

# Neue Norm für die Planung der Innenraumbeleuchtung

## Teil 1: Änderung bei der Planung mit DIN EN 12464-1 – neue Begriffe

Die Inhalte der Europäische Norm DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten; Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“ wurden bisher in der Normenreihe DIN 5035 behandelt. Dort gab es umfangreiche Festlegungen und Richtwerte für Arbeitsstätten im Innenraum, für die Beleuchtung von Unterrichtsstätten und Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen. Diese Festlegungen und Aussagen finden sich nicht im vollen Umfang wieder. Empfehlungen zur praktischen Planung enthält dieser Beitrag.

### 1 Europäische Harmonisierung

In Deutschland gilt seit der Veröffentlichung im März 2003 für Innenraumbeleuchtungsanlagen die Europäische Norm DIN EN 12464-1 [1]. Diese nimmt im Rahmen der schon bisher verabschiedeten oder im Entwurf vorhandenen Normen (Tafel 1) einen wichtigen Platz ein. Die Inhalte der DIN EN 12464-1 und DIN EN 12665 wurden bisher in der Normenreihe DIN 5035 behandelt. Sie enthielt umfangreiche Festlegungen der Richtwerte für Arbeitsstätten im Innenraum und im Freien, zur Beleuchtung von Krankenhäusern und spezielle Festlegungen für die Beleuchtung von Unterrichtsstätten und Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen. Diese Festlegungen und Aussagen finden sich nicht im vollen Umfang in den europäischen Normen wieder. Um hier für die deutschen Planer den Verlust wichtiger Informationen zu vermeiden, ist beabsichtigt, die in DIN EN 12464-1 und DIN EN 12665 nicht berücksichtigten Inhalte in einer überarbeiteten DIN 5035 zu veröffentlichen. Diese enthält dann die weiterhin gültigen Inhalte der bisherigen DIN 5035, jedoch dem fortgeschrittenen Stand der Technik angepasst. Mit DIN 5035-7 „Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen“ liegt bereits ein solcher aktualisierter Norminhalt vor [2].

DIN EN 12464-1 legt Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen in Bezug auf Sehleistung und Komfort fest. In ihr sind keine spezifischen Lösungen vorgeschrieben, so dass die Freiheit der Planer, neue und innovative Techniken einzusetzen, nicht eingeschränkt wird.

Die neue Norm verlangt für die Planung eine andere als die von DIN 5035 her gewohnte Vorgehensweise, so dass es notwendig ist, auf diese detailliert einzugehen.

#### Autor

Dipl.-Ing. Roland Baer ist beratender Ingenieur und freier Fachjournalist im Bereich Lichttechnik, Berlin.

Wesentliche Änderungen für der Planung sind:

- Bezug der notwendigen Beleuchtungsstärke auf den Teilbereich des Arbeitsplatzes, in dem die Sehaufgabe ausgeführt wird (für den unmittelbar im Gesichtsfeld befindlichen Umgebungsbereich gelten geringere Werte).
- Vorgegebene Beleuchtungsstärkeanforderungen werden auf den Wartungswert bezogen; dieser Wert der mittleren Beleuchtungsstärke darf im Laufe der Betriebszeit der Beleuchtungsanlage nicht unterschritten werden.
- Bewertung der Blendungsbegrenzung nach dem UGR-Verfahren.

### 2 Neue Begriffe

In DIN EN 12464-1 werden gegenüber DIN 5035 neue Begriffe definiert, auf deren Basis eine Beleuchtungsplanung erfolgt.

**Sehaufgabe:** Die Sehaufgabe wird bestimmt durch sehrelevante Elemente der auszuführenden Arbeit (Größe des zu erkennenden Objekts, dessen Leuchtdichte, sein Kontrast gegenüber dem Hintergrund und die Darbietungsdauer).

