

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/8f300ed8-1e7a-3d6c-b581-40dbcb0a8c2c>

Bibliografie	
Titel	Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - TROS Inkohärente Optische Strahlung - Teil 2: Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung
Redaktionelle Abkürzung	TROS IOS Teil 2
Normtyp	Technische Regel
Normgeber	Bund
Gliederungs-Nr.	Keine FN

Abschnitt 3 TROS IOS Teil 2 - 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 entsprechende 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

Abb. 1

Gemessenes Strahlungsspektrum (spektral ungewichtet und linear) einer Gasflamme bei der Bearbeitung eines Glasrohrrohrlings an einem Tischarbeitsplatz

(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.

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 3000 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, sodass 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.

(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

Abb. 2

Schematischer Aufbau eines Doppelmonochromators

- 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 Fotodioden-array) 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 Wichtungsfunktion
- 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 wiederverwendbar

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 Nr.	Messort	Foto Nr.	Abstand des Empfängers		UVBestrahlungsstärke		t max: bis	t max: bis	entspr. Tätigkeit gemäß Tab. 1	Bemerkungen
			Eeffin mW/m ²	H UVA -EGW	Heff-EGW					
zum/zur	in m	EUVA in mW/m ²	Eeffin mW/m ²	H UVA -EGW	Heff-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 Glasrohrrohlinge emittierte UV-Strahlung

Messung Nr.	Messort	Foto Nr.	Abstand des Empfängers		UVBestrahlungsstärke		t _{max} bis	t _{max} bis	entspr. Tätigkeit gemäß Tab. 1	Bemerkungen
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 Glasrohrrohlinge 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 Glasrohrrohlings 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 Glasrohrrohlings emittierte UV-Strahlung mit Schutzbrille

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.

Fußnoten

- Die Zeit t_{max} gibt die Zeitdauer bis zum Erreichen des EGW gemäß Spalte "UV-Bestrahlungsstärke" an.