



LÄNDERAUSSCHUSS FÜR ARBEITSSCHUTZ UND SICHERHEITSTECHNIK

L A S I

Handlungsanleitung zur Beleuchtung von Arbeitsstätten

Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für

Tageslicht in Gebäuden

Künstliches Licht in Gebäuden

Künstliches Licht im Freien

Sicherheitsbeleuchtung

LV 41

Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) LASI-Veröffentlichungen (LV)		
LV-Nr.	Titel	Herausgabe
1	Leitlinien des Arbeitsschutzes in Wertstoffsortieranlagen (ersetzt durch LV 15)	Juli 1995
2.1	Richtlinien für die Akkreditierung von Messstellen zum Vollzug des Gefahrstoffrechts gemäß § 18 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung (ersetzt LV 2 vom September 1995)	Okt. 1999
3	Musterleitfaden zur Umsetzung der Gefahrstoffverordnung und der TRGS 553 "Holzstaub" zum Schutz vor den Gefahren durch Holzstaub	Feb. 1996
4	Qualitätssicherungs-Handbuch (QSH)	März 1996
5	Arbeitsschutzmaßnahmen bei Ozonbelastung am Arbeitsplatz	Juli 1996
6	Leitfaden für den sicheren Umgang mit Mikroorganismen der Risikogruppe 3 **	Aug. 1996
7	Leitfaden zur Ermittlung und Beurteilung der Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen	Sep. 1996
8	Mehlstaub in Backbetrieben Handlungsanleitung der Länderarbeitsschutzbehörden und der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten	Nov. 1996
9	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten	Dez. 1996
10	Umsetzung der Gleichwertigkeitsklausel bei überwachungsbedürftigen Anlagen	Feb. 1997
11	Schutz schwangerer Frauen vor Benzolexposition in Verkaufsräumen von Tankstellen und anderen Arbeitsplätzen	Juli 1997
12	Leitfaden "Ersatzstoffe und Verwendungsbeschränkungen in der Reinigungstechnik im Offsetdruck"	Juli 1997
13	Leitfaden für den Arbeitsschutz in biologischen Abfallbehandlungsanlagen	Okt. 1997
14	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei der Bildschirmarbeit	Okt. 1997
15	Leitlinien des Arbeitsschutzes in Abfallbehandlungsanlagen	Nov. 1998
16	Kenngößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter	Mai 1999
17	Leitfaden "Künstliche Mineralfasern" Handlungsanleitung für die Beurteilung von und den Umgang mit Mineralfaserprodukten	Mai 1999
18	Leitfaden "Schutz vor Latex-Allergien"	Mai 1999
19	Beschichten von Industriefußböden und anderen großen Flächen in Innenräumen mit Methylmethacrylat (MMA)-Harzen (LASI-ALMA-Empfehlung, als VSK anerkannt nach TRGS 420)	Sept. 1999
20	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen an Kassenarbeitsplätzen	Okt. 1999
21	Spezifikation zur freiwilligen Einführung, Anwendung und Weiterentwicklung von Arbeitsschutzmanagementsystemen (AMS)	April 2000/ März 2001

Impressum

- Herausgeber: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI)
- LASI-Vorsitzender: Dr. Helmut Deden
Ministerium für Wirtschaft und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen
40190 Düsseldorf
- Verantwortlich: Dipl.-Phys. Ernst-Friedrich Pernack
Vorsitzender des LASI- Unterausschuss „Ergonomie und Arbeitsstätten“
Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Familie des Landes Brandenburg
14473 Potsdam
- Redaktion: LASI- Arbeitsgruppe "Beleuchtung von Arbeitsstätten"
- Dipl.-Chem. Bettina Görner
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Gruppe 2.4 Arbeitsstätten
Proschhübelstraße 8
01099 Dresden
- Dr. rer. nat. habil. Roland Pangert
Leitender Ministerialrat a. D.
vormals Ministerium für Soziales, Familie und Gesundheit Thüringen
PF 10 12 52
99012 Erfurt
- Manfred Peschke
Regierungspräsidium Leipzig
Referat 35
Braustraße 2
04107 Leipzig
- Dr. Matthias Hofmann
Landesamt für Verbraucherschutz
Dezernat 57
Gewerbeaufsicht Süd
Fachbereich 5 Arbeitsschutz
Dessauer Str. 4
06118 Halle
- Dirk Langer
Regierungspräsidium Dresden
Abteilung Arbeitsschutz
Dienststelle Dresden-Strehlen
Reicker Str. 51a
01219 Dresden
- Auflage: noch nicht festgelegt
Druck: noch nicht festgelegt
- ISBN: 3-936415-39-0
- Hinweis: Diese Broschüre kann über das Internet abgerufen werden:
<http://lasi.osha.de>
- Titelbild: Allianz - Private Krankenversicherungs-AG, Fritz-Schäffer-Str. 9, 81737 München
Fotograf: Dieter Leistner, Mainzer Str. 85, 55124 Mainz

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers. Den an der Erarbeitung der Spezifikation beteiligten Institutionen ist der Nachdruck erlaubt.

Inhaltsverzeichnis

0	Vorwort	5
1	Ziel	6
2	Begriffe	6
3	Allgemeines	10
4	Beleuchtung mit Tageslicht in Gebäuden	11
5	Beleuchtung mit künstlichem Licht in Gebäuden	13
6	Beleuchtung mit künstlichem Licht im Freien	19
7	Sicherheitsbeleuchtung, Sicherheitsleitsysteme und Sicherheitszeichen	23
8	Messung und Bewertung	28

Beleuchtung von Arbeitsstätten

- Handlungsanleitung -

0 Vorwort

Eine geeignete und angemessene Beleuchtung von Arbeitsstätten trägt dazu bei, die Arbeit effektiv und effizient zu bewältigen. Eine ungünstige Beleuchtung kann zu erhöhter Unfallgefährdung sowie zu steigender Beanspruchung und vorzeitiger Ermüdung gekoppelt mit einer höheren Fehlerquote führen.

Seit 2004 gilt die neue Arbeitsstättenverordnung (Anhang Punkt 3.4 „Beleuchtung und Sichtverbindung“). Im Hinblick auf die Erfüllung der Anforderungen der ArbStättV sind Regeln für Arbeitsstätten vorgesehen, die noch vom Ausschuss für Arbeitsstätten erarbeitet werden müssen. Für die Übergangszeit regelt die ArbStättV, dass die bisherigen Arbeitsstätten-Richtlinien (ASR) bis zur Überarbeitung durch den Ausschuss und der Bekanntmachung entsprechender Regeln für Arbeitsstätten durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, längstens jedoch sechs Jahre gelten. Die bisherigen Arbeitsstätten-Richtlinien zur Beleuchtung

- ASR 7/3 „Künstliche Beleuchtung“ (November 1993),
- ASR 7/4 „Sicherheitsbeleuchtung“ (März 1981) und
- ASR 41/3 „Künstliche Beleuchtung für Arbeitsplätze und Verkehrswege“ (November 1993)

gelten demnach längstens bis zum 24. August 2010 (§ 8 Abs. 2 ArbStättV) weiter.

Diese Handlungsanleitung stellt neuere Erkenntnisse, insbesondere beim Einsatz von Tageslicht und beim Einsatz der Sicherheitsbeleuchtung - speziell im Brandfall - zusammen und überbrückt den Zeitraum, bis durch den Ausschuss für Arbeitsstätten diesbezügliche Regeln für Arbeitsstätten veröffentlicht werden. Die Handlungsanleitung beachtet die Bedürfnisse der Klein- und Mittelbetriebe. Die Angabe von Beleuchtungsstärken bezieht sich primär auf die Größe des kleinsten Sehobjektes. Durch die stärkere Einbeziehung des Tageslichtes und durch den Übergang von der gleichmäßigen Raumausleuchtung zu einer eher arbeitplatzorientierten Allgemeinbeleuchtung ist ein effektiverer Energieeinsatz gewährleistet. Diese Handlungsanleitung ist anwendbar für den Normalfall und zeigt die Grenzen auf, ab wann spezielle Planungen erforderlich werden.

Im Einzelnen enthält die Handlungsanleitung Erläuterungen zu folgenden Anforderungen der ArbStättV 2004:

- Anh. Nr. 3.4 Abs. 1 - Tageslicht, wofür gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse herangezogen werden,
- Anh. Nr. 3.4 Abs. 1 - künstliches Licht außen und innen und
- Anh. Nr. 3.4 Abs. 3 - Sicherheitsbeleuchtung.

1 Ziel

Diese Handlungsanleitung beschreibt den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Beleuchtung von Arbeitsstätten mit Tageslicht und mit künstlichem Licht einschließlich der Sicherheitsbeleuchtung, der Sicherheitsleitsysteme und der Sicherheitszeichen. Soweit aus technologischer Sicht (z. B. Fotolabore, Druckgewerbe, Halbleiterindustrie) besondere Anforderungen an die Beleuchtung bestehen, kann von den empfohlenen Richtwerten abgewichen werden. Hierbei ist die Wirkung auf die Beschäftigten im Rahmen der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 Arbeitsschutzgesetz zu ermitteln und deren Schutz zu gewährleisten.

2 Begriffe

Auf die nachfolgend erläuterten Begriffe wird im Text Bezug genommen.

Beleuchtungsgütefaktor: Beleuchtungsstärke

- 2.1 Die **Beleuchtungsstärke E** ist ein Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht (Quotient aus dem Lichtstrom und der Größe der Fläche, auf die er auftrifft). Die Beleuchtungsstärke wird in Lux (lx) gemessen.
- 2.2 Der **Wartungswert der Beleuchtungsstärke**¹⁾ \bar{E}_m ist der Wert, unter den die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer bestimmten Fläche (z. B. Arbeitsplatz, unmittelbarer Umgebungsbereich, Arbeitsraum/Arbeitsraumzone) nicht sinken darf. Er ist bei der Projektierung der Beleuchtungsanlage in Abhängigkeit von den Sehanforderungen und den zu erfüllenden Sehaufgaben, d. h. im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung, festzulegen.
- 2.3 Die **Sehaufgabe** (Sehanforderung) ergibt sich aus den sehrelevanten Elementen der auszuführenden Arbeit (wahrgenommene Größe des kleinsten Sehobjektes, Betrachtungsabstand, Kontrast zwischen dem kleinsten Sehobjekt und seiner unmittelbaren Umgebung, Reflexionsgrad bzw. Leuchtdichte des kleinsten Sehobjektes einschließlich seiner unmittelbaren Umgebung, Darbietungsdauer).
- 2.4 Der subjektiv wahrgenommene **Kontrast** ist als die gegenseitige Beeinflussung zweier unmittelbar aneinandergrenzender oder zeitlich aufeinanderfolgender Gesichtseindrücke definiert. Der objektive Leuchtdichtekontrast wird durch das Verhältnis der Differenz der größeren und kleineren Leuchtdichte zur größeren Leuchtdichte definiert.
- 2.5 Der **Reflexionsgrad** ist das Verhältnis des zurückgeworfenen Strahlungsflusses oder Teillichtstroms zum auftreffenden Strahlungsfluss oder Lichtstrom.
- 2.6 Die **Lichtdosis** ist ein Maß für das Produkt aus Beleuchtungsstärke und Zeit.
- 2.7 Das **Luxmeter** ist ein Gerät zum Messen der Beleuchtungsstärke.
- 2.8 Die **V (λ) – Anpassung** ist die Anpassung des lichtelektrischen Empfängers an die spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges.
- 2.9 Die **cos – Korrektur** ist eine Korrektur des lichtelektrischen Empfängers zur richtigen Bewertung schräg einfallenden Lichtes.

¹⁾Anmerkung:

Früher wurde die Nennbeleuchtungsstärke E_n als Richtwert verwendet.

