

Angewandte Lichttechnik  
**Beleuchtung von Arbeitsstätten**  
 Deutsche Fassung prEN 12464 : 1998

**DIN**  
**EN 12464**

ICS 91.160.01

Lighting applications – Lighting of work places;  
 German version prEN 12464 : 1998

Eclairagisme – Eclairage des lieux de travail;  
 Version allemande prEN 12464 : 1998

Einsprüche bis 30. Nov 1998

Vorgesehen als Ersatz für  
 DIN 5035-2 : 1990-09,  
 DIN 5035-3 : 1988-09 und  
 DIN 5035-4 : 1983-02;  
 vorgesehen als teilweiser  
 Ersatz für  
 DIN 5035-1 : 1990-06,  
 DIN 5035-7 : 1988-09 und  
 DIN 67505 : 1986-09;  
 Ersatz für  
 Entwurf DIN 5035-2 : 1996-06

### Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin; Postanschrift: 10772 Berlin.

### Nationales Vorwort

Diesem Norm-Entwurf liegt die Überarbeitung des Europäischen Norm-Entwurfes prEN 12464 zugrunde, der ursprünglich 1996 in Deutschland als Entwurf DIN 5035-2 veröffentlicht worden ist. Die Herausgabe eines zweiten Norm-Entwurfes war notwendig geworden, da die erste Umfrage auf nationaler wie auch auf europäischer Ebene ergeben hatte, daß die für eine Europäische Norm erforderliche Zustimmung nicht gegeben ist und daher maßgebliche Änderungen bzw. Ergänzungen notwendig werden. Beispielhaft kann hier die jetzt viel umfaßendere Berücksichtigung von Anforderungen an die Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen genannt werden.

National zuständig für die hier behandelte Thematik ist der Arbeitsausschuß FNL 4 "Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht". Fachleute des FNL 4 haben an der Erstellung dieses Arbeitsergebnisses bei CEN/TC 169/WG 2 mitgewirkt, wobei es nicht immer gelungen ist, die Vertreter der anderen beteiligten Normungsorganisationen von der Zweckmäßigkeit der Übernahme verschiedener Festlegungen aus den Normen

- DIN 5035-1 Beleuchtung mit künstlichem Licht – Begriffe und allgemeine Anforderungen
  - DIN 5035-2 Beleuchtung mit künstlichem Licht – Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien
  - DIN 5035-3 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht – Beleuchtung in Krankenhäusern
  - DIN 5035-4 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht – Spezielle Empfehlungen für die Beleuchtung von Unterrichtsstätten
  - DIN 5035-7 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht – Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen und mit Arbeitsplätzen mit Bildschirmunterstützung  
und
  - DIN 67505 Beleuchtung zahnärztlicher Behandlungsräume und zahntechnischer Laboratorien
- zu überzeugen.

Fortsetzung Seite 2  
 und 41 Seiten prEN

Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.  
 Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN  
 Normenausschuß Dental im DIN  
 Normenausschuß Informationsverarbeitungssysteme (NI) im DIN

Die Veröffentlichung dieses Europäischen Norm-Entwurfes dient dazu, die Fachwelt über den derzeitigen Diskussionsstand bei CEN/TC 169 zu informieren und dieser Gelegenheit zu geben, auf dem Wege von individuellen Stellungnahmen zu diesem Norm-Entwurf eigene Standpunkte in eine noch zu erarbeitende gemeinsame deutsche Stellungnahme einzubringen.

Nach Behandlung aller zu diesem Europäischen Norm-Entwurf eingegangenen nationalen Stellungnahmen durch CEN/TC 169 muß der Inhalt des gegebenenfalls entsprechend überarbeiteten Europäischen Norm-Entwurfs im Falle der Annahme im danach folgenden CEN-Abstimmungsverfahren aufgrund der nationalen Übernahmeverpflichtung unverändert in das Deutsche Normenwerk übernommen werden.

Diese Übernahme wäre aufgrund der CEN/CENELEC Geschäftsordnung auch dann zwingend erforderlich, wenn Deutschland mit Nein stimmen sollte. DIN 5035-1, DIN 5035-2, DIN 5035-3, DIN 5035-4, DIN 5035-7 und DIN 67505 bleiben bis dahin jedoch uneingeschränkt gültig.

### Änderungen

Gegenüber DIN 5035-1 : 1990-06, DIN 5035-2 : 1990-09, DIN 5035-3 : 1988-09, DIN 5035-4 : 1983-02 und DIN 5035-7 : 1988-09 und DIN 67505 : 1986-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Die Festlegungen in DIN 5035 Teil 2 bis Teil 4 sowie hier behandelte Festlegungen aus DIN 5035 Teil 1 und Teil 7 und aus DIN 67505 sind vollständig überarbeitet. Die wesentlichen Änderungen sind:

- Das Konzept der auf den Raum bzw. auf die Raumzone bezogene Allgemeinbeleuchtung wurde durch eine Beleuchtung des Arbeitsbereichs und dessen unmittelbarer Umgebung ersetzt.
- Alle in diesem Norm-Entwurf festgelegten Beleuchtungsstärken werden als Wartungswerte angegeben, d.h. Grenzwert, nach deren Unterschreitung die Anlage gewartet werden muß. Diese ersetzen die in den o. a. Teilen DIN 5035 und in DIN 67505 genannten Nennwerte, die örtliche und zeitliche Mittelwerte darstellen, welche nicht unterschritten werden dürfen.
- Die Begrenzung der Direktblendung erfolgt nach der Tabellenmethode des CIE Unified Glare Rating - Verfahrens (UGR) als Ersatz für die Leuchtdichtegrenzkurven.
- Bei der Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen ist die Grenzleuchtdichte von den Reflexionseigenschaften des Bildschirms abhängig.

