

LICHT

PLANUNG | DESIGN | TECHNIK | WISSENSCHAFT

1 | 2017

Ausgabe März

69. Jahrgang

www.lichtnet.de

MODERNES EINKAUFSERLEBNIS

Lichtgestaltung zur Markenbildung

SPIELERISCH GELÖST

Größter LEGO-Store der Welt

VIEL POTENTIAL

Verkaufsraumbeleuchtung 4.0

WÄRME VERSUS TAGESLICHT

VERHINDERN DIE ANFORDERUNGEN AN DEN SOMMERLICHEN WÄRMESCHUTZ NACH DIN 4108-2 EINE AUSREICHENDE TAGESLICHTVERSORGUNG?

Die vielfältigen Vorteile der Innenraumbeleuchtung durch Tageslicht, sei es über Fenster oder Dachoberlichter, sind hinlänglich bekannt. Die Nutzung des Tageslichts birgt ein enormes Energiesparpotential, das unbedingt gehoben werden sollte. Darüber hinaus hat sie bei entsprechender Qualität und Quantität positive Effekte auf das Wohlbefinden der Menschen, die die Räume nutzen. Handelt es sich bei dem natürlichen Licht um direkte Sonnenstrahlung, besteht allerdings die Gefahr ungewünschten Wärmeeintrags in das Gebäude. Tageslicht versus Klimakomfort – der Konflikt ist nicht neu. Durch die Anforderungen bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes von Gebäuden aus der Energieeinsparverordnung (EnEV), die künftig im neuen Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) aufgeht, hat er allerdings jüngst an Brisanz gewonnen.

DIE PROBLEMSTELLUNG

Der FVLR – Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V. weist seine Mitgliedsunternehmen immer wieder darauf hin, dass insbesondere auch im Nicht-Wohnungsbau – z.B. bei ausgedehnten Hallenbauten – möglichst großflächig Dachoberlichter vorgesehen werden sollen, denn Oberlichter sorgen für eine gute Tageslichtversorgung im Innenraum und helfen dem Betreiber so, Energiesparpotentiale durch Einsparungen bei der künstlichen Beleuchtung zu heben. In letzter Zeit erhält der



Abb. 1: Der FVLR – Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V. empfiehlt den Einsatz von Lichtkuppeln und Lichtbändern für die Versorgung von Arbeitsplätzen mit Tageslicht. Gerade bei großflächigen Hallen kann so natürliches Licht auch in der Tiefe des Raumes genutzt werden. (Quelle: FVLR)

Verband allerdings verstärkt die Auskunft, das Ansinnen wäre ja schön und gut, aber Dachflächenanteile für Oberlichter über 7% ließen sich nicht mehr realisieren, da diese der DIN 4108-2 »Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz« [1] entgegenstehen würden und sich ansonsten der Nachweis eines sommerlichen Wärmeschutzes nicht mehr erbringen ließe. Aus Architektenkreisen hat den Verband die Information erreicht, dass Architekten zunehmend Fenster kleiner als eigentlich beabsichtigt planen würden, nur um die Bedingungen der DIN 4108-2 zu erfüllen. In diesem Beitrag soll der Frage nachgegangen werden, ob die Ursachen hierfür tatsächlich in DIN 4108-2 liegen. Zudem wird kritisch nachgefragt, ob unter dem Einfluss der Norm eine ausreichende Tageslichtversorgung überhaupt noch gegeben ist.

GESETZLICHE ANFORDERUNGEN

Was ist eine ausreichende Tageslichtversorgung?

Damit eine Beleuchtung mit Tageslicht als ausreichend erachtet wird, muss sie:

- die gesetzlichen Anforderungen erfüllen,
- in Quantität (Tageslichtquotient, Beleuchtungsstärke) und Qualität (transmittiertes Spektrum, Farbeindruck) ausreichend sein, und
- eventuell vereinbarte DIN-Normen oder VDI-Richtlinien (Privatrecht) erfüllen.

Muster-Bauordnung (MBO)

Die ausreichende Beleuchtung von Innenräumen mit Tageslicht ist in der Deutschen Gesetzgebung im Prinzip über den Umweg einer Forderung nach Mindestgrößen von notwendigen Fenstern geregelt. In der Muster-Bauordnung (MBO), die als Vorlage für die jeweiligen Landesbauordnungen dient, ist im § 47 »Aufenthaltsräume« geregelt, dass Aufenthaltsräume ausreichend belüftet und mit Tageslicht belichtet (besser beleuchtet) werden müssen. Sie müssen Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens 1/8 (= 12,5 %) der Netto-Grundfläche des Raumes haben.

Die in den jeweiligen Landesbauordnungen gegenwärtig daraus abgeleiteten, individuell festgelegten Regelungen zur Mindestfenstergröße (siehe Tabelle 1) sind eigentlich jedem Architekten geläufig. Falls die LBO eines Bundeslandes dazu keine Angaben macht, wie z.B. in Niedersachsen im § 43 der NBauO, so ergänzt unter Umständen eine nachgeordnete Allgemeine Durchführungsverordnung zur Bauordnung (hier die DVO-NBauO) diesen Punkt und füllt die Lücke auf.

