

ZVEI-Leitfaden zur DIN EN 12464-1

DIN EN 12464-1

Beleuchtung von
Arbeitsstätten –
Teil 1:
Arbeitsstätten
in Innenräumen

| Inhalt | Seite |
|---|--------------|
| 1 Vorwort | 3 |
| 2 Rechtsbezug zu Arbeitsstättenverordnung, Arbeitsstättenrichtlinien ASR 7/3, berufsgenossenschaftlicher Regel BGR 131 und DIN 5035 | 4 |
| 3 Neuerungen in DIN EN 12464-1 | 4 |
| 4 Wartungswert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m | 4 |
| 5 Bereich der Sehaufgabe und unmittelbarer Umgebungsbereich | 5 |
| 6 Bewertungsraster (zur Planung und Berechnung von Beleuchtungsanlagen) | 11 |
| 7 Begrenzung der Blendung | 12 |
| 7.1 Bewertung der psychologischen Blendung durch das UGR-Verfahren | |
| 7.2 Abschirmmaßnahmen | |
| 7.3 Leuchtdichtegrenzen zur Vermeidung von Reflexblendung | |
| 8 Wartung der Beleuchtungsanlage | 14 |
| 8.1 Dokumentation des Wartungsfaktors | |
| 8.2 Ermittlung des Wartungsfaktors | |
| 8.3 Referenz-Wartungsfaktoren | |
| 9 Anhänge | |
| 9.1 Unterschreiten der Anforderungen von DIN EN 12464-1 gegenüber DIN 5035 (Anhang 1) | 19 |
| 9.2 Bewertungsraster (Anhang 2) | 21 |
| 9.3 Blendungsbewertung von Innenraum-Beleuchtungsanlagen (Anhang 3) | 22 |
| 9.4 Erläuterung zu den Wartungsfaktoren (Anhang 4) | 25 |
| 10 Literatur | 26 |
| Impressum | 27 |

1 Vorwort

Dieser Leitfaden hilft, DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten – Arbeitsstätten in Innenräumen“ für die Planung von Beleuchtungsanlagen anzuwenden. Die EN 12464-1 wurde in ausführlicher Diskussion als europäische Norm erarbeitet. Sie umfasst alle relevanten Anwendungsbereiche der bisherigen Norm DIN 5035 „Beleuchtung mit künstlichem Licht“. Mit dem Erscheinungsdatum März 2003 dokumentiert DIN EN 12464-1 den aktuellen Stand der Technik. Die EN 12464-1 gilt in ganz Europa und in ähnlicher Form als ISO 8995/CIE S 008 als ISO-Standard auch weltweit.

Die Begriffe der europäischen Norm werden anschaulich erläutert. Auf Basis von DIN EN 12464-1 können zwar Planungen gemacht werden, diese sind aufgrund variierender Annahmen jedoch nicht unbedingt vergleichbar. Um die Vergleichbarkeit herzustellen, gibt dieser ZVEI-Leitfaden Empfehlungen und zeigt Beispiele u. a. zu Wartungsfaktoren und Bewertungsflächen. Die Empfehlungen und Beispiele entsprechen weitgehend der Informationsschrift BGI 856 „Beleuchtung im Büro“ (April 2003), die ihrerseits auf DIN 5035 Teil 7 „Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen“ (August 2004) aufbaut und für den Anwendungsbereich der Bürobeleuchtung entwickelt wurde.

Der Rechtsbezug wurde mit der Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN) sowie dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) abgestimmt.

2 Rechtsbezug zu Arbeitsstättenverordnung, Arbeitsstättenrichtlinien ASR 7/3, berufsgenossenschaftlicher Regel BGR 131 und DIN 5035

In Deutschland werden Anforderungen an den Arbeitsschutz für die Beleuchtung von Arbeitsstätten in der Arbeitsstättenverordnung, der Arbeitsstättenrichtlinie (ASR 7/3) sowie in den geltenden BGR-Regeln (BGR 131 „Arbeitsplätze mit künstlicher Beleuchtung und Sicherheitsleitsysteme“) festgelegt.

Bei Anwendung der ASR 7/3 bzw. der BGR 131 und der darin in Bezug genommenen DIN 5035, Teile 1 und 2, darf davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung erfüllt sind. Infolge der Neufassung der Arbeitsstättenverordnung vom August 2004 soll die ASR 7/3 überarbeitet werden. Die BGR 131 wird zur Zeit dem Stand der Technik angepasst.

Da zwischenzeitlich einige Teile von DIN 5035 durch DIN EN 12464-1 ersetzt wurden, entstanden für Planer Unsicherheiten. Der ZVEI empfiehlt für die Übergangsphase bis zur Neufassung der ASR 7/3 und der BGR 131 folgendes:

Bei der Beleuchtungsplanung soll – in Abstimmung mit dem Auftraggeber – anstatt DIN 5035, Teile 1 und 2, auf die o. g. Regelwerke noch verweisen, DIN EN 12464-1 herangezogen werden. Dabei sollte die Auslegung der Bewertungsflächen für die lichttechnischen Gütemerkmale (Arbeitsbereiche) mit Hilfe dieses Leitfadens erfolgen.

Bei der Anwendung von DIN EN 12464-1 wird in der Regel heute geltendes Recht in Bezug auf DIN 5035, Teile 1 und 2, im wesentlichen (Ausnahmen siehe Abschnitt 9.1) erfüllt.

3 Neuerungen in DIN EN 12464-1

In der neuen Norm finden sich sowohl die lichttechnischen Gütemerkmale als auch die die Schwierigkeit der Sehaufgabe beeinflussenden Faktoren in gewohnter Form wie in DIN 5035 Teil 1 wieder.

Änderungen betreffen einige grundsätzliche Konzepte sowie Verfahren zur Bewertung einzelner Gütemerkmale. Neuerungen von besonderer Bedeutung sind:

- Einführung des Bereichs der Sehaufgabe und des unmittelbaren Umgebungsbereichs
- Einführung des Wertes der Beleuchtungsstärke
- Einführung eines neuen Verfahrens zur Bewertung der Direktblendung (UGR)
- Einführung neuer Grenzwerte zur Bewertung der Reflexblendung bei der Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen

DIN EN 12464-1 führt die Kriterien der Beleuchtung auf, die nach wie vor Voraussetzung für Beleuchtungsqualität sind:

- Angenehmes Lichtklima
- Harmonische Leuchtdichteverteilung
- Ausreichende Beleuchtungsstärke gemäß der in den Tabellen „Verzeichnis der Beleuchtungsanforderungen“ aufgeführten Tätigkeiten
- Gute Gleichmäßigkeit
- Begrenzung von Direkt- und Reflexblendung sowie von Schleierreflexionen
- Richtige Lichtrichtung und angenehmes Modelling
- Passende Lichtfarbe und Farbwiedergabe
- Vermeiden von Flimmern und stroboskopischen Effekten
- Berücksichtigen des Tageslichts

4 Wert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m

Die Beleuchtungsstärken haben großen Einfluss darauf, wie schnell, leicht und zuverlässig Sehaufgaben gelöst werden können. Die in der Norm festgelegten Werte der Beleuchtungsstärke für den Bereich der Sehaufgabe und den unmittelbaren Umgebungsbereich sind Wertes, d. h. Werte, unter die die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer Bewertungsfläche nicht sinken darf. Es handelt sich somit um mittlere Beleuchtungsstärken zu dem Zeitpunkt, an dem eine Wartung durchzuführen ist.

5 Bereich der Sehaufgabe und unmittelbarer Umgebungsbereich

Der **Bereich der Sehaufgabe** ist definiert als der Teil des Arbeitsplatzes, in dem die Sehaufgabe ausgeführt wird. Die für die Sehaufgabe erforderliche Sehleistung wird bestimmt von den sehrelevanten Elementen (Objektgröße, Kontrast gegen den Hindergrund, Leuchtdichte des Objektes und Darbietungszeit) der auszuführenden Tätigkeit.

Ist die Größe und/oder die Lage des Bereiches der Sehaufgabe nicht bekannt, so muss der Bereich als Bereich der Sehaufgabe angenommen werden, in dem die Sehaufgabe auftreten kann.

Der **unmittelbare Umgebungsbereich** ist definiert als die sich im Gesichtsfeld befindende Fläche, die den Bereich der Sehaufgabe direkt umgibt. Dieser Umgebungsbereich muss nach DIN EN 12464-1 mindestens eine Breite von 0,5 m aufweisen und kann damit als ein den Bereich der Sehaufgabe umschließender Streifen aufgefasst werden.

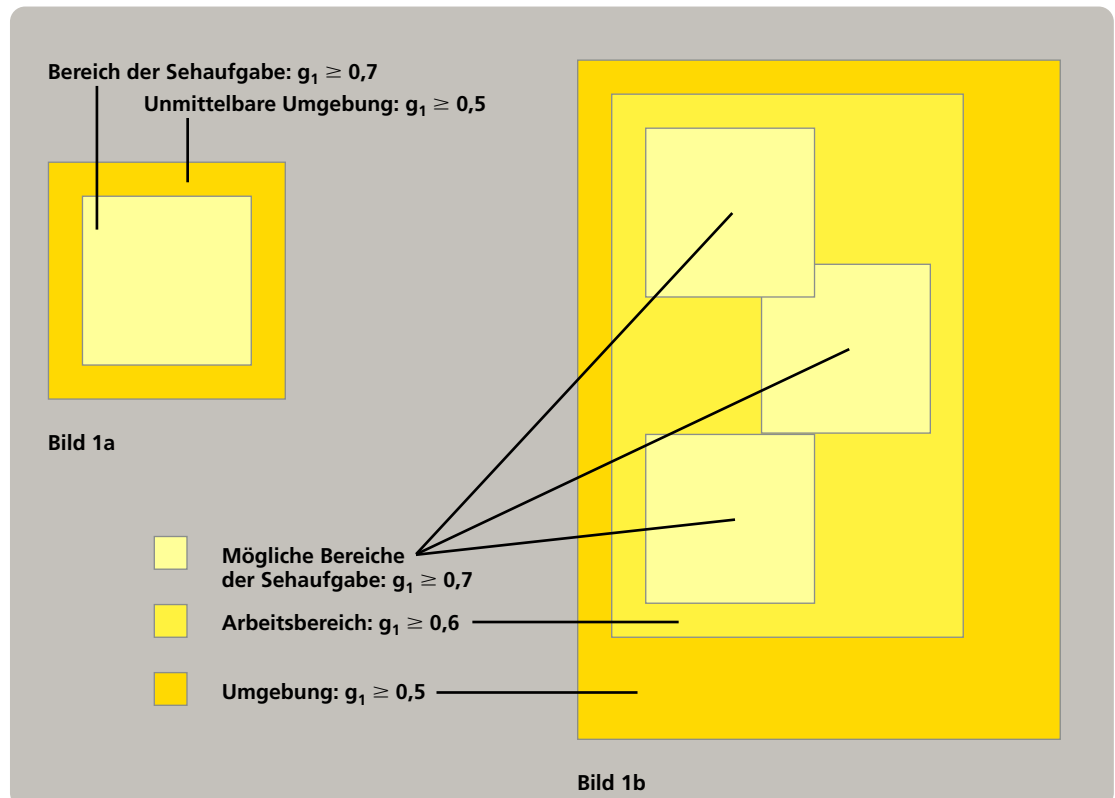
Bei der Planung einer Beleuchtungsanlage lässt sich die genaue Lage der Sehaufgabe oft nicht festlegen, da

- die genaue Lage des Bereiches der Sehaufgabe nicht bekannt ist oder
- die Tätigkeit mehrere unterschiedliche Sehaufgaben umfasst.

