

licht.wissen 13

Arbeitsplätze im Freien



Freier Download auf
www.licht.de

R-201A

Inhalt

- 2 Einleitung
- 4 Lichttechnik
- 10 Industrieanlagen und Energie
- 14 Verkehr, Straßen & Wege
- 18 Lager & Logistik
- 20 Baustellen
- 22 Lichttechnische Tabellen
- 26 Lampen
- 28 Leuchten
- 30 DIN-Normen und Literaturhinweise
- 31 Bildnachweis
- 31 Bestellkarten
- 32 Impressum
- 33 Informationen zur Lichtanwendung:
Die Schriftenreihe der Fördergemeinschaft
Gutes Licht



1



2



3

Vorwort



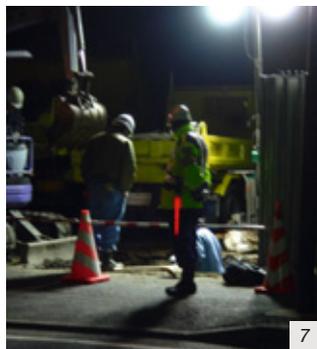
4



5



6



7

Seit vielen Jahren ist die richtige Beleuchtung von Arbeitsplätzen als ein entscheidender Faktor für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz von Arbeitnehmern identifiziert. Das Ziel, Anlagen zu errichten, in denen alle Güte Merkmale der Beleuchtung angemessen Berücksichtigung finden, wird auf vielen Wegen kommuniziert. Dabei konzentriert sich das allgemeine Interesse aber zumeist nur auf Innenräume. Nicht selten wird übersehen, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Arbeit auch im Freien verrichtet werden muss – und dies unter fehlenden oder unzureichenden natürlichen Lichtverhältnissen.

Die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien unterliegt spezifischen Anforderungen, die sich sowohl von der klassischen Innenraumbeleuchtung wie auch der Straßenbeleuchtung unterscheiden. Das Thema „Gutes Licht für Arbeitsplätze im Freien“ verdient gerade jetzt besondere Beachtung, weil neue Anforderungen dafür erarbeitet wurden, die den Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und der Hygiene sowie sonstige arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigen. Diese Anforderungen enthält die berufsgenossenschaftliche Regel „Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten“ (BGR 131). Sie richtet sich an Unternehmer, Planer und Errichter und gibt Hinweise für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen auch außerhalb von Gebäuden.

Die BGR 131 fokussiert auf die Sicherheit und die Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit und legt diesbezüglich Anforderungen fest. Auf die Erfüllung sehphysiologischer und produktionsbezogener Erfordernisse wird in der BGR 131 nicht eingegangen. Diese werden in der Norm DIN EN 12464-2 behandelt. Die Norm beschreibt die Standards im



8

Dipl.-Ing. Gerold Soestmeyer
Vorsitzender des Arbeitskreises „Beleuchtung, Licht und Farbe“ im Fachausschuss „Einwirkungen und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren der Berufsgenossenschaftlichen Zentrale für Sicherheit und Gesundheit – BGZ“

Hinblick auf Sehkomfort und Sehleistung an die meisten in der Praxis anzutreffenden Arbeitsplätze im Freien. Somit ist die Abgrenzung zwischen Norm und berufsgenossenschaftlicher Regel klar definiert.

Eine Beleuchtung, die allen Anforderungen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes entspricht, ist ein erreichbares Unternehmensziel.

Neben der Regel- und Normenkonformität ist effiziente Energienutzung ein wichtiges Kriterium bei Investitionen. Technisch hoch entwickelte Lampen und Leuchten bieten vielfältige Möglichkeiten zur Optimierung von Beleuchtungsanlagen hinsichtlich Ergonomie, Ökonomie sowie Ökologie.

Hierzu gehören auch Lichtmanagementsysteme, die inzwischen nicht nur für die Innen-, sondern auch für die Außenbeleuchtung angeboten werden.

Ich wünsche dem Heft der „Fördergemeinschaft Gutes Licht“ eine weite Verbreitung und eine interessierte Aufnahme bei allen, die für gutes Licht verantwortlich sind.



9

Arbeiten im Freien sind häufig mit Gefahren verbunden.



10

Gutes Licht für Arbeitsplätze im Freien

Die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien hat – prinzipiell wie auch die Innenraumbeleuchtung – die Aufgabe, die Erfüllung der Sehaufgabe zu gewährleisten sowie die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer bei der Arbeit sicherzustellen.

Die Randbedingungen sind jedoch anders. Am Tage nehmen wir etwa 80 % der Sinneseindrücke über das Auge wahr. In der Dunkelheit haben wir je nach Beleuchtung jedoch nur 3 % bis 30 % der Sehschärfe wie am Tage. Eine weitere Erschwernis: Das Blendungsrisiko ist wesentlich höher als bei Helligkeit.

Die räumliche Orientierung und das Gesichtsfeld sind in der Dunkelheit erheblich eingeschränkt. Die physische Leistungsfähigkeit sinkt aufgrund von Ermüdung, d. h. aufgrund des natürlichen Schlafbedürfnisses, auf weniger als 10 %. Deswegen passieren die meisten Unfälle aufgrund menschlichen Versagens in der Dunkelheit.

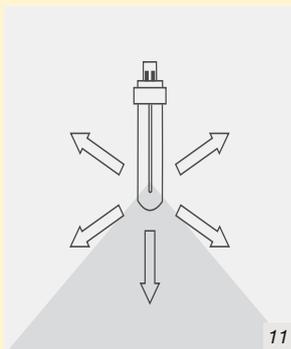
Das menschliche Leistungsverhalten (Biorhythmus) ist starken zeitlichen Schwankungen unterworfen: Nachts sinkt die Leistung stark ab, weswegen die Unfallgefahren zunehmen. Unfälle sind in der Dunkelheit überdurchschnittlich häufiger und schwerer als am Tage.

Die vier lichttechnischen Grundgrößen

Physikalische Zusammenhänge werden in der Lichttechnik durch spezifische

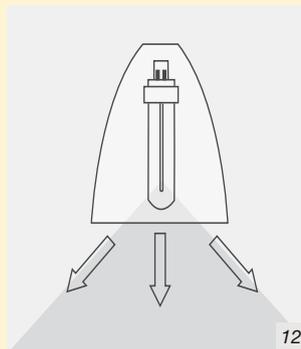
Größen und Einheiten beschrieben. Die vier am häufigsten verwendeten

Begriffe werden im Folgenden einleitend für ein besseres Verständnis erläutert:



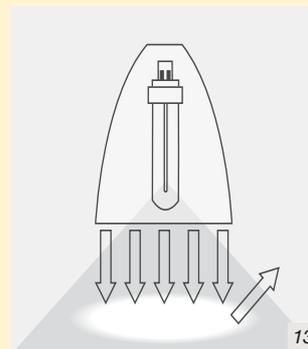
Lichtstrom

ist die Lichtleistung einer Lampe. Gemessen in Lumen (lm), beschreibt er die von der Lichtquelle in alle Richtungen abgestrahlte Leistung im sichtbaren Bereich.



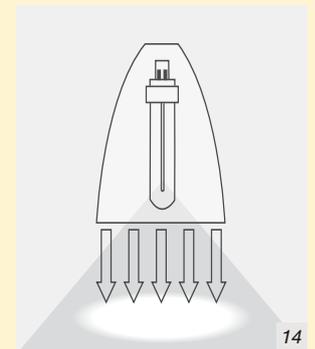
Lichtstärke

ist der Teil des Lichtstroms, der in eine bestimmte Richtung strahlt. Die räumliche Verteilung der in Candela (cd) gemessenen Lichtstärke charakterisiert die Lichtausstrahlung von Leuchten (auch Reflektorlampen und LEDs), meist dargestellt in Lichtstärkeverteilungskurven (LVK).



Leuchtdichte

ist der Helligkeitseindruck, den das Auge von einer leuchtenden oder beleuchteten Fläche hat. Gemessen in cd/m^2 oder cd/cm^2 , setzt sie die Lichtstärke in Beziehung zu der Größe der Fläche, die leuchtet oder von der Licht reflektiert wird.



Beleuchtungsstärke,

gemessen in Lux (lx), ist der Lichtstrom, der von einer Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft. Sie beträgt 1 Lux, wenn der Lichtstrom von 1 Lumen 1 Quadratmeter Fläche gleichmäßig beleuchtet.



15

Viele Flughafenbereiche sind als Arbeitsstätten im Freien einzustufen.

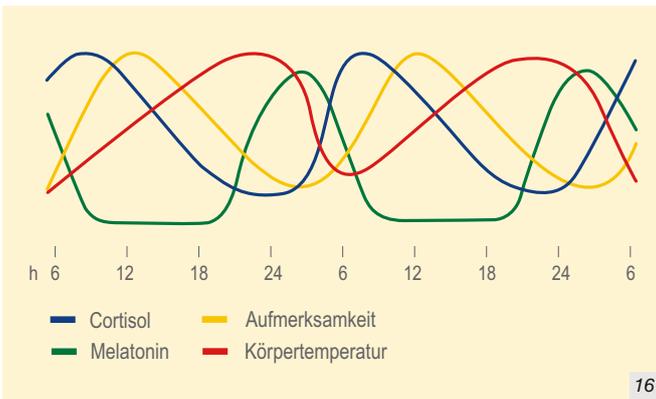
Im Gegensatz zur Arbeit in Innenräumen ist die visuelle Anstrengung bei Arbeitsstätten im Freien schon deswegen deutlich höher, weil meist Reflexionen an Wänden fehlen und daher oft ausschließlich Direktbeleuchtung möglich ist. Damit verbunden sind oft starke Schatten. Ein meist dunkler Hintergrund führt zu höheren Leuchtdichtekontrasten, was die

visuelle Situation nochmals verschärft. Die Norm DIN EN 12464-2 definiert Anforderungen, die gute Sehleistung und angenehmen Sehkomfort sicherstellen. Aus sehphysiologischen und produktionsbezogenen Erfordernissen heraus können diese Anforderungen höher sein als die, die berufsgenossenschaftlich aus Gründen des Arbeits-

oder Gesundheitsschutzes formuliert sind.

Nach einer Übersicht über die Physiologie des Sehens und grundlegende Größen und Gütemerkmale werden in diesem Heft wichtige Anforderungen an lichttechnische Gütemerkmale an Arbeitsplätze im Freien gegeben.

Es folgt eine Darstellung wichtiger Anwendungsbereiche mit spezifischen Bewertungskriterien. Den Abschluss bildet eine für den Praktiker hilfreiche tabellarische Übersicht über die den jeweiligen Bereichen zugeordneten Anforderungen, die sich an die Norm DIN EN 12464-2 anlehnt.

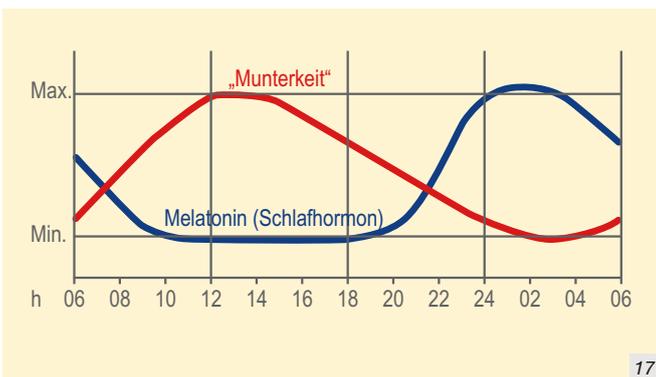


16

Verlauf verschiedener circadianer Rhythmen



18



17

Korrelation von Melatoninspiegel und „Munterkeit“

Hinweis

Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28



19



20

Auch Objekte in Signalfarben, die bei Tageslicht gut erkennbar sind, werden in der Dämmerung nur noch eingeschränkt erkannt.

Sehen und gesehen werden: Gutes Licht vermeidet Unfälle

Tageslicht liefert Beleuchtungsstärken von 5 000 bis 100 000 Lux (lx). Dagegen wird in einer mond hellen Nacht nur 1 lx erreicht. Ein Sehen ist zwar über diese Bandbreite möglich, da sich die Augen den unterschiedlichen Helligkeiten anpassen können. Die Seh-

leistung nimmt jedoch mit abnehmender Helligkeit ab. Gute Beleuchtung an Arbeitsplätzen im Freien dient wesentlich der Unfallvermeidung. Dies bedeutet, jederzeit gut sehen zu können und gut gesehen zu werden. In der Dämmerung und Dunkelheit ist das Sehen und Erkennen nicht mehr ausreichend sichergestellt, so dass künstliche Beleuchtung

zur Vermeidung von Unfällen zwingend erforderlich ist. Beispielhaft seien genannt unfallträchtiges Arbeiten an Holzbearbeitungsmaschinen, auf Gerüsten, an Rampen (Risiko: beeinträchtigt es Sehen) oder gefährliche Arbeitsplätze in der Nähe von LKWs, Förderfahrzeugen oder Bahnen (Risiko: beeinträchtigt es Gesehen-Werden).

Die nachfolgenden physiologischen Betrachtungen erklären die Notwendigkeit für gutes Licht an Arbeitsplätzen im Freien.

Farbsehen, Hell-/Dunkel-Sehen

Beim Tagessehen werden als Lichtrezeptoren farbempfindliche Zapfen im Auge aktiviert. Die Sehleistung ist bei diesem

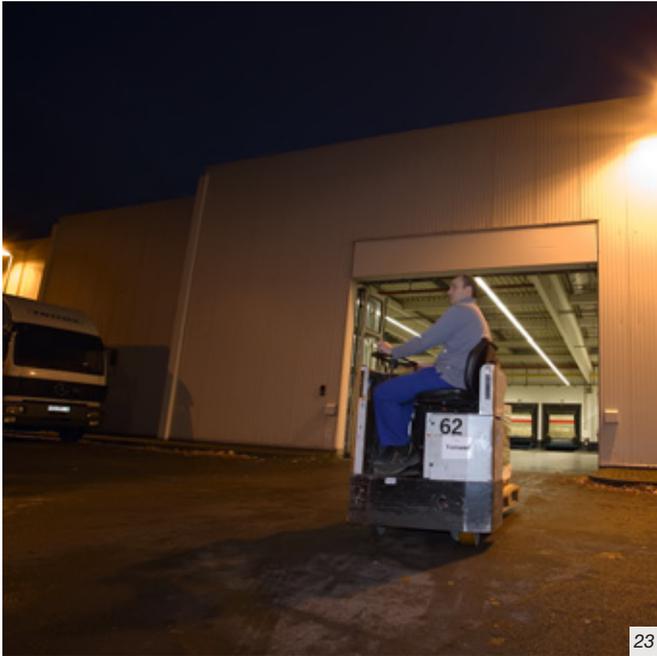


21



22

Bei Arbeiten mit Kränen ist zugleich auf gute Sehbedingungen des Kranführers wie des Personals am Arbeitsort zu achten.



