

Sonnenschutz-Systeme:

Sonnenschutz versus Tageslicht

Michael Rossa

Der Sonnenschutz von Gebäuden ist eine planerisch sehr komplexe Aufgabenstellung, die für den Nutzer nur befriedigend gelöst werden kann, wenn alle Einflußfaktoren, die die Behaglichkeit und damit ein optimales Raumklima beeinflussen, berücksichtigt werden. Ein nur auf die Fassade bzw. auf das Fenster fokussierter Lösungsansatz führt oft nur zu unzureichenden Lösungen, weil wesentliche weitere Faktoren wie z. B. Speichermassen des Gebäudes, interne Wärmequellen, Nutzerverhalten und Lüftung nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt werden.

Oftmals bleibt nur die Nachbesserung über eine zusätzliche Haustechnik in Form einer elektrisch betriebenen Klimatisierung, die sich durch einen zusätzlichen Energieverbrauch negativ bemerkbar macht. In der Architektur wird Sonnenschutz daher bisher vielfach als Problem gesehen, für das es keine befriedigende Lösung gibt. Doch auch hier wandelt sich das Verständnis.

Sommerlicher Wärmeschutz wird verstärkt auch als Beitrag zur Reduzierung des Energieverbrauchs durch elektrisch betriebener Klimatisierung und damit auch als positiver Beitrag zur CO₂-Reduzierung bewertet. Dies spiegelt sich deutlich in der Überarbeitung der Normen (z. B. DIN 4108) und Verordnungen wie der EnEV wider.

Tageslicht oder Sonnenschutz

Sonnenschutz steht immer im Spannungsfeld zwischen einer ausreichenden Beleuchtung der Räume mit natürlichem Tageslicht und einem ausreichenden Sonnenschutz, der über einen großen Nutzungszeitraum des Jahres behagliche Innentemperaturen im Gebäude sicherstellt. Beide Größen

Anzeige

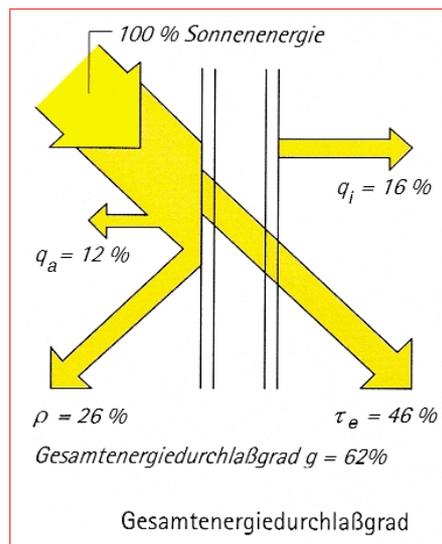


Bild 1: Verteilung der Strahlungsanteile bei Isolierglas

sind jedoch aneinander gekoppelt, da die Sonne kein „kaltes“ Licht liefert. So verteilt sich die Energie der natürlichen Solarstrahlung zu 3 % auf den UV-Bereich, zu 46 % auf das sichtbare Licht und zu 51 % auf den Bereich der Infrarotstrahlung. Hierbei tragen alle Bereiche der Solarstrahlung – auch das sichtbare Licht – zu einer Erwärmung des Gebäudes bei. Sommerlicher Wärmeschutz geht daher zwangsläufig immer mit einer Reduzierung des vorhandenen Tageslichtangebotes einher. Während dies in den Sommermonaten in den gemäßigten Breiten kein Problem darstellt, ist in den Übergangsjahreszeiten Herbst und Winter ein ausreichendes Tageslichtangebot nicht immer sichergestellt.

