

DIN EN 12464-1



ICS 91.160.10

Einsprüche bis 2019-07-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12464-1:2011-08

Entwurf

**Licht und Beleuchtung –
Beleuchtung von Arbeitsstätten –
Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12464-1:2019**

Light and lighting –
Lighting of work places –
Part 1: Indoor work places;
German and English version prEN 12464-1:2019

Lumière et éclairage –
Éclairage des lieux de travail –
Partie 1: Lieux de travail intérieurs;
Version allemande et anglaise prEN 12464-1:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-05-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fnl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 182 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf (prEN 12464-1:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 169 „Licht und Beleuchtung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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 Veröffentlichungen der Unfallversicherungsträger, zum Beispiel die DGUV Information 215-210 „Natürliche und künstliche Beleuchtung“, 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 und gilt darüber hinaus auch für freiwillig Versicherte.

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 Mindestanforderungen oder die Anforderungen der Unfallversicherungsträger an die Beleuchtung nicht eingehalten sind. Konkretisierende, zusätzliche oder abweichende Anforderungen zu dieser Norm betreffen insbesondere:

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

Für das in diesem Dokument zitierte internationale Dokument wird im Folgenden auf das entsprechende deutsche Dokument hingewiesen:

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) 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.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

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

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

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Kriterien der Beleuchtungsplanung.....	7
4.1 Licht-Umgebung.....	7
4.2 Leuchtdichtevertelung.....	8
4.2.1 Allgemeines.....	8
4.2.2 Reflexionsgrad der Oberflächen	9
4.2.3 Beleuchtungsstärke auf Oberflächen.....	9
4.3 Beleuchtungsstärke.....	9
4.3.1 Allgemeines.....	9
4.3.2 Skala der Beleuchtungsstärke.....	10
4.3.3 Beleuchtungsstärken im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit.....	10
4.3.4 Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs.....	11
4.3.5 Beleuchtungsstärke im Hintergrundbereich.....	12
4.3.6 Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke.....	14
4.4 Raster für die Beleuchtungsstärke.....	14
4.5 Blendung.....	15
4.5.1 Allgemeines.....	15
4.5.2 Psychologische Blendung	15
4.5.3 Abschirmung gegen Blendung.....	16
4.5.4 Schleierreflexionen und Reflexblendung.....	17
4.6 Beleuchtung in Innenräumen.....	17
4.6.1 Allgemeines.....	17
4.6.2 Anforderungen an die mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke im Tätigkeitsraum.....	17
4.6.3 Modelling	18
4.6.4 Gerichtete Beleuchtung von Sehaufgaben.....	18
4.7 Farbaspekte.....	18
4.7.1 Allgemeines.....	18
4.7.2 Lichtfarbe.....	19
4.7.3 Farbwiedergabe	19
4.8 Flimmern und stroboskopische Effekte.....	20
4.8.1 Allgemeines.....	20
4.8.2 Flimmern	20
4.8.3 Stroboskopischer Effekt.....	20
4.9 Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen (en: Display Screen Equipment, DSE).....	20
4.9.1 Allgemeines.....	20
4.9.2 Leuchtdichtegrenzen von Leuchten mit nach unten gerichtetem Lichtstrom.....	21
5 Überlegungen für die Planung der Beleuchtung.....	22
5.1 Allgemeines.....	22
5.2 Anforderungen an die Beleuchtungsstärke und Empfehlungen.....	22
5.2.1 Allgemeines.....	22

5.2.2	Beleuchtung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit und seines unmittelbaren Umgebungsbereichs (siehe 4.3.1).....	22
5.2.3	Beleuchtung des Raumes.....	23
5.2.4	Bedienung des Beleuchtungssystems.....	23
5.3	Wartungsfaktor.....	23
5.4	Anforderungen an die Energieeffizienz	24
5.5	Zusätzliche Vorteile von Tageslicht.....	25
5.6	Variabilität des Lichts.....	25
5.7	Raumhelligkeit.....	25
6	Verzeichnis der Beleuchtungsanforderungen	26
6.1	Aufbau der Tabellen.....	26
6.2	Verzeichnis der Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche	26
6.3	Beleuchtungsanforderungen für Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche.....	29
7	Überprüfungen.....	72
7.1	Allgemeines	72
7.2	Beleuchtungsstärken	72
7.3	Vereinheitlichte Blendungsbegrenzung (en: Unified Glare Rating - UGR).....	72
7.4	Farbwiedergabe und Lichtfarbe	72
7.5	Leuchtdichte der Leuchte.....	72
7.6	Wartungsplan	73
Anhang A (informativ) Typische Werte für den Rasterpunktabstand.....		74
Anhang B (informativ) Empfohlenes Vorgehen bei der Anwendung von UGR in „unüblichen“ Situationen.....		75
B.1	Allgemeines	75
B.2	Empfohlenes Vorgehen	75
B.2.1	Abweichende Leuchtgrößen.....	75
B.2.2	Unregelmäßige Flächenformen	75
B.2.3	Unregelmäßige Anordnungsmuster der Leuchten.....	75
B.2.4	Abweichende Raumreflexionsgradwerte.....	75
B.2.5	Verschiedene Leuchtentypen.....	76
B.2.6	Leuchten mit (nur) nach oben gerichteter Beleuchtung oder Lichtdecken.....	76
B.2.7	Raummaße, die kleiner oder größer als die der Tabellenwerte sind.....	76
Anhang C (informativ) Zusätzliche Informationen zu visuellen und nichtvisuellen Lichteffekten		77
C.1	Allgemeines	77
C.1.1	Allgemeines	77
C.1.2	Wahrgenommene Raumhelligkeit.....	77
C.1.3	Alternative Parameter.....	77
C.1.4	Adaptationsleuchtdichte innerhalb des normalen Gesichtsfeldes.....	79
C.1.5	Der Einfluss der Spektralverteilung auf nichtvisuelle Effekte.....	79
C.1.6	Unterschiedliche Beleuchtungsverhältnisse.....	80
C.1.7	Tageslichteinfall	80
Anhang D (informativ) Überlegungen zum Beleuchtungsdesign — Beispiele		81
Literaturhinweise.....		85
Stichwortverzeichnis		87

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12464-1:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 169 „Licht und Beleuchtung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12464-1:2011 ersetzen.

Die ursprüngliche Norm EN 12464-1:2002 wurde bereits in der ersten überarbeiteten Fassung EN 12464-1:2011 weiter entwickelt. Sie legt die Anforderungen an gute Beleuchtungslösungen fest und gibt keine Gestaltungsrichtlinien vor. Mit der Erfahrung bei der Anwendung der Norm werden die nächsten Schritte in die Entwicklung dieser neuen Ausgabe unternommen und die Bedürfnisse von Mensch und Anwender finden breitere Berücksichtigung. Die lichttechnischen Anforderungen für Bereiche, in denen Sehaufgaben ausgeführt werden, stehen in engem Zusammenhang zum Raum, in dem sie durchgeführt werden. Technologisch hat LED als Lichtquelle die herkömmlichen Lampen abgelöst. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur vorherigen Fassung sind:

- 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.
- Die Auswirkungen visueller und nichtvisueller Effekte von Licht werden im neuen Anhang C erläutert.
- 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.
- 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.
- 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).
- 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.
- Flimmern und stroboskopische Effekte wurden aktualisiert (4.8).
- 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.

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 geforderte Güte der Sehverhältnisse und des Sehkomforts wird bestimmt durch die Art und die Dauer der Tätigkeit. Die Beleuchtung wirkt sich auch auf den circadianen Rhythmus und die Stimmung aus und verbessert unsere Leistung 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.

Zwar sind die spezifischen Anforderungen in der Tabelle mit den Beleuchtungsanforderungen aufgelistet (siehe Abschnitt 6), es ist aber wichtig, dass allen Abschnitten dieses Dokuments gefolgt wird.

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 normalen 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, künstliche Beleuchtung oder eine Kombination aus beidem erfolgen.

Diese Europäische Norm 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 12464-2, *Licht und Beleuchtung — Beleuchtung von Arbeitsstätten — Teil 2: Arbeitsplätze im Freien*

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

EN 13032-1, *Licht und Beleuchtung — Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten — Teil 1: Messung und Datenformat*

EN 13032-2, *Licht und Beleuchtung — Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten — Teil 2: Darstellung der Daten für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien*

EN 15193-1, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Energetische Anforderungen an die Beleuchtung — Teil 1: Spezifikationen, Modul M9*

EN 17037, *Tageslicht in Gebäuden*

EN ISO 9241-307, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 307: Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen (ISO 9241-307)*

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*

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:

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

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 eine oder mehrere Bereiche der Tätigkeit befinden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein Bereich der Tätigkeit ist in der Regel ein horizontaler Bereich. Falls das nicht der Fall ist, muss die Orientierung vom Planer angegeben werden.

4 Kriterien der Beleuchtungsplanung

4.1 Licht-Umgebung

Für eine gute Beleuchtung ist es notwendig, dass neben den erforderlichen Beleuchtungsstärken zusätzliche qualitative und quantitative Anforderungen erfüllt werden.

