

DIN EN 12464-1

ICS 91.160.10

Ersatz für
DIN EN 12464-1:2011-08**Licht und Beleuchtung –
Beleuchtung von Arbeitsstätten –
Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen;
Deutsche Fassung EN 12464-1:2021**

Light and lighting –
Lighting of work places –
Part 1: Indoor work places;
German version EN 12464-1:2021

Lumière et éclairage –
Éclairage des lieux de travail –
Partie 1: Lieux de travail intérieurs;
Version allemande EN 12464-1:2021

Gesamtumfang 128 Seiten

DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL)
DIN-Normenausschuss Dental (NADENT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12464-1:2021) wurde von der Arbeitsgruppe WG 2 „Beleuchtung von Arbeitsstätten“ des Technischen Komitees CEN/TC 169 „Licht und Beleuchtung“ erarbeitet, deren Sekretariate von DIN (Deutschland) gehalten werden.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 058-00-04 AA „Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht“ im DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL).

Sicherheit und Gesundheitsschutz

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

Weitere Hinweise zum Thema Beleuchtung enthalten fachspezifische Publikationen der Unfallversicherungsträger, zum Beispiel die DGUV Information 215-210 „Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten“, DGUV Information 215-442 „Beleuchtung im Büro“ und die DGUV Information 215-220 „Nichtvisuelle Wirkungen von Licht auf den Menschen“. Die Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (DGUV Vorschrift 1) verweist auf die ArbStättV.

Werden die Planung und/oder der Betrieb von Beleuchtungsanlagen in Arbeitsstätten ausschließlich nach dieser Norm vorgenommen, kann das dazu führen, dass die o. a. staatlichen Anforderungen oder die Anforderungen der Unfallversicherungsträger an die Beleuchtung nicht eingehalten sind. Zusätzliche oder abweichende Anforderungen der ASR A3.4 zu dieser Norm betreffen insbesondere:

- die Zusammenfassung der Bereiche der Sehaufgaben zu einem Arbeitsbereich;
- die Ausdehnung des unmittelbaren Umgebungsbereichs auf den restlichen Raum;
- die Mindestwerte der Beleuchtungsstärke für einige Arbeitsplätze;
- die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärken.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

IEC TR 61547-1:2020	siehe	DIN EN 61547 Beiblatt 1 (VDE 0875-15-2 Beiblatt 1):2021-03
IEC TR 63158:2018	siehe	DIN IEC/TR 63158 (DIN SPEC 43197):2019-06
ISO 3864-1	siehe	DIN ISO 3864-1

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12464-1:2011-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Bedürfnisse der Anwender werden durch eine zusätzliche Stufe an Empfehlungen, die in den Tabellen in Abschnitt 6 neben den Mindestanforderungen stehen, besser wiedergegeben. Die bereits bestehenden Anforderungen von 4.3.3 bekommen dadurch eine größere Bedeutung;
- b) die Auswirkungen visueller und nichtvisueller Effekte von Licht werden im neuen Anhang C erläutert;
- c) die Anforderungen an Wände, Decken und zylindrische Beleuchtungsstärken werden vom Haupttext in die Tabellen in Abschnitt 6 verschoben, um die Sichtbarkeit und Benutzerfreundlichkeit zu verbessern;
- d) ein neues Kapitel zu Überlegungen für die Planung (Abschnitt 5) gibt Hinweise, wie die Anforderungen beim Entwurf von Beleuchtung für Sehaufgaben und Aktivitäten in einem Raum angewendet werden können;
- e) die Beziehung zwischen dem Bereich der Sehaufgabe und seiner unmittelbaren Umgebung und dem Hintergrundbereich ist detaillierter aufgeführt (4.3.3, 4.3.4, 4.3.5);
- f) die Anforderungen bezüglich der Blendung wurden näher erläutert, um die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern, einschließlich einer Erläuterung der Abschirmung in 4.5. Empfohlene Vorgehensweisen für UGR (en: unified glare rating) in unüblichen Situationen wurden in einem neuen Anhang B hinzugefügt;
- g) Flimmern und stroboskopische Effekte wurden aktualisiert (4.8);
- h) redaktionelle Überarbeitung der Norm;
- i) es wird ein neuer Anhang D eingeführt, der Beispiele für die Herleitung der Anforderungen in verschiedenen Anwendungen (Büro/Industrie) für die Planung von Beleuchtung enthält.

Frühere Ausgaben

DIN 5035: 1935-11, 1953-07, 1963-08
 DIN 67505-1: 1962-07
 DIN 67505-2: 1962-06
 DIN 5035-1: 1972-01, 1979-10, 1990-06
 DIN 5035-2: 1972-01, 1979-10, 1990-06, 1990-09
 DIN 5035-3: 1974-02, 1988-09
 DIN 67505: 1975-10, 1986-09
 DIN 67528: 1976-05, 1993-12
 DIN 5035-4: 1983-02
 DIN 5035-7: 1988-09
 DIN EN 12464-1: 2003-03, 2011-08

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61547 Beiblatt 1 (VDE 0875-15-2 Beiblatt 1):2021-03, *Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke — EMV-Störfestigkeitsanforderungen; Beiblatt 1: Objektives Flickermeter und Störfestigkeitsprüfverfahren gegen Spannungsschwankungen (IEC TR 61547-1:2020)*

DIN IEC/TR 63158 (DIN SPEC 43197):2019-06, *Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke — Objektives Prüfverfahren der stroboskopischen Effekte von Beleuchtungseinrichtungen (IEC TR 63158:2018 + COR1:2018)*

DIN ISO 3864-1, *Graphische Symbole — Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen — Teil 1: Gestaltungsgrundlagen für Sicherheitszeichen und Sicherheitsmarkierungen*

Deutsche Fassung

Licht und Beleuchtung —
Beleuchtung von Arbeitsstätten —
Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen

Light and lighting —
Lighting of work places —
Part 1: Indoor work places

Lumière et éclairage —
Éclairage des lieux de travail —
Partie 1: Lieux de travail intérieurs

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. Mai 2021 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Kriterien der Beleuchtungsplanung	9
5.1 Licht-Umgebung	9
5.2 Leuchtdichteverteilung	10
5.2.1 Allgemeines	10
5.2.2 Reflexionsgrad der Oberflächen	11
5.2.3 Beleuchtungsstärke auf Oberflächen	11
5.3 Beleuchtungsstärke	11
5.3.1 Allgemeines	11
5.3.2 Skala der Beleuchtungsstärke	11
5.3.3 Beleuchtungsstärken im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit	12
5.3.4 Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs	13
5.3.5 Beleuchtungsstärke im Hintergrundbereich	14
5.3.6 Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke	15
5.4 Raster für die Beleuchtungsstärke	16
5.5 Blendung	18
5.5.1 Allgemeines	18
5.5.2 Begrenzung der Leuchtdichte der Leuchte	19
5.5.3 Psychologische Blendung	20
5.5.4 Schleierreflexionen und Reflexblendung	22
5.6 Räumliche Beleuchtung	22
5.6.1 Allgemeines	22
5.6.2 Anforderungen an die zylindrische Beleuchtungsstärke im Tätigkeitsbereich	22
5.6.3 Modelling	23
5.6.4 Gerichtete Beleuchtung von Sehaufgaben	23
5.7 Farbaspekte	23
5.7.1 Allgemeines	23
5.7.2 Lichtfarbe	24
5.7.3 Farbwiedergabe	24
5.8 Flimmern und stroboskopische Effekte	25
5.8.1 Allgemeines	25
5.8.2 Flimmern	25
5.8.3 Stroboskopischer Effekt	25
5.9 Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen (en: Display Screen Equipment, DSE)	25
5.9.1 Allgemeines	25
5.9.2 Leuchtdichtegrenzen von Leuchten mit nach unten gerichtetem Lichtstrom	26
6 Überlegungen für die Planung der Beleuchtung	27
6.1 Allgemeines	27
6.2 Anforderungen an die Beleuchtungsstärke und Empfehlungen	27
6.2.1 Allgemeines	27

6.2.2	Beleuchtung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit und seines unmittelbaren Umgebungsbereichs (siehe 5.3).....	27
6.2.3	Beleuchtung des Raumes.....	28
6.2.4	Einstellbarkeit des Beleuchtungssystems.....	28
6.3	Wartungsfaktor.....	29
6.4	Anforderungen an die Energieeffizienz	30
6.5	Ergänzende Vorteile von Tageslicht.....	30
6.6	Variabilität des Lichts.....	30
6.7	Raumhelligkeit.....	31
7	Verzeichnis der spezifischen Beleuchtungsanforderungen	31
7.1	Aufbau der Tabellen.....	31
7.2	Verzeichnis der Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche	32
7.3	Beleuchtungsanforderungen für Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche und die Helligkeit der Räume	34
8	Überprüfungen.....	95
8.1	Allgemeines	95
8.2	Beleuchtungsstärken	95
8.3	Vereinheitlichte Blendungsbegrenzung UGR (en: Unified Glare Rating)	95
8.4	Farbwiedergabe und Lichtfarbe	95
8.5	Leuchtdichte der Leuchte.....	95
8.6	Wartungsplan	95
Anhang A (informativ) Empfohlenes Vorgehen bei der Anwendung von UGR in „unüblichen“ Situationen.....		96
A.1	Allgemeines	96
A.2	Empfohlene Praxis	96
Anhang B (informativ) Zusätzliche Informationen zu visuellen und nichtvisuellen Wirkungen von Licht.....		98
B.1	Allgemeines	98
B.2	Wahrgenommene Raumhelligkeit	98
B.3	Alternative Parameter.....	98
B.4	Adaptationsleuchtdichte innerhalb des normalen Gesichtsfeldes	100
B.5	Der Einfluss der Spektralverteilung auf nichtvisuellen Wirkungen von Licht.....	100
B.6	Unterschiedliche Beleuchtungsverhältnisse.....	101
B.7	Tageslichtversorgung	101
Anhang C (informativ) Überlegungen zum Beleuchtungsdesign — Beispiele		103
C.1	Beispiel für Büros.....	103
C.2	Beispiel für eine Industriewerkstatt mit Maschinen	104
C.3	Beispiel für eine Industriewerkstatt mit Maschinen und Inspektionsbereich	106
C.4	Beispiel für die Elektronikindustrie	108
Anhang D (informativ) Verkehrsbereiche – Bahnanlagen.....		109
D.1	Bahnsteigkante	109
D.2	Begrenzung der Blendung für Zugführer	109
D.3	Wartungshallen.....	109
D.4	Verkehrsflächen.....	109
Anhang E (informativ) A-Abweichungen.....		110
Literaturhinweise.....		111
Stichwortverzeichnis		113

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 12464-1:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 169 „Licht und Beleuchtung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2022 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 12464-1:2011.

