

# Leitfaden zur DIN EN 12464-1

Beleuchtung von Arbeitsstätten -  
Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen



Freier Download auf  
[www.licht.de](http://www.licht.de)

# Inhalt

2. korrigierte Auflage

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>1. Neues in DIN EN 12464-1</b>	<b>4</b>
<b>2. Rechtslage in Deutschland</b>	<b>5</b>
DIN EN 12464-1 im Verhältnis zu Arbeitsstättenverordnung, den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 und zu zurückgezogenen Regelwerken	
2.1 Zusätzliche und abweichende Anforderungen der ASR A3.4	6
2.2 Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$	6
<b>3. Arbeitsplätze</b>	<b>7</b>
Bereich der Sehaufgabe, unmittelbarer Umgebungsbereich und Hintergrundbereich	
3.1 Festlegung von Bereichen des Arbeitsplatzes	10
3.2 Beispiele, wie Bereiche des Arbeitsplatzes bei der Planung der Beleuchtung berücksichtigt werden können	11
<b>4. Bewertungsraster zur Planung, Berechnung und Überprüfung von Beleuchtungsanlagen</b>	<b>17</b>
<b>5. Beleuchtungsstärken für Wände und Decke</b>	<b>19</b>
<b>6. Räumliche Beleuchtung</b>	<b>20</b>
6.1 Mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke	20
6.2 Modelling	20
6.3 Gerichtete Beleuchtung von Sehaufgaben	20
<b>7. Begrenzung der Blendung</b>	<b>21</b>
7.1 Bewertung der psychologischen Blendung durch das UGR-Verfahren	21
7.2 Abschirmmaßnahmen	22
7.3 Leuchtdichtegrenzen zur Vermeidung von Reflexblendung	23
<b>8. Wartung der Beleuchtungsanlage</b>	<b>24</b>
8.1 Dokumentation des Wartungsfaktors	25
8.2 Ermittlung des Wartungsfaktors	26
8.3 Entscheidungspfade für die Wahl von Wartungsfaktoren	27
8.4 Einflussfaktoren bei der Ermittlung des Wartungsfaktors	28
8.5 Wartungsfaktoren	30
8.6 Beispiele zur Ermittlung von Wartungsfaktoren	31
<b>9. Anhänge</b>	<b>33</b>
9.1 Anhang 1: Änderungen DIN EN 12464-1:2011 zu DIN 12464-1:2003	33
9.2 Anhang 2: Unterschiede zwischen DIN EN 12464-1:2011 und ASR A3.4	34
9.3 Anhang 3: Bewertungsraster	36
9.4 Anhang 4: Blendungsbewertung von Innenraum-Beleuchtungsanlagen	37
9.5 Anhang 5: Erläuterung zu den Wartungsfaktoren	40
<b>10. Literatur</b>	<b>41</b>
<b>Schriftenreihe, Impressum</b>	<b>42</b>

# Vorwort

Dieser Leitfaden hilft, die neugefasste DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten – Arbeitsstätten in Innenräumen“ (August 2011) für die Planung von Beleuchtungsanlagen anzuwenden. Häufig müssen in Deutschland parallel zur Anwendung der DIN EN 12464-1 die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 „Beleuchtung“ umgesetzt werden. Beide unterscheiden sich in einigen Fällen in Nomenklatur und Inhalt.

Dieser Leitfaden verfolgt das Ziel, Wege aufzuzeigen, wie der Planer den Anforderungen von DIN EN 12464-1 und ASR A3.4 gleichermaßen gerecht werden kann.

Die DIN EN 12464-1 wurde in ausführlicher Diskussion als europäische Norm erarbeitet. Sie umfasst alle relevanten Anwendungsbereiche in Innenräumen wie in der vorhergehenden Ausgabe vom März 2003, wurde aber in vielen Punkten überarbeitet und erweitert. Mit dem Erscheinungsdatum August 2011 dokumentiert sie den anerkannten Stand der Regeln der Technik. Die DIN EN 12464-1 gilt wortgleich in ganz Europa und in ähnlicher Form als ISO 8995/CIE S 008 als ISO-Standard weltweit. Diese europäische Norm erschien als deutsche Norm DIN EN 12464-1 mit einem nationalen Vorwort.

Die Begriffe der Norm werden in diesem Leitfaden anschaulich erläutert und den entsprechenden Begriffen der ASR A3.4 gegenübergestellt. Auf Basis der DIN EN 12464-1 können Planungen gemacht werden, bei denen der Planer Annahmen trifft. Da diese variieren können, sind die Ergebnisse der Planungen nicht unbedingt vergleichbar. Um die Vergleichbarkeit herzustellen, gibt dieser Leitfaden beispielsweise Empfehlungen zu Wartungsfaktoren und zeigt auf, wie Bewertungsflächen definiert werden können. Die Empfehlungen und Beispiele sind so gewählt, dass Planungen sowohl den Anforderungen der DIN EN 12464-1 als auch den ASR A3.4 gerecht werden können. Darüber hinaus entsprechen sie weitgehend der berufsgenossenschaftlichen Informationsschrift BGI 856 „Beleuchtung im Büro“ (Version 2.0 2008-10), die ihrerseits auf der DIN EN 12464-1 von März 2003 und in wesentlichen Teilen auf der DIN 5035 Teil 7 „Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen“ von August 2004 aufbaut.

Dieser Leitfaden erläutert die Begriffe und Anwendung der DIN EN 12464-1 und auch der ASR A3.4 – ersetzt aber nicht die sorgfältige Auseinandersetzung mit beiden Werken.

**Herausgeber des Leitfadens zur DIN EN 12464-1 sind**

licht.de

licht.de, die Fördergemeinschaft Gutes Licht  
– eine Brancheninitiative im ZVEI-Fachverband Licht

LITG

LITG, Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.

# 1. Neues in der DIN EN 12464-1

Der Aufbau der überarbeiteten Fassung entspricht im Wesentlichen der DIN EN 12464-1 von März 2003. Die Einführung damals neuer Begriffe gegenüber der alten DIN 5035, Teile 1 und 2, wurden im ZVEI-Leitfaden von April 2005 erläutert.

In der neuen DIN EN 12464-1 ist die Bedeutung des Tageslichtes deutlicher hervorgehoben und die Anforderungen gelten grundsätzlich sowohl für Tages- als auch für Kunstlicht. Sofern die Anforderungen nur für eines der beiden gelten, ist dies hervorgehoben:

- die Blendungsbewertung mit UGR gilt nur für Kunstlicht
- die Anforderungen zur Gleichmäßigkeit gelten nicht für seitliches Tageslicht

Zudem finden sich zusätzliche Kriterien und Verfahren:

- Differenzierung der Gleichmäßigkeitsanforderung  $U_o$  des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke für den Bereich der Sehaufgabe, den Tätigkeitsbereich bzw. den Raumbereich in einer zusätzlichen Spalte in den Tabellen des Kapitels 5.3
- Ergänzung des Bereiches der Sehaufgabe und des unmittelbaren Umgebungsbereiches durch den Hintergrundbereich
- Einführung der zylindrischen Beleuchtungsstärke und des Modellings als Maß für die räumliche Beleuchtung
- Anforderungen an Wand- und Deckenbeleuchtungsstärken zur Sicherstellung einer ausgewogenen Leuchtdichteverteilung
- Übernahme des Berechnungs- und Prüfrasters entsprechend DIN EN 12464-2

- Anpassung der zulässigen Leuchtdichtegrenzen für Leuchten an die aktuelle Bildschirmtechnologie

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

- Angenehme Lichtumgebung
- Harmonische Leuchtdichteverteilung
- Ausreichende Beleuchtungsstärke gemäß der in den Tabellen „Verzeichnis der Beleuchtungsanforderungen“ aufgeführten Innenraumbereiche, Bereiche der Sehaufgaben oder Bereiche der Tätigkeit
- 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
- Qualitäten des Tageslichtes
- Veränderlichkeit von Licht

Die DIN EN 12464-1 weist mehrfach darauf hin, dass die Beleuchtung entweder steuerbar oder regelbar ausgelegt sein soll. Dies bedeutet, dass ein sinnvolles Lichtmanagement eingesetzt werden soll.

Die Kriterien Farbwiedergabe und Lichtfarbe werden nicht näher ausgeführt. Grundsätzlich folgt die DIN dem Ansatz, an ständig besetzten Arbeitsplätzen mindestens einen  $R_a > 80$  und für spezifische Notwendigkeiten der Farbunterscheidungen einen  $R_a > 90$  vorzusehen.

## Formelzeichen für Bewertungsgrößen

DIN EN 12464-1 sieht Formelzeichen für lichttechnische Bewertungsgrößen vor, die allgemein Verwendung finden:

$\bar{E}_m$  = Wartungswert der (mittleren) Beleuchtungsstärke

$\bar{E}_z$  = mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke

$\bar{E}_v$  = mittlere vertikale Beleuchtungsstärke

$UGR_L$  = UGR-Grenzwerte zur Bewertung der Blendung

$U_o$  = Gleichmäßigkeit, entspricht  $g_1$

$R_a$  = Farbwiedergabeindex



01

[01] Das richtige Licht am Schreibtisch – nutzerorientiert, bedarfsgerecht und im Zusammenspiel von Tages- und Kunstlicht – sorgt für einen angenehmen Arbeitsplatz.

## 2. Rechtslage in Deutschland

DIN EN 12464-1 im Verhältnis zu Arbeitsstättenverordnung, den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 und zurückgezogenen Regelwerken

Grundsätzliche Anforderungen an die Beleuchtung hinsichtlich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit werden in Deutschland in der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) geregelt. In den Anwendungsbereich der ArbStättV fallen alle Arbeitsstätten. Die allgemeinen Anforderungen der ArbStättV an die Beleuchtung werden in den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 „Beleuchtung“ weiter konkretisiert.

Weitere branchenspezifische Hinweise zum Thema Beleuchtung enthalten Informationsschriften der Unfallversicherungsträger. Die Unfallverhütungsvorschrift „Grund-

sätze der Prävention“ (BGV A1 bzw. GUV V A1) verweist auf die ArbStättV und gilt darüber hinaus auch für freiwillig Versicherte.

In Abstimmung mit den Auftraggebern sind bei Beleuchtungsplanungen die gültigen Regeln der Technik zu beachten, die in Deutschland in der DIN EN 12464-1 repräsentiert sind.

Folgende im Leitfaden vom April 2005 aufgeführten Regelwerke sind nicht mehr gültig und stellen keinen Bezug dar: ASR 7/3, DIN 5035 Teile 1 und 2, BGR 131.

## 2.1 Zusätzliche und abweichende Anforderungen

Werden die Planung und/oder der Betrieb von Beleuchtungsanlagen in Arbeitsstätten ausschließlich nach der DIN EN 12464-1 vorgenommen, kann das dazu führen, dass die oben genannten staatlichen Mindestanforderungen in Deutschland oder die Anforderungen der Unfallversicherungsträger an die Beleuchtung nicht eingehalten werden. Konkretisierende, zusätzliche oder abweichende Anforderungen zu dieser Norm betreffen insbesondere:

- die Zusammenfassung der Bereiche der Sehaufgaben zu einem Arbeitsbereich
- die Ausdehnung des unmittelbaren Umgebungsbereiches auf den restlichen Raum
- die Höhe der horizontalen Beleuchtungsstärke für einige Arbeitsplätze
- die Mindestwerte der vertikalen und zylindrischen Beleuchtungsstärken
- die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärken

Abweichungen von der ASR A3.4 sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten, um die Ziele des Arbeitsschutzes einzuhalten.

Die ASR A3.4 fordert einen Tageslichtquotienten von mindestens 2 %, beim Einsatz von Dachoberlichtern mindestens 4 % oder ein Verhältnis von lichtdurchlässiger Fenster-, Tür- oder Wandfläche bzw. Oberlichtfläche zur Raumgrundfläche von mindestens 1:10 (entspricht ca. 1:8 Rohbaumaße). Arbeitsplätze sollten bevorzugt fensternah eingerichtet werden.

### Planung nach dem Leitfaden erfüllt DIN 12464-1 und ASR A3.4

In diesem Leitfaden zur DIN EN 12464-1 werden die Begriffe und Methoden so ausgelegt, dass auch die Intentionen der ASR A3.4 berücksichtigt werden. Bei der Planung von Arbeitsplätzen gemäß den Empfehlungen in diesem Leitfaden werden damit gleichermaßen die Anforderungen der DIN EN 12464-1 sowie der ASR A3.4 erfüllt.

## 2.2 Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$

Die Beleuchtungsstärken haben großen Einfluss darauf, wie sicher und zuverlässig, schnell und leicht Sehaufgaben gelöst werden können. Die in der Norm festgelegten Werte der Beleuchtungsstärke sind Wartungswerte, das heißt Werte, unter die die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer Bewertungsfläche nicht sinken darf. Es handelt sich somit um mittlere Beleuchtungsstärken zu dem Zeitpunkt, an dem spätestens eine Wartung durchzuführen ist.

Für den Bereich der Sehaufgabe, den Bereich der Tätigkeit und den Innenraumbereich sind in den Tabellen im Kapitel 5.3 der DIN EN 12464-1 die zugehörigen Wartungswerte der Beleuchtungsstärke angegeben. In der ASR A3.4 finden sich die Mindestwerte für Arbeitsräume,

Arbeitsplätze und Tätigkeiten im Anhang 1 (Vergleich siehe Anhang 2: „Unterschiede zwischen DIN EN 12464-1 und ASR A3.4“, Seite 34f.).

### Wartungswert = Mindestwert der Beleuchtungsstärke

Der „Wartungswert der Beleuchtungsstärke“ wird in der DIN EN 12464-1 als der Wert bezeichnet, unter den die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer Bewertungsfläche nicht sinken darf. Er ist definitionsgemäß identisch mit dem „Mindestwert der Beleuchtungsstärke“ in der ASR A3.4.

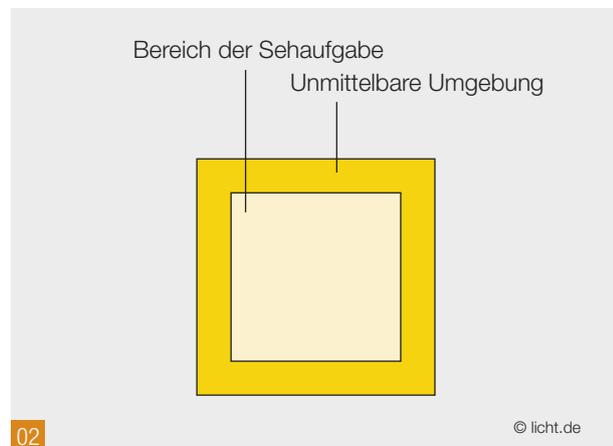
# 3. Arbeitsplätze

Bereich der Sehaufgabe, unmittelbarer Umgebungsbereich und Hintergrundbereich

Die DIN EN 12464-1 sieht die richtige Beleuchtung der Sehaufgabe dort vor, wo diese auftritt.

Der **Bereich der Sehaufgabe** ist als der Bereich, in dem die Sehaufgabe ausgeführt wird, definiert. Die für die Sehaufgabe erforderliche Sehleistung wird von den sehrelevanten Elementen (Objektgröße, Kontrast gegen den Hintergrund, Leuchtdichte des Objektes und Darbietungszeit) der auszuführenden Tätigkeit bestimmt. Die Bewertungsfläche der Sehaufgabe kann horizontal, vertikal oder geneigt sein.

Der **unmittelbare Umgebungsbereich** ist als ein Streifen, der den Bereich der Sehaufgabe innerhalb des Gesichtsfeldes umgibt, definiert. Dieser muss mindestens eine Breite von 0,5 m aufweisen.