ICS

Deskriptoren:

## Deutsche Fassung

### Angewandte Lichttechnik Beleuchtung von Arbeitsstätten

Lighting applications – Lighting of work places

Eclairagisme – Eclairage des lieux de travail

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Er wurde von der WG 2 des CEN/TC 169 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde von CEN in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik und dem Vereinigten Königreich.

# CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B 1050 Brüssel

## Inhalt

|                                                                                   | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort .....                                                                     | 3     |
| Einleitung .....                                                                  | 3     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                         | 3     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                    | 3     |
| 3 Definitionen .....                                                              | 3     |
| 4 Kriterien der Beleuchtungsplanung .....                                         | 4     |
| 5 Tabelle der Beleuchtungsanforderungen .....                                     | 9     |
| 6 Überprüfungen .....                                                             | 34    |
| Anhang A (informativ): Bibliographie .....                                        | 35    |
| Anhang B (informativ): Index der Räume (Bereiche), Sehaufgaben und Tätigkeiten .. | 36    |

## Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von der Arbeitsgruppe 2 des CEN/TC 169 "Licht und Beleuchtung" erarbeitet.

## Einleitung

Um es Menschen zu ermöglichen, Sehaufgaben effektiv, genau und sicher durchzuführen, muß eine entsprechende und geeignete Beleuchtung vorgesehen werden. Diese Beleuchtung kann durch Tageslicht, künstliche Beleuchtung oder eine Kombination von beiden erzeugt werden.

Die Art und Dauer der Tätigkeit bestimmt für viele Arbeitsstätten den notwendigen Grad der Sehbedingungen oder des Sehkomforts

Diese Norm legt die Anforderungen an Beleuchtungssysteme für die meisten Arbeitsstätten in Bezug auf Quantität und Qualität der Beleuchtung fest. Weiterhin werden Empfehlungen für eine gute Beleuchtungspraxis gegeben.

Es ist von grundlegender Bedeutung, daß neben den spezifischen Anforderungen, die in der Tabelle der beleuchtungstechnischen Anforderungen (Abschnitt 5) aufgeführt sind, auch die Anforderungen der anderen Abschnitten dieser Norm erfüllt sind.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Anforderungen an die Beleuchtung für Sehleistung, Komfort und Sicherheit in Arbeitsstätten fest. Arbeitsstätten umfassen sowohl Arbeitsbereiche in Innenräumen als auch im Freien. Alle üblichen Sehaufgaben, einschließlich der an Bildschirmarbeitsplätzen, sind berücksichtigt.

Diese Norm legt weder spezielle Lösungen fest, noch schränkt sie die Freiheit der Planer ein, neue Techniken bzw. innovative Anlagen einzusetzen. Diese Norm ist nicht anzuwenden auf die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Untertage-Bergbau.

## 2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei starren Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Angabe der in Bezug genommenen Publikation.

prEN 12665      Angewandte Lichttechnik - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung

prEN 13032-1    Angewandte Lichttechnik - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 1: Messung

IEC Publikation 50(845) International Electrotechnical Vocabulary - Kapitel 845 "Beleuchtung"

## 3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

ANMERKUNG: Dieser Abschnitt definiert Begriffe und Größen, die in dieser Norm verwendet werden, für diese Norm wichtig sind und in prEN 12665 und IEC 50(845) nicht festgelegt sind.

**3.1 Sehaufgabe:** Die sehrelevanten Elemente der auszuführenden Arbeit.

ANMERKUNG: Hauptsächlich sehrelevant sind die Größe der zu erkennenden Struktur, deren Leuchtdichte, deren Kontrast gegenüber dem Hintergrund und die Darbietungsdauer.

**3.2 Arbeitsbereich:** Der Bereich der Arbeitsstätte, in dem die Sehaufgabe ausgeführt wird. Ist die Größe und/oder die Lage des Arbeitsbereiches nicht bekannt, muß der Bereich als Arbeitsbereich angenommen werden, in dem die Sehaufgabe auftreten kann.

**3.3 unmittelbare Umgebung:** Die den Arbeitsbereich umgebende Fläche von mindestens 0,5 m Breite.

**3.4 Wartungswert der Beleuchtungsstärke ( $\bar{E}_m$ ):** Wert, unter den die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer bestimmten Fläche nicht sinken darf.

