichzeitig die Gefahr der Überhitzung des Gebäudes. Wichtig ist es, sich schon im Vorfeld der Gebäudeplanung Gedanken zum Verhalten im Sommer zu machen.

2 Einflussgrößen auf das Raumklima

Ob ein Raum oder ein Gebäude im Sommer noch als behaglich empfunden wird, hängt nicht nur von der Temperatur der Raumluft ab sondern auch von:

- direkter Sonnenbestrahlung des Aufenthaltsbereichs
- der Luftfeuchte sowie der Luftgeschwindigkeit
- der Aktivität und Bekleidung der Bewohner.

Nicht zuletzt durch das persönliche Empfinden der betroffenen Personen ist eine allgemein gültige Definition von Behaglichkeit sehr schwierig. Für das Raumklima, das für einen hohen Anteil der Behaglichkeit verantwortlich ist, sind eine Menge von teilweise zeitabhängigen Faktoren zu beachten:

- Größe und Orientierung der transparenten Flächen
- Bewölkung, Sonnenstand
- Außentemperatur
- Interne Wärmelasten, z.B. durch Computer, Personen etc.
- Luftwechselrate
- Raumgröße
- Bauweise (leichte bzw. schwere Bauweise)
- Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasungen sowie Effektivität des Sonnenschutzes.

3 Solarstrahlung

An einem klaren, wolkenlosen Sommertag kann die auf eine horizontale Fläche einstrahlende Leistung Werte in der Größenordnung von 800 bis 1000 W/m² erreichen. Diese Gesamtleistung teilt sich auf die einzelnen Wellenlängenbereiche wie folgt auf:

- Ultraviolette Strahlung (300 bis 380 nm)
ca. 5 %
- Sichtbare Strahlung (380 bis 780 nm)
ca. 50 %
- Infrarotstrahlung (780 bis 2500 nm)
ca. 45 %.

Hieraus ist zu erkennen, dass auch der sichtbare Teil der Solarstrahlung einen Großteil der Energie

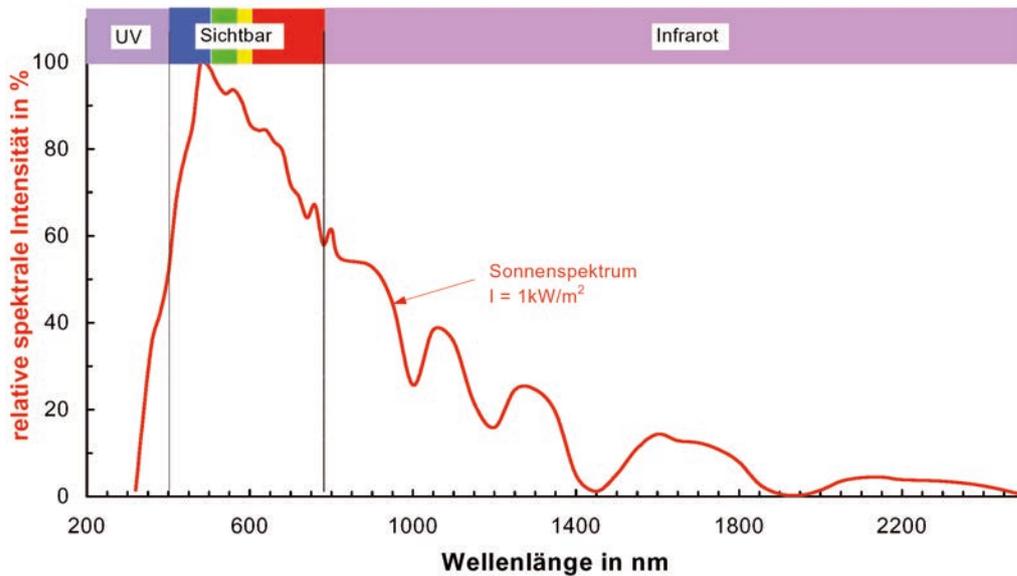


Bild 1 Spektraler Verlauf der Sonnenstrahlung

der Solarstrahlung beinhaltet. Dieser führt ebenfalls zur Aufheizung des Innenraumes und nicht nur wie, oft fälschlicherweise angenommen, der Teil der Infrarotstrahlung.

Die spektrale Verteilung der auf die Erdoberfläche einfallenden Solarstrahlung (auch Globalstrahlung genannt) ist im Bild 1 dargestellt.

Die auf ein transparentes Bauteil auftreffende Strahlung setzt sich zusammen aus direkter, diffuser und reflektierter Sonnenstrahlung. Die Summe dieser 3 Strahlungsarten bezeichnet man als Globalstrahlung. Während die direkte Strahlung sowohl richtungs- als auch zeitabhängig ist, liegt bei der diffusen und reflektierten Strahlung nur eine Zeitabhängigkeit vor.

In Bild 2 ist der zeitliche Verlauf der Globalstrahlungsintensität auf senkrechte Flächen für die Himmelsrichtungen Ost, Süd und West während der unter verschiedenen Jahreszeiten dargestellt. Bemerkenswert und wichtig ist dabei die Feststellung, dass im Sommer die Hauptstrahlungsbelastung nicht in Süd- sondern in Ost- und Westrichtung auftritt. In den Übergangszeiten sind die drei Himmelsrichtungen von annähernd gleichwertiger Bedeutung.

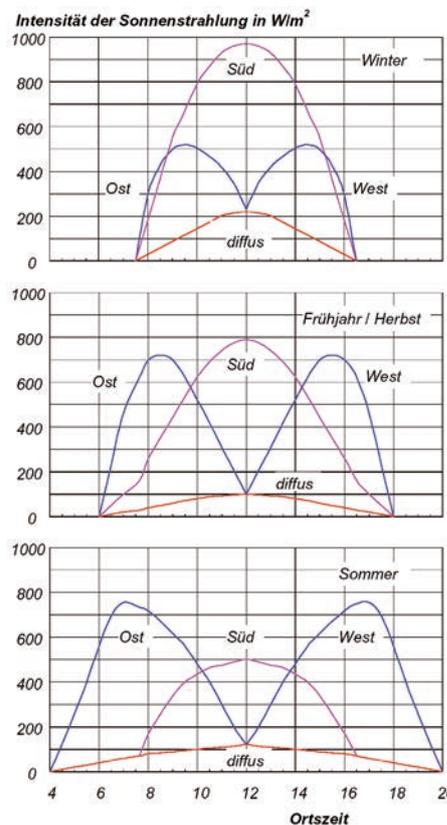


Bild 2 Exemplarischer zeitlicher Verlauf der Globalstrahlungsintensität auf senkrechte Fläche für die Himmelsrichtungen Ost, West und Süd.

4 Gesamtenergiedurchlassgrad

Die kennzeichnende Größe zur Beurteilung, wie viel Solarenergie durch ein transparentes Bauteil ins Innere gelangt, ist der Gesamtenergiedurchlassgrad oder der sogenannte g-Wert.

Der g-Wert gibt den Anteil der einfallenden Sonnenstrahlung an, der durch die Verglasung bzw. durch das System Verglasung und Sonnenschutz in das Rauminnere gelangt und damit zur Raumerwärmung beiträgt. Die Ermittlung des g-Wertes erfolgt nach DIN EN 410. Der g-Wert ergibt sich aus dem direkten solaren Transmissionsgrad τ_e und dem sekundären Wärmeabgabegrad q_i . Die Situation für eine typische Wärmeschutzverglasung zeigt Bild 3.

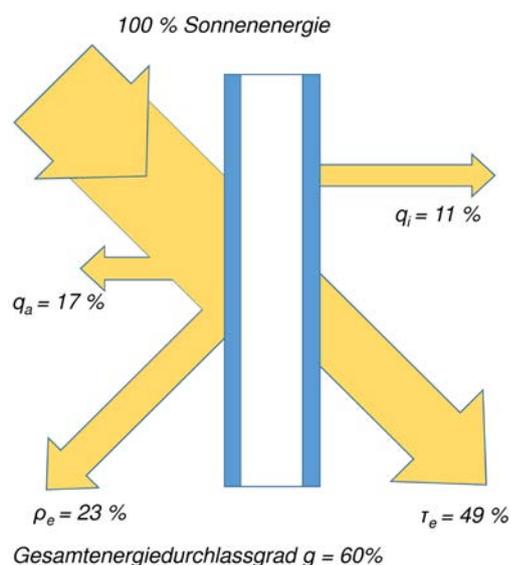


Bild 3 Situation einer Wärmeschutzverglasung

Hohe g-Werte lassen somit viel Sonnenenergie ins Rauminnere, niedrige g-Werte halten die Sonnenenergie draußen. Hat eine Verglasung wie im Beispiel einen g-Wert von 60 Prozent, bedeutet dies, dass 60 % der auf das Bauteil auftreffenden Solarenergie ins Rauminnere gelangen. An einem klaren wolkenlosen Tag kann die Einstrahlung der Sonne auf die Außenhülle ca. 800 W/m^2 betragen. Somit würden pro m^2 Glasfläche ca. 500 W ins

Rauminnere gelangen und zur Erwärmung des Raums beitragen. Bei einer Verglasung von 4 m^2 entspricht dies der Leistung eines Handlufftöhns. Im Winter ist dies gewünscht, im Sommer jedoch kann dieser Effekt zur Raumüberhitzung beitragen.

5 Möglichkeiten des Sonnenschutzes

Der Zweck von Sonnenschutzvorrichtungen muss es sein, auch unter sommerlichen Bedingungen ein angenehmes Raumklima zu gewährleisten.

Im Wesentlichen sollen Sonnenschutzvorrichtungen folgende Funktionen erfüllen:

- Reduktion der Strahlungslasten und damit Gewährleistung von behaglichen Raumlufttemperaturen
- Vermeidung direkter Einstrahlung
- Vermeidung eines ungleichmäßigen Strahlungsfeldes, wie es z. B. bei absorbierenden innenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen durch starkes Aufheizen derselben auftreten kann.

Neben diesen die Behaglichkeit und die energetischen Fragen betreffenden Funktionen soll gleichzeitig:

- eine ausreichende Tageslichtnutzung möglich sein
- ein Blendschutz insbesondere bei Bildschirmarbeitsplätzen gewährleistet werden (ggf. auch durch gesonderte Blendschutzvorrichtung)
- die Durchsicht von innen nach außen, d. h. der Kontakt zur Umgebung, nicht unterbrochen werden.

Die Anforderungsbereiche sind teilweise konträr, so dass die einzelnen Anforderungen nie ganz, sondern nur bedarfsweise erfüllt werden können.

Außenliegender Sonnenschutz

Diese Sonnenschutzvorrichtungen sollen die Sonnenstrahlung bereits vor dem Fenster „abfangen“, damit die Sonnenenergie gar nicht erst in das Gebäude gelangen kann.



Beispiele für außenliegende Systeme sind z. B.:

- Außenjalousien
- Markisen
- Bauliche Maßnahmen wie z.B. hoher Dachüberstand oder Balkone.

Außenliegende Systeme schützen wirkungsvoll. Auch beim Öffnen des Fensters bleibt der Schutz vor einer direkter Einstrahlung erhalten.

Raumseitiger Sonnenschutz

Der raumseitige Sonnenschutz ist vor Wind, Wetter und sonstigen äußeren Belastungen weitgehend geschützt. Die meist einfache Montage kann oft selbst vorgenommen werden. Zu beachten ist jedoch, dass ein raumseitiger Sonnenschutz in der Regel eine geringere Effektivität vor Überhitzung aufweist, da die Sonnenenergie bereits im Raum ist und von dort wieder nach außen reflektiert werden muss. Beispiele für raumseitige Systeme sind:

- Innenjalousien
- Falstores
- Vertikaljalousien
- Rollos aus Stoff oder bedampfter Folie

Integrierter Sonnenschutz

Unter integrierten Sonnenschutzvorrichtungen versteht man Systeme, die im Fenster oder im Isolierglas angebracht sind. Die Bedienung erfolgt in der Regel von der Rauminnenseite. Ein nachträglicher Einbau ist nur bei Fenstern möglich, deren Bauart dies zulässt.

Integrierte Sonnenschutzsysteme können der Effektivität von außenliegendem Sonnenschutz sehr nahe kommen. Der Schutz vor Sonnenstrahlung ist höher als bei vergleichbaren raumseitig angeordneten Systemen.

Sonnenschutzverglasungen

Moderne Sonnenschutzverglasungen werden heutzutage überwiegend als Isolierverglasungen

ausgebildet. Es gibt keine allgemeingültige Definition, was ein Sonnenschutzglas ist, jedoch ist festzustellen, dass der Großteil der am Markt erhältlichen Sonnenschutzverglasungen einen Gesamtenergiedurchlassgrad von 0,20 bis 0,40 besitzen. Neben diesem g-Wert ist eine wichtige Kenngröße einer Sonnenschutzverglasung auch die sogenannte Selektivität (siehe Kapitel 7). Eine hohe Selektivität bedeutet, dass viel Licht, aber möglichst wenig Infrarotstrahlung in den Raum gelassen wird. Neben dem Sonnenschutz ermöglicht die Verwendung von Sonnenschutzgläsern die farbliche Gestaltung der Fassaden durch verschiedene Beschichtungssysteme.

Das Zusammenwirken von Sonnenschutz und Verglasung kann nicht durch ein einfaches Verfahren vollständig beschrieben werden, da eine Vielzahl von Parametern die Wirksamkeit beeinflussen. Speziell bei vom Nutzer veränderbaren Systemen wie Jalousiesystemen hängt die Effektivität stark von der „richtigen Bedienung“ des Nutzers ab. Ein einfaches und praxisnahes Verfahren wird in DIN EN 13363-1 angegeben.

Ein einfaches Bewertungsverfahren muss grobe Vereinfachungen und sichere Annahmen treffen. Die in DIN 4108-2 angegebenen Abminderungsfaktoren F_C erfüllen diese Bedingungen. Zur Berechnung des totalen Gesamtenergiedurchlassgrades der Verglasung in Verbindung mit dem Sonnenschutz wird der g-Wert der Verglasung mit dem Abminderungsfaktor F_C multipliziert:

$$g_{\text{total}} = F_C \cdot g$$

In nachfolgender Tabelle sind Anhaltswerte für den Abminderungsfaktor F_C entsprechend DIN 4108-2 wiedergegeben.

Tabelle 1 Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren F_c von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen in Abhängigkeit von der Glasart, Auszug aus DIN 4108-2

Sonnenschutzvorrichtung	F_c		
	$g \leq 0,40$ (Sonnenschutzglas) zweifach	$g > 0,40$	
		dreifach	zweifach
ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,00	1,00	1,00
Innenliegend oder zwischen den Scheiben			
weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz	0,65	0,70	0,65
helle Farben oder geringe Transparenz	0,75	0,80	0,75
dunkle Farben oder höhere Transparenz	0,90	0,90	0,85
Außenliegend			
Fensterläden, Rollläden			
Fensterläden, Rollläden, $\frac{3}{4}$ geschlossen	0,35	0,30	0,30
Fensterläden, Rollläden, geschlossen	0,15	0,10	0,10
Jalousie und Raffstore; drehbare Lamellen			
Jalousie und Raffstore; drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung	0,30	0,25	0,25
Jalousie und Raffstore; drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung	0,20	0,15	0,15
Markisen, parallel zur Verglasung	0,30	0,25	0,25
Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen	0,55	0,50	0,50

6 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

Die genaueste Methode, das sommerliche Verhalten eines Raumes oder eines Gebäudes zu beschreiben, ist das Gebäude mit Hilfe eines Gebäude- oder Raumsimulationsprogrammes rechnerisch zu „simulieren“. Die Erfassung der Eingangsdaten und die Modellierung bilden einen erheblichen Aufwand, so dass solche Berechnungen in der Regel nur bei größeren klimatisierten Gebäuden durchgeführt werden. Für die Mehrzahl von Gebäuden ist es daher notwendig, dass sommerliche Verhalten mit einem einfachen Verfahren zu beschreiben. Dieses vereinfachte Verfahren des Nachweises des sommerlichen

Wärmeschutzes erfolgt nach DIN 4108-2. Das Verfahren begrenzt den sog. Sonneneintragskennwert, mit dessen Einhaltung die zumutbaren Raumtemperaturen nur selten überschritten werden sollen. Die exakte Darstellung dieses Verfahrens würde dieses ifz info sprengen; nähere Informationen können der Norm DIN 4108-2 oder dem VFF Merkblatt ES.04 entnommen werden. Auch die EnEV verweist bezüglich des Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes auf DIN 4108-2.



7 Begriffe

Im Zusammenhang mit Verglasungen und Sonnenschutz werden folgende Fachbegriffe benutzt.

Der **Strahlungstransmissionsgrad** τ_e ist der Anteil der Solarstrahlung, der direkt durch die Verglasung bzw. dem Sonnenschutzsystem transmittiert, sprich hindurchgelassen wird.

Der **Strahlungsreflexionsgrad** ρ_e ist der Anteil der Solarstrahlung, der direkt von der Verglasung bzw. dem Sonnenschutzsystem nach außen reflektiert, sprich zurückgeworfen wird.

Der **Strahlungsabsorptionsgrad** α_e ist der Anteil der Solarstrahlung, der von der Verglasung bzw. dem Sonnenschutzsystem absorbiert, sprich aufgenommen wird (Erwärmung der Scheibe).

Es gilt: $\tau_e + \rho_e + \alpha_e = 1$.

Der **Sekundäre Wärmeabgabegrad nach innen** q_i ist der Anteil der in der Verglasung bzw. dem Sonnenschutzsystem absorbierten Energie, der über die Wärmetransportmechanismen Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Konvektion in den Innenraum fließt und somit als Heizenergie oder Erwärmung im Innenraum wirkt.

Der **Gesamtenergiedurchlassgrad g bzw. g_{total}** gibt den Anteil der einfallenden Solarstrahlung an, der durch die Verglasung bzw. das System „Verglasung mit Sonnenschutz“, in das Rauminnere gelangt.

Es gilt: $g = \tau_e + q_i$.

Der **Lichttransmissionsgrad** τ ist der Anteil der Solarstrahlung im sichtbaren Bereich, gewichtet mit dem spektralen Helligkeitsempfinden des menschlichen Auges $S(\lambda)$, der durch die Verglasung bzw. das Sonnenschutzsystem transmittiert wird, sprich nach innen gelangt.

Der **Lichtreflexionsgrad** ρ ist der Anteil der Solarstrahlung im sichtbaren Bereich, gewichtet mit dem spektralen Helligkeitsempfinden des

menschlichen Auges $S(\lambda)$, der nach außen reflektiert, sprich zurückgeworfen wird.

Der **b-Faktor** (bzw. shading coefficient) nach VDI-Richtlinie 2078 ist der g-Wert der Verglasung, bezogen auf den Gesamtenergiedurchlassgrad eines Zweifach-Isolierglases. Es gilt: $b = g/0,80$. (Achtung: Früher wurde der b-Wert auf eine Einfachverglasung bezogen; es galt $b = g/0,87$).

Der **Abminderungsfaktor** F_c ist der Wert für die Reduzierung des g-Wertes einer Verglasung durch den Sonnenschutz. Der F_c -Wert ist keine unabhängige Eigenschaft des Sonnenschutzes, sondern immer nur für eine konkrete Verglasung gültig. Die Anhaltswerte der DIN 4108-2 liegen für die angegebenen Verglasungen im allgemeinen auf der sicheren Seite.

Es gilt: $F_c = g_{\text{total}} / g$.

Die **Selektivität** S ist das Verhältnis von Lichttransmissionsgrad zu Gesamtenergiedurchlassgrad.

Es gilt: $S = \tau / g$.

Die physikalisch technische Grenze liegt bei einer Selektivität von $S \approx 2$.

Literatur

- [1] DIN EN 4108-2 : 2013-01
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden -
Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [2] DIN EN 13363-1 : 2007-09
Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Vergla-
sungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Licht-
transmissionsgrades - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren.
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [3] VFF Merkblatt ES.04 : 2013-01
Sommerlicher Wärmeschutz
Hrsg.: Verband der Fenster- u. Fassadenhersteller e.V.,
Frankfurt
www.window.de
- [4] Sonnenschutz im Büro
Hilfen für die Auswahl von geeigneten Blend- und Wär-
meschutzvorrichtungen an Bildschirm- und Büroarbeits-
plätzen SP 2.5 (BGI 827)
Verwaltungs-Berufsgenossenschaft
www.vbg.de
- [5] VDI 2078: 1996-07
Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude
Berlin: Beuth Verlag GmbH
www.beuth.de
- [6] ifz info WA-11/1
Sonnenschutzeinrichtungen in der Praxis – Das Zusam-
menspiel verschiedener Faktoren
Rosenheim: Informationszentrum Fenster und
Fassaden, Türen und Tore, Glas und Baustoffe e.V.
www.ifz-rosenheim.de

Impressum

Herausgeber:

Informationszentrum
Fenster und Fassaden, Türen und Tore,
Glas und Baustoffe e.V.
(**ifz** Rosenheim)
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim
Telefon 0 80 31/261-0
Telefax 0 80 31/261-290
E-Mail: info@ifz-rosenheim.de
www.ifz-rosenheim.de

Autor: Dipl.-Phys. Norbert Sack
Überarbeitet: Dipl.-Ing. (FH) Michael Freinberger,
ift Rosenheim

Hinweise:

Grundlage dieses ifz infos sind in der Hauptsache Arbeiten und Erkenntnisse des **ifz** sowie des Instituts für Fenstertechnik e.V., Rosenheim (**ift** Rosenheim).

ifz Mitglieder erhalten Nutzungs- und Vervielfältigungsrechte an diesem ifz info (Veröffentlichung auf Website, Vorträgen, Werbeschriften etc.). Ansonsten ist es ohne ausdrückliche Genehmigung des **ifz** Rosenheim nicht gestattet, die Ausarbeitung oder Teile hieraus nachzudrucken oder zu vervielfältigen. Irgendwelche Ansprüche können aus der Veröffentlichung nicht abgeleitet werden.

Schutzgebühr 10,00 €

© **ifz** Rosenheim, 1998
Neuaufgabe: 2013



**Informationszentrum Fenster und Fassaden,
Türen und Tore, Glas und Baustoffe e.V.**

ifz Rosenheim
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim

Telefon 0 80 31/261-0
Telefax 0 80 31/261-290
E-Mail: info@ifz-rosenheim.de
www.ifz-rosenheim.de