$\bar{E}_m = 0,8 \times E_n$

2.10 Der **Tageslichtquotient D** ist das Verhältnis der Beleuchtungsstärke an einem Punkt im Innenraum (E_p) zur Beleuchtungsstärke im Freien (E_a) ohne Berücksichtigung des direkten Sonnenlichtes.

$$D = \frac{E_p}{E_a} \times 100 \%$$

Beleuchtungsgütefaktor: Örtliche Gleichmäßigkeit

2.11 Die **örtliche Gleichmäßigkeit** charakterisiert die Gleichmäßigkeit des Helligkeitseindrucks und stellt die Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld dar. Sie kann unter Beachtung des Reflexionsgrades beleuchteter Flächen auch durch Beleuchtungsstärkeverhältnisse beschrieben werden:

- innerhalb des Bereiches der Sehaufgabe durch Minimalwert E_{\min} zu Mittelwert \bar{E}_A
- zwischen dem Bereich der Sehaufgabe und dem unmittelbaren Umgebungsbereich durch das Verhältnis der Mittelwerte \bar{E}_A und \bar{E}_U
- zwischen dem unmittelbaren Umgebungsbereich und dem Arbeitsraum/Arbeitsraumzone durch das Verhältnis der Mittelwerte \bar{E}_U und \bar{E}_G

Bereiche der Beleuchtungsplanung

2.12 Der **Bereich der Sehaufgabe** umfasst den räumlichen Bereich, der für die Erfüllung der Sehaufgabe erforderlich ist. Er ist mit dem inneren Gesichtsfeld (Winkelausdehnung 20° um die Blicklinie) und dem kleinen Greifraum (Tiefe ca. 0,3 m; Breite ca. 0,5 m) vergleichbar (Abb. 1).²⁾

2.13 Der **unmittelbare Umgebungsbereich** umfasst den Bereich, der den Bereich der Sehaufgabe umgibt. Er ist der Bereich, in dem gelegentlich Sehaufgaben erfüllt werden müssen. Er entspricht in Büroräumen in der Regel der Tischfläche (ohne den Bereich der Sehaufgabe) und Teilen der Benutzerfläche und ist in vielen Fällen mit dem großen Greifraum vergleichbar (Abb. 1).

2.14 Der **Arbeitsraum** (siehe § 2 Abs.3 ArbStättV) ist in der Regel mit dem gesamten Blickfeld vergleichbar. Er kann in **Arbeitsraumzonen** unterteilt werden, wenn er Bereiche mit unterschiedlich hohen Sehanforderungen enthält (Abb. 1).

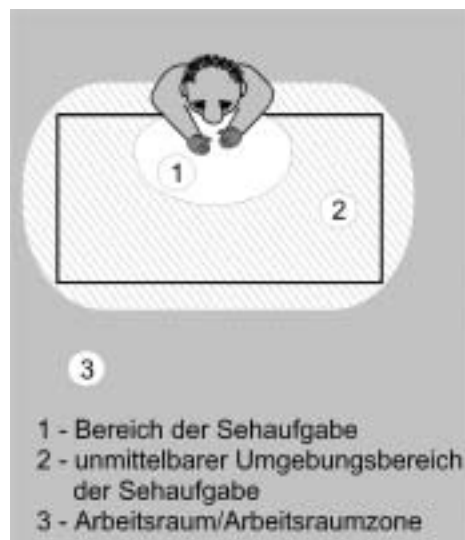


Abb. 1: Bereiche der Beleuchtungsplanung

²⁾ Treten mehrere Sehobjekte auf, kann der Bereich größer sein.

Beleuchtungsgütefaktor: Leuchtdichte

- 2.15 Die **Leuchtdichte** entspricht der subjektiv empfundenen Helligkeit einer Fläche und ist maßgebend für den Helligkeitseindruck, den eine beleuchtete oder selbstleuchtende Fläche hinterlässt. Die Leuchtdichte ist das vom (nicht selbstleuchtenden) Sehobjekt reflektierte und auf das Auge fallende Licht. Sie hängt damit von der Beleuchtungsstärke auf dem Sehobjekt und dem Reflexionsgrad des Sehobjektes ab. Die Leuchtdichte wird in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) gemessen.
- 2.16 Das **Leuchtdichtemessgerät** ist ein Gerät zum Messen der Leuchtdichte. Neben speziellen Leuchtdichtemessgeräten können auch mit einigen (hochwertigen) Luxmetern Leuchtdichten durch Verwendung eines Leuchtdichtevorsatzes näherungsweise bestimmt werden. Der Öffnungswinkel des Leuchtdichtevorsatzes darf dabei nicht über 10° liegen.

Beleuchtungsgütefaktor: Blendungsbegrenzung

- 2.17 **Blendung** ist der Sehzustand, der durch eine ungünstige Leuchtdichteverteilung, durch zu hohe Leuchtdichten oder zu große räumliche oder zeitliche Leuchtdichteunterschiede hervorgerufen und als unangenehm empfunden wird oder eine Herabsetzung der Sehfunktion zur Folge hat. Die Blendung kann eine Ursache für die vorzeitige Ermüdung, für Unfälle oder für die Störung des Wohlbefindens sein.
- 2.18 **Physiologische Blendung** ist die Art der Blendung, die eine Herabsetzung der Sehfunktion (Streulicht im Auge) zur Folge hat, ohne dass damit ein unangenehmes Gefühl verbunden sein muss.
- 2.19 **Psychologische Blendung** ist die Art der Blendung, bei welcher ein unangenehmes Gefühl hervorgerufen wird, ohne dass damit eine spürbare Herabsetzung des Sehvermögens verbunden sein muss.
- 2.20 **Direktblendung** ist die Blendung, die durch Lampen und Leuchten sowie andere selbstleuchtende Objekte verursacht wird.
- 2.21 **Reflexblendung/indirekte Blendung** ist die Blendung, die durch spiegelnde Reflexion von leuchtenden Objekten verursacht wird.
- 2.22 Eine **Blendungsbegrenzung** vermeidet eine Herabsetzung der Sehfunktion und/oder ein unangenehmes Gefühl.
- 2.23 Der **Abschirmwinkel** ist der Winkel zwischen der horizontalen Blickrichtung und der Blickrichtung, unter der die Lampe in der Leuchte gerade sichtbar wird. Sofern der Mindestabschirmwinkel nicht eingehalten wird, gilt die Leuchte als freistrahlend: In diesem Fall muss die Leuchtdichteverteilung der Lampe bewertet werden.

Beleuchtungsgütefaktor: Körperwiedergabe

- 2.24 Mit Hilfe von geeigneter **Lichtrichtung** und ausgewogener **Schattigkeit** lässt sich eine angemessene **Körperwiedergabe** realisieren. Eine gute Beleuchtung ist durch die Ausgewogenheit von gerichtetem und diffusem Licht gekennzeichnet, was als „Modeling“ bezeichnet wird.

Beleuchtungsgütefaktor: Lichtfarbe und Farbwiedergabe

- 2.25 Die **Lichtfarbe** einer Lampe ergibt sich aus der **spektralen Zusammensetzung** und der Farbtemperatur des ausgesandten Lichtes. Die Lichtfarbe des Tageslichtes wird

als weiß bezeichnet und enthält alle Wellenlängen im sichtbaren Bereich. Die **Farbwiedergabe** kennzeichnet die Beziehung zwischen der Farbe des Sehobjektes (im Allgemeinen bei Tageslicht) und deren Wiedergabe (bei aktueller Lichtquelle).

- 2.26 Der **Farbwiedergabeindex R_a** ist eine Kennzahl, mit der die Farbwiedergabeeigenschaften der Lampen klassifiziert wird.

Beleuchtungsgütefaktor: Zeitliche Gleichmäßigkeit

- 2.27 Durch Wechselstrombetrieb der Lampen kommt es zu periodischen Lichtstromschwankungen von ca. 100 Hz, weshalb das Licht nicht **zeitlich gleichmäßig** abgegeben wird. Die Lichtstromschwankungen können vom Auge als **Flimmern** wahrgenommen werden und beeinträchtigen das Wohlbefinden.

- 2.28 Der **Stroboskopische Effekt** wird durch Lichtstromschwankungen hervorgerufen. Bei diesem Effekt entstehen optische Täuschungen, wonach bewegte Objekte scheinbar Änderungen der Bewegungsrichtung (z.B. Umkehr der Drehrichtung bei rotierenden Teilen) erfahren oder scheinbar still stehen.

Beleuchtungsanlagen

- 2.29 Als **Lampe** bezeichnet man die technische Ausführungsform künstlicher Lichtquellen.
- 2.30 **Leuchten** sind Geräte, die zur Verteilung, Filterung oder Umformung des Lichtes von Lampen dienen einschließlich der zur Befestigung, zum Schutz und zum Betrieb der Lampen notwendigen Teile.
- 2.31 Bei **Allgemeinbeleuchtung** wird der gesamte Arbeitsraum ohne Berücksichtigung der besonderen Erfordernisse für einzelne Raumteile, also unabhängig von der Lage der Arbeitsplätze, durch eine entsprechende Verteilung der Leuchten nahezu gleichmäßig ausgeleuchtet.
- 2.32 Bei **arbeitsplatzorientierter Allgemeinbeleuchtung** werden die Leuchten nach der Anordnung der Arbeitsplätze installiert, jedoch keine Arbeitsplatzleuchten eingesetzt.
- 2.33 Die **Arbeitsplatzbeleuchtung** ist die örtliche Beleuchtung einzelner Arbeitsflächen bzw. spezieller Sehaufgaben, die zusätzlich zur Allgemeinbeleuchtung eingesetzt wird.

Sicherheitsbeleuchtung, Sicherheitsleitsysteme, Sicherheitszeichen

- 2.34 Die **Sicherheitsbeleuchtung** ist Teil der Notbeleuchtung, die - wenn die Stromversorgung für die allgemeine künstliche Beleuchtung gestört ist - gewährleistet, dass Personen die Räume bzw. Gebäude sicher verlassen können (Sicherheitsbeleuchtung für Flucht- und Rettungswege - (siehe 2.41)) oder die es ermöglicht, dass potentiell gefährliche Tätigkeiten sicher beendet werden können (Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung). Dazu hat sie während der betrieblich erforderlichen Zeit rechtzeitig wirksam zu werden und die aus Sicherheitsaspekten erforderliche Mindestbeleuchtungsstärke über eine festgelegte Dauer zu ermöglichen.
- 2.35 **Antipanikbeleuchtung** ist eine Sicherheitsbeleuchtung, die in Räumen mit großen Menschenansammlungen der Panikvermeidung dient und Personen erlauben soll, eine Stelle zu erreichen, von der aus ein Fluchtweg eindeutig als solcher erkannt werden kann.
- 2.36 **Sicherheitszeichen** stellen ein graphisches Symbol (Farbe, geometrische Form usw.) zur Übermittlung einer Sicherheitsinformation dar, z. B. Piktogramme über den Aus-

gängen. Die Sicherheitsinformation besteht hierbei in der Kennzeichnung des Verlaufes von Fluchtwegen.

- 2.37 **Sicherheitsleitsysteme** sind durchgehende Leitsysteme, die mit Hilfe optischer Markierungen, Sicherheitszeichen, Richtungsangaben usw. einen sicheren Fluchtweg vorgeben. Grundsätzlich sind dies bodennahe Systeme, welche als Ergänzung zu hoch montierten Sicherheitszeichen und zur Sicherheitsbeleuchtung verwendet werden. Diese Leitsysteme können bodennahe lichtspeichernde oder bodennahe elektrisch betriebene Komponenten haben und im Einzelfall auch richtungsvariabel sein.
- 2.38 **Bodennahe lichtspeichernde Sicherheitsleitsysteme** bestehen aus langnachleuchtenden Komponenten. Sie sind nur wirksam, wenn sie zuvor ausreichend beleuchtet (aktiviert) wurden.
- 2.39 **Bodennahe elektrisch betriebene Sicherheitsleitsysteme** bestehen aus elektrisch betriebenen Komponenten (LED-Systeme oder bodennahe Leuchten mit Fluchtwegangaben). Sie haben im Vergleich zu bodennahen lichtspeichernden Systemen eine höhere Leuchtdichte, welche im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung bei ungünstigen Flucht- und Rettungsbedingungen bzw. einer größeren Personenzahl erforderlich sein können.
- 2.40 **Richtungsvariable Sicherheitsleitsysteme** - auch als dynamische Systeme bezeichnet - sind eine Sonderform der bodennahen elektrisch betriebenen Systeme. Sie sind bestimmt für höchste Anforderungen an die Fluchtwegkennzeichnung in Verbindung mit weiteren Gefährdungsmerkmalen. Diese Systeme können im Bedarfsfall automatisch auf eine konkrete Brandmeldung mit der Änderung der Fluchtrichtung reagieren.
- 2.41 **Fluchtwege** sind besondere Verkehrswege in Arbeitsstätten. Sie stellen Wege zur Flucht (Selbstrettung) aus einem möglichen Gefährdungsbereich dar und dienen in der Regel zugleich der Rettung von Personen durch Dritte. Fluchtwege enden an Ausgängen ins Freie oder in einen gesicherten Bereich.