**3.5 Abschirmwinkel:** Der Winkel zwischen der horizontalen Ebene durch die Lichtaustrittsfläche der Leuchte und der Blickrichtung, unter der die Lampe(n) gerade nicht mehr sichtbar sind.

## 4 Kriterien der Beleuchtungsplanung

### 4.1 Lichtklima

Für eine gute Beleuchtung sind zusätzlich zur erforderlichen Beleuchtungsstärke weitere quantitative und qualitative Gütemerkmale der Beleuchtung zu berücksichtigen.

Die lichttechnischen Anforderungen an die Beleuchtung sind von der Erfüllung von drei grundlegenden menschlichen Bedürfnissen abhängig:

- Sehkomfort, er vermittelt den arbeitenden Menschen das Gefühl des Wohlbefindens und trägt so indirekt zu einer hohen Produktivität bei;
- Sehleistung, sie ermöglicht den arbeitenden Menschen, Sehaufgaben auch unter schwierigen Umständen und über längere Zeit auszuführen;
- Sicherheit.

Die wichtigsten lichttechnischen Merkmale für eine gute Beleuchtung sind:

- Leuchtdichteverteilung
- Beleuchtungsstärke
- Begrenzung der Blendung
- Lichtrichtung
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe
- Tageslicht

Die quantitativ beschreibbaren Größen, Beleuchtungsstärke, psychologische Blendung und Farbwiedergabe sind in Abschnitt 5 festgelegt.

### 4.2 Leuchtdichteverteilung

Die Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld bestimmt den Adaptationszustand, der die Sehleistung beeinflusst.

Mit steigender Adaptationsleuchtdichte erhöhen sich:

- Sehschärfe (Schärfe des Sehvermögens);
- Kontrastempfindlichkeit (Unterscheidung von kleinen Leuchtdichteunterschieden);
- Leistungsfähigkeit der Augenfunktionen (wie Akkommodation, Konvergenz, Pupillenveränderung, Augenbewegungen usw.).

Die Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld beeinflusst auch den Sehkomfort. Aus diesen Gründen sollte folgendes vermieden werden:

- zu hohe Leuchtdichten, die Blendung verursachen können;
- zu hohe Leuchtdichteunterschiede, die durch ständige Umadaptation Ermüdung verursachen können;
- zu niedrige Leuchtdichten und zu niedrige Leuchtdichteunterschiede, die eine wenig attraktive und wenig anregende Arbeitsumgebung schaffen.

Die Leuchtdichten aller Oberflächen sind wichtig. Sie hängen vom Reflexionsgrad der Oberflächen und der Beleuchtungsstärke auf den Oberflächen ab.

Für die Hauptflächen eines Raumes werden folgende Reflexionsgrade empfohlen:

- |                        |           |
|------------------------|-----------|
| – Decken               | 0,6 - 0,9 |
| – Wände                | 0,3 - 0,8 |
| – Boden/Arbeitsflächen | 0,2 - 0,5 |

### 4.3 Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke und ihre Verteilung im Arbeitsbereich und im Umgebungsbereich haben großen Einfluß darauf, wie schnell, wie sicher und mit welchem Komfort eine Person die Sehaufgabe erfaßt und ausführt.

Für Arbeitsstätten, in denen der Arbeitsbereich nicht festlegbar ist, wird als Arbeitsbereich der Raumbereich angenommen, in dem die Sehaufgabe auftreten kann.

Alle in dieser Norm festgelegten Beleuchtungsstärkewerte sind Wartungswerte der Beleuchtungsstärke und dienen der Arbeitssicherheit sowie der Sehleistung.

#### 4.3.1 Empfohlene Beleuchtungsstärken im Arbeitsbereich

Die im Abschnitt 5 angegebenen Werte sind Wartungswerte der Beleuchtungsstärke auf der Bewertungsfläche des Arbeitsbereiches, die horizontal, vertikal oder geneigt sein kann. Unabhängig vom Alter und Zustand der Beleuchtungsanlage darf die mittlere Beleuchtungsstärke nicht unter den im Abschnitt 5 angegebenen Wert fallen. Die Werte gelten für normale Sehbedingungen und berücksichtigen folgende Faktoren:

- Anforderungen der Sehaufgabe
- Sicherheit
- psycho-physiologische Aspekte wie Sehkomfort und Wohlbefinden
- Wirtschaftlichkeit
- praktische Erfahrung

Der Wert der Beleuchtungsstärke kann in Stufen gemäß prEN 12665 angepasst werden, wenn die Sehbedingungen von den normalen Annahmen abweichen.

Die Beleuchtungsstärke sollte erhöht werden, wenn:

- die Aufgabe ungewöhnlich niedrige Kontraste aufweist;
- die Sehaufgabe besonders hohe Ansprüche stellt;
- die Folgen von Sehfehlern kostenintensiv sind;
- Genauigkeit oder höhere Produktivität von großer Bedeutung sind;
- das Sehvermögen der arbeitenden Person unter dem Durchschnitt liegt.

An ständig besetzten Arbeitsbereichen darf der Wartungswert der Beleuchtungsstärke nicht weniger als 200 lx betragen.