Die ursprüngliche Norm EN 12464-1:2002 wurde bereits in der ersten überarbeiteten Fassung EN 12464-1:2011 verändert. Sie legt die Anforderungen an gute Beleuchtungslösungen fest und gibt keine Gestaltungsrichtlinien vor. Mit den Erfahrungen aus der Anwendung dieser Norm werden die nächsten Schritte in die Entwicklung dieser Norm unternommen und die Bedürfnisse von Menschen und Anwendern werden breiter gewürdigt. Die lichttechnischen Anforderungen für Bereiche, in denen Sehaufgaben ausgeführt werden, stehen in engem Zusammenhang mit dem Raum, in dem sie durchgeführt werden. Technologisch hat die LED als Lichtquelle die Führungsposition von früheren Technologien übernommen. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur vorherigen Fassung sind:

- Die Empfehlungen in den Tabellen in Abschnitt 7 berücksichtigen die Bedürfnisse der Lichtnutzer stärker als in der Vergangenheit. Die Anforderungen an die notwendige Beleuchtungsstärke nach Abschnitt 7 sind daher differenzierter.
- Die Auswirkungen der visuellen und nichtvisuellen Wirkungen von Licht auf die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden des Menschen werden im neuen informativen Anhang B näher erläutert.
- Die Anforderungen an Wände, Decken und zylindrische Beleuchtungsstärken werden vom Haupttext in die Tabellen in Abschnitt 7 verschoben, um die Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit zu verbessern.
- Ein neues Kapitel zu Überlegungen für die Planung (Abschnitt 6) gibt Hinweise, wie die Anforderungen beim Entwurf von Beleuchtung für Sehaufgaben und Aktivitäten in einem Raum angewendet werden können.
- Die Beziehung zwischen dem Bereich der Sehaufgabe und seiner unmittelbaren Umgebung und dem Hintergrundbereich ist detaillierter aufgeführt (5.3.3, 5.3.4, 5.3.5).
- Die Anforderungen bezüglich der Blendung wurden näher erläutert, um die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern, einschließlich einer Erläuterung der Abschirmung in 5.5. Empfohlene Vorgehensweisen bei der Anwendung von UGR in nicht standardmäßigen Situationen wurden in einem neuen informativen Anhang A hinzugefügt.
- Flimmern und stroboskopische Effekte wurde aktualisiert (5.8).
- Es wird ein neuer informativer Anhang C eingeführt, der Beispiele für die Herleitung der Anforderungen in verschiedenen Anwendungen (Büro/Industrie) für die Gestaltung von Beleuchtung enthält.
- Es wird ein neuer informativer Anhang D eingeführt, um zusätzliche Informationen zu den spezifischen Anforderungen für Eisenbahnanlagen bereitzustellen, die in Tabelle 61 aufgeführt sind.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Geeignete und angemessene Beleuchtung ermöglicht es Menschen, Sehaufgaben effizient und genau auszuführen, einschließlich Aufgaben, die über einen längeren Zeitraum oder auf wiederholende Art und Weise ausgeführt werden. Die bei einem Großteil der Arbeitsstätten erforderliche Güte an die Sichtbarkeit und des Sehkomforts wird bestimmt durch die Art und die Dauer der Tätigkeit. Die Beleuchtung beeinflusst auch den circadianen Rhythmus und die Stimmung und verbessert unsere Leistungsfähigkeit und unser Wohlbefinden.

Das endgültig entworfene, installierte und betriebene Beleuchtungssystem sollte eine effiziente und effektive Beleuchtung von guter Qualität für die Bedürfnisse des Anwenders zur Verfügung stellen, die auf das individuelle Sehvermögen zugeschnitten ist, z. B. ältere Personen an Arbeitsplätzen.

Es ist wichtig, dass alle Abschnitte dieses Dokuments beachtet werden, obwohl die Zielwerte für Beleuchtungskriterien und spezifische Anforderungen, abhängig von der Art der Aufgabe/Tätigkeit, im Verzeichnis der Beleuchtungsanforderungen aufgeführt sind (siehe Abschnitt 7).

Dieses Dokument spiegelt die allgemein anerkannte beste Praxis wider.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Beleuchtungsanforderungen für Menschen an Arbeitsplätzen in Innenräumen fest, die den Anforderungen an den Sehkomfort und die Sehleistung von Personen mit normalem oder auf normal korrigiertem Sehvermögen entsprechen. Alle üblichen Sehaufgaben werden berücksichtigt, einschließlich derjenigen am Bildschirm (DSE, en: Display Screen Equipment).

Dieses Dokument legt Anforderungen an Beleuchtungslösungen für die meisten Arbeitsstätten in Innenräumen und deren zugehörigen Flächen in Bezug auf Quantität und Qualität der Beleuchtung fest. Darüber hinaus werden Empfehlungen für eine gute Umsetzung der Beleuchtung gegeben, einschließlich visueller und nichtvisueller Beleuchtungsanforderungen. Dieses Dokument legt keine Beleuchtungsanforderungen in Bezug auf die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit fest und wurde nicht im Anwendungsbereich von Artikel 169 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union erarbeitet, obwohl die lichttechnischen Anforderungen, wie sie in diesem Dokument festgelegt sind, in der Regel die Anforderungen im Hinblick auf Sicherheit erfüllen.

ANMERKUNG Beleuchtungsanforderungen in Bezug auf die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit können enthalten sein in Richtlinien, die auf dem Artikel 169 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union basieren, in nationalen Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten, die diese Richtlinien umsetzen, oder in anderer nationaler Rechtssetzung der Mitgliedstaaten.

Dieses Dokument enthält weder spezifische Lösungen, noch beschränkt sie die Freiheit der Planer, neue Techniken zu erkunden oder innovative Beleuchtungsanlagen einzusetzen. Die Beleuchtung kann durch Tageslicht, elektrische Beleuchtung oder eine Kombination aus beidem erfolgen.

Dieses Dokument gilt nicht für die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien und im Untertage-Bergbau oder für Notbeleuchtung. Für Arbeitsstätten im Freien siehe EN 12464-2 und für Notbeleuchtung siehe EN 1838 und EN 13032-3.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12193, *Licht und Beleuchtung — Sportstättenbeleuchtung*

EN 12665, *Licht und Beleuchtung — Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung*

EN 17037:2018, *Tageslicht in Gebäuden*

EN 60601-2-41:2009,¹ *Medizinische elektrische Geräte — Teil 2-41: Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Operationsleuchten und Untersuchungsleuchten*

EN ISO 9680, *Zahnheilkunde — Behandlungsleuchten (ISO 9680)*

ISO 3864-1, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*

ISO/CIE TS 22012, *Light and lighting — Maintenance factor determination — Way of working*

1 Beeinflusst durch EN 60601-2-41:2009/A11:2011 und EN 60601-2-41:2009/A1:2015.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 12665, EN 17037 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1

Bereich der Tätigkeit

Bereich, der eine oder mehrere Sehaufgaben enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Sehaufgaben können sich in Typ und/oder Position unterscheiden.

Anmerkung 2 zum Begriff: In einem Raum können sich ein oder mehrere Bereiche der Tätigkeit befinden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die räumliche Orientierung muss vom Planer angegeben werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Ein Bereich der Tätigkeit ist nicht als Ansammlung einer Reihe von verschiedenen Bereichen der Sehaufgabe über einen größeren Bereich zu betrachten.

3.2

Modelling

Wirkung von gerichteter Beleuchtung, um die Tiefe, Form und Textur eines Objekts oder einer Person sichtbar zu machen

[QUELLE: CIE S 017:2020, 17-29-170]

4 Symbole und Abkürzungen

$\bar{E}_{m,Wand}$	Wartungswerte der Beleuchtungsstärke an Wänden	5.2.3
$\bar{E}_{m,Decke}$	Wartungswerte der Beleuchtungsstärke an Decken	5.2.3
U_o	Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke	5.2.3
$\bar{E}_m$	Wartungswert der Beleuchtungsstärke ²	5.3.3
α	Abschirmwinkel	5.5.2
γ	Ausstrahlungswinkel	5.5.2
DGP	Tageslichtblendungswahrscheinlichkeit	5.5.3.1
R_{UG}	vereinheitlichte Blendungsbegrenzung der CIE (UGR, en: Unified Glare Rating)	5.5.3.2
R_{UGL}	R_{UG} -Grenzwert	5.5.3.2
$\bar{E}_z$	mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke ³	5.6.2

2 Nach EN 12655 ist $\bar{E}_m$ der Wert, unter den die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer festgelegten Fläche nicht fallen darf.

3 Näherung des Durchschnitts der vier Hauptrichtungen.

$\bar{E}_{m,z}$	Wartungswert der mittleren zylindrischen Beleuchtungsstärke	5.6.2
T_{cp}	ähnlichste Farbtemperatur	5.7.2
R_a	allgemeiner Farbwiedergabeindex	5.7.3
R_i	spezieller Farbwiedergabeindex	5.7.3
TLA	temporale Lichtartefakte (en: temporal light artefacts)	5.8.1
P_{st}^{LM}	IEC: Kurzzeit-Lichtmodulation/-Flimmerindikator	5.8.2
SVM	Stroboskopisches Sichtbarkeitsmaß (en: Stroboscopic Visibility Measure)	5.8.3
$\bar{E}$	mittlere Beleuchtungsstärke	5.8.3
DSE	Bildschirm (en: Display Screen Equipment)	5.9
L	Leuchtdichte	5.9.2
f_m	Wartungsfaktor	6.3
$\bar{E}_i$	Neuwert der Beleuchtungsstärke	6.3
LENI	Energieeffizienz (en: lighting energy numeric indicator)	6.4

5 Kriterien der Beleuchtungsplanung

5.1 Licht-Umgebung

Gute Beleuchtung bedingt, dass zusätzlich zu den geforderten Beleuchtungsstärken quantitative und qualitative Anforderungen erfüllt werden.

Die Anforderungen an die Beleuchtung werden bestimmt durch die Zufriedenstellung von drei grundsätzlichen Bedürfnissen des Menschen:

- Sehkomfort, bei dem sich die Beschäftigten wohlfühlen; indirekt trägt dies auch zu einer höheren Produktivität und einer höheren Arbeitsqualität bei;
- Sehleistung, mit der die Beschäftigten in der Lage sind, ihre Sehaufgaben auszuführen, selbst unter schwierigen Umständen und über längere Zeiträume;
- Sicherheit.

Die wichtigsten Kriterien, die die Lichtumgebung unter Berücksichtigung von elektrischem Licht und Tageslicht bestimmen, sind:

- Leuchtdichtevertelung;
- Beleuchtungsstärke;
- Blendung;
- Lichtrichtung, räumliche Beleuchtung;
- Farbwiedergabe und Lichtfarbe des Lichts;
- Flimmern;
- Variabilität des Lichts (Niveau und Farbe des Lichts).

Diese Kriterien werden in den Abschnitt 5 und Abschnitt 6 näher beschrieben, Anforderungen und Empfehlungen sind in Abschnitt 7 angegeben.

ANMERKUNG Neben der Beleuchtung gibt es weitere visuelle ergonomische Parameter, die die Sehleistung beeinflussen, wie zum Beispiel:

- spezifische Merkmale der Sehaufgabe (Größe, Form, Position, Farbe und Reflexionsgrad des Details und des Hintergrunds);
- Sehvermögen der Person (Sehschärfe, Tiefenwahrnehmung, Farbwahrnehmung) (siehe CIE 227);
- für sehbehinderte Menschen, z. B. mit Blendungsempfindlichkeit, Gesichtsfelddefekten, Adaptation und vermindertem Kontrast- und Farbsehvermögen, bei denen Dimmen, Blendschutz und Farbwiedergabe besonders zu beachten sind, siehe CIE 227.

5.2 Leuchtdichteverteilung

5.2.1 Allgemeines

Die Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld bestimmt den Adaptationszustand der Augen, der die Sichtbarkeit der Sehaufgabe beeinflusst.

Eine ausgewogene Adaptationsleuchtdichte ist erforderlich zur Erhöhung von:

- Sehschärfe;
- Kontrastempfindlichkeit (Unterscheidung kleiner relativer Leuchtdichteunterschiede);
- Effizienz der Augenfunktionen (wie Akkommodation, Konvergenz, Pupillenkontraktion, Augenbewegungen usw.).

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

- zu hohe Leuchtdichten und Leuchtdichtekontraste, die Blendung verursachen können;
- zu hohe Variation der Leuchtdichte, die aufgrund der ständigen Neu-Adaptation der Augen zu Ermüdung führt;
- zu geringe Leuchtdichte und zu geringe Leuchtdichtekontraste, die zu einer eintönigen und nicht anregenden Arbeitsumgebung führen.

Um eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung zu erzeugen, müssen die Leuchtdichten aller Oberflächen berücksichtigt werden. Sie werden durch den Reflexionsgrad der Oberfläche und die Beleuchtungsstärke auf den Oberflächen bestimmt. Um den Eindruck von Düsternis zu vermeiden und sowohl den Adaptationsgrad als auch das Wohlbefinden der Menschen in Gebäuden zu erhöhen, ist es wünschenswert, helle Raumbooberflächen zu verwenden. Die Helligkeit eines Raums wird durch Anforderungen an Beleuchtungsstärken an Wänden und Decke (siehe Abschnitt 7) und durch Empfehlung von Reflexionsgraden berücksichtigt. Anhang B enthält weitere Einzelheiten zu möglichen Maßnahmen.

Obwohl Anforderungen an die Leuchtdichte eine repräsentative Möglichkeit zur Beschreibung der visuellen Umgebung wären, werden in diesem Dokument Anforderungen an die Beleuchtungsstärke aufgeführt, da Anforderungen an die Leuchtdichte aufgrund ihrer Abhängigkeit von den speziellen Materialeigenschaften und Betrachtungspunkten komplexer sind.