Die Beleuchtungsanforderungen werden durch die Erfüllung von drei Grundbedürfnissen des Menschen bestimmt:

- 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 Parameter, die die Lichtumgebung unter Berücksichtigung von künstlichem Licht und Tageslicht bestimmen, sind:

- Leuchtdichtevertellung;
- Beleuchtungsstärke;
- Lichtrichtung, räumliche Beleuchtung;
- Variabilität des Lichts (Niveau und Farbe des Lichts);

- Farbwiedergabe und Lichtfarbe des Lichts;
- Blendung;
- Flimmern.

Werte für die Beleuchtungsstärke und ihre Gleichmäßigkeit in den Aufgaben- oder Tätigkeitsbereichen, Beleuchtungsstärken im Raum, psychologische Blendung und Farbwiedergabeindex sind in Abschnitt 6 angegeben; andere Parameter sind in Abschnitt 4 beschrieben.

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),
- bewusst verbesserte und entsprechend geplante Licht-Umgebung, blendungsfreie Beleuchtung, gute Farbwiedergabe, kontrastreiche Kennzeichnungen sowie optische und taktile Führungssysteme können Sicht- und Richtungssinn und Ortsempfinden verbessern. Siehe CIE 227 *Lighting for Older People and People with Visual Impairment in Buildings*.

4.2 Leuchtdichteverteilung

4.2.1 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. Folgendes sollte aus den aufgeführten Gründen 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 trüben 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 6) berücksichtigt. Anhang C enthält weitere Einzelheiten zu möglichen Maßnahmen.

Obwohl Anforderungen an die Leuchtdichte zutreffender wären, werden in dieser Norm Anforderungen an die Beleuchtungsstärke aufgeführt, da Anforderungen an die Leuchtdichte aufgrund ihrer Abhängigkeit von den speziellen Materialeigenschaften und Betrachtungspunkten nicht zweckmäßig sind.

Der Lichtplaner muss die geeigneten Werte für Reflexionsgrad und Beleuchtungsstärke für Raumbooberflächen auf der Grundlage der folgenden Anleitung berücksichtigen und auswählen.

4.2.2 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 Reflexionsgrade 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 üblicherweise einen Reflexionsgrad von 0,1.

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

4.2.3 Beleuchtungsstärke auf Oberflächen

Abschnitt 6 enthält Mindestanforderungen für die Beleuchtungsstärke an Wänden ($\bar{E}_{m,Wand}$) und Decke ($\bar{E}_{m,Decke}$), abhängig von den Aufgaben und/oder Tätigkeiten, die im Raum ausgeführt werden. Die Gleichmäßigkeit für Wände und Decken muss $U_o \geq 0,10$ betragen. (siehe 4.3.6)

Beleuchtungsstärken an Wänden und Decken sowie Reflexionsgrade der Oberflächen (siehe 4.2.2) sind Indikatoren für die wahrgenommene Raumhelligkeit.

ANMERKUNG Weitere Hinweise sind in Abschnitt 5 enthalten.

4.3 Beleuchtungsstärke

4.3.1 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 dieser Europäischen Norm angegebenen Beleuchtungsstärken sind Wartungswerte der Beleuchtungsstärke und berücksichtigen Sehkomfort und Leistungserfordernisse.

Für die Berechnung und Messung von Mittelwerten und Gleichmäßigkeiten der Beleuchtungsstärke muss das in 4.4 festgelegt Raster verwendet werden.

4.3.2 Skala der Beleuchtungsstärke

Um einen wahrnehmbaren Unterschied zu erhalten, sind die empfohlenen Stufen der Beleuchtungsstärke (in lx) nach EN 12665:

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

4.3.3 Beleuchtungsstärken im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit

Die in Abschnitt 6 angegebenen Werte sind Wartungswerte der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit auf der Bewertungsfläche, die horizontal, vertikal oder geneigt sein kann.

Die Werte für $\bar{E}_{m,r}$ und $\bar{E}_{m,u}$ in Abschnitt 6 sind Angaben zu einem geeigneten Intervall von Wartungswerten der Beleuchtungsstärke für den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit. Die mittlere Beleuchtungsstärke für jede Aufgabe darf unabhängig vom Alter und Zustand der Installation nicht unter den gewählten Wert fallen (siehe 5.3).

Die Werte gelten für übliche Sehbedingungen und berücksichtigen die folgenden Faktoren:

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

Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke darf um mindestens eine Stufe in der Beleuchtungsstärke-Skala (siehe 4.3.2), angepasst werden wenn die Sehbedingungen von den üblichen Annahmen abweichen.

Der erforderliche Wartungswert der Beleuchtungsstärke sollte erhöht werden, wenn:

- die Sehaufgabe kritisch für den Arbeitsablauf ist;
- Fehler nur unter hohen Kosten behoben werden können;
- Genauigkeit, höhere Produktivität oder erhöhte Konzentration von großer Bedeutung sind;
- Aufgabendetails ungewöhnlich klein oder ungewöhnlich geringen Kontrast aufweisen;
- die Aufgabe ungewöhnlich lange ausgeführt wird;
- der Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit über wenig Tageslicht verfügt.
- die Sehfähigkeit des Arbeitnehmers unter dem üblichen Sehvermögen liegt

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 sind enthalten in CIE 227:2017 *Lighting for Older People and People with Visual Impairment in Buildings*.

Der erforderliche Wartungswert der Beleuchtungsstärke darf verringert werden, wenn:

- Aufgabendetails ungewöhnlich groß sind oder einen ungewöhnlich hohen Kontrast aufweisen;
- die Aufgabe für eine ungewöhnlich kurze Zeit durchgeführt wird.

ANMERKUNG 2 Für Sehbehinderte können besondere Anforderungen hinsichtlich Beleuchtungsstärke und Kontrast nötig sein.

Die Größe und Position des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit sollte 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
- die gesamte Bereich wird gleichmäßig ($U_0 \geq 0,40$) 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 in einem Bereich mehrere Aufgaben ausgeführt werden, müssen die Anforderungen für alle diese Aufgaben erfüllt werden.

Dies gilt auch für einen Bereich der Tätigkeit.

4.3.4 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 1 angegebenen Werten liegen.

Neben der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit muss die Beleuchtung eine angemessene Adaptations-Leuchtdichte nach 4.2 bieten.

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

Tabelle 1 — Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereichs und der Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit

Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit E_{Aufgabe} lx	Beleuchtungsstärke im unmittelbaren Umgebungsbereich lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
≤ 150	E_{Aufgabe}

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

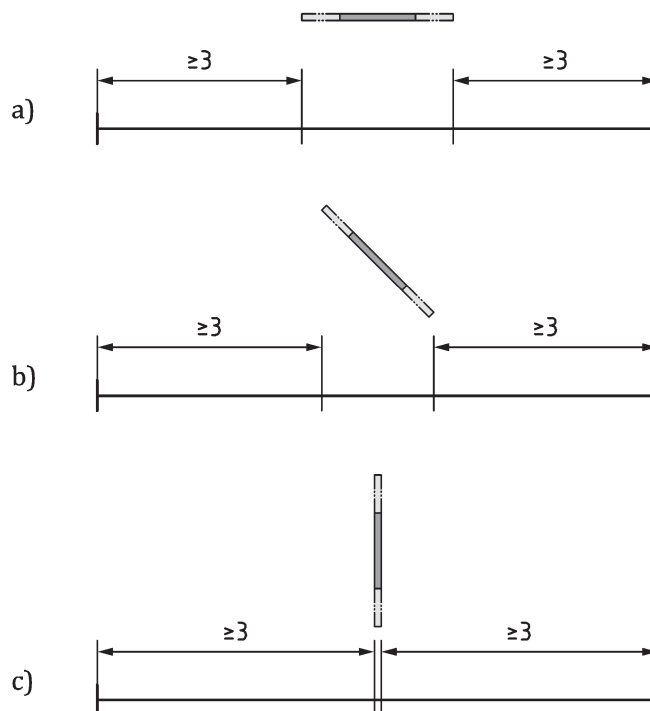
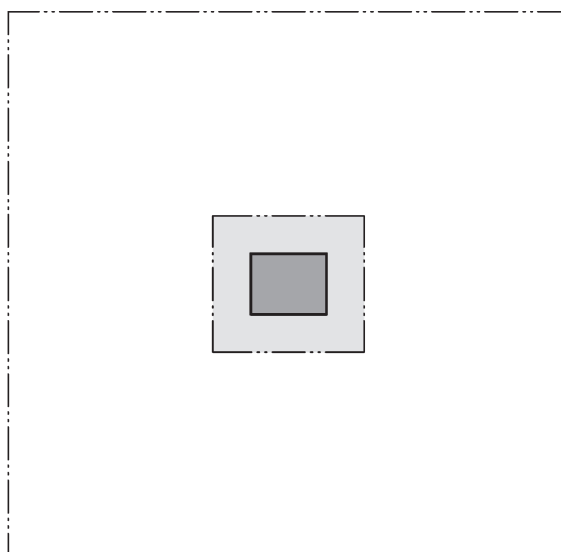
4.3.5 Beleuchtungsstärke im Hintergrundbereich

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

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

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

Maße in m



Legende

-  Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit (nicht maßstabsgetreu) in einer bestimmten Größe und Position (siehe 4.3.3)
-  unmittelbarer Umgebungsbereich (Streifen mit einer Breite von mindestens 0,5 m innerhalb des Gesichtsfelds um den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit herum)
-  Hintergrundbereich (angrenzend an den unmittelbaren Umgebungsbereich bis an die Grenzen des Raumes, bei größeren Räumen mindestens 3 m breit) horizontal auf Bodenhöhe
- a) horizontaler Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit
- b) geneigter Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit
- c) vertikaler Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit

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

4.3.6 Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke

Im Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit darf die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke (U_o) die in den Tabellen in 6.3 angegebenen Mindestwerte für die Gleichmäßigkeit nicht unterschreiten.

