

licht.de

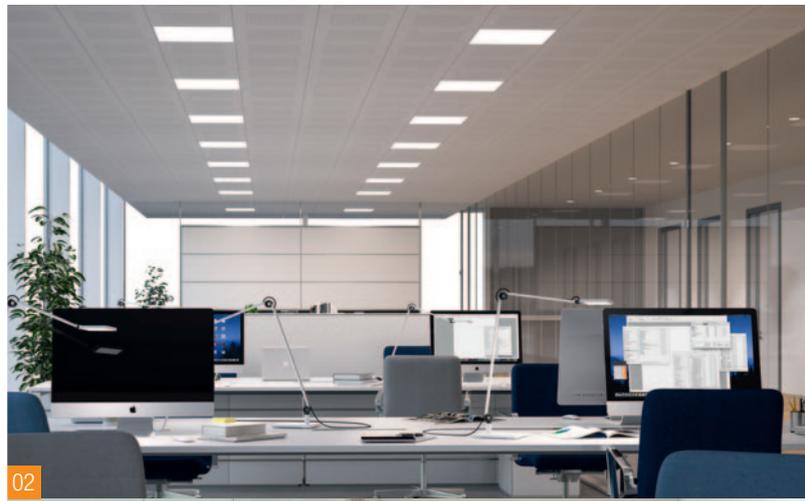
licht.forum 60

Leitfaden DIN EN 12464-1:2021-11
Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen





01



02



03



Genderhinweis:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen sprechen alle Geschlechter an.

04

Vorwort



Sind Sie neugierig auf die Norm zur Beleuchtung von Arbeitsstätten? Haben Sie Fragen dazu? Oder gar Bedenken, dass 128 Seiten Norm neue Herausforderungen für den planerischen Arbeitsalltag und neue Anforderungen an Beleuchtungsanlagen bedeuten?

DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen“ liegt bereits seit Ende 2021 vor. Wir haben inzwischen in zahlreichen Veranstaltungen darüber informiert und hilfreiche, in der Regel sehr positive Rückmeldungen erhalten. Mit diesem Leitfaden bringen wir das Wesentliche auf den Punkt: Wir legen den Nutzen und die Chancen dar und möchten Ihnen damit die Sorgen nehmen: Sorgfältig geplante und installierte Beleuchtungsanlagen schaffen eine deutlich höhere Lichtqualität an Arbeitsplätzen. Und die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind schließlich das Wertvollste, das ein Unternehmen hat. Sie danken es Ihnen, wenn die Arbeitsumgebung ihre Leistungsbereitschaft fördert.

Was hat sich weiterentwickelt? Erforderliche Werte für die Beleuchtungsstärken wurden – mit sehr wenigen Ausnahmen – nicht erhöht. Modifizierte Werte erlauben Anpassungen, um besondere Anforderungen an die Beleuchtung erfüllen zu können.

Wir haben die Norm nicht von Grund auf verändert oder neue Größen definiert, sondern sie besser lesbar gemacht und verständlicher formuliert. Schließlich ist sie eine der am meisten genutzten Normen, die wir in Europa kennen. Die wichtigen Kerngrößen sind nun in einer Tabelle leicht sichtbar und zugänglich.

Ganz wichtig, denn das ist wirklich neu: Die Norm enthält eine Anleitung und nennt konkrete Beispiele für die Lichtplanung. Mit dieser Neufassung wird schnell klar: Eine gute Beleuchtung lässt sich nicht auf die zwei Kennwerte reduzieren. 500 Lux und UGR 19 (R_{UGL}) allein können nicht die Standardlösung sein.

Ein Kernanliegen der Norm sind Beleuchtungsanlagen, die gezielt auf die örtlichen Gegebenheiten und Sehaufgaben ausgelegt sind, dafür am besten mithilfe einer Lichtsteuerung adaptiv und effizient das Tageslicht einbinden und vor allem die Nutzenden in ihrem Arbeitsalltag optimal unterstützen.

Lesen Sie unseren Leitfaden mit Neugier – und wenden Sie die Norm erfolgreich an.

Ihr Peter Dehoff

Vorsitzender der Arbeitsgruppe WG 2 im Europäischen Komitee für Normung CEN zur Bearbeitung der Beleuchtung von Arbeitsstätten und Vorsitzender des Arbeitskreises licht.de

[Titelseite] DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“ ist die wichtigste Norm zur Beleuchtung von Arbeitsplätzen. (Foto: licht.de/Waldmann)

[01-04] Tätigkeiten und Sehaufgaben an Arbeitsplätzen sind zum Teil sehr unterschiedlich. Für jede Anwendung nennt DIN EN 12464-1 Mindestanforderungen und Empfehlungen. (Fotos: licht.de/Waldmann, Derungs, Zumtobel, Jesper Malmkvist)

Hintergrund und Entwicklung DIN EN 12464-1

Die europäische Norm ist in den 1990er-Jahren als harmonisierte Fassung der damaligen nationalen Normen zur Beleuchtung von Arbeitsstätten entstanden. Der deutsche Beitrag war DIN 5035, vor allem Teil 2. Darin wurden bereits die Anforderungen an die Beleuchtungsstärken in verschiedenen Arbeitsräumen aufgelistet. Die heutigen Kriterien der Beleuchtung hießen damals noch Gütemerkmale und sind ein wesentlicher Bestandteil der Norm.

Im Zuge der europäischen Harmonisierung wurden für die erste Fassung der EN 12464-1 die wesentlichen Anforderungen an die Beleuchtung der Sehaufgabe oder den Bereich der Tätigkeit beschrieben. Das war bereits ein Paradigmenwechsel: Anfänglich ging es zuvor um die gleichmäßige Beleuchtung eines Raumes, in dem die wesentlichen Tätigkeiten ausgeführt werden. Nun geht es darum, zunächst die Sehaufgabe zu bestimmen und für ihre korrekte Beleuchtung zu sorgen. Für Planerinnen und Planer bedeutet das viel mehr Freiheit. Denn gezielte Beleuchtung schafft abwechslungsreiche Lichtsituationen. Und die Beleuchtung ist normgerecht, solange die Sehaufgaben und der Raum, in dem sie ausgeführt werden, richtig beleuchtet sind und die Mitarbeitenden das richtige Licht zur Erfüllung ihrer Arbeit zur Verfügung haben.

Die Sprache der Norm und ihre Verbindlichkeit

Allein die Existenz einer Norm wie DIN EN 12464-1 verpflichtet noch nicht zu ihrer Anwendung. Nimmt aber etwa ein Vertrag Bezug auf eine Norm, kann ihre Anwendung verbindlich sein. Bleibt die Frage, wann diese Pflicht als erfüllt gilt – oder umgangssprachlich ausgedrückt: Wann ist eine Anlage „normgerecht“ oder „normgemäß“.

Hilfestellung gibt DIN 820-2 von Dezember 2022 „Normungsarbeit – Teil 2: Gestaltung von Dokumenten“ und definiert auch die Sprache der Norm. Um DIN EN 12464-1 korrekt zu nutzen, ist es wichtig, die normativen Elemente von den informativen zu unterscheiden. Hierfür gibt DIN 820-2 eine einfache Erklärung: Ein **normatives Element** beschreibt den **Anwendungsbereich** (z. B. einer Norm) oder **Festlegungen**. Der Anwendungsbereich, hier der DIN EN 12464-1, ist begrenzt auf die Beleuchtung von Arbeitsplätzen und schließt etwa sicherheits- und gesundheitsrelevante Aspekte aus. Bei den Festlegungen handelt es sich um:

- 1) Anforderungen
- 2) Empfehlungen
- 3) Angaben

Diese drei Bereiche lassen sich leicht durch ihre sprachliche Formulierung unterscheiden:

- 1) **Anforderungen** sind „einzuhaltende und objektiv prüfbare Kriterien ... von denen keine Abweichung erlaubt ist, wenn Übereinstimmung mit dem Dokument gefordert ist“ (siehe DIN 820-2; 3.3.3).

Sie sind an Wörtern wie „muss“ oder „darf nicht“ zu erkennen. Zum Beispiel: „Für die Berechnung und Messung von Mittelwerten und Gleichmäßigkeiten der Beleuchtungsstärke **muss** die in 5.4 festge-

legte Rasterspezifikation verwendet werden“ (siehe DIN EN 12464-1:2021; 5.3.1). Oder: „Im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit **darf** die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke (U_o) die in den Tabellen in 7.3 angegebenen Mindestwerte der Gleichmäßigkeit **nicht** unterschreiten“ (siehe DIN EN 12464-1:2021; 5.3.6). DIN 820-2 nennt übrigens noch weitere gleichbedeutende Wendungen, die in Ausnahmefällen aus sprachlichen Gründen genutzt werden dürfen, wie etwa „ist erforderlich“.

- 2) **Empfehlungen** beschreiben besonders geeignete Möglichkeiten oder Handlungsweisen, ohne nicht genannte Alternativen auszuschließen. Sie sind an Wörtern wie „sollte“ oder „sollte nicht“ zu erkennen. Zum Beispiel: „Der unmittelbare Umgebungsbereich **sollte** innerhalb des Gesichtsfeldes als Streifen mit einer Breite von mindestens 0,5 m den Bereich der Sehaufgabe umgeben“ (siehe DIN EN 12464-1:2021; 5.3.4). Oder: „Der Abstand der Rasterpunkte **sollte nicht** mit dem Abstand der Leuchten übereinstimmen“ (siehe DIN EN 12464-1:2021; 5.4).

- 3) **Angaben** können Informationen geben zur Zulässigkeit (im Sinne von „Erlaubnis“) oder Möglichkeit/Vermögen (im Sinne von Auswirkungen beziehungsweise Tauglichkeit). Sie lassen sich durch die Nutzung von „darf“ und „kann“ oder „kann nicht“ erkennen. Zum Beispiel: „Die Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs **darf** niedriger sein als die Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe ...“ (siehe DIN EN 12464-1:2021; 5.3.4). Oder: „Um eine starke Beeinträchtigung der Gleichmäßigkeit durch Berechnungspunkte in der Nähe der Wand

zu vermeiden, **kann** ein Band neben der Wand von der Berechnung ausgeschlossen werden ...“ (siehe DIN EN 12464-1:2021; 5.4).

Neben diesen normativen Elementen finden sich in einer Norm auch **informative Elemente**. Sie können erläuternden Charakter haben und erleichtern das Verständnis und damit die Anwendbarkeit der Norm. Oder sie vermitteln zusätzliche Hintergrundinformationen oder erläutern den Zusammenhang mit anderen Normen und Empfehlungen.

- **Informative Elemente** sind beispielsweise Inhaltverzeichnis, Vorwort, Einleitung, normative Verweise, Literaturverzeichnis und Stichwortverzeichnis.
- **Anhänge** können sowohl aus normativen wie auch aus informativen Elementen bestehen und müssen entsprechend gekennzeichnet werden. In DIN EN 12464-1:2021 sind sämtliche Anhänge informativ.
- **Anmerkungen** im Text sind – in Bezug auf ihre Verbindlichkeit – ähnlich einzustufen wie informative Elemente. Sie liefern zusätzliche Informationen und dienen dem besseren Verständnis. Die Norm muss jedoch auch ohne sie anwendbar sein.

Zurück zur Ausgangsfrage: Wann ist eine Beleuchtungsanlage „normgerecht“ oder „normgemäß“?

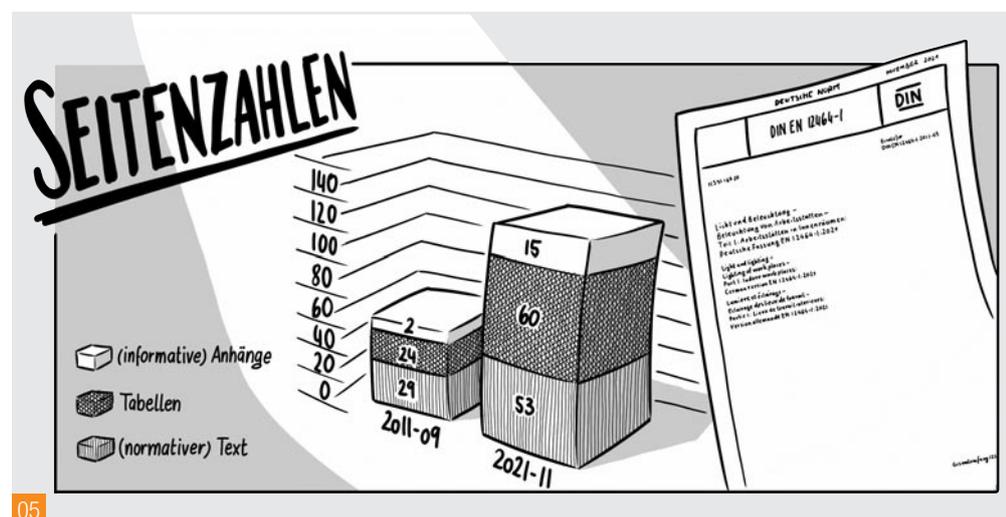
Vorausgesetzt, die Beleuchtungsanlage liegt im Anwendungsbereich von DIN EN 12464-1, müssen alle für den Anwendungsfall relevanten Anforderungen erfüllt sein. Sie sind in der Regel an den Verbformen „muss“ oder „darf nicht“ zu erkennen. Alle weiteren Elemente – normative (Empfehlungen und Angaben) wie informative – dienen lediglich dem Verständnis der Norm, ihrer zielgerichteten Anwendung und Kommunikation.

Was ist neu?

Die Motivation, der Norm eine neue Gestalt zu geben, waren Kommentare interessierter Kreise zur „alten“ Version, gesammelte Erfahrungen und das Anliegen, auch nichtvisuelle Wirkungen zu berücksichtigen. Die Anforderungen an Wartungswerte der Beleuchtungsstärken haben sich dadurch kaum geändert, die Norm ist nicht strenger geworden.

Die Überarbeitung ist schon auf den ersten Blick an der neuen Gestaltung der Tabellen zu erkennen: Sie nennen nun die wesentlichen Kenngrößen für die Auslegung einer Beleuchtungsanlage. Zudem ist ein ganz neues Kapitel über die Planung von Beleuchtungsanlagen entstanden, das den Umgang mit den ausführlicheren Tabellen beschreibt. In einem weiteren neuen Kapitel sind Symbole und Abkürzungen zusam-

mengefasst, um die Lesbarkeit zu erleichtern. Zusätzliche Anhänge bieten ergänzende Informationen zur Anwendung des UGR-Verfahrens, zur visuellen und nichtvisuellen Wirkung des Lichts und zur Raumhelligkeit. Beispiele zeigen, wie die neuen Tabellen angewendet werden können. Damit ist zugleich der Umfang des Dokuments gewachsen: von 55 auf stolze 128 Seiten.



[05] Die Ausgabe aus dem Jahr 2021 ist von 55 auf 128 Seiten angewachsen. Grund dafür sind Übertragungen aus dem Fließtext in die Tabellen. (© licht.de)

In den Tabellen selbst steht so gut wie nichts Neues – alle hier zusätzlich aufgeführten Größen und Werte waren zuvor bereits in anderen Kapiteln zu finden. Sie sind in die Tabelle überführt worden, um zu verhindern, dass sie im Fließtext untergehen und nicht berücksichtigt werden.

Denn es ist ungewiss, dass immer der gesamte Fließtext zu den Anforderungen an die Beleuchtungsstärken auf Wänden und Decken gelesen wurde. Ist dabei wahrgenommen worden, welche zylindrischen Beleuchtungsstärken schon immer gefordert waren? War jedem bewusst, dass die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke erhöht werden sollen, wenn es Gründe dafür gibt?

