



TR 110 Abschlüsse und Markisen - Sonnenschutz

Technische Richtlinie 110, herausgegeben vom Technischen Kompetenzzentrum
Bundesverband Rollläden + Sonnenschutz e.V.

**Nachweisverfahren
Energieeinsparung**

Ausgabe Juni 2014

Inhaltsverzeichnis

Anwendungshinweise	3		
1 Vorwort.....	3	5 Energieeinsparung	19
2 Normative/gesetzliche Vorgaben.....	4	5.1 Allgemeines.....	19
3 Nachweisverfahren.....	5	5.2 HEA-Verfahren	19
3.1 Begriffsbestimmungen.....	5	5.3 CO ₂ -Einsparung	20
3.2 Allgemeiner Rechengang.....	7	5.4 Forschungsprojekt „ Hauser“	21
3.3 Bestimmung S_{vorh}	8	6 Hinweise zur Montage.....	22
3.4 Bestimmung von S_{zul}	9	7 Literaturverzeichnis	22
3.5 Berechnungsbeispiele.....	11	Schlusswort	23
3.6 Empfehlungen und Hinweise	12		
4 Bestimmung von g_{tot}	13		
4.1 Normative Grundlagen.....	13		
4.2 Vereinfachtes Verfahren	13		
4.3 Tageslichtversorgung	18		

Frühere Ausgaben

Sommerlicher Wärmeschutz, Februar 2002
(unveröffentlicht), gleicher Inhalt wie
VFF-Merkblatt ES.04, Februar 2002

Mit freundlicher Unterstützung durch:

Technischer Ausschuss, Bundesverband Rollläden +
Sonnenschutz e.V. (BVRS), Bonn

Fachausschüsse Rollläden und Raffstore der Industriever-
einigung Rollläden-Sonnenschutz-Automation (IVRSA)
im Industrieverband Technische Textilien – Rollläden –
Sonnenschutz e.V. (ITRS), Mönchengladbach

Fördermitglieder des BVRS (Industrie)

Anwendungshinweise

Diese Technische Richtlinie steht jedermann zur Anwendung frei. Durch das Anwenden dieser Richtlinie entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jegliche Haftung des Herausgebers ist ausgeschlossen. Bitte beachten Sie auch das Schlußwort.

Die Inhalte dieser Richtlinie sind urheberrechtlich geschützt. Auch eine auszugsweise Wiedergabe ist nur mit Quellenangabe zulässig.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Der Herausgeber behält sich insofern sämtliche in Betracht kommenden Ansprüche insbesondere auf Unterlassung und Schadenersatz ausdrücklich vor.

Die Verbreitung dieser Richtlinie erfolgt vorzugsweise in elektronischer Form. Eine Druckfassung kann auf Anfrage gegen Kostenerstattung zur Verfügung gestellt werden.

Das Einräumen eines Zugangs für Dritte zu den Dokumenten sowie deren Einstellen in das Internet und/oder in lokale Intranetsysteme (z.B. Kundendatenbanken) sind stets widerruflich zugelassen. Dabei ist jegliche Umgestaltung der Dokumente unzulässig.

Der Nutzer ist verpflichtet, die Zugriffsmöglichkeiten nicht missbräuchlich zu nutzen und den anerkannten Grundsätzen zum Schutz der Datensicherheit Rechnung zu tragen; er wird ferner aufgefordert, dem Herausgeber Hinweise auf eine missbräuchliche Nutzung unverzüglich anzuzeigen.

1 Vorwort

Diese Richtlinie beschreibt den sommerlichen Wärmeschutz durch Abschlüsse und Markisen in Verbindung mit Fenstern und anderen verglasten Flächen.

Für eine ausreichende Tageslichtversorgung in Innenräumen sollten die lichtdurchlässigen Flächen möglichst groß sein, auch die Heizkosteneinsparung im Winter durch solare Einträge ist ein nicht zu vernachlässigender Effekt.

Bei großen Fensterflächen besteht jedoch im Sommer durch die solaren Einträge die Gefahr einer Überhitzung. Durch die richtige Auswahl eines verstellbaren Sonnenschutzes ist es möglich, solare Einträge im Winter zu ermöglichen, ohne dass im Sommer unerträgliche Temperaturen auftreten.

In dieser Richtlinie wird nicht nur das Nachweisverfahren beschrieben, sondern auch die genaue Bestimmung von Bauteilkennwerten vorgestellt und mögliche Energieeinsparungen bezüglich der evtl. erforderlichen Gebäudekühlung beschrieben.

Vor allem bei innenliegendem Sonnenschutz kann es durch eine ungünstige Anordnung zu Glasbruch wegen thermischer Spannungen kommen. Hierzu sind einige grundlegende Hinweise aufgeführt.

2 Normative/gesetzliche Vorgaben

Aufgabe von normativen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz ist es, auch an heißen Sommertagen die Temperatur und/oder den Energiebedarf für Kühlung in Aufenthaltsräumen auf ein im Sinne von Mindestanforderungen festgelegtes Niveau zu begrenzen, und so das Wohlbefinden und die Konzentrationsfähigkeit und damit die Leistungsfähigkeit der Nutzer nicht unzumutbar zu beeinträchtigen.

Verbindliche Regelungen zur Behandlung des sommerlichen Wärmeschutzes waren bereits in der Wärmeschutzverordnung von 1995 (WSchV '95) enthalten. Dort waren die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz noch recht allgemein gehalten und bezogen sich auf bauteil- und produktbezogene Anforderungen. Bei Gebäuden mit einem Fensterflächenanteil größer 50 % oder solchen mit raumluftechnischen Anlagen musste der Energiedurchgang durch die Fensterflächen begrenzt werden. Das Produkt aus Fensterflächenanteil f und Gesamtenergiedurchlassgrad g der Verglasung sollte hier einen Wert von 0,25 nicht überschreiten.

Im Gegensatz zur WSchV '95 verfolgt die Energieeinsparverordnung (EnEV) unter Bezugnahme auf DIN 4108-2 [1] einen integraleren Ansatz bei der Gebäudeplanung. Im Zusammenhang mit dem sommerlichen Wärmeschutz werden nicht nur Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und Fensterflächenanteil betrachtet, sondern auch Eigenschaften des Gebäudes bzw. des betrachteten Raumes. Der Nachweis gemäß DIN 4108-2 ist schon seit der EnEV 2007 verpflichtend für Wohn- und Nichtwohngebäude vorgesehen. Im Folgenden wird der Verordnungstext der EnEV 2014 [2] wiedergegeben, die am 1. Mai 2014 in Kraft tritt.

§ 3 Ziffer 4 lautet (für Wohngebäude, gleichlautend in der früheren Verordnung):

Zu errichtende Wohngebäude sind so auszuführen, dass die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach Anlage 1 Nummer 3 eingehalten werden.

In Anlage 1 Nr. 3 ist Folgendes festgelegt:

3 Sommerlicher Wärmeschutz (zu § 3 Absatz 4)

3.1 Grundsätze

3.1.1 Zum Zweck eines ausreichenden baulichen sommerlichen Wärmeschutzes sind die Anforderungen nach DIN 4108-2: 2013-02 Abschnitt 8 einzuhalten. Dazu sind entweder die Sonneneintragskennwerte nach Abschnitt 8.3 oder die Übertemperatur-Gradstunden nach Abschnitt 8.4 zu begrenzen; es reicht aus, die Berechnungen gemäß Abschnitt 8 Satz 1 der DIN 4108-2: 2013-02 auf die Räume oder Raumbereiche zu beschränken, für welche die Berechnung nach Abschnitt 8.3 zu den höchsten Anforderungen führen würde. Auf eine Berechnung darf unter den Voraussetzungen des Abschnitts 8.2.2 der DIN 4108-2: 2013-02 verzichtet werden.

3.1.2 Wird bei Wohngebäuden mit Anlagen zur Kühlung die Berechnung nach Abschnitt 8.4 durchgeführt, sind bauliche Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2: 2013-02 Abschnitt 4.4 insoweit vorzusehen, wie sich die Investitionen für diese baulichen Maßnahmen innerhalb deren üblicher Nutzungsdauer durch die Einsparung von Energie zur Kühlung erwirtschaften lassen.

3.2 Begrenzung der Sonneneintragskennwerte

3.2.1 Als höchstzulässige Sonneneintragskennwerte nach § 3 Absatz 4 sind die in DIN 4108-2: 2013-02 Abschnitt 8.3.3 festgelegten Werte einzuhalten.

3.2.2 Der Sonneneintragskennwert des zu errichtenden Wohngebäudes ist nach dem in DIN 4108-2: 2013-02 Abschnitt 8.3.2 genannten Verfahren zu bestimmen.

3.3 Begrenzung der Übertemperatur-Gradstunden

Ein ausreichender sommerlicher Wärmeschutz nach § 3 Absatz 4 liegt auch vor, wenn mit einem Verfahren (Simulationsrechnung) nach DIN 4108-2: 2013-02 Abschnitt 8.4 gezeigt werden kann, dass unter den dort genannten Randbedingungen die für den Standort des Wohngebäudes in Tabelle 9 dieser Norm angegebenen Übertemperatur-Gradstunden nicht überschritten werden.