Der Lichtplaner muss die geeigneten Anforderungen an Reflexionsgrad (5.2.2) und Beleuchtungsstärke für Raumbooberflächen (5.2.3) auf der Grundlage der folgenden Anleitung berücksichtigen und auswählen.

5.2.2 Reflexionsgrad der Oberflächen

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.

Der Reflexionsgrad wichtiger Objekte (wie Möbel, Maschinen usw.) sollte im Bereich von 0,2 bis 0,7 liegen.

ANMERKUNG Klarglas im Innenbereich hat normalerweise einen Reflexionsgrad von 0,1.

Für Berechnungen in der Planung sollten die Reflexionsgrade der Oberflächen so nah wie möglich an denen der realen Oberflächen definiert werden, wobei die Abweichungen des Reflexionsgrades auf einer Oberfläche zu berücksichtigen ist.

5.2.3 Beleuchtungsstärke auf Oberflächen

Beleuchtungsstärken an Wänden und Decken sowie Reflexionsgrade der Oberflächen (siehe 5.2.2) tragen zur Leuchtdichte bei und sind Indikatoren für die wahrgenommene Raumhelligkeit.

Abschnitt 7 enthält Mindestanforderungen für die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke an Wänden ($\bar{E}_{m,Wand}$) und Decken ($\bar{E}_{m,Decke}$), abhängig von den Aufgaben und/oder Aktivitäten, die im Raum ausgeführt werden. Die Gleichmäßigkeit für Wände und Decken muss $U_o \geq 0,10$ betragen (siehe 5.3.6).

ANMERKUNG Weitere Hinweise sind in Abschnitt 6 enthalten.

5.3 Beleuchtungsstärke

5.3.1 Allgemeines

Zu beleuchtende Bereiche sind Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche, der unmittelbare Umgebungs- und Hintergrundbereich, Wände, Decke und Objekte im Raum.

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

Alle in diesem Dokument angegebenen Beleuchtungsstärken sind Wartungswerte der Beleuchtungsstärke und berücksichtigen Sehkomfort und Leistungserfordernisse.

Die Auslegung auf höhere Beleuchtungsstärken bietet ausreichend Kapazität für die Anwendung von Kontextmodifikatoren (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2) und Steuerungen. Höhere Beleuchtungsstärken müssen verwendet werden, wenn dies relevant ist, z. B. nur für bestimmte Teile des Tages.

Für die Berechnung und Messung von Mittelwerten und Gleichmäßigkeiten der Beleuchtungsstärke muss die in 5.4 festgelegte Rasterspezifikation verwendet werden.

5.3.2 Skala der Beleuchtungsstärke

Um wahrnehmbare Unterschiede zu erhalten, werden nach EN 12665 als Stufen der Beleuchtungsstärke (in lx) empfohlen:

5 - 7,5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1 000 - 1 500 - 2 000 - 3 000 - 5 000 - 7 500 - 10 000

5.3.3 Beleuchtungsstärken im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit

Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke muss mindestens die Anforderung nach Abschnitt 7 ($\bar{E}_m$, erforderlich) erfüllen und ist für übliche Sehbedingungen unter Berücksichtigung der folgenden Faktoren zu verwenden:

- psychophysiologische Aspekte wie Sehkomfort und Wohlbefinden;
- Anforderungen an Sehaufgaben;
- visuelle Ergonomie;
- praktische Erfahrung;
- Beitrag zur funktionalen Sicherheit;
- Wirtschaftlichkeit.

Die in Abschnitt 7 angegebenen Werte sind Wartungswerte der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit auf der Bewertungsfläche, die horizontal, vertikal oder geneigt sein kann.

Es wird jedoch empfohlen, den Wartungswert der Beleuchtungsstärke zu erhöhen [um eine oder zwei Stufen in der Skala der Beleuchtungsstärken (siehe 5.3.2)], abhängig von den in Tabelle 1 angegebenen Kontextmodifikatoren, wenn die Sehbedingungen von den üblichen Annahmen abweichen.

Als Beispiel wird eine Erhöhung um eine Stufe empfohlen, wenn eine oder zwei der in Tabelle 1 aufgeführten Bedingungen zutreffen, und eine Erhöhung um zwei Stufen, wenn mehr als zwei dieser Bedingungen zutreffen. Für Beispiele siehe Anhang C.

Ein modifizierter Wert, der übliche Kontextmodifikatoren berücksichtigt, ist in Abschnitt 7 angegeben ($\bar{E}_m$, modifiziert). Dieser modifizierte Wert ist nicht als oberer Grenzwert zu verstehen.

Tabelle 1 — Kontextmodifikatoren zur Erhöhung des Wartungswerts der Beleuchtungsstärke

die Sehaufgabe ist kritisch für den Arbeitsablauf;
Fehler können nur unter 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.

ANMERKUNG 1 Die Beleuchtungsstärke der Retina nimmt mit zunehmendem Alter ab, da sich die Pupillengröße verringert und die spektrale Absorption der Augenlinse erhöht. Es ist für Beleuchtungspraktiker sinnvoll die Beleuchtungsstärke zu erhöhen, um älteren Menschen dabei zu helfen, die altersbedingten Verluste bei der Beleuchtungsstärke der Netzhaut auszugleichen. Weitere Informationen können CIE 227:2017 entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Tageslichtversorgung wird in 6.5 berücksichtigt.

Der nach 7.3 erforderliche Wert $\bar{E}_m$ ist ein Mindestwert für normale Arbeitsbedingungen.

Eine Verringerung der Beleuchtungsstärke um eine Stufe kann in Betracht gezogen werden, wenn die Bedingungen aus Tabelle 2 zutreffen.

Tabelle 2 — Kontextmodifikatoren zur Verringerung des Wartungswerts der Beleuchtungsstärke

Aufgabedetails sind ungewöhnlich groß oder weisen einen ungewöhnlich hohen Kontrast auf;
die Aufgabe wird für eine ungewöhnlich kurze Zeit durchgeführt.

Die Anwendung einer Dimmung berücksichtigt mögliche zukünftige Änderungen der Arbeitsbedingungen.

ANMERKUNG 3 Für Sehbehinderte können besondere Voraussetzungen hinsichtlich Beleuchtungsstärke und Kontrast nötig sein.

Die Größe und Position des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit muss angegeben und dokumentiert werden, siehe Bild 1.

Für Arbeitsplätze, an denen die Größe und/oder der Ort des Bereichs (der Bereiche) der Sehaufgabe(n) oder Tätigkeit(en) unbekannt ist (sind), gilt Folgendes:

- der gesamte Bereich wird als Bereich der Sehaufgabe behandelt oder
- der gesamte Bereich wird gleichmäßig ($U_o \geq 0,40$) mit einer vom Planer festgelegten Beleuchtungsstärke beleuchtet. Wenn der Bereich der Sehaufgabe bekannt ist, muss das Beleuchtungskonzept angepasst werden, um die erforderlichen Beleuchtungsstärken zu erzeugen.

Wenn die Art der Sehaufgabe nicht bekannt ist, muss der Planer Annahmen über die voraussichtlichen Sehaufgaben und deren Anforderungen treffen.

Wenn der gesamte Bereich auf einen bestimmten Beleuchtungsstärkewert beleuchtet wird, wird empfohlen, die Beleuchtung in entsprechenden Zonen zu steuern.

Wenn in einem Bereich mehrere Aufgaben ausgeführt werden, müssen die Anforderungen für alle diese Aufgaben erfüllt werden.

Dies gilt auch für einen Bereich der Tätigkeit.

5.3.4 Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs

Große örtliche Unterschiede in der Beleuchtungsstärke in der Umgebung eines Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit können zu visueller Beanspruchung und Unbehagen führen.

Die Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs muss sich nach der Beleuchtungsstärke des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit richten und sollte eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld schaffen. Der unmittelbare Umgebungsbereich sollte innerhalb des Gesichtsfeldes als Streifen mit einer Breite von mindestens 0,5 m den Bereich der Sehaufgabe umgeben.

Die Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs darf niedriger sein als die Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe, darf jedoch nicht unter den in Tabelle 3 angegebenen Werten liegen.

Neben der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit muss die Beleuchtung eine angemessene Adaptations-Leuchtdichte nach 5.2 bieten.

Die Größe und Position des unmittelbaren Umgebungsbereichs muss angegeben und dokumentiert werden.

Tabelle 3 — Verhältnis der Beleuchtungsstärken im unmittelbaren Umgebungsbereich zu den Beleuchtungsstärken im Aufgaben- oder Tätigkeitsbereich

Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit	Beleuchtungsstärke im unmittelbaren Umgebungsbereich
$\bar{E}_m$ lx	lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
≤ 150	<i>gleicher Wert wie im Bereich der Sehaufgabe</i>

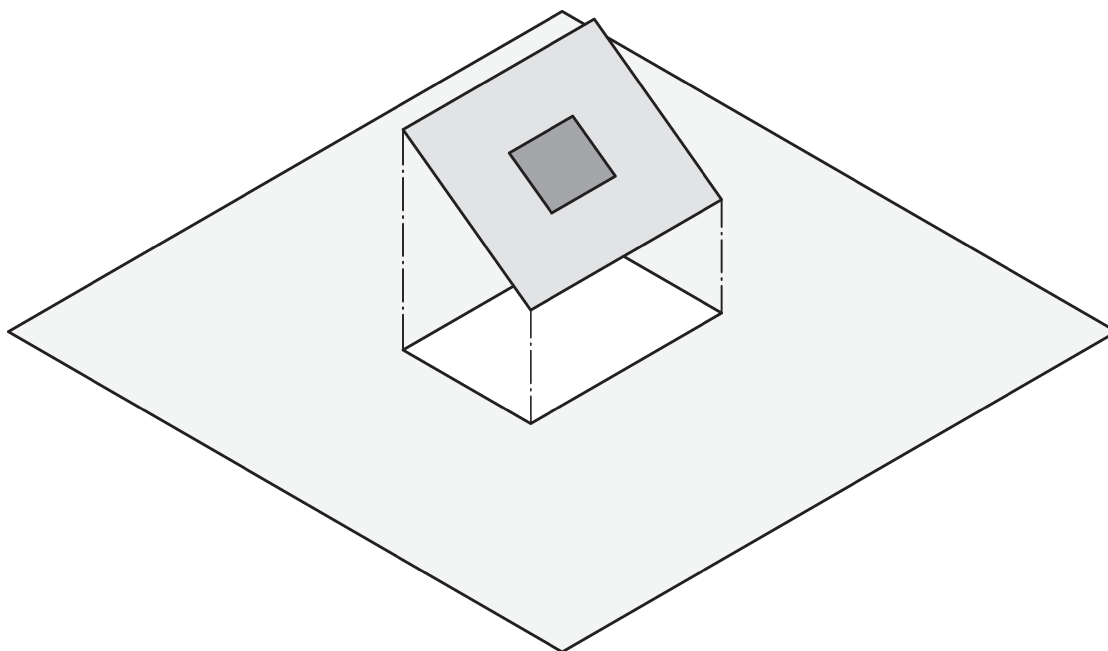
Bild 1 zeigt das Mindestmaß des unmittelbaren Umgebungsbereichs in Bezug zum Bereich der Sehaufgabe.

5.3.5 Beleuchtungsstärke im Hintergrundbereich

An Arbeitsplätzen im Innenbereich, insbesondere an Arbeitsplätzen ohne Tageslicht, ist ein großer Bereich außerhalb des unmittelbaren Umgebungsbereichs zu beleuchten. Der Hintergrundbereich ist ein horizontaler Bereich auf Bodenhöhe. Er ist innerhalb der Grenzen des Raums ein an den unmittelbaren Umgebungsbereich angrenzender Streifen und muss mit dem Wartungswert der Beleuchtungsstärke von 1/3 des Wertes des unmittelbaren Umgebungsbereichs beleuchtet werden. Für größere Räume muss der Streifen mindestens 3 m breit sein.

Die Größe und Position des Hintergrundbereichs muss angegeben und dokumentiert werden.

Bild 1 zeigt minimale Abmessungen für den Hintergrundbereich in Bezug zum Bereich der Sehaufgabe und zum unmittelbaren Umgebungsbereich.