[02] Bereich der Sehaufgabe und unmittelbare Umgebung gemäß DIN EN 12464-1

## Der Bereich der Sehaufgabe entspricht dem Bereich des Arbeitsplatzes

Die ASR A3.4 kennt den Bereich des Arbeitsplatzes als die zum Bereich der Sehaufgabe analoge Bewertungsfläche. Der Arbeitsplatz setzt sich aus den Arbeitsflächen und Bewegungsflächen und allen dem unmittelbaren Fortgang der Arbeit dienenden Stellflächen (siehe Abb. 05) zusammen.

In diesem Leitfaden wird zur Vereinfachung in der Regel ausschließlich der „Bereich des Arbeitsplatzes“ verwendet.

Um eine weitere Forderung der ASR zu erfüllen, reicht der anschließende Umgebungsbereich bis an die Raumwände bzw. an die angrenzenden Verkehrswege.

## Formelzeichen in DIN EN 12464-1 und ASR A3.4

Die Gleichmäßigkeit wird sowohl in der DIN EN 12464-1 als auch in der ASR A3.4 als das Verhältnis des minimalen Beleuchtungsstärke-Wertes im Mess- oder Bewertungs-Raster zum Mittelwert definiert. Als Formelzeichen wird in der DIN EN 12464-1 – mit Bezug auf andere europäische und internationale Normen –  $U_0$  genutzt.

### Warum wird in der DIN EN 12464-1 die Gleichmäßigkeit mit zwei Nachkommastellen angegeben?

Bei der quantitativen Auslegung von Grenzwerten wird in der Regel kaufmännisch gerundet. Das bedeutet, ein Wert von 0,5 steht für das Werte-Intervall von 0,45 bis 0,54. Um diese Unschärfe zu vermindern, gibt die DIN EN 12464-1 eine zusätzliche Nachkommastelle an: 0,50 steht also für das kleinere Werte-Intervall von 0,495 bis 0,504.

## Gleichmäßigkeitsanforderungen der ASR A3.4

In der ASR A3.4 wird für den Bereich des Arbeitsplatzes eine Gleichmäßigkeit von 0,6 gefordert, wobei der Minimalwert der Beleuchtungsstärke nicht im Bereich der Hauptsehaufgabe liegen darf. Für den Umgebungsbereich wird eine Gleichmäßigkeit von 0,5 gefordert. Damit liegen die Anforderungen an die Gleichmäßigkeit im Umgebungsbereich immer und im Bereich des Arbeitsplatzes manchmal höher als in den korrespondierenden Bereichen der DIN EN 12464-1 (unmittelbarer Umgebungsbereich bzw. Bereich der Sehaufgabe).

Bei der Beleuchtungsplanung für Arbeitsplätze sind die Gleichmäßigkeits-Anforderungen der ASR A3.4 heranzuziehen.

Die Definitionen des Bereiches der Sehaufgabe und der unmittelbaren Umgebung gibt dem Planer die Freiheit, die Lichtplanung gemäß den visuellen Anforderungen in einem Raum und bei einer Tätigkeit auszulegen. Dabei muss er bedenken, dass einzelne oder verschiedene Sehaufgaben in größeren Bereichen auftreten können.

Der Planer hat daher die Aufgabe, Größe und Lage des Bereiches oder der Bereiche der Sehaufgabe zu dokumentieren.

Ist die Größe und/oder die Lage des Bereiches der Sehaufgabe nicht bekannt, so muss gemäß DIN EN 12464-1 entweder der gesamte Raum (oder die Raumzone) als Bereich der Sehaufgabe angenommen werden, oder der gesamte Raum wird mit einem vom Planer festgelegten Beleuchtungsstärkeniveau gleichmäßig beleuchtet. Wenn dann der Bereich der Sehaufgabe bekannt ist, muss die Beleuchtungsanlage gegebenenfalls geändert werden, um die jeweils geforderten Beleuchtungsstärken zu erreichen.

Hier ist die ASR A3.4 konkreter und legt den Bereich des Arbeitsplatzes als einen Bereich fest, in dem die Sehaufgaben auftreten können. Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke muss für Beleuchtungsstärken bis 500 Lux im Bereich des Arbeitsplatzes, für Beleuchtungsstärken ab 750 Lux in der Teilfläche eingehalten werden.

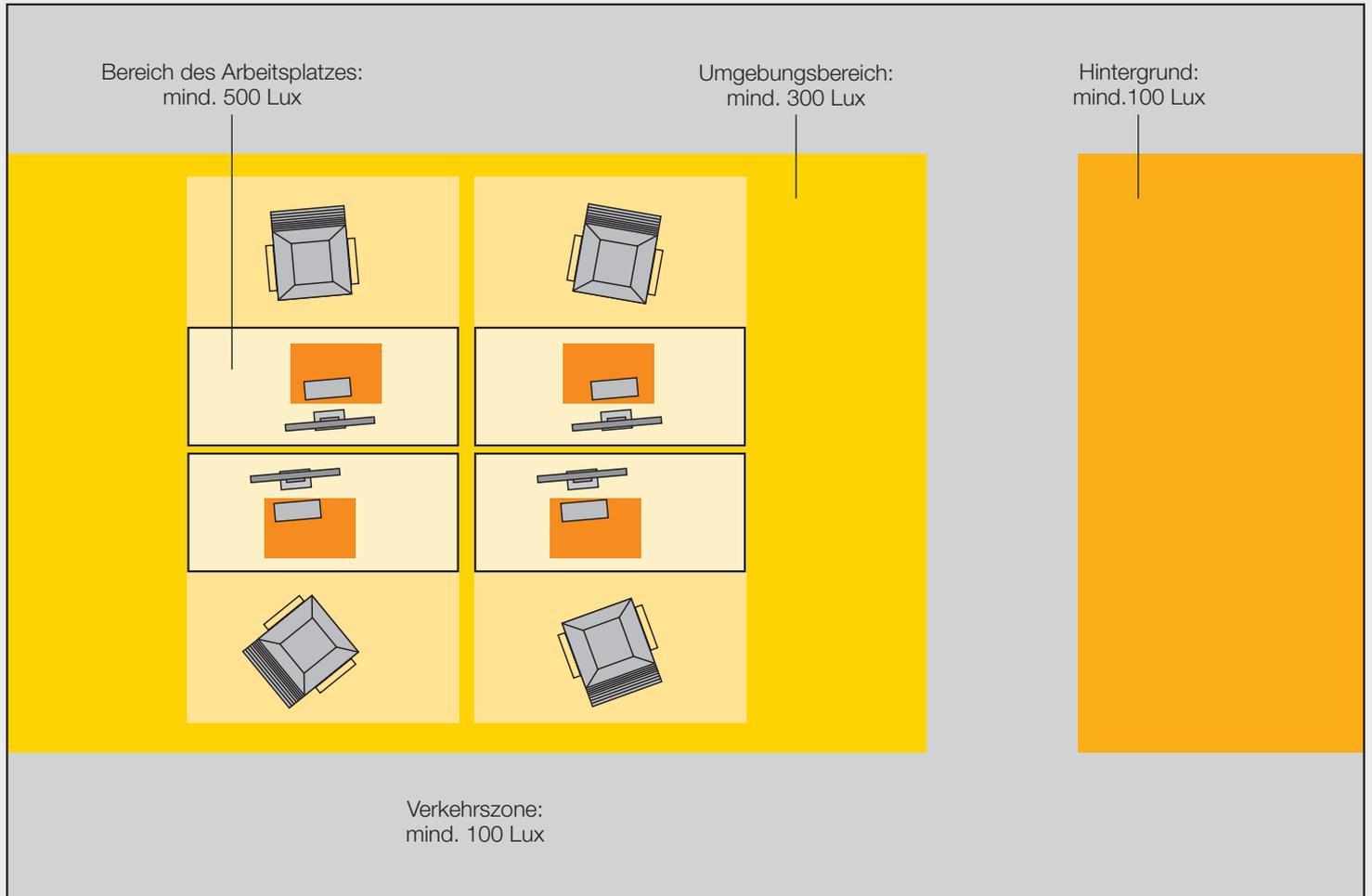
Der Umgebungsbereich schließt sich direkt an einen Bereich oder mehrere Bereiche von Arbeitsplätzen an und wird erst durch die Raumwände oder durch die Verkehrswege begrenzt.

In sehr großen Räumen, in denen Arbeitsplätze zeitweise oder ständig nicht besetzt sind (z. B. in Call-Centern), kann ein **Hintergrundbereich** nach DIN EN 12464-1 angewendet werden (siehe Abb. 03). Er ist als Streifen von mindestens 3,0 m zu sehen.

Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärken im Umgebungs- und ggf. Hintergrundbereich werden aus den Anforderungen an den Bereich des Arbeitsplatzes abgeleitet.

### Gleichmäßigkeiten der Beleuchtungsstärke

Für den Bereich der Sehaufgabe, den Bereich der Tätigkeit oder den Innenraumbereich ist in der Tabelle im Kapitel 5.3 der DIN EN 12464-1 die jeweils geforderte Gleichmäßigkeit ( $U_0$ ) angegeben. Die Gleichmäßigkeit  $U_0$  für den unmittelbaren Umgebungsbereich ist mit 0,40 und für den Hintergrundbereich mit 0,10 festgelegt.



© licht.de

03

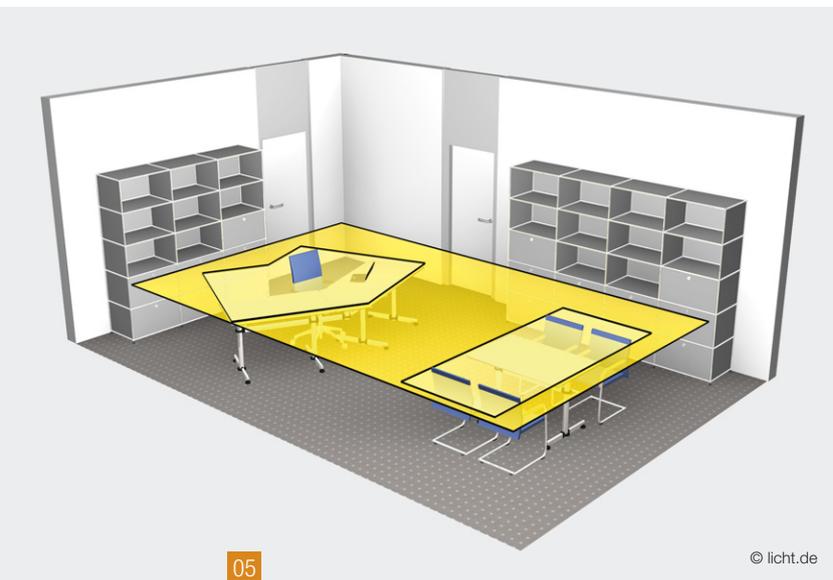
[03] Typischer Grundriss für den Bereich des Arbeitsplatzes, des Umgebungsbereichs und der Verkehrsflächen sowie des daran angrenzenden Hintergrundbereichs für sehr große Räume (z. B. Call-Center, Industriehallen)

### 3.1 Festlegung von Bereichen des Arbeitsplatzes



[04] Der Bereich des Arbeitsplatzes setzt sich aus den Arbeitsflächen (hellgelb) und Bewegungsflächen (mittelgelb) sowie allen dem unmittelbaren Fortgang der Arbeit dienenden Stellflächen zusammen (ASR A3.4). Typische Größe: 1,8 m x 1,8 m

- Die Bereiche, in denen unterschiedliche Sehaufgaben vorkommen können, befinden sich in der Regel in einem zusammenhängenden Flächenverbund von Arbeitsfläche, Bewegungsflächen sowie den Flächen und Ablagen, die dem unmittelbaren Fortgang der Tätigkeit dienen. Einzelne Sehaufgaben können dabei auch vertikal bzw. geneigt sein. Sie können zu einem Bereich des Arbeitsplatzes zusammengefasst werden, der in der Regel eine horizontale Fläche umfasst (siehe dazu auch Abb. 03 und Abb. 04).
- Bereiche der Sehaufgabe auf vertikalen oder beliebig geneigten Flächen sind als Bereich des Arbeitsplatzes zu betrachten, wenn dort die Sehaufgaben nicht nur kurzzeitig erledigt werden müssen. Hier muss die festgelegte Beleuchtungsstärke entsprechend der Neigung der Fläche eingehalten werden. So ist z. B. auf einer Wandtafel die vertikale Beleuchtungsstärke heranzuziehen.
- Bei der Berechnung der Beleuchtungsstärken für den Bereich des Arbeitsplatzes und den Umgebungsbereich kann ein Randstreifen zu den Raumbegrenzungsflächen hin von 0,5 m Breite unberücksichtigt bleiben. Dabei ist sicherzustellen, dass kein Teil des Bereiches des Arbeitsplatzes in den Randstreifen hineinragt. Wenn dies der Fall ist, muss an diesen Stellen der nicht zu berücksichtigende Randstreifen in bestimmten Fällen unterbrochen werden (siehe dazu auch Abb. 16, Seite 18).



[05] Bereich des Arbeitsplatzes im Büro: „Bildschirmarbeit“ (mittelgelb, links) und „Besprechung“ (mittelgelb, rechts) sowie „Umgebungsbereich“ (dunkelgelb); Bezugshöhe für die Bewertung der Beleuchtungsstärken: 0,75 m über der Bodenfläche

Die ASR A3.4 unterscheidet **Konzepte der Beleuchtung** nach

- **raumbezogener Beleuchtung**, wenn die Lage der Arbeitsplätze unbekannt oder flexibel ist;
- **arbeitsplatzbezogener Beleuchtung**, wenn die Lage der Arbeitsplätze bekannt ist oder diese unterschiedlich sind;
- **teiflächenbezogener Beleuchtung**, wenn besondere Sehaufgaben vorliegen oder eine individuelle Anpassung an das Sehvermögen der Beschäftigten erfolgt.

Die Anwendung dieser Konzepte steht im Einklang mit den Planungszielen von DIN EN 12464-1.

#### Wie groß ist ein Bereich des Arbeitsplatzes im Büro?

Die Mindestabmessung eines Arbeitstisches im Büro beträgt 1,6 m x 0,8 m. Dazu kommen Bewegungs- und Stellflächen (DIN 4543-1). Oft sind die tatsächlichen Größen der Möblierung bei der Planung nicht bekannt.

Es wird empfohlen, den Bereich des Arbeitsplatzes quadratisch mit 1,8 m x 1,8 m anzunehmen (siehe auch Abb. 04).

## 3.2 Beispiele, wie Bereiche des Arbeitsplatzes bei der Planung der Beleuchtung berücksichtigt werden können

### a. Büroräume

In Büroräumen können ein oder mehrere Arbeitsplätze mit bekannter oder unbekannter Anordnung vorkommen. Ein Bereich des Arbeitsplatzes umfasst jeweils die Schreibtischfläche(n) und die Benutzerfläche(n). Die Höhe wird mit 0,75 m angenommen.

#### a.1 Büroraum mit Einzelarbeitsplatz

Die Lage des Arbeitsplatzes ist bekannt. Als Umgebungsbereich wird der restliche Raum abzüglich eines Randstreifens von 0,5 m festgelegt.

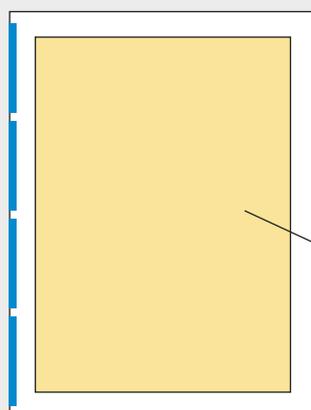
#### a.2 Büroraum mit unbekannter Anordnung der Arbeitsplätze

Ist die Anordnung der Arbeitsplätze gänzlich unbekannt, sollte der gesamte Raum abzüglich eines nicht zu berücksichtigenden Randstreifens von 0,5 m als Bereich des Arbeitsplatzes angenommen werden.