23



24

Gute Beleuchtung im Bereich von Halleneinfahrten vermeidet Unfallgefahren während der Adaptationszeit.

Mechanismus am höchsten, Farben sind unterscheidbar, und Gegenstände sind genau und plastisch zu erkennen. Bei Dunkelheit übernehmen die farbuntüchtigen Stäbchen das Hell-/Dunkel-Sehen, das nur mehr eine Orientierung zulässt.

Eine hinreichende Sehleistung und Farberkennung erfordert bei nicht hinreichendem Tageslicht – wie bei Arbeitsstätten im Freien – eine künstliche Beleuchtung, die den Zäpfchenmechanismus aktiviert und eine verbesserte Sehleistung ermöglicht.

Unterschiedsempfindlichkeit

Die visuelle Fähigkeit, Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld wahrnehmen zu können, wird als Unterschiedsempfindlichkeit bezeichnet. Je höher das Helligkeitsniveau (Adaptationsleuchtdichte) ist, umso geringere Leuchtdichteunterschiede werden erkannt. Die Unterschiedsempfindlichkeit wird durch Blendung herabgesetzt.

Sehschärfe

Die Fähigkeit der Augen, Formen, deren Details sowie Farbnuancen zu erkennen, wird durch die Sehschärfe bestimmt. Die Sehschärfe nimmt mit ansteigender Adaptationsleuchtdichte zu. Auf diese Weise werden

zunehmend bessere Bedingungen geschaffen, um z. B. Hindernisse zu erkennen.

Kontraste

Kontraste sind Helligkeits- und Farbunterschiede im Gesichtsfeld. Sie müssen ausreichend groß sein, um wahrgenommen werden zu können. Der Mindestkontrast hängt ab von der Umgebungshelligkeit (Adaptationsleuchtdichte): Je heller das Umfeld ist, desto geringere Kontraste werden erkannt.

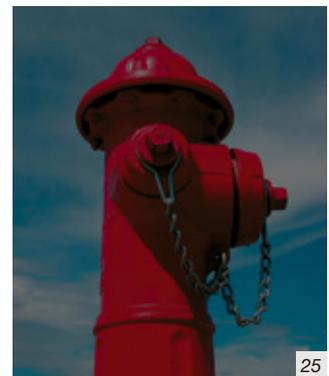
Bei zunehmend dunklerem Umfeld muss das Objekt entweder einen höheren Kontrast aufweisen oder bei gleichem Kontrast noch größer sein, um gerade noch erkannt zu werden. Feinere Sehdetails, z. B. Flugzeugwartungsbereiche im Außenbereich, erfordern daher höhere Beleuchtungsstärken.

Adaptationszeit

Die Anpassung an unterschiedliche Helligkeiten benötigt Zeit. Der Adaptationsverlauf und die -zeit werden bestimmt durch die Leuchtdichten zu Beginn und am Ende der Helligkeitsänderung. Dabei beträgt die Anpassungszeit von Dunkel nach Hell nur Sekunden. Im umgekehrten Fall können Minuten vergehen. Der jeweilige Adaptationszustand

bestimmt die Sehleistung: Je mehr Licht zur Verfügung steht, umso schneller kann eine fehlerfreie Sehleistung erbracht werden. Sehstörungen treten auf, wenn zu große Helligkeitsunterschiede in zu kurzer Zeit verarbeitet werden müssen. Dies erklärt z. B. das erhöhte Unfallrisiko, wenn Staplerfahrer von einer hell beleuchteten Halle in einen dunklen Lagerbereich im Freien wechseln und dort mit für sie nicht erkennbaren Personen oder Gegenständen kollidieren. Deshalb sind

korrekte Beleuchtungsstärken in Halleneinfahrten eine Funktion der Hallenbeleuchtungsstärke.

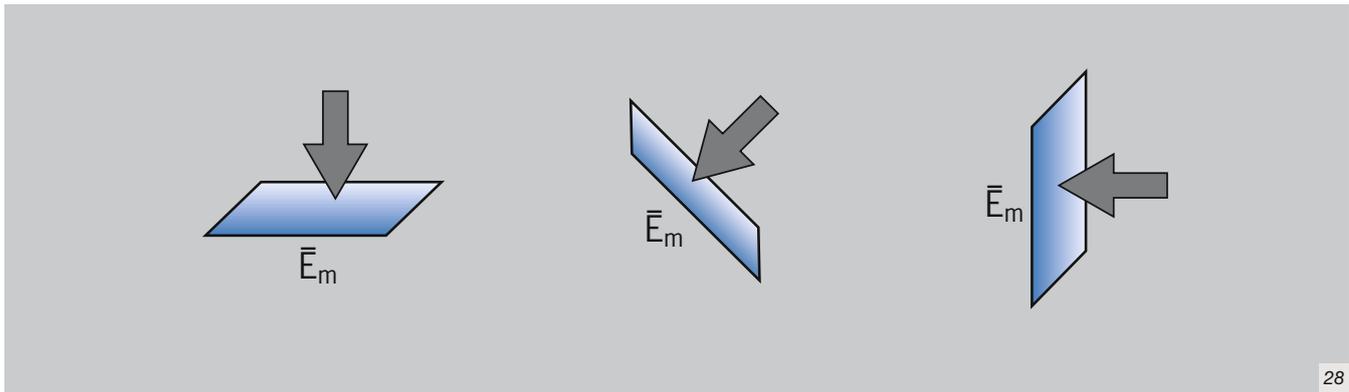


25

Sehleistung und Farberkennbarkeit sind abhängig von der Beleuchtung.

Hinweis

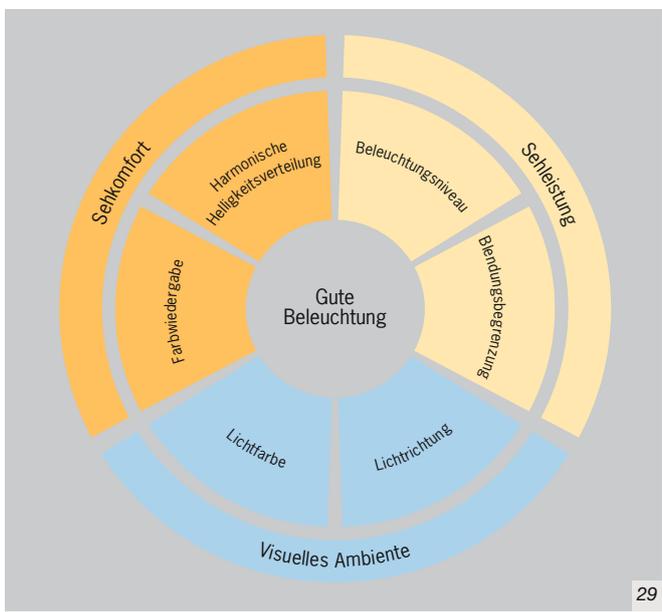
Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28



Die vorrangigen Sehaufgaben können auf horizontalen, vertikalen oder geneigten Flächen liegen – die genormten Beleuchtungsstärkeanforderungen \bar{E}_m gelten entsprechend.

- das Sehvermögen der arbeitenden Personen unterdurchschnittlich ist,
 - Sehdetails besonders klein sind oder geringe Kontraste aufweisen,
 - die Sehaufgabe für eine ungewöhnlich lange Zeit ausgeführt werden muss.
- Die Beleuchtungsstärke im Umgebungsbereich darf geringer sein als im Bereich der Sehaufgabe, sollte aber eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld schaffen. Unter Umge-

bungsbereich versteht man Flächen im Gesichtsfeld, die den Arbeitsbereich unmittelbar umgeben. Normativ ist dieser Bereich nicht näher bemaßt. Es ist aber zu beachten, dass unter Berücksichtigung der Beleuchtungsstärkehöhe im Bereich der Sehaufgabe die Umfeldbeleuchtung für eine angemessene Adaptations-Leuchtdichte sorgen muss. Vor diesem Hintergrund darf der Bereich der Sehaufgabe nicht zu klein gewählt werden.



Gute Beleuchtung berücksichtigt viele Güteermkmale.

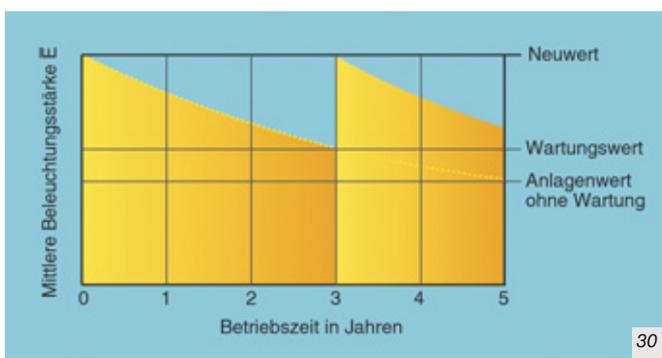
Beleuchtungsstärke des Bereichs der Sehaufgabe	Beleuchtungsstärke der Umgebungsbereiche
lx	lx
≥ 500	100
300	75
200	50
150	30
50 bis 100	20
< 50	keine Festlegungen

Beleuchtungsstärken in Umgebungsbereichen in Abhängigkeit von denen im Bereich der Sehaufgabe

Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke
 Der Bereich der Sehaufgabe muss so gleichmäßig wie möglich beleuchtet werden. Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke $U = E_{min}/E_m$ im Bereich der Sehaufgabe ist in der Norm DIN EN 12464-2 aufgabenspezifisch festgelegt. In der Umgebung darf die Gleichmäßigkeit nicht geringer sein als $U = 0,10$.

Neuwerte installieren
 Alle normativ geforderten Beleuchtungsstärkewerte sind Wertungswerte, die zu keiner Zeit unterschritten werden dürfen. Über die Betriebszeit

sinken die anfangs installierten Werte, weil Lampen und Leuchten altern und verschmutzen. Um Beleuchtungsanlagen im Freien ohne vorschnelle Wartungsarbeiten betreiben zu können, muss es entsprechend höherer Neuwert geplant und installiert werden. Dieser wird mit Hilfe eines Wartungsfaktors festgelegt. Der Neuwert errechnet sich wie folgt: Neuwert = Wertungswert/Wartungsfaktor. Ein Beleuchtungsplaner muss den Wartungsfaktor und alle Annahmen, die zu seiner Bestimmung geführt haben, angeben.



Der Wertungswert ist der örtliche Mittelwert der Beleuchtungsstärke, bei dem die Anlage zu warten ist. Beispiel: Wartungsintervall 3 Jahre.

Hinweis

Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28

Blendung

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

Um Fehler, Ermüdung und Unfälle zu vermeiden, ist es wichtig, Blendung zu begrenzen. Das gilt insbesondere für Blickwinkel oberhalb der Horizontalen. Der Grad der Direktblendung durch Leuchten einer Beleuchtungsanlage im Freien wird durch den Blendungswert GR (Glare Rating) beschrieben.

$$GR = 27 + 24 \log_{10} \left[\frac{L_{vl}}{L_{ve}^{0,9}} \right]$$

Dabei bedeuten:

- L_{vl} die gesamte Schleierleuchtdichte in cd/m^2 , welche von der Beleuchtungsanlage verursacht wird.
- L_{ve} die äquivalente Schleierleuchtdichte der Umgebung in cd/m^2 .

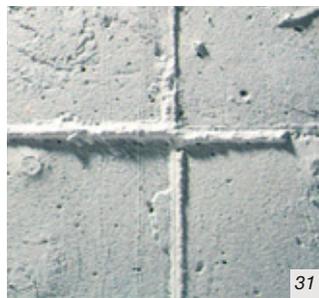
Blenderteil	GR-Wert
unerträglich	80–90
störend	60–70
noch zulässig	40–50
merklich	20–30
unmerklich	10

Zusammenhang zwischen GR-Werten und dem Blenderteil

Schleierreflexionen und Reflexblendung

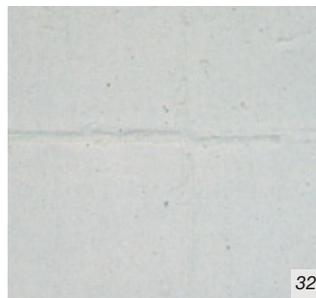
Reflexionen hoher Leuchtdichte auf der Sehaufgabe können die Erkennbarkeit der Sehaufgabe verändern. Schleierreflexionen und Reflexblendung können verhindert oder reduziert werden durch

- geeignete Anordnung der Leuchten und Arbeitsplätze,
- Oberflächengestaltung (matte Oberflächen),
- Leuchtdichtebegrenzung der Leuchten,
- Vergrößerung der leuchtenden Fläche der Leuchten.



37

Nur gerichtetes Licht (links) lässt Oberflächenstrukturen sichtbar werden.

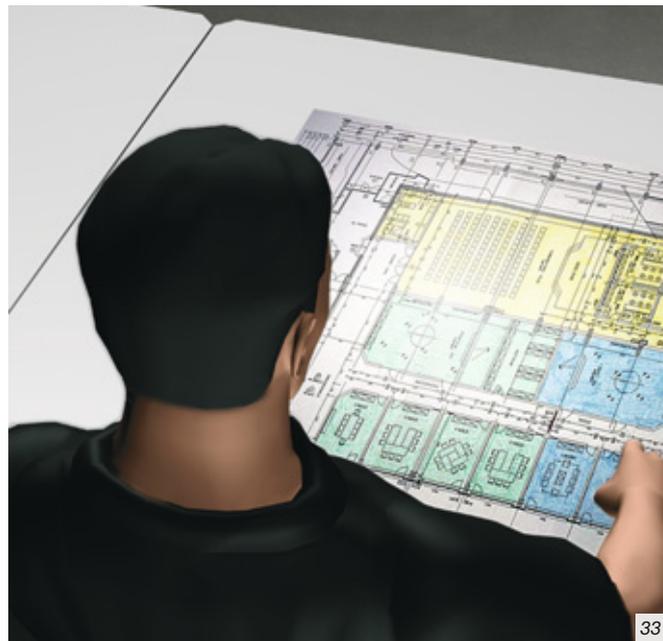


32

Gerichtete Beleuchtung

Gerichtete Beleuchtung kann eingesetzt werden, wenn es gilt, Objekte, Oberflächenstrukturen oder Personen hervorzuheben. „Modelling“ bezeichnet in diesem Zusammenhang die Ausgewogenheit zwischen

diffusem und gerichtetem Licht und ist damit ein Merkmal der Beleuchtungsqualität. Dies wird erreicht, wenn das Licht vorwiegend aus einer Richtung kommt – allerdings sollten sich dabei keine harten Schatten bilden.