Für Licht von künstlicher Beleuchtung oder aus Tageslichtöffnungen in der Decke muss die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke:

- im unmittelbaren Umgebungsbereich $U_o \geq 0,40$ sein;
- im Hintergrundbereich $U_o \geq 0,10$ sein.

Für Licht aus vertikalen Tageslichtöffnungen:

- in größeren Bereichen, Bereichen der Tätigkeit und Hintergrundbereichen nimmt das verfügbare Tageslicht mit der Entfernung vom Fenster stark ab; die zusätzlichen Vorteile von Tageslicht können den Mangel an Gleichmäßigkeit ausgleichen. Weitere Informationen zu den Vorteilen von Tageslicht sind in 5.4 und Anhang C enthalten.

Die Gleichmäßigkeit für Wände und Decke muss $U_o \geq 0,10$ sein.

4.4 Raster für die Beleuchtungsstärke

Rastersysteme müssen erstellt werden, um die Punkte anzugeben, an 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.

Rasterzellen, die sich einem Quadrat annähern, werden bevorzugt, das Verhältnis von Länge zu Breite einer Rasterzelle muss zwischen 0,5 und 2 liegen (siehe auch EN 12193 und EN 12464-2). Die maximale Rastergröße muss wie folgt sein:

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

Dabei ist

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

d ist die 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 und

p die maximale Rasterfeldgröße (m).

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

Der daraus resultierende Abstand zwischen den Rasterpunkten wird verwendet, um den gerundeten ganzzahligen Wert der Rasterpunkte in der anderen Abmessung zu berechnen. Hieraus ergibt sich ein Verhältnis zwischen der Länge und Breite einer Rasterzelle nahe 1.

Ein Streifen von 0,5 m von den Wänden ist vom Berechnungsbereich ausgenommen, es sei denn, der Bereich der Aufgabe oder Tätigkeit befindet sich in diesem Randbereich oder erstreckt sich in diesen. Für enge Räume (Breite < 2 m) darf der ausgeschlossene Streifen nicht breiter als 10 % der Bodenbreite betragen. Eine entsprechende Rastergröße muss für Wände und Decke angewendet werden; und ein Streifen von 0,5 m darf auch für diese angewendet werden.

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

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

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

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

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

ANMERKUNG 2 Typische Werte für Rasterpunktabstände sind in Anhang A, Tabelle A.1 angegeben.

4.5 Blendung

4.5.1 Allgemeines

Blendung ist die 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. Für Arbeitsstätten in Innenräumen ist die physiologische Blendung in der Regel kein großes Problem, wenn die Grenzwerte der psychologischen Blendung eingehalten werden.

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

ANMERKUNG Besondere Sorgfalt für die Vermeidung von Blendung ist nötig, wenn die Blickrichtung über der Horizontalen liegt.

4.5.2 Psychologische Blendung

Zur Beurteilung des Auftretens von psychologischer Blendung durch Fenster geben prEN 14501 und EN 17037 Empfehlungen zur Klassifizierung der Blendungsbegrenzung und zur Tageslichtblendungswahrscheinlichkeit (DGP, en: Daylight Glare Probability).

Um eine Leuchte auszuwählen, die für einen 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. Der UGR-Wert der Beleuchtungsanlage darf den in Abschnitt 6 angegebenen R_{UGL} -Wert nicht überschreiten.

Alle Annahmen, die hinsichtlich der Leuchte, der Raumabmessungen, des Reflexionsgrades der Raumboflächen und des Verhältnisses von Abstand zu Höhe bei der Bestimmung der R_{UGL} (bisher: UGR) gemacht wurden, müssen in der Planungsdocumentation angegeben werden. Der durch die Tabellenmethode bestimmte R_{UGL} -Wert darf den in Abschnitt 6 angegebenen Wert nicht überschreiten.

Die empfohlenen Grenzwerte der R_{UG} bilden eine Reihe, deren Schritte merkliche Änderungen bezüglich der Blendung darstellen.

ANMERKUNG 1 Die durch das Tageslicht verursachte Blendung unterscheidet sich von der Blendung durch künstliche Lichtquellen in Bezug auf die Größe der Blendquellen, komplexen Leuchtdichteverteilungen und die Akzeptanz der Anwender.

ANMERKUNG 2 Die Reihe von R_{UGL} lautet: 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 3 Die Variationen von R_{UGL} innerhalb des Raums können anhand der erweiterten Tabellen für verschiedene Beobachterpositionen bestimmt werden, wie in CIE 117-1995 und CIE 190 beschrieben wird.

Anhang B enthält empfohlene Vorgehensweisen in Bezug auf die Implementierung von R_{UGL} für „Nicht-Standardsituationen“.

4.5.3 Abschirmung gegen Blendung

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

Bei Leuchten mit direkt sichtbarer Lichtquelle müssen die in Tabelle 2 angegebenen Mindestabschirmwinkel (siehe Bild 2) im Gesichtsfeld für die angegebene Leuchtdichte der Lichtquelle eingehalten werden.

Bei Leuchten mit verdeckter, direkter Sicht auf die Lichtquelle muss die in Tabelle 3 angegebene maximale durchschnittliche Leuchtdichte der Leuchten für die Werte des Gammawinkels eingehalten werden (siehe Bild 2).

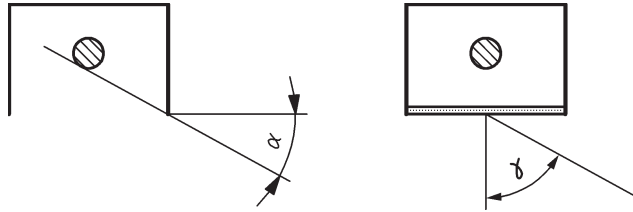
ANMERKUNG Die in den Tabellen 2 und 3 angegebenen Werte gelten nicht für Deckenfluter oder für Leuchten, deren nach unten gerichteter Lichtanteil sich unterhalb der üblichen Augenhöhe befindet.

Tabelle 2 — 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 3 — Maximale mittlere Leuchtdichte der Leuchte bei festgelegten Gammawinkeln

Gammawinkel γ	Maximale mittlere Leuchtdichte der Leuchte 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 Mindestabschirmwinkel
 γ Gammawinkel

Bild 2 — Abschirmwinkel α und Gammawinkel γ

4.5.4 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, Fenstern und Dachoberlichtern;
- Beschaffenheit der Oberfläche (matte Oberflächen);
- Begrenzung der Leuchtdichte von Leuchten, Fenstern und Dachoberlichtern;
- helle Decke und helle Wände.

4.6 Beleuchtung in Innenräumen

4.6.1 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 Ausdrücke „mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke“, „Modelling“ und „gerichtete Beleuchtung“ beschreiben die Beleuchtungsbedingungen.

4.6.2 Anforderungen an die mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke im Tätigkeitsraum

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, der in einer waagerechten Ebene im Innenraum bestimmt werden soll, ist in Abschnitt 6 für jede Art von Sehaufgabe oder Tätigkeit angegeben. Die Gleichmäßigkeit der mittleren zylindrischen Beleuchtungsstärke muss $U_o \geq 0,10$ 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, $\bar{E}_z$, für dieselbe Flächengröße und

Position berechnet werden. Wenn die Bereiche der Sehaufgabe / unmittelbaren Umgebungsbereiche / Hintergrundbereiche separat definiert werden, muss die in den Tabellen in 6.3 angegebene Anforderung an die zylindrische Beleuchtungsstärke für den Raum, einschließlich der Bereiche der Sehaufgabe und der unmittelbaren Umgebungsbereiche, berechnet und erfüllt werden.

4.6.3 Modelling

Das allgemeine Erscheinungsbild eines Innenraums wird verbessert, wenn seine strukturellen Merkmale, die Personen und die Objekte darin beleuchtet werden, so dass Form und Textur klar und angenehm sichtbar werden.

Die Beleuchtung sollte nicht zu direkt sein, da sonst starke Schatten erzeugt werden. Auch sollte sie nicht zu diffus sein, da sonst der Modelling-Effekt vollständig verloren geht, was wiederum zu einer sehr strukturlosen Lichtumgebung führt. Mehrfachschatten, die durch gerichtete Beleuchtung aus mehr als einer Position verursacht werden, sollte vermieden werden, da dies zu einem verwirrenden visuellen Effekt führen kann.