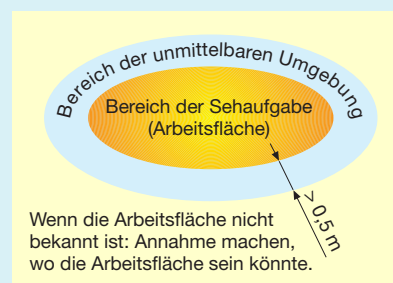
**Bereich der Sehaufgabe:** Teilbereich des Arbeitsplatzes, in dem die Sehaufgabe ausgeführt wird. Dieser Bereich kann in einer horizontalen, vertikalen und beliebig geneigten Ebene liegen und ist somit nicht mehr an eine bestimmte Höhe über dem Fußboden gebunden (im Gegensatz zu DIN 5035, in der für Arbeitsplätze eine horizontale Ebene mit 0,85 m über dem Fußboden und für Verkehrsflächen mit 0,2 m über dem Fußboden fest vorgegeben waren). Sind die Größe und/oder die Lage des Bereichs der Sehaufgabe nicht bekannt, muss dieser Bereich angenommen werden.

**Unmittelbarer Umgebungsbereich:** Bereich, der den Bereich der Sehaufgabe umgibt und sich im Gesichtsfeld befindet; vorgegeben wird eine Fläche von mindestens 0,5 m Breite (Bild 1).

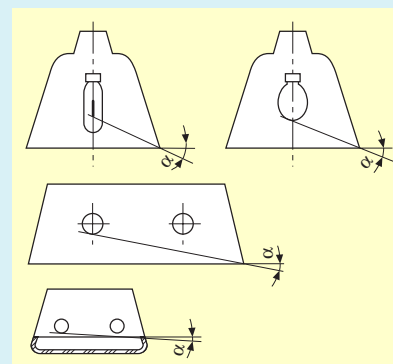
**Wartungswert der mittleren Beleuchtungs-**

Tafel 1 Beleuchtungsnormen

| Vorschrift                   | Inhalt  |
|------------------------------|---|
| EN 1838/1999                 | Notbeleuchtung  |
| EN 12193/1999                | Sportstättenbeleuchtung   |
| EN 12464-2/Entwurf 2003      | Beleuchtung von Arbeitsstätten<br>Teil 2: Arbeitsstätten im Freien                          |
| EN 12665/2002                | Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung |
| EN 13032/Entwurf 2002        | Normreihe Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten             |
| EN 13201/1 – 4/Entwürfe 1998 | Normenreihe Straßenbeleuchtung  |
| CR 14380/2003:               | Tunnelbeleuchtung   |



1 Bereich der Sehaufgabe und Bereich der unmittelbaren Umgebung



2 Definition des Abschirmwinkels

**stärke:** Wert der mittleren Beleuchtungsstärke, der auf der Bezugsfläche (Bereich der Sehaufgabe, unmittelbarer Umgebungsbereich) nicht unterschritten werden darf ( $\bar{E}_m$  dabei bedeutet:  $\bar{E}$  – mittlere Beleuchtungsstärke, Index m – Maintenance). Das Einhalten der Wartungsbeleuchtungsstärke muss bei der Planung durch den Wartungsfaktor  $w$  (oder dessen Kehrwert Planungsfaktor  $p$ ) und im Betrieb der Anlage durch den vorgegebenen Wartungszyklus sichergestellt werden.

**Abschirmwinkel:** Winkel zwischen der horizontalen Ebene und der Blickrichtung, unter der die leuchtenden Lampenteile in der Leuchte gerade noch sichtbar sind (Bild 2).

**Bildschirm:** Schirm zur Darstellung alphanumerischer Zeichen oder zur Grafikdarstellung, ungeachtet des Darstellungsverfahrens.

**Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke:** Verhältnis der kleinsten Beleuchtungsstärke zur mittleren Beleuchtungsstärke auf einer Bezugsfläche:

$$g = \frac{E_{\min}}{E_m}$$

### 3 Kriterien der Beleuchtungsplanung

Die Anforderungen an die Beleuchtung, in der Norm als **Lichtklima** definiert, werden bestimmt durch die Sicherstellung des Sehkomforts, der Sehleistung und der Sicherheit. Die Hauptkriterien für die Bestimmung des Lichtklimas sind:

- Leuchtdichteverteilung,
- Beleuchtungsstärke,
- Blendungsbegrenzung,
- Lichtrichtung,
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe,
- Flimmern und
- Tageslicht.

Die einzuhaltenden Werte für die Beleuchtungsstärke, die psychologische Blendung und die Farbwiedergabe sind in der Norm in Abhängigkeit von der Sehaufgabe, Tätigkeit, Raum oder Raumbereich quantitativ aufgeführt.

