Inhaltsverzeichnis

6.4 Optische Strahlung 1
6.4.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen 3
6.4.2 Ermittlung und Beurteilung 6
6.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle 9
6.4.4 Vorschriften, Regelwerke, Literatur 12
6.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter 14
6.4.6 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen 15

6.4 Optische Strahlung

Ein Großteil der menschlichen Wahrnehmung geschieht durch das Sehen, d. h. durch die Verarbeitung des auf die Netzhaut (Retina) treffenden Lichts im Gehirn. Der Wellenlängenbereich dieser sichtbaren Strahlung reicht von 400 nm (andere Dokumente verwenden 380 nm) bis 780 nm und stellt einen kleinen Teil des als optische Strahlung bezeichneten elektromagnetischen Spektralbereichs dar.

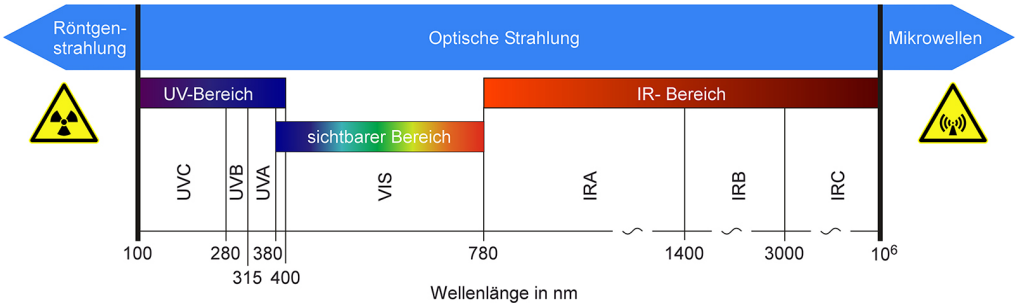

Abbildung 6.4-1 Wellenlängenbereich optischer Strahlung mit Unterteilung in verschiedene Spektralbereiche

Eingegrenzt von hochenergetischer, ionisierender Röntgenstrahlung (siehe Kapitel "Ionisierende Strahlung") und dem Bereich der Mikrowellen (elektromagnetische Felder, siehe Kapitel "Elektromagnetische Felder") reichen optische Wellenlängen von 100 nm bis 1 mm (10^6 nm).

Tab. 6.4-1 Spektralbereiche optischer Strahlung

Bezeichnung	Spektralbereich
ultraviolette (UV-) Strahlung	100 nm bis 400 nm
sichtbare Strahlung (Vis, Licht)	(380) 400 nm bis 780 nm
Infrarotstrahlung (IR)	780 nm bis 1 mm

Grundsätzlich wird bei dieser Untergliederung nicht zwischen inkohärenter optischer Strahlung (IOS) und (kohärenter) Laserstrahlung unterschieden. Kohärenz tritt auf, wenn emittierte Strahlung monochromatisch (eine Wellenlänge) und phasengleich ist. Sonnenstrahlung ist breitbandig und somit inkohärent. Eine konstruktive Interferenz ist nicht möglich.

Optische Strahlung ist aus dem Arbeitsalltag nicht mehr wegzudenken: Materialprüfung, Lackhärtung oder Desinfektion mit UV-Strahlung, Decken- oder Schreibtischbeleuchtung, spezialisierte Arbeitsmittel zur Ausleuchtung von Arbeitsstätten wie Baustellen, Bühnen oder Lagerbereiche sowie Laserstrahlung zur Entfernungsmessung, Materialbearbeitung oder im medizinischen Bereich. Die zugrunde liegenden Techniken haben sich dabei über Jahrzehnte stetig weiterentwickelt und reichen von glühenden Wolframfäden in kommerziell nicht mehr erhältlichen Glühlampen über leuchtende Plasmen in Gasentladungslampen bis hin zu Licht emittierenden Dioden (LEDs), die aufgrund ihrer hohen Effizienz, langen Lebensdauer und geringen Kosten über kurz oder lang vermutlich die am weitesten verbreiteten optischen Strahlungsquellen sein werden. Auch die Technologie der Laserstrahlung wird stetig verbessert und führt zu immer kompakteren und leistungsfähigeren Entwicklungen und Anwendungen.

Neben dieser exemplarischen Aufzählung künstlicher optischer Strahlungsquellen ist die Sonne die bedeutendste Quelle natürlicher IOS. Die International Agency for Research on Cancer (IARC) hat 2012 solare (und auch künstliche) UV-Strahlung als Humankanzerogen der höchsten Klasse 1 eingestuft. Demnach verwundert es nicht, dass es in Deutschland viele Erkrankungen sowohl am malignen Melanom (MM) als auch an nicht melanozytären Hautkrebsformen (NMSC) gibt. Für das Jahr 2013 wurden 21 410 MM-Neuerkrankungen mit einer Sterblichkeitsrate von ~14 % (3.042 Todesfälle) genannt. Die Zahl der NMSC-Fälle ist wesentlich höher und wird auf ca. 213 000 Neuerkrankungen pro Jahr geschätzt. Eine vergleichsweise geringe ~0,3 %ige Sterblichkeitsrate führt jedoch aufgrund der hohen Inzidenz jährlich zu etwa 750 Todesfällen (RKI 2016). Primärprävention bei der Arbeit erlangt somit einen besonders hohen Stellenwert unter den Schutzmaßnahmen.

Bedingt durch diese Tatsachen und dadurch, dass in Deutschland mehrere Millionen Beschäftigte im Freien mit einer im Vergleich zur Normalbevölkerung mindestens zwei- bis dreifach höheren kumulativen UV-Jahresdosis belas-

tet sind – verknüpft mit einem 1,8-fach höheren relativen Risiko an einem Plattenepithelkarzinom zu erkranken (BMAS 2013) – wurden Anfang 2015 "Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung" als Berufskrankheit BK 5103 in die Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) aufgenommen. Im gleichen und folgenden Jahr wurden bereits mehr als 5 200 BK-Fälle anerkannt, darunter knapp 500 Rentenfälle. Die Arbeitsmedizinische Regel AMR 13.3 "Tätigkeiten im Freien mit intensiver Belastung durch natürliche UV-Strahlung von regelmäßig einer Stunde oder mehr je Tag" spezifiziert diese Tätigkeiten und somit den Bedarf einer arbeitsmedizinischen Vorsorge.