Modelling beschreibt das Gleichgewicht zwischen diffusem und gerichtetem Licht und sollte berücksichtigt 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 übereinstimmen.

ANMERKUNG 1 Bei gleichmäßiger Anordnung von Leuchten oder Dachoberlichtern ist ein Wert zwischen 0,30 und 0,60 ein Indikator für gutes Modelling.

ANMERKUNG 2 Tageslicht wird vorwiegend horizontal von Fenstern verteilt. Die zusätzlichen Vorteile von Tageslicht (siehe 5.5) können den Einfluss auf die Modelling-Werte ausgleichen, und Modelling-Werte aus Tageslicht können über den angegebenen Wertebereich hinausgehen.

4.6.4 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 4.5.4.

Grobe Schatten, die die Ausführung der Sehaufgabe stören, sollten vermieden werden. Einige Schatten helfen jedoch, die Sichtbarkeit der Sehaufgabe zu erhöhen.

4.7 Farbaspekte

4.7.1 Allgemeines

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

- die Lichtfarbe ;
- seine Fähigkeiten der Farbwiedergabe, die das farbliche Aussehen von Objekten und Personen beeinflussen.

Diese beiden Merkmale müssen getrennt betrachtet werden.

4.7.2 Lichtfarbe

Die Lichtfarbe einer Lichtquelle bezieht sich auf die sichtbare Farbe (Farbart) des abgestrahlten Lichts. Es wird durch seine ähnlichste Farbtemperatur (T_{CP}) quantifiziert.

Die Lichtfarbe des Tageslichts variiert im Laufe eines Tages.

Die Lichtfarbe von künstlichem Licht kann auch wie in Tabelle 4 beschrieben werden.

Tabelle 4 — Lichtfarbengruppen von Lichtquellen

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

Die Wahl der Lichtfarbe ist eine Frage der Psychologie, der Ästhetik und dem, was als natürlich angesehen wird. Die Auswahl hängt von der Beleuchtungsstärke, den Farben des Raums und der Möbel, dem Umgebungsklima und der Anwendung ab. In warmen Klimazonen wird im Allgemeinen eine kühlere Lichtfarbe bevorzugt, wohingegen in kaltem Klima eine wärmere Lichtfarbe bevorzugt wird.

Für die physiologischen Auswirkungen der Spektralverteilung und der Änderung der Farbtemperatur siehe Anhang C. Insbesondere bei nächtlicher Schichtarbeit ist eine sorgfältige Abwägung erforderlich.

In Abschnitt 6 ist für bestimmte Anwendungen ein eingeschränkter Bereich geeigneter Farbtemperaturen angegeben. Dieser gilt sowohl für Tageslicht als auch für künstliche Beleuchtung.

4.7.3 Farbwiedergabe

Für die Sehleistung und ein Gefühl der Behaglichkeit und des Wohlbefindens müssen die Farben der Umgebung, der Objekte und der menschlichen Haut, entsprechend den in Abschnitt 6 genannten Aufgabenanforderungen mit ausreichender Genauigkeit wiedergegeben werden.

Um eine objektive Angabe über die Eigenschaften der Farbwiedergabe einer Lichtquelle machen zu können, wird der allgemeine Farbwiedergabeindex R_a verwendet. Der Maximalwert von R_a beträgt 100.

Der Mindestwert des Farbwiedergabeindex für verschiedene Bereiche der Sehaufgabe und Tätigkeit innerhalb eines Raumes ist in Abschnitt 6 angegeben.

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

ANMERKUNG Die Farbwiedergabeeigenschaften des Lichts einer Lichtquelle können durch Optik, Verglasung und farbige Oberflächen beeinflusst werden.

Für die exakte Wiedergabe der Farbe von Objekten und menschlicher Haut sollte der jeweilige individuelle spezielle Farbwiedergabeindex (R_i) berücksichtigt werden.

4.8 Flimmern und stroboskopische Effekte

4.8.1 Allgemeines

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

Stroboskopische Effekte können auch zu gefährlichen Situationen führen, indem die Wahrnehmung einer rotierenden oder sich hin- und herbewegenden Maschine verfälscht wird. Dies liegt jedoch außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm.

Beleuchtungssysteme sollten so geplant werden, dass sie die negativen Auswirkungen von Flimmern und stroboskopischen Effekten vermeiden. Hintergrundinformationen und Methoden zur objektiven Quantifizierung dieser Effekte sind in CIE TN 006:2016 enthalten.

4.8.2 Flimmern

Flimmern wird durch die Verwendung des IEC-Kurzzeitflimmerindikators (P_{st}) und des Testverfahrens beschrieben, die in IEC TR 61547-1:2015 definiert sind.

Um eine nachteilige direkte Wahrnehmung von Flimmern zu verhindern, können empfohlene Grenzwerte in z. B. IEC TR 61547-1 und EN 61000-3-3 gefunden werden.

4.8.3 Stroboskopischer Effekt

Stroboskopische Effekte, die von Individuen wahrgenommen werden, die typische Aufgaben an Arbeitsplätzen im Innenbereich ausführen, können mit dem SVM-Messverfahren (en: Stroboscopic Effect 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.

ANMERKUNG SVM ist nicht geeignet, die Auswirkungen der Beleuchtung auf rotierende oder sich hin- und herbewegende Maschinen zu quantifizieren, wie in 4.8.1 beschrieben.

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

4.9.1 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 nach dem Verzeichnis in Abschnitt 6 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.

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

4.9.2 Leuchtdichtegrenzen von Leuchten mit nach unten gerichtetem Lichtstrom

Licht kann den Kontrast von Bildschirmanzeigen verringern durch:

- Schleierreflexion, die durch die Beleuchtungsstärke auf der Displayoberfläche entstehen, und
- Leuchtdichten von Leuchten und hellen Oberflächen, die sich im Display widerspiegeln.

EN ISO 9241-307 enthält Anforderungen an die visuellen Eigenschaften von Displays bezüglich unerwünschter Reflexionen.

In diesem Unterabschnitt werden die Leuchtdichtegrenzen für Leuchten beschrieben, die bei normalen Blickrichtungen im Bildschirm spiegeln können.

In Tabelle 5 sind die Grenzen der mittleren Leuchtdichte der Leuchte bei einem Ausstrahlungswinkel von 65° und mehr, ausgehend von der vertikalen Abwärtsrichtung radial um die Leuchten, für Arbeitsplätze angegeben, an denen Bildschirme verwendet werden, die vertikal oder bis zu 15° geneigt sind.

Tabelle 5 — 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 bezüglich Farbe und Details der angezeigten Informationen wie sie in Büros, Bildungseinrichtungen usw. verwendet werden.)	$\leq 3\,000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$	$\leq 1\,500 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$
Fall B (negative Polarität und/oder höhere Anforderungen bezüglich Farbe und Details der angezeigten Informationen wie sie bei CAD-Farbüberprüfung usw. verwendet werden)	$\leq 1\,500 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$	$\leq 1\,000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$
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 ein Bildschirm mit hoher Leuchtdichte bei Leuchtdichten unter $200 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ betrieben werden soll, müssen die für einen Bildschirm mit mittlerer Leuchtdichte angegebenen Bedingungen berücksichtigt werden.

Einige Aufgaben, Aktivitäten oder Bildschirmtechnologien, insbesondere Hochglanzbildschirme, erfordern andere Beleuchtungsmaßnahmen (z. B. niedrigere Leuchtdichtegrenzen, spezielle Abschattung, individuelles Dimmen usw.).

In Bereichen der Industrie und des Handwerks werden Bildschirme manchmal durch zusätzliche Frontscheiben geschützt. Die unerwünschten Reflexionen an diesen Schutzgläsern müssen durch geeignete Methoden (wie Antireflexionsbeschichtungen, Kippen des Schutzglases oder durch Blenden) reduziert werden.

5 Überlegungen für die Planung der Beleuchtung

5.1 Allgemeines

Zusätzlich zu den Basisanforderungen, die in Abschnitt 4 beschrieben sind, sollten die folgenden zusätzlichen Aspekte bei der Planung der Beleuchtung berücksichtigt werden:

- Empfohlene Anforderungen an die Beleuchtungsstärke
 - Bedienung des Beleuchtungssystems
 - Anforderungen an die Energieeffizienz
 - Variabilität des Lichts

Beispiele für die Anwendung der unter 5.2 beschriebenen Verfahren sind in Anhang D aufgeführt.

5.2 Anforderungen an die Beleuchtungsstärke und Empfehlungen

5.2.1 Allgemeines

Um eine größere Vielfalt an Anwendungsanforderungen zu ermöglichen, enthält Abschnitt 6 sowohl die erforderlichen Werte der Beleuchtungsstärke, die jederzeit eingehalten werden müssen ($\bar{E}_{m,r}$), als auch einen empfohlenen Wert, der ein angemesseneres Beleuchtungsniveau für anstrengendere Arbeitsbedingungen bietet.

