

Keine Alternative zum außenliegenden Sonnenschutz

Ralf Simon, Hans Albrecht Kohlmann

Das Institut für Fenstertechnik (i.f.t.) in Rosenheim hat u. a. in Zusammenarbeit mit der Firma Warema, Komplettanbieter von Sonnenschutztechnik, die Wirkungsweise unterschiedlicher Sonnenschutzsysteme untersucht. Das Ergebnis: Ein außenliegendes Schutzsystem vermindert den „Treibhauseffekt“ deutlich und schützt so weitaus wirksamer gegen die Sonneneinstrahlung als ein innenliegender Schutz

Der Trend, energieeffizienter zu bauen, hält nach wie vor an. Da Sonnenschutzanlagen hierzu einen nicht unerheblichen Anteil leisten, ist es notwendig, die Wirkungsweise zu verstehen. Auf diese Unterschiede in der Wirkungsweise verschiedener Sonnenschutzarten wurde in der Vergangenheit schon mehrfach eingegangen. Die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse in Hinblick auf sommerlichen Wärmeschutz sollen hier dargestellt werden.

Das Glas ist entscheidend

Die Tatsache, daß ein außenliegender Sonnenschutz einem innenliegenden in bezug auf den Energieeintrag und somit auf die Höhe der Raumtemperatur überlegen ist, gilt als lang be-

kannt und unumstritten. Ebenso die Tatsache, daß der „Treibhauseffekt“ an dieser Wirkungsweise schuld ist. Da es zudem unstrittig ist, daß dieser „Treibhauseffekt“ durch die Verglasung und nicht durch den Sonnenschutz verursacht wird, liegt es auf der Hand, daß die Stärke dieses Effektes von der Verglasungsart abhängt. Somit steht auch die Wirkungsweise des Sonnenschutzes in direktem Zusammenhang mit der Verglasungsart, mit der der Sonnenschutz kombiniert ist. Insbesondere gilt dies für Sonnenschutz, der innen oder zwischen den Scheiben montiert ist.

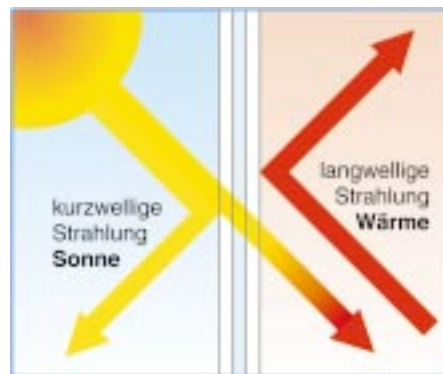


Bild 1: Treibhauseffekt

Die Meinung, daß Glas die Wärmestrahlen nicht durchläßt und deshalb den Treibhauseffekt verursacht, stimmt nur teilweise. Der nicht sichtbare Anteil aus dem gesamten Spektrum der Sonnenstrahlen (Wellenlängen ca. 800 nm–2500 nm) beträgt ca. 50 %. Man nennt diese Strahlen auch nahes Infrarot. Für diese Strahlen ist normales Fensterglas relativ gut durchlässig. Haben die Strahlen das Fenster erst einmal passiert, werden sie von im Raum befindlichen Oberflächen absorbiert und dann umge-

Dipl.-Ing. Ralf Simon ist Leiter Vorentwicklung/Wertanalyse sowie Leiter Entwicklungswerkstatt bei der Warema Renkhoff GmbH, Markt-Heidenfeld.

Dipl.-Ing. Hans Albrecht Kohlmann ist Leiter Konstruktion und Entwicklung bei demselben Unternehmen.

wandelt in Form von Wärmestrahlung (fernes Infrarot in einem Wellenlängenbereich von 5000 nm bis 50 000 nm) wieder abgegeben. Für diese langwelligeren Strahlen ist Glas aber nahezu undurchlässig, die Strahlen werden entweder in der Verglasung absorbiert oder in das Rauminnere reflektiert. Sie können jedenfalls nicht ungehindert ins Freie zurück. Diesen Effekt nennt man „Wärmefalle“ oder „Treibhauseffekt“.