Legende

- Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (nicht maßstabsgetreu) in einer bestimmten Größe und Position (siehe 5.3.3)
- unmittelbarer Umgebungsbereich (Streifen mit einer Breite von mindestens 0,5 m innerhalb des Gesichtsfelds um den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit herum)
- Hintergrundbereich (Band mit einer Breite von mindestens 3 m, angrenzend an den unmittelbaren Umgebungsbereich oder bis an die Grenzen des Raumes bei kleineren Räumen) horizontal auf Bodenhöhe

Bild 1 — Minimale Abmessungen für den unmittelbaren Umgebungsbereich und den Hintergrundbereich in Bezug zum Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (Bild ist nicht maßstabsgetreu)

5.3.6 Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke

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.

Im unmittelbaren Umgebungsbereich muss die Gleichmäßigkeit $U_o \geq 0,40$ sein.

Auf dem Hintergrundbereich, den Wänden und der Decke muss die Gleichmäßigkeit $U_o \geq 0,10$ sein.

Diese Gleichmäßigkeitswerte dürfen nur bei elektrischer Beleuchtung angewendet werden.

Die Anforderung an die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ist bei Tageslicht nicht anwendbar, da sich die Lichtintensität und -verteilung aufgrund der Wetterbedingungen und der Außenbedingungen ständig ändert. Zusätzliche Vorteile von Tageslicht können die fehlende Gleichmäßigkeit ausgleichen. Weitere Informationen können 6.5 und B.7 entnommen werden.

5.4 Raster für die Beleuchtungsstärke

Es müssen Rastersysteme festgelegt werden, um die Punkte anzugeben, bei denen die Werte der Beleuchtungsstärke für den (die) Bereich(e) der Sehaufgabe oder Tätigkeit, den (die) unmittelbaren Umgebungsbereich(e) und den (die) Hintergrundbereich(e) berechnet und überprüft werden.

Raster mit möglichst quadratischer Aufteilung werden bevorzugt, das Verhältnis von Länge zu Breite eines Rasterfeldes muss zwischen 0,5 und 2 liegen (siehe auch EN 12193 und EN 12464-2). Die maximale Rasterfeldgröße muss wie folgt sein:

$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10}(d)} \quad (1)$$

Dabei ist

$$p \leq 10 \text{ m};$$

d die längere Ausdehnung der Berechnungsfläche (m), wobei für den Fall, dass das Seitenverhältnis der längeren zur kürzeren Seite 2 oder mehr beträgt, wird d die kürzere Ausdehnung der Fläche; und

p die maximale Rasterfeldgröße (m).

Die Anzahl der Punkte der relevanten Ausdehnung ist durch den gerundeten ganzzahligen Wert des Verhältnisses d/p gegeben.

Der resultierende Abstand zwischen den Rasterpunkten wird für die Berechnung des gerundeten ganzzahligen Wertes der Anzahl Rasterpunkte in der anderen Ausdehnung verwendet. Für das Verhältnis der Länge zur Breite einer Rasterzelle ergibt sich ein Wert nahe 1.

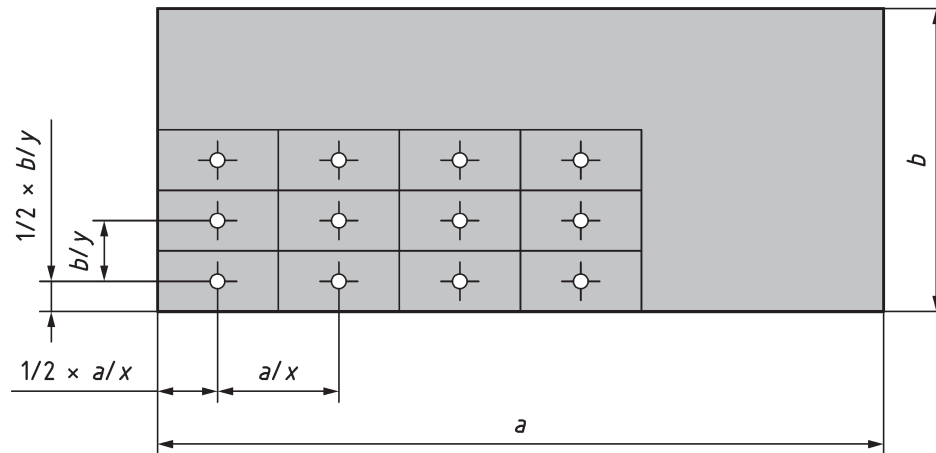
ANMERKUNG 1 Gleichung (1) (aus CIE x005-1992) ist unter der Annahme abgeleitet worden, dass p proportional zu $\log(d)$ ist; dabei ist:

$$p = 0,2 \text{ m für } d = 1 \text{ m};$$

$$p = 1 \text{ m für } d = 10 \text{ m};$$

$$p = 5 \text{ m für } d = 100 \text{ m}.$$

Die Werte für die Beleuchtungsstärke werden im Mittelpunkt der Rasterrechtecke berechnet und gemessen. Ein typisches Raster ist in Bild 2 dargestellt.



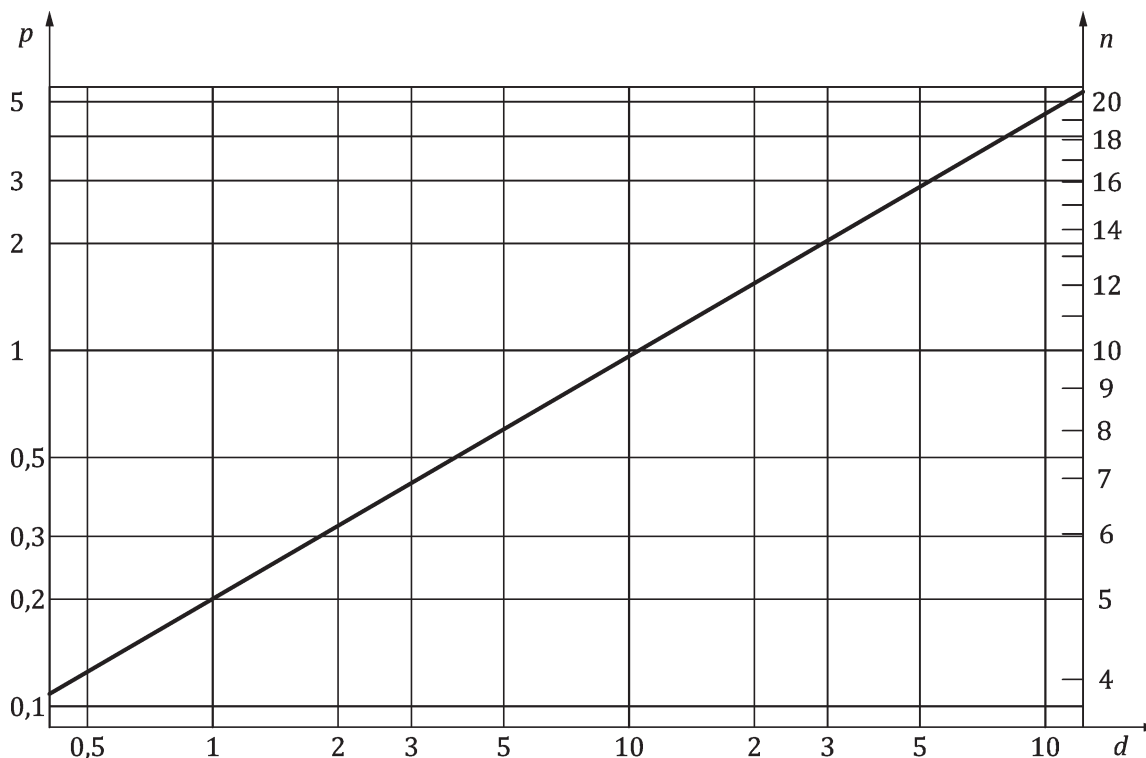
Legende

- a Maß der längeren Seite des Berechnungsbereichs/Verifizierungsbereichs
- b Maß der kürzeren Seite des Berechnungsbereichs/Verifizierungsbereichs
- x Anzahl der Punkte auf der längeren Seite
- y Anzahl der Punkte auf der kürzeren Seite

Bild 2 — Typisches Raster

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, es sei denn, der Bereich der Sehaufgabe liegt in diesem Grenzbereich oder reicht in diesen hinein. Die Breite dieses Bandes wird mit 15 % der kleinsten Abmessung des betrachteten Bereichs oder 0,5 m festgelegt, je nachdem, welcher der beiden Werte kleiner ist.

Die Größe der Gitterzellen in Abhängigkeit von der Größe des Berechnungs-/Messbereichs ist in Bild 3 dargestellt.



Legende

- d längere Abmessung der Berechnungsfläche (m), wenn allerdings das Seitenverhältnis der längeren Seite zu der kürzeren Seite 2 oder mehr beträgt, ist d die kürzere Abmessung der Fläche
- p maximale Rasterfeldgröße (m)
- n Anzahl der Punkte in der jeweiligen Abmessung

Bild 3 — Größe der Gitterzellen in Abhängigkeit von der Größe des Berechnungs-/Messbereichs

Eine entsprechende Rastergröße muss für Wände und Decke angewendet werden. Ein Randstreifen von 0,5 m darf auch für diese angewendet werden.

Der Abstand der Rasterpunkte sollte nicht mit dem Abstand der Leuchten übereinstimmen.

ANMERKUNG 2 Ein separates Raster für die Berechnung der Tageslichtversorgung ist in EN 17037:2018, Anhang B, angegeben. Dieses Raster ist nicht für elektrische Beleuchtung geeignet.

5.5 Blendung

5.5.1 Allgemeines

Blendung ist die unangenehme Empfindung, die durch helle Flächen im Gesichtsfeld hervorgerufen wird, wie beleuchtete Oberflächen, Teile der Lichtquellen, Fenster und/oder Dachoberlichter. Die Blendung muss begrenzt werden, um Fehler, Ermüdung und Unfälle zu vermeiden. Blendung kann entweder als psychologische Blendung oder als physiologische Blendung empfunden werden.

Blendung durch Reflexionen auf spiegelnden Oberflächen wird im Allgemeinen als Schleierreflexion oder Reflexblendung bezeichnet.

Blendung muss vermieden werden durch:

- 1) Abschirmung der Lichtquelle und/oder durch Begrenzung der Leuchtdichte der leuchtenden Flächen (nach 5.5.2); und
- 2) Begrenzung der psychologischen Blendung. Für Leuchten muss das UGR-Verfahren angewendet werden, sofern zutreffend (nach 5.5.3).

ANMERKUNG Besondere Vorsicht ist bei der Vermeidung von Blendung geboten, wenn die Blickrichtung deutlich über der horizontalen Blickrichtung liegt, z. B. in Fällen, in denen regelmäßig nach oben/in die Leuchten geblickt wird, wie z. B. im Falle von Lagerregalen usw.

5.5.2 Begrenzung der Leuchtdichte der Leuchte

Helle Lichtquellen können Blendung verursachen und das Sehen von Objekten beeinträchtigen. Dies muss beispielsweise durch geeignete Abschirmung von Lichtquellen oder durch geeignete Abschattung von hellem Licht durch Tageslichtöffnungen vermieden werden.

Bei Leuchten mit direkt sichtbarer Lichtquelle müssen die in Tabelle 4 angegebenen Mindestabschirmwinkel (siehe Bild 4) im Gesichtsfeld für die angegebene Leuchtdichte der Lichtquelle eingehalten werden.

Für Leuchten, bei denen die direkte Sicht auf die Lichtquelle durch Optiken verdeckt ist, muss die maximale mittlere Leuchtdichte der Leuchte für die in Tabelle 5 angegebenen Werte des Ausstrahlungswinkels eingehalten werden (siehe Bild 4).

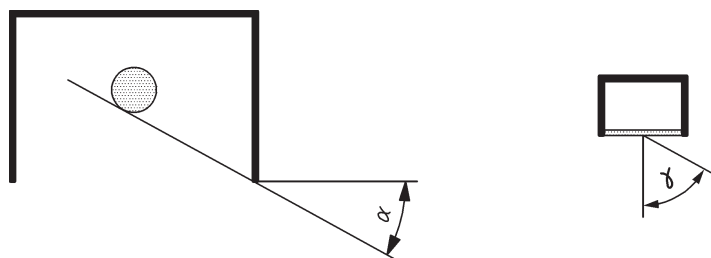
Die in den Tabelle 4 und Tabelle 5 angegebenen Werte gelten nicht für Leuchten mit ausschließlich nach oben gerichtetem Lichtanteil, der sich oberhalb der üblichen Augenhöhe befindet, oder für Leuchten, deren nach unten gerichteter Lichtanteil sich unterhalb der üblichen Augenhöhe befindet.