6.4.1 Art der Gefährdungen und deren Wirkungen

Die mit der Exposition gegenüber optischer Strahlung einhergehenden gesundheitlichen Gefährdungen sind vielfältig, betreffen jedoch aufgrund der relativ geringen (wellenlängenabhängigen) Eindringtiefe optischer Strahlung in menschliches Gewebe vor allem Augen und Haut. Dabei hängt das Schädigungspotenzial u. a. von der Wellenlänge, der Expositionsdauer, der Bestrahlungsstärke und der mit dem jeweiligen Arbeitsmittel realisierten Betriebsart (kontinuierlich oder gepulst) ab.

Photochemische Wirkungen

Expositionsdauern im Minutenbereich mit geringen Bestrahlungsstärken können zu photochemischen Wirkungen im Gewebe führen, bei denen die Energie der Photonen in chemische Reaktionsenergie umgesetzt wird. Diese Effekte dominieren vor allem für UV- und kurzwellige sichtbare Strahlung. Bestimmte Biomoleküle absorbieren dabei auftreffende Strahlung, wobei schlussendlich freie Radikale erzeugt werden, die umgebende zelluläre Moleküle wie Proteine oder die Erbsubstanz Desoxyribonukleinsäure (DNS) schädigen können. UV-Strahlung ist darüber hinaus so energiereich, dass chemische Bindungen gespalten und dadurch Bausteine der DNS falsch verknüpft werden können. Derartige Schädigungen der DNS können krebsauslösend wirken.

Thermische Wirkungen

Bei Expositionsdauern von Millisekunden bis wenigen Sekunden mit Bestrahlungsstärken von etwa 100 Wcm^{-2} im langwelligen Teil des sichtbaren Spektrums und im IR-Spektralbereich sind thermische Effekte zu beobachten. Dabei erhitzt sich das exponierte Gewebe durch verstärkte Molekülschwingung und es kann ein Schaden entstehen.

Es besteht ein grundlegender Unterschied zwischen thermischen und photochemischen Wirkungen: Bleibt bei der thermischen Wirkung die Temperatur des Gewebes auch bei länger dauernder Absorption von Photonen unterhalb eines Schwellwerts, so ist keine Schädigung zu erwarten. Bei der photochemischen Wirkung kann jedoch bereits die Absorption eines einzigen Photons zu Schädigungen auf molekularer Ebene führen. Diese Veränderungen sind kumulativ.

Gefährdungen des Auges

Schäden der Retina sind besonders schwerwiegend und können zu erheblichen Beeinträchtigungen des Sehvermögens führen. Im Hinblick auf eine potenzielle Netzhautschädigung muss berücksichtigt werden, dass auch IRA-Strahlung bis 1 400 nm von der Augenlinse auf die Netzhaut abgebildet wird. Obwohl sie nicht wahrgenommen wird, da keine entsprechenden Rezeptoren vorhanden sind, kann sie dort Schädigungen hervorrufen. Thermische Netzhautschädigungen sind irreversibel und werden hauptsächlich durch Laserstrahlung verursacht.

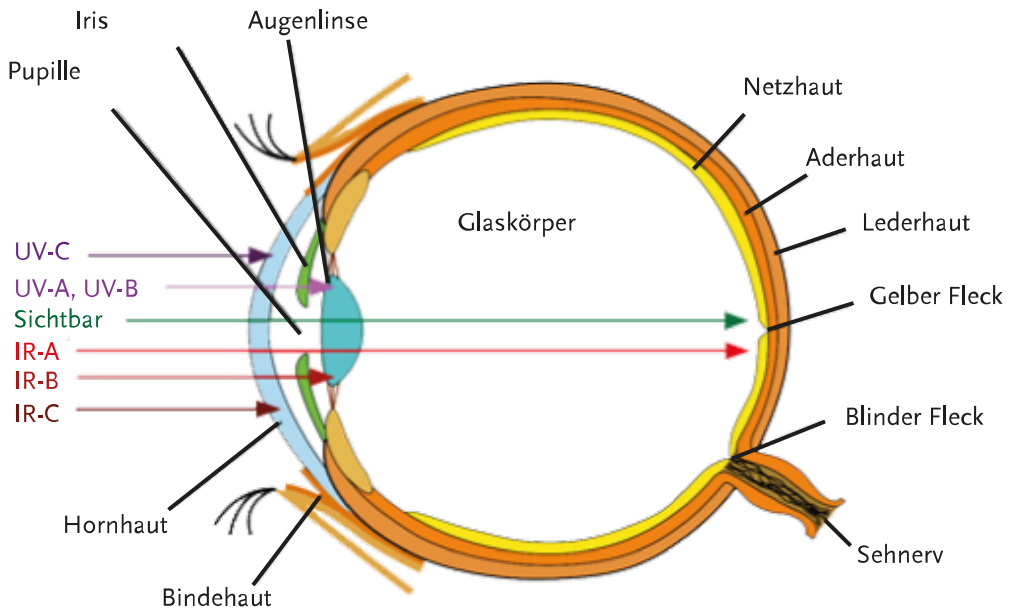

Abb. 6.4-2 Schematischer Aufbau des menschlichen Auges. Die Pfeillänge gibt die Eindringtiefe der verschiedenen Spektralbereiche wieder.

UV- sowie IR-B- und IR-C-Strahlung wird überwiegend durch Wasser in den vorderen Augenmedien (Hornhaut und Linse) absorbiert. UV-Strahlung kann photochemische Reaktionen auslösen, die zu sehr schmerzhaften Entzündungen der Hornhaut (Photokeratitis) und/oder der Bindehaut (Photokonjunktivitis) führen. Dabei werden die äußeren Zellen zerstört und nach etwa vier bis zwölf Stunden treten starke Augenschmerzen auf. Diese Schädigung ist jedoch reversibel.