5.2.2 Beleuchtung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit und seines unmittelbaren Umgebungsbereichs (siehe 4.3.1)

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

- 1) Die entsprechende Sehaufgabe oder Tätigkeit wird 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 4.3.3.).
- 2) Die „aufgaben- oder tätigkeitsbezogenen Anforderungen“ aus den Tabellen in 6.3 ($\bar{E}_{m,r}$, U_o , R_a , R_{UGL}) werden ausgewählt. Für Bereiche, in denen verschiedene Aufgaben ausgeführt werden, müssen die strengsten Anforderungen für die Planung verwendet werden (siehe 4.3.3.).
- 3) Basierend auf dem Bereich der Beleuchtungsstärken zwischen $E_{m,r}$ und $E_{m,u}$ wird die geeignete Aufgaben- oder Tätigkeitsanforderung ($\bar{E}_m$) ausgewählt, z. B. die spezifischen kontextabhängigen Modifikatoren wie in 4.3.3. oder 5.6 angegeben.

Es wird empfohlen, um bis zu zwei Stufen höhere Beleuchtungsstärken als den minimalen Wartungswert auf dem Aufgabenbereich ($\bar{E}_{m,r}$) festzulegen, um eine Anpassung der Beleuchtungsstärke an die Aufgabe zu ermöglichen und eine höhere Sehleistung und Benutzerzufriedenheit während verschiedener Betriebszeiten zu gewährleisten. Dimmbare Beleuchtung bietet Flexibilität. Wenn die Aufgabe oder Tätigkeit nicht durchgeführt oder eine Tätigkeit mit weniger visuellen Schwierigkeiten ausgeführt wird, können durch Dimmen oder Ein-/Aussschalten niedrigere Beleuchtungsstärken verwendet werden. Weitere Informationen sind in CIE 222 und CIE 227 enthalten.

- 4) Geeigneten Anforderungen an die Beleuchtungsstärke für den unmittelbaren Umgebungs- und Hintergrundbereich werden basierend auf der Auswahl von $\bar{E}_m$ in Schritt 3 und Tabelle 1 (siehe 4.3.4 und 4.3.5) ausgewählt.

5.2.3 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).
- 2) Die Anforderungen für „Objekte und Personen“ und für „Raumhelligkeit“ aus den Tabellen in 6.3 ($\bar{E}_z$, $\bar{E}_{m,Wand}$, $\bar{E}_{m,Decke}$) werden basierend auf allen in 5.2.2, Schritt 1 und 2, ausgewählten Aufgaben und Tätigkeiten ausgewählt. Wenn verschiedene Anforderungen bestehen, werden die höchsten Anforderungen ausgewählt, um alle angegebenen Aufgaben und Tätigkeiten zu berücksichtigen.

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

Wenn in Schritt 3 von 5.2.2 höhere Werte für $\bar{E}_m$ für den Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit ausgewählt wurden, müssen auch die Werte für Wand-, Decken- und zylindrische Beleuchtungsstärke um bis zu demselben Verhältnis erhöht werden (siehe 4.3.2. für Schrittgrößen).

5.2.4 Bedienung des Beleuchtungssystems

Die Beleuchtung sollte an die tatsächlichen Bedürfnisse des Anwenders anpassbar sein (siehe auch 5.6). Das System sollte sicherstellen, dass Beleuchtungsstärken erreicht werden können, die den empfohlenen oberen Wartungswert der Beleuchtungsstärke allein mit künstlicher Beleuchtung erreichen oder überschreiten (wenn im schlimmsten Fall kein Tageslicht vorhanden ist). Die Beleuchtungsstärke kann sowohl durch Tageslicht als auch durch künstliche 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

Diese Norm empfiehlt die Verwendung der oberen Planungswerte, damit der Anwender die beleuchtete Umgebung voll nutzen kann. Bei der Planung einer Grundbeleuchtung, die nur die Mindestkriterien erfüllt, sind die möglichen Vorteile einer guten Beleuchtungsqualität eingeschränkt.

5.3 Wartungsfaktor

Das Beleuchtungssystem muss unter Berücksichtigung eines für die ausgewählte Beleuchtungsanlage, die Umgebung und den festgelegten Wartungsplan nach ISO/CIE TS 22012 berechneten Gesamtwartungsfaktors (f_m) konzipiert sein.

Die Anforderungen jeder Aufgabe an die Beleuchtungsstärke, wie in Abschnitt 6 angegeben, werden als Wartungswerte der Beleuchtungsstärke (E_m) angegeben. Der Neuwert der Beleuchtungsstärke E_{in} kann aus E_m wie folgt berechnet werden:

$$E_{in} = \frac{E_m}{f_m} \quad (2)$$

Dabei ist

E_m der Wartungswert der Beleuchtungsstärke

E_{in} der Neuwert der Beleuchtungsstärke

f_m der Wartungsfaktor

Der Konstrukteur 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, z. B. für die Häufigkeit des Ersetzens der Lichtquelle, für Reinigungsintervalle von Leuchte und Raum.

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 künstliche Innenraum-Beleuchtungssysteme können in CIE 97 gefunden werden.

ANMERKUNG 2 Bei Tageslichtberechnungen sollte die Reduzierung des Transmissionsgrads von Tageslichtöffnungen durch Schmutzablagerung berücksichtigt werden.

5.4 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 in dieser Europäischen Norm festgelegten Wartungswerte der Beleuchtungsstärke sind Mindestwerte und müssen eingehalten werden.

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 zu Energieeinsparungen. Die Menge an Tageslicht in Innenräumen hängt zum einen von der Verfügbarkeit von Tageslicht im Freien (d. h. dem vorherrschenden Klima am Standort), von der Umgebung des Gebäudes, den unmittelbar um die Tageslichtöffnung liegenden Komponenten und der Konfiguration 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

Leuchtdichtevertelung im Raum auszugleichen. Automatisches oder manuelles Ein- und Ausschalten und/oder Dimmen kann verwendet werden, um eine angemessene Mischung aus künstlichem Licht und Tageslicht zu gewährleisten.

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

5.5 Zusätzliche Vorteile von Tageslicht

Tageslicht kann Innenräumen mit einer beachtlichen Menge Licht versorgen, mit hoher Farbwiedergabe sowie Variabilität in Stärke, 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 Modelling- 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, und ein direkter Blick in die Sonne oder deren Reflexion sollte vermieden werden. Es ist anzumerken, dass sich durch Tageslicht verursachte Blendung von durch künstliche Lichtquellen verursachter Blendung hinsichtlich der Größe der Blendquellen, der Komplexität der Leuchtdichtevertelung und der Akzeptanz durch die Anwender unterscheidet.

5.6 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 dieser Norm angegeben) und unterschiedliche Farbtemperaturen können das Wohlbefinden der Menschen verbessern. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass diese Phänomene zusätzlich zu den Planungskriterien für die Beleuchtung, die in der Norm EN 12464-1 definiert sind, durch die sogenannten „nichtvisuellen“ Beleuchtungsstärken und die Lichtfarbe von Licht erzeugt werden können, wie in CEN/TR 16791:2017 beschrieben. Die nichtvisuellen Wirkungen hängen von der Menge und der Zeit der Belichtung, 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 C enthalten.

Wenn die Beleuchtung variiert wird (z. B. mit persönlicher Steuerung), werden möglicherweise die Beleuchtungsanforderungen (wie in den Tabellen in 6.3 angegeben) nicht mehr erfüllt. Die Werte aus den Tabellen in 6.3 müssen jedoch immer realisierbar sein.

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

5.7 Raumhelligkeit

Ein Indiz für die wahrgenommene Helligkeit in Räumen, in denen Sehaufgaben oder Tätigkeiten ausgeführt werden, ist durch Beleuchtungsstärken an Wänden und Decke gegeben. Werte sind in den Tabellen in 6.3

angegeben. In Situationen, in denen die Berücksichtigung von $\bar{E}_{m,Wand}$ und $\bar{E}_{m,Decke}$ nicht angemessen ist, werden keine Werte angegeben.

Zusätzliche Angaben zur wahrgenommenen Raumhelligkeit sind in Anhang C erläutert.

6 Verzeichnis der Beleuchtungsanforderungen

6.1 Aufbau der Tabellen

Für die Anwendung der Tabellen in 6.3 siehe Abschnitt 5: Überlegungen zur Planung

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 **minimalen Wartungswert der Beleuchtungsstärke** $\bar{E}_{m,r}$ auf der Bewertungsfläche (siehe 4.3) für den Innenraum (Bereich) an, in dem die Aufgabe oder Tätigkeit aus Spalte 2 ausgeführt wird.

Spalte 4 gibt den **höheren Wartungswert der Beleuchtungsstärke** $\bar{E}_{m,u}$ auf der Bewertungsfläche (siehe 4.3) für den Innenraum (Bereich) an, in dem die Aufgabe oder Tätigkeit aus Spalte 2 ausgeführt wird.