33

Reflexe können die Erkennbarkeit der Sehaufgabe beeinträchtigen.

Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Die Lichtfarbe der Lampen wird durch die ähnlichste Farbtemperatur gekennzeichnet. Die Auswahl der Lichtfarbe ist eine Frage der Psychologie, der Ästhetik und dessen, was als natürlich angesehen wird. Weil diese meist auch subjektiven Kriterien in Europa regional unterschiedlich sind, werden in den Tabellen mit den Planungswerten keine Angaben über die Lichtfarbe gemacht.

Außerdem bestimmt die Lichtfarbe auch die Lichtausbeute der Lampen, die wiederum Einfluss auf die Kosten der Beleuchtungsanlage hat. In Mitteleuropa dominieren aus wirtschaftlichen Gründen Natriumdampf-Hochdrucklampen mit warmweißer Lichtfarbe und bei höheren Ansprüchen an die Farbwiedergabe Halogen-Metaldampflampen mit neutralweißer Lichtfarbe.





35



36

Die unterschiedlichen Farbwiedergabeeigenschaften von Lampen führen trotz gleicher Lichtfarbe zu unterschiedlichen Farbwahrnehmungen. Wenn z. B. in dem Spektrum der Lampen nur wenig Rot vorhanden ist, werden auch die roten Körperfarben nur unvollkommen wiedergegeben.

Lichtfarbe	Ähnlichste Farbtemperatur TCP
Warmweiß	unter 3 300 K
Neutralweiß	von 3 300 K bis 5 300 K
Tageslichtweiß	über 5 300 K

Für die Sehleistung, die Behaglichkeit und das Wohlbefinden ist es wichtig, dass die Farben der Umgebung, der Objekte und der menschlichen Haut natürlich und wirklichkeitsgetreu wiedergegeben werden. Dies lässt Menschen attraktiv und gesund erscheinen.

Zur objektiven Kennzeichnung der Farbwiedergabeeigenschaften einer Lichtquelle wurde der Allgemeine Farbwiedergabe-Index R_a eingeführt. Der höchstmögliche R_a -Wert ist 100. Dieser Wert nimmt bei abnehmender Farbwiedergabequalität ab. Sicherheitsfarben müssen immer als solche erkennbar

sein. Der Farbwiedergabe-Index muss daher ≥ 20 sein.

Flimmern und Stroboskopeffekte

Flimmern kann störend wirken und physiologische Effekte wie Kopfschmerzen hervorrufen. Stroboskopeffekte können gefährliche Situationen hervorrufen, indem sie die Wahrnehmung rotierender oder sich hin- und herbewegender Maschinenteile ändern. Das kann z. B. auf Baustellen an Sägemaschinen zu erhöhter Unfallgefahr führen.

Beleuchtungssysteme sollten so ausgelegt werden, dass Flimmern und Stroboskopeffekte vermieden werden. Dies kann z. B. durch die Verwendung von Entladungslampen an elektronischen Vorschaltgeräten mit hohen Frequenzen erreicht werden.

Störwirkungen

Beleuchtungssysteme für Arbeitsplätze im Freien können zur Aufhellung des Himmels und der Umgebung beitragen. Lichtemissionen können außerdem zu physiologischen Problemen beim Menschen führen, z. B. durch Schlafstörungen. Auch sind negative Auswirkungen auf Fauna und Flora nicht auszuschließen.

Normativ ist deswegen der Lichtaustritt vor allem in den oberen Halbraum begrenzt. Auch die Störung von Bewohnern angrenzender Gebäude und Benutzern benachbarter Straßen wird begrenzt.



34

Hinweis	
Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28



37

Die in der Praxis häufig anzutreffenden Arbeitsplätze im Freien verlangen für eine sichere und kontinuierliche Ausübung der Arbeit eine adäquate Beleuchtung und damit ein angenehmes Umfeld für den in der Nacht Tätigen. Die Norm DIN EN 12464-2 liefert für eine Vielzahl von konkreten Anwendungsbeispielen Vorschläge und Richtwerte zu konkreten lichttechnischen Planungsgrößen (siehe dazu Tabellen ab Seite 22). Ergänzend dazu

werden in den folgenden Abschnitten einige Anwendungsgebiete exemplarisch vorgestellt, ohne dabei den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Arbeit an Maschinen und mit Werkzeugen

Tätigkeiten im industriellen Umfeld sind häufig dadurch geprägt, dass Menschen mit Werkzeugen, Maschinen oder in Anlagen arbeiten. Arbeitsplätze im Freien sind typischerweise in der chemischen



38

und petrochemischen Industrie, in anderen Industrien mit Prozessanlagen im Freien, der Rohstoffindustrie, der Abfallwirtschaft, im Bergbau, im Maschinen-, Anlagen- und Schiffsbau, in Betrieben der Bauindustrie sowie der Energiewirtschaft und auch der Landwirtschaft anzutreffen. Neben den produktionsorientierten Abläufen spielen dabei auch Tätigkeiten in Bereichen von Lager, Logistik und Verkehr eine wichtige Rolle, auf die im Weiteren gesondert

eingegangen wird. Die Werte für die lichttechnischen Planungsgrößen sind je nach Bedeutung der Arbeit, Höhe des Gefahrenrisikos oder Schwierigkeit der Sehaufgabe festzulegen. In vielen Fällen können auch die Richtlinien für die Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen (vgl. EN 12464-1) – soweit es sich um vergleichbare oder ähnliche Arbeitsstellen handelt – Anleitung für die Auswahl der Beleuchtungsstärken im Freien geben.



39



40

Beleuchtungsstärken zwischen 30 und 60 lx sind typische Werte für allgemeine Tätigkeitsbereiche im Freien. Örtliche Zusatzbeleuchtungen für Stellen mit besonderer Tätigkeit müssen entsprechend höher angesetzt werden.

Gleichmäßigkeit

Die Ermittlung des Bereichs der Sehaufgabe, für den die Güteermkmale gelten, ist gerade bei industriellen Arbeitsplätzen oftmals nur schwer zu bewerkstelligen.

Kleine beleuchtete Flächen führen zu großen Leuchtdichteunterschieden im Gesichtsfeld. Die Folge sind ständige Umadaptationsarbeit des Auges und dadurch bedingt zunehmender Konzentrationsmangel, resultierend Arbeitsfehler sowie raschere Ermüdung und damit Unfallgefahren.

Insgesamt hell beleuchtete Arbeitsbereiche vermeiden dies, fördern zudem auch die Kommunikation mit dem Arbeitsteam und dem Arbeits-



41

umfeld und tragen so zu mehr Wohlbefinden, Motivation und Produktivität bei.

Im Bereich der Sehaufgabe sollten deshalb keine störenden Dunkelzonen vorhanden sein. Das zulässige Verhältnis zwischen minimaler Beleuchtungsstärke und dem Mittelwert ist sehaufgabenabhängig und liegt zwischen 0,25 bei größeren und nur kurzzeitigen Tätigkeiten (z. B. Hantieren mit größeren Bauteilen) bis zu 0,5 (z. B. bei Inspektions- oder Installationstätigkeiten).

Des Weiteren müssen im Umgebungsbereich die Mindestbeleuchtungswerte eingehalten werden, die in Abhängigkeit von den Beleuchtungsstärken im Bereich der Sehaufgabe genormt sind (siehe Lichttechnische Tabellen). Dabei spielt gerade auch die Vermeidung von psychologisch negativen Effekten (Gefühl der Unsicherheit, Angst ...), wie sie z. B. von einer uneinsehbaren Dunkelheit im Umfeld der Arbeitszone ausgehen können, eine besondere Rolle.

Kostenfaktor Beleuchtung

Als ein Bestandteil betrieblicher Produktionskosten sind auch die Kosten der Beleuchtungsanlage von wichtiger Bedeutung. Vor diesem Hintergrund sind Aspekte der Energieeffizienz, des Wartungsaufwands sowie der Lebensdauer zu bewerten. Selbst ein einfacher Lampenwechsel kann zu hohen Kosten führen, wenn dafür z. B. der Produktionsprozess gestoppt werden muss oder wenn aufwendige Hilfsmittel dafür ins Feld gerückt werden müssen. Es zahlt sich also aus, bei der Auswahl der Leuchten und Leuchtmittel auf qualitativ hochwertige, wartungsarme und langlebige Produkte zu achten. Bei der Projektierung sollte neben einer optimalen Beleuchtung auch auf eine günstige Positionierung (Zugänglichkeit) im Außenraum geachtet werden.

Hohe Anforderungen

Je nach Anwendung muss die Beleuchtungsanlage extremen Umgebungsbedingungen standhalten. Typisch sind ein starker Anfall von



42

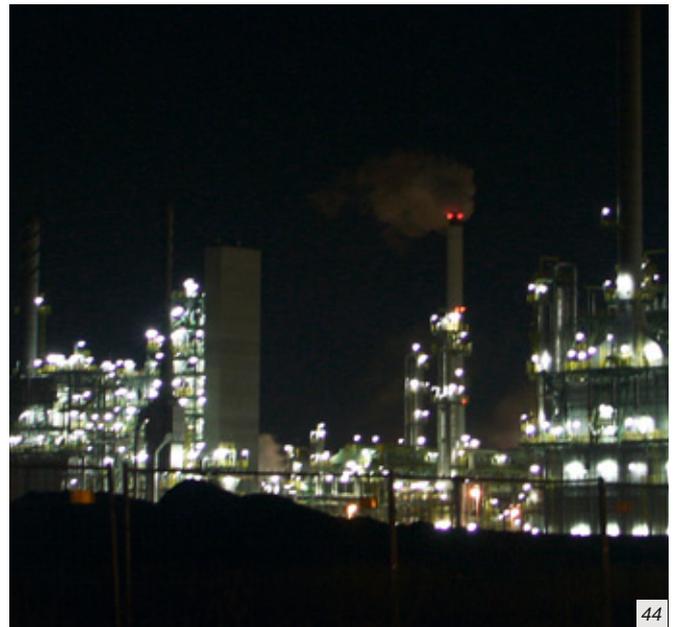
Hinweis

Lichttechnische Tabellen Seite 22
 Lampen Seite 26
 Leuchten Seite 28



43

Selbstfahrende Arbeitsmaschinen verfügen zumeist über Scheinwerfer als Fahrlicht und zur Beleuchtung des Arbeitsortes.



44

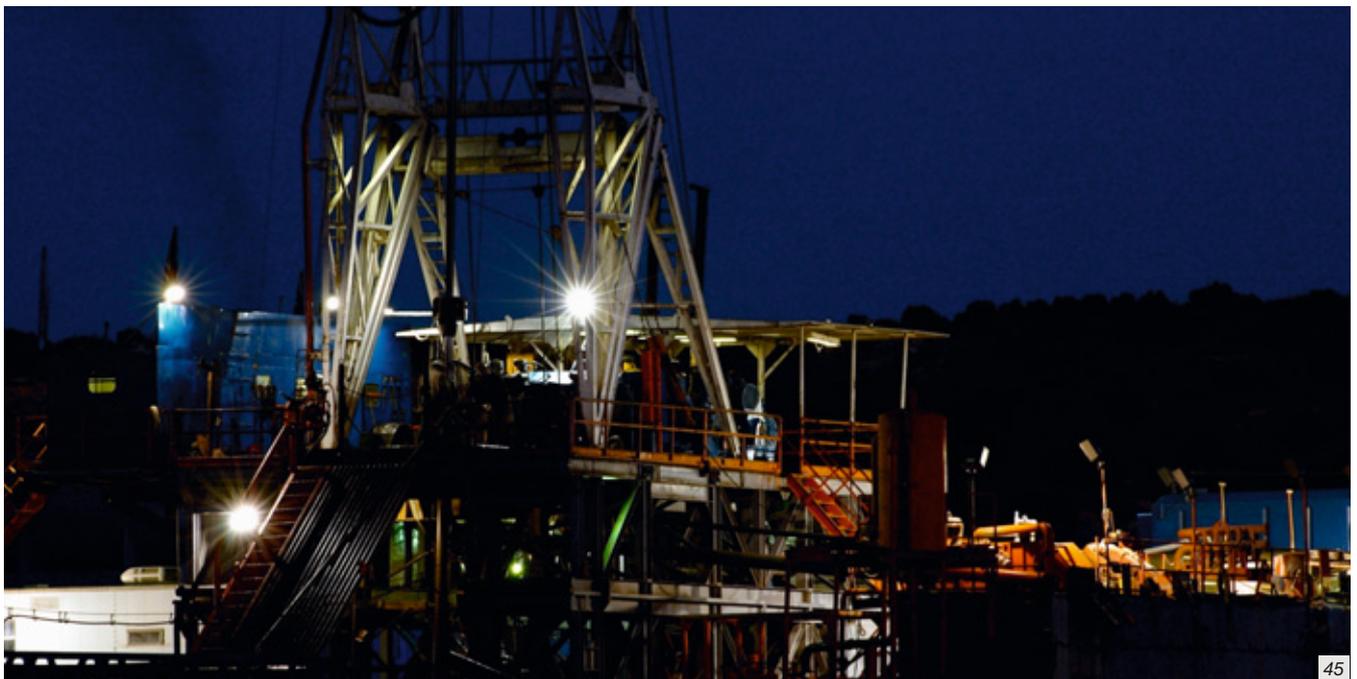
Im Freien angebrachte Leuchten an Industrieanlagen müssen erhöhten Anforderungen gegen das Eindringen von Stäuben und Feuchtigkeit genügen; u. U. ist auch auf Explosionsschutz zu achten.