Wenn man in diese Betrachtungen einen Sonnenschutz mit einbezieht, dann ist es wichtig zu wissen, an welcher Position der Sonnenschutz montiert ist. Ist der Sonnenschutz vor der Verglasung (außenliegender Sonnenschutz) montiert, so treffen die Sonnenstrahlen zunächst auf diesen Sonnenschutz, werden zum Teil absorbiert (der Rest wird entweder durchgelassen oder reflektiert) und heizen diesen somit auf. Die langwelligeren Infrarotstrahlen, die der Sonnenschutz dann abgibt, entstehen vor der Verglasung und können diese nicht passieren.

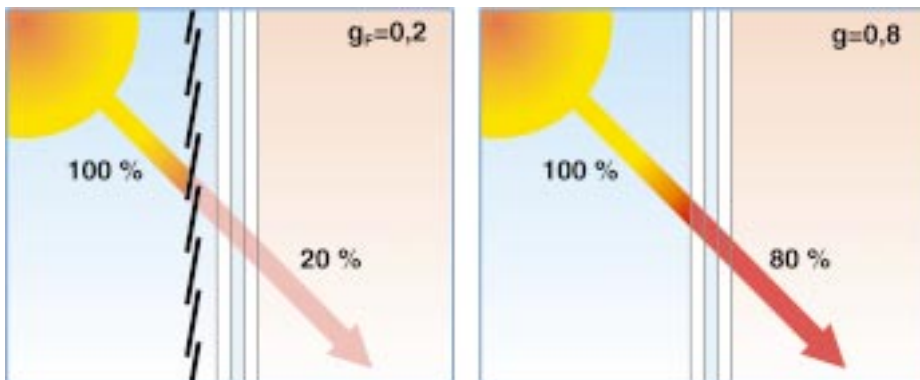
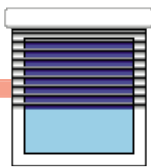


Bild 2: Wirksamkeit außenliegender Sonnenschutz mit g_F = Gesamtenergiedurchlaßgrad Verglasung und Sonnenschutz mit g = Gesamtenergiedurchlaßgrad Verglasung

Wärmestrahlen entstehen innen

Liegt der Sonnenschutz innen, dann verhält er sich prinzipiell genauso wie ein außenliegender, nur mit dem Unterschied, daß die Wärmestrahlen hinter der Verglasung entstehen und diese somit nicht nach außen passieren können. Dieser physikalische Effekt läßt sich nicht umgehen.

Aufgrund dieses Effektes kann man für außenliegenden Sonnenschutz in erster Näherung sagen: Je kleiner die Strahlungstransmission, desto wirksamer ist der Sonnenschutz. Die Reflexion und Absorption sind von untergeordneter Bedeutung.

Für innenliegenden Sonnenschutz gilt: Je höher die Strahlungsreflexion, desto besser die Wirkungsweise. Denn ob die Sonnenstrahlen im Sonnenschutz absorbiert werden oder transmittiert und anschließend von anderen Oberflächen absorbiert werden, ist von untergeordneter Bedeutung. Es entsteht in beiden Fällen Wärme, die den Raum aufheizt.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß es verschiedene Reflexions-, Transmissions- und Absorptionsgrade gibt, die man leicht verwechseln kann. Möchte man zum Beispiel wissen, wieviel Licht ein Material durchläßt, benötigt man den Lichttransmissionsgrad¹ τ . Möchte man jedoch eine Aussage über die Qualität des Sonnenschutzes in bezug auf seine Wirkung als „Sonnenschutz“

treffen, muß man sich auf das Sonnenspektrum beziehen und benötigt den Strahlungstransmissionsgrad² τ_e . Der Lichtreflexionsgrad ρ und der Lichttransmissionsgrad τ sind hier ungeeignet, da bei Verwenden dieser Werte über 50 % der Sonnenenergie (UV und Infrarot) unberücksichtigt bleiben.