Tabelle 4 — Mindestabschirmwinkel bei festgelegten Leuchtdichten der Lichtquelle

Leuchtdichte der Lichtquelle kcd m^{-2}	Mindestabschirmwinkel α
20 bis < 50	15°
50 bis < 500	20°
≥ 500	30°

Tabelle 5 — Maximale mittlere Leuchtdichte eines leuchtenden optischen Elements bei festgelegten Ausstrahlungswinkeln

Ausstrahlungswinkel γ	Maximale mittlere Leuchtdichte eines leuchtenden optischen Elements kcd m^{-2}
$75^\circ \leq \gamma < 90^\circ$	≤ 20
$70^\circ \leq \gamma < 75^\circ$	≤ 50
$60^\circ \leq \gamma < 70^\circ$	≤ 500



Legende

α Abschirmwinkel

γ Ausstrahlungswinkel

ANMERKUNG Das linke Bild zeigt einen Querschnitt einer herkömmlichen Leuchte mit einer separaten Lichtquelle. Das rechte Bild zeigt einen Querschnitt durch einen leuchtenden Teil des optischen Elements, z. B. einen Teil einer LED-Leuchte.

Bild 4 — Abschirmwinkel α und Ausstrahlungswinkel γ

5.5.3 Psychologische Blendung

5.5.3.1 Psychologische Blendung durch Tageslicht

In Bereichen mit Tageslichteinfall kann Blendung durch Tageslichtöffnungen auftreten, entweder durch direkt einfallendes Sonnenlicht und/oder wenn die Leuchtdichte im Gesichtsfeld durch Tageslichtöffnungen zu hoch ist im Vergleich zum Adaptationsgrad, an den der Anwender zu einem bestimmten Zeitpunkt angepasst ist.

ANMERKUNG 1 Zur Beurteilung des Auftretens von psychologischer Blendung durch Tageslichtöffnungen geben EN 14501 und EN 17037 empfohlene Werte für den Blendschutz durch die Tageslichtblendungswahrscheinlichkeit (DGP, en: Daylight Glare Probability).

ANMERKUNG 2 Für Arbeitsbereiche, die aufgrund der ausgeführten Aufgaben einen höheren Sehkomfort erfordern, sind die Blendschutzklassen aus EN 17037:2018, Anhang A, zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 3 Die durch das Tageslicht verursachte Blendung unterscheidet sich von der Blendung durch elektrische Lichtquellen in Bezug auf die Größe der Blendquellen, komplexe Leuchtdichteverteilungen und die Akzeptanz des Anwenders.

5.5.3.2 Psychologische Blendung durch elektrisches Licht – Anwendung der UGR-Tabellenmethode

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 (en: Unified Glare Rating, UGR) bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 Die UGR-Tabellenmethode ist in CIE 117-1995 und in CIE 190:2010 genauer beschrieben.

Dieser mit der UGR-Tabellenmethode ermittelte UGR-Wert darf den in Abschnitt 7 angegebenen R_{UGL} -Grenzwert (R_{UGL}) nicht überschreiten.

Alle Annahmen, die hinsichtlich der Leuchte, der Raumabmessungen, des Reflexionsgrades der Raumboflächen und des Abstands-zu-Höhen-Verhältnisses bei der Bestimmung der R_{UGL} (bisher: UGR) gemacht wurden, müssen in der Planungsdokumentation angegeben werden.

Die Tabellenmethode basiert auf der Anwendung von Gleichung (2) auf eine Reihe von Normalbedingungen (Beobachterposition, Raumabmessungen und Reflexionsfaktoren).

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

Dabei ist

- R_{UG} der Wert der vereinheitlichten Blendungsbegrenzung (UGR);
- L_B die Hintergrundleuchtdichte in $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$, berechnet als $E_{\text{ind}} \cdot \pi^{-1}$, wobei E_{ind} die vertikale indirekte Beleuchtungsstärke am Auge des Beobachters ist;
- L die Leuchtdichte in $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ der leuchtenden Teile jeder Leuchte in Richtung des Auges des Beobachters;
- ω der Raumwinkel in Steradian der leuchtenden Teile jeder Leuchte am Auge des Beobachters;
- p der Guth-Positionsindex für jede einzelne Leuchte, der sich auf ihre Verschiebung von der Sichtlinie bezieht.

ANMERKUNG 2 Weitere Informationen zur von Leuchten mit ungleichmäßiger Leuchtdichte der Leuchtquelle verursachten psychologischen Blendung sind in CIE 232:2019 enthalten.

ANMERKUNG 3 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.

ANMERKUNG 4 Für einen tabellarischen UGR-Wert kann auch eine Variation von $\pm$ angegeben werden. Diese Variation von UGR innerhalb des Raums kann anhand der erweiterten Tabellen für verschiedene Beobachterpositionen bestimmt werden, wie in CIE 117-1995 beschrieben wird. Eine hohe Variation zeigt an, dass schon kleine Änderungen der Position des Beobachters zu größeren Änderungen der Blendung führen können. Die Konformität der Beleuchtungsanlage in Innenräumen berücksichtigt keine Abweichungen vom UGR-Tabellenverfahren der CIE (en: Unified Glare Rating, UGR).

Zu den Rahmenbedingungen bei der Bestimmung des UGR-Wertes nach dem Tabellenverfahren gehören die Annahme nur eines Leuchtentyps in einem rechteckigen Raum, ein regelmäßiges Leuchtenraster, gleiche Installationshöhe, gleiche Ausrichtung (C- und γ -Winkel).

Das UGR-Tabellenverfahren gilt auch nicht für folgende Leuchten:

- Wandfluter;
- vollständig indirekte Leuchten;
- asymmetrische und doppelt asymmetrische Leuchten;
- verstellbare Scheinwerfer;
- sehr kleine oder sehr große leuchtende Flächen (siehe A.2.1).

Dies schränkt die Anwendung des Verfahrens in gewissem Umfang ein, schließt jedoch nicht seine Nutzung aus. Um die Anwendbarkeit der Tabellenmethode zu optimieren, beschreibt A.2 empfohlene Vorgehensweisen, wenn die oben genannten Rahmenbedingungen nicht gegeben sind.

5.5.3.3 Bestimmung nach der UGR-Gleichung

Wenn das Tabellenverfahren nicht anwendbar ist und die Beobachterposition und die Blickrichtungen bekannt sind, kann der UGR-Wert mithilfe der UGR-Gleichung (2) (siehe 5.5.3.2) bestimmt werden. Die in Abschnitt 7 angegebenen Grenzwerte müssen jedoch als Richtwerte und nicht als verbindliche Grenzwerte betrachtet werden.

Mögliche Variationen der Beobachterposition und Blickrichtung sollten berücksichtigt werden, bis hin zur erwarteten Verschiebung/Drehung des Kopfes einer Person

ANMERKUNG Die mit der Gleichung berechneten UGR-Werte sind auch geeignet, um eine Entscheidung über die optimale(n) Position(en) des Beobachters im Raum zu treffen.

Alle Annahmen, die für die Berechnung getroffen wurden, müssen in der Planungsdokumentation angegeben werden.

5.5.4 Schleierreflexionen und Reflexblendung

Reflexionen hoher Leuchtdichte auf der Sehaufgabe können die Sichtbarkeit der Sehaufgabe, in der Regel nachteilig, beeinflussen. Durch folgende Maßnahmen können Schleierreflexionen und Reflexblendungen verhindert oder minimiert werden:

- Anordnung der Arbeitsplätze in Bezug zu Leuchten und Tageslichtöffnungen;
- Beschaffenheit der Oberfläche (matte Oberflächen);
- Begrenzung der Leuchtdichte von Leuchten und Tageslichtöffnungen;
- helle Decke und helle Wände.

5.6 Räumliche Beleuchtung

5.6.1 Allgemeines

Neben der Beleuchtung der Bereiche der Sehaufgabe und Tätigkeit sollte das von Personen benutzte Raumvolumen beleuchtet werden. Dieses Licht wird benötigt, um Objekte hervorzuheben, Textur sichtbar zu machen und das Erscheinungsbild der Menschen im Raum zu verbessern. Die Begriffe „mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke“, „Modelling“ und „gerichtete Beleuchtung“ beschreiben die Beleuchtungsbedingungen.

5.6.2 Anforderungen an die zylindrische Beleuchtungsstärke im Tätigkeitsbereich

Voraussetzung für eine gute visuelle Kommunikation und Erkennung von Objekten in einem Raum ist, dass das Raumvolumen, in dem sich Personen bewegen oder arbeiten, beleuchtet sein muss. Dies wird durch die Bereitstellung einer angemessenen mittleren zylindrischen Beleuchtungsstärke, $\bar{E}_z$, im Raum erfüllt.

Der geforderte Wartungswert der mittleren zylindrischen Beleuchtungsstärke ($\bar{E}_{m,z}$), der sich auf eine waagerechte Ebene in dem Raum bezieht (gemäß Tabelle 8), ist in Abschnitt 7 für jede Art von Sehaufgabe oder Tätigkeit angegeben. Die Gleichmäßigkeit der mittleren zylindrischen Beleuchtungsstärke muss $U_0 \geq 0,10$ sein. Die Höhe der waagerechten Ebene über dem Boden muss 1,2 m für sitzende Personen und 1,6 m für stehende Personen betragen.

Besondere Aufmerksamkeit gilt den Räumen, in denen visuelle Erkennung und Kommunikation von größerer Bedeutung sind.

Wenn der gesamte Raum als Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit behandelt wird und zur Berechnung des Wartungswerts der erforderlichen horizontalen mittleren Beleuchtungsstärke, $\bar{E}_m$, verwendet wird, muss der Wartungswert der mittleren zylindrischen Beleuchtungsstärke, $\bar{E}_{m,z}$, für dieselbe Flächengröße und Position berechnet werden. Wenn die Bereiche der Sehaufgabe und der Tätigkeit/unmittelbaren Umgebungsbereiche/Hintergrundbereiche separat definiert werden, muss die in den Tabellen in 7.3 angegebene Anforderung an die zylindrische Beleuchtungsstärke für den Raum, einschließlich der Bereiche der Sehaufgabe und der Tätigkeit und der unmittelbaren Umgebungsbereiche, berechnet und erfüllt werden.

ANMERKUNG Als Näherungswert für die zylindrische Beleuchtungsstärke kann der Mittelwert von vier zueinander orthogonalen vertikalen Beleuchtungsstärken verwendet werden.

5.6.3 Modelling

Das allgemeine Erscheinungsbild eines Innenraumes verbessert sich, wenn seine baulichen Merkmale, die Menschen sowie die Gegenstände darin so beleuchtet werden, dass Form und Struktur deutlich und gefällig gezeigt werden.

Die Beleuchtung sollte nicht zu stark gerichtet sein, weil sich sonst zu harte Schatten bilden. Sie sollte auch nicht zu diffus sein, da sonst der Modellierungseffekt völlig verloren geht, was zu einer sehr ausdrucksarmen Lichtumgebung führt. Mehrfachschatten, die durch gerichtetes Licht aus mehr als einer Position erzeugt werden, sollten vermieden werden, da sie zu verwirrenden visuellen Effekten führen können.

Modelling beschreibt die Ausgewogenheit zwischen diffusem und gerichtetem Licht und sollte beachtet werden.

Das Verhältnis von zylindrischer zu horizontaler Beleuchtungsstärke an einem Punkt ist ein Indikator für das Modelling. Die Rasterpunkte für zylindrische und horizontale Beleuchtungsstärken müssen in x, y und z übereinstimmen.

ANMERKUNG 1 Bei gleichmäßiger Anordnung von Leuchten oder Dachoberlichtern ist ein Verhältnis von zylindrischer zu horizontaler Beleuchtungsstärke zwischen 0,30 und 0,60 ein Indikator für gutes Modelling.