Jeder kennt wohl noch die Tabellen der Norm von 2011. Darin wurde gefordert:

- Wertungswert der Beleuchtungsstärke für den gewählten Bereich der Sehaufgabe, der Tätigkeit oder des Raums
- Gleichmäßigkeit in diesem Bereich
- Farbwiedergabe
- UGR-Wert für die Blendungsbegrenzung

Weitere Werte, die im Fließtext gefordert wurden:

- Zylindrische Beleuchtungsstärken
- Beleuchtungsstärken auf Wänden
- Beleuchtungsstärken auf der Decke

Nein, all diese Werte sind nicht neu. Sie wurden aber gerne im Fließtext übersehen. In Abschnitt 7 der Norm finden sich jetzt die neu gestalteten Tabellen mit den spezifischen Anforderungen an die Beleuchtung. Das Wesentliche ist auf einen Blick erkennbar – was nicht heißt, dass der restliche Text der Norm unbedeutend ist. Dort sind nach wie vor wichtige Erläuterungen und auch normative Anforderungen zu finden wie beispielsweise die Anzahl der Berechnungspunkte pro Bereich, um etwa die Gleichmäßigkeit (E_{\min}/\bar{E}) korrekt zu ermitteln.

Das nationale Vorwort der Norm

Die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), konkretisiert durch die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 „Beleuchtung und Sichtverbindung nach Außen“, gibt in Deutschland Hinweise zum Sicherheits- und Gesundheitsschutz. Zudem beschreiben fachspezifische Schriften der Unfallversicherungsträger sehr anschaulich die Anforderungen an die Beleuchtung und ihre

Wirkungen auf Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer. Bei der Planung muss immer überprüft werden, ob die Ergebnisse gemäß den Anforderungen nicht nur der Norm, sondern auch denen der ASR A3.4 entsprechen. Beispiel: Ein Arbeitsbereich umfasst größere oder mehrere Sehaufgaben und wird zu einem großen Arbeitsbereich zusammengefasst. Der Umgebungsbereich erstreckt sich dabei größtenteils über den restlichen Raum – zumindest aber bis zum nächsten Arbeitsbereich oder zur nächsten Bewegungszone. Da Norm und Arbeitsstättenregel demselben Grundgedanken folgen, können sie gemeinsam ohne bedeutenden Mehraufwand berücksichtigt werden.

Die Hauptabschnitte der Norm sind:

- Abschnitt 3 Begriffe
- Abschnitt 4 Symbole und Abkürzungen
- Abschnitt 5 Kriterien der Beleuchtungsplanung
- Abschnitt 6 Überlegungen für die Planung der Beleuchtung
- Abschnitt 7 Verzeichnis der spezifischen Beleuchtungsanforderungen
- Abschnitt 8 Überprüfungen
- Anhänge

Aufbau der Tabellen aus Abschnitt 7

Zunächst fällt auf, dass drei unterschiedliche Anforderungen formuliert werden:

- an die Sehaufgaben oder Tätigkeiten,
- an die visuelle Kommunikation und die Erkennung von Objekten sowie
- an die Helligkeit der Räume.

Hier ist schon das planerische Grundkonzept zu erkennen: Zunächst muss die Sehaufgabe oder Tätigkeit erfasst werden, dann folgt die Gestaltung des Raums oder Raumbereiches. Schließlich können mehr als eine Sehaufgabe in einem Raum vorkommen. Sind Arbeitsplätze mit unterschiedlichen Anforderungen in einem Raum vorgesehen, was in Industrieräumen häufig der Fall ist, können die Planenden darauf eingehen.

Arbeitsplätze werden zuweilen auch von verschiedenen Personen genutzt, beispielsweise beim Desk-Sharing im Büro oder bei der Schichtarbeit. Auch ihre individuellen Lichtbedürfnisse müssen berücksichtigt werden – etwa persönliche Vorlieben und Dispositionen, insbesondere wenn Mitarbeitende älter sind und mehr Licht brauchen oder gar eine Seheinschränkung haben.

Was ist neu in den Tabellen? Raum und Sehaufgabe

Der Tabellenaufbau gliedert sich in zwei Bereiche – den der Sehaufgabe oder Tätigkeit und den für die Gestaltung des Raumes oder eines Raumbereichs. Neben dem Arbeitsort sollte auch der übrige Raum beleuchtet sein, damit Objekte hervortreten, Texturen sichtbar werden, Mimik und Gestik gut zu erkennen sind. Blendung muss zudem im ganzen Raum begrenzt werden.

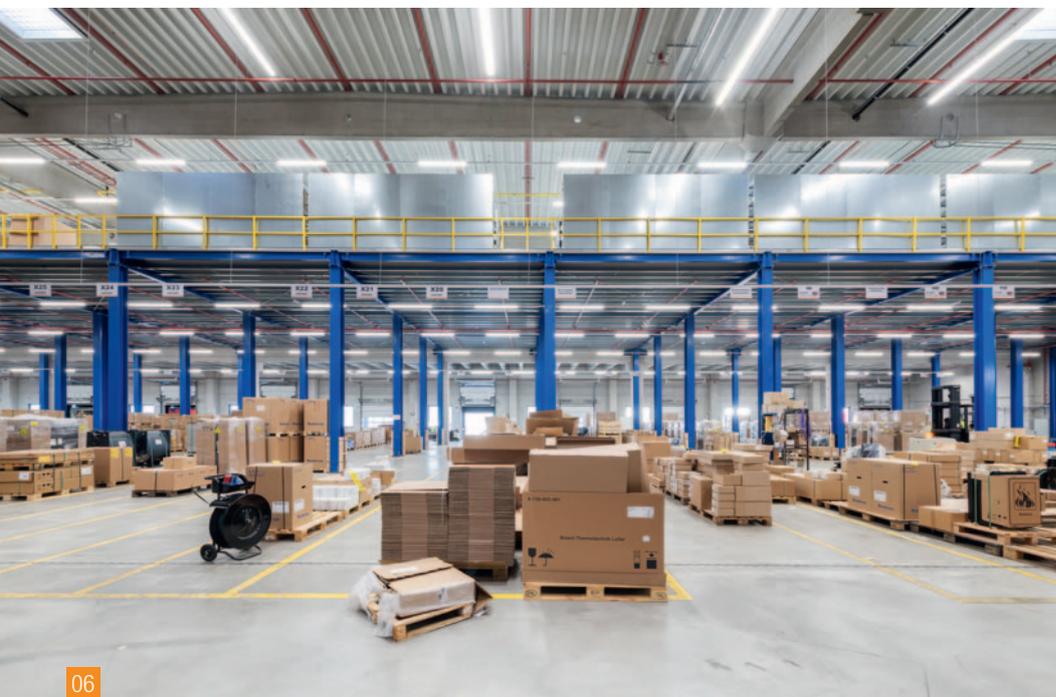
Wichtig ist der Hinweis, dass der Grenzwert der Blendung (R_{UGL}) zwar durch die Anforderung an die Sehaufgabe bestimmt wird, jedoch im ganzen Raum erfüllt werden muss. Denn Blendung wird häufig durch Leuchten in der Umgebung verursacht und nicht durch die Leuchte direkt am Arbeitsplatz. Daher ist die Begrenzung der Blendung in der Tabelle sowohl unter den Anforderungen an die Aufgabe oder

Tätigkeit wie auch an die Gestaltung des Raumes oder Raumbereichs ausgeführt. Auffällig ist: Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke wird unterschieden in einen „erforderlichen“ Wert (in der Regel aus Vorgängernorm) und in einen „modifizierten“ Wert (Berücksichtigung der Kontextmodifikatoren). Die „erforderlichen“ Werte können auch als Mindestwerte aufgefasst werden, die im Betrieb immer ein-

Zuordnung der Spalten zu den Anforderungen

Gestaltung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit				Anforderungen an die Gestaltung des Raumes oder Raumbereichs			
Anforderungen an die Aufgabe oder Tätigkeit				Für visuelle Kommunikation und Erkennung von Objekten (5.6.2)		Helligkeit der Räume (5.2.2/5.2.3)	
\bar{E}_m lx		U_0	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx
Erforderlich ^a	Modifiziert ^b				$U_0 \geq 0,10$		
^a Erforderlich: Mindestwert				^b Modifiziert: berücksichtigt übliche Kontextmodifikatoren in 5.3.3			

Tabelle gestaltet in Anlehnung an DIN EN 12464-1, Tabelle 8



06

stellbar sein müssen. Wenn aber der Planungsprozess zeigt, dass aufgrund der Kontextmodifikatoren eine dauerhafte, höhere Beleuchtungsstärke realisiert werden muss, dann ist der „modifizierte“ Wert der eigentliche Wert, der nicht unterschritten werden darf.

Die Beleuchtungsstärken können im Betrieb zwar bewusst reduziert werden, etwa durch Dimmen, doch die Wartungswerte bleiben als Anforderung bestehen (siehe Tabelle unten).

Die Norm umfasst 53 Tabellen: von Tabelle 9 für Verkehrszonen bis Tabelle 61 für Bahnanlagen und berücksichtigt die meisten Arbeitsstätten und Sehaufgaben oder Tätigkeiten. Erforderliche Wartungswerte der Beleuchtungsstärke wurden zu meist aus der vorherigen Fassung übernommen und nur im Einzelfall auf Antrag von nationalen Normungsgremien geändert.

Wartungswerte für die zylindrischen, Wand- und Deckenbeleuchtungsstärken fanden sich in der Version von 2011 im Textteil. Sie wurden in die Tabellen überführt und so angepasst, dass sie den Anwendungen eindeutig entsprechen. Für Büros, Bildungs- und Gesundheitseinrichtungen sind höhere Werte vorgesehen, weil

hier die Raumhelligkeit eine große Rolle für das Wohlbefinden spielt. Für hohe Industriehallen hingegen sind keine Beleuchtungsstärken an Decken und oberen Raumwänden festgesetzt, da hier Leuchten oft abgehängt werden, der obere Raumbereich für das Wohlbefinden nur einen geringen Einfluss hat und seine Beleuchtung aus energetischen Gründen nicht gerechtfertigt wäre.

Kriterien der Beleuchtung – die wichtigsten Begriffe

Die Norm stellt den „anerkannten Stand der Regeln der Technik“ dar. Werden diese Regeln beachtet und die Beleuchtungsanlage sorgfältig geplant, erfüllt die Beleuchtung die Anforderungen an einen Arbeitsplatz mit guter Lichtqualität (Abweichungen ASR A3.4 siehe Anhang). Das Handwerkszeug dafür gibt die Norm dem Anwender mit der Beschreibung der „Kriterien der Beleuchtungsplanung“ in Abschnitt 5 der Norm an die Hand. Die folgende kompakte Zusammenfassung kann jedoch nicht die Lektüre der Norm ersetzen.

[06] Industriearbeitsplätze brauchen eine gute Beleuchtung, um Unfällen vorzubeugen. (Foto: licht.de/Siteco)

Erläuterungen

\bar{E}_m Der Wert der Beleuchtungsstärke muss während des Betriebs der Beleuchtungsanlage immer erreichbar sein, sei es durch Kunst- oder Tageslicht oder beides. Er darf beim Dimmen zwar unterschritten werden, muss aber durch den Arbeitenden immer einstellbar sein.

Der Wert kann als „erforderlicher“ Wert geplant oder aus Gründen, die Kapitel 4 erläutert, auch erhöht werden.

Dies gilt auch für die Wartungswerte $\bar{E}_{m,z}$, $\bar{E}_{m,Wand}$ und $\bar{E}_{m,Decke}$.

U_0 Mindestwert der Gleichmäßigkeit in einem Bereich E_{min}/\bar{E} , wobei das definierte Berechnungsraster einzuhalten ist.

R_a Mindestwert des Farbwiedergabeindex: Grundsätzlich empfiehlt sich bei LED-Beleuchtungsanlagen in Arbeitsstätten ein Farbwiedergabeindex von mindestens 80.

R_{UGL} UGR-Grenzwert, bisher UGR: Es handelt sich nur um eine neue Schreibweise.

Der UGR-Wert ist nach dem Tabellenverfahren zu ermitteln und darf den Grenzwert nicht überschreiten.

$\bar{E}_{m,z}$ Der Wert der zylindrischen Beleuchtungsstärke ist wichtig für die visuelle Kommunikation und die Erkennung von Objekten. Er ist im Raum einzuhalten.

$\bar{E}_{m,Wand}$ Wert der Wandbeleuchtungsstärke, die im Zusammenspiel mit dem Reflexionsgrad der Wände und Möblierung im Raum den Helligkeitsbereich bestimmen.

$\bar{E}_{m,Decke}$ Wert der Deckenbeleuchtungsstärke, die im Zusammenspiel mit dem Reflexionsgrad der Decke ebenfalls die Raumhelligkeit bestimmt.

Anwendung der Kontextmodifikatoren

Planende haben die Möglichkeit, die Beleuchtungsstärke anhand von Tabelle und Kontextmodifikatoren selbst zu definieren und zu begründen.

In vielen Arbeitsstätten der entwickelten Industrieländer arbeiten qualifizierte Fachkräfte. Sie brauchen sehr gute Arbeitsbedingungen, um ihre Sehaufgaben- und Tätigkeiten über einen langen Arbeitstag hinweg ausüben zu können. Die Beleuchtungsstärke steht im direkten Zusammenhang mit der Arbeitsplatzqualität. Natürlich ist sie nicht das einzige Kriterium. Es ist jedoch erwiesen, dass höhere Beleuchtungsstärken das Arbeitsergebnis positiv beeinflussen. Tabelle 1 nennt Gründe dafür, den Wartungswert der Beleuchtungsstärke zu modifizieren:

Tabelle 1 – Kontextmodifikatoren zur Erhöhung des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke

Die Sehaufgabe ist kritisch für den Arbeitsablauf.

Fehler können nur mit hohen Kosten behoben werden.

Genauigkeit, höhere Produktivität oder erhöhte Konzentration sind von großer Bedeutung.

Aufgabendetails sind ungewöhnlich klein oder kontrastarm.

Die Aufgabe wird ungewöhnlich lange ausgeführt.

Der Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit verfügt über wenig Tageslicht.

Die Sehfähigkeit des Arbeitnehmers liegt unter dem üblichen Sehvermögen.

Tabelle gestaltet in Anlehnung an DIN EN 12464-1, Tabelle 1

Treffen ein oder zwei der in Tabelle 1 genannten Aspekte zu, ist das bereits ein Grund, die Beleuchtungsstärke um eine Stufe zu erhöhen. Sind es mehr als zwei Aspekte, sollte der Wartungswert um zwei Stufen heraufgesetzt werden. Die Stufen der Beleuchtungsstärken sind in der Norm festgelegt. Werte dazwischen sollen nicht verwendet werden.

Die Werteskala beginnt bei fünf Lux und reicht bis 10.000 Lux. Einige relevante Stufen zeigt die folgende Darstellung der Werteskala in Lux. Wird beispielsweise ein „erforderlicher“ Wartungswert von 300 Lux um zwei Stufen erhöht, beträgt der „modifizierte“ Wartungswert der Beleuchtungsstärke 750 Lux. Dieser Wert muss bei der Planung dokumentiert und die Wartungs-

faktoren auf den modifizierten Wert angewendet werden.

Auch wenn ein erhöhter Beleuchtungsstärkewert installiert ist, muss er im Betrieb nicht immer eingestellt sein. Die Beleuchtungsstärke kann gedimmt und der aktuellen Arbeitssituation angepasst werden. Eine erhöhte Beleuchtungsstärke kann auch durch Tageslicht erreicht werden, wenn es ausreichend zur Verfügung steht.