Wiederholte Einwirkung von UV-Strahlung auch mit Intensitäten, die unterhalb derjenigen liegen, die zu einer akuten Horn- bzw. Bindehautentzündung führen, kann langfristig eine irreversible Linsentrübung (Katarakt) verursachen. Hierbei handelt es sich um einen Prozess, dessen Wirkung über einen längeren Zeitraum, meist Jahrzehnte, kumuliert. IR-Strahlung kann ebenfalls zu einer Linsentrübung führen.

Blendung ist eine indirekte Wirkung optischer Strahlung und kann das Sehen derart beeinträchtigen, dass es z. B. zu Unfällen bei sicherheitsrelevanten Tätigkeiten etwa im Straßenverkehr oder an Maschinen kommt. Die Blendungsbeeinträchtigung kann dabei je nach Einwirkung auch für längere Zeiträume auftreten.

Gefährdungen der Haut

Aufgrund der wellenlängenabhängigen Eindringtiefe optischer Strahlung sind verschiedene Hautschichten unterschiedlich stark betroffen. UV- und langwellige IR-Strahlung werden größtenteils von der Epidermis absorbiert, wohingegen UV-A-, sichtbare und IR-A-Strahlung tiefer eindringen können.

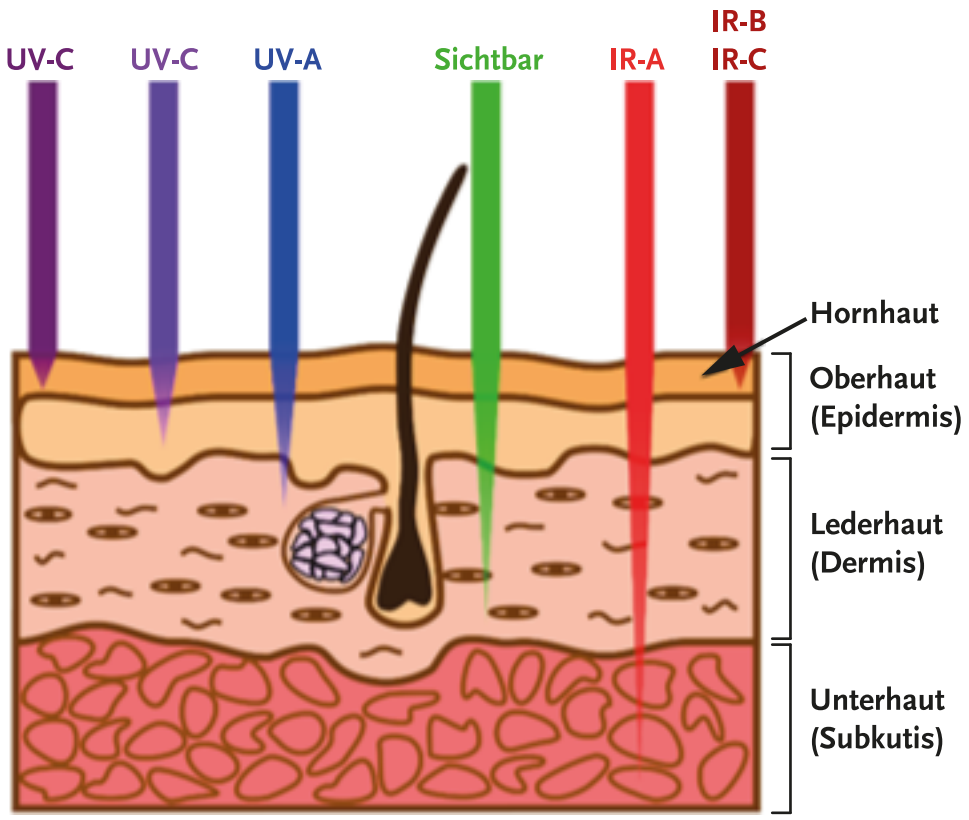

Abb. 6.4-3 Schematischer Hautquerschnitt mit wellenlängenabhängiger Eindringtiefe, visualisiert durch die unterschiedlichen Pfeillängen.

Die Bildung eines Erythems (Hautrötung, Sonnenbrand) entsteht vorwiegend durch UV-B-Strahlung. Eine chronische UV-Exposition, insbesondere gegenüber UV-A-Strahlung, kann zu einer vorzeitigen Hautalterung führen, die durch eine faltige Lederhaut charakterisiert ist. Hautkarzinome (Basaliom, Spinaliom, malignes Malinom) sind die schwerwiegendste Langzeitfolge übermäßiger UV-Expositionen.

Bei Einwirkung intensiver IR-Strahlung kann es zur Verbrennung kommen. Bei lang andauernder Hautbestrahlung

spielen sowohl Wärmeleitung als auch die Wärmeabfuhr durch das Blut eine Rolle. Aufgrund der Durchblutung des Gewebes und der damit verbundenen Wärmeabfuhr wird die Temperaturerhöhung begrenzt.

Laserstrahlung ist kohärent und wird für den jeweiligen Anwendungszweck meist stark gebündelt. Im Vergleich zu IOS liegt kein grundlegend unterschiedliches Schädigungspotenzial vor, aufgrund der guten Fokussierbarkeit können jedoch deutlich höhere Bestrahlungsstärken oder Strahldichten und damit viel größere Gefährdungspotenziale entstehen. Dieses betrifft in besonderem Maße auch die Gefährdung durch Blendung. Bei gepulster Laserstrahlung kann darüber hinaus die Energiedeposition im Gewebe innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde extrem hoch sein.

6.4.2 Ermittlung und Beurteilung

Gesetzlicher Rahmen

Mit der 2010 in Kraft getretenen "Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung – OStrV)" wurde die EU-Richtlinie 2006/25/EG "über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung)" in nationales Recht umgesetzt und bildet gemeinsam mit dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) den Rechtsrahmen. Eine zentrale Forderung der OStrV ist die Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung am Arbeitsplatz. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 ArbSchG hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob Beschäftigte am Arbeitsplatz optischer Strahlung aus künstlichen Quellen ausgesetzt sind bzw. sein können. Ist dies der Fall, hat er alle hiervon ausgehenden Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten zu beurteilen und ggf. Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Allgemeinbeleuchtung (z. B. Deckenleuchten) oder Schreibtischlampen stellen im Sinne der OStrV typischerweise keine Gefährdung dar, sind jedoch anderweitig zu beurteilen (siehe Beleuchtung/Licht).