Für diese Fälle wird empfohlen, mehrere Bereiche der Sehaufgabe (gem. DIN EN 12464-1) zu einer größeren Fläche (*im folgenden Arbeitsbereich genannt*) zusammenzufassen. Dieser Arbeitsbereich kann, wenn die Lage der Arbeitsplätze nicht bekannt ist, auch der ganze Raum sein. Ist die Beleuchtungsstärke auf diesen größeren Flächen mit einer Gleichmäßigkeit von $g_1 \geq 0,6$ verteilt, so kann davon ausgegangen werden, dass in den einzelnen Bereichen der Sehaufgabe die Anforderung $g_1 \geq 0,7$ immer erfüllt ist (Beispiel siehe Bild 1 b).

Bild 1a:
Bereich der Sehaufgabe und unmittelbare Umgebung gemäß DIN EN 12464-1

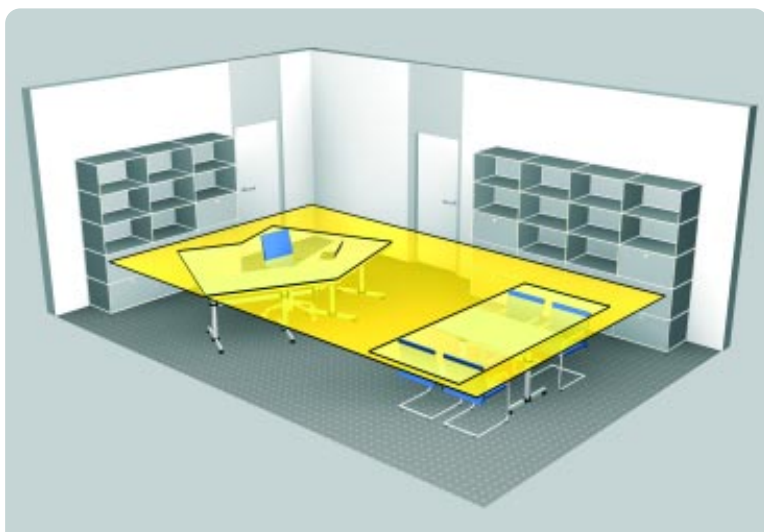
Bild 1b:
Arbeitsbereich, in dem die Bereiche der Sehaufgabe liegen können, und deren Umgebung





Der Arbeitsbereich Bildschirmarbeit (Mittelgelb) setzt sich aus der Arbeitsfläche (grauer Schreibtisch) und der Benutzerfläche (Rot) zusammen

Bild 2a: Arbeitsbereich



Horizontale Arbeitsbereiche im Büro: „Bildschirmarbeit“ (Mittelgelb links) und „Besprechung“ (Mittelgelb rechts) sowie „Umgebungsbereich“ (Dunkelgelb).

Bezugshöhe für die Bewertung der Beleuchtungsstärken: 0,75 m über der Bodenfläche

Bild 2b: Arbeitsbereiche und Umgebungsbereich im Büro (siehe auch FGL-Heft 4 „Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude“)

Zur Festlegung von Bereichen der Sehaufgabe:

- Die Bereiche, in denen unterschiedliche Sehaufgaben vorkommen können, befinden sich in der Regel auf der Arbeitsfläche, im Bewegungsraum sowie auf Flächen und Ablagen, die dem unmittelbaren Fortgang der Tätigkeit dienen.
- Bei der Festlegung der Bereiche der Sehaufgabe sind neben horizontalen Flächen im Raum und im Arbeitsbereich auch vertikale Flächen wie z. B. Tafeln und andere, beliebig geneigte Flächen zu beachten.
- Gilt der Randstreifen als unmittelbarer Umgebungsbereich, so ist er nicht mehr separat zu bewerten, da in der Regel die Anforderungen an den Umgebungsbereich automatisch erfüllt werden. Hierbei ist sicherzustellen, dass innerhalb des Randstreifens keine Bereiche der Sehaufgabe liegen.

Beispiele, wie die Bereiche der Sehaufgabe bei der Planung der Beleuchtung erfasst werden können:

a. Büroraum mit Einzelarbeitsplatz

Die Lage des Arbeitsplatzes ist bekannt. Die Arbeitsbereiche umfassen jeweils die Schreibtischfläche sowie die Benutzerfläche. Die Höhe des Arbeitsbereiches wird mit 0,75 m angenommen. Als Umgebungsbereich wird der restliche Raum abzüglich eines Randstreifens von 0,5 m festgelegt.

b. Büroraum mit unbekannter Anordnung der Arbeitsplätze

Ist die Anordnung der Arbeitsplätze gänzlich unbekannt, sollte der gesamte Raum abzüglich einer Randzone als Arbeitsbereich angenommen werden.

Ist aus den Planungsunterlagen ersichtlich, dass sich die Arbeitsplätze in Fensternähe befinden werden, kann ein entsprechend breiter Streifen als Arbeitsbereich angenommen werden. Dabei darf die Gleichmäßigkeit mit $g_1 \geq 0,6$ angesetzt werden. So ist erfahrungsgemäß sichergestellt, dass an den einzelnen Arbeitsplätzen die Gleichmäßigkeit von mindestens 0,7 eingehalten wird.

Der Rest des Raumes gilt wiederum als Umgebungsbereich.

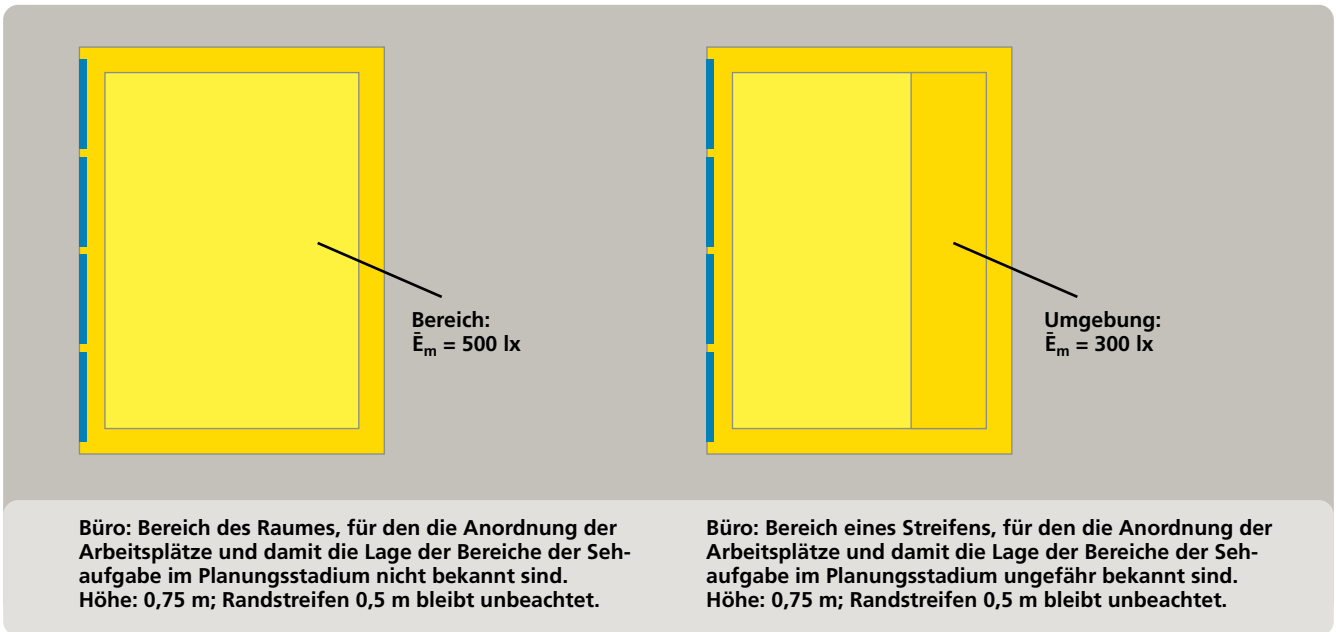


Bild 3: Arbeitsbereiche, wenn die Lage der Arbeitsplätze nicht genau bekannt ist

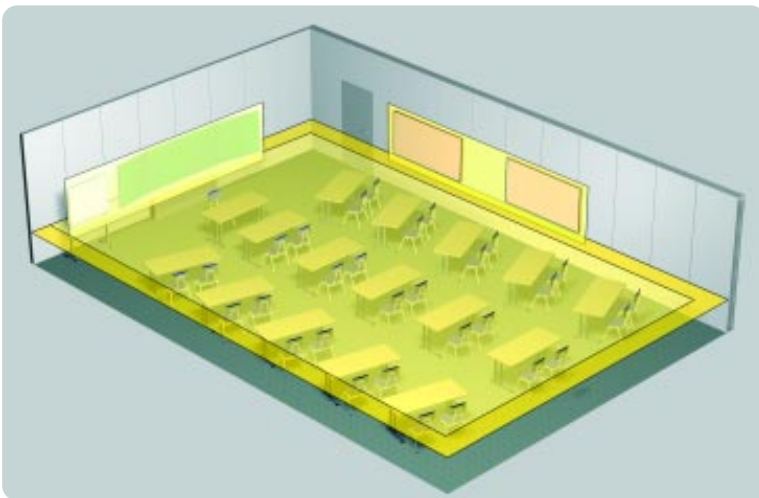


Bild 4: Horizontale und vertikale Flächen, in denen Bereiche der Sehaufgabe auftreten können (siehe auch FGL-Heft 2 „Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten“)

- c. **Klassenzimmer mit flexibler Tischanordnung**
In Klassenzimmern werden die Schülerpulte häufig umgestellt. Daher sollte der gesamte Raum als Arbeitsbereich angenommen werden, abzüglich des Randstreifens von 0,5 m. Dabei darf die Gleichmäßigkeit mit $g_1 \geq 0,6$ angesetzt werden. So ist erfahrungsgemäß sichergestellt, dass an den einzelnen Pulten die Gleichmäßigkeit von mindestens 0,7 eingehalten wird.