#### 4.3.2 Beleuchtungsstärken der unmittelbaren Umgebung

Die Beleuchtungsstärke in der unmittelbaren Umgebung muß in Beziehung zur Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich stehen und sollte eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld schaffen.

Hohe Beleuchtungsstärkeunterschiede in der Umgebung des Arbeitsbereiches können zu visueller Überlastung und Unbehagen führen.

Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke der unmittelbaren Umgebung kann niedriger sein als die Beleuchtungsstärke des Arbeitsbereiches, darf aber nicht weniger betragen als die in Tabelle 1 angegebenen Werte.

**Tabelle 1: Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke in der unmittelbaren Umgebung und der Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich in Innenräumen**

| Beleuchtungsstärke<br>des Arbeitsbereiches<br>lx | Beleuchtungsstärke<br>der unmittelbaren Umgebung<br>lx |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| ≥ 750                                            | 500                                                    |
| 500                                              | 300                                                    |
| 300                                              | 200                                                    |
| ≤ 200                                            | $E_{task}$                                             |
| Gleichmäßigkeit: ≥ 0,7                           | Gleichmäßigkeit: ≥ 0,5                                 |

Zusätzlich zur Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich muß die Beleuchtung auch eine angemessene Beleuchtungsstärke zur Adaptation entsprechend Abschnitt 4.2 erzeugen.

#### 4.3.3 Gleichmäßigkeit

Der Arbeitsbereich muß so gleichmäßig wie möglich beleuchtet werden. Die Gleichmäßigkeit im Arbeitsbereich und in der unmittelbaren Umgebung darf nicht geringer sein, als in Tabelle 1 angegeben.

ANMERKUNG: Bei Arbeitsplätzen im Freien kann eine niedrigere Gleichmäßigkeit zugelassen werden.

#### 4.4 Blendung

Blendung wird durch zu helle Flächen im Gesichtsfeld hervorgerufen und kann sich entweder als psychologische Blendung oder als physiologische Blendung erfahren werden. Die durch Reflexe auf spiegelnden Oberflächen verursachte Blendung ist allgemein bekannt als Schleierreflexion oder Reflexblendung.

Um Fehler, Ermüdung und Unfälle zu vermeiden, ist es wichtig, die Blendung zu begrenzen.

Physiologische Blendung ist häufiger bei der Außenbeleuchtung anzutreffen. Sie kann aber auch im Innenraum auftreten, wenn sich z.B. eine große helle Lichtquelle wie ein Fenster in einem verhältnismäßig schwach beleuchteten Raum befindet.

Bei Arbeitsplätzen im Innenraum kann psychologische Blendung unmittelbar von hellen Leuchten oder Fenstern herrühren. Wenn die Grenzen der psychologischen Blendung eingehalten werden, tritt in der Regel auch keine nennenswerte physiologische Blendung auf.

#### 4.4.1 Physiologische Blendung

Physiologische Blendung wird durch übermäßig hohe Leuchtdichten oder Kontraste hervorgerufen und verursacht eine Herabsetzung des Sehvermögens. Sie ist zu vermeiden, indem z. B. Lampen in geeigneter Weise abgeschirmt oder Fenster durch Jalousien abgedunkelt werden.

Für die in Tabelle 2 angegebene Lampen-Leuchtdichte muß der zugehörige Mindestabschirmwinkel eingehalten werden.

**Table 2: Mindestabschirmwinkel für bestimmte Lampen-Leuchtdichten**

| Lampen-Leuchtdichte<br>kcd/m <sup>2</sup> | Mindestabschirmwinkel |
|-------------------------------------------|-----------------------|
| ≤ 20                                      | 10°                   |
| 20 bis 500                                | 20°                   |
| ≥ 500                                     | 30°                   |

#### 4.4.2 Psychologische Blendung

Der Grad der Direktblendung durch Leuchten einer Beleuchtungsanlage im Innenraum ist nach der Tabellenmethode des CIE Unified Glare Rating-Verfahrens (UGR) zu bestimmen. Es basiert auf der Formel:

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (1)$$

Dabei ist:

- $L_b$  die Hintergrundleuchtdichte in cd/m<sup>2</sup>, berechnet als  $E_{ind}/\pi$  mit  $E_{ind}$  als vertikale Indirektbeleuchtungsstärke am Beobachterauge;
- $L$  die mittlere Leuchtdichte in cd/m<sup>2</sup> der Lichtaustrittsfläche jeder Leuchte in Richtung des Beobachterauges;
- $\omega$  der Raumwinkel in Steradian (sr) der Lichtaustrittsfläche jeder Leuchte, bezogen auf das Beobachterauge;
- $p$  Positionsindex nach Guth für jede einzelne Leuchte, abhängig von deren räumliche Abweichung von der Hauptblickrichtung.

ANMERKUNG: Einzelheiten der UGR-Verfahrens sind in der CIE Publikation 117 beschrieben.

Die in dieser Norm genannten UGR-Grenzwerte für Beleuchtungsanlagen in Innenräumen gelten für die Position des Standardbeobachters und werden mit Hilfe der UGR-Tabellen überprüft.