Für Nichtwohngebäude (§ 4 Ziffer 4 bzw. Anlage 2 Nr. 4) sind die Vorschriften entsprechend anzuwenden. In der vorliegenden Richtlinie soll nur auf das vereinfachte Verfahren eingegangen werden.

Die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes ist im Energieausweis zu bestätigen.

3 Nachweisverfahren

In diesem Abschnitt wird das vereinfachte Nachweisverfahren nach der aktuellen DIN 4108-2 beschrieben. Dabei werden ohne besondere Kennzeichnung Textpassagen, sowohl im genauen Wortlaut als auch zum besseren Verständnis umformuliert, sowie die Inhalte der dazugehörigen Tabellen wiedergegeben.

3.1 Begriffsbestimmungen

3.1.1 Sommerklimaregionen

Um regionale Unterschiede der sommerlichen Klimaverhältnisse zu berücksichtigen, wird für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland hinsichtlich der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz zwischen den Sommerklimaregionen A, B und C unterschieden. Den drei Klimaregionen ist ein **Bezugswert** für die Innentemperatur zugeordnet, und zwar 25° C für die Region A, 26° C für B und 27° C für C.

Hinweis: Die o. a. Temperaturen sind keine Maximaltemperaturen, sondern dürfen in festgelegten Grenzen überschritten werden!

Für die zulässigen Überschreitungen sind jährliche Übertemperaturgradstunden (Einheit Kh/a) definiert, dies ist das Produkt aus den höheren Temperaturen und der Zeit ihres Auftretens. Bei Wohngebäuden sind 1200 Kh/a zulässig, bei Nichtwohngebäuden max. 500 Kh/a. Es sind also bei Wohngebäuden sowohl Überschreitungen von 1° C für die Dauer von 1200 Stunden, als auch von 4° C für 300 h zulässig.

Die Zuordnung der Klimaregion zu dem individuellen Standort eines Gebäudes erfolgt nach Bild 1.



◀ Bild 1: Zuordnung der Klimaregionen nach Abschnitt 8.1 der DIN 4108-2:2013

Hinweise zu Bild 1

Lässt sich anhand von Bild 1 keine eindeutige Zuordnung zwischen den Sommer-Klimaregionen finden (Grenzbereiche), so ist eine Zuordnung in die höhere Region vorzunehmen, also

- ▶ zwischen A und B nach B,
- ▶ zwischen B und C nach C,
- ▶ zwischen A und C nach C.

Die Regionalisierung der Karte beruht auf dem Zusammenwirken der Einflussgrößen Lufttemperatur und solare Einstrahlung und dem daraus resultierenden sommerlichen Wärmeverhalten eines Gebäudes.

3.1.2 Nachweisgrenzen

Liegt der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil f_{WG} unter den in Tabelle 1 angegebenen Grenzen, so darf auf einen Nachweis verzichtet werden. Die in der Norm diesbezüglich genannten Werte sind allerdings derartig gering, dass in praxisrelevanten Fällen, d. h. real existierenden Gebäuden, wohl häufig der Nachweis gemäß DIN 4108-2 erforderlich wird.

Für die Berechnung des grundflächenbezogenen Fensterflächenanteils wird die Nettogrundfläche A_G benötigt, die aus den lichten Raummaßen ermittelt wird; bei sehr tiefen Räumen wird die Raumtiefe auf das Dreifache der lichten Raumhöhe begrenzt. Zur Bestimmung der Fensterfläche A_W wird das lichte Rohbaumaß verwendet, die Fläche von Mini-Aufsatzkästen, obere Verbreiterungen für Vorbaukästen o. ä., wird abgezogen.

Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster ^a	grundflächenbezogener Fensterflächenanteil ^b f_{WG} [%]
über 60 bis 90	Nordwest- über Süd bis Nordost	10
	alle anderen Nordorientierungen	15
von 0° bis 60°	alle Orientierungen	7

a Sind beim betrachteten Raum bzw. der Raumgruppe Fenster mit unterschiedlichen Orientierungen vorhanden (z. B. West und Nord oder Erker), so ist der kleinere Grenzwert für f_{WG} bestimmend.
b Die Bestimmung von f_{WG} bei Räumen bzw. Raumgruppen nach Anmerkung a ist mit der Summe aller Fensterflächen vorzunehmen.

Tabelle 1

Quelle: Tabelle 6 DIN 4108-2

3.1.3 Befreiung bei Sonnenschutz

Der Nachweis ist auch dann nicht erforderlich, wenn bei Wohngebäuden sowie bei Gebäudeteilen zur Wohnnutzung, bei denen der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil des kritischen Raumes 35 % nicht überschreitet, deren Fenster mit außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen ausgestattet sind, die einen Abminderungsfaktor $F_c \leq 0,30$ bei Glas mit $g > 0,40$ bzw. $F_c \leq 0,35$ bei Glas mit $g \geq 0,40$ aufweisen.

Diese F_c -Werte werden z. B. mit Rollläden erzielt, so dass in der Regel kein Nachweis geführt werden muss, wenn die Gebäude mit Rollläden o. ä. ausgestattet sind.

3.2 Allgemeiner Rechengang

Das vereinfachte Nachweisverfahren für die Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2 beruht auf der Bestimmung eines sog. dimensionslosen Sonneneintragskennwertes. Hierbei wird aus den vorliegenden Bedingungen eines „kritischen“ Einzelraums ein vorhandener (S_{vorh}) sowie ein zulässiger Maximalwert (S_{zul}) bestimmt. Der Nachweis selbst, d.h. die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes ist über folgende Ungleichung definiert:

$$S_{vorh} \leq S_{zul} \tag{1}$$

Die Auswahl des oder ggf. der betrachteten Einzelräume bezieht sich dabei auf kritische Raumsituationen. Hierzu ist in der Norm nichts Näheres beschrieben, außer dass Räume mit nach zwei oder mehr Richtungen orientierten Fensterflächen, insbesondere Südost- oder Südwestorientierungen, im Allgemeinen ungünstiger sind.

Die kritische Situation ist somit aus eigener Erfahrung mit einer gewissen Willkür festzulegen, oder aber der Nachweis wird für sämtliche in Frage kommenden Situationen geführt.

Bei der Festlegung der „kritischen“ Raumsituation ist in jedem Fall zu berücksichtigen, dass bei kleinen Nutzflächen in Kombination mit großen Fensterflächen größere Probleme hinsichtlich des sommerlichen Wärmeverhaltens resultieren.

Grundrisse mit großer Raumtiefe sind in aller Regel hinsichtlich der Raumtemperaturen unkritischer, zeigen jedoch Probleme hinsichtlich der Versorgung mit Tageslicht, denen z. B. durch Einsatz lichtlenkender Systeme begegnet werden kann.

3.3 Bestimmung S_{vorh}

3.3.1 Rechengang

Für den zu untersuchenden Raum oder Raumbereich ist der vorhandene Sonneneintragskennwert S_{vorh} mit folgender Gleichung zu ermitteln.

$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sum_j (A_{w,j} \cdot g_{\text{tot},j})}{A_G} \quad (2)$$

Dabei ist

- ▶ $A_{w,j}$ die Fensterfläche des j-ten Fensters, in m^2 ;
- ▶ g_{tot} der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases einschließlich Sonnenschutz, berechnet nach Gleichung (3) bzw. nach DIN EN 13363-1 [3], DIN EN 13363-2 [4] oder angelehnt nach DIN EN 410 [5] bzw. zugesicherten Herstellerangaben;
- ▶ A_G die Nettogrundfläche des Raumes oder des Raumbereichs in m^2 .

Die Summe erstreckt sich über alle Fenster des Raumes oder des Raumbereiches.

3.3.2 pauschale Bestimmung von g_{tot}

Der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases einschließlich Sonnenschutz g_{tot} kann für nicht genau bekannte Einbaubedingungen nach Gleichung (3) berechnet werden. Alternativ kann das Berechnungsverfahren für g_{tot} nach DIN V 4108-6, Anhang B [6] verwendet werden.

$$g_{\text{tot}} = g \cdot F_C \quad (3)$$

Dabei ist

- ▶ g der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases, r senkrechter Strahlungseinfall nach DIN EN 410;
- ▶ F_C der Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen nach Tabelle 2.

Da der F_C -Wert keine feste Größe ist, sondern von der Art des Glaserzeugnisses abhängig ist, wurde in der Tabelle 7 der DIN 4108-2:2013 eine dementsprechende Aufteilung vorgenommen. In der nebenstehenden Tabelle 2 sind diese Werte wiedergegeben.

Voraussetzung einer Anwendung der Tabelle ist, dass die Sonnenschutzvorrichtung fest installiert sein muss. Übliche dekorative Vorhänge gelten nicht als Sonnenschutzvorrichtung.