Findet man von Herstellern Angaben ohne Indizes (also: τ oder D oder T für Transmission, ρ oder R für Reflexion, α oder A für Absorption) oder nur die Worte Transmission, Reflexion und Absorption, beziehen sich diese Angaben auf Lichtwerte und dürfen nicht zur Beurteilung des Energieeintrages herangezogen werden, da diese Werte zum Teil erheblich von den Strahlungswerten abweichen.

Wärmeschutz im Hochbau

Diese prinzipielle Wirkungsweise von Sonnenschutz hat natürlich auch Eingang in die deutsche Normung gefunden. Die Norm, die auf die Wirkungsweise des Sonnenschutzes in Verbindung mit Verglasungen eingeht, ist die DIN 4108 Teil 2: „Wärmeschutz im Hochbau“. Historisch gesehen war bei Erscheinen der Norm 1960 das Thema sommerlicher Wärmeschutz oder Sonnenschutz noch uninteressant. Auch bei der Überarbeitung 1969 war der Sonnenschutz noch unerwähnt, da zu dieser Zeit noch niemand an große Fensterflächen oder gar an Ganzglasfassaden gedacht hat und somit das Problem der sommerlichen Überhitzung noch nicht akut war. Bei der erneuten Überarbeitung im Jahre 1981 wurde dann der sommerliche Wärmeschutz als Empfehlung in die DIN eingearbeitet. Diese Ausgabe ist bis heute gültig, soll jedoch noch in 1999 überarbeitet werden.

In dieser DIN wurde ein Faktor definiert, der die Wirksamkeit eines Sonnenschutzes beschreibt. Dieser Faktor wurde z-Wert oder Abminderungsfaktor genannt.

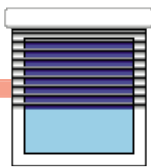
Bild 2 zeigt beispielhaft die Wirkungsweise einer Verglasung mit und ohne Sonnenschutz. Der Quotient beider Systeme ist definiert als z-Wert oder Abminderungsfaktor des Sonnenschutzes alleine:

$$z = g_F / g = 0,20 / 0,80 = 0,25$$

SONNENSCHUTZVORRICHTUNG	z
fehlende Sonnenschutzvorrichtung	1,0
innenliegend und zwischen den Scheiben liegend Gewebe bzw. Folien ²⁾ Jalousien	0,4 bis 0,7 0,5
außenliegend Jalousien, drehbare Lamellen, hinterlüftet Jalousien, Rolläden, Fensterläden, feststehende oder drehbare Lamellen Vordächer, Loggien Markisen, oben und seitlich ventiliert Markisen, allgemein	0,25 0,3 0,3 0,4 0,5

¹⁾ Die Sonnenschutzvorrichtung muß fest installiert sein (z. B. Lamellenstores). Übliche dekorative Vorhänge gelten nicht als Sonnenschutzvorrichtung.
²⁾ Die Abminderungsfaktoren z können aufgrund der Gewebestruktur, der Farbe und der Reflexionseigenschaften sehr unterschiedlich sein. Im Einzelfall ist der Nachweis in Anlehnung an DIN 67 507 zu führen. Ohne Nachweis darf nur der ungünstigere Grenzwert angewendet werden.

Tabelle 1: Abminderungsfaktoren z von Sonnenschutzvorrichtungen z in Verbindung mit Verglasungen – Auszug aus DIN 4108 Teil 2, Stand 1981



Der sich aus Glas und Sonnenschutz einstellende Gesamtergiedurchlaßgrad wird als g_F (oder g_{tot}) bezeichnet. Je kleiner also beide Werte (z und g) sind, desto weniger Sonnenenergie durchdringt das System, desto geringer ist die Raumtemperatur oder die Kühllast, um diese konstant zu halten.

In der DIN 4108 Teil 2 (Stand 1981) findet man auch die nachstehend wiedergegebene Tabelle 1.

