

Technische Regeln zur Arbeitsschutz- verordnung zu künstlicher optischer Strahlung	TROS Inkohärente Optische Strahlung	Teil: Allgemeines
---	--	------------------------------

Die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Inkohärente Optische Strahlung) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitsplatzhygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung wieder.

Sie werden vom **Ausschuss für Betriebssicherheit** unter Beteiligung des Ausschusses für Arbeitsmedizin ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TROS IOS, Teil Allgemeines, konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs die Anforderungen der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung und der Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Verantwortung
- 3 Gliederung der TROS IOS
- 4 Begriffsbestimmungen
- 5 Beispiele für Expositionen durch inkohärente optische Strahlung aus künstlichen Quellen an Arbeitsplätzen und in der Ausbildung

Anlage: Biologische Wirkungen inkohärenter optischer Strahlung

Literaturhinweise

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Technische Regel mit ihren Teilen (Allgemeines, Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung, Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung sowie Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung) dient dem Schutz vor direkten Gefährdungen der Augen und der Haut der Beschäftigten durch inkohärente optische Strahlung künstlicher Quellen am Arbeitsplatz und behandelt auch den Schutz vor Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen (z. B. vorübergehende Blendung, Brand- und Explosionsgefahr).

(2) Die TROS IOS gilt für inkohärente optische Strahlung künstlicher Quellen im Wellenlängenbereich zwischen 100 nm und 1 mm.

(3) Der Teil Allgemeines der TROS IOS erläutert den Anwendungsbereich der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) und enthält die wesentlichen Begriffe, die bei der Umsetzung der OStrV hinsichtlich inkohärenter optischer Strahlung relevant sind, sowie Angaben zu tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten durch inkohärente optische Strahlung.

(4) Unabhängig von den in dieser TROS IOS beschriebenen Vorgehensweisen sind vom Arbeitgeber die Beschäftigten oder ihre Interessenvertretung, sofern diese vorhanden ist, aufgrund der einschlägigen Vorschriften zu beteiligen.

2 Verantwortung

(1) Für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung ist der Arbeitgeber verantwortlich. Sofern er nicht selbst über die erforderlichen Kenntnisse verfügt, muss er sich fachkundig beraten lassen (z. B. durch geeignete Fachkräfte für Arbeitssicherheit oder fachkundige Personen nach § 5 OStrV).

(2) Hinsichtlich der Beteiligungsrechte der betrieblichen Interessenvertretung gelten die Bestimmungen des Betriebsverfassungsgesetzes bzw. der jeweiligen Personalvertretungsgesetze.

3 Gliederung der TROS IOS

Die Technische Regel TROS Inkohärente optische Strahlung gliedert sich in folgende Teile:

1. Teil Allgemeines
2. Teil 1: Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung
3. Teil 2: Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung
4. Teil 3: Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung

4 Begriffsbestimmungen und Erläuterungen

Es gelten die in § 2 OStrV festgelegten Begriffe. Im Folgenden werden zu wichtigen Begriffen nähere Erläuterungen gegeben (alphabetische Aufzählung).

4.1 Ausmaß

Unter dem Ausmaß ist nach § 2 Absatz 9 OStrV die Höhe der Exposition gegenüber inkohärenter optischer Strahlung zu verstehen. Je nach Wellenlängenbereich und zu vermeidender Wirkung (Schutzziel) wird das Ausmaß durch die Strahlungsgrößen Bestrahlungsstärke, Bestrahlung oder Strahldichte ausgedrückt.

4.2 Bestrahlung H

(1) Die Bestrahlung H (oder Energiedichte) ist das Integral der Bestrahlungsstärke E über die Zeit t. Sie ist gegeben durch folgenden Zusammenhang:

$$H = \int_{t_1}^{t_2} E \cdot dt$$

Einheit: $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ (Joule pro Quadratmeter)

(2) Bei Expositionen an Arbeitsplätzen ist über die Expositionsdauer $\Delta t = t_2 - t_1$ zu integrieren.

4.3 Bestrahlungsstärke E

(1) Die Bestrahlungsstärke E (oder Leistungsdichte) ist die auf eine Fläche fallende Strahlungsleistung dP je Flächeneinheit dA. Sie ist gegeben durch folgenden Zusammenhang:

$$E = \frac{dP}{dA}$$

(2) Bei homogener Verteilung der Strahlungsleistung gilt:

$$E = \frac{P}{A}$$

Einheit: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Watt pro Quadratmeter).

In der Fachliteratur wird die Strahlungsleistung auch mit dem Formelzeichen Φ bzw. Φ_e bezeichnet.

4.4 Betriebszustände

(1) Die Betriebszustände der Quellen für inkohärente optische Strahlung müssen für die Gefährdungsbeurteilung genau definiert werden.

(2) Beispiele für Betriebszustände sind Normalbetrieb (bestimmungsgemäßer Betrieb, Gebrauch), Wartung, Service, Errichtung und Außerbetriebnahme.

(3) Für die Gefährdungsbeurteilung muss zwischen Betriebszuständen, die im Vergleich zum Normalbetrieb zu einer Gefährdungserhöhung und Betriebszuständen, die zu keiner Gefährdungserhöhung führen können, unterschieden werden.

4.4.1 Normalbetrieb

Betrieb einer Quelle für inkohärente optische Strahlung im gesamten Funktionsbereich, ohne z. B. Wartung und Service.

4.4.2 Wartung

Durchführung der Justierungen oder Vorgänge, die in vom Hersteller mit der Quelle für inkohärente optische Strahlung gelieferten Informationen für den Benutzer beschrieben sind und vom Benutzer ausgeführt werden, um die vorgesehene Funktion der Strahlungsquelle sicherzustellen. Normalbetrieb und Service sind hierbei nicht enthalten.

4.4.3 Service

Durchführung der Tätigkeit oder Justierarbeiten, die in den Service-Unterlagen des Herstellers beschrieben sind und die in irgendeiner Art die Leistungsfähigkeit der Strahlungsquelle beeinflussen können.

4.5 Effektive Strahlungsgrößen

Bei der Anwendung der Expositionsgrenzwerte sind in einigen Wellenlängenbereichen die Strahlungsgrößen mit einer biologischen Wirkungsfunktion zu bewerten. Sie werden dann als effektive Strahlungsgrößen bezeichnet. Zur Unterscheidung wird die Strahlungsgröße mit einem tiefgestellten Index gekennzeichnet, z. B. ist E_B die effektive Bestrahlungsstärke für die „Blaulichtgefährdung“ (engl. „blue light hazard“) und E_{eff} die mit der Wichtungsfunktion $S(\lambda)$ gewichtete Bestrahlungsstärke im UV-Bereich. Beispiele für Wichtungsfunktionen finden sich im Anhang „Biologische Wirkungen inkohärenter optischer Strahlung“ dieser TROS IOS.

4.6 Emission

Emission im Sinne dieser TROS IOS ist das Abstrahlen von Energie in Form inkohärenter optischer Strahlung.

4.7 Exposition

Exposition im Sinne dieser TROS IOS ist die Einwirkung von inkohärenter optischer Strahlung auf die Augen oder die Haut.

4.8 Expositionsgrenzwert (EGW)

Die Expositionsgrenzwerte nach § 2 Absatz 5 OStrV sind maximal zulässige Werte bei Exposition der Augen oder der Haut gegenüber inkohärenter optischer Strahlung. Diese sind im Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ aufgeführt.

Hinweis:

Der EGW ist das maximale Ausmaß der inkohärenten optischen Strahlung, dem das Auge oder die Haut ausgesetzt werden kann, ohne dass damit akute Gesundheitsschädigungen gemäß Tabelle A.1 des Anhangs dieser TROS verbunden sind. Zum Schutz vor langfristigen Schädigungen durch die kanzerogene Wirkung von UV-Strahlung ist das Minimierungsgebot nach § 7 OStrV besonders zu beachten.

4.9 Expositionsdauer Δt

Die Expositionsdauer Δt ist – im Unterschied zur täglichen Arbeitszeit – die tatsächliche Dauer der Einwirkung inkohärenter optischer Strahlung auf die Augen oder die Haut während der Arbeitszeit.

4.10 Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen

Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen sind alle negativen Auswirkungen von inkohärenter optischer Strahlung auf die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten, die nicht durch die Expositionsgrenzwerte für die Augen und die Haut abgedeckt sind. Dazu gehören z. B. vorübergehende Blendung, Brand- und Explosionsgefahr, Entstehung von Gefahrstoffen sowie alle möglichen Auswirkungen, die sich durch das Zusammenwirken inkohärenter optischer Strahlung und fotosensibilisierender chemischer Stoffe am Arbeitsplatz ergeben können.

4.11 Inkohärente optische Strahlung

Inkohärente optische Strahlung im Sinne der OStrV ist optische Strahlung aus künstlichen Quellen, die im Unterschied zu Laserstrahlung ohne feste Phasenbeziehung der elektromagnetischen Wellen ist. Sie wird z. B. von folgenden Strahlungsquellen emittiert: Glühlampen, Leuchtstofflampen, LED, Gasstrahlern, Metall- und Glas-schmelzen, Schweißlichtbögen.

Hinweis:

Wenn in dieser TROS IOS der Begriff inkohärente optische Strahlung verwendet wird, bezieht sich dieser nur auf die Emission aus künstlichen optischen Strahlungsquellen. Bei Bündelung von Strahlung natürlicher Quellen (beispielsweise bei Solar-kraftwerken) findet diese TROS IOS hingegen auch Anwendung.

4.12 Künstliche Strahlungsquellen

Künstliche Strahlungsquellen im Sinne der OStrV sind vom Menschen gemachte Quellen optischer Strahlung. Dazu gehören z. B. Lampen zur Beleuchtung, Scheinwerfer, Lampen und LED für Anzeigen, Elektro- und Gasschweißgeräte, Öfen zur Erwärmung, Öfen zum Schmelzen von Metall und von Glas, Lampen zur Entkeimung sowie zur Lack- und Kunststofftrocknung, Blitzlampen zur Ausleuchtung sowie Blitzlampen zur kosmetischen und medizinischen Behandlung.

4.13 Messgesichtsfeld (Empfangswinkel) γ

Der ebene Winkel, innerhalb dessen ein Empfänger (optisches Messgerät) auf optische Strahlung anspricht, wird manchmal auch mit Gesichtsfeld, Akzeptanzwinkel oder FOV (von *field of view*) bezeichnet. Der Empfangswinkel γ kann durch Messblenden eingestellt werden. Die in der Expositionsgrenzwerteliste (Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“) verwendete Einheit für γ ist Milliradian (mrad).

4.14 Mögliche Gefährdung

(1) Eine mögliche Gefährdung nach § 1 Absatz 1 OStrV liegt vor, wenn eine Überschreitung der Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ durch inkohärente optische Strahlung nicht ausgeschlossen werden kann.

(2) Das gilt z. B. für Beschäftigte in der Nähe von Schweißarbeitsplätzen (z. B. auf Verkehrswegen), bei der Entkeimung mit UV-Strahlung, bei der Oberflächenrissprüfung mit UV-Strahlung oder Blaulicht, beim Aufenthalt in der Nähe starker Strahlungsquellen (Gebäudebeleuchtung, Projektionsgeräte („Beamer“), Scheinwerfer, bei Schmelzöfen (Metall oder Glas) oder bei der Anwendung intensiv gepulster Lampen. Dies gilt auch bei der Wartung und Instandhaltung solcher Einrichtungen.

4.15 Optische Strahlung

(1) Optische Strahlung nach § 2 Absatz 1 OStrV ist jede elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 1 mm. Das Spektrum der optischen Strahlung wird unterteilt in ultraviolette (UV-)Strahlung, sichtbare (VIS-)Strahlung und infrarote (IR-)Strahlung (siehe Abbildung 1).

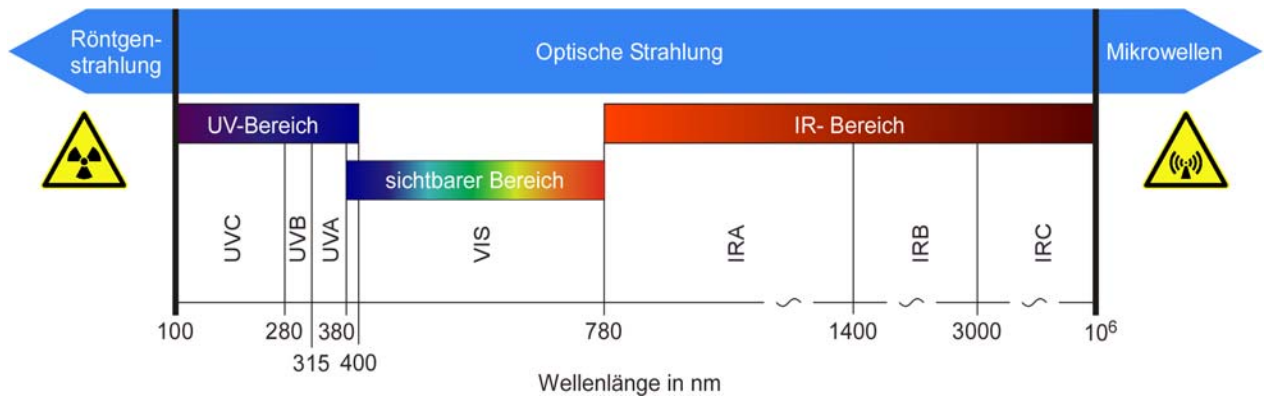


Abb. 1 Spektralbereiche der optischen Strahlung

(2) In der OStrV wurde für die langwellige Grenze des UV-A-Bereiches der Wert von 400 nm aus den Basis-Dokumenten der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, englisch für Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung) übernommen. In anderen Dokumenten (z. B. in einigen Normen) wird diese Grenze entweder mit 380 nm oder mit 400 nm angegeben. Diese Unterscheidung bei der Angabe von unterschiedlichen Wellenlängenbereichen spielt jedoch bei der Anwendung der OStrV keine Rolle. Die Expositionsgrenzwerte sind hinsichtlich der Wellenlängengrenzen eindeutig definiert.

4.16 Strahldichte L

(1) Die Strahldichte L nach § 2 Absatz 8 OStrV ist der Strahlungsfluss oder die Strahlungsleistung P je Raumwinkel Ω je Fläche A $\cos \varepsilon$. Dies gilt bei homogener Verteilung der Strahlungsleistung (Abbildung 2). Die Strahldichte L ist dann gegeben durch folgenden Zusammenhang:

$$L = \frac{P}{\Omega \cdot A \cdot \cos \varepsilon}$$

Einheit: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

(Watt pro Quadratmeter und Steradian)

(2) Durch $\cos \varepsilon$ wird das Kosinusetz berücksichtigt, da bei der Ermittlung der Strahldichte die projizierte Fläche einzusetzen ist, d. h. die Fläche, die bei Betrachtung der Fläche unter einem Winkel ε gegenüber der Flächennormale mit dem Kosinus von ε abnimmt. Bei $\varepsilon = 0$ gilt:

$$L = \frac{P}{\Omega \cdot A}$$

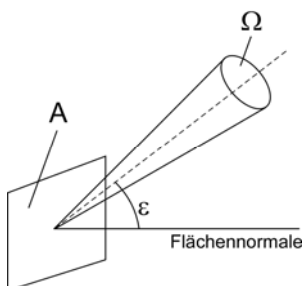


Abb. 2 Strahldichte L unter einem Winkel ε

4.17 Tatsächliche Gefährdung

Eine tatsächliche Gefährdung nach § 1 Absatz 1 OStrV liegt vor, wenn die Exposition durch inkohärente optische Strahlung so hoch ist, dass die Expositionsgrenzwerte ohne die Anwendung von Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung nach § 7 OStrV überschritten werden. Das gilt z. B. für das Elektroschweißen, das Gas-schweißen, die UV-Desinfektion und die UV-Sterilisation. Eine tatsächliche Gefährdung kann auch eine Gefährdung durch indirekte Auswirkungen sein (z. B. als Folge einer vorübergehenden Blendung, Brand- oder Explosionsgefahr).

4.18 Winkelausdehnung α

(1) Der Winkel, unter dem die Quelle von einem Raumpunkt aus erscheint, wird definiert durch:

$$\alpha = \frac{D}{r}$$

(2) Dabei ist r der Abstand zur Quelle. Der Durchmesser D der Quelle wird wie folgt bestimmt:

1. durch den Kreisdurchmesser, wenn die Strahlungsquelle rund ist,
2. durch den arithmetischen Mittelwert aus der längsten und kürzesten Abmessung, wenn die Strahlungsquelle rechteckig ist.

Dabei ist die größte Winkelausdehnung $\alpha_{\max}$ auf 100 mrad und die kleinste Winkelausdehnung $\alpha_{\min}$ auf 1,7 mrad begrenzt.

5 Beispiele für Expositionen durch inkohärente optische Strahlung aus künstlichen Quellen an Arbeitsplätzen und in der Ausbildung

(1) Inkohärente optische Strahlung wird zur Prozessabwicklung erzeugt (z. B. bei der UV-Härtung von Lacken oder Farben) oder kann während eines Arbeitsprozesses als unerwünschtes Nebenprodukt (z. B. beim Schweißen) entstehen. Dies gilt sowohl für UV-Strahlung als auch für sichtbare und IR-Strahlung. Exposition gegenüber inkohärenter optischer Strahlung kann gemäß der Gefährdung eingeteilt werden. Quellen besitzen ein hohes Gefährdungspotenzial, wenn die Expositionsgrenzwerte bereits nach kurzer Zeit überschritten werden. Werden die Expositionsgrenzwerte weit unterschritten, dann kann die Quelle hinsichtlich direkter Gefährdungen als ungefährlich eingestuft werden. Näheres zur Einstufung der Gefährdung und Beispiele dafür sind in der TROS IOS, Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung“ beschrieben.

(2) Beim Schweißen entsteht in hohem Maße inkohärente optische Strahlung als unerwünschtes Nebenprodukt. Zu den verschiedenen Schweißverfahren lässt sich eine Abstufung der Gefährdung machen. Beim Elektroschweißen ist die Bestrahlungsstärke besonders hoch (bis zum 1500-fachen der Sonnenstrahlung), während beim Autogenschweißen mit einer geringeren Gefährdung zu rechnen ist. Neben der aktiven Tätigkeit können beim Schweißen auch Beschäftigte, die sich im Strahlungsfeld aufhalten, durch direkte Strahlung oder Reflexionen gefährdet sein. Ebenso können Beschäftigte gefährdet sein, die sich auf Verkehrswegen in der Nähe des Schweißarbeitsplatzes aufhalten oder bewegen.

(3) Tätigkeiten, bei denen Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung auftreten können, sind beispielsweise das Arbeiten an einer Glas- oder Metallschmelze, am Hochofen, bei der UV- oder IR-Trocknung von Lacken und Farben, bei der Anwendung von Gasflammen, bei der Verarbeitung von Klebern (sowohl UV- als auch IR-härtend), bei der zerstörungsfreien UV-Rissprüfung von Metallteilen, beim Sichtbarmachen von Markierungen, bei der Beleuchtung in der Bildverarbeitung (z. B. Qualitätsprüfung bei der Materialherstellung), bei der Entkeimung durch UV-Strahlung und bei der Prüfung von Elektronikbauteilen. Weiterhin kann es bei Tätigkeiten im Bereich der Kunst und der Unterhaltung durch Scheinwerfer, Lichteffekte, Einstelllicht und Blitzlicht zu einer Gefährdung durch UV- und sichtbare Strahlung kommen.

(4) Strahlungsquellen, die unter bestimmten Bedingungen keine Gefährdung darstellen, sind zum Beispiel deckenmontierte Projektionsgeräte („Beamer“) oder Schwarzlichtstrahler, sofern eine direkte Exposition ausgeschlossen werden kann.

(5) Als Strahlungsquellen, die kein Gefährdungspotenzial im Sinne der OStrV aufweisen, gelten beispielsweise handelsübliche Deckenleuchten, Allgemeinbeleuchtung in Arbeitsstätten, Computer- oder andere Bildschirme, Anzeigelampen oder Kontrollleuchten. Dies gilt beim Normalbetrieb. Wartung und Service sind u. U. gesondert zu betrachten.

Anlage

Biologische Wirkung inkohärenter optischer Strahlung

1 Schädigungsmöglichkeiten für Auge und Haut

(1) Die Wirkung inkohärenter optischer Strahlung ist im Wesentlichen auf die Augen und die Haut begrenzt. Die inneren Organe werden nicht gefährdet.

(2) Bei den schädigenden biologischen Wirkungen ist zu unterscheiden, ob die Einwirkung der Strahlung auf die Haut oder auf das Auge erfolgt. Weiterhin ist zwischen akuten und chronischen Schädigungen zu differenzieren. Art und Schwere einer durch optische Strahlung hervorgerufenen Schädigung ist neben der Abhängigkeit von der Wellenlänge auch von der Bestrahlungsstärke, gegebenenfalls der Strahldichte, der Bestrahlungsdauer sowie der bestrahlten Fläche und den optischen Eigenschaften des Gewebes abhängig. Die verschiedenen biologischen Wirkungen werden durch Wichtungsfunktionen beschrieben [1]. Unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors bilden die Wichtungsfunktionen die Grundlage für Expositionsgrenzwerte, wie sie im Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ festgelegt sind.

(3) In Tabelle A.1 sind die unterschiedlichen Schädigungsmöglichkeiten für das Auge und für die Haut dargestellt. Bei der biologischen Wirkung gibt es nach dem heutigen Stand der Wissenschaft keinen Unterschied zwischen der kohärenten und inkohärenten Strahlung [2]. Die grundlegenden biologischen Wirkungsmechanismen sind die thermische Wirkung (durch Absorption der Strahlung im Gewebe entsteht Wärme), die fotochemische und fotobiologische Wirkung (hauptsächlich durch kurzwellige optische Strahlung werden chemische Reaktionen ausgelöst) und die fotomechanische Wirkung (kurze Impulse können Schockwellen im Gewebe hervorrufen).

(4) Eine Reihe chemischer Verbindungen und Medikamente kann das biologische Gewebe für die fotochemische Wirkung von optischer Strahlung sensibilisieren. Dadurch können heftige biologische Reaktionen, so genannte „fototoxische“ Reaktionen, auftreten (siehe Abschnitt 3).

(5) Eine lange andauernde Bestrahlung durch IR-Strahlung, die unter den Expositionsgrenzwerten für die IR-Strahlung liegt, kann dennoch eine Gefährdung für die Beschäftigten durch indirekte Auswirkungen darstellen. Es kann durch diese Bestrahlung zu einer Erhöhung der Körpertemperatur kommen, die mit akuten gesundheitlichen Auswirkungen (Beanspruchung des Herz-Kreislaufsystems, Thrombosegefahr, Flüssigkeitsverlust und Nachlassen der Aufmerksamkeit) verbunden sein kann. Dieser Aspekt ist unter anderem bei Hitzearbeitsplätzen zu beachten.

Tab. A.1 Einige Auswirkungen von optischer Strahlung auf Auge und Haut [7]

Wellenlängenbereich	Auge	Haut
UV-C	Photokeratitis Photokonjunktivitis	Erythem Präkanzerosen Karzinome
UV-B	Photokeratitis Photokonjunktivitis Katarakt	Verstärkte Pigmentierung (Spätpigmentierung) Beschleunigte Prozesse der Hautalterung Erythem Präkanzerosen Karzinome
UV-A	Katarakt	Bräunung (Sofortpigmentierung) Beschleunigte Prozesse der Hautalterung Verbrennung der Haut Karzinome
Sichtbare Strahlung (VIS)	Fotochemische und Fotothermische Schädigung der Netzhaut	Fotosensitive Reaktionen Thermische Schädigung der Haut
IR-A	Katarakt Thermische Schädigung der Netzhaut	Thermische Schädigung der Haut
IR-B	Katarakt Thermische Schädigung der Hornhaut	Thermische Schädigung der Haut
IR-C	Thermische Schädigung der Hornhaut	Thermische Schädigung der Haut

2 Das Auge

(1) Das am meisten gefährdete Organ beim Umgang mit optischer Strahlung ist das Auge (Abbildung A.1). Die Hornhaut (*Cornea*), die selbst etwa 75 % Wasser enthält, ist nach außen nur durch eine wenige Mikrometer dicke Tränenflüssigkeitsschicht gegen die Luft geschützt. An die Hornhaut schließt sich die vordere Augenkammer an, die mit Kammerwasser gefüllt ist. Vor der Augenlinse befindet sich kreisförmig die Regenbogenhaut (*Iris*). Die Öffnung der Regenbogenhaut wird Pupille genannt. Der Pupillendurchmesser ändert sich je nach Beleuchtungsstärke (gemeinhin als „Helligkeit“ bezeichnet), und bestimmt damit, wie viel sichtbare und nahe infrarote optische Strahlung ins Auge eintreten kann. Der Pupillendurchmesser kann dabei von 1,5 mm bis ca. 8 mm variieren. Der Raum hinter der Iris bis zur Linse wird hintere Augenkammer genannt.

(2) Die Linse ist mit einer elastischen Kapsel und einem weichen Kern in der Lage, ihre Form und damit die Brechkraft zu ändern (Akkommodation). Zwischen der Linse und der Netzhaut (*Retina*) befindet sich der Glaskörper, der zu etwa 98 % aus Wasser sowie einem Netz von Kollagenfasern besteht und eine gallertartige Struktur hat.

(3) In der Netzhaut, wo die Photorezeptoren liegen, werden die Lichtreize zu elektrischen Signalen verarbeitet, die durch den Sehnerv an das Gehirn weitergeleitet werden. An der Einmündung des Sehnervs und der Blutgefäße in die Netzhaut befinden sich weder Zapfen noch Stäbchen, sodass ein Sehen dort nicht möglich ist. Diese Stelle wird deshalb als „Blinder Fleck“ bezeichnet.

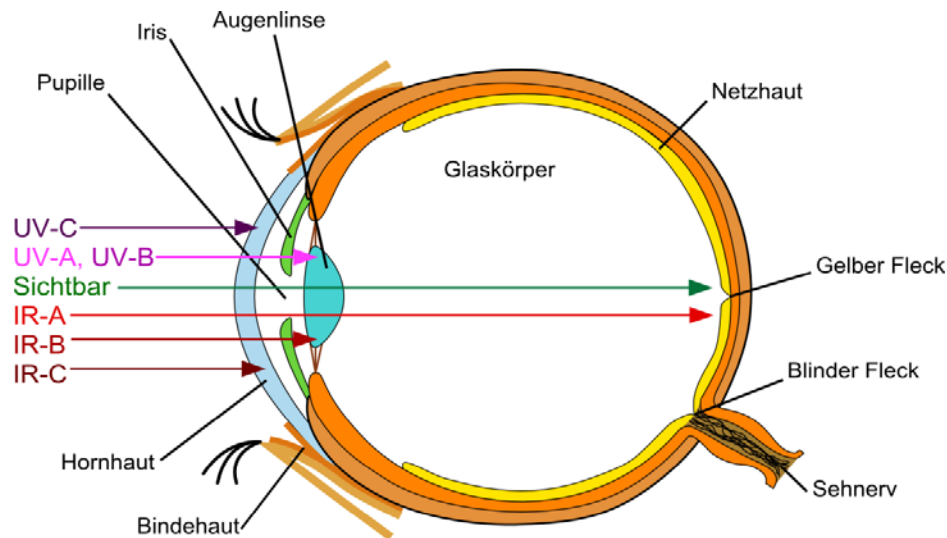


Abb. A.1 Aufbau des Auges

2.1 Wirkung von UV-Strahlung auf das Auge

(1) Die auf das Auge einwirkende UV-Strahlung wird je nach Wellenlänge von der Hornhaut oder der Augenlinse absorbiert. Bei Strahlung im UV-A-Bereich erfolgt dies hauptsächlich in der Augenlinse. Durch UV-B- und UV-C-Strahlung kann am Auge eine Entzündung der Hornhaut (Photokeratitis) und Bindehaut (Photokonjunktivitis) entstehen, die auch als Verblitzen der Augen, Schweißerblende oder Schneeblindheit bezeichnet wird. In Abbildung A.2 ist die spektrale Wirksamkeit (Darstellung der Wichtungsfunktion, die einer biologischen Wirkung entsprechen soll) für die Entzündung der Hornhaut und der Bindehaut beispielhaft dargestellt. Die Symptome treten in der Regel erst fünf bis zehn Stunden nach der Bestrahlung auf und reichen von leichten Augenreizungen bis zu starken Augenschmerzen. Die Entzündungen sind nach ein bis drei Tagen wieder abgeklungen.

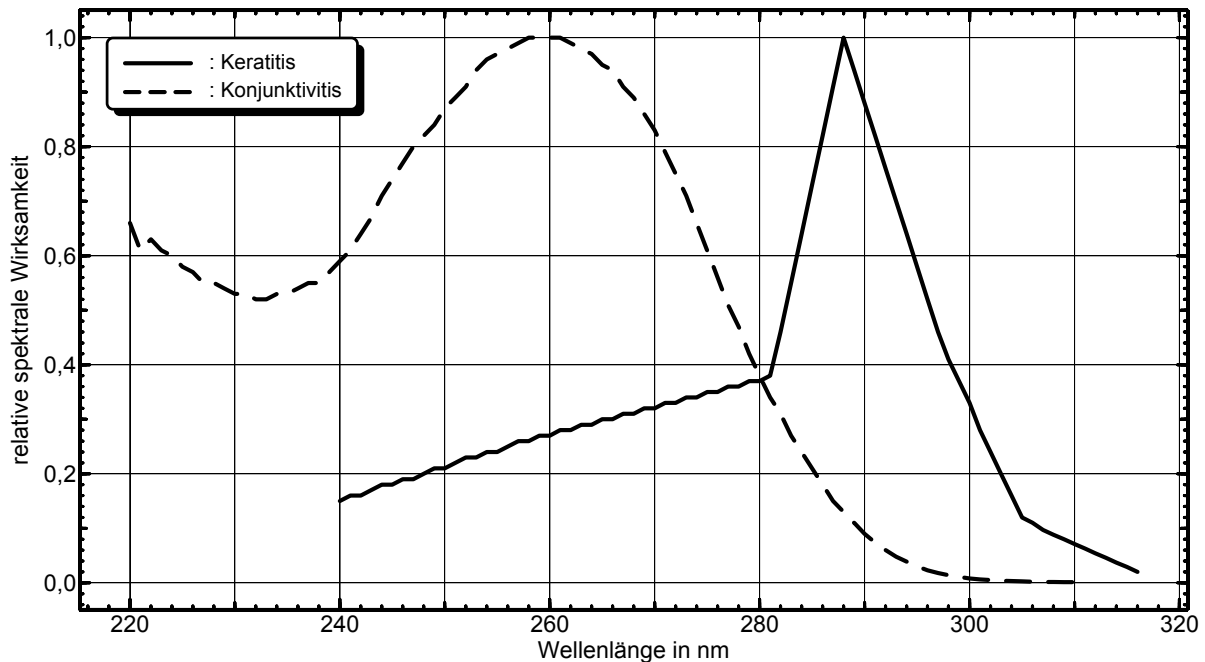


Abb. A.2 Die Wirkung optischer Strahlung auf verschiedene Teile des Auges ist wellenlängenabhängig. Die Abbildung zeigt die relative spektrale Wirksamkeit zur Entstehung der Photokeratitis und Photokonjunktivitis [1].

(2) Nach langjähriger Einwirkung von UV-A-Strahlung kann ein Katarakt (Grauer Star) entstehen. Da sich die Wirkung der UV-A-Strahlung über Jahrzehnte kumuliert, kann es zu einer Trübung der Augenlinse kommen. Die Linse kann sich im Gegensatz zu den meisten anderen menschlichen Geweben nicht erneuern und muss bei starker Einbuße der Sehfähigkeit durch eine künstliche Linse ersetzt werden. In Deutschland werden ca. 600 000 Staroperationen pro Jahr durchgeführt, die zum Teil auf eine zu hohe Lebensdosis an UV-A-Strahlung zurückzuführen sind (aktuelle Zahlen findet man unter [5]).

2.2 Wirkung von sichtbarer und IR-Strahlung auf das Auge

(1) Strahlung im Bereich von etwa 300 nm bis 1400 nm kann bis zur Netzhaut vordringen [8]. Das Sehvermögen ist auf den Spektralbereich 380 nm bis 780 nm begrenzt und diese für den Menschen sichtbare Strahlung wird als Licht bezeichnet. Strahlung gelangt durch die Hornhaut, die Augenlinse und den Glaskörper und wird auf der Netzhaut abgebildet. Netzhautschädigungen sind besonders schwerwiegend und können zu erheblichen Beeinträchtigungen des Sehvermögens führen. Schäden können durch intensive optische Strahlungsquellen hervorgerufen werden.

(2) Kleinere Schädigungen der Netzhaut bleiben meist unbemerkt, soweit sie außerhalb des Flecks des schärfsten Sehens liegen. Größere geschädigte Stellen können jedoch zu Ausfällen im Gesichtsfeld führen. Bei einer Schädigung an der Stelle des schärfsten Sehens kann das Scharfsehen und das Farbsehvermögen stark verringert werden. Wird gar der Blinde Fleck getroffen, droht die völlige Erblindung, da dort alle Sehnerven gebündelt und in das Gehirn geleitet werden. Im Hinblick auf eine potenzielle Netzhautschädigung muss besonders berücksichtigt werden, dass darüber hinaus auch optische Strahlung im IR-A-Spektralbereich bis 1400 nm von der Augenlinse auf die Netzhaut fokussiert wird. Obwohl sie nicht wahrgenommen werden

kann, weil die Netzhaut für diese Wellenlängen keine Rezeptoren besitzt, kann sie dort Schädigungen hervorrufen. Eine Netzhautschädigung ist irreversibel.

(3) Im sichtbaren Bereich wird zwischen den thermischen und den fotochemischen Netzhautschäden unterschieden.

(4) **Thermische Effekte** dominieren im langwelligen Teil des sichtbaren Spektrums und im IR-Spektralbereich: Die im Gewebe enthaltenen Moleküle führen verstärkt Schwingungen aus, die eine Erhitzung des Gewebes bewirken. Die entstehende Wärme wird auf das umliegende Gewebe übertragen. Bleibt die Temperatur des Gewebes auch bei länger dauernder Exposition unterhalb eines Schwellenwertes, so ist keine Schädigung zu befürchten. Erst bei Überschreitung dieses Wertes kann aufgrund einer lokalen Temperaturüberhöhung ein Schaden entstehen. In Abbildung A.3 ist die relative spektrale Wirksamkeit zur thermischen Netzhautschädigung dargestellt.