3 Allgemeines

Die Beleuchtung von Arbeitsstätten dient dazu, die Ausführung der Sehaufgaben zu ermöglichen, Unfall- und Gesundheitsgefahren zu vermeiden, die Leistungsfähigkeit zu steigern und der Ermüdung vorzubeugen.

Arbeitsplätze müssen möglichst mit Tageslicht beleuchtet werden. Da Tageslicht jedoch örtlich und zeitlich nicht immer in ausreichendem Maße zur Verfügung steht, kommt einer qualitativ guten künstlichen Beleuchtung große Bedeutung zu.

Beleuchtungsanlagen müssen regelmäßig gewartet werden, da die Beleuchtungsstärke während der Nutzungsdauer infolge von Alterung, Verschmutzung der Leuchten und Lampenausfall abnimmt.

Neue physiologische Erkenntnisse zur gesundheitsfördernden Wirkung von hohen Beleuchtungsstärken der künstlichen Beleuchtung sollen zukünftig berücksichtigt werden (z. B. hohe Lichtdosis (2.6), geeignete spektrale Zusammensetzung (2.25) des künstlichen Lichtes).

Bei der Gestaltung der Beleuchtung von Arbeitsstätten sind die Übergangsvorschriften des § 8 Abs. 1 der Arbeitsstättenverordnung 2004 zu berücksichtigen.

4 Beleuchtung mit Tageslicht in Gebäuden

4.1 Bedeutung des Tageslichtes

Der Mensch ist entwicklungsgeschichtlich an das Tageslicht angepasst:

- Mit Tageslicht wird die innere Uhr des Menschen synchronisiert.
- Tageslicht beeinflusst die physische und psychische Verfassung des Menschen und seine Leistungsfähigkeit positiv.

Bei der Beleuchtung mit Tageslicht in Gebäuden müssen die großen tages- und jahreszeitlichen Schwankungen des Tageslichtes im Freien berücksichtigt werden.

4.2 Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Arbeitsräume

Richtwerte für die bauliche Gestaltung von Arbeitsräumen^{*)}

Bürräume und ähnliche, kleine Arbeitsräume ($\leq 100 \text{ m}^2$)

Raumtiefe senkrecht zur Fensterfront $\leq 5,0 \text{ m}$

Gesamte Fensterfläche: möglichst nicht nur mindestens 12,5 % (Rohbaumaß nach Musterbauordnung), sondern $\geq 15 \%$ der Raumgrundfläche ^{**)}

Unterkante der durchsichtigen Fensterfläche $\leq 0,9 \text{ m}$ bei Sitzarbeitsplätzen, $\leq 1,25 \text{ m}$ bei Steharbeitsplätzen

Breite des einzelnen Fensters $\geq 1,0 \text{ m}$

Höhe der durchsichtigen Fensterfläche $\geq 1,25 \text{ m}$.

Werkhallen und ähnliche, große Arbeitsräume ($> 100 \text{ m}^2$)

Zusätzlich zu den Fensterflächen, die zur Sichtverbindung nach außen dienen (siehe 4.4), werden Oberlichter mit 8 % der Grundfläche empfohlen.

Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen und der Arbeitsflächen

Decken von 0,6 bis 0,9

Wände von 0,3 bis 0,8

Fußböden von 0,1 bis 0,5

Arbeitsflächen von 0,2 bis 0,6

^{*)} bestehende Arbeitsräume haben Bestandsschutz

^{**)} Abweichungen nach oben erfordern ggf. zusätzlich klimatische Maßnahmen

- Arbeitsräume sollten so errichtet werden, dass möglichst ausreichend Tageslicht durch Fenster, Türen oder Oberlichter einfällt und eine Sichtverbindung nach außen gewährleistet wird. Voraussetzung dafür ist ein ausreichender Abstand zu benachbarten Gebäuden. Der Mindestabstand wird durch das Bauordnungsrecht der Länder geregelt.
- Tageslicht ist der künstlichen Beleuchtung vorzuziehen. Die Sehaufgabe kann mit Tageslicht bei gleichem Niveau der lichttechnischen Parameter leichter bewältigt werden.
- Arbeitsplätze sollten fensternah und unter Berücksichtigung der Sehaufgabe angeordnet werden.
- Reicht das Tageslicht nicht aus, dann ist zusätzlich künstliche Beleuchtung erforderlich, die für fensternahe und fensterferne Bereiche getrennt schaltbar sein soll.

4.3 Tageslichtquotient^{*)} gilt nicht für bestehende Arbeitsräume

Richtwert ^{*)}

An Arbeitsplätzen in Büroräumen, kleinen Werkstätten und Arbeitsräumen mit ähnlichen Abmessungen sollte der Tageslichtquotient mindestens 1 % betragen.

^{*)} gilt nicht für bestehende Arbeitsräume

Die Beleuchtungsstärke (2.1) bei Tageslicht ist im Freien deutlich höher als im Innenraum. Sie kann im Freien mittags im Sommer bei klarem Himmel ca. 100.000 lx betragen, selbst bei bedecktem Himmel sind im Winter noch ca. 6.000 lx vorhanden. Zur Charakterisierung des Tageslichtes im Innenraum wird der messtechnisch ermittelte Tageslichtquotient (2.10) herangezogen. Sofern die Raumgeometrie und die Anordnung der Fenster bekannt sind, kann der Tageslichtquotient auch rechnerisch ermittelt werden.

4.4 Sichtverbindung nach außen

Richtwerte ^{*)}

Büroräume und ähnliche, kleine Arbeitsräume ($\leq 100 \text{ m}^2$)

Eine Sichtverbindung nach außen sollte, falls nicht technologische Gründe dagegen sprechen, gewährleistet sein. Sie ist ausreichend gegeben, wenn die gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse für die Beleuchtung mit Tageslicht nach Punkt 4.2 erfüllt werden.

Werkhallen und ähnliche, große Arbeitsräume ($> 100 \text{ m}^2$)

Mindestens 10 % der Außenwandflächen sollten zur Gewährleistung der Sichtverbindung nach außen durchsichtig sein.

^{*)} nach ArbStättV 2004 nicht mehr gesetzlich gefordert, aber arbeitswissenschaftliche Erkenntnis

Sichtverbindung nach außen unterstützt das Wohlbefinden.

Das Gefühl der Eingeschlossenheit und der Bunkereffekt werden vermieden, das Stellen der inneren Uhr wird ermöglicht, der hormonelle Rhythmus positiv beeinflusst. Deshalb sollte in Arbeits-, Pausen-, Bereitschafts-, Liege- und Sanitätsräumen nach Möglichkeit weiterhin eine Sichtverbindung nach außen gewährleistet sein, auch wenn diese in Anh. Nr. 3.4 Abs. 1 ArbStättV materiell nicht mehr gefordert wird.

Die als Sichtverbindung vorgesehenen Fenster, Türen oder Wandflächen müssen durchsichtig sein. Durchscheinende Flächen, z. B. aus Milchglas oder Glasbausteinen, reichen nicht aus.

4.5 Blendungsbegrenzung

Direktblendung (2.20) und Reflexblendung (2.21) sollten begrenzt bzw. vermieden werden.

4.6 Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Richtwerte

Bei der Kombination von Tageslicht mit künstlichem Licht sollten Lichtquellen mit der Lichtfarbe Tageslichtweiß nur dann verwendet werden, wenn es sich um sehr hohe Beleuchtungsstärken (>1.000 lx) handelt.

Nach neueren physiologischen Erkenntnissen sollte die Farbtemperatur des Lichtes etwa 4.000 K betragen. Das entspricht Lichtquellen mit neutralweißer Lichtfarbe.

Die Kombination von Lichtquellen warmweißer Lichtfarbe mit Tageslicht ist weniger günstig.

Tageslicht liefert Licht mit einem kontinuierlichen Spektrum und wird vom Auge als „weiß“ empfunden.

Um die störenden Effekte (Zwielicht, Farbverfälschungen) unterschiedlicher Lichtfarben im Gesichtsfeld zu vermeiden, soll die Lichtfarbe (2.25) des künstlichen Lichtes dem des Tageslichtes angepasst sein, wobei die rötliche Färbung des Tageslichtes in den Morgen- bzw. Abendstunden nicht berücksichtigt wird.

5 Beleuchtung mit künstlichem Licht in Gebäuden

Arbeitsstätten sind bei nicht ausreichendem Tageslicht künstlich zu beleuchten. Die Beleuchtungsgüte wird im Wesentlichen durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Beleuchtungsstärke,
- Örtliche Gleichmäßigkeit,
- Leuchtdichte,
- Blendungsbegrenzung,
- Körperwiedergabe,
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe,
- Zeitliche Gleichmäßigkeit.

5.1 Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Arbeitsräume ³⁾

Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen und der Arbeitsflächen

Decken von 0,6 bis 0,9

Wände von 0,3 bis 0,8

Fußböden von 0,1 bis 0,5

Arbeitsflächen von 0,2 bis 0,6

³⁾ Die noch weitergeltende ASR 7/3 nimmt Bezug auf die DIN 5035 „Beleuchtung mit künstlichem Licht“. Da die ASR 7/3 ohnehin keine Vermutung rechtfertigt, dass der Anwender mit ihrer Einhaltung alle Forderungen der ArbStättV 2004 oder des ArbSchG erfüllt, wird empfohlen, die neuere DIN EN 12464 „Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten“, bei der Planung anzuwenden.

5.2 Beleuchtungsstärke

Als Richtwert gilt der Wertungswert der Beleuchtungsstärke (2.2).

Richtwerte	
Arbeitsstätte/Art der Tätigkeit	Wertungswert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m
einfache Büroarbeitsplätze (z. B. Schreibarbeiten)	500 lx
Sehaufgaben mit wahrgenommenen kleinsten Sehobjekten einer Größe von 0,3 bis 0,5 mm bei mittleren Kontrasten von 0,2 bis 0,5 und kleinen Reflexionsgraden von $\leq 0,3$ (z. B. mittelfeine Maschinen - und Montagearbeiten)	300 lx
Mindestwert für Arbeitsräume (§ 2 Abs. 3 ArbStättV 2004)	200 lx
Sanitärräume	200 lx
Betriebliche Erholungsräume	200 lx
Treppen	150 lx
Verkehrswege und Flure	100 lx

Eine höhere Beleuchtungsstärke kann beim Einsatz von älteren Beschäftigten, bei großen Hell-Dunkel-Unterschieden zwischen benachbarten Bereichen (z. B. Toreinfahrten), zur Hervorhebung von Unfallschwerpunkten sowie zur Gesundheitserhaltung und Steigerung des Wohlbefindens insbesondere bei Tageslichtdefizit erforderlich werden.

Im Laufe der Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage sinkt die projektierte Beleuchtungsstärke durch Alterung, Verschmutzung und Lampenausfall. Die Beleuchtungsstärke darf nicht unter den Wertungswert sinken. Bei Neuanlagen muss etwa das 1,25 bis 1,75fache des Wertungswertes erreicht werden.

Höhere Wertungswerte der Beleuchtungsstärke sind erforderlich, z. B. bei

- kleineren Sehobjekten, z. B. in Elektronikwerkstätten,
- kleineren Kontrasten (2.4), z. B. beim Nähen eines weißen Stoffes mit einem weißen Faden,
- kleineren Reflexionsgraden (2.5), z. B. beim Bearbeiten dunkler Stoffe und
- kurzer Darbietungsdauer der kleinsten Sehobjekte.

Liegen in einem Arbeitsraum unterschiedliche Sehanforderungen (2.3) vor, kann der Arbeitsraum in Arbeitsraumzonen mit unterschiedlichen Beleuchtungsstärken aufgeteilt werden.