Tabelle 2 – Kontextmodifikatoren zur Verringerung des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke

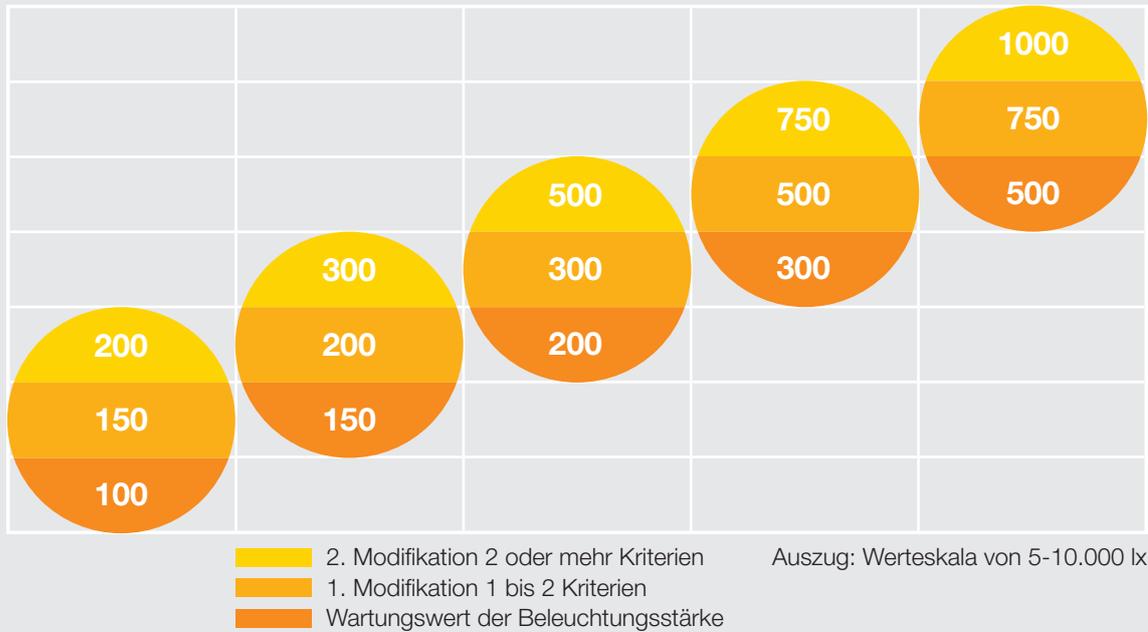
Aufgabendetails sind ungewöhnlich groß oder weisen einen ungewöhnlich hohen Kontrast auf.

Die Aufgabe wird für eine ungewöhnlich kurze Zeit durchgeführt.

Tabelle gestaltet in Anlehnung an DIN EN 12464-1, Tabelle 2

[07] Die Grafik zeigt einige häufige Beispiele, wie der Wartungswert der Beleuchtungsstärke erhöht werden kann. Die Werteskala in DIN EN 12464-1 reicht von fünf Lux bis 10.000 Lux. (© licht.de)

Werteskala



07

© licht.de

Kontextmodifikatoren zur Erhöhung des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke

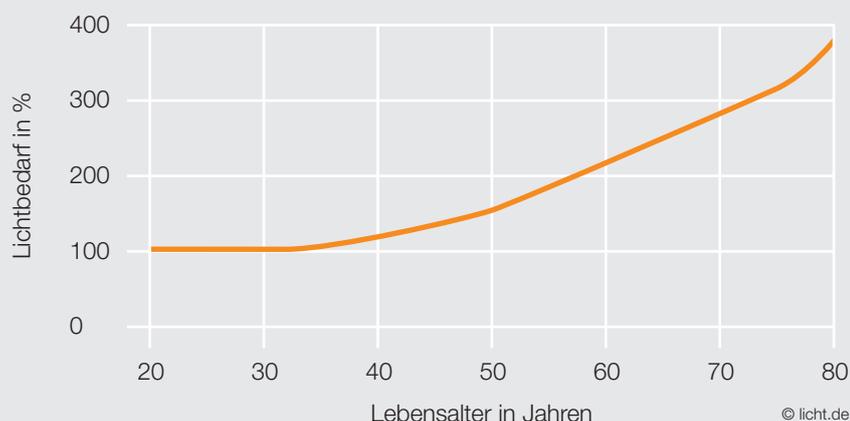
Mit den Kontextmodifikatoren nach DIN EN 12464-1, Tabelle 1 hat der Planer die Möglichkeit, den Wartungswert der Beleuchtungsstärke für den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit zu erhöhen, wenn ein oder mehrere Kontextmodifikatoren zutreffen und die Erhöhung empfohlen.

Sinnvoll ist eine Erhöhung der Wartungswerte der Beleuchtungsstärke, wenn etwa eine große Genauigkeit gefordert ist und Fehler schnell die Kosten in die

Höhe treiben oder eine größere Produktivität gefragt ist. Auch Arbeiten, die besonders lange oder mit großer Konzentration oder bei wenig Tageslicht ausgeführt werden, rechtfertigen die Erhöhung der Wartungswerte der Beleuchtungsstärke. Der in den Tabellen in Abschnitt 7 der Norm angegebene modifizierte Wert ist nicht als oberer Grenzwert zu verstehen. Er ist vielmehr ein Richtwert, dessen Überschreitung für die ausgewählte Tätigkeit zu keiner weiteren Verbesserung führt.

licht.de empfiehlt, die in den Tabellen angegebenen Wartungswerte nicht zu senken, weil sie sonst kein ermüdungsfreies und sicheres Arbeiten ermöglichen. Sollten Wartungswerte der Beleuchtungsstärke jedoch reduziert werden, ist immer zu prüfen, ob die Anforderungen der ASR A3.4 noch erfüllt werden: Ihre Mindestwerte der Beleuchtungsstärke dürfen nicht unterschritten werden.

Lichtbedarf und Alter



Die neue Norm schafft Möglichkeiten, auf spezielle Nutzeranforderungen – wie beispielsweise Mitarbeitende älter als 50 Jahre oder etwa Personen mit erhöhten Sehanforderungen – einzugehen und höhere Beleuchtungsstärken konkret zu planen.

Nebenstehende Grafik zeigt die altersabhängigen Planungsfaktoren. Bereits berücksichtigt wurden die melanopische Korrektur sowie die Veränderung der Pupillengröße im Laufe des Lebens. Der Lichtbedarf bei Tageslicht gilt auch für die Planung nichtvisueller Wirkungen mit höheren Farbtemperaturen in Innenräumen.

08

Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit, unmittelbarer Tätigkeitsbereich und Hintergrundbereich

Im Gegensatz zur Technischen Regel für Arbeitsstätten befasst sich DIN EN 12464-1 neben dem Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit auch mit dem Hintergrundbereich.

Beleuchtungsaufgabe: Sehaufgabe oder Tätigkeit

Beleuchtung soll gutes Sehen ermöglichen, um eine Sehaufgabe zu erfüllen. Deswegen steht die Sehaufgabe im Mittelpunkt der Norm, die alle Anforderungen zu ihrer Erfüllung formuliert. Neben der Art der Sehaufgabe oder Tätigkeit müssen dafür auch der zugehörige Ort und die räumliche Größe bekannt sein. Eine der wichtigsten Aufgaben des Planenden ist, den Bereich der Sehaufgabe oder der Tätigkeit zu identifizieren. Um die Sehaufgabe im Sinne des Wortes nicht im Dunkeln zu lassen und den Adaptationsübergang zu gewährleisten, wird eine unmittelbare Umgebung um die Sehaufgabe gelegt, die um eine Beleuchtungsstärkenstufe niedriger beleuchtet sein kann. Auch der allgemeine Hintergrund sollte nicht gänzlich unbeleuchtet bleiben (siehe Seite 14). Müssen in einem Raum mehrere Sehaufgaben gemeistert werden, können Planerinnen und Planer sie einzeln festlegen und eine Beleuchtungslösung finden, die genau auf sie zugeschnitten ist. Können aber Sehaufgaben nicht lokalisiert werden und finden im gesamten Raum statt, muss der Raum so beleuchtet sein, dass sie überall erfüllt werden können. Die Anforderung an die Sehaufgabe gilt dann für den gesamten Raum. Hierin liegt der große Freiheitsgrad der Norm für Planende:

Eine Beleuchtungsanlage kann sehr genau auf die Sehaufgaben abgestimmt und damit auch optimiert werden – mit einem Lichtmanagement auch über den gesamten Arbeitsalltag hinweg. Alternativ wird eine Beleuchtung sehr universell ausgeführt und die Sehaufgabe überall zugelassen. Beides hat Vor- und Nachteile.

DIN EN 12464-1 Beiblatt 1 gibt ergänzende Informationen, die der Interpretation der Norm dienen. Mit der Beschreibung von Beleuchtungskonzepten werden Erläuterungen über die Größe und Position der Bereiche der Sehaufgabe beziehungsweise Bereiche der Tätigkeit sowie des sich daran anschließenden unmittelbaren Umgebungsbereiches gegeben.

Die Beleuchtungskonzepte bauen auf den Beleuchtungsanforderungen von DIN EN 12464-1 auf und unterteilen sich:

- auf den Bereich der Sehaufgabe bezogene Beleuchtung;
- auf den Bereich der Tätigkeit bezogene Beleuchtung;
- auf den Raum(bereich) bezogene Beleuchtung.

Hinweise in den jeweiligen Abschnitten stellen den Bezug zu den Anforderungen an die Größe der Flächen entsprechend ASR A3.4 her.

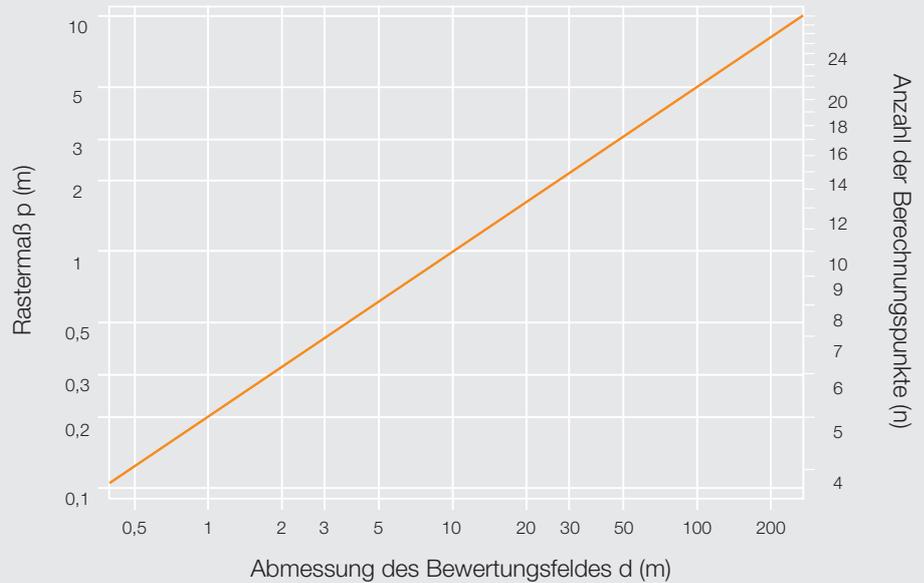
Raster für Beleuchtungsstärke

Wie in DIN EN 12464-2 und DIN EN 12193 sind auch in dieser Norm Informationen zur Festlegung von Rasterpunktabständen enthalten. Sie geben Punkte für die Berechnung und Überprüfung der Werte der Beleuchtungsstärke an.

Die Anzahl der Rasterpunkte und ihr Abstand sind von der Ausdehnung der zu bewertenden Fläche abhängig und werden nach der in Abschnitt 5.4 angegebenen Formel berechnet. So beträgt der Rasterpunktabstand 0,2 Meter bei einer Seitenlänge von etwa einem Meter und vergrößert sich auf ein Meter bei einer Seitenlänge von zehn Metern. Der Abstand der Rasterpunkte sollte nicht mit dem Abstand der Leuchten übereinstimmen.

Damit die Gleichmäßigkeit nicht durch Rasterpunkte in der Nähe der Wände beeinträchtigt wird, kann ein Band (siehe Grafik Seite 14) neben der Wand mit einer Breite von 15 Prozent der kleinsten Abmessung des betrachteten Bereiches (maximal 0,5 Meter) von der Berechnung ausgeschlossen werden. Liegt jedoch der Bereich der Sehaufgabe in diesem Grenzbereich oder ragt in ihn hinein, darf das Band neben der Wand nicht abgezogen werden.

Rasterpunktabstände nach DIN EN 12464-1



09

© licht.de

Zur Überprüfung der berechneten Beleuchtungsstärken nach der Installation und während des Betriebes der Beleuchtungsanlage ist das gleiche Raster heranzuziehen, wie es auch in der Berechnung angewendet wurde.

Beispiel 1 – Gang:

Raumabmessungen 2,50 m x 5 m
kleinste Abmessung = 2,50 m → (15 %)
= 0,38 m → 0,4 m Randzone

Beispiel 2 – Kleiner Raum:

Raumabmessungen 3 m x 4 m
kleinste Abmessung = 3 m → (15 %)
= 0,45 m → 0,5 m Randzone

Beispiel 3 – Großer Raum:

Raumabmessungen 6 m x 12 m
kleinste Abmessung = 6 m → (15 %)
= 0,90 m → 0,5 m Randzone

Planungsgröße: Wartungswerte der Beleuchtungsstärken

Die Beleuchtungsstärke ist das Maß für das Licht, das auf eine Sehaufgabe fällt. Je mehr Helligkeit, umso besser wird das Erkennen unterstützt. Je kleiner und feiner die Aufgabe, desto höher muss die Beleuchtungsstärke sein. Hohe Beleuchtungsstärken im Raum steigern das Konzentrationsvermögen. Ihre Wahrnehmung hängt von den Reflexionsgraden der Oberflächen ab: Erst helle Oberflächen erlauben eine größere Raumhelligkeit. Im Anhang B2 der Norm wird die Raumhelligkeit ausführlich thematisiert.

Die genannten Beleuchtungsstärken sind Wartungswerte und Grundlage der Lichtplanung. In der fertigen Anlage müssen sie erreicht werden. Mit dem Wartungsfaktor wird schon bei der Planung der zeitliche Rückgang durch Alterung und Verschmutzung berücksichtigt. Im Bereich der Sehaufgabe muss die Beleuchtungsstärke die geforderte Gleichmäßigkeit erfüllen. Abschnitt 5.4 gibt das Messraster und die Positionen der Messpunkte an, an denen die Beleuchtungsstärken geplant und später auch gemessen werden.

Bereiche

DIN EN 12464-1 stellt in Abschnitt 5.3. Anforderungen an die Beleuchtungsstärke für den Bereich Sehaufgabe oder Tätigkeit, für den unmittelbaren Umgebungsbereich und auch für den Hintergrundbereich. Insbesondere an Arbeitsplätzen ohne Tageslicht sollen durch die Beleuchtung des Hintergrundbereichs komplett dunkle Zonen vermieden werden.

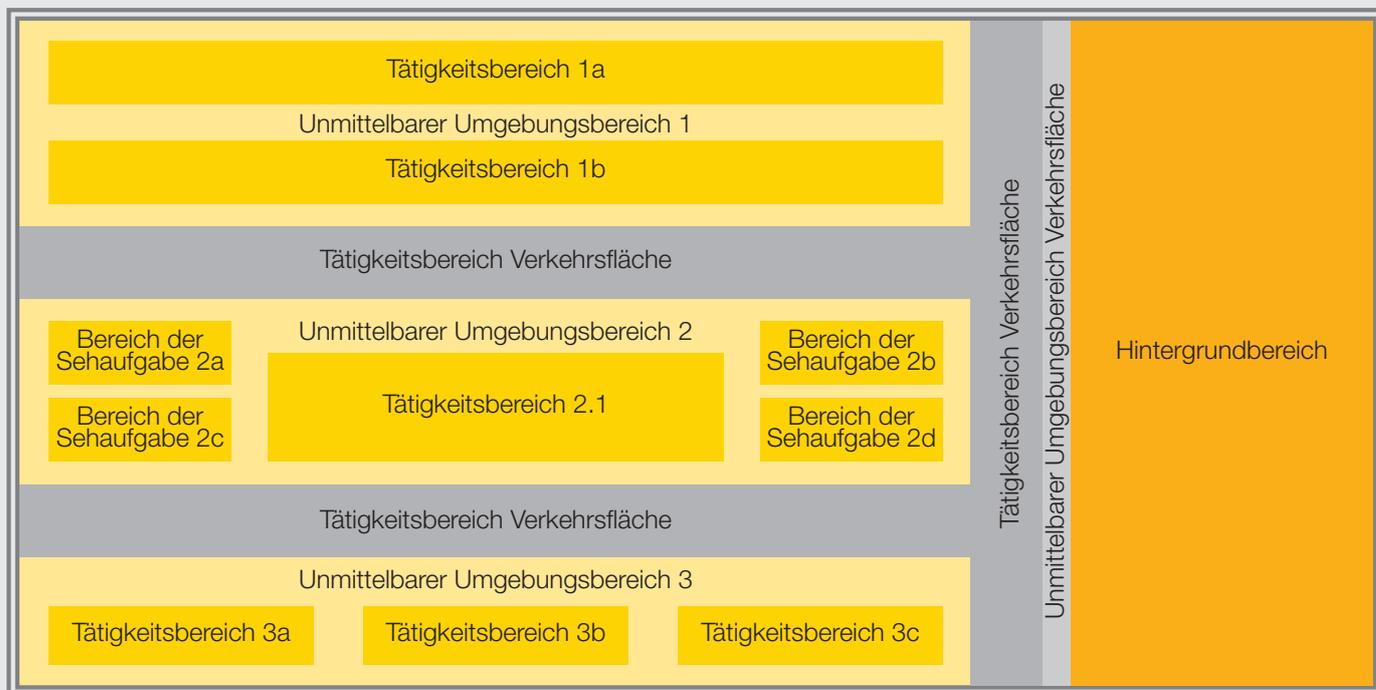
In üblichen Beleuchtungssituationen, speziell in Räumen mit geringer Ausdehnung, findet der Hintergrundbereich zumeist keine Anwendung. Es gibt aber Einsatzgebiete, in denen es sinnvoll sein kann, mit einem Hintergrundbereich zu arbeiten und den

Umgebungsbereich nicht bis an die Raumbegrenzungsflächen zu führen. Wird zum Beispiel in einer großen Halle ein Bereich (vorübergehend) nicht genutzt, so kann der nicht genutzte Bereich der Halle als Hintergrundbereich mit den entsprechenden Anforderungen aus DIN EN 12464-1 geplant werden. Damit wird die Orientierung im Raum und die Sicherheit der arbeitenden Personen verbessert.