Es darf an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass Fenstergröße in den LBOs das Rohbaumaß bedeutet. Dies wurde vor langer Zeit so festgelegt, da zum Zeitpunkt des Bauantrages i.d.R. nur Architektenpläne

(Rohbaupläne) im Maßstab 1:50 vorliegen und eine genauere Spezifikation des Fensters meist später erfolgt. Insofern sind die lichttechnisch auftretenden Minderungen infolge des Fensterrahmens und einer eventuellen Versprossung, infolge der Verglasung, sowie infolge einer möglichen Verschmutzung der Verglasung innen und außen noch nicht berücksichtigt. Diese Minderungen können eine erhebliche Größenordnung annehmen und zu mehr als einer quasi Halbierung der ursprünglichen Lichtfläche führen.

Man kann zudem festhalten: Falls Fenstergrößen nur nach den Vorschriften der Landesbauordnung gewählt werden, ist lediglich für die Mindestbeleuchtung/Mindestbelichtung des Innenraums gesorgt!

Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

Als weiteres Gesetz regelt die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) [2] Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten und Arbeitsplätzen. Nach der neuesten Fassung der ArbStättV vom November 2016 wird in der Anlage 1 unter Punkt »3.4 Beleuchtung und Sichtverbindung« im 1. Absatz gefordert, dass der Arbeitgeber als Arbeitsräume nur solche Räume betreiben darf, die möglichst ausreichend Tageslicht erhalten und die eine Sichtverbindung nach außen haben.

In der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 Beleuchtung [3] wird im dritten Absatz des Abschnitts »4.1 Ausreichendes Tageslicht« spezifiziert, was darunter zu verstehen ist:

(3) Die Anforderung nach ausreichendem Tageslicht wird erfüllt, wenn in Arbeitsräumen

- am Arbeitsplatz ein Tageslichtquotient größer als 2%, bei Dachoberlichtern größer als 4% erreicht wird oder
- mindestens ein Verhältnis von lichtdurchlässiger Fenster-, Tür- oder Wandfläche bzw. Oberlichtfläche zur Raumgrundfläche von 1:10 eingehalten ist (entspricht ca. 1:8 Rohbaumaße).

Für Räume mit Dachoberlichtern bedeutet die Forderung nach einem Tageslichtquotienten von mehr als 4% vereinfacht, dass aufgrund der Einflüsse der bereits oben genannten Minderungsfaktoren die Dachoberlichter mindestens 8% der Dachfläche einnehmen müssen. Zu diesem Ergebnis kommt ein Gutachten, dass Dr. Udo Fischer, ehemaliger Obmann des Fachnormausschusses FNL 6 des DIN, für den FVLR erstellt hat [4].

Eine weitere, wesentliche Anforderung enthält die Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 in Absatz 4.4 [3]. Danach sind für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen mit Tageslicht über Fenster und Dachoberlichter nur solche Verglasungsmaterialien zu verwenden, die zu einer möglichst geringen Veränderung des Farbeindrucks führen. Dies bedeutet einen Zwang zur Verwendung von möglichst farbneutralen Verglasungen.

NORMATIVE ANFORDERUNGEN

Zu nennen ist hier vorrangig die Normreihe DIN 5034 »Tageslicht in Innenräumen« [5]. Allerdings ist diese Norm nicht in der Liste der technischen Baubestimmungen enthalten. Dies bedeutet, dass im Rahmen einer Bauantragsprüfung von Amts wegen die Regelungen dieser Norm nicht beachtet werden.

Schon im Anwendungsbereich des Teils 1 der Norm wird darauf hingewiesen, dass Aufenthaltsräume ausreichendes Tageslicht erhalten und

Bundesland	Aufenthaltsräume geregelt in LBO	Anteil Fensterfläche (Rohbauöffnung) an Netto-Raumgrundfläche
Baden-Württemberg	§ 34 (2) LBO	1/10
Bayern	Art. 45 (2) (BayBO)	1/8
Berlin	§ 48 (2) (BauO Bln)	1/8
Brandenburg	§ 40 (2) (BbgBO)	1/8
Bremen	§ 47 (Brem LBO)	1/8
Hamburg	§ 44 (2) (HBauO)	1/8
Hessen	§ 42 (2) (HBO)	1/8
Mecklenburg-Vorpommern	§ 47 (2) (LBauO M-V)	1/8
Niedersachsen	§ 20 (1) DVO NBauO	1/8
Nordrhein-Westfalen	§ 48 (2) (BauO NRW)	1/8
Rheinland-Pfalz	§ 43 (2) (LBauO)	1/10
Saarland	§ 45 (2) (LBO)	1/8
Sachsen	§ 47 (2) (SächsBO)	1/8
Sachsen-Anhalt	§ 46 (2) (BauO LSA)	1/8
Schleswig-Holstein	§ 48 (2) (LBO)	»ausreichend«
Thüringen	§ 45 (2) (ThürBO)	1/8

Tab. 1: Regelungen zur Größe der Fenster in Aufenthaltsräumen in Abhängigkeit vom Bundesland

eine notwendige Sichtverbindung nach außen haben sollen. Auf die Notwendigkeit einer Sichtverbindung wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

Nach DIN 5034 ist der Helligkeitseindruck in Wohnräumen, der von dem durch die Fenster eindringenden Tageslicht erzeugt wird, im Rahmen ihrer psychischen Bedeutung ausreichend, wenn der Tageslichtquotient auf einer horizontalen Bezugsebene, gemessen in einer Höhe von 0,85 m über dem Fußboden, in halber Raumtiefe und in 1 m Abstand ▶



Abb. 2: Die neueste Fassung der ArbStättV vom November 2016 fordert, dass Arbeitgeber als Arbeitsräume nur solche Räume betreiben dürfen, die möglichst ausreichend Tageslicht erhalten und die eine Sichtverbindung nach außen haben.

von den beiden Seitenwänden im Mittel wenigstens 0,9% und am ungünstigsten dieser Punkte wenigstens 0,75% beträgt.