3.3.3 Angabe von g_{tot}

Die Mandate der Europäischen Kommission zur Normung sehen vor, dass die Hersteller in Zukunft als wesentliche Eigenschaften neben dem Windwiderstand auch g_{tot} in der Leistungserklärung angeben müssen. Allerdings sind die Produktnormen, in denen dies geregelt ist, noch nicht gültig. Deshalb ist zurzeit eine Angabe von g_{tot} nur auf freiwilliger Basis möglich.

Zudem erfolgt die Angabe nach DIN EN 14501 [7], dort ist eine Einteilung in Klassen vorgesehen, in Verbindung mit genau definierten Referenzverglasungen. Leider ist dort kein 3-fach-Glas definiert, so dass diese Angaben für eine genaue Berechnung nur eingeschränkt brauchbar sind.

Es ist also zu empfehlen, beim Hersteller die genauen Werte für g_{tot} zu erfragen.

3.3.4 genaue Bestimmung von g_{tot}

Sind keine Herstellerangaben vorhanden, so kann g_{tot} relativ einfach bei einigen Produkten selbst bestimmt werden.

Im Abschnitt 4 dieser Richtlinie werden die Verfahren hierzu näher beschrieben.

Zeile	Sonnenschutzvorrichtung	F _c -Wert			
		g ≤ 0,40 (Sonnenschutz- glas) zweifach	g > 0,40		
			zweifach	dreifach	
1	ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,00	1,00	1,00	
2	Innenliegend oder zwischen den Scheiben				
	2.1	weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz ^a	0,65	0,70	0,65
	2.2	helle Farben oder geringe Transparenz ^b	0,75	0,80	0,75
	2.3	dunkle Farben oder höhere Transparenz	0,90	0,90	0,85
3	Außenliegend				
	3.1	Fensterläden, Rollläden			
	3.1.1	3/4 geschlossen	0,35	0,30	0,30
	3.1.2	vollständig geschlossen ^c	0,15	0,10	0,10
	3.2	Jalousien und Raffstores, drehbare Lamellen			
	3.2.1	45° Lamellenstellung	0,30	0,25	0,25
	3.2.2	10° Lamellenstellung ^c	0,20	0,15	0,15
	3.3	Markisen, parallel zur Verglasung	0,30	0,25	0,25
	3.4	Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen ^d	0,55	0,50	0,50
a	Transparenz ≤ 10 %, Reflexion ≥ 60 %				
b	Transparenz < 15 %				
c	F _c -Werte für geschlossenen Sonnenschutz dienen der Information und sollten für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nicht verwendet werden. Ein geschlossener Sonnenschutz verdunkelt den dahinterliegenden Raum stark und kann zu einem erhöhten Bedarf an Kunstlicht führen. Anmerkung: In den Abschnitten 4 und 5 dieser Richtlinie sind Hinweise zur Tageslichtversorgung enthalten!				
d	keine direkte Besonnung des Fensters, Näheres hierzu in der Norm und im Abschnitt 4.2.5 Teilbeschattung				

 Tabelle 2: Anhaltswerte für die Abminderungsfaktoren F_c

Quelle: DIN 4108-2 Tabelle 7

3.4 Bestimmung von S_{zul}

Der höchstens zulässige Sonneneintragskennwert S_{zul} ist die Summe der anteiligen Sonneneintragskennwerte S₁ – S₆. Diese Kennwerte sind in der DIN 4108-2 in einer umfangreichen Tabelle zusammengefasst. Für eine bessere Verständlichkeit enthält diese Richtlinie die Tabelle 2 für den Kennwert S₁, während die anderen Kennwerte in Textform wiedergegeben und erläutert werden.

3.4.1 Kennwert S1

Dieser grundlegende Kennwert berücksichtigt:

- ▶ Nutzung (z. B. Wohnen),
- ▶ Klimaregion,
- ▶ Bauart,
- ▶ Nachtlüftung,

gemäß der umstehenden Tabelle, mit Erläuterungen aus den Fußnoten zur Tabelle 8 der DIN 4108-2.

Nutzung		Wohngebäude			Nichtwohngebäude		
Klimaregion		A	B	C	A	B	C
Nachtlüftung	Bauart						
ohne	leicht	0,071	0,056	0,041	0,013	0,007	0,000
	mittel	0,080	0,067	0,054	0,020	0,013	0,006
	schwer	0,087	0,074	0,061	0,025	0,018	0,011
erhöhte Nachtlüftung mit $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,098	0,088	0,078	0,071	0,060	0,048
	mittel	0,114	0,103	0,092	0,089	0,081	0,072
	schwer	0,125	0,113	0,101	0,101	0,092	0,083
hohe Nachtlüftung mit $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,128	0,117	0,105	0,090	0,082	0,074
	mittel	0,160	0,152	0,143	0,135	0,124	0,113
	schwer	0,181	0,171	0,160	0,170	0,158	0,145

Tabelle 3: Sonneneintragskennwert S_i

Quelle: DIN 4108-2 Tabelle 8

Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, haben Nachtlüftung und Bauart einen erheblichen Einfluss auf das sommerliche Wärmeverhalten.

Im Allgemeinen kann bei Wohnnutzung von erhöhter Nachtlüftung ausgegangen werden.

Der Ansatz der erhöhten Nachtlüftung darf auch erfolgen, wenn eine Lüftungsanlage so ausgelegt wird, dass ein zweifacher stündlicher Luftwechsel ($n = 2 \text{ h}^{-1}$) sichergestellt wird.

Von hoher Nachtlüftung kann ausgegangen werden, wenn für den zu bewertenden Raum oder Raumbereich die Möglichkeit besteht, geschossübergreifende Nachtlüftung zu nutzen (z. B. über angeschlossenes Atrium, Treppenhaus oder Galerieebene) oder eine entsprechende Lüftungsanlage vorhanden ist.

Mit der Bauart wird die Wärmespeicherfähigkeit oder Wärmekapazität (C_{wirk}) der Innenbauteile beschrieben; je höher diese ist, desto besser ist das sommerliche Wärmeverhalten. Die Wärmekapazität kann nach DIN EN ISO 13786 [8] berechnet oder vereinfachend aus den Bauteileigenschaften bestimmt werden.

Grundsätzlich ist von leichter Bauart auszugehen, wenn nicht alle u. a. Voraussetzungen vorliegen.

Von mittlerer Bauart kann ausgegangen werden, wenn folgende Eigenschaften vorliegen:

- ▶ Stahlbetondecke;
- ▶ massive Innen- und Außenbauteile (flächenanteilig gemittelte Rohdichte $\geq 600 \text{ kg/m}^3$);
- ▶ keine innenliegende Wärmedämmung;
- ▶ keine thermisch abgedeckte Decke;
- ▶ keine hohen Räume ($> 4,5 \text{ m}$).

Von schwerer Bauart kann ausgegangen werden, wenn die vorgenannten Eigenschaften vorliegen, jedoch sollten die massiven Innen- und Außenbauteile eine flächenanteilig gemittelte Rohdichte $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$ aufweisen.

Anmerkung: Durch das Einbringen von zusätzlichen Speichermassen (wie z. B. PCM) in Gebäude leichter Bauart kann das sommerliche Wärmeverhalten verbessert werden. Für eine Bestimmung der Gebäudeschwere für diesen Fall enthält die Norm Kennwerte für die wirksame Wärmekapazität C_{wirk} .

3.4.2 Kennwert S_2

Die durch S_1 vorgegebenen anteiligen Sonneneintragskennwerte gelten für grundflächenbezogene Fensterflächenanteile f_{WG} von etwa 25 %. Durch den anteiligen Sonneneintragskennwert S_2 erfolgt eine Korrektur des S_1 -Wertes in Abhängigkeit vom Fensterflächenanteil, wodurch die Anwendbarkeit des Verfahrens auf Räume mit grundflächenbezogenen Fensterflächenanteilen abweichend von 25 % gewährleistet wird.

Für Fensterflächenanteile kleiner 25 % wird S_2 positiv, für Fensterflächenanteile größer 25 % wird S_2 negativ.

Für Wohngebäude ist $S_2 = 0,060 - (0,231 \cdot f_{WG})$,
für Nichtwohngebäude $S_2 = 0,030 - (0,115 \cdot f_{WG})$.

3.4.3 Kennwerte S_3 - S_6

Mit $S_3 = 0,03$ wird der Einfluss von Sonnenschutzglas beschrieben, während S_4 die Auswirkungen geneigter Fenster (waagrecht bis 60°) berücksichtigt, der Wert beträgt $-0,035 \cdot f_{neig}$ (Flächenanteil geneigter Fenster).

Ist ein Teil der Fenster nach Norden orientiert und nicht geneigt, so tritt ein geringerer Wärmeeintrag auf. Die Berücksichtigung erfolgt durch $S_5 = + 0,10 \cdot f_{nord}$ (Flächenanteil Nordorientierung).