Die ASR A3.4 kennt keinen Hintergrundbereich. Der Umgebungsbereich eines Arbeitsplatzes wird hier immer begrenzt durch die Raumwände oder einen anderen Arbeitsplatz- oder Tätigkeitsbereich, zum Beispiel eine Verkehrsfläche.

[10] Wichtig bei Räumen ohne Tageslicht: Auch für Hintergrundbereiche stellt DIN EN 12464-1 Anforderungen an die Beleuchtungsstärke, um dunkle Zonen zu vermeiden.
(© licht.de)

Schematische Darstellung einer Halle mit nicht genutzter Hallenfläche als Hintergrundbereich



- Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit
- Unmittelbarer Umgebungsbereich
- Hintergrundbereich
- Bereich der Tätigkeit Verkehrsfläche
- unmittelbarer Umgebungsbereich Verkehrsfläche
- Randstreifen an der Wand (bis 50 cm)

Blendung

Direktblendung wird nach dem UGR-Verfahren (Unified Glare Rating) bewertet; die Norm nennt Mindestwerte für den Blendschutz.

Blendung ist ein sehr kritisches Phänomen der Innenraumbeleuchtung.

DIN EN 12464-1 lässt am Arbeitsplatz keine Leuchte zu, bei der nicht der Mindestabschirmwinkel oder eine maximale Leuchtdichte unter einem dem Abschirmwinkel entsprechenden Ausstrahlwinkel begrenzt ist. Hersteller bedenken das schon bei ihrem Design.

Für die Beleuchtungsanlage wird das UGR-Tabellenverfahren zur Bewertung der Blendung

herangezogen. Leuchtenhersteller veröffentlichen diese Tabellen in Katalogen oder Datenbanken und Planungsprogramme ermitteln sie anhand der lichttechnischen Daten der Leuchten. Um den richtigen UGR-Wert auszulesen, sollten die Größe des Raumes, die Montagehöhe der Leuchte über dem Auge des Betrachters und ihre Ausrichtung zur Blickrichtung parallel oder quer sowie die Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen beachtet werden. Nur der anhand der UGR-Tabelle ermittelte Wert (der ausgewählten Leuchte)



[11] Das UGR-Verfahren berücksichtigt alle Leuchten der Anlage, die zu einem Blendeindruck beitragen, sowie die Helligkeit von Wänden und Decken. Das Ergebnis führt zu einem UGR-Wert. (© licht.de)

sagt aus, ob der Grenzwert der Anforderungen aus den Normentabellen R_{UGL} unterschritten wird oder nicht. Eine Berechnung nach der UGR-Gleichung, wie sie mit Planungsprogrammen für einzelne Arbeitsplätze möglich ist, kann nur der Orientierung dienen.

Die Beschreibung der Blendung ist in der neuen Norm deutlich verständlicher und wird ergänzt durch weitere Erläuterungen zur Anwendung des UGR-Verfahrens in „Nicht-Standardsituationen“ in Anhang A.

Blendungsbegrenzung

Die Blendungsbegrenzung lässt sich derzeit nur auf Basis der Herstellerangaben überprüfen. Liegt für die eingesetzten Leuchten eine UGR-Tabelle vor, lässt sich mit den Raumabmessungen und den – gegebenenfalls abgeschätzten – Reflexionsgraden von Decke, Wand und Boden der zugehörige UGR-Wert R_{UG} ermitteln. Weichen die Reflexionsgrade im konkreten Fall ab, können über Extra- oder Interpolation entsprechende UGR-Werte bestimmt werden. Die UGR-Werte sind für die entsprechende Raumgröße in der Tabelle dem Vielfachen von H zuzuordnen. Der Referenzwert (4H, 8H) hat nur orientierenden Charakter. H ist die Montagehöhe der Leuchte über dem Auge des Betrachters. Ist die Augenhöhe nicht bekannt, wird sie für eine sitzende Person mit 1,20 Meter und für eine stehende mit 1,70 Meter über dem Boden angenommen.

Stellen Hersteller keine UGR-Tabelle zur Verfügung, sondern die Lichtverteilungskurve (LVK) im Datenformat Eulumdat (*.ltd), kann damit die UGR-Tabelle auch in einschlägigen Beleuchtungsplanungsprogrammen berechnet werden. Liegt keine LVK vor, kann die Planung nicht überprüft werden.

$$R_{UG} = 8 \log_{10} \frac{0,25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2}$$

In der Innenraumbelichtung wird die psychologische Blendung nach DIN EN 12464-1 nach einer Blendformel beurteilt, dem vereinheitlichten UGR-Verfahren (Unified Glare Rating).

[12] In dieser Fertigungshalle für die Feinmontage von elektronischen Automatisierungsbaugruppen ist eine tageslichtabhängige Regelung in das Steuerungskonzept integriert. Denn die Halle hat einen großzügigen Tageslichteintrag durch Oberlichter und vertikale Fensterflächen. (Foto: licht.de/ Siteco)

Fragen zur UGR-Methode

„Um eine Leuchte auszuwählen, die für die Beleuchtungsanlage in einem bestimmten Raum geeignet ist, muss die Bewertung der psychologischen Blendung, die direkt von den Leuchten ausgeht, nach dem UGR-Tabellenverfahren der CIE 117-1995 (englisch: Unified Glare Rating, UGR) bestimmt werden. Dieser mit der UGR-Tabellenmethode ermittelte UGR-Wert darf den in Abschnitt 7 angegebenen R_{UG} -Grenzwert (R_{UGL}) nicht überschreiten.“

Dieses Zitat aus DIN EN 12464-1 wirft drei Fragen auf:

1. Ist der Grenzwert R_{UGL} identisch mit dem UGR_L -Wert aus der Vorläufer Norm von 2011?

Ja. Nach der in DIN EN ISO 80000-1 aufgestellten Regel zur Begrenzung der Größensymbole wurde UGR zu R_{UG} und als Grenzwert UGR_L zu R_{UGL} . Ist allerdings nicht vom Größenwert die Rede, sondern von der Methode oder dem Verfahren, bleibt die Schreibweise UGR – also etwa UGR-Methode, UGR-Tabelle und UGR-Gleichung. Aber: $R_{UG} = 18,6$ und $R_{UGL} = 19$.

2. Warum darf ich nur die UGR-Tabellenmethode einsetzen und nicht die UGR-Gleichung, um zu überprüfen, ob der UGR-Grenzwert (R_{UGL}) eingehalten wird?

Die Norm lässt durchaus die Berechnung des R_{UG} -Wertes mit der UGR-Gleichung zu und empfiehlt diese Methode auch explizit, wenn die Tabellenmethode nicht angewandt werden kann. Allerdings nur zur Orientierung: „Die in Abschnitt 7 angegebenen Grenzwerte müssen jedoch als Richtwerte und nicht als verbindliche Grenzwerte betrachtet werden.“ Das heißt, die Grenzwerte R_{UGL} haben nur bei der UGR-Tabelle bindenden Charakter. Begründet werden kann diese Einschränkung unter anderem durch die vielfältige Möglichkeit, bei der UGR-Berechnung für eine Anlage stark unter-



12

schiedliche UGR-Werte zu berechnen. Dies kann zum Beispiel bei Vergleichsrechnungen mit geringfügig unterschiedlichen Positionen der Leuchten und/oder der Beobachter geschehen. Somit ist die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Planungen nicht mehr gegeben. Die Tabellenmethode ist in der aktuellen Ausgabe die verbindliche Methode zur Begrenzung der psychologischen Blendung durch elektrisches Licht. Um die Anwendbarkeit der Tabellenmethode zu maximieren, beschreibt Anhang A.2 empfohlene Vorgehensweisen für komplexere Anwendungen, die auf den ersten Blick nicht den generalisierten Rahmenbedingungen der Tabellenmethode (rechteckige Räume, achsensymmetrische Anordnung etc.) entsprechen.

Nichtsdestotrotz bleibt auch die UGR-Gleichung für den kundigen Planer ein sehr gutes Hilfsmittel, um etwa die räumlichen Bereiche für eine mögliche Blendung bei einer Beleuchtungsanlage zu erkennen, und liefert so eine gute Basis für die Diskussion mit dem Bauherrn.

3. Ist eine Leuchte mit $R_{UG} = 17$ besser entblendet als eine mit $R_{UG} = 17,5$?

In Anmerkung 3 des Abschnitts 5.5.3.2 „Psychologische Blendung durch elektrisches Licht – Anwendung der UGR-Tabellenmethode“ wird darauf hingewiesen: „Die Grenzwerte der R_{UGL} bilden eine Reihe, deren Schritte merkliche Änderungen bezüglich der Blendung darstellen. Die Reihe der R_{UGL} ist: 16, 19, 22, 25, 28, wobei ein niedriger Wert ‚geringe Wahrscheinlichkeit von psychologischer Blendung‘ und ein hoher Wert ‚hohe Wahrscheinlichkeit von psychologischer Blendung‘ bedeutet.“

In der Praxis werden UGR-Grenzwerte ohne Nachkommastellen angegeben. Ein UGR-Wert von 19,4 wird nach den allgemeinen Rundungsregeln für reelle Zahlen auf 19 abgerundet und ist damit ≤ 19 .

Zudem kann angenommen werden, dass innerhalb eines Grenzwertschrittes von drei ganzen Zahlen keine

merkliche Änderung bezüglich der Blendung zu erwarten ist. Entsprechend lässt sich nicht ableiten, dass eine Leuchte mit einem UGR-Tabellenwert $R_{UG} = 17$ besser entblendet sei als eine mit $R_{UG} = 17,5$ in der gleichen Tabellenposition. Auch eine Differenzierung von Leuchten außerhalb des Grenzwertbereiches von 10 bis 28 ist durch das UGR-Verfahren nicht abgedeckt. UGR-Werte unterhalb 10 sind nicht definiert und liefern keine zusätzliche Qualität.



Das ZVEI-Positionspapier „UGR-Verfahren – Anwendung und Grenzen“ beschreibt die wesentlichen Punkte des vereinheitlichten Verfahrens (UGR) zur Bewertung der psychologischen Direktblendung in Innenräumen.

Lichtqualität im Raum

Wie zufrieden Nutzer mit ihrer Lichtlösung sind, steht und fällt mit der Beleuchtungsqualität. Dafür sind zahlreiche Kriterien bekannt. Werden sie in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Nutzer erfüllt, ist eine gute Lichtqualität gegeben.

Neben der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe und dem Vermeiden von Blendung gibt es weitere Kriterien für die Lichtqualität; von ihnen hängt ab, ob ein beleuchteter Raum als angenehm empfunden wird. Gegenstände wirken plastisch und die Mimik beziehungsweise Gesichtserkennung werden vorteilhaft unterstützt, wenn sie mit einer guten Mischung aus vertikalen und horizontalen Beleuchtungsstärken sowie einer leichten Schattigkeit ins rechte Licht gesetzt werden. Mögliche Kenngrößen dafür sind zylindrische Beleuchtungsstärken und Modelling. Angemessen hohe Beleuchtungsstärken auf Wänden und Decke schaffen in Kombination mit den zugehörigen Reflexionsgraden angenehm helle Räume mit hoher Aufenthaltsqualität (siehe Seite 20). Aus diesen Gründen sind sowohl die zylindrischen wie auch die Beleuchtungsstärken von Wand und Decke Bestandteil der Anforderungstabellen in der aktuellen Norm.

Weitere, gut bekannte Kenngrößen sind die Wahl der ähnlichsten Farbtemperatur in Kelvin (K) und eine gute Farbwiedergabe (R_a). An Arbeitsplätzen sollte immer ein Farbwiedergabeindex von R_a 80 erreicht werden. Die Norm nennt konkret sinnvolle Bereiche für eine höhere Farbwiedergabe (R_a 90). Finden alle diese Qualitätsmerkmale in der Lichtplanung Berücksichtigung, ist die Basis gelegt für eine als angenehm empfundene Raumatmosphäre.

Flimmern und stroboskopische Effekte sollten bereits durch die Wahl der Lichtquellen eingeschränkt werden. Da die Ökodesign-Verordnung Vorgaben dazu macht, legt die Norm keine Abweichungen fest. Unverändert bleiben auch die Maßgaben für Leuchten zur Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen.

[13] Eine hohe Lichtqualität unterstützt die Erholung und hilft, neue Kraft zu schöpfen. Eine sehr gute Farbwiedergabe der Lichtquellen lässt Speisen natürlich und appetitlich aussehen. (Foto: licht.de/Zumtobel, Faruk Pinjo)



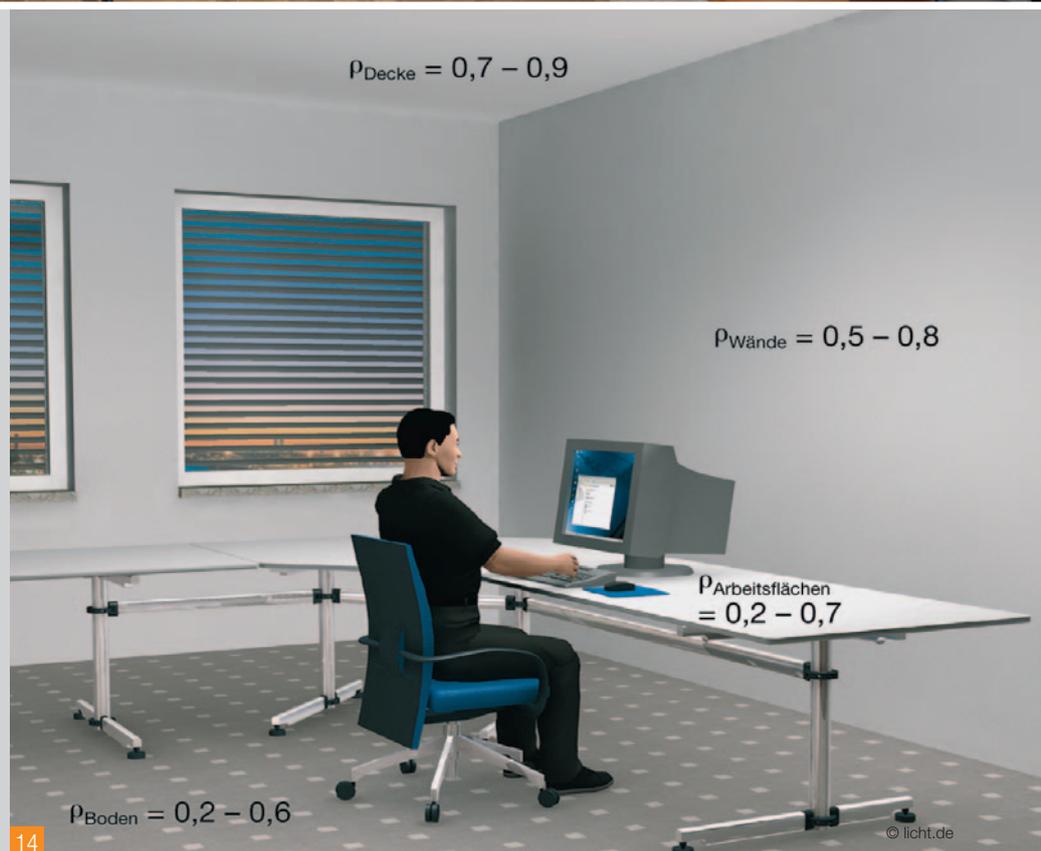
13

Beleuchtungsziel: eine angenehme Lichtumgebung

Erst die Leuchtdichteverteilung offenbart die lichttechnische Qualität einer Beleuchtungsanlage. Dieses Ziel und seine Vorteile beschreibt die Norm gleich am Anfang. Die Leuchtdichte hängt von der Beleuchtungsstärke und der Oberflächenreflexion ab. In der Planungsphase sind jedoch viele Parameter oft noch nicht bekannt, die eine Leuchtdichteplanung ermöglichen. Daher nimmt die Norm übliche Reflexionsgrade an und geht von der wesentlich leichter zu planenden und zu überprüfenden Beleuchtungsstärke aus.