Bei hohen Sehanforderungen kann auch eine Arbeitsplatzbeleuchtung (2.33) zweckmäßig sein, wobei ein bestimmter Anteil von Allgemeinbeleuchtung (2.31) eingehalten werden muss (siehe 5.3).

5.3 Örtliche Gleichmäßigkeit

Richtwerte	
Örtliche Gleichmäßigkeit	
Innerhalb des Bereichs der Sehaufgabe $E_{\min} : \bar{E}_A$	$\geq (1 : 2)$
Bereich der Sehaufgabe zum unmittelbaren Umgebungsbereich $\bar{E}_A : \bar{E}_U$	$\leq (2 : 1)$ wobei $\bar{E}_U \geq 200 \text{ lx}$
Unmittelbarer Umgebungsbereich zum Arbeitsraum bzw. zur Arbeitsraumzone (2.14) $\bar{E}_U : \bar{E}_G$	$\leq (3 : 1)$ wobei $\bar{E}_G \geq 200 \text{ lx}$

E_{\min} = Minimale Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe

\bar{E}_A = Mittlere Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe

\bar{E}_U = Mittlere Beleuchtungsstärke im unmittelbaren Umgebungsbereich

\bar{E}_G = Mittlere Beleuchtungsstärke im Arbeitsraum bzw. in der Arbeitsraumzone

Größere Helligkeitsunterschiede im Bereich der Sehaufgabe (2.12) erfordern eine ständige Adaptation des Auges (Anpassung an die Helligkeit) und führen zur Ermüdung. Um das zu vermeiden, sollte die Helligkeit, in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke und des Reflexionsgrades, keine zu großen Unterschiede aufweisen.

Die örtliche Gleichmäßigkeit (2.11) innerhalb des Bereiches der Sehaufgabe wird angegeben als Verhältnis der minimalen Beleuchtungsstärke E_{\min} zur mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_A im Bereich der Sehaufgabe. Die Örtliche Gleichmäßigkeit zwischen zwei benachbarten Bereichen wird als Verhältnis von zwei Mittelwerten angegeben.

5.4 Leuchtdichte

Da die Messung der Leuchtdichte (2.15) aufwändig ist, wird in der Praxis meist die Beleuchtungsstärke zur Messung und Bewertung verwendet.

Stellt das Sehobjekt eine selbstleuchtende Fläche dar (z. B. Bildschirm), wird zur Bewertung ausschließlich die Leuchtdichte herangezogen.

Zu hohe Leuchtdichteunterschiede sollten vermieden werden (z. B. freistrahrende Glühlampe in einem dunklen Raum).

5.5 Blendungsbegrenzung

Da Blendung (2.17) eine Ursache für die vorzeitige Ermüdung, für Unfälle oder für die Störung des Wohlbefindens sein kann, sollte diese begrenzt werden.

Je höher die Leuchtdichte der Lampe und die Anforderungen an die Begrenzung der Direktblendung sind, umso größer muss der Abschirmwinkel sein.

Richtwerte	
Lampenart	Mindestabschirmwinkel
Leuchtstofflampen, Kompakt-Leuchtstofflampen	15°
Lampen mit lichtstreuendem Kolben: Quecksilberdampfhochdrucklampen, Natriumdampfhochdrucklampen, Halogenmetaldampflampen und Glühlampen	20°
Lampen mit Klarglaskolben: Natriumdampfhochdrucklampen, Halogenmetaldampflampen, Glühlampen und Halogenglühlampen	30°

Als Abschätzung zur Blendungsbegrenzung (2.22) wird die Kontrolle des Abschirmwinkels (2.23), unter dem eine Lampe nicht mehr eingesehen werden kann, empfohlen. Der Abschirmwinkel ϑ wird von der horizontalen Blickrichtung nach oben zur Lampe angegeben (Abb. 2).

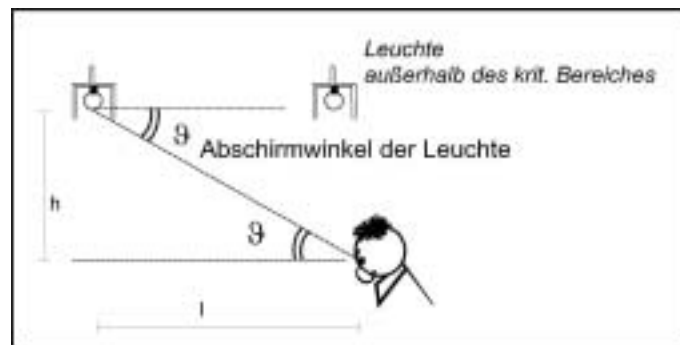


Abb. 2: Abschirmwinkel der Leuchte

Physiologische Blendung (2.18) tritt z. B. beim Hineinsehen in den Autoscheinwerfer eines entgegenkommenden Fahrzeuges bei Nacht auf.

Psychologische Blendung (2.19) tritt dann auf, wenn durch die Beleuchtung Unbehagen oder Belästigungen auftreten (hier wird eine subjektive Empfindung als Maßstab herangezogen, z. B. beim Blick in eine freistrahkende Leuchtstofflampe).

Neben der häufig vorkommenden Direktblendung (2.20), z. B. unmittelbares Sehen in eine Lichtquelle, kann bei spiegelnden Oberflächen darüber hinaus die Reflexblendung (2.21) (Abb. 3), z. B. Spiegelbild einer Lichtquelle auf dem Bildschirm, auftreten.

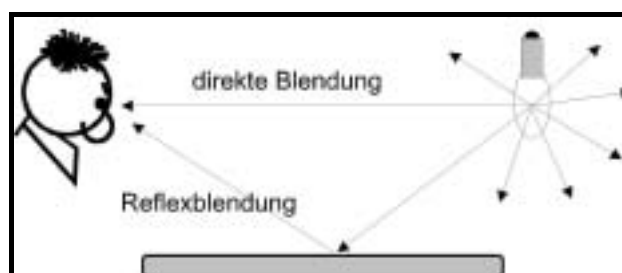


Abb. 3: Blendung

Blendung stört umso weniger, je höher sich die Lampe befindet, je weiter sie von der Hauptblickrichtung entfernt ist und je geringer ihre Leuchtdichte ist. Man kann deshalb einen Abschirmwinkel angeben, oberhalb dessen ein Blick in die freistrahrende Lampe nicht mehr blendet.

Eine detaillierte Bewertung der psychologischen Blendung (z. B. Blendungswert nach dem „UGR“-Verfahren⁴⁾) bleibt speziellen Untersuchungen vorbehalten.

5.6 Körperwiedergabe

Richtwert

Eine quantitative Bewertung ist durch die Messung des Verhältnisses von $E_v : E_h$ möglich; empfohlen wird $E_v : E_h > 0,3$. Dieses Verhältnis kann z. B. durch breitstrahlende Leuchten erreicht werden.

E_v ist die auf eine vertikale Fläche auftreffende Beleuchtungsstärke.

E_h ist die auf eine horizontale Fläche auftreffende Beleuchtungsstärke.

Bei völlig diffusem Licht (indirekte Beleuchtung, z. B. Deckenfluter) können Körper schlecht erkannt werden (2.24). Bei stark gerichtetem Licht (direkte Beleuchtung, z. B. Spotleuchte) entstehen harte Schlagschatten. Diese können die Erkennung der Sehaufgabe erschweren, Gefahrenquellen überdecken und zur Unfallgefährdung führen.

Eine gute Beleuchtung soll deshalb sowohl Anteile von diffusem als auch gerichtetem Licht besitzen.

5.7 Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Durch die spektrale Zusammensetzung wird die Lichtfarbe (2.25) einer Lichtquelle bestimmt. Eine ideale künstliche Lichtquelle müsste dem Tageslicht nahe kommen. Das kann jedoch nur annähernd erreicht werden. Je nachdem, welcher Farbanteil überwiegt, wird eine Einteilung in Lichtfarben wie folgt vorgenommen:

Lichtfarbe/Farbtemperatur		Farbanteile	Beispiele für Lampen
ww	warmweiß < 3.300 K	überwiegend rot	Halogenglühlampen, Natriumdampfhochdrucklampen, Glühlampen, Leuchtstofflampen und Kompakt-Leuchtstofflampen (stimmungsbetont)
nw	neutralweiß 3.300 – 5.300 K	ausgewogen: rot, blau, grün	Leuchtstofflampen ^{*)} , Kompakt-Leuchtstofflampen ^{*)} , Halogenmetaldampflampen, Quecksilberdampfhochdrucklampen
tw	tageslichtweiß > 5.300 K	überwiegend blau	Leuchtstofflampen für den Einsatz bei hohen Beleuchtungsstärken > 1.000 lx und bei Farbprüfungen, Halogenmetaldampflampen

^{*)} Für übliche Arbeitsräume im Produktions- und Bürobereich wird neutralweiß empfohlen. Es ist auch bei Kombination mit Tageslicht gut geeignet.

⁴⁾ „UGR“ Verfahren = Unified Glare Rating - Verfahren

Die Lichtfarbe beeinflusst die Erkennbarkeit des Sehobjektes (besonders wichtig bei Sicherheitsfarben), die Sehleistung und das Wohlbefinden, welches bei einer wirklichkeitsnahen und natürlichen Farbwiedergabe erreicht wird.

Richtwerte	
Für Arbeitsplätze in Räumen sind in der Regel Lampen mit einem Farbwiedergabeindex $R_a \geq 80$ zu verwenden.*)	
Beispiele für Mindest-Farbwiedergabeindizes:	
ärztliche Behandlungsplätze, Farbkontrolle in Druckereien	$R_a \geq 90$
Büro-, Montagearbeitsplätze	$R_a \geq 80$
Schweißer-, Lagerarbeitsplätze	$R_a \geq 60$
Verkehrsflächen	$R_a \geq 40$

*) vgl. DIN EN 12464, Teil 1

Eine optimale Farbwiedergabe (2.25) ist nur bei Tageslicht gegeben. Farben können durch das Licht künstlicher Lichtquellen verfälscht werden, beispielsweise durch das gelbe Licht der Natriumdampfhochdrucklampen.

Die Farbwiedergabe wird charakterisiert durch den Farbwiedergabeindex R_a (2.26), der vom Hersteller angegeben wird (beste Farbwiedergabe $R_a = 100$). Die Farbwiedergabe ist auf die Sehaufgabe abzustimmen.

Der Farbwiedergabeindex von < 40 (z. B. Natriumdampfhochdrucklampen) ist nur im Ausnahmefall an nicht ortsgebundenen Arbeitsplätzen zulässig (z. B. Lagerflächen). Dabei muss die Erkennbarkeit der Sicherheitsfarben gewährleistet sein. Natriumdampfhochdrucklampen sollten nur in technologisch bedingten Ausnahmefällen eingesetzt werden.

5.8 Zeitliche Gleichmäßigkeit

Richtwert
Flimmern und stroboskopischer Effekt sollten vermieden werden.

Das Flimmern (2.27) beeinträchtigt das Wohlbefinden der Beschäftigten. Der stroboskopische Effekt (2.28) kann zu Unfällen führen.

Diese Schwankungen können durch elektronische Vorschaltgeräte (z. B. bei Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen) oder Dreiphasenschaltung weitgehend vermieden werden.

6 Beleuchtung mit künstlichem Licht im Freien

Arbeitsplätze und Verkehrsflächen im Freien sind bei nicht ausreichendem Tageslicht künstlich zu beleuchten.

Die Beleuchtungssituation im Freien unterscheidet sich durch fehlende Raumbegrenzungsflächen grundsätzlich von der Beleuchtung in Innenräumen.

Deshalb

- können nur Mindestanforderungen für die Erfüllung der Sehaufgabe und zur Vermeidung von Unfällen realisiert werden und
- findet die Leuchtdichte als Beleuchtungsgütefaktor hier in der Regel keine Berücksichtigung.

Arbeitsplätze mit hohen Sehanforderungen sollten nach Möglichkeit in Innenräumen eingerichtet werden.

Die Beleuchtungsgüte wird im Wesentlichen durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Beleuchtungsstärke,
- Örtliche Gleichmäßigkeit,
- Blendungsbegrenzung,
- Körperwiedergabe,
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe,
- Zeitliche Gleichmäßigkeit.