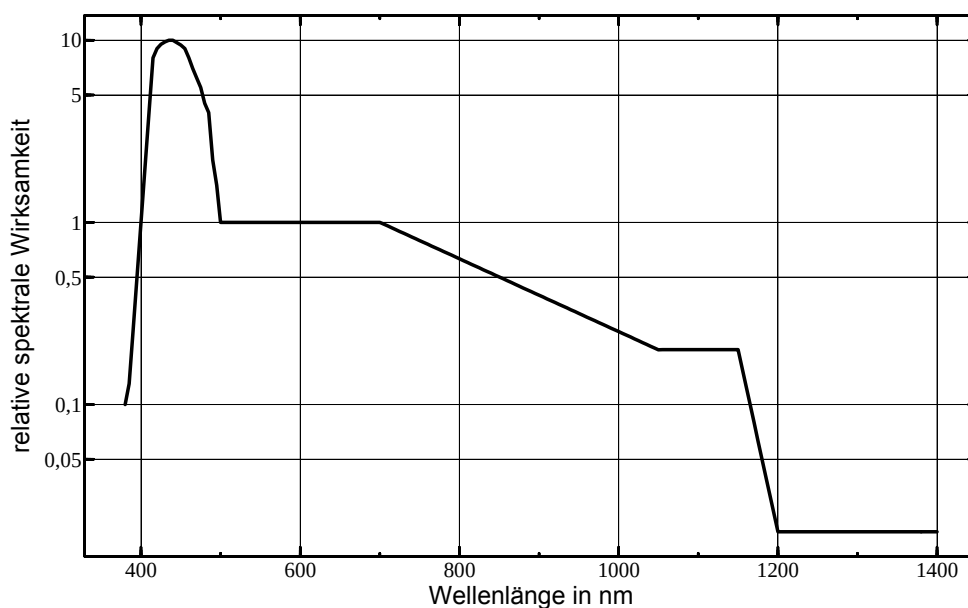


Abb. A.3 Relative spektrale Wirksamkeit zur thermischen Netzhautschädigung

(5) Beim **fotochemischen Effekt** wird die Energie der einfallenden optischen Strahlung nicht in Wärme, sondern in chemische Reaktionsenergie umgesetzt. Diese Effekte dominieren bei ausreichender Photonenenergie, d. h. vor allem für optische Strahlung im UV- und kurzwelligen sichtbaren Spektralbereich. Bei der fotochemischen Wirkung kann die Absorption zu Schädigungen auf molekularer Ebene führen. Diese Veränderungen sind kumulativ. In Abbildung A.4 ist die relative spektrale Wirksamkeit zur fotochemischen Netzhautschädigung dargestellt.

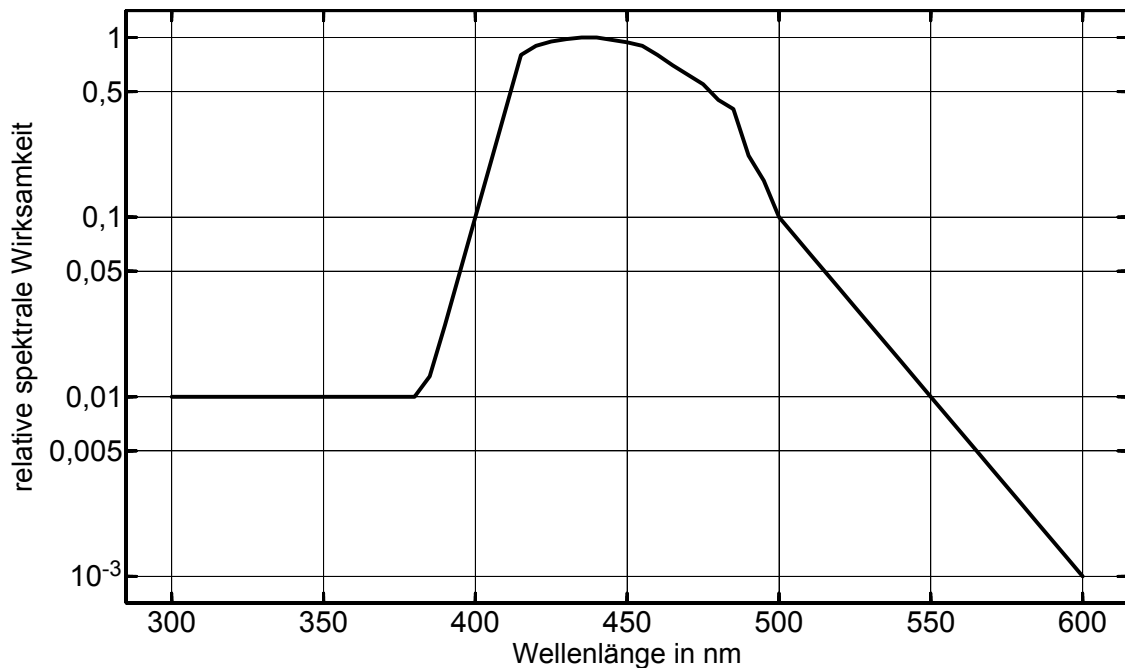


Abb. A.4 Relative spektrale Wirksamkeit zur fotochemischen Netzhautschädigung

(6) Strahlung im Spektralbereich von 300 nm bis 700 nm kann zu fotochemischen Schädigungen im Auge führen [9]. Dieser Bereich beinhaltet Teile der UV-B-Strahlung, die gesamte UV-A-Strahlung und den größten Teil der sichtbaren Strahlung. Die damit verbundene Gefährdung, dessen Maximum im blauen Bereich liegt, wird als „Blaulichtgefährdung“ bezeichnet und kann zu einer dauerhaften Beeinträchtigung des Sehens führen.

(7) Auch eine **langjährige Einwirkung** von **IR-Strahlung** kann zu einer Linsentrübung (Katarakt) führen. Diese Schädigung ist irreversibel und kann zur vollständigen Erblindung führen. Eine getrübe Augenlinse kann heute operativ durch eine künstliche Linse ersetzt werden. Ein Beispiel für Tätigkeiten, bei denen nach langjähriger Einwirkung von IR-Strahlung eine Linsentrübung auftreten kann, ist die Arbeit von Glasmachern an Glasschmelzöfen. Im IR-Spektralbereich oberhalb einer Wellenlänge von etwa 2500 nm ist nur noch die Hornhaut betroffen [10].

2.3 Indirekte Auswirkungen inkohärenter optischer Strahlung

(1) Unterhalb der Schädigungsgrenze kann Strahlung aus dem sichtbaren Spektralbereich durch ihre vorübergehende **Blendwirkung** ein hohes sekundäres Gefahrenpotenzial besitzen. Nach dem Blick in helle, grelle Lichtquellen, z. B. Scheinwerfer oder Projektoren, können temporär eingeschränktes Sehvermögen und Nachbilder je nach Situation zu Irritationen, Belästigungen, Beeinträchtigungen und sogar zu Unfällen führen. Grad und Abklingzeit der Blendeffekte sind nicht einfach quantifizierbar. Die Blendwirkung hängt jedoch maßgeblich vom Helligkeitsunterschied zwischen Blendquelle und Umgebung, von der ausgeübten Tätigkeit und von den Expositionsparametern wie Bestrahlungsstärke, Wellenlänge und Expositionsdauer ab.

(2) Auch Stroboskopeffekte können zu Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen im Sinne der OStrV führen. Beispielsweise können bewegte Maschinenteile dadurch nicht mehr als solche erkannt werden.

3 Die Haut

3.1 Absorption in Abhängigkeit der Wellenlänge

(1) Ein wesentlicher Bestandteil des Hautgewebes ist Wasser. Bei der Haut, wie auch bei allen anderen biologischen Geweben, ist eine starke Zunahme der Absorption bei kürzeren Wellenlängen festzustellen (Abbildung A.5). UV-A-Strahlung kann noch einige Millimeter in die Haut eindringen, während UV-C-Strahlung bereits in der Oberhaut absorbiert wird. Die Strahlung aus dem IR-A-Spektralbereich kann sehr tief in die Haut eindringen, während IR-B- und IR-C-Strahlung bereits in der Oberhaut absorbiert wird.

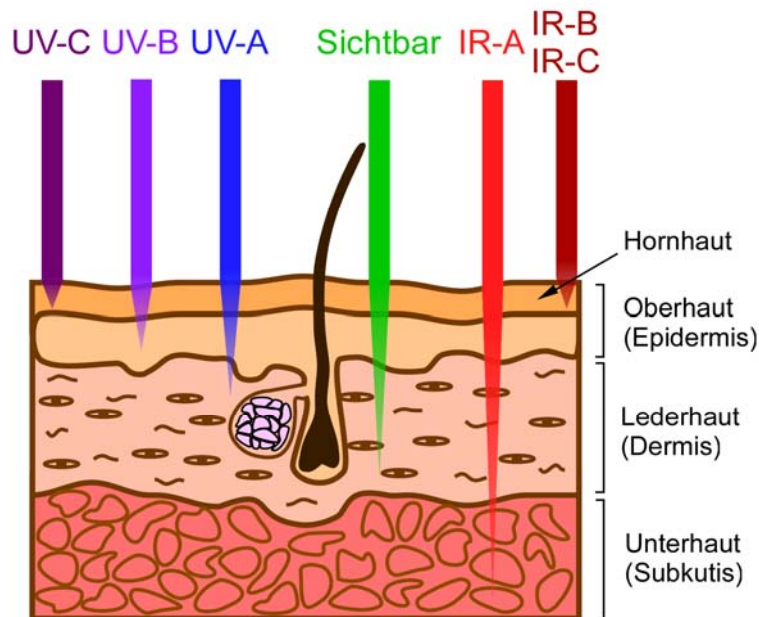


Abb. A.5 Eindringvermögen verschiedener Wellenlängen in die Haut. Die Pfeilstärke weist auf die Abnahme der Strahlung mit der Tiefe im Gewebe hin.

(2) UV-A-Strahlung bewirkt in der Haut eine Sofortpigmentierung (Bräunung) ohne vorherige Erythembildung (Rötung der Haut, Sonnenbrand). Eine weitere Wirkung der UV-A-Strahlung ist die vermehrte Bildung von Hornhaut (Lichtschwiele). Diese Verdickung der Hornhaut und die stärkere Pigmentierung liefern für den Schutz vor inkohärenter optischer Strahlung keinen relevanten Beitrag [3] und werden daher bei der Gefährdungsbeurteilung nicht berücksichtigt.

3.2 Wirkung von UV-Strahlung auf die Haut

(1) Die wichtigste akute biologische Wirkung der UV-B- und UV-C-Strahlung ist die Erythembildung („Sonnenbrand“). Sie kann durch künstliche oder natürliche UV-Strahlung hervorgerufen werden. Die Symptome treten in der Regel zwei bis acht Stunden nach Überschreiten einer individuellen Schwellenbestrahlung auf und können sich als schwache Rötung der Haut bis hin zur Blasenbildung mit starken Schmerzen zeigen. Nach drei bis vier Tagen ist in der Regel ein Nachlassen der Rötung festzustellen, wobei sich die Wahrscheinlichkeit für eine langfristige Schädigung im Verlauf des Lebens erhöht.

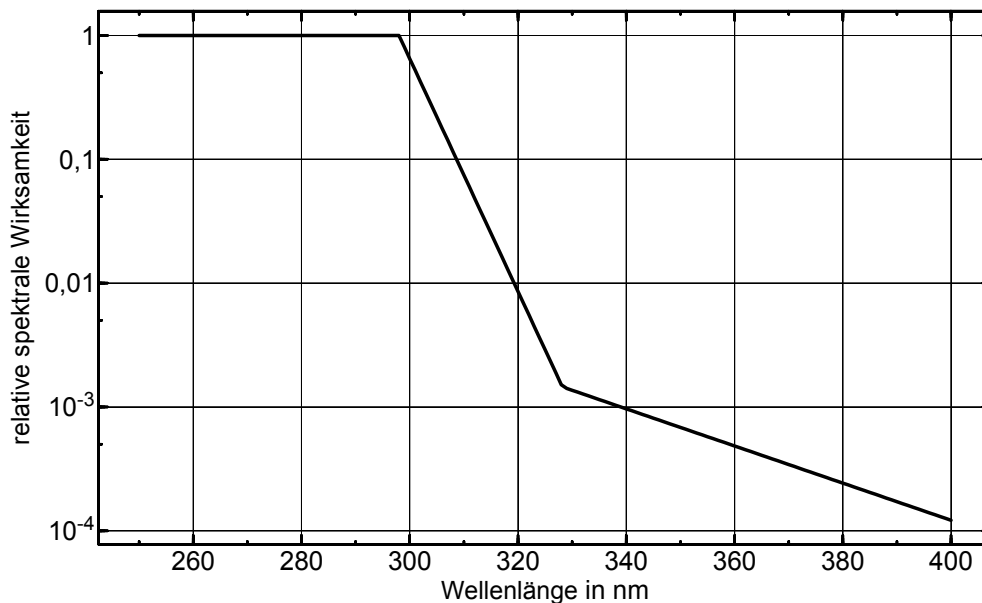


Abb. A.6 Relative spektrale Wirksamkeit zur Bildung des Erythems nach dem Stand der Technik [1]

(2) Die Wichtungsfunktion für die Bildung des Erythems zeigt für den Wellenlängenbereich von 250 nm bis 297 nm ein Maximum und fällt in dem Bereich von 300 nm bis 328 nm etwa um den Faktor 1000 steil ab (Abbildung A.6). Die Erythemwirksamkeit im UV-A-Bereich ist im Vergleich zum Großteil der UV-B-Strahlung wesentlich schwächer (um den Faktor 1000 bis 10000). Diese Werte gelten für eine gesunde, nicht vorgebräunte Haut und können für Personen mit erhöhter Fotosensitivität nicht herangezogen werden.

(3) Unter Berücksichtigung der relativen spektralen Wirkungsfunktionen für Auge und Haut (Abbildungen A.2 und A.6) ist in Anhang 2 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ eine relative Wichtungsfunktion $S(\lambda)$ (Abbildung A.7) angegeben. Inkohärente optische Strahlungsquellen werden im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm nach dieser Wichtungsfunktion gemeinsam für Haut und Auge bewertet.

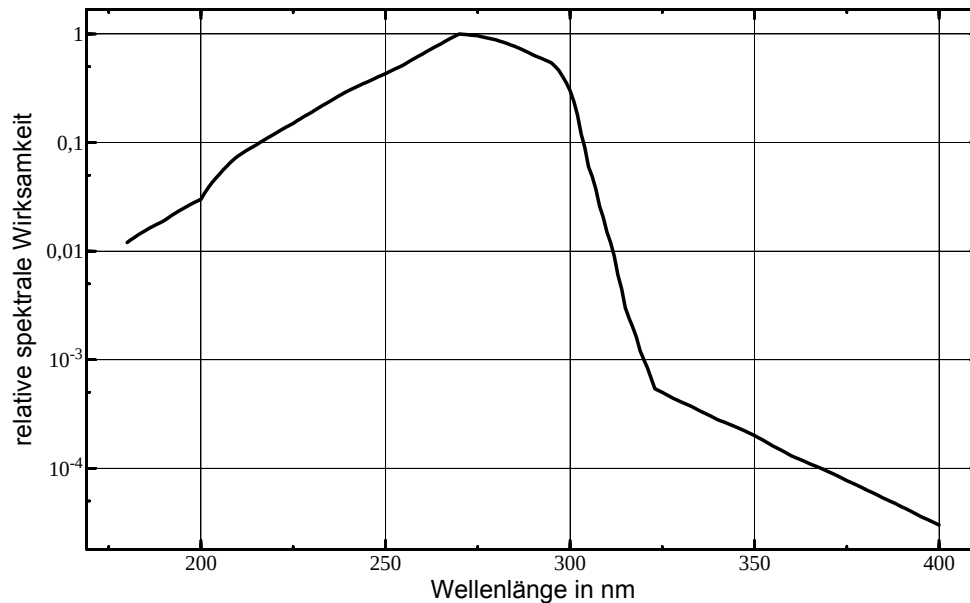


Abb. A.7 Relative Wichtungsfunktion $S(\lambda)$ für Auge und Haut

(4) Nach langjähriger Einwirkung von UV-Strahlung, vornehmlich aus dem UV-A-Bereich, kann als chronische Schädigung eine vorzeitige Hautalterung (Elastose) auftreten. Diese fotoinduzierte Bindegewebsveränderung ist durch eine faltige Lederhaut und mangelnde Hautelastizität gekennzeichnet.

(5) Die UV-Strahlung ist nach der International Agency for Research on Cancer (IARC, englisch für Internationale Krebsforschungsagentur) als krebserzeugend eingestuft [11]. Wie viel UV-Strahlung die Haut verträgt, ist sehr individuell und von der Wellenlänge abhängig. Die Haut addiert jede Einwirkung von natürlichen und künstlichen UV-Strahlungsquellen, sowohl aus dem beruflichen Bereich als auch jedes Sonnenbad oder jeden Besuch im Solarium. Wer sich häufig der UV-Strahlung aussetzt, hat ein erhöhtes Risiko für Schädigungen des Erbgutes der Zellen in der Haut. Diese Zellen (deren Schädigung auch unterhalb der Rötung der Haut möglich ist) können dann zur Entstehung von Hautkrebs beitragen.

Hinweis:

Wie bei vielen Krebsarten ist die Früherkennung auch beim Hautkrebs ein wesentlicher Punkt für einen guten Heilungserfolg.

3.3 Fototoxische oder fotoallergische Hautreaktionen

Eine weitere akute Wirkung der UV-Strahlung können fototoxische oder fotoallergische Hautreaktionen sein. Bei der fototoxischen Hautreaktion werden durch bestimmte Substanzen im Körper oder an der Hautoberfläche (z. B. Kosmetika oder Medikamente) unter Einwirkung von UV-Strahlung Entzündungen ausgelöst. Bei der fotoallergischen Hautreaktion wird eine Substanz durch UV-Strahlung chemisch aktiviert und umgewandelt und kann so eine Sensibilisierung der Haut hervorrufen. In beiden Fällen besteht dann eine besondere Empfindlichkeit gegenüber UV-Strahlung (z. B. am Arbeitsplatz durch Teer, Pech oder bestimmte pflanzliche Stoffe). In einer Empfehlung der Strahlenschutzkommission sowie im DGUV-Grundsatz G17 werden fototoxische und fotoallergische Substanzen aufgeführt [4, 12].

3.4 Wirkung von sichtbarer und IR-Strahlung auf die Haut

(1) Sichtbare optische Strahlung kann bei entsprechendem Ausmaß zu einer gefährdenden Hauterwärmung führen und auch fotosensitive Reaktionen hervorrufen.

(2) Die Photonenenergie von sichtbarer und IR-Strahlung ist zu gering (kleiner als 3,26 eV), um ionisierend zu wirken. Strahlung mit Wellenlängen bis ca. 550 nm kann jedoch einige kovalente Molekülbindungen aufbrechen; bei Wellenlängen bis ca. 660 nm ist das Aufbrechen von chemischen Bindungen möglich. Insbesondere für größere Wellenlängen ist der wesentliche Wirkmechanismus neben diesen fotochemischen Prozessen die Umwandlung der Strahlungsenergie in Wärme. Deren Wirkung beruht auf einer entsprechenden Temperaturerhöhung. Das Eindringvermögen der Strahlung ins Gewebe und der Ort der Umwandlung in Wärme hängen stark von der Wellenlänge ab. In Abbildung A.5 wird dies an Hand des unterschiedlichen Eindringvermögens in der Haut schematisch dargestellt, in Abbildung A.1 für das Auge. Von den einzelnen Schichten der Haut und des Auges wird immer nur ein Teil der einfallenden Strahlung absorbiert.

(3) Bestrahlungsstärken im sichtbaren Spektralbereich können, wie bei der Infrarotstrahlung, zu mehr oder weniger starker Hauterwärmung führen. Über dadurch verursachte Hautschäden wurde bisher wenig bekannt.

(4) Durch Licht, vermutlich auch durch UV-A-Strahlung, kann eine Lichtdermatose, vielfach „Lichtallergie“ genannt, ausgelöst werden. Dabei scheint ein körpereigenes Allergen aktiviert zu werden, was sich in einer Art Nesselsucht äußert, bei der Jucken, Brennen, Rötung und Quaddeln auftreten können.

(5) Bei Einwirkung hoher Bestrahlungsstärken von IR-Strahlung auf die Haut kann es zur Verbrennung der Haut kommen. IR-Strahlung dringt in Abhängigkeit von der Wellenlänge unterschiedlich weit in die Haut ein (siehe Abbildung A.5). Strahlung mit einer Wellenlänge von 1000 nm wird überwiegend bis in etwa 1 mm Tiefe in der Haut absorbiert, längerwellige Strahlung bereits in der Epidermis, d. h. in einigen 10 µm Tiefe, also in der aus abgestorbenen Zellen bestehenden Hornhaut.

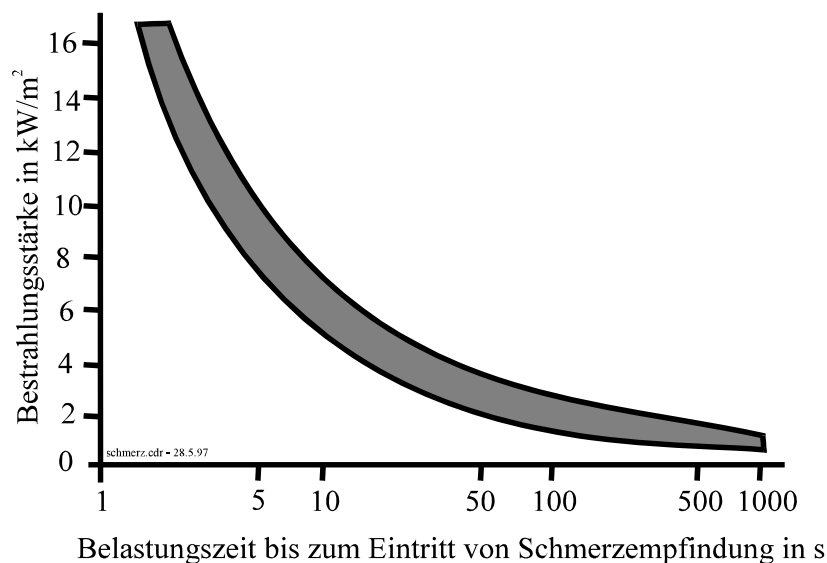


Abb. A.8 Schmerzgrenze der unbedeckten Haut in Abhängigkeit von der Bestrahlungsstärke [13]

(6) Insbesondere bei größeren Wellenlängen (z. B. 10 μm) führt dies bei hoher Bestrahlungsstärke zu starker lokaler Erwärmung. Wegen der beteiligten Wärmetransportvorgänge ist die Bestrahlungsstärke, die zu einer Verbrennung führt, von der Dauer der Einwirkung abhängig. Diese Abhängigkeit ist in Abbildung A.8 dargestellt. Dabei ist in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer diejenige Bestrahlungsstärke aufgezeichnet, die zu einer Schmerzempfindung führt; dies bildet das Vorstadium zu einer Verbrennung. So führt z. B. eine Bestrahlungsstärke von etwa 7 kW/m^2 bis 10 kW/m^2 nach etwa 5 s zu einer Schmerzempfindung und kurz darauf zur Verbrennung. Aber schon Bestrahlungsstärken von ca. 1,5 kW/m^2 führen bei längerer Bestrahlung (über 10 min) zu Schmerzempfindungen.

Literaturhinweise

- [1] DIN 5031-10:2000-03, Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik – Teil 10: Photobiologisch wirksame Strahlung, Größen, Kurzzeichen und Wirkungsspektren (wird z. Z. überarbeitet)
- [2] Sutter, E.: Schutz vor optischer Strahlung, VDE Schriftenreihe 104, VDE Verlag GmbH (2008)
- [3] Licht und Schatten – Schutz vor Sonnenstrahlung für Beschäftigte im Freien, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, ISBN 978-388261-570-8
- [4] Schutz des Menschen vor den Gefahren durch UV-Strahlung in Solarien, Wissenschaftliche Begründung zur gleichnamigen Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 172. Sitzung der SSK am 8. Juni 2007
- [5] Augenärzte informieren: Staroperation und Intraokularlinse, Berufsverband der Augenärzte Deutschlands e.V. (BVA), 2009
<http://www.augeninfo.de/patinfo/catop.pdf>
- [6] 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)
- [7] Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung, Europäische Kommission, Generaldirektion Beschäftigung, Soziales und Integration, ISBN 978-92-79-16045-5, EU 2011
- [8] Boettner, E.A.; Wolter, J.R.: Invest. Ophthalmol. 6 (1), 776 (1962)
- [9] van Norren, D.; Gorgels, T.G.M.F.: The Action Spectrum of Photochemical Damage to the Retina: A Review of Monochromatic Threshold Data. Photochemistry and Photobiology 87, 747-753 (2011)
- [10] Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3 μm). Health Physics 73 (3): 539-554; 1997
- [11] Exposure to artificial UV radiation and skin cancer / views and expert opinions of an IARC Working Group that met in Lyon, France 27–29 June 2005, IARC Working Group Reports, Vol. 1

- [12] DGUV Grundsätze für die arbeitsmedizinische Vorsorge, Grundsatz G17 „Künstliche optische Strahlung“, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, DGUV 2012, Arbeit und Soziales, Ausgabe 10/2012
- [13] Bux, K.: „Klima am Arbeitsplatz: Stand arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse – Bedarfsanalyse für weitere Forschungen“, F 1987; Bundesanstalt für Arbeitsschutz; Dortmund 2006

Technische Regeln zur Arbeitsschutz- verordnung zu künstlicher optischer Strahlung	TROS Inkohärente Optische Strahlung	Teil 1: Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung
---	--	--

Die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Inkohärente Optische Strahlung) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitsplatzhygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung wieder.

Sie werden vom **Ausschuss für Betriebssicherheit** unter Beteiligung des Ausschusses für Arbeitsmedizin ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TROS IOS, Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung“, konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs die Anforderungen der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung und der Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Grundsätze zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung
- 4 Informationsermittlung
- 5 Arbeitsmedizinische Vorsorge
- 6 Durchführung der Gefährdungsbeurteilung
- 7 Unterweisung der Beschäftigten
- 8 Allgemeine arbeitsmedizinische Beratung
- 9 Schutzmaßnahmen und Wirksamkeitsüberprüfung
- 10 Dokumentation
- 11 Literaturhinweise

1 Anwendungsbereich

(1) Der Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung“ der TROS IOS behandelt das Vorgehen bei der Beurteilung von Gefährdungen durch Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung nach § 3 OStrV. Sie konkretisiert die Vorgaben der OStrV innerhalb des durch §§ 5 und 6 Arbeitsschutzgesetz vorgegebenen Rahmens.

(2) Die TROS IOS gilt für inkohärente optische Strahlung künstlicher Quellen im Wellenlängenbereich zwischen 100 nm und 1 mm.

(3) Unabhängig von den in dieser TROS IOS beschriebenen Vorgehensweisen sind vom Arbeitgeber die Beschäftigten oder ihre Interessenvertretung, sofern diese vorhanden ist, aufgrund der einschlägigen Vorschriften zu beteiligen.

2 Begriffsbestimmungen

In diesem Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung“ der TROS IOS werden Begriffe so verwendet, wie sie im Teil „Allgemeines“ der TROS IOS erläutert sind.

3 Grundsätze zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung

3.1 Allgemeines

Nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes ist eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdungen durchzuführen. Dabei sind auch Gefährdungen zu betrachten, die durch physikalische, chemische oder sonstige Einwirkungen am Arbeitsplatz vorliegen können. Damit sind nach § 3 Absatz 1 OStrV auch Gefährdungen einzubeziehen, die durch Expositionen optischer Strahlung aus künstlichen Quellen auftreten können. § 3 Absatz 1 OStrV legt die grundlegenden Anforderungen an die Gefährdungsbeurteilung fest, während § 3 Absatz 2 OStrV die zu berücksichtigenden Punkte im Detail nennt. Eine Gefährdungsbeurteilung ist nach § 3 Absatz 3 OStrV vor der Aufnahme einer Tätigkeit durchzuführen. Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung sind vor der Aufnahme der Tätigkeit die notwendigen Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik zu treffen. Näheres hierzu wird in TROS IOS, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor inkohärenter optischer Strahlung“ beschrieben. Die Gefährdungsbeurteilung ist regelmäßig zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren. Die Gefährdungsbeurteilung ist zu dokumentieren. § 3 Absatz 4 OStrV legt Anforderungen an den Inhalt und die Form der Dokumentation sowie für ihre Aufbewahrungsfrist fest.

3.2 Ermittlung inkohärenter optischer Strahlung am Arbeitsplatz

(1) § 3 OStrV präzisiert die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 Arbeitsschutzgesetz hinsichtlich künstlicher optischer Strahlung.

(2) Danach hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob inkohärente optische Strahlung am Arbeitsplatz auftritt oder auftreten kann. Ist dies der Fall, hat er alle hiervon ausgehenden Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten zu beurteilen. Er hat hierzu die auftretenden Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung am Arbeitsplatz zu ermitteln und anschließend zu bewerten. Ebenso sind die indirekten Auswirkungen durch inkohärente optische Strahlung am Arbeitsplatz zu bewerten. Nach § 3 OStrV ist für die Beschäftigten in jedem Fall eine Gefährdung gegeben, wenn die Expositionsgrenzwerte überschritten werden.

Es sind aber auch solche Gefährdungen zu betrachten, für die keine Expositionsgrenzwerte vorliegen (z. B. indirekte Auswirkungen – siehe Abschnitt 6.6). Die Expositionsgrenzwerte sind in Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ aufgeführt.

3.3 Organisation und Verantwortung

(1) Die Gefährdungsbeurteilung ist die systematische Beurteilung (Ermittlung und Bewertung) relevanter Gefährdungen der Beschäftigten mit dem Ziel, erforderliche Maßnahmen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit festzulegen und durchzuführen und damit die Gefährdungen zu beseitigen oder zu minimieren. Die Gefährdungsbeurteilung betrachtet alle vorausschbaren Arbeitsabläufe im Betrieb und umfasst alle Gefährdungsfaktoren. Bei gleichartigen Betriebsstätten, Arbeitsverfahren oder Arbeitsplätzen mit vergleichbaren Gefährdungen können die Gefährdungsbeurteilungen zusammengefasst werden. Die individuellen Aspekte der Beschäftigten (bei inkohärenter optischer Strahlung z. B. erhöhte Fotosensibilität) sind – sofern sie bekannt sind – bei der Gefährdungsbeurteilung und Aufgabenübertragung durch den Arbeitgeber zu berücksichtigen.

(2) Folgende Prozessschritte sind bei der systematischen Beurteilung der Gefährdungen zu berücksichtigen:

1. Festlegen der zu beurteilenden Arbeitsbereiche und Tätigkeiten,
2. Ermitteln der Exposition; Ermitteln der mit der inkohärenten optischen Strahlung verbundenen möglichen indirekten Auswirkungen,
3. Bewerten der möglichen Gefährdungen durch Exposition oder indirekte Auswirkungen,
4. Festlegen konkreter Arbeitsschutzmaßnahmen (bei diesem Schritt ist die Rangfolge der Maßnahmen nach § 4 ArbSchG und §§ 4, 5 und 7 OStrV zu beachten),
5. Durchführen der Maßnahmen,
6. Überprüfen der Wirksamkeit der Maßnahmen und Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung,
7. Fortschreiben der Gefährdungsbeurteilung.

(3) Die Beurteilung von Art, Ausmaß und Dauer der Exposition durch inkohärente optische Strahlung erfolgt in der Regel arbeitsplatz- oder tätigkeitsbezogen unter Berücksichtigung aller vernünftigerweise vorhersehbaren Expositionsbedingungen. In Ausnahmefällen kann die Gefährdungsbeurteilung aber auch personenbezogen durchgeführt werden. Dazu werden dann zunächst die arbeitsplatzbezogenen Expositionen bestimmt.

(4) Der Arbeitgeber darf bei möglichen Expositionen der Beschäftigten durch inkohärente optische Strahlung die Tätigkeit erst aufnehmen lassen, nachdem eine Gefährdungsbeurteilung vorgenommen worden ist und die daraus abgeleiteten Schutzmaßnahmen wirksam umgesetzt worden sind.

(5) Eine mögliche oder tatsächliche Gefährdung nach OStrV ist nicht gegeben, wenn die Expositionsgrenzwerte nicht überschritten werden können und auch keine Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen gegeben sind sowie besondere Personengruppen und besondere Anwendungen zusätzlich berücksichtigt wurden.

(6) Die Gefährdungsbeurteilung muss erneuert werden, wenn sich die Arbeitsbedingungen maßgeblich ändern oder Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Vorsorge dies erfordern. Anlässe hierfür können insbesondere sein:

- Einsatz neuer und zusätzlicher Maschinen oder Arbeitsmittel,
- Änderung von Tätigkeiten, Arbeitsverfahren, Arbeitsumgebung oder Schutzmaßnahmen,
- Änderungen der OStrV oder des Technischen Regelwerkes,
- Änderungen des Standes von Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitsplatzhygiene sowie sonstiger gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse,
- Erkenntnisse von Beschäftigten, Fachkräften für Arbeitssicherheit oder Sicherheitsbeauftragten,
- Erkenntnisse des Betriebsarztes und des mit der Durchführung der speziellen arbeitsmedizinischen Vorsorge beauftragten Arztes nach § 7 ArbMedVV.

(7) Die Gesamtverantwortung für die Gefährdungsbeurteilung liegt beim Arbeitgeber.

(8) Verfügt der Arbeitgeber nicht über die erforderliche Fachkunde und die entsprechenden Kenntnisse zur Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung, hat er sich nach § 5 Absatz 1 OStrV fachkundig beraten zu lassen. Diese Aufgabe kann beispielsweise die Fachkraft für Arbeitssicherheit durchführen. Die Erstellung der Gefährdungsbeurteilung kann an eine oder mehrere fachkundige Personen delegiert werden. Dazu ist es erforderlich, dass die für den Arbeitgeber tätig werdenden Personen über die notwendigen betriebsspezifischen Kenntnisse verfügen und Einsicht in alle für die Gefährdungsbeurteilung erforderlichen Unterlagen nehmen können und im Besitz aller notwendigen Informationen sind.

(9) Werden für die Durchführung von Arbeiten in einem Betrieb Fremdfirmen beauftragt und besteht die Möglichkeit einer gegenseitigen Gefährdung durch Exposition gegenüber inkohärenter optischer Strahlung, haben alle betroffenen Arbeitgeber bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung zusammenzuwirken und sich abzustimmen. Näheres ist im § 8 ArbSchG geregelt.

(10) Die Gefährdungsbeurteilung muss auch Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen von inkohärenter optischer Strahlung berücksichtigen, z. B.:

- vorübergehende Blendung,
- Sekundärstrahlung,
- Brand- und Explosionsgefahr und
- bei der Materialbearbeitung entstehende Gefahrstoffe (siehe Gefahrstoffverordnung).

3.4 Fachkundige für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung

(1) Fachkundige für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung im Sinne des § 5 Absatz 1 der OStrV sind Personen, die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung oder Erfahrungen ausreichende Kenntnisse über die Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung haben. Sie sind mit den Vorschriften und Regelwerken soweit vertraut, dass sie die Arbeitsbedingungen und daraus resultierenden arbeitsplatzspezifischen Gefährdungen vor Beginn der Tätigkeit ermitteln und bewerten können. Der Fachkundige kann die Schutzmaßnahmen festlegen, bewerten und überprüfen. Umfang und Tiefe der notwendigen Kenntnisse sind häufig in Abhängigkeit von der zu beurteilenden Tätigkeit unterschiedlich.

(2) Die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung von Tätigkeiten an Arbeitsplätzen mit inkohärenter optischer Strahlung erfordert von der fachkundigen Person je nach Situation Kenntnisse

- der anzuwendenden Rechtsgrundlagen,
- zu den physikalischen Grundlagen inkohärenter optischer Strahlungsexposition,
- zu dem für die Beurteilung notwendigen Stand der Technik,
- zu den Wirkungen von inkohärenter optischer Strahlung,
- zum Vorgehen bei der Beurteilung von Wechsel- oder Kombinationswirkungen von verschiedenen inkohärenten Strahlungsquellen,
- zu den Tätigkeiten im Betrieb, bei denen Personen inkohärenter optischer Strahlung ausgesetzt sein können,
- zu technischen, organisatorischen und personenbezogenen Schutzmaßnahmen,
- zu alternativen Arbeitsverfahren,
- zur Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen,
- zur Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung.

3.5 Fachkundige für die Durchführung von Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung

(1) Messungen von Expositionen gegenüber optischer Strahlung für Gefährdungsbeurteilungen dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die über die dafür notwendige Fachkunde und die erforderlichen Einrichtungen verfügen. Der Fachkundige für die Durchführung von Messungen muss je nach Aufgabenstellung über die unter Abschnitt 3.4 aufgelisteten Kenntnisse für den Fachkundigen zur Gefährdungsbeurteilung verfügen. Darüber hinaus muss er zusätzliche Kenntnisse in der optischen Messtechnik nach dem Stand der Technik, über die Durchführung von Expositionsmessungen und die Beurteilung der Ergebnisse haben. Die Kenntnisse sind auf dem aktuellen Stand zu halten.