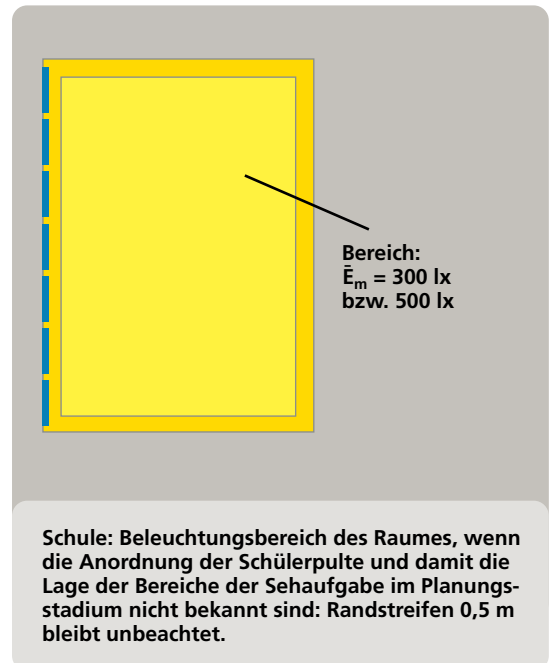
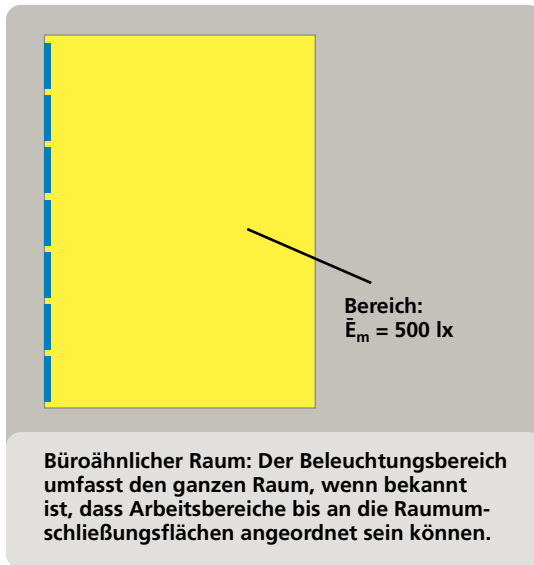


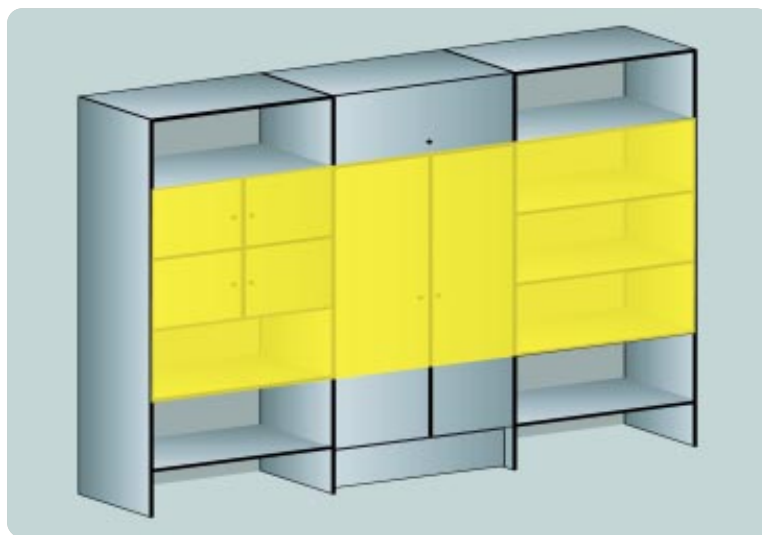
Bild 5: Als Arbeitsbereich wird in üblichen Klassenzimmern der gesamte Raum angenommen. Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke: 300 Lux für Grund- und weiterführende Schulen, 500 Lux für Abendklassen und Erwachsenenbildung.

Bild 6: Büroähnlicher Raum mit Arbeitsbereichen bis an die Raumumschließungsflächen



d. Büroähnlicher Raum mit möglicher Anordnung der Arbeitsplätze bis an die Raumumschließungsflächen

Wenn bekannt ist, dass Arbeitsbereiche bis an die Raumumschließungsflächen angeordnet werden können, die genaue Lage der Arbeitsbereiche jedoch unbekannt ist, wird der gesamte Raum ohne Abzug der Randzonen als Arbeitsbereich herangezogen. Dabei darf die Gleichmäßigkeit mit $g_1 \geq 0,6$ angesetzt werden. So ist erfahrungsgemäß sichergestellt, dass an den einzelnen Arbeitsplätzen die Gleichmäßigkeit von mindestens 0,7 eingehalten wird.



e. Regale und weitere vertikale Flächen

Regale und Schränke können vertikale Bereiche der Sehaufgabe darstellen (z. B. Ticket-Counter, Buchhaltung). Der vertikale Bereich beginnt ab 0,5 m und endet mit der Höhe des Bereichs der Sehaufgabe, bei einem Regal im Büro in der Höhe von 2 m.

Bild 7 (oben): Lage des vertikalen Bereichs der Sehaufgabe

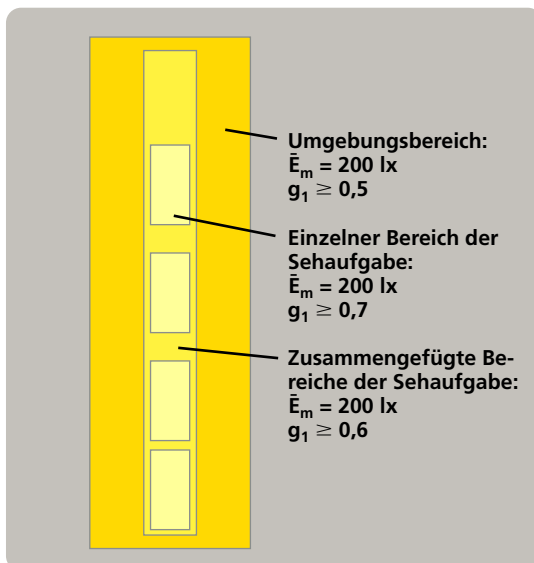


Bild 8: Flur – Die einzelnen Bereiche der Sehaufgabe sind klein. Sie können für die Planung zu einem größeren Bereich zusammengefasst werden. Zu beachten sind die unterschiedlichen Gleichmäßigkeiten. 200 Lux Beleuchtungsstärke gelten für Flure in Gesundheitseinrichtungen (während des Tages).

f. Flur

Für Flure bis zu einer Breite von 2,5 m wird empfohlen, in Anlehnung an DIN EN 1838 (1999) 1 m breite Mittelstreifen auf dem Boden als einzelne Bereiche der Sehaufgabe anzunehmen, die zu einem größeren Bereich der Sehaufgabe zusammengefügt werden, und den Rest als Umgebungsbereich zu betrachten. In breiteren Fluren ist der Mittelstreifen als Bereich der Sehaufgabe entsprechend anzupassen. Gegebenenfalls ist ein wandnaher Randstreifen (bis 0,5 m Breite) abziehen, wenn dieser nicht dem Verkehrsfluss dient. Zu beachten sind auch vertikale Bereiche der Sehaufgabe wie z. B. Türen, Türgriffe oder Hinweiszeichen, ohne dass konkrete Werte für die Beleuchtungsstärke festgelegt sind.



Bild 9: Beispiel für die Bereiche der Sehaufgabe entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen am Arbeitsplatz: Drehen und Messen mittelfeiner Teile mit vertikalen und horizontalen Sehaufgaben (1), Lesen von Zeichnungen an vertikalen Flächen (2), Messen am Werkstück und Ablage der Werkzeuge (3)

g. Einzelner Industriearbeitsplatz

An Arbeitsplätzen in der Industrie treten häufig mehrere verschiedene Sehaufgaben auf. Diese sind in ihrer Lage und Größe im Einzelnen zu bestimmen.

Falls die einzelnen Sehaufgaben vergleichbar sind, kann wiederum ein Arbeitsbereich definiert werden, in dem die Sehaufgaben auftreten können.

Die zu beachtende unmittelbare Umgebung liegt in einem Streifen von 0,5 m Breite um den Arbeitsbereich. Es ist jedoch empfehlenswert, für die gesamte Halle eine Allgemeinbeleuchtung zu installieren, die ausreichend Licht für alle Arbeitsplätze in dieser Halle zur Verfügung stellt.

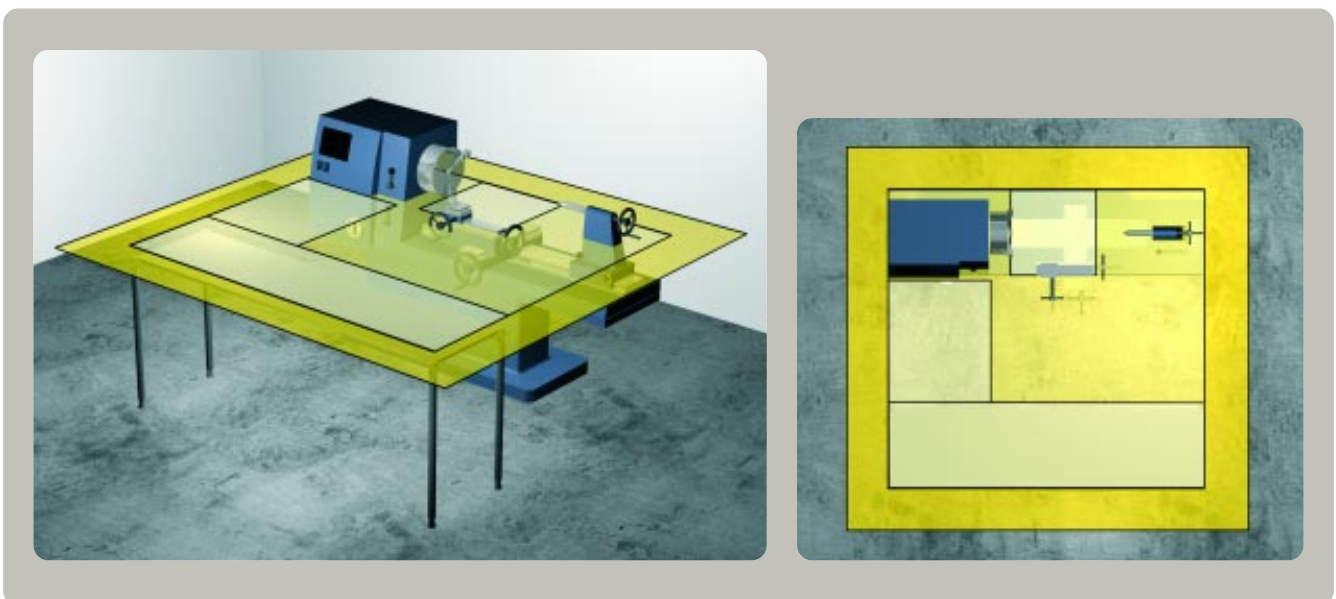


Bild 10: Mehrere Bereiche der Sehaufgabe an einer Drehbank, die zusammengefasst sind zu einem Arbeitsbereich. Der Streifen der unmittelbaren Umgebung beträgt 0,5 m.

h. Industriehalle mit Zonen unterschiedlicher Tätigkeiten

In einer Industriehalle ist mit mehreren Bereichen der Sehaufgabe mit unterschiedlichen Anforderungen an die Beleuchtungsstärke zu rechnen. Für diesen Fall ist empfehlenswert, zunächst entsprechend eines hallenbezogenen Konzepts die ganze Halle abzüglich eines 0,5 m breiten Randstreifens an der Wand als Bereich der Sehaufgabe mit den geringsten Anforderungen zu betrachten. Der unmittelbare Umgebungsbereich (der Randstreifen) ist dann auch hier nicht mehr separat zu bewerten, da in der Regel die Anforderungen an den Umgebungsbereich automatisch erfüllt werden.

Für die anderen Bereiche der Sehaufgabe mit anderen Anforderungen sind entsprechende, vorzugsweise rechteckige Bereiche der Sehaufgabe mit zugehörigen Umgebungsbereichen festzulegen, für die dann die geforderten Beleuchtungsstärken und Gleichmäßigkeiten nachzuweisen sind.