Um die Anwendung der OStrV in der betrieblichen Praxis zu unterstützen, wurden Technische Regeln erarbeitet, die die Vermutungswirkung auslösen und somit Rechtssicherheit für Anwender bieten. Andere Lösungen sind möglich, müssen aber nachweislich mindestens den gleichen Schutz für die Beschäftigten erreichen. Die Technischen Regeln für inkohärente optische Strahlung aus künstlichen Quellen (TROS IOS) und die TROS Laserstrahlung konkretisieren insbesondere die Festlegungen zur Gefährdungsbeurteilung, zur Messung und Berechnung sowie für entsprechende Schutzmaßnahmen.

TROS Teil Allgemeines

Der Teil Allgemeines erläutert den Anwendungsbereich der OStrV und enthält die wesentlichen Begriffe, die bei der Umsetzung der OStrV hinsichtlich IOS und Laserstrahlung relevant sind, sowie Angaben zu tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten. Anforderungen und Aufgaben von Laserschutzbeauftragten (LSB) sowie Anforderungen an entsprechende Ausbildungskurse werden ebenfalls aufgeführt.

TROS Teil 1, Beurteilung der Gefährdung

Hier werden das Vorgehen bei der Beurteilung von Gefährdungen durch Expositionen gegenüber IOS und Laserstrahlung nach § 3 OStrV behandelt. Sie konkretisiert die Vorgaben der OStrV innerhalb des durch § 5 und § 6 ArbSchG vorgegebenen Rahmens.

TROS Teil 2, Messungen und Berechnungen von Expositionen

Das Vorgehen bei der Planung, der Beauftragung, der Durchführung und Auswertung von Messungen und Berechnungen zu Expositionen am Arbeitsplatz nach dem Stand der Technik und der Vergleich der Messergebnisse mit Expositionsgrenzwerten (EGW), die im Anhang enthalten sind, wird im zweiten Teil konkretisiert. Ein schematischer Überblick über eine mögliche Messstrategie ist in Tabelle 6.3-2 gegeben.

TROS Teil 3

Im dritten Teil der TROS zu IOS und zu Laserstrahlung, wird das Vorgehen bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik beschrieben, wie es in der OStrV gefordert wird. Die Dokumentation der anzuwendenden Schutzmaßnahmen ist ebenso Teil der Gefährdungsbeurteilung wie die regelmäßige Überprüfung der Wirksamkeit abgeleiteter Maßnahmen.

Tab. 6.4-2 Exemplarische Vorgehensweise zur Bestimmung von für die Gefährdungsbeurteilung relevanten Strahlungsgrößen.

Messstrategie	
Zielsetzung	Abschätzung der Exposition Vorprüfung EGW-Einhaltung detaillierte Analyse
Expositionsbedingungen	Angaben zur Strahlungsquelle Analyse der Arbeitsaufgabe (Aufenthaltsorte und Expositionsdauern) Schädigungsmöglichkeiten Auswahl des oder der zutreffenden EGW Persönliche Schutzausrüstung
Durchführung	An EGW angepasste Auswahl der Messgeräte und Messverfahren (spektral und/oder integral) verschiedene Messorte und/oder Messrichtungen technische Kenntnisse der Messverfahren und -parameter
Analyse und Beurteilung	Bestimmung oder Berechnung relevanter Strahlungsgrößen, Wichtung mit Aktionsspektren Vergleich von Messwerten mit EGW Ableitung maximal zulässiger Expositionsdauern Schutzmaßnahmen ableiten und festlegen
Protokoll	Messprotokoll erstellen Ergebnisse festhalten Gefährdungsbeurteilung dokumentieren Wiederholungsmessungen terminieren

Normative Konzepte - Laserklassen und Risikogruppen

Neben dem gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerk gilt für die Sicherheit von Laserprodukten auch die nach der europäischen Niederspannungsrichtlinie harmonisierte Norm DIN EN 60825-1. Worst-Case-Betrachtungen innerhalb entsprechender Sicherheitskonzepte führen zu einem System von Laserklassen, das auch bei der Gefährdungsbeurteilung und der Festlegung von Schutzmaßnahmen eine wichtige Rolle spielt. Dadurch lassen sich Messungen oder Berechnungen auf ein Mindestmaß reduzieren. Nach DIN EN 60825-1 sind Laser in die Klassen 1, 1M,1C, 2, 2M, 3R, 3B und 4 (höchste Klasse) eingeteilt. Grundsätzlich nimmt die Leistungsdichte mit steigender Laserklasse zu, wobei dies für die "neue" 2015er Klasse 1 nicht mehr ausnahmslos zutrifft. Die Bezeichnung der Laserklasse 3B ist historisch bedingt, das "M" leitet sich von "magnifying optical viewing instruments" (vergrößernde optische Sehinstrumente) ab, "R" steht für reduzierte Anforderungen und "C" bezieht sich auf die Notwendigkeit von "Hautkontakt" des Lasergerätes.

Die DIN EN 50689 "Sicherheit von Laserprodukten - Besondere Anforderungen an Verbraucher-Laserprodukte" beschreibt zur DIN EN 60825-1 zusätzliche Festlegungen an Verbraucherprodukte, die Laser enthalten und für den nicht-professionellen Gebrauch vorgesehen sind.

Inkohärente optische Strahlungsquellen wie Lampen oder Lampensysteme werden nach DIN EN 62471 in die Risikogruppen RG0 (freie Gruppe), RG1, RG2 und RG3 eingeteilt. Je höher die Gruppe, desto höher ist die potenzielle

Gefährdung, die von der Quelle ausgehen kann. Allgemeinbeleuchtung wie etwa Schreibtischlampen oder Deckenbeleuchtung ist fast ausnahmslos in RG0, d. h., es geht keine photobiologische Gefahr davon aus. Hochleistungsscheinwerfer z. B. für Bühnen oder auch zur Baustellenbeleuchtung können dagegen sehr schnell in RG3 einzuordnen sein und selbst ein kurzzeitiger Blick in die Lampe stellt ein hohes Risiko für die Augengesundheit dar.