Für Arbeitsräume, die in ihren Abmessungen Wohnräumen entsprechen, müssen mindestens die oben genannten Tageslichtquotienten eingehalten werden. Als Voraussetzung für eine ausreichende Beleuchtung von Räumen mit Tageslicht wird auch in dieser Norm ein Tageslichtquotient von wenigstens 2% in Raummitte empfohlen.

Es wird besonders erwähnt, dass die in den Bauordnungen der Länder geforderte, auf die Grundfläche des Raumes bezogene Mindestfensterfläche hinsichtlich der Beleuchtung mit Tageslicht eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung ist. Dies bedeutet: Es darf gerne auch etwas mehr sein!

DIN 5034-1 trifft hinsichtlich der Dimensionierung von Fenstern Festlegungen, die nachstehend gekürzt zusammengefasst sind. Der genaue Wortlaut ist der Norm zu entnehmen.

Fenster in Wohnräumen

Für eine ausreichende Sichtverbindung, also den ungehinderten Ausblick nach draußen, sollten die Fenster folgende Kriterien erfüllen:

- Die Oberkante der Verglasung (durchsichtige Fläche) h_{Fo} sollte mindestens 2,20 m über der Oberkante des fertigen Fußbodens liegen.
- Die Brüstungshöhe des Fensters sollte 90 cm nicht übersteigen und die Unterkante der Verglasung h_{Fu} sollte nicht höher sein als 95 cm.
- Die Summe der Breiten aller Glasflächen b_F sollte mindestens 55% der Wohnraumbreite betragen.

Für Fenster in Arbeitsräumen gilt zusätzlich:

Die Breite der durchsichtigen Verglasung des Fensters b_F sollte mindestens 1,00 m, die Höhe der durchsichtigen Verglasung h_F bei überwiegend sitzender Tätigkeit mindestens 1,25 m; bei überwiegend stehender Tätigkeit mindestens 1,00 m betragen. Die Oberkante der durchsichtigen Verglasung des Fensters (bzw. der Fenster) h_{Fo} sollte mindestens 2,20 m über dem Fußboden liegen. Bei überwiegend sitzender Tätigkeit sollte die Unterkante der durchsichtigen Verglasung des Fensters h_{Fu} höchstens 0,95 m betragen. Dabei sind die Anforderungen an die Absturzhöhe zu beachten.

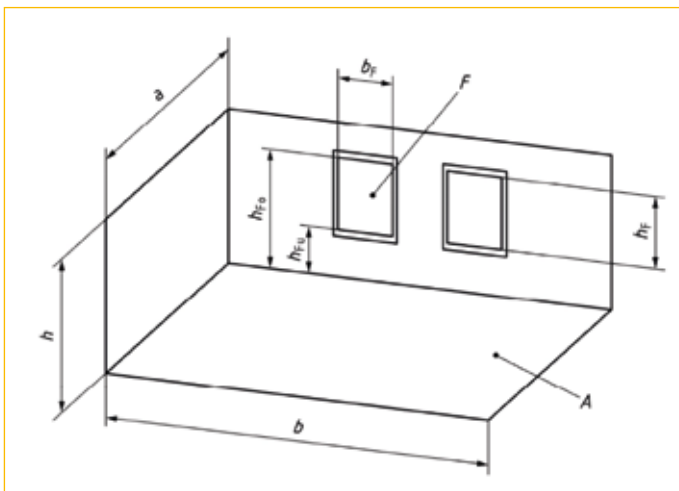


Abb. 3: DIN 5034 »Tageslicht in Innenräumen« macht Vorgaben zur Dimensionierung von Fenstern für Wohn- und Arbeitsräume. (Quelle: DIN 5034)

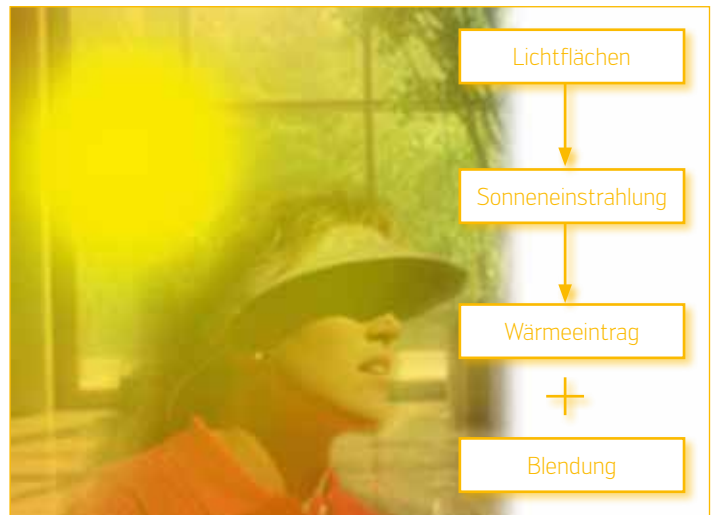


Abb. 4: Sommerliche Überhitzung und Blendung sind Probleme, die direkt durch Fenster einfallende Sonneneinstrahlung verursachen kann.