Mit der Einführung der DIN 4108-2 vom Februar 2013 kann nun auch der Einsatz passiver Kühlung berücksichtigt werden. Diese wird auch Bauteilaktivierung oder Sohlplattenkühlung genannt und durch den Kennwert S_6 erfasst. Dieser beträgt:

- ▶ 0,02 bei leichter,
- ▶ 0,04 bei mittlerer und
- ▶ 0,06 bei schwerer Bauart.

3.5 Berechnungsbeispiele

Anhand exemplarischer Berechnungen soll die Vorgehensweise beim Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes erläutert werden.

3.5.1 Einraummodell

In der einschlägigen internationalen Normung wird zur Validierung von Berechnungsprogrammen ein Einraummodell mit genau festgelegter Geometrie verwendet.

Anhand dieses Modells werden verschiedene Situationen betrachtet.

Geometrie

Der Raum hat eine Breite von 3,6 m und eine Tiefe von 5,5 m, dies ergibt eine Grundfläche $A_G = 19,8 \text{ m}^2$. Als Fensterfläche ist $A_W = 3,5 \text{ m}^2$ festgelegt.

Wohnnutzung mit Rollläden

Aus der vorgegebenen Geometrie ergibt sich ein grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $f_{WG} (A_W / A_G)$ von 18 %. Wenn Rollläden verwendet werden, so ist nach der Regelung in 3.1.3 dieser Richtlinie kein Nachweis zu führen.

Büroraum, Südfenster, Außenjalousie 45°

Es wird ein 2-fach-Sonnenschutzglas mit einem g-Wert von 0,35 eingesetzt, laut Tabelle 2 ist $F_c = 0,30$.

Dadurch ergibt sich nach Formel (3) ein g_{tot} von 0,10.

Zur Berechnung von S_{vorth} werden die ermittelten Werte in Formel (2) eingesetzt: A_W wird mit g_{tot} multipliziert und dann durch A_G geteilt. Er ergibt sich ein vorhandener Sonneneintragskennwert $S_{vorth} = 0,018$.

Dieses Ergebnis ist nun mit S_{zul} zu vergleichen. Angenommen wird ein Gebäude in Klimazone C in leichter Bauart ohne Nachtlüftung und passiver Kühlung.

Der Kennwert S_1 nach Tabelle 3 beträgt **0,000**.

Da f_{wg} kleiner als 25 % ist, muss nach 3.4.2 der Kennwert S_2 bestimmt werden: $0,030 - (0,115 - 0,18) = \mathbf{0,010}$.

Da Sonnenschutzglas verwendet wird, ist $S_3 = 0,030$.

Die weiteren Kennwerte S_4 , S_5 und S_6 sind 0, damit ergibt sich als Summe $S_{zul} = \mathbf{0,040}$.

Da S_{zul} größer ist als S_{vorh} , sind die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz **erfüllt**.

Anderes Glas

Anstelle des Sonnenschutzglases wird ein 2-fach-Wärmeschutzglas mit $g = 0,59$ (Referenzverglasung nach DIN EN 14501) verwendet, alle anderen Randbedingungen bleiben gleich. Es ergeben sich folgende Werte:

- ▶ $F_C = 0,25$;
- ▶ $g_{tot} = 0,15$;
- ▶ $S_{vorh} = \mathbf{0,026}$;
- ▶ $S_2 = 0,010$;
- ▶ $S_3 = 0$;
- ▶ $S_{zul} = \mathbf{0,010}$.

Der sommerliche Wärmeschutz ist **nicht erfüllt**.

3.5.2 Wohnzimmer mit Rollläden

Gegeben sei ein Wohnzimmer mit den Maßen 5 m breit, 5 m tief und 2,6 m Höhe, der Rollladen in Raumbreite ist bei 2,2 m Höhe zu 3/4 geschlossen. Das Fenster hat einen g -Wert von 0,59. Die Bauart ist mittel, erhöhte Nachtlüftung (Wohnen!), Klimaregion B.

Es ergeben sich folgende Werte:

- ▶ $f_{wg} = 0,44$: Nachweis erforderlich;
- ▶ $F_C = 0,3$;
- ▶ $g_{tot} = 0,18$;
- ▶ $S_{vorh} = \mathbf{0,078}$;
- ▶ $S_1 = 0,103$;
- ▶ $S_2 = -0,042$;
- ▶ $S_{zul} = \mathbf{0,061}$

Der sommerliche Wärmeschutz ist **nicht erfüllt**.

3.5.3 Wohnzimmer Eckraum

Betrachtet wird das Wohnzimmer aus 3.5.2, allerdings ist das Fenster zu 1/3 nach Norden ausgerichtet.

Zu den unveränderten Werten kommt noch der Kennwert $S_5 = + 0,10 \cdot 0,33 = 0,033$ hinzu.

Damit wird $S_{zul} = \mathbf{0,094}$.

Der sommerliche Wärmeschutz ist **erfüllt!**

3.6 Empfehlungen und Hinweise

Oft genügen geringfügige Veränderungen, um die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz zu erfüllen oder nicht einzuhalten.

Wenn z. B. wie im Fall des Beispiels 3.5.2 die Anforderungen nicht erfüllt werden, so ist die genaue Bestimmung von F_C bzw. g_{tot} von elementarer Bedeutung. Es ist bei Verwendung eines Rollladens als Sonnenschutz nicht die Regel, dass dieser vor allem bei der großen Höhe nur zu 3/4 geschlossen wird. Der Abschnitt 4 enthält Rechenbeispiele, mit denen nachgewiesen wird, dass bei einem höheren Schließungsgrad der F_C -Wert soweit verbessert wird, um die Anforderungen zu erfüllen, ohne den Raum zu stark abzdunkeln.

Wenn im letzten Beispiel des Abschnittes 3.5.1 nur eine erhöhte Nachtlüftung ($S_1 = 0,048$ gegenüber 0,000) ermöglicht wird, so werden die Anforderungen bei weitem erfüllt.

Beim gleichen Beispiel hätte die Anwendung einer passiven Kühlung einen ähnlichen Effekt ($S_6 = + 0,02$). Diese Möglichkeit muss nicht sehr aufwendig sein, moderne Bürogebäude verfügen oft über eine Betonkernaktivierung. Wenn hier im Sommer kaltes Wasser zirkuliert, so ist die passive Kühlung realisiert.

4 Bestimmung von g_{tot}

4.1 Normative Grundlagen

Die Ermittlung von g_{tot} für die Produkte unserer Branche ist in DIN EN 14501 aufgeführt. Dort ist auch die allgemeine Kennzeichnung der Produkte geregelt, die Angaben in der Leistungserklärung müssen unter Anwendung der Referenzverglasung C (Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung $g = 0,59$) erfolgen. Wie in der europäischen Normung üblich, gibt es hier eine Klassifizierung (siehe Tabelle 4).

Genauere Angaben können darüber hinaus von den Herstellern auf freiwilliger Basis zur Verfügung gestellt werden. Aufgrund der allgemeinen Klassifizierung mit der großen Spreizung der Werte ist eine Anwendung dieser genauen Werte zu empfehlen.

Bei Jalousien und Rollläden, die eine Veränderung des Sonnenschutzes ermöglichen, sind bei der Klassifizierung jeweils zwei Schließzustände zu klassifizieren:

- ▶ Jalousien mit geschlossenen Lamellen und senkrechtem Strahlungseinfall auf den Behang sowie
- ▶ Jalousien mit einem Neigungswinkel der Lamellen von 45° und einem Höhenwinkel der Bestrahlung von 30° ;
- ▶ Rollläden in vollständig geschlossener Stellung und
- ▶ mit geöffneten Lichtschlitzen.

Für die Berechnung von g_{tot} bietet die DIN EN 14501 sowohl ein vereinfachtes Verfahren für nicht genau be-

kannte Einbaubedingungen nach DIN EN 13363-1 als auch ein detailliertes Verfahren nach DIN EN 13363-2 an.

Das detaillierte Verfahren erfordert in der Regel ein aufwendiges Berechnungsprogramm und die Ermittlung zahlreicher Spektraldaten, so dass diese Möglichkeit in dieser Richtlinie nicht weiter behandelt werden soll. Dies ist eine Aufgabe der Hersteller, größere Unternehmen führen dies auch durch.

4.2 Vereinfachtes Verfahren

Für das vereinfachte Verfahren werden nur wenige Angaben benötigt, laut DIN EN 14501 sind dies:

- ▶ Transmissionsgrad τ_e ,
- ▶ Reflexionsgrad ρ_e für die äußere Oberfläche,
- ▶ Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases,
- ▶ Wärmedurchgangskoeffizient U des Glases.

Obwohl nach DIN EN 14501 eine Berechnung nur mit der Referenzverglasung C vorgesehen ist, können auch für andere Einbaubedingungen die Werte für g_{tot} ermittelt werden.