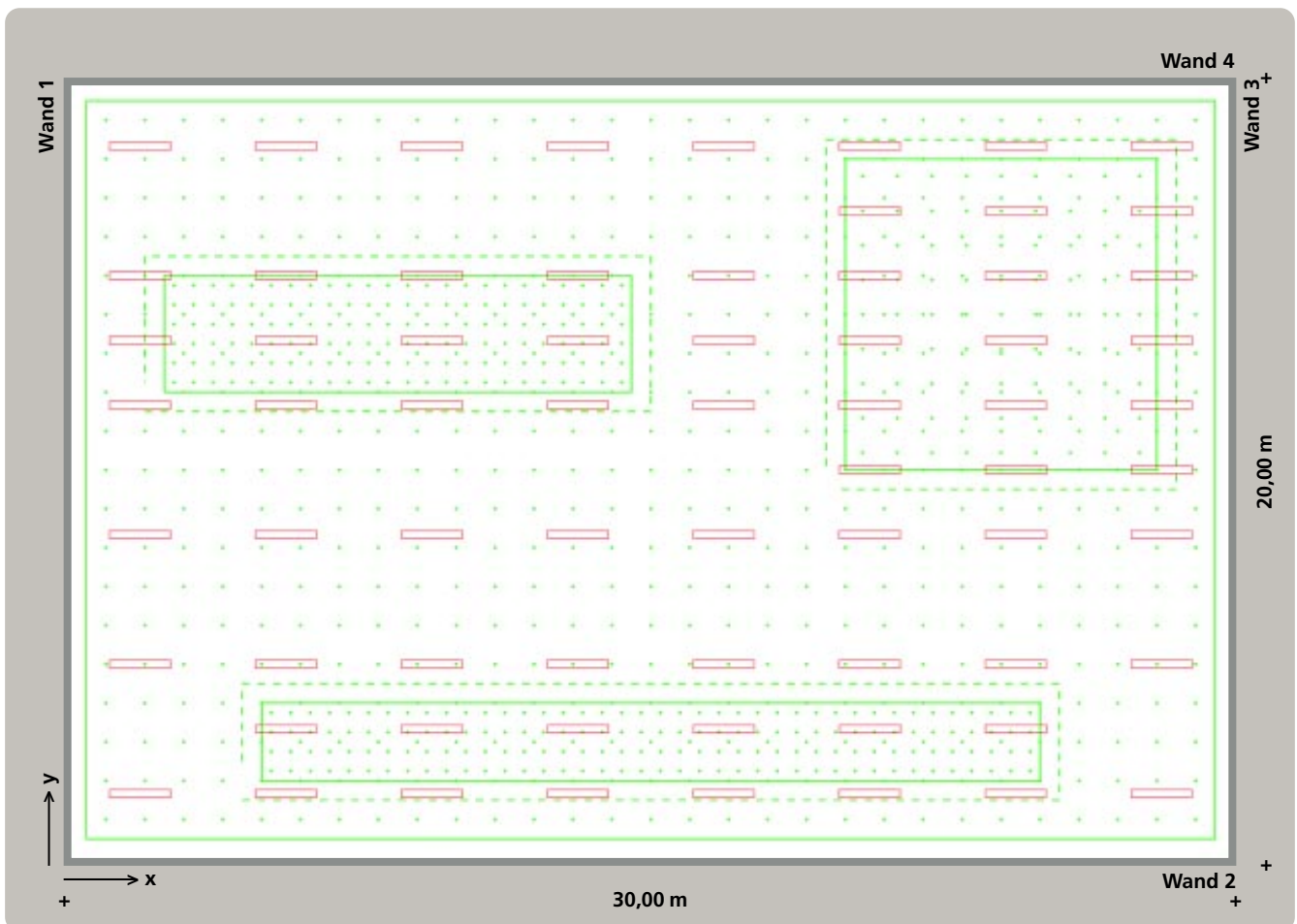


Bild 11: Industriehalle mit Zonen unterschiedlicher Tätigkeiten

6 Bewertungsraster (zur Planung und Berechnung von Beleuchtungsanlagen)

Ergänzend zum Inhalt von DIN EN 12464-1 werden die Anforderungen an das Berechnungsraster aus DIN EN 12193 „Sportstättenbeleuchtung“ übernommen und empfohlen.

Das Raster zur Ermittlung der mittleren Beleuchtungsstärken und Gleichmäßigkeiten hängt grundsätzlich ab von Größe und Form der betrachteten Bewertungsfläche (Bereich der Sehaufgabe, Arbeitsbereich oder Umgebungsbereich), wobei die Anordnung der Beleuchtungsanlage, die Art der Lichtstärkeverteilung der Leuchten, die notwendige Genauigkeit und die zu bewertenden photometrischen Größen zu berücksichtigen sind.

Für Räume und Bereiche wird als Rastermaß empfohlen:

| | Längste Bereichs- oder Raumausdehnung | Rastermaß |
|-------------------------|--|------------------|
| Bereiche der Sehaufgabe | ca. 1 m | 0,2 m |
| kleine Räume/Raumzonen | ca. 5 m | 0,6 m |
| mittlere Räume | ca. 10 m | 1 m |
| große Räume | ca. 50 m | 3 m |

Zur genauen Bestimmung eines Berechnungsrasters siehe Abschnitt 9.2.

7 Begrenzung der Blendung

Blendung wird hervorgerufen durch Flächen zu hoher Leuchtdichte oder durch zu große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld eines Beobachters. Blendung, die zu unmittelbarer Herabsetzung des Sehvermögens führt, wird als physiologische Blendung bezeichnet. Blendung, die zur Herabsetzung des Wohlbefindens führt und unter dem Gesichtspunkt der Störfeldempfindung bewertet wird, ist psychologische Blendung.

7.1 Bewertung der psychologischen Blendung durch das UGR-Verfahren

Der Grad der psychologischen Blendung einer Beleuchtungsanlage kann durch das UGR-Verfahren (siehe Abschnitt 9.3) bestimmt werden. Je nach Schwierigkeit der Sehaufgabe soll der Grenzwert UGR_L nicht überschritten werden. Es gelten beispielsweise folgende obere Grenzwerte:

Beispiele für obere UGR_L -Grenzwerte

| | |
|--|-----------|
| Technisches Zeichnen | ≤ 16 |
| Lesen, Schreiben, Unterrichtsräume, Computerarbeit, Kontrollarbeiten | ≤ 19 |
| Arbeiten in Industrie und Handwerk, Empfang | ≤ 22 |
| Grobe Arbeiten, Treppen | ≤ 25 |
| Flure | ≤ 28 |

Eine Beleuchtungsanlage sollte in die jeweilige UGR-Klasse eingeordnet werden (z.B. „ ≤ 19 “). Der UGR-Wert kann durch die Tabellenmethode ermittelt werden. UGR-Tabellen werden von den Herstellern oder von den marktüblichen Lichtberechnungsprogrammen für Leuchten zur Verfügung gestellt.

Um eine erste Auswahl von Leuchten zu ermöglichen, empfiehlt sich der Tabellenwert des Referenzraumes (4H/8H), ermittelt mit dem Abstands-/Höhenverhältnis von 0,25 (siehe Abschnitt 9.3).

Die Berechnung eines einzelnen UGR-Wertes in einer Anlage mit Hilfe von Computerplanungsprogrammen ist möglich und kann bei der Untersuchung blendungskritischer Anlagen hilfreich sein. Einzelne Werte liefern jedoch keine Aussage über die Güte der Blendungsbegrenzung der gesamten Anlage.

7.2 Abschirmmaßnahmen

Da zu helle Lichtquellen im Gesichtsfeld Blendung hervorrufen können, sind Lampen in geeigneter Weise abzuschirmen. Für Leuchten, die unten offen bzw. mit klarer Abdeckung versehen sind, ist der Abschirmwinkel definiert als der Winkel zwischen der horizontalen Ebene und der Blickrichtung, unter der die leuchtenden Teile der Lampen in der Leuchte gerade sichtbar werden.

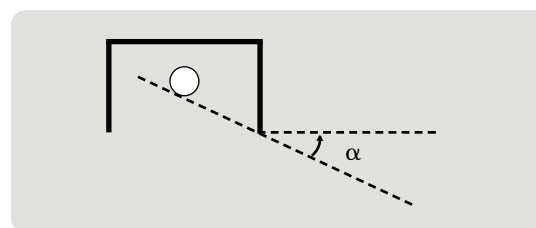


Bild 12: Abschirmwinkel α

Die nachfolgende Tabelle informiert über die zu bestimmten Lampen-Leuchtdichten gehörenden Mindestabschirmwinkel.

Mindestabschirmwinkel nach DIN EN 12464-1

| Lampen-Leuchtdichte in cd/m^2 | Mindestabschirmwinkel |
|---|-----------------------|
| 20.000 bis < 50.000 z. B. Leuchtstofflampen (High Output) und Kompaktleuchtstofflampen | 15° |
| 50.000 bis < 500.000 z. B. Hochdruckentladungslampen und Glühlampen mit mattierten und beschlammten Kolben | 20° |
| ≥ 500.000 z. B. Hochdruckentladungslampen und Glühlampen mit klarem Kolben | 30° |

Die Mindestabschirmwinkel sind für die angegebenen Lampen-Leuchtdichten für alle Abstrahlungsebenen einzuhalten. Die Werte gelten nicht für Leuchten mit einem Lichtaustritt nur in den oberen Halbraum und nicht für Leuchten, die unterhalb der Augenhöhe montiert werden.

7.3 Leuchtdichtegrenzen zur Vermeidung von Reflexblendung

Neben der Bewertung der Direktblendung durch Flächen zu hoher Leuchtdichte ist der Vermeidung von durch Reflexe an spiegelnden Oberflächen verursachter Blendung, der so genannten Reflexblendung, besondere Beachtung zu schenken. Das Arbeiten an einem Bildschirm oder unter Umständen an einer Tastatur kann durch Spiegelung leuchtender Leuchtenteile zu hoher Leuchtdichte erheblich beeinträchtigt werden. Es sind daher geeignete Leuchten so anzuordnen, dass keine störenden Reflexionen entstehen.

In DIN EN 12464-1 sind Grenzen der Leuchtdichte von Leuchten, die sich bei normaler Blickrichtung in bis zu 15° geneigten Bildschirmen spiegeln könnten, festgelegt worden. Im allgemeinen sollten für sehr gut entspiegelte LCD-Bildschirme sowie moderne gut entspiegelte CRT-Bürobildschirme in Positiv-Darstellung (weißer Hintergrund) mit 1.000 cd/m^2 und für CRT-Bildschirme in Negativ-Darstellung z. B. an CAD-Arbeitsplätzen weiterhin 200 cd/m^2 eingehalten werden.

Die angegebenen Leuchtdichten dürfen in **allen** Ausstrahlungsebenen für sämtliche Ausstrahlungswinkel $\geq 65^\circ$, gemessen gegen die nach unten gerichtete Vertikale, nicht überschritten werden.