PROBLEM SONNENEINSTRALUNG

Kommen wir nun zu einem Problem bei großflächigen Verglasungen. Je nach Orientierung des Raumes und der Verglasungsflächen trifft mehr oder weniger Sonnenstrahlung auf die transparenten Flächen. Die kurzwellige Strahlung, die die Fensterflächen passiert, kann im Innenraum beim Auftreffen auf Oberflächen in langwellige Strahlung umgewandelt werden. Diese langwellige Strahlung kann den Raum nicht wieder über die Fenster verlassen, da Verglasungen für langwellige Strahlung meist undurchlässig sind. Die Folge ist eine Erwärmung des Innenraumes (Treibhauseffekt). Grundsätzlich kritisch wird es, wenn die Innenraumtemperatur 26°C übersteigt. Neben dem Treibhauseffekt kann die Blendung (direkt von der Sonne oder indirekt z.B. durch gegenüberliegende helle Fassaden) ein Problem für die Nutzer des Raumes darstellen.

SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Um trotz Treibhauseffekt für einen angemessenen Nutzerkomfort im Raum zu sorgen, ist sommerlicher Wärmeschutz gefragt.

Was ist nun der sommerliche Wärmeschutz?

Nach einem Vorlesungsskript von Prof. Dr.-Ing. Susanne Schwickert von der Hochschule Ostwestfalen-Lippe [6] sind beim Thema »sommerlicher Wärmeschutz« verschiedene Aspekte betroffen, die alle ineinandergreifen, so

- der Flächenanteil der transparenten Außenbauteile,
- die Orientierung (Himmelsrichtung) der transparenten Außenbauteile,
- der Sonnenschutz der transparenten Außenbauteile,
- der Neigungswinkel der transparenten Außenbauteile zur Senkrechten,
- der Gesamtenergiedurchlassgrad der transparenten Außenbauteile,
- die Wärmespeicherefähigkeit der raumumschließenden Bauteile,
- die Art und Intensität der Raumlüftung,

Eine weitere Rolle spielen zudem die Höhe des Energieeintrags (Produkt aus Strahlungseintrag I_s und Energiedurchlassgrad g), die Außen- bzw. die Raumlüftungstemperatur, interne Wärmequellen und die Wärmeleitfähigkeit der Umfassungswände.

Gesetzliche Grundlagen zum Sommerlichen Wärmeschutz

Klare gesetzliche Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz machen die §§ 3 und 4 der Energieeinsparverordnung [7]. Hier heißt es:

§ 3 Anforderungen an Wohngebäude

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

§ 4 Anforderungen an Nichtwohngebäude

(4) Zu errichtende Nichtwohngebäude sind so auszuführen, dass die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach Anlage 2 Nummer 4 eingehalten werden.

Gemäß den Anlagen, auf die hier verwiesen wird, sind zum Zweck eines ausreichenden baulichen sommerlichen Wärmeschutzes die Anforderungen nach DIN 4108-2: 2013-02 »Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden« [1] einzuhalten. Relevant ist Abschnitt 8 der Norm, denn entweder sind die Sonneneintragskennwerte nach Abschnitt 8.3 (Vereinfachtes Verfahren) oder die Übertemperatur-Gradstunden nach Abschnitt 8.4 zu begrenzen.

Es ist ausreichend, die Berechnungen gemäß Abschnitt 8 Satz 1 der DIN 4108-2 auf jene Räume oder Raumbereiche zu beschränken, für welche die Berechnung nach Abschnitt 8.3 zu den höchsten Anforderungen führen würde. Unter den Voraussetzungen des Abschnitts 8.2.2 der DIN 4108-2: 2013-02 (z. B. Einhaltung des grundflächenbezogenen Fensterflächenanteils der Tabelle 6) darf sogar auf eine Berechnung verzichtet werden.

Als höchstzulässige Sonneneintragskennwerte nach § 3 Absatz 4 der Energieeinsparverordnung (EnEV) sind die in DIN 4108-2: 2013-02 Abschnitt 8.3.3 festgelegten Werte einzuhalten. Der Sonneneintragskennwert des zu errichtenden Wohngebäudes ist nach dem in der Norm genannten Verfahren (siehe Abschnitt 8.3.2) zu bestimmen.

Nach den Anforderungen der EnEV liegt ein ausreichender sommerlicher Wärmeschutz auch dann 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 angege-

benen Übertemperatur-Gradstunden nicht überschritten werden. Auf dieses optionale Nachweisverfahren wird in diesem Beitrag nicht weiter eingegangen.

Das vereinfachte Verfahren ist nicht anzuwenden, wenn die zu bewertenden Räume oder Raumbereiche mit Doppelfassaden oder einem transparenten Wärmedämmsystem (TWD) in Verbindung stehen. In derartigen Fällen ist als Lösung eine dynamische Simulationsberechnung durchzuführen.

Wie schon oben erwähnt, kann auf den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes verzichtet werden, wenn:

- Fensterflächenanteile unter den Grenzwerten nach Tabelle 6 liegen oder
- bei Wohnnutzungen der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil $\leq 35\%$ ist und bei Fenstern in Ost-, Süd- oder Westorientierung zusätzlich ein Abminderungsfaktor des Sonnenschutzes $F_c \leq 0,3$ bei $g > 0,4$ bzw. $F_c \leq 0,35$ bei $g \leq 0,4$ eingehalten wird.