Die UGR-Werte müssen für den Neuwert des Lichtstroms der eingesetzten Lampen ermittelt werden.

In den UGR-Tabellen werden die UGR-Werte sowohl für die Beobachterblickrichtung längs wie quer zur Leuchtenachse angegeben. Wenn die Blickrichtung nicht festgelegt ist, muß der höhere der beiden Werte die UGR-Grenzwerte erfüllen.

Werden in der zu bewertenden Anlage unterschiedliche Leuchten mit unterschiedlichen photometrischen Eigenschaften und/oder unterschiedlichen Lampen eingesetzt, ist das oben beschriebene Verfahren für alle in der Anlage eingesetzten Leuchten/Lampen-Kombinationen vorzunehmen. Der höchste UGR-Wert ist als anlagentypischer Wert anzunehmen und muß die UGR-Grenzwerte erfüllen.

Alle bei der Ermittlung des UGR-Wertes getroffenen Annahmen müssen in der Anlagendokumentation aufgeführt werden. Der UGR-Wert der Beleuchtungsanlage darf den in Abschnitt 5 angegebenen UGR-Grenzwert nicht überschreiten.

ANMERKUNG: Die Änderung des UGR-Wertes für unterschiedliche Beobachterpositionen in einem Raum kann mit Hilfe der (erweiterten) UGR-Tabelle oder mittels der UGR-Formel ermittelt werden. Wenn der größte UGR-Wert in einem Raum den UGR-Grenzwert gemäß Abschnitt 5 überschreitet, sollten Angaben über die geeignete Anordnung der Arbeitsplätze gemacht werden.

#### 4.4.3 Schleierreflexionen und Reflexblendung

Reflexionen an spiegelnden Flächen der Sehaufgabe, oft bezeichnet als Schleierreflexion oder Reflexblendung, können die Erkennbarkeit der Sehaufgabe, meistens nachteilig, verändern. Schleierreflexionen und Reflexblendung können verhindert oder reduziert werden durch:

- geeignete Anordnung der Leuchten und Arbeitsplätze;
- Oberflächengestaltung (matte Oberflächen);
- Leuchtdichtebegrenzung der Leuchten;
- Vergrößerung der leuchtenden Fläche der Leuchten;
- helle Raumdecken und helle Wände.

#### 4.5 Lichtrichtung

Gerichtetes Licht kann eingesetzt werden, um Objekte plastisch erscheinen zu lassen, Oberflächenstrukturen hervortreten zu lassen sowie das Aussehen der Menschen im Raum zu verbessern. Dies wird mit der Bezeichnung "Modelling" beschrieben. Die Beleuchtung einer Sehaufgabe mit gerichtetem Licht kann auch Auswirkungen auf die Sichtbarkeit haben.

##### 4.5.1 Modelling

Modelling bezeichnet die Ausgewogenheit zwischen diffuser und gerichteter Beleuchtung und ist ein maßgebendes Merkmal der Beleuchtungsqualität in praktisch allen Arten von Innenräumen. Das allgemeine Erscheinungsbild eines Innenraumes verbessert sich, wenn seine baulichen Merkmale, die Menschen sowie die Gegenstände darin so beleuchtet werden, daß Form und Oberflächenstrukturen deutlich und auf angenehme Weise erkennbar sind. Dies wird erreicht durch Licht, das merkbar aus einer Richtung kommt. Es bilden sich so die eindeutigen Schatten, die für ein gutes Modelling von wesentlicher Bedeutung sind.

Die Beleuchtung sollte nicht zu stark gerichtet sein, weil sich sonst zu harte Schatten bilden. Sie sollte auch nicht zu diffus sein, da sonst der Modellingeffect verlorengeht und sich eine unattraktive Helligkeitsverteilung ergibt.

##### 4.5.2 Gerichtete Beleuchtung von Sehaufgaben

Die Beleuchtung aus einer bestimmten Richtung kann Feinheiten einer Sehaufgabe herausheben, ihre Erkennbarkeit verbessern und die Durchführung der Aufgabe erleichtern. Schleierreflexionen und Reflexblendung sind zu vermeiden, siehe 4.4.3.

#### 4.6 Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Die Farbqualität einer annähernd weißen Lampe wird durch zwei Eigenschaften gekennzeichnet:

- die Farberscheinung (Lichtfarbe) der Lampe selbst;
- die Farbwiedergabe, welche die Farberscheinung von Gegenständen und Personen beeinflusst, die von dieser Lampe beleuchtet werden.

Diese beiden Eigenschaften müssen getrennt voneinander betrachtet werden.

##### 4.6.1 Lichtfarbe

Die "Lichtfarbe" einer Lampe bezieht sich auf die wahrgenommene Farbe des Lichtes selbst. Sie wird durch ihre ähnlichste Farbtemperatur beschrieben.

Die Lichtfarbe kann gemäß Tabelle 3 auch verbal beschrieben werden.