ANMERKUNG 2 Tageslicht aus vertikalen Öffnungen hat einen großen Einfluss auf das Modelling. Aus diesem Grund können die zusätzlichen Vorteile von Tageslicht (siehe 6.5) den obigen Indikator für das Modelling ausgleichen, siehe Anmerkung 1.

5.6.4 Gerichtete Beleuchtung von Sehaufgaben

Beleuchtung aus einer bestimmten Richtung kann Details innerhalb einer Sehaufgabe hervorheben, deren Sichtbarkeit erhöhen und die Ausführung der Aufgabe erleichtern. Unbeabsichtigte Schleierreflexionen und Reflexblendung sollten vermieden werden, siehe 5.5.4.

Grobe Schatten, die die Ausführung der Sehaufgabe stören, sollten vermieden werden. Manche Schatten tragen allerdings dazu bei, die Sichtbarkeit der Sehaufgabe zu erhöhen.

5.7 Farbaspekte

5.7.1 Allgemeines

Die Farbqualitäten einer nahezu weißen Lichtquelle oder des transmittierten Tageslichts werden durch zwei Merkmale charakterisiert:

- die Lichtfarbe;
- dem Farbwiedergabevermögen.

Diese beiden Merkmale müssen getrennt betrachtet werden.

5.7.2 Lichtfarbe

Die Lichtfarbe einer Lichtquelle bezieht sich auf die farbliche Erscheinung (Farbart) des abgestrahlten Lichts. Sie wird durch ihre ähnlichste Farbtemperatur (T_{cp}) quantifiziert, siehe Tabelle 6.

Tabelle 6 — Lichtfarbengruppen von Lichtquellen

Lichtfarbe	Ähnlichste Farbtemperatur T_{cp}
warmweiß	unter 3 300 K
neutralweiß	3 300 K bis 5 300 K
tageslichtweiß	über 5 300 K

Die Wahl der Lichtfarbe ist eine Frage der Psychologie, der Ästhetik und dem, was bevorzugt wird. Die Auswahl hängt von der Beleuchtungsstärke, den Farben des Raums und der Möbel, dem Umgebungsklima und der Anwendung ab. Zusätzlich kann eine dynamische Farbtemperatur für eine erhöhte Personalisierung berücksichtigt werden.

Für weitere Informationen zu den physiologischen Auswirkungen der Spektralverteilung und der Änderung der Farbtemperatur siehe Anhang B. Insbesondere bei nächtlicher Schichtarbeit ist eine sorgfältige Abwägung erforderlich.

In Abschnitt 7 wird für bestimmte Anwendungen die Bandbreite der passenden Lichtfarben eingeschränkt. Diese Beschränkungen gelten sowohl für Tageslicht wie auch für elektrische Beleuchtung.

5.7.3 Farbwiedergabe

Für die Sehleistung, Behaglichkeit und Wohlbefinden müssen Farben der Umgebung, der Objekte und der menschlichen Haut mit ausreichender Genauigkeit entsprechend den in Abschnitt 7 genannten Aufgabenanforderungen wiedergegeben werden.

Zur objektiven Kennzeichnung der Farbwiedergabe-Eigenschaften einer Lichtquelle wird der allgemeine Farbwiedergabe-Index R_a verwendet. Der höchstmögliche Wert von R_a ist 100.

Der Mindestwert des Farbwiedergabeindex für verschiedene Bereiche der Sehaufgabe und Tätigkeit innerhalb eines Raumes ist in Abschnitt 7 angegeben.

Sicherheitsfarben nach ISO 3864-1 müssen immer als solche erkennbar sein.

Die Farbwiedergabeeigenschaften des Lichts von Leuchten können durch Optiken, Verglasungen und farbige Oberflächen beeinflusst werden.

ANMERKUNG 1 Die Farbwiedergabeeigenschaften für einen Beobachter in einem Raum werden durch die Reflexionseigenschaften aller Oberflächen beeinflusst.

ANMERKUNG 2 Bei Verwendung von farbigem Licht gelten die in Abschnitt 7 genannten Anforderungen an die Farbwiedergabe nicht.

Für die richtige Wiedergabe der Farbe von Objekten und der menschlichen Haut sollte der entsprechende individuelle spezifische Farbwiedergabeindex (R_i) beachtet werden.

Ein Farbwiedergabeindex unter 80 sollte in Bereichen, in denen Menschen dauerhaft arbeiten, nicht akzeptiert werden.

5.8 Flimmern und stroboskopische Effekte

5.8.1 Allgemeines

Flimmern und stroboskopische Effekte (auch als temporale Lichtartefakte — TLA (en: temporal lighting artefacts) bezeichnet) können zu unerwünschten Effekten, z. B. verminderter Sehkomfort und verminderte Arbeitsleistung und zu physiologischen Effekten wie Müdigkeit und Kopfschmerzen führen.

Stroboskopische Effekte können auch zu gefährlichen Situationen führen, indem die Wahrnehmung von rotierenden oder sich hin- und herbewegenden Maschinenteilen verfälscht wird. Dies liegt jedoch außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments.

Beleuchtungssysteme sollten so geplant werden, dass sie die negativen Auswirkungen von Flimmern und stroboskopischen Effekten im gesamten Dimmbereich vermeiden (dies schließt Lichtquellen und Steuergeräte ein). Hintergrundinformationen und Methoden zur objektiven Quantifizierung dieser Effekte sind in CIE TN 006:2016 enthalten.

5.8.2 Flimmern

Flimmern wird durch die Verwendung des IEC-Kurzzeitflimmerindikators (P_{st}^{LM}) und des Testverfahrens beschrieben, die in IEC/TR 61547-1:2020 definiert sind.

ANMERKUNG Die produktbezogene EU-Verordnung 2019/2020 und ihre Änderungen zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen und separate Steuergeräte enthält Anforderungen an P_{st}^{LM} für einige spezifische Beleuchtungsprodukte. Einzelheiten und Definitionen sind der Ökodesign-Verordnung zu entnehmen.

5.8.3 Stroboskopischer Effekt

Stroboskopische Effekte, die von Personen an Arbeitsplätzen in Innenräumen bei der Ausführung typischer Aufgaben wahrgenommen werden, können mit dem SVM-Messverfahren (en: Stroboscopic Visibility Measure (SVM)) objektiv quantifiziert werden. Das SVM kann verwendet werden, um die Sichtbarkeit dieses Effekts für Anwendungen zu quantifizieren, bei denen die menschliche Bewegung dominiert und $\bar{E} > 100 \text{ lx}$ ist. Die Grenzwerte für dieses Maß sind abhängig von der Anwendung und werden derzeit geprüft. Das Prüfverfahren ist in IEC/TR 63158:2018 beschrieben.

ANMERKUNG 1 SVM ist nicht geeignet, die Auswirkungen der Beleuchtung auf die Gesundheit und rotierende oder sich hin- und herbewegende Maschinenteile zu quantifizieren, wie in 5.8.1 beschrieben.

ANMERKUNG 2 Die produktbezogene EU-Verordnung 2019/2020 und ihre Änderungen zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen und separate Steuergeräte enthält Anforderungen an SVM für einige spezifische Beleuchtungsprodukte. Einzelheiten und Definitionen sind der Ökodesign-Verordnung zu entnehmen.

5.9 Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen (en: Display Screen Equipment, DSE)

5.9.1 Allgemeines

Die Beleuchtung für Bildschirmarbeitsplätze muss für alle an diesem Arbeitsplatz ausgeführten Aufgaben geeignet sein, z. B. Lesen vom Bildschirm, Lesen von gedruckten Texten, Schreiben auf Papier, Arbeiten mit der Tastatur.

Für diese Bereiche müssen die Beleuchtungskriterien und das Beleuchtungssystem je nach Art des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit aus der Liste in Abschnitt 7 ausgewählt werden.

Reflexionen auf dem Bildschirm, und unter bestimmten Umständen, Reflexionen von der Tastatur können zu physiologischer und psychologischer Blendung führen. Daher müssen die Leuchten so ausgewählt, eingesetzt und angeordnet werden, dass Reflexionen großer Helligkeit vermieden werden.

Die Leuchtdichte der Hintergrundwand sollte auf die Helligkeit des Bildschirms abgestimmt sein.

Der Planer muss den Bereich der Leuchtenmontage ermitteln, der zu Störung führen kann, und die Art und Position der Leuchten so auswählen, dass sie keine störenden Reflexionen verursachen.

5.9.2 Leuchtdichtegrenzen von Leuchten mit nach unten gerichtetem Lichtstrom

Licht kann den Kontrast der Darstellung auf dem Bildschirm verringern durch

- Schleierreflexionen, die durch Beleuchtungsstärken auf der Anzeigenfläche verursacht werden, und
- Leuchtdichten von Leuchten und hellen Flächen, die sich auf der Anzeige spiegeln.

EN ISO 9241-307 enthält Empfehlungen für die optische Qualität von Anzeigen bezüglich unerwünschter Reflexionen.

Dieser Unterabschnitt beschreibt Grenzen für die Leuchtdichte von Leuchten, die sich bei üblichen Blickrichtungen im Bildschirm spiegeln können.

Tabelle 7 legt für Arbeitsplätze, an denen senkrechte oder bis zu 15° geneigte Bildschirme genutzt werden, Grenzwerte der mittleren Leuchtenleuchtdichte fest. Diese dürfen bei einem Ausstrahlungswinkel von $\geq 65^\circ$ rund um die Leuchte herum nicht überschritten werden. Der Ausstrahlungswinkel wird bezüglich der nach unten gerichteten Vertikalen gemessen.

Tabelle 7 — Grenzen der mittleren Leuchtdichte von Leuchten, die sich in Flachbildschirmen reflektieren können

„High state“-Leuchtdichte des Bildschirms	Bildschirm mit hoher Leuchtdichte $L > 200 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$	Bildschirm mit mittlerer Leuchtdichte $L \leq 200 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$
Fall A (positive Polarität und übliche Anforderungen im Hinblick auf Farbe und Details der dargestellten Information, wie sie z. B. im Büro, Unterricht usw. bestehen)	$\leq 3\,000 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 1\,500 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$
Fall B (negative Polarität und/oder höhere Anforderungen im Hinblick auf Farbe und Details der dargestellten Information, wie sie z. B. bei CAD, Farbprüfung usw. bestehen)	$\leq 1\,500 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 1\,000 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$
ANMERKUNG „High state“-Leuchtdichte des Bildschirms (siehe EN ISO 9241-302) beschreibt die maximale Leuchtdichte des weißen Teils des Bildschirms, dieser Wert wird vom Hersteller des Bildschirms angegeben.		

Wenn die Bildschirmtypen bei der Gestaltung der Beleuchtung nicht bekannt sind, sollte der Planer den Anwender über die gewählten Leuchtdichtekriterien für die Leuchten des Raumes informieren.

Wird beabsichtigt einen Bildschirm mit hoher „High state“-Leuchtdichte bei Leuchtdichten unter $200 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ zu betreiben, müssen die unter „Bildschirm mit mittlerer Leuchtdichte“ angegebenen Anforderungen beachtet werden.

Einige Sehaufgaben, Aktivitäten oder Bildschirmstechniken erfordern abweichende Beleuchtungsverfahren (z. B. geringere Leuchtdichtegrenzwerte, besondere Abschirmmaßnahmen, individuelles Dimmen usw.).

In Industrie- und Gewerbebereichen werden Bildschirme manchmal durch zusätzliche Glasabdeckungen geschützt. Die unerwünschten Reflexionen auf diesen Schutzgläsern müssen durch geeignete Maßnahmen reduziert werden (wie Antireflexions-Behandlung, Neigung des Schutzglases oder Blenden).

6 Überlegungen für die Planung der Beleuchtung

6.1 Allgemeines

Um die Kriterien für das Beleuchtungsdesign aus Abschnitt 5 anzuwenden, sollten die folgenden zusätzlichen Aspekte bei der Planung der Beleuchtung berücksichtigt werden:

- Empfohlene Anforderungen an die Beleuchtungsstärke, siehe 6.2;
- Bedienung des Beleuchtungssystems;
- Anforderungen an die Energieeffizienz, siehe 6.4;
- Variabilität des Lichts, siehe 6.2.4.

Beispiele für die Anwendung der unter 6.2 beschriebenen Verfahren sind in Anhang C aufgeführt.