Nach Tabelle 6 der Norm wird für vertikale Nordwest- über Süd- bis Nordost-Fassaden ein Nachweis nicht erforderlich, wenn der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil f_{WG} nicht mehr als 10% beträgt. Dieser Prozentsatz entspricht in der Größenordnung gerademal den Fensterflächen zur Mindesttageslichtversorgung nach den Regelungen der Landesbauordnungen (siehe oben).

Nach dieser Tabelle 6 wird für Dachoberlichtflächen in horizontalen Dachflächen (0° bis 60°) ein Nachweis nach dieser Norm nicht erforderlich, wenn der grundflächenbezogene Dachoberlichtanteil f_{WG} nicht mehr als 7% ausmacht. Dieser Wert liegt allerdings unterhalb der Forderungen der Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4. Hier wird für Dachoberlichter eine Mindestfläche von 8% angesetzt, ausgehend von einem Tageslichtquotienten $\geq 4\%$.

NACHWEISVERFAHREN SONNENEINTRAGSKENNWERTE

Um die Zusammenhänge besser verstehen zu können, muss man sich etwas intensiver mit dem Nachweisverfahren beschäftigen. Der Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an den Sommerlichen Wärmeschutz ist nach DIN 4108-2: 2013-02, Abschnitt 8.3 erbracht, ►

Spalte	1	2	3
Zeile	Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster ^{a)}	Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil ^{b)} f_{WG} in %
1	über 60° bis 90°	Nordwest über Süd bis Nordost	10
2		alle anderen Nordorientierungen	15
3	von 0° bis 60°	alle Orientierungen	7

^{a)} Sind beim betrachteten Raum mehrere Orientierungen mit Fenstern vorhanden, ist der kleinere Grenzwert für f_{WG} bestimmend.

^{b)} Der Fensterflächenanteil f_{WG} ergibt sich aus dem Verhältnis der Fensterfläche zu der Grundfläche des betrachteten Raumes oder der Raumgruppe. Sind beim betrachteten Raum bzw. der Raumgruppe mehrere Fassaden oder z. B. Erker vorhanden, ist f_{WG} aus der Summe aller Fensterflächen zur Grundfläche zu berechnen.

Tabelle 2: Tabelle 6 aus DIN 4108-2: 2013-02: Zulässige Werte des Grundflächen bezogenen Fensterflächenanteils, unterhalb dessen auf einen sommerlichen Wärmeschutznachweis verzichtet werden kann [8]

wenn der vorhandene Sonneneintragskennwert (S_{vorh}) den zulässigen Sonneneintragskennwert (S_{max}) nicht übersteigt. Der Sonneneintragskennwert (S_{max}) setzt sich aus der Summe der anteiligen Sonneneintragskennwerte S_x zusammen. Nachstehend sind die Zusammenhänge in einer Gleichung dargestellt.

$$S_{\text{max}} = \sum S_x \geq S_{\text{vorh}} = \frac{\sum (A_w \cdot g_{\text{total}})}{A_g}$$

Dabei sind:

- S_x anteiliger Sonneneintragskennwert
- A_w Fensterfläche im m^2
- g_{total} Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung einschließlich Sonnenschutz
- A_g Nettogrundfläche des Raumes oder Raumbereiches in m^2
- $g_{\text{total}} = F_c \cdot g$
- F_c Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen
- g Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases für senkrechten Strahlungseinfall

Die Werte für S_x sind Tabelle 8 der DIN 4108-2: 2013-02 zu entnehmen. Sie gliedert sich in Wohn- und Nichtwohngebäude, in die drei Klimaregionen A, B, C sowie nach Einflussfaktoren aus den Bereichen S_1 bis S_6 .

Im Abschnitt 8.1 der DIN 4108-2: 2013-02 werden im Bild 1 drei Klimazonen innerhalb der Bundesrepublik Deutschland unterschieden, um regionale Unterschiede der sommerlichen Klimaverhältnisse zu berücksichtigen. Diesen Klimaregionen sind folgende Bezugswerte der Innentemperatur zugeordnet (siehe Tabelle 9 in DIN 4108-2: 2013-02): Region A: max. 25°C Innentemperatur, Region B: max. 26°C Innentemperatur und Region C: max. 27°C Innentemperatur.

Die Sonneneintragskennwerte S_x sind unterteilt in:

- S_1 Nachtlüftung und Bauart
- S_2 Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG}
- S_3 Sonnenschutzglas
- S_4 Fensterneigung
- S_5 Orientierung der Fenster
- S_6 Einsatz passiver Kühlung

S_1 Nachtlüftung

Je nachdem, ob keine, erhöhte oder hohe Nachtlüftung angesetzt wird, ist S_1 stets in Abhängigkeit einer leichten, mittleren oder schweren Bauart anzusetzen. Bei Wohnnutzung kann in der Regel von der Möglichkeit einer erhöhten Nachtlüftung ausgegangen werden. Die durch S_1 vorgegebenen anteiligen Sonneneintragskennwerte gelten für $f_{\text{WG}} = 25\%$.

S_2 Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG}

Durch den Ansatz von S_2 erfolgt eine Korrektur des S_1 -Wertes, und zwar wird S_2 für Fensterflächenanteile kleiner 25% positiv, für Fensterflächenanteile größer 25% negativ.

S_3 Sonnenschutzglas

Wird für das Fenster ein Sonnenschutzglas mit $g \leq 0,4$ gewählt, ist $S_3 = 0,03$. Als gleichwertige Maßnahme gilt gemäß Fußnote f eine

Sonnenschutzvorrichtung, die die diffuse Strahlung nutzerunabhängig permanent reduziert und durch die ein $g_{\text{total}} \leq 0,4$ erreicht wird.