6.1 Beleuchtungsstärke

Ebenso wie bei der Innenraumbelichtung gilt als Richtwert der Wert der Beleuchtungsstärke (2.2). Bei großflächigen Arbeitsbereichen sind die hohen Wert der Beleuchtungsstärke wie für die Innenraumbelichtung nicht realisierbar.

Richtwerte	
Arbeitsstätte/Art der Tätigkeit	Wartungswert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m
mittelfeine Arbeiten z. B. Schalungsarbeiten	100 lx
grobe Arbeiten z. B. Transport-, Hilfs-, Lagerarbeiten auf Baustellen	50 lx
sehr grobe Arbeiten z. B. Allgemeinbeleuchtung auf Baustellen und Verladeplätzen	20 lx
Verkehrsflächen ohne Fahrzeugverkehr	5 lx

Im Laufe der Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage sinkt die projektierte Beleuchtungsstärke durch Alterung, Verschmutzung und Lampenausfall. Die Beleuchtungsstärke darf nicht unter den Wartungswert sinken. Bei Neuanlagen muss deshalb etwa das 1,5 bis 1,75fache des Wartungswertes erreicht werden.

Für bestimmte Tätigkeiten im Freien mit höheren Sehanforderungen (z. B. Bedienen einer Tischkreissäge auf einer Baustelle) sollte zusätzlich zur Allgemeinbeleuchtung (2.31) eine Arbeitsplatzbeleuchtung (2.33) vorgesehen werden. Diese Werte orientieren sich an den Wartungswerten der Beleuchtungsstärken für vergleichbare Tätigkeiten in Räumen.

Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke kann auch zur Hervorhebung von Unfallschwerpunkten notwendig sein.

6.2 Örtliche Gleichmäßigkeit

Richtwerte			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	Örtliche Gleichmäßigkeit innerhalb des Bereiches der Sehaufgabe	Mittlere Beleuchtungsstärke im Umgebungsbereich	
\bar{E}_m	$E_{\min} : \bar{E}_A$	\bar{E}_U	
100 lx	$\geq (1 : 2)$	≥ 20 lx	
50 lx	$\geq (1 : 3)$	≥ 20 lx	
20 lx	$\geq (1 : 4)$		
5 lx	$\geq (1 : 5)$		

E_{\min} = Minimale Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe

\bar{E}_A = Mittlere Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe

\bar{E}_U = Mittlere Beleuchtungsstärke im unmittelbaren Umgebungsbereich

Größere Helligkeitsunterschiede im Bereich der Sehaufgabe (2.12) erfordern eine ständige Adaptation des Auges (Anpassung an die Helligkeit) und führen zur Ermüdung. Um das zu vermeiden, sollte die Helligkeit, in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke und dem Reflexionsgrad des Bereiches der Sehaufgabe, keine zu großen Unterschiede aufweisen.

Die örtliche Gleichmäßigkeit innerhalb des Bereiches der Sehaufgabe wird angegeben als Verhältnis der minimalen Beleuchtungsstärke E_{\min} zur mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_A im Bereich der Sehaufgabe.

6.3 Blendungsbegrenzung

Richtwert
Die im Freien häufiger als in Innenräumen vorkommende physiologische Direktblendung (2.18 und 2.20), z. B. durch direktstrahlende Halogenstrahler und freistrahrende Lampen, sollte vermieden werden.

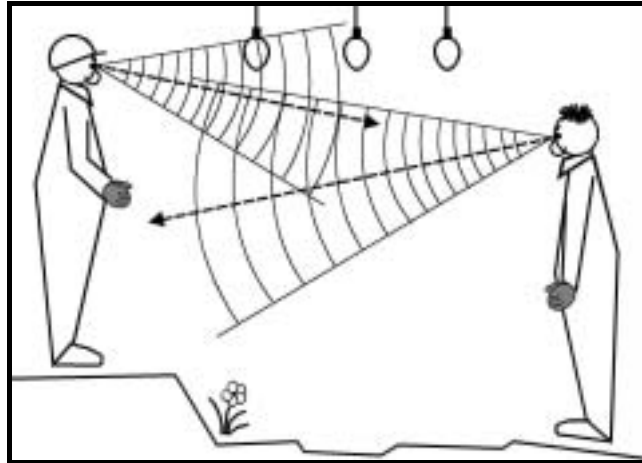


Abb. 4: Blendungsbegrenzung (stationäre Leuchten)

Psychologische Blendung (2.19) und Reflexblendung (2.21) sind von untergeordneter Bedeutung.

Da insbesondere auf Baustellen für die Beleuchtung oft mobile Beleuchtungsanlagen verwendet werden, die der Beschäftigte je nach Arbeitsaufgabe selbst anordnen kann, entsteht dort ggf. eine erhöhte Blendungsgefährdung.

Richtwert

Mobile und stationäre Leuchten sind so anzuordnen, dass im Umkreis von der Hauptblickrichtung des Auges ein direkter Einblick in freistrahkende Lampen ausgeschlossen ist (Abb. 4, Abb. 5).

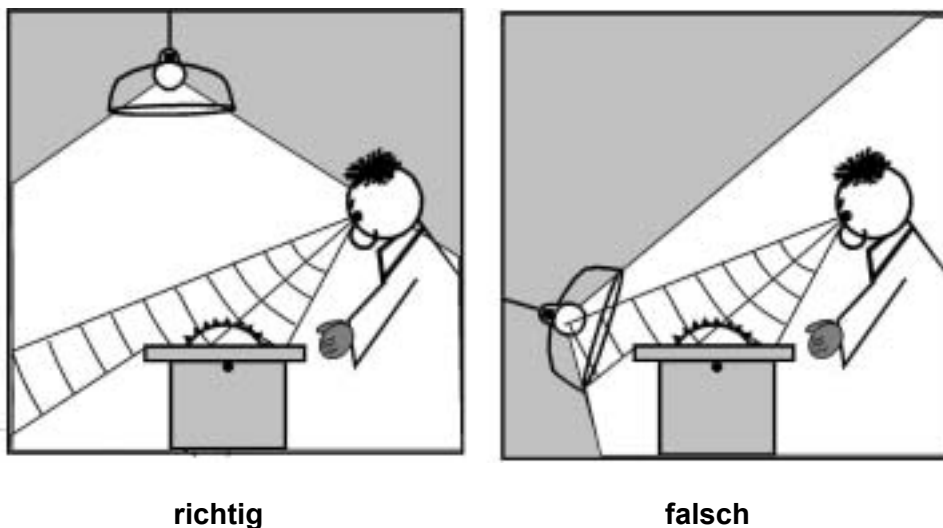


Abb. 5: Blendungsbegrenzung (mobile Leuchten)

Abschätzung zur Beurteilung von Blendquellen:

Mit der Hand wird das Auge gegen die Richtung abgeschirmt, aus der die Blendung vermutet wird. Verschwinden jetzt die Störimpfindungen beim Sehen und tritt der zu beobachtende Gegenstand deutlicher hervor, so ist eine Blendung vorhanden.

Die Blendung lässt sich verringern durch:

- Einsatz von Leuchten mit besserer Blendungsbegrenzung,
- höhere Positionierung der Leuchten,
- Einsatz von mehreren Leuchten mit geringerer Leistung,
- Geeignete Richtung des Lichteinfalles^{*)}. Eine detaillierte Bewertung der Blendung (z. B. Blendungswert nach dem „GR“ - Verfahren) bleibt speziellen Untersuchungen vorbehalten.

6.4 Körperwiedergabe

Richtwert

Die Beleuchtung sollte durch mehrere Leuchten realisiert werden, um harte Schlagschatten zu vermeiden. Die Lichtrichtung sollte der Sehaufgabe angepasst sein.

Die Körperwiedergabe (2.24) an Arbeitsplätzen im Freien wird beeinträchtigt durch stark gerichtetes Licht und harte Schlagschatten und kann die Erkennung der Sehaufgabe erschweren, Gefahrenquellen überdecken und zu Unfällen führen.

6.5 Lichtfarbe und Farbwiedergabe

Durch die spektrale Zusammensetzung wird die Lichtfarbe (2.25) einer Lichtquelle bestimmt. Die Beleuchtung im Freien wird üblicherweise durch Lampen folgender Lichtfarben realisiert:

Lichtfarbe/Farbtemperatur	Farbanteile	Beispiele für Lampen
ww warmweiß < 3.300 K	überwiegend rot	Natriumdampfhochdrucklampen, Glühlampen, Leuchtstofflampen
nw neutralweiß 3.300 – 5.300 K	ausgewogen: rot, blau, grün	Leuchtstofflampen, Halogenmetallampflampen, Quecksilberdampfhochdrucklampen
tw tageslichtweiß > 5.300 K	überwiegend blau	Leuchtstofflampen ^{*)} , Halogenmetallampflampen ^{*)}

^{*)} nur für den Einsatz bei hohen Beleuchtungsstärken > 1.000 lx

Richtwert

Für Arbeitsplätze im Freien sind Lampen mit einem Farbwiedergabeindex $R_a \geq 20$ zu verwenden.

Eine optimale Farbwiedergabe (2.25) ist nur bei Tageslicht gegeben. Farben können durch das Licht künstlicher Lichtquellen verfälscht werden, beispielsweise durch das gelbe Licht der Natriumdampfhochdrucklampen.

Die Realisierung einer guten Farbwiedergabe kann im Außenbereich bedeutend schwieriger sein als bei der Beleuchtung von Innenräumen. In Abhängigkeit von der Arbeitsaufgabe müssen Kompromisse geschlossen werden. Dabei muss die Erkennbarkeit der Sicherheitsfarben gewährleistet sein.

6.6 Zeitliche Gleichmäßigkeit

Das Flimmern (2.27) wird durch Wechselstrombetrieb der Lampen mit Lichtstromschwankungen von 100 Hz hervorgerufen - stroboskopischer Effekt (2.28). Dieser kann zu Unfällen führen.

Wahrnehmbares Flimmern und stroboskopische Effekte können z. B. durch elektronische Vorschaltgeräte oder Dreiphasenschaltung weitgehend vermieden werden.

7 Sicherheitsbeleuchtung, Sicherheitsleitsysteme und Sicherheitszeichen

Durch Sicherheitsbeleuchtung (2.34), Sicherheitsleitsysteme (2.37) und Sicherheitszeichen (2.36) soll den Beschäftigten sowie sonstigen anwesenden Personen ermöglicht werden, bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung den Gefahrenbereich schnell zu verlassen oder gefährliche Arbeitsabläufe sicher zu beenden.

Sicherheitsbeleuchtung, Sicherheitsleitsysteme und Sicherheitszeichen sind regelmäßig durch Sachkundige zu prüfen, um deren Wirksamkeit dauerhaft zu gewährleisten.

7.1 Sicherheitsbeleuchtung

7.1.1 Sicherheitsbeleuchtung und Sicherheitszeichen für Fluchtwege

Grundfläche des Raumes	Räume mit Fenstern, die überwiegend am Tage genutzt werden	Räume ohne Fenster und Räume mit Fenstern, die auch nachts genutzt werden	Räume mit erhöhter Gefährdung ^{*)}
< 30 m ²		SZ	SZ
30 – 100 m ²	SZ	SZL	SBF und SZL
> 100 – 2.000 m ²		SBF und SZ/SZL	SBF und SZ/SZL
> 2.000 m ² ^{**)}	SBF und SZ/SZL		

SZ Sicherheitszeichen

SZL Sicherheitszeichenleuchte

SBF Sicherheitsbeleuchtung der Fluchtwege

^{*)} z. B. Räume, in denen mit offenen radioaktiven, explosionsgefährlichen oder toxischen Stoffen umgegangen wird

^{**)} Bei der Berechnung der Grundfläche des Arbeitsraumes sind die Grundflächen der einzelnen Räume, die jeweils kleiner als 2.000 m² sind, zu addieren, wenn diese gemeinsame Fluchtwege, z. B. Flure, Treppenhäuser oder Tunnel, haben.

