

Dr. Philipp Plathner – Bauphysik

Dipl.-Ing. (FH) Michael Freinberger – Bauphysik

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Benitz-Wildenburg – PR & Kommunikation

Planung und Bewertung von Sonnenschutzeinrichtungen

Gebäude mit großflächigen Glasfassaden liegen unverändert im Trend, weil das Bedürfnis nach natürlichem Tageslicht und repräsentativen Fassaden ungebrochen ist und natürlich auch, um die solare Energie passiv in der Heizperiode zu nutzen. Eine Gebäudenutzung ist dann optimal, wenn behagliche Bedingungen mit angenehmen Temperaturen und blendfreiem Licht mit wenig Energieeinsatz erreicht werden können.

Fassaden mit hohem Glasanteil erfordern eine detaillierte Planung, wenn auf eine mechanische Kühlung verzichtet werden soll. Die Speichermassen des Raumes, der Sonnenschutz und die Lüftung müssen dann so eingesetzt werden, dass keine negativen Begleiterscheinungen auftreten, beispielsweise Überhitzung im Sommer, Zugluft bei Wind oder erhöhter Heizenergieverbrauch im Winter. Architekten, Fachplaner und Hersteller müssen deshalb im Sinne einer intelligenten Gebäudeplanung leistungsfähige Sonnenschutz- und Lichtlenkungssysteme kennen und nutzen.

1 Anforderungen und Funktionen des Sonnenschutzes

Der Zweck von Sonnenschutzmaßnahmen ist die Reduzierung der thermischen Lasten durch solare Einstrahlung im Sommer und die gleichzeitige Bereitstellung einer ausreichender Beleuchtung mit Tageslicht. Deshalb müssen Sonnenschutzvorrichtungen folgende Grundfunktionen erfüllen:

- Reduktion der solaren Strahlungslasten zur Vermeidung unbehaglicher Raumtemperaturen und die Vermeidung eines ungleichmäßigen Strahlungsfeldes durch lokale höhere Oberflächentemperaturen,
- Blendschutz zur Vermeidung direkter Sonneneinstrahlung (PC-Arbeitsplätze) und eine Tageslichtnutzung mit homogenen Leuchtdichten,
- Sichtkontakt nach außen.

Neben den licht- und wärmetechnischen Angaben, die in der Regel vom Architekten oder Fachplaner kommen, gibt es eine Vielzahl weiterer Aspekte, die vom Verarbeiter bei Auswahl und Einbau der Sonnenschutzeinrichtungen beachtet werden müssen. Diese werden in der Produktnorm DIN EN 13659 : 2004-11 (Abschlüsse außen – Leistungs- und Sicherheitsanforderungen) beschrieben. Mit dem Ablauf der Koexistenzphase zum 31.3.2006 wird die CE-Kennzeichnung gemäß der Produktnorm verbindlich und muss bei Planung, Einbau und Verwendung von äußeren Abschlüssen berücksichtigt werden. Äußere Abschlüsse sind parallel zu einer senkrechten Fassade angeordnete Bauteile, hierzu zählen:

- Außenjalousien und Raffstores,
- Rollläden und Drehläden,
- Faltläden ungeführt/geführt (flach geschlossen, Akkordeon),
- Schiebeläden, mit oder ohne Überstand (Überlappung).

Als mandatierte Eigenschaft wird in der Norm der Widerstand gegen Windlast identifiziert, der durch Prüfung nach EN 1932 ermittelt werden kann (für Raffstores ist diese aber ungeeignet; das ift Rosenheim arbeitet an der Erstellung eines praxistauglichen Prüfverfahrens). Die Einteilung „Widerstand gegen Windlasten“ erfolgt in verschiedene Widerstandsklassen. Die Widerstandsklassen beschreiben unterschiedliche Anforderungsniveaus. Die Berechnung des Winddruckes und die Zuordnung zu einer Widerstandsklasse erfolgen nach dem Anhang B der EN 13659. Hinweise zu Klassifizierung und Ausschreibung sowie Praxisbeispiele beinhaltet die ift-Richtlinie AB-01/1 Einsatzempfehlungen für äußere Abschlüsse. Weitere in der DIN EN 13659 genannte Eigenschaften sind nicht mandatiert, das heißt hier können optional Kennwerte ermittelt und ausgewiesen werden, es besteht aber keine bauaufsichtliche Pflicht hierfür:

- Widerstand gegenüber Schneelast (Leistungsanforderungen und Klassen),
- Bedienkraft (Leistungsanforderungen und Klassen),
- Gestaltung des Bedienteils (Kurbelgetriebe, Gurt, Schnur, Kette, etc.),
- Falschbedienung (Verschiebung/Ausstellen des Behangs, Wenden der Lamellen, Bedienart etc.),
- Eckbelastung von Drehläden,
- Widerstand der Verriegelungsvorrichtungen gegenüber einfachen Einbruchversuchen,
- Mechanische Lebensdauer (Anzahl der Bewegungszyklen ohne Funktionsstörungen und Einteilung in Lebensdauerklassen),
- Bedienbarkeit bei Frost,
- Stoßfestigkeit gegenüber Aufprall,

- Nutzungssicherheit (Vermeidung der Verletzungsgefahr durch scharfe Teile, Quetschgefahr, elektrischer Strom),
- Hygiene, Gesundheit und Umwelt,
- Wärmeschutz,
- Dauerhaftigkeit (Farbbeständigkeit, Beibehaltung des Aussehens, Bruchfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Maßbeständigkeit. Die Leistungsanforderungen und Klassen werden nach den jeweiligen Werkstoffen aufgeteilt),
- Zulässige Maßabweichungen,
- Handhabung, Lagerung und Gebrauchshinweise (Signal und Warnhinweise, Angaben für Einbau, Gebrauch und Wartung im Anleitungshandbuch).



Bild 1 Langzeitprüfung innovativer Sonnenschutzeinrichtungen am **ift** Rosenheim

Tabelle 1 Bewertung von Sonnenschutzsystemen

Sonnenschutz	Vorteile	Zu beachten
Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum (SZR) von Mehrscheiben-Isolierglas (MIG)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niedriger g-Wert (<0,2) ▪ Funktionsfähig auch bei großen Windlasten und Gebäudehöhen ▪ Tageslichtnutzung bei allen Strahlungsverhältnissen (tages-/jahreszeitlich) ▪ Anpassung an Nutzerbedürfnisse ▪ Leichte Reinigung ▪ Einfacher Einbau, keine Schnittstellen zwischen Glas und Sonnenschutz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Austausch nur als komplette Einheit möglich ▪ Hohe Temperaturbelastung im Scheibenzwischenraum ▪ Hohe Anforderung an Produktqualität und Gebrauchstauglichkeit
Sonnenschutz außen – fest	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niedriger g-Wert (<0,2) ▪ Funktionsfähig auch bei großen Windlasten und Gebäudehöhen ▪ Reinigung der festen Elemente vertretbar ▪ Architektonisches Gestaltungselement ▪ Hagelschutz für Fassade 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nur bedingte Anpassung an die tages-/jahreszeitlichen Strahlungsverhältnisse ▪ Keine Anpassung an Nutzerverhältnisse ▪ Aufwändige Schnittstellenplanung mit Fassade und Glas ▪ CE-Kennzeichnung nach DIN EN 13659
Sonnenschutz außen –beweglich	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niedriger g-Wert (<0,2) ▪ Tageslichtnutzung bei allen Strahlungsverhältnissen (tages-/jahreszeitlich) ▪ Anpassung an Nutzerbedürfnisse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eingeschränkte Funktionsfähigkeit bei großen Windlasten und Gebäudehöhen ▪ Reinigung der filigranen Elemente ist aufwändig ▪ CE-Kennzeichnung nach DIN EN 13659
Sonnenschutz innen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funktionsfähig auch bei großen Windlasten und Gebäudehöhen ▪ Tageslichtnutzung bei allen Strahlungsverhältnissen (tages-/jahreszeitlich) ▪ Anpassung an Nutzerbedürfnisse ▪ Einfacher Einbau, keine Schnittstellen zur Fassade 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nur mittlere g-Werte möglich (0,4 – 0,6) ▪ Reinigung der filigranen Elemente ist aufwändig ▪ Beeinflussung der Innenraumgestaltung
Sonnenschutzglas statisch	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niedrige g-Werte möglich (0,2 – 0,5) ▪ Funktionsfähig auch bei großen Windlasten und Gebäudehöhen ▪ Leichte Reinigung ▪ Einfacher Einbau, keine Schnittstellen zwischen Glas und Sonnenschutz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei niedrigen g-Werten eingeschränkte Tageslichtnutzung ▪ keine Blendfreiheit, zusätzlicher Blendschutz notwendig ▪ Einfärbung der Verglasung durch Beschichtung ▪ Austausch nur als komplette Glaseinheit möglich ▪ Keine Anpassung an Nutzerbedürfnisse und tages- bzw. jahreszeitliche Strahlung ▪ Erhöhte Temperaturbelastung an raumseitigen Oberflächen ▪ CE-Kennzeichnung nach EN 1279