Die Vorgehensweise für die Überprüfung ist in Abschnitt 8 enthalten.

6.2 Anforderungen an die Beleuchtungsstärke und Empfehlungen

6.2.1 Allgemeines

Um eine größere Vielfalt an Anwendungsanforderungen zu ermöglichen, enthält Abschnitt 7 Wartungswerte der Beleuchtungsstärken $\bar{E}_m$ in Stufen entsprechend der Skala der Beleuchtungsstärken in 5.3.2 von erforderlichen zu modifizierten Werten.

6.2.2 Beleuchtung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit und seines unmittelbaren Umgebungsbereichs (siehe 5.3)

Bei der Auswahl der geeigneten Kriterien der Beleuchtung für den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit und den unmittelbaren Umgebungsbereich müssen die folgenden Schritte befolgt werden:

- 1) Es werden der Bereich der Sehaufgabe und die Bereiche der Tätigkeit in dem Raum definiert.
- 2) Die entsprechende Sehaufgabe oder Tätigkeit wird auf Basis der Sehaufgabe bestimmt, die in diesem Bereich ausgeführt wird.

Es wird beachtet, dass der Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit horizontal, vertikal oder geneigt sein kann und dass verschiedene Aufgaben oder Tätigkeiten in demselben Bereich stattfinden können (siehe 5.3.3.).

- 3) Es werden die „aufgaben- oder tätigkeitsbezogenen Anforderungen“ aus den Tabellen in 7.3 ($\bar{E}_m$, U_o , R_a , R_{UGL}) gewählt. Für Bereiche der Tätigkeit, in denen verschiedene Aufgaben ausgeführt werden, müssen die strengsten Anforderungen für die Planung verwendet werden (siehe 5.3.3).
- 4) Es wird der geeignete Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$ stufenweise mithilfe der Beleuchtungsstärkeskala in 5.3.2, ausgehend von dem erforderlichen Wert für die tatsächliche Arbeitsbedingung entsprechend den in 5.3.3 festgelegten spezifischen Kontextmodifikatoren (Tabelle 1 und Tabelle 2) gewählt.

Es wird empfohlen, eine um bis zu zwei Stufen höhere Beleuchtungsstärke als den erforderlichen (minimalen) Wartungswert für den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit ($\bar{E}_m$) festzulegen, um eine Anpassung der Beleuchtungsstärke an die Aufgabe zu ermöglichen und eine höhere Sehleistung zu gewährleisten. Um die Zufriedenheit bei unterschiedlichen Betriebszeiten sicherzustellen, kann eine dimmbare Beleuchtung eingesetzt werden. Wenn die Aufgabe oder Tätigkeit nicht durchgeführt oder eine Tätigkeit mit weniger visuellen Schwierigkeiten ausgeführt wird, können durch Dimmen oder Ein-/Ausschalten niedrigere Beleuchtungsstärken verwendet werden. Weitere Informationen sind in CIE 222 und CIE 227 enthalten.

- 5) Geeignete Anforderungen an die Beleuchtungsstärke für den unmittelbaren Umgebungs- und Hintergrundbereich werden basierend auf der Auswahl von $\bar{E}_m$ in Schritt 3 und Tabelle 3 (siehe 5.3.4 und 5.3.5) ausgewählt.

6.2.3 Beleuchtung des Raumes

Um das Erscheinungsbild und den Helligkeitseindruck eines Raums und des Raumvolumens sowie eine gute visuelle Kommunikation und die Erkennung von Objekten zu verbessern, müssen die folgenden Schritte befolgt werden:

- 1) Die relevanten Raumflächen in der Nähe von Arbeitsplätzen werden bestimmt (Wände und Decke). Die zu beleuchtenden Flächen sind mindestens jene, die zur Wahrnehmung der Raumhelligkeit beitragen.

Beispielsweise dürfen in hohen Industriehallen der obere Teil der Wand und die Decke ausgeschlossen werden.

- 2) Die Anforderungen für „Objekte und Personen“ und für „Raumhelligkeit“ aus den Tabellen in 7.3 ($\bar{E}_{m,z}$, $\bar{E}_{m,Wand}$, $\bar{E}_{m,Decke}$) werden basierend auf allen in 6.2.2, Schritt 1 und 2, ausgewählten Sehaufgaben und Tätigkeiten ausgewählt. Wenn verschiedene Anforderungen bestehen, werden die höchsten Anforderungen ausgewählt, um alle angegebenen Aufgaben und Tätigkeiten in dem Raum zu berücksichtigen.

- 3) In Bereichen mit großem Abstand zur Decke ist eine geringere Deckenbeleuchtungsstärke akzeptabel. Beispielsweise in Industriehallen oder anderen Bereichen mit nur direkter Beleuchtung und geringerem Reflexionsgrad als die empfohlenen Werte in 5.2.2 oder in Bereichen, in denen eine Beleuchtung der Decke nicht angemessen ist.

Der durch die Aufgaben- oder Tätigkeitsanforderungen bestimmte R_{UGL} muss von Leuchten im Gesichtsfeld innerhalb des Raumes erfüllt werden.

Wenn in Schritt 3 von 6.2.2 höhere Werte für $\bar{E}_m$ für den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit ausgewählt wurden, sollten auch die Werte für Wand-, Decken- und zylindrische Beleuchtungsstärke um bis zu derselben Anzahl an Schritten erhöht werden (siehe 5.3.2. für Schrittgrößen).

6.2.4 Einstellbarkeit des Beleuchtungssystems

Eine Beleuchtungsanlage kann durch Dimmen und/oder Steuern angepasst werden. Das Dimmen erhöht oder verringert den Lichtstrom einer Leuchte. Die Steuerung kann zusätzliche Funktionen haben, um den Betrieb der Leuchte(n) in einer Installation zu ändern, z. B. Variation der Farbtemperatur oder verschiedene Beleuchtungsszenen oder entsprechend der Tageslichtversorgung.

Die Beleuchtung sollte an die tatsächlichen Bedürfnisse des Anwenders anpassbar sein (siehe auch 6.6). Das System sollte sicherstellen, dass Beleuchtungsstärken erreicht werden können, die den empfohlenen Wartungswert der Beleuchtungsstärke allein mit elektrischer Beleuchtung erreichen oder überschreiten (wenn im schlimmsten Fall kein Tageslicht vorhanden ist). Die Beleuchtungsstärke kann sowohl durch Tageslicht als auch durch elektrische Beleuchtung oder eine beliebige Kombination der beiden erreicht werden.

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.

Dieses Dokument empfiehlt die Verwendung des modifizierten Wartungswerts der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$, damit der Anwender die beleuchtete Umgebung voll nutzen kann. Die Planung einer einfachen Beleuchtungsanlage, die nur die Mindestkriterien erfüllt, schränkt die möglichen Vorteile einer guten Beleuchtungsqualität ein.

6.3 Wartungsfaktor

Die Beleuchtungsanlage muss unter Berücksichtigung eines Gesamtwartungsfaktors (f_m) geplant werden, der für die vorgesehene Beleuchtungseinrichtung, die Umgebung und den festgelegten Wartungsplan für den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit gemäß ISO/CIE TS 22012 berechnet wurde.

Die Anforderungen jeder Aufgabe an die Beleuchtungsstärke, wie in Abschnitt 7 angegeben, werden als Wartungswerte der Beleuchtungsstärke ($\bar{E}_m$) angegeben. Der Neuwert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_i$ kann aus $\bar{E}_m$ wie folgt berechnet werden:

$$\bar{E}_i = \frac{\bar{E}_m}{f_m} \quad (3)$$

Dabei ist

$\bar{E}_m$ der Wartungswert der Beleuchtungsstärke;

$\bar{E}_i$ der Neuwert der Beleuchtungsstärke;

f_m der Wartungsfaktor.

Der Planer muss:

- f_m angeben und alle Annahmen auflisten, die bei der Ermittlung des Werts gemacht wurden,
- die für die Anwendungsumgebung geeignete Beleuchtungsanlage angeben und
- einen Wartungsplan vorbereiten, der z. B. die Häufigkeit des Lichtquellenwechsels sowie der Leuchten- und Raumreinigungsintervalle beinhaltet.

Der Wartungsfaktor f_m hat einen großen Einfluss auf die Energieeffizienz. Die bei der Ermittlung von f_m gemachten Annahmen müssen sowohl realistisch erreichbar als auch auf eine Weise optimiert werden, die zu einem hohen Wert führen.

ANMERKUNG 1 Hinweise zur Bestimmung des Wartungsfaktors sind in ISO/CIE TS 22012 enthalten und weitere Informationen zur Herleitung von f_m für elektrische Beleuchtungsanlagen in Innenräumen können in CIE 97 gefunden werden.

ANMERKUNG 2 Bei Tageslichtberechnungen hat die Reduzierung des Transmissionsgrads von Tageslichtöffnungen durch Schmutzablagerung einen Einfluss auf die Tageslichtversorgung.

6.4 Anforderungen an die Energieeffizienz

Die Beleuchtung sollte so gestaltet sein, dass sie die Beleuchtungsanforderungen einer bestimmten Aufgabe, Tätigkeit oder eines Raumes auf energieeffiziente Weise erfüllt. Es ist wichtig, die visuellen Aspekte einer Beleuchtungsanlage nicht zu beeinträchtigen, nur um den Energieverbrauch zu senken. Die erforderlichen Werte für die minimale Beleuchtungsstärke, wie in diesem Dokument festgelegt, sind Mindestwerte und müssen über die Zeit eingehalten werden (siehe 7.3).

Energieeinsparungen können erzielt werden, indem Tageslicht genutzt und auf Belegungsmuster reagiert wird, die Wartungseigenschaften der Anlage verbessert und alle Möglichkeiten der Steuerung genutzt werden.

Tageslicht kann ganz oder teilweise als Lichtquelle für Sehaufgaben oder Tätigkeiten genutzt werden und bietet daher die Möglichkeit für Energieeinsparungen. Die Menge an Tageslicht in Innenräumen hängt von einem von der Verfügbarkeit von Tageslicht im Freien (d. h. dem vorherrschenden Klima am Standort), von der Verbauung des Gebäudes, den unmittelbar um die Tageslichtöffnung befindlichen Bauteilen und der Aufteilung der Innenräume ab. Bei einer nahezu vertikalen Tageslichtöffnung in der Fassade nimmt die Verfügbarkeit von Tageslicht mit der Entfernung zur Fassade rasch ab. Zusätzliche Beleuchtung (z. B. elektrisches Licht oder zusätzliche Tageslichtöffnungen) kann erforderlich sein, um sicherzustellen, dass die erforderlichen Beleuchtungsstärken an den Arbeitsplätzen erreicht werden, und um die Leuchtdichteverteilung im Raum auszugleichen. Steuerungen können verwendet werden, um eine angemessene Integration zwischen elektrischer Beleuchtung und Tageslicht sicherzustellen.

Ein Verfahren zur Abschätzung des Energiebedarfs einer Beleuchtungsanlage ist in EN 15193-1 angegeben. Sie enthält eine Methode zur Berechnung einer numerischen Beleuchtungsenergiekenngröße (LENI, en: lighting energy numeric indicator), die die Energieeffizienz von Beleuchtung in Gebäuden darstellt. Diese Kenngröße darf nur für einzelne Räume zu Vergleichszwecken verwendet werden, da die in CEN/TR 15193-2 angegebenen Richtwerte für spezielle Raumtypen oder Anwendungsbereiche erstellt wurden. In EN 15193-1 wird eine vereinfachte Methode zur Berechnung des Energieeinsparpotenzials von Tageslicht beschrieben.

6.5 Ergänzende Vorteile von Tageslicht

Tageslicht kann Innenräume mit einer beachtlichen Menge Licht versorgen, mit hoher Farbwiedergabe sowie Variabilität in Beleuchtungsstärke, Richtung und Spektralzusammensetzung im Laufe eines Tages und je nach Jahreszeit. Tageslichtöffnungen in einer vertikalen, geneigten oder horizontalen Fläche werden an Arbeitsplätzen, aufgrund des von ihnen vermittelten Lichts und der Möglichkeit die Außenwelt zu sehen, stark bevorzugt. Darüber hinaus bietet Tageslicht variable Modell- und Leuchtdichtemuster, die auch als vorteilhaft für Menschen, die in Innenräumen arbeiten, wahrgenommen werden. Für alle Räume mit Tageslichtöffnungen wird empfohlen, Abschattungsvorrichtungen zu verwenden, um das Blendungsrisiko oder thermisch bedingtes Unwohlsein zu reduzieren. Ein direkter Blick in die Sonne oder deren Reflexion sollte vermieden werden.