Die Berechnung wird nachstehend am Beispiel Rollläden vorgestellt, bei ähnlichen Produkten (z. B. Senkrechtmarkisen oder Läden) erfolgt dies singemäß. Grundsätzlich kann das vereinfachte Verfahren auch für Jalousien angewendet werden. Hierzu sind jedoch wesentlich mehr Daten erforderlich, die aufwendig bestimmt werden müssen. Die Werte liegen insbesondere bei Sonnenschutzgläsern weit im sicheren Bereich.

Klasse	0	1	2	3	4
g_{tot}	$g_{tot} \geq 0,50$	$0,35 \leq g_{tot} < 0,50$	$0,15 \leq g_{tot} < 0,35$	$0,10 \leq g_{tot} < 0,15$	$g_{tot} < 0,10$

Tabelle 4: Klassifizierung von g_{tot} für die Leistungserklärung

Quelle: Tabelle 2 DIN EN 14501

4.2.1 Transmissionsgrad τ

Werte des Transmissionsgrades von Behängen werden in der Regel von den Herstellern zur Verfügung gestellt. Bei Rollläden entspricht der Transmissionsgrad nach DIN EN 14500 [9] dem sogenannten Öffnungskoeffizienten, also dem Verhältnis der Fläche der Löcher zur Gesamtfläche des Behangs. Wird ein Rollladen als Sonnenschutz verwendet, so sind in der Regel die Lichtschlitze geöffnet, wie dies auch in den Bedienungsanleitungen empfohlen wird.

Beispiel Normalrollladen

Ein Rollladen mit der Profilbezeichnung 14 x 55 mm hat bei geöffneten Lichtschlitzen eine sichtbare Stabbreite von 60 mm. Die Lichtschlitze sind 3 mm breit, 20 mm lang und sind im Abstand von 20 mm angeordnet.

Daraus ergibt sich eine Fläche der „Löcher“ auf 1 m Stabbreite von 15 cm². Die gesamte Stabfläche bei 1 m Breite beträgt 600 cm².

Daraus ergibt sich ein Öffnungskoeffizient von 0,025, der τ -Wert ist (abgerundet!) **0,02**.

Beispiel Minirollladen

Ein Rollladen mit der Profilbezeichnung 7 x 37 mm hat bei geöffneten Lichtschlitzen eine sichtbare Stabbreite von 41 mm. Die wirksamen Lichtschlitze sind 1,6 mm breit, 10 mm lang und sind im Abstand von 10 mm angeordnet.

Daraus ergibt sich eine Fläche der „Löcher“ auf 1 m Stabbreite von 4 cm². Die gesamte Stabfläche bei 1 m Breite beträgt 410 cm².

Daraus ergibt sich ein Öffnungskoeffizient von 0,0097, der τ -Wert ist gerundet **0,01**.

Mit diesen τ -Werten kann auch die Tageslichtversorgung bestimmt werden (Abschnitt 4.5).

4.2.2 Reflexionsgrad ρ

Wenn von den Herstellern keine Werte zur Verfügung gestellt werden, so können diese der nachstehenden Tabelle entnommen werden.

Baustoff bzw. Farbanstrich	Reflexionsgrad
Rollladen weiß (DIN V 18599-2)	0,65
Roll. dunkelgrau (DIN V 18599-2)	0,13
Aluminium hochglänzend	0,80 - 0,85
Aluminium mattiert	0,50 - 0,70
Stahl, poliert	0,50 - 0,60
Farbanstrich glänzend hellgrau o.ä.	0,40 - 0,50
dito, jedoch mittelgrau	0,25 - 0,35
dito, jedoch weiß	0,70 - 0,80
Holzfläche roh hell	0,4 - 0,5

Tabelle 5: Werte für Reflexionsgrad üblicher Materialien

Die Werte gelten für geschlossene Oberflächen ($\tau = 0$).

Anmerkung: Die Werte für τ , ρ und Absorptionsgrad α müssen zusammen den Wert 1 ergeben. Wenn $\tau = 0$, so ist α der Rest zu 1. Je höher α ist, desto stärker ist die Erwärmung des Baustoffs.

Für die Berechnung des Reflexionsgrades von Rollläden mit Lichtschlitzen ist in DIN EN 14500 folgende Formel aufgeführt:

$$\rho_{\text{Panzer}} = (1 - \tau) \cdot \rho_{\text{Grundmaterial}}$$

Beispiel

Ein weißer Rollladen hat einen τ -Wert von 0,1. Wird der Wert $\rho = 0,65$ (aus Tabelle 5) als $\rho_{\text{Grundmaterial}}$ in die Formel eingesetzt, so ergibt sich als Reflexionsgrad für den Panzer mit Lichtschlitzen $\rho_{\text{Panzer}} = 0,60$ (gerundet).

Bei den üblichen τ -Werten ($\leq 0,02$) ergeben sich jedoch kaum Abweichungen vom Grundmaterial!

4.2.3 g_{tot} Abschlüsse außen

Die Berechnungen in diesem Abschnitt gelten für außenliegende Abschlüsse ohne besondere Hinterlüftung unter den Bedingungen: $\tau \leq 0,5$; $0,1 \leq \rho \leq 0,8$.

Sind also bei Rollläden nur die Lichtschlitze geöffnet, kann das vereinfachte Verfahren angewendet werden. Das gleiche gilt für Senkrechtmarkisen ohne Belüftung, z. B. mit Seitensaumführung.

Folgende Formel ist anzuwenden:

$$g_{\text{tot}} = \tau \cdot g + \alpha \cdot (G / G_2) + \tau \cdot (1 - g) \cdot (G / G_1)$$

dabei ist:

- ▶ $\alpha = 1 - (\tau + \rho)$
- ▶ g = g-Wert der Verglasung
- ▶ $G_1 = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ $G_2 = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ U_g = U-Wert der Verglasung
- ▶ $G = 1 / (1 / U_g + 1 / G_1 + 1 / G_2)$

Die Formel erscheint auf den ersten Blick etwas verwirrend, eine Schritt für Schritt durchgeführte Berechnung macht die Vorgehensweise deutlich.

Ausgangswerte

Angenommen wird ein weißer Rollladen ($\rho = 0,65$) mit geöffneten Lichtschlitzen ($\tau = 0,02$), eine Korrektur des Reflexionsgrades ist nicht erforderlich. Berechnet wird für die Referenzverglasung C nach DIN EN 14501 mit den Werten $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $g = 0,59$.

Berechnung von G

Zuerst werden die Werte in der Klammer berechnet:

- ▶ $1 / U_g = 1 / 1,2 = 0,83$
- ▶ $1 / G_1 = 1 / 5 = 0,2$
- ▶ $1 / G_2 = 1 / 10 = 0,1$

Die Summe in der Klammer ist dann gerundet 1,13. Nun wird der Wert 1 durch die Klammersumme geteilt, er ergibt sich $G = 0,88$ (gerundet, Berechnung mit genauen Werten).

Wert für α

$$\alpha = 1 - (\tau + \rho) = 1 - (0,02 + 0,65) = 1 - 0,67 = 0,33$$

Berechnung der Formel

Nun werden die Werte in die Formel eingesetzt und die Berechnung durchgeführt:

- ▶ $\tau \cdot g = 0,02 \cdot 0,59 = 0,01$
- ▶ $\alpha \cdot (G / G_2) = 0,33 \cdot (0,89 / 10) = 0,33 \cdot 0,09 = 0,03$
- ▶ $\tau \cdot (1 - g) \cdot (G / G_1) = 0,02 \cdot (1 - 0,59) \cdot (0,89 / 5) = 0,02 \cdot 0,41 \cdot 0,18 = 0,00$

Als Summe ergibt sich $g_{\text{tot}} = 0,04$

Der dazugehörige F_c -Wert (abhängig vom Glas) beträgt 0,07.

Weiteres Beispiel

Bei Einsatz eines dunkelbraunen Mini-Rollladens mit den Werten $\rho = 0,13$ (wie dunkelgrau!) und $\tau = 0,01$ ergibt sich bei gleicher Vorgehensweise

$$g_{\text{tot}} = 0,08 \text{ und } F_c = 0,14$$

Anmerkung: Die pauschalen F_c -Werte der Tabelle 2 bzw. der Tabelle 7 aus DIN 4108-2 liegen für geschlossene Rollläden innerhalb der Schwankungsbreite für handelsübliche Rollläden. Eine genaue Ermittlung macht hier wenig Sinn, anders verhält es sich jedoch bei Rollläden mit Teilschließung (Abschnitt 4.3).

4.2.4 g_{tot} Abschlüsse innen

Bei den innenliegenden Abschlüssen wird beim vereinfachten grundsätzlich davon ausgegangen, dass diese hinterlüftet sind.

Bezüglich der lichttechnischen Werte muss auf die Herstellerangaben zurückgegriffen werden.