(2) Berechnungen von Expositionen gegenüber optischer Strahlung für Gefährdungsbeurteilungen dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die über die dafür notwendige Fachkunde verfügen.

3.6 Gleichartige Arbeitsbedingungen

(1) Bei gleichartigen Arbeitsbedingungen reicht in der Regel auch bei räumlich getrennten Arbeitsplätzen die Beurteilung eines Arbeitsplatzes oder einer Tätigkeit aus. Tätigkeiten, die auf Grund der Arbeitsbedingungen als gleichartig angesehen werden, können zusammengefasst werden. Die Dokumentation kann arbeitsplatz- oder tätigkeitsbezogen, aber auch personenbezogen erfolgen. Bei einer arbeitsbereichsbezogenen Dokumentation muss nachvollziehbar sein, welchem Arbeitsbereich die Beschäftigten zuzuordnen sind. Die Anforderungen an die Dokumentation sind im Abschnitt 10 dieser TROS IOS beschrieben.

(2) Insbesondere hat der Arbeitgeber bei der Gefährdungsbeurteilung und bei der Aufgabenübertragung die individuellen Aspekte der Beschäftigten (z. B. erhöhte Fotosensibilität) entsprechend Abschnitt 3.3 dieser TROS IOS zu berücksichtigen.

4 Informationsermittlung

4.1 Allgemeines

(1) Der Arbeitgeber hat zunächst zu ermitteln, ob inkohärente optische Strahlung bei Tätigkeiten am Arbeitsplatz zu einer Exposition des Beschäftigten oder zu anderen indirekten Auswirkungen für den Beschäftigten führen kann.

(2) Inkohärente optische Strahlung kommt überall („ubiquitär“) vor. Daher sind Schwerpunkte der Strahlungsexposition sowohl bei Tätigkeiten im Freien gegenüber natürlicher optischer Strahlung, als auch bei Tätigkeiten mit inkohärenter optischer Strahlung zu finden.

(3) Eine Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung besteht bei einer Vielzahl von Arbeitsverfahren/-bereichen, Arbeitsmitteln oder beruflichen Tätigkeiten. Eine beispielhafte Aufzählung und Erläuterung findet sich in Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil „Allgemeines“.

4.2 Informationsquellen für die Gefährdungsbeurteilung

(1) Sind am Arbeitsplatz Quellen inkohärenter optischer Strahlung vorhanden, bei denen eine Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung nicht ausgeschlossen werden kann, dann sind diese aufzulisten. Für Expositionen durch diese Quellen ist die Gefährdungsbeurteilung in den folgenden Schritten weiterzuführen.

(2) Es ist zu prüfen, welche Informationen über die vorhandenen Strahlungsquellen und Expositionssituationen vorliegen. Daraus können gegebenenfalls zu erwartende Strahlungsexpositionen abgeschätzt und Schlüsse auf mögliche Gefährdungen gezogen werden. Liefern verfügbare Produktinformationen (Bedienungsanleitung) der Strahlungsquellen umfassende Informationen zu den möglichen Expositionssituationen mit notwendigen Schutzmaßnahmen, so sind diese für die Gefährdungsbeurteilung besonders zu berücksichtigen.

(3) Reichen die vorliegenden Informationen nach Absatz 2 nicht aus, so benötigt der Arbeitgeber zur Ermittlung der möglichen Exposition folgende Information:

1. Den Abstand der Beschäftigten zu den Strahlungsquellen (vor Ort zu ermitteln),
2. die Aufenthaltsdauer der Beschäftigten in der Nähe der Quellen (vor Ort zu ermitteln),
3. die Bewegungen von Beschäftigten oder von Strahlungsquellen (vor Ort zu ermitteln),
4. die Strahlungsemissionen der vorhandenen Strahlungsquellen.

Detaillierte Informationen über die Strahlungsemissionen der vorhandenen Strahlungsquellen muss sich der Arbeitgeber in der Regel beschaffen (siehe Abschnitt 4.2.1).

4.2.1 Abschätzung der möglichen Exposition aus Emissionsdaten der Quelle(n)

Der Arbeitgeber beschafft sich nach § 3 Absatz 1 OStrV die notwendigen Informationen, z. B. Angaben über die Höhe der Strahlungsemission (spektrale Verteilung, Bestrahlungsstärke in einem gegebenen Abstand, etc.) beim Wirtschaftsakteur nach § 2 Ziffer 29 ProdSG (Hersteller, Bevollmächtigter, Einführer oder Händler), der die verwendeten Arbeitsmittel auf dem Markt bereitgestellt hat, oder mit Hilfe anderer zugänglicher Informationsquellen (z. B. Internet). Mit Hilfe der Daten über die Exposi-

tionssituation kann man abschätzen, ob Expositionsgrenzwerte eingehalten oder überschritten werden.

4.2.2 Abschätzung der Exposition bei klassifizierten Strahlungsquellen

(1) Sind die am Arbeitsplatz eingesetzten Strahlungsquellen nach der Höhe ihrer Strahlungsemission klassifiziert, dann kann bei Kenntnis der zu erwartenden Expositionssituation (Abstand der Beschäftigten zu den Strahlungsquellen, Aufenthaltsdauer vor den Strahlungsquellen) häufig auch abgeschätzt werden, ob die relevanten Expositionsgrenzwerte eingehalten werden oder ob einzelne Expositionsgrenzwerte überschritten werden können. Eine Klassifizierung kann erfolgen für

1. Maschinen nach DIN EN 12198 [1],
2. Lampen und Lampensysteme* (einschließlich LED) nach DIN EN 62471 [4],
3. nicht elektrisch betriebene Strahlungsquellen nach DIN EN 16237 [2].

* Der Anwendungsbereich der DIN EN 62471 umfasst außer Lampen und Lampensystemen auch alle anderen elektrisch betriebenen optischen Strahlungsquellen außer Maschinen.

(2) Fallen Maschinen in die Emissionskategorie 0 oder 1 nach DIN EN 12198 [1] oder sind nicht elektrisch betriebene Strahlungsquellen in die Emissionsklasse 0 oder 1 nach DIN EN 16237 [2] eingeordnet, ist davon auszugehen, dass bei der Anwendung dieser Quellen an Arbeitsplätzen die Grenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ für Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung innerhalb einer achtstündigen Arbeitsschicht nicht überschritten werden.

Die DIN EN 16237 [2] enthält eine noch weiter unterteilte Klassifizierung und lässt auch bei Expositionsdauern im Bereich zwischen fünf Minuten und acht Stunden und bei verschiedenen Abständen zu den Strahlungsquellen eine Abschätzung über die Einhaltung von Expositionsgrenzwerten zu.

Die DIN EN 62471 [4] wurde für die Klassifizierung von Lampen und Lampensystemen erarbeitet. Bei technischen Applikationen mit einer UV-A-Strahlungsquelle bedeutet die Einordnung in die Freie Gruppe nach DIN EN 62471 [4] aufgrund einer unterschiedlichen Zeitbasis zur OStrV nicht zwangsläufig, dass die Expositionsgrenzwerte der OStrV eingehalten werden. Dies hängt damit zusammen, dass sich die OStrV auf einen achtstündigen Arbeitstag bezieht, während die DIN EN 62471 [4] eine Zeit von 1 000 s zu Grunde legt.

Eine Hilfestellung zu dieser Thematik ist auch in den einschlägigen Produktstandards zu finden, z. B. DIN EN 60432 (Halogenleucht Lampen) [3].

4.2.3 Berechnung von optischen Strahlungsexpositionen

Es gibt Fälle, in denen man die durch optische Strahlungsquellen zu erwartenden Expositionen berechnen kann. Hierzu kann man z. B. das Rechenprogramm Catrayon [5] des französischen Arbeitsschutzinstituts INRS verwenden. Bei thermischen Strahlungsquellen kann man die Planck'sche Strahlungsformel benutzen, um Expositionen von Personen in der Nähe einer Strahlungsquelle zu berechnen. Beide Methoden werden im Abschnitt „Berechnung inkohärenter optischer Strahlungsexpositionen“ der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ näher beschrieben.

4.2.4 Abschätzung aus veröffentlichten Messergebnissen

(1) Es existieren zahlreiche Veröffentlichungen mit Ergebnissen von Messungen von Emissionen aus Strahlungsquellen und von Expositionen von Beschäftigten an Arbeitsplätzen. Auch diese Messergebnisse können im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung genutzt werden, sofern sie auf die zu beurteilende Arbeitsplatzsituation übertragbar sind. Beispiele für veröffentlichte Messergebnisse sind im Abschnitt Literaturhinweise zu finden.

(2) Den veröffentlichten Messergebnissen ist u. a. zu entnehmen, dass insbesondere beim Elektro- und Gasschweißen hohe UV-Strahlungsexpositionen auftreten können. Beim Schweißen ist ohne ausreichenden Schutz in jedem Fall mit einer Überschreitung von Expositionsgrenzwerten zu rechnen.

(3) Die Abschätzung oder Berechnung von zu erwartenden Expositionen kann hinsichtlich der Bewertung der Gefährdung folgende Ergebnisse haben:

1. Es sind nur Expositionen zu erwarten, die sicher unterhalb der Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ liegen (siehe Abschnitt 6.2).
2. Es ist mit hohen Expositionen zu rechnen, durch die Expositionsgrenzwerte überschritten werden (siehe Abschnitt 6.3).
3. Es kann aus den vorhandenen Informationen nicht sicher abgeschätzt werden, ob die Expositionsgrenzwerte eingehalten oder überschritten werden (siehe Abschnitt 6.4).

Je nach Ergebnis ist der weitere Verlauf der Gefährdungsbeurteilung unterschiedlich.

4.3 Verfügbarkeit und Möglichkeit des Einsatzes alternativer Arbeitsmittel und Ausrüstungen, die zu einer geringeren Gefährdung der Beschäftigten führen (Substitutionsprüfung)

(1) Sofern die Möglichkeit besteht, Arbeitsmittel einzusetzen, die keine Strahlungsquellen enthalten, deren Emissionen zu Grenzwertüberschreitungen bei den Beschäftigten führen können, sind diese bevorzugt auszuwählen und einzusetzen. Dabei ist zu beachten, welche Gefährdungen ggf. durch alternative Arbeitsmittel entstehen können. Zum Beispiel können Desinfektionen nicht nur mit UV-Strahlung, sondern auch mit Hilfe chemischer Stoffe durchgeführt werden. Es ist dann im Einzelfall abzuwägen, welche Gefährdungen größer sind und welche Maßnahmen zur Reduzierung dieser Gefährdungen jeweils zur Verfügung stehen.

(2) Ein Beispiel für eine Substitution ist der Einsatz von sichtbarer Strahlung anstelle von UV-Strahlung bei der Rissprüfung. Dabei muss abgewogen werden, welche Gefährdung von den jeweils eingesetzten Strahlungsquellen durch UV-Strahlung bzw. durch Blaulicht ausgeht.

(3) Das Ergebnis der Substitutionsprüfung ist in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung festzuhalten.

4.4 Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge

(1) Bei der Gefährdungsbeurteilung sind die Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge sowie allgemein zugängliche, veröffentlichte Informationen hierzu (z. B. Hilfestellungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) oder der gesetzlichen Unfallversicherungsträger) zu berücksichtigen.

(2) Über die Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Vorsorge im eigenen Betrieb hinaus sollen auch andere Veröffentlichungen über gesicherte Erkenntnisse aus arbeitsmedizinischen Untersuchungen und aus der Forschung Berücksichtigung finden. Dazu gehören unter anderem Statistiken der Unfallversicherungsträger über arbeitsbedingte Erkrankungen und Berufskrankheiten, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und Beispiele guter Praxis (z. B. Publikationen in Fachzeitschriften).

5 Arbeitsmedizinische Vorsorge

(1) Ziel der arbeitsmedizinischen Vorsorge ist die Früherkennung und Verhütung arbeitsbedingter Erkrankungen sowie der Feststellung, ob bei Ausübung einer bestimmten Tätigkeit eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht (§ 1 Absatz 1 ArbMedVV). Dabei steht die Beratung der Beschäftigten zur Exposition und den sich daraus ergebenden Gefährdungen für ihre Gesundheit im Vordergrund. Wenn körperliche oder klinische Untersuchungen nicht erforderlich sind oder vom Beschäftigten abgelehnt werden, beschränkt sich die arbeitsmedizinische Vorsorge auf ein Beratungsgespräch.

(2) Pflichtvorsorge ist nach § 4 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 3 Absatz 1 Nummer 6 ArbMedVV durch den Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit und danach in regelmäßigen Abständen (vgl. Arbeitsmedizinische Regel – AMR 2.1) zu veranlassen, wenn am Arbeitsplatz die Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ überschritten werden. Die schützende Wirkung der persönlichen Schutzausrüstung wird dabei nicht berücksichtigt.

(3) Die arbeitsmedizinische Vorsorge ist den betroffenen Beschäftigten nach § 5 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang Teil 3 Absatz 2 Nummer 3 ArbMedVV durch den Arbeitgeber vor Aufnahme der Tätigkeit und danach in regelmäßigen Abständen (vgl. Arbeitsmedizinische Regel – AMR 2.1) anzubieten (Angebotsvorsorge), wenn die Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ überschritten werden können. Das Ausschlagen eines Angebots entbindet den Arbeitgeber nicht von der Verpflichtung, weiter regelmäßig Angebotsvorsorge anzubieten. Die Arbeitsmedizinische Regel 5.1 zeigt einen Weg der Angebotsunterbreitung auf. Nach § 5 Absatz 2 ArbMedVV hat der Arbeitgeber zudem unverzüglich die Vorsorge anzubieten, wenn eine Gesundheitsstörung auftritt (z. B. Katarakt, grauer Star oder Hautveränderungen), bei der die Möglichkeit eines ursächlichen Zusammenhangs mit der Tätigkeit besteht. Dies gilt auch für Beschäftigte mit vergleichbaren Tätigkeiten, wenn Anhaltspunkte dafür bestehen, dass sie ebenfalls gefährdet sein können.

(4) Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten nach § 11 ArbSchG bzw. § 5a ArbMedVV arbeitsmedizinische Vorsorge zu ermöglichen, sofern ein Gesundheitsschaden im Zusammenhang mit der Tätigkeit nicht ausgeschlossen werden kann (Wunschvorsorge).

(5) Der Arzt hält nach § 6 Absatz 3 ArbMedVV das Ergebnis und die Befunde der arbeitsmedizinischen Vorsorge einschließlich einer ggf. durchgeführten Untersuchung schriftlich fest und berät den Beschäftigten darüber. Auf Wunsch des Beschäftigten stellt er diesem das Ergebnis der Vorsorge zur Verfügung. Der Arzt stellt dem Beschäftigten und dem Arbeitgeber eine Bescheinigung über die durchgeführte arbeitsmedizinische Vorsorge aus. Die Bescheinigung enthält Angaben über den Zeitpunkt und den Anlass des aktuellen Vorsorgetermins sowie die Angabe, wann aus ärztlicher Sicht weitere arbeitsmedizinische Vorsorge angezeigt ist. Diese Bescheinigung enthält weder Diagnosen oder andere Informationen über den Gesundheitszustand des Beschäftigten noch eine medizinische Beurteilung zur Eignung für bestimmte Tätigkeiten.

(6) Nach § 3 Absatz 4 ArbMedVV hat der Arbeitgeber über die durchgeführte arbeitsmedizinische Vorsorge eine Vorsorgekartei zu führen mit Angaben darüber, wann und aus welchen Anlässen diese für jeden Beschäftigten stattgefunden hat.

(7) Nach § 6 Absatz 4 ArbMedVV wertet der Arzt die Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge aus. Ergeben sich Anhaltspunkte dafür, dass die Maßnahmen des Arbeitsschutzes nicht ausreichend sind, so hat der Arzt dies dem Arbeitgeber mitzuteilen und ihm (ergänzende) Schutzmaßnahmen für exponierte Beschäftigte vorzuschlagen. Dieses erfolgt als fachlich kommentierte anonymisierte Weitergabe von Erkenntnissen aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge unter Wahrung der schutzwürdigen Belange der untersuchten Personen. Hält der Arzt aus medizinischen Gründen, die ausschließlich in der Person des Beschäftigten liegen, einen Tätigkeitswechsel für erforderlich, so bedarf die Mitteilung darüber an den Arbeitgeber der Einwilligung des Beschäftigten.

(8) Der Arbeitgeber hat nach § 8 Absatz 1 ArbMedVV die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen und unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu treffen. Wird ein Tätigkeitswechsel vorgeschlagen, so hat der Arbeitgeber nach Maßgabe der dienst- und arbeitsrechtlichen Regelungen dem oder der Beschäftigten eine andere Tätigkeit zuzuweisen.

(9) Neben der arbeitsmedizinischen Vorsorge berät der Arzt den Arbeitgeber im Rahmen der arbeitsmedizinischen Prävention. Diese Beratung erfolgt unter Einhaltung der ärztlichen Schweigepflicht. Wichtige Inhalte können beispielsweise sein:

- Verringerung der Expositionen der Beschäftigten gegenüber inkohärenter optischer Strahlung durch technische, organisatorische und personenbezogene Maßnahmen,
- Themen der allgemeinen arbeitsmedizinischen Beratung der Beschäftigten zu Gesundheitsstörungen durch künstliche optische Strahlung, sofern er die Beratung nicht selbst durchführt,
- Auswahl von Arbeitsmitteln und -verfahren mit geringerer Gefährdung durch künstliche optische Strahlung,
- Motivation der Beschäftigten zur Einhaltung der Maßnahmen zur Prävention von Gesundheitsschäden.

6 Durchführung der Gefährdungsbeurteilung

6.1 Allgemeines

(1) Bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob die Beschäftigten inkohärenter optischer Strahlung ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein können. Ist dies der Fall, hat er alle hiervon ausgehenden Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten zu beurteilen.

(2) Die Gefährdungsbeurteilung bei inkohärenter optischer Strahlung umfasst insbesondere:

- die Ermittlung von Art, Ausmaß und Dauer der Exposition durch inkohärente optische Strahlung bei relevanten Arbeitsplatz- und Expositionsbedingungen;
- die Berücksichtigung der Herstellerangaben und der Kennzeichnung von inkohärenten optischen Strahlungsquellen;
- die Prüfung der Einhaltung der Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“. Hierbei müssen ggf. die Randbedingungen und Grenzen der Anwendbarkeit der jeweiligen ausgewählten Expositionsgrenzwerte berücksichtigt werden;
- die Prüfung der Verfügbarkeit alternativer Arbeitsmittel, insbesondere alternativer Quellen inkohärenter optischer Strahlung, die zu einer geringeren Exposition der Beschäftigten führen (Substitutionsprüfung);
- die Einbeziehung von Erkenntnissen aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge sowie von allgemein zugänglichen veröffentlichten Informationen hierzu;
- Vorschläge von Schutzmaßnahmen (siehe hierzu auch TROS IOS, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“);
- die Prüfung der Verfügbarkeit und Wirksamkeit von persönlicher Schutzausrüstung;
- die Beachtung von Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit von Beschäftigten, die besonders gefährdeten Gruppen angehören;
- die Festlegung eines Sicherheitsbereiches und
- die Beurteilung der Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen und ggf. Festlegung von Schutzmaßnahmen;
- die Berücksichtigung von fotosensibilisierenden Stoffen am Arbeitsplatz.

(3) Diese TROS IOS ermöglicht auch ein vereinfachtes Vorgehen bei der Gefährdungsbeurteilung. Dies kann der Fall sein, wenn

1. branchen- und tätigkeitsspezifische Hilfestellungen vorliegen,
2. Erfahrungswerte von vergleichbaren Arbeitsplätzen vorliegen,
3. die Gefährdungsbeurteilung anhand der Kennzeichnung von Arbeitsmitteln erfolgen kann oder
4. Arbeitsmittel verwendet werden, bei deren vorhersehbarer Verwendung keinesfalls mit einer Grenzwertüberschreitung zu rechnen ist (siehe Abschnitt 6.2 dieser TROS IOS).

(4) Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung (siehe Abbildung 1) hat der Arbeitgeber Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik festzulegen (siehe dazu auch TROS IOS, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“) und deren Wirksamkeit zu überprüfen.

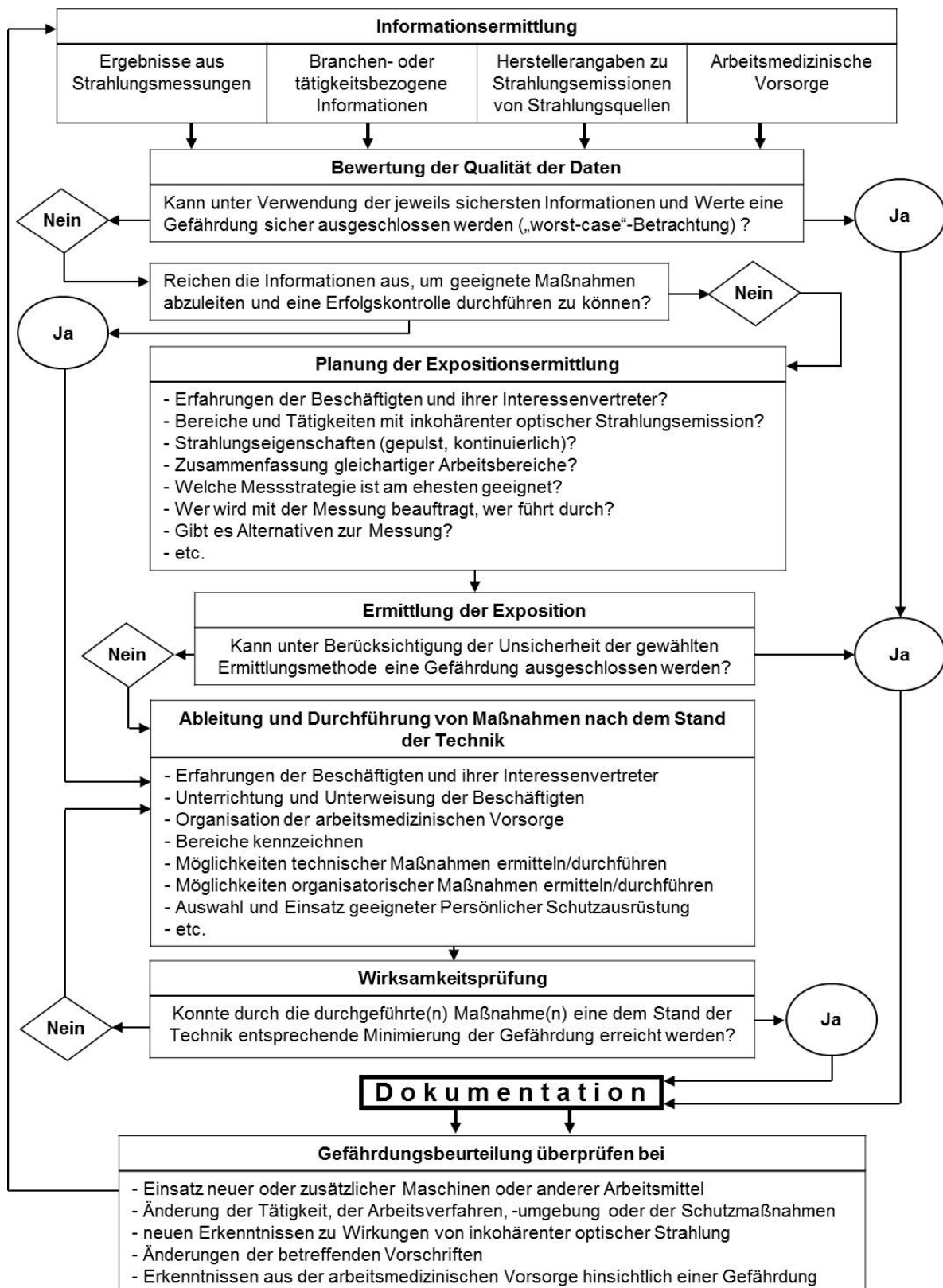


Abb. 1 Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung

6.2 Beurteilung der Gefährdung durch Strahlungsquellen, bei denen keinesfalls mit Grenzwertüberschreitungen zu rechnen ist

(1) Aus physikalischen Gründen tritt immer und überall optische Strahlung auf, und zwar als Wärmestrahlung. Auch die Wände von Räumen mit einer üblichen Raumtemperatur von 20 °C bis 25 °C und Menschen mit einer normalen Hauttemperatur von etwa 32 °C senden und empfangen eine schwache Wärmestrahlung. Diese Hintergrundstrahlung ist aber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 OStrV ebenso wenig wie die Strahlung anderer schwacher Strahlungsquellen zu betrachten, weil von ihr keine Gefährdung ausgeht. Es gibt Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung an Arbeitsplätzen, von denen man annehmen kann, dass sie im Rahmen der fachgemäßen Installation und bestimmungsgemäßen Verwendung nur gering sind und dass in jedem Fall die Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ eingehalten werden. Dazu gehören beispielsweise Expositionen durch

- die nach Arbeitsstättenverordnung ausgeführte übliche Allgemeinbeleuchtung in Gebäuden (Bürogebäude, Industriehallen, etc.), auf Freiflächen und auf Verkehrswegen,
- optische Signalanzeigen (Statusanzeigen, Zeichendarstellungen, etc.) oder
- Bildschirme von PC, Laptops, Handys und Messgeräten.

Solche Strahlungsquellen strahlen so schwach, dass für den Betrachter keiner der festgelegten Expositionsgrenzwerte erreicht wird; siehe dazu zum Beispiel die Stellungnahme der Strahlenschutzkommission [13]. Spezielle Arbeitsplätze mit hohen Beleuchtungsstärken sind gesondert zu betrachten.

(2) In einer Gefährdungsbeurteilung nach § 3 OStrV können Expositionen gegenüber inkohärenten optischen Strahlungsquellen, die nur gering sind, durch ein vereinfachtes Verfahren berücksichtigt werden. Dies geschieht dadurch, dass man sich zu Beginn der Gefährdungsbeurteilung überlegt, durch welche Strahlungsquellen am Arbeitsplatz diese geringen Expositionen erzeugt werden. Sind nur Expositionen am Arbeitsplatz durch o. g. Quellen vorhanden (z. B. am Büroarbeitsplatz), dann reicht als Ergebnis eine Bemerkung in der Dokumentation, dass keine Gefährdung nach OStrV vorliegt. Die Form der Dokumentation und die Aufbewahrungsfrist nach § 3 Absatz 4 OStrV sind dabei zu beachten (Abschnitt 10).

(3) Bei einer Allgemeinbeleuchtung und Arbeitsplatzbeleuchtung, die gemäß ArbStättV und den Vorgaben der Hersteller nach dem Stand der Technik eingerichtet worden ist und bestimmungsgemäß betrieben wird, ist davon auszugehen, dass keine Gefährdung der Beschäftigten durch inkohärente optische Strahlung und insbesondere durch künstliche ultraviolette Strahlung im Sinne der OStrV vorliegt. Danach sind nach der OStrV keine weiteren Maßnahmen zu ergreifen (Plausibilitätsbetrachtung).

(4) Bei dieser Vorgehensweise ist zu gewährleisten, dass das Ergebnis der Abschätzung oder Berechnung der zu erwartenden Expositionen zuverlässig ist. Nur wenn man mit großer Sicherheit vorhersagen kann, dass die zu erwartenden Expositionen unter den Expositionsgrenzwerten liegen, kann die Gefährdungsbeurteilung auf diese Weise durchgeführt und abgeschlossen werden.

(5) Eine vernachlässigbare Exposition ist bei den oben genannten Quellen nur im Rahmen der fachgerechten Installation und bestimmungsgemäßen Verwendung gegeben. Eine Abweichung von diesem Grundsatz kann zu Überschreitungen der EGW führen, wenn

1. der Abstand zur Quelle deutlich reduziert wird,

Folgendes Beispiel aus der Praxis verdeutlicht das: Eine große Fabrikhalle wird durch Leuchten an der Hallendecke beleuchtet. Für die in der Halle am Boden beschäftigten Arbeitnehmer ist die damit verbundene Exposition gering. An der Hallendecke befindet sich aber auch eine Laufkatze mit einem Kran. Der Kranführer kann bei seiner Tätigkeit den Beleuchtungskörpern sehr nahe kommen. Aus den Lichtquellen wird neben sichtbarer auch ultraviolette Strahlung emittiert, die beim Aufenthalt in der Nähe zu einer Überschreitung der UV-Expositionsgrenzwerte führen kann. Die Exposition des Kranführers durch die Leuchten ist also nicht mehr vernachlässigbar. Die Gefährdungsbeurteilung muss daher für diesen Arbeitsplatz gesondert durchgeführt werden.

2. inkohärente optische Strahlung aus mehreren Quellen sich überlagert.

Ein weiteres typisches Beispiel kommt aus dem Bereich der Bühnenbeleuchtung. Wenn die Exposition durch einen einzelnen Scheinwerfer unkritisch ist, dann kann die Überlagerung der Strahlung vieler Scheinwerfer möglicherweise nicht mehr vernachlässigbar sein.

Hinweis:

Der EU-Leitfaden [14] enthält Informationen über sogenannte triviale Quellen, von denen angenommen wird, dass sie bei fachgerechter Installation und bestimmungsgemäßer Verwendung nicht zu einer Überschreitung von Expositionsgrenzwerten führen. Genau genommen sind nach OStrV jedoch nicht die Quellen zu betrachten, sondern die Strahlungsexpositionen, die durch die Quellen erzeugt werden. Bei Anwendung von Strahlungsquellen aus dieser Aufzählung können je nach Anwendungsbedingungen Expositionen auftreten, die nicht mehr vernachlässigbar sind. Beispiele dafür sind gasbetriebene Deckenstrahler oder auch UV-A-Insektenfallen. Die Beispiele aus dem EU-Leitfaden über sogenannte triviale Quellen können daher nicht ungeprüft übernommen werden.

6.3 Beurteilung der Gefährdung durch Strahlungsquellen, bei denen auf jeden Fall mit Grenzüberschreitung zu rechnen ist

Es gibt Tätigkeiten, bei denen aufgrund vorliegender Informationen sofort abzuschätzen ist, dass ohne die Anwendung geeigneter Schutzmaßnahmen Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ überschritten werden oder werden können. Dazu gehören z. B. das Elektro- und das Gasschweißen. Auch Tätigkeiten mit sehr hoher Wärmestrahlungsbelastung, z. B. an einem Hochofen oder an offenen Metall- oder Glasschmelzen, gehören dazu. In diesen Fällen ergibt die Abschätzung und Bewertung der Expositionen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung, dass eine Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung vorliegt. Eine genaue Quantifizierung der Expositionen durch Messungen ist in diesen Fällen nicht nötig. Vielmehr hat der Arbeitgeber nach § 3 Absatz 1 OStrV sofort Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik festzulegen und entsprechend § 7 Absatz 1 OStrV durchzuführen, damit die Expositionsgrenzwerte eingehalten werden. Die am Arbeitsplatz vorhandenen Gefährdungen und die festgelegten Schutzmaßnahmen

sind nach § 3 Absatz 4 OStrV zu dokumentieren. Die Anforderungen an die Form der Dokumentation und an die Aufbewahrungsfristen sind dabei zu beachten (siehe Abschnitt 10).

Hinweis:

Für eine Reihe von Tätigkeiten mit hohen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung existieren bereits Informationen von Unfallversicherungsträgern (siehe auch Literaturhinweise). Diese können bei der Gefährdungsbeurteilung und der Festlegung der notwendigen und geeigneten Schutzmaßnahmen herangezogen werden. Dies gilt z. B. für die in der TROS IOS, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor inkohärenter optischer Strahlung“ Anlage 1 genannten folgende Tätigkeiten:

- Lichtbogenhandschweißen,
- Gasschweißen,
- Hitzearbeit.

6.4 Beurteilung der Gefährdung durch Strahlungsquellen, bei denen Grenzwertüberschreitungen möglich sind

(1) In den Fällen sehr geringer oder sehr hoher Expositionen ist der Aufwand für die Gefährdungsbeurteilung in der Regel begrenzt. Reichen die vorliegenden Informationen nicht aus, um eine Gefährdung der Beschäftigten durch Expositionen von künstlicher optischer Strahlung mit Grenzwertüberschreitung sicher auszuschließen, dann muss der Arbeitgeber nach § 3 Absatz 1 der OStrV den Umfang der Expositionen durch Berechnungen oder Messungen feststellen. Einzelheiten zur Durchführung von Expositionsmessungen werden im TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ beschrieben.

(2) Ergeben Expositionsmessungen oder -berechnungen, dass Expositionsgrenzwerte überschritten werden oder überschritten werden können, dann hat der Arbeitgeber nach § 3 Absatz 1 OStrV Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik festzulegen und entsprechend § 7 Absatz 1 OStrV durchzuführen. Die am Arbeitsplatz vorhandenen Gefährdungen und die festgelegten Schutzmaßnahmen sind nach § 3 Absatz 4 OStrV zu dokumentieren. Die Ergebnisse der Messungen oder Berechnungen sind gemäß § 3 Absatz 4 OStrV zu dokumentieren und aufzubewahren (siehe Abschnitt 10).

6.5 Beurteilung der Gefährdung durch Strahlungsquellen bei Einrichtungsvorgängen sowie bei Service und Wartung

Die vorstehenden Ausführungen zur Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz gelten ausschließlich für den Normalbetrieb der Strahlungsquellen. Bei Einrichtungsvorgängen kann es vorkommen, dass die Strahlungsquellen unter anderen Betriebsbedingungen betrieben werden als im Normalbetrieb und dadurch höhere Strahlungsexpositionen bei Beschäftigten auftreten können. Bei Service und Wartung werden u. U. Schutzeinrichtungen (Einhausungen und Abschirmungen) von den Strahlungsquellen entfernt, was bei den Beschäftigten zu höheren Strahlungsexpositionen als im Normalbetrieb führen kann. Die Ergebnisse von Gefährdungsbeurteilungen für den Normalbetrieb von inkohärenten optischen Strahlungsquellen können daher nicht ohne weiteres auf Einrichtungsvorgänge, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten übertragen werden. Diese Tätigkeiten, die nur von speziell geschultem Personal ausgeführt werden dürfen, sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach OStrV gesondert zu beurteilen.

6.6 Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen

(1) Der Arbeitgeber ist verpflichtet, Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen von inkohärenter optischer Strahlung zu vermeiden. Sind diese nicht zu beseitigen, dann müssen sie so weit wie möglich vermindert werden.

(2) Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen infolge vorübergehender Blendung durch sichtbare inkohärente optische Strahlung sind bei der Beurteilung der Gefährdungen zu berücksichtigen.

(3) Vorübergehende Blendung kann auftreten z. B. bei Lampen zur Beleuchtung in und von Gebäuden, Sportanlagen, Bühnen oder Filmsets. Auch Fahrzeuglampen können blenden.

(4) Eine derartige Blendung kann beim Geblendeten eine vorübergehende Verminderung der Sehfähigkeit verursachen. Bei einem Fahrzeugführer kann dies z. B. zum Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug und zu einem Unfall mit weitreichenden Folgen führen.

(5) Eine starke optische Strahlung kann unter bestimmten Umständen Stoffe entzünden (Brandgefahr) oder Gas- bzw. Dampfgemische zur Explosion bringen. Dies ist z. B. zu beachten, wenn die Bestrahlungsstärke aus Quellen inkohärenter optischer Strahlung mit Hilfe von Linsen, Spiegeln, etc. erhöht wird. In der TRBS 2152 Teil 3 Abschnitt 5.10 werden hierzu detailliertere Aussagen getroffen.

(6) Die Lagerung und Erzeugung von leicht entzündlichen Stoffen und explosionsfähigen Gemischen ist an Arbeitsplätzen mit starken optischen Strahlungsquellen zu vermeiden. Bei der Gefährdungsbeurteilung ist dies zu prüfen (siehe auch TRBS 2152 Teil 3 Abschnitt 5.10). Gegebenenfalls muss weitere Fachkunde eingeholt werden.

6.7 Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten, die besonders gefährdeten Gruppen angehören

(1) Die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte gemäß der OStrV reicht zum Schutz der besonders gefährdeten Gruppen nicht in jedem Fall aus. Daher sind die Expositionsgrenzwerte für diese Gruppen nicht immer anwendbar. Für besonders gefährdete Gruppen sind individuell angepasste Schutzmaßnahmen nötig. Sinnvoll ist hierbei eine arbeitsmedizinische Beratung.

(2) Zu den besonders gefährdeten Personengruppen gehören:

1. Personen, deren Haut überdurchschnittlich fotosensibel ist,

Es gibt Personen, deren Haut wesentlich empfindlicher auf sichtbare und ultraviolette Strahlung reagiert als der Durchschnitt der Bevölkerung. Eine solche individuell erhöhte Fotosensibilität kann anlagebedingt sein oder als Erkrankung auftreten. Die Stärke der besonderen Hautempfindlichkeit kann sich im Laufe des Lebens verändern.

2. Personen mit Vorerkrankungen der Augen,

Personen, deren Augen getrübt sind, weisen eine erhöhte Blendempfindlichkeit auf. Bei Vorschädigung eines Auges besteht eine erhöhte Gefährdung für die Einschränkung der gesamten Sehfähigkeit.

3. Personen mit Vorerkrankungen der Haut,

Personen, die schon einmal an Hautkrebs erkrankt sind, weisen ein erhöhtes Risiko auf, erneut daran zu erkranken.

Verletzungen der Haut (mechanisch, Verbrennungen) können zu einer höheren Empfindlichkeit gegenüber optischer Strahlung führen.

4. Personen, deren natürliche Augenlinse durch eine künstliche Linse ersetzt wurde,

Bei Personen, deren künstliche Augenlinse nicht der spektralen Transmission der natürlichen Augenlinse entspricht, kann die Netzhaut besonders gefährdet sein.

5. Personen, die Medikamente einnehmen, welche die Fotosensibilität erhöhen.

Bestimmte Inhaltsstoffe von Medikamenten können die Fotosensibilität der Haut deutlich erhöhen (siehe auch [18]).

Hinweis:

Im Hinblick auf die Sicherheit und die Gesundheit von Kindern und Jugendlichen am Arbeitsplatz sind die Vorgaben des Jugendarbeitsschutzgesetzes (JArbSchG) und der Kinderarbeitsschutzverordnung (KindArbSchV) zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf die Sicherheit und die Gesundheit von Schwangeren und stillenden Müttern am Arbeitsplatz sind die Vorgaben des Mutterschutzgesetzes (MuSchG) und der Verordnung zum Schutz der Mütter am Arbeitsplatz (MuSchArbV) zu berücksichtigen.

6.8 Mögliche Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten, die sich aus dem Zusammenwirken von inkohärenter optischer Strahlung und fotosensibilisierenden chemischen Stoffen am Arbeitsplatz ergeben können

Die Aufnahme bestimmter chemischer Stoffe in den Körper kann die Fotosensibilität von Personen erhöhen. Solche Stoffe können in der Luft am Arbeitsplatz oder auf kontaminierten Oberflächen vorkommen. Ist der zu bewertende Arbeitsplatz möglicherweise mit chemischen Stoffen belastet, ist zu prüfen, ob darunter auch Stoffe sind, die die Fotosensibilität erhöhen. Eine Liste fotosensibilisierender Stoffe ist in der Tabelle 1 wiedergegeben. Treten solche Stoffe am Arbeitsplatz auf, dann kann möglicherweise die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte nach OStrV zum Schutz vor Gefährdungen nicht ausreichen. Es sind dann Maßnahmen zu ergreifen, um diese Stoffe vom Arbeitsplatz zu entfernen oder geeignete Ersatzstoffe einzusetzen, die nicht fotosensibilisierend wirken. Ist dies nicht möglich, müssen die Schutzmaßnahmen gegen inkohärente optische Strahlung entsprechend ausgelegt werden.

Stoffe, die die Fotosensibilität erhöhen, können auch in Kosmetika oder Medikamenten enthalten sein. Da der Arbeitgeber Beschäftigte über die Einnahme von Medikamenten oder die Benutzung von Kosmetika nicht befragen darf, ist das Thema im Rahmen der Unterweisung (siehe Abschnitt 7) anzusprechen.

Tab. 1 Liste ausgewählter fotosensibilisierender Stoffe (nach [18])

Fototoxische Wirkung	Fotoallergische Wirkung
Teer- und Pechbestandteile Polyzyklische Kohlenwasserstoffe Anthrazen Fluoranthren Furokumarine in Pflanzen, z. B. Bärenklau, Wiesengräser in ätherischen Ölen, z. B. Bergamotteöl Farbstoffe Antrachinonfarbstoffe Thiazine Methylenblau Toluidinblau Eosin Bengalrot Akridin	Antimikrobielle Substanzen in Kühlschmierstoffen, Seifen und Kosmetika Halogenierte Salizylanilide Hexachlorophen Bithionol Duftstoffe in Seifen und Kosmetika 6-Methylcoumarin Ambrette Moschus Parfüm-Mix UV-Filtersubstanzen in Lichtschutzmitteln Paraminbenzoesäure und -ester Benzophenone Zimtsäureester

6.9 Fortschreiben der Gefährdungsbeurteilung

(1) Die Gefährdungsbeurteilung muss entsprechend Abschnitt 3.3 Absatz 6 dieser TROS IOS überprüft und ggf. aktualisiert werden. Auch ohne besonderen Anlass ist eine regelmäßige Überprüfung (etwa einmal jährlich) durchzuführen.

(2) Falls die erneuerte Gefährdungsbeurteilung zu abweichenden Ergebnissen führt, sind die Schutzmaßnahmen anzupassen.

7 Unterweisung der Beschäftigten

(1) Eine Unterweisung der Beschäftigten ist erforderlich, wenn eine Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung vorliegt und Maßnahmen getroffen werden müssen.

(2) Die Unterweisung dient dazu, die Beschäftigten über die Gefährdungen ihrer Sicherheit und Gesundheit im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung und über die im Betrieb getroffenen Maßnahmen zur Verringerung der Gefährdungen einschließlich des persönlichen Beitrags zur Minderung der Exposition gegenüber inkohärenter optischer Strahlung zu informieren. Ziel ist es, ein sicherheitsgerechtes und gesundheitszuträgliches Verhalten der Beschäftigten zu erreichen.

(3) Die Unterweisung ist vor Aufnahme der gefährdenden Tätigkeit sowie mindestens einmal jährlich durchzuführen und zu dokumentieren. Sie ist in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache durchzuführen. Vor wesentlichen Änderungen der Arbeitsbedingungen und Expositionssituationen hat der Arbeitgeber über die neue Gefährdungssituation zu unterweisen.

(4) Folgende Mindestinhalte sind im Rahmen der Unterweisung zu behandeln:

1. die Art der Gefährdung und Möglichkeit der Schädigungen von Haut und Augen durch inkohärente optische Strahlung,
2. die festgelegten Maßnahmen zur Beseitigung oder zur Minimierung der Gefährdung unter Berücksichtigung der Arbeitsplatzbedingungen,
3. die Expositionsgrenzwerte und ihre Bedeutung,
4. die Ergebnisse der Expositionsermittlung zusammen mit einer Erläuterung ihrer Bedeutung und der Bewertung der damit verbundenen möglichen Gefährdungen und gesundheitlichen Folgen,
5. die bestimmungsgemäße Verwendung der persönlichen Schutzausrüstungen und ggf. anderer individueller Maßnahmen, erforderlichenfalls ergänzt durch eine Schulung in der Benutzung,
6. die Voraussetzungen, unter denen die Beschäftigten Anspruch auf arbeitsmedizinische Vorsorge haben und deren Zweck,
7. die bestimmungsgemäße Handhabung der Arbeitsmittel und sichere Arbeitsverfahren zur Minimierung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung,
8. Hinweise zur Erkennung und Meldung möglicher Gesundheitsschäden,
9. Hinweise zu Wirkungen (z. B. fotosensibilisierende Effekte) von Medikamenten, Kosmetika und Gefahrstoffen.

Weitere Informationen zur Auswahl und Benutzung von persönlicher Schutzausrüstung befinden sich in der TROS IOS, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“. Dies schließt auch die Unterweisung zur Benutzung der PSA ein.

(5) Die Beschäftigten haben nach § 16 ArbSchG die Pflicht, dem Arbeitgeber oder dem zuständigen Vorgesetzten jede von ihnen festgestellte unmittelbare erhebliche Gefahr für Sicherheit und Gesundheit und jeden Defekt an den Schutzsystemen unverzüglich anzuzeigen.

8 Allgemeine arbeitsmedizinische Beratung

(1) Der Arbeitgeber hat eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung der betroffenen Beschäftigten sicherzustellen, wenn die Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ überschritten werden können. Diese Beratung, die im Rahmen der Unterweisung erfolgen soll, ist zu unterscheiden von der individuellen Beratung, die Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorge ist. Die allgemeine Beratung ist immer dann unter Beteiligung des Betriebsarztes durchzuführen, wenn dies aus arbeitsmedizinischen Gründen erforderlich ist.

(2) Unter der Beteiligung des Arbeitsmediziners nach § 8 Absatz 2 OStrV ist nicht zwingend zu verstehen, dass dieser die Beratung persönlich vornimmt. Das Beteiligungsgebot kann zum Beispiel erfüllt werden durch Schulung von Führungskräften, von Fachkräften für Arbeitssicherheit oder durch Mitwirkung bei der Erstellung geeigneter Unterweisungsmaterialien.

(3) In der allgemeinen arbeitsmedizinischen Beratung sind die Beschäftigten über die möglicherweise auftretenden Gesundheitsgefahren zu unterrichten. Sie beinhaltet eine für den Laien verständliche Beschreibung möglicher Gefährdungen und Krankheitsbilder und ihrer Symptome, wenn nach der Gefährdungsbeurteilung eine Gefährdung besteht.

(4) Die allgemeine arbeitsmedizinische Beratung ist möglichst unter Beteiligung des Arztes durchzuführen, der auch mit der Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorge beauftragt ist.

(5) Grundlage der arbeitsmedizinischen Beratung ist die Gefährdungsbeurteilung. Die Beschäftigten sind je nach Erfordernis zu informieren bzw. zu beraten hinsichtlich:

1. der möglichen akuten Wirkungen durch inkohärente optische Strahlung auf die Haut und die Augen,
2. der zu erwartenden Symptome/Gesundheitsstörungen nach einer Exposition,
3. individueller Faktoren, die zu einer Erhöhung des Risikos führen können, wie eine anlagebedingte Anfälligkeit für die Entstehung von Gesundheitsstörungen (z. B. empfindliche Haut), Vorerkrankungen (z. B. Autoimmunerkrankungen), medizinische Hilfsmittel wie Kontaktlinsen, Linsenimplantate, eine bestehende Medikation (etwa Einnahme oder Auftragen fototoxischer, fotosensibilisierender oder immunsuppressiver Medikamente) oder Probleme, die sich aus der Verwendung von z. B. Kosmetika, Parfums, Rasierwasser und Desinfektionsmitteln ergeben können,
4. der krebserzeugenden bzw. krebserregenden Eigenschaften inkohärenter optischer Strahlung und den damit im Zusammenhang stehenden gefährdungsrelevanten Bereichen der UV-Strahlung,
5. sonstiger chronisch-schädigender Eigenschaften inkohärenter optischer Strahlung,
6. arbeitsmedizinische Vorsorge (siehe Abschnitt 5) sowie deren Zweck.

(6) Falls relevant, sind die Beschäftigten darüber hinaus über besondere arbeitsmedizinische Aspekte zu informieren und zu beraten hinsichtlich:

1. der Benutzung persönlicher Schutzausrüstung,
2. möglicher Belastungen und Beanspruchungen durch persönliche Schutzausrüstung,
3. der konsequenten Umsetzung von Schutzmaßnahmen,
4. weiterer Maßnahmen zur Verhältnis- und Verhaltensprävention,
5. Verhaltensweisen bei Erkrankungsverdacht,
6. arbeitsmedizinischer Beratungsmöglichkeiten beim Auftreten von Symptomen, z. B. in Form von arbeitsmedizinischer Vorsorge.

(7) Der Betriebsarzt ist über jedes Unfallereignis und die durchgeführten ärztlichen Maßnahmen zu informieren.

9 Schutzmaßnahmen und Wirksamkeitsüberprüfung

(1) Auf Grundlage der Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung sind Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik festzulegen. Dabei ist die Rangfolge der Schutzmaßnahmen und das Minimierungsgebot entsprechend § 7 Absatz 1 OStrV zu beachten.

(2) Bei Möglichkeit der Überschreitung der Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung wird ein Plan für die Durchführung von technischen und organisatorischen Maßnahmen mit Prioritätenliste, Zeitplan und Wirksamkeitsüberprüfung aufgestellt und durchgeführt. Reichen diese Maßnahmen nicht aus, müssen persönliche Schutzmaßnahmen verwendet werden. Auch hier ist eine regelmäßige Wirksamkeitsüberprüfung notwendig.

(3) Der Fachkundige, der die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt hat, legt in der Regel auch die Maßnahmen (Schutzmaßnahmen) fest. Der Arbeitgeber muss diese dann selbst oder durch Anweisung umsetzen.

(4) Die Wirksamkeit der ausgewählten Schutzmaßnahmen ist in regelmäßigen Abständen zu überprüfen.

(5) Beispiele und Regelungen für Schutzmaßnahmen finden sich in der TROS IOS, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“.

10 Dokumentation

(1) Die Gefährdungsbeurteilung zu inkohärenter optischer Strahlung am Arbeitsplatz ist unabhängig von der Zahl der Beschäftigten zu dokumentieren. Dabei sind anzugeben:

1. Bezeichnung und Beschreibung der Tätigkeit oder des Arbeitsplatzes bzw. des Arbeitsbereiches, für den die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt wurde,
2. die am Arbeitsplatz vorhandenen tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen,
3. die Ergebnisse der durchgeführten Ermittlungen (z. B. Herstellerinformationen, vorhandene Expositionsdaten),
4. die Ergebnisse der gegebenenfalls durchgeführten Messungen und Berechnungen,
6. das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung und
7. die notwendigen Maßnahmen zur Vermeidung oder Minimierung der Gefährdung, einschließlich des Ergebnisses der Überprüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen.

(2) Tätigkeiten, die aufgrund der Arbeitsbedingungen als gleichartig angesehen werden, können zusammengefasst werden.

(3) Die Dokumentation kann arbeitsplatz- oder tätigkeitsbezogen, aber auch personenbezogen erfolgen. Bei einer arbeitsbereichsbezogenen Dokumentation muss nachvollziehbar sein, welchem Arbeitsbereich die Beschäftigten zuzuordnen sind.

(4) Der Arbeitgeber hat die ermittelten Ergebnisse aus Beurteilung, Messungen und Berechnungen zur Gefährdungsbeurteilung von künstlicher UV-Strahlung in einer Form aufzubewahren, die eine spätere Einsichtnahme ermöglicht. Die Aufbewahrungsfrist für diese Dokumente beträgt 30 Jahre.

11 Literaturhinweise

Produktnormen zur Kategorisierung von Strahlungsquellen

- [1] DIN EN 12198-1: Sicherheit von Maschinen - Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 1: Allgemeine Leitsätze; Deutsche Fassung EN 12198-1:2000+A1:2008
- [2] DIN EN 16237: Klassifizierung nicht elektrisch betriebener Quellen inkohärenter optischer Strahlung; Deutsche Fassung EN 16237:2013
- [3] DIN EN 60432: Glühlampen – Sicherheitsanforderungen – Teil 3: Halogen-Glühlampen (Fahrzeuglampen ausgenommen) (IEC 60432-3:2002+ A1:2005+ A2:2008); Deutsche Fassung EN 60432-3:2003+A1:2005+A2:2008
- [4] DIN EN 62471: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen (IEC 62471:2006, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62471:2008

Software zur Bewertung von Strahlungsexposition am Arbeitsplatz

- [5] CatRayon 4.0: Software zur Evaluierung der Strahlungsexposition von Beschäftigten; INRS (Frankreich); Version 4.0 von 2011

Beispiele für veröffentlichte Messergebnisse

- [6] Safety with Lasers and Other Optical Sources by David Sliney, Myron Wolbarsht, Plenum Press, 1980
- [7] E. Sutter: Schutz vor optischer Strahlung, VDE Schriftenreihe 104, VDE Verlag GmbH (2008)
- [8] BGIA-Report 3/2007 „UV-Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen“, <http://www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/rep07/bgia0307/index.jsp>
- [9] UV-Strahlenexpositionen bei der Glasbearbeitung mit Gasbrennern – Informationen des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV, http://www.dguv.de/ifa/de/fac/strahl/pdf/uv_expositionen_gasbrenner.pdf
- [10] Informationen für die Glasbearbeitung mit Brennern. Info spezial SD 53 (12.06). Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik und Textil- und Bekleidungs-Berufsgenossenschaft, Köln und Augsburg 2006, http://www.bgetem.de/htdocs/r30/vc_shop/bilder/firma53/sd_53.pdf

Sonstiges

- [11] Report Nr. 55 der AUVA: Optische Strahlung, Ultraviolett-Strahlungsemission von Beleuchtung, Seibersdorf Laboratories, Seibersdorf, Österreich (2011)
- [12] Emission von UV-Strahlung beim Elektroschweißen; Informationen des IFA (2011); http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/uv_emission_schweissen.pdf
- [13] Moderne Lichtquellen – Stellungnahme der Strahlenschutzkommission, verabschiedet auf der 242. Sitzung der SSK am 01./02.Juli 2010, <http://www.ssk.de/de/werke/2010/kurzinfo/ssk1006.htm>

- [14] Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung, 05.03.2010, Health Protection Agency im Auftrag der EU-Kommission
- [15] BG-Information BGI 553 „Lichtbogenhandschweißer“:
http://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Gesetze_Vorschriften/BG-Informationen/BGI_553.pdf
- [16] BG-Information BGI 554 „Gasschweißer“:
http://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Gesetze_Vorschriften/BG-Informationen/BGI_554.pdf
- [17] BG-Information BGI 579 „Hitzearbeit“:
http://ew.bgetem.de/informationen/bgi/bgi_579.pdf?id=/de/index/search.htm
- [18] DGUV Grundsätze für die arbeitsmedizinische Vorsorge, Grundsatz G17 „Künstliche optische Strahlung“, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, DGUV 2012, wird veröffentlicht

Technische Regeln zur Arbeitsschutz- verordnung zu künstlicher optischer Strahlung	TROS Inkohärente Optische Strahlung	Teil 2: Messungen und Berech- nungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung
---	--	---

Die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Inkohärente Optische Strahlung) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitsplatzhygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung wieder.

Sie werden vom **Ausschuss für Betriebssicherheit** unter Beteiligung des Ausschusses für Arbeitsmedizin ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“, konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs die Anforderungen der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung und der Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
 - 2 Begriffsbestimmungen
 - 3 Messungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung
 - 4 Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung
 - 5 Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung
 - 6 Vorgehensweise bei nicht durch die EGW erfassten Expositionssituationen
 - 7 Literaturhinweise
-
- Anlage 1 Beispiele für die Berechnung von IR-Strahlungsexpositionen
 - Anlage 2 Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung
 - Anlage 3 Rechenprogramme zur Expositionsabschätzung
 - Anlage 4 Beispiele für die Notwendigkeit von Expositionsmessungen und die Anwendung von Schutzmaßnahmen bei verschiedenen Tätigkeiten

1 Anwendungsbereich

(1) Der Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ der TROS IOS beschreibt das Vorgehen bei den Messungen und Berechnungen von Expositionen nach dem Stand der Technik, wie es in der OStrV gefordert wird. Es werden Anforderungen an fachkundige Personen gestellt, Expositionsgrenzwerte (EGW) erläutert und weiterführende Anwendungshinweise dazu gegeben.

(2) Die TROS IOS gilt für inkohärente optische Strahlung aus künstlichen Quellen im Wellenlängenbereich zwischen 100 nm und 1 mm.

(3) Unabhängig von den in dieser TROS IOS beschriebenen Vorgehensweisen sind vom Arbeitgeber die Beschäftigten oder ihre Interessenvertretung, sofern diese vorhanden ist, aufgrund der einschlägigen Vorschriften zu beteiligen.

2 Begriffsbestimmungen

In diesem Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ der TROS IOS werden Begriffe so verwendet, wie sie im Teil „Allgemeines“ der TROS IOS definiert und erläutert sind.

3 Messungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung

3.1 Grundsätzliches

(1) Nach § 3 der OStrV hat der Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung die auftretenden Expositionen durch künstliche optische Strahlung an Arbeitsplätzen zu ermitteln und zu bewerten. Er kann sich die notwendigen Informationen beim Wirtschaftsakteur nach § 2 Ziffer 29 ProdSG (Hersteller, Bevollmächtigter, Einführer oder Händler) der verwendeten Produkte/Arbeitsmittel oder mit Hilfe anderer zugänglicher Informationsquellen beschaffen.

(2) Lässt sich mit den vorhandenen Informationen nicht sicher feststellen, ob die Expositionsgrenzwerte (EGW) nach Abschnitt 5 dieser TROS IOS eingehalten werden, ist die Exposition durch Messungen oder Berechnungen nach § 4 OStrV festzustellen. Messungen und Berechnungen müssen nach dem Stand der Technik fachkundig geplant und durchgeführt werden. Die eingesetzten Messverfahren und Messgeräte sowie eventuell erforderliche Berechnungsverfahren müssen den Expositionsbedingungen hinsichtlich der betreffenden inkohärenten optischen Strahlung angepasst und geeignet sein, den Vergleich mit den EGW zu erlauben.

(3) Das Messen optischer Strahlungsexpositionen ist eine komplexe Aufgabe und erfordert entsprechende Fachkenntnisse und Erfahrungen (Fachkunde nach §§ 4 und 5 OStrV). Der Arbeitgeber kann damit fachkundige Personen beauftragen, falls er nicht selbst über die entsprechenden Kenntnisse und die notwendige Messtechnik verfügt.

(4) Hilfen für die Planung und Durchführung von Messungen inkohärenter optischer Strahlung bieten die in dieser TROS IOS aufgeführten technischen Normen. Werden Messungen nach diesen Normen durchgeführt, wird diesbezüglich die Forderung der OStrV, den Stand der Technik zu beachten, erfüllt. Das Vorgehen bei Messungen und Bewertungen wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Verfahren zur Messung und Bewertung von ultravioletten, sichtbaren und infraroten Strahlungsexpositionen durch künstliche Quellen an Arbeitsplätzen sind außerdem in den europäischen Normen DIN EN 14255-1 [2] und DIN EN 14255-2 [3] detailliert beschrieben.

3.2 Informationsermittlung

(1) Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist zunächst festzustellen, ob zur Ermittlung der Exposition eine Messung oder Berechnung notwendig ist oder ob nicht bereits genügend Informationen vorhanden sind, um die Exposition auch ohne eine Messung ausreichend genau bestimmen zu können. Beispiele für Fälle ohne die Notwendigkeit einer Expositionsmessung sind:

- Die Strahlungsquelle wurde nach der Höhe ihrer Strahlungsemission klassifiziert. Eine Klassifizierung kann für Maschinen nach DIN EN 12198, für Lampen und Lampensysteme nach DIN EN 62471 und für nicht elektrisch betriebene Strahlungsquellen nach DIN EN 16237 erfolgen. Fallen Maschinen in die Emissionskategorie 0 oder 1 oder fallen nicht elektrisch betriebene Strahlungsquellen in die Emissionsklasse 0 oder 1, dann kann man davon ausgehen, dass bei der Anwendung dieser klassifizierten Quellen an Arbeitsplätzen die EGW innerhalb einer achtstündigen Arbeitsschicht nicht überschritten werden. In diesen Fällen kann auf eine Messung verzichtet werden. Kennt man auch bei kürzeren Zeiten die maximale Expositionsdauer durch inkohärente optische Strahlung am Arbeitsplatz einer nach DIN EN 16237 klassifizierten, nicht elektrischen Strahlungsquelle, dann kann man anhand der Emissionsklasse feststellen, ob die EGW überschritten werden können oder nicht. Bei Lampen, die nach DIN EN 62471 klassifiziert wurden, bedeutet die Einordnung in die Freie Gruppe aufgrund einer unterschiedlichen Zeitbasis zur OStrV nicht automatisch, dass die EGW eingehalten werden. In der OStrV bezieht man sich auf einen achtstündigen Arbeitstag, während die DIN EN 62471 eine Zeit von 1 000 s zu Grunde legt. Dies hat besonders bei der technischen Applikation mit einer UV-A-Strahlungsquelle Relevanz [1], [4], [5].
- Es ist eine Berechnung der zu erwartenden Strahlungsexpositionen möglich, siehe Abschnitt 4 dieser TROS IOS.

(2) Messungen und Berechnungen sind bei sehr hohen Strahlungsexpositionen, wie zum Beispiel beim Elektroschweißen, nicht sinnvoll, da bekannt ist, dass die EGW bereits nach kurzer Zeit überschritten werden. In diesem Fall müssen Schutzmaßnahmen vor Aufnahme der Tätigkeit getroffen werden. Um die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen sicherzustellen, sind geeignete Informationen einzuholen. Gegebenenfalls sind Messungen zur Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen durchzuführen.

(3) Lässt sich mit den verfügbaren Informationen keine eindeutige Entscheidung treffen, ob die EGW eingehalten oder überschritten werden, dann ist eine Messung oder Berechnung der Exposition erforderlich. Hilfen zur Entscheidung, ob eine Messung notwendig ist, sind in Anlage 4 („Beispiele für die Notwendigkeit von Expositionsmessungen und die Anwendung von Schutzmaßnahmen bei verschiedenen Tätigkeiten“) zu finden.

3.3 Analyse der Arbeitsaufgaben und Expositionsbedingungen

(1) Vor der Messung ist eine detaillierte Analyse der Arbeitsaufgaben und des Arbeitsablaufs der exponierten Personen sowie der Expositionsbedingungen durchzuführen. Hierbei müssen sämtliche Tätigkeiten berücksichtigt werden, bei denen Personen inkohärenter optischer Strahlung ausgesetzt sein können. Dabei sind insbesondere zu prüfen:

- Anzahl, Positionen und Arten der Strahlungsquellen,
- Strahlung, die an Wänden, Einrichtungen, Materialien usw. reflektiert und gestreut wird,
- Strahlungsspektren (spektrale Bestrahlungsstärke) am Ort der Expositionen,
- zeitlicher Verlauf der Bestrahlungsstärke oder Strahldichte und der Schwankung des Strahlungsspektrums,
- Abstand zwischen den exponierten Personen und den Strahlungsquellen,
- Bewegungen der exponierten Personen relativ zu den Strahlungsquellen während ihrer Arbeit,
- Zeiten, die exponierte Personen im Bereich der Strahlungsquellen verbringen,
- zu berücksichtigende mögliche gesundheitliche Auswirkungen durch die Exposition auf Beschäftigte und auf besonders gefährdete Gruppen,
- mögliche fotosensibilisierende chemische oder biologische Stoffe am Arbeitsplatz,
- Verwendung von Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen,
- Expositionsbedingungen beim Normalbetrieb der Strahlungsquellen,
- Expositionsbedingungen bei Wartung und Service.

(2) Für jede einzelne Tätigkeit müssen die Angaben vollständig genug sein, um die Exposition der Beschäftigten repräsentativ ermitteln und bewerten zu können. Tabelle 1 zeigt das Beispiel einer Arbeitsanalyse in Tabellenform.

Tab. 1 Beispiel einer Dokumentation der Arbeitsanalyse für die Glasbearbeitung mit Gasbrennern an einem Tischarbeitsplatz. Sie beinhaltet alle Tätigkeiten, auch die ohne Exposition.

Tätigkeit	Art der Tätigkeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Exponierter Körperbereich	Häufigkeit je Schicht	geschätzte Dauer der Tätigkeit in min	geschätzte Dauer der Tätigkeit je Arbeitsschicht in min
A	Erwärmen des Glaswerkstückes	Vor dem Gasbrenner	Augen, Gesicht, Unterarme	100	2	200
B	In Form blasen	In direkter Nähe zum Arbeitsplatz und dem Gasbrenner	Keine UV-Exposition, aber IR-Exposition von Augen, Gesicht, Unterarmen	100	0,2	20
C	Herausnehmen aus Formschablone	In direkter Nähe zum Arbeitsplatz und dem Gasbrenner	Keine Exposition	100	0,2	20
D	Abstellen und Nehmen eines neuen Werkstückes	In direkter Nähe zum Arbeitsplatz und dem Gasbrenner	Keine Exposition	100	0,5	50
E	Sonstige Tätigkeiten ohne Exposition	Im Glasbearbeitungsbereich	Keine Exposition	1	190	190
Summe der Tätigkeiten A–E:						480

(3) Wirkt Strahlung auf mehrere Arbeitnehmer in vergleichbarer Weise ein, dann kann die Analyse als repräsentativ für die persönlichen Expositionen dieser Beschäftigten angesehen werden. In diesem Fall reicht die Durchführung einer Expositionsmessung im Sinne einer Stichprobenerhebung nach § 4 Absatz 2 OStrV aus.

3.4 Messung

3.4.1 Planung

(1) Vor der Messung ist eine sorgfältige Planung durchzuführen. Dabei ist festzustellen, um welche Art von Strahlungsquellen es sich handelt und mit welcher Art von Strahlung gerechnet werden muss. Daraus ergibt sich, welches Messverfahren einzusetzen und wie die Messung durchzuführen ist.

(2) Wenn vor der Messung keine detaillierten Angaben über das Strahlungsspektrum erhältlich sind, dann ist eine Messung des optischen Strahlungsspektrums (spektrale Bestrahlungsstärke) hilfreich. Aus dem Spektrum ist zu entnehmen, in welchem Wellenlängenbereich mit einer hohen Exposition zu rechnen ist und welche Gefährdungen auftreten können (Abbildung 1). Das Spektrum ist so nahe wie möglich am Expositionsort zu bestimmen. Es muss nicht mit dem Strahlungsspektrum der Strahlungsquelle übereinstimmen, da sich das Strahlungsspektrum zwischen der Strahlungsquelle und der exponierten Person durch Streuung und Brechung oder Reflexion, Transmission und Absorption verändern kann.

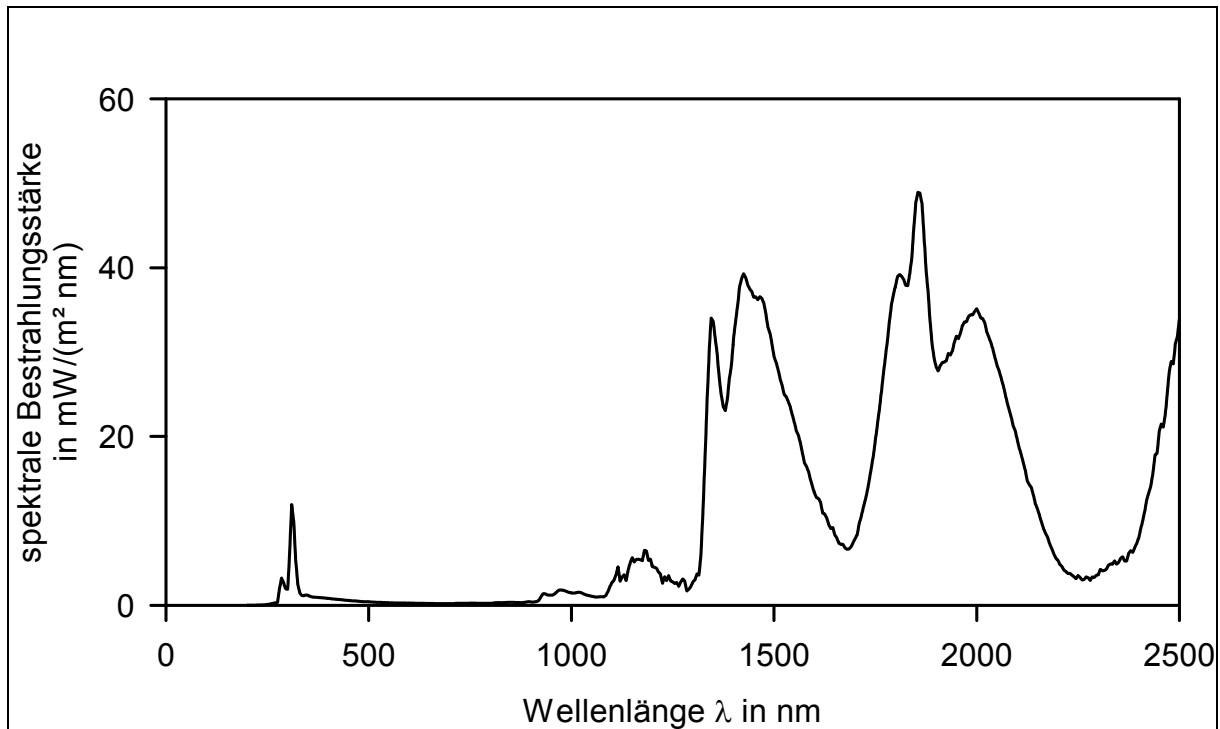


Abb. 1 Gemessenes Strahlungsspektrum (spektral ungewichtet und linear) einer Gasflamme bei der Bearbeitung eines Glasrohrrohlings an einem Tischarbeitsplatz

3.4.2 Auswahl der zu messenden Strahlungsgrößen

(1) Im Abschnitt 5 dieser TROS IOS sind EGW für inkohärente optische Strahlung in folgenden Messgrößen festgelegt: H_{eff} , H_{UVA} , L_B , E_B , L_R , L_{IR} , E_{IR} , H_{Haut} . Es müssen in der Regel nicht die Expositionen für alle Messgrößen ermittelt werden, sondern nur für die Expositionen, bei denen die Einhaltung der EGW nicht sicher vorhergesagt werden kann (siehe Abschnitt 3.2 „Informationsermittlung“). Für welche Messgrößen die Expositionen zu ermitteln sind, ergibt sich aus der Analyse der Arbeitsaufgaben, dem Strahlungsspektrum und aus der Art der Gefährdung. Man kann einige der genannten Messgrößen direkt messen. Es gibt z. B. UV-Radiometer, die eine spektrale Wichtung der Strahlungsexposition nach der Wichtungsfunktion $S(\lambda)$ durchführen. Mit Hilfe einer Start- und Stoppfunktion kann damit direkt die effektive Bestrahlung H_{eff} während der Messdauer gemessen werden. Häufig werden jedoch Hilfsgrößen verwendet, aus denen die Strahlungsexpositionen in den gewünschten Größen erst berechnet werden müssen. So werden meist die effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} mit der $S(\lambda)$ -Wichtung und die Expositionsdauer Δt gemessen, um daraus die effektive Bestrahlung H_{eff} als Produkt beider Messgrößen zu berechnen. Dazu gibt es z. B. UV-Messgeräte, die die spektrale $S(\lambda)$ -Wichtung nachbilden und als Messergebnis direkt die effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} ausgeben. Alternativ können für die Ermittlung spektral gewichteter Größen, wie E_{eff} , L_B und L_R , auch die spektrale Bestrahlungsstärke E_λ bzw. die spektrale Strahldichte L_λ im entsprechenden Wellenlängenbereich gemessen und mit den Wichtungsfunktionen $S(\lambda)$ bzw. $B(\lambda)$ und $R(\lambda)$ berechnet werden. (Zu den Definitionen der Messgrößen siehe Abschnitt 5 dieser TROS IOS).

(2) Geht es um die Beurteilung der Verbrennungsgefahr der Haut bei der Einwirkung starker Wärmestrahlung, dann sind die Bestrahlungsstärke E_{Haut} im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 3 000 nm (siehe dazu Abschnitt 6.3) sowie die Expositionsdauer Δt zu messen. Aus E_{Haut} und Δt ist die Bestrahlung H_{Haut} zu berechnen und mit dem EGW zu vergleichen.

3.4.3 Wahl des Messverfahrens

Als nächster Schritt ist ein geeignetes Messverfahren auszuwählen. Ein komplettes Verfahren besteht nicht nur aus den eingesetzten Messgeräten, sondern auch aus der Art, wie die Messungen durchgeführt werden, und aus der Bewertung der Ergebnisse. Bei der Auswahl des Messverfahrens sind neben dem Ziel der Messung auch die Expositionsbedingungen und die zu messenden Strahlungsgrößen zu berücksichtigen. Aus der Analyse der Arbeitsaufgaben ergibt sich auch, ob die personenbezogene Exposition mit Hilfe stationärer Messgeräte ermittelt werden kann, oder ob Messgeräte eingesetzt werden müssen, die von den Exponierten am Körper getragen werden.

3.4.4 Anforderungen an das Messverfahren

(1) Bei den Messverfahren wird zwischen dem Spektralverfahren und dem Integralverfahren unterschieden. Eine der wichtigsten Anforderungen an die Messgeräte ist die einzuhaltende Messunsicherheit. Eine Messunsicherheit von $\leq 30 \%$ wird für Verfahren gefordert, bei denen das Ergebnis mit dem EGW verglichen werden soll. Für Übersichtsmessungen ist eine Messunsicherheit von $\leq 50 \%$ einzuhalten.

(2) Ein Messverfahren muss einen ausreichend großen Messbereich umfassen, so dass eine Entscheidung über die Einhaltung oder Überschreitung von EGW möglich ist. Gegebenenfalls können auch mehrere, sich im Messbereich ergänzende Messverfahren eingesetzt werden. Weitere Anforderungen beziehen sich auf die spektrale Empfindlichkeit des Empfängersystems, die Empfängerfläche, die Apertur, den Öffnungswinkel der Eingangsoptik und die Winkelabhängigkeit der Eingangsoptik. Die Mittelungsdauer (Integrationsdauer) der eingesetzten Geräte und die Messdauer für das gesamte Verfahren sind so zu wählen, dass eine Entscheidung über die Einhaltung oder Überschreitung der EGW möglich ist.

(3) Die zeitliche Abhängigkeit der Exposition muss durch das Messgerät erfasst werden können (Pulskriterium).

(4) Die festgelegten Anforderungen sind von den Messverfahren unter den vor Ort bei der Messung herrschenden Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchte, Druck, Staub, elektromagnetische Felder, etc.) einzuhalten.

(5) Weitere Anforderungen sind hinsichtlich der Kalibrierung der Geräte, des empfindlichen Wellenlängenbereichs sowie der Schrittweite, der Bandbreite und der Empfindlichkeit gegenüber Streulicht bei Messungen des Strahlungsspektrums zu erfüllen.

3.4.5 Spektralverfahren

(1) Bei diesem grundlegenden Verfahren wird mit Hilfe eines Spektralradiometers die spektrale Bestrahlungsstärke (bzw. die spektrale Strahldichte) in Abhängigkeit von der Wellenlänge gemessen. Für einen Vergleich mit den EGW müssen die Messergebnisse gegebenenfalls mit den Wichtungsfunktionen verrechnet werden. Hierbei ist jeweils noch auf die spektrale Bandbreite (1 nm, 2 nm oder 5 nm) und im UV-Bereich auf das Streulicht zu achten.

(2) Wesentliche Komponenten eines Spektralradiometers sind:

- Eingangsoptik,
- Spektralapparat,
- Empfänger,
- Erfassungs- und Auswerteeinheit.

(3) Bei dem Spektralverfahren sind die Messgeräte in zwei Ausführungen zu unterscheiden:

- Spektralradiometer mit schrittweiser Abtastung der Wellenlänge,
- Spektralradiometer mit Array-Detektor.

3.4.5.1 Spektralradiometer mit schrittweiser Abtastung der Wellenlänge

(1) Bei diesem Gerätetyp wird in diskreten Schritten in einem vorgegebenen Spektralbereich jede Wellenlänge schrittweise abgetastet. Das Ergebnis ist ein Spektrum mit Informationen über die spektrale Strahlungsverteilung der Quelle. Ein Spektralradiometer kann als Einfach-Monochromator oder mit einem nachgeschalteten zweiten Monochromator als Doppelmonochromator ausgeführt sein. In Abbildung 2 ist schematisch der Aufbau eines Doppelmonochromators dargestellt.

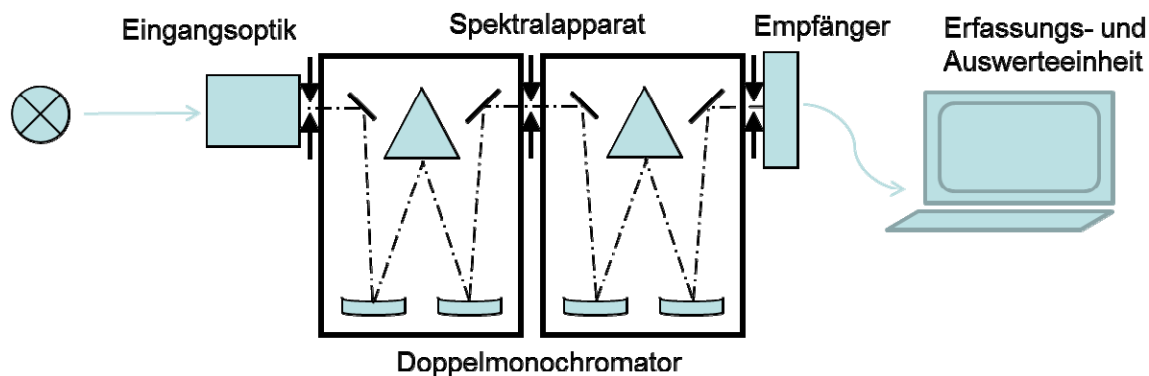


Abb. 2 Schematischer Aufbau eines Doppelmonochromators

(2) Ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Ausführungen liegt beim Doppelmonochromator in der deutlich besseren Streulichtunterdrückung von außerhalb der Messung gelegenen Wellenlängenbereichen. Für Messdienste, die UV-Messungen mit geringer Messunsicherheit von Strahlungsquellen mit hohen Anteilen im sichtbaren und IR-Bereich durchführen, wird aus diesem Grunde zur Unterdrückung der Falschlichtanteile die Verwendung eines Doppelmonochromators empfohlen. Bei Verwendung eines Einfachmonochromators kommt es zur Überbewertung der Exposition infolge des Streulichtanteils. Einfach-Monochromatoren kann man zur Messung von Strahlungsquellen anwenden, deren Emission im Wesentlichen auf den UV-Bereich begrenzt ist.

Vorteile:

- Messungen mit hoher Präzision bei zeitlich nicht veränderlichen Bestrahlungsstärken möglich
- genaue Gewichtung bei Bewertung mit Wirkungsspektren

Nachteile:

- lange Messzeit
- nicht für Messung von Quellen mit zeitveränderlichen Bestrahlungsstärken geeignet

3.4.5.2 Spektralradiometer mit Array-Detektor

Bei diesem Gerätetyp ist in einem Einfach-Monochromator ein Gitter fest positioniert. Die Strahlung wird breitbandig auf ein Feld von Detektoren (z. B. auf ein Fotodiodenarray) abgebildet. Jeder Detektor ist einer bestimmten Wellenlänge zugeordnet. Da bei dem Spektralradiometer mit Array-Detektor keine mechanische Abtastbewegung erforderlich ist, kann in sehr kurzer Zeit (Millisekunden) ein komplettes Spektrum aufgenommen werden. Das Messgerät ist somit für die Messung von Quellen mit zeitveränderlichen Bestrahlungsstärken geeignet.

Vorteile:

- Bewertung von Quellen mit zeitveränderlichen Bestrahlungsstärken
- kompaktes System

Nachteile:

- eingeschränkte Messdynamik
- höhere Falschlichtanteile
- einfache Systeme können eine höhere Messunsicherheit aufweisen

3.4.6 Integralverfahren

3.4.6.1 Radiometer mit selektiver spektraler Empfindlichkeit

(1) Beim Integralverfahren wird die Strahlung mit einem Strahlungsempfängersystem gemessen, das aus einem Messkopf mit Eingangsoptik, Filter oder einer Filterkombination und einem Detektor besteht. Durch die Auswahl von geeigneten Filtern und einem Detektor mit selektiver spektraler Empfindlichkeit wird eine Anpassung an einen definierten Spektralbereich oder an eine Bewertungsfunktion der zu messenden vorgesehenen fotobiologischen Größe erreicht. In der signalverarbeitenden Einheit wird der gemessene Wert mit der zugehörigen Korrektur berechnet und direkt angezeigt.

(2) Der apparative Aufwand ist beim Integralverfahren wesentlich geringer als beim Spektralverfahren. Einige kommerzielle Messsysteme sind nur für Übersichts- und Relativmessungen geeignet. Systematische Messabweichungen können bei bekannten Strahlungsquellen durch einen Korrekturfaktor verringert werden, der vom Hersteller für verschiedene Strahlungsquellen ermittelt worden ist.

(3) Für Arbeitsplatzmessungen sind angepasste Messgeräte nach dem Integralverfahren besser geeignet, da die Handhabung und Auswertung einfacher ist als beim Spektralverfahren.

Vorteile:

- direkte Anzeige des Messergebnisses
- Bewertung von Quellen mit zeitveränderlichen Strahlungsgrößen
- kompaktes Messgerät mit leichter Handhabung, Batteriebetrieb möglich; kostengünstiger als Spektralmessgeräte

Nachteile:

- unzureichende Anpassung der relativen spektralen Empfindlichkeit an die Wirkungsfunktion
- einfache Systeme können eine höhere Messunsicherheit aufweisen

3.4.6.2 Personendosimeter

Für Arbeitsbedingungen, bei denen die Einwirkung der optischen Strahlung stark schwankt, ist es vorteilhaft, kompakte Integralmessgeräte zu nutzen, die als Personendosimeter zum Einsatz kommen. Hierbei wird zwischen elektronischen, Polysulfonfilm- oder biologischen Dosimetern unterschieden.

3.4.6.2.1 Elektronische Datenlogger-Dosimeter

Elektronische Dosimeter entsprechen prinzipiell den oben beschriebenen Integralradiometern. Ihre Sensoren können an unterschiedliche Bewertungsfunktionen angepasst sein. Typischerweise sind sie mit einer zeittaktbaren Speicherfunktion ausgerüstet. Damit haben sie den Vorteil, dass zu der ermittelten Strahlungsgröße der zeitliche Bezug registriert wird.

Vorteile:

- personen-/körperarealbezogene Messung
- Registrierung des Zeitverlaufs der Messgröße
- Messdatentransfer auf PC
- wiederverwendbar

Nachteile:

- unzureichende Anpassung der relativen spektralen Empfindlichkeit an die Bewertungsfunktion
- kostenintensiv in Relation zu Filmdosimetern

3.4.6.2.2 Fotochemische Filmdosimeter (Polysulfonfilm)

Fotochemische Sensoren sind vorrangig Folien aus organischen Materialien, die Änderungen optischer Eigenschaften im Material nur durch Einwirkung von UV-Strahlung nutzen. Durch eine spezifische Kalibrierung kann eine Anpassung an das Aktionsspektrum des zu untersuchenden fotobiologischen Effektes erreicht werden.

Vorteile:

- personen-/körperarealbezogene Messung
- problemloses Tragen
- kostengünstig

Nachteile:

- unzureichende Anpassung der relativen spektralen Empfindlichkeit an die Bewertungsfunktion
- im langwelligen UV-A-Bereich nicht sensibel
- nicht wieder verwendbar

3.4.6.3 Biologische Filmdosimeter

Das strahlungsempfindliche Material besteht vornehmlich aus einfachen biologischen Lebensformen (Bakteriensporen, Phagen, Zellen) oder Stoffwechselkomponenten (Pro-Vitamin D). Im biologischen Filmdosimeter werden immobilisierte Sporen des Bakteriums *B. subtilis* verwendet, deren Anzahl unter UV-Exposition durch zerstörte DNA dosisabhängig reduziert wird. Bestimmt wird als Dosismaß die Überlebensrate der Bakterien aus messbaren Stoffwechselprodukten.

Vorteile:

- personen-/körperarealbezogene Messung
- problemloses Tragen
- wasserdichte und staubdichte Ausführung verfügbar

Nachteile:

- unzureichende Anpassung der relativen spektralen Empfindlichkeit an die Bewertungsfunktion (über Kalibrierfaktoren erhebliche Verbesserung)
- nicht wiederverwendbar

3.4.7 Durchführung der Messung

(1) Bei der Durchführung der Strahlungsmessung ist darauf zu achten, dass keine Personen gefährdet werden. Bei hohen Bestrahlungsstärken oder Strahldichten kann eine Schädigung von Personen, die die Messung durchführen, schon nach kurzer Zeit eintreten. Daher ist für das Messpersonal eine separate Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und entsprechende Schutzmaßnahmen sind zu ergreifen (Eigenschutz).

(2) Es ist zu prüfen, ob Fotos oder die Anfertigung von Skizzen der Expositionssituation vor oder während der Messung für die Dokumentation erforderlich sind.

(3) Die Messung muss repräsentativ für die Exposition der Beschäftigten sein. Hierzu kann es nötig sein, Einzelmessungen an verschiedenen Orten und in verschiedene Richtungen durchzuführen. Eine Alternative zur Messung mit ortsfesten Messgeräten ist bei Expositionen gegenüber UV-Strahlung der Einsatz von Dosimetern, die von der zu überwachenden Person am Körper getragen werden.

(4) Die Dauer der Messung muss sich an der Einwirkungsdauer der Exposition, an der Messgröße, an der Referenzzeit für den anzuwendenden Expositionsgrenzwert, am Messbereich des Verfahrens und am zeitlichen Verlauf der Strahlungsexposition orientieren.

1. Messdauer bei konstanter Bestrahlungsstärke

Bei konstanter Bestrahlungsstärke kann die Messdauer unter praktischen Gesichtspunkten ausgewählt werden.

2. Messdauer bei nicht konstanter Bestrahlungsstärke (siehe auch Abschnitt 6.4 dieser TROS IOS)

- Der EGW ist als Mittelwert festgelegt: Bei einer schwankenden Bestrahlungsstärke muss die Messdauer ausreichend sein, um ein repräsentatives Mittelweltergebnis zu erhalten, das mit dem Expositionsgrenzwert verglichen werden kann.
- Der EGW ist als Maximalwert festgelegt: Zeitpunkt und Dauer der Messung sind so auszuwählen, dass die maximale Strahlungsexposition im Messzeitraum enthalten ist. Der ermittelte Maximalwert ist mit dem Expositionsgrenzwert zu vergleichen. Gegebenenfalls ist eine direkte Messung der Expositionsdauer notwendig.

(5) Sind Beschäftigte gegenüber mehreren Strahlungsquellen exponiert, dann sind die Einzelexpositionen zu ermitteln. Aus den Einzelexpositionen kann die Gesamtbestrahlung berechnet werden, wenn der anzuwendende EGW als Bestrahlung vorliegt.

3.4.8 Auswertung der Messergebnisse

(1) Die Auswertung der Messergebnisse ist so durchzuführen, dass die Endergebnisse in den Strahlungsgrößen und Einheiten der zu Grunde zu legenden EGW vorliegen. Wurden beispielsweise eine UV-A Bestrahlungsstärke E_{UVA} und eine Expositionsdauer Δt gemessen, dann wird daraus die UV-A Bestrahlung H_{UVA} durch Multiplikation beider Größen berechnet und mit dem EGW der UV-A-Bestrahlung verglichen. Die Auswertung der Messergebnisse ist beispielhaft in Tabelle 2 dargestellt.

(2) Neben dem Messergebnis selbst ist auch die Messunsicherheit in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Tab. 2 Beispiel einer Auswertung der Messergebnisse

Messung	Messort	Foto Nr.	Abstand des Empfängers		UV-Bestrahlungsstärke		$t_{\max}^*$ bis	$t_{\max}^*$ bis	entspr. Tätigkeit gemäß Tab. 1	Bemerkungen
			zum/zur	in m	E_{UVA} in mW/m^2	E_{eff} in mW/m^2	$H_{\text{UVA-EGW}}$	$H_{\text{eff-EGW}}$		
1	Vor dem Gasbrenner, Messung aus einer Höhe von 1,35 m über dem Boden in Richtung Gasflamme, hinter der Schutzscheibe	1	Gasflamme	0,4	40	0,7	> 8 h	> 8 h	A	Entspricht der Exposition des Kopfes (Augen und Haut) des Beschäftigten durch die bei der Bearbeitung des Glasrohrrohrlings emittierte UV-Strahlung mit Schutzscheibe
2	Vor dem Gasbrenner, Messung aus einer Höhe von 1,15 m über dem Boden in Richtung Gasflamme	2	Gasflamme	0,3	345	80	> 8 h	6 min	A	Entspricht der Exposition der Hände/Unterarme des Beschäftigten durch die beim Erwärmen der Glasrohrrohrlinge emittierte UV-Strahlung
3	Vor dem Gasbrenner, Messung aus einer Höhe von 1,15 m über dem Boden in Richtung Gasflamme	3	Gasflamme	0,2	600	120	4,6 h	4 min	A	Entspricht der Exposition der Hände/Unterarme des Beschäftigten durch die beim Erwärmen der Glasrohrrohrlinge emittierte UV-Strahlung, verkürztes Glaswerkstück
4	Vor dem Gasbrenner, Messung aus einer Höhe von 1,35 m über dem Boden in Richtung Gasflamme, ohne Schutzscheibe	4	Gasflamme	0,4	286	85	> 8 h	6 min	B	Entspricht der Exposition des Kopfes (Augen und Haut) des Beschäftigten durch die bei der Bearbeitung des Glasrohrrohrlings emittierte UV-Strahlung ohne Schutzscheibe
5	Vor dem Gasbrenner, Messung aus einer Höhe von 1,35 m über dem Boden in Richtung Gasflamme, hinter der Schutzbrille	5	Gasflamme	0,35	11	< 0,1	> 8 h	> 8 h	C	Entspricht der Exposition der Augen des Beschäftigten durch die bei der Bearbeitung des Glasrohrrohrlings emittierte UV-Strahlung mit Schutzbrille

* Die Zeit $t_{\max}$ gibt die Zeitdauer bis zum Erreichen des EGW gemäß Spalte „UV-Bestrahlungsstärke“ an.

3.4.9 Bewertung der Exposition

(1) Die Exposition wird bewertet, indem das Ergebnis der Messung mit dem anzuwendenden EGW verglichen wird. Hierbei ist auch die Messunsicherheit zu berücksichtigen. Durch den Vergleich ergibt sich die Feststellung, ob der anzuwendende EGW eingehalten ist oder überschritten wird. Ist eine solche klare Feststellung nicht möglich, weil das Messergebnis in der Nähe des EGW liegt und die Messunsicherheit eine eindeutige Aussage nicht zulässt, dann sind zunächst Maßnahmen zur Verminderung der Exposition zu ergreifen. Anschließend ist die Messung zu wiederholen.

(2) Bei der Bewertung der Exposition sind alle Faktoren zu berücksichtigen, die zur Exposition beitragen oder für die Bewertung von Bedeutung sind. So ist z. B. bei Personen mit erhöhter Fotosensibilität die Einhaltung der EGW nach Abschnitt 5 dieser TROS IOS nicht ausreichend und eine weitergehende Reduzierung der Exposition notwendig. Gegebenenfalls ist eine arbeitsmedizinische Beratung erforderlich.

3.5 Anwendung von Schutzmaßnahmen

Die Auswahl und Anwendung von Schutzmaßnahmen ist Gegenstand des TROS IOS, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“.

3.6 Wiederholung von Messung und Bewertung

(1) Das Ergebnis einer Messung spiegelt die Expositionssituation zu dem Zeitpunkt wider, an dem die Messung durchgeführt wurde.

(2) Insbesondere bei folgenden Situationen können Wiederholungen notwendig werden:

- Änderung der Strahlungsquelle,
- Änderung der Arbeitsaufgaben,
- Änderung der Expositionsbedingung,
- Anwendung, Änderung oder Aussetzung von Schutzmaßnahmen,
- Überprüfung der Messergebnisse aufgrund Veränderungen im Stand der Messtechnik,
- Änderung der EGW,
- Vorliegen von Hinweisen auf Grenzwertüberschreitungen, beispielsweise bei Augenbeschwerden oder Hautrötungen von Beschäftigten.

3.7 Bericht

(1) Die Ergebnisse aus der Informationsermittlung, der Messung und der Bewertung sind in einem Bericht zusammenzufassen. Dieser umfasst in der Regel folgende Angaben:

- Anlass und Ziel der Messung,
- Angaben zu der Stelle und Person, die die Messung durchgeführt hat,
- Zeitpunkt und Dauer der Messung,
- Angaben zur Tätigkeit und zum Arbeitsplatz,
- falls relevant Angaben zu exponierten Personen,
- Analyse der Arbeitsaufgabe,

- Art und Typ der Strahlungsquelle(n),
- verwendete Schutzausrüstung(en),
- falls möglich Fotos, ansonsten Skizzen des Arbeitsplatzes, der Expositionssituation und der Messorte,
- verwendete Messeinrichtung(en) und Details zum Messverfahren,
- Ergebnisse der Messung und deren Bewertung,
- Angaben zur Messunsicherheit,
- EGW, die zur Bewertung herangezogen wurden,
- ggf. Empfehlungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Expositionssituation und der Sicherheit am Arbeitsplatz (inklusive geeigneter Schutzmaßnahmen).

(2) Der Bericht ist Teil der Gefährdungsbeurteilung. Messberichte zur Gefährdungsbeurteilung von künstlicher UV-Strahlung sind 30 Jahre aufzubewahren, um eine retrospektive Beurteilung von Erkrankungsfällen sicherzustellen.

4 Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung

In manchen Fällen lässt sich die zu erwartende Strahlungsexposition berechnen. Hierzu sind verschiedene Berechnungsverfahren anwendbar.

4.1 Rechenprogramme

Zur Berechnung der Strahlungsexposition stehen verschiedene PC-basierte Programme zur Verfügung. Mit deren Hilfe kann die Exposition durch verschiedene Arten inkohärenter optischer Strahlungsquellen an Arbeitsplätzen berechnet und bewertet werden. Diese Programme existieren sowohl für den UV-Wellenlängenbereich als auch für den sichtbaren und IR-Wellenlängenbereich. Weitere Informationen sind in Anlage 3 dieser TROS IOS zu finden.

4.2 Strahlungsexpositionen durch thermische Strahler

(1) Jeder Körper sendet inkohärente optische Strahlung aus. Die Strahlungsemission und der Wellenlängenbereich der emittierten Strahlung hängen von der Temperatur des Körpers ab. Der Zusammenhang zwischen der Körpertemperatur und der Strahlungsemission wird durch das Planck'sche Strahlungsgesetz beschrieben. Je höher die Temperatur ist, desto stärker ist die Strahlungsemission und desto mehr verschiebt sich das Spektrum der emittierten Strahlung zu kleineren Wellenlängen. Zu den künstlichen thermischen Strahlungsquellen inkohärenter optischer Strahlung gehören z. B. Glühlampen, Halogen-Glühlampen, Infrarotlampen, Öfen, Glasschmelzen und Metallschmelzen.

(2) Kennt man die Abmessungen und die Temperatur einer Strahlungsquelle, den Abstand einer Person zu der Strahlungsquelle und die Dauer ihres Aufenthaltes vor der Strahlungsquelle, dann kann man mit Hilfe des Planck'schen Strahlungsgesetzes die Expositionswerte berechnen. Dadurch wird ein Vergleich mit den zutreffenden EGW möglich. Zwei Beispiele für die Berechnung sind in Anlage 1 dieser TROS IOS dargestellt.

4.3 Berechnung von Expositionen aus Emissionsdaten von Strahlungsquellen

(1) Zur Berechnung von Expositionen aus Emissionsdaten werden Herstellerangaben zur Strahlungsquelle benötigt. Dies kann insbesondere umfassen:

- allgemein: Entfernungsabhängigkeit der Expositionsdaten, wobei die arbeitsüblichen Abstände berücksichtigt werden sollen, Abmessungen der Quelle bzw. Angaben zur scheinbaren Quelle (Lage und Größe), die spektrale Strahldichte und die daraus resultierenden integralen Strahlungsgrößen, detaillierte Angaben über die Betriebsart (kontinuierlich oder gepulst),
- zusätzlich für UV-Strahlungsquellen: Werte für die Bestrahlungsstärken E_{eff} , E_{UVA} ,
- zusätzlich für sichtbare Strahlung: Werte für die Strahldichte L_B und L_R beziehungsweise die Bestrahlungsstärke E_B ,
- zusätzlich für IR-Strahlung: Werte für die Strahldichten L_R , L_{IR} , die Bestrahlungsstärken E_{IR} , E_{Haut} .

5 Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung

Die EGW für Expositionen von Beschäftigten an Arbeitsplätzen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung sind in Anlage 2 dieser TROS IOS dargestellt.

6 Vorgehensweise bei nicht durch die EGW erfassten Expositionssituationen

(1) Die EGW für inkohärente optische Strahlung nach Abschnitt 5 dieser TROS IOS decken nicht den gesamten Anwendungsbereich der OStrV ab.

(2) Dies kann die Anwendung folgender Verfahrensweisen erfordern:

6.1 Wellenlängenbereich von 100 nm bis 180 nm

Es fehlen EGW für inkohärente optische Strahlungsexpositionen im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 180 nm.

Vorgehensweise

UV-Strahlung mit Wellenlängen kleiner als 180 nm wird in der Luft stark absorbiert. Es kommen dennoch Fälle vor, bei denen UV-Strahlungsquellen so nahe am Körper angewendet werden, dass die Strahlungsexposition in diesem Wellenlängenbereich nicht vernachlässigbar sein kann. Ist hierbei eine Bewertung der Strahlungsexpositionen unter 180 nm Wellenlänge nötig, dann wird folgendermaßen vorgegangen: Es wird die effektive Bestrahlung H_{eff} nicht nur für den Wellenlängenbereich von 180 nm bis 400 nm, sondern für den Bereich von 100 nm bis 400 nm ermittelt. Dazu wird bei allen Wellenlängen kleiner als 180 nm für $S(\lambda)$ der gleiche Wert von 0,012 eingesetzt, der dem Wert bei 180 nm entspricht. Die so ermittelte effektive Bestrahlung H_{eff} wird mit dem EGW verglichen.

6.2 Wellenlängenbereich von 3000 nm bis 1 mm

Es fehlen EGW für inkohärente optische Strahlungsexpositionen im Wellenlängenbereich von 3000 nm bis 1 mm.

Vorgehensweise

Besonders bei thermischen Strahlungsquellen, wie Halogenglühlampen, Metallschmelzen oder Glasschmelzen, können auch Wellenlängen über 3000 nm bis etwa 20000 nm wesentlich zu einer thermischen Belastung von Augen und Haut beitragen. Es ist daher zum Schutz von Hornhaut und Bindehaut der Augen vor Verbrennungen erforderlich, bei der Gefährdungsbeurteilung nicht nur die Bestrahlungsstärke E_{IR} im Wellenlängenbereich 780 nm bis 3000 nm zu ermitteln, sondern vielmehr die Bestrahlungsstärke E_{IR} für den Wellenlängenbereich von 780 nm bis 20000 nm zu ermitteln und mit den bis 3000 nm festgelegten EGW zu vergleichen.

Bei thermischen Strahlungsquellen mit Temperaturen im Bereich von 800 °C bis ca. 3000 °C reicht die Einbeziehung der Wellenlängen bis 20000 nm aus, da Strahlung bei größeren Wellenlängen nicht mehr gefährdend zur Belastung der Augen beiträgt.

6.3 EGW zum Schutz vor Verbrennungen der Haut durch IR-Strahlungsexpositionen für Expositionszeiten größer als 10 s

(1) Es fehlen EGW für inkohärente optische Strahlungsexpositionen der Haut im Wellenlängenbereich von 3000 nm bis 1 mm für Expositionszeiten über 10 s.

(2) Das Auftreten einer Hautverbrennung wird durch die Höhe der aktuellen Bestrahlungsstärke E_{Haut} und nicht zwangsläufig durch die Bestrahlung H_{Haut} bestimmt.

Vorgehensweise

Für den Wellenlängenbereich von 380 nm bis 20000 nm und Expositionsauern bis zu 1000 s ist der EGW gemäß Tabelle 3 zu bestimmen.

Tab. 3 Expositionsgrenzwert zum Schutz der Haut vor Verbrennungen durch sichtbare und IR-Strahlung

Wellenlängen in nm	Expositionsgrenzwert	Messgröße/Einheit	Körperteil/Gefährdung
380 bis 20 000 (Sichtbar und IR)	$E_{Haut} = 20\,000 \cdot t^{-0,75}$ bei $t < 10$ s	E in W/m^2 t in s	Haut/Verbrennung
380 bis 20 000 (Sichtbar und IR)	$E_{Haut} = 7700 \cdot t^{-0,34}$ bei $10 \text{ s} \leq t < 1\,000$ s	E in W/m^2 t in s	Haut/Verbrennung

6.4 Anwendung der Expositionsgrenzwerte bei zeitlich veränderlichen Expositionen

In der OStrV fehlen Vorschriften, wie die Grenzwerte für unterbrochene und zeitlich veränderliche Strahlungsexpositionen (wiederholt gepulste oder modulierte Strahlungsexpositionen) anzuwenden sind.

Vorgehensweise

Falls die Strahlungsexposition während einer Arbeitsschicht variiert oder unterbrochen ist, sind je nach Wirkungsart der Strahlung folgende Fälle zu unterscheiden:

- a) Für die Expositionsgrenzwerte, die zum Schutz vor Schädigungen festgelegt wurden, bei denen die akkumulierte Bestrahlung (dem Produkt aus der Bestrahlungsstärke und der Expositionsdauer bzw. dem Produkt aus der Strahldichte und der Expositionsdauer) die Höhe der Schädigung bestimmt, können die einzelnen Bestrahlungen in der Arbeitsschicht zu einer Gesamtbestrahlung addiert und mit dem Expositionsgrenzwert verglichen werden. Das gilt für die Expositionsgrenzwerte mit den Kennbuchstaben a, b, c und e der Tabelle A2.1 der Anlage 2 dieser TROS IOS.
- b) Bei den Expositionsgrenzwerten mit den Kennbuchstaben c und e können die Gleichungen in der dritten Spalte der Tabelle A2.1 auf beiden Seiten mit t multipliziert werden. Man erhält so Produkte aus Strahldichte und Expositionsdauer bzw. der Bestrahlungsstärke und Expositionsdauer, für die die Werte von $10^6 \text{ J/(m}^2\text{sr)}$ bzw. 100 J/m^2 nicht überschritten werden dürfen. Auch in diesen Fällen können Einzelexpositionen zu einer Gesamtexposition in der Arbeitsschicht zusammengezählt und mit den genannten Werten verglichen werden.
- c) Die Expositionsgrenzwerte mit den Kennbuchstaben g, h, i, j, k, l, m, n und o wurden zum Schutz vor Verbrennungen von Augen und Haut festgelegt. Da eine Verbrennung der Netzhaut, der Hornhaut oder der Haut von der maximalen Bestrahlungsstärke bzw. Strahldichte abhängt, sind die in der Tabelle festgelegten Werte Maximalwerte und dürfen zu keiner Zeit überschritten werden. Schwierig wird die Bewertung, wenn zwei oder mehr Strahlungsmaxima kurz nacheinander auftreten oder wenn die Strahlungsexposition kurzzeitig unterbrochen ist. Es kann dann sein, dass zwar der Expositionsgrenzwert im Zielorgan beim ersten Maximum nicht überschritten wird, das Auge oder die Haut aber beim Auftreten des nächsten Maximums noch eine erhöhte Temperatur aufweist. Dann kann es zu einer Verbrennung kommen, auch wenn der Expositionsgrenzwert beim nächsten Maximum eingehalten wird. Es sind also zwischen zwei Phasen mit hohen Expositionen Abkühlpausen nötig, die die Temperatur im Zielorgan wieder auf den natürlichen Ausgangswert abklingen lassen. Es ist daher notwendig, bei mehreren hintereinander folgenden Wärmestrahlungsexpositionen zwischen den Einzeleinwirkungen eine ausreichend lange Abkühlungspause einzulegen. Die Abkühlpause muss mindestens fünf Minuten betragen, wenn die Exposition bereits 25 % des EGW erreicht hat. Wird keine ausreichende Abkühlpause eingelegt, dann sind hintereinander folgende Wärmestrahlungseinwirkungen wie eine einzelne lange Exposition zu werten und der Grenzwert ist für die Dauer dieser langen Exposition anzuwenden.
- d) Die Expositionsgrenzwerte mit den Kennbuchstaben d und f dürfen zu keinem Zeitpunkt überschritten werden.

Hinweis:

Gepulste Strahlung mit kurzen Pulslängen

Die Bewertung von gepulster Strahlung mit Pulslängen kleiner als $18 \mu\text{s}$ und Pulsen mit unterschiedlicher Stärke wird in dieser TROS IOS nicht behandelt. Liegen keine anderen staatlichen oder berufsgenossenschaftlichen Informationen vor, so kann eine Expositionsbewertung gemäß TROS Laserstrahlung durchgeführt werden. Dies führt zu einer sicheren Bewertung der Exposition.

7 Literaturhinweise

Normen und Leitfäden

- [1] DIN EN 12198-1:2008-11: Sicherheit von Maschinen – Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 1: Allgemeine Leitsätze
- [2] DIN EN 14255-1:2005: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 1: Von künstlichen Quellen am Arbeitsplatz emittierte ultraviolette Strahlung
- [3] DIN EN 14255-2:2005: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 2: Sichtbare und infrarote Strahlung künstlicher Quellen am Arbeitsplatz
- [4] DIN EN 16237:2013: Klassifizierung nicht elektrisch betriebener Quellen inkohärenter optischer Strahlung
- [5] DIN EN 62471:2008: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen
- [6] FS VIS/IR: Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung – Sichtbare und infrarote Strahlung“, Fachverband für Strahlenschutz
- [7] FS UV: Leitfaden „Ultraviolettstrahlung künstlicher Quellen“, Fachverband für Strahlenschutz e. V., FS-2013-157-AKNIR

BG–Schriften

- [8] BGI 5006: BG-Information BGI 5006 „Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung“ Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Oktober 2004,
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi5006.pdf>
- [9] BGIA 2008: Anwendung von Grenzwerten für Expositionen durch inkohärente optische Strahlung, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA (heute IFA), September 2008,
http://www.dguv.de/ifa/de/fac/strahl/pdf/gw_inkohaerente_opt_strahlung.pdf
- [10] BGR 500: Betreiben von Arbeitsmitteln, Kapitel 2.26, April 2008,
publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr500.pdf

Sonstiges

- [11] EM 6: Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren – Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung 2012, überarbeitete Auflage, 14 S.
<http://www.dgzfp.de/Dienste/Publikationen.aspx>
- [12] IFA 2011: Expositionsgrenzwerte zum Schutz der Haut vor Verbrennungen durch Wärmestrahlung – Empfehlung des IFA, Januar 2011,
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/empfehlung-ir-expgrenzwerte.pdf>
- [13] catrayon,
<http://www.colloquium.fr/06IRPA/CDROM/docs/P-427.pdf>
- [14] INRS,
<http://www.inrs.fr>

- [15] Knuschke, P. et al.: Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien. Knuschke, P.; Unverricht, I.; Ott, G.; Janßen, M.; Projekt 1777, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, ISBN 978-3-88261-060-4, Dortmund/Berlin/Dresden 2007
<http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F1777.pdf>
(Abrufdatum: 31.08.2012)
- [16] Quintern, L. E. et al.: Quintern, L. E.; Horneck, G.; Eschweiler, U.; Bückner, H. (1992): A biofilm used as a ultraviolet dosimeter. Photochem. Photobiol. 55, 389-395
- [17] Reidenbach, H.-D.; Brose, M.; Ott, G.; Siekmann, H.: Praxis-Handbuch optische Strahlung; Erich Schmidt Verlag, Berlin 2012
<http://www.esv.info/978-3-503-13822-7>

Anlage 1

Beispiele für die Berechnung von IR-Strahlungsexposition

Beispiel zur Abschätzung der Gefährdung der Augen und der Haut durch IR-Strahlungsexpositionen beim Transport einer Schmelze

Die Höhe und spektrale Verteilung der Strahldichte eines erhitzten Körpers hängt von seiner Temperatur und seinem Emissionsgrad ab. Mit Hilfe der Planck'schen Strahlungsformel kann man berechnen, in welchem Wellenlängenbereich welche Strahlungsanteile auftreten. Für die Gefährdungsbeurteilung an Arbeitsplätzen ist das eine wichtige Information, da man damit die Art einer möglichen Gefährdung abschätzen kann. Zum Beispiel emittiert eine Schmelze aus normalem Glas bei einer Temperatur von ca. 1300 °C bis 1400 °C Strahlung im sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich.