Für eine umfassendere Methodik definiert EN 17037 Metriken und gibt Berechnungs- und Überprüfungsprinzipien in Bezug auf die Verwendung von Tageslicht für die Beleuchtung von Innenräumen vor.

6.6 Variabilität des Lichts

Licht ist wichtig für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen. Licht beeinflusst die Stimmung, Gefühle und die mentale Aufmerksamkeit von Menschen. Es kann auch den circadianen Rhythmus unterstützen und anpassen und den physiologischen und psychologischen Zustand der Menschen beeinflussen. Unterschiedliche Beleuchtungsstärken zu Tages- und Jahreszeiten (mit höheren oder vorübergehend niedrigeren Werten als in diesem Dokument angegeben) und unterschiedliche Farbtemperaturen oder -spektren können das Wohlbefinden der Menschen verbessern. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass diese Phänomene zusätzlich zu den Planungskriterien für die Beleuchtung, die in diesem Dokument definiert sind, durch die sogenannten „nichtvisuellen“ Beleuchtungsstärken und die

Lichtfarbe von Licht erzeugt werden können, wie in CEN/TR 16791 und CIE S 026 beschrieben. Die nichtvisuellen Wirkungen hängen von der Stärke und dem Zeitpunkt der Lichtexposition, der spektralen Leistungsverteilung, der Belichtungsdauer und persönlichen Parametern wie dem circadianen Rhythmus und anderen ab. Diese Ziele können mit Tageslicht- und elektrischen Beleuchtungen erreicht werden.

Weitere Informationen zu nichtvisuellen Aspekten sind in Anhang B enthalten.

Wenn die Beleuchtung variiert wird (z. B. mit persönlicher Steuerung), werden möglicherweise die Beleuchtungsanforderungen (wie in den Tabellen in 7.3 angegeben) nicht mehr erfüllt. Die in den Tabellen in 7.3 aufgeführten Werte müssen jedoch weiterhin erreichbar sein.

ANMERKUNG Die Variabilität des Lichts ist in Räumen wichtig, in denen man sich für eine längere Zeit aufhält. Beispiele dafür sind Klassenräume, Räume im Bereich Gesundheitswesen, Büros und Produktionsräume.

6.7 Raumhelligkeit

Ein Indiz für die wahrgenommene Helligkeit in Räumen, in denen Sehaufgaben oder Tätigkeiten ausgeführt werden, wird durch eine Kombination von Reflexionsgraden und Beleuchtungsstärken an Wänden und Decke erhalten.

Zusätzliche Angaben zur wahrgenommenen Raumhelligkeit sind in Anhang B erläutert.

7 Verzeichnis der spezifischen Beleuchtungsanforderungen

7.1 Aufbau der Tabellen

Für die Anwendung der Tabellen in 7.3 siehe Abschnitt 6.

Spalte 1 listet die **Referenznummer** für jeden Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit auf.

In **Spalte 2** sind die **Bereiche der Sehaufgabe oder Tätigkeit** aufgelistet, für die spezifische Anforderungen gelten. Wenn eine bestimmte Aufgabe oder Tätigkeit nicht aufgeführt ist, sollten Werte für eine ähnliche, vergleichbare Situation verwendet werden. Bereiche der Sehaufgabe oder Tätigkeit können auch ein Raum, z. B. ein Flur oder ein Pausenraum, sein.

Spalte 3 gibt den erforderlichen **Wartungswert der Beleuchtungsstärke** $\bar{E}_m$ auf der Bewertungsfläche (siehe 5.3) für den Innenraum (Bereich) an, in dem die Aufgabe oder Tätigkeit aus Spalte 2 ausgeführt wird.

Spalte 4 gibt die modifizierten **Wartungswerte der Beleuchtungsstärke** $\bar{E}_m$ unter Berücksichtigung der üblichen Kontextmodifikatoren an, wenn die Sehbedingungen von den üblichen Annahmen (siehe 5.3.3) auf der Bewertungsfläche (siehe 5.3) für den Innenraum (Bereich) abweichen, in dem die Aufgabe oder Tätigkeit aus Spalte 2 ausgeführt wird.

ANMERKUNG Eine Lichtsteuerung/-regelung kann erforderlich sein, um eine ausreichende Flexibilität für die verschiedenen Aufgaben zu erreichen.

Spalte 5 gibt die **Mindestwerte der Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke** U_0 auf der Bewertungsfläche für den nach Abschnitt 7 gewählten Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$ an.

Spalte 6 enthält die **Mindestwerte der Farbwiedergabe-Indizes** (R_a) (siehe 5.7.3) für die in Spalte 2 aufgelistete Situation.

Spalte 7 gibt den **UGR-Grenzwert** (Unified Glare Rating limit, R_{UGL}) an, die für die in Spalte 2 aufgelistete Situation gelten (siehe 5.5.3.2).

Spalte 8 gibt die **Wartungswerte der zylindrischen Beleuchtungsstärke** $\bar{E}_{m,z}$ für die Erkennung von Objekten und Personen an, wie in 5.6.2 beschrieben

Spalte 9 zeigt die **Wartungswerte der Beleuchtungsstärke an Wänden** $\bar{E}_{m,Wand}$ wie in 5.2.3 beschrieben

Spalte 10 zeigt die **Wartungswerte der Beleuchtungsstärke an Decken** $\bar{E}_{m,Decke}$ wie in 5.2.3 beschrieben

Spalte 11 enthält **spezifische Bedingungen** für die in Spalte 2 aufgeführten Situationen.

7.2 Verzeichnis der Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche

Tabelle 9 — Verkehrszonen in Gebäuden

Tabelle 10 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe-Räume

Tabelle 11 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Kontrollräume

Tabelle 12 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Lagerräume, Kühlhäuser

Tabelle 13 — Logistik und Lager

Tabelle 14 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Landwirtschaft

Tabelle 15 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Bäckereien

Tabelle 16 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Zement, Zementwaren, Beton, Ziegel

Tabelle 17 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Keramik, Fliesen, Glas, Glaswaren

Tabelle 18 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Chemie-, Kunststoff- und Gummiindustrie

Tabelle 19 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Elektro- und Elektronik-Industrie

Tabelle 20 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Nahrungs- und Genussmittelindustrie

Tabelle 21 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Gießereien und Metallguss

Tabelle 22 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Friseure

Tabelle 23 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Schmuckherstellung

Tabelle 24 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Wäschereien und chemische Reinigung

Tabelle 25 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Leder und Lederwaren

Tabelle 26 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Metallbearbeitung und -verarbeitung

Tabelle 27 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Papier und Papierwaren

Tabelle 28 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Kraftwerke

Tabelle 29 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Druckereien

Tabelle 30 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Walzwerke, Eisen- und Stahlwerke

Tabelle 31 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Herstellung und Verarbeitung von Textilien

Tabelle 32 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Automobilbau und -reparatur

Tabelle 33 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Holzbearbeitung und -verarbeitung

Tabelle 34 — Büros

Tabelle 35 — Verkaufsflächen

Tabelle 36 — Öffentliche Bereiche – Allgemeine Bereiche

- Tabelle 37 — Öffentliche Bereiche – Restaurants und Hotels
- Tabelle 38 — Öffentliche Bereiche – Theater, Konzerthallen, Kinos, Freizeitgestaltung
- Tabelle 39 — Öffentliche Bereiche – Messen, Ausstellungshallen
- Tabelle 40 — Öffentliche Bereiche – Museen
- Tabelle 41 — Öffentliche Bereiche – Bibliotheken
- Tabelle 42 — Öffentliche Bereiche –Parkplätze (innen)
- Tabelle 43 — Bildungseinrichtungen – Kindergarten, Spielschule (Vorschule)
- Tabelle 44 — Bildungseinrichtungen – Ausbildungsstätten
- Tabelle 45 — Gesundheitseinrichtungen – Räume zur allgemeinen Nutzung
- Tabelle 46 — Gesundheitseinrichtungen – Personalräume
- Tabelle 47 — Gesundheitseinrichtungen – Bettenzimmer, Wöchnerinnenzimmer
- Tabelle 48 — Gesundheitseinrichtungen – Untersuchungsräume (allgemein)
- Tabelle 49 — Gesundheitseinrichtungen – Untersuchungsräume von Augenärzten
- Tabelle 50 — Gesundheitseinrichtungen – Untersuchungsräume von HNO-Ärzten
- Tabelle 51 — Gesundheitseinrichtungen – Räume der bildgebenden Diagnostik
- Tabelle 52 — Gesundheitseinrichtungen –Entbindungsräume
- Tabelle 53 — Gesundheitseinrichtungen – Behandlungsräume (allgemein)
- Tabelle 54 — Gesundheitseinrichtungen – Operationsbereiche
- Tabelle 55 — Gesundheitseinrichtungen – Intensivstation
- Tabelle 56 — Gesundheitseinrichtungen – Zahnärztliche Behandlungsräume
- Tabelle 57 — Gesundheitseinrichtungen – Laboratorien und Apotheken
- Tabelle 58 — Gesundheitseinrichtungen – Sterilräume
- Tabelle 59 — Gesundheitseinrichtungen – Obduktionsräume und Leichenhallen
- Tabelle 60 — Verkehrsbereiche – Flughäfen
- Tabelle 61 — Verkehrsbereiche – Bahnanlagen

7.3 Beleuchtungsanforderungen für Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche und die Helligkeit der Räume

Die Anforderungen an Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche sind in den Tabellen 8 bis Tabelle 61 aufgeführt. Die Spalten sind, wie in Tabelle 8 gezeigt, zu verstehen.

Die Anforderungen für die spezifischen Aufgaben und Tätigkeiten werden durch $\bar{E}_m$, U_o , R_a und R_{UGL} angegeben. Die Anforderungen an den Raum, in dem die Aufgabe(n) oder Tätigkeiten ausgeführt werden, werden von $\bar{E}_{m,z}$ für die Wahrnehmung von Objekten und Personen in diesem Raum und von $\bar{E}_{m,Wand}$ und $\bar{E}_{m,Decke}$ für die Raumhelligkeit angegeben. Letztere dienen zur Gestaltung des Raumes und des Raumvolumens einschließlich R_{UGL} . Blendung (durch R_{UGL}) ist dem Raum zugeordnet, in dem eine Aufgabe ausgeführt wird. Die ersten vier Spalten werden für die Gestaltung von Bereichen der Sehaufgabe oder Tätigkeit verwendet, wobei mehr als einer dieser Bereiche innerhalb eines Raums vorkommen können.

Dies gilt für die Spalten 3 bis 10 in allen Tabellen in 7.3.

Tabelle 8 — 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 die visuelle Kommunikation und Erkennung von Objekten (5.6.2)	Helligkeit der Räume (5.2.2/5.2.3)	
$\bar{E}_m$ lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx
Erforderlich ^a	Modifiziert ^b				$U_o \geq 0,10$		
^a Erforderlich: Mindestwert.							
^b Modifiziert: berücksichtigt übliche Kontextmodifikatoren in 5.3.3.							

Tabelle 9 — Verkehrszonen in Gebäuden

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_m$		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$	$\bar{E}_{m,Wand}$	$\bar{E}_{m,Decke}$	Spezifische Anforderungen
		lx					lx	lx	lx	
		Erfor- derlich ^a	Modifiziert ^b				$U_o \geq 0,10$			
9.1	Korridore und Verkehrsflächen	100	150	0,40	40	28	50	50	30	Beleuchtungsstärke auf dem Boden. R_a und R_{UGL} ähnlich zu angrenzenden Gebieten. 150 lx, wenn auch Fahrzeuge die Verkehrsfläche benutzen. Die Beleuchtung der Aus- und Eingänge muss eine Übergangszone schaffen, um einen plötzlichen Wechsel der Beleuchtungsstärke zwischen Innen und Außen während des Tages oder bei Nacht zu vermeiden. Es sollte dafür Sorge getragen werden, Blendung von Fahrern und Fußgängern zu vermeiden.