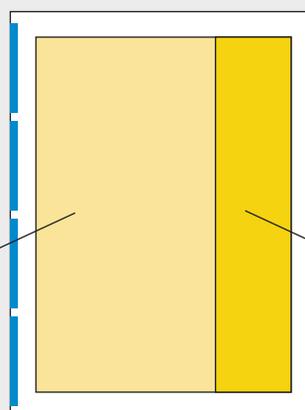
Ist aus den Planungsunterlagen ersichtlich, dass sich die Arbeitsplätze in Fensternähe befinden werden, kann ein entsprechend breiter Streifen als Bereich des Arbeitsplatzes angenommen werden. Der Rest des Raumes abzüglich des nicht zu berücksichtigenden Randstreifens von 0,5 m gilt wiederum als Umgebungsbereich.

### Gleichmäßigkeit nach ASR A3.4

Die Gleichmäßigkeit im Bereich des Arbeitsplatzes beträgt 0,6, im Umgebungsbereich 0,5.



Bereich des Arbeitsplatzes:  
 $\bar{E}_m = 500 \text{ lx}$



Umgebung:  
 $\bar{E}_m = 300 \text{ lx}$

Büro: Bereich des Raumes, für den die Anordnung der Arbeitsplätze und damit die Lage der Bereiche der Sehaufgabe im Planungsstadium nicht bekannt sind. Höhe: 0,75 m; Randstreifen 0,5 m bleibt unbeachtet.

Büro: Bereich eines Streifens, für den die Anordnung der Arbeitsplätze und damit die Lage der Bereiche der Sehaufgabe im Planungsstadium ungefähr bekannt sind. Höhe: 0,75 m; Randstreifen 0,5 m bleibt unbeachtet.

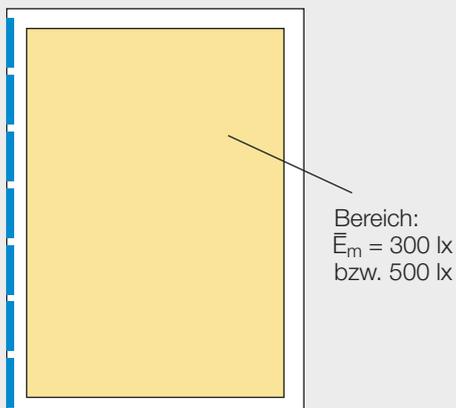


Büroähnlicher Raum: Der Beleuchtungsbereich umfasst den ganzen Raum, wenn bekannt ist, dass Arbeitsbereiche bis an die Raumumschließungsflächen angeordnet sein können.

07

© licht.de

[07] Festlegung von Bereichen im Büro



Schule: Raumbereich mit flexibler Anordnung der Schülerpulte, ein Randstreifen von 0,5 m bleibt unbeachtet.

08

© licht.de

[08] Unterrichtsräume: Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke betragen 300 Lux für Grund- und weiterführende Schulen, 500 Lux für Abendklassen, Erwachsenenbildung und Hörsäle.

### a.3 Büroähnlicher Raum mit möglicher Anordnung der Arbeitsplätze bis an die Raumumschließungsflächen

Wenn bekannt ist, dass Arbeitsplätze bis an die Raumumschließungsflächen angeordnet werden können, die genaue Lage der Bereiche der Arbeitsplätze jedoch unbekannt ist, wird der gesamte Raum ohne Abzug der Randzonen als Arbeitsbereich herangezogen.

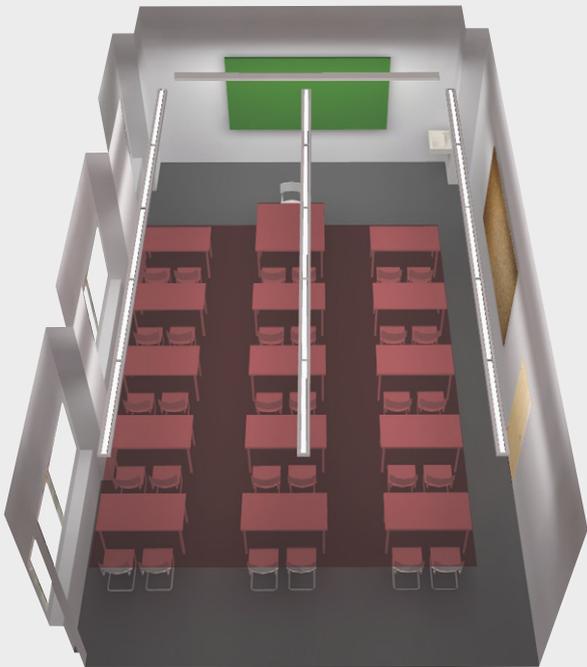
### b. Unterrichtsräume mit flexibler Tischanordnung

In Unterrichtsräumen werden die Schülerpulte häufig umgestellt. Die Beleuchtungsanforderungen umfassen dabei die im Raum vorkommenden Sehaufgaben. Ein nicht zu berücksichtigender Randstreifen von 0,5 m kann abgezogen werden.

Die Gleichmäßigkeit beträgt 0,60.

## Vertikale Beleuchtungsstärken

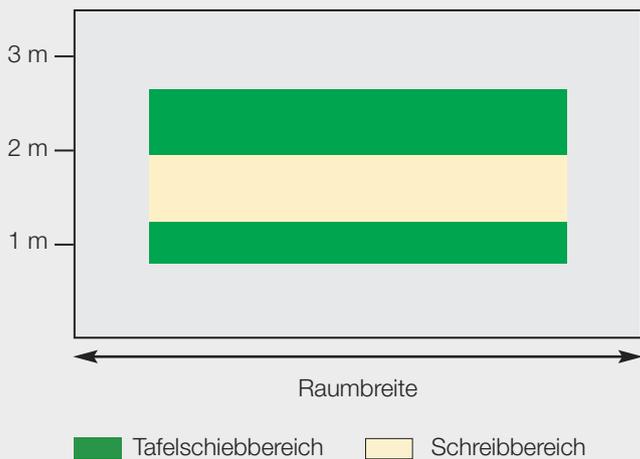
Aus der Hauptblickrichtung soll die vertikale Beleuchtungsstärke im Raum  $E_v > 100 \text{ lx}$  für Unterrichtsräume mit  $300 \text{ lx}$  und  $E_v > 175 \text{ lx}$  für Abendklassen und Hörsäle mit  $500 \text{ lx}$  betragen. Diese Anforderungen gemäß ASR A3.4 gelten auch für Wände mit Bild- und Schrifttafeln. Es werden keine Anforderungen an einzelne Schülerpulte gestellt. Für die gesamte Wandtafel ist der Wartungswert der vertikalen Beleuchtungsstärke von  $500 \text{ lx}$  einzuhalten. Hierbei wird ein Streifen in Tafelbreite in der Schreibhöhe von  $1,2 \text{ bis } 1,8 \text{ m}$  zur Bewertung der Gleichmäßigkeit von  $0,70$  herangezogen. Über die gesamte Teilfläche beträgt die Gleichmäßigkeit  $0,60$  (vgl. dazu LiTG-Publikation „Leitfaden zur Beleuchtung von Unterrichts- und Vortragsräumen“).



09

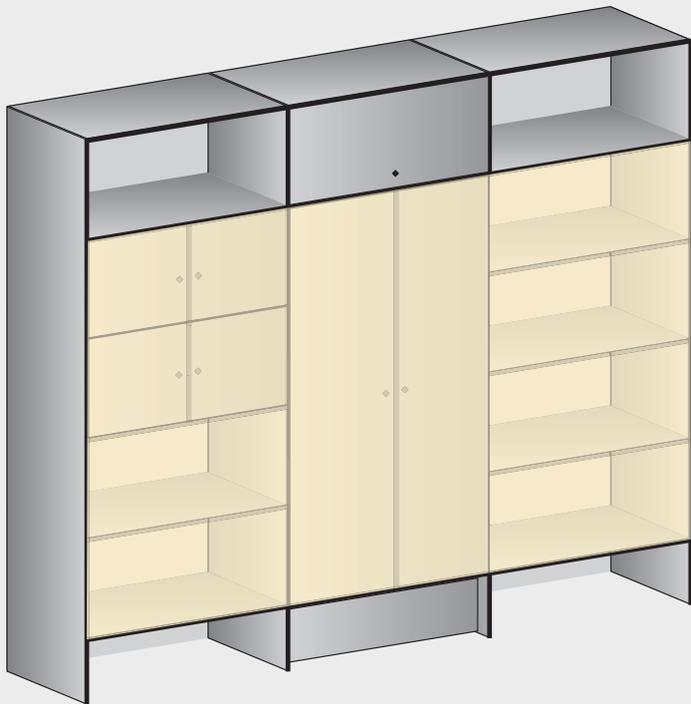
© licht.de

[09 + 10] Horizontale und vertikale Flächen (Tafel sowie Bild- und Schrifttafeln), in denen Bereiche der Sehaufgabe auftreten können. Bei der Tafel ist die Gleichmäßigkeit in Schreibhöhe einzuhalten.



10

© licht.de



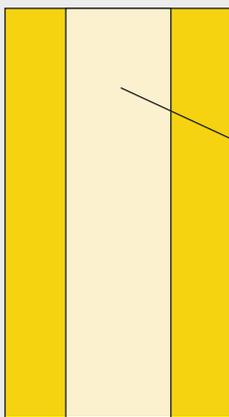
11

© licht.de

[11] Wenn die Sehaufgaben hauptsächlich auf einer vertikalen Fläche auftreten, befindet sich dort der Bereich der Sehaufgabe.

### c. Regale und weitere vertikale Flächen

Regale und Schränke müssen als vertikal angeordnete Bereiche der Sehaufgabe betrachtet werden, wenn dort über längere Zeit Sehaufgaben zu erledigen sind (z. B. Ticket-Counter, Buchhaltung). Der vertikale Bereich des Bewertungsfeldes der Sehaufgabe beginnt ab 0,5 m vom Boden und endet bei einem Regal im Büro in einer Höhe von 2,0 m über dem Boden.



Bereich:  
 $\bar{E}_m = 100 \text{ lx}$

12

© licht.de

[12] Flur: Mittelstreifen als Bewertungsfläche, Umgebungsbereich bis zu den Wänden

### d. Flur

In Fluren gilt der gesamte Raumbereich, in dem der Verkehrsfluss stattfindet, als Bewertungsfläche. Für Flure bis zu einer Breite von 2,5 m wird empfohlen, in Anlehnung an DIN EN 1838 einen mindestens 1,0 m breiten Mittelstreifen auf dem Boden als Bewertungsfläche anzunehmen und die restliche Fläche bis zu den Wänden als Umgebungsbereich zu betrachten. In breiteren Fluren ist der Mittelstreifen als Bewertungsfläche entsprechend anzupassen. Die Gleichmäßigkeit auf der Bewertungsfläche beträgt 0,40. Auf den Wänden ist eine vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v > 50 \text{ lx}$  mit einer Gleichmäßigkeit von mindestens 0,10 vorzusehen. Sehaufgaben sind hier z. B. Türen, Türgriffe oder Hinweiszeichen.

### Wartungswerte der Beleuchtungsstärke

Für Verkehrsflächen und Flure ohne Fahrzeugverkehr beträgt der Wert der Beleuchtungsstärke in der ASR A3.4 50 lx mit einer Gleichmäßigkeit von 0,6, in der DIN EN 12464-1 100 lx mit einer Gleichmäßigkeit von 0,40. Die Minimalwerte liegen damit bei 30 lx bzw. 40 lx und sind vergleichbar.

Ein Wert der Beleuchtungsstärke auf der Bewertungsfläche von 100 lx wird empfohlen.

### e. Einzelner Industriearbeitsplatz

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

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

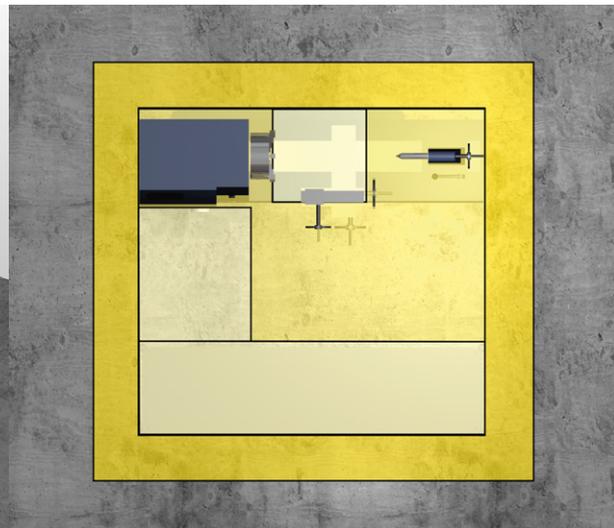
Der unmittelbare Umgebungsbereich liegt in einem Streifen von mindestens 0,5 m Breite um den Bereich des Arbeitsplatzes. Es ist jedoch empfehlenswert, für die gesamte Halle eine Allgemeinbeleuchtung zu installieren, die ausreichend Licht für alle Arbeitsplätze in dieser Halle zur Verfügung stellt. Für Wartungswerte der Beleuchtungsstärke  $> 500 \text{ lx}$  ist eine arbeitsplatzbezogene Beleuchtungslösung vorzusehen.

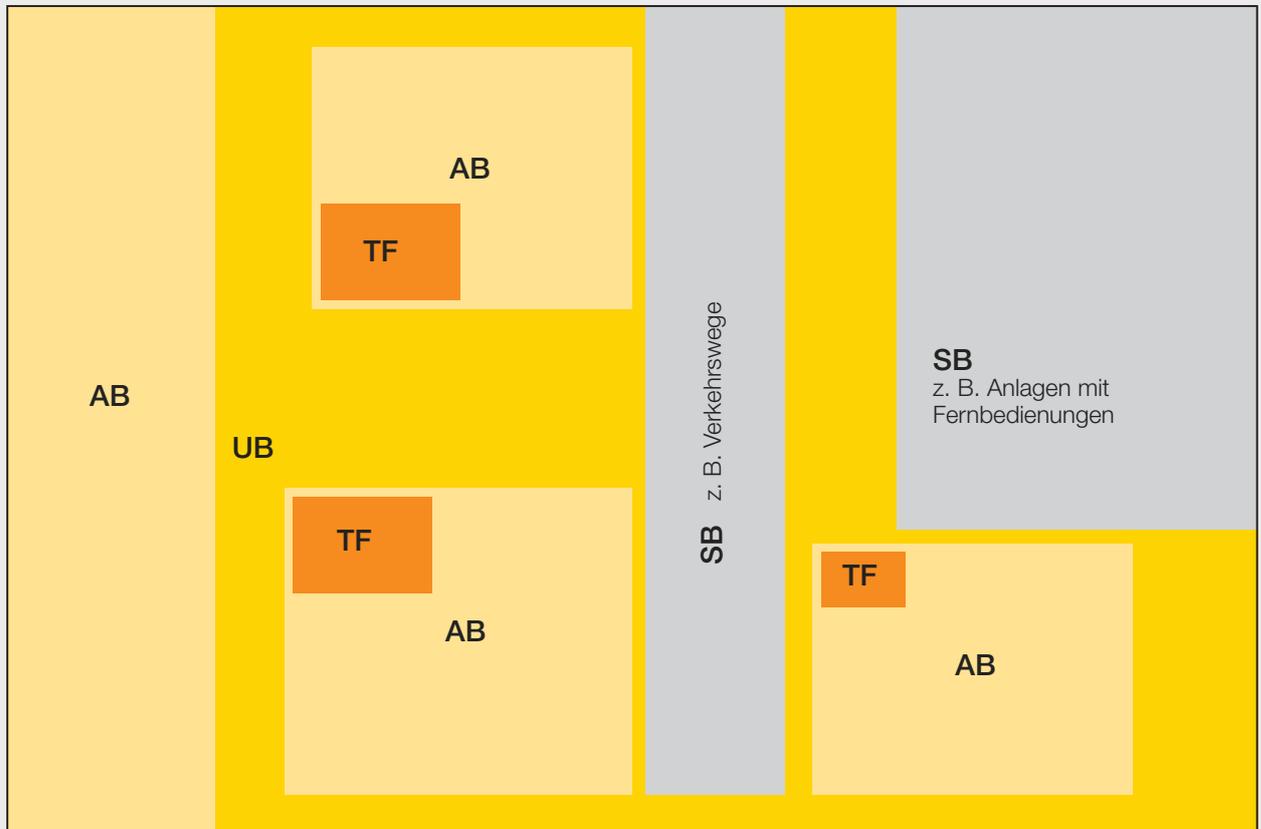


[13] Beispiel für Bereiche der Sehaufgabe entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen am Arbeitsplatz: Drehen und Messen mittelfeiner Teile mit vertikalen und horizontalen Sehaufgaben (1), Lesen von Zeichnungen an vertikalen Flächen (2), Messen am Werkstück und Ablage der Werkzeuge (3)



[14] Mehrere Bereiche der Sehaufgabe an einer Drehbank, die zu einem Bereich des Arbeitsplatzes (hell- und mittelgelb) zusammengefasst sind. Der Streifen des Umgebungsbereichs beträgt mindestens 0,5 m (dunkelgelb).





Erklärung: AB = Bereich des Arbeitsplatzes  
 TF = Teilfläche  
 UB = Umgebungsbereich  
 SB = Sonstige Bereiche

15

© licht.de

[15] Industriehalle mit Zonen unterschiedlicher Tätigkeiten

**f. 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 des Arbeitsplatzes mit den geringsten Anforderungen zu betrachten.

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 (siehe Abb. 15).

Bereiche der Sehaufgabe mit Wartungswerten der Beleuchtungsstärke  $\geq 750$  lx sollten mit einer teilflächenbezogenen Beleuchtung ausgestattet werden.

# 4. Bewertungsraster zur Planung, Berechnung und Überprüfung von Beleuchtungsanlagen

Das Raster zur Ermittlung der mittleren Beleuchtungsstärken und Gleichmäßigkeiten hängt grundsätzlich von Größe und Form der betrachteten Berechnungsfläche ab. Als Berechnungsflächen sind einerseits die Bereiche des Arbeitsplatzes, Umgebungs- und Hintergrundbereiche, andererseits die Tätigkeits- oder Raumbereiche festzulegen.

Hierbei sind die Anordnung der Beleuchtungsanlage, die Art der Lichtstärkeverteilung der Leuchten, die notwendige Genauigkeit und die zu bewertenden photometrischen Größen zu berücksichtigen.

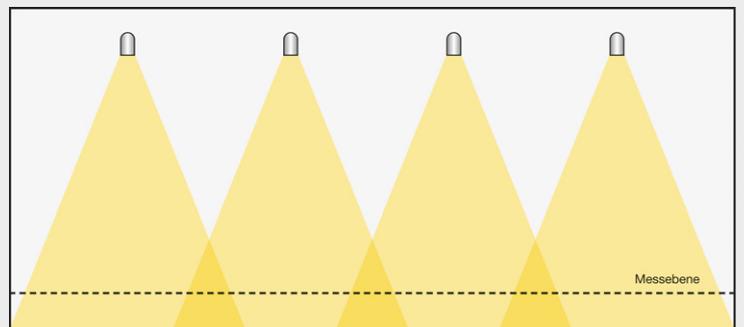
- So sollen die Anordnung der Leuchten und die Anordnung der Messpunkte nicht gleich sein.
- Die Abstände der Messpunkte müssen kleiner als die Lichtpunkthöhe sein.
- In hohen Hallen sollten sich die Lichtkegel schon in größeren Höhen überlagern und nicht erst auf der Bewertungsebene.

Ein Streifen von 0,5 m Breite von den Wänden wird von der Berechnungsfläche ausgeschlossen; es sei denn, die Bereiche der Sehaufgabe liegen innerhalb dieses Streifens oder ragen in ihn hinein.

Zur genauen Bestimmung eines Berechnungsrasters siehe Anhang 3: „Bewertungsraster“, Seite 36

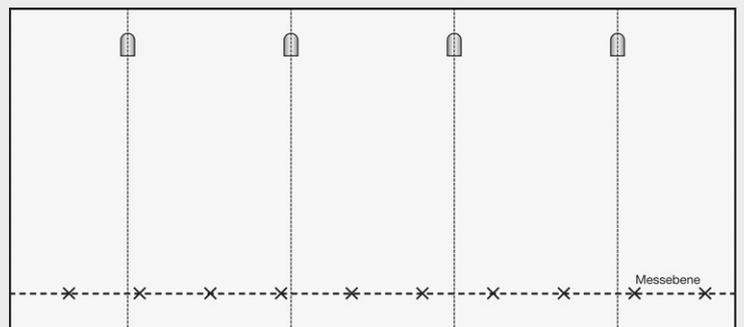
## Empfohlenes Rastermaß für Räume und Bereiche

	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



16

© licht.de

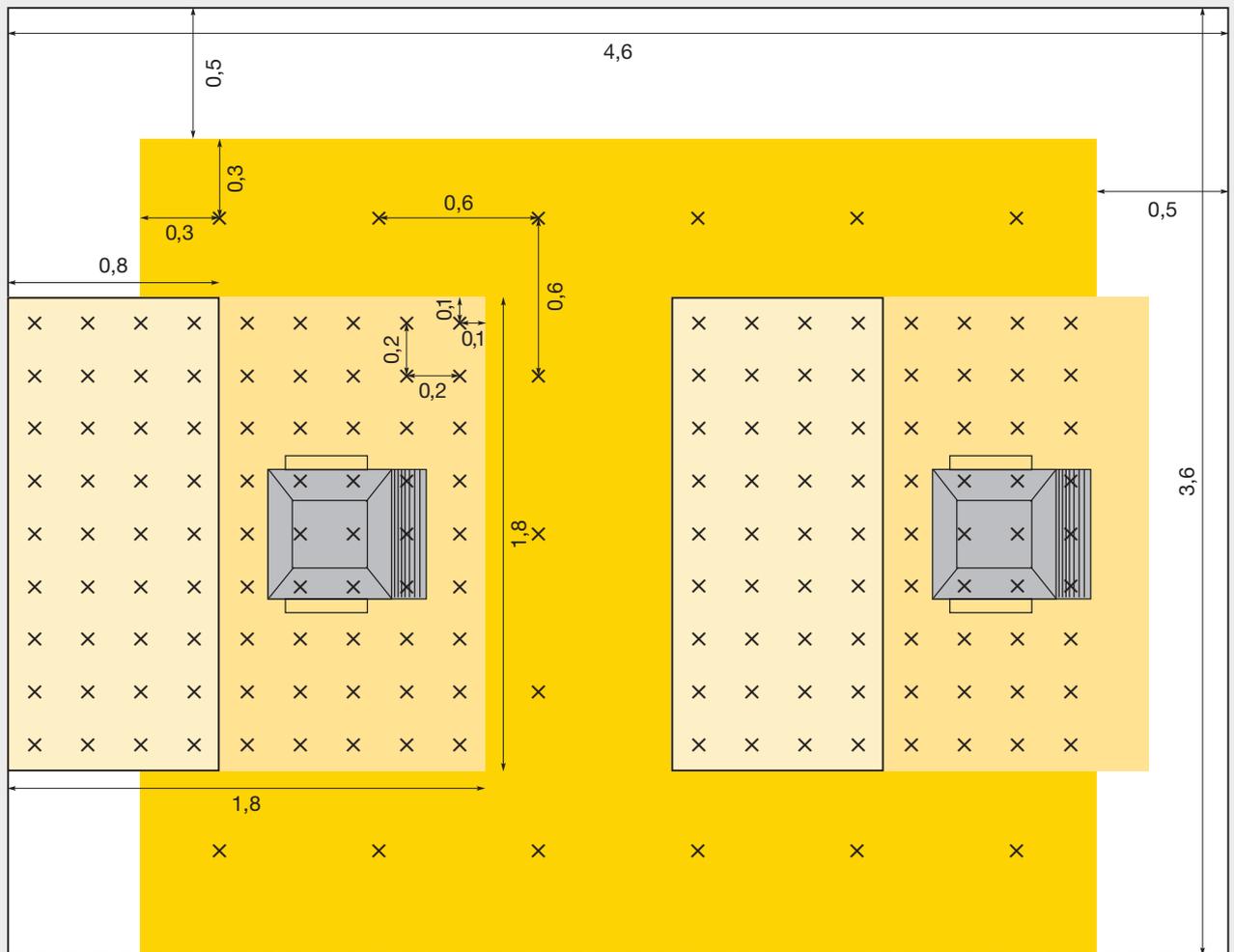


17

© licht.de

[16] Die Leuchten sind so anzuordnen, dass sich die Lichtkegel der Leuchten bereits in größeren Höhen überlagern. Dies wird neben der Leuchtenanordnung auch durch die richtige Wahl der Ausstrahlungscharakteristik der Leuchten erreicht.

[17] Die Anordnung der Messpunkte ist so zu wählen, dass sie nicht mit der Anordnung der Leuchten übereinstimmt.



18

© licht.de

[18] Festlegung der Berechnungspunkte im Umgebungsbereich (dunkelgelb) und im Bereich des Arbeitsplatzes (Arbeitsfläche/Arbeits-tisch: hellgelb, Bewegungsfläche: mittelgelb). Ein Randstreifen von 0,5 m bleibt unberücksichtigt, wenn die Arbeitsfläche/der Arbeits-tisch nicht hineinragt.

### Berechnungspunkte nur für Arbeitsflächen

Ragt ein Teil des Bereiches des Arbeitsplatzes (der aus der Arbeitsfläche und einer Bewegungsfläche besteht) in den Streifen an der Wand, so darf der Bewegungsbereich im Streifen liegen, ohne dass Berechnungspunkte dort zu berücksichtigen sind. Liegt jedoch die Arbeitsfläche, z. B. der Arbeitstisch, im Randstreifen, sind deren Berechnungspunkte zu berücksichtigen.

## 5. Beleuchtungsstärken für Wände und Decke

Eine neue Anforderung der DIN EN 12464-1 ist die Schaffung einer ausgewogenen Leuchtdichtevertelung. Dazu müssen die Leuchtdichten aller Oberflächen beachtet werden. Sie werden vom Reflexionsgrad der Oberflächen und der Beleuchtungsstärke auf den Oberflächen bestimmt. Um einen dunklen Raumeindruck zu vermeiden und sowohl das Adaptationsniveau als auch den Sehkomfort anzuheben, sind – insbesondere an Wänden und Decken – helle Raumboberflächen anzustreben.

Empfohlene Reflexionsgrade für die wichtigsten diffus reflektierenden Raumboberflächen sind:

- Decke: 0,7 bis 0,9
- Wände: 0,5 bis 0,8
- Boden: 0,2 bis 0,4

Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke sollten

- auf den Wänden deutlich über 50 lx und
- auf der Decke über 30 lx liegen.

Für ausgewählte Räume (z. B. Büros, Klassenzimmer, Krankenhäuser, Flure und Treppen) wird eine Erhöhung der Wartungswerte der Beleuchtungsstärke für die Wände auf 75 lx bzw. für die Decke auf 50 lx empfohlen. Die geforderte Gleichmäßigkeit liegt jeweils über 0,10. Im Sinne heller, die Gesundheit unterstützender Räume sind in Bereichen mit hoher visueller Kommunikation deutlich höhere Beleuchtungsstärken anzustreben.

### Helle Räume

Bei der ASR A3.4 werden keine Werte für die Beleuchtungsstärken auf Wänden und Decken angegeben. Es ist aber erkennbar, dass sie ebenfalls für einige Raumnutzungen Wert auf helle Räume legt.

## 6. Räumliche Beleuchtung

DIN EN 12464-1 hebt die Bedeutung der Lichtqualität im Raum hervor. Neben der Beleuchtung der Sehaufgabe sollte das von Menschen genutzte Raumvolumen ausgeleuchtet werden. Dieses Licht wird benötigt, um Objekte zu betonen, Oberflächenstrukturen hervorzuheben und das Erscheinungsbild der Menschen im Raum zu verbessern. Die Begriffe „mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke“, „Modelling“ und „gerichtetes Licht“ beschreiben die räumlichen Beleuchtungsverhältnisse.

### 6.1 Mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke $\bar{E}_z$

Der Minimal- oder Wertungswert von  $\bar{E}_z$  beträgt 50 lx. Der Wertungswert sollte auf 150 lx in Bereichen, in denen es auf eine gute visuelle Kommunikation ankommt, z. B. im Büro oder in Besprechungs- und Unterrichtsräumen, angehoben werden.

Diese Anforderung gilt in 1,2 m Höhe für sitzende und in 1,6 m Höhe für stehende Personen in Raum- und Tätigkeitsbereichen.

Die geforderte Gleichmäßigkeit liegt jeweils über 0,10.

Es ist darauf zu achten, dass die zylindrischen Beleuchtungsstärken dort zu erfüllen sind, wo sich die Gesichter befinden.

#### **Warum ist die zylindrische Beleuchtungsstärke ein Maß für die Beleuchtung der Gesichter?**

Sicherlich wäre die Forderung nach einer halbzyklindrischen Beleuchtungsstärke auf der betrachteten Gesichtshälfte sinnvoller. Dies würde aber die Kenntnis der Blickrichtungen bereits bei der Planung voraussetzen und zudem einen nicht vertretbaren Planungsaufwand zur Folge haben. Wie Untersuchungen gezeigt haben, werden beim Betrachten von Gesichtern sehr hohe Unterschiede zwischen den vertikalen Beleuchtungsstärken aus den verschiedenen Richtungen toleriert. Bei für Arbeitsstätten typischen Beleuchtungsanlagen mit gleichmäßiger Leuchtenanordnung an oder parallel zur Decke liegt die Gleichmäßigkeit der vertikalen Beleuchtungsstärken, die zur zylindrischen Beleuchtungsstärke führen, erheblich höher als die tolerierte Gleichmäßigkeit. Die Verwendung der zylindrischen Beleuchtungsstärke anstelle der halbzyklindrischen ist also angesichts des erheblich reduzierten Planungsaufwandes gerechtfertigt.

### 6.2 Modelling

Modelling ist ein gutes Maß für die plastische Wahrnehmung von Menschen und Gegenständen im Raum. Es beschreibt die Ausgewogenheit zwischen diffusem und gerichtetem Licht und wird durch das Verhältnis der zylindrischen Beleuchtungsstärke zur horizontalen Beleuchtungsstärke in einem Punkt (in der Regel in einer Höhe von 1,2 m über dem Fußboden) beschrieben. Zu Orientierung wird ein Intervall zwischen 0,30 und 0,60 angegeben, in dem Gesichter oder Körper weder zu dramatisch/schattig noch zu ausdruckslos/flach erscheinen.

Anmerkung: Aus der DIN 5035-Reihe ist dieses Verhältnis als „Schattigkeit“ bekannt und wurde mit einem Mindestwert von 0,3 begrenzt.

### 6.3 Gerichtete Beleuchtung von Sehaufgaben

Gerichtetes Licht kann Sehdetails betonen. Starke und störende Schatten sollten aber vermieden werden.

Die DIN EN 12464-1 weist konkret auf die Vermeidung von Mehrfachschatten hin, die durch gerichtetes Licht von mehreren punktförmigen Lichtquellen entstehen und zu „verwirrenden visuellen Effekten“ führen können.

#### Vertikale Beleuchtungsstärken im Raum

Die mittlere vertikale Beleuchtungsstärke muss der Seh- und Arbeitsaufgabe angemessen sein. Für bestimmte Arbeitsräume, Arbeitsplätze oder Tätigkeiten stellt die ASR A3.4 erhöhte Anforderungen an die vertikale Beleuchtungsstärke von  $E_v > 100$  lx (z. B. Unterrichtsräume in Grundschulen) bzw.  $E_v > 175$  lx (z. B. Fachunterrichtsräume, Erste-Hilfe-Räume oder Schreib- und Lesetätigkeiten).

Ein Verhältnis von vertikaler Beleuchtungsstärke zu horizontaler Beleuchtungsstärke von  $\geq 1:3$  hat sich bewährt.