Berechnungsbeispiel:

(1) Der Fahrer eines Gabelstaplers transportiert mit seinem Fahrzeug einen Kessel mit geschmolzenem Eisen. Der Durchmesser der Kesselöffnung beträgt 85 cm, die Temperatur der Eisenschmelze liegt bei 1480 °C. Der Abstand der Kesselöffnung zum Fahrer beträgt 2,60 m. Zwischen dem Transportgut und dem Fahrer befindet sich am Stapler zum Schutz vor Spritzern aus der Schmelze eine Schutzscheibe aus Polycarbonat von 8 mm Dicke. Der gegenüber dem Kessel erhöhte sitzende Fahrer blickt in einem Winkel von ca. 45 ° auf die Schmelze.

(2) Nimmt man eine Aufenthaltsdauer des Fahrers von 1 min im Bereich der Wärmestrahlung aus der Eisenschmelze an, dann ist das Ergebnis der Berechnung, dass alle EGW der Kennbuchstaben a bis l der Tabelle A2.1 der Anlage 2 dieser TROS IOS eingehalten werden. Es besteht also im Sinne der OStrV keine Gefährdung der Augen und der Haut durch UV-Strahlung und keine Gefährdung der Netzhaut durch Verbrennung und durch Photoretinitis (Blaulichtschädigung).

(3) Die in Absatz (2) genannte Beurteilung basiert auf einer Berechnungsmethode, die nachfolgend beispielhaft für die Kennbuchstaben a und b der Tabelle A2.1 der Anlage 2 dieser TROS IOS näher erläutert wird. Die Berechnung kann für alle weiteren Berechnungen für die Kennbuchstaben c bis o in ähnlicher Weise vorgenommen werden:

Für die Berechnung der theoretisch zu erwartenden Bestrahlungsstärken E_{eff} und E_{UVA} sowie der Bestrahlungen H_{eff} und H_{UVA} sind die Formeln zu verwenden, die in Tabelle A2.1 in Anlage 2 dieser TROS IOS unter den Buchstaben a) und b) aufgeführt sind:

$$\text{a) } E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad \text{und} \quad H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$$

$$\text{b) } E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{und} \quad H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$$

Die Berechnung mit dem Planck'schen Strahlungsgesetz führt zunächst nicht direkt zur Bestrahlungsstärke E , sondern zur Strahldichte L und somit zu:

$$\text{a) } L_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} L_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{b) } L_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} L_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

Der Zusammenhang zwischen der Bestrahlungsstärke E und der Strahldichte L ergibt sich unter Einbeziehung des Raumwinkels Ω zu:

$$E = L \cdot \Omega$$

Der zu verwendende Raumwinkel Ω wird aus der Größe der strahlenden Fläche A , dem Abstand zur Quelle r sowie dem Beobachtungswinkel α berechnet:

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \cdot \cos \alpha$$

Für eine runde Strahlungsquelle mit dem Durchmesser d folgt somit:

$$\Omega = \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot r^2} \cdot \cos \alpha$$

Damit ergeben sich für die Berechnung der Bestrahlungsstärken folgende Formeln:

$$\text{a) } E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} L_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot \Omega \quad \text{oder} \quad E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} L_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot r^2} \cdot \cos \alpha$$

$$\text{b) } E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} L_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \Omega \quad \text{oder} \quad E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} L_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot r^2} \cdot \cos \alpha$$

Zur Durchführung der Berechnungen wird ein Tabellenkalkulationsprogramm benötigt. Mit diesem Programm wird zunächst unter Anwendung des Planck'schen Strahlungsgesetzes die spektrale Strahldichte mit einer Wellenlängenauflösung von $\Delta\lambda = 1 \text{ nm}$ im Wellenlängenbereich von 180 bis 400 nm berechnet. Die Temperatur der Strahlungsquelle ist dabei in Kelvin einzusetzen, in dem hier vorliegenden Beispiel also 1753 K (entspricht 1480 °C). Man erhält so eine Spalte der Tabellenkalkulation, in der die ungewichteten Strahldichten in 1 nm-Schritten enthalten sind (siehe Spalte 2 in Tabelle A1). In einer weiteren Spalte der Tabellenkalkulation werden anschließend die mit $S(\lambda)$ gewichteten Strahldichten berechnet (siehe Spalte 3 in Tabelle A1). Für die weitere Berechnung ist der Raumwinkel Ω zu berücksichtigen. Dieser ergibt sich aus dem Durchmesser der strahlenden Fläche ($d = 0,85 \text{ m}$), dem Abstand zur Strahlungsquelle ($r = 2,6 \text{ m}$) und dem Beobachtungswinkel ($\alpha = 45^\circ$) zu:

$$\Omega = \frac{0,85^2 \text{ m}^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2,6^2 \text{ m}^2} \cdot \cos 45^\circ = 0,0594 \text{ sr}$$

Anschließend werden die berechneten Werte der Spalten 2 und 3 in Tabelle A1 jeweils mit dem Raumwinkel $\Omega = 0,0594 \text{ sr}$ multipliziert (siehe Spalten 4 und 5 in Tabelle A1).

Tab. A1 Tabellenkalkulation für die Berechnung von E_{eff} und E_{UVA} (entsprechend den Formeln a) und b) gemäß Anlage 2 dieser TROS IOS)

λ in nm	$L_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$ in W/m ² sr	$L_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ in W/m ² sr	$L_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \Omega$ bzw. $E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$ in W/m ²	$L_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot \Omega$ bzw. $E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ in W/m ²
180	9,92E-12	1,19E-13	-	7,06E-15
181	1,24E-11	1,56E-13	-	9,26E-15
182	1,55E-11	2,05E-13	-	1,22E-14
....			-	
315	1,86E-04	5,57E-07	1,10E-05	3,31E-08
....				
400	1,43E-02	4,28E-07	8,49E-04	2,54E-08
Bestrahlungsstärke E:			$\sum_{315\text{nm}}^{400\text{nm}} = 1,94\text{E} - 02$	$\sum_{180\text{nm}}^{400\text{nm}} = 3,61\text{E} - 05$

Aus der Summe der berechneten Werte aus den Spalten 4 und 5 der Tabelle A1 ergeben sich die Bestrahlungsstärken zu:

$$\text{a) } E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda = 0,0361 \text{ mW/m}^2$$

$$\text{b) } E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda = 19,4 \text{ mW/m}^2$$

Daraus folgt für die Bestrahlung des Fahrers bei einer angenommenen Expositionsdauer von 1 min:

$$\text{a) } H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t = 0,0361 \text{ mW/m}^2 \cdot 60 \text{ s} = 2,2 \text{ mJ/m}^2$$

$$\text{b) } H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t = 19,4 \text{ mW/m}^2 \cdot 60 \text{ s} = 1,16 \text{ J/m}^2$$

Die in der Tabelle A2.1 unter den Kennbuchstaben a) und b) genannten Expositionsgrenzwerte von H_{eff} (GW) = 30 J/m² und H_{UVA} (GW) = 10000 J/m² werden deutlich unterschritten.

(4) Überschritten werden dagegen der EGW zum Schutz vor einer Verbrennung der Hornhaut (Kennbuchstabe m) um das Achtfache und der EGW zum Schutz vor Verbrennungen der Haut um das Fünffache. Als EGW gegen Hautverbrennungen wurde hierbei der nach Abschnitt 6.3 dieser TROS IOS festgelegte Wert verwendet. Der EGW zum Schutz vor Hautverbrennungen wird bereits nach 2,5 s erreicht. Es liegt also durch die starke Wärmestrahlung aus der Eisenschmelze eine hohe Verbrennungsgefahr für die Augen und die Haut vor.

(5) Daher müssen umgehend Maßnahmen ergriffen werden, die zur Verringerung der Strahlungsexposition des Staplerfahrers führen. Es sind also wirksame Schutzmaßnahmen gegen Wärmestrahlung nötig, um die Einhaltung der EGW zu erreichen. Die vorgeschriebene Rangfolge der Schutzmaßnahmen gemäß § 7 Absatz 1 OStrV ist bei deren Auswahl und Festlegung zu beachten.

(6) Das Beispiel zeigt, dass es Fälle gibt, in denen eine Berechnung der Exposition eine aufwändige Messung ersetzen kann. Eine Gefährdungsbeurteilung nach § 3 OStrV wird dadurch vereinfacht.

Beispiel zur Abschätzung der Gefährdung der Augen und der Haut durch IR-Strahlungsexpositionen an einem in der Gastronomie gebräuchlichen Kontaktgrill

(1) In der Gastronomie werden häufig sogenannte „Kontaktgrills“ eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Geräte, bei denen eine große, meist rechteckige und beschichtete Metallplatte erhitzt wird. In einigen Restaurants wird an diesen Platten direkt vor dem Tisch der Gäste gekocht, in anderen Fällen werden diese Geräte eingesetzt, um große Mengen Fleisch zu braten. Oftmals sind Beschäftigte in der Gastronomie über mehrere Stunden an diesen Arbeitsplätzen tätig. Dabei werden die Augen, das Gesicht sowie die Hände und Arme der thermischen Strahlung der heißen Platte ausgesetzt.

(2) Die Strahlungsemission von Quellen der beschriebenen Art lässt sich durch das Planck'sche Strahlungsgesetz beschreiben. Kennt man die Temperatur des Körpers und die Größe der strahlenden Fläche, so lässt sich die Strahlungsemission abschätzen. Dadurch können aufwändige Messungen vermieden werden. Abweichungen vom berechneten Wert sind nur „nach unten“ möglich, d. h., ein Irrtum würde einzig den Sicherheitsfaktor erhöhen, nicht jedoch die Gefährdung.

Berechnungsbeispiel:

(1) Ein Koch arbeitet an einem Kontaktgrill, um dort Minutensteaks zu braten (Expositionszeit 60 Sekunden). Die Hände befinden sich in einem Abstand von 10 cm zur 400 °C (673 K) heißen Kochfläche, die Augen in einem Abstand von 60 cm. Die strahlende Fläche hat eine Größe von 0,36 m². Das Ergebnis der Berechnung ist, dass alle EGW der Kennbuchstaben a bis l der Tabelle A2.1 der Anlage 2 dieser TROS IOS eingehalten werden. Es besteht also im Sinne der OStrV keine Gefährdung der Augen und der Haut durch UV-Strahlung und keine Gefährdung der Netzhaut durch Verbrennung und durch Photoretinitis (Blaulichtschädigung).

(2) Eingehalten wird auch der EGW zum Schutz vor einer Verbrennung der Hornhaut (Kennbuchstabe m). Es wird ein Drittel des EGW erreicht. Nicht eingehalten werden der EGW zum Schutz vor Verbrennungen der Gesichtshaut (Überschreitung um das Zweifache) und der Haut an den Händen und den Unterarmen (Überschreitung um das 66-fache). Als EGW gegen Hautverbrennungen wurde hierbei der nach Abschnitt 6.3 dieser TROS IOS festgelegte Wert verwendet. Der EGW zum Schutz vor Verbrennungen der Haut an Händen und Unterarmen wird bereits nach weniger als 1 s erreicht. Es liegt also durch die starke Wärmestrahlung vom Kontaktgrill eine Gefährdung für die Haut im Gesicht und an den Händen/Unterarmen vor.

(3) Daher müssen umgehend die erforderlichen Maßnahmen ergriffen werden, die zur Verringerung der Strahlungsexposition des Kochs führen. Hierzu zählen insbesondere technische Maßnahmen (Anbringen einer Schutzscheibe), organisatorische Maßnahmen (die Einschränkung der Expositionszeit) oder persönliche Maßnahmen (Tragen von Handschuhen und Gesichtsschutz als PSA). Die vorgeschriebene Rangfolge der Schutzmaßnahmen gemäß § 7 Absatz 1 OStrV ist bei deren Auswahl und Festlegung zu beachten.

(4) Auch dieses Beispiel zeigt, dass es Fälle gibt, in denen eine Berechnung der Exposition eine aufwändige Messung ersetzen kann. Eine Gefährdungsbeurteilung nach § 3 OStrV wird dadurch vereinfacht.

Anlage 2

Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung

(1) Die biophysikalisch relevanten Expositionswerte für optische Strahlung lassen sich anhand der nachstehenden Formeln bestimmen. Welche Formel zu verwenden ist, hängt von dem Spektralbereich der von der Quelle ausgehenden Strahlung ab; die Ergebnisse sind mit den entsprechenden Expositionsgrenzwerten der Tabelle A2.1 zu vergleichen. Für die jeweilige optische Quelle können mehrere Expositionsgrenzwerte relevant sein.

(2) Die Buchstaben a) bis o) beziehen sich auf die entsprechenden Zeilen in Tabelle A2.1.

$$a)^{1)} \quad H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{180 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t = \sum_{\lambda=180 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot \Delta t$$

$$b) \quad H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{315 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t = \sum_{\lambda=315 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot \Delta t$$

$$c, d) \quad L_B = \int_{300 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad L_B = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$e, f) \quad E_B = \int_{300 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad E_B = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$g, h, i) \quad L_R = \int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad L_R = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$j, k, l) \quad L_{\text{IR}} = \int_{780 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad L_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$m), n)^{2)} \quad E_{\text{IR}} = \int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$o)^{2)} \quad H_{\text{Haut}} = \int_0^t \int_{380 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad H_{\text{Haut}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot \Delta t$$

$$H_{\text{Haut}} = E_{\text{Haut}} \cdot t$$

Kommentare zu Tabelle A2.1:

- 1) Strahlung unterhalb von 180 nm wird in Luft sehr stark absorbiert und kommt nur an wenigen Arbeitsplätzen vor. Bewertungen von Strahlungsexpositionen unterhalb von 180 nm sind daher nur sehr selten und nur bei sehr starker Strahlungsintensität in diesem Wellenlängenbereich notwendig. Über die Wichtungsfunktion $S(\lambda)$ liegen unterhalb von 180 nm noch keine gesicherten Erkenntnisse vor, Hinweise zur Vorgehensweise sind in Abschnitt 6.7 dieser TROS IOS zu finden.
- 2) Es gibt Strahlungsquellen (beispielsweise Metallschmelzen), die erhebliche Strahlungsanteile im Wellenlängenbereich über 3 000 nm besitzen. Hier kann es erforderlich sein, Strahlungsanteile bis zu einer Wellenlänge von 20 μm mit zu berücksichtigen. Für die Formeln m), n) und o) ist die obere Integrations- bzw. Summengrenze auf 20 μm zu setzen. Zur Messung und Berechnung bei thermischen Strahlungsquellen sind Verfahren in der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ angegeben.

Hinweise:

$E_\lambda(\lambda, t)$, $E_\lambda(\lambda)$	<i>spektrale Bestrahlungsstärke oder spektrale Leistungsdichte</i> : die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Nanometer ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$); $E_\lambda(\lambda, t)$ und $E_\lambda(\lambda)$ werden aus Messungen gewonnen oder können vom Hersteller angegeben werden;
E_{eff}	<i>effektive Bestrahlungsstärke (UV-Wellenlängenbereich)</i> : Bestrahlungsstärke im UV-Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm, spektral gewichtet mit $S(\lambda)$, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$);
H	<i>Bestrahlung</i> : das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$);
H_{eff}	<i>effektive Bestrahlung</i> : Bestrahlung, spektral gewichtet mit $S(\lambda)$, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$);
E_{UVA}	<i>Gesamtbestrahlungsstärke (UV-A)</i> : Bestrahlungsstärke im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 nm bis 400 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$);
H_{UVA}	<i>Bestrahlung</i> : das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit und die Wellenlänge im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 nm bis 400 nm, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$);
$S(\lambda)$	<i>spektrale Wichtung</i> unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der gesundheitlichen Auswirkungen von UV-Strahlung auf Auge und Haut, dimensionslos (Tabelle A2.2);
t, Δt	<i>Zeit, Expositionsdauer</i> , ausgedrückt in Sekunden (s);
λ	<i>Wellenlänge</i> , ausgedrückt in Nanometern (nm);
$L_\lambda(\lambda)$	<i>spektrale Strahldichte der Quelle</i> , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian pro Nanometer ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$);
$R(\lambda)$	<i>spektrale Wichtung</i> unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der dem Auge durch sichtbare und IR-A-Strahlung zugefügten thermischen Schädigung, dimensionslos (Tabelle A2.3);

L_R	<i>effektive Strahldichte (thermische Schädigung)</i> : Strahldichte, spektral gewichtet mit $R(\lambda)$, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$);
$L_{IR}^{3)}$	<i>effektive Strahldichte (thermische Schädigung bei schwachem visuellen Reiz)</i> : Strahldichte, spektral gewichtet mit $R(\lambda)$, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$);
$B(\lambda)$	<i>spektrale Wichtung</i> unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der fotochemischen Schädigung des Auges, dimensionslos (Tabelle A2.3);
L_B	<i>effektive Strahldichte (fotochemische Schädigung)</i> : Strahldichte, spektral gewichtet mit $B(\lambda)$, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$);
E_B	<i>effektive Bestrahlungsstärke (fotochemische Schädigung)</i> : Bestrahlungsstärke, spektral gewichtet mit $B(\lambda)$, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ($W \cdot m^{-2}$);
E_{IR}	<i>Gesamtbestrahlungsstärke (thermische Schädigung)</i> : berechnete Bestrahlungsstärke im IR-Wellenlängenbereich von 780 nm bis 3000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ($W \cdot m^{-2}$);
E_{Haut}	<i>Gesamtbestrahlungsstärke (sichtbar, IR-A und IR-B)</i> : berechnete Bestrahlungsstärke im sichtbaren und IR-Wellenlängenbereich von 380 nm bis 20 000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ($W \cdot m^{-2}$);
H_{Haut}	<i>Bestrahlung</i> : das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit und die Wellenlänge im sichtbaren und IR-Wellenlängenbereich von 380 nm bis 3 000 nm, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter ($J \cdot m^{-2}$);
α	<i>Winkelausdehnung</i> : der ebene Winkel, unter dem eine Quelle von einem Raumpunkt erscheint, ausgedrückt in Milliradian (mrad).
γ	<i>Messempfangswinkel</i> , ausgedrückt in Milliradian (mrad);

Kommentar zu den Hinweisen:

- ³⁾ Es wird zwischen der effektiven Strahldichte L_R (380 nm bis 1400 nm) und der effektiven Strahldichte L_{IR} (780 nm bis 1400 nm) unterschieden. Hintergrund ist die unterschiedliche Herkunft der Grenzwerte. Quellen oberhalb von 780 nm sind für das Auge in der Regel nicht sichtbar, daher ist die Pupille des Auges größer und die eintretende Strahlung entsprechend höher im Vergleich zur Pupille, die durch sichtbare Anteile kleiner ist.

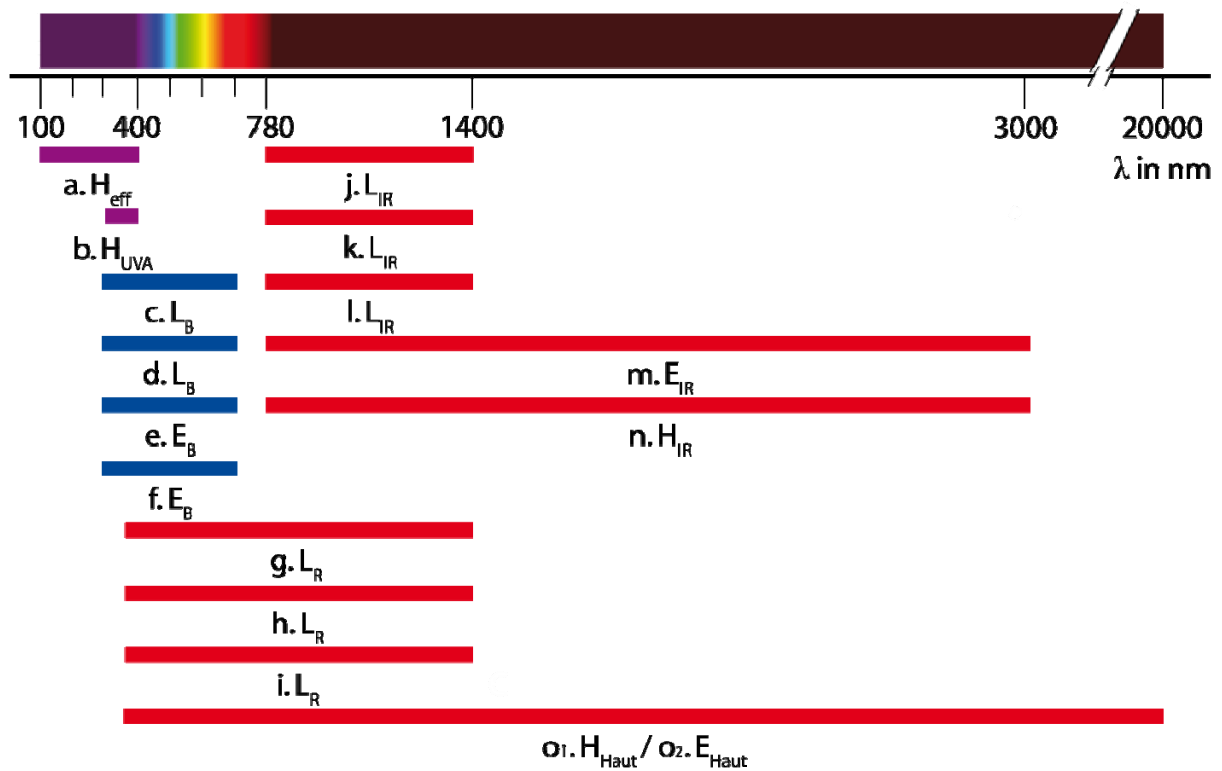


Abb. A2.1 Vereinfachte Darstellung der EGW entsprechend der Abschnitte 5 und 6 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“

Tab. A2.1 Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung

Kennbuchstabe	Wellenlänge in nm	Expositionsgrenzwert	Zeitbasis	Winkel	Körperteil	Gefährdung(en)
a)	100-400 (UV-A, UV-B, UV-C)	$H_{\text{eff}} = 30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	8 h		Auge: Hornhaut Bindehaut Linse	Photokeratitis Konjunktivitis Kataraktogenese
					Haut	Erythem Elastose Hautkrebs
b)	315-400 (UV-A)	$H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	8 h		Auge: Linse	Kataraktogenese
c)	300-700 (Blau-licht) siehe Fußnote 1	$L_B = \frac{10^6}{t} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$t \leq 10000 \text{ s}$	bei $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$	Auge: Netzhaut	Photoretinitis
d)		$L_B = 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$t > 10000 \text{ s}$			
e)		$E_B = \frac{100}{t} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$t \leq 10000 \text{ s}$	bei $\alpha < 11 \text{ mrad}$ siehe Fußnote 2		
f)		$E_B = 0,01 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$t > 10000 \text{ s}$			
g)	380-1400 (Sichtbar, IR-A)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$t > 10 \text{ s}$	$C_\alpha = 1,7$ bei $\alpha < 1,7 \text{ mrad}$	Auge: Netzhaut	Netzhautverbrennung
h)		$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t^{0,25}} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$	$C_\alpha = \alpha$ bei $1,7 \text{ mrad} \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$		
i)		$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$t < 10 \mu\text{s}$	$C_\alpha = 100$ bei $\alpha > 100 \text{ mrad}$		
j)	780-1400 (IR-A)	$L_{\text{IR}} = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$t > 10 \text{ s}$	$C_\alpha = 11$ bei $\alpha < 11 \text{ mrad}$	Auge: Netzhaut	Netzhautverbrennung
k)		$L_{\text{IR}} = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t^{0,25}} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$	$C_\alpha = \alpha$ bei $11 \text{ mrad} \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$		
l)		$L_{\text{IR}} = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_{\alpha_1}} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$t < 10 \mu\text{s}$	$C_\alpha = 100$ bei $\alpha > 100 \text{ mrad}$ (Messgesichtsfeld $\gamma = 11 \text{ mrad}$)		
m)	780-3000 (IR-A, IR-B)	$E_{\text{IR}} = 18000 \cdot t^{0,75} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$t \leq 1000 \text{ s}$		Auge: Hornhaut Linse	Hornhautverbrennung Kataraktogenese
n)		$H_{\text{IR}} = 3 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ siehe Fußnote 5	$t > 1000 \text{ s}$			
o) ¹⁾	380-10 ⁶ (Sichtbar, IR-A, IR-B)	$H_{\text{Haut}} = 20\,000 \cdot t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ siehe Fußnote 6	$t < 10 \text{ s}$		Haut	Verbrennung
o) ²⁾	380-10 ⁶ (Sichtbar, IR-A, IR-B)	$E_{\text{Haut}} = 7700 \cdot t^{0,34} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ siehe Fußnote 6	$10 \text{ s} \leq t \leq 1000 \text{ s}$			

- Fußnote 1* Der Bereich von 300 nm bis 700 nm deckt Teile der UV-B-Strahlung, die gesamte UV-A-Strahlung und den größten Teil der sichtbaren Strahlung ab; die damit verbundene Gefährdung wird oft als Gefährdung durch „*Blaulicht*“ bezeichnet.
- Fußnote 2:* Bei stetiger Fixierung von sehr kleinen Quellen mit einem Öffnungswinkel von weniger als 11 mrad kann L_B in E_B umgewandelt werden. Dies ist normalerweise nur bei ophthalmischen Instrumenten oder einer Augenstabilisierung während einer Betäubung der Fall. Die maximale „Starrzeit“ errechnet sich anhand der Formel $t_{\max} = 100/E_B$, wobei E_B in $W \cdot m^{-2}$ ausgedrückt wird. Wegen der Augenbewegungen bei normalen visuellen Anforderungen werden 100 s hierbei nicht überschritten.
- Fußnote 3* Grenzwerte j, k, l, gelten für IR-Strahlungsquellen, die keine oder nur geringe Strahlung aus dem sichtbaren Spektralbereich emittieren. Weitere Hinweise dazu werden im TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ gegeben.
- Fußnote 4* Die Anwendung der Grenzwerte m, n wird im TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ erläutert.
- Fußnote 5* Dieser Expositionsgrenzwert gilt für einmalige oder wiederholte IR-Einwirkungen während einer täglichen Arbeitszeit von 8 h. Dauert die tägliche Arbeitszeit länger als 8 h, dann darf dennoch der festgelegte 8-Stunden-Expositionsgrenzwert nicht überschritten werden.
- Fußnote 6* Dieser Expositionsgrenzwert gilt für Expositionszeiten größer als 10 Sekunden bis 1 000 Sekunden. Ist die Expositionszeit länger als 1 000 Sekunden, müssen Abkühlzeiten von mindestens 5 Minuten eingeführt werden.

Tab. A2.3 Wichtungsfunktionen $B(\lambda)$, $R(\lambda)$ (dimensionslos)

λ in nm	$B(\lambda)$	$R(\lambda)$
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	—
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1,0
405	0,2	2,0
410	0,4	4,0
415	0,8	8,0
420	0,9	9,0
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1,0	10,0
440	1,0	10,0
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9,0
460	0,8	8,0
465	0,7	7,0
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1,0
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1,0
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1,0
$700 < \lambda \leq 1050$	—	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	—	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	—	0,02

Anlage 3

Rechenprogramme zur Expositionsabschätzung

Rechenprogramm Catrayon [11]

Vom französischen Arbeitsschutzinstitut „Institut National de Recherche et de Sécurité“ (INRS) [12] wurde ein Programm entwickelt, mit dessen Hilfe Expositionen durch verschiedene Arten optischer Strahlungsquellen an Arbeitsplätzen berechnet und bewertet werden können (siehe Literaturhinweise). Das Programm enthält Daten von über 400 verschiedenen optischen Strahlungsquellen. In der 4. Ausgabe erlaubt es auch die Berechnung von Expositionen, die durch mehrere Quellen gleichzeitig verursacht werden. Das Programm berechnet für verschiedene Wellenlängenbereiche Gefährdungsindizes, die angeben, wie hoch die berechnete Exposition im Verhältnis zum jeweiligen Expositionsgrenzwert liegt. Daran kann man erkennen, ob Expositionsgrenzwerte am Arbeitsplatz überschritten werden können. Das Programm liegt in französischer und englischer Sprache vor und kann vom INRS [12] kostenfrei bezogen werden.

Anlage 4

Beispiele für die Notwendigkeit von Expositionsmessungen und die Anwendung von Schutzmaßnahmen bei verschiedenen Tätigkeiten

Vorbemerkung: Die Tabelle gibt beispielhaft für verschiedene Tätigkeiten und Arbeitsplätze auf Grund der derzeitigen Erkenntnisse an, ob und unter welchen Voraussetzungen Messungen in der Regel notwendig, eventuell notwendig oder nicht notwendig sind. Falls bezüglich der Auswahl der zu treffenden Schutzmaßnahmen und der Risiken Zweifel bestehen, gibt eine Messung Klarheit über die Exposition.

Tätigkeit/Expositionsbedingungen	Expositionsmessungen			Kommentar	Schutzmaßnahmen
	nötig	evtl. nötig	nicht nötig		
Elektroschweißen: Schweißer, Bystander			X	Die UV-Strahlungsexposition ist beim Elektroschweißen so hoch, dass nach kürzester Zeit die Expositionsgrenzwerte überschritten werden. Mit Augen- und Hautschäden ist zu rechnen. Schutzmaßnahmen sind zwingend notwendig.	Schweißmaschinen müssen in der Regel gekapselt sein. Verwendung persönlicher Schutzausrüstung ist notwendig (siehe TROS IOS, Teil 3 Anlage 1). Weitere Hinweise liefert [10].
Elektroschweißen: Personen in der Umgebung von Schweißarbeitsplätzen		X		Je nach Abstand und Aufenthaltsdauer vom Elektroschweißen können ohne Schutzvorrichtungen die Expositionsgrenzwerte überschritten werden. Messungen sind nicht erforderlich, wenn die nebenstehenden Schutzmaßnahmen nach Kapitel 2.26 der BGR 500 getroffen werden.	Schweißarbeitsplatz durch Vorhänge oder Stellwände zu anderen Arbeitsplätzen abschirmen

Tätigkeit/Expositionsbedingungen	Expositionsmessungen			Kommentar	Schutzmaßnahmen
	nötig	evtl. nötig	nicht nötig		
Fluxarbeitsplätze (Magnetfeld-Riss-Prüfung)		X		An Fluxarbeitsplätzen können das Gesicht und die Hände und Arme der UV-Strahlung ausgesetzt sein. Welche Körperteile exponiert sind, hängt von der geometrischen Anordnung der Strahlungsquelle (Höhe der UV-Lampe über dem Gesichtsniveau) und von den angewendeten Schutzmaßnahmen ab. Bietet die Arbeitskleidung keinen ausreichenden Schutz, ist PSA zu nutzen. Liegen Bereiche des Körpers und der Haut ungeschützt im Strahlungsbereich, dann sind Messungen nötig. Sind alle Körperteile im Strahlungsbereich geschützt, dann kann auf Messungen verzichtet werden. Dies gilt allerdings nur, wenn auch an Werkstücken und Begrenzungen reflektierte Strahlung nicht auf ungeschützte Körperteile einwirken kann.	Anordnung des Strahlungsaustritts fest installierter UV-Lampen unterhalb der Augenhöhe Anbringung einer Schutzscheibe zwischen UV-Lampe und Gesicht Bietet die Arbeitskleidung keinen ausreichenden Schutz, ist PSA zu nutzen. Hinweis: Weitere Informationen sind unter [11] zu finden.

Tätigkeit/Expositions- bedingungen	Expositionsmessungen			Kommentar	Schutzmaßnahmen
	nötig	evtl. nötig	nicht nötig		
Verarbeitung von UV-härtenden Kleb- und Kunststoffen, z. B. in der Dentaltechnik		X		Bei der Verarbeitung UV-härtender Kleb- und Kunststoffe können das Gesicht und die Hände und Unterarme der UV-Strahlung ausgesetzt sein. Welche Körperteile exponiert sind, hängt von der Art der Verarbeitung und von den angewendeten Schutzmaßnahmen ab. Bietet die Arbeitskleidung keinen ausreichenden Schutz, ist PSA zu nutzen. Die Angaben des Herstellers sind zu beachten. Auf die Messung kann jedoch verzichtet werden, wenn der Hersteller ausreichende Angaben zur Emission macht und alle Körperteile im Strahlungsbereich geschützt sind (z. B. bei Durchführung der UV-Bestrahlung in einem allseitig geschlossenen Gehäuse).	Ausschließliche Verwendung von UV-Lampen, deren Strahlungsspektrum auf den verwendeten Kleb- und Kunststoff abgestimmt ist. Die verwendete UV-Lampe darf nur UV-Strahlung der Wellenlängen emittieren, die für den Härteprozess notwendig sind. Eine an der Strahlenaustrittsöffnung der UV-Lampe eventuell vorhandene Filterscheibe darf nicht entfernt oder durch eine Scheibe mit anderen Transmissions-Eigenschaften ersetzt werden. Bei der Verwendung von UV-Handlampen ist während der Vorbereitung des Aushärtungsvorgangs die eingeschaltete UV-Lampe so abzulegen, dass niemand der Strahlung ausgesetzt wird. Die zu verklebenden Teile sind mittels einer geeigneten Vorrichtung so zu fixieren, dass während der Bestrahlung der Klebstelle nicht mit der Hand in den Strahlungsbereich gefasst werden muss. Bietet die Arbeitskleidung keinen ausreichenden Schutz, ist PSA nutzen.