ANMERKUNG 1 Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$ wird innerhalb der Grenzwerte von $\bar{E}_{m,r}$ und $\bar{E}_{m,u}$ wie in Abschnitt 5 beschrieben gewählt.

ANMERKUNG 2 Eine Beleuchtungssteuerung 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 Anmerkung 1 gewählten Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$ an.

Spalte 6 enthält die **Mindestwerte der Farbwiedergabe-Indizes** (R_a) (siehe 4.7.3) für die in Spalte 2 aufgelistete Situation.

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

Spalte 8 gibt die **Mindestwerte der zylindrische Beleuchtungsstärke** $\bar{E}_Z$ für die Erkennung von Objekten und Personen an, wie in Abschnitt 5 beschrieben

Spalte 9 zeigt die **Mindestwerte der mittleren Beleuchtungsstärke an Wänden** $\bar{E}_{m,Wand}$ wie in Abschnitt 5 beschrieben

Spalte 10 zeigt die **Mindestwerte der mittleren Beleuchtungsstärke an Decken** $\bar{E}_{m,Decke}$ wie in Abschnitt 5 beschrieben

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

6.2 Verzeichnis der Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche

Tabelle 6.1 — Verkehrszonen in Gebäuden

Tabelle 6.2 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe-Räume

Tabelle 6.3 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Kontrollräume

Tabelle 6.4 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Lagerräume, Kühlhäuser

Tabelle 6.5 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – (Hoch-)Regallager

Tabelle 6.6 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Landwirtschaft

Tabelle 6.7 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Bäckereien

Tabelle 6.8 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Zement, Zementwaren, Beton, Ziegel

Tabelle 6.9 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Keramik, Fliesen, Glas, Glaswaren

Tabelle 6.10 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Chemie-, Kunststoff- und Gummiindustrie

Tabelle 6.11 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Elektro- und Elektronikindustrie

Tabelle 6.12 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Nahrungs- und Genussmittelindustrie

Tabelle 6.13 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Gießereien und Metallguss

Tabelle 6.14 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Friseure

Tabelle 6.15 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Schmuckherstellung

Tabelle 6.16 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Wäschereien und chemische Reinigung

Tabelle 6.17 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Leder und Lederwaren

Tabelle 6.18 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Metallverarbeitung und -verarbeitung

Tabelle 6.19 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Papier und Papierwaren

Tabelle 6.20 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Kraftwerke

Tabelle 6.21 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Druckereien

Tabelle 6.22 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Walzwerke, Eisen- und Stahlwerke

Tabelle 6.23 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Herstellung und Verarbeitung von Textilien

Tabelle 6.24 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Automobilbau und -reparatur

Tabelle 6.25 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Holzbearbeitung und -verarbeitung

Tabelle 6.26 — Büros

Tabelle 6.27 — Verkaufsflächen

Tabelle 6.28 — Öffentliche Bereiche – Allgemeine Bereiche

Tabelle 6.29 — Öffentliche Bereiche – Restaurants und Hotels

Tabelle 6.30 — Öffentliche Bereiche – Theater, Konzerthallen, Kinos, Freizeitgestaltung

Tabelle 6.31 — Öffentliche Bereiche – Messen, Ausstellungshallen

Tabelle 6.32 — Öffentliche Bereiche – Museen

Tabelle 6.33 — Öffentliche Bereiche – Bibliotheken

Tabelle 6.34 — Öffentliche Bereiche – Öffentliche Parkplätze (innen)

Tabelle 6.35 — Bildungseinrichtungen – Kindergarten, Spielschule

Tabelle 6.36 — Bildungseinrichtungen – Bildungsgebäude

Tabelle 6.37 — Gesundheitseinrichtungen – Räume zur allgemeinen Nutzung

Tabelle 6.38 — Gesundheitseinrichtungen – Personalräume

Tabelle 6.39 — Gesundheitseinrichtungen – Bettenzimmer, Wöchnerinnenzimmer

Tabelle 6.40 — Gesundheitseinrichtungen – Untersuchungsräume (allgemein)

Tabelle 6.41 — Gesundheitseinrichtungen – Untersuchungsräume von Augenärzten

Tabelle 6.42 — Gesundheitseinrichtungen – Untersuchungsräume von HNO-Ärzten

Tabelle 6.43 — Gesundheitseinrichtungen – Räume der bildgebenden Diagnostik

Tabelle 6.44 — Gesundheitseinrichtungen – Entbindungsräume

Tabelle 6.45 — Gesundheitseinrichtungen – Behandlungsräume (allgemein)

Tabelle 6.46 — Gesundheitseinrichtungen – Operationsbereiche

Tabelle 6.47 — Gesundheitseinrichtungen – Intensivstation

Tabelle 6.48 — Gesundheitseinrichtungen – Zahnärzte

Tabelle 6.49 — Gesundheitseinrichtungen – Laboratorien und Apotheken

Tabelle 6.50 — Gesundheitseinrichtungen – Sterilräume

Tabelle 6.51 — Gesundheitseinrichtungen – Autopsieräume und Leichenhallen

Tabelle 6.52 — Verkehrsbereiche – Flughäfen

Tabelle 6.53 — Verkehrsbereiche – Bahnanlagen

Tabelle 6.54 — Logistik und Lager

6.3 Beleuchtungsanforderungen für Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche

Die Anforderungen an Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche sind in den Tabellen 6.1 bis 6.54 aufgeführt. Die Spalten sind wie in Tabelle 6.0 gezeigt zu verstehen.

Die Anforderungen für die spezifischen Aufgaben und Tätigkeiten werden von $\bar{E}_{m,r}$, $\bar{E}_{m,u}$, U_o , R_a und R_{UGL} angegeben. Die Anforderungen an den Raum, in dem die Aufgabe(n) oder Aktivitäten ausgeführt werden, werden von $\bar{E}_z$ 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 Zimmers und des Raumes einschließlich R_{UGL} . Blendung (durch R_{UGL}) ist dem Raum gewidmet, 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 6.3.

Tabelle 6.0 — Zuordnung der Spalten zu den Anforderungen

Gestaltung des Bereichs der Sehaufgabe oder Tätigkeit					Gestaltung des Raumes oder Raumbereichs		
Anforderungen an die Aufgabe oder Tätigkeit					Bedeutung der Objekte oder Menschen	Helligkeit der Räume (4.2.2/4.2.3)	
$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx

Tabelle 6.1 — Verkehrszonen in Gebäuden

Ref. Nr.	Bereich der Sehauf- gabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_0	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.1.1	Korridore und Verkehrsflächen	100	150	0,40	40	28	50	50	30	Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe. R_a und R_{UGL} ähnlich zu angrenzenden Gebieten. 150 lx, wenn sich Fahrzeuge auf der Strecke befinden. Die Beleuchtung von Ausgängen und Eingängen muss eine Übergangszone schaffen, um plötzliche Änderungen der Beleuchtungsstärke zwischen Innen und Außen bei Tag oder Nacht zu vermeiden. Es sollte darauf geachtet werden, dass Autofahrer und Fußgänger nicht geblendet werden.
6.1.2	Treppen, Rolltreppen, Laufbänder	100	150	0,40	40	25	50	50	30	Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe. Erfordert einen erhöhten Kontrast an der vorderen Kante der Stufen.
6.1.3	Aufzüge, Fahrstühle	100	150	0,40	40	25	50	50	30	Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe.- Licht vor dem Aufzug, siehe Ref. Nr. 6.1.3.1
6.1.3.1	Bereich vor dem Lift, Aufzug, Rolltreppen	200	300	0,40	40	25	75	75	50	Bereich bis zu 1 m vor Lift, Aufzug, Rolltreppen. Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe.
6.1.4	Laderampen/-buchten	150	200	0,40	40	25	50	50	—	
6.1.5	Gebäudeeingang mit Vordach	30	50	0,40	—	—	—	—	—	

Tabelle 6.2 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe-Räume

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.2.1	Kantine und Pausenbereiche	200	500	0,40	80	22	75	75	50	
6.2.2	Pausenräume	100	200	0,40	80	22	50	50	30	
6.2.3	Räume für sportliche Aktivitäten	300	500	0,40	80	22	100	100	75	
6.2.4	Garderobe (Bereich), Waschräume, Badezimmer, Ankleide-, Schließfach-, Dusch-, Wasch- und Toilettenbereiche	200	300	0,40	80	25	75	75	50	In jeder einzelnen Toilette, wenn diese vollständig geschlossen sind.
6.2.4.1	Gesichtsbeleuchtung vor Spiegeln	300	500	0,40	80	—	—	—	—	Vertikale Beleuchtungsstärke, 0,5 m vor dem Spiegel in Kopfhöhe.
6.2.5	Krankenstation	500	750	0,60	80	19	150	150	100	
6.2.6	Räume für ärztliche Behandlungen	500	1000	0,60	90	19	150	150	100	$4\,000\,K \leq T_{CP} \leq 5\,000\,K$
6.2.7	Allgemeine Reinigung	100	150	0,40	—	—	50	50	30	Anwendbar, wo regelmäßige Reinigung notwendig ist.