Schmutz, Staub, Feuchtigkeit, Nässe, aggressive oder explosive Atmosphären und extrem hohe oder niedrige Temperaturen sowie – tagsüber – ein starker Eintrag von ultravioletter Strahlung durch das Sonnenlicht. Sie begründen die dezidierten Anforderungen an die Schutzart bzw. Bauart oder die Baumaterialien von Leuchten. Für die Beleuchtung industrieller Anlagen existiert ein umfassendes Normenwerk. Über

die Erfüllung der normativen Anforderungen hinausgehend, gibt es Erkenntnisse und Lösungskonzepte, wie mit einer adäquaten Beleuchtung das Wohlbefinden der Menschen und die Produktivität ihrer Arbeit signifikant positiv beeinflusst werden können. Hohe Beleuchtungsniveaus und ausreichende „zylindrische Beleuchtungsstärken“ im Bereich der „Task Area“ sind auch im Außenbereich maßgeblich beteiligt. Zwei

Qualitätsmerkmale kennzeichnen die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien. Zum einen ist aus Sicherheitsgründen ein ausreichend hohes Beleuchtungsniveau notwendig, besonders in Bereichen, in denen sich z. B. Fahrzeuge und Fußgänger begegnen können. Zum anderen ist für den Außenraum eine besonders blendfreie Beleuchtung zu fordern, damit ein störungsfreies Erkennen von Informationen garantiert ist. Zum Ein-

satz kommen deshalb vorzugsweise asymmetrische Reflektorleuchten für Hochdrucklampen. Sie sind mit einer hochwertigen Facettenoptik ausgerüstet und verfügen über eine Planglasabdeckung. Damit wird sichergestellt, dass das Licht blendfrei hauptsächlich auf die definierte Nutzfläche gelenkt wird. Für großflächige Ausleuchtungen im Außenbereich, wie z. B. die Beleuchtung von Verlade-



45



Die Norm DIN EN 12464-2 definiert auch Anforderungen an allgemeine Verkehrsbereiche bei Arbeitsstätten im Freien.

stationen, können breit strahlende Leuchtensysteme, also Lichtfluter, vorteilhaft eingesetzt werden.

Für Beleuchtungsaufgaben innerhalb baulicher Strukturen, wie z. B. innerhalb einer Prozessanlage, sind häufig lineare Leuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen hoher Schutzart anzutreffen. Im Vergleich zu Leuchten mit Hochdruckentladungslampen kommt bei Leuchten mit Leuchtstofflampen ihre deutlich geringe Leuchtdichte im

Direkteinblick vorteilhaft zum Tragen.

Eine wichtige Besonderheit bei der Beleuchtung von Arbeitsstätten in Anlagen der Chemie bzw. Petrochemie (Raffinerien usw.), von Öl- und Gasförderanlagen zu Land und zu Wasser sowie im Bergbau und in anderen Bereichen, in denen explosive Atmosphären auftreten können, besteht darin, dass die ausgewählten Leuchten als Teil der elektrischen Betriebsanlage den Anforderungen der entsprechenden

Explosionsschutzklassen genügen.

Freiluft-Schaltanlagen

Der ordnungsgemäße Betrieb von Freiluft-Schaltanlagen kann nach Einbruch der Dunkelheit nur dann gewährleistet werden, wenn durch künstliche Beleuchtung alle Betriebseinrichtungen schnell, sicher und gefahrlos beobachtet werden können.

Die von Gerüsten getragenen Teile der Hochspannung führenden Anlage wie Sammelschienen, Leitungsverbindungen oder Isolatorketten und Schalteinrichtungen sollen auf den dem Auge sich darbietenden Flächen Leuchtdichten aufweisen, die den jeweiligen Betriebszustand einwandfrei erkennen lassen. Für die Kontrolle der in den oberen Transformatorbereichen befindlichen Durchführungen, Öl-Ausdehnungseinrichtungen oder Schutzapparate eignet sich schräg von unten her einfallendes Licht. Die Verkehrswege sollen so beleuchtet werden,

dass Kontrollen gefahrlos gemacht werden können. Hier ist die Vermeidung starker und großflächiger Schattenzonen unerlässlich. Zur Erfüllung dieser Forderungen wird eine horizontale Beleuchtungsstärke von 15 bis 30 lx empfohlen, je nach der herrschenden Umgebungshelligkeit, der Übersichtlichkeit und den Reflexionsverhältnissen. Die vertikalen Beleuchtungsstärken auf den erwähnten Anlageteilen sollen im Bereich von 30 bis 60 lx liegen.

Die Leuchten sind so anzuordnen, dass beim Unterhalten und Lampenwechsel keine hochspannungsgefährdeten Zonen berührt werden. Die Lichtpunkthöhe ist deshalb möglichst niedrig zu halten, damit keine Leitern benötigt werden.



Hinweis

Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28



48

Menschen bewegen sich mit Fahrzeugen

Die Fortbewegung von Menschen mit Fahrzeugen gehört zum Lebensalltag überall auf der Welt. Ein engmaschiges Netz von Straßen und Autobahnen durchzieht die hoch entwickelten Staaten.

Neben den öffentlich genutzten Verkehrswegen gibt es im Bereich großer industrieller Ansiedlungen auch teils sehr umfassende Verkehrsinfrastrukturen, die ausschließlich im Rahmen der betrieblichen Abläufe genutzt werden und damit als Arbeitsstätte im Freien anzusehen sind.

Zur Sicherheit der Verkehrsteilnehmer werden auch hier die Straßen und Wege gemäß

definierten Normen beleuchtet, die an die einschlägigen Vorschriften für die Beleuchtung öffentlicher Straßen und Wege (z. B. EN 13201) angelehnt sind. Im Unterschied zu vielen öffentlichen Verkehrswegen wird aber die zulässige Höchstgeschwindigkeit in betrieblichen Bereichen je nach Gefahrenpotenzial auf z. B. 20 km/h oder Schritttempo begrenzt.

Besondere Beachtung verdienen Verkehrsknoten (z. B. Kreuzungen, Kreisverkehre, Brücken ...) sowie Unterführungen und Tunnels, die sehr hohe Anforderungen an die Lichtwirkung, die Sicherheit und die Wartungsmöglichkeiten der Beleuchtungsanlage stellen. Je nach geografischer

Region müssen Leuchten im Außenraum extremen Witterungs- und Klimabedingungen standhalten, worauf bei der Auswahl der Produkte besonders zu achten ist.

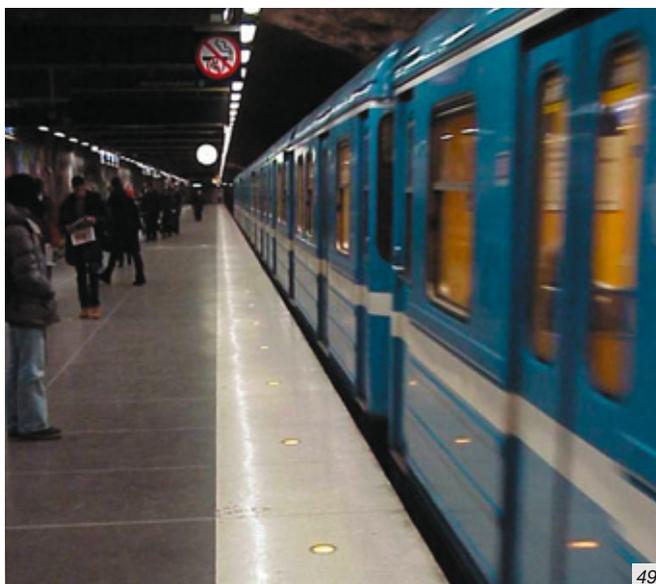
Bereiche stehenden Verkehrs, z. B. Parkplätze oder Parkhäuser, zählen ebenso zu den Arbeitsstätten im Freien wie Schienen- und Schifffahrtswege, die im Hinblick auf die Lichtwirkung ähnliche Anforderungen stellen wie z. B. die Vorfeldbereiche eines Verkehrsflughafens. Während im Bereich der Straßenbeleuchtung traditionsgemäß Produkteigenschaften wie Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit im Fokus stehen, gewinnt ein neuer Aspekt zunehmend an

Bedeutung: störende Lichtemissionen in die Umwelt – also der Anteil des von einer Leuchte ausgestrahlten Lichts, der in den oberen Halbraum abgestrahlt wird. Diese von einer Beleuchtungsanlage ausgehende „Lichtverschmutzung“ der Umwelt sollte so gering wie möglich sein.

Hauptverkehrsstraßen

Auf Hauptverkehrsstraßen lauern viele Gefahren, v. a. in der Dämmerung und bei Dunkelheit. Gute Straßenbeleuchtung verbessert die Sehbedingungen aller Verkehrsteilnehmer und erhöht damit die Verkehrssicherheit.

Statistische Erhebungen belegen, dass normgerechte



49



50



51

Straßenbeleuchtungen das Unfallrisiko erheblich reduzieren und die Unfallschwere drastisch senken. Leuchten mit moderner Spiegeltechnologie, z. B. mit der Radialfacettenoptik, in Kombination mit röhrenförmigen Lampen ermöglichen große Mastabstände und damit den Einsatz von weniger Lichtpunkten pro Kilometer. Gleichzeitig vermeiden sie Dunkelzonen und machen damit den Straßenverkehr noch sicherer.

Verkehrsknoten

Der Kreisverkehr ist eine Verkehrssituation, die eines besonderen Beleuchtungskonzepts bedarf. Zum einen sollen vertikale Beleuchtungs-

stärken Autos, Radfahrer und Fußgänger gut sichtbar machen. Zum anderen sind auf den horizontalen Wegefächern ausreichend hohe und gleichmäßige Beleuchtungsstärken bei hoher Blendfreiheit zu fordern. Geleistet wird dies z. B. von einer Kombination aus Spiegel-Werfer-Systemen im Zentrum der Verkehrsanlage und der Reihung weiterer Leuchten in der Peripherie.

Diese Leuchten verfügen über eine effiziente Spiegelreflektortechnik mit planem Glasabschluss zum Minimieren von Blendwirkungen. Durch die Verwendung von Halogen-Metaldampflampen wird zusätzlich eine sehr gute Farbwiedergabe erzielt; des

Weiteren steht die Lichtfarbe einer Halogen-Metaldampflampe in auffälligem Kontrast zum Licht der zuführenden Straßen und führt zu erhöhter Aufmerksamkeit.

Tankstellen

Tankstellen sind Verkaufsstätten und Arbeitsstätten. Ihre Beleuchtung soll den Standort, die Marke des angebotenen Produktes und die Art der Dienstleistung aus genügender Entfernung erkennen lassen.

Sie muss eine angemessene Arbeitsbeleuchtung in den Zapf- und Servicebereichen aufweisen und sollte die Zu- und Abfahrtswege deutlich kennzeichnen. Wie bei jeder werbenden Beleuchtung soll auch hier Auffälligkeit durch Kontrast zur Umgebung erzielt werden. Ist diese im Allgemeinen dunkel, so kann aber auch bei zu hohem Beleuchtungsniveau leicht die Grenze zwischen Auffälligkeit und Aufdringlichkeit überschritten werden.

In heller Umgebung wird ein Konflikt zwischen Werbewünschen und den Bedürfnissen des angrenzenden Verkehrs seltener zu befürchten sein.

Übermäßig hohe Leuchtdichten der zum Erkennen der Tankstelle dienenden Hinweisschilder können zur Überblendung des Informationsbildes und damit zur Herabsetzung der „Lesbarkeit“ führen.

Leuchten sollen ganz allgemein geringe Leuchtdichten besitzen, dies insbesondere dann, wenn sie nahe dem Rand unbeleuchteter Straßen angeordnet sind.

Straßenleuchten für die Zu- und Abfahrtsbeleuchtung sollten aus der Gruppe der „abgeschirmten“ Leuchten gewählt werden. Ein ruhiges Gesamtbild wird durch Leuchten geringer Lichtpunkthöhe, z. B. Pollerleuchten u. a., erzielt. Betont geringe Leuchtdichten werden durch indirekte Beleuchtungen, etwa durch angestrahlte Decken von freitragenden Dächern, erreicht.

Die Hervorhebung von Gebäudefassaden im Tankstellenbereich wirkt ansprechend, lässt eine geschlossene Wirkung erzielen und zeigt die Dienstbereitschaft an.



52

Hinweis

Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28

Kanäle, Schleusen und Hafenanlagen

Das Hafengelände muss bei Dunkelheit beleuchtet werden, um eine durchgehende Abfertigung zu erreichen und die Liegezeiten der Schiffe kurz zu halten. Es handelt sich um die Beleuchtung von Freigeländen mit der speziellen Forderung nach einer besonders starken Blendungsbegrenzung zur Wasserseite, um die Schifffahrt nicht zu stören.

Die Frachtschlagplätze lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

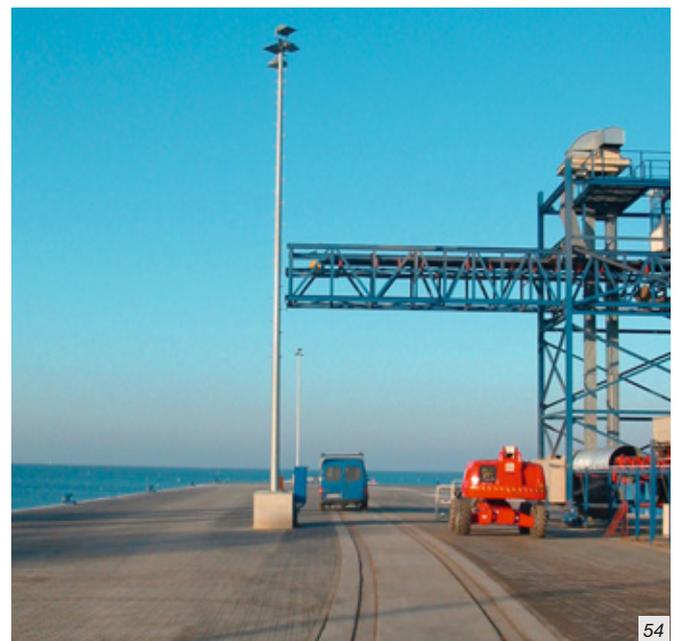
- kleine Flächen für Stückgut, die vom Rand her konventionell beleuchtet werden können, d. h. mit Straßenleuchten oder breit strahlenden Scheinwerfern oder Flutern und Lichtpunkthöhen bis zu 12 m;
- großflächige Container-Terminals, die mit Hochmastanlagen mit Scheinwerfern oder Flutern und Lichtpunkthöhen von 25 bis 35 m versehen werden. Damit lassen sich Lichtpunktabstände von 100 bis 175 m erreichen, d. h. große Bewegungsfreiheiten. Die gleichmäßige Beleuchtung großer Flächen bei guter Einblendung erfordert Scheinwerfer mit horizontaler Abdeckscheibe und Bündelauslenkung um 60° gegen die Vertikale.

Im Allgemeinen werden horizontale Beleuchtungsstärken von 20 bis 50 lx gefordert bei einer Gleichmäßigkeit $U_0 \geq 0,25$. Als Lichtquellen werden bevorzugt Natriumdampflampen verwendet; wenn keine Farberkennung erforderlich ist, die Niederdruck-Ausführung, bei Hochmastanlagen gewöhnlich die Natriumdampf-Hochdrucklampe in den Leistungsstufen 400 W oder 1 000 W. In Bereichen mit hohen Anforderungen an das Erkennen von Farben kommen Halogen-Metallampfen zum Einsatz. Bei der Beleuchtung der Bedienungselemente muss auf hohe vertikale Beleuchtungsstärke geachtet werden. Zusatzbeleuchtung ist für Einfüll- und Auslassvorrichtungen sowie für Verladestellen erforderlich.