UV-Index

Die geschätzt mehreren Millionen Beschäftigten im Freien sind einer im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung deutlich höheren solaren UV-Dosis ausgesetzt. Ein hilfreiches Werkzeug zur Abschätzung ihrer Risiken durch Sonnenstrahlung ist der UV-Index (UVI). Hierbei wird die spektrale solare Bestrahlungsstärke, E(λ), mit dem CIE-Erythem-Wirkungsspektrum, Ser(λ), im UV-Wellenlängenbereich zwischen 250 und 400 nm mathematisch gefaltet. Zur einfacheren Darstellung wird der Integralwert mit dem Skalierungsfaktor 40 m^2W^{-1} multipliziert und die so berechneten Werte immer ganzzahlig dargestellt. Damit ist der UVI ein Indikator für die Erythem-Wirksamkeit solarer UV-Strahlung.

$$UVI = I_{uv} = k_{er} \int_{250nm}^{400nm} E(\lambda)\, S_{er}(\lambda) d\lambda = k_{er} E_{er}$$

Formel zur Ermittlung des UV-Index

Der UV-Index wird u. a. vom Bundesamt für Strahlenschutz auf ihren Internetseiten für mehrere Orte in Deutschland veröffentlicht.

6.4.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Einsatz sicherer Arbeitsmittel

Arbeitgeber dürfen nur solche Arbeitsmittel zur Verfügung stellen und verwenden lassen, die unter Berücksichtigung der vorgesehenen Einsatzbedingungen sicher sind. Dazu müssen Arbeitsmittel die Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen der entsprechenden Richtlinien wie beispielsweise der europäischen Regelungen nach Maschinenrichtlinie, Niederspannungsrichtlinie sowie deren nationale Umsetzungen erfüllen und auch über die erforderlichen sicherheitsrelevanten Ausrüstungen verfügen. Arbeitgeber sollen bei der Beschaffung von Arbeitsmitteln darauf achten, dass diese nach europäisch-harmonisierten Produktsicherheitsnormen entwickelt und gebaut wurden.

Im Bereich der Normung wird die Emission von Strahlungsquellen beschrieben und Emissionsgrenzwerte für Bestrahlungsstärke und Strahldichte sind definiert. Für die Gefährdungsbeurteilung an Arbeitsplätzen, die Quellen optischer Strahlung enthalten, können Herstellerangaben z. B. zu Bestrahlungs- oder Beleuchtungsstärken herangezogen werden. Hierbei ist zu überprüfen, ob die der Norm zugrunde liegenden Bedingungen für die Risikobeurteilung auf die Arbeitsbedingungen übertragen werden können.

Produkte dürfen gemäß Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) grundsätzlich nur auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn sie nach allgemein anerkannten "Regeln der Technik" so beschaffen sind, dass Benutzer oder Dritte bei ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung vor Gefahren aller Art für Leben und Gesundheit geschützt sind.

Laserschutzbeauftragter und fachkundige Person

In den TROS Laserstrahlung, Teil Allgemeines, Kapitel 5.1 wird auf die Anforderungen und Aufgaben des Laserschutzbeauftragten eingegangen. Im Absatz 4 heißt es:

"An Arbeitsplätzen mit Laser-Einrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 unterstützt der LSB durch seine Fachkenntnisse den Arbeitgeber bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung sowie bei der Festlegung und Durchführung von Schutzmaßnahmen. Der LSB unterstützt den Arbeitgeber bei der Überwachung des sicheren Betriebs der in seinem Zuständigkeitsbereich vorhandenen Laser-Einrichtungen durch regelmäßige Kontrollen der Schutzmaßnahmen. Art, Umfang und Häufigkeit der Kontrollen sowie die eventuelle Notwendigkeit einer dauerhaften Anwesenheit legt der Arbeitgeber in Abstimmung mit dem LSB in Abhängigkeit vom Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung fest. Stellt der LSB Abweichungen vom sicheren Betrieb fest, hat er den Arbeitgeber zu informieren und auf die Durchsetzung der erforderlichen Maßnahmen zum sicheren Betrieb hinzuwirken. Bei unmittelbarer Gefahr ist gemäß § 9 Absatz 2 Satz 2 ArbSchG zu handeln."

Die OStrV definiert in § 5 Absatz 10, dass "Fachkundig ist, wer über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Ausübung einer in dieser Verordnung bestimmten Aufgabe verfügt. Die Anforderungen an die Fachkunde sind abhängig von der jeweiligen Art der Aufgabe. Zu den Anforderungen zählen eine entsprechende Berufsausbildung oder Berufserfahrung jeweils in Verbindung mit einer zeitnah ausgeübten einschlägigen beruflichen Tätigkeit sowie die Teilnahme an spezifischen Fortbildungsmaßnahmen."

Nur eine fachkundige Person darf eine Gefährdungsbeurteilung durchführen.

Solare UV-Strahlung

Für Arbeitgeber mit Beschäftigten im Freien bestehen einige zu beachtende nationale gesetzliche Regelungen im Hinblick auf solare UV-Strahlung:

- ArbSchG: § 4 Allgemeine Grundsätze, § 5 Beurteilung der Arbeitsbedingungen, § 11 Arbeitsmedizinische Vorsorge und § 12 Unterweisung,
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV): § 3 Gefährdungsbeurteilung, § 6 Unterweisung der Beschäftigten sowie Anhang 5.1 Arbeitsplätze in nicht allseits umschlossenen Arbeitsstätten und Arbeitsplätze im Freien,
- BG-Vorschrift Unfallverhütungsvorschrift Grundsätze der Prävention (BGV A1): § 23 Maßnahmen gegen Einflüsse des Wettergeschehens.