Sie empfiehlt folgende Reflexionsgrade:

- Boden (0,2 bis 0,6)
- Wände (0,5 bis 0,8)
- Decken (0,7 bis 0,9)



14

Helle Räume

„Die wahrgenommene Helligkeit eines Raumes ist wichtig für das Wohlbefinden und den Wachheitsgrad der sich im Raum befindlichen Personen.“

DIN EN 12464-1:2021, Anhang C

Wer den ganzen Arbeitstag in einem „Innen-Raum“ verbringt, weiß es zu schätzen, wenn es ein „heller Raum“ ist.

Helle Räume – das heißt Räume mit hellen Oberflächen und genügend Licht auch jenseits der Hauptsehaufgabe – können über die im obigen Zitat angesprochenen nichtvisuellen Wirkungen hinaus mit weiteren Qualitäten aufwarten:

Helle Räume

- unterstützen Kommunikation und Mimik zwischen den Mitarbeitenden durch eine ausgewogene Lichtverteilung im Raum,
- erleichtern die Adaptation beim Wechsel des Blicks von hellen Arbeitsflächen und/oder Monitoren zu den anderen Raum-Flächen,
- vermitteln eine offene Atmosphäre (ähnlich der eines Außenraums)
- und lassen gerade bei kleinen Grundrissen und niedrigen Decken den Raum größer und weniger eng erscheinen.

Das sind allesamt gute Gründe für die in den Tabellen angeführten Anforderungen an die Beleuchtungsstärken für Wand und Decke sowie die zylindrischen Beleuchtungsstärken. Vergleichbare Werte wurden als Empfehlungen auch schon in der Vorgängernorm genannt.

„Die wahrgenommene Helligkeit ist das Ergebnis der Wechselwirkung zwischen Beleuchtungsstärke und Reflexionseigenschaften von Objekten und Raumoberflächen.“ (ebd.)

Einfluss Beleuchtungsstärke

Für Arbeitsplätze in Büros, Gesundheits- und Bildungseinrichtungen werden in der Anforderungstabelle War-

tungswerte der Wandbeleuchtungsstärken und der zylindrischen Beleuchtungsstärken genannt, die ungefähr ein Drittel des Wertes der Beleuchtungsstärken für den Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit betragen (Beispiel Büro: 500 Lux im Bereich der Sehaufgabe – mit 150 Lux auf den Wänden und ebenfalls 150 Lux zylindrische Beleuchtungsstärke im Raum). Dies entspricht zum einen den europäischen Forschungsergebnissen zu präferierten Lichtverteilungen im Raum aus den vergangenen 50 Jahren wie auch den Anforderungen der ASR A3.4:

„(7) Die mittlere vertikale Beleuchtungsstärke muss der Seh- und Arbeitsaufgabe angemessen sein ...

Bewährt hat sich für Büroarbeitsplätze, Arbeitsplätze im Gesundheitsdienst und vergleichbare Arbeitsplätze ... ein Verhältnis von vertikaler Beleuchtungsstärke zu horizontaler Beleuchtungsstärke von $\geq 1:3$.

Bei hellen Raumflächen und breit strahlenden Leuchten ist bei Einhalten der horizontalen Beleuchtungsstärken ... in der Regel eine ausreichende vertikale Beleuchtungsstärke gegeben.“

ASR A3.4

Tatsächlich lassen sich auch bei rein direkt strahlenden Leuchten mit $R_{UGL} \leq 19$ sowohl die geforderten Werte der Wandbeleuchtungsstärken, der zylindrischen Beleuchtungsstärken wie auch die eine Stufe niedrigeren Deckenbeleuchtungsstärken erreichen, wenn diese Leuchten eine breite bürotypische Lichtverteilung haben (Batwing) und die Reflexionsgrade der Wände im empfohlenen Wertebereich liegen.

Wenn aber die Raumflächen zu geringe Reflexionsgrade aufweisen und/oder die Lichtverteilung der eingesetzten Leuchten sehr eng strahlend ist, lässt sich das angestrebte 1:3-Verhältnis nicht mehr einhalten. Dann ist die Raumwirkung auch nicht mehr „hell“ und die oben beschriebenen vorteilhaft-

ten Licht- und Raumqualitäten lassen sich schwerlich erreichen.

Eng strahlende, auf Bereiche der Sehaufgabe ausgerichtete Leuchten werden gelegentlich eingesetzt, um einen geringeren Energieeinsatz zu begründen.

Lichtsysteme mit einem hohen Indirektanteil eignen sich aufgrund der Lichtverteilung über Decke und oberen Drittel der Wände ebenfalls sehr gut, um helle Räume zu erzeugen.

Einfluss Reflexionsgrade

„Ein hoher Reflexionsgrad der Oberflächen trägt zur Energieeinsparung bei und kann zu besserem Sehkomfort führen.“

Für die Auswahl der Materialien werden folgende Reflexionsgradbereiche empfohlen:

- Decke: 0,7 bis 0,9;
- Wände: 0,5 bis 0,8;
- Boden: 0,2 bis 0,6“

DIN EN 12464-1:2021

Bei diesen Reflexionsgraden handelt es sich „nur“ um Empfehlungen – schließlich kann und darf eine technische Norm nicht die Gestaltungsfreiheit in der Architektur einschränken. Es gibt allerdings gute Gründe, diesen Empfehlungen zu folgen.

Hohe Reflexionsgrade sorgen für einen großen Anteil an Indirektbeleuchtung, sowohl auf den zumeist horizontalen Arbeitsflächen als auch und gerade auf allen vertikalen Flächen im Raum – eben den Wänden, Objekten und Personen. Sie sind essenziell für das Erreichen der Wertes im Raum: die zylindrischen Beleuchtungsstärken und Beleuchtungsstärken auf den Wänden und der Decke.

Allein schon der Wechsel von den oberen zu den unteren Reflexionsgraden im empfohlenen Wertebereich (also von 0,9/0,8/0,6 für Decke, Wände und

Boden zu 0,7/0,5/0,2) führt bei einem Büroraum von 20 Quadratmetern mit einer breit strahlenden Direktbeleuchtung zu geringeren Beleuchtungsstärken: auf der Arbeitsfläche um 20 Prozent, bei den zylindrischen und Wandbeleuchtungsstärken um 45 Prozent und bei der Deckenbeleuchtungsstärke sogar um 65 Prozent. Es lohnt sich also, die Auswahl der Reflexionsgrade im Raum mit Blick auf Lichtqualität und Effizienz der Beleuchtungsanlage sorgsam abzuwägen.

Historisch betrachtet: Zusammenhang Beleuchtungsstärke und Helligkeit

Festlegungen von Wand- und Deckenbeleuchtungsstärken sind erst mit der Einführung des Bereichs der Sehaufgabe und der LED notwendig geworden. Eine gezielte Beleuchtung der Sehaufgabe mit eng strahlenden Leuchten ist technisch möglich, schafft aber keine hellen Räume.

In früheren Normen wie DIN 5035, der Vorgängerin der DIN EN 12464-1, waren Beleuchtungsstärken für Räume festgelegt. Damit war der gesamte Raum „von Scheuerleiste zu Scheuerleiste“ zu planen – und zwar mit Leuchten, die üblicherweise sehr viel breitere Lichtabstrahlungen hatten (aufgrund der 38 oder 26 Millimeter Lampendurchmesser). Höhere Beleuchtungsstärke auf der Nutzebene hieß automatisch auch: hellerer Raum. Dieser Zusammenhang ging mit der Einführung des kleineren Bereichs der Sehaufgabe verloren. Mehr Licht für die Sehaufgabe bedeutet nicht, dass der Raum heller wirkt.



[15] Helligkeit weitet Räume für eine offene Atmosphäre
(Foto: licht.de/Zumtobel, Søren Aagaard)

Mit der Norm arbeiten – Planung der Beleuchtung

Es sieht möglicherweise auf den ersten Blick so aus, als ließe die Norm Planende mit einer Flut von Tabellenwerten und Kenngrößen allein. Dem ist nicht so.

Das zeigt der neue Abschnitt 6 „Überlegungen für die Planung der Beleuchtung“, er behandelt:

- Beleuchtung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit und seines unmittelbaren Umgebungsbereichs
- Beleuchtung des Raumes
- Einstellbarkeit des Beleuchtungssystems
- Wartungsfaktor
- Anforderungen an die Energieeffizienz
- Ergänzende Vorteile von Tageslicht
- Variabilität des Lichts
- Raumhelligkeit

Schritt für Schritt beschreibt die Norm das Vorgehen bei der Planung. Wir wenden es beim nachfolgenden Beispiel an: Der Planer wählt zunächst die Anwendung und dann die Sehaufgaben und Tätigkeiten aus und ordnet sie den Größen der Bereiche zu.

Lage und Größe müssen dokumentiert werden. Trifft ein Argument aus Tabelle 1 zu, um die Wartungswerte der Beleuchtungsstärken um eine oder zwei Stufen zu erhöhen, können modifizierte Werte angesetzt werden. Anschließend werden die Anforderungen an den Raum, also an die Wartungswerte der Beleuchtungsstärken auf Wänden und Decke festgelegt – angepasst an die Sehaufgabe mit den höchsten Anforderungen. Nun wird die zylindrische Beleuchtungsstärke ermittelt.

Es empfiehlt sich, die Modifikation auch entsprechend auf die zylindrische Beleuchtungsstärke und die der Wände anzuwenden. Für die Beleuchtung des Raumes ist der strengste UGR-Wert aus der gewählten Sehaufgabe heranzuziehen – zumindest für das Sichtfeld der entsprechenden Arbeitsplätze.

Einstellbarkeit des Beleuchtungssystems

In nahezu allen Fällen ist es sinnvoll, die Beleuchtungsanlage mit einer Lichtsteuerung einstellbar zu machen. Die Norm nennt gute Gründe dafür: Neben der Lichtqualität ist die Energieeffizienz einer. So kann zu gegebener Zeit die elektrische Beleuchtung reduziert und Tageslicht genutzt werden.

Eine Beleuchtungsanlage, die auf modifizierte Beleuchtungsstärken ausgelegt ist, ermöglicht es somit auch, Aktivierung am Tag zu fördern und genügend Raum für die nichtvisuellen Wirkungen des Lichts zu schaffen. Ihre Vorteile werden im Anhang B der Norm erläutert.

Über eine einstellbare Anlage kann Helligkeit sowie ähnlichste Farbtemperatur verändert, zwischen verschiedenen Lichtszenen gewählt und situativ das Licht angepasst



16

werden. Die Bediengeräte sollten die Auswahl der verschiedenen Lichtsituationen verständlich und intuitiv ermöglichen, sprich, es sollten nachvollziehbare Szenenamen gegeben werden.



Heft licht.wissen 21 „Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)“ vermittelt planerisches Fachwissen und stellt typische Anwendungsfälle vor.

Abschnitt 6.2.4 der Norm zählt die Vorteile auf: „Ein anpassungsfähiges System stellt sicher, dass:

- der Nutzen des verfügbaren Tageslichts maximiert wird;
- die Belegung des Raumes berücksichtigt werden kann;
- Änderungen der Sehaufgaben berücksichtigt werden können;
- Änderungen der Präferenzen, Bedürfnisse oder Anzahl der Anwender berücksichtigt werden können.“

Natürlich sollte ein erhöhter Wert auch per Lichtsteuerung zu reduzieren sein. In die Überlegungen für die Planung muss zudem der Wartungsfaktor einbezogen werden. In einigen Abschnitten wird das Prinzip betont, „Energieeinsparung darf nicht zu Lasten der Lichtqualität gehen“ und an die Vorteile des Tageslichts sowie die Variabilität des Lichts erinnert.

Energieeffizienz

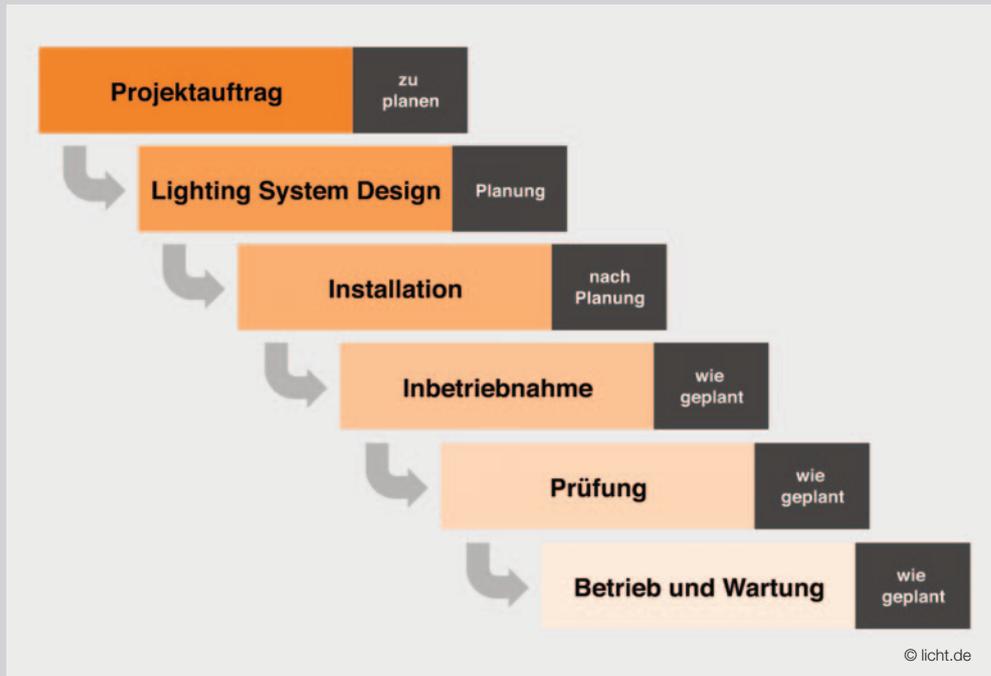
Nach Abschnitt 6.4 können Energieeinsparungen mit folgenden Maßnahmen erzielt werden:

- Tageslichtnutzung
- Reaktionen auf Belegungsmuster
- Verbesserung der Wartungseigenschaften der Anlage
- Nutzung aller Steuerungsoptionen

Die Norm betont: „Die visuellen Aspekte einer Beleuchtungsanlage dürfen nicht beeinträchtigt werden, nur um den Energieverbrauch zu senken.“

[16] Viel Tageslicht und Pendelleuchten schaffen im Meetingraum beste Sehbedingungen. Gut ausgeleuchtete Verkehrswege erleichtern die Orientierung. (Foto: licht.de/Siteco)

Lighting-System-Design-Prozess



Der Lighting-System-Design-Prozess (LSDP) ist ein Planungsprozess für Beleuchtungssysteme. Er wird in der Technischen Spezifikation DIN SPEC 67503 beschrieben. Grundlegende Planungserwägungen für gute und energieeffiziente Lichtqualität gehen dabei ein in Installation, Inbetriebnahme und Betrieb einer Beleuchtungsanlage, die möglichst umfassend die Anforderungen der Nutzer erfüllt. Dazu gehört auch eine Risikoanalyse für die Sicherheitsbeleuchtung. Der Prozess unterstützt die Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen und die Entwicklung von Prüfanforderungen.