Die in der Tabelle 1 angegebenen Werte sind sehr allgemein gehalten und hatten zum Zeitpunkt des Erscheinens der DIN-Norm sicherlich ihre Gültigkeit. Doch es gilt zu bedenken, daß diese Tabelle für Sonnenschutz kombiniert mit Einfach- bzw. Doppelverglasungen aufgestellt wurde. Diese Verglasungen sind aber in der Zwischenzeit fast vom Markt verschwunden, da sie seit der Wärmeschutzverordnung 1995 praktisch nicht mehr eingesetzt werden können. Die heute marktüblichen Sonnenschutz- bzw. Wärmeschutzgläser bedingen andere Abminderungsfaktoren.

Weiterentwicklung des Glases beeinflusst Sonnenschutz-Produkte

Am Anfang wurde erläutert, daß der Treibhauseffekt vom Glas herrührt. Somit leuchtet es ein, daß die Stärke des Treibhauseffektes und ebenfalls die Wirksamkeit des Sonnenschutzes vom Glas abhängt. Da die Produkte Verglasung und Sonnenschutz in diesem Zusammenhang immer nur als Kombination gesehen werden dürfen, hat kurioserweise die Weiterentwicklung der Verglasungen die technischen Werte (z -Werte) der Sonnenschutzprodukte stark verändert, ohne daß diese selbst verändert wurden.

Vereinfacht läßt sich dieser Effekt folgendermaßen erklären: Der Sonnenschutz absorbiert einen Teil der Sonnenenergie und erwärmt sich. Wieviel im Rauminneren davon ankommt, hängt von der Verglasung ab. Entsteht die Wärme vor der Verglasung (außenliegender Sonnenschutz),

hoch liegen und für innenliegenden deutlich zu tief, da hier der Einfluß der Verglasung größer ist.

Untermauern läßt sich diese Aussage durch eine wissenschaftliche Untersuchung, durchgeführt am i.f.t. Rosenheim, unterstützt von elf Industrieunternehmen und öffentlich gefördert

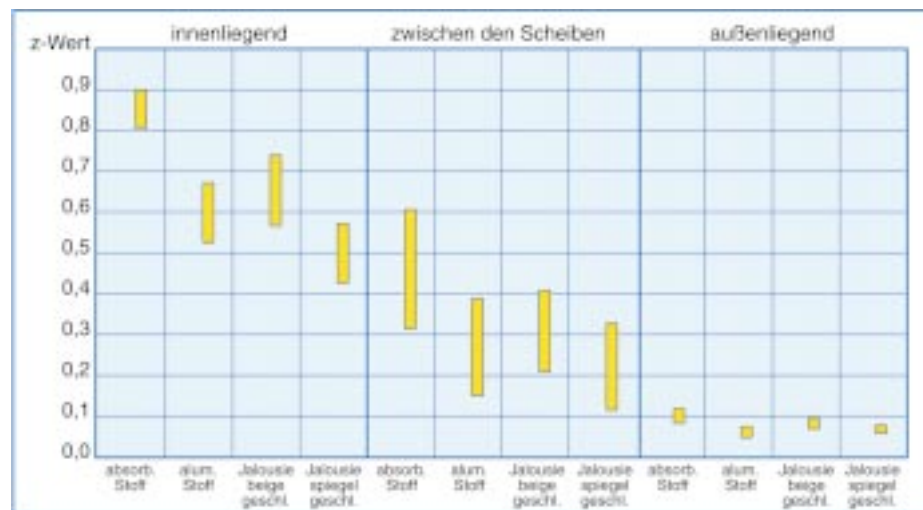


Bild 3: Bandbreiten der z -Werte in Abhängigkeit vom Verglasungsaufbau

so kommt weniger an, je besser die Verglasung ist: k - und g -Wert-Glas \Downarrow bedeutet z -Wert \Downarrow .