Hochselektive Sonnenschutzgläser

Die Glasindustrie hat in den letzten Jahren neue Produkte in Form von beschichteten hochselektiven Sonnenschutz-Isoliergläsern entwickelt, die diesem Umstand Rechnung tragen und eine hohe Lichtdurchlässigkeit bei gleichzeitig sehr niedriger Gesamtenergiedurchlässigkeit besitzen. Die zentrale Größe für die Beurteilung der Leistung eines Sonnenschutzglases ist die Selektivität. Diese kennzeichnet das Verhältnis von Lichtdurchlässigkeit zur Gesamtenergiedurchlässigkeit. Für einen optimalen Sonnenschutz sollte eine sehr hohe Lichtdurchlässigkeit bei gleichzeitig möglichst niedriger Gesamtdurchlässigkeit angestrebt werden. Hochselektive Sonnenschutzgläser besitzen eine ausgezeichnete Selektivität in der Größenordnung von zwei. Dies bedeutet, daß die Lichtdurchlässigkeit doppelt so hoch ist wie die Gesamtenergiedurchlässigkeit des Sonnenschutzglases. Damit ist nahezu der gesamte Infrarotbereich der Solarstrahlung ausgeblendet. Selektivitäten von mehr als zwei sind aus physikalischen Gründen nicht möglich, da hierzu das Spektrum des sichtbaren Lichtes durch die Filterkurve beschnitten werden müßte, so daß diese Produkte nicht mehr neutral in Durchsicht und Ansicht wären. Typische Werte für am Markt erhältliche hochselektive Sonnenschutzgläser zeigt die Tabelle 1.

Möglich wurden diese Produkte erst durch neu entwickelte Sonnenschutzbeschichtungen auf Basis von Doppel-Silber-Schichten. Diese Schichtsysteme besitzen statt einer Silber-Funktionsschicht zwei Silberschichten als Funktionsschicht, so daß hierdurch die Filterkurve des Sonnenschutzglases hinsichtlich des Sonnenschutzes gegenüber herkömmlichen Produkten mit nur einer Silberfunktionsschicht deutlich optimiert werden konnte. Weiterhin besitzen Sie einen ausgezeichneten Wärmeschutz. Der U-Wert beträgt für ein Zweischeiben-Isolierglas mit Argon-Gasfüllung bei einem Scheibenzwischenraum von 16 mm ausgezeichnete $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ nach EN 673. Trotz der optimierten Leistung hinsichtlich des Sonnenschutzes besitzen hochselektive Sonnenschutzgläser wie alle beschichteten Sonnenschutzgläser einen wesentlichen Nachteil; sie können sich dem im Tages- und Jahresverlauf veränderten Strahlungsangebot der Sonne nicht anpassen; es sind statische Systeme, die vom Nutzer nicht beeinflusst werden können.

Elektrochrome Verglasungen

Es war daher immer ein Traum der Architekten beschichtete Sonnenschutzgläser für eine Fassade zu verwenden, die sich dem veränderten Strahlungsangebot anpassen können. Dieser Traum ist in Form von elektrochromen Sonnenschutzgläsern zur Realität geworden.

Der physikalische Effekt der Elektrochromie ist schon seit längerem bekannt. Bereits in den 70er und 80er Jahren versuchten die Forschungsabteilungen der Industrie den Effekt für Anwendungen im Bereich der Displays zu nutzen. Aufgrund mangelnder technischer Umsetzbarkeit der Elektrochromie für diese Anwendung setzten sich damals die Flüssigkristallanzeigen durch, die einen wesentlich niedrigeren Stromverbrauch und höhere Schaltgeschwindigkeiten haben.

Elektrochrome Gläser bestehen aus zwei Floatglastafeln, die über ein spezielles Gießharz, das als Ionenspeicher dient, miteinander verbunden sind. Neben der eigentlichen elektrochromen Schicht befinden sich zusätzlich noch zwei transparente elektrisch leitfähige Schichten auf jeder Seite des Verbundes, die als Elektroden zur An-

Lichtdurchlässigkeit (in %)	Gesamtenergiedurchlaß (in %)	Selektivität	U-Wert* w/(m ² k)	Glasfarbe
68	34	2,0	1.1	neutral
66	33	2,0	1.1	neutral
50	25	2,0	1.1	neutral

Tabelle 1: Kennwerte von Sonnenschutzgläsern

* U-Wert gemäß EN 673, 16 mm SZR mit Argonfüllung

Kennwerte	unverschattet (in %)	verschattet (in %)
Lichtdurchlässigkeit	65	20
Lichtreflexion	16	14
Gesamtenergiedurchlaß g	50	16
U-Wert	1.5 W/(m ² k)	1.5 W/(m ² k)