**Tabelle 3: Lichtfarben von Lampen**

| Lichtfarbe     | Ähnlichste Farbtemperatur |
|----------------|---------------------------|
| Warmweiß       | unter 3300 K              |
| Neutralweiß    | von 3300 K bis 5300 K     |
| Tageslichtweiß | über 5300 K               |

Die Auswahl der Lichtfarbe ist eine Frage der Psychologie, der Ästhetik und dessen, was als natürlich angesehen wird. Die Wahl hängt von dem Beleuchtungsstärkeniveau, den Farben des Raums und der Möbel, vom Klima der Umgebung und dem Anwendungsfall ab. In warmen Klimazonen wird allgemein eine höhere Farbtemperatur bevorzugt, in kaltem Klima eher eine niedrigere.

#### 4.6.2 Farbwiedergabe

Für die Sehleistung, die Behaglichkeit und das Wohlbefinden ist es wichtig, daß die Farben der Umgebung, der Objekte und der menschlichen Haut natürlich und wirklichkeitsgetreu wiedergegeben werden sowie das Menschen attraktiv und gesund aussehen.

Sicherheitsfarben müssen immer als solche erkennbar sein.

Zur objektiven Kennzeichnung der Farbwiedergabe-Eigenschaften einer Lichtquelle wurde der Allgemeine Farbwiedergabe-Index  $R_a$  eingeführt. Der höchstmögliche  $R_a$  Wert ist 100. Dieser Wert nimmt bei abnehmender Farbwiedergabequalität ab.

Lampen mit einem Farbwiedergabe-Index kleiner als 80 sollten in Innenräumen, in denen Menschen für längere Zeit arbeiten oder sich aufhalten, nicht verwendet werden. Ausnahmen davon sind möglich bei bestimmten örtlichen Gegebenheiten und/oder Tätigkeiten, jedoch sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, damit an ständig besetzten Arbeitsplätzen eine höhere Farbwiedergabe vorhanden ist und Sicherheitsfarben fehlerfrei erkannt werden können.

Die Mindestwerte des Farbwiedergabe-Indexes für verschiedene Innenräume (Bereiche), Aufgaben oder Tätigkeiten sind in Abschnitt 5 angegeben.

#### 4.7 Tageslicht

Tageslicht kann die Beleuchtung einer Sehaufgabe insgesamt oder zeit- bzw. bereichsweise übernehmen. Es ändert sich im Lauf des Tages in seiner Beleuchtungsstärke und seiner spektralen Zusammensetzung und sorgt daher in einem Raum für Veränderungen. Aufgrund des fast horizontalen Lichteinfalls durch seitliche Fenster kann ein spezielles Verhältnis zwischen diffuser und gerichteter Beleuchtung (Modelling) und eine besondere Leuchtdichteverteilung im Raum entstehen.

Fenster können Sichtkontakt nach draußen herstellen, was von den meisten Menschen bevorzugt wird.

In Räumen mit Seitenfenstern nimmt das vorhandene Tageslicht mit der Entfernung vom Fenster stark ab. Um die erforderliche Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz und eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung im Raum zu erreichen, ist eine zusätzliche Beleuchtung notwendig. Automatisches oder manuelles Einschalten und/oder Dimmen kann angewandt werden, um ein angemessenes Zusammenwirken von elektrischer und natürlicher Beleuchtung zu erreichen. Gegen Blendung durch Tageslicht sind Abschirmmaßnahmen vorzusehen.

#### 4.8 Verminderungsfaktor

Die empfohlene Beleuchtungsstärke für jede Sehaufgabe ist als Wartungswert der Beleuchtungsstärke angegeben. Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke hängt vom Alterungsverhalten der Lampe, der Leuchte, der Umgebung und vom Wartungsprogramm ab.

Die Beleuchtungsanlage sollte mit einem alle Einflüsse berücksichtigenden Verminderungsfaktor geplant werden, der für die vorgesehene Beleuchtungseinrichtung, die räumliche Umgebung und den festgelegten Wartungsplan errechnet wurde.

Der Planer muß:

- 1) den Verminderungsfaktor angeben und alle Annahmen aufführen, die bei der Bestimmung des Wertes gemacht wurden;
- 2) die Beleuchtungseinrichtung entsprechend der Raumnutzung festlegen;
- 3) einen umfassenden Wartungsplan erstellen, der das Intervall für den Lampenwechsel, das Intervall für die Reinigung der Leuchten und des Raumes und die Reinigungsmethoden enthalten muß.

#### 4.9 Energiebetrachtungen

Eine Beleuchtungsanlage sollte die Beleuchtungsanforderungen eines bestimmten räumlichen Bereiches ohne Energieverschwendung erfüllen. Es ist jedoch wichtig, dabei keinen Kompromiß zu Lasten der lichttechnischen Güte-merkmale der Beleuchtung einzugehen, nur um den Energieverbrauch zu senken. Dies erfordert entsprechende Beleuchtungssysteme, Einrichtungen, Regelungen und die Nutzung des verfügbaren Tageslichtes.

#### 4.10 Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen

Die Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen muß für alle Aufgaben geeignet sein, die dort ausgeführt werden, z.B. Lesen vom Bildschirm, von gedruckten Texten, Schreiben auf Papier, Arbeiten an der Tastatur.