Das Thema Sonnenschutzglas soll an dieser Stelle näher betrachtet werden: Den besonderen Effekt erreichen Sonnenschutzgläser entweder durch Absorption oder durch Reflexion. Durchgefärbtes Sonnenschutzglas absorbiert die Sonnenstrahlung und gibt die Energie wieder nach außen ab. In der Regel mit Gold bedampft, also beschichtetes Glas bewirkt hingegen, dass die einstrahlende Energie nach außen reflektiert wird.

Bezieht man Sonnenschutzgläser in die Überlegungen zum sommerlichen Wärmeschutz mit ein, muss man sich darüber im Klaren sein, dass neben dem g -Wert, also dem Gesamtenergiedurchlassgrad, auch verschiedene lichttechnische Eigenschaften der Verglasungen bei der Beleuchtung von Innenräumen eine bedeutende Rolle spielen. Zu nennen sind hier z.B. die Farbwiedergabe, der Transmissionsgrad τ_{D65} bzw. τ_e oder der circadiane Wirkfaktor g_{msv} . In der LiTG-Publikation 33 »Tageslicht kompakt« [8] ist eine informative Tabelle abgedruckt, die verschiedene Verglasungsvarianten, u.a. Standard-Isolier-, Wärmeschutz- und Sonnenschutzverglasungen, miteinander vergleicht (siehe Tabelle 2). Danach haben alle Sonnenschutzgläser absolut gesehen deutlich geringere Transmissionsgrade als die übrigen aufgeführten Verglasungen (z.B. Doppel-Sonnenschutzverglasungen zu Doppel-Isolierverglasungen: $0,52/0,81 = 64\%$). Dies ist selbst dann der Fall, wenn die Selektivität der Sonnenschutzgläser, also das Verhältnis aus Lichttransmissionsgrad τ_{D65} zu g -Wert, größer ist. Dies bedeutet zwangsläufig, dass die im Innenraum zu erwartenden Beleuchtungsstärken niedriger ausfallen werden. Im oben angeführten Beispiel immerhin um mehr als ein Drittel!

Auch muss man bedenken, dass der Einbau einer Sonnenschutzverglasung eine permanente Maßnahme darstellt, die auch dann greift, wenn man sie eigentlich gar nicht braucht, was bekanntlich die überwiegende Zeit des Jahres der Fall sein wird.

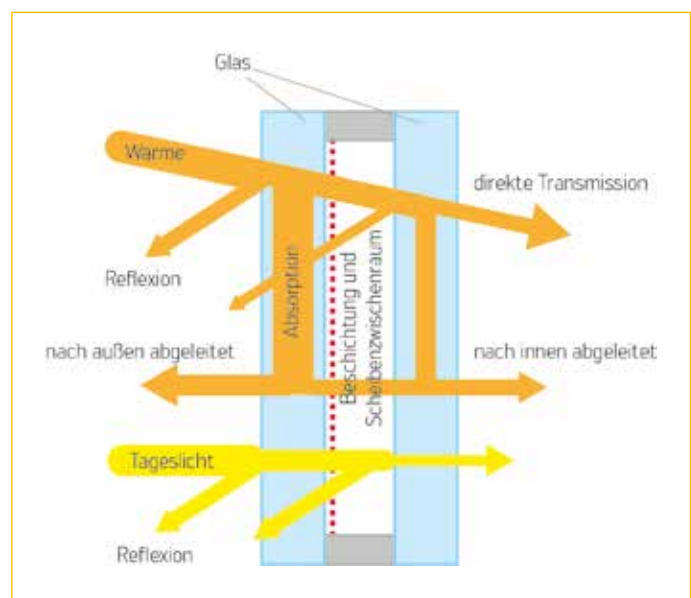


Abb. 5: Passiert das Tageslicht Sonnenschutzgläser bzw. -glasverbände, so wird auch der Anteil der sichtbaren Strahlung reduziert. Typische Wirkungsgrade für die Lichtdurchlässigkeit liegen zwischen 50 und 70 %.

Glastyp	Transmission		g-Wert [-]	Selektivität $s = \tau_{D65}/g$	Wärmedurchgangskoeffizient U in W/m ² K	Circadianer Wirkfaktor		Farbtemperatur des transmittierten Lichts T_{CP} in K	Farbwiedergabe des transmittierten Lichts	
	Licht τ_{D65}	Energie τ_e				$a_{ms,v}$	$a_{ms,v,eff}$		allgemein R_a in %	Rot R_g in %
Ideales Glas (Lichtart D65)	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,94	0,94	6500	100	100
Einfachverglasung	0,90	0,85	0,87	1,04	5,9	0,94	0,85	6510	99	96
Doppel-ISV	0,82	0,74	0,78	1,05	2,8	0,94	0,77	6520	98	93
	0,81	0,62	0,74	1,09	2,8	0,93	0,75	6460	97	89
2-Scheiben-WMSV	0,79	0,53	0,63	1,24	1,1	0,92	0,72	6370	96	85
	0,66	0,41	0,50	1,32	1,1	0,89	0,59	6210	96	81
	0,72	0,40	0,56	1,28	1,1	0,90	0,65	6270	96	77
2-Scheiben-SSV	0,69	0,37	0,40	1,73	1,0	0,90	0,62	6310	93	79
	0,52	0,25	0,28	1,89	1,0	0,87	0,46	6170	94	63
	0,59	0,28	0,30	1,96	1,0	0,89	0,53	6270	94	69
3-Scheiben-WMSV	0,69	0,40	0,49	1,40	0,65	0,89	0,61	6260	99	74
3-Scheiben-SSV	0,60	0,30	0,36	1,67	0,67	0,88	0,53	6200	90	68
	0,42	0,18	0,25	1,68	0,67	0,84	0,35	6030	92	45