Tabelle 2: Kennwerte für Elektrochrome Sonnenschutzgläser

steuerung des Funktionsglases dienen. Der eigentliche Effekt beruht darauf, daß durch eine elektrochemische Reaktion die Wolframionen in der Beschichtung oxidiert bzw. reduziert werden. Die Wolframionen wirken hierbei als Farbzentren, die von einem farblosen Zustand durch Reduktion in einen blauen Zustand überführt werden. Durch Umpolung der elektrischen Spannung ist dieser Prozeß reversibel, d. h. die Beschichtung entfärbt sich. Energie wird nur für die Veränderung des Zustandes des elektrochromen Glases benötigt, was sich positiv auf den Verbrauch an elektrischer Energie auswirkt. Für die Anwendung im Bereich des Sonnenschutzes ist der Effekt geradezu ideal und auch die Schaltgeschwindigkeit vom Zustand maximaler in den der minimalen Transmission von bis zu 12 Minuten ist für die Anwendung unproblematisch und sogar vom Nutzer gewünscht. Elektrochrome Sonnenschutzgläser sind jetzt zur Marktreife entwickelt worden. Der Vorteil des elektrochromen Glases liegt darin, daß seine Licht- und Gesamtenergiedurchlässigkeit durch Anlegen einer elektrischen Spannung aktiv vom Nutzer beein-

flußt werden kann. Elektrochrome Gläser sind daher geradezu prädestiniert um über Sensoren und eine Busstechnik in die Haustechnik des Gebäudes integriert zu werden. Nachteilig ist derzeit sicherlich noch der aufwendige Herstellungsprozeß des elektrochromen Verbundglases und der damit verbundene Mehrpreis gegenüber einem konventionellen Sonnenschutzglas. Auch ist derzeit das Produkt nur begrenzt verfügbar. Anwendungen beschränken sich daher derzeit auf Prestigeobjekte, bei denen der Bauherr bereit ist für dieses innovative Produkt deutlich mehr zu bezahlen.

Zwar sind auch bei einem elektrochromen Glas Licht- und Gesamtenergiedurchlässigkeit aneinander gekoppelt, jedoch lassen sich die Werte in einem weiten Bereich verändern, so daß ein zusätzlicher innen- bzw.

außenliegender Sonnenschutz überflüssig wird. Während bei statischen beschichteten Sonnenschutzgläsern die Selektivität das entscheidende Leistungsmerkmal ist, werden Gläser mit variabler Transmission besser durch die dynamische Selektivität, die als Verhältnis von maximaler Lichttransmission zu minimaler Gesamtenergie-durchlässigkeit definiert ist, gekennzeichnet. Typische Werte für ein elektrochromes Mehrscheiben-Isolierglas mit einer zusätzlichen Beschichtung zum Wärmeschutz zeigt die Tabelle 2.

In Verbindung mit einem beschichteten Wärmeschutzglas können auch Anforderungen an einen verbesserten Wärmeschutz problemlos erfüllt werden.

Bei der Anwendung der Produkte muß jedoch auf eine optimale Verglasungstechnik sowie auf ein geeignetes Rahmensystem geachtet werden, da der Sonnenschutz fast ausschließlich über die Absorption der elektrochromen Beschichtung erzeugt wird. Wie bei allen Absorptionsgläsern besteht daher auch bei elektrochromen Isoliergläsern die Gefahr eines thermischen Sprungs, der sich jedoch durch geeignete Maßnahmen vermeiden läßt.

Sonnenschutzmaßnahmen im Scheibenzwischenraum

Sonnenschutzvorrichtungen können auch im Scheibenzwischenraum (SZR) untergebracht werden. Eine Kombination mit beschichteten Sonnen- und Wärmeschutzgläsern ist dabei möglich. Diese Systeme können statisch, d. h. ohne Veränderung der Sonnenschutzigenschaften, aber auch variabel sein. Folgende Systeme werden in der Praxis genutzt:

- a) statische Systeme
 - Siebdruck
 - fest installierte reflektierende Lamellen
 - eingespannte Folien
 - Prismenplatten aus PMMA (winkelselektive Systeme)
- b) variable Systeme
 - Folienrollen im SZR
 - Jalousien, mit integrierten verstellbaren Lamellen
 - verstellbare Prismen

Der Vorteil der variablen Sonnenschutzmaßnahmen besteht in der möglichen Anpassung an das veränderte Strahlungsangebot der Sonne. Zudem ist bei allen Maßnahmen der

Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum des Mehrscheiben-Isolierglases gegen Witterungseinflüsse in Form von Wind, Regen und Verschmutzung geschützt. Dies wirkt sich gegenüber außenliegenden Sonnenschutzmaßnahmen positiv durch einen reduzierten Wartungs- und Reinigungsaufwand aus.