17

Ergänzende Vorteile von Tageslicht

Sonnenlicht hat auf die körpereigenen Rhythmen einen großen Einfluss: Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Motivation hängen eng mit der lebendigen Atmosphäre des sich ständig verändernden Tageslichts zusammen. In Abschnitt 6.5 wird betont, dass Tageslicht Innenräume mit einer beachtlichen Menge Licht versorgen kann. Gleichzeitig steht es für eine hohe Farbwiedergabe, variable Helligkeit, Richtung und Spektralzusammensetzung im Laufe des Tages sowie nach Jahreszeit. Messgrößen für die Bewertung des Tageslichts in Innenräumen legt DIN EN 17037 fest.

Variabilität des Lichts

Die Variabilität beschreibt Abschnitt 6.6 der Norm. Sie ist wichtig in Räumen mit langer Aufenthaltsdauer, etwa Klassenräume, Räume im Bereich des Gesundheitswesens, Büros und Produktionsräume. Nichtvisuelle Beleuchtungsstärken und nichtvisuelle Wirkungen hängen ab von der Stärke und dem Zeitpunkt der Lichtexposition, der spektralen Leistungsverteilung, Belichtungsdauer und den persönlichen Parametern, wie unter anderem dem circadianen Rhythmus. Mit einer Kombination von Tageslicht- und elektrischer Beleuchtung können diese Ziele

durch ein geeignetes Lichtmanagementsystem erreicht werden. Weitere Informationen zu nichtvisuellen Aspekten sind in Anhang B enthalten.

Der komplette neue Abschnitt 6 kann als kleine Anleitung für die Lichtplanung verstanden werden. Er zeigt, dass gute Lichtgestaltung einen deutlichen Mehrwert bietet – und dabei normgerecht ist.

Der nach den Anforderungstabellen in Abschnitt 7 folgende Abschnitt 8 der Norm hat den Titel „Überprüfungen“. Ziel einer Beleuchtungsplanung nach DIN EN 12464-1 ist die Entwicklung und Umsetzung einer für die Anforderungen des Anwenders ausgelegten Beleuchtungslösung, die über den gesamten Nutzungszeitraum die Anforderungen erfüllt.

Dafür müssen bereits in der Planungsphase die Kriterien der Beleuchtung richtig ausgewählt, angewendet und bei der Leuchtenauswahl und deren Anordnung überprüft werden. Genauso wichtig ist es, nach Installation der Beleuchtungsanlage die Umsetzung der vom Planer getroffenen Festlegungen zu prüfen, zum Beispiel über die Ermittlung der Beleuchtungsstärke, Lichtfarbe und Farbwiedergabe. Können Lichtfarbe, ähnlichste Farbtemperatur und Farbwiedergabe nicht ermittelt werden, ist



18

es möglich, sie den Produktinformationen der Hersteller zu entnehmen.

Wartungsfaktor und Wartungsplan

Entsprechend Abschnitt 6.3 muss der Planende die Intervalle für Reinigung und Wechsel für Leuchten und Leuchtmittel im Wartungsplan erfassen – die dann natürlich auch im Betrieb der Anlage beachtet und eingehalten werden müssen.

Der von ihm erstellte Wartungsplan beruht auf Annahmen und Erfahrungen zu den vorherrschenden Umgebungsbedingungen und Nutzungszeiten. Sie können im Betrieb jedoch abweichen. Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke entsprechen dann nicht mehr den getroffenen Annahmen, sie können schlechter oder auch besser sein.

Die Beleuchtungsstärkemessung bietet eine einfache Überprüfung, ob sie eingehalten werden kann. Ein Messraster dafür wird in Abschnitt 5.4 beschrieben. Es sollte darauf geachtet werden, dass die verwendeten Beleuchtungsstärkemessgeräte kalibriert sind. Die aus den Messwerten errechnete mittlere Beleuchtungsstärke und die Gleichmäßigkeit dürfen unter Berücksichtigung des zum Messzeitpunkt gültigen Wartungsfaktors nicht die in der Norm angegebenen Wartungswerte unterschreiten.

Erfüllung des Wartungsplans

Nach Abschnitt 6.3 muss der Planer einen Wartungsplan erstellen. Er wird häufig im Zuge routinemäßiger Wartungs- und Reinigungsintervalle umgesetzt, die Einfluss auf die Produktionsqualität haben – beispielsweise in der Industrie oder in Gesundheitseinrichtungen. In anderen Bereichen stehen die Wartung und damit verbunden die Umsetzung des Wartungsplanes kaum im Fokus, etwa in Verwaltung, Schulen oder Arztpraxen. Hier ist bei Inbetriebnahme besonders für regelmäßige Reinigungsarbeiten auf Basis des Wartungsplans zu sensibilisieren.

Dazu zählen:

- Regelmäßige Nachmessung der Beleuchtungsstärken im Raum
- Regelmäßige Reinigung der Leuchten und gegebenenfalls Sichtkontrolle auf Beschädigungen und Ausfälle
- Stark verschmutzte Raumbooberflächen beeinträchtigen die Raumhelligkeit und ein frischer Anstrich ist zu empfehlen.

Zum Lighting-System-Design-Prozess (LSDP) gehört auch die regelmäßige Überprüfung, ob die Anforderungen nach DIN EN 12464-1 eingehalten werden.

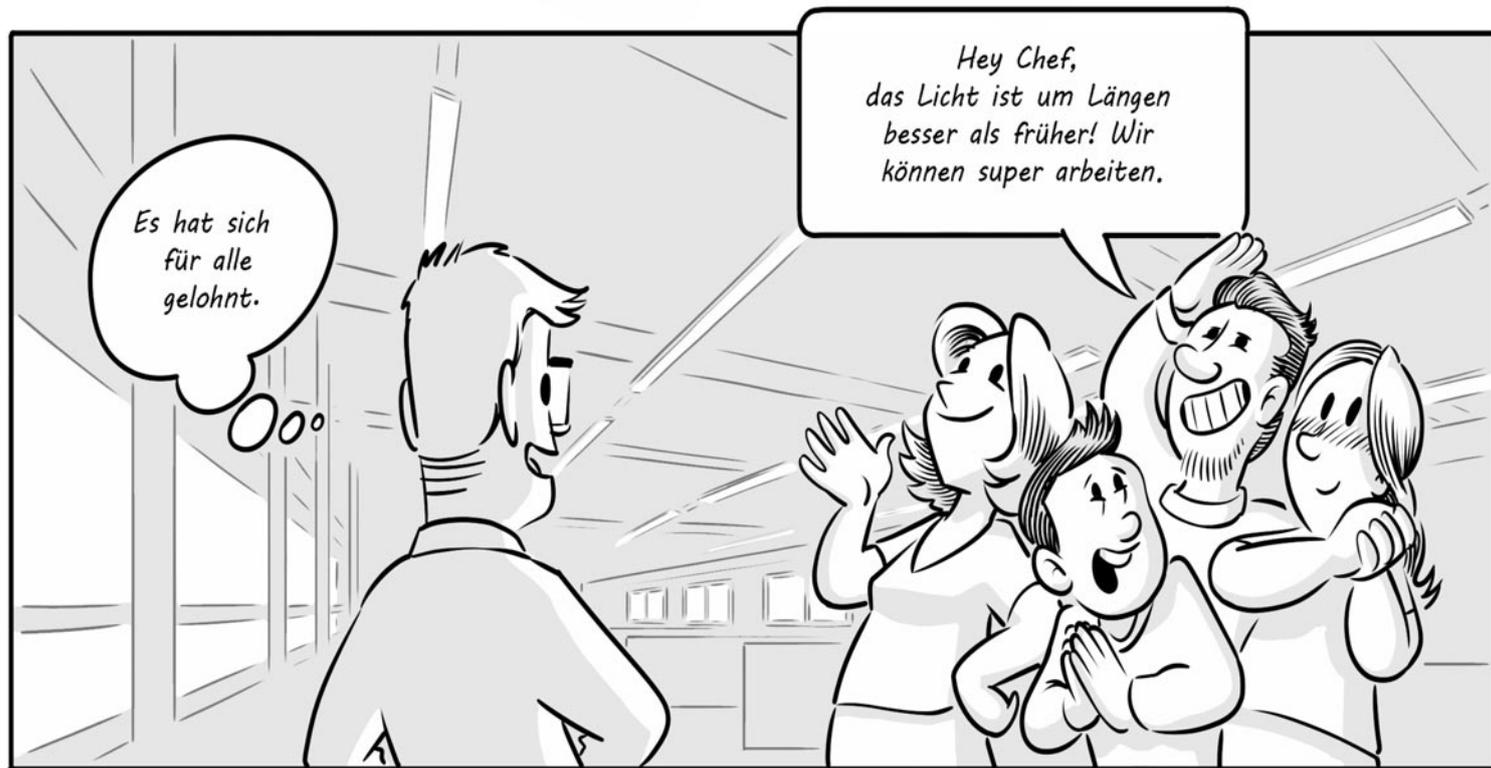
[18] Tageslicht unterstützt auch anstrengende Sehaufgaben. Noch besser ist es, wenn die Arbeitsfläche seitlich zum Fenster angeordnet ist. (Foto: Adobe Stock, Marius Venter/peopleimages.com)

SO WACHT'S PLANER MIT









Ergänzende Hinweise und Erläuterungen in der Norm zu UGR

Die Anhänge A und B der Norm geben ergänzende Hinweise für die Umsetzung guter Lichtlösungen – hinsichtlich Sehleistung, Sehkomfort und Wohlbefinden von Menschen. Sie dienen eher der Information und sollen Themen aus der fachlichen Diskussion in das normative Umfeld bringen.

Anhang A – UGR in unüblichen Situationen

Das in Abschnitt 5.5 der Norm beschriebene Verfahren zur Blendungsbegrenzung basiert auf der UGR-Tabellenmethode der CIE. Es beschränkt sich auf rechteckige Räume mit nur einem Leuchtentyp in regelmäßiger Anordnung in einer fixen Installationshöhe.

In Anhang A – UGR in unüblichen Situationen – werden Vorgehensweisen empfohlen, wenn der zu planende Raum von diesen Vorgaben abweicht. Drei Beispiele:



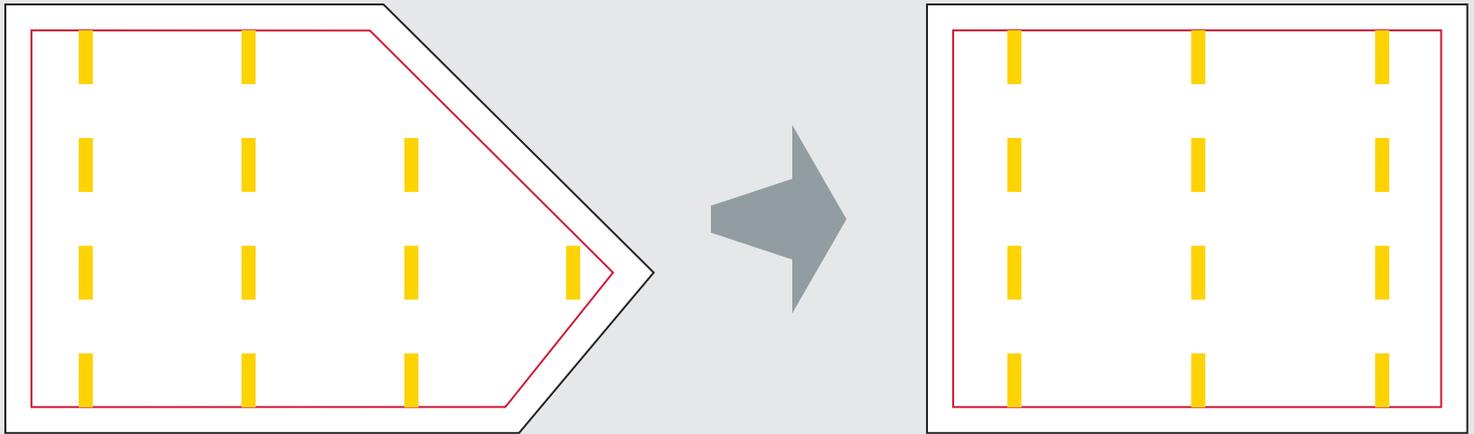
Im technischen Report CIE 117:1995 „Psychologische Blendung in der Innenraumbeleuchtung“ beschreibt die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) die vereinheitlichte Blendungsbewertung.

CIE 232:2019 „Psychologische Blendung von Leuchten mit inhomogener Leuchtdichtestruktur der Lichtaustrittsfläche“ stellt eine Korrektur des UGR-Verfahrens vor, um die Inhomogenität von LED-Leuchten ausreichend zu berücksichtigen.



Die LiTG-Publikation 20 „Das UGR-Verfahren zur Bewertung der Direktblendung der künstlichen Beleuchtung in Innenräumen“ stellt den Aufbau und die Anwendung des UGR-Verfahrens im Zusammenhang dar.

Unregelmäßige Flächenformen

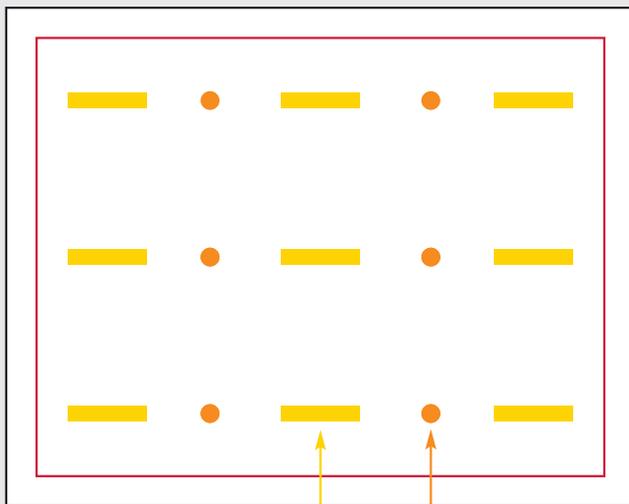


Anpassung über flächengleiches Rechteck

© licht.de

19

Verschiedene Leuchtentypen



Worst-Case-Szenario hier:

● UGR-Wert $R_{UG} = 18,7$

$R_{UGL} 16$

$R_{UGL} 19$

$R_{UG} \leq 16,3$

$R_{UG} \leq 18,7$

© licht.de

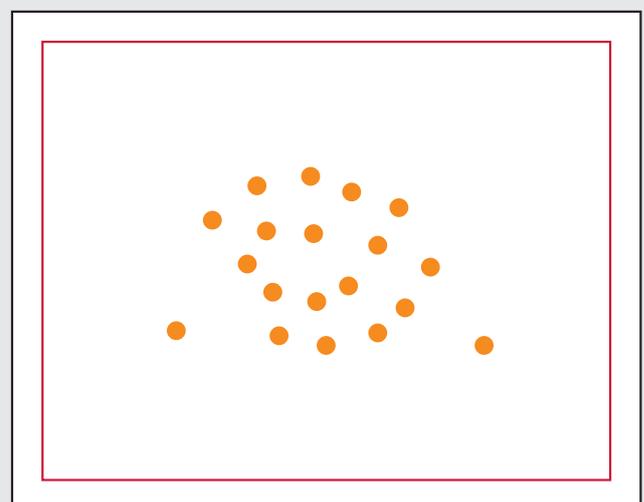
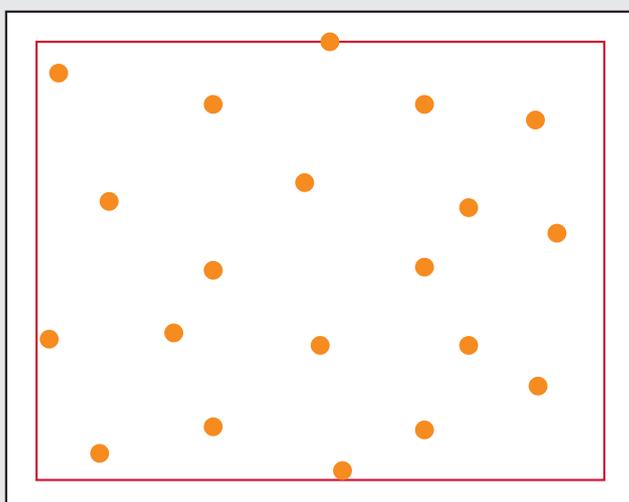
[19] Tipp für unregelmäßige Grundrisse: Zur Nutzung der UGR-Tabellen kann ein nicht rechteckiger Raum in einen flächengleichen eckigen Raum überführt werden. (© licht.de)

[20] Tipp für verschiedene Leuchtentypen: Werden verschiedene Leuchtentypen eingesetzt, so ist für jeden einzelnen Typ der UGR-Wert R_{UG} mithilfe der Tabelle zu ermitteln. Zum Vergleich mit dem UGR-Grenzwert R_{UGL} ist der ungünstigste, das heißt höchste UGR-Wert heranzuziehen. Entsprechend ist bei unterschiedlichen Installationshöhen vorzugehen. (© licht.de)

[21] Tipp für unregelmäßige Anordnungsmuster der Leuchten: Das Rechenmodell der UGR-Tabellenmethode geht von einer fiktiven standardisierten Leuchtenanordnung aus. Die tatsächliche Anordnung darf und wird in der Regel hiervon abweichen. Sind allerdings die Leuchten in einem Raumteil besonders dicht platziert, kann die UGR-Tabellenmethode nicht angewendet werden. (© licht.de)

20

Unregelmäßige Anordnungsmuster der Leuchten



© licht.de

21

Anhang B – zusätzliche Informationen zu visuellen und nichtvisuellen Wirkungen von Licht

Anhang B verweist auf die visuellen Wirkungen der Beleuchtung und führt die nichtvisuellen Wirkungen ein. Etwa wie die Beleuchtung den circadianen Rhythmus und die Stimmung des Menschen beeinflusst und wie sie Leistung und Wohlbefinden verbessern kann.