Entsteht die Wärme innen (innenliegender Sonnenschutz), so kann um so weniger wieder durch die Verglasung nach außen, je besser diese Verglasung ist. Die Wärme bleibt somit im Raum: k - und g -Wert-Glas \Downarrow bedeutet z -Wert \Uparrow . Bei innenliegendem Sonnenschutz ist die Abhängigkeit von der Verglasung viel größer als bei außenliegendem.

Der „spreizende“ Effekt

Was sich zeigt ist, daß besser werdende Verglasungen (sinkende k - und g -Werte) auf die Wirksamkeit von Sonnenschutz einen „spreizenden“ Effekt haben. Außenliegender Sonnenschutz wird besser (z -Wert sinkt), innenliegender wird schlechter (z -Wert steigt). Unter der Annahme, daß die z -Wert-Tabelle in der DIN 4108 Teil 2 zum Erscheinungszeitpunkt korrekte Werte beinhaltete, kann man unter Zugrundelegung moderner Verglasungen sagen, daß die Angaben für außenliegenden Sonnenschutz tendenziell zu

vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie. Diese Untersuchung mit dem Titel: „Vergleichende Untersuchungen zum Gesamtergiedurchlaßgrad von Einfach- und Verbundfenstern mit integrierten Sonnenschutzvorrichtungen“ wurde im Juni 1998 abgeschlossen.

Folgende Ziele wurden mit diesem Projekt verfolgt und auch erreicht: Auswirkungen der Lage von Sonnenschutzsystemen (außen/zwischen den Scheiben/innen) auf die Wirkungsweise der Sonnenschutzsysteme und Einfluß der Verglasung auf die Wirkungsweise des Sonnenschutzsystems.

Die Tabellen 2, 3 und 4 zeigen die gemessenen und berechneten Produkte und Kombinationen.

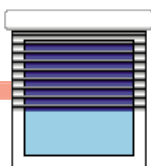


Tabelle 2: Gemessene Sonnenschutzsysteme

Sonnenschutz	τ_e	ρ_e
spiegelnde Jalousie geschlossen	0,04	0,81
Rollo mit aluminisiertem Stoff	0,03	0,66
beige Jalousie geschlossen	0,05	0,55
Rollo mit absorbierendem Gewebe	0,05	0,09

τ_e : direkter Strahlungstransmissionsgrad
 ρ_e : direkter Strahlungsreflexionsgrad nach DIN 67 507

Tabelle 3: In Kombination mit den aufgeführten Verglasungen

Verglasungsaufbau	g^*	k_v (W/m ² K)**
Doppelverglasung	0,61	1,4
Verbundfenster	0,53	1,1
Verbundfenster	0,50	0,9
Verbundfenster	0,46	0,7
Verbundfenster	0,40	0,6

* Bestimmung nach DIN 67 507
 ** Bestimmung nach prEN 673

Tabelle 4: Gemessener Sonnenschutz im Isolierglas

Sonnenschutz + Glas	τ_e	ρ_e
Jalousie im Isolierglas geschlossen Doppelverglasung, $k_v = 1,8$ W/m ² K; $g = 0,69$	0,03	0,56
Rollo im Isolierglas Doppelverglasung, $k_v = 1,8$ W/m ² K; $g = 0,69$	0,03	0,67

Um die Wirkungsweise der Sonnenschutzsysteme zu erklären, wurden jeweils identische Systeme innen, außen sowie in Verbundfenstern montiert und der Energieeintrag in den Raum gemessen. Daraus wurde g_F und z bestimmt (nach DIN 67 507).

Das in Bild 3 wiedergegebene Diagramm zeigt die Abhängigkeit der z -Werte vom Verglasungsaufbau. Dieses Diagramm verdeutlicht, daß ein und derselbe Sonnenschutz kombiniert mit verschiedenen Verglasungen stark unterschiedliche z -Werte besitzt. An der Länge der Balken kann man erkennen, daß der Einfluß der Verglasungseigenschaften bei innenliegendem

und zwischenliegendem Sonnenschutz deutlich größer ist als bei außenliegendem. Ein weiteres Beispiel in Tabellenform soll dies noch einmal unterstreichen (Tabelle 5).