Für diese Bereiche müssen die Güte-merkmale der Beleuchtung und das Beleuchtungssystem in Übereinstimmung mit der Art des Raumes, der Sehaufgabe oder der Tätigkeit nach Abschnitt 5 ausgewählt werden.

Die Benutzung der Bildschirme und unter bestimmten Umständen auch der Tastatur kann durch Reflexionen beeinflusst werden und physiologische und psychologische Blendung hervorrufen. Es ist deshalb notwendig, Leuchten so auszuwählen, einzusetzen und anzuordnen, daß störende Reflexe vermieden werden. Der Planer muß den Bereich für die Leuchtenmontage festlegen, der zu Störungen führen kann, und die Art und Anordnung der Leuchten so auswählen, daß keine störenden Reflexe entstehen.

#### 4.10.1 Leuchtdichtegrenzen für Leuchten die sich in Bildschirmen spiegeln könnten

Tabelle 4 legt für Arbeitsplätze mit Bildschirmen, die senkrecht oder bis zu 15° geneigt sind, die Grenzen der mittleren Leuchtdichte der Leuchten fest, die rund um die Leuchte und im Ausstrahlwinkelbereich zwischen 65° bis 85° nicht überschritten werden dürfen.

**Table 4: Grenzwerte der mittleren Leuchtdichte von Leuchten**

| Kriterium                   | Grenzwerte            |                       |                     |                        |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| Bildschirm-<br>oberfläche   | nicht behandelt       | nicht behandelt       | nicht reflektierend | nicht reflektierend    |
| Software                    | Negativdarstellung    | Positivdarstellung    | Negativdarstellung  | Positivdarstellung     |
| Leuchtdichte-<br>grenzwerte | 200 cd/m <sup>2</sup> | 500 cd/m <sup>2</sup> |                     | 1000 cd/m <sup>2</sup> |

ANMERKUNG: Bei bestimmten speziellen Anwendungen, zum Beispiel bei reflexempfindlichen Bildschirmen oder variabler Bildschirmneigung, sollten die obigen Leuchtdichtegrenzwerte auf niedrigere Ausstrahlungswinkel der Leuchte, z.B. 55°, bezogen werden.

#### 4.11 Stroboskopischer Effekt

Das Beleuchtungssystem muß so gestaltet sein, daß Stroboskopeffekte, die zu gefährlichen Situationen durch Änderung der wahrgenommenen Bewegung rotierender oder sich hin- und herbewegender Maschinenteile, entstehen können, vermieden werden.

ANMERKUNG: Dies kann z.B durch die Verwendung gleichspannungsversorgter Glühlampen oder durch den Betrieb von Glüh- oder Entladungslampen mit hohen Frequenzen (ca. 30 kHz) erreicht werden.

### 5 Tabelle der Beleuchtungsanforderungen

Die Anforderungen an die Beleuchtung für die verschiedenartigen Räume und Tätigkeiten sind in der Tabellen dieses Abschnittes angegeben.

a) Die Tabellen setzen sich wie folgt zusammen:

#### Spalte 1: Bezugsnummer

In Spalte 1 wird jedem Raum (Bereich), jeder Aufgabe oder Tätigkeit eine Bezugsnummer zugeordnet.

#### Spalte 2: Auflistung der Räume (Bereiche), der Sehaufgaben oder Tätigkeiten

In Spalte 2 sind die Räume (Bereiche), Sehaufgaben oder Tätigkeiten aufgeführt, für die spezifische Anforderungen angegeben sind. Wenn ein besonderer Raum (Bereich), eine Aufgabe oder Tätigkeit nicht aufgeführt ist, sollten die Werte einer ähnlichen, vergleichbaren Situation angewendet werden.

#### Spalte 3: Wartungswert der Beleuchtungsstärke ( $\bar{E}_m$ )

In Spalte 3 ist der Wartungswert der Beleuchtungsstärke auf der Bewertungsfläche (siehe 4.3) für Räume (Bereiche), Sehaufgaben oder Tätigkeiten der Spalte 2 angegeben.

#### Spalte 4: UGR-Grenzwerte ( $UGR_L$ )

In Spalte 4 sind die UGR-Grenzwerte aufgeführt, sofern sie für die in Spalte 2 aufgeführte Situation anwendbar sind (siehe 4.4).

#### Spalte 5: Farbwiedergabe-Index ( $R_a$ )

In Spalte 5 sind die Farbwiedergabe-Indizes aufgeführt (siehe 4.6.2), die für die Anwendungen gemäß Spalte 2 mindestens erforderlich sind.