# 7. Begrenzung der Blendung

Blendung wird durch Flächen zu hoher Leuchtdichte oder durch zu große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld eines Beobachters hervorgerufen. 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 Störfähigkeit bewertet wird, heißt 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 dazu Anhang 4: „Blendungsbewertung von Innenraum-Beleuchtungsanlagen“, Seite 37ff.*) bestimmt werden. Der Grenzwert  $UGR_L$  ist von der Schwierigkeit der Sehaufgabe abhängig und soll nicht überschritten werden. Es gelten beispielsweise folgende obere Grenzwerte:

<b>Beispiele für obere <math>UGR_L</math>-Grenzwerte</b>	
Technisches Zeichnen	$\leq 16$
Lesen, Schreiben, Unterrichtsräume, Computerarbeit, Kontrollarbeiten	$\leq 19$
Arbeiten in Industrie und Handwerk, Empfang	$\leq 22$
Grobe Arbeiten, Treppen	$\leq 25$
Flure	$\leq 28$

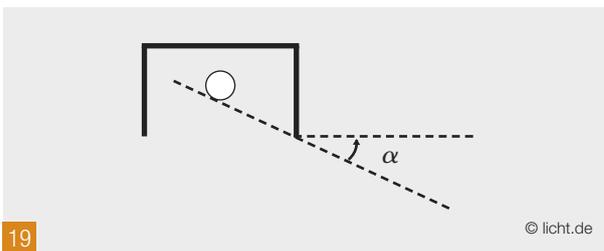
Eine Beleuchtungsanlage sollte in die jeweilige UGR-Klasse eingeordnet werden (z. B. „ $\leq 19$ “). Der UGR-Wert kann durch die Tabellenmethode ermittelt werden. UGR-Tabellen werden von den Herstellern in Katalogen oder in Datenbanken zur Verfügung gestellt.

Um eine erste Auswahl von Leuchten zu ermöglichen, empfiehlt sich der Tabellenwert des Referenzraumes  $UGR_R$  (4H/8H), ermittelt mit dem Abstands-/Höhenverhältnis von 0,25 (*siehe dazu Seite 39*).

Die Berechnung eines einzelnen UGR-Wertes in einer Anlage auf Basis der Formelmethode (*siehe dazu Seite 39*) 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/Lichtquellen in geeigneter Weise abzuschirmen. Für Leuchten, die unten offen bzw. mit klarer Abdeckung versehen sind, ist der Abschirmwinkel als der Winkel zwischen der horizontalen Ebene und der Blickrichtung, unter der die leuchtenden Teile der Lampen in der Leuchte gerade sichtbar werden, definiert.



[19] Abschirmwinkel  $\alpha$

Die nachfolgende Tabelle informiert über die für bestimmte Lampen-Leuchtdichten einzuhaltenden Mindestabschirmwinkel.

Mindestabschirmwinkel nach DIN EN 12464-1	
Lampen-Leuchtdichte in $\text{cd}/\text{m}^2$	Mindestabschirmwinkel
20.000 bis < 50.000 z. B. Leuchtstofflampen (High Output) und Kompaktleuchtstofflampen, LED	15°
50.000 bis < 500.000 z. B. Hochdruckentladungslampen und Glühlampen mit matten und beschlammten Kolben	20°
$\geq 500.000$ z. B. Hochdruckentladungslampen und Glühlampen mit klarem Kolben, Hochleistungs-LED	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

Der Vermeidung von Blendung, die durch Reflexionen an spiegelnden Oberflächen verursacht wird (= Reflexblendung), ist besondere Beachtung zu schenken. Das Arbeiten an einem Bildschirm oder an einer Tastatur kann durch Spiegelung heller Leuchtenteile mit zu hoher Leuchtdichte beeinträchtigt werden. Reflexblendungskritische Leuchten sind daher 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  $15^\circ$  geneigten Flachbildschirmen spiegeln könnten, festgelegt. Da sich die Bildschirmtechnologie seit der letzten Ausgabe der DIN EN 12464-1 von 2003 weiterentwickelt hat, wurden in der Ausgabe von 2011 die Grenzwerte angehoben. Für die normale Bürotätigkeit (dunkle Zeichen auf hellem Hintergrund – Positive Polarität) werden zwei Grenzwerte in Abhängigkeit von der Hintergrundleuchtdichte angegeben:

- Für Bildschirme mit einer Hintergrundleuchtdichte  $L \leq 200 \text{ cd/m}^2$  muss die Leuchten-Leuchtdichte auf Werte bis  $1.500 \text{ cd/m}^2$  begrenzt werden, während für Bildschirme mit Hintergrundleuchtdichten  $L > 200 \text{ cd/m}^2$  Leuchten-Leuchtdichten bis  $3.000 \text{ cd/m}^2$  zulässig sind.
- Für neue Flachbildschirme geben die Hersteller in der Regel maximal einstellbare Hintergrundleuchtdichten  $L > 200 \text{ cd/m}^2$  an, jedoch werden die Bildschirme in der Praxis überwiegend mit  $L \leq 200 \text{ cd/m}^2$  betrieben. Zudem ist in der Planungsphase die später eingestellte Hintergrundleuchtdichte nicht bekannt. In diesen Fällen

ist der Einsatz von Leuchten mit einer Leuchten-Leuchtdichte bis  $1.500 \text{ cd/m}^2$  vorzusehen.

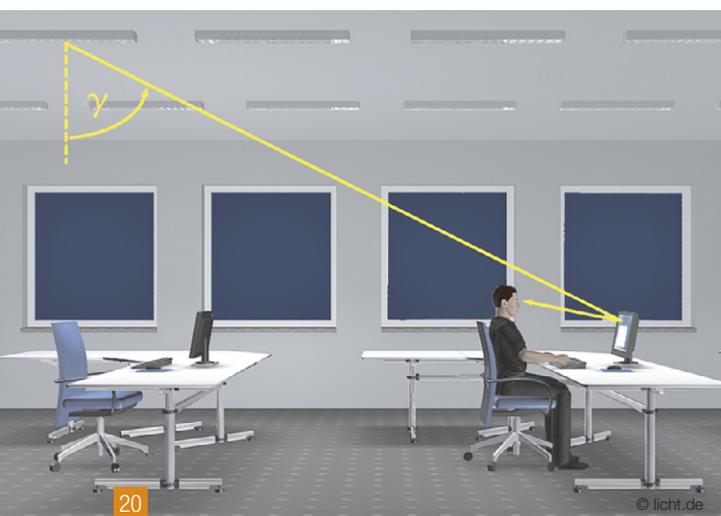
- Der Einsatz von Leuchten mit Leuchten-Leuchtdichten bis maximal  $3.000 \text{ cd/m}^2$  ist nur dann zulässig, wenn sichergestellt ist, dass die Bildschirme mit Hintergrundleuchtdichten  $L > 200 \text{ cd/m}^2$  betrieben werden.
- Für anspruchsvollere Bildschirm-Sehaufgaben (z. B. CAD) werden niedrigere Grenzwerte festgelegt.

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

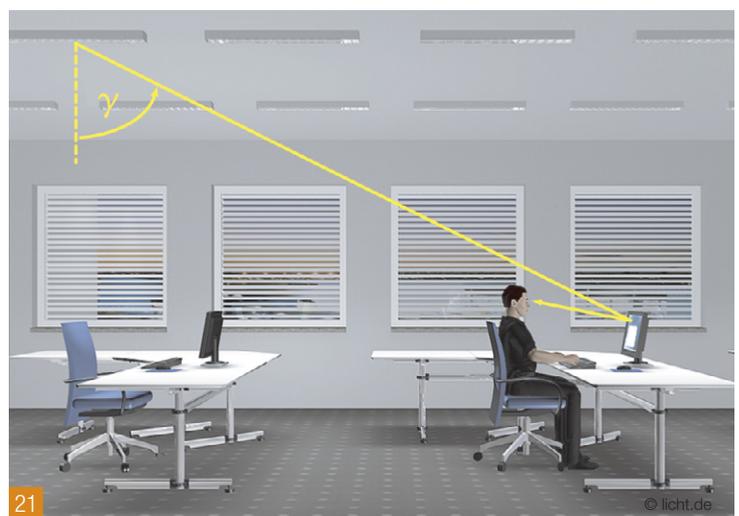
Die angegebenen Werte gelten für gut entblendete, d. h. diffus reflektierende Flachbildschirm-Monitore, wie sie heute an den meisten Büroarbeitsplätzen eingesetzt werden. Hochglänzende Bildschirme sollten an ständig besetzten Arbeitsplätzen nicht eingesetzt werden.

Für Notebooks, Laptops, Tablet-PCs u. ä. gelten die Anforderungen der DIN EN 12464-1 nicht. Da sie in Neigung und Anordnung beliebig aufstellbar sind, können störende Reflexionen durch individuelle Ausrichtung des Bildschirms vermieden werden.

Diese Anforderungen erfüllen auch die allgemein gehaltenen Vorgaben der ASR A3.4 bezüglich der Vermeidung von Reflexblendung.



[20] Für Bildschirme mit einer Hintergrundleuchtdichte  $L \leq 200 \text{ cd/m}^2$  (typisch für Büros mit normaler (mittlerer) Tageslichtversorgung und normaler Verwendung von Flachbildschirmen) sind Leuchten-Leuchtdichten bis  $1.500 \text{ cd/m}^2$  zulässig.



[21] Für Bildschirme mit einer Hintergrundleuchtdichte  $L > 200 \text{ cd/m}^2$  (typisch für Büros mit guter und sehr guter Tageslichtversorgung und für Flachbildschirme, die an die helle Raumsituation angepasst sind) sind Leuchten-Leuchtdichten bis  $3.000 \text{ cd/m}^2$  zulässig.

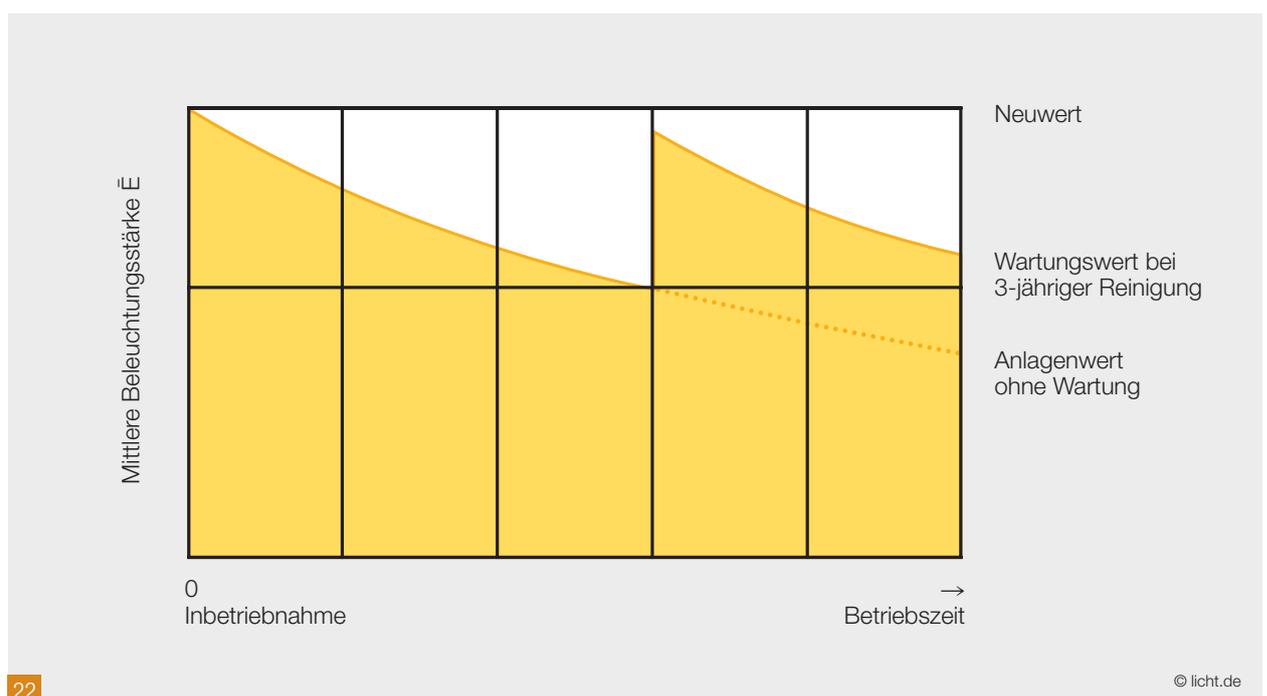
## 8. Wartung der Beleuchtungsanlage

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 von der Wahl der eingesetzten Lampen, Leuchten und Betriebsgeräte, den Raumbooberflächen sowie von den herrschenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen abhängig.

Gemäß ASR A3.4 müssen beim Betrieb einer Beleuchtungsanlage Mängel wie der Ausfall von Lampen oder die Verringerung der Beleuchtungsstärke, z. B. aufgrund einer Verschmutzung oder Alterung von Leuchten, unverzüglich beseitigt werden. Dementsprechend muss die Instandhaltung der Beleuchtungsanlage gewährleistet sein.

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

**Der Wartungsfaktor MF (MF, engl.: Maintenance Factor) ist als das Verhältnis vom Wert der Beleuchtungsstärke zu dem Anfangswert der Beleuchtungsstärke bei der Inbetriebnahme definiert.**



22

[22] Beleuchtungsstärken während der Betriebszeit einer Beleuchtungsanlage, in diesem Fall bei einer Wartung nach drei Jahren

## 8.1 Dokumentation des Wartungsfaktors

Der Planer muss

- den Wartungsfaktor MF angeben und alle Annahmen aufführen, die bei der Bestimmung des Wertes gemacht wurden,
- die Beleuchtungsanlage entsprechend der Einsatzumgebung festlegen und
- einen Wartungsplan erstellen, der die Häufigkeit des Lampenwechsels, die Reinigungsintervalle von Leuchten und Raum sowie die Reinigungsmethoden enthalten muss.

Im nebenstehenden Beispiel ergibt sich unter folgenden Voraussetzungen ein Wartungsfaktor von 0,67 (Werte aus der CIE-Publikation 97): Dabei sind die Lampen nach ca. 16.000 Betriebsstunden im Gruppenaustausch zu wechseln, die Leuchten nach 3 Jahren und die Raumboberflächen nach 6 Jahren zu reinigen.

<b>Beispiel der Dokumentation des Wartungsfaktors</b>		
<b>Projekt:</b>	Bürogebäude Frankfurt	
<b>Raum:</b>	2-Personen Büro, Raum Nr. 0214	
<b>Bearbeiter:</b>	Herr Schulz	
<b>Datum:</b>	02.03.2012 / 11:47:25	
<b>Leuchte:</b>	Einbauleuchte	
Bezeichnung:	Leuchte xyz	
Artikelnummer:	123456789	
Leuchtentyp:	Geschlossen IP2X	
Reinigungsintervall in Jahren:	3,0 (Umgebungsbedingungen sauber)	
Leuchten-Wartungsfaktor LMF:		0,79
<b>Lampe:</b>	Leuchtstofflampe Ø 16mm	
Bezeichnung:	T16 High Output	
Leistung:	49 W	
Lampentausch:	Gruppe/ Einzelaustausch defekter Leuchtmittel	
Betriebsgerät:	EVG	
Lampenwartung in Jahren:	6,0	
Betriebsstunden pro Lampe und Jahr:	2.750 h	
Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor LLMF:		0,90
Lampen-Lebensdauerfaktor LSF:		1,00
<b>Raum:</b>		
Länge:	8 m	
Breite:	6 m	
Höhe:	3 m	
Umgebungsbedingungen:	Sauber	
Raumreinigungsintervall in Jahren:	6,0	
Beleuchtungsart:	Direkt	
Raum-Wartungsfaktor RMF:		0,94
<b>Wartungsfaktor MF:</b>		<b>0,67</b>

## 8.2 Ermittlung des Wartungsfaktors

Der Wartungsfaktor MF lässt sich durch Multiplikation der einzelnen Komponenten ermitteln:

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

Dabei beschreiben der LLMF den Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor, LSF den Lampenlebensdauerfaktor, LMF den Leuchtenwartungsfaktor und RMF den Raumwartungsfaktor (siehe dazu Anhang 5: „Erläuterung zu den Wartungsfaktoren“, Seite 40).

