

Tageslichtberechnung

Oberlichter richtig dimensionieren

Fällt Tageslicht in großflächigen Gebäuden über Oberlichter ein, bringt dies einige Vorteile gegenüber der Belichtung durch Seitenfenster. Neben der gleichmäßigeren Beleuchtung erhalten auch die von den Außenwänden weit entfernten Bereiche ausreichend natürliches Licht. Doch wie groß müssen Dachlichtöffnungen eigentlich sein? *mikado* zeigt, wie richtig dimensioniert wird.



FISCHER

Lichtkuppeln und Lichtbänder eignen sich vor allem für eingeschossige Industrie- und Fertigungsgebäude mit Flachdach. Um eine optimale Helligkeit zu gewährleisten, muss die Fläche der Dachlichtöffnungen auf die Nut-

zungen und baulichen Eigenschaften des Gebäudes abgestimmt werden. Grundlage für die Tageslichtplanung ist die DIN 5034. Mit den Projektierungsregeln in Teil 6 der Norm lässt sich die Dimensionierung der Dachlichter schnell be-

In dieser Fertigungshalle einer Zimmerei sorgen zwei Lichtbänder für ausreichend Tageslicht

rechnen. Die Berechnung basiert auf folgenden Werten:

- angestrebte Beleuchtungsstärke im Gebäude (Tageslichtquotient)
- Raumproportionen
- Minderungsfaktoren (Lichteinfallswinkel, Einbauform und Versprossung der Oberlichter, Verschmutzung, Beschaffenheit des Lichtschachts)
- Reflexions- bzw. Transmissionswerte der verwendeten Materialien

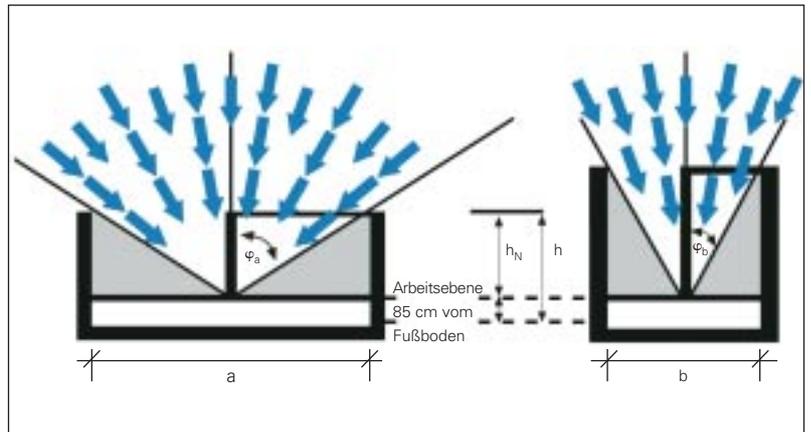
Außenlicht für drinnen

Die Kenngröße für das Beleuchtungsniveau durch Tageslicht in einem Innenraum ist der Tageslichtquotient D . Er gibt den prozentualen Anteil der Beleuchtungsstärke im Freien (festgelegter Näherungswert: 5000 Lux) bei gleichmäßig bedecktem Himmel wieder, der innen erreicht wird bzw. werden soll.

Der Tageslichtquotient bildet sich aus der Summe des direkt vom Himmel erzeugten Himmelslichtanteils D_H , des durch Reflexion an Verbauung, Gelände erzeugten Außenreflexionsanteils D_V und dem durch Reflexion an den Rauminnenflächen erzeugten Innenreflexionsanteil D_R . Da Licht durch Fenster oder Oberlichtöff-



Raumproportionen und Lichteinfallswinkel



nungen einfallen kann, wird D_H aus der Summe von D_F und D_{OL} gebildet. Bei Tageslichtquotienten, die durch stark lichtstreuende Verglasungen erzeugt werden, fallen die Außenanteile D_H und D_V zum direkt erzeugten Anteil D_{dir} zusammen. Beim mittleren Tageslichtquotienten D_M (siehe Tabelle unten) handelt es sich um den Mittelwert aus verschiedenen Messungen im Innenraum.