Folgende Formel ist anzuwenden:

$$g_{\text{tot}} = g \cdot (1 - (g \cdot \rho + \alpha \cdot (G / G_2)))$$

dabei ist:

- ▶ $\alpha = 1 - (\tau + \rho)$
- ▶ $g = g$ -Wert der Verglasung
- ▶ $G_2 = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ▶ $U_g = U$ -Wert der Verglasung
- ▶ $G = 1 / (1 / U_g + 1 / G_2)$

Zur Erläuterung der Formel wird wieder eine Schritt für Schritt durchgeführte Berechnung vorgenommen.

Ausgangswerte

Angenommen wird ein sehr helles Rolllö ($\rho = 0,82$) mit hoher Transmission ($\tau = 0,15$). Berechnet wird wieder für die Referenzverglasung C nach DIN EN 14501 mit den Werten $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $g = 0,59$.

Berechnung von G

Zuerst werden die Werte in der Klammer berechnet:

- ▶ $1 / U_g = 1 / 1,2 = 0,83$
- ▶ $1 / G_2 = 1 / 30 = 0,033$

Die Summe in der Klammer ist dann gerundet 0,87. Nun wird der Wert 1 durch die Klammersumme geteilt, er ergibt sich $G = 1,15$ (gerundet, Berechnung mit genauen Werten).

Wert für α

$$\alpha = 1 - (\tau + \rho) = 1 - (0,15 + 0,82) = 1 - 0,97 = 0,03$$

Berechnung der Formel

Nun werden die Werte in die Formel eingesetzt und die Berechnung durchgeführt:

- ▶ $g \cdot \rho = 0,59 \cdot 0,82 = 0,48$
- ▶ $\alpha \cdot (G / G_2) = 0,03 \cdot (1,15 / 30) = 0,03 \cdot 0,04 = 0$
(Wert wird durch Rundung zu 0)
- ▶ Als Summe ergibt sich 0,48
- ▶ von 1 abgezogen ergibt sich 0,52
- ▶ mit $g = 0,59$ multipliziert ergibt sich ein

g_{tot} von 0,30

Der dazugehörige F_c -Wert (abhängig von der Verglasung) beträgt 0,52.

Weiteres Beispiel

Bei Einsatz eines Rolllös in der Farbe dunkelgrau mit den Werten $\rho = 0,30$ und $\tau = 0,01$ ergibt sich bei gleicher Vorgehensweise

$$g_{\text{tot}} = 0,47 \text{ und } F_c = 0,80$$

Anmerkungen

Die pauschalen F_c -Werte der Tabelle 2 bzw. der Tabelle 7 aus DIN 4108-2 liegen in der Regel weiter über den nach obigem Verfahren ermittelten Werten. Eine genaue Ermittlung ist immer sinnvoll.

Bei nicht hinterlüfteten Behängen kann g_{tot} nur nach dem detaillierten Verfahren ermittelt werden.

Bei den dafür angewendeten Rechenprogrammen kann auch die Temperatur im Zwischenraum ermittelt werden, was z. B. für eine Abschätzung der Glasbruchgefahr dienen kann.

4.2.5 Teilweise geschlossene Behänge

Für eine Anwendung in der Praxis ist es sinnvoll, g_{tot} bei teilweise geschlossenen Behängen zu ermitteln, sei es nun bei Rollläden (ggf. mit Sonnensensor) oder ausgestellten Markisen (insb. Markisoletten).

Rollläden

Bei teilweise geschlossenen Rollläden findet im oberen Teil im Sinne von DIN EN 13363-1 keine nennenswerte Hinterlüftung statt. Deshalb ist es möglich, wie auch in DIN V 18599-2 angewendet, durch eine einfache Verhältnisrechnung den Sonnenschutz zu berechnen.

Von großer Bedeutung ist hier der „Schließungsgrad“ der Rollläden. DIN 4108-2 geht von einer 3/4-Schließung aus; in Wirklichkeit ist die Schließung größer.

In der Regel kann man davon ausgehen, dass ein Rollladen bei Verwendung als Sonnenschutz bis auf 20 cm geschlossen wird. Dies ergibt im ungünstigsten Fall eine 4/5 Schließung, d. h. 20 % der Fensterfläche weist den g -Wert des Glases auf, während 80 % den g_{tot} -Wert des Rollladenpanzers hat.

In einer Formel kann dies so ausgedrückt werden:

$$g_{\text{tot,teil}} = (\%_{\text{offen}} \cdot g + \%_{\text{abgedeckt}} \cdot g_{\text{tot}}) / 100$$

Für den Rollladen mit $\tau = 0,02$ aus Abschnitt 4.2.3 würde dies in einzelnen Rechenschritten bedeuten:

- ▶ $\%_{\text{offen}} \cdot g = 20 \cdot 0,59 = 11,8$
- ▶ $\%_{\text{abgedeckt}} \cdot g_{\text{tot}} = 80 \cdot 0,04 = 3,2$
- ▶ die Summe (15) durch 100 geteilt ergibt ein
- ▶ $g_{\text{tot,teil}} = 0,15$

Dies entspricht einem F_c -Wert von 0,25.

Dies ist also im ungünstigsten Fall (1 m Fensterhöhe!) schon besser als die Pauschalwerte der DIN 4108-2.

Bei höheren Fenstern verbessert sich das Verhältnis, so wären bei 2 m Fensterhöhe (also 10 % offen) die Werte $g_{\text{tot,teil}} = 0,10$ und $F_{c,\text{teil}} = 0,16$, also nahezu eine Halbierung der Pauschalwerte der DIN 4108-2.

Zieht man nun in Betracht, dass ein Teil der offenen Fläche vom Fensterrahmen abgedeckt wird, bei dem vor allem bei hellen Rahmenfarben kaum ein durch solare Einstrahlung bedingter Wärmeeintrag auftritt, so wird die Bedeutung eines Rollladens beim Sonnenschutz noch größer. Eine Berechnung auf der Grundlage der verbleibenden Glasfläche kann dies verdeutlichen.

Bei Rollläden ist es bei ganz unten an der Scheibe angebrachtem Sonnensensor durchaus möglich, dass nur 5 cm unbedeckt sind, was einem Verhältnis von 5 % entspricht. Dadurch ergeben sich mit der Verhältnisrechnung $g_{\text{tot,teil}} = 0,07$ und $F_{c,\text{teil}} = 0,11$.

Bei manueller Bedienung kann der aufmerksame Nutzer es schaffen, dass der Glasanteil überhaupt nicht besonnt ist; dadurch bekommt der Wert für g_{tot} die Größe wie bei einem geschlossenen Rollladen mit geöffneten Lichtschlitzen.

Anmerkung

Es ist jedoch dringend davor zu warnen, diese optimistischen Werte für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes zu nutzen. Nicht immer ist die Nutzung so optimal und der Nachweis hätte keinen Bestand.

Bei hellen Rollläden und automatische Sensorsteuerung ist es jedoch durchaus legitim, für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes bei Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung $g_{\text{tot}} = 0,10$ oder auch (Rundungsdifferenzen!) $F_c = 0,15$ zu verwenden.

Markisen

Auch bei Senkrechtmarkisen kann durch die vorgenannte Verhältnisrechnung g_{tot} bei Teilschließung ermittelt werden. Als Ausgangswerte können die pauschalen Angaben der Tabelle 2, Herstellerangaben oder auch selbst bestimmte Werte verwendet werden.

Bei Markisoletten ist der obere Teil bis zur Umlenkung als geschlossener Behang anzusetzen.

Für den ausgestellten Teil enthält die DIN EN 14500 ein Verfahren zur Bestimmung von g_{tot} , das aber hier nicht näher beschrieben werden soll.

Erwähnenswert sind jedoch die Beispielberechnungen der informativen Anhangs C. In Verbindung mit der Referenzverglasung C werden für einen Markisenstoff mit „Löchern“ ($\tau = 0,1$) bei einem Ausstellwinkel von 45° folgende Werte für den beschatteten Teil angegeben:

- ▶ Südausrichtung $g_{tot} = 0,19$,
- ▶ Ausrichtung Ost und West $g_{tot} = 0,15$,
- ▶ Nordausrichtung $g_{tot} = 0,41$.

4.3 Tageslichtversorgung

In einer Fußnote zur Tabelle 7 der DIN 4108-2 (Tabelle 2 dieser Richtlinie) wird aufgeführt, dass die F_c -Werte für geschlossenen Sonnenschutz nur der Information dienen und für den Nachweis nicht verwendet werden sollten. Eine ausreichende Tageslichtversorgung wäre in diesem Fall nicht gewährleistet.

Dies ist nur bedingt richtig, wie nachfolgend erläutert werden soll. Dabei soll die Betrachtung nur der allgemeinen Orientierung dienen, ohne besonders auf die physikalischen Gegebenheiten einzugehen.

Zur Beurteilung der Tageslichtversorgung ist es interessant zu wissen, welche Beleuchtungsstärken an den verschiedenen Stellen herrschen (sollen). Tabelle 6 enthält einige dieser Beispiele.