Tätigkeit/Expositionsbedingungen	Expositionsmessungen			Kommentar	Schutzmaßnahmen
	nötig	evtl. nötig	nicht nötig		
UV-Trocknung von Farben, Lacken und anderen Beschichtungen (z. B. Druckmaschinen)		X		Die bei der UV-Trocknung verwendeten Einrichtungen sind durch entsprechende Kapselung oder durch die Verwendung von Abschirmungen häufig so ausgestattet, dass nur eine geringe oder keine Strahlungsexposition zu erwarten ist. Sind ausreichende Angaben des Herstellers zur Strahlungsemission vorhanden, so kann auf eine Messung verzichtet werden. Bei unvollständiger oder fehlender Abschirmung sind hohe UV-Strahlungsexpositionen möglich. Insbesondere beim Nachfüllen von Farbe oder bei Wartungsarbeiten werden häufig Tätigkeiten in Nähe der nicht abgeschirmten UV-Strahlungsquelle durchgeführt. Messungen sind dann notwendig.	Vollständige Abschirmung aller Strahlungsausstrittsöffnungen Automatische Unterbrechung des Strahlungsausstritts beim Öffnen des abschirmenden Gehäuses der Anlage Bietet die Arbeitskleidung keinen ausreichenden Schutz, ist PSA zu nutzen. UV-Schutzbrille (z. B. wenn Tätigkeiten in der Nähe der eingeschalteten, nicht vollständig abgeschirmten Strahlungsquelle notwendig sind)
Sichtbarmachung von Markierungen mittels UV-Strahlern		X		Sind ausreichende Angaben des Herstellers zur Strahlungsemission vorhanden, so kann auf eine Messung verzichtet werden. Bei Arbeiten an UV-Strahlern bis 8 W, an denen nicht ständig gearbeitet wird, werden die Expositionsgrenzwerte für Haut und Auge unterschritten (Geldscheinprüfung). Bei Arbeiten mit UV-Strahlern mit höherer Leistung können die Expositionsgrenzwerte überschritten werden.	Bei Arbeiten mit UV-Strahlung kann die Verwendung von persönlichen Schutzausrüstungen notwendig sein. Dies gilt insbesondere, wenn über einen längeren Zeitraum die mit UV-Strahlung bestrahlte Markierung beobachtet und zusätzlich Tätigkeiten im Strahlungsbereich vorgenommen werden müssen.
Diaprojektor, Beamer oder ähnliche Geräte			X	Die Expositionsgrenzwerte L_R , L_B für die Augen werden nach kurzer Zeit (Sekundenbereich) überschritten. Ein längeres Hineinschauen in den direkten Strahl wird jedoch wegen der hohen Leuchtdichte (Blendung) von jedem Benutzer vermieden.	Schutzmaßnahmen werden nur dann notwendig, wenn ein absichtliches Hineinschauen für die Arbeit notwendig ist (in der Regel sind Schweißerschutzbrillen – Schutzstufe 4 und höher – geeignete PSA).

Tätigkeit/Expositionsbedingungen	Expositionsmessungen			Kommentar	Schutzmaßnahmen
	nötig	evtl. nötig	nicht nötig		
Bearbeitung von Glas und sonstige Tätigkeiten an Glas-Schmelzöfen (z. B. Glasbläser)		X		Bei der Glasherstellung und -bearbeitung ist vorwiegend eine Exposition der Augen durch IR-Strahlung gegeben. Daneben ist aber auch eine Exposition durch sichtbare oder UV-Strahlung möglich. Als Strahlungsquelle kommen dabei das glühende/geschmolzene Glas oder auch eventuell vorhandene Gasflammen in Betracht. Die Höhe der Exposition ist u. a. von der Temperatur der Strahlungsquelle abhängig. Zuverlässige Informationen zur Strahlungsexposition lassen sich nur durch eine Messung ermitteln. Hinweis: Sofern eine geeignete Schutzbrille getragen wird, sind Messungen nicht notwendig.	Verwendung fest installierter Abschirmungen (z. B. Metallplatten, IR-Schutzglas, ggf. auch Scheiben zum Schutz vor UV-Strahlung) Verwendung persönlicher Schutzausrüstungen (insbesondere IR-Schutzbrillen)
Bühnen-Scheinwerfer in Veranstaltungs- und Produktionsstätten für szenische Darstellung		X		In Bühnenscheinwerfern kommen Lampen zum Einsatz, die neben sichtbarer Strahlung auch eine intensive UV-Strahlung emittieren können. Wird der Scheinwerfer mit entfernter, beschädigter oder einer falschen Filterscheibe betrieben, dann sind bei einem Aufenthalt im Strahlungsbereich hohe UV-Expositionen möglich. Hierbei sind Summationseffekte beim Einsatz von mehreren Scheinwerfern zu beachten.	Betrieb des Scheinwerfers nur zusammen mit der Original-Filterscheibe Weitere Schutzmaßnahmen werden notwendig, wenn ein absichtliches Hineinschauen in den ungefilterten Scheinwerfer für die Arbeit notwendig ist (in der Regel sind Schweißerschutzbrillen – Schutzstufe 4 und höher – geeignete PSA), z. B. bei Reparaturarbeiten.
Anwendungen von Entkeimungsanlagen (offene Anwendung), z. B. in Krankenhäusern, Abfallbehandlungsanlagen, Laboratorien, zoologische Einrichtungen		X		Zur Entkeimung wird üblicherweise UV-C-Strahlung verwendet, die zu einer hohen Strahlungsexposition führen kann. In vielen Fällen wird die Entkeimung durchgeführt, wenn sich keine Personen im Strahlungsbereich aufhalten. Messungen sind dann nicht notwendig. Sind ausreichende Angaben des Herstellers zur Strahlungsemission vorhanden, so kann auf eine Messung verzichtet werden.	Die Strahlungsausstrittsöffnungen der UV-Strahler sind so anzuordnen, dass die Beschäftigten nicht der UV-Strahlung ausgesetzt sind. Die Exposition durch Streustrahlung ist so gering wie möglich zu halten. Bietet die Arbeitskleidung keinen ausreichenden Schutz, ist PSA zu nutzen.

Technische Regeln zur Arbeitsschutz- verordnung zu künstlicher optischer Strahlung	TROS Inkohärente Optische Strahlung	Teil 3: Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung
---	--	---

Die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Inkohärente Optische Strahlung) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitsplatzhygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung wieder.

Sie werden vom **Ausschuss für Betriebssicherheit** unter Beteiligung des Ausschusses für Arbeitsmedizin ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TROS IOS, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“, konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs die Anforderungen der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung und der Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
 - 2 Begriffsbestimmungen
 - 3 Grundsätze bei der Festlegung und Durchführung von Schutzmaßnahmen
 - 4 Einzelmaßnahmen
 - 5 Kennzeichnung, Abgrenzung, Zugangsregelung
 - 6 Unterweisung der Beschäftigten zur Benutzung von PSA
 - 7 Betriebsanweisung
 - 8 Literaturhinweise
- Anlage 1 Beispiele zur Auswahl und Anwendung von Schutzmaßnahmen
- Anlage 2 Warn- und Hinweiszeichen
- Anlage 3 Was ist bei Erstellung einer Betriebsanweisung zu beachten?
- Anlage 4 Hinweise zur Kennzeichnung von Augenschutz (UV- und IR-Filter sowie Schweißerschutzbrillen)

1 Anwendungsbereich

(1) Der Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“ der TROS IOS beschreibt das Vorgehen bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik, wie es in der OStrV gefordert wird. Die Dokumentation der anzuwendenden Schutzmaßnahmen ist Teil der Gefährdungsbeurteilung (siehe auch TROS IOS, Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung“).

(2) Die TROS IOS gilt für inkohärente optische Strahlung aus künstlichen Quellen im Wellenlängenbereich zwischen 100 nm und 1 mm.

(3) Unabhängig von den in dieser TROS IOS beschriebenen Vorgehensweisen sind vom Arbeitgeber die Beschäftigten oder ihre Interessenvertretung, sofern diese vorhanden ist, aufgrund der einschlägigen Vorschriften zu beteiligen.

2 Begriffsbestimmungen

In diesem Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“ der TROS IOS werden Begriffe so verwendet, wie sie im Teil „Allgemeines“ der TROS IOS definiert und erläutert sind.

3 Grundsätze bei der Festlegung und Durchführung von Schutzmaßnahmen

3.1 Allgemeines

(1) Ergibt die Gefährdungsbeurteilung nach § 3 OStrV, dass eine Überschreitung einer der Expositionsgrenzwerte (EGW) nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ nicht ausgeschlossen werden kann, dann sind nach den §§ 3 und 7 OStrV Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung nach dem Stand der Technik festzulegen und durchzuführen.

(2) Dazu sind die Entstehung und die Ausbreitung inkohärenter optischer Strahlung vorrangig an der Quelle zu verhindern oder auf ein Minimum zu reduzieren. Bei der Anwendung von Schutzmaßnahmen müssen in jedem Fall die Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ eingehalten werden.

(3) Ziel ist eine weitere Reduzierung der Expositionen nach dem Stand der Technik auf ein erreichbares Minimum auch unterhalb der Expositionsgrenzwerte. Dies gilt insbesondere für Expositionen durch ultraviolette Strahlung, da die festgelegten Expositionsgrenzwerte für den Schutz vor Langzeitschäden wie z. B. Linsentrübung, Hautalterung und Hautkrebs nicht ausgelegt sind.

(4) Ergibt die Gefährdungsbeurteilung, dass auch Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen nicht auszuschließen sind, dann sind Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik vorzusehen, die Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen wie vorübergehende Blendung, Brand- und Explosionsgefahr ausschließen oder minimieren.

(5) Zur Vermeidung von Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung ist die bestimmungsgemäße Verwendung von Arbeitsmitteln nach den Angaben des Wirtschaftsakteurs nach § 2 Ziffer 29 ProdSG und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung zu beachten.

3.2 Rangfolge von Schutzmaßnahmen

(1) Bei der Festlegung und Durchführung der Schutzmaßnahmen ist gemäß § 7 OStrV im Grundsatz die folgende Rangfolge zu berücksichtigen:

1. Vermeidung oder Minimierung von Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung an Arbeitsplätzen durch andere geeignete Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel (Substitutionsprüfung)
2. Technische Schutzmaßnahmen
3. Organisatorische Schutzmaßnahmen
4. Persönliche Maßnahmen, insbesondere persönliche Schutzausrüstung (Augen- und Hautschutz).

(2) Kollektive Schutzmaßnahmen haben gemäß § 4 ArbSchG Vorrang vor individuellen.

(3) Wenn Sofortmaßnahmen die Exposition unter die EGW absenken sollen, haben Schutzmaßnahmen, die sich schnell durchführen lassen, eine höhere Priorität.

3.3 Vermeidung oder Minimierung der Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung an Arbeitsplätzen

(1) Die Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel sind so auszuwählen, dass keine oder nur vernachlässigbare Expositionen der Beschäftigten gegenüber inkohärenter optischer Strahlung auftreten können.

(2) Sollte dies nicht möglich sein, sind alternative Arbeitsverfahren zu prüfen und gegebenenfalls anzuwenden, welche die Exposition der Beschäftigten durch inkohärente optische Strahlung so gering wie möglich halten (Substitutionsprüfung).

3.4 Technische Schutzmaßnahmen

Technische Schutzmaßnahmen sind vorrangig an der Quelle durchzuführen. Zu den technischen Schutzmaßnahmen gehören zum Beispiel Abschirmungen, Verriegelungseinrichtungen und optische Filter. Näheres wird im Abschnitt 4.3 beschrieben.

3.5 Organisatorische Schutzmaßnahmen

(1) Um eventuell noch bestehende Gefährdungen der Beschäftigten durch Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung auszuschließen oder so weit wie möglich zu verringern, sind organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.

(2) Zu den organisatorischen Schutzmaßnahmen gehören zum Beispiel:

- den Abstand zwischen der Strahlungsquelle und den Beschäftigten erhöhen,
- die Aufenthaltsdauer im Bereich der Strahlung begrenzen (siehe Abschnitt 4.6),
- Kennzeichnung, Warnsignale (siehe Abschnitt 5),
- Unterweisung (siehe Abschnitt 7 der TROS IOS, Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung“).

3.6 Persönliche Schutzmaßnahmen

(1) Wenn durch technische und organisatorische Schutzmaßnahmen Gefährdungen der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht ausgeschlossen werden können, sind geeignete individuelle Maßnahmen anzuwenden. Dies betrifft insbesondere die Anwendung persönlicher Schutzausrüstung (PSA).

(2) Persönliche Schutzmaßnahmen dienen zum Schutz der Augen und Schutz der Haut.

(3) Sie sind dann geeignet, wenn sie für den einzelnen Beschäftigten nach seinen Arbeitsbedingungen unter Berücksichtigung seiner Sicherheit und Gesundheit ausgewählt werden. Die Schutzmaßnahmen müssen auf ihre Wirksamkeit geprüft sein.

(4) Die Beteiligung der Beschäftigten bei der Auswahl von persönlichen Schutzmaßnahmen erhöht die Akzeptanz und damit die Schutzwirkung. Entsprechende Mitbestimmungsrechte ergeben sich insbesondere aus dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) in Verbindung mit dem Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) und entsprechenden Rechtsgrundlagen in anderen Bereichen.

(5) Näheres zur Anwendung individueller Schutzmaßnahmen und persönlicher Schutzausrüstungen ist im Abschnitt 4.7 zu finden.

3.7 Schutzmaßnahmen gegen indirekte Auswirkungen

3.7.1 Schutzmaßnahmen vor vorübergehender Blendung

Die wichtigsten Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen durch vorübergehende Blendung bestehen darin, den direkten Blick in eine Quelle mit sichtbarer Strahlung durch technische oder organisatorische Maßnahmen soweit wie möglich zu verhindern.

Hinweis:

Situationen, in denen Blendungserscheinungen auftreten können, und Verfahren zur Bewertung von Blendungen enthält der Bericht zum Forschungsprojekt F 2185 [19].

3.7.2 Schutzmaßnahmen zur Vermeidung der Entzündung brennbarer Stoffe oder explosionsfähiger Atmosphäre

(1) Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Schutzmaßnahmen getroffen werden, wenn die Energie- oder Leistungsdichte der inkohärenten optischen Strahlung z. B. durch den Einsatz von fokussierenden Hilfsmitteln eine Zündung brennbarer Stoffe oder explosionsfähiger Atmosphäre am Arbeitsplatz herbeiführen kann (siehe dazu auch TRGS 800 und TRBS 2152 Teil 3 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“; insbesondere Abschnitte 5.10.1 Hinweise und 5.10.2 Schutzmaßnahmen für alle Zonen).

(2) Es gibt Strahlungsquellen, die im Wesentlichen nicht sichtbare Strahlung emittieren (z. B. reine Wärmestrahler oder Infrarot-LEDs). Außerdem gibt es auch Strahlungsquellen, die neben sichtbarer Strahlung auch nicht sichtbare Strahlungsanteile abgeben (z. B. Gasflammen). Diese tragen auch zur Gefährdung durch Brand- und Explosionsgefahr bei. Um dies zu vermeiden, ist darauf bei der Einrichtung von Arbeitsplätzen besonders zu achten, beispielsweise durch die Verwendung temperaturbeständiger Materialien und Vermeidung explosionsfähiger Atmosphären.

3.7.3 Schutzmaßnahmen gegenüber Gefahrstoffen

(1) Bei der Anwendung von inkohärenten optischen Strahlungsquellen können von folgenden Bereichen Gefährdungen durch Gefahrstoffe ausgehen:

- Gefährdungen durch Stoffe, die sich aus der Wechselwirkung zwischen der inkohärenten optischen Strahlung und der Umgebung ergeben (z. B. Entstehung von Ozon),
- Gefährdungen durch Stoffe, die sich aus der Wechselwirkung zwischen der inkohärenten optischen Strahlung und den Werkstoffen ergeben (z. B. Rauche, Dämpfe).

(2) Wenn bei Tätigkeiten am Arbeitsplatz durch Wechselwirkungen mit inkohärenter optischer Strahlung Gefahrstoffe freigesetzt werden und dadurch Gefährdungen für Beschäftigte entstehen, hat der Arbeitgeber die erforderlichen Maßnahmen nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) zu ergreifen. In den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), welche die Anforderungen der GefStoffV konkretisieren, werden beispielhaft Schutzmaßnahmen beschrieben.

3.8 Auswahl und Anwendung von Schutzmaßnahmen

Für eine Reihe von Tätigkeiten mit hohen Expositionen durch inkohärente optische Strahlung existieren weiterführende Informationen, in denen die Auswahl und Anwendung von Schutzmaßnahmen beschrieben wird. Beispiele dafür sind in Anlage 1 dieser TROS IOS zu finden.

4 Einzelmaßnahmen

4.1 Anwendung alternativer Arbeitsverfahren

Zur Vermeidung von Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung können in einigen Fällen alternative Arbeitsverfahren gewählt werden, bei denen keine oder geringfügigere Strahlungsemissionen oder -expositionen stattfinden. Dazu gehören zum Beispiel:

- Kleben statt Schweißen,
- Einsatz von Kameras und Bildschirmen anstatt direkter Beobachtung von Prozessen, die optische Strahlung emittieren,
- Beschränkung auf die erforderliche Leistung oder
- Anpassung der Wellenlänge auf den für den Prozess notwendigen Bereich.

4.2 Auswahl und Einsatz von Arbeitsmitteln und -verfahren mit geringen optischen Strahlungsemissionen

Zur Verringerung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung sind Arbeitsmittel bzw. Verfahren anzuwenden, bei denen die Strahlungsquellen nur in dem für die Anwendung notwendigen Maß emittieren. Dies betrifft beispielsweise:

- Verringerung der Expositionsdauer durch steuerbare Blenden, Verschlüsse oder Sichtfenster und
- Optimierung der Strahlgeometrie, die zu keiner oder nur geringer Exposition von Personen führt.

4.3 Technische Schutzmaßnahmen

Vorrangiges Ziel der Anwendung von technischen Schutzmaßnahmen an der Quelle ist die Reduzierung der Exposition der Beschäftigten. Maßnahmen hierzu sind zum Beispiel der Einsatz von

- Abschirmungen,
- Abdeckungen,
- Blenden und
- optischen Filtern.

Zu den technischen Schutzmaßnahmen zur Reduzierung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung gehören z. B.:

- geeignete Positionierung der Strahlungsquelle(n),
- Einsatz von Schutzvorhängen und Schutzwänden,
- Einhausungen, ggf. mit Verriegelung,
- Abschränkungen,
- Vorrichtungen zur automatischen Abschaltung,
- Begrenzung der Strahlausbreitung (z. B. bei Schweißrobotern) und
- automatische Prozessführung bei besonders strahlintensiven Arbeiten.

4.4 Inbetriebnahme und Wartung

4.4.1 Inbetriebnahme

Bei jeder Inbetriebnahme von mobilen Geräten mit inkohärenten optischen Strahlungsquellen und bei der Erstinbetriebnahme von ortsfesten Anlagen (z. B. Rissprüfanlagen) ist zu überprüfen, ob die für die Anwendung notwendigen Schutzmaßnahmen getroffen wurden und funktionstüchtig sind. Dazu gehören insbesondere die Unversehrtheit von optischen Filtern, Abschirmungen und Abdeckungen. Hierzu reicht in der Regel eine Sichtprüfung aus.

4.4.2 Wartungsprogramme für Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Anlagen

Regelmäßige Wartung von Arbeitsmitteln, Arbeitsplätzen und Anlagen verhindert, dass sich die Exposition der Beschäftigten durch inkohärente optische Strahlung unerwartet und möglicherweise unbemerkt erhöht. Deshalb sind die Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Anlagen regelmäßig im Rahmen der Prüfungen nach § 10 Absatz 2 BetrSichV und § 4 ArbStättV auch hinsichtlich der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung zu prüfen und erforderlichenfalls zu warten. Dabei sind u. a. die Empfehlungen der Hersteller zu Wartungsintervallen zu berücksichtigen. Wartungen sind zu dokumentieren.

4.5 Gestaltung und Einrichtung von Arbeitsplätzen

Arbeitsplätze sind nach Möglichkeit so einzurichten, dass die Gefährdung von Beschäftigten durch inkohärente optische Strahlung entsprechend dem Stand der Technik auf ein Minimum reduziert wird. Hierzu können folgende Maßnahmen dienen:

- Einsatz von reflexionsmindernden oder absorbierenden Oberflächen, z. B. bei Schweißarbeitsplätzen mit Hilfe von Schweißerschutzvorhängen, Stellwänden, UV-absorbierenden Wandfarben,

- möglichst helle Gestaltung der Arbeitsumgebung,
- technische Zugangsbeschränkung für Unbefugte (siehe auch § 7 OStrV, Abschnitte 5.2 und 5.3 dieser TROS IOS).

Hinweis:

Weitere Informationen können in Schriften zu Branchenvereinbarungen gefunden werden.

4.6 Organisatorische Schutzmaßnahmen zur Begrenzung von Dauer und Ausmaß der Exposition

Unter organisatorischen Maßnahmen sind raum- oder zeitorganisatorische Maßnahmen zu verstehen, die zur Verminderung der Exposition durch inkohärente optische Strahlung beitragen. Dazu gehören zum Beispiel:

- Minimierung der Expositionszeit durch Optimierung der Arbeitsabläufe, Einschieben von Abkühlphasen (bei IR-Exposition),
- Vergrößerung des Abstandes zwischen Strahlungsquelle(n) und Beschäftigte(n),
- Beachtung von (ggf. zeitabhängigen) Sicherheitsabständen nach Herstellerangaben,
- Wechsel von Tätigkeitsanteilen zwischen höher- und niedriger exponierten Bereichen.

4.7 Anwendung individueller Maßnahmen

4.7.1 Allgemeines

Ergibt sich aus der Gefährdungsbeurteilung, dass bei bestimmten Tätigkeiten technische und organisatorische Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz nicht ausreichen, um die Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung zu beseitigen, müssen zusätzlich individuelle Maßnahmen ergriffen werden. Individuelle Maßnahmen umfassen insbesondere die Verwendung von geeigneter Arbeits-, Berufs- oder Dienstkleidung und von persönlicher Schutzausrüstung (PSA).

4.7.2 Geeignete Arbeits-, Berufs- oder Dienstkleidung

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung kann es sinnvoll sein, die Schutzwirkung der verwendeten Arbeits-, Berufs- oder Dienstkleidung gegenüber inkohärenter optischer Strahlung zu berücksichtigen. Die Verwendung körperbedeckender Arbeits-, Berufs- oder Dienstkleidung bietet den Beschäftigten einen Schutz vor den Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung am Arbeitsplatz, wenn sie ausreichend optisch dicht ist. Auf PSA kann dann verzichtet werden. Ausreichender Schutz bedeutet hierbei Einhaltung der EGW für die Haut.

Hinweis:

Arbeitskleidung, die nicht speziell der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz dient, gilt nicht als PSA im Sinne der PSA-Benutzungsverordnung.

4.7.3 Auswahl geeigneter PSA

(1) Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind je nach Arbeitsverfahren und Expositionsbedingungen die jeweils geeigneten persönlichen Schutzausrüstungen festzulegen. Ziel ist es, die Exposition von Augen und Haut nach dem Stand der Technik möglichst weit, mindestens aber unter die Expositionsgrenzwerte, herabzusetzen.

Die ausgewählte PSA muss den Anforderungen der Verordnung über die Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen auf dem Markt (8. ProdSV) entsprechen.

(2) Die Auswahl kann erfolgen

1. anhand von Informationen zu geeigneter Schutzausrüstung für bestimmte Arbeitsverfahren, wie z. B. Lichtbogenschweißen WIG, oder
2. durch Ermittlung der Exposition im ungeschützten Zustand und Berechnung des notwendigen Reduktionsfaktors (z. B. bei Schutzbrillen und Schutzvisieren) durch Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten.

(3) Als persönliche Schutzausrüstung kommt in der Regel Augen- und Gesichtsschutz sowie Schutzkleidung zum Einsatz. Dies betrifft z. B. Schweißanwendungen.

Hinweis:

Weitere Informationen zu Anforderungen an persönliche Schutzausrüstungen (Brillen, Filter, Kleidung, Handschuhe, Schutzvisier) sind in den unter Literaturhinweise aufgeführten Dokumenten zu finden.

4.7.3.1 Augen- und Gesichtsschutz

(1) Augenschutz im Sinne der OStrV soll vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung schützen. Bei vielen Tätigkeiten ist aber mit zusätzlichen Gefährdungen zu rechnen. Dazu gehören insbesondere

- mechanische Gefährdungen,
- chemische Gefährdungen,
- thermische Gefährdungen,
- biologische Gefährdungen und
- elektrische Gefährdungen.

(2) Bei der Auswahl von Augen- und Gesichtsschutz ist zunächst zu ermitteln, ob eine Schutzfunktion im UV-, VIS- oder IR-Bereich erforderlich ist. Weiterhin ist zu unterscheiden, ob der Schutz allein den Augen gilt oder ob die Gesichtshaut zusätzlich geschützt werden muss. Hilfestellungen für die Auswahl von Schutzfiltern können im Allgemeinen bei den Herstellern erfragt werden.

1. Beispiele für Augen- und Gesichtsschutz

- a) Zum persönlichen Augen- und Gesichtsschutz zählen Gestellbrillen, Korbbrillen, Schweißerschuttschilde, Visiere und Schutzhauben sowie Sicherheitssichtscheiben mit Filterwirkung, welche die Anforderungen der PSA-Benutzungsverordnung erfüllen.
- b) Der Augen- und Gesichtsschutz hat die Aufgabe, die optische Strahlung so zu schwächen, dass die Expositionsgrenzwerte in jedem Fall unterschritten werden.
- c) Der Augenschutz bietet aber nur dann für den vorgesehenen Anwendungsfall einen ausreichenden Schutz, wenn sich die richtigen Sichtscheiben in einem geeigneten Tragkörper befinden.

Hinweis:

Hilfestellung bei der Auswahl des geeigneten Augen- und Gesichtsschutzes liefern die unter Literaturhinweise aufgeführten Schriften.

- d) Die Strahlungsdurchlässigkeit der Sichtscheiben wird mit der sogenannten Schutzstufe definiert. Je höher die Zahl der Schutzstufe ist, desto geringer ist die Durchlässigkeit der Sichtscheibe.
- e) UV-Filter haben zur Kennzeichnung die Vorzahl „2“ oder „3“. Danach folgt, abgesetzt durch einen Bindestrich, die Schutzstufe mit einer Zahl von „1,2“ bis „5“ mit der geringsten Durchlässigkeit.
- f) Bei IR-Filtern wird die Vorzahl „4“ verwendet und die nachfolgende Schutzstufe reicht von „1,2“ bis „10“ mit der geringsten Durchlässigkeit.
- g) Bei Schweißerschutzbrillen wird die Schutzstufe ohne Vorzahl angegeben und reicht von „1,2“ bis „16“ mit der geringsten Durchlässigkeit.

Hinweise für die Kennzeichnung von UV- und IR-Filtern sowie von Schweißerschutzbrillen befinden sich in Anlage 4.

- h) Je nach der Art der Strahlungsquelle und den Ausbreitungsbedingungen der optischen Strahlung sind die einzelnen Spektralbereiche (UV, VIS, IR) zu beachten. Eine Voraussetzung zur Bestimmung der Schutzstufe der Brille, des Visiers oder der Schutzscheibe sind Kenntnisse über die spektralen Werte für die Strahldichte der optischen Quelle und Bestrahlungsstärke am Arbeitsplatz der Beschäftigten. Diese Werte und die damit verbundene Gefährdung sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln.
- i) Die Güte von Gläsern und Schutzscheiben hinsichtlich einer Sehbeeinträchtigung wird mit einer Zahl für die optische Klasse der Schutzbrillen und Visiere beschrieben. Die Zahl reicht von 1 (für besonders hohe Anforderungen an die Sehleistung) bis 3 (nur für grobe Arbeiten geeignet). Die mechanische Festigkeit der Schutzscheibe ist mit den Buchstaben A, B, F und S gekennzeichnet. Für den Verwendungsbereich und die Beständigkeit des Tragkörpers (Fassung, Traghilfen, Verbindungselemente) werden Zahlen und Buchstaben verwendet.
- j) Der Augen- und Gesichtsschutz ist bei Bedarf individuell an die zu schützende Person anzupassen. Dabei sind entsprechend PSA-Benutzungsverordnung zu beachten:
 - Tragekomfort (Gewicht, Belüftung, Andruckkraft),
 - Gesichtsform,
 - Hautverträglichkeit und
 - Beeinträchtigung des Sehvermögens (Bildverzerrung, Farbveränderung, Streulicht usw.).
- k) Beispiele für den Einsatz von Schutzbrillen

– beim Elektroschweißen:	Schweißer-Schutzbrille
– bei der Magnetfeld-Rissprüfung:	UV-Schutzbrille
– beim Härten von UV-härtenden Kunststoffen:	UV-Schutzbrille
– beim Arbeiten an offenen Glas- oder Metallschmelzen:	Schutzbrille mit IR- und UV-Schutzwirkung.

2. Korrektionsbrillen und Korrektionschutzbrillen

Handelsübliche Sehhilfen (Korrektionsbrillen) haben keine Schutzwirkung und sind keine PSA. Deshalb muss der Arbeitgeber auch fehlsichtigen Mitarbeitern geeigneten Augenschutz im Sinne der PSA-Benutzungsverordnung zur Verfügung stellen. Neben der Schutzfunktion ist der Tragekomfort unter ergonomischen Gesichtspunkten zu beachten.

Kombinationen mit Korb- oder Überbrillen neigen zum Beschlagen, zu Doppelbildern sowie Spiegelbildern und können dadurch zu zusätzlichen Gefährdungen führen. Daher ist insbesondere bei längeren Tragezeiten der Einsatz von Korrektionschutzbrillen bevorzugt anzuwenden.

4.7.3.2 Schutz der Haut

(1) Der Schutz der Haut hat die Aufgabe, die optische Strahlung so zu verringern, dass die Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung sicher unterschritten werden.

(2) Zum Schutz der Haut vor inkohärenter optischer Strahlung können eingesetzt werden:

- Kopfschutz wie Schweißerschutzschilde, Visiere und Schutzhauben mit Schutz der Augen und der Haut,
- Handschuhe,
- lichtdichte Schuhe und Fußgamaschen,
- Nackenleder,
- körperbedeckende Arbeitsbekleidung gegen inkohärente optische Strahlung,
- Sicherheitssichtscheiben mit Filterwirkung.

(3) In Einzelfällen, bei denen die vorgenannten Schutzmaßnahmen nicht angewendet werden können, ist der Einsatz von geeigneten Hautschutzmitteln möglich.

(4) Bei der Auswahl von Schutzkleidung, Schutzhandschuhen, Schuhen usw. sind die Forderungen nach ausreichendem Schutz einerseits und andererseits nach Tragekomfort, Ergonomie und Hygiene zu beachten. Das frühzeitige Einbeziehen der Benutzer und der Mitarbeitervertretung in die Auswahl der PSA ist für die spätere Akzeptanz bei Anwendung der PSA von großer Wichtigkeit.

4.7.4 Anwendung persönlicher Schutzausrüstung

(1) Der Arbeitgeber hat dafür Sorge zu tragen, dass die Beschäftigten die persönliche Schutzausrüstung bestimmungsgemäß verwenden.

(2) Die Beschäftigten sind nach § 15 Absatz 2 ArbSchG verpflichtet, die zum Schutz vor Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung ausgewählten persönlichen Schutzausrüstungen bestimmungsgemäß zu benutzen und pfleglich zu behandeln.

4.7.5 Überprüfung des Zustandes der ausgewählten persönlichen Schutzausrüstungen

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass

1. in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen die einwandfreie Funktion der PSA gewährleistet ist. Dazu muss die PSA in regelmäßigen Abständen (i. Allg. jährlich) auf Beschädigung oder Abnutzung geprüft, bei Bedarf gewartet oder aus-

gewechselt werden. Die Angaben des Herstellers der PSA zur maximalen Benutzungsdauer, Wartung und Pflege sind zu beachten.

2. die PSA vor jeder Benutzung durch die betroffenen Beschäftigten auf ihren ordnungsgemäßen Zustand (Sichtprüfung/Funktionsprüfung) hin geprüft wird. Augenscheinliche Mängel sind zum Beispiel Farbveränderungen oder Risse in optischen Filtern oder in der Schutzkleidung. Festgestellte Mängel sind unverzüglich dem Arbeitgeber zu melden.
3. wiederverwendbare PSA regelmäßig gewartet und gereinigt wird, um hygienischen Anforderungen zu entsprechen. Von einer sachgemäßen Reinigung der PSA ist auszugehen, wenn die Reinigungshinweise entsprechend der Benutzerinformation des Herstellers berücksichtigt werden.
4. beschädigter Augen- und Gesichtsschutz sowie Schutzkleidung mit nicht mehr ausreichender Schutzwirkung unverzüglich ausgetauscht wird.

5 Kennzeichnung, Abgrenzung, Zugangsregelung

5.1 Kennzeichnung

Nach § 7 Absatz 3 OStrV ist ein Arbeitsbereich zu kennzeichnen, wenn die Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung überschritten werden können. Die Kennzeichnung muss deutlich erkennbar und dauerhaft sein. Sie kann beispielsweise durch Warn-, Hinweis- und Zusatzzeichen sowie Verbotsschilder und Warnleuchten erfolgen. Beispiele für geeignete Zeichen enthält Anlage 3 dieser TROS IOS.

5.2 Abgrenzung

Arbeitsbereiche, in denen die Expositionsgrenzwerte überschritten werden können, sind abzugrenzen. Die Eignung der Abgrenzung ist für jeden Einsatzort gesondert zu beurteilen und regelmäßig zu überprüfen. Die Abgrenzung kann z. B. durch Ketten, Lichtschranken, Verriegelungen oder bauliche Maßnahmen erfolgen.

5.3 Zugangsregelung

(1) In Arbeitsbereichen, in denen Expositionsgrenzwerte überschritten werden können, dürfen Beschäftigte nur tätig werden, wenn das Arbeitsverfahren dies erfordert. Für Unbefugte ist der Zugang durch technische Schutzmaßnahmen zu verhindern. Ist dies nicht möglich, dann sind durch organisatorische Schutzmaßnahmen (z. B. Zugangsverbote) entsprechende Zugangsregelungen sicherzustellen.

(2) Beschäftigte dürfen diese Bereiche nur betreten, wenn zur Vermeidung grenzwertüberschreitender Expositionen erforderlichenfalls individuelle Schutzmaßnahmen, beispielsweise Augen- oder Hautschutz, verwendet werden.

6 Unterweisung der Beschäftigten zur Benutzung von PSA

(1) Um einen ausreichenden Schutz bei der Verwendung von PSA sicherzustellen, sind die Beschäftigten in der bestimmungsgemäßen Verwendung der PSA qualifiziert zu unterweisen (siehe auch Abschnitt 7 im TROS IOS, Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung“). Diese regelmäßig durchzuführenden Unterweisungen schließen praktische Handhabungsübungen ein und sind entsprechend zu dokumentieren.

(2) Gegenstand der Unterweisung ist beispielsweise die Auswahl der richtigen Schutzstufen bei Schweißerschutzfiltern.

7 Betriebsanweisung

(1) Zugangsregelungen und Anwendung persönlicher Schutzausrüstungen sind erforderlichenfalls in einer Betriebsanweisung zu regeln. Bei jeder maßgeblichen Veränderung der Arbeitsbedingungen muss die Betriebsanweisung aktualisiert werden.

(2) Eine Betriebsanweisung kann folgende Inhalte haben:

1. Anwendungsbereich
2. Gefährdungen für den Menschen
3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln
4. Verhalten bei Störungen
5. Verhalten bei Unfällen
6. Abschluss der Arbeiten.

(3) Ein Beispiel für wichtige Punkte einer Betriebsanweisung ist in Anlage 4 dieser TROS IOS zu finden.