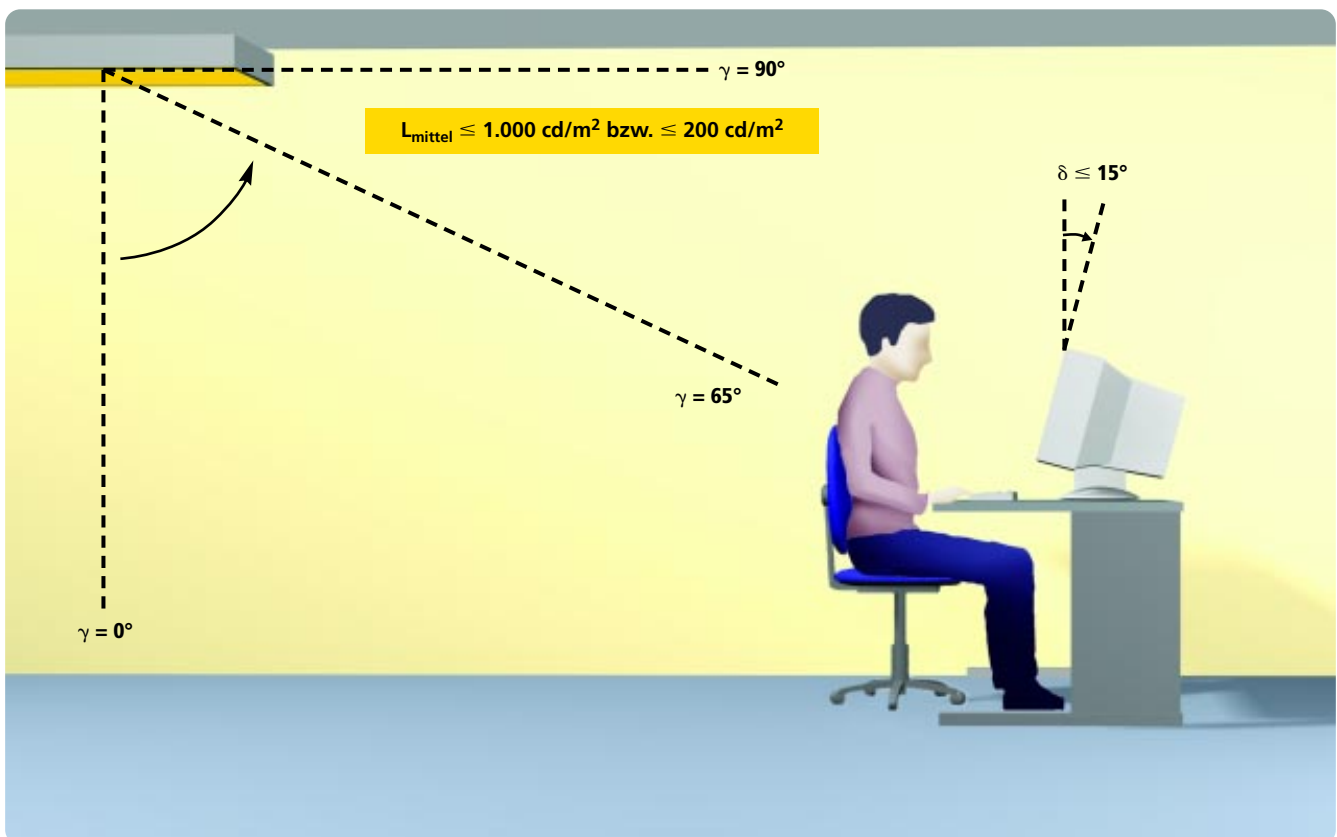


Bild 13: Kritischer Bereich ($\gamma \geq 65^\circ$) für Leuchtdichten von Leuchten, die zu Reflexblendung auf dem Bildschirm führen können

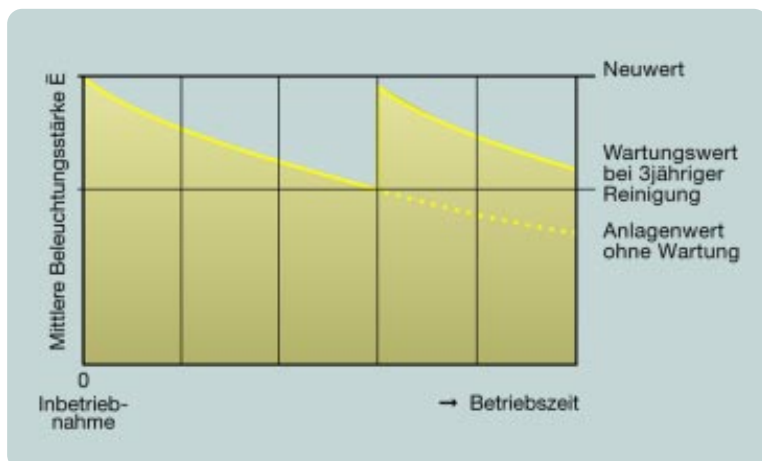


Bild 14: Beleuchtungsstärken während der Betriebszeit einer Beleuchtungsanlage

Bild 15: Beispiel der Dokumentation des Wartungsfaktors

| | | |
|--|-----------------------|--|
| Projekt: | | |
| Raum: | | |
| Bearbeiter: | | |
| Datum: | 02.03.2005 / 11:47:00 | |
| Leuchte | | |
| Bezeichnung: | Leuchte xyz | |
| Artikelnummer: | 42157193 | |
| Leuchtentyp: | Geschlossen IP2X | |
| Reinigungsintervall in Jahren: | 1,0 | |
| Leuchten-Wartungsfaktor LMF: | 0,88 | |
| Lampe | | |
| Bezeichnung: | T16 High Output | |
| Leistung: | 54 W | |
| Lampentausch: | Gruppe | |
| Betriebsgerät: | EVG | |
| Lampenwartung in Jahren: | 2,0 | |
| Betriebsstunden pro Lampe und Jahr: | 6.000 | |
| Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor LLMF: | 0,91 | |
| Lampen-Lebensdauerfaktor LSF: | 0,95 | |
| Raum | | |
| Länge: | 8 m | |
| Breite: | 6 m | |
| Höhe: | 3 m | |
| Umgebungsbedingungen: | Sauber | |
| Raumreinigungsintervall in Jahren: | 2,0 | |
| Beleuchtungsart: | Direkt | |
| Raum-Wartungsfaktor RMF: | 0,96 | |
| Wartungsfaktor: | 0,73 | |

8 Wartung der Beleuchtungsanlage

Im Laufe des Betriebs nimmt der von einer Beleuchtungsanlage zur Verfügung gestellte Lichtstrom bedingt durch Alterung und Verschmutzung ständig ab. Die zu erwartende Abnahme des Lichtstroms ist abhängig von der Wahl der eingesetzten Lampen, Leuchten und Betriebsgeräte sowie von den herrschenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen.

Um ein angestrebtes Beleuchtungsniveau, ausgedrückt durch den Wartungswert der Beleuchtungsstärke, über einen geeigneten Zeitraum sicherstellen zu können, muss dieser Lichtstromabnahme bei der Planung einer Beleuchtungsanlage durch Berücksichtigung eines angemessenen Wartungsfaktors Rechnung getragen werden.

Der Wartungsfaktor ist definiert als das Verhältnis vom Wartungswert zum Anfangswert der Beleuchtungsstärke.

8.1 Dokumentation des Wartungsfaktors

Der Planer muss einen Wartungsplan für die Beleuchtungsanlage erstellen. Darin sind insbesondere die Intervalle für den Lampenwechsel, für die Reinigung der Leuchten und des Raumes sowie gegebenenfalls die Reinigungsmethoden festzuhalten.

Der im Beispiel (Bild 15) gezeigte Wartungsfaktor beträgt 0,73 unter folgenden Voraussetzungen:

Die Lampen werden nach 12.000 Betriebsstunden in Gruppen ausgetauscht, die Leuchten nach 1 Jahr, die Raumboflächen nach 2 Jahren gereinigt.

8.2 Ermittlung des Wartungsfaktors

Der Wartungsfaktor (MF, engl.: Maintenance Factor) lässt sich durch Multiplikation der einzelnen Komponenten ermitteln:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RMF$$

Dabei beschreiben der LLMF den Lampen-Lichtstromrückgang, LSF den Lampen-Lebensdauereinfluss, LMF den Leuchtenverschmutzungseinfluss und RMF den Raumverschmutzungseinfluss (siehe Abschnitt 9.4). In vielen Fällen kann angenommen werden „Lampenausfall-Wartungsfaktor = 1“, da der Ausfall einzelner Lampen zu inakzeptablen Absenkungen des Beleuchtungsniveaus führt, weshalb die Einzelauswechslung von Lampen erforderlich ist.

Werte für die einzelnen Wartungsfaktoren können entweder den Herstellerangaben entnommen, aus herstellerübergreifenden, standardisierten Mittelwertkurven abgeleitet oder in grundlegenden Publikationen wie z. B. der CIE-Publikation 97* abgelesen werden.

Aufgrund der bisher vorliegenden Erkenntnisse können folgende Beispiele für Wartungsfaktoren, respektive deren Kehrwerte als Neuwertfaktoren, ermittelt werden. Der Lampenwechsel erfolgt sofort nach Ausfall und bei Erreichen des Wartungswertes im Gruppenaustausch.

* In den einschlägigen Fachkreisen der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e.V. (LiTG) sind die in der CIE-Publikation 97 angegebenen Referenzkurven für Lampen und Leuchten intensiv diskutiert worden. Neuere Messungen an Lampen und Leuchten aus bestehenden Anlagen haben die CIE-Leuchten-Wartungswerte nur in wenigen Fällen bestätigt, die meisten Messergebnisse ergaben höhere Lampen- und Leuchtenwartungsfaktoren, also ein besseres Betriebsverhalten als die den CIE-Werten zugrunde gelegten. Die CIE aktualisiert derzeit ihre Schrift.

Beispiele für Wartungsfaktoren von Innenraum-Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstofflampen (verbessertes Lichtstromverhalten)

| Wartungsfaktor | Neuwertfaktor | Beispiel |
|----------------|---------------|---|
| 0,80 | 1,25 | sehr saubere Umgebung, Wartungszyklus 1 Jahr (Leuchtenreinigung), 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 8.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, direkt und direkt/indirekt strahlende Leuchten mit geringer Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,93; LSF = 1,00; LWF = 0,90; RMF = 0,96) |
| 0,67 | 1,50 | normaler Verschmutzungsgrad der Umgebung, Wartungszyklus 3 Jahre, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 12.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, direkt und direkt/indirekt strahlende Leuchten mit geringer Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,91; LSF = 1,00; LMF = 0,80; RMF = 0,90) |
| 0,57 | 1,75 | normaler Verschmutzungsgrad der Umgebung, Wartungszyklus 3 Jahre, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 12.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, Leuchten mit normaler Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,91; LSF = 1,00; LMF = 0,74; RMF = 0,83) |
| 0,50 | 2,00 | verschmutzte Umgebung, Wartungszyklus 3 Jahre, 8.000 h Brenndauer/Jahr, bei 8.000 h Lampenwechsel, VVG, Gruppenauswechslung, Leuchten mit normaler Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,93; LSF = 0,93; LMF = 0,65; RMF = 0,94) |