In vielen Fällen kann ein Lampenlebensdauerfaktor (LSF) = 1 angenommen werden, da der Ausfall einzelner Lampen zu inakzeptablen Absenkungen des Beleuchtungsniveaus führt und eine Einzelauswechslung von Lampen erforderlich ist.

Werte für die einzelnen Wartungsfaktoren können entweder den Herstellerangaben entnommen, aus herstellerübergreifenden, standardisierten Mittelwertkurven abgeleitet (z. B. ZVEI-Publikation: „Lebensdauerverhalten von Entladungslampen für Beleuchtung“, 2005) oder aus der CIE-Publikation 97 (2005) abgelesen werden.

### Wartungsfaktor und Randbedingungen

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
- 
- 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.

0,80

0,67

0,50

## 8.3 Entscheidungspfade für die Wahl von 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.

Viele Lampen zeichnen sich durch eine lange Lebensdauer aus. Es wäre unrealistisch davon auszugehen, dass die Lampen früher gewechselt werden, als es der Angabe der Nutzlebensdauer entspricht.

Lampen zeigen ein sehr unterschiedliches Verhalten, beispielsweise:

- Kompaktleuchtstofflampe: Lichtstromrückgang auf 85 % nach 10.000 Stunden
- T 16 Leuchtstofflampe: Lichtstromrückgang auf 89 % nach 24.000 Stunden
- Halogen-Metaldampflampe (HCl-T 150W): Lichtstromrückgang auf 69 % nach 12.000 Stunden
- LED, z. B. für ein LED-Modul  $L_{70} = 50.000$  Stunden (nach 50.000 Betriebsstunden sind noch 70 % des Anfangslichtstroms vorhanden).

Auch eine häufige Reinigung der Beleuchtungsanlage ist selten die Realität.

Es ist daher zu empfehlen, von längeren Wartungsintervallen auszugehen und einen Referenzwartungsfaktor zu wählen, der sicherstellt, dass auch nach mehrjähriger wartungsloser Nutzung mit Lampen, die eine hohe Lebenserwartung aufweisen, ein Betrieb der Anlage über den Wartungswerten gewährleistet ist.

Es ist zu empfehlen, Programme der Hersteller oder Lichtplanungsprogramme wie Dialux und Relux zu verwenden, um aus den aktuellen Daten der Hersteller die optimalen Wartungspläne zu erstellen und als Dokumentation einer Lichtplanung beizulegen.

## 8.4 Einflussfaktoren bei der Ermittlung des Wartungsfaktors

Der Wartungsfaktor kann auf zwei Arten optimiert werden:

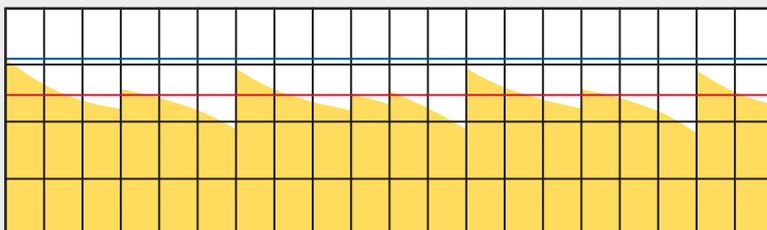
- entweder kurze Wartungsintervalle und einen niedrigen Anfangswert der Beleuchtungsstärke
- oder längere Wartungsintervalle und dadurch einen höheren Anfangswert der Beleuchtungsstärke

[23] Drei Beispiele zeigen den Spielraum, der sich bei der Ermittlung des Wartungsfaktors ergibt.

Der Wartungsfaktor hat einen großen Einfluss auf die Energieeffizienz. Die Annahmen, die für die Ermittlung des MF gemacht werden, müssen so optimiert werden, dass sich ein hoher Wert ergibt, ohne dass sich zu hohe Kosten für häufige Wartung einstellen.

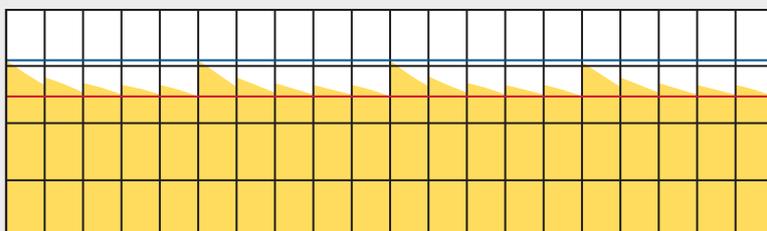
Die nachfolgende Grafik zeigt, wie sich die einzelnen Parameter auf den Wartungsfaktor, die Wartungsintervalle und die Einhaltung des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke in Bezug auf die Gesamtkosten auswirken.

### Wartungsfaktor und Gesamtkosten



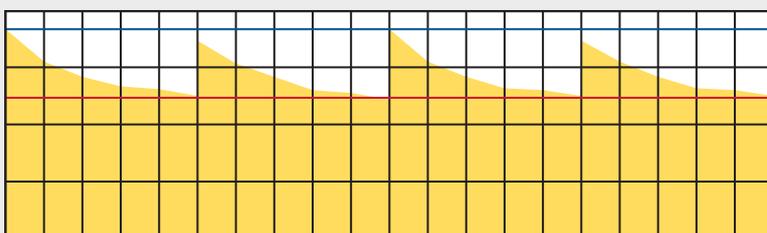
#### Beleuchtungsniveau nicht eingehalten

Wartungsfaktor 0,80 (100 Leuchten)  
 Leuchtenreinigung alle 3 Jahre  
 Raumwartung alle 10 Jahre  
 Lampentausch: Gruppe 6 Jahre  
 Gesamtkosten: -10 % gegenüber Basisbezug, aber mit über 20 % Lichtniveaunüberschreitung



#### Beleuchtungsniveau eingehalten, jedoch idealisierte Wartungszyklen

Wartungsfaktor 0,80 (100 Leuchten)  
 Leuchtenreinigung jährlich  
 Raumwartung alle 5 Jahre  
 Lampentausch: Einzel+Gruppe 5 Jahre  
 Gesamtkosten: 100 % (Basisbezug)



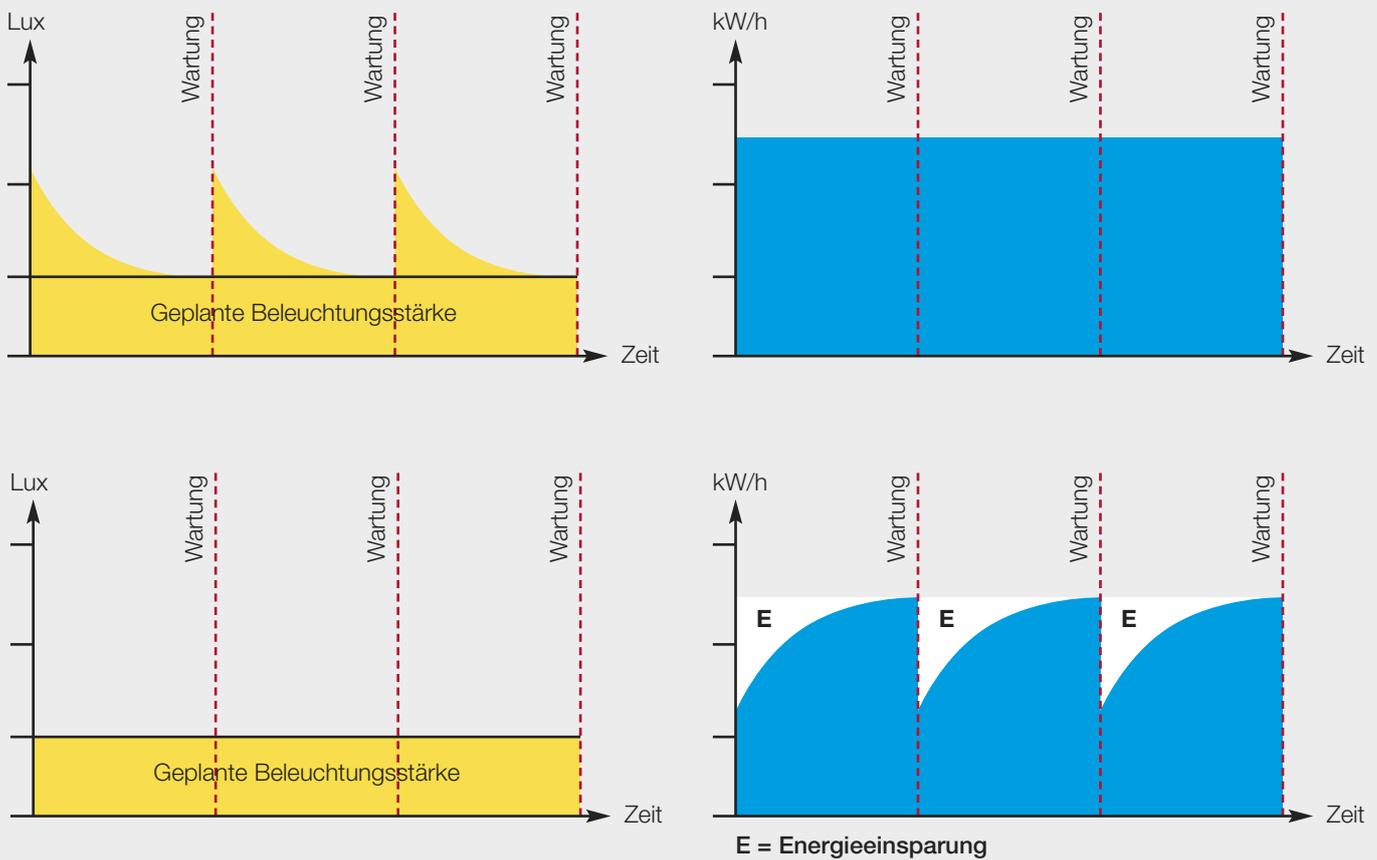
#### Beleuchtungsniveau eingehalten und praxisrelevante Wartungszyklen

Wartungsfaktor 0,67 (120 Leuchten)  
 Leuchtenreinigung alle 5 Jahre  
 Raumwartung alle 10 Jahre  
 Lampentausch: Gruppe 5 Jahre  
 Gesamtkosten: identisch gegenüber Basisbezug

Rahmenbedingungen: jeweils Leuchtentyp C (CIE 97) | Direkt/Indirekt | Sehr saubere Umgebung | 2.800 h jährliche Betriebszeit | 12 ct/kWh (inkl. Teuerung 3%/a) | Beispielhafter Leuchtenpreis 150,- € | Leuchtenbestückung 2 x T16 54W EVG | Lohnkosten Wartung 50,- €/h | Leuchtenreinigung 15 min/Leuchte | Lampentausch 10 min/Leuchte | Raumwartung 5,- €/m<sup>2</sup> | Raumfläche 20 m x 40 m | Reflexionsgrade 70/50/20

Durch moderne Steuer- und Regeltechnik kann sichergestellt werden, dass bei Auslegung auf einen hohen Anfangswert und lange Wartungsintervalle die Beleuchtungsstärke konstant im Bereich des Wartungswertes eingeregelt wird. Darauf weist auch die BGI 856 (2008) hin.

[24] Moderne Steuer- und Regeltechnik trägt dazu bei, dass die Beleuchtungsstärke konstant im Bereich des Wartungswertes eingeregelt wird.



Oben: Im Neuzustand und nach jeder Wartung der Beleuchtungsanlage werden kurzzeitig höhere Beleuchtungsstärken bei konstantem Energieverbrauch erreicht.

Unten: Wird die Beleuchtungsstärke konstant knapp über dem geplanten Wert der Beleuchtungsstärke gehalten, kann entsprechend Energie gespart werden.

## 8.5 Wartungsfaktoren

Bei fehlenden Detail-Informationen oder für vereinfachte Projektierungen kann zunächst einer der folgenden Werte gewählt werden:

Wartungs-faktor	Neuwert-faktor	Anwendungsbeispiel
0,80	1,25	Sehr sauberer Raum, Anlagen mit geringer Nutzungsdauer
0,67	1,50	Sauberer Raum, dreijähriger Wartungszyklus
0,57	1,75	Innen- und Außenbeleuchtung, normale Verschmutzung, dreijähriger Wartungszyklus
0,50	2,00	Innen- und Außenbeleuchtung, starke Verschmutzung

Die Verwendung eines Wertes entbindet den Planer nicht von seiner Dokumentationspflicht.

Für den wartungsunabhängigen Vergleich von Lichtplannungen empfiehlt sich ein Wartungsfaktor von 0,67.

## 8.6 Beispiele zur Ermittlung von Wartungsfaktoren

Für zwei Anwendungen werden nachfolgend die Wartungsfaktoren ermittelt. Dabei werden reelle Wartungszyklen angenommen. Die Daten sind in Anlehnung an CIE 97 ermittelt sowie spezifischen Angaben der Lampen- und Leuchtenhersteller.

### Beispiel Logistikzentrum

- Leuchtentypen:
  - Hallentiefstrahler mit Hochdruck-Halogen-Metaldampf-lampe
  - Lichtbandsystem mit Leuchtstofflampen
  - Flächenleuchte mit LED:  $L_{70} = 75.000$  h
- 4.000 Betriebsstunden pro Jahr
- geringe Verschmutzung
- Reflexionsgrade: 50/30/20 (Decke, Wände, Boden)

### Festlegung der Wechsel und Reinigungsintervalle

#### Lösung a

- Hallentiefstrahler mit Hochdruck-Halogen-Metaldampf-lampe
- alle 2 Jahre Gruppen-Lampenwechsel und Leuchten-Reinigung
  - Einzelaustausch defekter Lampen

#### Lösung b

- Hallentiefstrahler mit Hochdruck-Halogen-Metaldampf-lampe
- alle 2 Jahre Gruppen-Lampenwechsel und Leuchten-Reinigung

#### Lösung c

- Lichtbandsystem mit Leuchtstofflampen
- alle 2 Jahre Leuchten-Reinigung
  - alle 4 Jahre Gruppen-Lampenwechsel

#### Lösung d

- Flächenleuchte mit LED ( $L_{70} = 75.000$  h)
- alle 2 Jahre Leuchten-Reinigung
  - alle 16 Jahre Gruppen-Platinen- und Treiberwechsel
  - Einzelaustausch defekter Platinen und Treiber

#### Lösung e

- Flächenleuchte mit LED ( $L_{70} = 75.000$  h)
- alle 2 Jahre Leuchten-Reinigung
  - alle 16 Jahre Gruppen-Platinen- und Treiberwechsel

		Lösung a	Lösung b	Lösung c	Lösung d	Lösung e
		Hallentiefstrahler mit HPI*	Hallentiefstrahler mit HPI*	Lichtbandsystem mit TL**	Flächenleuchte mit LED*	Flächenleuchte mit LED*
		nach 2 Jahren (8.000 h) Leuchtenreinigung & Gruppenlampen-tausch	nach 2 Jahren (8.000 h) Leuchtenreinigung & Gruppenlampen-tausch	nach 2 Jahren (8.000 h) Leuchtenreinigung & nach 4 Jahren (16.000 h) Gruppenlampen-tausch	nach 2 Jahren (8.000 h) Leuchtenreinigung & nach 16 Jahren (64.000 h) Platinen- und Treiberwechsel	nach 2 Jahren (8.000 h) Leuchtenreinigung & nach 16 Jahren (64.000 h) Platinen- und Treiberwechsel
		Einzelaustausch defekter Leuchtmittel			Einzelaustausch defekter Platinen oder Treiber	
LLMF	Lampenlicht-stromwartungs-faktor	0,73	0,73	0,90	0,79	0,79
LSF	Lampenausfallfaktor	1,00	0,87	0,95	1,00	0,98
LMF	Leuchten-wartungsfaktor	0,94*	0,94*	0,86**	0,94*	0,94*
RMF	Raumwartungsfaktor	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
<b>MF</b>	<b>Wartungsfaktor</b>	<b>0,65</b>	<b>0,57</b>	<b>0,70</b>	<b>0,71</b>	<b>0,69</b>