Fazit: Eine dynamische Beleuchtung ist für alle beweglichen Objekte im Hafen wie bewegliche Brücken, fahr- und drehbare Kräne im Verladebereich geeignet. Eine statische Beleuchtung richtet das Augenmerk eher auf Gebäude und hebt diese hervor. Wegen des geringen allgemeinen Beleuchtungsniveaus muss vor allem die Direktblendung in Richtung auf die Steuer- und Beobachtungsstände begrenzt werden. Scheinwerfer und Flutlicht sollten immer aus der Richtung des Bedienpersonals heraus eingesetzt werden.



53



54



55



56



57

Umschlagbereiche im Hafen

Eine Möglichkeit der Beleuchtung von Umschlagbereichen im Hafen besteht in der Errichtung je eines Mastes an den Kranbahnenden, damit das Licht der hier montierten Scheinwerfer zwischen die Waggonreihen zu dringen vermag. Bei der Auswahl von Kranleuchten sollte man die Erschütterungen der Lampen berücksichtigen. Außerdem: Häfen prägen das Gesicht von Städten und lassen ihre Strukturen stärker hervortreten. Bei Anbruch der Dunkelheit kann ein Lichtsteuerungsprogramm dafür sorgen, dass die Bedeutung und die Funktion des Hafens sichtbar gemacht und damit eine visuelle und eine emotionale Verbindung mit der Stadt hergestellt werden. Bei Tage sorgt der Hafenbetrieb an sich, bei Nacht dessen Illumination für Präsenz im Stadtgefüge. Für das Freigelände gelten die Anforderungen an Arbeitsstätten im Freien.

Flughäfen

Flughafenvorfelder, also die Bereiche an den Gates, in denen die Flugzeuge ihre Parkposition einnehmen, stellen besonders hohe Anforderungen an die Beleuchtungsanlage. Hier kommt es darauf an, dass die Piloten unter keinen Umständen geblendet werden. Unmittelbar nach der Landung eines Nachtfluges

sind ihre Augen „dunkel adaptiert“ und damit extrem sensibel für hohe Leuchtdichten. Gleichzeitig müssen große Flächen möglichst gleichmäßig ausgeleuchtet werden. Hierfür bieten sich große Spiegelwerfer-Systeme an. Durch ihre Lichtpunkt-Zerlegungsspiegel wird das Licht ihrer Hochleistungsscheinwerfer nicht nur breitflächig verteilt, sondern auch eine Blendwirkung vermieden. Alternativ dazu kann mit asymmetrisch strahlenden Flutern gearbeitet werden, die so zu installieren und auszurichten sind, dass ein direkter Einblick in ihre Lampen vom Cockpit aus nicht möglich ist.

Die Vorfeldbeleuchtung dient zur

- Orientierung des Piloten des rollenden Flugzeuges,
- sicheren und rationellen Abfertigung von Fluggästen, Gepäck und Fracht,
- Erleichterung von Service- und Wartungsarbeiten,
- Überwachung und Sicherung des Flughafens.

Im Prinzip handelt es sich darum, eine große Freifläche mit genügender Beleuchtungsstärke, d. h. 5 bis 50 lx horizontal und vertikal in 2 m Höhe, zu beleuchten. Um genügendes Erkennen und Farbsehen auf den Standflächen der Flugzeuge

zu gewährleisten, sollte die mittlere vertikale Beleuchtungsstärke dort 20 lx und der Mindestwert 5 lx nicht unterschreiten. Weitere spezielle Randbedingungen sind:

- Das Flugsicherungspersonal im Kontrollturm darf nicht geblendet werden.
- Der Pilot, der sich in modernen Großraumflugzeugen bis zu 10 m hoch über dem Boden befindet, darf nicht geblendet werden.
- Die Beleuchtungsmaste dürfen den Flug- und Fahrbetrieb nicht stören, d. h., die Standorte sind eingegrenzt, und die Höhen dürfen ohne Sondergenehmigung 25 m nicht übersteigen.

Üblich sind Anlagen mit gut entblendeten Scheinwerfern, die entweder mit den besonders wirtschaftlichen Natriumdampf-Hochdrucklampen oder aber Halogen-Metalldampflampen bestückt sind.

Bahnanlagen

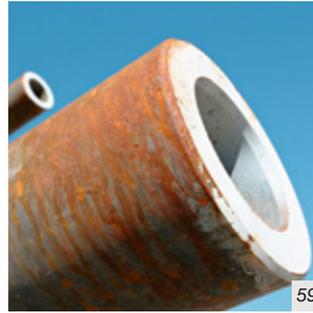
In Gleisfeld- und Schienenbereichen sind die Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit von Beleuchtungsanlagen ein wichtiger Punkt. Es werden Leuchten eingesetzt, die einen besonders hohen Standard in der Entblendung nachweisen. Dieses garantiert für das Bedienpersonal einen hohen Grad an Sicherheit. Im Gleisfeldbereich ist ein Großteil der Informationen für den Fahrbetrieb über Lichtsignale gesteuert. Bei falscher Beleuchtung kann es zu Fehlinformationen oder Fehlinterpretationen kommen. An Bahnübergängen werden asymmetrisch strahlende Leuchten mit sofortiger Heißwiederzündung eingesetzt. Dadurch wird eine optimale Kameraüberwachung aus der Leitzentrale ermöglicht. Im Bahnhof oder auf dem Bahnsteig hilft eine gute Beleuchtung bei der Orientierung, und Helligkeit sorgt für Sicherheit.

Hinweis

Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28



58



59



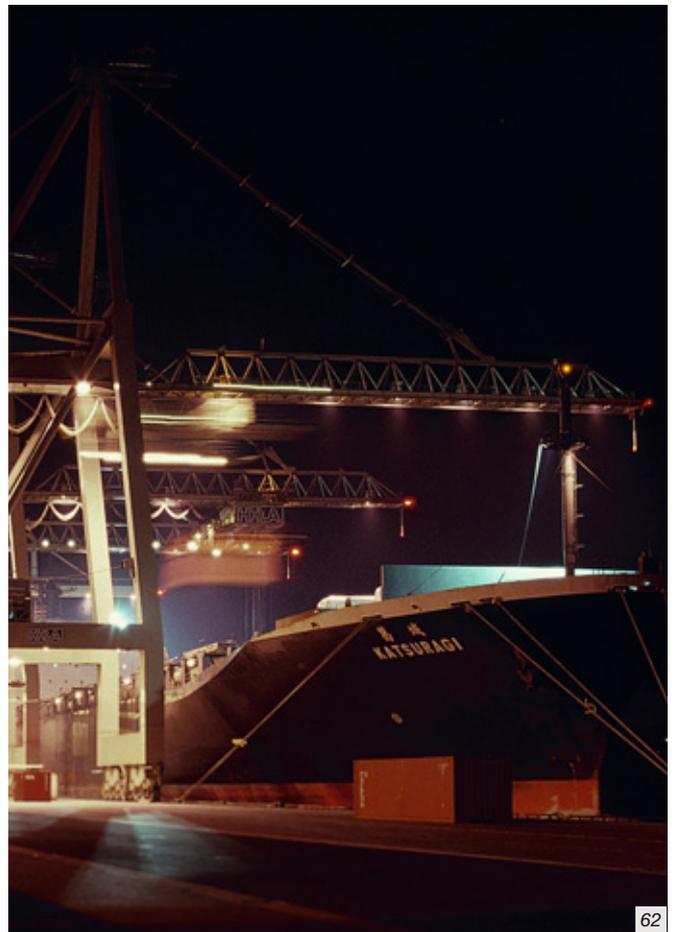
60

Bereiche ohne eigentliche Arbeit erfordern nur geringe Beleuchtungsniveaus, und zwar für die ungefährdete Bewegung von Personen und Fahrzeugen, die Überwachung des Geländes zur Sicherung des Eigentums oder zur Feststellung von Brandausbrüchen. Hier ist die Vermeidung tarnender Schatten durch sorgfältig gewählte Lichteinfallrichtungen von besonderer Wichtigkeit. Das Hervorheben von Gefahrenzonen durch helle, dauerhafte Anstriche oder spezielle Reflexbeläge ist erfahrungsgemäß zu empfehlen. Eine Anlage, die ausschließlich der

Eigentumssicherung dienen soll, kann u. U. als reine Übersichtsbeleuchtung ausgeführt werden. Man kann z. B. nur einen Teil der für Arbeiten im Freien bestehenden Beleuchtungsanlage für Sicherungszwecke verwenden. Es können auch zusätzliche und für den wirtschaftlichen Ganznachtbetrieb geeignete Flutlichtleuchten vorgesehen werden. Dabei sind hohe vertikale Beleuchtungsstärken, aus der Blickrichtung des Wachpersonals gesehen, von Vorteil. Eine andere Lösung ist die Umfriederungsbeleuchtung. Hierbei wird das Wachpersonal



61



62

bewusst im Dunkeln belassen, ein sich nähernder Einbrecher ist jedoch einem blendenden Flutlicht ausgesetzt. Innerhalb der üblichen Umzäunung werden in regelmäßigen Abständen auf Masten geringer Höhe Flutlichtleuchten mit breitem horizontalem Bündelwinkel montiert. Damit soll sowohl die Umfriedung als auch der Annäherungsbereich in einiger Tiefe lückenlos beleuchtet werden.

Die in etwa 1 m über dem Boden benötigten vertikalen Beleuchtungsstärken im Vorfeldbereich liegen in der Praxis, je nach Beleuchtung des zu schützenden Geländes, zwischen 5 und 30 lx. Bei hohen Risiken empfiehlt es sich, jeden Lichtpunkt doppelt zu bestücken und an zwei voneinander unabhängige Versorgungskreise anzuschließen. Voraussetzung für eine Umfriedungsbeleuchtung dieser Art ist jedoch, dass Sehbefähigungen bei Benutzern benachbarter Grundstücke ausgeschlossen sind und dass die Verkehrssicherheit nicht beeinträchtigt wird. Ein Einvernehmen mit den zuständigen Behörden und Instanzen ist zu empfehlen.

Transferbereiche

Der Beleuchtung der Ein- und Ausfahrten von Lagerhallen ist aus sicherheitstechnischen Gründen besondere Bedeutung beizumessen: Lichtlösungen müssen einen fließenden Übergang zwischen dem Helligkeitsniveau des Innen- und Außenraumes sicherstellen. Oftmals ist es auch notwendig, Bereiche stehenden Verkehrs, z. B. nahe gelegene Parkplätze, und Zufahrtswege gleichermaßen zu berücksichtigen. Blendfreiheit bzw. Blendungsreduzierung ist hier ein Thema, bei dem Spiegel-Werfer-Systeme einen wichtigen Beitrag leisten können. Außerdem sollte die Lichtimmission so gering wie möglich gehalten werden.

Nächtlicher Güterumschlag

Auf Lagerplätzen mit nächtlichem Güterumschlag liegen die Arbeitsbereiche in der

Regel unmittelbar in der Nachbarschaft der Verlade- und Transporteinrichtungen. Es wäre jedoch eine Fehlscheidung, die Beleuchtung auf diese Stellen begrenzen zu wollen. Die richtige Lösung besteht darin, innerhalb der allgemeinen Übersichtsbeleuchtung die Arbeitszonen mit einer zusätzlichen Arbeitsbeleuchtung mit angepasstem Niveau zu versehen. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind Arbeitsbereiche von Portal- und Brückenkränen. Hier eignen sich in der Regel die Kranstützen als Montagestellen für Flutlichtleuchten, sodass der Lichteinfall quer zur Fahrtrichtung erfolgt. Die im Fahrbereich des Kranes notwendigen Beleuchtungsstärken werden durch Leuchten erzielt, die an der Kranbrücke zu montieren sind. Kranbuchten mit Gleisanschluss können eine weitere Zusatzbeleuchtung erfordern, um die von den Waggonaufbauten bei seitlichem Lichteinfall hervorgerufenen Schattenzonen aufzuhellen.

Zusatzbeleuchtung für Verladestellen

Bei der Beleuchtung der Bedienelemente muss auf hohe vertikale Beleuchtungsstärke geachtet werden. Zusatzbeleuchtung ist für Einfüll- und Auslassvorrichtungen sowie für Verladestellen erforderlich. Fazit: Eine dynamische Beleuchtung ist für alle beweglichen Objekte im Hafen, wie bewegliche Brücken, fahr- und drehbare Kräne im Verladebereich, geeignet. Eine statische Beleuchtung richtet das Augenmerk eher auf Gebäude und hebt diese hervor.

Direktbeleuchtung begrenzen

Wegen des geringen allgemeinen Beleuchtungsniveaus muss vor allem die Direktblendung in Richtung auf die Steuer- und Beobachtungsstände begrenzt werden. Scheinwerfer und Flutlicht sollten immer aus der Richtung des Bedienungs-personals heraus eingesetzt werden.



63



64

Hinweis

Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28

Baustellen

Baustellen

Die Beleuchtungsstärken sind gemäß Tabelle 5.3 zu wählen. Die zeitlich begrenzte Anlagendauer, die fortschreitende Anpassung der Beleuchtung an örtlich wechselnde Tätigkeiten und die unterschiedlichen Sehaufgaben sind wesentliche Merkmale der Baubeleuchtung. Ihre Flexibilität wird mit Einrichtungen in Form von transportablen, ausziehbaren Beleuchtungsmasten erreicht. Diese sind zudem häufig mit einem Stromerzeugungsgagregat auf einem fahrbaren Anhänger vereinigt. Ein weiteres Mittel für die Gestaltung der Baustellenbeleuchtung bietet der Baukran. Vom Kranführer aus betrachtet, soll die gesamte Bedienungszone (horizontal und vertikal) so beleuchtet sein, dass die Last in der vollen Arbeitshöhe gut sichtbar ist. In der Regel werden Flutlichtleuchten am Kranturm angebracht, bisweilen auch am Kranausleger. Bei richtiger Platzierung in Bezug auf die Krankabine kann eine Blendung des Führers vermieden werden. Zudem sollen für ihn kontrastfördernde Schatten auf den Objekten entstehen.