Das Tageslicht wird in die Beleuchtungsplanung mit einbezogen, da es die Beleuchtung einer Sehaufgabe ganz oder teilweise übernehmen kann. Darüber hinaus können Fenster den Sichtkontakt nach draußen ermöglichen, was von den meisten Menschen bevorzugt wird (nach DIN 5034 „Tageslicht in Innenräumen“ vorgegeben). Auf Abschirmmaßnahmen zur Vermeidung von Blendung durch das einfallende Tageslicht wird hingewiesen.

### 4 Leuchtdichteverteilung

Die Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld bestimmt den Adaptionszustand, der die Sehleistung beeinflusst. Sie sollte ausgewogen sein. Zu vermeiden sind:

- zu hohe Leuchtdichten, die Blendung verursachen können;
- zu hohe Leuchtdichteunterschiede, um eine permanente Umadaptation zu verhindern;
- zu niedrige Leuchtdichten und Leuchtdichteunterschiede, die eine unattraktive Arbeitsumgebung verursachen.

Leuchtdichten hängen wesentlich vom Reflexionsgrad der Oberflächen ab. Für die Hauptflächen des Raumes werden hierfür folgende Werte empfohlen:

$$\bar{E}_p = \bar{E}_m \cdot p \quad \bar{E}_p = \frac{\bar{E}_m}{w}$$

$\bar{E}_p$  Planungswert der mittleren Beleuchtungsstärke  
 $\bar{E}_m$  Nennwert der mittleren Wartungsbeleuchtungsstärke  
 p Planungsfaktor  
 w Wartungsfaktor

**3 Zusammenhang von Wartungsbeleuchtungsstärke und Planungswert der Beleuchtungsstärke. Beide Größen sind örtliche Mittelwerte.**

- Decken: 0,6 – 0,9;
- Wände: 0,3 – 0,8;
- Arbeitsplätze: 0,2 – 0,6;
- Boden: 0,1 – 0,5.

Tafel 2 Werte für den Wartungs- und Planungsfaktor

| Wartungsfaktor | Planungsfaktor | Anwendungsbeispiele  |
|----------------|----------------|--|
| 0,80           | 1,25           | sehr sauberer Raum (z. B. Reinraum), Anlage mit geringer jährlicher Nutzungszeit |
| 0,67           | 1,50           | Sauberer Raum, 3jähriger Wartungszyklus  |
| 0,57           | 1,75           | Außenbeleuchtungsanlage, 3jähriger Wartungszyklus                                |
| 0,50           | 2,00           | Innen- oder Außenbeleuchtungsanlage, starke Verschmutzung                        |

Tafel 3 Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe und der Beleuchtungsstärke der unmittelbaren Umgebung, Vorgabe der Gleichmäßigkeit

| Beleuchtungsstärke des Bereichs der Sehaufgabe in lx | Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs in lx |
|--|--|
| ≥ 750  | 500  |
| 500  | 300  |
| 300  | 200  |
| < 200  | $E_{\text{Aufgabe}}$   |
| Gleichmäßigkeit: ≥ 0,7                               | Gleichmäßigkeit: ≥ 0,5                                       |

Tafel 5 Mindestabschirmwinkel bei festgelegten Lampenleuchtdichten

| Lampenleuchtdichte in cd/m <sup>2</sup> | Mindestabschirmwinkel |
|---|-----------------------|
| 20 000 bis < 50 000                     | 15°                   |
| 50 000 bis < 500 000                    | 20°                   |
| ≥ 500 000                               | 30°                   |

Tafel 6 Lichtfarbenkennzeichnung von Lampen

| Lichtfarbe     | Ähnlichste Farbtemperatur in T <sub>cp</sub> |
|----------------|--|
| Warmweiß       | unter 3300 K                                 |
| Neutralweiß    | von 3300 K bis 5300 K                        |
| Tageslichtweiß | über 5300 K                                  |