In der Nutzebene des Raums, d.h. 0,85 m über dem Boden, sollte der Mittelwert für den durch Oberlichter erreichten Tageslichtquotienten D_{OL} zwischen 4 und 10 % liegen. Ist er niedriger, wirkt der Raum dunkel und bedrückend. Liegt er darüber, kann das Raumklima durch die Sonneneinstrahlung negativ beeinflusst werden. Im Hochsommer macht dann ein zu

Diese Gewerbehalle in der Schweiz erhält ihre natürliche Beleuchtung durch bandförmig angeordnete Lichtkuppeln

hoher Tageslichtquotient eine zusätzliche Lüftung oder Kühlung der Räume erforderlich.

Zusätzliche Helligkeit durch Lichtreflexion

Decke, Boden und Wände reflektieren das durch die Oberlichter einfallende Licht. Diese Reflexion beeinflusst die Beleuchtungsstärke, sodass die Fläche der Oberlichter bei guter Lichtreflexion entsprechend kleiner sein kann. Der Lichtreflexionsgrad ρ_{D65} gibt das Verhältnis des von der Oberfläche eines lichtundurchlässigen Materials zurückgestrahlten Strahlungsflusses zur auftreffenden Strahlung für die Normlichtart D65 an. Falls detaillierte Vorgaben zur Ausführung der Raumbegrenzungsflächen (Decke, Wände, Boden) fehlen, können die Reflexionsgrade für die Bemessung der zweckmäßigen Oberlichtfläche aus der unten Tabelle angenommen werden:

Näherungswerte für Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen

Raumbegrenzungsfläche	Durchschnittlicher Reflexionsgrad
Decke	0,55
Wände	0,35
Boden	0,15
Lichtschacht	0,55

Ein Teil des Lichts bleibt draußen

Die für Oberlichter verwendeten lichtdurchlässigen Materialien lassen nicht die gesamte Strahlung durch, sondern reflektieren oder absorbieren einen Teil. In der Größenberechnung der Oberlichter fließt dieser Umstand durch den Lichttransmissionsgrad τ_c ein. Er gibt den prozentualen Anteil des auftreffenden Lichtes an, der vom jeweiligen Material durchgelassen wird. Für die Normlichtart D65 liegt der Transmissionsgrad für Fensterglas beispielsweise bei 90 %, für Standardisolierverglasungen bei max. 76 %, für Milchglas zwischen 10 und 40 %. Die Werte für weitere Materialien können der DIN 5034 entnommen werden.

Entscheidenden Einfluss auf den einfallenden Lichtstrom haben die Raumproportionen, denn die vier Wände eines Raumes begrenzen die möglichen Einfallswinkel des Himmelslichts: Je höher die Wände und je schmaler der Raum, desto weniger Licht kommt auf der Nutzebene des Raumes an (siehe Abbildung oben).

Die sog. „relativen Tageslichtquotienten“ oder „Raumwinkelfaktoren“ ϑ_a und ϑ_b geben in Abhängigkeit zur Raumlänge a , Raumbreite b und Raumhöhe h an, wie viel des

Empfohlene Beleuchtungsstärken und Tageslichtquotienten für verschiedene Beleuchtungsansprüche

Ansprüche an die Beleuchtung	Mittlere Beleuchtungsstärke (Lux)	Mittlerer Tageslichtquotient D_M (%)
Sehr gering	30–50	1
Gering	50–100	1–2
Mäßig	100–250	2–5
Hoch	250–500	5–10
Sehr hoch	500–1000	10–20
Außergewöhnlich	über 1000	> 20

verfügbaren Himmelslichts durch die Raumabmessungen verloren geht. Sie errechnen sich wie folgt:

$$\tan \varphi_a = \frac{a}{2 \cdot h_N}$$

$$\tan \varphi_a = \frac{a}{2 \cdot h_N} \text{ und } \tan \varphi_b = \frac{b}{2 \cdot h_N}$$

$$\vartheta_a = \frac{\varphi_a \cdot 8}{7 \cdot 180} + \frac{3}{7} \cdot \sin \varphi_a + \frac{4}{7 \cdot \pi} \cdot \sin (2 \cdot \varphi_a)$$

$$\vartheta_b = \frac{\varphi_b \cdot 8}{7 \cdot 180} + \frac{3}{7} \cdot \sin \varphi_b + \frac{4}{7 \cdot \pi} \cdot \sin (2 \cdot \varphi_b)$$