Aufgrund der Anordnung des Sonnenschutzes im Scheibenzwischenraum ergibt sich jedoch durch die erhöhte Absorption im Scheibenzwischenraum sowie die systembedingten großen Scheibenzwischenräume eine erhöhte Belastung des Randverbundes, weil sich durch die Erwärmung des im Scheibenzwischenraum eingeschlossenen Gases der Druck deutlich erhöht. Der Druckanstieg übertrifft hierbei sogar die in der Fassade auftretenden Windlasten erheblich. Um eine ausreichende Gebrauchstauglichkeit über die gesamte Lebensdauer sicherzustellen, muß dieser Punkt ausreichend bei der Produktentwicklung berücksichtigt und geprüft werden. Auch ist eine ausreichende Gasdichtigkeit bei gasgefüllten Systemen nicht immer in ausreichendem Maße gegeben.

Die Charakterisierung der Sonnenschutzsysteme durch einen Abminderungsfaktor, der den Einfluß der Sonnenschutzeinrichtung auf den g-Wert der Verglasung berücksichtigt, ist eine Vereinfachung. Insbesondere bei beschichteten Produkten, deren Reflexionseigenschaften im Infraroten nicht genau bekannt ist sowie bei winkelselektiven Systemen wo diese Beschreibung nicht immer ausreichend ist.

Kalorimetrische Messung

Für die Bestimmung des g-Wertes werden bei beschichteten und unbeschichteten Mehrscheiben-Isoliergläsern die strahlungsphysikalischen Daten der einzelnen Glasscheiben spektroskopisch im Wellenlängenbereich von 280 nm bis 3000 nm bestimmt. Der g-Wert des Mehrscheiben-Isolierglases kann dann auf Basis der strahlungsphysikalischen Daten der monolithischen Scheiben mit einem Computerprogramm nach EN 410 berechnet werden.

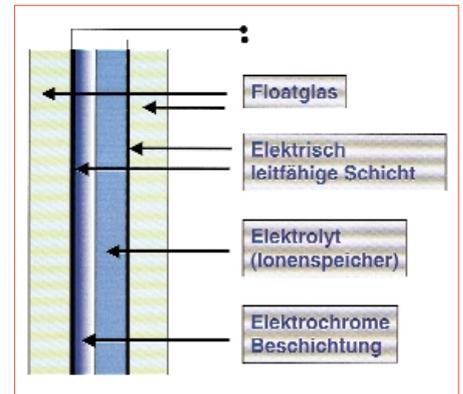


Bild 2: Aufbau einer elektrochromen Verglasung

Bei Produkten, wie z. B. Jalousien, lichtlenkende Prismen, lichtstreuenden Systemen oder siebgedruckten Scheiben läßt sich das Verfahren jedoch nicht anwenden.

Da es kein einheitlich geregeltes Verfahren zur Charakterisierung derartiger Systeme gibt, führt das ift ein Forschungsprojekt zu diesem Thema durch. Unter dem Namen REGES wurde vom Bundesministerium für Bildung Wissenschaft, Forschung und Technologie ein Projekt zur kalorimetrischen Bestimmung des Gesamtenergiedurchlaßgrades von Bauteilen gefördert. Neben dem ift arbeiteten namhafte Forschungsinstitute wie das ZAE in Bayern und das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme in Freiburg an dem Projekt mit.

Prinzip der kalorimetrischen g-Wert-Messung

Die Gesamtenergiedurchlässigkeit (Bild 1) setzt sich aus dem direkten solaren Transmissionsgrad und dem sekundären Wärmeabgabegrad zusammen, der als langwelliger Anteil eben-

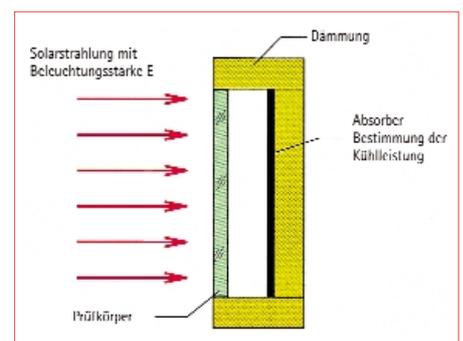


Bild 3: Prinzip der kalorimetrischen g-Wert-Messung

falls zur Erwärmung des Raumes beiträgt. Beide Anteile müssen daher sinnvollerweise im Meßverfahren erfaßt und bei der späteren Bewertung berücksichtigt werden.