Tabelle 6.3 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Kontrollräume

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.3.1	Betriebsräume, Schalträume	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.3.2	Nachsortierung, Schaltanlage	500	750	0,60	80	19	150	150	100	
6.3.3	Überwachungsraum	300	500	0,60	80	19	100	100	75	

Tabelle 6.4 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Lagerräume, Kühlhäuser

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.3.1	Betriebsräume, Schalträume	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.3.2	Nachsortierung, Schaltanlage	500	750	0,60	80	19	150	150	100	
6.3.3	Überwachungsraum	300	500	0,60	80	19	100	100	75	

Tabelle 6.5 — Allgemeine Bereiche in Gebäuden – Lagerregale

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.5.1	Durchgänge: unbemannt	20	—	0,40	40	—	—	—	—	Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe.
6.5.2	Durchgänge: bemannt	150	200	0,40	60	22	50	50	30	Beleuchtungsstärke auf Bodenhöhe.
6.5.3	Kontrollraum	150	300	0,60	80	22	75	75	50	
6.5.4	Lagerregalfläche	200	—	0,40	60	—	—	—	—	Vertikale Beleuchtungsstärke, zusätzliche tragbare Beleuchtung kann verwendet werden.

Tabelle 6.6 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Landwirtschaft

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.6.1	Laden und Beförderung von Waren, Handhabungsgeräten und Maschinen	200	300	0,40	80	25	50	50	—	
6.6.2	Gebäude für Nutztiere	50	75	0,40	40	—	—	—	—	
6.6.3	Ställe für kranke Tiere oder Kälber	200	—	0,60	80	25	50	50	—	
6.6.4	Futterzubereitung; Molkerei; Reinigung der Geräte	200	—	0,60	80	25	50	50	—	

Tabelle 6.7 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Bäckereien

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.7.1	Vorbereitung und Backen	300	500	0,60	80	22	100	100	50	
6.7.2	Endbearbeitung, Glasieren, Dekorieren	500	750	0,70	80	22	150	150	75	

Tabelle 6.8 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Zement, Zementwaren, Beton, Ziegel

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.8.1	Trocknung	50	—	0,40	20	28	—	—	—	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.
6.8.2	Vorbereitung der Materialien; Arbeit an Öfen und Mischern	200	300	0,40	40	28	75	75	—	
6.8.3	Allgemeine Arbeit an Maschinen	300	500	0,60	80	25	100	100	—	
6.8.4	Rohformen	300	500	0,60	80	25	100	100	—	

Tabelle 6.9 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Keramik, Fliesen, Glas, Glaswaren

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.9.1	Trocknung	50	-	0,40	20	28	—	—	—	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.
6.9.2	Vorbereitung, allgemeine Arbeit an Maschinen	300	500	0,60	80	25	100	100	—	
6.9.3	Emaillieren, Walzen, Pressen, Formung einfacher Teile, Glasieren, Glasblasen	300	500	0,60	80	25	100	100	—	
6.9.4	Schleifen, Gravieren, Glaspolieren, Formung von Präzisionsteilen, Herstellung von Glasinstrumenten	750	1 000	0,70	80	19	150	150	100	
6.9.5	Schleifen von optischem Glas, Kristall, Handschleifen und Gravieren	750	1 000	0,70	80	16	150	150	100	
6.9.6	Präzisionsarbeit, z. B. dekoratives Schleifen, Handmalen	1 000	1 500	0,70	90	16	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.9.7	Herstellung von synthetischen Edelsteinen	1 500	2 000	0,70	90	16	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$

Tabelle 6.10 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Chemie-, Kunststoff- und Gummiindustrie

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.10.1	Ferngesteuerte Verarbeitungsanlagen	50	—	0,40	20	—	—	—	—	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.
6.10.2	Verarbeitungsanlagen mit eingeschränkter manueller Bedienung	150	200	0,40	40	28	50	50	30	
6.10.3	Ständig besetzte Arbeitsplätze in Verarbeitungsanlagen	300	750	0,60	80	25	100	100	50	
6.10.4	Präzisionsmessräume, Laboratorien	500	750	0,60	80	19	150	150	75	
6.10.5	Pharmazeutische Produktion	500	750	0,60	80	22	150	150	75	
6.10.6	Reifenproduktion	500	750	0,60	80	22	150	150	75	
6.10.7	Farbinspektion	1 000	1 500	0,70	90	19	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.10.8	Schneiden, Veredeln, Prüfen	750	1 000	0,70	80	19	150	150	100	

Tabelle 6.11 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Chemie-, Kunststoff- und Gummiindustrie

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/ Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.11.1	Kabel- und Drahtherstellung	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.11.2.0	Wicklung:									
6.11.2.1	Wicklung:- große Spulen	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.11.2.2	Wicklung:- mittlere Spulen	500	750	0,60	80	22	150	150	75	
6.11.2.3	Wicklung:- kleine Spulen	750	1 000	0,70	80	19	150	150	100	
6.11.3	Spulenimprägnierung	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.11.4	Galvanisieren	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.11.5.0	Montagearbeit:									
6.11.5.1	— roh, z. B. große Transforma- toren	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.11.5.2	— medium, z. B. Schalttafeln	500	750	0,60	80	22	150	150	100	
6.11.5.3	— feine, z. B. Telefone, Funkgeräte, IT-Geräte (Computer)	750	1 000	0,70	80	19	150	150	100	
6.11.5.4	— Präzision, z. B. Messgeräte, Leiterplatten	1 000	1 500	0,70	80	16	150	150	100	
6.11.6	Elektrowerkstatt, testen, einstellen	1 500	2 000	0,70	80	16	150	150	100	

Tabelle 6.12 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Nahrungs- und Genussmittelindustrie

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.12.1	Arbeitsplätze und Bereiche in: — Brauereien, Mälzerei, — zum Waschen, Fassfüllen, Reinigen, Sieben, Schälen, — Kochen in Konserven- und Schokoladenfabriken, — Arbeitsplätze und Bereiche in Zuckerfabriken, — zum Trocknen und Gären von Rohrtabak, Gärkeller	200	300	0,40	80	25	50	75	30	
6.12.2	Sortieren und Waschen von Produkten, Mahlen, Mischen, Verpacken	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.12.3	Arbeitsplätze und wichtige Bereiche in Schlachthöfen, Metzgereien, Molkereien, Filterböden in Zuckerraffinerien	500	750	0,60	80	25	150	150	75	
6.12.4	Schneiden und Aussortieren von Obst und Gemüse	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.12.5	Herstellung von Feinkost, Küchenarbeit, Herstellung von Zigarren und Zigaretten	500	750	0,60	80	22	150	150	75	
6.12.6	Inspektion von Gläsern und Flaschen, Produktkontrolle, Trimmen, Sortieren, Dekorieren	500	750	0,60	80	22	150	150	100	
6.12.7	Laboratorien	500	750	0,60	80	19	150	150	100	
6.12.8	Farbinspektion	1 000	1 500	0,70	90	19	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$

Tabelle 6.13 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Gießereien und Metallguss

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.13.1	Mannshöhe Unterflurtunnel, Keller, usw.	50	—	0,40	20	—	—	—	—	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.
6.13.2	Plattformen	100	—	0,40	40	25	50	50	30	
6.13.3	Sandvorbereitung	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.13.4	Verband	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.13.5	Arbeitsplätze an Kuppel und Mischer	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.13.6	Gießhalle	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.13.7	Ausschüttel-Bereiche	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.13.8	Maschinenformguss	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.13.9	Hand- und Kernformguss	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.13.10	Druckguss	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.13.11	Modellbau	500	750	0,60	80	22	150	150	75	

Tabelle 6.14 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Friseure

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.14.1	Frisieren	500	750	0,60	90	19	150	150	100	

Tabelle 6.15 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Schmuckherstellung

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.15.1	Arbeit mit Edelsteinen	1 500	2 000	0,70	90	16	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.15.2	Herstellung von Schmuck	1 000	1 500	0,70	90	16	150	150	100	
6.15.3	Uhrherstellung (manuell)	1 500	2 000	0,70	80	16	150	150	100	
6.15.4	Uhrherstellung (automatisch)	500	750	0,60	80	19	150	150	100	

Tabelle 6.16 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Wäschereien und chemische Reinigung

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.16.1	Wareneingang, Markierung und Sortierung	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.16.2	Waschen und Trockenreinigung	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.16.3	Bügeln, Pressen	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.16.4	Inspektion und Reparaturen	750	1 000	0,70	80	19	150	150	100	

Tabelle 6.17 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Leder und Lederwaren

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.17.1	Arbeiten an Bottichen, Fässern, Gruben	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.17.2	Entfleischen, Schälen, Reiben, Trommeln der Häute	300	500	0,40	80	25	100	100	50	
6.17.3	Sattlerarbeiten, Schuhherstellung: Nähen, Polieren, Formen, Schneiden, Lochen	500	750	0,60	80	22	150	150	100	
6.17.4	Aussortieren	500	750	0,60	90	22	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.17.5	Lederfärben (Maschine)	500	750	0,60	80	22	150	150	100	
6.17.6	Qualitätskontrolle	1 000	1 500	0,70	80	19	150	150	100	
6.17.7	Farbinspektion	1 000	1 500	0,70	90	19	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.17.8	Schuhherstellung	500	750	0,60	80	22	150	150	100	
6.17.9	Herstellung von Handschuhen	500	750	0,60	80	22	150	150	100	