Basierend auf diesem Regelwerk hat der Arbeitgeber die Verpflichtung, eine Gefährdungsbeurteilung (Expositionsermittlung und Bewertung) für Arbeiten im Freien durchzuführen. Dies geschieht durch eine fachkundige Person, die anschließend, basierend auf der Gefährdungsbeurteilung, erforderliche Schutzmaßnahmen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit ableitet und deren Anwendung auf Wirksamkeit überprüft. Außerdem müssen die Beschäftigten entsprechend unterwiesen werden, wozu auch der Hinweis auf die arbeitsmedizinische Vor-

sorge (ArbMedVV) bzw. den Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR) gehört. In der AMR 13.3 "Tätigkeiten im Freien mit intensiver Belastung durch natürliche UV-Strahlung von regelmäßig einer Stunde oder mehr je Tag" werden u. a. Kriterien festgelegt, ab wann Arbeitgeber für Beschäftigte eine Angebotsvorsorge ermöglichen müssen.

Zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung solar UV-exponierter Arbeitsplätze kann der UV-Index ein unterstützendes Hilfsmittel sein. Bei einem UVI ≤ 2 ist die Sonnenbrandgefahr niedrig, bei UVI = 3, 4 und 5 mittel, bei UVI-Werten von 6 und 7 hoch bzw. bei 8, 9 und 10 sehr hoch und bei UVI ≥ 11 spricht man von einem extremen Erythemrisiko. Mit dem jeweiligen UVI verknüpfte exemplarische Schutzmaßnahmen sind in Abbildung 6.4-4 zugeordnet. Es gilt zu beachten, dass für bestimmte vulnerable Gruppen bereits bei einem UV-Index von 1 oder 2 eine Erythemrisiko besteht.

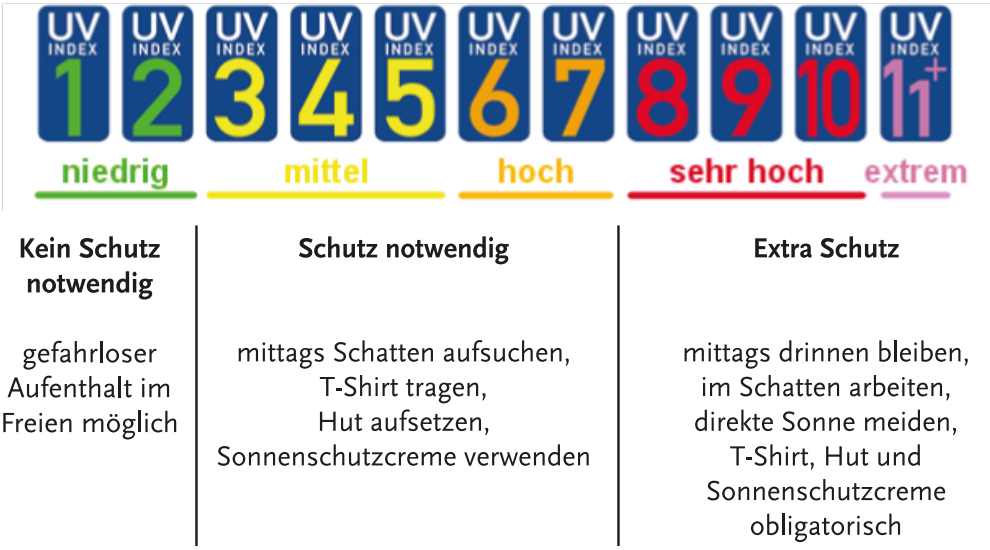

Abb. 6.4-4 UV-Index-Stufen mit zugehörigen grundlegenden Schutzmaßnahmen (BAUER 2018)

Zur Abschätzung des tendenziellen Erythemrisikos in Deutschland kann nachfolgender UVI-Kalender (vgl. Tab. 6.4-3) verwendet werden.

Tab. 6.4-3 UVI-Jahreskalender für Deutschland (OTT 2016)

Zeitraum		Uhrzeit	UVI	Witterung	Gefährdung
Anfang Mitte	Januar - März	ganztägig	< 3	selbst bei Sonne	niedrig
Mitte Mitte	März- April	9:30 bis 16:30 Uhr	≥ 3	bei Sonne	mittel
Mitte Mitte	April - September	10:30 bis 15:30 uhr	> 5	bei Sonne	hoch
Mitte Mitte	September - Oktober	9:30 bis 16:30 Uhr	≥ 3	bei Sonne	mittel
Mitte Ende	Oktober - Dezember	ganztägig	< 3	selbst bei Sonne	niedrig

Lichtbogenschweißen

Die beim Lichtbogenschweißen auftretende UV-Strahlung ist gefährlich und ohne geeignete Schutzmaßnahmen können verblitzte Augen und gerötete Haut auftreten. Neben den Schweißenden selbst sind vor allem ihre Helfer und Beschäftigte an benachbarten Arbeitsplätzen oder auf Betriebswegen zu schützen. Besteht keine Möglichkeit,

eine Gefährdungsbeurteilung von Schweißarbeitsplätzen und ihrer Umgebung nach dem Stand der Technik durch eigene betriebliche Messungen durchzuführen, kann die Drehscheibe Lichtbogenschweißen helfen, mit der ein einfaches und wirkungsvolles Instrument zur Bewertung von Gefährdungen durch UV-Strahlung beim Schweißen vorliegt. Nach Festlegen des Schweißverfahrens und Einstellen der Schweißbedingungen (Material und Prozessvariante) wird durch Drehen des oberen Teils der Drehscheibe einer von vier Schweißstromstärkebereichen ausgewählt. Die maximal zulässigen Expositionsdauern für UV-Strahlung können dann sofort für Abstände von 1 m und 3 m zum Lichtbogen abgelesen werden und sind mit einer dreistufigen Farbskala, welche das Gefährdungspotenzial wiedergibt, hinterlegt (BAUER 2017).