\* geschlossene Leuchte    \*\* offene Leuchte

**Beispiel Bürobeleuchtung**

- Leuchtentypen:
  - Einbauleuchten mit Leuchtstofflampen
  - Einbauleuchten mit LED:  $L_{70} = 50.000$  h
- 2.750 Betriebsstunden pro Jahr
- saubere Umgebung
- Reflexionsgrade: 70/50/20 (D/W/B)

**Festlegung der Wechsel und Reinigungsintervalle**

*Lösung a*

- Einbauleuchten mit Leuchtstofflampen
- alle 6 Jahre Gruppen-Lampenwechsel
  - Einzelaustausch defekter Leuchtmittel

*Lösung b*

- Einbauleuchte mit LED ( $L_{70} = 50.000$  h)
- alle 15 Jahre Gruppen-Platinen- und Treiberwechsel
  - Einzelaustausch defekter Platinen

		Lösung a	Lösung b
		Einbauleuchten mit T16 Leuchtstofflampen	Einbauleuchte mit LED & geschlossener Optik
		nach 6 Jahren (16.500 h) Gruppenlampentausch & Leuchtenreinigung	nach 15 Jahren (41.000 h) Platinen- & Treiberwechsel
		Einzelaustausch defekter Leuchtmittel	Einzelaustausch defekter Platinen oder Treiber
LLMF	Lampenlichtstromwartungsfaktor	0,90	0,80
LSF	Lampenausfallfaktor	1,00	1,00
LMF	Leuchtenwartungsfaktor	0,86**	0,92*
RMF	Raumwartungsfaktor	0,94	0,94
<b>MF</b>	<b>Wartungsfaktor</b>	<b>0,73</b>	<b>0,69</b>
* geschlossene Leuchte    ** offene Leuchte			

# 9. Anhänge

## 9.1 Anhang 1: Änderungen DIN EN 12464-1:2011 zu DIN EN 12464-1:2003

Die wesentlichen technischen Änderungen sind:

- die Wichtigkeit des Tageslichts wurde berücksichtigt:  
Die Beleuchtungsanforderungen sind anwendbar, unabhängig davon, ob künstliches Licht, Tageslicht oder eine Kombination aus beiden verwendet wird;
- Anforderungen für minimale Beleuchtungsstärken an Wänden und Decken;
- Anforderungen an zylindrische Beleuchtungsstärken und ausführliche Angaben bezüglich Modelling;
- die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke wird den Sehaufgaben und Tätigkeiten einzeln zugewiesen;
- Definition eines „Hintergrundbereiches“ mit Beleuchtungsanforderungen für diesen Bereich;
- Definition eines Beleuchtungsstärke-Rasters in Übereinstimmung mit DIN EN 12464-2;
- neue Leuchtdichtegrenzwerte für Leuchten, die sich in Flachbildschirmen (nach ISO 9241-307) spiegeln können.

### Werteabweichungen

Änderungen von Wartungswerten der Beleuchtungsstärke  $\bar{E}_m$  gibt es nur in seltenen Fällen; wenige neue Innenraumbereiche, Bereiche der Sehaufgabe und Tätigkeitsbereiche wurden ergänzt.

Reduktion von  $\bar{E}_m$

- Treppen, Rolltreppen, Fahrbänder von 150 lx auf 100 lx (5.1.2)
- Gesundheitseinrichtungen: Flure während des Tages von 200 lx auf 100 lx (5.37.2)

Erhöhung von  $\bar{E}_m$

- Augenärztliche Untersuchungsräume: Allgemeinbeleuchtung von 300 lx auf 500 lx (5.41.1)
- Ohrenärztliche Untersuchungsräume: Allgemeinbeleuchtung von 300 lx auf 500 lx (5.42.1)

In einzelnen Fällen wurden die Farbwiedergaben angepasst. An ständig besetzten Arbeitsplätzen sind grundsätzlich  $R_a > 80$  vorgesehen.

Ergänzung von:

- Aufzügen und Liften (5.1.3)
- Hochregalfront (5.5.4)
- Gesundheitseinrichtungen:
  - Flure: Reinigen (5.37.3): 100 lx
  - Flure mit Mehrzwecknutzung (5.37.5): 200 lx
  - Fahrstühle, Lifte für Personen und Besucher (5.37.7): 100 lx
  - Servicelifte (5.37.8): 200 lx
- Bahnanlagen:
  - Vollständig umschlossene Bahnsteige, geringe Anzahl Personen (5.53.1): 100 lx
  - Vollständig umschlossene Bahnsteige, große Anzahl Personen (5.53.2): 200 lx
  - Personenunterführungen, große Anzahl Personen (5.53.4): 100 lx
  - Eingangshallen, Stationshallen (5.53.8): 200 lx
  - Stellwerke, Betriebsräume (5.53.9): 200 lx
  - Zugangstunnel (5.53.10): 50 lx
  - Wartungs- und Instandsetzungshallen (5.53.11): 300 lx

## 9.2 Anhang 2: Unterschiede zwischen DIN EN 12464-1:2011 und ASR

## Werte in DIN EN 12464-1

Ref.-Nr.	Raumart	$\bar{E}_m$	$R_a$
<b>Verkehrszonen innerhalb von Gebäuden</b>			
5.1.1	Verkehrsflächen und Flure allgemein	100	40
5.1.1	Verkehrsflächen und Flure allgemein	100	40
	– Fehlt –		
	– Fehlt –		
<b>Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Lager- und Kühlräume</b>			
5.4.1	Vorrats- und Lagerräume	100	60
5.4.2	Versand- und Verpackungsbereiche	300	60
	– Fehlt –		
<b>Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe-Räume</b>			
5.2.2	Pausenräume	100	80
<b>Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Kontrollräume</b>			
5.3.1	Räume für haustechnische Anlagen	200	60
<b>Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten – Zement, Zementwaren, Beton, Ziegel</b>			
5.8.1	Trocknen	50	20
<b>Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten – Keramik, Fliesen, Glas, Glaswaren</b>			
5.9.1	Trocknen	50	20
	– Fehlt –		
<b>Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten – Chemische Industrie, Kunststoff und Gummi</b>			
5.10.1	Verfahrenstechnische Anlagen mit Fernbedienung	50	20
<b>Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten – Gießerei und Metallguss</b>			
5.13.3	Sandaufbereitung	200	80
5.13.8	Maschinenformerei	200	80
5.13.4	Gussputzerei	200	80
5.13.6	Gießhallen	200	80
5.13.7	Ausleerstellen	200	80
5.13.9	Hand- und Kernformerei	300	80
5.13.10	Druckgießerei	300	80
<b>Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten – Metallbe- und -verarbeitung</b>			
5.18.1	Freiformschmieden	200	80
5.18.2	Gesenkschmieden	300	80
5.18.3	Schweißen	300	80
5.18.4	Grobe und mittlere Maschinenarbeiten größer 0,1 mm	300	80
5.18.5	Feine Maschinenarbeiten kleiner 0,1 mm	500	80
5.18.6	Anreißen, Kontrolle	750	80
5.18.7	Draht- und Rohrzieherei	300	80
5.18.8	Verarbeiten von schweren Blechen	200	80
5.18.9	Verarbeiten von leichten Blechen	300	80
5.18.10	Herstellen von Werkzeugen und Schneidwaren	750	80
	– Fehlt –		
<b>Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten – Kraftwerke</b>			
5.20.1	Kraftstoff-Versorgungsanlagen	50	20
	– Fehlt –		
<b>Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten – Walz-, Hütten- und Stahlwerke</b>			
5.22.1	Produktionsanlagen ohne manuelle Eingriffe	50	20
5.22.3	Produktionsanlagen mit manuellen Eingriffen	200	80
<b>Industrielle und handwerkliche Tätigkeiten – Holzbe- und -verarbeitung</b>			
5.25.2	Dämpfgruben	150	40
5.25.3	Sägegatter	300	60
<b>Öffentliche Bereiche – Allgemeine Bereiche</b>			
5.28.1	Eingangshallen	100	80
<b>Öffentliche Bereiche – Theater, Konzert, Kino, Unterhaltungsstätten</b>			
5.30.2	Umkleideräume	300	90
<b>Öffentliche Bereiche – Büchereien</b>			
5.33.1	Bücherregale	200	80
<b>Ausbildungseinrichtungen – Ausbildungsstätten</b>			
5.36.4	Wandtafel und White Board	500	80
<b>Gesundheitseinrichtungen – Räume für allgemeine Nutzung</b>			
5.37.2	Flure: während des Tages	100	80
<b>Gesundheitseinrichtungen – Bettzimmer, Wöchnerinnenzimmer</b>			
5.39.1	Allgemeinbeleuchtung	100	80
<b>Gesundheitseinrichtungen – Intensivstation</b>			
5.47.4	Nachtüberwachung	20	90
	– Fehlt –		
	– Fehlt –		

# A3.4

## Werte in ASR A3.4

■ Abweichung nach unten

■ Abweichung nach oben

■ Sonst. Abweichung

Ref.-Nr.	Raumart	$\bar{E}_m$	$R_a$
<b>Verkehrswege</b>			
1.1	Verkehrsflächen und Flure ohne Fahrzeugverkehr	50	40
1.2	Verkehrsflächen und Flure mit Fahrzeugverkehr	150	40
1.6	Halleneinfahrten Tag	400	40
1.6	Halleneinfahrten Nacht	50	40
<b>Lager</b>			
2.2	Lagerräume für gleichartiges oder großteiliges Lagergut	50	60
2.3	Lagerräume mit Suchaufgabe bei nicht gleichartigem Lagergut	100	60
2.4	Lagerräume mit Leseaufgaben	200	60
<b>Allgemeine Bereiche, Tätigkeiten und Aufgaben</b>			
3.2	Pausen-, Warte-, Aufenthaltsräume	200	80
3.6	Haustechnische Anlagen, Schaltgeräte Räume	200	80
<b>Zement-, Beton- und Ziegelindustrie</b>			
7.1	Trocknen	50	40
<b>Keramik, Fliesen, Glas, Glaswaren, Augenoptiker</b>			
8.1	Trocknen	50	40
8.6	Augenoptikerwerkplatz	1500	90
<b>Chemische Industrie, Kunststoff- und Gummiindustrie</b>			
9.1	Verfahrenstechnische Anlagen mit Fernbedienung	50	40
<b>Metallbe- und -verarbeitung, Gießereien und Metallguss</b>			
16.1	Sandaufbereitung u. a.	200	60
16.1	Maschinenformerei	200	60
16.1	Gießhallen	200	60
16.1	Ausleerstellen	200	60
16.1	Gussputzerei	200	60
16.2	Hand- und Kernformerei	300	60
16.2	Druckgießerei	300	60
<b>Metallbe- und -verarbeitung, Gießereien und Metallguss</b>			
16.4	Freiformschmieden	200	60
16.5	Gesenkschmieden	200	60
16.6	Schweißen	300	60
16.7	Grobe und mittlere Maschinenarbeiten größer 0,1 mm	300	60
16.8	Feine Maschinenarbeiten kleiner 0,1 mm	300	60
16.9	Anreißen, Kontrolle	750	60
16.10	Draht- und Rohrzieherei	300	60
16.11	Verarbeiten von schweren Blechen	200	60
16.12	Verarbeiten von leichten Blechen	300	60
16.13	Herstellen von Werkzeugen und Schneidwaren	750	60
16.18	Kfz-Werkstätten und Kfz-Prüfstellen	300	80
<b>Kraftwerke</b>			
18.1	Kraftstoff-Versorgungsanlagen	50	40
18.5	Außen-Schaltanlagen	20	40
<b>Walz-, Hütten- und Stahlwerke</b>			
20.1	Produktionsanlagen ohne manuelle Eingriffe	50	40
20.2	Produktionsanlagen mit manuellen Eingriffen	200	40
<b>Holzbe- und -verarbeitung</b>			
23.2	Dämpfgruben	100	40
23.3	Sägegatter	200	60
<b>Allgemeine Bereiche, Tätigkeiten und Aufgaben</b>			
3.11	Eingangshallen	200	80
<b>Allgemeine Bereiche, Tätigkeiten und Aufgaben</b>			
3.4	Umkleideräume	200	80
<b>Büchereien, Bibliotheken</b>			
26.1	Bücherregale	200 vertikal	80
<b>Ausbildungsstätten, Kindergärten, Vorschulen</b>			
27.4	Wandtafel	500 vertikal	80
<b>Gesundheitseinrichtungen</b>			
28.1	Flure: während des Tages	200	80
<b>Gesundheitseinrichtungen</b>			
28.3	Allgemeinbeleuchtung	200	80
<b>Gesundheitseinrichtungen</b>			
28.8	Überwachung von Patienten in der Nacht	50	90
28.12	Instrumentenaufbereitung	500	80
28.13	Laboratorien für den Gesundheitsdienst	500	90

### 9.3 Anhang 3: Bewertungsraster

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 längeren Seite der Bewertungsfläche. Die entsprechende Anzahl der Punkte ist dann durch die nächste ganze Zahl des Verhältnisses  $d/p$  gegeben.

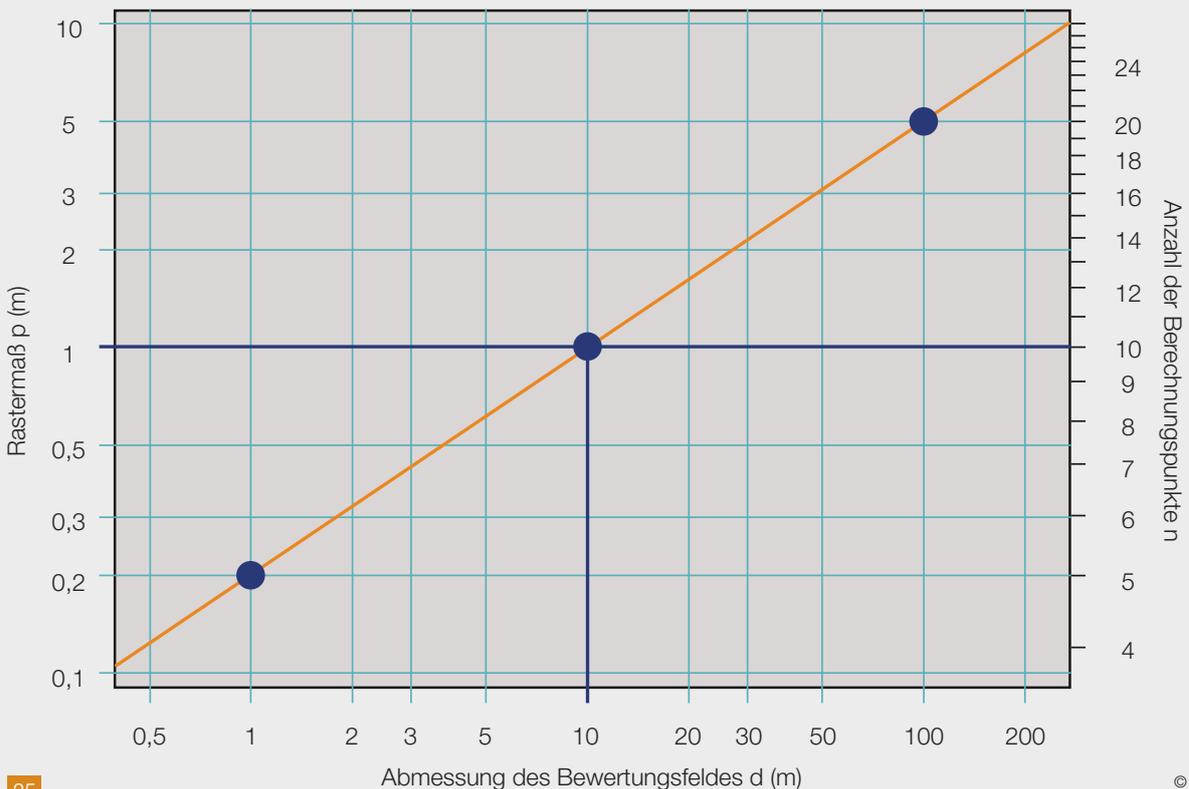
Rechteckige Bewertungsflächen werden in näherungsweise quadratische Teilrechtecke unterteilt, in deren Mittelpunkten sich die Bewertungspunkte befinden. Die mittlere Beleuchtungsstärke wird als arithmetisches Mittel der Werte aller Bewertungspunkte ermittelt. Weist die Bewertungsfläche ein Längen/Breiten-Verhältnis zwischen 0,5 und 2,0 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 Bewertungstreifens zugrunde gelegt werden. Allerdings darf das so ermittelte Rastermaß nicht größer sein als die Hälfte der kleinsten Breite des Bewertungstreifens, 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 Bewertungstreifens befinden.