Richtwerte für Sicherheitsbeleuchtung der Fluchtwege

Einschaltverzögerung der Lampen ≤ 5 s

Nutzungsdauer ≥ 60 min (In speziellen Fällen kann in Abhängigkeit von der Gefährdungsbeurteilung eine längere Nutzungsdauer erforderlich sein.)

Beleuchtungsstärke ≥ 1 lx an der dunkelsten Stelle, gemessen bis in eine Höhe von 0,2 m über dem Fußboden

Lichtfarbe so, dass die Sicherheitsfarben erkennbar bleiben

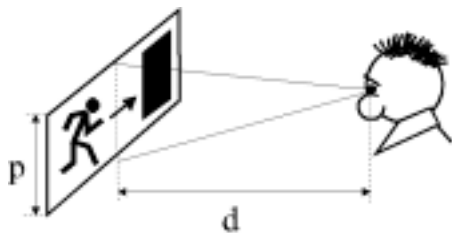
Blendung (z. B. durch freistrahlende Glühlampen) vermeiden

Die Kennzeichnung des Fluchtweges (2.41) muss von jedem Arbeitsplatz aus eingesehen werden können. Die erforderlichen Sicherheitszeichen sollen über den Türen (damit sie auch bei geöffneter Tür sichtbar bleiben und die richtige Fluchtrichtung anzeigen) in Fluchtwegen und entlang der Fluchtwege angebracht werden.

Sicherheitszeichen gibt es als beleuchtete Zeichen (diese müssen nachleuchtend sein, sofern keine Sicherheitsbeleuchtung vorhanden ist) oder als selbstleuchtende elektrisch betriebene Sicherheitszeichen (Sicherheitszeichenleuchten).

Sicherheitszeichenleuchten müssen mindestens über Ausgängen in Fluchtwegen angebracht werden sowie an Punkten, an denen die Lage von möglichen Hindernissen kenntlich gemacht werden muss, z. B. bei einer Unterbrechung bzw. Richtungsänderung von Fluren.

Aufgrund der höheren Leuchtdichte sind selbstleuchtende (hinterleuchtete) Sicherheitszeichen aus größerer Entfernung leichter erkennbar als beleuchtete Sicherheitszeichen. Deshalb muss die Höhe p des Sicherheitszeichens aus der maximalen Erkennungsweite d und einer Konstante s (100 für beleuchtete Zeichen, 200 für selbstleuchtende Zeichen) nach folgender Gleichung bestimmt werden:



$$p = \frac{d}{s}$$

Abb. 6: Bestimmung der Sicherheitszeichenhöhe

Eine Sicherheitsbeleuchtung der Fluchtwege ist erforderlich, wenn bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung das gefahrlose Verlassen der Arbeitsplätze für die Beschäftigten nicht gewährleistet ist, z. B.:

- in Arbeits- und Pausenräumen, wenn deren Fußboden mehr als 22 m über der festgelegten Geländeoberfläche liegt,
- für Treppenhäuser, die für die Benutzung durch mehr als 100 Beschäftigte und weitere anwesende Personen vorgesehen sind,
- für Arbeits- und Verkaufsräume mit mehr als 500 m² Grundfläche und mit gegenüber der Zahl der Beschäftigten hohem Publikumsanteil und

- für Fluchtwege über 35 m Länge und solche die durch mehr als zwei Brandabschnitte führen.

7.1.2 Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung

Richtwerte für Sicherheitsbeleuchtung an Arbeitsplätzen mit besonderer Gefährdung

Einschaltverzögerung der Lampen $\leq 0,5$ s

Nutzungsdauer ≥ 30 min (richtet sich nach der Dauer der bestehenden Gefährdung)

Beleuchtungsstärke 10 % des Wertes der Beleuchtungsstärke der Arbeitsstätte, ≥ 15 lx im Gefährdungsbereich

Blendung (z. B. durch freistrahkende Glühlampen) vermeiden

Eine Sicherheitsbeleuchtung ist einzurichten für Arbeitsplätze, bei denen die Gefährdungsbeurteilung eine besondere Gefährdung bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung für den dort Beschäftigten bzw. andere Beschäftigte ergibt.

Unmittelbare Unfallgefahr kann bestehen für den Beschäftigten z. B. bei

- heißen Bädern, Gruben
- Bereichen, in denen heiße Massen transportiert werden,
- Arbeitsplätzen, an denen mit explosionsgefährlichen, giftigen oder auch radioaktiven Stoffen umgegangen wird,
- Arbeitsplätzen mit Gefährdungen durch schnell laufende bzw. nachlaufende Maschinen.

Unfallgefahren für andere Beschäftigte können ausgehen von

- Schaltwarten und Leitständen für Kraftwerke, chemische und metallurgische Betriebe,
- Arbeitsplätze an Absperr- und Regeleinrichtungen, die betriebsmäßig oder bei Betriebsstörungen zur Vermeidung von Gefahren betätigt werden müssen, um Produktionsprozesse gefahrlos zu unterbrechen bzw. zu beenden.

7.1.3 Antipanikbeleuchtung

Eine Antipanikbeleuchtung (2.35) sollte mit folgenden Eigenschaften vorgesehen werden:

Richtwerte für Antipanikbeleuchtung

$E_{\min} \geq 0,5$ lx über Fußboden

Örtliche Gleichmäßigkeit $E_{\max} : E_{\min} \leq 40:1$

Physiologische Blendung vermeiden (Lichtstärke der Leuchten niedrig halten)

Farbwiedergabeindex $R_a \geq 40$

Nutzungsdauer ≥ 60 min

Einschaltverzögerung ≤ 5 s

E_{\min} = Minimale Beleuchtungsstärke

E_{\max} = Maximale Beleuchtungsstärke im Bereich der Sehaufgabe

7.2 Sicherheitsleitsysteme

Sicherheitsleitsysteme (2.37) geben einen sicheren Fluchtweg vor.

Richtwert

Oberkante der Sicherheitsleitsysteme bei Neubauten $\leq 0,4$ m über dem Fußboden

Bei bestehenden Gebäuden entsprechend des Ergebnisses der Gefährdungsbeurteilung Nachrüstung empfehlen

Bei längeren Fluchtwegen ist die Angabe der Fluchtrichtung durch Pfeile mit den Sicherheitszeichen E01/E02 allein nicht ausreichend. Sie ist in Kombination dieser Sicherheitszeichen mit E09/E10 „Rettungsweg/Notausgang“ oder durch andere Sicherheitszeichen, z. B. E13 „Rettungsweg“, zu kennzeichnen. Dabei sind die Vorgaben der Richtlinie 92/58/EWG „Mindestvorschriften für Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ in der jeweils geltenden Fassung (Anhang Nr. 1.3 ArbStättV) anzuwenden.

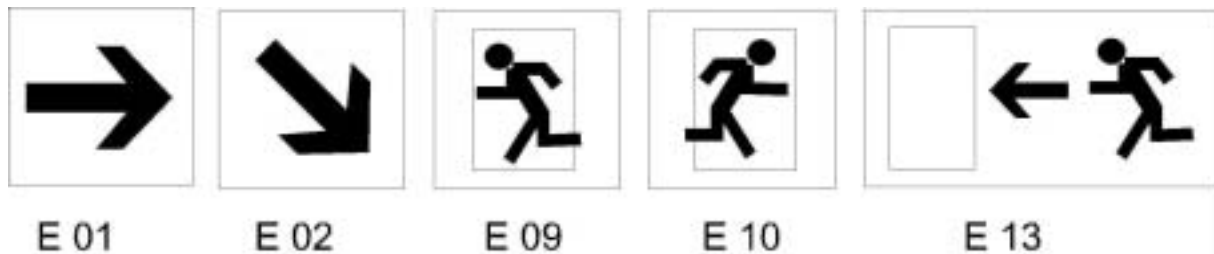


Abb. 7: Sicherheitszeichen

Sicherheitsleitsysteme dürfen nur in Verbindung mit einer Sicherheitsbeleuchtung ausgeführt werden. Diese sind im Regelfall bodennah anzubringen, um bei möglicher Rauchentwicklung wirksam zu bleiben.

Der Einsatz von bodennahen Sicherheitsleitsystemen kann z. B. erforderlich sein

- wenn Materialien vorhanden sind, die im Brandfall stark Rauch entwickeln können
- bei unübersichtlicher oder mehrgeschossiger Bauweise mit großer Personenbelegung. Anwendungsfälle können sein: Krankenhäuser, Altenheime, Bahnhofsgebäude, Einkaufszentren, Veranstaltungsstätten ohne Tageslicht, Flughäfen, U-Bahnanlagen, Hotels.

Die Planung eines Sicherheitsleitsystems sollte durch einen Sachkundigen anhand einer Gefährdungsbeurteilung vorgenommen werden.

Sicherheitsleitsysteme können bodennahe lichtspeichernde (2.38) oder bodennahe elektrisch betriebene (2.39) Systeme sein.

7.2.1 Bodennahe lichtspeichernde Sicherheitsleitsysteme

In der Regel ist die Anwendung von lichtspeichernden Systemen, z. B. langnachleuchtende Systeme, ausreichend.

Richtwerte für lichtspeichernde Sicherheitsleitsysteme

Leitmarkierungen 5 bis 10 cm breit

Leuchtdichten ausreichend groß, z. B. bei 5 cm breiten Leitmarkierungen $> 80 \text{ mcd/m}^2$ noch nach 10 min

Leitmarkierungen bis 60 min nachleuchtend

Markierung an Trittkanten $\geq 1 \text{ cm}$ breit^{*)}

Umrandung von Fluchttüren und Notausgängen $\geq 2 \text{ cm}$ breit

Türgriffe langnachleuchtend gestalten

Unterbrechung in langnachleuchtenden Leitmarkierungen $\leq 0,3 \text{ m}$

Treppen, Treppenwangen, Handläufe und Rampen im Verlauf von Fluchtwegen so kennzeichnen, dass der Beginn, der Verlauf und das Ende eindeutig erkennbar sind.

^{*)} Durch geeignete Mittel muss der Niveauunterschied (Höhenunterschied) kenntlich gemacht werden.

Bodennahe lichtspeichernde Sicherheitsleitsysteme sind regelmäßig durch Sachkundige zu prüfen, um deren Wirksamkeit dauerhaft zu gewährleisten.

7.2.2 Bodennahe elektrisch betriebene Sicherheitsleitsysteme

In Gebäuden mit erhöhter Gefährdung (große zusammenhängende oder mehrgeschossige Gebäudekomplexe, hoher Fremdpersonenanteil oder hoher Personenanteil mit geringer Mobilität) sollten bodennahe elektrisch betriebene Sicherheitsleitsysteme errichtet werden, da diese wegen der höheren Leuchtdichte besser erkennbar sind.

Anforderungen/Richtwerte für elektrisch betriebene Sicherheitsleitsysteme

Wirksamkeit auch beim Ausfall der allgemeinen Stromversorgung

Nutzungsdauer $\geq 60 \text{ min}$

Unterbrechung in elektrisch betriebenen Leitmarkierungen $\leq 0,6 \text{ m}$

Physiologische Blendung vermeiden

Es können auch niedrig montierte Leuchten eingesetzt werden (Beleuchtungsstärke mindestens 1 lx, gemessen in einer Höhe von 10 cm über dem Fußboden und einem Abstand von 50 cm von der Wand, auf der die Leuchten montiert sind).

Bei außergewöhnlicher Gefährdung kann zusätzlich ein richtungsvariables Sicherheitsleitsystem (2.40) erforderlich sein, welches bei einem erkannten Brandherd bei Bedarf die vorgegebene Fluchtrichtung ändern kann. Das kann aufgrund der Gefährdungsbeurteilung beispielsweise bei großen Flughafengebäuden, Großkliniken, großen Einkaufszentren erforderlich sein.

Bodennahe elektrisch betriebene Sicherheitsleitsysteme sind regelmäßig durch Sachkundige zu prüfen, um deren Wirksamkeit dauerhaft zu gewährleisten.