Abb. 6.4-5 Drehscheibe Lichtbogenschweißen

6.4.4 Vorschriften, Regelwerke, Literatur

Gesetze, Verordnungen und EU-Richtlinien

www.gesetze-im-internet.de; https://eur-lex.europa.eu/homepage.html

- ArbSchG: Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit
- ProdSG: Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt
- ArbMedVV: Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- ArbStättV: Verordnung über Arbeitsstätten
- OStrV: Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung – OStrV)
- 2006/25/EG, Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)
- 2014/59/EU, Beschluss der EU-Kommission 2014/59/EU vom 5. Februar 2014 über Sicherheitsanforderungen, denen europäische Normen für Lasereinrichtungen für Verbraucher gemäß der Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates genügen müssen

Technisches Regelwerk zu den Arbeitsschutzverordnungen

www.baua.de

- AMR 13.3: Tätigkeiten im Freien mit intensiver Belastung durch natürliche UV-Strahlung von regelmäßig einer Stunde oder mehr je Tag
- TROS IOS: Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung. TROS Inkohärente Optische Strahlung
- TROS Laserstrahlung: Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung. TROS Laserstrahlung

DGUV Vorschriften, Regeln und Informationen

- DGUV Publikationen zu Nichtionisierender Strahlung
- DGUV Information 203-085: Arbeiten unter der Sonne, 2016
- DGUV Information 203-042: Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, 2018
- DGUV Grundsatz 303-005: Ausbildung und Fortbildung von Laserschutzbeauftragten sowie Fortbildung von fachkundigen Personen zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach OStrV bei Laseranwendungen, 2018
- DGUV Information 203-093: Handlungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung beim Betrieb von offenen Laser-Einrichtungen zur Materialbearbeitung mit Handführung oder Handpositionierung (HLG), 2019

Normen und Veröffentlichungen von Verbänden

www.beuth.de

- DIN EN 12198-1: Sicherheit von Maschinen - Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung - Teil 1: Allgemeine Leitsätze
- DIN EN 14255: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung (Normenreihe)
- DIN EN 60825-1: Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen
- DIN EN 62471: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen
- DIN EN 50689: Sicherheit von Laserprodukten - Besondere Anforderungen an Verbraucher-Laserprodukte
- DIN/TS 67506: Entkeimung von Raumluft mit UV-Strahlung - UV-C-Sekundärluftgeräte

Fachverband für Strahlenschutz e. V., Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung (AKNIR)

Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung (AKNIR)

- Leitfaden "Sonnenstrahlung", 2012
- Leitfaden "Inkohärente sichtbare und infrarote Strahlung von künstlichen Quellen". 2018
- Leitfaden "Inkohärente ultraviolette Strahlung von künstlichen Quellen", 2018

– Leitfaden "Laserstrahlung", 2019

Ergänzende Informationen

– (BAUER 2017) Bauer, S.: Einfach sicher schweißen – UV-Strahlungsbelastung beim Schweißen neu bewertet. baua: Aktuell 3/2017
– (BAUER 2018) Bauer, S; Ott, G; Knuschke, P.: Gefährdungsbeurteilung solar UV-exponierter Arbeitsplätze - eine Handlungshilfe. In: 25. Erfurter Tage, Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen, S. 132-138, 2018
– (BMAS 2013) Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Wissenschaftliche Begründung für die Berufskrankheit "Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung". Gemeinsames Ministerialblatt 35, 671-693, 2013
– (IARC 2012) International Agency for Research on Cancer (IARC): Solar and Ultraviolet Radiation. In: Radiation - A Review of Human Carcinogens: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 2012; 100 D:35-101. ISBN: 978-92-832-1321-5
– Memocard UV-Index (UVI) und anzuwendende Schutzmaßnahmen
– (OTT 2016) Ott, G.; Janßen, W.; Knuschke, P.: Schutz vor solarer UV-Strahlung - Eine Auswahl von Präventionsmaßnahmen. baua: Fokus 2016
– (RKI 2016) Zentrum für Krebsregisterdaten im Robert Koch-Institut: Bericht zum Krebsgeschehen in Deutschland 2016. 269 Seiten

6.4.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

(Unvollständige) Prüfliste

– Unterweisung erhalten?
– Betrieb gemäß herstellerseitiger Betriebsanweisung?
– sicherheitstechnische Überprüfung vorhanden?
– Arbeitsanweisung, die zur Exposition führt?
– Reduzierung der Expositionsdauer möglich?
– Schutzmaßnahmen vorhanden?
– Gefahrenbereich gekennzeichnet?
– Gefährdungsbeurteilung durchgeführt und dokumentiert?
– arbeitsmedizinische Vorsorge verpflichtend oder möglich?

Exemplarisches Messprotokoll

– Bearbeiter: Name, Ort, Datum, Uhrzeit
– Betreiber der Anlage: Name
– Anlage/Gerät/Quelle: Hersteller, Baujahr, Inventarnummer, Leistung, Typ, Zustand, Betriebsart, Einhausung, optische Komponenten, Standort, Emissionsdaten, Spektrum, ggf. vorhandene Gefährdungsbeurteilung
– Arbeitsablauf: typische und kritische Aufenthaltsorte, effektive Expositionsdauer, Kontroll- und Wartungsarbeiten
– verwendete Messgeräte: Typ, Seriennummer, Kalibrierung, Messgröße(n)
– Messorte (Position und Abstand zur Quelle)
– Messwerte: Bestrahlungsstärke, Strahldichte, Wichtung, Durchschnitts- oder Maximalwerte, Momentaufnahmen, zeitliche oder örtliche Schwankungen
– Messunsicherheit (Geräte, Mittelwert, Standardabweichung)
– Vergleich von Messwerten mit EGW
– Bestimmung der maximal zulässigen Expositionsdauern
– zusammenfassende Darstellung der Gefährdungssituation
– Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen nach dem STOP-Prinzip
– Datum und Unterschrift

6.4.6 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

Autoren:

- Dr. rer. nat. Stefan Bauer
  Fachgruppe 2.2 "Physikalische Faktoren"
- Dr. rer. nat. Ljiljana Udovicic
  Fachgruppe 2.2 "Physikalische Faktoren"
- Dipl.-Ing. (FH) Günter Ott