Minderung des Lichteinfalls

Eine Reihe von Faktoren mindert die Beleuchtungsstärke und muss daher in die Berechnung aufgenommen werden. Beispielsweise reduzieren Rahmen und Unterteilungen der Dachlichtelemente den Lichteinfall. Die Minderungswerte können je nach Konstruktion zwischen 10 und 60 % liegen. Der Korrekturwert k_1 zur Berücksichtigung der Versprossung errechnet sich durch das Verhältnis der lichtdurchlässigen Fläche zur Gesamtfläche der für das Oberlicht genutzten Rohbauöffnung. Der k_1 -Wert kann entweder nach DIN 5034 be-

rechnet oder bei den Herstellern erfragt werden.

Äußere und innere Verschmutzungen der Oberlichter beeinflussen den Lichteinfall ebenfalls. Dabei ist der Grad der Verschmutzung von den örtlichen Verhältnissen, der Einbaulage der Oberlichter und der Nutzung des Raumes abhängig. Grundsätzlich gilt: Je steiler die Verglasung, umso geringer ist die Verschmutzung. Die gewölbte Form der Lichtkuppel begünstigt also den „Reinwascheffekt“ durch den Regen. Als Korrekturwert k_2 für die Verschmutzung kann vereinfacht der Wert 0,8 eingesetzt werden.

Bei bedecktem Himmel verursachen außerdem Reflexionsverluste eine geminderte Lichttransmission. Zudem erfolgt die Einstrahlung ungerichtet. Hingegen wurde der Lichttransmissionsgrad nur für senkrecht auf die Oberfläche auftreffende Strahlung ermittelt. Um diese Minderung zu berücksichtigen, ist bei Oberlichtern der materialabhängige Transmissionsgrad mit dem Korrekturfaktor $k_3 = 0,85$ zu multiplizieren.

Lichtkuppeln werden in Verbindung mit Aufsetzkränzen montiert, Lichtbänder auf bauseitige oder werkseitig vorbereitete Zargen.

Diese bilden zusammen mit der Deckenöffnung und eventuell erforderlichen Deckenunterzügen mehr oder weniger tiefe Lichtschächte. Je nach Höhe beschneiden diese Schächte den Lichteinfallswinkel. Um eine möglichst gleichmäßige Leuchtdichteverteilung zu gewährleisten, sollten Lichtschächte möglichst mit schrägen Wänden versehen werden. Der Minderungsfaktor k_e bringt die Lichtminderung durch den Schachteinfluss in die Flächenberechnung ein. Kombiniert mit dem Einfluss, den überdies eventuell die Form des Oberlichts auf den Lichteinfall hat, ergibt sich der Korrekturfaktor k_4 wie folgt:

Mit dem Schachtfaktor w :

$$w = 0,5 \cdot \left(\frac{h_s}{a_s + 2 \cdot h_g / \tan \gamma_w} + \frac{h_s}{b_s + 2 \cdot h_g / \tan \gamma_w} \right)$$

ergibt sich k_e zu:

$$k_e = [(0,01 \cdot (90^\circ - \gamma_w) + 0,1)^{0,45}]^w$$

Rechenwert k_4 zur Berücksichtigung der Lichtminderung durch die Einbauform und den Schachteinfluss:

für Satteloberlichter	$k_4 = \cos \gamma_F \cdot k_e$
für 60°-Shedlichter	$k_4 = 0,63$
für 90°-Shedlichter	$k_4 = 0,38$
für Lichtkuppeln	$k_4 = k_e$
für Gewölbeoberlichter	$k_4 = k_e$