S_4 Fensterneigung und S_5 Orientierung

Diese beiden Sonneneintragskennwerte berücksichtigen zum einen den negativen Einfluss von Fenstern mit einer Neigung von $\leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen), zum anderen den positiven Einfluss von Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierten Fenstern, wenn die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist, und den positiven Einfluss von Fenstern, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind.

S_6 Einsatz passiver Kühlung

Dieser Sonneneintragskennwert wird in Abhängigkeit einer leichten, mittleren oder schweren Bauart ausgewählt.

ANWENDUNG DER GLEICHUNG

Sensibilität der Grundgleichung für S_{vorh}

Rechnet man nach der Gleichung

$$S_{vorh} = \sum(A_w \cdot g_{total}) / A_g$$

Beispiele durch, stellt man fest: Je mehr Fensterfläche vorhanden ist und umso größer der vorhandene Sonneneintragskennwert S_{vorh} wird, desto schwieriger wird es, die Gleichung $S_x \geq S_{vorh}$ zu erfüllen!

Um die Sensibilität der Gleichung zu untersuchen, wurde ein Musterzimmer mit 10 m² Fensterfläche und 100 m² Grundfläche für verschiedene Gesamtenergiedurchlassgrade (Verglasungen) und Abminderungsfaktoren für Sonnenschutzvorrichtungen gerechnet. Gemäß der Ergebnisse in **Tabelle 3** führt eine Halbierung des g - und des F_c -Wertes zu einer Verringerung von S_{vorh} um 75%!

Zwei praxisnahe Beispiele zeigen im Folgenden die Probleme auf, die bei der Erfüllung der Anforderungen an den Sommerlichen Wärmeschutz gemäß Energieeinsparverordnung entstehen können.

Tabelle 2: Lichttechnische Eigenschaften für verschiedene Sonnen- und Wärmeschutzgläser bzw. Glasverbünde (Tabelle aus [8])

Gesamtenergiedurchlassgrad g	Abminderungsfaktor für Sonnenschutz F_c	Vorhandener Sonneneintragskennwert S_{vorh}
1	1	0,1
0,5	0,5	0,025
0,25	0,25	0,0065

Tabelle 3: Vorhandene Sonneneintragskennwerte S_{vorh} für einen Musterraum mit 10 m² Fensterfläche und 100 m² Grundfläche für verschiedene g und F_c -Werte

Beispiel 1: Bungalow mit Oberlicht [6]

Das hier betrachtete Wohngebäude ist mit Lichtflächen in Fassaden und im Dach ausgestattet. **Abb. 6** listet sämtliche für die Berechnung erforderlichen Parameter. ▶

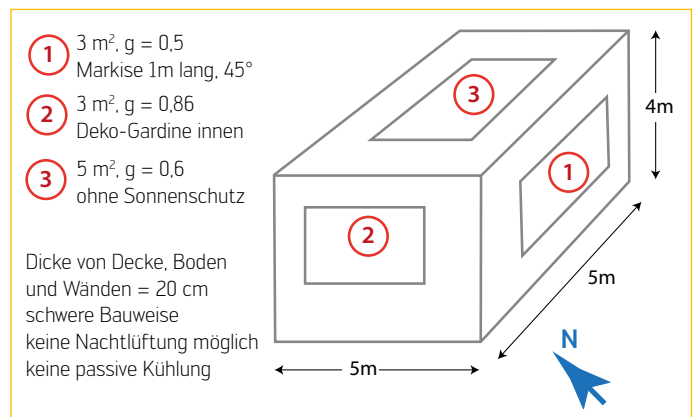


Abb. 6: Abmaße und Kennwerte für Fenster und Oberlicht im Bungalow

Mit dieser Konfiguration kann der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß nachstehender Berechnung nicht erfolgreich erbracht werden:

$$S_1 = 0,087$$

$$S_2 = a - (b \cdot f_{WG}) = a - (b \cdot \frac{A_W}{A_G}) = 0,060 - (0,231 \cdot \frac{11}{21,16}) = -0,060$$

$$S_3 = 0$$

$$S_4 = -0,035 \cdot f_{neig} = -0,035 \cdot (\frac{A_{W,neig}}{A_W}) = -0,035 \cdot (\frac{5}{11}) = -0,0159$$

$$S_5 = 0,10 \cdot f_{nord} = 0,10 \cdot (A_{W,nord}/A_{W,gesamt}) = 0,10 \cdot (6/11) = 0,055$$

$$S_6 = 0$$

$$S_{vorh} = \frac{3m^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 5m^2 \cdot 0,6 \cdot 1,0 + 3m^2 \cdot 0,86 \cdot 1,0}{21,16m^2} = 0,299$$

$$S_x = 0,0661 < S_{vorh} = 0,299 \rightarrow \text{nicht zulässig!}$$

Um zu einer Lösung zu kommen, wird deshalb eine Sonnenschutzverglasung zur Verbesserung erwogen. Die Sonnenschutzverglasung wirkt nun auf beiden Seiten der Gleichung. Sie vergrößert den anteiligen Sonneneintragskennwert S_x und verringert gleichzeitig den vorhandenen Sonneneintragskennwert S_{vorh} . So lässt sich der Nachweis leicht erbringen. Diese Vorgehensweise birgt allerdings zwei Mängel: Zum einen muss die einseitige Bevorzugung einer speziellen Produktlösung – hier Sonnenschutzverglasung – kritisiert werden. Zum anderen liefert ein Sonnenschutzglas keinen neutralen Farbeindruck im Innenraum, was besonders mit Blick auf die ArbStättV relevant ist.