2 Thermischer Sonnenschutz

Die thermische Behaglichkeit ist abhängig von äußeren und inneren Einflüssen sowie der individuellen persönlichen Empfindlichkeit. Für Verwaltungsgebäude sind andere Raumtemperaturen akzeptabel als für Wohnräume oder Werkstätten. Für die thermische Behaglichkeit von Verwaltungs- und Wohngebäuden wird ein Temperaturbereich zwischen +25 und +27 °C als akzeptabel angesehen (ISO 7730, DIN 4108-2 : 2003-07). Dabei werden Überschreitungen während 10 % der täglichen Nutzungszeit toleriert. Die thermische Effektivität eines Gebäudes im Sommer wird durch die Anzahl der Tage/Stunden charakterisiert, an denen diese Grenztemperaturen überschritten werden. Die thermische Behaglichkeit (Raumluft-/Oberflächentemperatur, Luftgeschwindigkeit und Raumlufftfeuchte) wird neben dem Nutzerverhalten und den klimatischen Bedingungen durch folgende baulichen Faktoren beeinflusst:

- Größe, Orientierung (Nord, Süd, Ost/West) und Neigung der transparenten Flächen,
- Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung,
- Wirksamkeit und Einsatz der Sonnenschutzvorrichtungen,
- Raumgröße,
- Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes,
- Luftwechsel und Art der Lüftung, insbesondere in der zweiten Nachthälfte,
- Mögliche direkte Bestrahlung von Flächen durch die Sonne (Aufheizung).

Neben der Raumluffttemperatur muss aber auch der Einfluss höherer Oberflächentemperaturen auf die Behaglichkeit berücksichtigt werden. Zur Bestimmung der raumseitigen Oberflächentemperaturen und des g-Wertes steht das kalorimetrische Messverfahren zur Verfügung, mit dem auch komplexe Aufbauten sehr detailliert bewertet werden können sowie ein Berechnungsverfahren in Anlehnung an DIN EN 13363-2 für einfachere Konstruktionen.

3 Lichtqualität

Neben den thermischen Kriterien ist die Lichtqualität der zweite wichtige Faktor. Die Anforderungen an Licht werden durch die visuelle Wahrnehmung und die biologische Wirkung des Lichtes bestimmt. Sehaufgaben können optimal bei Beleuchtungsstärken zwischen 2000 lx und 4000 lx gelöst werden. Mindestwerte (500 lx) für die Nennbeleuchtungsstärken sowie zusätzliche Forderungen sind in den einschlägigen Normen (EN 12464, DIN 5034, DIN 5035) genannt. Für eine gute Lichtplanung sind folgende Faktoren wichtig:

- absolute Tageslichtmenge (Quantität),
- Verlauf bzw. Verteilung des Tageslichts im Raum (Tageslichtquotient),
- Sonnenschutz (g-Wert als Kennzahl der Sonnenschutzwirksamkeit),
- Optische Wahrnehmungsbedingungen, Direktblendung, Reflexblendung,
- Visueller Bezug nach außen (Transparenz),
- Abschaltzeiten des Kunstlichts.

Die optischen Wahrnehmungsabläufe dürfen jedoch nicht durch Blendungserscheinungen, Schatten oder unterschiedliche Leuchtdichteverhältnisse beeinträchtigt werden, da dies zu Stress und schneller Ermüdung führt. In einem Arbeitsraum muss der Arbeitsbereich (Schreibtischoberfläche) deshalb mit den Umgebungsbereichen (Wände, Decke, Fußboden, Leuchten und Fensterflächen) abgestimmt werden, um störungsfreie Sehbedingungen zu gewährleisten.