Beispiele für Wartungsfaktoren von Innenraum-Beleuchtungsanlagen mit Kompaktleuchtstofflampen

| Wartungsfaktor | Neuwertfaktor | Beispiel |
|----------------|---------------|---|
| 0,80 | 1,25 | sehr saubere Umgebung, Wartungszyklus 1 Jahr, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 4.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, direkt und direkt/indirekt strahlende Leuchten mit geringer Neigung zur Staubansammlung, EVG, (LLMF = 0,92; LSF = 1,00; LMF = 0,90; RMF = 0,96) |
| 0,67 | 1,50 | normaler Verschmutzungsgrad der Umgebung, Wartungszyklus 3 Jahre, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 6.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, direkt und direkt/indirekt strahlende Leuchten mit geringer Neigung zur Staubansammlung, EVG, (LLMF = 0,91; LSF = 1,00; LMF = 0,80; RMF = 0,90) |
| 0,57 | 1,75 | normaler Verschmutzungsgrad der Umgebung, Wartungszyklus 3 Jahre, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 6.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, Leuchten mit normaler Neigung zur Staubansammlung, EVG, (LLMF = 0,91; LSF = 1,00; LMF = 0,74; RMF = 0,83) |
| 0,50 | 2,00 | verschmutzte Umgebung, Wartungszyklus 3 Jahre, 6.000 h Brenndauer/Jahr, bei 6.000 h Lampenwechsel, VVG, Gruppenauswechslung, Leuchten mit normaler Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,88; LSF = 0,95; LMF = 0,65; RMF = 0,94) |

Beispiele für Wartungsfaktoren von Innenraum-Beleuchtungsanlagen mit Halogen-Metaldampflampen

| Wartungsfaktor | Neuwertfaktor | Beispiel |
|----------------|---------------|---|
| 0,80 | 1,25 | sehr saubere Umgebung, Wartungszyklus 1 Jahr, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 2.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, direkt strahlende Leuchten mit geringer Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,87; LSF = 1,00; LMF = 0,94; RMF = 0,97) |
| 0,67 | 1,50 | saubere Umgebung, Wartungszyklus 2 Jahre, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 4.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, direkt und direkt/indirekt strahlende Leuchten mit geringer Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,81; LSF = 1,00; LMF = 0,90; RMF = 0,96) |
| 0,57 | 1,75 | normaler Verschmutzungsgrad der Umgebung, Wartungszyklus 2 Jahre, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 4.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, direkt/indirekt strahlende Leuchten mit geringer Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,81; LSF = 1,00; LMF = 0,82; RMF = 0,83) |
| 0,50 | 2,00 | normaler Verschmutzungsgrad der Umgebung, Wartungszyklus 2 Jahre, 2.000 h Brenndauer/Jahr, bei 4.000 h Lampenwechsel, Einzelauswechslung, Leuchten mit normaler Neigung zur Staubansammlung, (LLMF = 0,81; LSF = 1,00; LMF = 0,74; RMF = 0,83) |

8.3 Referenz-Wartungsfaktoren

Die beschriebene Multiplikation zur Ermittlung des Wartungsfaktors aus den Einzelkomponenten bietet dem Beleuchtungsplaner viele Möglichkeiten, Beleuchtungsanlagen durch den Einsatz geeigneter Lampen, Leuchten und Betriebsgeräte hinsichtlich der Wartungsintervalle und damit auch bezüglich der Investitions- und Betriebskosten zu optimieren.

Aus der Kenntnis der einzusetzenden Lampen und Leuchten sowie der Umgebungs- und Betriebsbedingungen kann danach der Referenzwert modifiziert werden:

Bei fehlenden Detail-Informationen oder für vereinfachte Projektierungen erscheint es angemessen, zunächst von einem Referenzwert des Wartungsfaktors von 0,67 auszugehen.

Der Wartungsfaktor lässt sich tendenziell erhöhen, wenn eine oder mehrere der folgenden Randbedingungen, die sich wiederum gegenseitig beeinflussen können, vorliegen.

- Einsatz von Lampen mit nur geringer Lichtstromabnahme (in Abhängigkeit von der Brenndauer), z. B. Leuchtstofflampen
- Einsatz von Leuchten mit nur geringer Neigung zur Staubansammlung
- Einsatz von die Lampen-Lebensdauer verlängernden Betriebsgeräten (z. B. EVG)
- Kurze jährliche Nutzungszeiten
- Geringe Schalthäufigkeit
- Kurze Reinigungs- und/oder Wartungsintervalle, Einzel- und Gruppenauswechslung der Lampen
- Geringe Staubbelastung der Umgebung
- Geringe Neigung zur Staubansammlung beziehungsweise zur Vergilbung der reflektierenden Flächen

Referenzwert:

- Einsatz von Lampen mit starker Lichtstromabnahme (in Abhängigkeit von der Brenndauer), z. B. Halogen-Metaldampflampen
- Einsatz von Leuchten mit Neigung zur Staubansammlung
- Lange jährliche Nutzungszeiten
- Hohe Schalthäufigkeit pro Tag
- Lange Reinigungs- und/oder Wartungsintervalle (z. B. auch wegen schwerer Zugänglichkeit), nur Gruppenauswechslung der Lampen
- Hohe Staubbelastung oder Belastung durch Rauchen
- Neigung zur Staubansammlung beziehungsweise zur Vergilbung der reflektierenden Flächen

Der Wartungsfaktor ist tendenziell zu vermindern, wenn eine oder mehrere der genannten Randbedingungen, die sich wiederum gegenseitig beeinflussen können, vorliegen.

0,8

0,67

0,5

9 Anhänge

9.1 Unterschreiten der Anforderungen von DIN EN 12464-1 gegenüber DIN 5035 (Anhang 1)

In der Regel erfüllt der Planer die Anforderungen von DIN 5035, Teile 1 und 2, automatisch, wenn er nach DIN EN 12464-1 plant und die Bewertungsflächen wie in diesem ZVEI-Leitfaden empfohlen einhält. Allerdings gibt es Ausnahmen, bei denen die Anforderungen detailliert beachtet werden müssen.

Im folgenden werden der Raum bzw. Tätigkeiten aufgeführt, bei denen die als Nennbeleuchtungsstärke in DIN 5035 Teil 2 geforderten Werte höher sind als die in DIN EN 12464-1 festgelegten Wartungswerte der Beleuchtungsstärke. Zu beachten ist dabei, dass die Bewertungsfläche nach DIN EN 12464-1 horizontal, vertikal oder geneigt sein kann im Gegensatz zu den horizontalen Beleuchtungsstärken von DIN 5035 (z. B. Lackiererei). Die Übersicht enthält außerdem Empfehlungen, wie bei der Planung vorgegangen werden sollte.

| Raum/Tätigkeit | Nennwert [lx] (DIN 5035-1) | Wartungswert [lx] (DIN EN 12464-1) | Planungsvorgehen |
|--|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Büros | | | |
| 1a Großraumbüro, Wände und Decke hell | 750 | 500 | Zylindrische Beleuchtungsstärke nach BGI 856 |
| 1b Großraumbüro, Wände und Decke dunkel | 1.000 | 500 | |
| Metallbearbeitung | | | |
| 2 Gießhallen, Gießputzerei in Gießereien | 300 | 200 | 300 lx Wartungswert |
| 3 Lackiererei-Spritzkabine im Automobilbau | 1.000 | 750 | |
| Elektrotechnische Industrie | | | |
| 4 Montage feiner Geräte von Rundfunk- und Fernsehapparaten | 1.000 | 750 | |
| 5 Montage feinsten Teile | 1.500 | 1.000 | |
| Papierherstellung Druckindustrie | | | |
| 6 Handdruck, Papiersortierung | 750 | 500 | |
| Lederindustrie | | | |
| 7 Lederfärben, maschinell | 750 | 500 | |
| 8 Qualitätskontrolle, sehr hohe Ansprüche | 1.500 | 1.000 | |
| Textilverarbeitung | | | |
| 9 Putzmacherei | 750 | 500 | |
| Nahrungs- und Genussmittelindustrie | | | |
| 10 Laborräume | 1.000 | 500 | |
| Kunststoffverarbeitung | | | |
| 11 Spritzgießen | 500 | 300 | |
| Dienstleistungsbetriebe | | | |
| 12 Selbstbedienungsgaststätten | 300 | 200 | 300 lx Wartungswert |
| 13 Flecken-Kontrolle und Entfernung in Wäschereien | 1.000 | 750 | |

Erläuterung, warum die Wartungswerte teilweise geringer sind als die Nennbeleuchtungsstärken, jedoch mindestens gleiche Anforderungen für den einzelnen Arbeitsplatz darstellen:

DIN 5035 Teil 1 erlaubt ein Unterschreiten der Nennbeleuchtungsstärke um bis zu 60 Prozent an einzelnen Arbeitsplätzen, wenn der Mittelwert der Nennbeleuchtungsstärke nicht gleichzeitig 80 Prozent unterschreitet.

Nach DIN EN 12464-1 dagegen muss die Beleuchtungsanlage gewartet werden, wenn die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz unter 100 Prozent des Wartungswertes fällt.

Demnach sind die Anforderungen an das Beleuchtungsstärkeniveau am Arbeitsplatz auch dann erfüllt, wenn der Wartungswert der Beleuchtungsstärke 60 Prozent der Nennbeleuchtungsstärke beträgt. Dies ist in allen obigen Fällen mit Ausnahme der Nr. 1b (Großraumbüro, Wände und Decke dunkel) und der Nr. 10 (Laborräume in der Kunststoffverarbeitung) erfüllt.

9.2 Bewertungsraster (Anhang 2)

Für die Praxis hat sich ein maximales Rastermaß p wie folgt bewährt:

$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10} d}$$

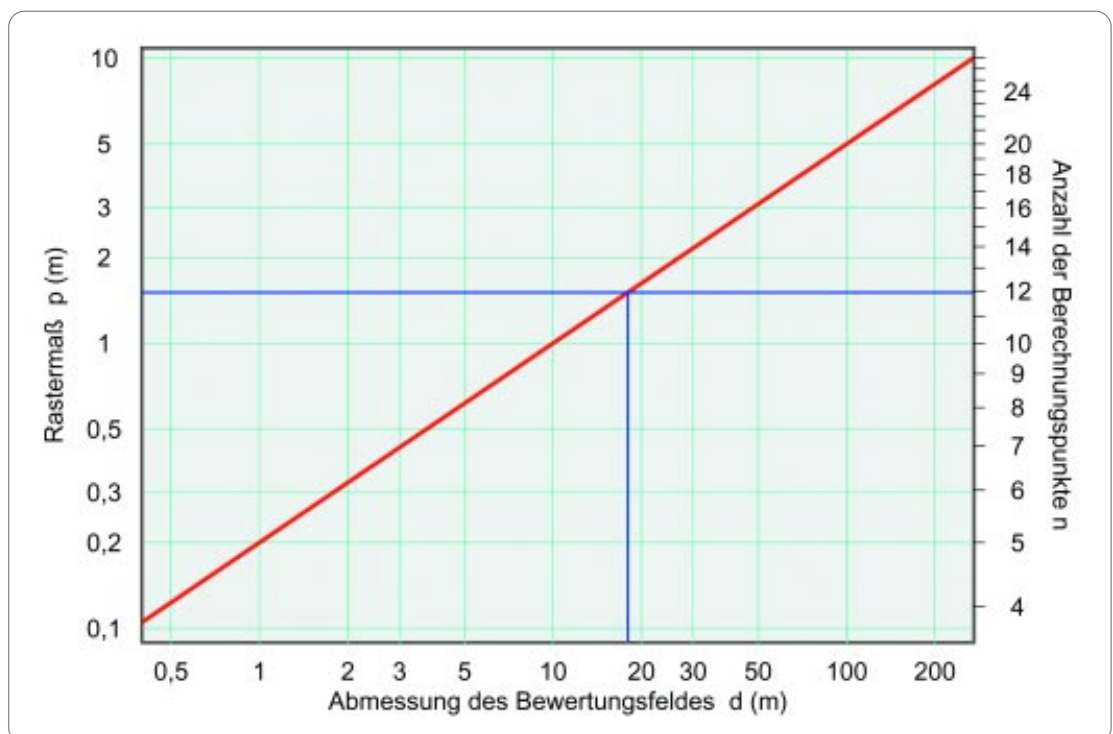
Dabei ist p das Rastermaß, d die jeweilige Abmessung der Bewertungsfläche. Die entsprechende Anzahl der Punkte ist dann durch die nächste ganze Zahl des Verhältnisses d/p gegeben.