8 Messung und Bewertung

Zur umfassenden Bewertung der Beleuchtungssituation sind neben der Bewertung der einzelnen Beleuchtungsgütefaktoren weitere die Beleuchtung beeinflussende Angaben zu Arbeitsraum/Arbeitsraumzone/Arbeitsplatz und zur Beleuchtungsanlage erforderlich, beispielsweise:

- Grundriss der Räume und Arbeitsraumzonen einschließlich Anordnung der Arbeitsplätze
- Angaben zur Tätigkeit und Technologie
- Farbliche Gestaltung und Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen (bestimmt mit Hilfe von Reflexionsgradtafeln)
- Angaben zur Beleuchtungsanlage, wie Art, Anzahl, Anbringung, Leistungsaufnahme und Lichtfarbe der Lampen (2.29), Art der Leuchten (2.30), Lichtpunkthöhe über dem Fußboden, Wartungszustand der Beleuchtungsanlage, angewandtes Beleuchtungskonzept (2.31) bis (2.33).

Messungen werden aus folgenden Gründen durchgeführt:

- zur Bestimmung des Ist-Zustandes der Beleuchtungsstärke im Vergleich zum entsprechenden Wert (Richtwerte nach 5.2 und 6.1) und zur Festlegung des Wartungsintervalls
- zur Bestimmung des Tageslichtkoeffizienten nach 4.3.

8.1 Messgrößen

Bei der Bewertung der Beleuchtungsgüte kann im Allgemeinen nur die Beleuchtungsstärke und in einzelnen Fällen die Leuchtdichte unmittelbar gemessen werden. Weitere Faktoren der Beleuchtungsgüte werden entweder nach den Angaben der Leuchten- und Lampenhersteller (z. B. die Lichtfarbe und die Farbwiedergabe) oder qualitativ bewertet.

Als Messgeräte sind deshalb Luxmeter (2.7) und – soweit verfügbar – Leuchtdichtemessgeräte (2.16) einzusetzen.

An Arbeitsplätzen, bei denen Sehobjekte selbst leuchten, z. B. Bildschirme, oder bei Durchlichtverfahren kann als Messgröße nur die Leuchtdichte herangezogen werden.

8.2 Anforderungen an die Messgeräte

8.2.1 Luxmeter

Luxmeter sollten einen Messbereich von 1 lx bis 20.000 lx aufweisen; nur für Messungen an Sicherheitsbeleuchtungsanlagen ist eine höhere Empfindlichkeit (etwa ab 0,1 lx) erforderlich.

Sie müssen eine $V(\lambda)$ – Anpassung (2.8) besitzen. Der lichtelektrische Empfänger muss außerdem eine \cos -Korrektur (2.9) aufweisen, durch die schräg einfallende Anteile des Lichtes richtig bewertet werden. Man unterscheidet Messgeräte mit fest eingebautem lichtelektrischen Empfänger und solche, bei denen der lichtelektrische Empfänger über eine Anschlussleitung mit dem Messgerät verbunden ist, die in der Handhabung günstiger sind.

8.2.2 Leuchtdichtemessgeräte

Einfache Leuchtdichtemessgeräte sind Luxmeter mit einem Leuchtdichtevorsatz. Sie haben einen Öffnungswinkel von 5° bis 10° , mit denen sich die mittlere Leuchtdichte einer Teilfläche ermitteln lässt. Sie können beispielsweise zur Bestimmung der mittleren Leuchtdichte von Bildschirmen, Schreibtischflächen oder Raumbegrenzungsflächen eingesetzt werden. Die untere Grenze des Messbereiches sollte bei etwa 1 cd/m^2 liegen.

Hochauflösende Leuchtdichtemessgeräte mit abbildender Optik gestatten die Leuchtdichtemessung an kleinen Sehdetails. Damit kann beispielsweise das Leuchtdichteverhältnis von schwarzen Buchstaben zum weißen Hintergrund gemessen werden. Es handelt sich hierbei um aufwändige Messgeräte, die nur für spezielle Untersuchungen eingesetzt werden.

8.2.3 Fehlergrenzen, Kalibrierung

Für Messungen sollten mindestens Messgeräte der Fehlerklasse B (Gesamtfehler maximal $\pm 10\%$) eingesetzt werden.

Luxmeter und Leuchtdichtemessgeräte sollten alle zwei Jahre kalibriert werden.

8.3 Einflussgrößen bei der Messung der künstlichen Beleuchtung

Folgende Faktoren sollten berücksichtigt werden, um verlässliche und reproduzierbare Messergebnisse zu erhalten:

- Tageslicht

Bei der Messung der künstlichen Beleuchtung muss das eventuell gleichzeitig einwirkende Tageslicht berücksichtigt werden. Der Einfluss des Tageslichtes sollte ausgeschlossen werden durch Verdunkelung des Arbeitsraumes oder durch Messung in den Nachtstunden. Falls das nicht möglich ist, ist im Ausnahmefall bei geringem Tageslichtanteil eine Differenzmessung möglich. Dabei wird der Tageslichtanteil (bei ausgeschalteter künstlicher Beleuchtung) getrennt gemessen und vom Gesamtwert, der sich aus Tageslicht und künstlichem Licht zusammensetzt, subtrahiert.

- Abschattung oder zusätzliche Reflexion durch den Messenden

Die Beleuchtungsstärke am Messpunkt sollte nicht durch Abschattung oder Reflexion – hervorgerufen durch Position und Körperhaltung des Messenden - beeinflusst werden. Die Messung ist nur unter den sonst üblichen Arbeitsbedingungen (Position und Körperhaltung des Beschäftigten) durchzuführen.

- Alterung, Verschmutzung der Leuchten und Lampenausfall

- Verschmutzung der Raumbegrenzungsflächen

- Lampenumgebungstemperatur

Bei Leuchtstofflampen hängt das von der Lampe abgegebene Licht (Lichtstrom) von deren Umgebungstemperatur ab. Diese muss während der Messung den sonst herrschenden Arbeitsbedingungen entsprechen, ansonsten ist eine Korrektur der Messergebnisse erforderlich. Für Glühlampen und Hochdruckentladungslampen ist der Einfluss der Lampenumgebungstemperatur vernachlässigbar.

- Netzspannung

Besonders bei Glühlampen und Hochdruckentladungslampen hängt das von der Lampe abgegebene Licht (Lichtstrom) von der Netzspannung ab. Weicht während der Messung die Netzspannung von der Nennspannung ab, muss eine Korrektur der Messergebnisse erfolgen.

- Einbrenndauer und Einschaltzeit der Lampen

Messungen der Beleuchtungsstärke sollten nur vorgenommen werden, wenn die Lampen nach einer Einbrenndauer einen stationären Betriebszustand erreicht haben. Erstmalig in Betrieb genommene Leuchtstofflampen und Hochdruckentladungslampen benötigen eine Einbrenndauer von mindestens 100 h, Glühlampen 10 h. Eine Messung kann nur nach Erreichen der Betriebstemperatur der Lampen erfolgen.

Diese wird nach einer Einschaltzeit der Lampen von 15 min erreicht.

8.4 Bewertung der Beleuchtung

8.4.1 Tageslichtquotient

Die Messung kann nur an einem Tag mit vollständig bedecktem Himmel, d. h. ohne direktes Sonnenlicht, durchgeführt werden. An einem unverbauten Punkt im Freien und an ausgewählten Punkten (z. B. Arbeitsplätzen) im Innenraum wird die horizontale Beleuchtungsstärke möglichst gleichzeitig gemessen. Die künstliche Beleuchtung muss dabei ausgeschaltet sein. Bei der Festlegung der Messpunkte im Arbeitsraum sollte eine Randzone von 0,5 m Breite nicht in die Rastereinteilung einbezogen werden, da dort im Allgemeinen keine Sehaufgaben zu erfüllen sind.

Aus den Messwerten für Innen und Außen wird der Tageslichtquotient (2.10) für einzelne Raumpunkte berechnet und entsprechend 4.3 bewertet.

8.4.2 Beleuchtungsstärke

Festlegung der Messpunkte

Folgendes gilt für Messungen der Beleuchtungsstärke in Gebäuden und im Freien:

- Arbeitsplätze

Die Beleuchtungsstärke ist im Bereich der Sehaufgabe (Ort der Sehaufgabe) zu bestimmen, d. h. durch die Sehaufgabe wird die Messhöhe und die Lage der Messebene bestimmt. Bei Tätigkeiten mit unterschiedlichen Sehanforderungen ist jeder Bereich der Sehaufgabe getrennt zu messen. Bei einer geneigten oder vertikalen Fläche (z. B. Lesen der Beschriftung an einem Regal) ist auf dieser Fläche in unterschiedlichen Messhöhen zu messen. Ob an einem Arbeitsplatz ein Messpunkt ausreichend ist oder ein Raster von mehreren Messpunkten gebildet werden muss, hängt von der Ausdehnung des Gebietes, in dem Sehaufgaben erfüllt werden müssen, ab und davon, ob in diesem Bereich deutliche Beleuchtungsstärkeunterschiede auftreten. Bei einer zusätzlichen Arbeitsplatzbeleuchtung (2.33) sind im Allgemeinen mehrere Messpunkte erforderlich, um einen Mittelwert und die örtliche Gleichmäßigkeit innerhalb des Bereiches der Sehaufgabe bestimmen zu können. Für einen repräsentativen Mittelwert sollten mindestens 9 Einzelwerte gemessen werden. Der Abstand der Messpunkte sollte etwa 0,15 bis 0,5 m betragen.

Bei kombinierter Beleuchtung ist zusätzlich der Anteil der Allgemeinbeleuchtung (2.31) durch Abschalten der Arbeitsplatzbeleuchtung zu ermitteln.

Die Messung der vertikalen Beleuchtungsstärke ist zusätzlich erforderlich, wenn die Körperwiedergabe aus dem Verhältnis von vertikaler zu horizontaler Beleuchtungsstärke berechnet werden soll. Die Messhöhe richtet sich nach der Sehaufgabe.

Die Messung im unmittelbaren Umgebungsbereich (2.13) sollte nach den gleichen Grundsätzen erfolgen.

- Arbeitsraum/Arbeitsraumzone

Die Grundfläche des Arbeitsraumes/Arbeitsraumzone wird in gleich große möglichst quadratische Felder eingeteilt, in deren Mittelpunkte die Messpunkte gelegt werden (Rasterverfahren).

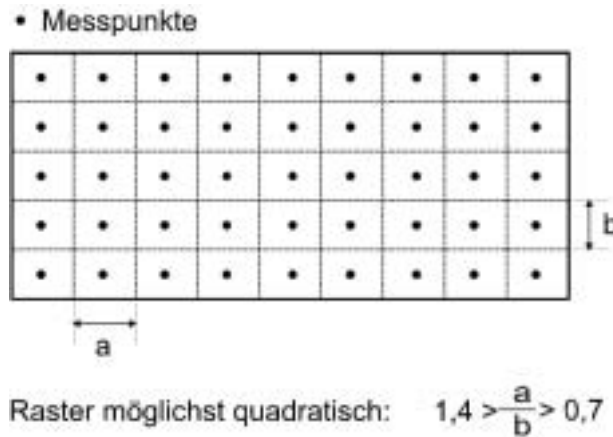


Abb. 8: Messraster

Dabei ist darauf zu achten, dass sich Messpunkte nicht nur unmittelbar unter den Leuchten, sondern auch zwischen den Leuchten an Orten mit geringerer Beleuchtungsstärke befinden. Der Abstand der Messpunkte sollte in Büroräumen und vergleichbaren Räumen etwa 1 bis 2 m betragen, in größeren Hallen 5 m nicht überschreiten. Auf einen Schreibtisch entfällt dabei in der Regel ein Messpunkt, was bei der zu erwartenden guten Gleichmäßigkeit in diesem Bereich auch ausreicht. Die Messhöhe beträgt im Allgemeinen 0,85 m, bei Arbeitsflächen wird in Höhe der Arbeitsflächen gemessen.

Aus den Messwerten wird die mittlere Beleuchtungsstärke (arithmetischer Mittelwert) berechnet.

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

$$\bar{E} = \bar{E}_A, \bar{E}_U \text{ oder } \bar{E}_G$$

- Verkehrswege

Die Beleuchtung von Verkehrswegen soll in erster Linie das Erkennen von Hindernissen gewährleisten. Die Messhöhe soll deshalb maximal 0,2 m über Fußboden betragen. Bei Fluren und Treppen reicht es meist aus, die Messpunkte auf einer Linie in der Mitte längs des Verkehrsweges anzuordnen, ansonsten ist das Rasterverfahren anzuwenden. Die Abstände sind dabei so zu wählen, dass die Punkte der minimalen und maximalen Beleuchtungsstärke erfasst werden. Dies ermöglicht gleichzeitig die Berechnung der örtlichen Gleichmäßigkeit.