Diese Forderungen beziehen sich auf die eigentliche Sehaufgabe und lassen die Entdeckung eines dritten Lichtrezeptors auf der Netzhaut unberücksichtigt, der die biologische Wirkung des Lichts auf den menschlichen Organismus steuert. Dieser Rezeptor steuert die biologische Uhr des Menschen für den tages- und jahreszeitlichen Rhythmus (Schlaf- und Wachphasen), beeinflusst die Hirnaktivität, das Wohlbefinden und die Gesundheit und reagiert erst ab Beleuchtungsstärken am Auge von größer 1000 lx. Diese Erkenntnisse erfordern eine gänzlich neue Bewertung von „gutem Licht“ und damit auch der Planung von Glasflächen und Sonnenschutzelementen. Noch stärker als bisher müssen deshalb die beiden widerstrebenden Forderungen von ausreichender Lichtstärke und Blendschutz vereinbart werden. Dies gelingt gut durch selektive Sonnenschutzelemente, die einerseits direkte Strahlung verhindern, aber oberhalb des direkten Sichtfelds Sonnenlicht in den Raum lassen und diffus, blendfrei und gleichmäßig verteilen. Dies wird durch Lichtlenkelemente erreicht, die physikalische Gesetze wie Lichtbrechung (Prismen) oder die Reflexionsgesetze (Spiegelreflektor) nutzen.

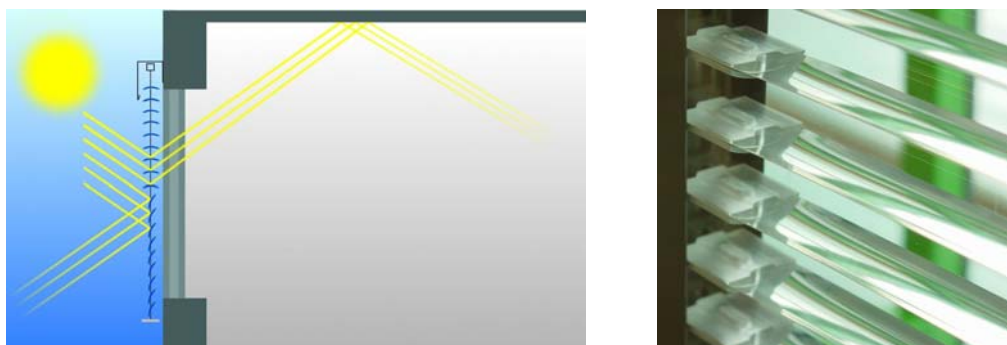


Bild 2 Prinzip der Lichtlenkung und Umsetzung durch eine Prismen-Jalousie

4 Nachweis sommerlicher Wärmeschutz

Die gesetzlichen Vorgaben in Deutschland finden sich in der Energieeinsparverordnung (EnEV 2004-12), die nicht nur den Primärenergiebedarf zur Gebäudeheizung begrenzt, sondern in § 3 Abs. 4 auch Anforderungen an einen energiesparenden sommerlichen Wärmeschutz stellt, um den enormen Energieverbrauch der technischen Kühlung zu vermeiden. Diese Anforderungen werden in der Novellierung 2006 noch verschärft. Es wird auch der Energieverbrauch für künstliches Licht stärker berücksichtigt. Auch die DIN 4108-2 : 2003-4 fordert in Absatz 4.3 die Beachtung des sommerlichen Wärmeschutzes.

Die energetische Bewertung, das heißt die Ermittlung des Gesamtenergiedurchlassgrades (g-Wert), von Sonnenschutzsystemen in Verbindung mit Verglasungen ist eine komplexe Aufgabe. Allgemein ausgedrückt, gibt der g-Wert den Anteil der einfallenden Sonnenstrahlung an, der durch die Verglasung bzw. durch das System Verglasung mit Sonnenschutz in das Rauminnere gelangt und damit zur Raumerwärmung beiträgt. Der g-Wert ergibt sich aus dem direkten solaren Transmissionsgrad τ_e und dem sekundären Wärmeabgabegrad q_i . Hohe g-Werte lassen somit viel Sonnenenergie ins Rauminnere, niedrige g-Werte halten die Sonnenenergie draußen. Aufgrund der lichttechnischen Wechselwirkungen wie Streuung, Mehrfachreflexionen und Lichtlenkung als auch aufgrund der Luftzirkulation und Hinterlüftung ist eine detaillierte Berechnung komplex und aufwändig. Deshalb wurden zahlreiche vereinfachte Verfahren zur Ermittlung des Gesamtenergiedurchlassgrades für Sonnenschutzsysteme entwickelt. Diese reichen von Tabellenwerten zu vereinfachten Berechnungs- und Messverfahren.