Beispiel 2: Hochhaus mit einer Ganzglasfassade (Quelle Dr. Cornelia Moosmann)

Für ein Hochhaus in Frankfurt mit einer Ganzglasfassade sowie innenliegendem Sonnen- und Blendschutz ist als Zielgröße, um DIN 4108-2 zu erfüllen, ein g-Wert von 0,12 (bei geschlossenem Sonnenschutz) angedacht. Notwendig wird hierfür eine Verglasung mit einem g-Wert von 0,2 und einem Lichttransmissionsgrad τ_{065} von lediglich 0,40! Ein Blick in die [Tabelle 2](#) zeigt, dass dies nur etwa die Hälfte eines eventuell möglichen Lichttransmissionsgrades von über 80 % ist. Darüber werden sich die zukünftigen Nutzer an trüben Wintertagen sicher nicht freuen!

KRITIK

- Tabelle 6 aus DIN 4108-2 eröffnet Lösungsmöglichkeiten (ohne Nachweis), die, wenn sie gewählt werden, die Mindestanforderungen vieler LBOs an Fenster in Aufenthaltsräumen unterschreiten.
- Tabelle 6 DIN 4108-2 eröffnet Lösungsmöglichkeiten (ohne Nachweis), wobei für Hallenbauten mit Dachoberlichtern die Anforderungen der ASR A 3.4 unterschritten werden.
- Der Lichttransmissionsgrad τ ist leider kein Beurteilungskriterium im Nachweisverfahren.
- Selbst Standardverglasungen mit einem außenliegenden Sonnenschutz sind in der Regel nicht in der Lage, den geforderten Nachweis zu erbringen. (Die VBG bietet ein Formblatt für die einfache Berechnung des Kennwertes für den sommerlichen Wärmeschutz [9].)
- Permanente, also dauerhaft vorhandene Lösungen (z. B. Sonnenschutzglas) haben größeren Einfluss bzw. Vorrang vor temporären

Maßnahmen (variabler Sonnenschutz). Grundsätzlich sollten aber Sonnenschutzmaßnahmen nur dann zum Einsatz kommen, wenn sie auch gebraucht werden.

- Sonnenschutzglas erfüllt nach Auffassung des Verfassers nicht die Anforderung an eine »möglichst farbneutrale Verglasung«.

FAZIT:

- Die eingangs gestellte Frage, ob DIN 4108-2 einer guten Tageslichtversorgung in Gebäuden entgegensteht, beantwortet der Autor mit: »Ja, aufgrund der Unzulänglichkeiten des Verfahrens kann aus meiner Sicht die Anwendung – bzw. eventuell falsche Anwendung – der DIN 4108-2 eine gute Tageslichtversorgung verhindern!«
- Bei einer Überarbeitung der DIN 4108-2 müssen die aufgezeigten Unzulänglichkeiten angesprochen werden. Die Mängel sind unbedingt abzustellen.
- Die Belange einer guten Tageslichtversorgung (Menge und Qualität des Tageslichts) sind vorrangig vor den Belangen des sommerlichen Wärmeschutzes zu berücksichtigen. Dies muss auch dem Verordnungsgeber bewusst werden.
- Der Lichttransmissionsgrad τ_{065} muss als neue Leitgröße mit in die Betrachtung einbezogen werden.
- Eventuell sind neue Entwicklungen/Überlegungen zur biologischen Wirkung des Lichts auf den Menschen (Melanopischer/Circadianer Wirkfaktor) zusätzlich zu berücksichtigen.
- Eine Überarbeitung der Norm ist beantragt und eine Arbeitsgruppe ist bereits tätig.

LITERATUR

- [1] DIN 4108-2:2013-02 »Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [2] Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), Fassung November 2016
- [3] Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 Beleuchtung
- [4] U. Fischer: Lichtkuppeln, Lichtbänder und Tageslichtquotient, 1998, Studie für den FVLR, Detmold
- [5] DIN 5034 »Tageslicht in Innenräumen«
- [6] Vorlesungsskript von Prof. Dr.-Ing. Susanne Schwickert von der Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Detmold
- [7] Energieeinsparverordnung
- [8] S. Aydinli, J. de Boer., W. Cornelius, M. Knoop, G. Volz: LiTG-Publikation 33, Tageslicht kompakt – Tageslichttechnik und Tageslichtplanung in Gebäuden, 2016, ISBN 978-3-927787-53-7
- [9] http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Faltblatt/Themen/Arbeitsstaetten_gestalten/fi_form_b_sonne.pdf?__blob=publicationFile&v=6 ■

Autor: Dipl.-Ing. Wolfgang Cornelius VDI, FVLR Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V., Detmold, E-Mail: wolfgang.cornelius@fvlr.de