- Ergänzende Hinweise für die Beleuchtung im Freien

Bei großer Ausdehnung der Arbeitsfläche und/oder der Verkehrsfläche kann der Abstand der Messpunkte bis zu 10 m betragen. Es sollte bei Arbeitsflächen in Arbeitshöhe und bei Verkehrsflächen in maximal 0,2 m Höhe über Fußboden gemessen werden.

Bewertung

Die Bewertung der Beleuchtungsstärke wird für jeden Arbeitsplatz getrennt, durch Vergleich der ermittelten mittleren Beleuchtungsstärke mit dem Wertungswert der Beleuchtungsstärke, vorgenommen. Der Wertungswert der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m für die Arbeitsplätze bzw. für Arbeitsraum/Arbeitsraumzone ergibt sich aus der Sehaufgabe (z. B. 500 lx für Büroarbeits-

plätze nach 5.2). Weitere Wartungswerte sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen.

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass bei Neuanlagen der Projektierungswert erreicht werden muss. Dieser liegt je nach der zu erwartenden Alterung, Verschmutzung der Leuchten, Lampenausfall, Verschmutzung der Raumbegrenzungsflächen und dem vorgesehenen Wartungszyklus 25 bis 75 % über dem Wartungswert und kann den Projektierungsunterlagen entnommen werden.

Liegt die ermittelte mittlere Beleuchtungsstärke unter dem Wartungswert, dann ist eine Wartung vorzusehen.

8.4.3 Örtliche Gleichmäßigkeit

Die örtliche Gleichmäßigkeit wird rechnerisch aus folgenden Verhältnissen ermittelt für:

- den Bereich der Sehaufgabe: minimale zu mittlerer Beleuchtungsstärke,
- den unmittelbaren Umgebungsbereich: mittlere Beleuchtungsstärke des Bereiches der Sehaufgabe zur mittleren Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereiches,
- Arbeitsraum/Arbeitsraumzone: mittlere Beleuchtungsstärke des unmittelbaren Umgebungsbereiches zur mittleren Beleuchtungsstärke für Arbeitsraum/Arbeitsraumzone.

Die Bewertung der örtlichen Gleichmäßigkeit wird über einen Vergleich der Richtwerte in 5.3 und 6.2 mit den ermittelten örtlichen Gleichmäßigkeiten vorgenommen.

8.4.4 Blendungsbegrenzung

Zur Bewertung der Blendungsbegrenzung wird der Abschirmwinkel herangezogen. Der Abschirmwinkel einer Leuchte kann entweder den Angaben des Leuchtenherstellers entnommen werden oder geometrisch bestimmt werden. Dazu sucht man die Position, aus der die Lampe innerhalb einer ausgewählten Leuchte gerade nicht mehr zu sehen ist. Aus dem horizontalen Abstand zur Leuchte l und ihrer Höhe h (von der Augenhöhe des Betrachters gemessen) kann der Abschirmwinkel ϑ berechnet werden (siehe auch Bild unter Punkt 5.5 zum Abschirmwinkel):

$$\tan \vartheta = \frac{h}{l}$$

8.4.5 Körperwiedergabe

Zur vereinfachten Charakterisierung der Körperwiedergabe kann das Verhältnis von vertikaler zu horizontaler Beleuchtungsstärke herangezogen werden. Die vertikale Beleuchtungsstärke ist dabei in Richtung zum Beobachter zu messen. Die Messhöhe richtet sich nach der Sehaufgabe.

Die Schattigkeit kann subjektiv beurteilt werden, wenn man die Hand über die Arbeitsfläche hält und den Abstand zur Arbeitsfläche verändert. Man erkennt, ob sich scharfe oder diffuse Schatten ausbilden oder ob Mehrfachschatten durch einzelne Lichtquellen auftreten.

8.4.6 Lichtfarbe, Farbwiedergabe

Die Bewertung der Lichtfarbe und Farbwiedergabe erfolgt durch einen Vergleich des vorgegebenen Farbwiedergabeindex (Richtwerte in 5.7 und 6.5) mit dem Farbwiedergabeindex der verwendeten Lampe. Eine messtechnische Bestimmung der Farbwiedergabe ist mit gebräuchlichen Messgeräten nicht möglich. Angaben zur Lichtfarbe und Farbwiedergabe der

Lampen erfolgen durch den Lampenhersteller. Bei Leuchtstofflampen mit besserer Farbwiedergabe (Dreibanden-Leuchtstofflampen) kann aus der ersten Ziffer des dreistelligen Zahlencodes der Farbwiedergabeindex und aus der zweiten und dritten Ziffer die Farbtemperatur entnommen werden. Beispielsweise bedeutet die Angabe - 840, dass die Lampe einen Farbwiedergabeindex von mindestens 80 und eine Farbtemperatur von 4.000 K hat.

8.4.7 Leuchtdichte

Mit einem Leuchtdichtemessgerät wird die mittlere Leuchtdichte des Bereiches der Sehaufgabe, des unmittelbaren Umgebungsbereiches und des Arbeitsraumes/Arbeitsraumzone gemessen.

Bei Arbeitsplätzen mit selbstleuchtenden Sehobjekten (z. B. ein Bildschirm) wird zunächst die Beleuchtungsstärke der beleuchteten Flächen (Beleg, Tastatur) gemessen. Danach ist zusätzlich die Leuchtdichte der beleuchteten und selbstleuchtenden Flächen zu messen. Dabei wird der Messkopf mit dem Leuchtdichtevorsatz auf diese Flächen gerichtet. Die Größe der erfassten Messflächen ergibt sich aus dem Öffnungswinkel des Empfängers und dem Abstand zu den Messflächen. Der Bildschirm ist dabei auf ein Objekt mit typischer Helligkeit einzustellen.

Die Leuchtdichten der selbstleuchtenden und der beleuchteten Flächen sollten nicht wesentlich voneinander abweichen. Als Richtwerte können die örtlichen Gleichmäßigkeiten der Beleuchtungsstärken nach Punkt 5.3 verwendet werden.

8.5 Dokumentation

Das Protokoll zur Beleuchtungsmessung sollte folgende Angaben enthalten:

- Genaue Bezeichnung der untersuchten Arbeitsstätte
- Technologie, Tätigkeitscharakteristik
- Art der Arbeitsplätze mit den für die Tätigkeit wesentlichen Beleuchtungsgütefaktoren
- Grundriss/Skizze mit Eintragung der Arbeitsplätze, der Messpunkte und der Beleuchtungsanlage
- Angaben zum verwendeten Messgerät
- Angaben zur Beleuchtungsanlage (Leuchtentyp, Lampenart, Lichtpunkthöhe)
- Auflistung der Messergebnisse
- Bewertung der Messergebnisse und gegebenenfalls Vorschläge zur Verbesserung der Beleuchtungssituation.

Literatur:

Deutsche Verordnungen und Europäische Einzelrichtlinien

Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV) vom 12. August 2004. BGBl. I Nr. 44 S. 2179

Richtlinie 92/58/EWG des Rates vom 24. Juni 1992 über Mindestvorschriften für Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (Neunte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Abs. 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. EG Nr. L 245 S. 23)

Arbeitsstätten-Richtlinien zur ArbStättV

ASR 7/1: Sichtverbindung nach außen. April 1976

ASR 7/3: Künstliche Beleuchtung. November 1993

ASR 7/4: Sicherheitsbeleuchtung. März 1981

ASR 41/3: Künstliche Beleuchtung für Arbeitsplätze und Verkehrswege. November 1993

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Regelungen

BGI 759 (bisher ZH 1/139): Künstliche Beleuchtung für Arbeitsplätze und Verkehrswege im Freien und auf Baustellen. November 1999

BGR 216 (bisher ZH 1/190.1): Optische Sicherheitsleitsysteme. Juli 2001

BGR 131 (bisher ZH 1/190): Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz an Arbeitsplätzen mit künstlicher Beleuchtung und für Sicherheitsleitsysteme. Oktober 1996

DIN Normen

DIN EN 12464, Teil 1: Beleuchtung von Arbeitsstätten - Arbeitsstätten in Innenräumen. März 2003

Entwurf DIN EN 12464, Teil 2: Beleuchtung von Arbeitsstätten - Arbeitsplätze im Freien. April 2003

DIN EN 12665: Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung. September 2002

DIN EN 1838: Notbeleuchtung. Juli 1999

DIN 5032, Teil 7: Lichtmessung: Klasseneinteilung von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessgeräten. Dezember 1985

DIN 5034, Teil 1: Tageslicht in Innenräumen: Allgemeine Anforderungen. Oktober 1999

DIN 5035, Teil 6: Beleuchtung mit künstlichem Licht: Messung und Bewertung. Dezember 1990

DIN 5035, Teil 7: Beleuchtung mit künstlichem Licht: Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen. August 2004

Weitere Literaturquellen

Hentschel, H.-J.; Bernitz, F.: Licht und Beleuchtung: Grundlagen und Anwendungen der Lichttechnik. 5. Auflage. Heidelberg: Hüthig Verlag. 2002. ISBN 3-7785-2817-3

Methling, D.; Peschke, M.: Licht, Beleuchtung und Sehen in der Arbeitsumwelt. Verlag Tribüne. Berlin. 1987

BAuA: Messung von Beleuchtungsanlagen. Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse - Forschungsergebnisse für die Praxis Nr.84. Dortmund, 1992, ISSN 0720-1699

Auskünfte zu Fragen des Arbeitsschutzes erteilen die zuständigen obersten Landesbehörden bzw. deren nachgeordnete Ämter für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik / Gewerbeaufsichtsämter.

Ministerium für Umwelt
und Verkehr des Landes
Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart

Ministerium für Wirtschaft und Arbeit
des Landes Nordrhein-Westfalen
Horionplatz 1
40213 Düsseldorf

Sozialministerium
Baden-Württemberg
Schellingstraße 15
70174 Stuttgart

Ministerium für Umwelt und Forsten
des Landes Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt, Gesundheit und
Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2
80792 München

Ministerium für Arbeit, Soziales, Familie
und Gesundheit des Landes Rheinland-Pfalz
Bauhofstraße 9
55116 Mainz

Senatsverwaltung für Gesundheit, Soziales
und Verbraucherschutz des Landes Berlin
Oranienstraße 106
10969 Berlin

Ministerium für Umwelt des Saarlandes
Keplerstraße 18
66117 Saarbrücken

Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit
und Familie des Landes Brandenburg
Heinrich-Mann-Allee 103
14473 Potsdam

Ministerium für Wirtschaft und Arbeit
des Saarlandes
Am Stadtgraben 6 - 8
66111 Saarbrücken

Senator für Arbeit, Frauen, Gesundheit,
Jugend und Soziales der Freien und
Hansestadt Bremen
Doventorscontrescarpe 172
28195 Bremen

Sächsisches Staatsministerium
für Wirtschaft und Arbeit
Wilhelm-Buck-Straße 2
01097 Dresden

Behörde für Umwelt und Gesundheit
der Freien und Hansestadt Hamburg
- Amt für Arbeitsschutz -
Adolph-Schönfelder-Straße 5
22083 Hamburg

Ministerium für Arbeit, Frauen, Gesundheit
und Soziales des Landes Sachsen-Anhalt
Turmschanzenstraße 25
39114 Magdeburg

Hessisches Sozialministerium
Dostojewskistraße 4
65187 Wiesbaden

Ministerium für Soziales, Gesundheit und
Verbraucherschutz des Landes Schleswig-Holstein
Adolf-Westphal-Straße 4
24143 Kiel

Sozialministerium des Landes
Mecklenburg-Vorpommern
Werderstraße 124
19055 Schwerin

Thüringer Ministerium für
Soziales, Familie und Gesundheit
Werner-Seelenbinder-Straße 6
99096 Erfurt

Niedersächsisches Ministerium für
Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit
Gustav-Bratke-Allee 2
30159 Hannover