Das ift Rosenheim hat zum vereinfachten Berechnungsverfahren nach DIN 4108-2 : 2003-4 ein Merkblatt mit Erläuterungen und Rechenbeispielen erarbeitet, das vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller e.V. (VFF) herausgegeben wird (ES.04 Sommerlicher Wärmeschutz). Wichtige Kennwerte hieraus ergeben sich wie nachfolgend angegeben.

Sonneneintragskennwert

Gleichung 1
$$S = \frac{\sum_j (A_{W,j} \cdot g_{total,j})}{A_G}$$

A_W Fensterfläche in m² (lichte Rohbauöffnungsmaße)

g_{total} Gesamtenergiedurchlassgrade der Verglasungen einschließlich Sonnenschutz. Berechnung von g_{total} nach Gleichung (3) bzw. nach E DIN EN 13363-1

A_G Nettogrundfläche des Raumes oder des Raumbereichs in m²

Maximal zulässiger Sonneneintragskennwert

Gleichung 2
$$S_{max} = S_0 + \sum \Delta S_x$$

S_0 Basiswert des Sonneneintragskennwertes für Gebäude, $S_0 = 0,12$

ΔS_x Zuschlagswerte nach Tabelle 3, DIN 4108-2

Gesamtenergiedurchlassgrad g_{total}

Gleichung 3
$$g_{total} = g \cdot F_C$$

g Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung nach DIN EN 410

F_C Abminderungsfaktor Sonnenschutz, dieser muss immer in Verbindung mit der Verglasung betrachtet werden.

Für die Bestimmung von g_{total} wird auch auf das vereinfachte Berechnungsverfahren nach DIN EN 13363-1 verwiesen, mit dem praxistauglichere Ergebnisse ermittelt werden, weil die Wechselbeziehungen zwischen Glas und Verschattung und auch die Einflüsse der Lamellenstellung, -lage und -geometrie detaillierter berücksichtigt werden können.



Bild 3 Wichtige Anforderungen an den Sonnenschutz

5 Fazit

Es besteht eine intensive Wechselwirkung zwischen Sonnenschutz, natürlicher Lüftung, Bauweise und den inneren Lasten. Kleine Glasflächen erfordern häufiger Kunstlicht; große Glasflächen bringen viel Tageslicht in den Raum. Die Gefahr einer sommerlichen Überhitzung muss durch leistungsfähige Sonnenschutzsysteme reduziert werden, die ganzjährig benutzbar und bedarfsgerecht steuerbar sein sollten. Die Ausleuchtung eines Raumes mit Tageslicht wird ideal durch selektive und lichtlenkende Systeme erreicht. Eine geeignete Auslegung aller Parameter ermöglicht bei bedarfsgerechter Bedienung aller Komponenten einen Verzicht auf eine mechanische Klimatisierung. Letztlich muss immer ein Kompromiss zwischen den gegensätzlichen Anforderungen Tageslicht und Energieeintrag gewählt werden. Bei Gebäuden mit komplexen Anforderungen ist hierzu allerdings ein Fachplaner erforderlich.

Literatur

- [1] **ift-Richtlinie AB-01/1**
Einsatzempfehlungen für äußere Abschlüsse;
Richtlinie zur Auswahl geeigneter Windklassen nach EN 13659.
ift Rosenheim, Januar 2006
- [2] VFF Merkblatt ES.04 Sommerlicher Wärmeschutz, Mai 2004
- [3] Energieeinsparverordnung (EnEV 2004-12)
- [4] 4108-2-4 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [5] DIN EN 13363-1 Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen – Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades – Teil 1: Vereinfachtes Verfahren
- [6] DIN EN 13659 Abschlüsse außen – Leistungs- und Sicherheitsanforderungen
- [7] DIN EN 13120, Abschlüsse innen – Leistungs- und Sicherheitsanforderungen
- [8] DIN EN 1932, Abschlüsse und Markisen – Widerstand gegen Windlast – Prüfverfahren;
- [9] DIN EN 410 Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
- [10] **ift-Richtlinie VE-07/2**
Mehrscheiben-Isolierglas mit beweglichen Sonnenschutzsystemen integriert im Scheibenzwischenraum; Nachweis der Gebrauchstauglichkeit von Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) mit integrierten beweglichen Einbauten.
ift Rosenheim, August 2005