B1 – Allgemein

Dieser Abschnitt erläutert, dass eine Beleuchtungslösung immer ganzheitlich wirkt. Licht hat nicht nur eine visuelle Wirkung als Voraussetzung zum Sehen, wichtige nicht-visuelle und emotionale Wirkungen haben einen direkten Einfluss auf Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden der Menschen.

B2 – Wahrgenommene Raumhelligkeit

Die Norm beschreibt neben den Beleuchtungsanforderungen für Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche auch die Anforderungen zur Beleuchtung des Raumes. Sie ist wichtig für die Helligkeit der Räume und zur Erkennung von Objekten und Personen – wie in den Abschnitten 6.2.2, 6.7 und 7.3 beschrieben.

Der Anhang gibt zusätzliche Hinweise zur wahrgenommenen Raumhelligkeit, die wichtig für das Wohlbefinden und die Aufmerksamkeit von Menschen sind.

B3 – Alternative Parameter

Die beschriebenen alternativen Methoden zur Abschätzung von Raumhelligkeiten haben keine normative Relevanz. Sie dürfen jedoch verwendet werden und sollen dazu anregen, Erfahrungen zum Raumhelligkeitsempfinden zu sammeln. Fortfüh-

rende Arbeiten werden seitens der Deutsche Gesellschaft für Lichttechnik und Lichtgestaltung (LITG) erwartet.

B4 – Adaptationsleuchtdichte innerhalb des normalen Gesichtsfeldes

Dieser Abschnitt gibt ergänzende Hinweise zur räumlichen Leuchtdichteverteilung, die für die Adaptation des Auges eine wichtige Rolle spielt. Adaptation bezeichnet die Fähigkeit des Auges, sich an unterschiedliche Lichtverhältnisse anzupassen – eine Voraussetzung für gute Sehleistung und Sehkomfort.

B5 – Der Einfluss der Spektralverteilung auf nichtvisuelle Wirkungen von Licht

Wissenschaftliche Belege untermauern die wichtige Rolle der nichtvisuellen Wirkung von Licht. Die Norm beschreibt im Wesentlichen die Beleuchtungsanforderungen für den Sehvorgang über die Fotorezeptoren Stäbchen und Zapfen. Eine Beleuchtungslösung wirkt aber immer ganzheitlich: visuell, nichtvisuell und emotional. In diesem Abschnitt werden zusätzliche Hinweise zur nichtvisuellen Wirkung von Licht über den dritten Fotorezeptor gegeben, die retinalen Ganglienzellen. Hierfür ist unter anderem die spektrale Zusammensetzung von Licht entscheidend.

In DIN/TS 5031-100 werden die über das Auge vermittelten melanopischen Wirkungen des Lichts auf den Menschen mit ihren Größen, Symbolen und Wirkungsspektren beschrieben. DIN/TS 67600 „Ergänzende Kriterien für die Lichtplanung und Lichtanwendung im Hinblick auf nichtvisuelle Wirkungen von Licht“ beschreibt Ursache-Wirkungs-Beziehungen für melanopische Wirkungen von Licht und gibt damit vielseitige Informationen zu Planung und Anwendung der nichtvisuellen Wirkungen von Licht auf den Menschen.



Was Licht mit dem menschlichen Körper macht, lesen Sie in Heft licht.wissen 19 „Wirkung des Lichts auf den Menschen“. Hinweise zur Planung gibt licht.wissen 21 „Leitfaden Human Centric Lighting (HCL)“. Das Mini-Buch „Wie wirkt Licht eigentlich auf mich?“ bringt das Thema Schülerinnen und Schülern näher.

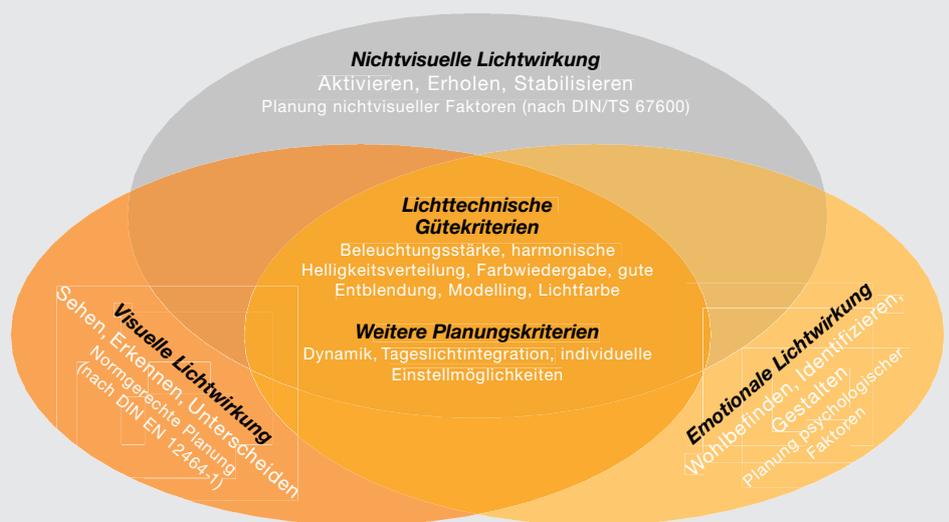
B6 – Unterschiedliche Beleuchtungsverhältnisse

In diesem Abschnitt werden die positiven Wirkungen unterschiedlicher Beleuchtungsverhältnisse durch eine veränderte Beleuch-



22

Human Centric Lighting (HCL)



23

© licht.de

tungsstärke, Leuchtdichte und ähnlichste Farbtemperatur dargestellt.

Steuerung und Dimmbarkeit von Beleuchtung sind Eigenschaften, die zusätzlich einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz von Beleuchtungssystemen und damit auf das Wohlbefinden haben. Weitere Hinweise finden sich in den Abschnitten 6.2.4 und 6.6 der Norm.

B7 – Tageslichtversorgung

Tageslicht ist die wichtigste Lichtquelle für menschliches Wohlbefinden. Dieser Abschnitt gibt Hinweise für die allgemeine Nutzung von Tageslicht im Zusammenspiel mit elektrischer Beleuchtung.

Die im nächsten Kapitel (siehe Seite 34-35) folgenden Beispiele sind in Kenntnis der Anhänge erarbeitet worden.

[22] Human Centric Lighting: Eine Beleuchtung, die visuelle, emotionale und biologische Kriterien berücksichtigt, trägt zur Gesundheit bei und motiviert die Mitarbeiter. (Foto: licht.de/ Trilux)

[23] Die nichtvisuellen, visuellen und emotionalen Wirkungen des Lichts stehen in engem Zusammenhang mit diesen

lichttechnischen Gütekriterien: Tageslichtnutzung, ähnlichste Farbtemperatur, Dynamik, Farbwiedergabe, Blendungsbegrenzung, Beleuchtungsstärke, Lichtverteilung und Modelling. Für ein ganzheitliches Beleuchtungskonzept – Human Centric Lighting (HCL) – müssen alle diese Faktoren in die Planung einbezogen werden. (© licht.de)

Ergänzende Hinweise und Erläuterungen in der Norm – Beispiele

Anhang C der Norm führt Beispiele auf für die Herangehensweise zur Umsetzung und Anwendung der lichttechnischen Anforderungen der Tabellen und textlichen Beschreibungen. Ergänzend sollen die hier skizzierten exemplarischen Lösungsansätze den ganzheitlichen Planungsprozess in ungewöhnlichen Situationen konkretisieren.

Die Lichtplanung sollte frühzeitig und im engen Austausch mit Auftraggebern, Bauherren und Betreibern erfolgen. Häufig kommen in einem Raum mehrere und verschiedene Bereiche der Sehaufgaben und der Tätigkeiten vor. In diesen Bereichen können unterschiedliche Beleuchtungsstärken erforderlich sein. Im Zuge der Lichtplanung können auch individuell unterschiedliche Beleuchtungsniveaus umgesetzt werden, wenn die Anforderungen steigen. Dabei müssen unter anderem Antworten auf die Fragen gefunden werden, was das für die Beleuchtungsstärken auf den Oberflächen des Raumes bedeutet und welche Wand- und Deckenflächen für die Erfüllung der Sehaufgaben „relevant“ sind. In den folgenden Beispielen sollen Lösungsansätze für besondere Situationen aufgezeigt werden, die auf den Normbeispielen aufbauen.

[24+25] Liegen Kontroll- und Prüfbereiche im Inneren einer Halle, ist es nicht einfach, die Blendung zu begrenzen. Es werden höhere Beleuchtungsstärken an Wänden und Decke benötigt – und somit mehr Energie verbraucht. Können Kontroll- und Prüfbereiche an die Wand verlegt werden, lassen sich die Beleuchtungsstärken in Blickrichtung gut planen. (© licht.de)

[26] Arbeitsplätze zur Kontrolle und Qualitätssicherung verlangen den Augen Höchstleistungen ab. (Foto: licht.de/Waldmann)

Ergänzungen zum Normbeispiel C2 – Büro

Unübliche Situationen können etwa in einem Büro mit mehreren und unterschiedlichen Arbeitsplätzen entstehen. Für ältere Mitarbeitende oder besonders anspruchsvolle Sehaufgaben sollte der Arbeitsplatz heller sein. Damit verbunden ist die Modifikation des Wartungswertes der Beleuchtungsstärke und eine Erhöhung der Anforderungen an die relevanten Raumflächen (siehe Abschnitt 6.2.3).

Möglichkeiten, die modifizierten Wartungswerte auf der relevanten Raumfläche zu erreichen, sind:

- Die Leuchten werden näher zur relevanten Wandfläche positioniert.
- Zusätzliche Leuchten, beispielsweise Wallwasher oder Strahler, hellen die Wand auf und verbessern die Raumwahrnehmung.
- Insbesondere in Großraumbüros sollte an Arbeitsplätzen mit den höchsten Anforderungen der Blick in Richtung einer nahgelegenen, heller beleuchteten Wand ausgerichtet sein – nicht in die Raumtiefe, die meist dunkler wahrgenommen wird.

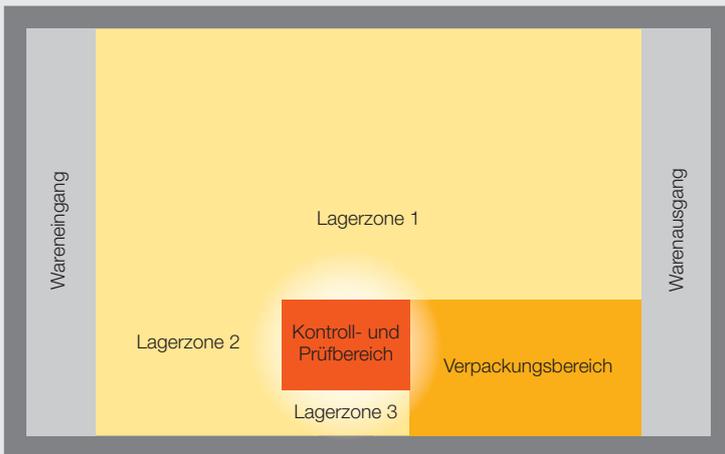
- Zusätzliche Arbeitsplatzleuchten schaffen mehr Flexibilität.
- Arbeitsplätze werden in Arbeitsgruppen gegliedert und die Beleuchtung in Zonen.
- Mit einer Lichtsteuerung können unterschiedliche Beleuchtungsstärken nach Bedarf der jeweiligen Mitarbeitenden beziehungsweise Tätigkeit eingestellt werden.

Ergänzungen zum Normbeispiel C3 – Industriehalle

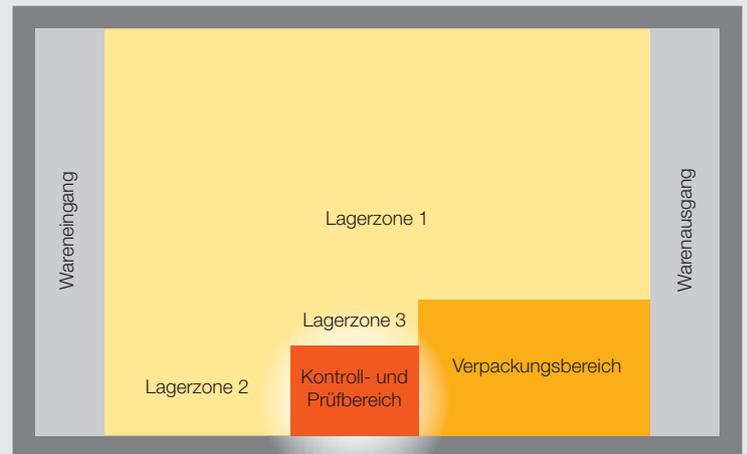
Eine Industriehalle soll beleuchtet werden. Die besondere Anforderung ist, dass die Kontrollarbeitsplätze im Halleninneren inmitten von Produktionsarbeitsplätzen liegen. Dadurch steigen die Anforderungen für die Blendungsbegrenzung und die Beleuchtungsstärken auf den Wandflächen und der Decke. Für diese Situation gibt es verschiedene Herangehensweisen:

- Es ist festzulegen, welche Raumboberflächen relevant sind und im Sichtbereich des Mitarbeitenden liegen. Die Ermittlung der höheren Werte erfolgt dann für diese Flächen.
- Besteht alternativ die Möglichkeit, den Kontrollarbeitsplatz näher und mit Blick-

Industriehalle mit Kontroll- und Prüfbereich



Industriehalle mit optimiertem Kontroll- und Prüfbereich



24

25

© licht.de

richtung an die Wand zu verlegen, lassen sich die höheren Wandbeleuchtungsstärken hauptsächlich für diese relevanten Raumbereiche in der Nähe von Arbeitsplätzen planen (siehe Abschnitt 6.2.3).

- Auch zusätzliche vertikale Flächen, etwa Trennwände, können um den Bereich mit den höchsten Anforderungen aufgestellt werden.
- Mit baulichen Abschirmungen oder vertikalen Deckenelementen wird eine mögliche Blendung von Leuchten minimiert, die nicht den erhöhten Anforderungen an die Blendungsbegrenzung entsprechen.
- Zusätzliche Arbeitsplatzleuchten schaffen mehr Flexibilität.
- In hohen Industriehallen dürfen die Decke und der obere Teil der Wand unberücksichtigt bleiben, weil sie nicht im Blickfeld der Mitarbeitenden liegen (siehe Abschnitt 6.2.3).
- Mit einer Lichtsteuerung können unterschiedliche Beleuchtungsstärken nach Bedarf der jeweiligen Mitarbeitenden beziehungsweise Tätigkeit eingestellt werden.