Das kalorimetrische Meßprinzip gestattet die Bestimmung des Gesamtenergie-Durchlaßgrades von beliebigen Systemen. Das im Bild 3 dargestellte Meßprinzip läßt sich vereinfacht wie folgt erklären:

Mit einer künstlichen Sonne aus Halogen-Metalllampen, die eine Spektralverteilung ähnlich der Sonne besitzen, wird das zu untersuchende Bauteil bestrahlt. Die Simulation der Solarstrahlung kann hierbei unter Einstrahlungen bis zu 800 W/m^2 und Winkeln zwischen 0° und 60° erfolgen, so daß auch die Winkelabhängigkeit der Gesamtenergiedurchlässigkeit des Sonnenschutzes untersucht werden kann. Die Bestimmung der direkt auf das Bauteil auftreffenden Strahlung erfolgt mit einem Solarmeter. Zur Bestimmung der Gesamtenergiedurchlässigkeit muß neben der direkt auf das Bauteil eingestrahlte Leistung noch die durch das Bauteil

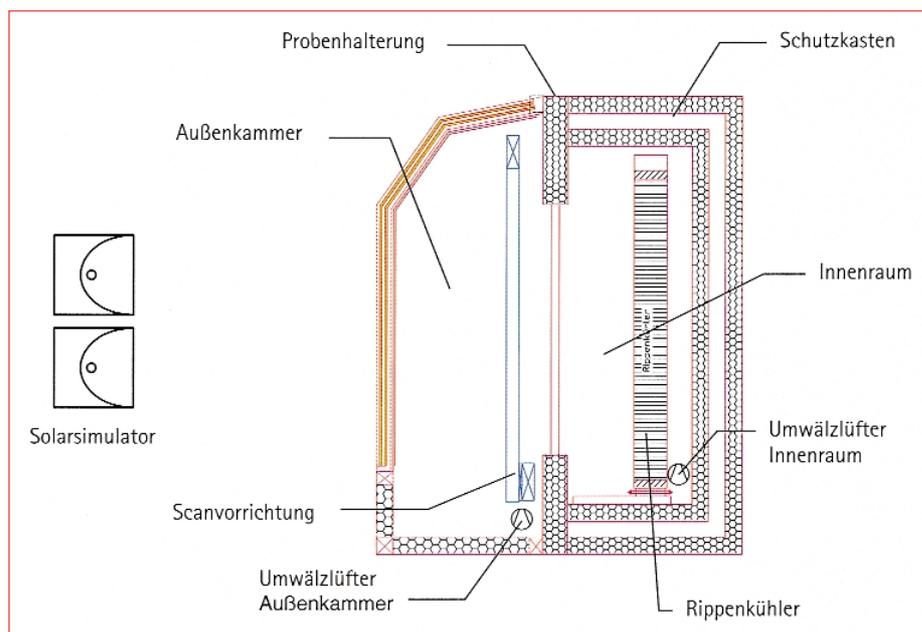


Bild 4: Vertikalschnitt durch den Prüfstand zur kalorimetrischen Messung am ift

transmittierte Leistung bestimmt werden. Dies geschieht durch eine dem Heizkastenverfahren („Hot Box“) vergleichbarem Meßverfahren. Der Unterschied besteht jedoch darin, daß die Kühlleistung bestimmt wird. Hierzu wird die äußere und die innere Kammer der Meßeinrichtung auf gleicher Temperatur gehalten. Die Kühlleistung im stationären Zustand ist dann ein Maß für die transmittierte Energie. Der zu bestimmende Gesamtenergiedurchlaßgrad ist dann per Definition das Verhältnis der auf das Bauteil auftreffender Solarenergie zur transmittierten Energie (Leistung).

Damit steht ein leistungsfähiges Meßverfahren zur Charakterisierung von Sonnenschutzeinrichtungen zur Verfügung.

Der Sonnenschutz an Fassaden wird auch in Zukunft ein wichtiges Thema mit zunehmender Bedeutung bei der Planung und Ausführungen von Fassaden sein. Eine gesamtzeitliche Betrachtungsweise ist erforderlich, da nur sie einen optimalen Sonnenschutz und damit behagliche Innenraumtemperaturen für den Nutzer sicherstellt. Dabei kann der Sonnenschutz durchaus ein architektonisch gestalterisches Element der Fassade sein. □



Der Autor
 Dipl. Physiker
 Michael Rossa
 ist Leiter des Bereiches Glas und Baustoffe am ift Rosenheim