Auf Großbaustellen ist die Ausdehnung der Arbeit über die Tagesstunden hinaus vielfach üblich. Beim Tiefbau sind innerhalb des Geländes verteilte Beleuchtungseinrichtungen, wie Traggerüste, Masten, Freileitungen, Erdkabel oder Verteilerschränke, höchst unerwünscht. Sie behindern den Baustellenverkehr und die Bauarbeiten. Deshalb wird die Flutlichtbeleuchtung des Werkplatzes von außerhalb gelegenen Stellen angestrebt. Dies schließt nicht aus, dass Baugruben, Dammbauten oder sonstige vom Flutlicht nur unvollkommen erreichbare Stellen örtlich zusätzliche Leuchten benötigen. Auch Warnlichter zur Kennzeichnung gefährlicher Stellen sind unerlässlich.



65



66



67



68

Leuchtenanordnung

Im eigentlichen Arbeitsbereich für Menschen und Maschinen sollten sich möglichst keine Leuchten befinden. Da der eigentliche Arbeitsbereich häufig wechselt, ist eine mobile Beleuchtung, die vom Rand her nach innen gerichtet wird, zweckmäßig. Die erforderliche Mobilität kann neben den oben genannten Maßnahmen grundsätzlich entweder durch kleine, bewegliche Leuchten oder durch verstellbare Scheinwerfer an Hochmasten erfolgen.

Sicherung des Verkehrs im Bereich der Baustelle

Zur Sicherung des Verkehrs und zum Schutz der auf der Baustelle tätigen Arbeiter werden Baustellen in einer ausreichenden Distanz durch besondere Markierungs- und Orientierungsbeleuchtungen abgesichert. Dynamische Lichtzeichen weisen den Verkehrsteilnehmer auf den nahenden Gefahrenbereich hin, was i. d. R. gleichzeitig mit einer Herabsetzung der höchstzulässigen Geschwindigkeit verbunden ist.

Eingesetzte Leuchten

Für kleinere Baustellen kommen Scheinwerfer für Halogenleuchtampen oder Hochdruckentladungslampen in Frage. Bei größeren Baustellen werden diese innerhalb der baulichen Strukturen auch um Leuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen (Feuchtraumleuchten) ergänzt.

Die Schutzart der Leuchten beträgt mindestens IP 54. Bei der Auswahl der Leuchten ist unbedingt darauf zu achten, dass deren Abdeckung aus einem schlagzähem Material ausgeführt ist. Empfehlenswert ist auch der mechanische Schutz der Leuchten durch ihre Einfassung in einen Drahtgitterkorb.

Hinweis

Lichttechnische Tabellen	Seite 22
Lampen	Seite 26
Leuchten	Seite 28

Lichttechnische Tabellen

Tabelle 5.1 — Allgemeine Verkehrsbereiche bei Arbeitsstätten/Arbeitsplätzen im Freien

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.1.1	Gehwege, ausschließlich für Fußgänger	5	0,25	50	20	
5.1.2	Verkehrsflächen für sich langsam bewegende Fahrzeuge (max. 10 km/h), z. B. Fahrräder, Lastwagen, Bagger	10	0,40	50	20	
5.1.3	Regelmäßiger Fahrzeugverkehr (max. 40 km/h)	20	0,40	45	20	In Werften und Hafenanlagen kann $GR_L = 50$ sein.
5.1.4	Fußgänger-Passagen, Fahrzeug-Wendepunkte, Be- und Entladestellen	30	0,40	50	20	Für das Lesen von Beschriftungen: $\bar{E}_m = 50$ lx

Anmerkung: Für Verkehrswege sind die entsprechenden Empfehlungen zur Straßenbeleuchtung für Verkehrswege zu beachten, da es keine internationalen Normen gibt.

Tabelle 5.2 — Flughäfen

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
						1. Direktes Licht in Richtung des Kontrollturms und landender Flugzeuge muss vermieden werden. 2. Direktes Licht, das von Flutlichtanlagen oberhalb der Horizontalen ausgestrahlt wird, sollte auf ein Minimum begrenzt werden.
5.2.1	Flugzeughallen-Vorfeld	20	0,10	55	20	
5.2.2	Flughafengebäude-Vorfeld	30	0,20	50	40	
5.2.3	Ladebereiche	30	0,20	50	40	Für das Lesen von Beschriftungen: $\bar{E}_m = 50$ lx
5.2.4	Tanklager	50	0,20	50	40	
5.2.5	Flugzeugwartungsbereiche	200	0,50	45	60	

Tabelle 5.3 — Baustellen

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.3.1	Aufräumarbeiten, Ausschachtungen und Beladen	20	0,25	55	20	
5.3.2	Baubereiche, Verlegen von Entwässerungsrohren, Transport, Hilfs- und Lagerarbeiten	50	0,40	50	20	
5.3.3	Montage von Tragwerkelementen, einfache Bewehrungsarbeiten, Schalungsarbeiten und Fertigteilmontage, Verlegen von elektrischen Leitungen und Kabeln	100	0,40	45	40	
5.3.4	Verbinden von Tragwerkelementen, anspruchsvolle Montage von elektrischen Leitungen, Maschinen und Versorgungsleitungen	200	0,50	45	40	

Tabelle 5.4 — Kanäle, Schleusen und Hafenanlagen

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.4.1	Kaianlagen (Wartebereiche) an Kanälen und Schleusen	10	0,25	50	20	
5.4.2	Landungsbrücken und Übergänge ausschließlich für Fußgänger	10	0,25	50	20	
5.4.3	Schleusenbedien- und Überwachungsbereiche	20	0,25	55	20	
5.4.4	Frachtabfertigung, Be- und Entladung	30	0,25	55	20	Für das Lesen von Beschriftungen: $\bar{E}_m = 50$ lx
5.4.5	Fahrgastbereiche in Passagierhäfen	50	0,40	50	20	
5.4.6	Verbinden von Schläuchen, Rohren und Seilen	50	0,40	50	20	
5.4.7	Gefahrenstellen an Geh- und Fahrwegen	50	0,40	45	20	

Tabelle 5.5 — Landwirtschaftliche Betriebe

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.5.1	Landwirtschaftsbetriebshöfe	20	0,10	55	20	
5.5.2	(Offene) Geräteschuppen	50	0,20	55	20	
5.5.3	Sortierpferche für Tiere	50	0,20	50	40	

Tabelle 5.6 — Tankstellen

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.6.1	Park- und Abstellplätze für Fahrzeuge	5	0,25	50	20	
5.6.2	Ein- und Ausfahrten: dunkle Umgebung (z. B. ländliche Bereiche und Vorstädte)	20	0,40	45	20	
5.6.3	Ein- und Ausfahrten: helle Umgebung (z. B. Städte)	50	0,40	45	20	
5.6.4	Luftdruck- und Wasserprüfstellen und andere Servicebereiche	150	0,40	45	20	
5.6.5	Messgeräte-Ablesebereiche	150	0,40	45	20	

Tabelle 5.7 — Industrieanlagen und Lagerbereiche

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.7.1	Kurzzeitiges Hantieren mit großen Bauteilen und Rohstoffen, Be- und Entladen von sperrigen Gütern	20	0,25	55	20	
5.7.2	Ständiges Hantieren mit großen Bauteilen und Rohstoffen, Be- und Entladen von Fracht, Aktionsbereiche von Kränen, offene Ladeplattformen	50	0,40	50	20	
5.7.3	Lesen von Beschriftungen, überdachte Ladeplattformen, Verwendung von Werkzeugen, Herstellung von Stahlbetonfertigteilen	100	0,50	45	20	
5.7.4	Anspruchsvolle Elektro-, Maschinen- und Rohrinstallationen, Inspektion	200	0,50	45	60	Nutzung von örtlicher Beleuchtung

Tabelle 5.8 — Im Meer gelegene Gas- und Ölförderanlagen

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.8.1	Meeresoberfläche unter der Plattform	30	0,25	50	20	
5.8.2	Leitern, Treppen, Gehwege	100	0,25	45	20	Auf Trittsflächen
5.8.3	Bootsanlegebereiche, Transportbereiche	100	0,25	50	20	
5.8.4	Hubschrauberlandeplatz	100	0,40	45	20	1. Direktes Licht in Richtung des Kontrollturms und landender Fluggeräte muss vermieden werden. 2. Direktes Licht, das von Flutlichtanlagen oberhalb der Horizontalen ausgestrahlt wird, sollte auf ein Minimum begrenzt werden.
5.8.5	Bohrturm	100	0,50	45	40	
5.8.6	Bearbeitungsbereiche	100	0,50	45	40	
5.8.7	Rohrleitungsdepot/Deck	150	0,50	45	40	
5.8.8	Prüfplatz, Rüttler, Bohrkopf	200	0,50	45	40	
5.8.9	Pumpenbereiche	200	0,50	45	20	
5.8.10	Rettungsbootsbereiche	200	0,40	50	20	
5.8.11	Bohrboden, Bohrfläche, Plattform am Bohrturm	300	0,50	40	40	Besondere Vorsicht ist beim Betreten erforderlich.
5.8.12	Schlammraum, Probennahme	300	0,50	40	40	
5.8.13	Rohlpumpen	300	0,50	45	40	
5.8.14	Anlagenbereiche	300	0,50	40	40	
5.8.15	Drehtisch	500	0,50	40	40	

Tabelle 5.9 — Parkplätze

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.9.1	Geringes Verkehrsaufkommen, z. B. Parkplätze von Geschäften, Reihenhäusern und Wohnblöcken, Abstellbereiche für Fahrräder	5	0,25	55	20	
5.9.2	Mittleres Verkehrsaufkommen, z. B. Parkplätze von Warenhäusern, Bürogebäuden, Fabriken, Sportanlagen und Mehrzweckhallen	10	0,25	50	20	
5.9.3	Hohes Verkehrsaufkommen, z. B. Parkplätze von Schulen, Kirchen, großen Einkaufszentren, großen Sportanlagen und Mehrzweckhallen	20	0,25	50	20	

Lichttechnische Tabellen

Tabelle 5.10 — Erdölchemische und andere risikoreiche Industrieanlagen

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.10.1	Handhabung von Servicewerkzeugen, Betätigung von Handventilen, Ein- und Ausschalten von Motoren, Anzünden von Brennern	20	0,25	55	20	
5.10.2	Be- und Entladen von Containerfahrzeugen und Waggonen mit ungefährlichen Stoffen, Inspektion von Leckagen, Rohrleitungen und Dichtungen	50	0,40	50	20	
5.10.3	Be- und Entladen von Containerfahrzeugen und Waggonen mit gefährlichen Stoffen, Auswechseln von Pumpendichtungen, allgemeine Servicearbeiten, Ablesen von Messinstrumenten	100	0,40	45	40	
5.10.4	Be- und Entladestellen von Brennstoffen	100	0,40	45	20	
5.10.5	Reparatur von Maschinen und elektrischen Einrichtungen	200	0,50	45	60	Nutzung von örtlicher Beleuchtung

Tabelle 5.11 — Energie-, Elektrizitäts-, Gas- und Heizkraftwerke

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.11.1	Personenbewegung innerhalb elektrischer Sicherheitsbereiche	5	0,25	50	20	
5.11.2	Handhabung von Servicewerkzeugen, Kohle	20	0,25	55	20	
5.11.3	Gesamte Inspektion	50	0,40	50	20	
5.11.4	Allgemeine Servicearbeiten und Ablesen von Messinstrumenten	100	0,40	45	40	
5.11.5	Windkanäle: Service und Wartung	100	0,40	45	40	
5.11.6	Reparatur von elektrischen Einrichtungen	200	0,50	45	60	Nutzung von örtlicher Beleuchtung

Tabelle 5.12 — Bahnen und Straßenbahnen

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
	Bahnbereiche einschließlich Bereiche für Kleinbahnen, Straßenbahnen, Einschienenbahnen, Kleinstbahnen, U-Bahnen usw.					Blendung der Fahrzeugführer vermeiden
5.12.1	Gleisanlagen in Personenverkehrsbereichen, Abstellgleise	10	0,25	50	20	$U_d \geq 1/8$
5.12.2	Bahnanlagen: Bereitstellungsfläche, Gleisbrems-, Weichen- und Verteilbereiche	10	0,40	50	20	$U_d \geq 1/5$
5.12.3	Ablaufbergbereiche	10	0,40	45	20	$U_d \geq 1/5$
5.12.4	Gütergleisanlagen mit zeitweiligen Arbeitsvorgängen	10	0,25	50	20	$U_d \geq 1/8$
5.12.5	Nicht überdachte Bahnsteige, Land- und Regionalverkehr mit geringem Personenaufkommen	15	0,25	50	20	1. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Bahnsteigkante. 2. $U_d \geq 1/8$
5.12.6	Gehwege	20	0,40	50	20	
5.12.7	Höhengleiche Bahnübergänge	20	0,40	45	20	
5.12.8	Nicht überdachte Bahnsteige, Vorort- und Regionalverkehr mit hohem Personenaufkommen oder Fernverkehr mit geringem Personenaufkommen	20	0,40	45	20	1. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Bahnsteigkante. 2. $U_d \geq 1/5$
5.12.9	Gütergleisanlagen mit ununterbrochenen Arbeitsvorgängen	20	0,40	50	20	$U_d \geq 1/5$
5.12.10	Nicht überdachte Laderampen im Güterbereich	20	0,40	50	20	$U_d \geq 1/5$
5.12.11	Wartung von Zügen und Lokomotiven	20	0,40	50	40	$U_d \geq 1/5$
5.12.12	Umschlagbereiche in Bahnanlagen	30	0,40	50	20	$U_d \geq 1/5$
5.12.13	Kuppelbereich	30	0,40	45	20	$U_d \geq 1/5$
5.12.14	Treppen auf Bahnhöfen kleiner und mittlerer Größe	50	0,40	45	40	
5.12.15	Nicht überdachte Bahnsteige, Fernverkehr	50	0,40	45	20	1. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Bahnsteigkante. 2. $U_d \geq 1/5$
5.12.16	Überdachte Bahnsteige, Regionalverkehr oder Fernverkehr mit geringem Personenaufkommen	50	0,40	45	40	1. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Bahnsteigkante. 2. $U_d \geq 1/5$
5.12.17	Überdachte Laderampen in Güterbereichen mit zeitweiligen Arbeitsvorgängen	50	0,40	45	20	$U_d \geq 1/5$
5.12.18	Überdachte Bahnsteige, Fernverkehr	100	0,50	45	40	1. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Bahnsteigkante. 2. $U_d \geq 1/3$
5.12.19	Treppen auf großen Bahnhöfen	100	0,50	45	40	
5.12.20	Überdachte Laderampen in Güterbereichen mit ununterbrochenen Arbeitsvorgängen	100	0,50	45	40	$U_d \geq 1/5$
5.12.21	Inspektionsgrube	100	0,50	40	40	Nutzung von örtlicher Beleuchtung mit geringer Blendung