Tafel 4 Beleuchtungsanforderungen für Büros gemäß Tabelle 5.3 in DIN EN 12464-1

| Ref. Nr. | Art des Raumes, Aufgabe und Tätigkeit                   | $\bar{E}_m$ in lx | UGR <sub>L</sub> | R <sub>a</sub> | Bemerkungen                                       |
|----------|---|-------------------|------------------|----------------|---|
| 3.1      | Ablegen, Kopieren, Verkehrszonen usw.                   | 300               | 19               | 80             |   |
| 3.2      | Schreiben, Maschinenschreiben, Lesen, Datenverarbeitung | 500               | 19               | 80             | Bildschirmarbeit mit weitergehenden Anforderungen |
| 3.3      | Technisches Zeichnen                                    | 750               | 16               | 80             |   |
| 3.4      | CAD-Arbeitsplätze                                       | 500               | 19               | 80             | Bildschirmarbeit mit weitergehenden Anforderungen |
| 3.5      | Konferenz- und Besprechungsräume                        | 500               | 19               | 80             | Beleuchtung soll regelbar sein                    |
| 3.6      | Empfangstheke   | 300               | 22               | 80             |   |
| 3.7      | Archive   | 200               | 25               | 80             |   |

## 5 Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke und ihre Verteilung im Bereich der Sehaufgabe und Umgebung haben großen Einfluss darauf, wie schnell, wie sicher und wie leicht eine Person die Sehaufgabe erfasst und ausführt.

Alle in der Norm festgelegten Beleuchtungsstärkewerte sind mittlere Wartungswerte  $\bar{E}_m$ . Bei der Planung ist deshalb mit der Festlegung der Planungsbeleuchtungsstärke  $\bar{E}_p$  ein Wartungsfaktor  $w$  (oder als Kehrwert der Planungs-faktor  $p$ ) (Bild 3) zu berücksichtigen:

$$\bar{E}_p = \frac{\bar{E}_m}{w}; \bar{E}_p = \bar{E}_m \cdot p.$$

Der Wartungsfaktor ist vom Wartungszyklus abhängig und berücksichtigt:

- Lampenausfall,
- Lichtstromrückgang der Lampen,
- Verschmutzung von Lampen und Leuchten und
- Verschmutzung der Raumumschließungsflächen.

Vom Fachausschuss „Innenbeleuchtung“ der LiTG wurden für den Wartungsfaktor Referenzwerte nach Tafel 2 empfohlen [3].

Die Beleuchtungsstärkewerte gelten für den Bereich der Sehaufgabe für übliche Sehbedingungen und berücksichtigen die Faktoren psychologische und physiologische Aspekte wie Sehkomfort und Wohlbefinden, Anforderungen der Sehaufgabe, visuelle Ergonomie, praktische Erfahrung, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit. Die Beleuchtungsstärke wird, beginnend mit 20 lx (Gesichtszüge können gerade noch erkannt werden), in Lux-Werten mit dem Faktor von etwa 1,5 gestuft:



4 UGR-Verfahren – Berücksichtigung und Wertung der Leuchtdichte aller Leuchten im Blickfeld des Beobachters

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000.

An ständig besetzten Arbeitsplätzen darf der Wartungswert der Beleuchtungsstärke nicht geringer als 200 lx sein. Wenn die Sehbedingungen von den normalen Annahmen abweichen, kann der Wert um eine Stufe höher oder niedriger angesetzt werden.

Die Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs ist eine Stufe niedriger als im Bereich der Sehaufgabe. Für die örtliche Gleichmäßigkeit im Arbeitsbereich und der unmittelbaren Umgebung sind die Vorgaben nach Tafel 3 einzuhalten.

## 6 Blendung

Blendung wird durch Flächen hoher Leuchtdichte im Gesichtsfeld hervorgerufen, die sowohl in Form der Direkt- als auch der Reflexblendung (Spiegelung heller Punkte und Flächen auf spiegelnden Oberflächen) verursacht werden

kann. An Arbeitsplätzen im Innenraum kann die psychologische Blendung unmittelbar von hellen Leuchten oder Flächen herrühren. Der Grad der Direktblendung einer Innenraumbeluchtungsanlage ist nach der CIE-Methode „Unified Glare Rating (UGR)“ zu bestimmen (Bild 4). Diese Bestimmung erfolgt nach einer Tabellenmethode, wobei hierfür charakteristische Beobachterpositionen im Raum definiert werden müssen. Es existieren entsprechende PC-Programme hierfür. Je nach Qualitätsforderung dürfen Werte in der Stufenreihe 28 – 25 – 22 – 19 – 16 nicht überschritten werden. Je geringer der Wert ist, desto besser wirkt die Blendungsbegrenzung (Tafel 4).