Beispielsituation	Lux [lx]
Heller Sommertag	100 000
Bedeckter Sommertag	20 000
Im Schatten im Sommer	10 000
Büro/Zimmerbeleuchtung	500
Flurbeleuchtung	100
Wohnzimmer (gemütlich)	50

Tabelle 6: Beispiele für Beleuchtungsstärken

Wird nun an einem hellen Sommertag die außen herrschende Beleuchtungsstärke durch einen Rollladen mit dem Transmissionsgrad $\tau = 0,02$ abgemindert, so ist die Beleuchtungsstärke an der Behanginnenseite immer noch 2000 Lux. Auch wenn die Beleuchtungsstärke mit dem Abstand vom Fenster stark abnimmt, dürfte die „gemütliche Wohnzimmerbeleuchtung“ gegeben sein.

Selbst wenn die Sonne hinter den Wolken verschwindet, dürfte es nicht so dunkel werden, dass die Bewohner gleich das Licht anmachen müssen.

Für eine Arbeitsplatzbeleuchtung (500 Lux) dürfte die Helligkeit bei geschlossenen Rollläden nicht ausreichen, aber bei Nichtwohngebäuden kommen als Sonnenschutz in der Regel Außenjalousien zum Einsatz.

Jeder Fachmann weiß, dass durch eine Außenjalousie bei direkter Besonnung noch soviel Licht infolge diffuser Transmission durchtritt, dass eine ausreichende Tageslichtversorgung gewährleistet ist. Verschwindet die Sonne allerdings hinter den Wolken, so dürfte die verbliebene Helligkeit nicht ausreichen.

Bei neuzeitlichen Sonnenschutzsteuerungen werden die Jalousielamellen immer in der sogenannten „Cut-Off“-Stellung gehalten, die sich in der Regel zwischen der geschlossenen Stellung und 45° bewegen wird. Dadurch sollte auch bei kurzfristiger Abdeckung der Sonnenscheibe keine unzulässige Abdunkelung der Arbeitsplätze auftreten. Die Herstellerangaben für g_{tot} für diese Art der Anwendung sind wesentlich günstiger als die Pauschalwerte der Tabelle 2.

5 Energieeinsparung

5.1 Allgemeines

Grundsätzlich kann eine Energieeinsparung durch Sonnenschutz nur angesetzt werden, wenn Anlagen zur Raumkühlung vorhanden sind. Dies betrifft in der Hauptsache Nichtwohngebäude, in Wohnräumen gibt es eher selten fest eingebaute Klimaanlage.

Wenn man jedoch die Angebote einschlägiger Baumärkte studiert, so findet man dort zahlreiche mobile Klimageräte. Es muss also ein erheblicher Markt vorhanden sein, denn sonst wären diese umsatzorientierten Unternehmen nicht bereit, ein solches Angebot aufrecht zu erhalten. Diese Stromfresser dürften also in großer Zahl in privaten Haushalten Anwendung finden.

Zahlreiche Untersuchungen und Forschungsprojekte sind zum Thema Energieeinsparung durchgeführt worden, die Ergebnisse werden nachstehend auszugsweise dargestellt. Der Abschnitt 5.2 behandelt eine einfache Möglichkeit zur Abschätzung der Energieeinsparung.

5.2 HEA-Verfahren

Die Energieeinsparung durch Sonnenschutz ist am besten durch die Ermittlung der Kühllast zu bestimmen. Hierzu gibt es die VDI 2078 „Kühllastregeln“ [11], zu der es auch entsprechende Software gibt. Diese ist aber sehr umfangreich und nicht kostenlos.

Für den Praktiker gibt es das „HEA-Verfahren“ in einfacher Form als Tabellenverfahren, das in Anlehnung an VDI 2078 entwickelt worden ist, mit dem auf einfache Art die Energieeinsparung durch Sonnenschutz ermittelt werden kann. Namensgeber ist die HEA-Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e. V., das gesamte Rechenblatt ist z. B. online bei der Fa. Dimplex,

einem Hersteller von Kühlgeräten, zu finden [12].

Das Rechenblatt umfasst alle Einflußgrößen der sommerlichen Überhitzung bis hin zu internen Lasten, für die Zwecke dieser Richtlinie genügt die Betrachtung der solaren Einträge durch Glasflächen.

Die Grundwerte in W pro m² Fensterfläche, in Abhängigkeit von der Glasart und der Himmelsrichtung, zur Berechnung der solaren Wärmeeinträge durch Fenster, liefert die nachstehende Tabelle.

Orientierung	Glasart		
	Einfach	Doppelt	2-fach Wärmeschutz
N	65	60	35
NO	80	70	40
O	310	280	155
SO	270	240	135
S	350	300	165
SW	310	280	155
W	320	290	160
NW	250	240	135
Dachfenster	500	380	220

Tabelle 7: Wärmeeinträge in W/m² nach dem HEA-Verfahren

Die Werte gelten für „ungeschützte“ Fenster, für einige Sonnenschutzmaßnahmen gibt es im Rahmen dieses Rechenblatts Abminderungsfaktoren:

- ▶ Sonnenschutzglas bzw. Innenjalousie: 0,7,
- ▶ Markise: 0,3,
- ▶ Außenjalousie: 0,15.

Darüber hinaus ist es durchaus zulässig, die F_c-Werte aus Tabelle 2 oder anderer Quelle zu verwenden.

Man berechnet nun die Wärmeeinträge mit und ohne Sonnenschutz, die Differenz der beiden Werte ist die Einsparung der sogenannten Kühllast in W bzw. kW durch Sonnenschutz.

Nun kann man mit dieser Aussage wenig anfangen, aufschlussreicher ist die Einsparung von Energiekosten. Diese sind abhängig von der Energieeffizienz des Kühlgeräts.

So hat z. B. ein handelsübliches Single-Split-Klimagerät bei einer Kühlleistung von 2,5 kW eine Nennaufnahme von 0,8 kW. Damit kann man die Energieeinsparung auch in Euro und Cent berechnen.

Berechnungsbeispiel

Ein Fenster in Südausrichtung mit Wärmeschutzglas hat eine Fläche von 4 m² und ist mit einer Außenjalousie ausgestattet.

Multipliziert man nun die Fläche von 4 m² mit dem Grundwert von 165 W (aus Tabelle 7), so erhält man einen solaren Wärmeeintrag von **660 W**.

Die Außenjalousie reduziert diesen Wärmeeintrag auf das 0,15-fache, also **99 W**.

Die Differenz von **551 W** ist die Kühllast-Einsparung.

Durch eine einfache Verhältnisrechnung erhält man den elektrischen Aufwand für eine solche Kühllast. Man multipliziert also die Einsparung (551 W) mit der Nennleistung (800 W), teilt durch die Kühlleistung (2500 W) und erhält die Einsparung an elektrischer Energie von 176 W.

Ist das Gerät in einer heißen Sommerwoche 50 Stunden in Betrieb, so wären dies ein Aufwand von 8,8 kWh elektrischer Energie. Bei einem Bruttopreis von 30 ct pro kWh ergibt sich eine wöchentliche Einsparung für dieses Fenster von **2,64 Euro**.

Bei größeren Räumen (z. B. Vortragssaal) ist eine Fensterfläche von 20 m² nicht ungewöhnlich. Dann spart ein wirksamer Sonnenschutz 880 W pro Stunde an elektrischer Energie.

Ist die Anlage 3 Monate an 8 Stunden pro Tag in Betrieb, so ist dies (mit 30 Tagen je Monat gerechnet) eine Gesamtbetriebsdauer von 720 Stunden.

Die Einsparung an elektrischer Energie beträgt dann insgesamt 634 kWh oder **190,20 Euro**.

5.3 CO₂-Einsparung

Im Jahre 2007 wurden laut GRE-Broschüre „Energieeinsparung im Wohngebäudebestand“ bei der Erzeugung von 1 kWh elektrischer Energie insgesamt 647 g CO₂ frei. Inzwischen dürfte durch den vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien (z. B. aus Wind und Sonne) dieser Wert unter 500 g liegen.

Aber auch mit diesem geringeren Wert ist die Einsparung an CO₂-Emissionen bedeutsam. Bei dem o. a. Vortragssaal wären dies immerhin noch **317 kg!**

In Jahre 2005 wurde von der Europäischen Sonnenschutzvereinigung ES-SO die „Physibel-Studie“ [13] veröffentlicht. Darin wurde auch die CO₂-Einsparung durch wirksamen Sonnenschutz berechnet.

Auf die damals 25 EU-Mitgliedsstaaten hochgerechnet betrug die CO₂-Einsparung **80 Millionen Tonnen**.

5.4 Forschungsprojekt „Hauser“

Im Jahre 2011 wurde der im Auftrag des ITRS durch das Ingenieurbüro Prof. Hauser erstellte Aktionsplan [14] mit den Teilen „Temporärer Wärmeschutz“ und „Sonnenschutz“ fertiggestellt. Im Rahmen dieser Richtlinie soll der Teil „Sonnenschutz“ näher vorgestellt werden.