[25] Rastermaß als Funktion der Bewertungsfeld-Abmessung

Rasterpunktabstände nach DIN EN 12464-1



## 9.4 Anhang 4: Blendungsbewertung von Innenraum-Beleuchtungsanlagen

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

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 unvertretbar 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  $> 1,5 \text{ m}^2$  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  $500 \text{ cd/m}^2$  festgelegt. In der LiTG-Publikation 20 zum UGR-Verfahren wird für große Räume  $350 \text{ cd/m}^2$  und für kleine Räume  $750 \text{ cd/m}^2$  als Grenze empfohlen, wenn die Blendung entsprechend einem UGR-Wert von 19 begrenzt werden soll.

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

- a. in niedrigen Räumen (Raumhöhe  $h < 3 \text{ m}$ , 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  $< 0,0003 \text{ sr}$  nicht ausgeschlossen werden. Basierend auf Felduntersuchungen empfiehlt die LiTG-Publikation 20 deshalb eine Aufhebung der unteren Raumwinkelgrenze, um eine Fehleinschätzung des Blendeindrucks 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 Seite 39 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/Aufhängehöhe über Beobachteraue  $a/h = 0,25$   
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

### Bewertung nach der Formelmethode

Für Räume, die in ihren Proportionen (Breiten- zu Längen-Verhältnisse) von denen in der Tabellen genannten stark abweichen (z. B. Bahnsteige), kann zur Blendungsbewertung auch die UGR-Formel herangezogen werden. Dies setzt aber voraus, dass die Position des Beobachters und dessen Blickrichtung bekannt sind.

Die gängigen Planungsprogramme bieten die direkte UGR-Berechnung an und verfügen auch über eine informative Darstellung des UGR-Wertes in Abhängigkeit vom Beobachtungswinkel.

Die direkte UGR-Ermittlung mit der Formel kann bereits bei kleinen Änderungen der Beobachter-Position, z. B. um 0,3 m, zu Variationen des UGR-Wertes um mehrere 1/10 Punkte führen. Dies tritt häufig auf, wenn sich die Lichtverteilung der Beleuchtungsanlage über die Ausstrahlwinkel stark ändert (z. B. bei Spiegelrasterleuchten oder LED-

Leuchten mit Linsen-Lichtlenkung). Bei gleichmäßigen Lichtverteilungen (z. B. Leuchten mit opalen Abdeckungen) hingegen ist der Einfluss der Beobachter-Position auf den UGR-Wert gering. Der Planer muss daher bei der Blendungsbewertung über die UGR-Formel sehr sorgfältig und mit großer Detailkenntnis vorgehen. Bei ungleichmäßigen Lichtverteilungen sollte immer auch der Einfluss der Variation der Beobachter-Position durch mehrere Berechnungen an unterschiedlichen Positionen überprüft werden.

Wie Untersuchungen gezeigt haben, führt diese sogenannte „Formel-Methode“ meistens zu einer Blendungsvorhersage, die gut mit den Blendurteilen der Versuchspersonen übereinstimmt. Praxiserfahrungen in großem Umfang mit den UGR-Grenzwerten liegen allerdings nur für das Tabellenverfahren vor. Deshalb und aufgrund des oben beschriebenen Einflusses der Variation der Beobachter-Position sieht die DIN EN 12464-1 als normatives Verfahren nur das Tabellen-Verfahren vor.

## 9.5 Anhang 5: Erläuterung zu den Wartungsfaktoren

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.

### Lampenlebensdauerfaktor 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 Lampenlebensdauerfaktor (LSF) ausgedrückt.

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

Der Ermittlung der mittleren Lebensdauer liegt üblicherweise bei Leuchtstofflampen ein Schaltrhythmus von  $2\frac{3}{4}$  h „Ein“ und  $\frac{1}{4}$  h „Aus“ zugrunde, bei Hochdruck-Entladungslampen ein Schaltrhythmus von 11,5 h „Ein“ und

0,5 h „Aus“. Werte des Lampenlebensdauerfaktors können in analoger Weise wie jene des Lampenlichtstrom-Wartungsfaktors bestimmt werden.

### Leuchtenwartungsfaktor 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-/Schmutzbefall können hier die Leuchtenwartungsfaktoren (LMF) als Funktion der Verweildauer der Leuchten in der Beleuchtungsanlage seit der jeweils letzten Reinigung abgelesen werden.

### Raumwartungsfaktor RMF

Staubablagerungen auf Raumumschließungsflächen (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 Raumwartungsfaktor Rechnung getragen.

Der Raumwartungsfaktor (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 Raumwartungsfaktor prinzipiell abhängig von der Größe des Raumes, den Reflexionsgraden der Raumbooberflächen und der Lichtstromverteilung der Beleuchtungsanlage. Darüber hinaus ist der Raumwartungsfaktor 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 Raumwartungsfaktoren entnommen werden.

# 10. Literatur

## **ASR A3.4**

Technische Regeln für Arbeitsstätten – Beleuchtung  
Ausgabe: April 2011

## **BGI 856**

Beleuchtung im Büro,  
Publikation der VBG, LiTG,  
AUVA, LTG, Seco, SLG  
Hamburg, 2008

## **CIE 97 Technical Report**

Maintenance of indoor electric lighting systems (2005)

## **CIE 117 Technical Report**

Discomfort Glare in Interior Lighting  
(1995)

## **DIN EN 12665**

Licht und Beleuchtung  
– Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung  
von Anforderungen an die Beleuchtung  
(September 2002 / Revision erwartet 2012)

## **DIN EN 12464-1**

Beleuchtung von Arbeitsstätten  
– Arbeitsstätten in Innenräumen  
(August 2011)

## **DIN EN 12193**

Beleuchtung von Sportstätten (April 2008)

## **DIN EN 1838**

Notbeleuchtung  
(Juli 1999 / derzeit in Überarbeitung als E DIN 1838)

## **DIN 5035-6**

Beleuchtung mit künstlichem Licht  
– Teil 6: Messung und Bewertung  
(November 2006)

## **DIN 5035-7**

Beleuchtung mit künstlichem Licht  
– Teil 7: Beleuchtung von Arbeitsplätzen mit Bildschirmen  
(August 2004) – derzeit in Überarbeitung

## **DIN 4543-1**

Büroarbeitsplätze  
– Teil 1: Flächen für die Aufstellung und Benutzung von  
Büromöbeln (September 1994)

## **LiTG Publikation 20**

Das UGR-Verfahren zur Bewertung der Direktblendung  
der künstlichen Beleuchtung in Innenräumen  
ISBN 978-3-927787-20-9  
ISBN für CD 978-3-927787-23-0  
Berlin, 2003

## **LiTG Publikation**

Leitfaden zur Beleuchtung von Unterrichts-  
und Vortragsräumen  
Berlin, 2013

## **Verordnung über Arbeitsstätten (ArbStättV)**

vom 12. August 2004

## **ZVEI-Fachverband Elektrische Lampen**

Lebensdauerverhalten von Entladungslampen für  
Beleuchtung  
Frankfurt am Main, 2005

Jedes Heft!

€ 10,-

## Die Schriftenreihe von licht.de

### licht.wissen 04

Licht im Büro, motivierend und effizient

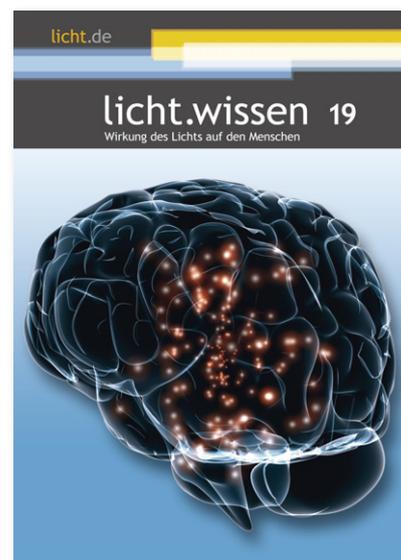
Eine optimale Beleuchtung im Büro fördert Gesundheit und Motivation, schafft Atmosphäre und spart Energie- und Wartungskosten. Heft 04 zeigt auf 56 Seiten nachhaltige Lichtlösungen, die den Beleuchtungskomfort am Arbeitsplatz erhöhen, und erklärt, welche Normen beachtet werden müssen.



**[licht.wissen 02]** Besser lernen mit gutem Licht: Heft 02 erklärt auf 56 Seiten, wie optimales Licht Motivation und Leistung von Lernenden unterstützen kann. Es stellt effiziente Lösungen vor und erläutert lichttechnische Begriffe.



**[licht.wissen 05]** 60 Seiten Licht für Arbeitsplätze in Industrie und Handwerk: Heft 05 zeigt, wie optimale Beleuchtungsanlagen ergonomisches Arbeiten ermöglichen und dabei zugleich Energie und Kosten gespart werden können.



**[licht.wissen 19]** Die biologische Wirkung des Lichts auf den Menschen: Heft 19 informiert auf 48 Seiten über den aktuellen Stand der Forschung und erklärt anhand von Anwendungsbeispielen den Umgang mit dynamischem Licht.

licht.wissen – per Post oder als kostenfreie PDF-Datei (Download) unter [www.licht.de/lichtwissen](http://www.licht.de/lichtwissen)

01 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2008)  
 02 Besser lernen mit gutem Licht (2012)  
 03 Straßen, Wege und Plätze (2007)  
 04 Licht im Büro, motivierend und effizient (2012)  
 05 Industrie und Handwerk (2009)  
 06 Shopbeleuchtung, attraktiv und effizient (2011)  
 07 Gesundheitsfaktor Licht (2012)

08 Sport und Freizeit (2010)  
 09\* Repräsentative Lichtgestaltung (1997)  
 10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2012)  
 11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)  
 12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (2003)  
 13 Arbeitsplätze im Freien (2007)

14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (2009)  
 15 Gute Beleuchtung rund ums Haus (2009)  
 16 Stadtmarketing mit Licht (2010)  
 17 LED: Das Licht der Zukunft (2010)  
 18 Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (2006)  
 19 Wirkung des Lichts auf den Menschen (2010)

\* With the exception of booklet 9, all booklets are available in English as PDFs, free download at [www.licht.de/en](http://www.licht.de/en)

# Alles über Beleuchtung!

## Herstellerneutrale Informationen

licht.de informiert über die Vorteile guter Beleuchtung. Die Fördergemeinschaft Gutes Licht hält zu allen Fragen des künstlichen Lichts und seiner richtigen Anwendung umfangreiches Informationsmaterial bereit. Die Informationen sind herstellerneutral und basieren auf den relevanten technischen Regelwerken nach DIN und VDE.

## licht.wissen

Die Hefte 1 bis 19 der Schriftenreihe licht.wissen geben Informationen zur Lichtenanwendung. Diese Themenhefte erläutern anhand vieler Beleuchtungsbeispiele lichttechnische Grundlagen und zeigen beispielhafte Lösungen. Sie erleichtern damit auch die Zusammenarbeit mit Fachleuten der Licht- und Elektrotechnik. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

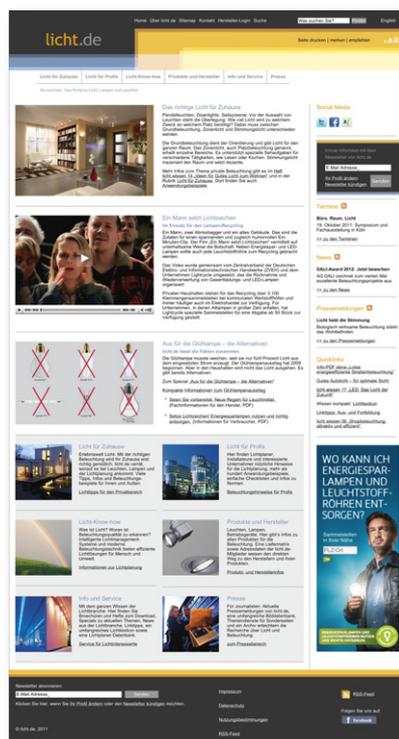
## licht.forum

licht.forum behandelt aktuelle Fragen der Lichtenanwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese kompakten Fachinformationen erscheinen in loser Folge.

## www.licht.de

Ihr umfangreiches Lichtwissen präsentiert die Fördergemeinschaft auch im Internet unter [www.licht.de](http://www.licht.de). Architekten, Planer, Installateure und Endverbraucher finden hier auf rund 5.000 Seiten praxisorientierte Tipps, viele Lichtenanwendungen und aktuelle Informationen zu Licht und Beleuchtung. Eine Datenbank mit umfangreichen Produktübersichten weist den direkten Weg zum Hersteller.

-  [www.twitter.com/licht\\_de](http://www.twitter.com/licht_de)  
[www.twitter.com/all\\_about\\_light](http://www.twitter.com/all_about_light)
-  [www.facebook.com/lichtde](http://www.facebook.com/lichtde)
-  [www.xing.de/companies/licht.de](http://www.xing.de/companies/licht.de)



## Impressum

### Herausgeber

licht.de  
Fördergemeinschaft Gutes Licht  
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main  
Tel. 069 6302-353, Fax 069 6302-400  
licht.de@zvei.org, www.licht.de

### Mitherausgeber

LITG  
Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.  
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin  
Tel. 030 2601-2439, Fax 030 2601-1255  
info@litg.de, www.litg.de

### Redaktion und Gestaltung:

rfw. kommunikation, Darmstadt

### Druck

E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag, Karlsruhe

ISBN-Nr. Druckausgabe 978-3-926193-87-2

ISBN-Nr. PDF-Ausgabe 978-3-926193-88-9

03/13/5/II

2. korrigierte Auflage

Berücksichtigt wurden die bei Herausgabe gültigen DIN-Normen und VDE-Vorschriften, wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN, Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren jeweils aktuellste Fassung, erhältlich bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

Der komplette oder auszugsweise Nachdruck dieses Leitfadens ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

### Bildnachweis

Alle Bilder und Grafiken stammen von licht.de-Mitgliedsunternehmen oder wurden für licht.de angefertigt.



Gedruckt mit mineralölfreien Farben

### Gender-Hinweis

Wir möchten mit unseren Publikationen Frauen und Männer gleichermaßen ansprechen. Zugunsten einer besseren Lesbarkeit der Texte wählen wir indes entweder die männliche oder die weibliche Sprachform. Dies stellt keine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts dar. Wir danken für Ihr Verständnis.



licht.de

Fördergemeinschaft Gutes Licht  
Lyoner Straße 9  
60528 Frankfurt am Main  
Tel. +49 (0)69 63 02-353  
Fax +49 (0)69 63 02-400  
licht.de@zvei.org  
www.licht.de

litg

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.  
Burggrafenstraße 6  
10787 Berlin  
Tel. +49 (0)30 2601-2439  
Fax +49 (0)30 2601-1255  
info@litg.de  
www.litg.de