Man sieht also, daß die Angabe eines Sonnenschutzwertes, egal ob dieser z -Wert, b -Faktor oder shading

coefficient genannt wird, ohne die gleichzeitige Angabe des kombinierten Glases nicht möglich ist, da diese Werte zum Teil erheblich schwanken können, verursacht durch die zugrunde gelegte Verglasung. Dies gilt insbesondere für innenliegenden und zwischen den Scheiben liegenden Sonnenschutz.

Die Angabe der Schwankung dieser z -Werte darf nicht als Obergrenze angesehen werden, da bei den Untersuchungen z. B. keine Sonnenschutzverglasungen berücksichtigt wurden, welche die z -Werte noch stärker beeinflussen könnten.

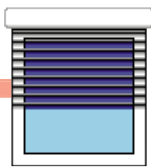
Der Einfluß der Lage des Sonnenschutzes auf seine Wirkungsweise läßt sich beschreiben, wenn man aus dem Diagramm in Bild 3 die z -Werte verdichtet und nur noch die durchschnittlichen z -Werte aufträgt (Diagramm in Bild 4). Hier sind auch die beiden Systeme (Rollo und Jalousie – als Punkt gekennzeichnet –) im Isolierglas mit betrachtet.

Hier läßt sich erkennen, daß ein und derselbe Sonnenschutz außen montiert, zwischen sieben bis zehn mal kleinere z -Werte hat als innen montiert. Der zwischen den Scheiben montierte Sonnenschutz ist immerhin noch drei bis vier mal wirksamer als innenliegender. Das Beispiel in Tabelle 6 soll dies noch einmal unterstreichen.

Auch ein hochreflektives Folienrollo (ρ_e nach DIN 67 507: 0,67; τ_e nach DIN 67 507: 0,03) kann die guten z -Werte des außenliegenden Sonnenschutzes nicht erreichen, obwohl es im Isolierglas montiert war und nicht

Sonnenschutz	Bester z -Wert bei den gemessenen Verglasungen	Schlechtester z -Wert bei den gemessenen Verglasungen	Schwankung des z -wertes
50er Jalousie beige, geschlossen, innen	0,56	0,73	0,17
50er Jalousie beige geschlossen, zwischen den Scheiben	0,21	0,41	0,20
50er Jalousie beige geschlossen, außen	0,08	0,09	0,01

Tabelle 5: Abhängigkeit der z -Werte vom Verglasungsaufbau



Sonnenschutz	Durchschnittlicher z-Wert bei den gemessenen Verglasungen	ausgedrückt in %; außen = 100 %
50er Jalousie beige geschlossen, innen	0,63	813 %
50er Jalousie beige geschlossen, zwischen den Scheiben	0,30	275 %
50er Jalousie beige geschlossen, außen	0,08	100 %

Tabelle 6: Abhängigkeit der z-Werte von der Anbringung

innen, wo es natürlich höhere z-Werte hätte. Aus den sich ergebenden absoluten Werten kann man weiterhin erkennen, daß die pauschale Angabe von z-Werten in der DIN 4108 Teil 2 gerade für innenliegenden Sonnenschutz ($z = 0,4-0,7$) so nicht haltbar ist und die Anwendung dieser Werte ohne genauere Kenntnis des Gesamtsystems Verglasung und Sonnenschutz nicht möglich ist.

Wenn man zum Beispiel eine Sonnenschutzverglasung einplant, einbaut und dann erst feststellt, daß es zu warm im Raum wird, wird in den meisten Fällen versucht, mit innenliegendem Sonnenschutz auszuweichen, da außenliegender aus architektonischen Gründen meistens nicht mehr eingesetzt werden kann. Unter Bezug auf die gültige DIN 4108 kann man auch glauben, daß dies funktioniert (z. B. Annahme: Man montiert eine Jalousie, z-Wert: 0,5; nach DIN 4108). Obige Darstellung sollte allerdings belegen, daß es dann in den meisten Fällen zu spät ist, da der innenliegende Sonnenschutz (außer verspiegelten Systemen) keine signifikante Besserung mehr bringt. Da z-Werte keine Werte des reinen Sonnenschutzes sind, son-

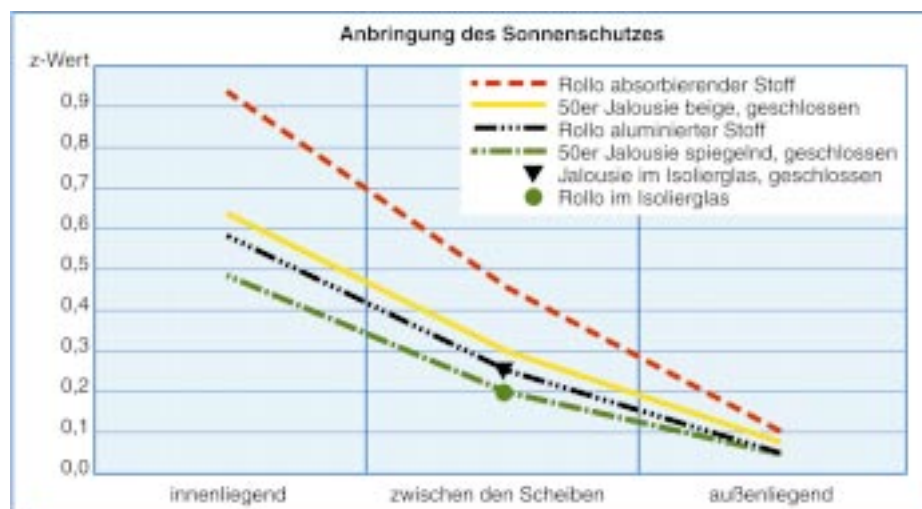


Bild 4: Durchschnittlicher z-Wert der Kombination des Sonnenschutzes in Abhängigkeit der Anbringung
Bilder: Warema

dern immer nur in Kombination mit der Verglasung gesehen werden dürfen, ist eine Angabe des z-Wertes ohne Glas nicht möglich. Man sollte besser gleich dazu übergehen, nur noch g_F -Werte anzugeben. Fazit: Innenliegender Sonnenschutz ist mehr ein Blendschutz.

Diese Beschreibung zeigt, wie wichtig eine rechtzeitige und vor allem richtige Planung des Sonnenschutzes ist. Ohne Kenntnis des genauen Aufbaus der Systeme sollte man in Zukunft dazu übergehen, den innenliegenden Sonnenschutz eher als Blendschutz zu bezeichnen, da seine Wirkungsweise als Sonnenschutz eigentlich nur in Ausnahmefällen hinreichend gut ist. Dies soll aber nicht

heißen, daß ein außenliegender Sonnenschutz einem innenliegenden immer überlegen ist. Es gibt Kriterien, bei denen es sich umgekehrt verhält, z. B. beim Blendschutz. Aber nach dem heutigen Stand der Technik kann man sagen, ein wirkungsvoller „Sonnenschutz“ ist ein außenliegender Sonnenschutz. Prinzipiell gilt aber, daß man nicht mit g-Werten kleiner 0,1 planen sollte, auch wenn dies technisch möglich erscheint, da mit noch kleineren g-Werten auch die Lichttransmission zurückgeht.

Ausblick

Um einen z-Wert oder g_F -Wert in der Praxis beurteilen zu können, ist es sinnvoll, diese Werte anhand eines konkreten Beispiels umzurechnen, mit dem Ergebnis, Werte zu bekommen, für die jeder Mensch ein Gefühl, ja sogar ein Sinnesorgan hat, nämlich für die Raumtemperatur. Dieses Thema wird in einem folgenden Artikel behandelt. □

¹ nach DIN 67 507: Wellenlängenbereich 380–780 nm

² nach DIN 67 507: Wellenlängenbereich 280–2500 nm