Tabelle 5.13 – Sägewerke

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.13.1	Umgang mit Holz an Land und zu Wasser, Sägemehl- und Holzspan-Fördereinrichtungen	20	0,25	55	20	
5.13.2	Sortieren von Holz an Land und zu Wasser, Holzentladestellen und Bretterbeladestellen, Hebeeinrichtungen zum Beladen der Förderbänder, Stapeln	50	0,40	50	20	
5.13.3	Lesen von Adressen und Markierungen an Brettern	100	0,40	45	40	
5.13.4	Klassifizierung und Verpackung	200	0,50	45	40	
5.13.5	Beschicken von Schäl- und Spaltmaschinen	300	0,50	45	40	

Tabelle 5.14 – Schiffswerften und Docks

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.14.1	Allgemeinbeleuchtung des Werftgeländes, Lagerbereiche für vorgefertigte Waren	20	0,25	55	40	
5.14.2	Kurzzeitiger Umgang mit großen Teilen	20	0,25	55	20	
5.14.3	Reinigungsarbeiten am Schiffsrumpf	50	0,25	50	20	
5.14.4	Anstrich- und Schweißarbeiten am Schiffsrumpf	100	0,40	45	60	
5.14.5	Montage elektrischer und mechanischer Bauteile	200	0,50	45	60	

Tabelle 5.15 – Wasser- und Abwasseranlagen

Ref. Nr.	Art des Bereiches, der Aufgabe oder Tätigkeit	\bar{E}_m lx	U_o	GR_L	R_a	Bemerkungen
5.15.1	Gebrauch von Werkzeugen, Bedienung handbetätigter Ventile, In- und Außerbetriebsetzen von Motoren, Dichten von Rohrleitungen, Rechenwerk	50	0,40	45	20	
5.15.2	Umgang mit Chemikalien, Undichtigkeitsprüfungen, Pumpenwechsel, allgemeine Wartungsarbeiten, Ablesen von Instrumenten	100	0,40	45	40	
5.15.3	Reparaturarbeiten an Motoren und elektrischen Einrichtungen	200	0,50	45	60	

Lampen

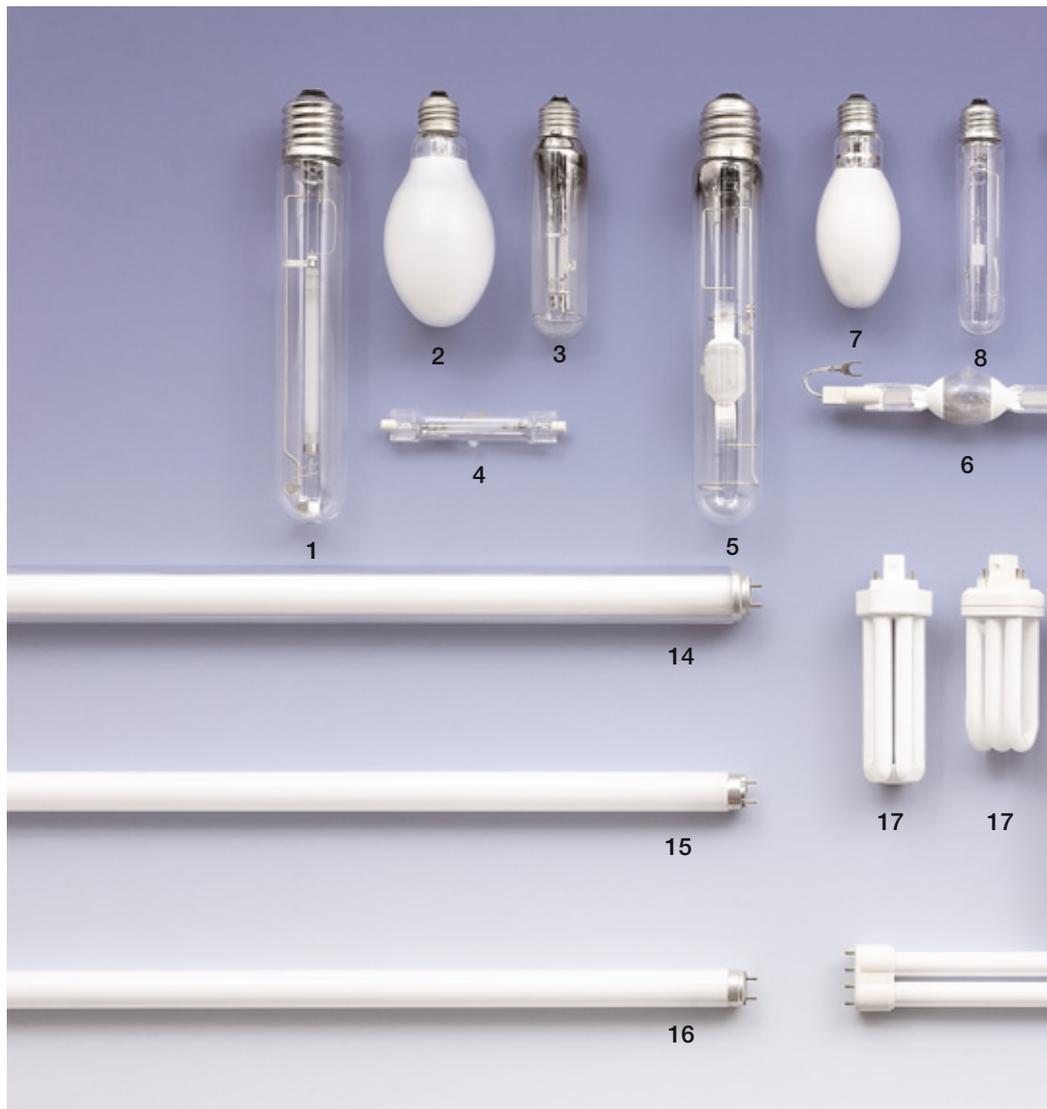
Wichtigste Kriterien für die Lampenauswahl bei der Straßenbeleuchtung sind Energiebilanz (Lichtausbeute) und Lebensdauer. Damit zusammen hängt die Entscheidung für die Leistungsstufe in Watt (W). Von lichttechnisch geringerer Bedeutung als für Innenräume sind Lichtfarbe und Farbwiedergabeeigenschaft (siehe Seite 8).

Lichtausbeute

Wie wirtschaftlich eine Lampe Licht erzeugt, beschreibt ihre Lichtausbeute. Sie setzt den Lichtstrom in Lumen (lm) in Relation zur elektrischen Leistungsaufnahme: Je höher das Verhältnis lm/W, desto besser wandelt eine Lampe die eingebrachte Energie in Licht um. Die Allgebrauchsglühlampe schafft nur 12 lm/W, um ein Vielfaches höher ist die Lichtausbeute von Entladungslampen (vgl. Tabelle). Der Lampenbetrieb mit elektronischen Vorschaltgeräten erhöht diese nochmals.

Lebensdauer

Die Zeitspanne, in der die Lampe betrieben wird, bevor sie unbrauchbar ist, wird als Lebensdauer bezeichnet. Die mittlere Lebensdauer ist definiert als Mittelwert der elektrischen Lebensdauer (Überlebensrate) einer Anzahl von Lampen, die unter genormten Bedingungen betrieben werden. Hersteller veröffentlichen unter Angabe des zugrunde liegenden Schaltrhythmus und der Ausfallrate die Nennlebensdauer.



		Röhrenform (T)	Ellipsoidform (E)	T- oder E-Form mit Doppelbrenner	Zweiseitig gesockelt	T-Form (Quarztechnik)	Zweiseitig gesockelt	E-Form (Quarztechnik)
		1	2	3	4	5	6	7
Lampentyp	Lampenart	Natriumdampf-Hochdrucklampen				Halogen-Metaldampflampen		
Lampenleistung (Nennleistung in Watt)	von	50	35	50	70	250	1000	35
	bis	1000	1000	400	400	2000	2000	1000
Lichtstrom (Lumen)	von	4400	2200	4000	6800	20000	90000	2850
	bis	130000	130000	55000	48000	240000	230000	100000
Lampen-Lichtausbeute (Lumen/Watt)	von	70	63	66	80	80	86	74
	bis	150	139	138	120	120	115	100
Lichtfarbe		ww	ww	ww	ww	nw, tw	nw, tw	ww, nw, tw
Farbwiedergabe-Index R _a (Bereich)		< 40	< 40	< 40	< 40	60–95	60–90	69, 80–95
Sockel		E27	E27	E27	Fc2	E40	K12s	E27
		E40	E40	E40	RX7s			

Lichtfarbe: ww = warmweiß (Farbtemperatur unter 3300 K), nw = neutralweiß (Farbtemperatur 3300 bis 5300 K), tw = tageslichtweiß (Farbtemperatur über 5300 K)
¹⁾ Bei Betrieb mit EVG wird die Lichtausbeute auf 81 bis 100 lm/W gesteigert. Die Leistungsaufnahme sinkt von 18 W auf 16 W, von 3



Der Ausfall einzelner Lampen verringert die Verkehrssicherheit. Sie müssen deshalb unverzüglich ersetzt werden. Der Zeitpunkt des Gruppenwechsels wird von der tolerierten Ausfallrate bestimmt: Das sind üblicherweise 5 % Einzelausfälle.

Je später die Lampen ausgetauscht werden müssen, umso geringer sind die Kosten für Lampenersatz und Wartung. Ausführliche Vergleichsdaten zum Lebensdauerverhalten von Entladungslampen hat der Fachverband Elektrische Lampen im ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. – zusammengefasst.

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
T- oder E-Form (Keramiktechnik)	T-Form (Keramiktechnik)	T-Form (Keramiktechnik)	Zweiseitig gesockelt (Quartz- o. Keramiktechnik)	Ellipsoidform	Röhrenform	Longlife Ø 38 mm, für tiefe Temperaturen	Longlife Ø 26 mm	Leuchtstofflampe Ø 26 mm	1-, 2- und - im Bild - 3-Rohrlampe	3- oder 4-Rohrlampe	Gestreckte Bauform ²⁾	Kolbenform	Ringform
				Quecksilber- dampf	Na-Nieder- druck	Stabförmige Dreibanden- Leuchtstofflampen			Kompaktleucht- stofflampen			Induktions- lampen	
70	35	60	70	50	18	18	18	18	5	60	18	55 ⁴⁾	70
250	250	140	400	1 000	180	58	58	58	70	120	80 ³⁾	165 ⁴⁾	150
5 600	3 100	6 850	5 100	1 600	1 800	1 350	1 350	1 350	250	4 000	1 200	3 650	6 500
22 500	25 000	16 500	37 000	58 000	32 000	5 150	5 150	5 200	5 200	9 000	6 000	12 000	12 000
80	85	114	73	32	100	75	75	75/81 ¹⁾	50	67	67	64 ⁴⁾	75 ⁴⁾
90	100	118	100	60	178	89	89	93/100 ¹⁾	82	75	87	73 ⁴⁾	79 ⁴⁾
ww	ww, nw	ww	ww, nw	ww, nw	-	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw, tw	ww, nw	ww, nw	ww, nw	ww, nw	ww, nw
80-85	80-95	60-70	75-96	36, 45-60	-	-	80-85	80-85	80-85	80-85	80-85	80-85	80-85
E27 E40	G12, G22 E40	PGZ12	Fc2	E27 RX7s	BY22d E40	G13	G13	G13	G23	2G8-1 G24, 2G7 GX24	2G11	Spezial	Spezial

übtweiß (Farbtemperatur über 5 300 K)

16 W auf 32 W und von 58 W auf 50 W. ²⁾18-55 W auch als Spezialausführung für Außenbeleuchtung ³⁾40 W und 55 W nur mit EVG ⁴⁾System (Lampe + EVG)

Leuchten

Die Auswahl der Leuchten wird bestimmt von den lichttechnischen Anforderungen der Beleuchtungsaufgabe, den mechanischen und elektrischen Anforderungen sowie der Gestaltungsabsicht.

Es zählt sich aus, auf Qualitätsleuchten zu setzen. Zentrale Aspekte ihrer Konstruktion und Produktion sind

- wirtschaftlicher Betrieb (hohe Wirkungsgrade),
- lichttechnische Qualität und Funktionalität (VDE, ENEC),
- mechanische und elektrotechnische Sicherheit,
- lange Lebensdauer (Materialbeschaffenheit, Oberflächentechnik, kompakte Konstruktion),
- produktionsbegleitende Qualitätskontrolle,
- Montage- und Wartungsfreundlichkeit.

Hinzu kommen qualifizierte Beratung und Planungshilfen.



Abb. 69 + 70

Hängeleuchten zur Abhängung an Tragseilen (Überspannung) für A1-, A2-, A3- oder B1-Straßen



Abb. 71 + 72

Mastaufsatzleuchten für A1-, A2-, A3- oder B1-Straßen



Abb. 73 + 74

Großflächenleuchte, die z. B. zur Beleuchtung von Parkplätzen eingesetzt wird



Abb. 75 + 76

Mastansatzleuchten, bevorzugt für A1-, A2-, A3- oder B1-Straßen



Abb. 77 + 78

Leuchte für Fußgängerüberwege mit entsprechender spezieller Lichtstärkeverteilung



Abb. 79 + 80

Mastaufsatzleuchte (links) mit Leuchtstofflampen für A1-, A2-, A3- oder B1-Straßen und Ausführung als Wandleuchte (rechts) z. B. für die Wegebeleuchtung



Abb. 81 + 82

Tunnelleuchten mit spezieller Lichtstärkeverteilung und in höherer Schutzart



Abb. 83 + 84

Dekorative Mastleuchten, bevorzugt eingesetzt für Straßen und Beleuchtungssituationen D und E sowie für Parks und Grünanlagen



Abb. 85 + 86

Wegeleuchten, bevorzugt eingesetzt für Straßen der Beleuchtungssituationen D und E sowie für Parks und Grünanlagen



Abb. 87 + 88

Sekundärleuchten (auch: Indirektleuchten), bevorzugt eingesetzt für Straßen der Beleuchtungssituationen D und E sowie für Parks und Grünanlagen

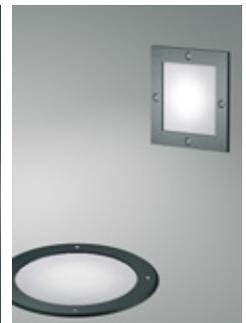
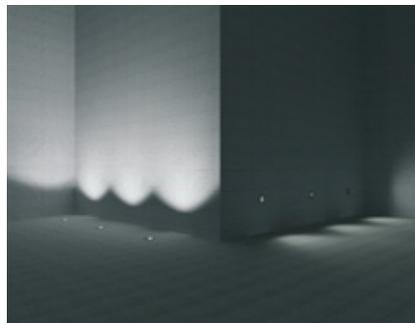


Abb. 89 + 90

Bodeneinbauleuchten (links) für Anstrahlungen und akzentuierendes Licht sowie Orientierungsleuchten (rechts) als Wandeinbauleuchten



Abb. 91 + 92

Kleinscheinwerfer und Strahler für Anstrahlungen, der rechte Strahler eignet sich gut zur Integration in die Fassade



Abb. 93 + 94

Scheinwerfer für Anstrahlungen mit den Lichtstärkeverteilungen spot (links) und flood (rechts).