Ansprechpartner:

- Dr. rer. nat. Stefan Bauer
  Fachgruppe 2.2 "Physikalische Faktoren"

Kontakt

Anlagen

- Anlage 1: Messstrategie zur Messung optischer Strahlung
- Anlage 2: Messprotokoll zur Messung optischer Strahlung

ANLAGE 1

Messstrategie zur Messung optischer Strahlung

– Zielsetzung der Messung festlegen, z. B.:
  - Überwachung der Expositionsgrenzwerteinhaltung an einem Arbeitsplatz
– Ermittlung der Expositionsbedingungen, z. B.:
  - Welche Angaben liegen über die Strahlungsquelle vor?
  - Aufenthaltsorte und Expositionszeiten während der Arbeitsschicht
  - Schädigungsmöglichkeiten, Expositionsgrenzwerte
  - Persönliche Schutzausrüstung

– Planung
  - Auf Grundlage der Zielsetzung und der Messbedingungen sind die Durchführung der Messung und das einzusetzende Messgerät festzulegen.
– Auswahl des Messverfahrens
  - Spektralverfahren
  - Integralverfahren
  - Personendosimeter

– Durchführung der Messung unter Berücksichtigung z. B. folgender Punkte:
  - Messort bzw. Messorte
  - Messrichtung
  - Messdauer, Mittelungsdauer

– Auswertung der Messergebnisse, z. B. Bestimmung der effektiven Bestrahlungsstärke
– Bewertung Vergleich Messwerte-Expositionsgrenzwerte
– Festlegen, wann Wiederholungsmessungen notwendig sind, z. B. bei Veränderung der Expositionsbedingungen
– Messprotokoll erstellen

In Anlehnung an Siekmann, H.: Messung und Beurteilung optischer Strahlung – Handlungsbedarf, Tagungsband Nichtionisierende Strahlung, Band I. Köln: TÜV-Verlag GmbH 1999, S. 513–526; ISBN 3-8249-0559-0

ANLAGE 2

Messprotokoll zur Messung optischer Strahlung

1. Allgemeine Angaben

Betreiber:	
Anschrift:	
Ort, Datum, Uhrzeit:	
Bearbeiter:	
Bemessene Anlage/Gerät:	
Standort:	
Hersteller und Baujahr:	
Inventarnummer:	
Angaben zur Strahlungsquelle:	
Hersteller:	
Leistung:	
Typ:	
Emissionsdaten:	
Betriebsart:	
Spektrum bekannt?	
Einhausung:	
Optische Komponenten:	
Arbeitsablauf (typische und kritische Aufenthaltsorte, effektive Expositionsdauer, Kontroll- und Wartungstätigkeiten):	

2. Messungen

– Verwendete Messgeräte:

Typ:	
Seriennummer:	
Messaufnehmer:	
Kalibrierung:	

– Messorte und Messpunkte (Beschreibung, Lageplan oder -skizze)
– Messwerte (Bestrahlungsstärke, Durchschnitts- und Maximalwerte)
– Besonderheiten (Einfluss weiterer optischer Strahlungsquellen, örtliche und zeitliche Varianz der Werte)
– Angaben zur Messunsicherheit

3. Expositionsgrenzwerte

– Expositionsgrenzwertsituation (Rechtsvorschriften, Richtlinien, Normen)
– Expositionsgrenzwerte für die maximal zulässige Expositionsdauer

4. Auswertung

– Vergleich der Messwerte mit den Expositionsgrenzwerten für die maximal zulässige Bestrahlung
– Ermittlung der maximal zulässigen Expositionsdauer
– Zusammenfassende Darstellung der Gefährdungssituation

5. Empfehlungen für Schutzmaßnahmen

– Technische Gestaltungsmaßnahmen
– Organisatorische Schutzmaßnahmen (z. B. Festlegung von Aufenthaltszeiten, Warnhinweise, Einweisung und Unterweisung)
– Persönliche Schutzmaßnahmen

Datum/Unterschrift

In Anlehnung an Knuschke, P.: UV-Expositionen durch künstliche Strahlungsquellen in Arbeitsbereichen, Tagungsband Nichtionisierende Strahlung, Band I. Köln: TÜV-Verlag GmbH 1999, S. 493–504

Impressum

Zitiervorschlag:
Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer, Hrsg., 2023.
Handbuch Gefährdungsbeurteilung
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
DOI: 10.21934/baua:fachbuch20230531
[Bitte Zugriffsdatum einfügen]
Verfügbar unter: www.baua.de/gefaehrdungsbeurteilung

Fachliche Herausgeber:
Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer

Herausgeber:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1–25, 44149 Dortmund
Postanschrift: Postfach 17 02 02, 44061 Dortmund

Telefon: 0231 9071-2071
Telefax: 0231 9071-2070
E-Mail: *info-zentrum@baua.bund.de*
Internet: *www.baua.de*

Redaktion: Strategische Kommunikation und Kooperation, BAuA
Gestaltung: Susanne Graul, BAuA; eckedesign, Berlin
Fotos: Uwe Völkner, Fotoagentur FOX, Lindlar/Köln; Kapitel "Biostoffe": Nancy Heubach, BAuA

Diese Handlungshilfe benutzt eine geschlechtergerechte Sprache. Dort, wo das nicht möglich ist oder die Lesbarkeit stark eingeschränkt würde, gelten die gewählten personenbezogenen Bezeichnungen für beide Geschlechter.

Alle Urheberrechte bleiben vorbehalten. Die auf der Website der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin hinterlegten Datenbankinhalte, Texte, Grafiken, Bildmaterialien, Ton-, Video- und Animationsdateien sowie die zum Download bereitgestellten Publikationen sind urheberrechtlich geschützt. Wir behalten uns ausdrücklich alle Veröffentlichungs-, Vervielfältigungs-, Bearbeitungs- und Verwertungsrechte an den Inhalten vor.

Die Inhalte dieser Handlungshilfe wurden mit größter Sorgfalt erstellt und entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die BAuA jedoch keine Gewähr.

Nachdruck und sonstige Wiedergabe sowie Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.