Tabelle 6.18 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Metallverarbeitung und -verarbeitung

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.18.1	Freiformschmieden	200	300	0,60	80	25	50	50	30	
6.18.2	Schmieden	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.18.3	Schweißen	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.18.4	Roh- und Durchschnittbearbeitung: Toleranzen $\geq 0,1\text{ mm}$	300	500	0,60	80	22	100	100	50	

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.18.5	Präzisionsbearbeitung Schleifen: Toleranzen < 0,1 mm	500	750	0,70	80	19	150	150	75	
6.18.6	Reißen; Inspektion	750	1 000	0,70	80	19	150	150	100	
6.18.7	Draht- und Rohrziehereien; Kaltumformung	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.18.8	Blechbearbeitung: Dicke ³ 5 mm	200	300	0,60	80	25	50	50	30	
6.18.9	Blecharbeiten: Dicke < 5 mm	300	500	0,60	20	22	100	100	50	
6.18.10	Werkzeugherstellung; Herstellung von Schneidgeräten	750	1 000	0,70	80	19	150	150	75	
6.18.11.0	Aufbau:									
6.18.11.1	— roh	200	300	0,60	60	25	50	50	30	
6.18.11.2	— mittel	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.18.11.3	— fein	500	750	0,60	80	22	150	150	75	
6.18.11.4	— Präzision	750	1 000	0,70	80	19	150	150	100	
6.18.12	Galvanisieren	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.18.13	Oberflächenvorbereitung und Lackierung	750	1 000	0,70	80	25	150	150	100	
6.18.14	Werkzeug-, Schablonen- und Vorrichtungsbau, Feinmechanik, Mikromechanik	1 000	1 500	0,70	80	19	150	150	100	

Tabelle 6.19 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Papier und Papierwaren

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.19.1	Randläufer, Zellstofffabriken	200	300	0,40	80	25	75	75	30	
6.19.2	Papierherstellung und -verarbeitung, Papier- und Wellpappenmaschinen, Kartonherstellung	300	500	0,60	80	25	100	100	50	
6.19.3	Buchbinderarbeiten, z. B. Falten, Sortieren, Kleben, Schneiden, Prägen, Nähen	500	750	0,60	80	22	150	150	100	

Tabelle 6.20 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Kraftwerke

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.20.1	Kraftstoffversorgungsanlage	50	—	0,40	20	—	—	—	—	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.
6.20.2	Kesselhaus	100	150	0,40	40	28	50	50	30	
6.20.3	Maschinenhallen	200	300	0,40	80	25	50	50	30	
6.20.4	Nebenräume, z. B. Pumpenräume, Kondensatorräume, usw.; Schalttafeln (in Gebäuden)	200	300	0,40	80	25	50	50	30	
6.20.5	Kontrollräume	500	1 000	0,70	80	19	150	150	100	1) Bedienfelder sind oft vertikal. 2) Dimmen kann erforderlich sein. 3) Bildschirmarbeit, siehe 4.9.

Tabelle 6.21 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Druckereien

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.21.1	Schneiden, Vergolden, Prägen, Blockgravieren, Bearbeiten von Steinen und Platten, Druckmaschinen, Matrizenherstellung	500	750	0,60	80	19	150	150	75	
6.21.2	Papiersortierung und Handdruck	500	750	0,60	80	19	150	150	75	
6.21.3	Texteinstellung, Retusche, Lithographie	1 000	1 500	0,70	80	19	150	150	100	
6.21.4	Farbprüfung im mehrfarbigen Druck	1 500	2 000	0,70	90	16	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.21.5	Stahl- und Kupferstich	2 000	3 000	0,70	80	16	150	150	100	Bezüglich der Lichtrichtung, siehe 4.6.4.

Tabelle 6.22 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Walzwerke, Eisen- und Stahlwerke

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.22.1	Produktionsanlagen ohne manuelle Bedienung	50	—	0,40	20	—	—	—	—	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.
6.22.2	Produktionsanlagen mit gelegentlicher manueller Bedienung	150	200	0,40	40	28	50	50	30	
6.22.3	Produktionsanlagen mit ständiger manueller Bedienung	200	300	0,60	80	25	75	75	30	
6.22.4	Lager	50	—	0,40	20	—	—	—	—	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.
6.22.5	Öfen	200	300	0,40	20	25	75	75	30	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.22.6	Walzstraße; Haspelanlage; Scherenlinie	300	500	0,60	40	25	100	100	50	
6.22.7	Steuerungsplattformen; Bedienfelder	300	500	0,60	80	22	100	100	50	
6.22.8	Test, Messung und Inspektion	500	750	0,60	80	22	150	150	100	
6.22.9	Mannshöhe Unterflurtunnel; Förderbänder, Keller, usw.	50	—	0,40	20	—	—	—	—	Sicherheitsfarben müssen sichtbar sein.

Tabelle 6.23 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Herstellung und Verarbeitung von Textilien

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.23.1	Arbeitsplätze und -bereiche in Bädern, Ballenöffnungen	200	300	0,60	60	25	50	50	30	
6.23.2	Kardieren, Waschen, Bügeln, Entwickeln von Maschinenarbeiten, Zeichnen, Kämmen, Größenbestimmung, Schneiden von Kartons, Vorspinnen, Jute- und Hanfspinnen	300	500	0,60	40	22	100	100	50	
6.23.3	Spinnen, Zwirnen, Spulen, Wickeln	500	750	0,60	40	22	150	150	75	Stroboskopische Effekte vermeiden.
6.23.4	Schären, Weben, Flechten, Stricken	500	750	0,60	60	22	150	150	75	Stroboskopische Effekte vermeiden.
6.23.5	Nähen, Stricken (feine Maschen), Maschen aufnehmen	750	1 500	0,70	80	22	150	150	100	

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.23.6	Manuelle Gestaltung, Zeichnen von Mustern	750	1 500	0,70	90	22	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.23.7	Ausarbeiten, Färben	500	1 000	0,60	80	22	150	150	100	
6.23.8	Trockenraum	100	—	0,40	60	28	50	50	30	
6.23.9	Automatischer Stoffdruck	500	—	0,60	90	25	100	100	50	
6.23.10	Noppen, Rupfen, Trimmen	1 000	1 500	0,70	80	19	150	150	100	
6.23.11	Farbinspektion; Gewebekontrolle	1 000	1 500	0,70	90	19	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.23.12	Kunststopfen	1 500	2 000	0,70	90	19	150	150	100	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.23.13	Hutherstellung	500	750	0,60	80	22	150	150	75	

Tabelle 6.24 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Automobilbau und -reparatur

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.24.1	Formwerkstatt – große Teile	300	500	0,60	80	25	100	100	30	
6.24.2	Formwerkstatt – Sichtprüfung	500	750	0,60	80	22	150	150	30	
6.24.3	Karosseriebau und Montage – automatisch	300	500	0,60	80	25	100	100	30	
6.24.4	Karosseriebau und Montage – manuelles Schweißen	500	750	0,60	80	22	150	150	30	
6.24.5	Lackieren, Sprühkammer, Polierkammer	750	1 000	0,70	80	22	150	150	30	

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.24.6	Lackieren, Prüfen, Ausbessern und Polieren	1 000	1 500	0,70	90	19	150	150	30	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
6.24.7	Polsterherstellung (manuell)	1 000	1 500	0,70	80	19	150	150	100	
6.24.8	Feinarbeiten: — Montage von Unterteilen (Türen, Armaturenbrett, Polsterung) — Montage unter dem Fahrgestell — Motor und mechanische Montage — Endmontage-Förderlinie	750	1 000	0,70	80	19	150	150	30	
6.24.9	Feinarbeiten: — Arbeit mit Elektrik	750	1 000	0,60	90	22	150	150	30	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$ zur Farberkennung
6.24.10	Schlussprüfung	1 000	1 500	0,70	90	19	150	150	30	
6.24.11	Allgemeine Dienstleistungen, Reparatur und Prüfung	300	750	0,60	80	22	100	100	30	Beleuchtung vor Ort beachten.

Tabelle 6.25 — Industrielle Tätigkeiten und Handwerk – Holzbearbeitung und -verarbeitung

Ref. Nr.	Bereich der Sehaufgabe/Tätigkeit	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,Wand}$ lx	$\bar{E}_{m,Decke}$ lx	Spezifische Anforderungen
6.25.1	Automatische Verarbeitung, z. B. Trocknung, Sperrholzherstellung	50	—	0,40	40	28	—	—	—	
6.25.2	Dampfgruben	150	200	0,40	40	28	50	50	30	
6.25.3	Sägerahmen	300	500	0,60	60	25	100	100	50	Stroboskopische Effekte vermeiden.