Um das Energieeinsparpotenzial typischer temporärer Sonnenschutzsysteme in Bezug auf den Nutzkältebedarf von Gebäuden quantifizieren zu können, wurden im Rahmen dieses Projekts umfangreiche Simulationsstudien am Beispiel einer Einzelraumgeometrie durchgeführt.

Die Berechnungen erfolgen jeweils für Wohn- und Büronutzung analog zu den Nutzungsrandbedingungen für die Profile Einfamilienhaus (EFH), Mehrfamilienhaus (MFH) und Einzelbüro nach DIN V 18599.

Für den Ansatz der wirksamen Wärmespeicherefähigkeit wird eine mittelschwere Bauart gewählt. Zudem wurde eine erhöhte Nachtlüftung während der zweiten Nachthälfte angesetzt, um die Speichermassen während der Nachstunden auskühlen zu können.

Um den Einfluss des Klimas abzubilden, wurden bei der Büronutzung im Rahmen der Simulation die Standorte variiert. Aus den gemäß DIN 4108-2:2003-07 definierten Klimaregionen A, B und C wurden die nachfolgend aufgeführten Standorte gewählt. Bei der Wohnnutzung wurden die Simulationsrechnungen lediglich für den Standort Essen durchgeführt.

- ▶ Rostock: Region A (sommerkühl)
- ▶ Essen: Region B (gemäßigt)
- ▶ Mannheim: Region C (sommerheiß)

Die Berücksichtigung der Wirkung von Sonnenschutzvorrichtungen erfolgte bei der Bewertung der solaren Wärmeeinträge nach DIN V 18599-2:2007-02 über den Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung inklusive Sonnenschutz (g_{tot}).

Dabei wurden entweder die in der Norm enthaltenen Standardwerte (Tab. 5, DIN V 18599-100:2009-10 [18]) in Ansatz gebracht oder Werte, die durch Berechnung nach DIN EN 13363-1 [19] oder DIN EN 13363-2 [20], bei Folien ggf. nach DIN EN 410 [21], ermittelt wurden. Zudem konnten auch Werte aus objektbezogenen Nachweisen von Herstellern herangezogen werden.

Für die Bestimmung der bei der Simulation angesetzten Gesamtenergiedurchlassgrade g_{tot} wurde für zahlreiche Varianten von Glas jeweils mit außen- und innenliegendem Sonnenschutz das vereinfachte Verfahren nach DIN EN 13363-1 angewendet.

Als Fazit der Untersuchungen bleibt festzuhalten, dass sich durch den Einsatz von Sonnenschutzvorrichtungen übermäßige Überhitzungen von Räumen vermeiden lassen, wodurch oftmals der Einsatz von Kältetechnik unnötig oder zumindest deutlich reduziert wird.

Effektivere Sonnenschutzsysteme als die nach dem Verfahren nach DIN 4108-2 geforderten, können allerdings eine weitere signifikante Reduzierung des Nutzkältebedarfs bewirken, wie die Ergebnisse der durchgeführten Simulationen zeigen. Bei Süd- oder Westorientierung sind bei sehr guten F_c -Werten von 0,1 durchaus Einsparungen im Nutzkältebedarf von rund 15 kWh/(m²a) bezogen auf die Nettogrundfläche des Raumes erzielbar.

6 Hinweise zur Montage

Durch eine fachgerechte Montage kann ein optimaler Sonnenschutz erzielt werden.

Bei außenliegendem Sonnenschutz ist es z. B. möglich, auch mit dunklen Behangfarben einen niedrigen g_{tot} -Wert zu erzielen. Dazu muss nur eine wirksame Hinterlüftung gewährleistet sein.

Bei außenliegendem Sonnenschutz ist eine Teilbeschattung zu vermeiden, da hier eine unterschiedliche Erwärmung des Glases droht, was zu Wärmespannungen führt. Insbesondere bei beschädigten Glaskanten kann Glasbruch auftreten. Es ist darauf zu achten, dass auch bei ungünstiger Sonnenbestrahlung eine Überdeckung vorliegt.

Eine ähnliche Wirkung haben z. B. schwarz-weiße Blockstreifen bei Markisen bei geringem Abstand zum Glas.

Wird der Sonnenschutz innenliegend oder im Scheibenzwischenraum (z. B. in Kastenfenster) eingebaut, so kann es bei ungünstiger Anordnung zu hohen Oberflächentemperaturen kommen. So wurden z. B. bei unbelüfteter Montage im Kastenfenster Temperaturen von über 80° C ermittelt.

Vor allem beim Einsatz von Sonnenschutzglas sollte eine Hinterlüftung vorgesehen werden.

Nähere Hinweise müssen noch erarbeitet werden und werden bei der nächsten Überarbeitung dieser Richtlinie Eingang finden.

7 Literaturverzeichnis

- [1] DIN 4108-2 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [2] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014), amtliche Fassung, am 21. November 2013 im Bundesgesetzblatt verkündet. Nichtamtliche Lesefassung EnEV 2014 (697 KB). Zu finden z.B. unter: <http://www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/enev-enev-historie/enev-2014.html>
- [3] DIN EN 13363-1 Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren
- [4] DIN EN 13363-2 Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 2: Detailliertes Berechnungsverfahren
- [5] DIN EN 410 Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
- [6] DIN V 4108-6 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
- [7] DIN EN 14501 Abschlüsse - Thermischer und visueller Komfort - Leistungsanforderungen und Klassifizierung
- [8] DIN EN ISO 13786 Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen - Dynamisch-thermische Kenngrößen - Berechnungsverfahren
- [9] DIN EN 14500 Abschlüsse - Thermischer und visueller Komfort - Prüf- und Berechnungsverfahren

- [10] DIN V 18599-2 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
- [11] Richtlinienreihe VDI 2078 „Berechnung der Kühllast und Raumtemperaturen von Räumen und Gebäuden (VDI-Kühllastregeln)“ (Beuth-Verlag)
- [12] http://www.glendimplex.de/kundendienstportal/formulare/upload/formblatt_hea_kuellastermittlung_03_05-2005-04-06.pdf oder [www.dimplex.de](http://www.dimplex.de/downloads) (downloads)
- [13] Energieeinsparungs- und CO₂-Reduktionspotenzial von solaren Verschattungssystemen und Fensterläden in der EU-25 (Physibel-Bericht 2005_09A_ES-SO), Brüssel
- [14] Erstellung eines Aktionsplans „Temporärer Wärmeschutz“ und „Sonnenschutz“, IBH 798/09, Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Kassel, September 2011

Schlusswort

Der Herausgeber bedankt sich bei allen, die an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben.

Der freie Zugang zu dieser Richtlinie wird durch die Übernahme der Erstellungskosten durch den BVRS ermöglicht. Die Finanzierung erfolgt aus Mitgliedsbeiträgen, deshalb ist die Mitgliedschaft im Verband für eine kontinuierliche Weiterarbeit besonders wichtig. Die Mitglieder des BVRS haben zudem den Vorteil, dass sie vom Technischen Kompetenzzentrum eine weit über diese Richtlinie hinausgehende Unterstützung bekommen können; Informationen zur Mitgliedschaft unter www.rs-fachverband.de/mitglied-werden.

Alle Technischen Richtlinien (TR) stehen auf der Homepage des Technischen Kompetenzzentrums des Bundesverbandes Rollläden + Sonnenschutz e.V. (www.rs-fachverband.de/kompetenzzentrum) zum Download zur Verfügung.

Sofern keine Herausgeber/Bezugsquellen angegeben sind:

Die in dieser Richtlinie zitierten Technischen Richtlinien stehen auf der Homepage des Technischen Kompetenzzentrums des Bundesverbandes Rollläden + Sonnenschutz e.V. (www.rs-fachverband.de/kompetenzzentrum) zum Download zur Verfügung.

Der Alleinvertrieb der DIN-Normen erfolgt durch den Beuth-Verlag, Berlin, Herausgeber ist das DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

Eine Druckfassung ist gegen Kostenersatz erhältlich.

Bonn, 13. 6. 2014

Im Namen des Herausgebers:

Verfasser bzw. Bearbeiter

Dipl.-Ing.(FH) Gerhard Rommel

Technisches Kompetenzzentrum des BVRS



Bundesverband Rollläden + Sonnenschutz e.V.
Hopmannstraße 2 · 53177 Bonn
Telefon: 0228 95210-0 · Telefax: 0228 95210-10
info@rs-fachverband.de · www.rs-fachverband.de

In Zusammenarbeit mit:
Industrievereinigung Rollläden-Sonnenschutz-Automation (IV RSA) im
Industrieverband Technische Textilien - Rollläden - Sonnenschutz e.V.
Fliethstraße 67 · 41061 Mönchengladbach
Telefon: 02161 294181-0 · Telefax: 02161 294181-1
info@itrs-ev.com · www.itrs-ev.com

ITRS
INDUSTRIEVERBAND
TECHNISCHE TEXTILIEN – ROLLADEN – SONNENSCHUTZ e.V.