Lampenteile mit hoher Leuchtdichte müssen der Sicht durch den Beobachter in normaler Sicht- oder Arbeitsposition entzogen werden, das gilt besonders für die ständige Blickrichtung oberhalb der Horizontalen. In Abhängigkeit der Lampenleuchtdichte wird der Abschirmwinkel der Leuchten (Bild 2) nach Tafel 5 festgelegt.

Die Reflexblendung kann durch folgende Maßnahmen verhindert oder reduziert werden:

- Geeignete Anordnung der Leuchten und Arbeitsplätze,
- matte Oberflächen,
- Leuchtdichtebegrenzung bei geringen Ausstrahlungswinkeln,
- helle Raumbegrenzungsflächen.

## 7 Lichtrichtung

Durch den Einsatz von gerichtetem Licht lassen sich räumliche Objekte und Oberflächenstrukturen besser erkennen. In der Norm wird die Ausgewogenheit von diffuser und gerichteter Beleuchtung als **Modelling** definiert. Die Beleuchtung sollte nicht zu stark gerichtet sein, da sonst zu starke Schatten auftreten. Bei zu diffusem Licht geht der Modellingeffekt verloren und die Beleuchtung wirkt unattraktiv. Eine quantitative Bewertung des Modelling gibt es nicht. Die Anwendung der gerichteten Beleuchtung aus einer Vorzugsrichtung kann die Feinheiten einer Sehaufgabe hervorheben und die Sichtbarkeit verbessern (z. B. Kontrolle von Oberflächen).

## 8 Farbqualität

Die Farbqualität der Lampen wird gekennzeichnet durch die Lichtfarbe und die Farbwiedergabe. Die Lichtfarbe bezieht sich auf die wahrgenommene Farbe des ausgesandten Lichts. Sie wird durch die ähnlichste Farbtemperatur beschrieben (Maßzahl: absolute Temperatur in Kelvin). Eine Gruppierung in bestimmte Farbgruppen wird entsprechend Tafel 6 vorgenommen.

Mit der Farbwiedergabe wird gekennzeichnet, wie wirklichkeitsgetreu Objekte oder wie natürlich menschliche Haut wiedergegeben werden. Eine gute Farbwiedergabe ist für Sehleistung, Behaglichkeit und Wohlbefinden wichtig. Sicherheitsfarben müssen immer einwandfrei erkennbar sein. Als quantitative Kennzeichnungsgröße der Farbwiedergabe dient der Allgemeine Farbwiedergabeindex  $R_a$ . Der bestmögliche Wert beträgt 100, geringere Werte bedeuten eine schlechtere Farbwiedergabequalität. In Innenräumen, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten, sollte der  $R_a$ -Wert der eingesetzten Lampen höher als 80 sein (Ausnahme: hohe Hallen).  $R_a$ -Werte größer 80 entsprechen der Farbwiedergabegruppe 1 B nach DIN 5035.

## 9 Flimmern, stroboskopische Effekte

Beleuchtungsanlagen sind so auszulegen, dass Flimmern und Stroboskopeffekte vermieden werden. Das lässt sich durch den Betrieb der Lampen an Gleichspannung oder an hochfrequenten Spannungen (rund 30 kHz)

erreichen. Flimmern kann physiologische Effekte wie Kopfschmerzen hervorrufen, Stroboskopeffekte können eine falsche Wahrnehmung rotierender Maschinenteile verursachen (Unfallquelle).

## 10 Energiebetrachtung

Die erforderliche Beleuchtung eines bestimmten räumlichen Bereichs sollte mit dem geringstmöglichen Energieaufwand realisiert werden. Allerdings steht der niedrige Energieverbrauch gegenüber den lichttechnischen

Gütemerkmalen nicht primär im Vordergrund, vielmehr sollte der Einsatz der geeigneten Beleuchtungssysteme, Steuerungs- und Regelungseinrichtungen und die sinnvolle Nutzung des Tageslichts zu einem niedrigen Energieverbrauch führen.

### Literatur

- [1] DIN EN 12464-1:2003-03 Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen.
- [2] Entwurf DIN 5035-7:2001-10 Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen.
- [3] Stockmar, A.: Theorie und Praxis des Wartungsfaktors. Licht 6/2003, S. 546. ■