8 Literaturhinweise

Normen

- [1] DIN EN 165:2006: Persönlicher Augenschutz – Wörterbuch
- [2] DIN EN 166:2002: Persönlicher Augenschutz – Anforderungen
- [3] DIN EN 169:2003: Persönlicher Augenschutz – Filter für das Schweißen und verwandte Techniken – Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung
- [4] DIN EN 170:2003: Persönlicher Augenschutz – Ultraviolettfilter – Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung
- [5] DIN EN 171:2002: Persönlicher Augenschutz – Infrarotfilter – Transmissionsanforderungen und empfohlene Verwendung
- [6] DIN EN 175:1997: Persönlicher Augenschutz – Geräte für Augen- und Gesichtsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren
- [7] DIN EN 379:2003+A1:2009: Persönlicher Augenschutz – Automatische Schweißerschutzfilter
- [8] DIN EN ISO 11611:2010: Schutzkleidung für Schweißen und verwandte Verfahren
- [9] DIN EN ISO 11612:2009: Schutzkleidung – Kleidung zum Schutz gegen Hitze und Flammen

BG-Regeln und Informationen

- [10] BGR 104/GUV-R 104: Explosionsschutz-Regeln
- [11] BGR 192 (Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz, 02/2006)
- [12] BGR 197 (Benutzung von Hautschutz, 01/2001)
- [13] GUV-Regel 195: Benutzung von Schutzhandschuhen, Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz (01/2005)
- [14] BGI 553 (Lichtbogenschweißer, 01/2006)

- [15] BGI 554 (Gasschweißer, 01/2009)
- [16] BGI 578: Sicherheit durch Betriebsanweisungen
- [17] BGI 579 (Hitzearbeit, 01/2007)
- [18] BGI/GUV-I 8620: Information „Allgemeine Präventionsleitlinie Hautschutz“, Auswahl, Bereitstellung und Benutzung

Sonstiges

- [19] Reidenbach, H.-D.; Dollinger, K.; Ott, G.; Janßen, M.; Brose, M.: Blendung durch optische Strahlungsquellen; F 2185; Bundesanstalt für Arbeitsschutz; Dortmund/Berlin/Dresden 2008
- [20] DGZfP EM 06 (Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren – Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung, 2012 überarbeitete Auflage)

Anlage 1

Beispiele zur Auswahl und Anwendung von Schutzmaßnahmen

In dieser Anlage wird anhand von vier Beispielen gezeigt, welche Schutzmaßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bei verschiedenen Tätigkeiten mit inkohärenter optischer Strahlung ausgewählt werden können.

1 Lichtbogenhandschweißen

Die Strahlung ist beim Lichtbogenhandschweißen sehr intensiv und kann je nach Schweißverfahren im Sekundenbereich zur Überschreitung von Expositionsgrenzwerten führen. Neben der stark blendenden sichtbaren Strahlung sind hohe nicht sichtbare Strahlungsanteile aus den ultravioletten und infraroten Spektralbereichen enthalten. Die Haut und die Augen sind vor dieser Strahlung zu schützen. Für die verschiedenen Schweißverfahren werden für Schweißerschutzfilter in Abhängigkeit von der Stromstärke entsprechende Schutzstufen empfohlen. Neben dem Augenschutz ist auch die Haut, z. B. durch Lederstulpenhandschuhe, geschlossene Kleidung, Lederschürze und Nackenleder, zu schützen. Auch für den Schweißerhelfer ist vergleichbarer Schutz erforderlich. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass je nach Verfahren und Arbeitsbedingungen dem Beschäftigten geeignete persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung stehen. Da die Strahlung über relativ große Entfernungen wirksam ist, sind durch Abschirmungen auch weitere Personen, die in die Nähe von Schweißarbeitsplätzen gelangen können, zu schützen. Dazu gehören unter anderem Kranführer, Gabelstaplerfahrer oder Personen auf Verkehrswegen. Gegebenenfalls müssen Schutzmaßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahr sowie gesundheitsgefährdende Gase getroffen werden. Der Arbeitgeber legt ergänzende Sicherheitsmaßnahmen in der Schweißerlaubnis oder bei regelmäßig wiederkehrenden, gleichartigen schweißtechnischen Arbeiten in einer Betriebsanweisung schriftlich fest.

2 Gasschweißen und verwandte Verfahren

Beim Gasschweißen und verwandten Verfahren, wie dem Brennschneiden, Flammlöten, Flammrichten und Flammwärmen, tritt inkohärente optische Strahlung auf, die bei weitem nicht so stark ist wie beim Lichtbogenschweißen. Sie enthält sichtbare Strahlungsanteile mit vorübergehender Blendwirkung, aber auch Strahlungsanteile aus dem ultravioletten und infraroten Spektralbereich, die Augenschutz erfordern. Die Haut ist vor intensiver Strahlung zu schützen. Der Arbeitgeber legt die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen in der Schweißerlaubnis oder bei regelmäßig wiederkehrenden, gleichartigen schweißtechnischen Arbeiten in einer Betriebsanweisung schriftlich fest.

Insbesondere beim Brennschneiden sind zusätzliche Schutzmaßnahmen gegen Verbrennungen der Haut durch Funken, Spritzer, Schlacke und glühende Metallteilchen sowie gegebenenfalls gegen Brand- und Explosionsgefahr und gesundheitsgefährdende Gase zu treffen.

3 Hitzearbeit

Zum Schutz von Beschäftigten vor intensiver inkohärenter optischer Strahlung im Infrarotbereich an hitzebelasteten Arbeitsplätzen können als technische Schutzmaßnahmen die Luftführung, Luftkühlung, Wasserkühlung, Abschirmung bzw. Verminderung der Strahlung zur Anwendung kommen. Eine organisatorische Maßnahme ist die Reduzierung der Arbeitsschwere. In Fällen starker Hitzebelastung, in denen eine Reduzierung der Arbeitsschwere nicht mehr möglich ist, haben sich Entwärmungsphasen (Abkühlungsphasen) bewährt. Persönliche Schutzausrüstungen müssen auch vor Verbrennungen an heißen Oberflächen, Hitzeeinwirkungen und feuerflüssigen Spritzern schützen.

4 Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- oder Eindringverfahren („Fluxarbeitsplätze“)

Für die zerstörungsfreie Qualitätskontrolle von mechanisch hoch belasteten Werkstücken wie Kurbelwellen, Turbinen usw. kann eine fluoreszierende Rissprüfung mit dem Magnetpulver- oder Eindringverfahren zur Anwendung kommen. Zur Anregung des fluoreszierenden Prüfmittels wird UV-Strahlung benötigt. Die Anregungswellenlängen liegen im Bereich von 330 nm bis 400 nm [20].

Die Strahlungsemission der Strahler ist im Rahmen der technischen Maßnahmen auf die Anregungswellenlängen zu beschränken. Zudem darf der Strahler nicht oberhalb der Augen angebracht werden. Die Strahlungsleistung ist auf das notwendige Maß zu reduzieren. Die UV-Strahler werden dazu vom Hersteller in Abhängigkeit von der maximalen Bestrahlungsstärke fünf Risikoklassen zugeordnet.

In Abhängigkeit von den Risikoklassen sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen festzulegen.

Anlage 2

Warn- und Hinweiszeichen

Kennzeichnung gemäß Arbeitsstättenregel A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ (ASR A1.3)



D-P006 aus ASR A1.3: Zutritt für Unbefugte verboten



M004: Augenschutz benutzen



M009: Handschutz benutzen



M010: Schutzkleidung benutzen



M013: Gesichtsschutz benutzen



W027: Warnung vor optischer Strahlung



Warnschild mit Hinweisschild: Vorsicht gefährliche ultraviolette Strahlung

Anlage 3

Was ist bei Erstellung einer Betriebsanweisung zu beachten?

1 Anwendungsbereich

Im Anwendungsbereich einer Betriebsanweisung wird festgelegt, vor welcher Einwirkung ein Schutz erreicht werden soll. Beispiel: „Schutz gegen UV-Strahlung – Arbeitsplätze mit UV-Strahlern“. Es wird ebenso dokumentiert, wo sich der Arbeitsbereich/Arbeitsplatz befindet.

2 Gefährdungen für den Menschen

Es wird beschrieben, welche Gesundheitsschäden durch inkohärente optische Strahlung (auch durch deren indirekte Auswirkungen) und andere Gefährdungsfaktoren auftreten können. Dabei wird auch Bezug auf die Zielorgane genommen.

3 Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

In diesem Abschnitt wird festgelegt, welche Handlungsweisen durchzuführen sind. Dabei kann auch auf eine Handlungsanleitung verwiesen werden, die als Anhang an die Betriebsanweisung formuliert wird. Des Weiteren wird auf Schutzmaßnahmen eingegangen, sowie auf gegebenenfalls erforderliche regelmäßige Überwachung von Parametern (z. B. Raumluft). Beispiele für Punkte, die in diesem Abschnitt angegeben werden können:

- Einhaltung der Expositionsgrenzwerte für UV-Strahlung;
- arbeitstägliche Funktionsprüfung der zwangsläufigen Abschaltung der Strahlung bei Verkleidungs- und Verdeckungssystemen mit selbsttätiger Überwachung;
- auf eine Abschirmung, die keine inkohärente optische Strahlung durchlässt, achten (z. B. Bleche, Holzplatten, Vorhänge etc.);
- wirkungsvoll abschirmende PSA tragen;
- Eindämmen von Reflexionen; Hinweis: UV-Strahlung kann praktisch von allen Flächen, auch von verputzten Mauerwänden, reflektiert werden.
- Ozon-Entstehung vermeiden bzw. an der Entstehungsstelle absaugen;
- Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung anbringen.

4 Verhalten bei Störungen

In diesem Abschnitt wird angegeben, wie man sich bei Störungen verhalten muss. Es wird dabei eine einzuhaltende Reihenfolge festgelegt. Beispiel:

1. Bei Auftreten von Gefahren vor oder während der Arbeit sind der Vorgesetzte und der Arbeitsverantwortliche zu informieren.
Name ...
Telefon ...
2. Der Arbeitsverantwortliche ist berechtigt und verpflichtet, die Arbeiten zu stoppen oder abubrechen.
3. Bei Arbeitsunterbrechung ist der Arbeitsplatz abzusichern.

5 Verhalten bei Unfällen

Es wird beschrieben, welche Maßnahmen bei Unfällen getroffen werden müssen. Dabei wird auf sofortige Gefahrenminderung (z. B. Schließen einer Gasversorgung), Absicherung des Arbeitsbereiches sowie insbesondere auf die Meldekette eingegangen. Beispiel:

Bei Unfällen Anlage abschalten! Verletzte retten!

Unfallstelle sichern, Notarzt verständigen, Erste Hilfe!

Notruf: 112 oder ...

Erste Hilfe: 112 oder ...

Telefonische Unfallmeldung an: ...

6 Abschluss der Arbeiten

Hier wird festgelegt, wie der Arbeitsplatz nach Beendigung der Arbeiten gesichert und verlassen werden muss. Dies beinhaltet z. B. das Herstellen des ordnungsgemäßen und sicheren Arbeitsplatzes, Aufräumen der Arbeitsstelle, Kontrolle und Reinigung der Ausrüstungen und Hilfsmittel.

Beispiel einer umfassenden Betriebsanweisung für die Glasbearbeitung mit Gasbrennern

Beispiel	B E T R I E B S A N W E I S U N G	
1. Anwendungsbereich		
	ARBEITSBEREICH: MUSTERBETRIEB DATUM: dd.mm.jjjj UNTERSCHRIFT: RAUM: Werkstatt Name: ARBEITSPLATZ: Bestimmung der Emissionen von Gasbrennern bei der Glasbearbeitung	
2. Gefährdungen für Menschen		
	Gehörschädigender Lärm. Die bei der Bearbeitung auftretende UV-Strahlung kann GESUNDHEITSSCHÄDEN an Haut und Augen hervorrufen. Durch die offene Flamme besteht Verbrennungsgefahr. Erstickungsgefahr durch Anreicherung von Kohlenmonoxid/-dioxid und Stickstoffmonoxid/-dioxid möglich.	
3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln		
	Umgang mit den Gasbrennern gemäß der HANDLUNGSANWEISUNG vom dd.mm.jjjj. Zu den Arbeiten mit den Gasbrennern einen ABC-Feuerlöscher bereithalten. PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG/SCHUTZKLEIDUNG:     ⇒ Gehörschutz ⇒ Schutzvisier ⇒ Blendschutz ⇒ Leder-Schutzhandschuhe ⇒ langärmelige Kleidung PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG/SCHUTZKLEIDUNG während der Tätigkeiten am Brenner tragen. Gasflaschen kippsicher abstellen und bei Beendigung der Arbeiten sichern. Arbeitsplatzabsaugung einschalten und auf Funktionsüberwachung achten.	
4. Verhalten bei Störungen		
	1. Bei Auftreten von Gefahren vor oder während der Arbeit ist der Vorgesetzte und der Arbeitsverantwortliche zu informieren. Name: Herr Mustermann Telefon: 1234 2. Der Arbeitsverantwortliche ist berechtigt und verpflichtet, die Arbeiten zu stoppen oder abzu-brechen. 3. Bei Arbeitsunterbrechung ist der Arbeitsplatz abzusichern.	
5. Verhalten bei Unfällen		
	Bei Unfällen Gaszufuhr abschalten! Im Brandfall Löschversuche unternehmen! Verletzte bergen! Unfallstelle sichern, Notarzt verständigen, Erste Hilfe leisten! Notruf: 112 oder 9999 (Zentrale intern) Erste Hilfe: 112 oder 9999 (Zentrale intern) Telefonische Unfallmeldung an: Frau Musterfrau, 2233	
		
6. Abschluss der Arbeiten		
	Herstellen des ordnungsgemäßen und sicheren Arbeitsplatzes. Aufräumen der Arbeitsstelle. Kontrolle und Reinigung der Ausrüstungen und Hilfsmittel, leere Gasflaschen in das Lager bringen.	

Anlage 4

Hinweise zur Kennzeichnung von Augenschutz (UV- und IR-Filter sowie Schweißerschutzbrillen)

1 Allgemeines zur Kennzeichnung von Augenschutz

Bei der Auswahl eines geeigneten Augenschutzes als persönliche Schutzmaßnahme gegen Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung ist es notwendig, die auf den entsprechenden Produkten vom Hersteller angebrachte Kennzeichnung zu berücksichtigen. Entsprechend der Achten Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (8. ProdSV) haben Hersteller Augenschutz zu kennzeichnen. Diese Kennzeichnung besteht aus dem CE-Kennzeichen und gegebenenfalls einer vierstelligen Kennnummer. Die Kennnummer bezeichnet die benannte Stelle, die die Produktionsüberwachung durchführt, und muss immer dann angegeben werden, wenn es sich bei dem Augenschutz um persönliche Schutzausrüstung (PSA) der Kategorie III handelt.

Zu PSA der Kategorie III gehört persönliche Schutzausrüstungen, die gegen tödliche Gefahren oder ernste und irreversible Gesundheitsschäden schützen sollen, und bei der man davon ausgehen muss, dass der Benutzer die unmittelbare Gefahr nicht rechtzeitig erkennen kann. Hierzu gehören auch der Augenschutz und Filter für die Hochtemperaturumgebung (Temperatur vergleichbar mit einer Lufttemperatur von 100 °C oder höher), die oftmals durch die Merkmale Infrarotstrahlung, Flammenschutz sowie Schutz vor großen Mengen geschmolzenen Metalls gekennzeichnet sind. PSA zum Schutz vor Gesundheitsschäden durch inkohärente optische Strahlung ist i. A. der Kategorie II zuzuordnen. Lediglich Augenschutz und Filter, die ausschließlich zum Schutz gegen Sonnenstrahlen konzipiert und hergestellt werden sowie Sonnenbrillen ohne Korrektureigenschaften werden der Kategorie I (geringe Gefährdung) zugeordnet.

Die Anforderungen an die Kennzeichnung von PSA zum Schutz vor Gesundheitsschäden durch inkohärente optische Strahlung sind in der Achten Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz und darüber hinaus durch harmonisierte europäische Normen weiter konkretisiert. Die Kennzeichnung von PSA der Kategorie II zum Schutz vor inkohärenter optischer Strahlung besteht daher aus folgenden Angaben:

1. Kategorie II CE
2. die produktspezifische Kennzeichnung nach harmonisierten Normen.

2 Produktspezifische Kennzeichnung von Augenschutz nach harmonisierten Normen

Augenschutz wird entsprechend den nachfolgenden Tabellen gekennzeichnet. Sichtscheiben und Tragkörper sind getrennt gekennzeichnet. Bestehen beide aus einer Einheit, befindet sich die Kennzeichnung auf dem Tragkörper.

Die in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführten technischen Daten sind in der vorgegebenen Reihenfolge auf Sichtscheiben oder Tragkörpern angebracht.

2.1 Kennzeichnung der Sichtscheiben nach DIN EN 166

Die Kennzeichnung der Sichtscheiben muss wesentliche technische Informationen in folgender Form enthalten:

Tab. A4.1 Kennzeichnung von Sichtscheiben

Schutzstufe (nur Filter)*	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse (ausgenommen bei Vorsatzscheiben)	Kurzzeichen für mechanische Festigkeit*	Kurzzeichen für Beständigkeit gegen Lichtbogen*	Kurzzeichen für Nicht-haftan von Schmelzmetall und Beständigkeit gegen Durchdringen heißer Festkörper*	Kurzzeichen für Oberflächenbeständigkeit gegen Beschädigung durch kleine Teilchen*	Kurzzeichen für die Beständigkeit gegen Beschlagen*	Kurzzeichen für erhöhten Reflexionsgrad*	Kurzzeichen für Original- oder Ersatzscheibe*
X ¹	X	X ²	X ³	8	9	K	N	R	O V

* falls zutreffend

X¹ Schutzstufennummer gemäß Tabelle A4.2

X² Optische Klasse gemäß Tabelle A4.3

X³ Festigkeit gemäß Tabelle A4.6

2.1.1 Schutzstufen

Die Strahlendurchlässigkeit eines Filters wird durch eine Schutzstufe dargestellt. Die Schutzstufe besteht aus einer Vorzahl und der Schutzstufennummer des Filters, die durch einen Bindestrich getrennt werden. Dabei gilt, je höher die Schutzstufennummer, desto geringer ist die Durchlässigkeit für optische Strahlung.

Tab. A4.2 Schutzstufen der Filter nach DIN EN 166

Schutzstufe					
Schweißer-Schutzfilter	Ultraviolett-Schutzfilter		Infrarot-Schutzfilter	Sonnen-Schutzfilter	
ohne Vorzahl	Vorzahl 2	Vorzahl 3	Vorzahl 4	Vorzahl 5	Vorzahl 6
1,2	2-1,2	3-1,2	4-1,2	5-1,1	6-1,1
1,4	2-1,4	3-1,4	4-1,4	5-1,4	6-1,4
1,7		3-1,7	4-1,7	5-1,7	6-1,7
2		3-2	4-2	5-2	6-2
2,5		3-2,5	4-2,5	5-2,5	6-2,5
3		3-3	4-3	5-3,1	6-3,1
4		3-4	4-4	5-4,1	6-4,1
4a					
5		3-5	4-5		
5a					
6			4-6		
6a					
7			4-7		
7a					
8			4-8		
9					
10			4-9		
11					
12			4-10		
13					
14					
15					
16					

Bedeutung der Vorzahlen:

2 UV-Filter, die Farberkennung kann beeinflusst werden

3 UV-Filter, gute Farberkennung

4 IR-Filter

5 Sonnenschutzfilter ohne Anforderung an den Infrarotschutz

6 Sonnenschutzfilter mit Anforderung an den Infrarotschutz

2.1.2 Optische Klasse

Um das für den jeweiligen Arbeitsvorgang erforderliche Sehen zu ermöglichen, müssen die Brechwerte der Sichtscheiben die in den Normen genannten Anforderungen erfüllen. Dementsprechend werden Sichtscheiben in drei Klassen eingeteilt:

Tab. A4.3 Optische Klassen

Klasse	Bedeutung
1	Für Arbeiten mit besonders hohen Anforderungen an die Sehleistung für den Dauergebrauch.
2	Für Arbeiten mit durchschnittlichen Anforderungen an die Sehleistung.
3	Nur in Ausnahmefällen für grobe Arbeiten ohne größere Anforderungen an die Sehleistung und nicht für den Dauergebrauch.

Ausgenommen hiervon sind Vorsatzscheiben, da diese immer die Forderungen der optischen Klasse 1 erfüllen müssen. Daher entfällt für Vorsatzscheiben die Angabe der optischen Klasse.

2.2 Kennzeichnung der Tragkörper nach DIN EN 166

Die Kennzeichnung der Tragkörper muss die wesentlichen Informationen in folgender Form enthalten:

Tab. A4.4 Kennzeichnung von Tragkörpern

	Identifikationszeichen des Herstellers	Verwendungsbereich	Nummer der Norm	Codezahl für Stoßprüfung, falls zutreffend
Kurzzeichen	X	X ¹	N	X ²

X¹ siehe Tabelle A4.5

X² siehe Tabelle A4.6

Tab. A4.5 Kurzzeichen für Verwendungsbereiche von Tragkörpern nach DIN EN 166

Kurzzeichen	Bezeichnung	Beschreibung des Verwendungsbereiches
keines		Nicht festgelegte mechanische Risiken, Gefährdung durch ultraviolette, sichtbare und infrarote Strahlung und Sonnenstrahlung
3	Flüssigkeiten	Flüssigkeiten (Tropfen und Spritzer)
4	Grobstaub	Staub mit einer Korngröße > 5 µm
5	Gas und Feinstaub	Gase, Dämpfe, Nebel, Rauch und Staub < 5 µm
8	Störlichtbogen	elektrische Lichtbogen bei Kurzschluss in elektrischen Anlagen
9	Schmelzmetall und heiße Festkörper	Metallspritzer und Durchdringen heißer Festkörper

Tab. A4.6 Kurzzeichen für die Beständigkeit von Tragkörpern gegen Teilchen hoher Geschwindigkeit

Kurzzeichen	Beschreibung des Verwendungsbereiches
-F	Stoß mit niedriger Energie (Prüfung 0,88 g Stahlkugel mit 45 m/s Geschwindigkeit)
-B	Stoß mit mittlerer Energie (Prüfung 0,88 g Stahlkugel mit 120 m/s Geschwindigkeit)
-A	Stoß mit hoher Energie (Prüfung 0,88 g Stahlkugel mit 190 m/s Geschwindigkeit)

2.3 Kennzeichnung von Augenschutzgeräten mit Sichtscheiben und Tragkörper in einer Einheit

Bestehen Sichtscheiben und Tragkörper aus einer Einheit, ist die vollständige Kennzeichnung der Sichtscheiben, ergänzt durch einen Bindestrich und die Kennziffer(n) des Gefährdungsbereiches des Tragkörpers, auf diesem angebracht. Ein Augenschutzgerät bietet nur dann für einen bestimmten Anwendungsfall einen ausreichenden Schutz, wenn sich die geeigneten Sichtscheiben in dem für den Anwendungsfall geeigneten Tragkörper befinden.

3 Beispiele für produktbezogene Kennzeichnungen

3.1 Sichtscheiben ohne Filterwirkung

Sicherheitssichtscheiben ohne Filterwirkung mit höchstem Niveau mechanischer Schutzfunktion:

Tab. A4.7 Kennzeichnung von Sichtscheiben ohne Filterwirkung

	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse	Kurzzeichen für mechanische Festigkeit, z. B. Stoß mit hoher Energie
Kurzzeichen	X	3	A

3.2 Sichtscheiben mit Filterwirkung

3.2.1 Schweißerschutzfilter

Tab. A4.8 Kennzeichnung von Schweißerschutzfiltern

	Schutzstufennummer (siehe Tab. A4.21)	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse
Kurzzeichen	11	X	1

3.2.2 Schweißerschutzfilter mit mechanischer Schutzfunktion

Tab. A4.9 Kennzeichnung von Schweißerschutzfiltern mit mechanischer Schutzfunktion

	Schutzstufennummer (siehe Tab. A4.21)	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse	Kurzzeichen für erhöhte mechanische Festigkeit
Kurzzeichen	5	X	2	S

3.2.3 Schweißerschutzfilter mit umschaltbarer Schutzstufe (nach DIN EN 379)

An die Stelle der Schutzstufennummer treten die Schutzstufennummern der Hell- und Dunkelstufe, getrennt durch einen Schrägstrich. Ist der Dunkelzustand von Hand einstellbar, sind die Grenzen des erreichbaren Schutzstufenbereiches mit Bindestrich getrennt zu kennzeichnen.

Die optische Klasse nach DIN EN 166 wird – durch Schrägstriche getrennt – um die Streulichtklasse und die Homogenitätsklasse nach DIN EN 379 ergänzt; hier z. B. 1/3/2.

Beispiel einer vollständigen Kennzeichnung:

Tab. A4.10 Kennzeichnung von Schweißerschutzfiltern mit umschaltbarer Schutzstufe

	Hell- stufe	Dunkel- stufe(n)- Bereich 1 (falls zutref- fend)	Dunkel- stufe(n)- Bereich 2 (falls zutref- fend)	Kenn- zei- chen des Her- stel- lers	Optische Klasse	Streu- licht- klasse	Homo- geni- täts- klasse	Nummer der Norm
Kurzzeichen	5/	11 -	13	0	1/	3/	2	379

3.2.4 Schweißerschutzfilter mit zwei Schutzstufen (nach DIN EN 379)

An die Stelle der einzigen Schutzstufennummer treten die Schutzstufennummern der Hell- und Dunkelstufe(n) durch ein Plus-Zeichen getrennt, z. B. 6 + 10.

Tab. A4.11 Kennzeichnung von Schweißerschutzfiltern mit zwei Schutzstufen

	Schutzstufe der Hellzone(n)	Schutzstufe der Dunkelzone(n)	Kennbuchstabe des Herstellers	Optische Klasse
Kurzzeichen	6 +	10	X	1

Zusätzlich sind gegebenenfalls die Zeichen für die Erfüllung von Zusatzanforderungen nach DIN EN 166 angebracht.

3.3 UV-Schutzfilter

3.3.1 UV-Schutzfilter ohne mechanische Schutzfunktion

Tab. A4.12 Kennzeichnung von UV-Schutzfiltern ohne mechanische Schutzfunktion

	Vorzahl für UV-Schutzfilter, z. B. mit guter Farbkennung	Schutzstufennummer (siehe Tab. A4.23)	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse
Kurzzeichen	3 -	1,7	X	1

3.3.2 UV-Schutzfilter mit mechanischer Schutzfunktion

Tab. A4.13 Kennzeichnung von UV-Schutzfiltern mit mechanischer Schutzfunktion

	Vorzahl für UV-Filter, z. B. mit beeinträchtigter Farbkennung	Schutzstufennummer (siehe Tab. A4.23)	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse	Kurzzeichen für Stoß mit mittlerer Energie
Kurzzeichen	2 -	1,4	X	2	B

3.4 IR-Schutzfilter

3.4.1 IR-Schutzfilter ohne mechanische Schutzfunktion

Tab. A4.14 Kennzeichnung von IR-Schutzfiltern ohne mechanische Schutzfunktion

	Vorzahl für IR-Schutzfilter	Schutzstufennummer (siehe Tab. A4.24)	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse
Kurzzeichen	4 -	4	X	1

3.4.2 R-Schutzfilter mit mechanischer Schutzfunktion und Nichthaften von Schmelzmetall

Tab. A4.15 Kennzeichnung von IR-Schutzfiltern mit mechanischer Schutzfunktion

	Vorzahl für IR-Schutzfilter	Schutzstufennummer (siehe Tab. A4.24)	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse	Kurzzeichen für Stoß mit niedriger Energie	Kurzzeichen für Nichthaften von Schmelzmetall Festkörper
Kurzzeichen	4 -	5	X	2	F	9

3.5 Sonnenschutzfilter

3.5.1 Sonnenschutzfilter für gewerblichen Gebrauch

Tab. A4.16 Kennzeichnung von Sonnenschutzfiltern

	Vorzahl für Sonnenschutzfilter, z. B. ohne IR-Anforderung	Schutzstufennummer (siehe Tab. A4.25)	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse
Kurzzeichen	5	1,7	X	1

3.5.2 Sonnenschutzfilter mit mechanischer Schutzfunktion

Tab. A4.17 Kennzeichnung von Sonnenschutzfiltern mit mechanischer Schutzfunktion

	Vorzahl für Sonnenschutzfilter, z. B. mit IR-Anforderung	Schutzstufennummer (siehe Tab. A4.25)	Identifikationszeichen des Herstellers	Optische Klasse	Erhöhte mechanische Festigkeit
Kurzzeichen	6 -	2	X	2	S

3.6 Vorsatzscheiben

Tab. A4.18 Kennzeichnung von Vorsatzscheiben

	Identifikationszeichen des Herstellers
Kurzzeichen	X

3.7 Tragkörper

3.7.1 Tragkörper zum Schutz gegen mechanische Risiken und optische Strahlung

Tab. A4.19 Kennzeichnung von Tragkörpern zum Schutz gegen mechanische Risiken und optische Strahlung

	Identifikationszeichen des Herstellers	Nummer der Norm	Kurzzeichen für Stoß mit niedriger Energie
Kurzzeichen	X	N	F

3.7.2 Tragkörper zum Schutz gegen Störlichtbögen bei Kurzschluss in elektrischen Anlagen

Tab. A4.20 Kennzeichnung von Tragkörpern zum Schutz gegen Störlichtbögen

	Identifikationszeichen des Herstellers	Nummer der Norm	Verwendungsbereich Störlichtbogen
Kurzzeichen	X	N	8

3.10 UV-Schutzfilter

Tab. A4.23 Schutzstufen für UV-Schutzfilter

Schutzstufe	Farberkennung	Typische Anwendungen	Typische Strahlungsquellen ¹⁾
2–1,2	kann beeinträchtigt sein	Zur Anwendung mit Strahlungsquellen, die überwiegend Ultraviolettstrahlung emittieren, wenn die Blendung kein wesentlicher Faktor ist.	Quecksilberniederdrucklampen, wie sie zur Fluoreszenzanregung benutzt werden oder „Schwarzlichtstrahler“
2–1,4	kann beeinträchtigt sein	Zur Anwendung mit Strahlungsquellen, die überwiegend Ultraviolettstrahlung emittieren, wenn eine gewisse Absorption der sichtbaren Strahlung notwendig ist.	Quecksilberniederdrucklampen, z. B. aktinische Lampen
3–1,2 3–1,4 3–1,7	keine wesentliche Verschlechterung	Zur Anwendung mit Strahlungsquellen, die überwiegend Ultraviolettstrahlung bei Wellenlängen < 313 nm emittieren, wenn die Blendung kein wesentlicher Faktor ist. Dies gilt für UVC und für den größten Teil von UVB. ²⁾	Quecksilberniederdrucklampen, z. B. die Lampen für die Keimtötung
3–2,0 3–2,5	keine wesentliche Verschlechterung		Quecksilberdampf-Mitteldrucklampen, z. B. photochemische Lampen
3–3 3–4			Quecksilberdampf-Hoch- und Metall-Halogen-Lampen, z. B. Sonnenlampen für Solarien
3–5			Quecksilberdampf-Hoch- und -Höchstdrucklampen und Xenonlampen, z. B. Heimsonnen, Solarien und gepulste Lasersysteme
¹⁾ Diese Beispiele sind als allgemeiner Leitfaden angegeben. ²⁾ Die Wellenlängen dieser Bereiche entsprechen den von der CI empfohlenen: UVB 280 nm bis 315 nm UVC 100 nm bis 280 nm			

3.11 IR-Schutzfilter in Abhängigkeit von der Strahlertemperatur

Tab. A4.24 Schutzstufen für IR-Schutzfilter

Schutzstufe	Typische Anwendung für Strahler der mittleren Temperatur °C
4–1,2	über 1050
4–1,4	1070
4–1,7	1090
4–2	1110
4–2,5	1140
4–3	1210
4–4	1290
4–5	1390
4–6	1500
4–7	1650
4–8	1800
4–9	2000
4–10	2150

3.12 Sonnen-Schutzfilter

Tab. A4.25 Schutzstufen für Sonnenschutzfilter

Schutzstufe	Verwendung	Bezeichnung ¹⁾
5–1,1 6–1,1	Diese Schutzstufe gilt nur für bestimmte phototrope Sonnenschutzfilter im hellen Zustand und für den Bereich hoher Lichttransmission von Verlauffiltern	
5–1,4 6–1,4	als sehr heller Filter	sehr hell
5–1,7 6–1,7	als heller Filter	hell
5–2 6–2	als empfohlener Universalfilter meist gut verwendbar	mittel
5–2,5 6–2,5	meist gebräuchlich in Mitteleuropa	dunkel
5–3,1 6–3,1	in den Tropen und Subtropen, für Himmelsbeobachtungen, im Hochgebirge, Schneeflächen, hellen Wasserflächen, Sandflächen, Kalk- und Kreidebrüchen, für den Straßenverkehr nicht zu empfehlen	sehr dunkel
5–4,1 6–4,1	nur bei extremen Bestrahlungsstärken, nicht für den Straßenverkehr geeignet	extrem dunkel

¹⁾ Die Bezeichnung ist in den verschiedensprachigen Ausgaben dieser Norm keine wörtliche Übersetzung, da die Filter entsprechend den landesüblichen Beleuchtungsstärken verschieden dunkel empfohlen werden.

Bekanntmachung des BMAS v. 12.5.2014 – IIIb 4 – 34516-7 –

Die **TROS IOS Teil 3** „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“, GMBI 2013, S. 1349 [Nr. 65-67] wird wie folgt korrigiert:

1. In Anlage 4 Nummer 1 Absatz 2 wird nach Satz 1 folgender Satz eingefügt:
„Hierzu gehören auch der Augenschutz und Filter für die Hochtemperaturumgebung (Temperatur vergleichbar mit einer Lufttemperatur von 100 °C oder höher), die oftmals durch die Merkmale Infrarotstrahlung, Flammenschutz sowie Schutz vor großen Mengen geschmolzenen Metalls gekennzeichnet sind.“
2. In Anlage 4 Nummer 1 Absatz 2 wird im vorletzten Satz die Angabe der Kategorie für „PSA zum Schutz vor Gesundheitsschäden durch inkohärente optische Strahlung ...“ korrigiert in „Kategorie II“.
3. In Anlage 4 Nummer 1 Absatz 3 wird Satz 2 wie folgt gefasst:
„Die Kennzeichnung von PSA der Kategorie II zum Schutz vor inkohärenter optischer Strahlung besteht daher aus folgenden Angaben:
 1. Kategorie II CE
 2. die produktspezifische Kennzeichnung nach harmonisierten Normen.“
4. In Anlage 4 Nummer 2 wird in der Überschrift und im ersten Satz gestrichen:
„der Kategorie III“.

Tätigkeit/Expositionsbedingungen	Expositionsmessungen			Kommentar	Schutzmaßnahmen
	nötig	evtl. nötig	nicht nötig		
Anwendung von IR-Strahlern zur Trocknung		X		Sind ausreichende Angaben des Herstellers zur Strahlungsemission vorhanden, so kann auf eine Messung verzichtet werden.	Abschirmung der Strahler Verwendung persönlicher Schutzausrüstungen, z. B. bei Wartungsarbeiten
Arbeiten an Metallschmelzen (kein Hochofen)	X			Bei Arbeiten an Metallschmelzen ist eine Überschreitung der Expositionsgrenzwerte möglich.	Verwendung fest installierter Abschirmungen (z. B. Metallplatten, IR-Schutzglas) Verwendung persönlicher Schutzausrüstungen (insbesondere IR-Schutzbrillen)
Arbeiten an Hochöfen			X	Bei Arbeiten an Hochöfen werden die Expositionsgrenzwerte auf jeden Fall überschritten. Mit Schädigung der Augen und der Haut ist zu rechnen.	Verwendung persönlicher Schutzausrüstungen (Diese Schutzmaßnahme ist in jedem Fall notwendig.)
Medizinische Anwendungen von UV-Strahlungstherapiegeräten (Solarien, IR-Strahler)		X		Bei der Bestrahlung von Patienten kann das medizinische Personal, das die Bestrahlung durchführt, ebenfalls der Strahlung ausgesetzt sein. Sind ausreichende Angaben des Herstellers zur Strahlungsemission vorhanden, so kann auf eine Messung verzichtet werden.	Aufenthalt des medizinischen Personals während der Bestrahlung in einem abgeschirmten Bereich.