Lichtplanerinnen und Planern steht also eine breite Palette an Möglichkeiten zur Verfügung. Jetzt ist ihre Kreativität gefragt.



Die LiTG-Publikation 36 „Lichtqualität – Ein Prozess statt einer Kennzahl“ beschreibt eine Methodik zum Erfassen der Anforderungen an eine Lichtlösung und zur Bestimmung und Bewertung ihrer Qualität.



26

Anhang

Gutachten zum Vergleich von Arbeitsstättenregeln und Norm

Norm und Regel verfolgen unterschiedliche Zielsetzungen, die sich idealerweise ergänzen: Die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) verpflichtet Arbeitgeber auf nationaler Ebene, Gesundheitsrisiken zu vermeiden oder zu minimieren, und wird durch die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 konkretisiert. Die europaweit geltende Norm EN 12464-1, in Deutschland DIN EN 12464-1, legt Vorgaben für die Lichtplanung fest. Beide haben eine hohe Beleuchtungsqualität zum Ziel.

Eine gut ausgeführte Lichtplanung nach DIN EN 12464-1 entspricht dem anerkannten Stand der Regeln der Technik. Für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen müssen zusätzlich die Forderungen der ArbStättV zum Arbeitsschutz eingehalten werden, ASR A3.4 gibt weitere Erläuterungen.

In ihrem Gutachten „Vergleich der Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Regelwerk des Staates und der Unfallversicherungsträger mit den Anforderungen in der Normung“ bezeichnet die Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN) die Neuerungen in DIN EN 12464-1 als „positive Impulse“.

Sie kommt zu dem Ergebnis: Viele Inhalte von ASR A3.4 und DIN EN 12464-1 sind ähnlich oder sogar gleichlautend. Es bestehen nur wenige kritische Unterschiede bei den Anwendungen. Eine Reihe kleinerer Abweichungen können laut KAN „ohne wesentliche Aufwände für die betriebliche Praxis wechselseitig angeglichen werden“.

Gleichwohl gibt es Unterschiede in Formulierungen, Definitionen und dem Tabellenaufbau, die eine Vergleichbarkeit erschweren. Dies stellt Lichtplanende vor Herausforderungen. Meist wird DIN EN 12464-1 als Grundlage für die Planung herangezogen. Beim Betrieb der Anlagen müssen zudem die Anforderungen der ASR A3.4 eingehalten werden. Die KAN-Schrift thematisiert ausführlich Abweichungen bei den Beleuchtungsfaktoren, wie Beleuchtungsstärke, Größe der beleuchteten Bereiche sowie dem Umgang mit Blendung, Schatten oder Lichtmodulationen.

Beleuchtungsstärke

Bei dem so wichtigen Kriterium der Beleuchtungsstärke finden sich kaum Unterschiede. Die Dokumente des Arbeitsschutzes nennen Mindestwerte. Sie sollen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit gewährleisten. Die Norm sieht neben den

erforderlichen Wartungswerten auch modifizierte Wartungswerte vor, die den Planenden unterstützen, eine optimale Beleuchtungssituation zu schaffen (siehe Seite 9).

Tageslicht und elektrische Beleuchtung

DIN EN 12464-1 betont die Bedeutung von Tageslicht für die Gesundheit. Der Planende wählt entweder natürliche oder künstliche Lichtquellen oder eine Kombination aus beiden. Arbeitgeber hingegen dürfen nach ArbStättV nur Arbeitsplätze betreiben, die „möglichst ausreichend Tageslicht“ erhalten. Mit der Formulierung „möglichst“ ist gemeint, dass auch andere Maßnahmen möglich sind, beispielsweise eine entsprechende Pausengestaltung. Jedoch werde ausschließlich elektrisches Licht den gesetzlichen Vorgaben der Arbeitsstättenverordnung nicht gerecht.

Beleuchtete Bereiche

Eine Herausforderung stellen die verschiedenen Definitionen der Raumbereiche dar (siehe Seite 12). DIN EN 12464-1 bezieht sich auf die Beleuchtung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit, ASR A3.4 auf den gesamten Arbeitsplatz und rechnet Bewegungsflächen, Stellflächen und dem Arbeitsablauf dienende Flächen dazu. DIN EN 12464-1 Beiblatt 1 gibt hierzu Hilfestellungen und zeigt Lösungsansätze für die praktische Anwendung.

Nichtvisuelle Lichtwirkungen

Die Erkenntnisse zu nichtvisuellen Lichtwirkungen entwickeln sich zunehmend weiter und mit ihnen die entsprechenden Empfehlungen. Weder ASR A3.4 noch DIN EN 12464-1 formulieren dazu exakte Anforderungen. Zusätzliche Informationen zu visuellen und nichtvisuellen Wirkungen von Licht werden etwa im Anhang B der DIN EN 12464-1 beschrieben. Der Arbeitsschutz fordert Tageslicht, die Norm gibt Hilfestellung mit den modifizierten Wartungswerten der Beleuchtungsstärke. Zudem nennt sie Empfehlungen und Anwendungshinweise. In Deutschland gibt es mit DIN/TS 67600 eine technische Spezifikation für die Anwendung nichtvisueller Wirkungen von Licht. Berufsgenossenschaftliche Schriften, wie die DGUV-Information 215-220, geben ebenfalls Erläuterungen zum Umgang mit nichtvisuellen Lichtwirkungen.



Das KAN-Gutachten zeigt detailliert auf, an welchen Stellen sich Norm und ASR A3.4 überschneiden und wo sie voneinander abweichen. In der KAN sind die Sozialpartner, der Staat, die gesetzliche Unfallversicherung und das Deutsche Institut für Normung (DIN) vertreten.

DIN EN 12464-1 – die Versionen der Jahre 2011 und 2021 im Vergleich

Von den insgesamt 325 Anwendungen der Norm wurden nur wenige Werte der Beleuchtungsstärke geändert: neun sind höher und drei niedriger als in der Ausgabe von 2011. Auch andere Werte sind zum Teil angepasst, etwa zu Gleichmäßigkeit, Farbwiedergabe, R_{UGL} , zylindrische Beleuchtungsstärken sowie Beleuchtungsstärken von Wänden und Decke. Die Fassung von 2021 nennt darüber hinaus 36 zusätzliche Anwendungen. Alle Tabellen sind neu nummeriert.

Übersicht bei der Veränderung der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m

■ höhere Werte; ■ niedrigere Werte

Bereich	Anwendung	\bar{E}_m 2011	\bar{E}_m 2021
Logistik und Lager	Vorratskammer	100	200
	Regallager/Regalfläche	200	75
Automobilbau und -reparatur	Karosseriebau und Montage – automatisch	500	300
	Bildungseinrichtungen	Klassenzimmer	300
	Demonstrationstisch	500	750
Gesundheitseinrichtungen	Tagesraum	200	300
Intensivstation	Allgemeinbeleuchtung	100	300
	Einfache Untersuchungen	300	500
Sterilräume	Sterilisation	300	500
	Desinfektion	300	500
Bahnanlagen	Vollständig umschlossene Bahnsteige mit geringem Personenaufkommen	100	50
	Vollständig umschlossene Personenunterführungen mit hohem Personenaufkommen	100	200

Neu in die Norm aufgenommene Anwendungen

Bereich	Neue Anwendungen	\bar{E}_m		U_o
		Erforderlich	Modifiziert	
Verkehrszonen	Bereiche vor dem Lift	200	300	0,40
	Gebäudeeingang mit Vordach	30	50	0,40
	Durchgänge: bemannt	150	200	0,40
Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe-Räume	Gesichtsbeleuchtung vor Spiegeln	200	300	0,40
	Allgemeine Reinigung	100	150	0,40
Kontrollräume	Nachsortierung, Schaltanlage	500	750	0,60
Logistik und Lager	Entlade-/Ladebereiche	200	300	0,40
	Verpackungs-/Gruppierungsbereich	300	500	0,50
	Konfigurations- und Auslieferungsbereiche	750	1.000	0,60
	Offene Warenlager	200	300	0,40
	Regallager – Boden	150	200	0,50
	Zentraler Korridor der Logistik (starker Verkehr)	300	500	0,60
	Automatisierte Zonen (unbemannt)	75	100	0,40
Automobilbau und -reparatur	Formwerkstatt – große Teile	300	500	0,60
	Formwerkstatt – Sichtprüfung	500	750	0,60
	Feinarbeiten: – Montage von Unterteilen (Türen, Armaturenbrett, Polsterung) – Montage unter dem Fahrgestell – Motor und mechanische Montage – Endmontage-Förderlinie	750	1.000	0,70
	Feinarbeiten: Arbeiten mit Elektrik	750	1.000	0,60
	Allgemeine Dienstleistungen, Reparatur und Prüfung	500	750	0,60
	Büros	Konferenztisch	500	1.000
Verkaufsflächen	Lagerbereich	300	500	0,40
	Umkleide-/Anprobenraum	300	500	0,40
Bibliotheken	Allgemeinbeleuchtung	300	500	0,40
Parkplätze (innen)	Parkplätze – öffentlich zugänglich mit einer großen Anzahl von Nutzern, z. B. Einkaufszentren, Arenen.	150	200	0,40
Bildungseinrichtungen	Teilnahme an Vorträgen in den Sitzbereichen der Hörsäle und Auditorien	200	300	0,60
	Anzeigetafel	200	300	0,60
	Licht im Podiumsbereich	300	500	0,70
Bahnanlagen	Vollständig umschlossene Bahnsteige mit mittlerem Personenaufkommen	100		0,40
	Vollständig umschlossene Personenunterführungen mit mittlerem Personenaufkommen	100		0,40
	Treppen, Rolltreppen mit geringem Personenaufkommen	50		0,30
	Treppen, Rolltreppen mit mittlerem Personenaufkommen	100		0,40
	Treppen, Rolltreppen mit hohem Personenaufkommen	200		0,50
	Montagearbeiten in Wartungshallen – grob	200		0,40
	Montagearbeiten in Wartungshallen – mittel	300		0,50
	Montagearbeiten in Wartungshallen – fein	500		0,60
	Montagearbeiten in Wartungshallen – Präzision	750		0,70
	Verkehrsflächen in Wartungshallen für Schienenfahrzeuge (mit zusätzlichem Fahrzeugverkehr)	150	200	0,40

R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$	$\bar{E}_{m,Wand}$	$\bar{E}_{m,Decke}$	Spezifische Anforderungen
40	25	75	75	50	Bereich bis zu 1 m vor Lift, Aufzug, Rolltreppen/Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe
60	25		50	50	Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe
80					Vertikale Beleuchtungsstärke/0,5 m vor dem Spiegel in Kopfhöhe
		50	50	30	Anwendbar, wo regelmäßige Reinigung notwendig ist.
80	19	150	150	100	
80	25	50	50	30	
80	25	100	100	30	
80	22	150	150	30	
80	25	50	50	30	
80	25				Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe, R_{UGL} nur in Blickrichtung zur Leuchte
80	25	100	100	30	
80	25				
80	25	100	50	30	
80	22	150	50	30	
80	22	150	50	30	
90	22	150	50	30	$4.000 K \leq TCP \leq 6.500 K$ zur Farberkennung
80	22	100	50	30	Einzelplatzbeleuchtung ist zu berücksichtigen
80	19	150	150	100	Die Beleuchtung sollte steuerbar sein.
80	25	50			
90					
80	22	75	75	50	
40		50	50	15	1. Beleuchtungsstärken auf Bodenhöhe 2. Eine hohe vertikale Beleuchtungsstärke erhöht das Erkennen von Gesichtern und somit das Gefühl der Sicherheit.
80	19	75	75	50	Reduzierung durch Dimmen/Bildschirmarbeit
80	19				Vertikale Beleuchtungsstärken
80					Die Beleuchtungsstärke sollte vertikal zum Publikum ausgerichtet und steuerbar sein, um verschiedenen A/V-Anforderungen gerecht zu werden.
80					1. Besondere Beachtung der Bahnsteigkante 2. Blendung von Fahrzeugführern und Fahrgästen vermeiden 3. Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe in der Referenzfläche
80					1. Blendung von Fahrgästen vermeiden 2. Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe in der Referenzfläche 3. Bei stark reflektierenden Gehäuseoberflächen kann die durchschnittliche Beleuchtungsstärke um 50 % reduziert werden.
80					1. Blendung von Fahrgästen vermeiden 2. Besondere Beachtung der Treppenansätze
80					1. Blendung von Fahrgästen vermeiden 2. Besondere Beachtung der Treppenansätze
80					1. Blendung von Fahrgästen vermeiden 2. Besondere Beachtung der Treppenansätze
80					Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe
80					Blendung von Fahrgästen vermeiden
80					Blendung von Fahrgästen vermeiden
80					
80					

licht.de informiert über Vorteile guter Beleuchtung. Die Brancheninitiative hält zu allen Fragen des künstlichen Lichts und seiner richtigen Anwendung umfangreiches Informationsmaterial bereit. Es ist herstellernerneutral aufbereitet und basiert auf den relevanten technischen Regelwerken nach DIN und VDE.

Mit klassischer Pressearbeit, Printmedien und Online-Angeboten wendet sich licht.de an Planer und Architekten, Installateure und Händler sowie Endverbraucher. „Wissensspeicher“ sind die Webseite und Schriftenreihen. Das licht.de-Periodikum „licht.forum“ thematisiert aktuelle Fragen der Lichtenwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese kompakten Fachinformationen erscheinen in loser Folge.

Die Reihe „licht.wissen“ umfasst 21 Titel. Mit vielen Beleuchtungsbeispielen erläutern diese Themenhefte lichttechnische Grundlagen und zeigen beispielhafte Lösungen. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

Ihr umfangreiches Lichtwissen präsentiert die Brancheninitiative auch im Internet unter www.licht.de. Architekten, Planer, Installateure und Endverbraucher finden hier auf mehr als 5.000 Seiten praxisorientierte Tipps, viele Lichtenwendungen und aktuelle Informationen zu Licht und Beleuchtung. Eine Datenbank mit umfangreichen Beschreibungen weist den direkten Weg zum Hersteller.



Die licht.de-Schriftenreihe.
Als kostenfreie PDF-Datei (Download)
unter www.licht.de/lichtwissen

- 01 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2016)
- 02 Lernen in neuem Licht (2023)
- 03 Straßen, Wege und Plätze (2014)
- 04 Licht im Büro, motivierend und effizient (2012)
- 05 Industrie und Handwerk (2018)
- 06 Shopbeleuchtung, attraktiv und effizient (2011)
- 07 Gesundheitsfaktor Licht (2012)
- 08 Sport und Freizeit (2010)
- 09 Sanierung in Gewerbe, Handel und Verwaltung (2014)
- 10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2016)
- 11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)
- 12 Lichtmanagement (2016)
- 13 Arbeitsplätze im Freien (2007)
- 14 Licht für Wohnräume (2019)
- 15 Gute Beleuchtung rund ums Haus (2009)
- 16 Stadtmarketing mit Licht (2010)
- 17 LED: Grundlagen – Applikation – Wirkung (2018)
- 18 Licht für Museen und Ausstellungen (2016)
- 19 Wirkung des Lichts auf den Menschen (2014)
- 20 Nachhaltige Beleuchtung (2014)
- 21 Leitfaden Human Centric Lighting (HCL) (2018)

Some booklets are available in English as PDF files. Free download at www.all-about-light.org

IMPRESSUM

Herausgeber:
licht.de – eine Brancheninitiative des ZVEI e. V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Tel. 069 6302-353
Fax 069 6302-400
licht.de@zvei.org
www.licht.de

Redaktion, Gestaltung und Realisation:
rfw. kommunikation, Darmstadt
www.rfw-kom.de

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



Deutsche Gesellschaft für
LichtTechnik und LichtGestaltung e.V.
Danneckerstraße 16
10245 Berlin
Tel. 030 2636-9524
info@litg.de
www.litg.de