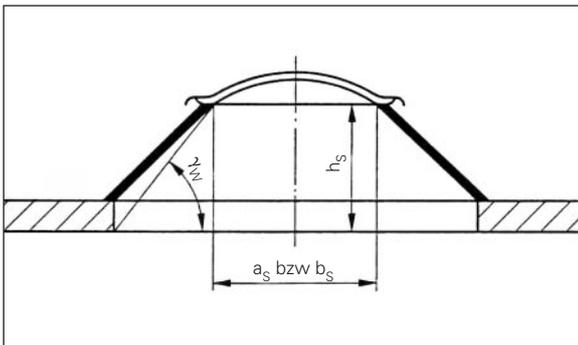


Immer schön der Reihe nach: Hintereinander angeordnete Lichtkuppeln wirken ähnlich wie ein Lichtband

Dieses Lichtband am First eines Ausstellungspavillons ist etwas zu schmal ausgefallen. Eine breitere Öffnung wäre vorteilhaft



Größen zur Tageslichtberechnung für Räume mit Lichtkuppeln



DIN 5034-3, BELEUCHTUNG

Zur Ermittlung des Minderungsfaktors k_e muss zunächst der Schachtindex w berechnet werden. Dabei sind a_s , b_s die Länge und Breite der Lichtöffnung und h_s die Höhe des Lichtschachtes. γ_w ist die Neigung seiner Wände gegen die Horizontale.

Die ausführliche Formel zur Berechnung der notwendigen Gesamtlichtfläche der Oberlichter lautet:

$$A_F = \frac{D_{OL} \cdot a \cdot b}{\tau_{D65} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \vartheta_a \cdot \vartheta_b \cdot 100} \cdot (1 - \rho_B \cdot \rho_D)$$

Da Räume mit Oberlichtbeleuchtung in der Regel eine große Grundfläche aufweisen, kann der Einfluss der Innenreflexion an den Wänden vernachlässigt werden. Durch Näherungswerte für Decke

und Boden, ρ_D und ρ_B , vereinfacht sich die Formel auf:

$$A_F = \frac{D_{OL} \cdot a \cdot b \cdot 0,009175}{\tau_{D65} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \vartheta_a \cdot \vartheta_b}$$

Gleichmäßige Beleuchtung

Außer ihrer Gesamtgröße spielt die Verteilung der Lichtelemente für eine angenehme und gleichmäßige Beleuchtung eine entscheidende Rolle. Eine ungleichmäßige Verteilung der Beleuchtungsstärke erzeugt harte Wechsel zwischen Hell- und Dunkelzonen, eine unzureichende Gesamtausleuchtung des Raumes und starke Kontraste und Blendungen, die zur Ermüdung führen können.

Beim Einsatz von Oberlichtern in hell gestalteten Räumen zeigt die Erfahrung, dass eine gleichmäßige Beleuchtungsstärke erreicht wird, wenn der Abstand zwischen den einzelnen Oberlichtern nicht größer ist als die Höhe von deren Unterkanten über dem Boden. Lichtbänder sollten nicht breiter sein als die halbe Raumhöhe. Darüber hinaus gewährleisten lichtstreuende Verglasungsmaterialien wie beispielsweise Milch- oder Mattglas oder opalisierte Kunststoffplatten angenehme Lichtverhältnisse und eine möglichst geringe Blendung. Eine helle Raumgestaltung reduziert die Blendgefahr ebenfalls, da

so harte Übergänge von Licht- und Schattenzonen vermieden werden.

Dipl.-Ing. Wolfgang Cornelius VDI, Detmold

Tageslicht zum Nachlesen

Die Mitgliedsunternehmen des FVLR bieten tageslichttechnische Projektierungen an. Die Adressen sind auf den Internetseiten des Verbandes abrufbar. Planern und Architekten bietet insbesondere Heft 9 aus der Schriftenreihe des FVLR eine praxisnahe Hilfe zur Projektierung von Oberlichtern. Die Broschüre mit dem Titel „Tageslichtberechnung im Detail“ erläutert die wichtigsten Rechengrößen und stellt sie zu einer einfachen Formel zusammen, mit der die Gesamtfläche der Oberlichter im Rohbaumaß überschlägig ermittelt werden kann. Sie ist kostenlos erhältlich bei

FVLR Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und RWA e. V.

D-32758 Detmold
Telefax 0 52 31/3 09 59-29
E-Mail info@fvlr.de
www.fvlr.de