DIN-Normen und Literaturhinweise

DIN EN 12464-2 Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 2: Arbeitsplätze im Freien

DIN 13201 Straßenbeleuchtung – Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen

DIN EN 13201 Straßenbeleuchtung

Teil 2: Gütemerkmale

Teil 3: Berechnung der Gütemerkmale

Teil 4: Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen

DIN 5340 Begriffe der physiologischen Optik

DIN 67523 Beleuchtung von Fußgängerüberwegen

(Zeichen 293 StVO) mit Zusatzbeleuchtung

Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte

Teil 2: Berechnung und Messung

R-FGÜ 2001 – Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen, veröffentlicht im Verkehrsblatt (VkB) 2001, Seite 474 (www.verkehrsblatt.de)

Handlungsanleitung zur Beleuchtung von Arbeitsstätten,

Publikation LV41 des Länderausschusses für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik, Potsdam 2005 (<http://lasi.osha.de>)

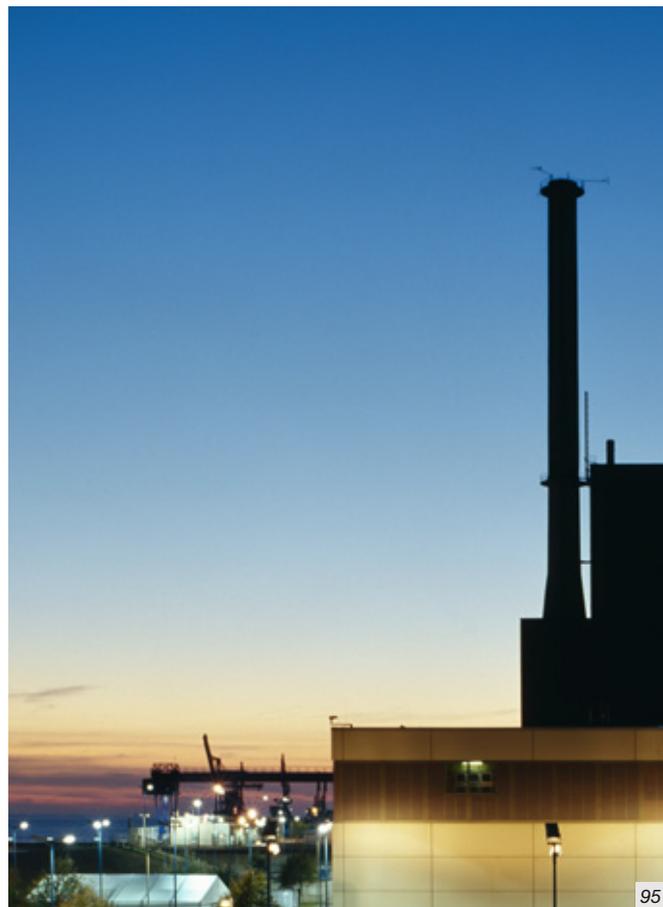
Zu Konfliktzonen: Allgemeines Rundschreiben für den Straßenbau 23/98 des Bundesverkehrsministeriums Lebensdauerverhalten von Entladungslampen für die Beleuchtung, Fachverband Elektrische Lampen im ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) e.V., Frankfurt am Main 2005 (www.zvei.org) Straßenbeleuchtung und Sicherheit, Publikation Nr. 17: 1998 der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) e.V., Berlin 1998 (www.litg.de)

Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen, Publikation Nr. 12.2:

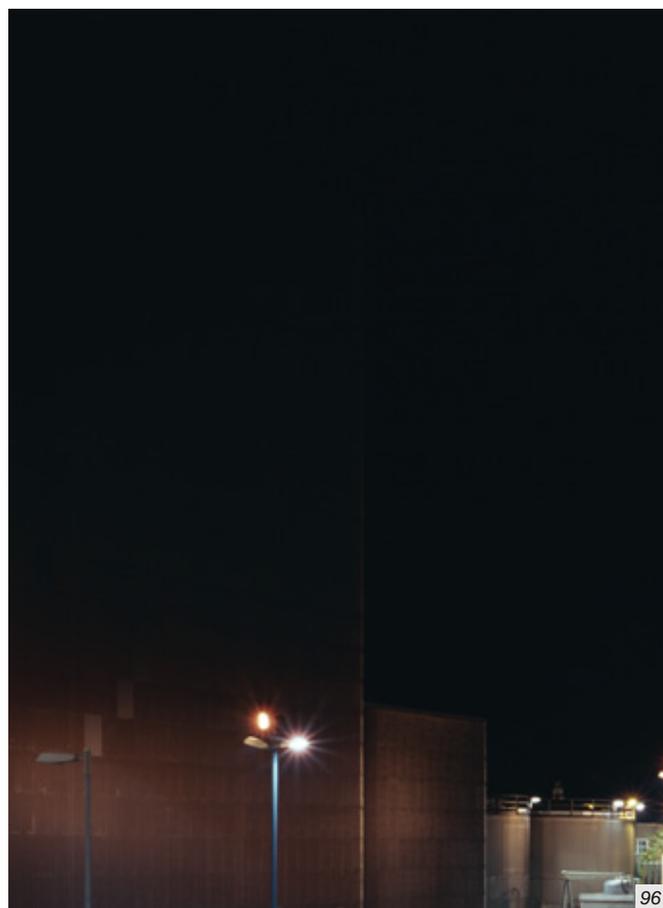
1996 der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) e.V., Berlin 1996 (www.litg.de)

Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen, Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 10. Mai 2000 (www.lai-immissionsschutz.de)

Zur Einwirkung von Außenbeleuchtungsanlagen auf nachaktive Insekten, Publikation Nr. 15: 1997 der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) e.V., Berlin 1997 (www.litg.de)



95



96

Bildnachweis

Zur Verfügung gestellt von Mitgliedsunternehmen der FGL:
1, 11-14, 19, 20, 23, 24, 27, 30-33, 37, 42, 46-50, 52, 54-56,
58, 62, 69-94, 95, 96, 98-100, 102, 103

Aral Aktiengesellschaft: 2, 51

BGZ – Berufsgenossenschaftliche Zentrale für Sicherheit und Gesundheit: 8

duisport, Köppen: 4

E.ON Ruhrgas AG: Titel, 38

Günter Wicker (Photur),/Berliner Flughäfen: 3

Hafen Hamburg Marketing/Hettchen: 62

Stadt Paderborn: 15

„TRUST“ Communication GmbH: 16, 17, 26, 28, 29

www.fotolia.de: 5, 22 (Gilles Cohen); 6, 67 (Pryzmat);
9 (Leah Thompson); 18 (Georg Tschannett); 21 (Holger Zander);
25/26 (Tom Perkins); 35 (Maiai); 39 (Zsolt Nyulaszi);

40 (dwphotos); 41, 97 (Dominique Morel); 45 (Jim Parkin);

53 (Michael Wilkens); 59 (Sascha Burkard); 60 (pmphoto);

61 (Erik Rosenblatt); 63 (bedo); 64, 104 (Christian Kowalczyk)

www.morguefile.com: 7 (dantada)

www.photocase.de: 10, 43 (nonuniform);

34 (triple seVen-designs); 36 (Tasker); 44 (MFO); 57 (photoraver);
65, 101 (floodmat); 68 (Baergt)

Rückseite:

		97	98
99	100	101	
102	103	104	

Bestellung

Bitte liefern Sie ohne weitere Nebenkosten die bezeichneten Hefte (E = available in English, download free of charge at www.all-about-light.org):

Heft-Nr./Titel	Stück
1 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2004)	E € 9,-
2 Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten (2003)	E € 9,-
3 Straßen, Wege und Plätze (2007)	E € 9,-
4 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (2003)	E € 9,-
5 Gutes Licht für Handwerk und Industrie (1999)	E € 9,-
6 Gutes Licht für Verkauf und Präsentation (2002)	E € 9,-
7 Gutes Licht im Gesundheitswesen (2004)	E € 9,-
8 Gutes Licht für Sport und Freizeit (2001)	E € 9,-
9 Repräsentative Lichtgestaltung (1997)	E € 9,-
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2000)	E € 9,-
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)	E € 9,-
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (2003)	E € 9,-
13 Arbeitsplätze im Freien (2007)	E € 9,-
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (2000)	E € 9,-
16 Stadtmarketing mit Licht (2002)	E € 9,-
17 LED – Licht aus der Leuchtdiode (2005)	E € 9,-
18 Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (2006)	E € 9,-
Lichtforum	kostenlos
Hefte 15 ist vergriffen.	

Ort

Datum

Stempel/Unterschrift

12/07/15/131

Absender

Name, Firma, Amt

Abteilung

z. Hd.

Straße, Postfach

PLZ Ort

Postkarte

Fördergemeinschaft
Gutes Licht
Postfach 70 12 61

60591 Frankfurt am Main

Bitte
freimachen

Impressum

13 Dieses Heft ist die Nummer 13 der Schriftenreihe „Informationen zur Lichtenwendung“, mit der die Fördergemeinschaft Gutes Licht praxisorientierte Informationen über die gute Beleuchtung mit künstlichem Licht gibt. Die Titel aller Publikationen dieser Schriftenreihe sind auf der gegenüberliegenden Seite in numerischer Reihenfolge aufgeführt.

Herausgeber: Fördergemeinschaft Gutes Licht
Stresemannallee 19
60596 Frankfurt am Main
Telefon 069 63 02-0
Telefax 069 63 02-317
E-Mail licht.de@zvei.org
Internet www.licht.de

Lichttechnische Beratung: Fördergemeinschaft Gutes Licht

Gesamtgestaltung: „TRUST“ Communication GmbH,
Paderborn

Bildredaktion: „TRUST“ Communication GmbH,
Paderborn

DTP: „TRUST“ Communication GmbH,
Paderborn

Druck: Westermann Druck GmbH,
Braunschweig

Quellennachweis: In den Heften dieser Schriftenreihe wurden die jeweils gültigen DIN-Normen und VDE-Vorschriften berücksichtigt.

DIN-EN-Normen: Beuth Verlag GmbH
10787 Berlin

DIN-VDE-Normen: VDE-Verlag
10625 Berlin

ISBN: 978-3-926193-14-8

Nachdruck: Mit Genehmigung
des Herausgebers gestattet.
12/07/15/131

Gedruckt auf chlorfrei
gebleichtem Papier.

Bestellung

Bitte liefern Sie ohne weitere Nebenkosten die bezeichneten Hefte (E = available in English, download free of charge at www.all-about-light.org):

Heft-Nr./Titel		Stück
1 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2004)	E	€ 9,-
2 Gutes Licht für Schulen und Bildungssstätten (2003)	E	€ 9,-
3 Straßen, Wege und Plätze (2007)	E	€ 9,-
4 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (2003)	E	€ 9,-
5 Gutes Licht für Handwerk und Industrie (1999)	E	€ 9,-
6 Gutes Licht für Verkauf und Präsentation (2002)	E	€ 9,-
7 Gutes Licht im Gesundheitswesen (2004)	E	€ 9,-
8 Gutes Licht für Sport und Freizeit (2001)	E	€ 9,-
9 Repräsentative Lichtgestaltung (1997)	E	€ 9,-
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2000)	E	€ 9,-
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)	E	€ 9,-
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (2003)	E	€ 9,-
13 Arbeitsplätze im Freien (2007)	E	€ 9,-
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (2000)	E	€ 9,-
16 Stadtmarketing mit Licht (2002)	E	€ 9,-
17 LED – Licht aus der Leuchtprobe (2005)	E	€ 9,-
18 Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (2006)	E	€ 9,-
Lichtforum	kostenlos	

Heft 15 ist vergriffen.

Ort Datum Stempel/Unterschrift

Bitte den Absender auf der Rückseite der Postkarte nicht vergessen.

Absender

Name, Firma, Amt

Abteilung

z. Hd.

Straße, Postfach

PLZ Ort

12/07/15/131

Postkarte

Bitte
freimachen

Fördergemeinschaft
Gutes Licht
Postfach 70 12 61

60591 Frankfurt am Main

Informationen von der Fördergemeinschaft Gutes Licht

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

Informationen zur Lichtenwendung

Die Hefte 1 bis 18 dieser Schriftenreihe helfen allen, die auf dem Gebiet der Beleuchtung planen, Entscheidungen treffen und investieren, Grundkenntnisse zu erwerben. Damit wird die Zusammenarbeit mit Fachleuten der Licht- und Elektrotechnik erleichtert. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

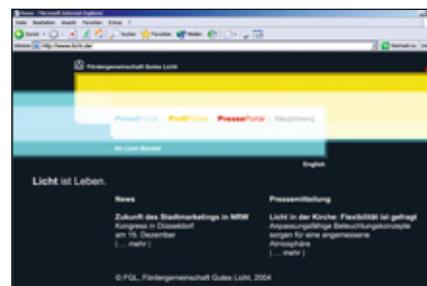
Lichtforum

Lichtforum behandelt aktuelle Fragen der Lichtenwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese „Fachinformationen für Beleuchtung“ erscheinen in loser Folge.

www.licht.de

Im Internet ist die Fördergemeinschaft Gutes Licht unter der Adresse www.licht.de präsent. Tipps zur richtigen Beleuchtung geben „Lichtenwendungen“ in PrivatPortal und ProfiPortal mit zahlreichen Beispielen für Privatanwendungen und gewerbliche Beleuchtung.

Erläuterungen lichttechnischer Begriffe bieten die Menüpunkte „Über Licht“ und „Beleuchtungstechnik“. Datenbanken mit umfangreichen Produktübersichten, Liefermatrix sowie Adressdaten der FGL-Mitgliedsunternehmen weisen den direkten Weg zum Hersteller. Das Angebot der gedruckten „Publikationen“ im Online-Shop und „Linktipps“ ergänzen das vielseitige Lichtportal der Fördergemeinschaft Gutes Licht.



Heft 15 ist vergriffen.

licht.wissen 13
Arbeitsplätze im Freien



licht.de

Fördergemeinschaft Gutes Licht
Stresemannallee 19
60596 Frankfurt am Main
Tel. +49 (0)69 63 02-353
Fax +49 (0)69 63 02-400
licht.de@zvei.org
www.licht.de