Rechteckige Bewertungsflächen werden in näherungsweise quadratische Teilrechtecke unterteilt, in deren Mittelpunkten sich die Bewertungspunkte befinden. Die mittlere Beleuchtungsstärke wird als arithmetisches Mittel der Werte aller Bewertungspunkte ermittelt. Weist die Bewertungsfläche ein Längen/Breiten-Verhältnis zwischen 0,5 und 2 auf, so kann das Rastermaß p und damit die Anzahl der Punkte aufgrund der Abmessung d der längeren Seite bestimmt werden, in allen anderen Fällen ist die Abmessung der kürzeren Seite der Ermittlung des Rastermaßes zugrunde zu legen.

Für nicht rechteckige, d. h. durch unregelmäßige Polygone eingeschränkte Bewertungsflächen, kann die Bestimmung des Rastermaßes mit Hilfe eines geeigneten umschreibenden Rechtecks in analoger Weise erfolgen. Für die Bestimmung der arithmetischen Mittelwerte und Gleichmäßigkeiten werden dann nur die Bewertungspunkte herangezogen, die sich innerhalb der einschränkenden Polygone der Bewertungsfläche befinden.

Für streifenartige Bewertungsflächen, die sich üblicherweise aus den betrachteten Umgebungsbereichen ergeben, sollte für die Ermittlung des Rastermaßes die jeweils größte Breite des Bewertungsstreifens zu Grunde gelegt werden. Allerdings darf das so ermittelte Rastermaß nicht größer sein als die Hälfte der kleinsten Breite des Bewertungsstreifens sofern dieses größer oder gleich 0,5 m ist. Für die Bestimmung der arithmetischen Mittelwerte und Gleichmäßigkeiten werden wiederum nur die Bewertungspunkte herangezogen, die sich innerhalb des Bewertungsstreifens befinden.

Bild 16: Rastermaß als Funktion der Bewertungsfeld-Abmessung



9.3 Blendungsbewertung von Innenraum- Beleuchtungsanlagen (Anhang 3)

Die Blendung durch Leuchten einer Innenraum-Beleuchtungsanlage (Direktblendung) kann mit Hilfe des Unified Glare Rating (UGR)-Verfahrens der CIE bewertet werden. Dieses Verfahren beruht auf der Auswertung der Gleichung:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

Dabei ist:

- L_b die Hintergrundleuchtdichte in cd/m^2 , berechnet aus der vertikalen Indirekt-Beleuchtungsstärke E_{ind} am Beobachterauge zu $L_b = E_{\text{ind}} / \pi$,
- L die mittlere Leuchtdichte in cd/m^2 der leuchtenden Flächen der Leuchte in Richtung auf den Beobachter,
- ω der Raumwinkel in sr der leuchtenden Flächen der Leuchte vom Beobachter aus gesehen und
- p der Positionsindex nach Guth für jede einzelne Leuchte.

Das UGR-Verfahren ist auf direkt und direkt/indirekt strahlende Leuchten mit bis zu 65 Prozent Indirektanteil beschränkt. Leuchten mit Indirektanteilen > 65 Prozent werden durch das UGR-Verfahren unverträglich günstig bewertet. In der Regel ist aber bei diesen Leuchten aufgrund des sehr geringen potenziell blendenden Direktanteils Blendung weitgehend auszuschließen.

Nach den Festlegungen der CIE-Publikation 117 ist das UGR-Verfahren bei großen Lichtquellen (Raumwinkel > 1 sr) und bei kleinen Lichtquellen (Raumwinkel < 0.0003 sr) nicht mehr anwendbar.

Große Lichtquellen können sein: einzelne Leuchten mit leuchtenden Flächen > 1,5 m^2 oder Lichtdecken, die zumindest zu 15 Prozent mit leuchtenden Flächen belegt sind oder auch halbwegs gleichmäßig angestrahlte Decken.

Da die Blendwirkung solcher großen Lichtquellen nur noch in geringem Maße von ihrem Positionsindex, Raumwinkel oder ihrer Hintergrundleuchtdichte abhängt, ist es gerechtfertigt, die Blendung

für große Lichtquellen in erster Näherung durch ihre Leuchtdichte zu beschreiben und durch die Festlegung eines maximal zulässigen Wertes zu begrenzen. In DIN 5035 Teil 1 wurde als maximal zulässige mittlere Leuchtdichte 500 cd/m^2 festgelegt. In der LiTG-Publikation 20 zum UGR-Verfahren wird für große Räume 350 cd/m^2 und für kleine Räume 750 cd/m^2 als Grenze empfohlen, wenn die Blendung entsprechend einem UGR-Wert von 19 begrenzt werden soll.

Kleine Lichtquellen, die unter einem Raumwinkel < 0,0003 sr gesehen werden, treten normalerweise in folgenden Situationen auf:

- a. in niedrigen Räumen (Raumhöhe $h < 3$ m, z. B. Büro-Beleuchtungsanlagen). Hier können z. B. Downlights kleine Raumwinkel einnehmen, wenn sie sich in größerer Entfernung vom Beobachter befinden.
- b. in hohen Hallen, (z. B. Sport- und Industriehallen-Beleuchtungsanlagen). Hier erscheinen z. B. Hallenspiegelleuchten aufgrund der großen Lichtpunkthöhe für den Beobachter unter kleinen Raumwinkeln.

In beiden Fällen kann Blendung durch Lichtquellen < 0,0003 sr nicht ausgeschlossen werden. Basierend auf Felduntersuchungen empfiehlt die LiTG-Publikation 20 deshalb eine Aufhebung der unteren Raumwinkelgrenze, um eine Fehleinschätzung des Blendeeindrucks aufgrund störender, jedoch wegen Unterschreitung der Raumwinkelgrenze nicht berücksichtigter Leuchten zu vermeiden.

Bewertung nach der Tabellenmethode

Nach der Norm kann der Grad der Direktblendung einer Beleuchtungsanlage mit Hilfe der Tabellenmethode des UGR-Verfahrens bestimmt werden.

Hierbei wird die in Betracht stehende Anlage verglichen mit den Anordnungen in 19 Standardräumen, für die die UGR-Werte für verschiedene Reflexionsgrad-Kombinationen für die ausgewählte Leuchte vorab berechnet und in einer Standardtabelle angegeben worden sind. Bei der Berechnung der 19 Standardräume wird angenommen, dass die Beobachter, jeweils in der Mitte der Wände, die Leuchten längs und quer zur Beobachtungsrichtung längs der Raumachsen betrachten. Die Leuchten sind in einem regelmäßigen Raster in der Leuchtenebene montiert, wobei der Abstand der Leuchtenmittenpunkte ein **0,25-faches** des Abstandes H zwischen Leuchtenebene und Höhe des Beobachterauges beträgt und die Mittenabstände der wandnächsten Leuchten zur Wand halb so groß sind wie die Leuchtenmittenabstände.

Bei der Auswahl geeigneter Leuchten ist sorgfältig darauf zu achten, dass nur Tabellen mit demselben Abstands-/Höhenverhältnis und demselben eingesetzten Lampenlichtstrom miteinander verglichen werden.

Eine „Tabelle der korrigierten vereinheitlichten Blendbewertungen“ ist auf der nächsten Seite abgebildet.

Bewertung im Referenzraum

Stehen die vollständigen UGR-Tabellen nicht zur Verfügung oder sind die Abmessungen oder die Reflexionsgrade zum Zeitpunkt der Planung nicht bekannt, so kann die Blendungsbewertung mit Hilfe des UGR-Wertes des **Referenzraumes** vorgenommen werden.

Als Referenzraum dient ein mittelgroßer Raum mit den Abmessungen 4H/8H und den Reflexionsgraden 0,7 für die Decke, 0,5 für die Wände und 0,2 für den Boden. Die Rangordnung beim Vergleich verschiedener Beleuchtungsanlagen bleibt hierbei im Allgemeinen erhalten, sofern die zu vergleichenden UGR-Werte für gleiche Abstände der Leuchtenmittenpunkte und gleiche Lampenlichtströme berechnet worden sind. In jedem Falle ist die Blendungsbewertung mit den Neuwerten der Anlage respektive den Nennwerten der eingesetzten Lampen durchzuführen.

Die so mit der einen oder anderen Methode ermittelten UGR-Werte dürfen die in den Tabellen „Verzeichnis der Beleuchtungsanforderungen“ der Norm angegebenen UGR-Grenzwerte für Räume, Aufgaben und Tätigkeiten nicht überschreiten.

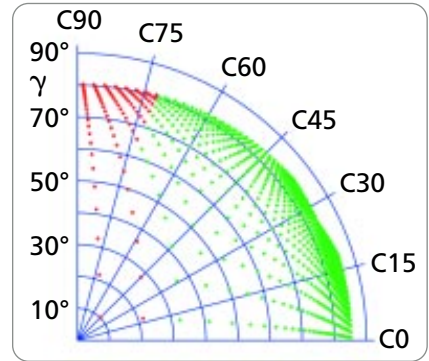
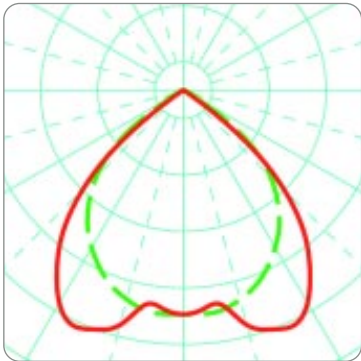


Tabelle der korrigierten vereinheitlichten Blendbewertungen (UGR)

Leuchtenabstand/Aufhängenhöhe über Beobachterauge $a/h = 0,25$
Reflexionsgrade

| | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Decke | 0,70 | 0,70 | 0,50 | 0,50 | 0,30 | 0,70 | 0,70 | 0,50 | 0,50 | 0,30 |
| Wände | 0,50 | 0,30 | 0,50 | 0,30 | 0,30 | 0,50 | 0,30 | 0,50 | 0,30 | 0,30 |
| Boden | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |

Abmessungen

Korrigierte Blendbewertungen – Lichtstrom 5.200 lm

| X | Y | Blickrichtung quer | | | | | Blickrichtung längs | | | | |
|-----|-----|--------------------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | | |
| 2H | 2H | 16,4 | 18,0 | 16,8 | 18,3 | 18,6 | 17,4 | 19,0 | 17,7 | 19,2 | 19,5 |
| | 3H | 16,3 | 17,7 | 16,6 | 18,0 | 18,3 | 17,2 | 18,6 | 17,6 | 19,0 | 19,3 |
| | 4H | 16,2 | 17,5 | 16,6 | 17,9 | 18,2 | 17,2 | 18,5 | 17,5 | 18,8 | 19,2 |
| | 6H | 16,2 | 17,4 | 16,6 | 17,7 | 18,1 | 17,1 | 18,3 | 17,5 | 18,7 | 19,0 |
| | 8H | 16,2 | 17,3 | 16,6 | 17,6 | 18,0 | 17,1 | 18,2 | 17,5 | 18,6 | 18,9 |
| | 12H | 16,1 | 17,2 | 16,5 | 17,5 | 17,9 | 17,1 | 18,1 | 17,5 | 18,5 | 18,9 |
| 4H | 2H | 16,4 | 17,7 | 16,8 | 18,1 | 18,4 | 17,3 | 18,6 | 17,6 | 18,9 | 19,2 |
| | 3H | 16,3 | 17,4 | 16,7 | 17,7 | 18,1 | 17,1 | 18,2 | 17,5 | 18,6 | 19,0 |
| | 4H | 16,2 | 17,2 | 16,7 | 17,6 | 18,0 | 17,1 | 18,0 | 17,5 | 18,4 | 18,8 |
| | 6H | 16,1 | 17,0 | 16,6 | 17,4 | 17,8 | 17,0 | 17,8 | 17,4 | 18,2 | 18,6 |
| | 8H | 16,1 | 16,8 | 16,5 | 17,3 | 17,7 | 16,9 | 17,7 | 17,4 | 18,1 | 18,6 |
| | 12H | 16,1 | 16,7 | 16,5 | 17,2 | 17,6 | 16,9 | 17,5 | 17,4 | 18,0 | 18,5 |
| 8H | 4H | 16,1 | 16,8 | 16,5 | 17,3 | 17,7 | 16,9 | 17,7 | 17,4 | 18,1 | 18,6 |
| | 6H | 16,0 | 16,6 | 16,5 | 17,1 | 17,6 | 16,9 | 17,4 | 17,3 | 17,9 | 18,4 |
| | 8H | 16,0 | 16,5 | 16,5 | 17,0 | 17,5 | 16,8 | 17,3 | 17,3 | 17,8 | 18,3 |
| | 12H | 15,9 | 16,3 | 16,4 | 16,8 | 17,4 | 16,7 | 17,2 | 17,2 | 17,7 | 18,2 |
| 12H | 4H | 16,1 | 16,7 | 16,5 | 17,2 | 17,6 | 16,9 | 17,5 | 17,4 | 18,0 | 18,5 |
| | 6H | 16,0 | 16,5 | 16,5 | 17,0 | 17,5 | 16,8 | 17,3 | 17,3 | 17,8 | 18,3 |
| | 8H | 15,9 | 16,3 | 16,4 | 16,8 | 17,4 | 16,7 | 17,2 | 17,2 | 17,7 | 18,2 |

9.4 Erläuterung zu den Wartungsfaktoren (Anhang 4)

Wartungsfaktor heißt im Englischen „Maintenance Factor“ (MF). Hier werden die Original-Abkürzungen aus der CIE-Publikation 97 verwendet.

Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor LLMF

Infolge Alterung nimmt der Lichtstrom praktisch aller Lampen über die Brenndauer ab. Der zeitliche Verlauf sowie das Ausmaß der Abnahme sind dabei abhängig von Typ und Leistung der betrachteten Lampe und gegebenenfalls vom verwendeten Betriebsgerät. Das Verhältnis des Lichtstroms nach einer bestimmten Brenndauer zum Anfangswert des Lichtstroms wird durch den Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor (LLMF) beschrieben.

Werte des Lampenlichtstrom-Wartungsfaktors können entweder den Herstellerangaben entnommen, aus herstellerübergreifenden, standardisierten Mittelwertskurven abgeleitet oder in grundlegenden Publikationen, z. B. der CIE-Publikation 97, abgelesen werden.

Lampen-Lebensdauerfaktor LSF

Jede einzelne Lampe in einer Beleuchtungsanlage weist eine von der mittleren Lebensdauer mehr oder weniger abweichende individuelle Lebensdauer auf. Die mittlere Lebensdauer entspricht dem Mittelwert der Brennstunden einer betrachteten Lampengruppe, bei dem die Hälfte der Lampen ausgefallen ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass nach einer bestimmten Brenndauer eines Lampenkollektivs noch eine relative Menge funktionstüchtig ist, wird durch den Lampen-Lebensdauerfaktor (LSF) ausgedrückt.

Wie der Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor ist auch der Lampen-Lebensdauerfaktor in seiner Größe und in seinem zeitlichen Verlauf von Typ und Leistung der betrachteten Lampe abhängig. Bei Entladungslampen ist der Lampen-Lebensdauerfaktor zusätzlich abhängig vom verwendeten Betriebsgerät sowie von der Schalzhäufigkeit der Anlage.

Der Ermittlung der mittleren Lebensdauer liegt üblicherweise bei Leuchtstofflampen ein Schalthrhythmus von $2 \frac{3}{4}$ h ein / $\frac{1}{4}$ h aus zugrunde, bei Hochdruck-Entladungslampen ein Schalthrhythmus von 11 h ein / 1 h aus. Werte des Lampen-Lebensdauerfaktors können in analoger Weise wie

jene des Lampenlichtstrom-Wartungsfaktors bestimmt werden.

Leuchten-Wartungsfaktor LMF

Die Verschmutzung von Lampen und Leuchten ruft im Allgemeinen die größte Verminderung des Lichtstroms hervor. Das Ausmaß des Lichtverlustes ist abhängig von Art und Teilchengröße der Luftverschmutzung, vom Aufbau der Leuchten und von den verwendeten Lampen.

Zur Typisierung häufig vorkommender Leuchtenarten schlägt die CIE-Publikation 97 ein sechsstufiges Schema vor. In Abhängigkeit von Leuchtentyp und Staub-/Schmutzbehaftung können hier die Leuchten-Wartungsfaktoren (LMF) als Funktion der Verweildauer der Leuchten in der Beleuchtungsanlage seit der jeweils letzten Reinigung abgelesen werden.

Raum-Wartungsfaktor RMF

Staubablagerungen auf Raumschließungsflächen (Decke, Wände, Boden) und Einrichtungsobjekten führen meistens zu einer Verminderung der durch Mehrfachreflexion hervorgerufenen Indirekt-Komponente der Beleuchtungsstärke. Dem Einfluss dieser Umgebungsbedingungen wird durch den Raum-Wartungsfaktor Rechnung getragen.

Der Raum-Wartungsfaktor (RMF) kann aufgefasst werden als das Verhältnis des Raumwirkungsgrades zu einem beliebigen Zeitpunkt zum Raumwirkungsgrad der dem betrachteten Zeitpunkt vorhergehenden letzten Reinigung der Raumbooberflächen.

Wie der Raumwirkungsgrad ist auch der Raum-Wartungsfaktor prinzipiell abhängig von der Größe des Raumes, den Reflexionsgraden der Raumbooberflächen und der Lichtstromverteilung der Beleuchtungsanlage. Darüber hinaus ist der Raum-Wartungsfaktor abhängig von Art und Menge der Verschmutzung der Raumluft, die sich auf die Abnahme der Reflexionsgrade der Raumbooberflächen unmittelbar auswirkt. Für vereinfachte Annahmen können der CIE-Publikation 97 Werte erwartbarer Raum-Wartungsfaktoren entnommen werden.

10 Literatur

- BGI 856
Beleuchtung im Büro
Publikation der VBG, LiTG, AUVA, LTG, Seco, SLG
Hamburg 2003
- CIE 97 Technical Report
Maintenance of indoor electric lighting systems
(1992)
- CIE 117 Technical Report
Discomfort Glare in Interior Lighting
(1995)
- DIN EN 12464-1
Beleuchtung von Arbeitsstätten – Arbeitsstätten
in Innenräumen
(März 2003)
- DIN EN 12193
Beleuchtung von Sportstätten
(1999)
- DIN EN 1838
Notbeleuchtung
(1999)
- DIN 5035-1
Beleuchtung mit künstlichem Licht – Teil 1:
Begriffe und allgemeine Anforderungen
(1990)
- DIN 5035-2
Beleuchtung mit künstlichem Licht – Teil 2:
Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen
und im Freien
(1990)
- DIN 5035-7
Beleuchtung mit künstlichem Licht – Teil 7:
Beleuchtung von Arbeitsplätzen mit Bildschirmen
(August 2004)
- Lambert, J.
Beleuchtung am Arbeitsplatz – Welche Rolle
kann die Normung spielen?
KAN Brief 3/2004, S. 15
- LiTG Publikation 20
Das UGR-Verfahren
Berlin 2003
- Opfermann, Streit, Pernack
Arbeitsstättenverordnung 2004,
Frostel Verlag 2004
- Weis, B.
Gesetzliche Anforderung an die Beleuchtung,
Licht 7-8/2004, S. 786 ff
- ZVEI-Fachverband Elektrische Lampen
Lebensdauerverhalten von Entladungslampen für
Beleuchtung
Frankfurt am Main, 1998
- Schriftenreihe „Informationen zur Lichtenwen-
dung“ der Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL),
Frankfurt am Main, u. a.:
- Heft 1 Die Beleuchtung mit künstlichem
Licht
 - Heft 2 Gutes Licht für Schulen und Bildungsstät-
ten
 - Heft 4 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsge-
bäude
 - Heft 12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik
- Bezugsquelle FGL-Hefte (9 Euro/Heft):**
FGL, Stresemannallee 19,
60596 Frankfurt am Main,
Bestell-Fax: 069 98955-198,
Bestell-E-Mail: fgl@octopus-net.de
oder online bei www.licht.de
(kostenlos als PDF-Dateien)
- Bezugsquelle DIN Normen:**
Beuth Verlag GmbH
10787 Berlin

Impressum

ZVEI-LEITFADEN ZUR DIN EN 12464-1
„Beleuchtung von Arbeitsstätten –
Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“

Herausgeber:

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und
Elektronikindustrie e.V.
Fachverband Elektroleuchten
Stresemannallee 19
60596 Frankfurt am Main
E-Mail: licht@zvei.org
www.zvei.org/leuchten
www.licht.de

Bearbeiter:

Technische Arbeitsgruppe „Strategie Lichttechnik“
(TAG 12.0) im ZVEI

Redaktionelle Überarbeitung und

Realisation:

r fw. – redaktion für wirtschaftskommunikation,
Darmstadt

Layout und DTP:

Kugelstadt MedienDesign, Darmstadt

Druck:

Fixdruck, Friedrichsdorf

Abbildungen und Bilder

Kugelstadt MedienDesign, Darmstadt
(Titelbild, Bilder 1a, 1b, 3, 5, 6, 7, 8, 12, 15)

JARO Medien, Mönchengladbach

(Bilder 2a, 2b, 4, 10, 14)

LCI Light Consult International, Celle

(Bilder 11, 16 und Bilder von Seite 24)

Trilux-Lenze, Arnsberg

(Bild 9)

VBG, Hamburg

(Bild 13)

Preis: 9,- Euro

Stand April 2005

ZVEI:

Elektroleuchten

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Fachverband Elektroleuchten
Stresemannallee 19
60596 Frankfurt am Main

www.zvei.org/leuchten
www.licht.de

DIN EN 12464-1