#### Spalte 6: Bemerkungen

Spalte 6 enthält Hinweise und Anmerkungen für Ausnahmen und Besonderheiten der in Spalte 2 aufgeführten Situationen.

b) Liste der Innenräume (Bereiche), Aufgaben und Tätigkeiten

**5.1 Verkehrszonen und allgemeine Bereiche innerhalb von Gebäuden**

- 1.1 Verkehrszonen
- 1.2 Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe-Räume
- 1.3 Kontrollräume
- 1.4 Lager- und Kühlräume
- 1.5 (Hoch-)Regallager

**5.2 Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten**

- 2.1 Landwirtschaft
- 2.2 Bäckereien
- 2.3 Zement, Zementwaren, Beton, Ziegel
- 2.4 Keramik, Fliesen, Glas, Glaswaren
- 2.5 Chemische Industrie, Kunststoff- und Gummiindustrie
- 2.6 Elektro-Industrie
- 2.7 Nahrungs- und Genußmittelindustrie
- 2.8 Gießerei und Metallguß
- 2.9 Friseure
- 2.10 Schmuckherstellung
- 2.11 Wäschereien und chemische Reinigung
- 2.12 Leder und Lederwaren
- 2.13 Metallbe- und -verarbeitung
- 2.14 Papier und Papierwaren
- 2.15 Kraftwerke
- 2.16 Druckereien
- 2.17 Walz-, Hütten- und Stahlwerke
- 2.18 Textilherstellung und -verarbeitung
- 2.19 Automobilbau
- 2.20 Holzbe- und -verarbeitung

**5.3 Büros**

**5.4 Verkaufsräume**

**5.5 Öffentliche Bereiche**

- 5.1 Allgemeine Bereiche
- 5.2 Restaurants und Hotels
- 5.3 Theater, Konzerthallen, Kinos
- 5.4 Messen und Ausstellungshallen
- 5.5 Museen
- 5.6 Büchereien
- 5.7 Parkgaragen

**5.6 Ausbildungseinrichtungen**

- 6.1 Kindergärten, Spielschulen (Vorschulen)
- 6.2 Ausbildungsstätten

**5.7 Gesundheitseinrichtungen**

- 7.1 Mehrzweckräume
- 7.2 Personalräume
- 7.3 Bettenzimmer, Wöchnerinnenzimmer
- 7.4 Untersuchungsräume
- 7.5 Augenärztliche Untersuchungsräume
- 7.6 Ohrenärztliche Untersuchungsräume
- 7.7 Räume der bildgebenden Diagnostik
- 7.8 Kreißsäle
- 7.9 Behandlungsräume (allgemein)
- 7.10 Operationsbereich
- 7.11 Intensivstation
- 7.12 Zahnärztliche Behandlungsräume
- 7.13 Laboratorien und Apotheken
- 7.14 Sterilräume
- 7.15 Obduktionsräume und Leichenhallen

**5.8 Verkehrsbereiche**

- 8.1 Flughäfen
- 8.2 Bahnanlagen

**5.9 Arbeitsplätze im Freien**

**Tabelle 5.1: Verkehrszonen und allgemeine Bereiche innerhalb von Gebäuden**

| Ref. Nr. | Art des Raumes, Sehaufgabe oder Tätigkeit           | $\bar{E}_m$ | UGR | $R_a$ | Bemerkungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------|-------------|-----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | Verkehrszonen                                       |             |     |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.1.1    | Verkehrsflächen und Flure                           | 100         | 28  | 40    | 1. Beleuchtungsstärke auf dem Boden<br>2. $R_a$ und UGR ähnlich den angrenzenden Bereichen<br>3. 150 lx, wenn auch Fahrzeuge die Verkehrsfläche benutzen<br>4. Die Beleuchtung der Aus- und Eingänge soll eine Übergangszone schaffen, um einen plötzlichen Wechsel der Beleuchtungsstärke zwischen Innen und Außen während des Tages oder der Nacht zu vermeiden. Es sollte dafür Sorge getragen werden, Blendung von Fahrern und Fußgängern zu vermeiden. |
| 1.1.2    | Treppen, Rolltreppen, Fahrbänder                    | 150         | 25  | 40    | $R_a$ und UGR ähnlich angrenzenden Bereichen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1.1.3    | Laderampen, Ladebereiche                            | 150         | 25  | 40    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.2      | Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe- Räume            |             |     |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.2.1    | Kantinen                                            | 200         | 22  | 80    | Farbtemperatur $\geq 4000$ K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1.2.2    | Pausenräume                                         | 100         | 22  | 80    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.2.3    | Räume für körperliche Ausgleichsübungen             | 300         | 22  | 80    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.2.4    | Garderoben, Waschräume, Bäder, Toiletten            | 100         | 25  | 80    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.2.5    | Sanitätsräume                                       | 500         | 19  | 80    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.2.6    | Räume für medizinische Betreuung                    | 500         | 16  | 90    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.3      | Kontrollräume                                       |             |     |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.3.1    | Räume für haustechnische Anlagen, Schaltgeräteräume | 200         | 25  | 60    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.3.2    | Telex- und Posträume, Telefon-Vermittlungsplätze    | 500         | 19  | 80    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.4      | Lager- und Kühlräume                                |             |     |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.4.1    | Vorrats- und Lagerräume                             | 100         | 25  | 60    | 200 lx, wenn dauernd besetzt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1.4.2    | Versand- und Verpackungsbereiche                    | 300         | 25  | 60    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |