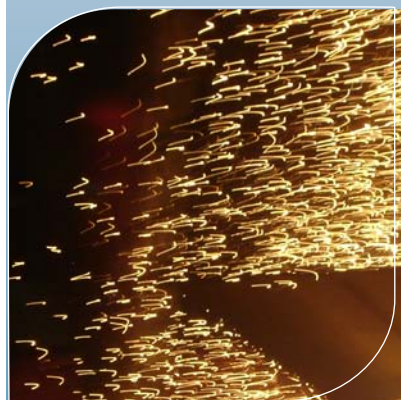


# Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung



Diese Veröffentlichung wird unterstützt durch das Programm der EU für Beschäftigung und Soziale Solidarität - PROGRESS (2007-2013).

Dieses Programm wird von der Europäischen Kommission verwaltet. Es wurde eingerichtet, um die Umsetzung der Zielvorgaben der Europäischen Union in den Bereichen Beschäftigung, Soziales und Chancengleichheit zu unterstützen, und soll dadurch die entsprechenden Ziele der Strategie Europa 2020 verwirklichen helfen.

Dieses auf sieben Jahre angelegte Programm richtet sich an alle maßgeblichen Akteure in den 27 Mitgliedstaaten, der EFTA, dem EWR sowie den Beitritts- und Kandidatenländern, die an der Gestaltung geeigneter und effektiver Rechtsvorschriften und Strategien im Bereich Beschäftigung und Soziales mitwirken können.

Weitere Informationen unter: <http://ec.europa.eu/progress>

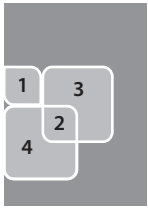
# Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung

**Europäische Kommission**

Generaldirektion Beschäftigung, Soziales und Integration  
Referat B.3

Manuskript abgeschlossen im Juni 2010

Weder die Europäische Kommission noch Personen, die in ihrem Namen handeln, sind für die Verwendung der in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen verantwortlich.



Fotos 1, 3, 4: Europäische Union  
Foto 2: Istock

Für die Benutzung oder den Nachdruck von Fotos, die nicht dem Copyright der Europäischen Union unterstellt sind, muss eine Genehmigung direkt bei dem/den Inhaber(n) des Copyrights eingeholt werden.

Europe Direct soll Ihnen  
helfen, Antworten auf Ihre Fragen  
zur Europäischen Union zu finden

Gebührenfreie Telefonnummer (\*):  
**00 800 6 7 8 9 10 11**

(\*): Einige Mobilfunkanbieter gewähren keinen Zugang zu  
00 800-Nummern oder berechnen eine Gebühr.

Zahlreiche weitere Informationen zur Europäischen Union sind verfügbar über Internet,  
Server Europa (<http://europa.eu>).

Katalogisierungsdaten befinden sich am Ende der Veröffentlichung.

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011

ISBN 978-92-79-16045-5

doi:10.2767/72883

© Europäische Union, 2011

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

*Printed in Luxembourg*

GEDRUCKT AUF ELEMENTAR CHLORFREI GEBLEICHTEM PAPIER (ECF)

# Inhalt

---

1	Einführung .....	7
1.1	Einsatz dieses Leitfadens .....	8
1.2	Beziehung zur Richtlinie 2006/25/EG.....	9
1.3	Geltungsbereich des Leitfadens.....	10
1.4	Einschlägige Gesetzgebung und weitere Informationen .....	10
1.5	Amtliche und nicht-amtliche Beratungszentren .....	10
2	Quellen künstlicher optischer Strahlung.....	11
2.1	Quellen inkohärenter Strahlung .....	11
2.1.1	Tätigkeiten.....	11
2.1.2	Anwendungen.....	12
2.2	Quellen der Laserstrahlung.....	13
2.3	Triviale Quellen .....	14
3	Gesundheitsschäden aufgrund der Exposition durch optische Strahlung.....	16
4	Anforderungen der Richtlinie über künstliche optische Strahlung .....	17
4.1	Artikel 4 – Ermittlung der Exposition und Gefährdungsbeurteilung .....	17
4.2	Artikel 5 – Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Risiken .....	18
4.3	Artikel 6 – Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer .....	18
4.4	Artikel 7 – Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer .....	19
4.5	Artikel 8 – Gesundheitsüberwachung.....	19
4.6	Zusammenfassung .....	19
5	Anwendung der Expositionsgrenzwerte.....	20
5.1	Laser EGW .....	20
5.2	Inkohärente optische Strahlung .....	22
5.3	Quellenangaben .....	24
6	Gefährdungsbeurteilung im Sinne der Richtlinie.....	25
6.1	Schritt 1: Identifizierung der Gefährdungen und gefährdeten Personen .....	25
6.2	Schritt 2: Einschätzung und Priorisierung der Risiken .....	26
6.3	Schritt 3: Entscheidung über Präventivmaßnahmen .....	27
6.4	Schritt 4: Umsetzung .....	27
6.5	Schritt 5: Überwachung und Bewertung .....	27
6.6	Quellenangaben .....	27
7	Messung der optischen Strahlung.....	28
7.1	Anforderungen der Richtlinie .....	28
7.2	Weitere Unterstützung .....	28
8	Nutzung der Herstellerdaten.....	29
8.1	Sicherheitsklassifizierung .....	29
8.1.1	Sicherheitsklassifizierung von Lasern .....	29
8.1.1.1	Klasse 1 .....	29
8.1.1.2	Klasse 1M.....	30
8.1.1.3	Klasse 2.....	30
8.1.1.4	Klasse 2M.....	30
8.1.1.5	Klasse 3R.....	30
8.1.1.6	Klasse 3B.....	30

8.1.1.7 Klasse 4 .....	31
8.1.2 Sicherheitsklassifizierung von inkohärenten Quellen .....	32
8.1.2.1 Freie Gruppe .....	32
8.1.2.2 Risikogruppe 1 – niedriges Risiko .....	32
8.1.2.3 Risikogruppe 2 – mittleres Risiko .....	33
8.1.2.4 Risikogruppe 3 – hohes Risiko .....	33
8.1.3 Sicherheitsklassifizierung von Maschinen .....	33
8.2 Informationen zum Sicherheitsabstand und zur Gefährdungsgröße .....	34
8.2.1 Laser – Augensicherheitsabstand .....	34
8.2.2 Breitbandige Quellen – Sicherheitsabstand und Gefährdungsgröße .....	34
8.3 Weitere nützliche Informationen .....	35
<b>9 Schutzmaßnahmen .....</b>	<b>36</b>
9.1 Rangfolge der Schutzmaßnahmen .....	36
9.2 Beseitigung der Gefährdung .....	37
9.3 Ersatz durch weniger gefährliche Verfahren oder Geräte .....	37
9.4 Technische Maßnahmen .....	37
9.4.1 Verhinderung des Zugangs .....	37
9.4.2 Schutz durch Begrenzung des Betriebs .....	38
9.4.3 Not-Aus-Schalter .....	38
9.4.4 Verriegelungsschalter .....	38
9.4.5 Filter und Sichtfenster .....	38
9.4.6 Justierhilfen .....	39
9.5 Organisatorische Maßnahmen .....	39
9.5.1 Betriebsanweisung .....	40
9.5.2 Gefahrenbereich .....	40
9.5.3 Warnschilder und -hinweise .....	40
9.5.4 Benennungen .....	41
9.5.5 Unterweisung und Beratung .....	42
9.5.5.1 Unterweisung .....	42
9.5.5.2 Beratung .....	42
9.6 Persönliche Schutzausrüstung .....	43
9.6.1 Schutz vor sekundären Gefährdungen .....	44
9.6.2 Augenschutz .....	44
9.6.3 Hautschutz .....	45
9.7 Weitere nützliche Informationen .....	45
9.7.1 Grundlegende Normen .....	45
9.7.2 Produktnormen .....	45
9.7.3 Schweißarbeiten .....	46
9.7.4 Laser .....	46
9.7.5 Intensive Lichtquellen .....	46
<b>10 Management von Zwischenfällen .....</b>	<b>47</b>
<b>11 Gesundheitsüberwachung .....</b>	<b>48</b>
11.1 Wer sollte die Gesundheitsüberwachung durchführen? .....	48
11.2 Aufzeichnungen .....	48
11.3 Ärztliche Untersuchung .....	48
11.4 Maßnahmen nach der Überschreitung eines Expositionsgrenzwertes .....	49
<b>Anhang A – Die Eigenschaften der optischen Strahlung .....</b>	<b>50</b>
<b>Anhang B – Biologische Wirkungen der optischen Strahlung auf das Auge und die Haut .....</b>	<b>51</b>
B.1 Das Auge .....	51
B.2 Die Haut .....	51

B.3	Biologische Wirkungen verschiedener Wellenlängen auf das Auge und die Haut. ....	52
B.3.1	Ultraviolette Strahlung: UVC, UVB, UVA. ....	52
B.3.2	Sichtbare Strahlung. ....	53
B.3.3	IRA. ....	54
B.3.4	IRB. ....	54
B.3.5	IRC. ....	54
Anhang C – Größen und Einheiten der künstlichen optischen Strahlung. ....		55
C.1	Basisgrößen. ....	55
C.1.1	Wellenlänge. ....	55
C.1.2	Energie. ....	55
C.1.3	Weitere nützliche Größen. ....	55
C.1.4	Verwendete Größen bei Expositionsgrenzwerten. ....	56
C.1.5	Spektrale Größen und integrale (Breitband-)Größen. ....	56
C.1.6	Radiometrische und effektive Größen. ....	56
C.1.7	Leuchtdichte. ....	57
Anhang D – Ausgearbeitete Beispiele. ....		58
D.1	Büro. ....	58
D.1.1	Erläuterung des allgemeinen Ansatzes. ....	58
D.1.2	Die Aufbereitung der Beispiele. ....	63
D.1.3	Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen hinter einem Diffusor. ....	64
D.1.4	Einzelne deckenmontierte Leuchtstofflampe ohne Diffusor. ....	65
D.1.5	Mehrere deckenmontierte Leuchtstofflampen ohne Diffusor. ....	66
D.1.6	Bildschirm mit einer Kathodenstrahl-Bildröhre. ....	67
D.1.7	Bildschirm eines Laptop-Computers. ....	68
D.1.8	Flutlicht für den Außenbereich mit einer Halogen-Metall dampflampe. ....	69
D.1.9	Flutlicht für den Außenbereich mit einer Kompakt-Leuchtstofflampe. ....	71
D.1.10	Elektronischer Insektenkiller. ....	72
D.1.11	Decken-Einbaustrahler. ....	73
D.1.12	Schreibtischleuchte. ....	74
D.1.13	Schreibtischleuchte mit ‚Tageslichtspektrum‘. ....	75
D.1.14	Büro-Kopiergerät. ....	76
D.1.15	Digitaler Schreibtisch-Datenprojektor (Beamer). ....	77
D.1.16	Tragbarer digitaler Datenprojektor (Beamer). ....	79
D.1.17	Digitales interaktives Whiteboard. ....	80
D.1.18	Decken-Einbauleuchte mit zurückgesetzten Kompakt-Leuchtstofflampen. ....	81
D.1.19	LED-Anzeige. ....	82
D.1.20	PDA. ....	83
D.1.21	UVA-Schwarzlicht. ....	84
D.1.22	Straßenlaterne mit einer Halogen-Metall dampflampe. ....	85
D.1.23	Zusammenfassung der Beispieldaten. ....	86
D.2	Laser-Show. ....	87
D.2.1	Identifizierung der Gefährdungen und gefährdeten Personen. ....	87
D.2.2	Einschätzung und Priorisierung des Risikos. ....	88
D.2.3	Entscheidung über Präventivmaßnahmen und Einleitung von Maßnahmen. ....	89
D.2.4	Überwachung und Überarbeitung. ....	89
D.2.5	Fazit. ....	89
D.3	Medizinische Anwendungen optischer Strahlung. ....	90
D.3.1	Beleuchtung des Arbeitsbereiches. ....	90
D.3.2	Diagnose-Beleuchtung. ....	92
D.3.3	Therapeutische Quellen. ....	93
D.3.4	Quellen für spezielle Tests. ....	96
D.4	Kfz-Beleuchtung am Arbeitsplatz. ....	97

D.5	Militärische Anwendungen .....	100
D.6	Gasbetriebene Deckenheizstrahler.....	101
D.7	Lasert in der Materialbearbeitung .....	102
	D.7.1 Identifizierung der Gefährdungen und gefährdeten Personen .....	102
	D.7.2 Einschätzung und Priorisierung der Risiken .....	102
	D.7.3 Entscheidung über Präventivmaßnahmen .....	102
D.8	Industrien mit Hochtemperaturprozessen.....	103
	D.8.1 Stahlverarbeitung.....	103
	D.8.2 Glasherstellung und -verarbeitung.....	103
	D.8.3 Weitere Informationen.....	104
D.9	Blitzlichtfotografie .....	104
<b>Anhang E – Anforderungen anderer europäischer Richtlinien .....</b>		<b>106</b>
<b>Anhang F – Nationale Vorschriften der europäischen Mitgliedstaaten zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG (bis zum 10. Dezember 2010) und aktuelle Leitfäden .....</b>		<b>110</b>
<b>Anhang G Europäische und internationale Normen .....</b>		<b>116</b>
G1	Euronormen .....	116
G2	Europäische Leitfäden.....	118
G3	ISO-, IEC- und CIE-Unterlagen.....	118
<b>Anhang H – Photosensibilität .....</b>		<b>120</b>
H.1	Was ist Photosensibilität?.....	120
H.2	Arbeitsbedingte Aspekte ... oder auch nicht .....	120
H.3	Was müssen Sie als Arbeitgeber tun? .....	120
H.4	Was tun, wenn Ihre Arbeit eine Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung bedingt und gleichzeitig Photosensibilisatoren auftreten?.....	121
<b>Anhang I – Quellen .....</b>		<b>122</b>
I.1	Internet.....	122
I.2	Beratungs-/Aufsichtsbehörden .....	122
I.3	Normen.....	123
I.4	Verbände/Web-Verzeichnisse.....	123
I.5	Fachzeitschriften .....	124
I.6	CD-, DVD- und andere Quellen.....	124
<b>Anhang J – Glossar.....</b>		<b>125</b>
<b>Anhang K – Literaturverzeichnis .....</b>		<b>128</b>
K.1	Geschichte des Lasers .....	128
K.2	Medizinische Laser .....	128
K.3	Lasert und optische Strahlungssicherheit .....	128
K.4	Lasert-Technologie und -Theorie.....	128
K.5	Leitlinien und Berichte .....	128
<b>Anhang L – Text der Richtlinie 2006/25/EG .....</b>		<b>130</b>



# 1 Einführung

---

Die Richtlinie 2006/25/EG (nachfolgend: „die Richtlinie“) deckt alle künstlichen Quellen optischer Strahlung ab. Die meisten Anforderungen der Richtlinie ähneln bereits bestehenden Anforderungen anderer Richtlinien, beispielsweise der Rahmenrichtlinie 89/391/EWG. Daher sollte die Richtlinie den Arbeitgebern keine größeren Belastungen auferlegen als bereits von anderen Richtlinien gefordert. Aufgrund des allumfassenden Charakters der Richtlinie besteht jedoch der Bedarf, jene Anwendungen künstlicher optischer Strahlung zu identifizieren, deren Gesundheitsauswirkungen so unbedeutend sind, dass eine weitere Analyse unnötig ist. Dieser Leitfaden benennt derart triviale Anwendungen, gibt Anleitungen für eine Reihe weiterer Anwendungen, präsentiert eine Bewertungsmethodik und weist in einigen Fällen darauf hin, dass weitere Unterstützung eingeholt werden sollte.

Mehrere Industriesektoren verfügen bereits über gut ausgearbeitete Handlungshilfen, die sich auf spezielle Anwendungen der optischen Strahlung beziehen. Auf derartige Informationsquellen wird hier verwiesen.

Am Arbeitsplatz und anderenorts können Arbeitnehmer vielen unterschiedlichen künstlichen Quellen optischer Strahlung ausgesetzt sein, so zum Beispiel durch die Beleuchtung des Arbeitsbereichs oder ihres Arbeitsplatzes, durch Anzeigen sowie viele Bildschirme und ähnliche Quellen, die für das Wohl der Arbeitnehmer erforderlich sind. Es gibt daher keinen Grund, die sich aus der künstlichen optischen Strahlung ergebenden Gefährdungen ähnlich wie viele andere Gefährdungen zu behandeln und minimieren zu wollen. Hierdurch könnten die Risiken, die sich aus anderen Gefährdungen oder Aktivitäten am Arbeitsplatz ergeben, steigen. Um nur ein einfaches Beispiel zu nennen: Schaltet man das Licht in einem Büro vollständig aus, so müssen alle Arbeitnehmer im Dunkeln sitzen!

In Fertigungsverfahren, in der Forschung und zur Kommunikation wird eine breit gefächerte Palette künstlicher optischer Strahlungsquellen eingesetzt. Darüber hinaus kann optische Strahlung auch beiläufig anfallen,

so zum Beispiel bei heißen Materialien, die auch optische Strahlungsenergie abgeben.

Mehrere Anwendungen künstlicher optischer Strahlung erfordern eine direkte Bestrahlung der Arbeitnehmer in einer Höhe, die über die in der Richtlinie angegebenen Expositionsgrenzwerte hinausgehen kann. Dazu zählen unter anderem Anwendungen in der Unterhaltungsbranche oder Medizin. Um sicherzustellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden, bedarf es einer kritischen Bewertung dieser Anwendungen.

Die Richtlinie unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Arten der künstlichen optischen Strahlung: Laserstrahlung und inkohärente Strahlung. In diesem Leitfaden wird diese Unterscheidung nur dort vorgenommen, wo sie eindeutig von Vorteil ist. In der Regel wird davon ausgegangen, dass es sich bei Laserstrahlung um einen Strahl einer einzigen Wellenlänge handelt. Ein Arbeitnehmer kann sich also ganz in der Nähe des Strahlpfades aufhalten, ohne gesundheitliche Schäden zu erleiden. Gelangt er jedoch direkt in den Strahl, ist es möglich, dass der Expositionsgrenzwert unverzüglich überschritten wird. Bei der inkohärenten Strahlung ist es weniger wahrscheinlich, dass die optische Strahlung in einem Strahlenbündel gut kollimiert ist, und die Stärke der Exposition steigt üblicherweise mit der Annäherung an die Quelle. Daraus wäre zu schließen, dass bei einem Laserstrahl die Wahrscheinlichkeit bestrahlt zu werden gering ist, aber die Konsequenzen ernst sein können, während bei einer inkohärenten Strahlungsquelle die Wahrscheinlichkeit einer Bestrahlung hoch sein kann, aber die Konsequenzen weniger ernsthaft sind. Im Rahmen der Weiterentwicklung der optischen Strahlungstechnologien lässt sich diese traditionelle Unterscheidung jedoch immer schwieriger aufrechterhalten.

Die Richtlinie wurde gemäß Artikel 137 des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft verabschiedet, und dieser Artikel hält die Mitgliedstaaten ausdrücklich nicht davon ab, noch strengere Schutzmaßnahmen in Übereinstimmung mit dem Vertrag beizubehalten oder einzuführen.

Der Leitfaden teilt sich naturgemäß in drei Abschnitte auf:

Kapitel 1 und 2 dieses Leitfadens sind zur Lektüre für alle Arbeitgeber gedacht



Sofern alle Strahlungsquellen am Arbeitsplatz in der Auflistung der trivialen Quellen in Kapitel 2.3 aufgeführt werden, besteht kein weiterer Handlungsbedarf

Gibt es Strahlungsquellen, die nicht in Kapitel 2.3 aufgeführt werden, bedarf es einer komplexeren Gefährdungsbeurteilung. In diesen Fällen sollte der Arbeitgeber zusätzlich die Kapitel 3 bis 9 dieses Leitfadens in Betracht ziehen



Nach Lektüre dieser Kapitel erfolgt dann seine fundierte Entscheidung, ob eine eigene Bewertung durchzuführen oder externe Unterstützung anzufordern ist

Die Anhänge enthalten weitere nützliche Informationen für Arbeitgeber, die ihre eigenen Gefährdungsbeurteilungen erstellen

## 1.1 Einsatz dieses Leitfadens

Künstliche optische Strahlung findet sich an den meisten Arbeitsplätzen. Viele Strahlungsquellen stellen nur ein geringes oder kein Schadensrisiko dar, und einige ermöglichen ein sicheres Arbeiten am Arbeitsplatz.

Dieser Leitfaden ist in Verbindung mit der Richtlinie 2006/25/EG (die Richtlinie) sowie der Rahmenrichtlinie 89/391/EWG zu lesen.

Die Richtlinie 2006/25/EG legt die Mindestsicherheitsanforderungen hinsichtlich der Gefährdung der Arbeitnehmer durch künstliche optische Strahlung fest. Artikel 13 der Richtlinie fordert von der Kommission die Erstellung eines praktischen Leitfadens zur Richtlinie.

Der Leitfaden ist in erster Linie als Anleitung für Arbeitgeber, und hier vor allem für Arbeitgeber aus kleinen und mittelständischen Unternehmen gedacht. Darüber hinaus kann er sich auch für Arbeitnehmervertreter und Aufsichtsbehörden in den Mitgliedstaaten als nützlich erweisen.

Gegebenenfalls helfen die Produktdaten des Herstellers dem Arbeitgeber bei seiner Gefährdungsbeurteilung.

Dabei sollten bestimmte künstliche Quellen optischer Strahlung entsprechend klassifiziert sein und somit einen Hinweis auf die zugängliche Gefährdung durch optische Strahlung geben. Es wird daher empfohlen, dass der Arbeitgeber die entsprechenden Informationen von den Lieferanten derartiger künstlicher Quellen optischer Strahlung anfordert. Viele Produkte unterliegen bereits den Anforderungen von Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft, so zum Beispiel für die CE-Kennzeichnung. Absatz 12 der Präambel zur Richtlinie (siehe Anhang L) bezieht sich speziell darauf. Kapitel 8 dieses Leitfadens gibt Hinweise zum Einsatz der Herstellerdaten.

Alle Arbeitnehmer sind künstlichen optischen Strahlungen ausgesetzt. Beispiele für derartige Strahlungsquellen finden sich in Kapitel 2. Es ist eine herausfordernde Aufgabe, sicherzustellen, dass diejenigen Quellen angemessen analysiert werden, die die Arbeitnehmer durch eine Strahlungsbelastung über den Expositionsgrenzwerten gefährden können, ohne gleichzeitig den Großteil aller Strahlungsquellen bewerten zu müssen, der unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen kein Risiko darstellt – die so genannten trivialen Strahlungsquellen.

Dieser Leitfaden führt den Anwender in logischen Schritten zur Beurteilung der Gefährdung der Arbeitnehmer durch künstliche optische Strahlung:

Gibt es ausschließlich triviale künstliche Quellen optischer Strahlung, so besteht kein weiterer Handlungsbedarf. Arbeitgeber mögen in ihren Unterlagen festhalten, dass sie die Strahlungsquellen untersucht haben und dabei zu diesem Schluss gekommen sind.

Handelt es sich nicht um triviale Quellen oder ist das Risiko unbekannt, muss der Arbeitgeber das Risiko im Rahmen eines Bewertungsverfahrens einschätzen und bei Bedarf entsprechende Schutzmaßnahmen einführen.

Kapitel 3 dieses Leitfadens stellt die potenziellen Gesundheitsgefährdungen dar.

Kapitel 4 beschreibt die Anforderungen der Richtlinie. Die Expositionsgrenzwerte sind in Kapitel 5 angegeben. Aus diesen beiden Kapiteln ergeben sich daher die gesetzlichen Anforderungen.

Kapitel 6 enthält Vorschläge zur Vorgehensweise bei der Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung. Kommt die Bewertung zu dem Schluss, dass kein Risiko vorliegt, so kann das Verfahren an dieser Stelle beendet werden.

Liegen für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung keine ausreichenden Informationen vor, müssen eventuell Messungen durchgeführt (Kapitel 7) oder Herstellerdaten herangezogen werden (Kapitel 8).

Kapitel 9 befasst sich mit Schutzmaßnahmen, die bei Bedarf zur Reduzierung des Risikos führen.

Falls ein Arbeitnehmer künstlicher optischer Strahlung über die Expositionsgrenzwerte hinaus ausgesetzt wird, gibt Kapitel 10 Anweisungen für den Notfall. Kapitel 11 befasst sich mit der Gesundheitsüberwachung.

Die Anhänge enthalten weitere Informationen für Arbeitgeber und andere Interessenten, die am Verfahren der Gefährdungsbeurteilung beteiligt sind:

A – Die Eigenschaften der optischen Strahlung

B – Biologische Wirkungen der optischen Strahlung auf das Auge und die Haut

C – Größen und Einheiten der künstlichen optischen Strahlung

D – Ausgearbeitete Beispiele. Einige der in diesem Anhang genannten Beispiele rechtfertigen die Einstufung bestimmter Strahlungsquellen als triviale Quellen

E – Anforderungen anderer europäischer Richtlinien

F – Geltende Gesetzgebung und aktuelle Leitfäden in den Mitgliedstaaten

G – Europäische und internationale Normen

H - Photosensibilität

I – Quellen

J – Glossar

K – Literaturverzeichnis

L – Text der Richtlinie 2006/25/EG

## 1.2 Beziehung zur Richtlinie 2006/25/EG

Gemäß Artikel 13 der Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch künstliche optische

Strahlung bezieht dieser Leitfaden auf die Artikel 4 (Ermittlung der Exposition und Gefährdungsbeurteilung) und 5 (Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Risiken) sowie Anhänge I und II (Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung bzw. Laserstrahlung) der Richtlinie (siehe Anhang L). Darüber hinaus enthält der Leitfaden Anleitungen für andere Artikel der Richtlinie.

Tabelle 1.1 Beziehung zwischen den Artikeln der Richtlinie sowie den Kapiteln dieses Leitfadens

Artikel der Richtlinie 2006/25/EG	Titel	Kapitel dieses Leitfadens
Artikel 2	Begriffsbestimmungen	Anhang J
Artikel 3	Expositionsgrenzwerte	Kapitel 6, 7, 8 und 9
Artikel 4	Ermittlung der Exposition und Gefährdungsbeurteilung	Kapitel 7, 8 und 9
Artikel 5	Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Risiken	Kapitel 9
Artikel 6	Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer	Kapitel 9
Artikel 7	Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer	Kapitel 9
Artikel 8	Gesundheitsüberwachung	Kapitel 11

### 1.3 Geltungsbereich des Leitfadens

Dieser Leitfaden ist für alle Unternehmungen bestimmt, bei denen Arbeitnehmer einer künstlichen optischen Strahlung ausgesetzt sein können. Der Begriff künstliche optische Strahlung wird in der Richtlinie nicht definiert. Eindeutig ausgenommen sind Quellen wie Vulkanausbrüche, die Sonne sowie zum Beispiel vom Mond reflektierte Sonneneinstrahlung. Dennoch gibt es eine Reihe nicht eindeutiger Quellen. Wäre etwa ein vom Menschen entzündetes Feuer eine künstliche Strahlungsquelle, ein durch Blitzeinschlag entfachtetes Feuer jedoch nicht?

Die Richtlinie schließt keine künstliche Quelle optischer Strahlung eindeutig aus. Bei vielen Quellen, wie zum Beispiel Anzeigen an Elektrogeräten, handelt es sich jedoch um triviale Quellen optischer Strahlung. In diesem Leitfaden befindet sich eine Auflistung der Quellen, bei denen es im Allgemeinen als unwahrscheinlich gilt, dass sie die Expositionsgrenzwerte überschreiten.

Es gibt einige potenzielle Expositionsszenarien für Arbeitnehmer, die für diesen Leitfaden zu komplex sind und damit über seinen Geltungsbereich hinausgehen. Bei der Bewertung derart komplexer Expositionsszenarien sollte der Arbeitgeber weiteren Rat einholen.

### 1.4 Einschlägige Gesetzgebung und weitere Informationen

Die Anwendung dieses Leitfadens ist keine Garantie für die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen zum Schutz gegen künstliche optische Strahlung in den unterschiedlichen EU-Mitgliedstaaten. Als

maßgebend gelten die gesetzlichen Regelungen, mit denen die Mitgliedstaaten die Richtlinie 2006/25/EG umgesetzt haben. Diese Regelungen können über die Mindestanforderungen der Richtlinie, auf der dieser Leitfaden basiert, hinausgehen.

Eine weitere Hilfe zur Umsetzung der in der Richtlinie genannten Anforderungen wäre es, wenn die Hersteller von Geräten, die künstliche optische Strahlung aussenden, die betreffenden europäischen Normen anwenden. Die Bezüge zu den zutreffenden Normen werden mit diesem Leitfaden gegeben. Gegen entsprechende Bezahlung sind diese Normen von den nationalen Normungsinstituten erhältlich.

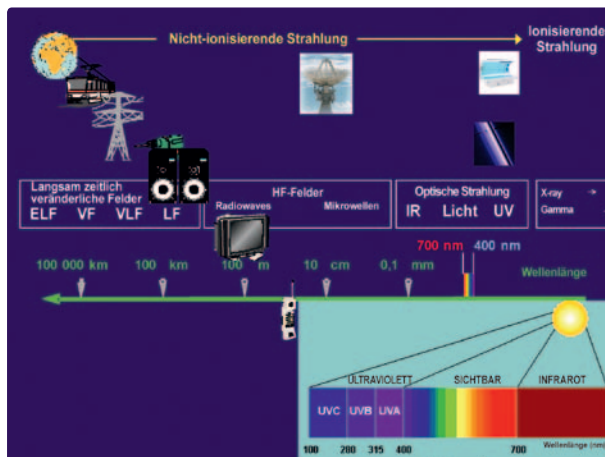
Weitere Informationen sind den nationalen Bestimmungen und Normen sowie der einschlägigen Literatur zu entnehmen. Anhang F bezieht sich auf individuelle Veröffentlichungen der zuständigen Behörden in den Mitgliedstaaten. Die Aufnahme einer Veröffentlichung in diesen Anhang bedeutet jedoch nicht, dass ihr gesamter Inhalt genau mit diesem Leitfaden übereinstimmt.

### 1.5 Amtliche und nicht-amtliche Beratungszentren

Findet sich zu einer Frage, wie die Anforderungen zum Schutz vor künstlicher optischer Strahlung eingehalten werden können, in diesem Leitfaden keine Antwort, müssen die nationalen Stellen direkt angesprochen werden. Dazu zählen unter anderem Arbeitsaufsichtsbehörden, Unfallversicherungsstellen oder -gesellschaften (Berufsgenossenschaften) sowie Industrie-, Handels- und Handwerkskammern.

# 2 Quellen künstlicher optischer Strahlung

## 2.1 Quellen inkohärenter Strahlung



### 2.1.1 Tätigkeiten

Ein Beruf, bei dem der Arbeitnehmer zu keinem Zeitpunkt künstlich erzeugter optischer Strahlung ausgesetzt ist, ist nur schwer vorstellbar. Jeder Arbeitnehmer, der in einem Gebäude arbeitet, ist wahrscheinlich der optischen Strahlung von der Beleuchtung oder von Computer-Bildschirmen ausgesetzt. Auch Arbeitnehmer im Freien benötigen eventuell eine Beleuchtung ihres Arbeitsbereiches, wenn die natürliche Beleuchtung nicht ausreicht. Personen, die während des Arbeitstages fahren, werden sehr wahrscheinlich ebenfalls einer künstlichen Beleuchtung ausgesetzt, und sei es nur durch die Scheinwerfer entgegenkommender Fahrzeuge. Dies alles sind verschiedene Formen künstlich erzeugter optischer Strahlung, die somit in den Geltungsbereich der Richtlinie fallen können.

Neben allgegenwärtigen Quellen, wie Beleuchtung und Computer-Bildschirmen, kann künstliche optische Strahlung auch absichtlich erzeugt werden, als notwendiger Bestandteil eines Arbeitsvorgangs, oder auch unbeabsichtigt, das heißt als unerwünschtes Nebenprodukt. Um zum Beispiel in einem eingedungenen Farbstoff Fluoreszenz anzuregen, muss Ultraviolett-Strahlung erzeugt und das Eindringmittel damit bestrahlt werden.

Andererseits entsteht beim Lichtbogenschweißen eine starke UV-Strahlung, die zwar für das Verfahren unerheblich, aber dennoch unvermeidlich ist.

Ob nun absichtlich erzeugt oder als unabsichtliches Nebenprodukt: Die Exposition durch die optische Strahlung muss in jedem Fall – zumindest wie in der Richtlinie vorgeschrieben – kontrolliert werden. Künstliche optische Strahlung gibt es an nahezu jedem Arbeitsplatz, vor allem jedoch in den folgenden Industriebereichen:

- Industrien mit Hochtemperaturprozessen, zum Beispiel bei der Glas- und Metallherstellung, bei denen die Schmelzöfen Infrarotstrahlung emittieren;
- Druckgewerbe, wo Tinten und Farben häufig durch foto-induzierte Polymerisation ausgehärtet werden;
- Kunst und Unterhaltung, wo Künstler und Fotomodelle direkt von Scheinwerfern, Lichteffekten, Einstelllicht und Blitzlicht beleuchtet werden;
- Unterhaltung, wo die Arbeitnehmer im Zuschauerbereich von der allgemeinen Beleuchtung bzw. Lichteffekten beschienen werden;
- Zerstörungsfreie Prüfung, bei der fluoreszierende Eindringmittel mit UV-Strahlen bestrahlt werden;
- Ärztliche Behandlung, bei der Ärzte und Patienten im Operationssaal der OP-Beleuchtung ausgesetzt sind oder im Rahmen einer therapeutischen Behandlung mit künstlicher optischer Strahlung exponiert werden;
- Kosmetische Behandlungen, bei denen Laser und Blitzlampen sowie Ultraviolett- und Infrarotquellen eingesetzt werden;
- Geschäfte und Lager, bei denen große, offene Gebäude durch eine leistungsstarke Flächenbeleuchtung erhellt werden;
- Pharma-Industrie und Forschung, wo eine Ultraviolett-Sterilisierung eingesetzt wird;
- Abwasseraufbereitung, wo eine Ultraviolett-Sterilisierung eingesetzt wird;

- Forschungsbereiche, bei denen Laser eingesetzt werden und eine durch Ultraviolett-Strahlung angeregte Fluoreszenz nützlich sein kann;
- Metallarbeiten, die mit Schweißarbeiten verbunden sind;
- Kunststoffproduktion, wo mit Laserbonden gearbeitet wird.

Diese Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

## 2.1.2 Anwendungen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Anwendungen in den unterschiedlichen Spektralbereichen. Darüber hinaus wird angegeben, welche Spektralbereiche als Nebenprodukt vorhanden sein können, auch wenn sie nicht für eine bestimmte Anwendung notwendig sind. Die unterschiedlichen Spektralbereiche entnehmen Sie bitte Anhang A.

Wellenlängenbereich	Anwendungsgebiet	Nebenprodukt bei
UVC	Entkeimung Fluoreszenz (Labor) Fotolithographie	Tintenfixierung einigen Bereichs- und Arbeitsplatzbeleuchtungen einigen Projektionslampen Lichtbogenschweißen
UVB	Sonnenbänke Fototherapie Fluoreszenz (Labor) Fotolithographie	Entkeimungslampen Tintenfixierung einigen Bereichs- und Arbeitsplatzbeleuchtungen Projektionslampen Lichtbogenschweißen
UVA	Fluoreszenz (Labor, zerstörungsfreie Prüfung, Unterhaltungseffekte, Verbrechensbekämpfung, Fälschungsbekämpfung, Eigentumsmarkierung) Fototherapie Sonnenbänke Tintenfixierung Insektenfallen Fotolithographie	Entkeimungslampen Bereichs- und Arbeitsplatzbeleuchtung Projektionslampen Lichtbogenschweißen
sichtbar	Bereichs- und Arbeitsplatzbeleuchtung Anzeigen Verkehrssignale Haar- und Kapillargefäß-Entfernung Tintenfixierung Insektenfallen Fotolithographie Fotokopieren Projektion TV- und PC-Bildschirme	Sonnenbänke einigen Heiz-/Trockenanwendungen Schweißarbeiten
IRA	Überwachungsbeleuchtung Heizen Trocknen Haar- und Kapillargefäß-Entfernung Kommunikation	einigen Bereichs- und Arbeitsplatzbeleuchtungen Schweißarbeiten
IRB	Heizen Trocknen Kommunikation	einigen Bereichs- und Arbeitsplatzbeleuchtungen Schweißarbeiten
IRC	Heizen Trocknen	einigen Bereichs- und Arbeitsplatzbeleuchtungen Schweißarbeiten

Einige der angegebenen Spektralbereiche, die als Nebenprodukt angegeben sind, entstehen nur bei Fehlfunktionen. So basieren bestimmte Flutlichter auf Quecksilberhochdruckentladungslampen, die Strahlung in allen Spektralbereichen abgeben. Im Allgemeinen verhindert ein äußeres Gehäuse jedoch, dass starke UVB- und UVC-Strahlung austreten kann. Ist dieses Gehäuse bei fortgesetztem Gebrauch der Lampe defekt, so wird UV-Strahlung in gefährdender Höhe emittiert.

## 2.2 Quellen der Laserstrahlung

1960 wurde der Laser erstmals erfolgreich demonstriert. Zu Beginn beschränkte sich sein Einsatz jedoch hauptsächlich auf Forschungs- und Militärbereiche. Dabei wurden die Laser normalerweise von Personen bedient, die sie auch entworfen und gebaut hatten – wobei genau diese Personen auch durch die Laserstrahlung gefährdet waren. Heute werden Laser jedoch überall eingesetzt. Sie werden in vielen Anwendungen am Arbeitsplatz benutzt, mitunter in Einrichtungen, wo die Laserstrahlung durch wirksame technische Maßnahmen so kontrolliert wird, dass der Anwender gar nicht über die Existenz eines Lasers in seinem Gerät aufgeklärt werden muss.

Laserstrahlen werden normalerweise durch eine einzige oder eine geringe Anzahl von einzelnen Wellenlängen charakterisiert. Die Strahlung hat eine geringe Divergenz und behält ihre Leistung oder Energie auch über große Distanzen innerhalb einer bestimmten Fläche bei. Beim Laser handelt es sich um eine kohärente Strahlung; die einzelnen Wellen des Strahls sind also phasengleich. Laserstrahlen lassen sich normalerweise auf einen kleinen Punkt fokussieren und können dort potenziell Verletzungen oder Schäden an der Oberfläche hervorrufen. Bei all diesen Aussagen handelt es sich jedoch um Verallgemeinerungen. Es gibt Laser, die Strahlen mit einem breiten Wellenlängenspektrum erzeugen. Es gibt Geräte, die deutlich divergente Strahlen erzeugen, und einige Laserstrahlen sind über weite Strecken nicht kohärent. Laserstrahlen können kontinuierlich (CW – engl. *continuous wave*) oder gepulst sein.

Die Einteilung der Laser erfolgt auf Basis des „aktiven Mediums“, das den Laserstrahl erzeugt: Festkörper, Flüssigkeit oder Gas. Handelt es sich bei dem Medium um einen Festkörper, so unterscheidet man zwischen Wirtsmaterialien (und spricht hier von einem Festkörperlaser) und Halbleitern (Halbleiterlaser). Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über typische Laserarten und die von ihnen emittierten Wellenlängen:

Art	Laser	Haupt-Wellenlänge	Leistung
GAS	Helium Neon (HeNe)	632,8 nm	CW bis zu 100 mW
	Helium Cadmium (HeCd)	422 nm	CW bis zu 100 mW
	Argon Ionen (Ar)	488 nm, 514 nm plus weitere Linien	CW bis zu 20 W
	Krypton Ionen (Kr)	647 nm plus UV, blau und gelb	CW bis zu 10 W
	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	10 600 nm (10,6 µm)	gepulst oder CW bis zu 50 kW
	Stickstoff (N)	337,1 nm	gepulst > 40 µJ
	Xenonchlorid (XeCl) Kryptonfluorid (KrF) Xenonfluorid (XeF) Argonfluorid (ArF)	308 nm 248 nm 350 nm 193 nm	gepulst bis zu 1 J
FESTKÖRPER	Rubin	694,3 nm	gepulst bis zu 40 J
	Neodym:YAG (Nd:YAG)	1 064 nm und 1 319 nm 532 nm und 266 nm	CW Durchschnitt 100 W
	Neodym:Glas (Nd:Glas)	1 064 nm	gepulst bis zu 150 J
FASER	Ytterbium (Yb)	1 030 nm-1 120 nm	CW bis zu kW
SCHEIBE	Ytterbium:YAG (Yb:YAG)	1 030 nm	CW bis zu 8 000 W
SLAB	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	10 600 nm	CW bis zu 8 000 W
HALBLEITER	Verschiedene Materialien – zum Beispiel GaN GaAlAs InGaAsP	400 nm-450 nm 600 nm-900 nm 1 100 nm-1 600 nm	CW (einige auch gepulst) bis zu 30 W
FLÜSSIGKEIT (Farbstoff)	Fluoreszierende Flüssigkeiten – mehr als 100 verschiedene Flüssigkeiten fungieren als Laser-Medium	300 nm-1 800 nm 1 100 nm-1 600 nm	gepulst bis zu 2,5 J CW bis zu 5 W

Weitere Informationen über Laser entnehmen Sie bitte den im Literaturverzeichnis in Anhang K genannten Veröffentlichungen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über einige Laser-Anwendungen:

Kategorie	Anwendungsbeispiele
Materialbearbeitung	Schneiden, Schweißen, Lasermarkierung, Bohren, Fotolithographie, schnelle Fertigung
Optische Messverfahren	Distanzmessung, Landvermessung, Laser-Geschwindigkeitsmessung, Laser-Schwingungsmessung, elektronische Specklemuster Interferometrie (ESPI), Glasfaser-Hydrophone, Hochgeschwindigkeitskinematographie, Partikelgrößenanalyse
Medizinische Anwendungen	Augenheilkunde, Refraktive Chirurgie, fotodynamische Therapie, Dermatologie, Laserskalpell, Gefäßchirurgie, Zahnheilkunde, medizinische Diagnostik
Kommunikation	Fasern, Freiraum, Satelliten
Optische Informationsspeicher	CD/DVD, Laserdrucker
Spektroskopie	Identifikation von Stoffen
Holographie	Unterhaltung, Informationsspeicher
Unterhaltung	Laser-Show, Laserpointer

## 2.3 Triviale Quellen

In Anhang D dieses Leitfadens finden sich ausgearbeitete Beispiele für einige künstliche Quellen optischer Strahlung, die sich an vielen Arbeitsplätzen finden, so zum Beispiel in Geschäften und Büros. Dabei ist es nicht möglich, für jede Quellenart, die dort aufgeführt wird, eine umfassende Aufstellung mit allen bestehenden Quellen und Anwendungen optischer Strahlungen vorzulegen, da auf dem Markt unzählige Geräte mit verschiedenem Design angeboten werden. So haben etwa die unterschiedliche Krümmung der Reflektoren, die Dicke der Glasabdeckung oder die Herkunft einer Leuchtstofflampe deutliche Auswirkungen auf die optische Strahlung einer bestimmten Quelle. Genau genommen stehen daher Art und Modell einer bestimmten untersuchten Quelle für sich allein.

Wo ein ausgearbeitetes Beispiel jedoch zeigt, dass

- eine bestimmte Strahlungsquelle nur einen Bruchteil ( $\leq 20\%$ ) des Expositionsgrenzwerts erreicht oder
- eine bestimmte Strahlungsquelle ausschließlich in äußerst unwahrscheinlichen Situationen über die Expositionsgrenzwerte hinausgeht,

kann die normale Exposition durch Quellen dieser Art als triviales Gesundheitsrisiko eingeschätzt werden, das heißt, diese Quelle kann als sicher angesehen werden.



Die folgenden Tabellen teilen diese häufigen Strahlungsquellen in zwei Gruppen ein:

- trivial (zugängliche Emission in unbedeutender Höhe);
- bei normalem Einsatz nicht gefährdend (eine potenziell überhöhte Exposition erfolgt nur unter ungewöhnlichen Umständen).

Sofern an einem Arbeitsplatz nur die in diesen Tabellen angegebenen Strahlungsquellen vorhanden sind und diese nur unter den beschriebenen Umständen eingesetzt werden, ist davon auszugehen, dass keine weitere Gefährdungsbeurteilung notwendig ist. Treffen diese Bedingungen jedoch nicht zu, sollte die für die Sicherheit verantwortliche Person die im weiteren Leitfaden vermittelten Informationen in Betracht ziehen. Darüber hinaus stehen umfangreiche Anhänge mit weiteren Einzelheiten zur Verfügung.

Quellen, die nur unbedeutende Bestrahlungen ergeben und daher als sicher gelten
Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen, über denen ein Diffusor angebracht ist
Computer oder ähnliche Bildschirmgeräte
Deckenbeleuchtung mit Kompakt-Leuchtstofflampen
Flutlicht mit Kompakt-Leuchtstofflampe
UVA-Insektenfallen
Deckenbeleuchtung mit Wolfram-Halogen-Strahlern
Wolframlampen am Arbeitsplatz (inkl. Vollspektrum-Tageslichtlampen)
Deckenbeleuchtung mit Wolframlampen
Büro-Kopiergeräte
Geräte für interaktive Whiteboard-Präsentationen
LED-Anzeigen
PDA
Fahrzeugblink- und Rückfahrlichter, Brems- und Nebelleuchten
Fotografische Blitzlichter
Gasbetriebene Deckenheizstrahler
Straßenbeleuchtung

Quellen, die unter speziellen Umständen wahrscheinlich kein Gesundheitsrisiko darstellen	
Quelle	Sicherer Einsatz unter folgenden Umständen
Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen ohne Diffusor	sicher bei normaler Beleuchtungsstärke ( $\approx 600 \text{ lx}$ )
Halogen-Metaldampf-/Quecksilberhochdruck-Flutlicht	sicher, sofern vordere Glasabdeckung intakt und Strahlung nicht in Sichtlinie ist
Schreibtisch-Projektor (Beamer)	sicher, sofern nicht direkt in den Strahl geblickt wird
Niederdruck-UVA-Strahler (Schwarzlicht)	sicher, sofern Strahlung nicht in Sichtlinie ist
Jegliche Lasergeräte der „Laserklasse 1“ gemäß EN 60825-1	sicher, sofern Abdeckung intakt ist; evtl. nicht sicher, wenn Abdeckung entfernt wird
Jegliches Produkt der „freien Gruppe“ gemäß EN 62471	sicher, sofern Strahlung nicht in Sichtlinie ist; evtl. nicht sicher, wenn Abdeckung entfernt wird
Fahrzeugscheinwerfer	sicher, sofern ein längerer Direktblick in die Strahlung vermieden wird

# 3 Gesundheitsschäden aufgrund der Exposition durch optische Strahlung

Optische Strahlung wird in den äußeren Körperschichten absorbiert. Ihre biologischen Wirkungen beschränken sich daher in erster Linie auf die Haut und die Augen. Es können auch systemische Wirkungen auftreten. Unterschiedliche Wellenlängen können unterschiedliche Wirkung haben, abhängig davon, welcher Bereich der Haut oder der Augen die Strahlung absorbiert, sowie von der Art der Wechselwirkung: Im UV-Bereich treten hauptsächlich fotochemische Effekte auf, während im Infrarotbereich thermische Effekte dominieren. Laserstrahlen können zusätzliche Wirkungen erzeugen, die bei einer besonders schnellen Energieaufnahme durch das Gewebe entstehen. Besondere Gefahr besteht für das Auge, wo die Augenlinse den Strahl fokussieren kann.

Die biologischen Wirkungen lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen: akute (sofort auftretende) Wirkungen sowie chronische Wirkungen (die aufgrund einer längeren und wiederholten Bestrahlung über lange Zeit auftreten). Im Allgemeinen zeigen sich akute Wirkungen nur, wenn die Bestrahlung über einen Schwellenwert hinausgeht. Dieser Schwellenwert kann individuell unterschiedlich hoch liegen. Die meisten Expositionsgrenzwerte basieren auf Studien, die sich mit diesen Schwellenwerten für

akute Wirkungen befasst haben, und werden durch statistische Berechnungen dieser Schwellenwerte ermittelt. Daher ist auch bei Überschreitung des Expositionsgrenzwertes nicht unbedingt mit gesundheitsgefährdenden Auswirkungen zu rechnen. Dennoch erhöht sich das Risiko gesundheitsgefährdender Auswirkungen mit steigender Exposition über die Expositionsgrenzwerte hinaus. Das Gros der unten aufgeführten Wirkungen tritt – bei gesunden, erwachsenen Arbeitnehmern – erst bei Werten auf, die deutlich über den in der Richtlinie genannten Grenzwerten liegen. Dennoch können Menschen mit besonders hoher Lichtempfindlichkeit auch bei Werten, die unterhalb der Grenzwerte liegen, unter negativen Auswirkungen leiden.

Für chronische Wirkungen gibt es häufig keinen Schwellenwert, unter dem sie nicht eintreten. Daher kann das Risiko, dass diese Wirkungen eintreten, nicht vollständig eliminiert werden. Dennoch kann es – durch reduzierte Exposition – vermindert werden. Die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte sollte daher die Risiken einer Exposition durch künstliche Quellen optischer Strahlung auf ein Niveau senken, das von der Gesellschaft bezüglich der Belastung durch natürlich auftretende optische Strahlung akzeptiert wird.

Wellenlänge (nm)		Auge	Haut
100-280	UVC	Photokeratitis Photokonjunktivitis	Hautrötung Hautkrebs
280-315	UVB	Photokeratitis Photokonjunktivitis Kataraktogenese	Erythem Elastose (Hautalterung) Hautkrebs
315-400	UVA	Photokeratitis Photokonjunktivitis Kataraktogenese Aktinische Retinopathie (Blaulichtgefährdung)	Erythem Elastose (Hautalterung) Sofortbräunung Hautkrebs
380-780	sichtbar	Aktinische Retinopathie Netzhautverbrennung	Verbrennung
780-1 400	IRA	Kataraktogenese Netzhautverbrennung	Verbrennung
1 400-3 000	IRB	Kataraktogenese	Verbrennung
3 000-10 <sup>6</sup>	IRC	Hornhautverbrennung	Verbrennung

# 4 Anforderungen der Richtlinie über künstliche optische Strahlung

Der Gesamttext der Richtlinie befindet sich in Anhang L dieses Leitfadens. In diesem Kapitel findet sich eine Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen.

Die Richtlinie legt die **Mindest**vorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung oder möglichen Gefährdung durch künstliche optische Strahlung am Arbeitsplatz fest. Die Mitgliedsländer können also weitergehende Einschränkungen einführen oder haben dies bereits getan.

## 4.1 Artikel 4 – Ermittlung der Exposition und Gefährdungsbeurteilung

Gemäß der Richtlinie müssen die Arbeitgeber sicherstellen, dass ihre Arbeitnehmer keiner künstlichen optischen Strahlung ausgesetzt sind, die über den in den Anhängen

der Richtlinie angegebenen Expositionsgrenzwerten liegt. Beweisen können die Arbeitgeber dies über Informationen mit Quellenangaben, durch selbst oder von anderen Personen durchgeführte allgemeine Bewertungen, durch theoretische Bewertungen oder durch Messungen. Die Richtlinie legt sich hier nicht auf eine bestimmte Methodik fest – es liegt also im Ermessen des Arbeitgebers, wie er dieses Hauptziel erreicht. Der Arbeitgeber wird jedoch auf geltende veröffentlichte Normen, bzw. wo dies nicht zutrifft auf „vorhandene nationale oder internationale wissenschaftlich untermauerte Leitlinien“ verwiesen.

Viele Anforderungen der Richtlinie ähneln den Anforderungen der Richtlinie 89/391/EWG, so dass ein Arbeitgeber, der die Anforderungen dieser Richtlinie bereits einhält, kaum mit erheblichen Zusatzarbeiten rechnen muss, um die Anforderungen der vorliegenden Richtlinie einzuhalten. Bei der Bewertung muss der Arbeitgeber die folgenden Punkte jedoch gesondert beachten (Artikel 4(3)):

Zu beachten	Hinweis
(a) Ausmaß, Wellenlängenbereich und Dauer der Exposition durch künstliche Quellen optischer Strahlung;	Hierbei handelt es sich um grundlegende Informationen zum jeweils in Betracht gezogenen Szenarium. Liegt das Expositionsausmaß deutlich unter dem Expositionsgrenzwert für einen ganzen Arbeitstag (8 Stunden), ist keine weitere Bewertung notwendig, es sei denn, es bestünde Besorgnis aufgrund einer Exposition durch mehrere Quellen. Siehe (h).
(b) die in Artikel 3 der vorliegenden Richtlinie genannten Expositionsgrenzwerte;	Aus den in (a) genannten Informationen sollten sich die geltenden Expositionsgrenzwerte ableiten lassen.
(c) alle Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern, die besonders gefährdeten Risikogruppen angehören;	Es wird empfohlen, dass es sich hier eher um einen reaktiven als einen proaktiven Ansatz handeln sollte. Eventuell ist es einigen Arbeitnehmern bekannt, dass sie zum Beispiel besonders empfindlich auf flackerndes Licht reagieren. Der Arbeitgeber sollte dann prüfen, ob sich veränderte Arbeitsverfahren einführen lassen.
(d) alle möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer, die sich aus dem Zusammenwirken zwischen optischer Strahlung und fotosensibilisierenden chemischen Stoffen am Arbeitsplatz ergeben können;	Es wird empfohlen, dass die Arbeitgeber insbesondere auf die Möglichkeiten einer Fotosensibilisierung durch chemische Stoffe am Arbeitsplatz eingehen. Wie bereits unter (c) angegeben, kann der Arbeitgeber hier auf vom Arbeitnehmer angegebene Probleme reagieren, die auf eine Fotosensibilisierung durch chemische Stoffe außerhalb des Arbeitsplatzes hinweisen.

Zu beachten	Hinweis
(e) alle indirekten Wirkungen wie vorübergehende Blendung, Explosion oder Feuer;	Bei einigen Arbeitsverfahren kann die Exposition der Augen durch helles Licht zu Problemen führen. Bei Expositionen unterhalb der Grenzwerte sollten normale Abwendungsreaktionen für einen gewissen Schutz sorgen. Dennoch muss der Arbeitgeber künstliche Quellen optischer Strahlung in Betracht ziehen, wenn sie zu Ablenkung, Irritation, Blendung und Nachbildern führen können, sofern eine solche Exposition die Sicherheit der Arbeitnehmer oder anderer Personen beeinträchtigen könnte. Die optische Strahlung einiger künstlicher Quellen kann zu Explosionen oder Feuer führen. Dies gilt vor allem für Laser der Klasse 4, sollte jedoch auch bei anderen Quellen in Betracht gezogen werden – vor allem, wenn entflammbare oder explosive Stoffe in der Nähe sind.
(f) die Verfügbarkeit von Ersatzanlagen, die so ausgelegt sind, dass das Ausmaß der Exposition durch künstliche optische Strahlung verringert wird;	Es wird empfohlen, dass dies in Betracht gezogen wird, wenn eine Exposition der Arbeitnehmer durch künstliche optische Strahlung über die Expositionsgrenzwerte hinaus möglich ist.
(g) einschlägige Informationen auf der Grundlage der Gesundheitsüberwachung einschließlich, im Rahmen des Möglichen, veröffentlichter Informationen;	Diese Informationen können vom Arbeitgeberverband, von Interessenvertretungen der individuellen Branchen oder von internationalen Organisationen wie der Weltgesundheitsorganisation oder der International Commission on Non-ionizing Radiation Protection stammen.
(h) die Exposition durch künstliche optische Strahlung aus mehreren Quellen;	Aus den in (a) und (b) erhaltenen Informationen lässt sich eventuell der Anteil einer jeden künstlichen Quelle optischer Strahlung am Expositionsgrenzwert feststellen. In einem einfachen Ansatz wird die Anzahl der Quellen berechnet, durch die ein Arbeitnehmer exponiert wird, und ihr jeweiliger Anteil addiert. Sofern die Summe aller Anteile unter eins liegt, ist es unwahrscheinlich, dass die Expositionsgrenzwerte überschritten werden. Liegt die Summe aller Anteile jedoch über eins, muss eine detaillierte Bewertung durchgeführt werden.
(i) eine Klassifizierung für Laser gemäß der einschlägigen Cenelec-Norm und jede entsprechende Klassifizierung für künstliche Strahlungsquellen, die ähnliche Schädigungen hervorrufen können, wie ein Laser der Klasse 3B oder 4;	Laser der Klassen 3B oder 4 emittieren zugängliche Laserstrahlung, die zu einer Überschreitung der Expositionsgrenzwerte führen kann. Unter bestimmten Umständen benötigen aber auch Laser niedrigerer Gefährdungsklassen eine Bewertung. Gemäß EN 62471 werden künstliche Quellen optischer Strahlung, die nicht zu den Lasern gehören, einem anderen Klassensystem zugeteilt. Einrichtungen der Risikogruppe 3 müssen bewertet werden, aber auch die möglichen Expositionsszenarien bei niedrigeren Risikogruppen sollten betrachtet werden.
(j) die Informationen der Hersteller von Quellen optischer Strahlung und entsprechender Arbeitsmittel gemäß den Bestimmungen der einschlägigen Gemeinschaftsrichtlinien.	Arbeitgeber sollten entsprechende Informationen von den Herstellern und Lieferanten der Quellen und Einrichtungen künstlicher optischer Strahlung einholen und damit sicherstellen, dass sie die von der Richtlinie geforderte Bewertung durchführen können. Es wird empfohlen, die Vorlage derartiger Informationen zu einer Grundlage des Beschaffungswesens zu machen.

## 4.2 Artikel 5 – Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Risiken

Es muss anerkannt werden, dass eine Verringerung des Ausmaßes der künstlichen optischen Strahlung unter ein bestimmtes Niveau – im Gegensatz zu vielen anderen Gefährdungen – das Verletzungsrisiko tatsächlich erhöhen könnte. Als offensichtliches Beispiel sei hier die Bereichsbeleuchtung angeführt. Anzeigen und Signale müssen ein angemessenes Maß an optischer Strahlung abgeben, um zweckgerichtet eingesetzt werden zu können. Daher konzentriert sich Artikel 5 auf die Vermeidung oder Verringerung der Risiken. Dieser Ansatz ähnelt dem Ansatz in

Richtlinie 89/391/EWG, und diese Grundsätze werden in Kapitel 9 dieses Leitfadens näher erläutert.

## 4.3 Artikel 6 – Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer

Die Anforderungen von Artikel 6 ähneln den Anforderungen der Richtlinie 89/391/EWG. Es ist wichtig, dass die Risiken relativiert werden. Die Arbeitnehmer sollten sich bewusst sein, dass viele der künstlichen Quellen optischer Strahlung am Arbeitsplatz kein Gesundheitsrisiko darstellen und viele von ihnen tatsächlich zu ihrem

Wohlergehen beitragen. Sofern jedoch ein Risiko identifiziert wurde, muss die entsprechende Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer erfolgen. Dies wird in Kapitel 9 näher erläutert.

#### 4.4 Artikel 7 – Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer

Dieser Artikel bezieht sich auf die Anforderungen gemäß Richtlinie 89/391/EWG.

#### 4.5 Artikel 8 – Gesundheitsüberwachung

Artikel 8 baut auf den Anforderungen der Richtlinie 89/391/EWG auf. Viele der genauen Einzelheiten hängen

wahrscheinlich von den in den jeweiligen Mitgliedsländern eingeführten Systemen ab. Eine Anleitung zur Gesundheitsüberwachung findet sich in Kapitel 13 dieses Leitfadens.

#### 4.6 Zusammenfassung

Viele der in der Richtlinie genannten Anforderungen werden bereits von anderen Richtlinien, und hier vor allem Richtlinie 89/391/EWG (siehe Anhang E), abgedeckt. Eine spezielle Anleitung, wie den Artikeln der Richtlinie zu entsprechen ist, findet sich in den Kapiteln dieses Leitfadens.

# 5 Anwendung der Expositionsgrenzwerte

In Anhang I und II der Richtlinie werden Expositionsgrenzwerte (EGW) für inkohärente optische Strahlung bzw. für Laserstrahlung angegeben. Die EGW berücksichtigen die biologische Effektivität der optischen Strahlung in der Schadenswirkung bei verschiedenen Wellenlängen, die Dauer der Exposition durch optische Strahlung sowie die Art des bestrahlten Gewebes. Die EGW basieren auf den von der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) veröffentlichten Leitlinien. Weitere Informationen zu den Grundlagen für die jeweiligen EGW finden sich in diesen Leitlinien, die über die Website [www.icnirp.org](http://www.icnirp.org) (siehe Quellenangaben) abgerufen werden können. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die ICNIRP ihre Leitlinien ändern kann. In diesem Fall würden anschließend auch die EGW in der Richtlinie abgeändert.

Ähnliche, jedoch nicht identische Expositionsgrenzwerte wurden auch von der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) veröffentlicht.

Um die korrekten EGW auswählen zu können, muss der Wellenlängenbereich der optischen Strahlung bekannt sein. Dabei ist festzuhalten, dass für einen bestimmten Wellenlängenbereich auch mehr als ein EGW gelten kann. Die EGW für Laserstrahlung sind im Allgemeinen einfacher zu bestimmen, da für die Emission nur eine Wellenlänge in Frage kommt. Bei Laser-Einrichtungen, die ihre Laserstrahlung mit mehr als einer Wellenlänge emittieren, oder in Expositionssituationen mit mehreren Quellen müssen bei Bedarf alle Wirkungen zusammengerechnet werden.

Die vollständige Analyse der Exposition des Arbeitnehmers sowie der Vergleich mit den EGW können sich komplex gestalten und somit über den Geltungsbereich dieses Leitfadens hinausgehen. Die nachstehende Information ist als Orientierungshilfe für Arbeitgeber gedacht und soll seine Entscheidung unterstützen, ob er eine weitergehende Beratung benötigt.

## 5.1 Laser EGW

Das Klassifizierungssystem für Laser (siehe Kapitel 8.1.1) gibt dem Anwender einen Hinweis zum Ausmaß der Gefährdung durch Laserstrahlung – die unter speziellen Messbedingungen bewertet wurde. Laser-Einrichtungen der Klasse 1 sollten bei normalem Gebrauch sicher sein und daher keine weitere Bewertung benötigen. Enthält das Produkt jedoch einen gekapselten Laser einer höheren Klasse, so muss für die Wartung oder Instandsetzung dieser Laser-Einrichtung der Klasse 1 dennoch eine Bewertung erstellt werden. Sofern keine anderen Informationen vorliegen, muss ein Arbeitgeber davon ausgehen, dass bei Laserstrahlung von Laser-Einrichtungen der Klassen 3B und 4 das Risiko einer Augenverletzung besteht. Bei Lasern der Klasse 4 besteht außerdem das Risiko einer Hautverletzung.

Beim Einsatz von Lasern der Klassen 3B und 4 sollte eine sachkundige Person, wie zum Beispiel ein Laserschutzbeauftragter, bestellt werden.

Der Einsatz einer Laser-Einrichtung der Klasse 2 basiert auf einem EGW, der bei zufälliger Exposition von maximal 0,25 s nicht überschritten wird. Werden die Augen von Arbeitnehmern durch den Einsatz eines solchen Produkts mit gewisser Wahrscheinlichkeit mehrmals dem Laserstrahl ausgesetzt, muss eine detaillierte Bewertung durchgeführt und damit festgestellt werden, ob der EGW in diesen Fällen womöglich überschritten wird.

Bei Lasern der Klassen 1M, 2M und 3R müssen die wahrscheinlichen Expositionsszenarien ermittelt und bewertet werden.

Die EGW für Laserstrahlung sind in Anhang II der Richtlinie festgelegt. In diesem Leitfaden befinden sie sich in Anhang L. Sie werden als Bestrahlungsstärke (ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter bzw.  $W m^{-2}$ ) oder

Bestrahlung (ausgedrückt in Joules pro Quadratmeter bzw.  $J m^{-2}$ ) angegeben.

Zur Bestimmung der Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung wird die durchschnittliche Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung eines Laserstrahls über einer Blende ermittelt. Hierbei handelt es sich um die in den Tabellen 2.2, 2.3 und 2.4 des Anhangs II der Richtlinie genannte Grenzblende.

Auswahl der richtigen EGW-Tabelle für Laserstrahlung:

Augen – kurze Expositionsdauer (<10 s) – Tabelle 2.2

Augen – Expositionsdauer von 10 s oder mehr – Tabelle 2.3

Haut – Tabelle 2.4

Die Auswahl der richtigen Expositionsdauer hängt davon ab, ob die Exposition zufällig oder beabsichtigt ist. Für eine zufällige Exposition des Auges gilt bei Laserstrahlung zwischen 400 nm und 700 nm normalerweise eine Zeit von 0,25 s, während für alle anderen Wellenlängen 10 s oder 100 s gelten. Bei einer Exposition der Haut ist der Einsatz von 10 s oder 100 s für alle Wellenlängen angemessen.

Es besteht die Möglichkeit, die maximale Strahlungsleistung für diese Expositionsdauern in der oben erwähnten Grenzblende zu berechnen, bevor der EGW überschritten wird. Die Ergebnisse solcher Berechnungen für eine Exposition des Auges mit kontinuierlicher (CW) Laserstrahlung einer kleinen Quelle stellen sich wie folgt dar:

Wellenlängenbereich (nm)	Grenzblende (mm)	Expositionsdauer (s)	EGW ( $W m^{-2}$ )	Maximale Leistung in der Blende (W)	Maximale Leistung in der Blende (mW)
180 bis 302,5	1	10	3,0	0,0000024	0,0024
$\geq 302,5$ bis 315	1	10	3,16 bis 1 000	0,0000025 bis 0,00079	0,0025 bis 0,79
305	1	10	10	0,0000079	0,0079
308	1	10	39,8	0,000031	0,031
310	1	10	100	0,000079	0,079
312	1	10	251	0,00020	0,20
$\geq 315$ bis 400	1	10	1 000	0,00079	0,79
$\geq 400$ bis 450	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
$\geq 450$ bis 500	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
$\geq 500$ bis 700	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
$\geq 700$ bis 1 050	7	10	10 bis 50	0,00039 bis 0,0019	0,39 bis 1,9
750	7	10	12,5	0,00049	0,49
800	7	10	15,8	0,00061	0,61
850	7	10	19,9	0,00077	0,77
900	7	10	25,1	0,00097	0,97
950	7	10	31,6	0,0012	1,2
1 000	7	10	39,8	0,0015	1,5
$\geq 1 050$ bis 1 400	7	10	50 bis 400	0,0019 bis 0,015	1,9 bis 15
$\geq 1 050$ bis 1 150	7	10	50	0,0019	1,9
1 170	7	10	114	0,0044	4,4
1 190	7	10	262	0,010	10
$\geq 1 200$ bis 1 400	7	10	400	0,015	15
$\geq 1 400$ bis 1 500	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
$\geq 1 500$ bis 1 800	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
$\geq 1 800$ bis 2 600	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
$\geq 2 600$ bis $10^5$	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
$\geq 10^5$ bis $10^6$	11	10	1 000	0,095	95

Weitere Hinweise zur Bewertung der EGW finden sich in IEC TR 60825-14. Dabei ist zu beachten, dass die EGW in diesem Dokument als „maximal zulässige Bestrahlung“ (MZB) bezeichnet werden.

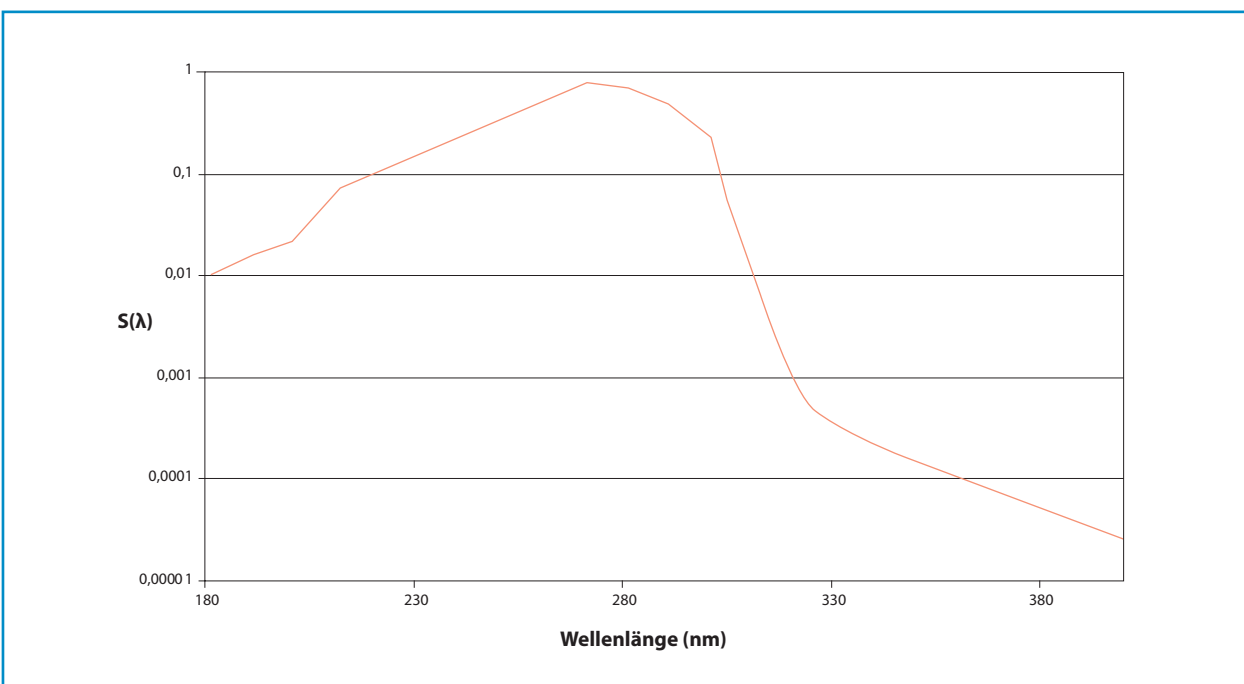
## 5.2 Inkohärente optische Strahlung

Der Einsatz von EGW für inkohärente optische Strahlung stellt sich im Allgemeinen komplexer dar als für Laserstrahlung, da der Arbeitnehmer in diesen Fällen potenziell nicht nur einer, sondern mehreren Wellenlängen ausgesetzt ist. Dennoch ist es möglich, eine Reihe

vereinfachter Annahmen aufzustellen, die vom ungünstigsten Fall ausgehen und damit anzeigen, ob eine detailliertere Bewertung notwendig ist.

Die Tabellen 1.2 und 1.3 in Anhang I der Richtlinie geben drei dimensionslose Wichtungsfunktionen an. Die Wichtungsfunktion  $S(\lambda)$  wird im Bereich 180 nm bis 400 nm zur Modifizierung der spektralen Bestrahlungsstärke oder der spektralen Bestrahlung angewendet. Damit wird die Wellenlängenabhängigkeit der gesundheitlichen Auswirkungen auf das Auge und die Haut berücksichtigt. Wurde eine Wichtung vorgenommen, so werden die sich daraus ergebenden Daten normalerweise als effektive Bestrahlungsstärke oder effektive Bestrahlung bezeichnet.

**Abb. 5.1** Wichtungsfunktion  $S(\lambda)$



Der Spitzenwert für  $S(\lambda)$  liegt mit 1,0 bei 270 nm. In einem vereinfachten Ansatz kann angenommen werden, dass die gesamte Emission zwischen 180 nm und 400 nm bei 270 nm erfolgt (da die Funktion  $S(\lambda)$  an dieser Stelle einen Maximalwert von 1 aufweist, bedeutet dies, dass die Funktion insgesamt ignoriert wird). Da der EGW als Bestrahlung ( $J m^{-2}$ ) ausgedrückt wird, ist es möglich – sofern die Bestrahlungsstärke der Quelle bekannt ist –, der folgenden

Tabelle die Zeit zu entnehmen, die ein Arbeitnehmer der Bestrahlung längstens ausgesetzt sein darf, ohne den auf  $30 J m^{-2}$  festgesetzten EGW zu überschreiten.

Wird diese Zeit unter der Voraussetzung, dass die gesamte Strahlung bei 270 nm emittiert wird, nicht überschritten, ist keine weitere Bewertung erforderlich. Wird der EGW jedoch überschritten, muss eine Bewertung erfolgen.

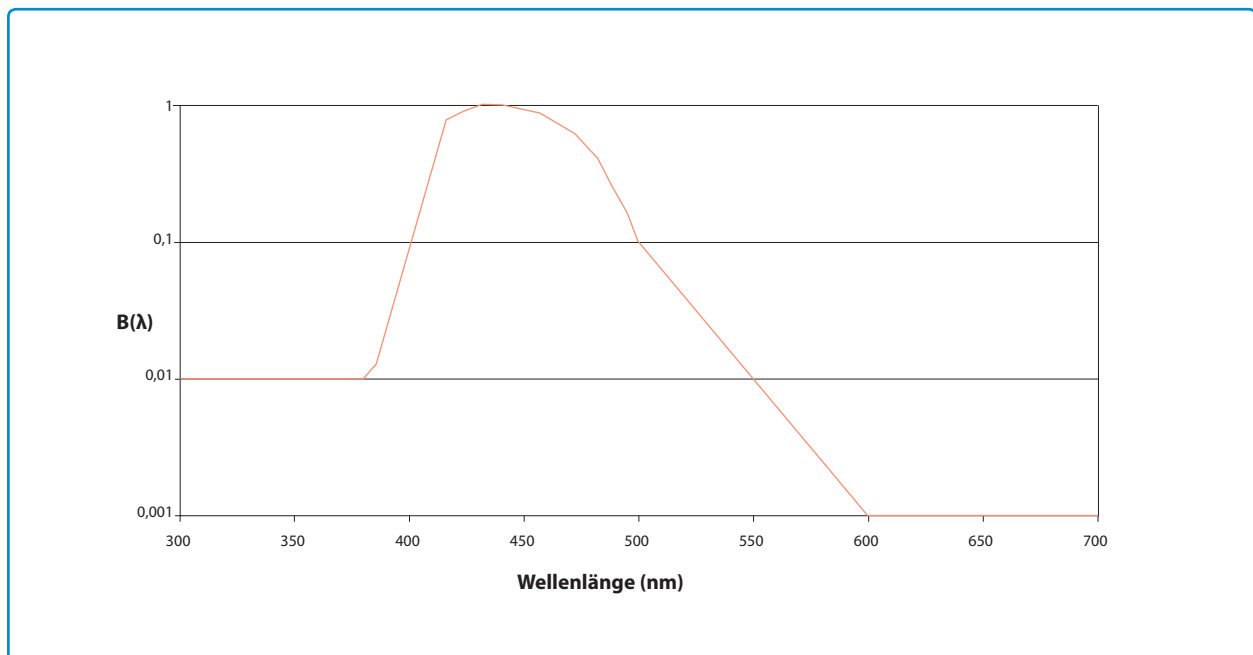


Expositionsdauer pro Acht-Stunden-Tag	(Effektive) Bestrahlungsstärke ( $W\ m^{-2}$ )
8 Stunden	0,001
4 Stunden	0,002
2 Stunden	0,004
1 Stunde	0,008
30 Minuten	0,017
15 Minuten	0,033
10 Minuten	0,05
5 Minuten	0,1
1 Minute	0,5
30 Sekunden	1,0
10 Sekunden	3,0
1 Sekunde	30
0,5 Sekunden	60
0,1 Sekunden	300

Die Wichtungsfunktion  $B(\lambda)$  wird im Bereich 300 nm bis 700 nm angewendet, um die Wellenlängenabhängigkeit der Augengefährdung durch photochemische

Schädigungen zu berücksichtigen. Die Wellenlängenabhängigkeit stellt sich wie folgt dar:

**Abb. 5.2 Wichtungsfunktion  $B(\lambda)$**

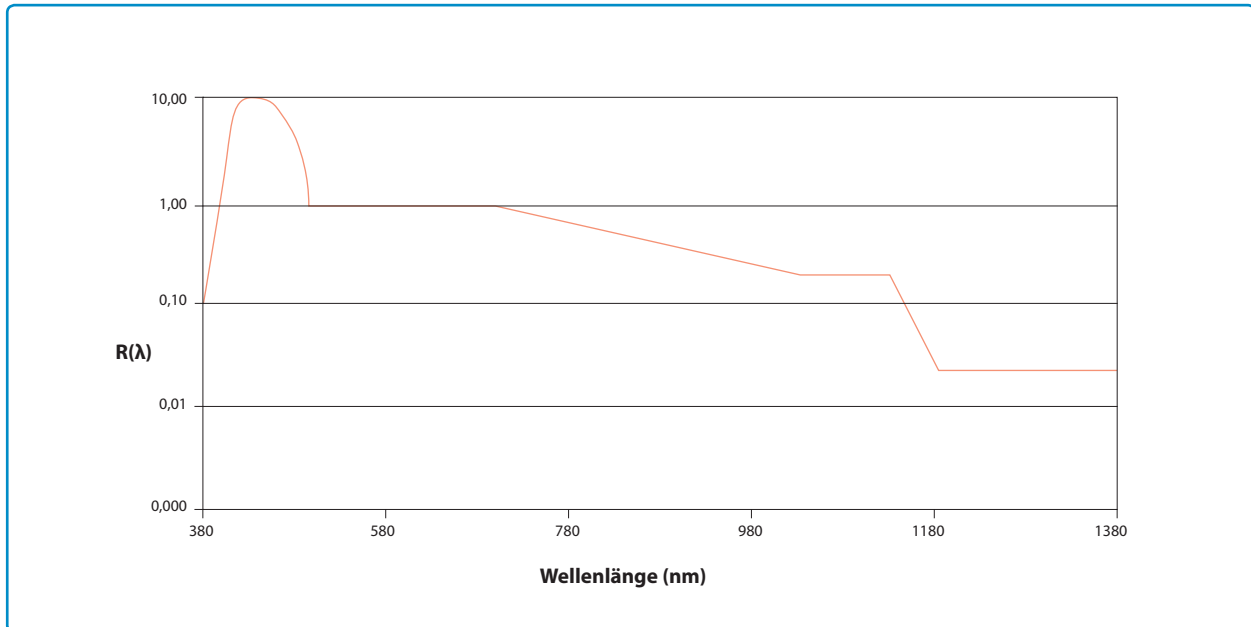


Der Spitzenwichtungsfaktor liegt mit 1,0 zwischen 435 nm und 440 nm. Wird der EGW unter der Annahme, dass die gesamte Emission im Bereich zwischen 300 nm und 700 nm in etwa bei 440 nm erfolgt, nicht überschritten (da

die Funktion  $B(\lambda)$  an dieser Stelle einen Maximalwert von 1 aufweist, bedeutet dies, dass die Funktion insgesamt ignoriert wird), so wird er auch im Rahmen einer detaillierteren Bewertung nicht überschritten.

Die Wichtungsfunktion  $R(\lambda)$  wird zwischen 380 nm und 1400 nm angewendet und stellt sich wie folgt dar:

**Abb. 5.3 Wichtungsfunktion  $R(\lambda)$**



Der Spitzenwert für  $R(\lambda)$  liegt zwischen 435 nm und 440 nm. Wird der EGW unter der Annahme, dass die gesamte Emission im Bereich zwischen 380 nm und 1400 nm in etwa bei 440 nm erfolgt, nicht überschritten (da die Funktion  $R(\lambda)$  einen Maximalwert von 10 aufweist, müssen alle ungewichteten Werte einfach nur mit 10 multipliziert werden), so wird er auch im Rahmen einer detaillierteren Bewertung nicht überschritten.

Tabelle 1.1 in Anhang I der Richtlinie gibt EGW für verschiedene Wellenlängen an. Für einige Wellenlängenbereiche gilt mehr als nur ein Expositionsgrenzwert. Keiner der einschlägigen Expositionsgrenzwerte darf überschritten werden.

„Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 400 nm and 1.4  $\mu\text{m}$ “, in *Health Physics* 79 (4), S. 431-440, 2000.

„Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3  $\mu\text{m}$ )“, in *Health Physics* 73 (3), S. 539-554, 1997.

„Guidelines on UV Radiation Exposure Limits“, in *Health Physics* 71 (6), S. 978, 1996.

„Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1 mm“, in *Health Physics* 71 (5), S. 804-819, 1996.

## 5.3 Quellenangaben

„Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation)“, in *Health Physics* 87 (2), S. 171-186, 2004.

# 6 Gefährdungsbeurteilung im Sinne der Richtlinie

Gefährdungsbeurteilungen sind eine allgemeine Anforderung der Richtlinie 89/391/EWG. Der hier vorgelegte Ansatz basiert auf dem schrittweise vorgehenden Ansatz für Gefährdungsbeurteilungen der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz:

Schrittweise vorgehender Ansatz für eine Gefährdungsbeurteilung

Schritt 1: Identifizierung der Gefährdungen und gefährdeten Personen

Schritt 2: Einschätzung und Priorisierung der Risiken

Schritt 3: Entscheidung über Präventivmaßnahmen

Schritt 4: Durchführung

Schritt 5: Überwachung und Überarbeitung

In einer umfassenden Gefährdungsbeurteilung müssen alle mit der Arbeit verbundenen Gefährdungen berücksichtigt werden. Für die Zwecke der Richtlinie werden hier jedoch nur die Gefährdungen durch optische Strahlung angesprochen. Bei einigen Anwendungen reichen die angemessenen Informationen des Produktherstellers für die Entscheidung aus, dass das Risiko angemessen behandelt wird. Das Gefährdungsbeurteilungsverfahren muss also nicht unbedingt aufwändig sein. Sofern die nationalen Gesetze nichts anderes erfordern, muss die Gefährdungsbeurteilung für triviale Quellen nicht schriftlich festgehalten werden. Ein Arbeitgeber kann sich dennoch entscheiden, Aufzeichnungen vorzunehmen, um beweisen zu können, dass eine Bewertung erfolgt ist.

## 6.1 Schritt 1: Identifizierung der Gefährdungen und gefährdeten Personen

Alle Quellen optischer Strahlung müssen identifiziert werden. Als Bestandteile von Geräten werden einige Quellen bereits so umschlossen sein, dass eine Exposition des Arbeitnehmers bei normalem Gebrauch ausgeschlossen werden kann. Dennoch muss geprüft werden, ob und wie der Arbeitnehmer im Laufe des Lebenszyklus einer Quelle bestrahlt werden könnte. Stellen die Arbeitnehmer Produkte her, die optische Strahlung emittieren, können sie einem größeren Risiko ausgesetzt sein als die Anwender. Der typische Lebenszyklus eines Produkts, das optische Strahlung emittiert, stellt sich folgendermaßen dar:

Lebenszyklus eines Produkts

1. Herstellung
2. Test
3. Installation
4. Planung und Design
5. Inbetriebnahme
6. Normaler Betrieb
7. Ausfälle
8. Routine-Wartung
9. Instandhaltung
10. Änderungen
11. Entsorgung

Die Exposition durch optische Strahlung erfolgt normalerweise, wenn das Produkt eingesetzt wird. Die Tätigkeiten in den Schritten 1 bis 3 erfolgen normalerweise in den Räumlichkeiten eines anderen Arbeitgebers. Die Schritte 4 bis 10 erfolgen am normalen Arbeitsplatz. Dabei ist festzuhalten, dass einige Abschnitte des Lebenszyklus tatsächlich zyklisch sind. So ist es zum Beispiel möglich, dass ein Arbeitsgerät wöchentlich gewartet und alle sechs Monate in Stand gehalten werden muss. Nach jeder Instandhaltung kann eine erneute Abnahmeprüfung fällig werden. Zu anderen Zeiten wiederum befindet sich das Arbeitsgerät im „normalen Betrieb“.

Der Arbeitgeber muss berücksichtigen, welche Gruppen von Arbeit- oder Auftragnehmern in jedem Abschnitt des Lebenszyklus durch optische Strahlung eventuell exponiert sein könnten.

### Schritt 1

Machen Sie eine Aufzeichnung von allen möglichen künstlichen Quellen optischer Strahlung und berücksichtigen Sie, wer durch die Strahlung gefährdet wird.

## 6.2 Schritt 2: Einschätzung und Priorisierung der Risiken

Die Richtlinie fordert, dass die Exposition von Arbeitnehmern durch optische Strahlung, unter den in Anhang I und II der Richtlinie angegebenen Expositionsgrenzwerten liegen muss. Viele Quellen optischer Strahlung am Arbeitsplatz sind triviale Quellen. Anhang D dieses Leitfadens gibt eine Orientierungshilfe zu solchen speziellen Anwendungen. Bei der Beurteilung, ob es sich um eine triviale Quelle handelt, ist zu beachten, wie vielen Quellen der Arbeitnehmer insgesamt ausgesetzt sein könnte. Gilt für eine einzige Quelle, dass die Exposition des Arbeitnehmers an seinem Arbeitsplatz für einen ganzen Arbeitstag unter 20 % des EGW liegt, so kann die Quelle als trivial eingestuft werden. Sind dort jedoch zehn solcher Quellen, muss die Bestrahlung von jeder dieser Quellen unter 2 % des EGW liegen, damit sie als trivial eingestuft werden kann.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die Richtlinie die Beseitigung oder Reduzierung der Risiken auf ein Minimum fordert. Dies bedeutet jedoch nicht unbedingt, dass das Ausmaß der optischen Strahlung auf ein Minimum reduziert werden muss. So würde zum Beispiel das Ausschalten aller Lichtquellen die Sicherheit gefährden und das Verletzungsrisiko erhöhen.

Ein Ansatz für die Einschätzung des Risikos stellt sich wie folgt dar:

Entscheiden Sie, welche Quellen als trivial einzuschätzen sind. Überlegen Sie, ob Sie diese Entscheidung schriftlich festhalten.



Entscheiden Sie, welche Expositionsszenarien einer weiteren Bewertung bedürfen.



Vergleichen Sie die Exposition mit dem Expositionsgrenzwert.



Untersuchen Sie, ob mehrere Quellen vorhanden sind.



Besteht die Wahrscheinlichkeit, dass der Expositionsgrenzwert überschritten wird, müssen Sie handeln (siehe Schritte 3 und 4).



Halten Sie die wichtigsten Schlussfolgerungen schriftlich fest.

Die Ermittlung des Expositionsrisikos, das heißt, die Wahrscheinlichkeit einer Exposition, ist nicht unbedingt eine geradlinige Angelegenheit. Wenn ein gut kollimierter Laserstrahl am Arbeitsplatz eingesetzt wird, ist das Risiko einer Laser-Bestrahlung vielleicht gering, die Konsequenzen einer Exposition sind jedoch hoch. Im Gegensatz dazu ist das Expositionsrisiko durch optische Strahlung von vielen inkohärenten künstlichen Quellen vielleicht hoch, die Konsequenzen daraus könnten aber vielleicht eher gering sein.

An den meisten Arbeitsplätzen geht die Anforderung, das Expositionsrisiko genau festzulegen, nicht über eine Einteilung nach dem „gesunden Menschenverstand“ in eine hohe, mittlere oder niedrigere Wahrscheinlichkeit hinaus.



Die Richtlinie definiert den Begriff „Wahrscheinlichkeit“ nicht als „Wahrscheinlichkeit einer Exposition“. Sofern die nationalen Gesetze nichts anderes fordern, reicht der gesunde Menschenverstand.

**Schritt 2**

Überlegen Sie, ob Sie die trivialen Quellen schriftlich festhalten sollten.

Halten Sie Quellen schriftlich fest, bei denen das Risiko einer Überschreitung der Expositionsgrenzwerte besteht.

Beurteilen Sie dieses Risiko.

Berücksichtigen Sie alle Arbeitnehmer mit besonderer Fotosensibilisierung.

Priorisieren Sie Schutzmaßnahmen für Quellen, bei denen die Wahrscheinlichkeit besteht, dass eine Exposition des Arbeitnehmers über den Expositionsgrenzwert hinausgehen könnte.

Obwohl die Expositionsgrenzwerte für eine Ultraviolett-Bestrahlung benutzt werden können, um die maximale Bestrahlungsstärke für einen Arbeitnehmer an einem Arbeitstag zu bestimmen, ist eine derartig wiederholte Exposition an jedem Arbeitstag nicht ideal. Es sollte deshalb geprüft werden, ob und wie die Ultraviolett-Bestrahlung auf ein in der Praxis angemessenes Maß beschränkt werden kann, anstatt bis zum Expositionsgrenzwert zu arbeiten.

### 6.3 Schritt 3: Entscheidung über Präventivmaßnahmen

Kapitel 9 dieses Leitfadens gibt Hinweise zu Schutzmaßnahmen, die zur Minimierung des Expositionsrisikos bei künstlicher optischer Strahlung eingesetzt werden können. Im Allgemeinen ist ein kollektiver Schutz besser als ein persönlicher Schutz.

**Schritt 3**

Entscheiden Sie sich für eine angemessene Präventivmaßnahme.

Halten Sie Ihre Begründung für diese Entscheidung schriftlich fest.

### 6.4 Schritt 4: Umsetzung

Die Präventivmaßnahme muss umgesetzt werden. Mit Beurteilung des Risikos, das sich aus der Exposition durch künstliche optische Strahlung ergibt, wird festgelegt, ob die Arbeit bis zur Durchführung der Präventivmaßnahmen vorsichtig weitergeführt oder nicht weitergeführt werden kann.

**Schritt 4**

Entscheiden Sie, ob die Arbeit weitergeführt werden kann.

Setzen Sie die Präventivmaßnahme um.

Informieren Sie die Arbeitnehmer über die Gründe für die Präventivmaßnahme.

### 6.5 Schritt 5: Überwachung und Bewertung

Es ist wichtig, festzustellen, ob die Gefährdungsbeurteilung wirksam und die Präventivmaßnahmen angemessen waren. Darüber hinaus muss die Gefährdungsbeurteilung überarbeitet werden, wenn die Quelle künstlicher optischer Strahlung oder die Arbeitsverfahren geändert werden.

Einem Arbeitnehmer mag seine Fotosensibilisierung nicht unbedingt bekannt sein. Oder er entwickelt diese Fotosensibilisierung erst, nachdem die Gefährdungsbeurteilung bereits erstellt wurde. Alle Beanstandungen müssen schriftlich festgehalten werden, und – wo dies angemessen ist – muss eine Gesundheitsüberwachung erfolgen (siehe Kapitel 11 dieses Leitfadens). Bei Bedarf ist es notwendig, die Quelle(n) künstlicher optischer Strahlung oder die Arbeitsverfahren zu ändern.

**Schritt 5**

Entscheiden Sie sich für eine Routine-Bewertung in angemessenen Zeitabständen – zum Beispiel alle zwölf Monate.

Stellen Sie sicher, dass eine Neubewertung erfolgt, wenn sich die Ausgangssituation ändert: zum Beispiel Einführung neuer Quellen, veränderte Arbeitsverfahren, widrige Vorfälle.

Halten Sie die Bewertungen sowie die Schlussfolgerungen schriftlich fest.

### 6.6 Quellenangaben

Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz: <http://osha.europa.eu/en/topics/riskassessment>

# 7 Messung der optischen Strahlung

## 7.1 Anforderungen der Richtlinie

Die Messung der optischen Strahlung kann Bestandteil des Verfahrens zur Gefährdungsbeurteilung sein. In Artikel 4 legt die Richtlinie fest, welche Anforderungen an die Gefährdungsbeurteilung bestehen. Dort heißt es:

„... nimmt der Arbeitgeber im Falle der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber künstlichen Quellen optischer Strahlung eine Bewertung und erforderlichenfalls eine Messung und/oder Berechnung des Ausmaßes der optischen Strahlung vor, der die Arbeitnehmer voraussichtlich ausgesetzt sind ...“

Diese Anweisung erlaubt dem Arbeitgeber, das Expositionsausmaß auch durch andere Maßnahmen als die Messung zu bestimmen, das heißt durch eine Berechnung (unter Verwendung der Daten Dritter, zum Beispiel des Herstellers).

Sofern Daten eingeholt werden können, die für die Zwecke einer Gefährdungsbeurteilung ausreichen, ist eine Messung nicht notwendig. Dies ist wünschenswert: Die Messung von optischer Strahlung am Arbeitsplatz ist eine komplexe Aufgabe. Die Messgeräte sind relativ teuer und können nur mit entsprechender Sachkenntnis eingesetzt werden. Bei falscher Bedienung können Fehler entstehen, die wiederum zu äußerst ungenauen Daten führen können. Darüber hinaus ist es häufig notwendig, Zeit- und Bewegungsdaten für individuelle Aufgaben am Arbeitsplatz zu erstellen, für die diese Gefährdungsbeurteilung anfällt.

## 7.2 Weitere Unterstützung

Ist der Arbeitgeber nicht gewillt, Messgeräte für optische Strahlung zu erwerben, und sich mit deren Bedienung auseinanderzusetzen, so muss er weitere Unterstützung in Anspruch nehmen. Die erforderlichen Messgeräte (sowie die Sachkenntnis zu ihrer Bedienung) finden sich bei

- nationalen Gesundheits- und Sicherheitsorganisationen,
- Forschungseinrichtungen (zum Beispiel Universitäten mit Optik-Fachbereichen),
- Herstellern optischer Messgeräte (bzw. ihren Fachhändlern),
- privaten Gesundheits- und Sicherheitsberatungen.

Wer sich an diese Hilfsstellen wendet, sollte prüfen, ob sie über folgende Geräte und Kenntnisse verfügen:

- Kenntnisse der Expositionsgrenzwerte und ihrer Anwendung,
- Geräte, die im fraglichen Wellenlängenbereich messen können,
- Erfahrung im Einsatz der Geräte,
- Auf einen nationalen Standard zurückführbare Kalibrierungsmethoden für die Geräte,
- Einschätzung von Messunsicherheiten.

Werden die oben genannten Kriterien nicht erfüllt, kann die sich daraus ergebende Gefährdungsbeurteilung aus folgenden Gründen fehlerhaft sein:

- Benutzung falscher Grenzwerte oder falsche Anwendung der Grenzwerte,
- Gewinnung von Daten, die nicht mit allen geltenden Grenzwerten verglichen werden können,
- Grobe Fehler bei den Zahlwerten,
- Daten, die nicht mit den einschlägigen Grenzwerten verglichen werden können, um eine eindeutige Schlussfolgerung zuzulassen.

# 8 Nutzung der Herstellerdaten

Aufgrund der großen Anzahl unterschiedlicher Quellen optischer Strahlung variieren auch die Risiken, die sich aus ihrem Einsatz ergeben. Die von den Herstellern von Geräten, die optische Strahlung emittieren, zur Verfügung gestellten Daten können die Anwender bei der Einschätzung der Gefährdungen sowie der Bestimmung erforderlicher Schutzmaßnahmen unterstützen. Vor allem die Sicherheitsklassifizierung von Laser- und Nicht-Laser-Quellen sowie die Angabe von Sicherheitsabständen könnten sich bei einer Gefährdungsbeurteilung als äußerst nützlich erweisen.

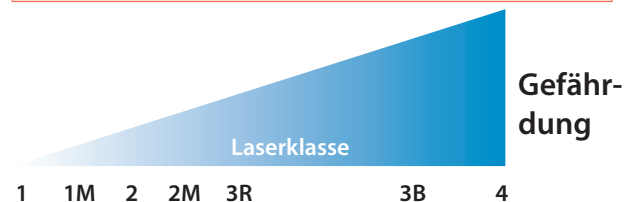
## 8.1 Sicherheitsklassifizierung

Die Klassifizierung für Laser- und Nicht-Laser-Quellen weist auf das potenzielle Risiko für gesundheitliche Schädigungen hin. Je nach Nutzungsbedingungen, Expositionsdauer oder Umfeld können diese Risiken zu einer gesundheitlichen Schädigung führen oder nicht. Unter Berücksichtigung der Klassifizierung kann der Anwender geeignete Schutzmaßnahmen zur Minimierung der Risiken auswählen.

### 8.1.1 Sicherheitsklassifizierung von Lasern

Die Klassifizierung von Lasern beruht auf dem Konzept des Grenzwerts der zugänglichen Strahlung (GZS), der für jede Laserklasse genau definiert ist. Der GZS berücksichtigt nicht nur die Strahlung der Laser-Einrichtung, sondern auch den menschlichen Zugang zu dieser Strahlung. Die Laser werden in sieben Klassen eingeteilt: je höher die Klasse, desto größer die potenzielle Gefahr einer Schädigung. Durch zusätzliche Schutzmaßnahmen, darunter auch zusätzliche technische Schutzmaßnahmen wie Abschirmungen, lässt sich die Gefährdung deutlich verringern.

Nützliche Hinweise
Der Buchstabe M in den Klassen 1M und 2M bezieht sich auf vergrößernde optische Instrumente (engl. Magnifying optical viewing instruments).
Der Buchstabe R in Klasse 3R bezieht sich auf reduzierte bzw. gelockerte (engl. <i>relaxed</i> ) Anforderungen: sowohl für den Hersteller (zum Beispiel kein Schlüsselschalter, kein Strahl-Stop oder Strahlabschwächer und kein Verriegelungsschalter notwendig) als auch für den Anwender.
Der Buchstabe B in Klasse 3B hat historische Gründe.



#### 8.1.1.1 Klasse 1

Der Einsatz dieser Laser-Einrichtungen gilt als sicher, bei langfristigem direkten Blick in den Strahl selbst unter Verwendung von optischen Instrumenten (zum Beispiel Lupen oder Ferngläsern). Die Anwender von Laser-Einrichtungen der Klasse 1 sind bei normalem Betrieb von den Schutzmaßnahmen vor optischer Strahlung ausgenommen. Während der Wartung oder Instandhaltung können höhere Strahlungswerte zugänglich sein.

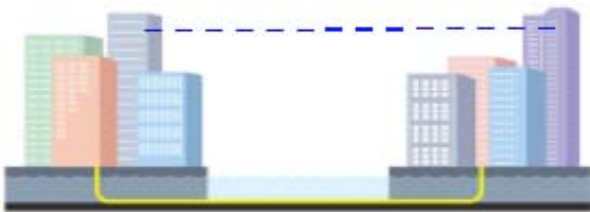


Zu dieser Klasse zählen Produkte mit Hochleistungslasern in einem Gehäuse, das eine Bestrahlung des Menschen verhindert und ohne Abschaltung des Lasers nicht geöffnet werden kann bzw. den Zugang zum Laser nur mit Hilfe von Werkzeugen ermöglicht:

- Laserdrucker,
- CD- und DVD-Spieler sowie -Recorder,
- materialbearbeitende Laser.

### 8.1.1.2 Klasse 1M

Bei vernünftigerweise vorhersehbaren Betriebsbedingungen sind diese Einrichtungen augensicher, können jedoch gefährlich werden, wenn der Anwender optische Geräte im Strahl benutzt (zum Beispiel Lupen oder Ferngläser).



Beispiel: abgezogener Steckverbinder eines faseroptischen Kommunikationssystems



Ein Blick in den Laserstrahl von Einrichtungen der Klassen 1 und 1M im sichtbaren Spektralbereich kann – vor allem bei geringer Raumbelichtung – dennoch eine Blendung hervorrufen.

### 8.1.1.3 Klasse 2

Laser-Einrichtungen, die sichtbare Strahlung emittieren und bei kurzer Exposition sicher sind, selbst wenn optische Instrumente eingesetzt werden. Bei absichtlichem längerem Blick in den Laserstrahl können sie gefährlich sein. Laser-Einrichtungen der Klasse 2 sind nicht grundsätzlich augensicher. Dennoch wird davon ausgegangen, dass die normalen Abwendungsreaktionen, einschließlich Kopfbewegungen und Lid-schlussreflex, ausreichend Schutz bieten.



Beispiel: Barcode-Lesegeräte

### 8.1.1.4 Klasse 2M

Laser-Einrichtungen, die sichtbare Strahlung emittieren und bei kurzer Exposition für das „unbewaffnete“ Auge sicher sind. Augenverletzungen sind möglich, wenn Lupen oder Teleskope eingesetzt werden. Der Augenschutz erfolgt normalerweise durch Abwendungsreaktionen einschließlich des Lid-schlussreflexes.



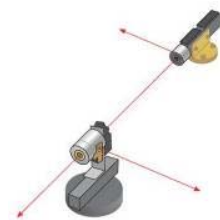
Beispiel: Laser-Messgeräte im Bau

### 8.1.1.5 Klasse 3R

Ein direkter Blick in den Laserstrahl ist potenziell gefährlich, aber in der Praxis ist das Verletzungsrisiko bei kurzer und zufälliger Exposition in den meisten Fällen relativ gering; jedoch kann ungeeignete Benutzung durch ungeschulte Personen gefährlich sein. Aufgrund natürlicher Abwendungsreaktionen auf helles Licht im Falle einer sichtbaren Strahlung bzw. auf Erwärmung der Hornhaut bei Infrarot-Strahlung besteht nur ein beschränktes Risiko.

Laser der Klasse 3R sollten nur eingesetzt werden, wenn ein direkter Blick in den Strahl unwahrscheinlich ist.

Beispiele: Vermessungsgeräte, Laserpointer mit hoher Ausgangsleistung, Justierlaser



Eine Abwendungsreaktion tritt nicht immer ein.

Der Blick in einen Laserstrahl einer Laser-Einrichtung der Klasse 2, 2M bzw. der Klasse 3R mit sichtbarem Laserstrahl kann – vor allem bei geringer Raumbelichtung – zu Blendung, temporärer Blindheit oder Nachbildern führen. Daraus können sich indirekt allgemeine Folgen für die Sicherheit ergeben, zum Beispiel durch eine vorübergehende Einschränkung des Sehvermögens oder durch Schreckreflexe. Bei sicherheitsrelevanten Vorgängen wie etwa der Arbeit an Maschinen oder auf großer Höhe, mit Hochspannung oder bei der Führung von Fahrzeugen, sollten derartige Sehstörungen besonders beachtet werden.

### 8.1.1.6 Klasse 3B

Gefährlich für die Augen, wenn der direkte Laserstrahl innerhalb des Augensicherheitsabstands (Nominal Ocular Hazard Distance, NOHD, siehe 8.2.1) auf das Auge trifft. Der Blick in diffuse Reflexionen ist normalerweise sicher, sofern das Auge nicht weniger als 13 cm von der diffus reflektierenden Oberfläche entfernt ist und die Expositionsdauer unter 10 s liegt. Laser der Klasse 3B, die sich am oberen Ende dieser Klasse befinden, können leichte Hautverletzungen hervorrufen oder sogar entflammbare Materialien entzünden.

Beispiele: Laser für physiotherapeutische Behandlungen, Geräte in Forschungslabors





8.1.1.7 Klasse 4

Beispiele: Laser-Projektionen, Laser-Chirurgie und Laser-Metallschneiden

Laser-Einrichtungen, bei denen ein direkter Blick bzw. eine direkte Exposition der Haut innerhalb des Sicherheitsabstands gefährlich ist und auch der Blick auf diffuse Reflexionen gefährlich sein kann. Diese Laser stellen häufig auch eine Brandgefahr dar.



Laser-Einrichtungen der Klassen 3B und 4 dürfen erst nach der Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung eingesetzt werden, die die notwendigen Schutzmaßnahmen für einen sicheren Einsatz festlegt.

Tabelle 8.1 Überblick über die erforderlichen Schutzmaßnahmen für die unterschiedlichen Laserklassen

	Klasse 1	Klasse 1M	Klasse 2	Klasse 2M	Klasse 3R	Klasse 3B	Klasse 4
Beschreibung der Gefährdungsklasse	Unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ist der Einsatz sicher	Sicher für das „unbewaffnete“ Auge, eventuell unsicher beim Einsatz von optischen Instrumenten	Augensicher bei kurzer Exposition, Augenschutz durch Abwendungsreaktionen	Sicher für das „unbewaffnete“ Auge, bei kurzer Exposition, eventuell unsicher beim Einsatz von optischen Instrumenten	Relativ niedriges Verletzungsrisiko; ggf. gefährlich bei missbräuchlichem Einsatz durch ungeschulte Personen	Direkter Blick in den Strahl ist gefährlich	Gefährlich für Augen und Haut; Brandgefahr
Kontrollierter Laserbereich	Nicht erforderlich	Lokalisiert oder eingehaust	Nicht erforderlich	Lokalisiert oder eingehaust	Eingehaust	Eingehaust mit Verriegelungsschutz	Eingehaust mit Verriegelungsschutz
Schlüsselschalter	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
Unterweisung	Herstelleranweisung für einen sicheren Einsatz befolgen	Empfohlen	Herstelleranweisung für einen sicheren Einsatz befolgen	Empfohlen	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
PSA	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Kann je nach Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung notwendig sein	Erforderlich	Erforderlich
Schutzmaßnahmen	Bei normalem Einsatz nicht notwendig	Einsatz von vergrößernden, fokussierenden oder kollimierenden Optiken verhindern	Nicht in den Strahl blicken	Nicht in den Strahl blicken. Einsatz von vergrößernden, fokussierenden oder kollimierenden Optiken verhindern	Direkte Bestrahlung der Augen vermeiden	Bestrahlung von Augen und Haut mit dem Laserstrahl vermeiden. Gegen unbeabsichtigte Reflexionen abschirmen	Bestrahlung von Augen und Haut mit dem Laserstrahl sowie durch diffuse Reflexionen vermeiden

## Grenzen der Sicherheitsklassifizierung von Lasern

Die Sicherheitsklassifizierung von Lasern bezieht sich auf die zugängliche Laserstrahlung – weitere Gefährdungen wie zum Beispiel durch Stromversorgung, Sekundärstrahlung, Rauch oder Lärm werden nicht in Betracht gezogen.

Die Sicherheitsklassifizierung von Lasern bezieht sich auf den normalen Einsatz des Produkts – und trifft daher vielleicht nicht auf die Wartung oder Instandhaltung oder den Einsatz des Geräts in einer komplexen Installation zu.

Die Sicherheitsklassifizierung von Lasern bezieht sich auf Einzelprodukte – die akkumulierte Strahlung mehrerer Quellen wird nicht in Betracht gezogen.

### 8.1.2 Sicherheitsklassifizierung von inkohärenten Quellen

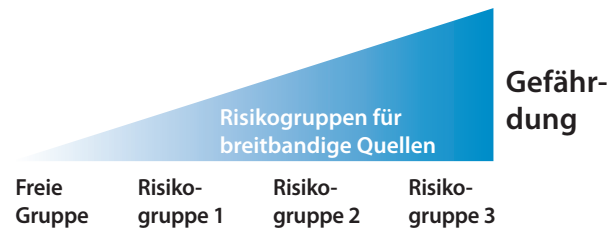
Die Sicherheitsklassifizierung von inkohärenten (breitbandigen) Quellen ist in EN 62471:2008 festgelegt und basiert auf der maximal zugänglichen Emission über den gesamten Bereich der Leistungsfähigkeit des Produkts während des Betriebs zu jeglichem Zeitpunkt nach Abschluss der Herstellung. Diese Klassifizierung berücksichtigt das Ausmaß der optischen Strahlung, die Spektralverteilung sowie die Zugänglichkeit zur optischen Strahlung. Breitbandige Quellen werden in vier Risikogruppen eingeteilt: Je höher die Risikogruppe, desto größer die Gefahr für eine Verletzung.

Aus der Klassifizierung geht das potenzielle Risiko einer Gesundheitsgefährdung hervor. Je nach Einsatzbedingungen, Expositionsdauer oder -umfeld führen diese Risiken tatsächlich zu einer Schädigung der Gesundheit oder nicht. Unter Berücksichtigung der Klassifizierung kann der Anwender angemessene Schutzmaßnahmen auswählen, durch die sich diese Risiken minimieren lassen.

Bei steigendem Risiko ergeben sich Einstufungen in die folgenden Risikogruppen:

- Freie Gruppe – keine photobiologische Gefährdung unter vorhersehbaren Bedingungen,
- Risikogruppe 1 – geringes Risiko: Das Risiko wird durch eine (zeitliche) Begrenzung der Exposition eingeschränkt, die sich bei einem normalem Verhalten ergibt,
- Risikogruppe 2 – mittleres Risiko: Das Risiko wird durch Abwendungsreaktionen auf sehr helle Lichtquellen eingeschränkt. Derartige Reaktionen treten jedoch nicht grundsätzlich auf,

- Risikogruppe 3 – hohes Risiko: Selbst bei einer momentanen oder kurzen Exposition besteht ein Risiko.



Innerhalb jeder Risikogruppe gelten für jede Gefährdung unterschiedliche Zeitkriterien. Sie wurden so ausgewählt, dass der einschlägige EGW innerhalb des gewählten Zeitraums nicht überschritten werden kann.

#### 8.1.2.1 Freie Gruppe

Direkte optische Strahlungsrisiken sind selbst bei fortgesetztem, unbeschränktem Einsatz nicht vernünftigerweise vorhersehbar. Diese Quellen stellen keine der folgenden photobiologischen Gefährdungen dar:

- durch aktinische Ultraviolettstrahlung bei einer Exposition von maximal acht Stunden,
- durch Strahlung im Nahen Ultraviolett innerhalb 1 000 s,
- Blaulichtgefährdung für die Netzhaut innerhalb 10 000 s,
- thermische Netzhautverbrennung innerhalb 10 s,
- durch Infrarotstrahlung am Auge innerhalb 1 000 s,
- durch Infrarotstrahlung ohne starken visuellen Reiz innerhalb 1 000 s.



Beispiele: Heim- und Bürobeleuchtung, Computer-Bildschirme, Geräte-Displays, Anzeigen

#### 8.1.2.2 Risikogruppe 1 – niedriges Risiko

Bei den meisten Anwendungen (Ausnahme: äußerst lange Exposition mit erwartungsgemäß direkter Bestrahlung der Augen) sind diese Produkte sicher. Bei anzunehmendem normalem Verhalten während einer Bestrahlung stellen diese Quellen keine der folgenden Gefährdungen dar:



Beispiel: Taschenlampe

- durch aktinische Ultraviolettstrahlung bei einer Exposition von maximal 10 000 s,
- durch Strahlung im Nahen Ultraviolett innerhalb 300 s,
- Blaulichtgefährdung für die Netzhaut innerhalb 100 s,
- thermische Netzhautverbrennung innerhalb 10 s,
- durch Infrarotstrahlung am Auge innerhalb 100 s,
- durch Infrarotstrahlung ohne starken visuellen Reiz innerhalb 100 s.

### 8.1.2.3 Risikogruppe 2 – mittleres Risiko

In dieser Gruppe befinden sich Quellen, die aufgrund von Abwendungsreaktionen auf sehr helle Lichtquellen oder auf unangenehme Erhitzung oder der Tatsache, dass eine längere Bestrahlung unrealistisch ist, keine der folgenden Gefährdungen darstellen:

- durch aktinische Ultraviolettstrahlung bei einer Exposition von maximal 1 000 s,
- durch Strahlung im Nahen Ultraviolett innerhalb 100 s,
- Blaulichtgefährdung für die Netzhaut innerhalb 0,25 s,
- thermische Netzhautverbrennung innerhalb 0,25 s,
- durch Infrarotstrahlung am Auge innerhalb 10 s,
- durch Infrarotstrahlung ohne starken visuellen Reiz innerhalb 10 s.

### 8.1.2.4 Risikogruppe 3 – hohes Risiko

In dieser Gruppe befinden sich Quellen, die selbst bei momentaner oder kurzer Exposition innerhalb des Sicherheitsabstands ein Risiko darstellen. Hier sind Schutzmaßnahmen unerlässlich.

➤ Das Herausfiltern zu starker, unerwünschter optischer Strahlung (zum Beispiel UV), die Abschirmung der Quellen, um den Zugang zu optischer Strahlung zu vermeiden, oder der Einsatz von Optiken zur Strahlaufweitung können eine Risikogruppe herunterstufen und die Gefährdung durch die optische Strahlung mindern.

**Grenzen der Sicherheitsklassifizierung von breitbandigen Quellen**

Die Sicherheitsklassifizierung bezieht sich auf die zugängliche optische Strahlung – weitere Gefährdungen, wie zum Beispiel durch Stromversorgung, Sekundärstrahlung, Rauch oder Lärm werden nicht in Betracht gezogen.

Die Sicherheitsklassifizierung bezieht sich auf den normalen Einsatz des Produkts – und trifft daher vielleicht nicht auf die Wartung oder Instandhaltung oder den Einsatz des Geräts in einer komplexen Installation zu.

Die Sicherheitsklassifizierung bezieht sich auf Einzelprodukte – die akkumulierte Strahlung mehrerer Quellen wird nicht in Betracht gezogen.

Die Klassifizierung der Produkte erfolgt bei Quellen für die Allgemeinbeleuchtung (engl. General Lighting Service – GLS) aus einem Abstand, bei dem deren Beleuchtungsstärke 500 lx beträgt und bei anderen Anwendungen aus einem Quellenabstand von 200 mm – dies lässt sich ggf. nicht für alle Anwendungen verallgemeinern.

### 8.1.3 Sicherheitsklassifizierung von Maschinen

Maschinen, die optische Strahlung emittieren, können auch gemäß EN 12198 klassifiziert werden. Diese Norm bezieht sich auf alle – absichtliche und zufällige – Emissionen, jedoch nicht auf reine Beleuchtungsquellen.

Je nach zugänglicher Strahlung werden Maschinen in drei Kategorien eingeteilt, die (nach aufsteigendem Risiko) in Tabelle 8.2 aufgeführt werden.

**Tabelle 8.2 Sicherheitsklassifizierung von Maschinen gemäß EN 12198**

Kategorie	Einschränkungen und Schutzmaßnahmen	Unterrichtung und Unterweisung
0	Keine Einschränkungen	Keine Informationen notwendig
1	Einschränkungen: beschränkter Zugang, evtl. Schutzmaßnahmen	Informationen über Gefährdungen, Risiken und Sekundäreffekte sind vom Hersteller vorzulegen.
2	Besondere Einschränkungen und Schutzmaßnahmen sind unerlässlich.	Informationen über Gefährdungen, Risiken und Sekundäreffekte sind vom Hersteller vorzulegen. Unterweisungen sind evtl. notwendig.

Die Einstufung von Maschinen in eine dieser Kategorien basiert auf den in Tab. 8.3 angegebenen effektiven radio-metrischen Größen, die in einem Abstand von 10 cm zu messen sind.

Tabelle 8.3 Emissionsgrenzen für die Maschinenklassifikationen gemäß EN 12198

$E_{\text{eff}}$	$E_R$	$L_R$	$E_R$	Kategorie
	(wobei $\alpha < 11$ mrad)	(wobei $\alpha \geq 11$ mrad)		
$\leq 0,1 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 1 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$\leq 33 \text{ W m}^{-2}$	0
$\leq 1,0 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 100 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$\leq 100 \text{ W m}^{-2}$	1
$> 1,0 \text{ mW m}^{-2}$	$> 10 \text{ mW m}^{-2}$	$> 100 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$> 100 \text{ W m}^{-2}$	2

## 8.2 Informationen zum Sicherheitsabstand und zur Gefährdungsgröße

Bei einigen Anwendungen ist es nützlich, zu wissen, bis zu welchen Abständen sich die Gefährdung durch die optische Strahlung erstreckt. Der Abstand, bei dem das Ausmaß der Bestrahlung bis auf den anzuwendenden Expositionsgrenzwert abgesunken ist, wird Gefährdungs- oder Sicherheitsabstand genannt. Über diesen Abstand hinaus besteht kein Risiko einer Schädigung. Wenn sie von den Herstellern angegeben werden, können diese Informationen für die Gefährdungsbeurteilung sowie zur Realisierung eines sicheren Arbeitsumfeldes nützlich sein.

### 8.2.1 Laser – Augensicherheitsabstand

Laserstrahlung ist zumeist divergent, und ab einem bestimmten Abstand von der Quelle wird die Bestrahlungstärke dem EGW für das Auge entsprechen. Dieser Abstand ist der Augensicherheitsabstand (engl. Nominal Ocular Hazard Distance – NOHD). Bei größeren Abständen wird der EGW nicht überschritten – über diesen Abstand hinaus gilt der Laserstrahl als sicher.

Häufig geben die Hersteller diesen NOHD in den technischen Daten für das Produkt an. Sind diese Informationen nicht vorhanden, kann der NOHD auch unter Einsatz der folgenden Parameter für die Laserstrahlung aus den Herstellerdaten berechnet werden:

- Strahlungsleistung (W),
- Anfänglicher Strahldurchmesser (m),
- Divergenz (Radiant),
- Expositionsgrenzwert (EGW) ( $\text{W m}^{-2}$ ).

Zwar wird es komplizierter, wenn der Strahl über eine große Distanz verläuft oder der Querschnitt nicht kreisrund ist. Dennoch gibt die folgende Gleichung eine gute Einschätzung des NOHD:

$$NOHD = \sqrt{\frac{4 \times \text{Strahlungsleistung}}{\pi \times ELV}} - \frac{\text{anfänglicher Durchmesser}}{\text{Divergenz}}$$

### 8.2.2 Breitbandige Quellen – Sicherheitsabstand und Gefährdungsgröße

Der Abstand, bei dem das Ausmaß der Bestrahlung bis auf den anzuwendenden Expositionsgrenzwert abgesunken ist, wird Sicherheitsabstand (engl. Hazard Distance – HD) genannt. Über diesen Abstand hinaus besteht kein Risiko einer Schädigung. Der HD sollte bei der Festlegung der Bereichsgrenzen berücksichtigt werden, innerhalb derer der Zugang zur optischen Strahlung sowie die Aktivitäten des Personals Schutz- und Überwachungsmaßnahmen zum Schutz vor optischer Strahlung unterliegen müssen. Sicherheitsabstände können jeweils für die Exposition des Auges oder der Haut gelten.

Informationen über die Gefährdung durch optische Strahlung können auch als Gefährdungsgröße (engl. Hazard Value – HV) ausgedrückt werden. Dabei handelt es sich um das Verhältnis des Expositionsausmaßes bei einem bestimmten Abstand zum Expositionsgrenzwert für diesen Abstand:

$$HV = \frac{\text{Expositionsausmaß (Abstand, Expositionsdauer)}}{\text{Expositionsgrenzwert}}$$

Die Gefährdungsgröße (HV) ist von großer praktischer Bedeutung. Ist die HV größer als 1, ergeben sich daraus Orientierungshilfen für angemessene Schutzmaßnahmen: je nach Sachlage entweder eine verkürzte Expositionsdauer oder ein beschränkter Zugang zur Quelle (Abschwächung, Abstand). Liegt der HV unter 1, wird der EGW an diesem Standort und für die jeweilige Expositionsdauer nicht überschritten.

Die Hersteller geben den HD und HV häufig in den technischen Daten für ihr Produkt an. Diese Informationen sollten dem Anwender bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung sowie der Auswahl angemessener Schutzmaßnahmen helfen.

### 8.3 Weitere nützliche Informationen

EN 60825-1:2007. Sicherheit von Lasereinrichtungen. Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen;

IEC TR 60825-14:2004. Sicherheit von Lasereinrichtungen. Teil 14: Ein Leitfaden für Benutzer;

EN 62471:2008. Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen;

EN 12198-1:2000. Sicherheit von Maschinen – Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 1: Allgemeine Leitsätze;

EN 12198-2:2002. Sicherheit von Maschinen – Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 2: Messverfahren für die Strahlenemission;

EN 12198-3:2000. Sicherheit von Maschinen – Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 3: Verminderung der Strahlung durch Abschwächung oder Abschirmung.

# 9 Schutzmaßnahmen

Die Rangfolge der Schutzmaßnahmen basiert auf dem Grundsatz, dass eine identifizierte Gefährdung durch technische Maßnahmen kontrolliert werden muss. Nur wenn dies nicht möglich ist, sollten andere Schutzmaßnahmen ergriffen werden. In nur sehr wenigen Umständen ist es notwendig, auf die persönliche Schutzausrüstung oder organisatorische Maßnahmen zurückzugreifen.

Die Auswahl der angemessenen Maßnahmen für eine spezielle Situation ist vom Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung abhängig. Es müssen alle verfügbaren Informationen über die Quellen optischer Strahlung sowie die mögliche Exposition von Personen eingeholt werden. Im Allgemeinen erlaubt ein Vergleich der aus den Geräteunterlagen oder der aus Messdaten ermittelten Exposition mit dem/den zutreffenden Expositionsgrenzwert(en) eine Beurteilung der Exposition durch optische Strahlung an einem Arbeitsplatz. Ziel ist dabei ein eindeutiges Ergebnis, dem sich entnehmen lässt, ob der/die einschlägige(n) Grenzwert(e) überschritten wird/werden oder nicht.

Steht eindeutig fest, dass die Exposition durch optische Strahlung unbedeutend ist und die Expositionsgrenzwerte nicht überschritten werden, besteht kein weiterer Handlungsbedarf.

Bestehen eine erhebliche Strahlungsemission und/oder eine starke Nutzung, ist es möglich, dass die Grenzwerte überschritten werden und daher Schutzmaßnahmen erforderlich sind. Nach Einführung der Schutzmaßnahmen muss das Bewertungsverfahren wiederholt werden.

Die Wiederholung der Messungen und Bewertungen ist bei Bedarf erforderlich, falls:

- die Strahlungsquelle geändert wurde (zum Beispiel eine andere Quelle installiert wurde oder dieselbe Quelle unter anderen Bedingungen betrieben wird),
- die Arbeitsbedingungen verändert wurden,
- die Expositionsdauer verändert wurde,

- Schutzmaßnahmen eingesetzt, eingestellt oder verändert wurden,
- seit der letzten Messung und Bewertung eine lange Zeit vergangen ist, so dass die Ergebnisse nicht länger gültig sind,
- andere Expositionsgrenzwerte anzusetzen sind.

Die Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen zum Zeitpunkt des Entwurfs und der Installation kann klare Sicherheits- und Betriebsvorteile bieten. Die nachträgliche Einführung derartiger Schutzmaßnahmen kann sich als teuer erweisen.

## 9.1 Rangfolge der Schutzmaßnahmen

Besteht das potenzielle Risiko, dass der/die EGW überschritten wird/werden, muss die Gefährdung durch eine Kombination angemessener Schutzmaßnahmen angegangen werden. Für das Risikomanagement gilt die folgende Prioritätenliste der Schutzmaßnahmen:

Beseitigung der Gefährdung

Ersatz durch weniger gefährliche Verfahren oder Geräte

Technische Maßnahmen

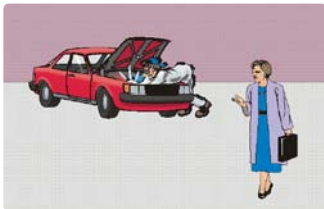
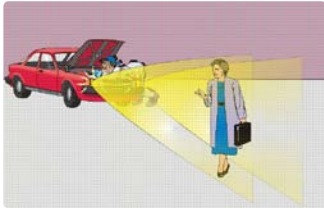
Organisatorische Maßnahmen

Persönliche Schutzausrüstung

## 9.2 Beseitigung der Gefährdung

Ist diese Quelle gefährlicher optischer Strahlung wirklich erforderlich?

Müssen diese Scheinwerfer wirklich eingeschaltet sein?



## 9.3 Ersatz durch weniger gefährliche Verfahren oder Geräte

Ist das gefährliche Ausmaß optischer Strahlung erforderlich?



Benötigen Sie diese intensive Strahlungsleistung?



## 9.4 Technische Maßnahmen

Gibt es eine andere Konstruktionsmöglichkeit für das Gerät? Lässt sich die gefährliche optische Strahlung kontrollieren? Kann sie direkt an der Quelle reduziert werden?

Lassen sich Schutzmaßnahmen höherer Priorität (Beseitigung oder Ersatz) nicht realisieren, sollte die Exposition vorzugsweise durch technische Maßnahmen reduziert werden. Organisatorische Maßnahmen können in Verbindung mit Schutzmaßnahmen höherer Priorität eingesetzt werden.

Ist die Reduzierung der Bestrahlung nicht machbar, nicht praktikabel oder unvollständig, sollte als letzte Schutzmaßnahme persönliche Schutzausrüstung (PSA) in Betracht gezogen werden.

Schutzgehäuse Abdeckungen Verriegelungsschalter Zeitverzögerungsschalter	Warnleuchten Akustische Signale Fernbedienungen Justierhilfen	Strahlabschwächende Blenden Sicht- und Filterfenster Beseitigung von Reflexionen
---	--	--

### 9.4.1 Verhinderung des Zugangs

Der Zugang kann entweder mit einer fest stehenden Schutzwand oder einer beweglichen Schutzwand mit Verriegelungsschalter verhindert werden. Feste Schutzwände werden normalerweise dauerhaft an Geräteteilen angebracht, die keines regelmäßigen Zugangs bedürfen.

Ist ein Zugang erforderlich, kann eine bewegliche Schutzwand eingesetzt werden, die sich entfernen/öffnen lässt und über einen Verriegelungsschalter den Arbeitsprozess unterbricht.

#### Achtung!

Schutzwände müssen anforderungsgerecht und robust sein.

Sie dürfen keine zusätzlichen Risiken hervorrufen und dürfen nur eine minimale Behinderung darstellen.

Falls es sich um eine fest stehende Schutzwand handelt, darf sie nicht leicht umgehbar oder überwindbar sein.

Falls es sich um eine fest stehende Schutzwand handelt, muss sie sich in angemessenem Abstand zur Gefahrenzone befinden.

### 9.4.2 Schutz durch Begrenzung des Betriebs

Ist ein häufiger Zugang durch die Schutzeinhausung erforderlich, kann sich diese häufig als zu einschränkend erweisen – vor allem, wenn der Bediener Be- und Entladungsvorgänge oder Einstellungen vornehmen muss. In diesen Fällen werden normalerweise Sensoren eingesetzt, die die An- bzw. Abwesenheit eines Bedieners feststellen und dann einen entsprechenden Stop-Befehl erteilen. Sie gehören zu den Auslösebausteinen: Sie beschränken den Zugang nicht, sondern erfassen ihn. Der Standort des Sensors oder seine Nähe zur Strahlungsquelle hängen davon ab, wie lange es dauert, bis die Quelle einen sicheren Zustand erreicht.

### 9.4.3 Not-Aus-Schalter

Wo Personal Zugang zu gefährlichen Bereichen hat, ist die Bereitstellung von Not-Aus-Schaltern erforderlich, falls Personen in dem gefährlichen Bereich in Gefahr geraten können. Der Not-Aus-Schalter muss schnell reagieren und sämtliche Geräte in der Gefahrenzone ausschalten. Den meisten Menschen sind die roten „Pilz“-Schalter als Not-Aus-Schalter bekannt. Sie müssen in ausreichender Menge im gesamten Bereich an passender Stelle angebracht werden, so dass einer von ihnen jederzeit erreichbar ist. Alternativ können auch Seilzüge mit Anschluss an einen Not-Aus-Schalter eingesetzt werden, die häufig als praktischere Lösung für den Schutz in Gefahrenzonen gelten. Darüber hinaus können andere Arten von Not-Aus-Schaltern eingesetzt werden, die eine unerwartete Annäherung erfassen, so zum Beispiel Kipp-schalter, Sicherheitsstangen oder -stäbe.

### 9.4.4 Verriegelungsschalter

Es existieren viele verschiedene Verriegelungsschalter, die jeweils unterschiedliche Merkmale aufweisen. Daher ist es wichtig, dass der passende Schalter für die jeweilige Anwendung ausgewählt wird.

#### Achtung!

Unter Berücksichtigung der vorhersehbaren Extrembedingungen müssen Verriegelungsschalter gut konstruiert sein und zuverlässig arbeiten.

Sie müssen ausfall- und manipulations-sicher sein.

Der Status des Verriegelungsschalters muss klar sichtbar sein, zum Beispiel durch eine klare Kennzeichnung und Warnanzeigen auf den Bedienpanelen.

Die Verriegelung muss den Betrieb auch einschränken, wenn die Abschirmung nicht ganz geschlossen ist.

Weitere nützliche Informationen

- EN 953:1997 Sicherheit von Maschinen – Trennende Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen;
- EN 13857:2008 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen;
- EN 349:1993 Sicherheit von Maschinen; Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen;
- EN 1088:1995 Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen;
- EN 60825-4:2006 Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 4: Laserschutzwände.

### 9.4.5 Filter und Sichtfenster

Viele Industrieverfahren sind ganz oder teilweise umschlossen. In diesen Fällen ist es möglich, den Arbeitsvorgang aus der Ferne, das heißt über entsprechende Sichtfenster, Optiken oder TV-Kameras zu beobachten. Durch den Einsatz angemessener Filtermaterialien, die eine Transmission gefährlicher optischer Strahlung



blockieren, lässt sich hier Sicherheit garantieren. Auf diese Weise muss sich der Bediener nicht mehr auf Schutzbrillen verlassen – seine Sicherheit und seine Arbeitsbedingungen verbessern sich.

Beispiele dafür reichen von großen Kontrollräumen bis zu Sichtfenstern in einem kleinen Gehäuse um den Aktionsbereich.

#### Achtung!

Filtermaterialien müssen widerstandsfähig sein und der Aufgabe entsprechen.

Sie müssen stoßfest sein.

Sie dürfen die Betriebssicherheit nicht beeinträchtigen.



*Sichtpaneele im abgeschirmten Bereich*

Die Transmission optischer Strahlung durch Fenster und andere optisch transparente Paneele muss als potenzielles Risiko eingestuft werden. Auch wenn ein optischer Strahl keine direkte Gefahr für die Netzhaut darstellt, können auch kurzzeitige Lichtblitze sekundäre Sicherheitsprobleme für andere Verfahren in der Umgebung verursachen.

### 9.4.6 Justierhilfen

Wenn im Rahmen einer Routinewartung die Justierung von Komponenten im Strahlengang erforderlich ist, müssen entsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Darunter fallen zum Beispiel:

- Einsatz eines schwächeren sichtbaren Laserstrahls, der dem Verlauf des Hochleistungs-Laserstrahls folgt,
- Abdeckungen oder Strahlfallen.

#### Achtung!

Das menschliche Auge oder die Haut dürfen niemals als Justierhilfen eingesetzt werden.

## 9.5 Organisatorische Maßnahmen

Organisatorische Maßnahmen gehören zur zweiten Stufe in der Rangfolge von Schutzmaßnahmen. Sie setzen voraus, dass Menschen auf bestimmte Informationen reagieren und sind daher grundsätzlich nur so wirksam wie die Handlungen dieser Personen. Sie spielen jedoch eine Rolle und können unter bestimmten Umständen die Haupt-Schutzmaßnahmen sein, so zum Beispiel während der Inbetriebnahme und der Instandsetzung.

Die einschlägigen organisatorischen Maßnahmen richten sich nach dem jeweiligen Risiko. Dazu zählen unter anderem die Benennung bestimmter Personen im Rahmen des Sicherheitsmanagements, beschränkter Zugang, Warnschilder und Hinweise sowie festgelegte Abläufe.

Es gehört zur guten Praxis, für einen einheitlich integrierten Ansatz beim Management der optischen Strahlungssicherheit formale Anordnungen vorzugeben. Diese Anordnungen sollten schriftlich festgehalten werden, um aufzuzeichnen, welche Maßnahmen aus welchen Gründen getroffen wurden. Diese Aufzeichnungen können bei der Untersuchung eines Vorfalls gute Dienste leisten. Sie sollten folgende Aspekte enthalten:

- Angaben zur Strategie für die optische Strahlungssicherheit,
- eine Zusammenfassung der Hauptvorkehrungen im Unternehmen (Bestellungen sowie die Anforderungen an die jeweils benannte Person),
- eine dokumentierte Kopie der Gefährdungsbeurteilung,
- ein Aktionsplan mit allen zusätzlichen Schutzmaßnahmen, die durch die Gefährdungsbeurteilung identifiziert wurden, sowie eine Zeitplanung für ihre Durchführung,
- eine Zusammenfassung aller eingeführten Schutzmaßnahmen sowie eine kurze Begründung für jede Maßnahme,

- eine Kopie besonderer schriftlicher Vorkehrungen oder Betriebsanweisungen, die für die Arbeit in Bereichen mit optischer Strahlung gelten,
- eine Aufstellung der befugten Anwender,
- ein Plan für die Aufrechterhaltung/Wartung der Schutzmaßnahmen, darunter auch eine Zeitplanung für Handlungen, die für die Wartung oder Prüfung der Schutzmaßnahmen erforderlich sind,
- Einzelheiten über offizielle Vereinbarungen zur Steuerung der Zusammenarbeit mit externen Personen, zum Beispiel Service-Mechaniker,
- Einzelheiten der Notfallplanung,
- ein Auditplan,
- Kopien der Auditberichte,
- Kopien relevanter Korrespondenz.

In der normalen Praxis sollte die Wirksamkeit des Programms in regelmäßigen Abständen (zum Beispiel jährlich) mit Blick auf die Auditberichte sowie eine veränderte Rechts- oder Normenlage überprüft werden.

### 9.5.1 Betriebsanweisung

Identifiziert die Gefährdungsbeurteilung eine potenzielle Gefährdung durch die Exposition durch optische Strahlung, ist es angemessen, schriftliche Sicherheitsanweisungen (oder Betriebsanweisungen) aufzustellen, in denen festgelegt wird, wie die Arbeiten im Zusammenhang mit der optischen Strahlung auszuführen sind. Dazu gehören unter anderem eine Beschreibung des Arbeitsbereichs, die Kontaktdaten des Beraters für optische Strahlung (siehe 9.5.4), Einzelheiten zu Personen, die befugt sind, die Ausrüstung zu benutzen, Einzelheiten über Prüfungen/Tests, die vor dem Einsatz erforderlich sind, Bedienungsanleitungen, ein Überblick über die Gefährdungen sowie Einzelheiten zu den Vorkehrungen im Notfall.

Diese Betriebsanweisungen sollten normalerweise in dem Arbeitsbereich zur Verfügung stehen, auf den sie sich beziehen, und an alle Beteiligten verteilt werden.

### 9.5.2 Gefahrenbereich

Bei Bedarf muss ein Gefahrenbereich bestimmt werden, in dem es wahrscheinlich ist, dass optische Strahlung über den EGW hinaus zugänglich ist. Zu diesem Gefahrenbereich ist der Zugang nur befugten Personen gestattet. Vorzugsweise sollte der Zugang zu dem gesamten Raum durch physische Barrieren, zum Beispiel Wände und Türen, eingeschränkt werden. Dieser Arbeitsbereich kann durch Schlösser, numerische Tastenfelder oder Schranken gesperrt werden.

Das Management sollte Anordnungen zur offiziellen Autorisierung der Anwender erlassen. Es sollte einen formalen Prozess geben, mit dem die Eignung des Personals vor der Autorisierung geprüft wird – hierzu zählt auch eine Bewertung der Ausbildung, Kompetenz und Kenntnis der Betriebsanweisung. Die Ergebnisse dieses Verfahrens sollten aufgezeichnet und die Namen aller autorisierten Anwender in einem offiziellen Register eingetragen werden.

### 9.5.3 Warnschilder und -hinweise

Warnschilder und -hinweise sind wichtige Bestandteile organisatorischer Maßnahmen. Sie zeigen nur dann Wirksamkeit, wenn sie klar und eindeutig sind und ausschließlich dort angebracht werden, wo sie zutreffend sind – andernfalls werden sie oft ignoriert.

Die Warnschilder können Informationen über die Art der benutzten Einrichtung enthalten. Muss das Personal eine persönliche Schutzausrüstung tragen, sollte dies ebenfalls angezeigt werden.

Warnschilder zeigen größere Wirkung, wenn sie nur bei eingeschalteter Anlage angezeigt werden. Beste Sichtbarkeit erreichen Warnschilder auf Augenhöhe.



Typische Warnschilder, die am Arbeitsplatz auf Gefährdungen hinweisen und den Einsatz einer persönlichen Schutzausrüstung empfehlen. Alle Warnschilder müssen den Anforderungen der Richtlinie über Mindestvorschriften für die Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (92/58/EWG) entsprechen.

#### 9.5.4 Benennungen

Die optische Strahlungssicherheit sollte über dieselbe Managementstruktur für Gesundheit und Sicherheit beaufsichtigt werden wie andere potenziell gefährliche Arbeitsvorgänge. Die Einzelheiten der jeweiligen organisatorischen Vereinbarungen hängen von der Größe und Struktur der individuellen Organisation ab.

Bei vielen Anwendungen ist die Ausbildung eines Fachmanns für das Management der optischen Strahlungssicherheit nicht gerechtfertigt. Zudem ist es für die Belegschaft sicherlich schwierig, hinsichtlich der optischen Strahlungssicherheit stets auf dem neuesten Stand zu sein, wenn sie derartige Fähigkeiten nur selten einsetzen

muss. Aus diesem Grund holen einige Unternehmen eine Beratung durch externe Berater ein, die sich auf optische Strahlungssicherheit spezialisiert haben. Sie geben Empfehlungen zu folgenden Sachlagen ab:

- Lösungen für technische Schutzmaßnahmen,
- schriftliche Prozeduren für den sicheren Einsatz der Geräte und Arbeitsschutzmaßnahmen,
- Auswahl der persönlichen Schutzausrüstung,
- Aus-/Weiterbildung und Unterweisung der Mitarbeiter.

Bei Bedarf ist es angemessen, einen ausreichend sachkundigen Mitarbeiter für die Überwachung der optischen Strahlungssicherheit am Arbeitsplatz im Tagesgeschehen einzusetzen.

## 9.5.5 Unterweisung und Beratung

### 9.5.5.1 Unterweisung

Die Richtlinie (Artikel 6) fordert die Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer, die den Risiken einer künstlichen optischen Strahlung ausgesetzt sind (und/oder ihrer Vertreter). Darunter fallen insbesondere:

Maßnahmen, die der Durchführung dieser Richtlinie dienen
Die Expositionsgrenzwerte und die damit verbundenen potenziellen Risiken
Die Ergebnisse der Bewertung, Messung und/oder Berechnungen des Expositionsausmaßes der künstlichen optischen Strahlung gemäß Artikel 4 dieser Richtlinie sowie eine Erläuterung ihrer Bedeutung und potenziellen Risiken
Wie Gesundheitsschäden durch optische Strahlung erkannt und gemeldet werden
Die Umstände, unter denen die Arbeitnehmer Anspruch auf eine Gesundheitsüberwachung haben
Sichere Arbeitsverfahren, die das Expositionsrisiko minimieren
Der korrekte Einsatz einer angemessenen persönlichen Schutzausrüstung

Das Niveau der Unterweisung sollte sich nach den Expositionsrisiken durch die künstliche optische Strahlung richten. Werden alle Quellen als trivial eingestuft, so reicht es aus, die Arbeitnehmer bzw. ihre Vertreter entsprechend zu informieren. Dennoch sollten die Arbeitnehmer oder ihre Vertreter darauf aufmerksam gemacht werden, dass es besonders empfindliche Risikogruppen gibt und darüber informiert werden, wie diese zu behandeln sind.

Besteht die Gefahr, dass die zugängliche künstliche optische Strahlung am Arbeitsplatz über den Expositionsgrenzwert hinausgeht, sollte eine offizielle Unterweisung und bei Bedarf die Verteilung bestimmter Funktionen an

die Arbeitnehmer vorgenommen werden. Bei der Festlegung des erforderlichen Unterweisungsniveaus sollte der Arbeitgeber die folgenden Sachlagen berücksichtigen:

Fachwissen der Belegschaft und aktuelles Bewusstsein über die Risiken der künstlichen optischen Strahlung
Bestehende Gefährdungsbeurteilungen und daraus gezogene Schlussfolgerungen
Ob die Arbeitnehmer aktiv in die Erstellung bzw. Überarbeitung der Gefährdungsbeurteilung mit einbezogen werden müssen
Ob es sich um einen festen Arbeitsplatz mit offiziell als annehmbar anerkannten Gefährdungen oder um ein ständig wechselndes Arbeitsumfeld handelt
Ob der Arbeitgeber im Rahmen des Risikomanagements auf eine externe Beratung zurückgreifen kann
Arbeitnehmer, die neu am Arbeitsplatz sind oder zuvor noch nicht mit künstlicher optischer Strahlung gearbeitet haben

Es ist wichtig, die Risiken in der richtigen Relation zu betrachten. So sind formelle Schulungen für den Einsatz eines Laserpointers der Laserklasse 2 nicht gerechtfertigt. Hingegen darf der Einsatz von Lasern der Klassen 3B und 4 sowie inkohärenter Quellen der Risikogruppe 3 fast immer nur nach Unterweisung erfolgen. Dennoch ist es nicht möglich, die genaue Länge eines Schulungsprogramms oder dessen Inhalte zu bestimmen und festzulegen, wie dieses angeboten werden soll. Gerade aus diesem Grund ist die Gefährdungsbeurteilung besonders wichtig.

Im Idealfall sollten der Schulungsbedarf sowie die praktische Durchführung von Schulungen noch vor dem Einsatz einer künstlichen Quelle optischer Strahlung geplant werden.

### 9.5.5.2 Beratung

Artikel 7 der Richtlinie bezieht sich auf die allgemeinen Anforderungen von Artikel 11 der Richtlinie 89/391/EWG:

**Artikel 11****Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer**

(1) Die Arbeitgeber hören die Arbeitnehmer bzw. deren Vertreter an und ermöglichen deren Beteiligung bei allen Fragen betreffend die Sicherheit und die Gesundheit am Arbeitsplatz.

Dies beinhaltet:

- die Anhörung der Arbeitnehmer;
- das Recht der Arbeitnehmer bzw. ihrer Vertreter, Vorschläge zu unterbreiten;
- die ausgewogene Beteiligung nach den nationalen Rechtsvorschriften bzw. Praktiken.

(2) Die Arbeitnehmer bzw. die Arbeitnehmervertreter mit einer besonderen Funktion bei der Sicherheit und beim Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer werden in ausgewogener Weise nach den nationalen Rechtsvorschriften bzw. Praktiken beteiligt oder werden im Voraus vom Arbeitgeber gehört:

- a) zu jeder Aktion, die wesentliche Auswirkungen auf Sicherheit und Gesundheit haben kann;
- b) zu der Benennung der Arbeitnehmer gemäß Artikel 7 Absatz 1 und Artikel 8 Absatz 2 sowie zu den Maßnahmen gemäß Artikel 7 Absatz 1;
- c) zu den Informationen gemäß Artikel 9 Absatz 1 und Artikel 10;
- d) zur etwaigen Hinzuziehung außerbetrieblicher Fachleute (Personen oder Dienste) gemäß Artikel 7 Absatz 3;
- e) zur Planung und Organisation der in Artikel 12 vorgesehenen Unterweisung.

(3) Die Arbeitnehmervertreter mit einer besonderen Funktion bei der Sicherheit und beim Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer haben das Recht, den Arbeitgeber um geeignete Maßnahmen zu ersuchen und ihm diesbezüglich Vorschläge zu unterbreiten, um so jeder Gefahr für die Arbeitnehmer vorzubeugen und/oder die Gefahrenquellen auszuschalten.

(4) Den in Absatz 2 genannten Arbeitnehmern und den in den Absätzen 2 und 3 genannten Arbeitnehmervertretern dürfen aufgrund ihrer in den Absätzen 2 und 3 genannten jeweiligen Tätigkeit keinerlei Nachteile entstehen.

(5) Der Arbeitgeber ist verpflichtet, den Arbeitnehmervertretern mit einer besonderen Funktion bei der Sicherheit und beim Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer eine ausreichende Arbeitsbefreiung ohne Lohnausfall zu gewähren und ihnen die erforderlichen Mittel zur Verfügung zu stellen, um ihnen die Wahrnehmung der sich aus dieser Richtlinie ergebenden Rechte und Aufgaben zu ermöglichen.

(6) Die Arbeitnehmer bzw. ihre Vertreter haben das Recht, sich gemäß den nationalen Rechtsvorschriften bzw. Praktiken an die für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz zuständige Behörde zu wenden, wenn sie der Auffassung sind, dass die vom Arbeitgeber getroffenen Maßnahmen und bereitgestellten Mittel nicht ausreichen, um die Sicherheit und den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz sicherzustellen.

Die Vertreter der Arbeitnehmer müssen die Möglichkeit haben, bei Besuchen und Kontrollen der zuständigen Behörde ihre Bemerkungen vorzubringen.

IEC TR 60825-14:2004 empfiehlt eine Mindestunterweisung für die Anwender von Lasern.

EN 60825-2:2004 legt zusätzliche Anforderungen für Arbeitnehmer fest, die an Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen arbeiten.

EN 60825-12:2004 legt zusätzliche Anforderungen für Arbeitnehmer fest, die an optischen Freiraum-Kommunikationssystemen arbeiten.

CLC/TR 50448:2005 ist ein Leitfaden zum erforderlichen Ausbildungsmaß für Lasersicherheit.

## 9.6 Persönliche Schutzausrüstung

Die Konstruktion von Betriebsmitteln sollte die Reduzierung einer zufälligen Exposition durch optische Strahlung bereits einschließen. Soweit dies vernünftigerweise praktikabel ist, sollte die Exposition durch physische Barrieren wie zum Beispiel technische Schutzmaßnahmen reduziert werden. Die persönliche Schutzausrüstung (PSA) sollte nur dann zum Einsatz kommen, wenn technische oder organisatorische Maßnahmen unpraktisch oder unvollständig sind.

Sinn und Zweck der PSA ist die Reduzierung der optischen Strahlung auf ein Niveau, das bei der exponierten Person keine Gesundheitsschäden hervorruft. Verletzungen durch optische Strahlungen sind nicht unbedingt zum Zeitpunkt der Exposition erkennbar. Es muss festgehalten werden, dass die Expositionsgrenzwerte von den unterschiedlichen Wellenlängen abhängen – daher kann auch die Schutzwirkung der PSA wellenlängenabhängig sein.

Zwar ist es unwahrscheinlich, dass akute Hautschäden durch optische Strahlung die Lebensqualität einer bestrahlten Person mindern. Dennoch muss beachtet werden, dass die Wahrscheinlichkeit von Hautschäden, und hier vor allem an den Händen und im Gesicht, hoch ist. Besonders besorgniserregend ist hier eine Exposition der Haut mit optischer Strahlung unter 400 nm, die das Hautkrebsrisiko erhöhen kann.

**Achtung!**

Die PSA muss den jeweiligen Risiken entsprechen, ohne selbst zu einem höheren Risiko zu führen.



Die PSA muss den Arbeitsbedingungen entsprechen.

Die PSA muss ergonomische Anforderungen und den Gesundheitszustand des Arbeitnehmers berücksichtigen.

### 9.6.1 Schutz vor sekundären Gefährdungen

Die folgenden, nicht-optischen Gefährdungen sollten bei der Auswahl einer PSA zum Schutz vor optischer Strahlung ebenfalls berücksichtigt werden:

- Stöße
- mechanische Festigkeit
- Druck
- Chemikalien
- Wärme/Kälte
- schädlicher Staub
- biologische Gefährdungen
- Strom

Die untenstehende Tabelle gibt entsprechende Beispiele an:

Persönliche Schutzausrüstung	Funktion
Augenschutz: Schutzbrillen, dicht schließende Schutzbrillen, Gesichtsmasken, Blendschutz	Der Arbeitnehmer muss an seinem Arbeitsplatz trotz Augenschutz alle Dinge sehen können. Der Augenschutz muss die optische Strahlung dennoch auf ein akzeptables Ausmaß senken. Die Auswahl des Augenschutzes hängt von vielen Faktoren ab, darunter: Wellenlänge, Strahlungsleistung/Energie, optische Dichte, Anwendbarkeit für Brillenträger, Tragekomfort, usw.
Schutzkleidung und -handschuhe	Die Quellen optischer Strahlung können eine Brandgefahr darstellen. Daher kann Schutzkleidung notwendig sein. Geräte, die UV-Strahlung erzeugen, stellen möglicherweise eine Gefährdung für die Haut dar. Sie sollte daher durch eine angemessene Schutzkleidung und -handschuhe bedeckt werden. Beim Einsatz von chemischen oder biologischen Stoffen sollten Handschuhe getragen werden. Entsprechend der jeweiligen Anwendung können Schutzkleidung oder -handschuhe erforderlich sein.
Atemschutzgerät	Während der Arbeitsvorgänge können giftige und gefährliche Gase oder Staub entstehen. Im Notfall muss möglicherweise ein Atemschutzgerät eingesetzt werden.
Gehörschutz	Bei einigen Industrieanwendungen kann gefährlicher Lärm entstehen.

### 9.6.2 Augenschutz

Werden die Expositionsgrenzwerte (EGW) der optischen Strahlung überschritten, besteht eine Verletzungsgefahr für das Auge. Wenn die anderen Schutzmaßnahmen das Expositionsrisiko für das Auge über die einschlägigen EGW hinaus nicht kontrollieren können, muss ein vom Gerätehersteller oder vom Sicherheitsberater für optische Strahlung empfohlener Augenschutz eingesetzt werden, der speziell für die jeweiligen Wellenlängen und Strahlungsleistungen ausgelegt ist.

Auf dem Augenschutz sollten der Wellenlängenbereich sowie der entsprechende Schutzgrad klar angegeben werden. Dies ist vor allem dann sehr wichtig, wenn mehrere Quellen eingesetzt werden, die verschiedene Arten von Augenschutz erforderlich machen: zum Beispiel Laser mit

unterschiedlichen Wellenlängen, für die ein genau auf sie abgestimmter Augenschutz getragen werden muss. Darüber hinaus wird empfohlen, den Augenschutz mit einer eindeutigen und widerstandsfähigen Methode so zu markieren, dass er klar mit der jeweiligen Ausrüstung in Bezug gebracht wird, für das eine PSA vorgegeben wurde.

Das Maß, um welches der Augenschutz die optische Strahlung im gefährlichen Spektralbereich abschwächt, muss mindestens so hoch sein, dass die Exposition unter die einschlägigen EGW fällt.

Die Lichtdurchlässigkeit und die Farbwahrnehmung durch die Schutzfilter sind wichtige Merkmale eines Augenschutzes, da sie sich auf die Fähigkeit des Bedieners auswirken können, die erforderlichen Handlungen ohne Einschränkung der nicht-optischen Sicherheit durchzuführen.

Der Augenschutz sollte richtig gelagert, regelmäßig gereinigt und in festgelegten Abständen inspiziert werden.

### Wichtige Aspekte bei der Auswahl des Augenschutzes

Frage: Welches Schutzmaß?	→	Auswahl eines Augenschutzes mit der Abschwächung $> \frac{\text{Expositionsniveau}}{\text{EGW}}$
Frage: Lichtdurchlässigkeit? Sichtqualität?	→	Auswahl eines Augenschutzes mit einer Lichtdurchlässigkeit von $>20\%$ Falls nicht erhältlich: Beleuchtung erhöhen Filter auf Kratzer und Streuung prüfen
Frage: Farbliche Wahrnehmung des Arbeitsumfeldes?	→	Prüfung, ob Gerätesteuerung und Warnschilder durch Augenschutz klar erkennbar sind
Frage: Reflexionen zu stark?	→	Spiegelschliff oder Hochglanzfilter/-rahmen vermeiden
Frage: Falls Augenschutz über Netzanschluss oder Batterie funktioniert – ist er auch bei Stromausfall funktionsicher?	→	Auswahl eines Filters, der auch ohne Strom maximale Abschwächung bietet

### 9.6.3 Hautschutz

Im beruflichen Umfeld sind die von einem Risiko der optischen Strahlungsexposition in erster Linie betroffenen Hautpartien die Hände, das Gesicht, der Kopf und der Nacken, da die restlichen Hautflächen meist durch Arbeitskleidung bedeckt sind. Die Hände lassen sich durch Handschuhe mit einer geringen Durchlässigkeit für gefährliche optische Strahlung schützen. Das Gesicht lässt sich durch eine absorbierende Schutzmaske oder ein Visier schützen, die gleichzeitig als Augenschutz dienen können. Eine geeignete Kopfbedeckung schützt Kopf und Nacken.



### 9.7 Weitere nützliche Informationen

Richtlinie 89/656/EWG des Rates über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen durch Arbeitnehmer bei der Arbeit.

#### 9.7.1 Grundlegende Normen

EN 165:2005 – Persönlicher Augenschutz – Wörterbuch;  
EN 166:2002 – Persönlicher Augenschutz – Anforderungen;  
EN 167:2002 – Persönlicher Augenschutz – Optische Prüfverfahren;  
EN 168:2002 – Persönlicher Augenschutz – Nichtoptische Prüfverfahren.

#### 9.7.2 Produktnormen

EN 169:2002 – Persönlicher Augenschutz – Filter für das Schweißen und verwandte Techniken – Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung;

EN 170:2002 – Persönlicher Augenschutz – Ultraviolett-schutzfilter – Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung;

EN 171:2002 – Persönlicher Augenschutz – Infrarotschutzfilter – Transmissionsanforderungen und empfohlene Verwendung.

### 9.7.3 Schweißarbeiten

EN 175:1997 – Persönlicher Schutz – Geräte für Augen und Gesichtsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren;

EN 379:2003 – Persönlicher Augenschutz – Automatische Schweißerschutzfilter;

EN 1598:1997 – Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Durchsichtige Schweißvorhänge, -streifen und -abschirmungen für Lichtbogenschweißprozesse.

### 9.7.4 Laser

EN 207:1998 – Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung;

EN 208:1998 – Augenschutzgeräte für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten.

### 9.7.5 Intensive Lichtquellen

BS 8497-1:2008. Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications. Part 1: Specification for products;

BS 8497-2:2008. Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications. Part 2: Guidance on use.



# 10 Management von Zwischenfällen

---

Im Rahmen dieses Leitfadens sind unter Zwischenfällen folgende Sachlagen zu verstehen: Situationen, in denen eine Person verletzt wird oder erkrankt (als Unfälle bezeichnet), Beinahe-Unfälle oder unerwünschte Umstände.

Wo kollimierte Laserstrahlen eingesetzt werden, ist das Risiko einer Laser-Bestrahlung im Allgemeinen gering, die Konsequenzen einer Exposition können jedoch hoch sein.

Im Gegensatz dazu ist das Expositionsrisiko durch optische Strahlung von inkohärenten künstlichen Quellen hoch, die Konsequenzen daraus wären aber eher gering.

Es wird empfohlen, eine Notfallplanung auszuarbeiten, die sich mit den vernünftigerweise vorhersehbaren negativen Ereignissen im Zusammenhang mit künstlicher optischer Strahlung befasst. Einzelheiten und Komplexität dieser Notfallplanung hängen vom jeweiligen Risiko ab. Da der Arbeitgeber wahrscheinlich bereits über eine allgemeine Notfallplanung verfügt, kann er einen ähnlichen Ansatz auch für die optische Strahlung verwenden.

Wo Zugang zu optischer Strahlung der folgenden Quellen besteht, wird die Ausarbeitung einer detaillierten Notfallplanung für die jeweiligen Arbeitsverfahren empfohlen:

Laser der Klasse 3B

Laser der Klasse 4

Inkohärente Quellen der Risikogruppe 3

Die Notfallplanung sollte Handlungsanweisungen und Verantwortlichkeiten für die folgenden Ereignisse enthalten:

Tatsächliche Exposition von Arbeitnehmern über den/die EGW hinaus

Vermutete Exposition von Arbeitnehmern über den/die EGW hinaus

# 11 Gesundheitsüberwachung

Artikel 8 der Richtlinie beschreibt die Anforderungen für eine Gesundheitsüberwachung und bezieht sich dabei auf die allgemeinen Anforderungen der Richtlinie 89/391/EWG. Die genauen Einzelheiten einer Gesundheitsüberwachung hängen in der Regel von den nationalen Anforderungen ab. Aus diesem Grund sind die in diesem Kapitel enthaltenen Empfehlungen äußerst allgemein gehalten.

Die Anforderungen dieses Artikels sind im Zusammenhang mit mehr als 100 Jahren künstlicher optischer Strahlungsexposition von Arbeitnehmern zu sehen. Es wurden nur wenige Gesundheitsschäden gemeldet, die sich auf eine kleine Anzahl von Industriebereichen beziehen, die im Allgemeinen wiederum Schutzmaßnahmen eingeführt haben, um die Anzahl dieser Vorfälle weiter zu reduzieren.

Im Anschluss an die Erfindung des Lasers wurden Empfehlungen für eine routinemäßige Augenuntersuchung von Laser-Arbeitern herausgegeben. In fast 50 Jahren hat sich jedoch gezeigt, dass diese Untersuchungen im Rahmen der Gesundheitsüberwachung keinen Wert haben und eventuell sogar ein zusätzliches Risiko für den Arbeitnehmer darstellen.

Ein Arbeitnehmer, der am Arbeitsplatz künstlicher optischer Strahlung ausgesetzt ist, braucht allein aufgrund dieser Arbeit nicht vor und nach seiner Einstellung sowie routinemäßig einer Augenuntersuchung unterzogen zu werden. Ebenso können Hautuntersuchungen für die Arbeitnehmer von Vorteil sein, sind aber allein aufgrund der routinemäßigen Exposition durch künstliche optische Strahlung normalerweise nicht gerechtfertigt.

## 11.1 Wer sollte die Gesundheitsüberwachung durchführen?

Folgende Instanzen sind für die Durchführung der Gesundheitsüberwachung zuständig:

- ein Arzt,
- eine Fachkraft für Arbeitsmedizin oder

- eine für die Gesundheitsüberwachung gemäß nationaler Gesetze und Praxis zuständige Gesundheitsbehörde.

## 11.2 Aufzeichnungen

Die Mitgliedstaaten müssen Vorkehrungen treffen, die sicherstellen, dass individuelle Aufzeichnungen erfolgen und aktualisiert werden. In diesen Aufzeichnungen muss sich eine Zusammenfassung der durchgeführten Gesundheitsüberwachung finden.

Diese Aufzeichnungen müssen in einer Form erfolgen, die auch zu einem späteren Zeitpunkt – unter Berücksichtigung der Vertraulichkeit – zugänglich ist.

Auf Anfrage sollte der einzelne Arbeitnehmer Zugang zu seinen Aufzeichnungen erhalten.

## 11.3 Ärztliche Untersuchung

Wird angenommen oder ist bekannt, dass ein Arbeitnehmer künstlicher optischer Strahlung über die Expositionsgrenzwerte hinaus ausgesetzt war, so muss er einer ärztlichen Untersuchung unterzogen werden.

Wird festgestellt, dass ein Arbeitnehmer an einer identifizierbaren Krankheit oder unter Gesundheitsschäden leidet, die der Exposition durch künstliche optische Strahlung zugeschrieben werden, so muss er einer ärztlichen Untersuchung unterzogen werden.

Die Herausforderung dieser Anforderung besteht darin, dass viele Gesundheitsschäden durch natürliche optische Strahlung hervorgerufen werden können. Es ist daher wichtig, dass der Person, die die ärztliche Untersuchung durchführt, die potenziellen Gesundheitsgefährdungen durch die speziellen künstlichen Quellen optischer Strahlung am Arbeitsplatz bekannt sind.

## 11.4 Maßnahmen nach der Überschreitung eines Expositionsgrenzwertes

Wird angenommen, dass die Expositionsgrenzwerte überschritten oder dass die Gesundheitsschäden oder die identifizierbare Krankheit durch künstliche optische Strahlung am Arbeitsplatz hervorgerufen wurden, müssen die folgenden Maßnahmen angestoßen werden:

- Der Arbeitnehmer muss über die Ergebnisse informiert werden,
- der Arbeitnehmer muss über die nachfolgende Gesundheitsüberwachung unterrichtet und entsprechend beraten werden,
- der Arbeitgeber muss unter Berücksichtigung der ärztlichen Schweigepflicht unterrichtet werden,
- der Arbeitgeber muss die Gefährdungsbeurteilung überprüfen,
- der Arbeitgeber muss die bestehenden Schutzmaßnahmen überprüfen (und dazu bei Bedarf Experten hinzuziehen),
- der Arbeitgeber muss eine weitere erforderliche Gesundheitsüberwachung veranlassen.

# Anhang A – Die Eigenschaften der optischen Strahlung

Ein alltägliches Beispiel für optische Strahlung ist das Licht. Falls dieses Licht von einer Lampe ausgestrahlt wird, handelt es sich um künstliche optische Strahlung. Dabei wird der Begriff „optische Strahlung“ verwendet, weil Licht eine Form der elektromagnetischen Strahlung ist, und Wirkungen auf das Auge hat – das heißt, es tritt in das Auge ein, wird dort gebündelt und dann empfangen.

Licht umfasst ein Farbspektrum, das von Violett- und Blau- über Grün- und Gelb- bis zu Orange- und Rottönen reicht. Die vom Menschen wahrgenommenen Farben werden von den Wellenlängen in diesem Lichtspektrum bestimmt. Dabei werden kürzere Wellenlängen als am blauen Ende und längere Wellenlängen als am roten Ende des Spektrums liegend wahrgenommen. Der Einfachheit halber wird davon ausgegangen, dass Licht aus einem Strom masseloser Teilchen, Photonen genannt, besteht, die sich jeweils durch charakteristische Wellenlängen auszeichnen.

Das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung geht weit über die vom Menschen wahrnehmbaren Wellenlängen hinaus. Infrarotstrahlung, Mikrowellen und Funkwellen sind Beispiele für elektromagnetische Strahlung mit größeren Wellenlängen. Ultraviolette Strahlung, Röntgenstrahlen und Gammastrahlen hingegen zeichnen sich durch immer kürzere Wellenlängen aus.

Die Wellenlänge einer elektromagnetischen Strahlung kann dazu benutzt werden, weitere nützliche Informationen zu liefern.

Wirkt elektromagnetische Strahlung auf ein Material ein, so hinterlässt sie dort meistens Energie, die in diesem Material Reaktionen auslösen kann: Trifft zum Beispiel sichtbares Licht auf die Netzhaut, wird dort ausreichend Energie zur Auslösung biochemischer Reaktionen abgegeben, die dafür sorgen, dass über den Sehnerv ein elektrisches Signal zum Gehirn gesandt wird. Die Energiemenge, die für eine solche Wechselwirkung zur Verfügung steht, hängt von der Strahlungsintensität sowie der Strahlungsenergie ab,

die wiederum an die Wellenlänge gebunden ist. Je kürzer die Wellenlänge, desto energiereicher ist die Strahlung. Blaues Licht besitzt eine höhere Energie als grünes Licht, das wiederum energetischer ist als rotes Licht. Ultraviolette Strahlung ist energetischer als jede sichtbare Wellenlänge.

Darüber hinaus bestimmt die Wellenlänge einer Strahlung, wie stark diese in den Körper eindringt und dort Reaktionen auslöst. So dringt UVA-Strahlung zum Beispiel schlechter zur Netzhaut vor als grünes Licht.

Einige unsichtbare Bereiche des elektromagnetischen Spektrums fallen ebenfalls unter den Begriff „optische Strahlung“: die Spektralbereiche der Ultraviolett- und Infrarotstrahlung. Obwohl sie nicht wahrgenommen werden können (da die Netzhaut für diese Wellenlängen keine Rezeptoren besitzt), können bestimmte Teile dieser Spektralbereiche in höherem oder geringerem Maße in das Auge eindringen. Der Einfachheit halber wird das Spektrum der optischen Strahlung wie folgt nach Wellenlängenbereichen unterteilt:

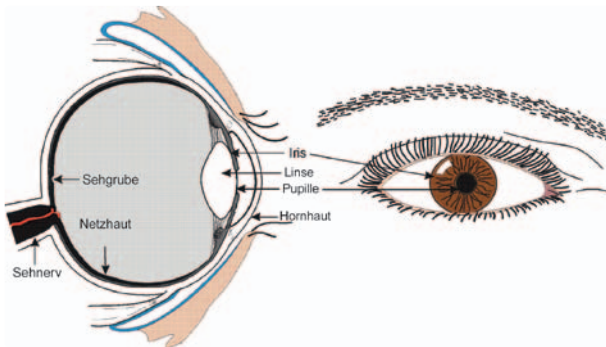
Ultraviolett C (UVC)	100 nm bis 280 nm
UVB	280 nm bis 315 nm
UVA	315 nm bis 400 nm
Sichtbar	380 nm bis 780 nm
Infrarot A (IRA)	780 nm bis 1 400 nm
IRB	1 400 nm bis 3 000 nm
IRC	3 000 nm bis 1 000 000 nm (3 µm bis 1 mm)

Die Richtlinie enthält Expositionsgrenzwerte im Spektralbereich von 180 nm bis 3 000 nm für inkohärente optische Strahlung und von 180 nm bis 1 mm für Laserstrahlung.

# Anhang B – Biologische Wirkungen der optischen Strahlung auf das Auge und die Haut

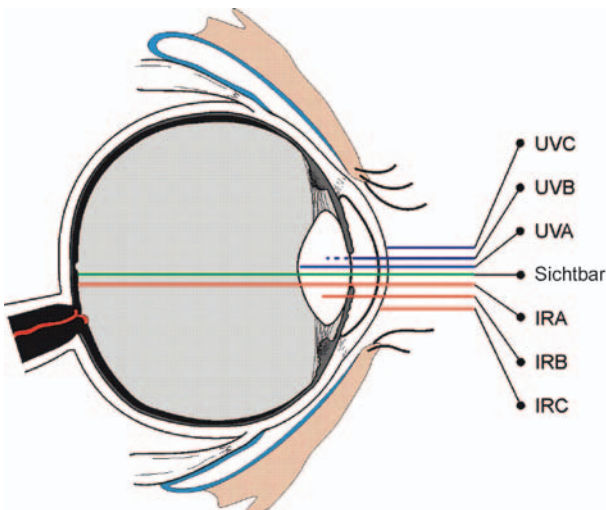
## B.1 Das Auge

**Abb. B1 Aufbau des Auges**



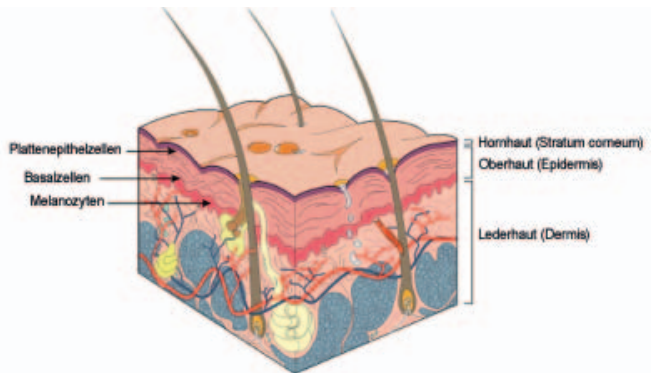
In das Auge fallendes Licht passiert die Hornhaut, die vordere Augenkammer, dann eine variable Blende (Pupille), danach die Linse und den Glaskörper, um auf die Netzhaut fokussiert zu werden. Von den Fotorezeptoren der Netzhaut leitet der Sehnerv Signale an das Gehirn weiter.

**Abb. B2 Eindringvermögen verschiedener Wellenlängen in das Auge**



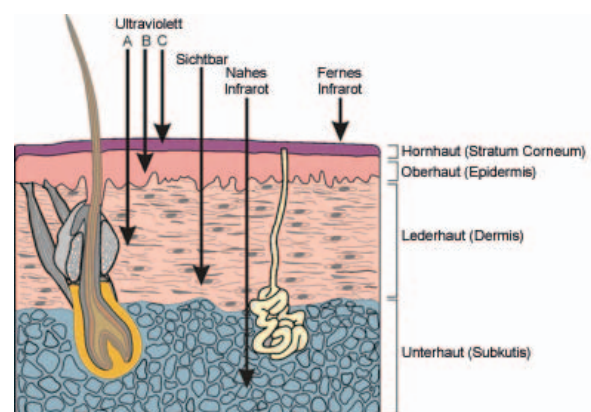
## B.2 Die Haut

**Abb. B3 Aufbau der Haut**



Die Oberhaut (oder Epidermis) enthält hauptsächlich Keratinozyten (oder Plattenepithelzellen), die in der Basalschicht gebildet werden und anschließend an die Hautoberfläche wandern, wo sie abgestoßen werden. Die Lederhaut (Dermis) besteht hauptsächlich aus Kollagenfasern und enthält Nervenenden, Schweißdrüsen, Haarfollikel und Blutgefäße.

**Abb. B4 Eindringvermögen verschiedener Wellenlängen in die Haut**



## B.3 Biologische Wirkungen verschiedener Wellenlängen auf das Auge und die Haut

### B.3.1 Ultraviolette Strahlung: UVC, UVB, UVA

#### Wirkungen auf die Haut

Ein Großteil der ultravioletten Strahlung (UVS), die auf die Haut fällt, wird von der Oberhaut absorbiert, wobei das Eindringvermögen in die Haut bei längeren UVA-Wellenlängen jedoch deutlich ansteigt.

Eine übermäßige, kurzfristige Bestrahlung mit UVS verursacht Erythema (Sonnenbrand), das heißt Rötungen und Schwellungen der Haut. Dabei können schwerwiegende Symptome auftreten, die acht bis 24 Stunden nach der Exposition maximale Wirkung zeigen und nach drei bis vier Tagen nachlassen. Anschließend zeigen sich an diesen Stellen Austrocknungen und Hautablösungen. Danach kann eine verstärkte Hautpigmentierung (verzögerte Bräunung) auftreten. Eine UVA-Bestrahlung kann außerdem eine sofortige, aber vorübergehende Veränderung der Hautpigmentierung (Sofortbräunung) verursachen.

Es gibt Menschen, deren Haut aufgrund genetischer oder Stoffwechselstörungen, anderer Anomalien oder wegen der Einnahme von bzw. des Kontakts mit bestimmten Medikamenten oder Chemikalien, besonders empfindlich auf UVS reagieren (Fotosensibilisierung).

Die schwerwiegendste Langzeitfolge von UV-Strahlung ist die Tatsache, dass sie Hautkrebs auslösen kann. Bei nichtmelanozytärem Hautkrebs (engl. nonmelanoma skin cancer oder NMSC, weißer Hautkrebs) handelt es sich um Basalzellkarzinome und Plattenepithelkarzinome. Sie treten relativ häufig bei weißhäutigen Menschen auf, verlaufen jedoch selten tödlich. Sie treten meistens auf den Hautflächen auf, die von der Sonne beschienen werden, das heißt Gesicht und Hände, und werden mit zunehmendem Alter immer häufiger. Die Ergebnisse von Hautstudien lassen darauf schließen, dass das Risiko dieser beiden Krebsarten auf eine kumulative (anwachsende) UV-Bestrahlung zurückzuführen ist, wobei die Belege in dieser Hinsicht für Plattenepithelkarzinome

stärker ausfallen. Maligne Melanome sind der Hauptgrund für die Todesursache Hautkrebs, obwohl sie seltener als NMSC auftreten. Sie kommen häufiger bei Menschen mit vielen Naevi (Muttermalen), Menschen mit besonders heller Haut, rothaarigen oder blonden Menschen und Menschen mit der Tendenz zu Sommersprossen, Sonnenbrand oder schlechter Bräunung bei Sonneneinstrahlung vor. Sowohl akute Sonnenbrandereignisse als auch die chronische Bestrahlung in Beruf und Freizeit können zum Risiko für maligne Melanome beitragen.

Eine chronische UVS kann außerdem zu Elastose (lichtinduzierte Bindegewebsveränderung: vorzeitige photoinduzierte Hautalterung) führen, die durch eine faltige Lederhaut und mangelnde Hautelastizität charakterisiert ist. Hierfür ist vor allem Strahlung im UVA-Wellenlängenbereich verantwortlich, die bis zum Kollagen und den Elastinfasern der Dermis eindringt. Darüber hinaus gibt es Belege, welche die UVS für Wirkungen auf das Immunsystem verantwortlich machen.

Der wichtigste bekannte positive Effekt einer Exposition durch UVS ist die Vitamin-D-Synthese. Wird nicht genug Vitamin D über die Nahrung aufgenommen, genügen schon kurze, alltägliche Aufenthalte im Sonnenlicht, um ausreichend Vitamin D zu produzieren.

#### Wirkungen auf das Auge

Auf das Auge fallende UVS wird von der Hornhaut und der Linse absorbiert. Die Horn- und Bindehaut absorbieren vor allem Wellenlängen, die kürzer als 300 nm sind. UVC wird von den Oberflächenschichten der Hornhaut und UVB von der Hornhaut und der Linse absorbiert. UVA durchdringt die Hornhaut und wird erst in der Linse absorbiert.

Bei akuter Überbelastung des menschlichen Auges durch UVS reagiert es mit Photokeratitis und Photokonjunktivitis (lichtinduzierter Entzündung der Horn- oder Bindehaut), die auch als Schneeblindheit oder Schweiß-Blitzlichtblindheit bekannt sind. Die Symptome reichen von leichter Irritation, Lichtsensibilisierung und Tränenfluss bis zu schweren Schmerzen, treten je nach Intensität der Strahlungsexposition innerhalb von 30 Minuten bis zu einem Tag später auf und klingen normalerweise innerhalb weniger Tage ab.

Eine chronische UVA- und UVB-Exposition kann aufgrund von Proteinveränderungen in der Augenlinse zu Katarakten (Grauer Star) führen. Normalerweise dringt nur wenig UV-Strahlung (weniger als 1 % UVA) bis zur Netzhaut vor, da die davor liegenden Augenmedien die Strahlung absorbieren. Menschen, die nach einer Katarakt-Operation keine natürliche Augenlinse mehr besitzen, können jedoch (bei Wellenlängen von weniger als 300 nm) eine UVS-Schädigung der Netzhaut erleiden, wenn ihnen keine künstliche Linse eingesetzt wurde, die diese Strahlung absorbiert. Diese Schäden werden von photochemisch erzeugten freien Radikalen hervorgerufen, die die Struktur der Netzhautzellen angreifen. Im Normalfall schützt sich die Netzhaut vor akuten Verletzungen durch unfreiwillige Abwehrreflexe auf sichtbares Licht. Eine UVS ruft diese Reflexe jedoch nicht hervor: Menschen, denen eine UV-absorbierende Augenlinse fehlt, sind daher bei ihrer Arbeit mit UVS-Quellen einem höheren Risiko einer Netzhautverletzung ausgesetzt.

Chronische UV-Strahlung ist ein Hauptfaktor für die Entwicklung von Horn- und Bindehautschäden, wie zum Beispiel die klimatisch bedingte Tröpfchenkeratopathie (eine Ansammlung gelber/brauner Ablagerungen in der Binde- und Hornhaut), Pterygium (Gewebewucherungen, die über die Hornhaut wachsen können) und vielleicht auch Pinguecula (gelbliche Degeneration der Bindehaut).

### B.3.2 Sichtbare Strahlung

#### Wirkungen auf die Haut

Die sichtbare Strahlung (Licht) dringt in die Haut ein und kann dort die Temperatur so weit erhöhen, dass Verbrennungen entstehen. Auf einen allmählichen Temperaturanstieg reagiert der Körper mit erhöhtem Blutfluss (der die Wärme abtransportiert) und Schweiß. Wird durch die Bestrahlung keine akute Verbrennung (in bis zu 10 s) ausgelöst, schützt sich der Mensch durch natürliche Abwehrreaktionen gegen die Wärme.

Bei längerer Expositionsdauer entsteht durch die thermische Beanspruchung als negative Wirkung hauptsächlich eine Wärmebelastung (erhöhte Körperkerntemperatur) durch die Wärme. Obwohl dies nicht direkt in der Richtlinie behandelt wird, müssen Raumtemperatur und Arbeitsbelastung hier als Faktoren berücksichtigt werden.

#### Wirkungen auf das Auge

Da das Auge die sichtbare Strahlung sammelt und bündelt, besteht für die Netzhaut ein größeres Risiko als für die Haut. Der direkte Blick in eine helle Lichtquelle kann eine Netzhautverletzung nach sich ziehen. Befindet sich diese Beschädigung, zum Beispiel durch den direkten Blick in einen Laserstrahl, in der Sehgrube (Fovea), können sich daraus schwere Sehstörungen ergeben. Zu den natürlichen Schutzreflexen gehört auch die Abwehrreaktion auf besonders helle Lichtquellen. Der Abwehrreflex funktioniert in ca. 0,25 Sekunden. Die Pupille zieht sich zusammen und kann die Bestrahlungsstärke auf der Netzhaut etwa um den Faktor 30 reduzieren. Darüber hinaus wird ggf. auch der Kopf unwillkürlich abgewendet.

Ein Temperaturanstieg in der Netzhaut von 10 bis 20°C kann aufgrund der Proteindenaturierung zu bleibenden Schäden führen. Nimmt die Strahlungsquelle einen großen Teil des Gesichtsfeldes ein und erzeugt somit ein großes Bild auf der Netzhaut, sind die Netzhautzellen im Zentrum dieses Bereichs nicht in der Lage, die Wärme schnell genug abzugeben.

Sichtbares Licht kann dieselben photochemischen Schäden hervorrufen wie UVS (auch wenn der normale Abwehrreflex auf helles Licht bei sichtbaren Wellenlängen als Schutzmechanismus funktioniert). Besonders ausgeprägt zeigen sich diese Wirkungen bei Wellenlängen von ca. 435 nm bis 440 nm. Man spricht hier auch von Blaulichtschäden. Eine chronische Exposition durch starkes Umgebungslicht kann für photochemische Schäden der Netzhautzellen verantwortlich sein – das Ergebnis ist ein schlechtes Farb- und Nachtsichtvermögen.

Trifft die Strahlung in das Auge in Form eines größtenteils parallelen Strahls ein (das heißt mit äußerst geringer Divergenz von einer entfernten Quelle oder einem Laser), kann sie auf der Netzhaut in einem sehr kleinen Bereich abgebildet werden. Dadurch wird die Strahlungsleistung stark konzentriert und ruft dort schwere Schäden hervor. Durch diesen Fokussierungsprozess kann sich die Bestrahlungsstärke auf der Netzhaut im Vergleich zu der auf der Hornhaut theoretisch um bis zu 500 000-fach steigern. In diesen Fällen kann die Helligkeit also alle bekannten natürlichen und künstlichen Lichtquellen übertreffen. Die meisten Laser-Verletzungen sind Verbrennungen:

Gepulste Laser mit hohen Spitzenleistungen können einen derart starken Temperaturanstieg verursachen, dass die Zellen im wahrsten Sinne des Wortes explodieren.

### B.3.3 IRA

#### Wirkungen auf die Haut

IRA-Strahlung dringt mehrere Millimeter tief in das Gewebe ein, das heißt bis in die Lederhaut (Dermis). Dort ruft sie die gleichen Wärmewirkungen hervor wie sichtbare Strahlung.

#### Wirkungen auf das Auge

Genau wie sichtbare Strahlung wird auch IRA von der Hornhaut und Linse gebündelt und auf die Netzhaut übertragen. Dort kann sie die gleichen Wärmewirkungen hervorrufen wie sichtbare Strahlung. Die Netzhaut nimmt IRA-Strahlung jedoch nicht wahr, so dass die natürlichen Abwehrreflexe keinen Schutz bieten. Daher wird der Spektralbereich von 380 nm bis 1 400 nm (das heißt sichtbare und IRA-Strahlung) häufig auch als Bereich der Netzhautgefährdung (engl. retinal hazard region) bezeichnet.

Eine chronische Exposition durch IRA-Strahlung kann auch Katarakte hervorrufen.

Da die IRA-Strahlung nicht über ausreichend energiereiche Photonen verfügt, besteht kein Risiko für photochemisch ausgelöste Schädigungen.

### B.3.4 IRB

#### Wirkungen auf die Haut

Die IRB-Strahlung dringt weniger als 1 mm in das Gewebe ein. Sie kann dieselben Wärmewirkungen wie eine sichtbare und IRA-Strahlung hervorrufen.

#### Wirkungen auf das Auge

Bei Wellenlängen von rund 1 400 nm ist das Kammerwasser ein sehr starker Absorber; längere Wellenlängen werden vom Glaskörper abgeschwächt – die Netzhaut ist also geschützt. Eine Erwärmung des Kammerwassers und der Iris kann zur Erwärmung des anliegenden Gewebes

(inklusive der Linse) führen, das nicht vaskularisiert (das heißt durch Blutgefäße versorgt) wird und daher nicht über eine Temperatursteuerung verfügt. Diese Tatsache sowie die direkte Absorption der IRB-Strahlung durch die Linse führen zu Katarakten, einer bedeutenden Berufskrankheit für einzelne Arbeitnehmergruppen (zum Beispiel Glasbläser und Kettenhersteller).

### B.3.5 IRC

#### Wirkungen auf die Haut

Die IRC-Strahlung dringt nur in die oberste Schicht aus abgestorbenen Hautzellen (Hornhaut oder Stratum Corneum) ein. Leistungslaser, die diese Hornhaut abtragen und darunter liegendes Gewebe beschädigen können, gehören zu den schwerwiegendsten Akutgefahren im IRC-Bereich. Dabei entstehen hauptsächlich thermische Schädigungen, wobei starke Laser mit hohen Spitzenleistungen auch mechanische/akustische Schäden hervorrufen können.

Wie schon bei sichtbaren, IRA- und IRB-Wellenlängen müssen auch hier die körperliche Hitzebelastung sowie Beschwerden durch die Temperaturbelastung berücksichtigt werden.

#### Wirkungen auf das Auge

Die IRC-Strahlung wird von der Hornhaut absorbiert, so dass sich die Hauptgefährdung hier auf Hornhautverbrennungen bezieht. Aufgrund der Wärmeleitung kann auch die Temperatur in den umliegenden Augenbereichen ansteigen; der Wärmeverlust (durch Verdunstung und Lidschließen) sowie Temperaturanstieg (durch die Körpertemperatur) beeinflussen diesen Prozess.



# Anhang C – Größen und Einheiten der künstlichen optischen Strahlung

Wie bereits im Abschnitt „Die Eigenschaften der optischen Strahlung“ ausgeführt, hängen die Wirkungen der optischen Strahlung von der Energie und der Menge der Strahlung ab. Optische Strahlung lässt sich auf vielerlei Art und Weise quantifizieren; im Folgenden werden die in der Richtlinie benutzten Größen kurz dargestellt.

## C.1 Basisgrößen

### C.1.1 Wellenlänge

Diese Größe bezieht sich auf die charakteristische Wellenlänge der optischen Strahlung und wird in Untereinheiten von Meter gemessen, im Allgemeinen in Nanometer (nm), die einem Millionstel Millimeter entsprechen. Bei größeren Wellenlängen wird der Einfachheit halber oft Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) benutzt: Ein Mikrometer entspricht 1 000 Nanometern.

In vielen Fällen strahlt die optische Strahlungsquelle Photonen mit vielen verschiedenen Wellenlängen aus.

In Formeln wird die Wellenlänge mit dem Symbol  $\lambda$  (Lambda) dargestellt.

### C.1.2 Energie

Energie wird in Joule (J) gemessen. Sie bezieht sich entweder auf die Energie in jedem Photon (die im Bezug zur Wellenlänge des Photons steht) oder auf die Energie, die in einer bestimmten Photonenmenge steckt, zum Beispiel einem Laserimpuls.

In Formeln wird die Energie mit dem Symbol  $Q$  dargestellt.

### C.1.3 Weitere nützliche Größen

#### Winkelausdehnung

Hierbei handelt es sich um die scheinbare Ausdehnung eines Objekts (normalerweise eine optische

Strahlungsquelle), wie sie von einem bestimmten Ort aus gesehen wird (normalerweise der Punkt, an dem die Messungen vorgenommen werden). Berechnet wird die Winkelausdehnung durch die Division der wahren Ausdehnung des Objekts durch den Abstand zum Objekt. Dabei ist darauf zu achten, dass beide Werte in denselben Einheiten angegeben werden. Aus dieser Berechnung ergibt sich die Winkelausdehnung in Radiant (r).

Steht das Objekt im Winkel zum Betrachter, muss die Winkelausdehnung mit dem Cosinus dieses Winkels multipliziert werden.

In der Richtlinie wird die Winkelausdehnung mit dem Symbol  $\alpha$  (Alpha) dargestellt.

#### Raumwinkel

Dies ist die 3D-Version der Winkelausdehnung. Die Objektfläche wird durch das Quadrat des Abstands zum Objekt geteilt. Auch hier muss bei einer Betrachtung des Objekts aus einem anderen Winkel der Cosinus dieses Winkels eingesetzt werden. Die für den Raumwinkel geltende Einheit ist der Steradian (sr), der durch das Symbol  $\omega$  (Omega) dargestellt wird.

#### Strahldivergenz

Dies ist der Winkel, in dem ein optischer Strahl mit zunehmendem Quellenabstand auseinanderläuft. Berechnet wird er, indem die Strahlbreite an zwei unterschiedlichen Punkten gemessen und anschließend die Differenz der Strahlbreiten durch den Abstand zwischen diesen Punkten dividiert wird. Die Strahldivergenz wird in Radiant ausgedrückt.

## C.1.4 Verwendete Größen bei Expositionsgrenzwerten

### Strahlungsleistung

Die Leistung ist hier die Menge an Strahlungsenergie, die durch einen bestimmten Ort im Raum fließt. Sie wird in Watt (W) gemessen, wobei 1 Watt = 1 Joule/Sekunde. Die Strahlungsleistung wird durch das Symbol  $\Phi$  (Phi) dargestellt.

Der Begriff Leistung kann sich auf die Leistung in einem definierten optischen Strahl beziehen und wird in diesen Fällen auch als CW-Leistung angegeben. So emittiert ein CW-Laser mit einer Strahlungsleistung von 1 mW Photonen einer Gesamtenergie von 1 mJ/Sekunde.

Die Leistung kann auch einen Impuls einer optischen Strahlung beschreiben. Emittiert ein Laser einen individuellen Impuls von 1 mJ Energie in 1 ms, dann liegt die Impulsleistung bei 1 W. Bei einer kürzeren Impulsdauer, zum Beispiel in 1  $\mu$ s, läge die Leistung bei 1 000 W.

### Bestrahlungsstärke

Die Bestrahlungsstärke ist die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit. Sie hängt also von der optischen Strahlungsleistung und der Strahlfläche auf der Oberfläche ab. Berechnet wird sie durch die Division der Leistung durch die Fläche, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ( $W m^{-2}$ ). Dargestellt wird die Bestrahlungsstärke durch das Symbol E.

### Bestrahlung

Die Bestrahlung ist die Energiemenge je Flächeneinheit, die auf eine bestimmte Fläche trifft. Berechnet wird sie durch die Multiplikation der Bestrahlungsstärke (in  $W m^{-2}$ ) mit der Expositionsdauer (in s), ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter ( $J m^{-2}$ ). Dargestellt wird die Bestrahlung durch das Symbol H.

### Strahldichte

Die Strahldichte beschreibt die Konzentration eines optischen Strahls. Berechnet wird sie durch die Division der Bestrahlungsstärke an einem bestimmten Ort durch den Raumwinkel der Quelle, jeweils gesehen von diesem Ort.

Ausgedrückt wird die Strahldichte in Watt pro Quadratmeter pro Steradian ( $W m^{-2} sr^{-1}$ ) und dargestellt durch das Symbol L.

## C.1.5 Spektrale Größen und integrale (Breitband-)Größen

Emittiert eine Quelle optischer Strahlung, wie zum Beispiel ein Laser, nur eine Wellenlänge (zum Beispiel 633 nm), sind die angegebenen Größen natürlich ausschließlich Beschreibungen der Emissionen bei dieser Wellenlänge – zum Beispiel  $\Phi = 5$  mW.

Bei der Emission mehrerer Wellenlängen gelten unterschiedliche Größen für jede einzelne Wellenlänge – so kann ein Laser bei 633 nm 3 mW und bei 1 523 nm 1 mW emittieren. Hier handelt es sich um eine Beschreibung der spektralen Leistungsverteilung der Quelle (häufig dargestellt durch das Symbol  $\Phi\lambda$ ). Es ist weiterhin richtig, die Gesamtstrahlungsleistung dieses Lasers mit  $\Phi = 4$  mW anzugeben. Dieser Wert stellt damit einen Integralwert dar.

Breitbanddaten berechnen sich durch die Addition aller Spektraldaten innerhalb des untersuchten Wellenlängenbereichs.

## C.1.6 Radiometrische und effektive Größen

Bei allen oben genannten Größen handelt es sich um radiometrische Größen. Mit radiometrischen Daten werden einige Aspekte im Bereich der Strahlung quantifiziert und beschrieben. Sie beziehen sich nicht unbedingt auf die Wirkungen der Strahlung auf ein biologisches Objekt. So ist zum Beispiel eine Bestrahlungsstärke von  $1 W m^{-2}$  bei einer Wellenlänge von 270 nm gefährlicher für die Hornhaut des Auges als  $1 W m^{-2}$  bei 400 nm. Sind Informationen zu den biologischen Wirkungen gefragt, müssen effektive Größen eingesetzt werden. Viele Expositionsgrenzwerte werden als effektive Größen angegeben, da sie dazu dienen, biologische Wirkungen zu vermeiden.

Effektive Größen gibt es jedoch nur, wenn wissenschaftlich belegt werden kann, welchen Einfluss die Wellenlänge bei einer bestimmten biologischen Wirkung hat. So steigt zum Beispiel die Wirksamkeit der Strahlung, die eine Photokeratitis hervorruft, im Bereich zwischen

250 nm und einem Spitzenwert von 270 nm, fällt jedoch im Bereich zwischen 270 nm und 400 nm schnell wieder ab. Ist die relative spektrale Wirksamkeit bekannt, wird sie häufig durch Symbole wie  $S_\lambda$ ,  $B_\lambda$  oder  $R_\lambda$  dargestellt. Dabei handelt es sich jeweils um die relative spektrale Wirksamkeit, für die Verursachung von Photokeratitis/Erythema, von photochemischen Schädigungen der Netzhaut bzw. thermischen Netzhautschäden.

Die relative spektrale Wirksamkeit kann mit radiometrischen Spektraldaten multipliziert werden und ergibt die effektiven Spektraldaten. Addiert ergeben diese effektiven Daten eine effektive Breitbandgröße, die sich häufig durch tiefergestellte Symbole auf die angewendeten spektralen Wirksamkeitsdaten bezieht. So wird bei dem Breitband-Strahlungswert ( $L$ ) durch das Symbol  $L_b$  angegeben, dass eine spektrale Wichtung mit den spektralen Wichtungswerten  $B_\lambda$  erfolgte.

### C.1.7 Leuchtdichte

Ein Beispiel für eine biologisch effektive Größe wurde bisher noch nicht erwähnt: die Leuchtdichte. Obwohl sie bei den Expositionsgrenzwerten nicht benutzt wird,

eignet sie sich für die Abschätzung der potenziellen Schädigungswirkung von breitbandigen weißen Lichtquellen auf die Netzhaut.

Leuchtdichte wird durch das Symbol  $L_v$  dargestellt und in Candela pro Quadratmeter ( $\text{cd m}^{-2}$ ) ausgedrückt. Die durch die Leuchtdichte beschriebene biologische Wirkung ist die Beleuchtung, wie sie das tageslicht-adaptierte Auge wahrnimmt. Diese steht in Beziehung zur Größe Beleuchtungsstärke ( $E_v$  ausgedrückt in lx), die vielen Lichttechnikern ein Begriff ist.

Ausgedrückt wird diese Beziehung als  $L_v = E_v/\omega$ . Aus der durch eine Quelle erzeugten Beleuchtungsstärke auf einer Fläche, dem Abstand zur Quelle sowie ihren Abmessungen kann die Leuchtdichte in einfachen Schritten berechnet werden.

# Anhang D – Ausgearbeitete Beispiele

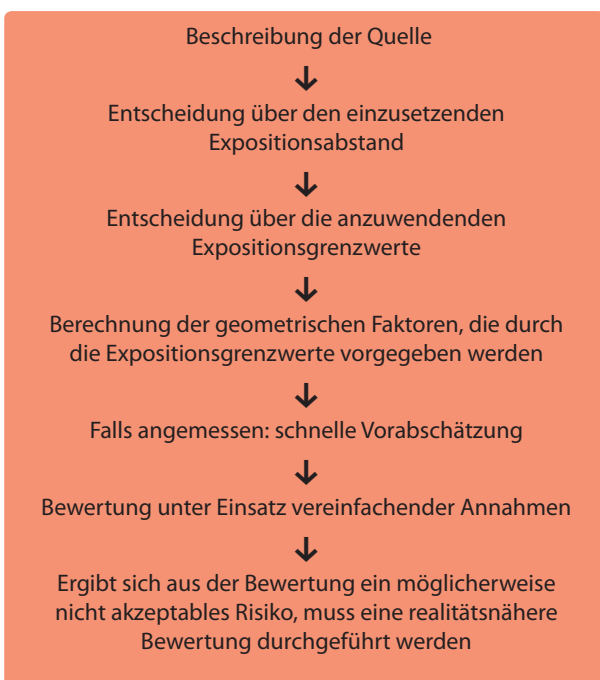
## D.1 Büro

In den folgenden Beispielen finden sich viele unterschiedliche Quellen optischer Strahlung, die an den meisten – oder vielen – Arbeitsplätzen eingesetzt werden.

Die Gefährdung durch diese Quellen wurde über einen allgemeinen Ansatz erfasst. Im Folgenden wird diese Vorgehensweise detailliert beschrieben, die in dieser Form bei den anschließend angegebenen Beispielen angewendet wurde.

### D.1.1 Erläuterung des allgemeinen Ansatzes

Dieser allgemeine Ansatz stützt sich auf EN 62471:2008. Wo immer dies möglich ist, werden die Annahmen jedoch dahingehend vereinfacht, dass sie mit Bezug auf Netzhautschädigungen stets konservativ ausgerichtet sind. Durch die besonders detaillierte Erläuterung soll erreicht werden, dass alle nachfolgenden Beispiele abgedeckt sind. Die Gefährdungsbeurteilung umfasst folgende Schritte:



Zu Beginn erfolgt die Beschreibung der Quelle sowie ihrer Abmessungen. Diese Abmessungen sind wichtig, falls die Quelle eine Strahlung im sichtbaren oder IRA-Spektralbereich emittiert.

Anschließend erfolgt die Entscheidung, in welchem räumlichen Abstand die Gefährdungsbeurteilung durchzuführen ist: als Messabstand wird normalerweise der Abstand gewählt, bis zu dem sich Personen einer Quelle unter realen (bzw. leicht konservativen) Bedingungen annähern können – und nicht der nahestmögliche Quellenabstand.

### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Welche Expositionsgrenzwerte sind angemessen? Unter Berücksichtigung der stärkstmöglichen Exposition (das heißt, ein Mensch blickt länger als acht Stunden in die Quelle) und unter Bezug auf Tabelle 1.1 der Richtlinie ergibt sich folgende Tabelle:

Kennbuchstabe	Wellenlänge (nm)	Einheit	Körperteil	Gefährdung	Angemessen?
a	180-400 (UVA, UVB, UVC)	$\text{J m}^{-2}$	Auge Hornhaut Bindehaut Linse Haut	Photokeratitis Photokonjunktivitis Kataraktogenese Erythem Elastose Hautkrebs	Ja, falls Quelle UVS emittiert.
b	315-400 (UVA)	$\text{J m}^{-2}$	Augenlinse	Kataraktogenese	Ja, falls Quelle UVS emittiert.
c	300-700 (Blaulicht) (wobei $\alpha \geq 11$ mrad und $t \leq 10\,000$ s)	$\text{W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	Auge Netzhaut	Photoretinitis	Nein, der ungünstigste Fall bezieht sich auf die längste Exposition.
d	300-700 (Blaulicht) (wobei $\alpha \geq 11$ mrad und $t > 10\,000$ s)	$\text{W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$			Ja, falls Quelle eine Strahlung im sichtbaren Bereich emittiert. Der Grenzwert bezieht sich auf die längste Exposition von acht Stunden.
e	300-700 (Blaulicht) (wobei $\alpha < 11$ mrad und $t \leq 10\,000$ s)	$\text{W m}^{-2}$			Nicht sehr oft, da die gebräuchlichen Quellen häufig sehr groß sind.
f	300-700 (Blaulicht) (wobei $\alpha < 11$ mrad und $t > 10\,000$ s)	$\text{W m}^{-2}$			
g	380-1 400 (sichtbar und IRA) (bei $t > 10$ s)	$\text{W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung	Ja, falls Quelle eine Strahlung im sichtbaren Bereich emittiert. Der Grenzwert bezieht sich auf die längste Exposition von acht Stunden.
h	380-1 400 (sichtbar und IRA) (bei $t$ 10 $\mu\text{s}$ bis 10 s)	$\text{W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung	Nein, der ungünstigste Fall bezieht sich auf die längste Exposition.
i	380-1 400 (sichtbar und IRA) (bei $t < 10$ s)	$\text{W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$			
j	780-1 400 (IRA) (bei $t > 10$ s)	$\text{W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$			
k	780-1 400 (IRA) (bei $t$ 10 $\mu\text{s}$ bis 10 s)	$\text{W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung	Nicht sehr oft, da die gebräuchlichen Quellen normalerweise eine sichtbare Strahlung emittieren, so dass die Grenzwerte g, h und l angemessener sind.
l	780-1 400 (IRA) (bei $t < 10$ $\mu\text{s}$ )	$\text{W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$			
m	780-1 400 (IRA, IRB) (bei $t \leq 1\,000$ s)	$\text{W m}^{-2}$	Auge Hornhaut Linse	Hornhautverbrennung	
n	780-3 000 (IRA, IRB) (bei $t > 1\,000$ s)	$\text{W m}^{-2}$			
o	380-3 000 (sichtbar, IRA, IRB)	$\text{J m}^{-2}$	Haut	Verbrennung	Nicht sehr oft, da dies nur bei stark wärmeabgebenden Industriequellen ein Grund zur Besorgnis ist.

Im Allgemeinen trifft nur die Anwendung der Grenzwerte unter  $a$  und  $b$  zu (falls die Quelle eine UVS emittiert) bzw.  $d$  und  $g$  (falls die Quelle sichtbare und IRA-Strahlung emittiert).

Unter außergewöhnlichen Umständen können andere Grenzwerte angemessen sein. So wird beispielsweise der Grenzwert  $c$  eingesetzt, wenn es wahrscheinlich ist, dass der Grenzwert  $d$  überschritten wird. Grenzwert  $h$  wird eingesetzt, wenn es wahrscheinlich ist, dass Grenzwert  $g$  überschritten wird. Diese Umstände ergeben sich im Verlauf der Gefährdungsbeurteilung.

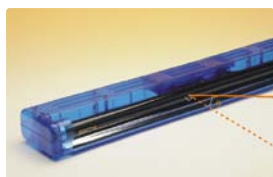
Mit diesen Expositionsgrenzwerten sind die spektralen Wichtungsfunktionen  $S(\lambda)$ ,  $B(\lambda)$  und  $R(\lambda)$  verbunden, die in Kapitel 5.2 näher erläutert sind. Ihre Anwendung bedeutet, dass Spektraldaten erforderlich sind.

## Geometrische Faktoren

Emittiert die Quelle sichtbare und/oder IR-Strahlung, hängen die einschlägigen Expositionsgrenzwerte und radiometrischen Größen von zu berechnenden geometrischen Faktoren ab. Einige dieser Faktoren werden in der Richtlinie definiert, andere wiederum in der Norm EN 62471:2008 erläutert. Emittiert die Quelle ausschließlich UV-Strahlung, sind diese Faktoren nicht relevant.

Zu den geometrischen Faktoren gehören:

$\theta$  (Winkel zwischen der Senkrechten der Quellenoberfläche und der für die Messung angesetzten Blickrichtung, siehe Diagramm rechts);



$Z$  (mittlere Abmessung der Quelle);

$\alpha$  (Winkelausdehnung der Quelle);

$C_a$  (von  $\alpha$  abhängiger Faktor);

$\omega$  (Raumwinkelausdehnung der Quelle).

Bevor diese Faktoren berechnet werden, ist festzustellen, ob die Quelle ein räumlich relativ homogenes Strahlungsfeld emittiert oder nicht. Handelt es sich um eine homogene Quelle, müssen sich alle Maße (Länge, Breite, usw.) auf die gesamte Quellenfläche beziehen. Handelt es sich offensichtlich nicht um eine homogene Quelle (zum Beispiel eine helle Lampe vor einem schwachen Reflektor), dürfen diese Abmessungen nur von der

hellsten Fläche genommen werden. Besteht eine Quelle aus zwei oder mehr identischen Strahlern, kann jeder Strahler als separate Quelle angesehen werden, die zu den gemessenen Emissionen jeweils *pro rata* beiträgt.

### Berechnung der Abmessung $Z$ :

Scheinbare Länge,  $l$ , der Quelle = tatsächliche Länge  $\times \cos\theta$

Scheinbare Breite,  $w$ , der Quelle = tatsächliche Länge  $\times \cos\theta$

$Z$  ist der Durchschnittswert aus  $l$  und  $w$

### Hinweise:

- Wird die Quelle lotrecht zu ihrer Oberfläche betrachtet, gilt  $\cos\theta = 1$
- Handelt es sich um eine kreisförmige Quelle, die aus einem Winkel von  $90^\circ$  betrachtet wird, entspricht  $Z$  dem Durchmesser

### Die scheinbare Fläche, $A$ , der Quelle entspricht:

Tatsächliche Fläche  $\times \cos\theta$  (für eine kreisförmige Quelle) oder

$l \times w$  für andere Quellen

Ist der Abstand zur Quelle =  $r$  und werden alle Maße in denselben Einheiten angegeben, gilt:

$\alpha = Z/r$ , in *Radian* (rad)

$\omega = A/r^2$ , in *Steradian* (sr)

$C_a$  basiert auf  $\alpha$  und wird ausschließlich zur Berechnung des Expositionsgrenzwerts bei thermischer Gefährdung der Netzhaut eingesetzt. Da alle in diesem Leitfaden angegebenen Bewertungen auf vereinfachten Annahmen basieren, wie unten erläutert, wird  $C_a$  nicht berechnet.

## Vorbewertung

Gemäß der Organisation, die die Expositionsgrenzwerte aufgestellt hat (ICNIRP), ist es nicht notwendig, eine vollständige Spektralbewertung in Bezug auf Netzhautgefährdungen durch Weißlicht-Quellen der Allgemeinbeleuchtung mit einer Leuchtdichte von  $< 10^4 \text{ cd m}^{-2}$  durchzuführen. Dazu gehören laut Aussage dieser Organisation ungefilterte Glühlampen, Leuchtstoffröhren und Bogenlampen.

Dieser Hilfsgrenzwert ist *nicht* dazu geeignet, die sich aus einer UV-Strahlung ergebenden Risiken zu bewerten. Jedoch kann er für eine Einschätzung eingesetzt werden, ob eine vollständige Beurteilung der Gefährdung, die von sichtbarer oder IR-Strahlung ausgeht, notwendig ist oder nicht.

Für die Anwendung dieses Hilfsgrenzwertes kann die spektrale Bestrahlungsstärke zwischen 380 nm und 760 nm mit der spektralen Hellempfindlichkeitskurve  $V(\lambda)$  der Internationalen Beleuchtungskommission (Commission Internationale de l'Éclairage, CIE) gewichtet und dann zur Berechnung der photopisch effektiven Bestrahlungsstärke  $E_v$  aufsummiert werden. Diese wird in  $W\ m^{-2}$  ausgedrückt und anschließend mit dem festen Konversionsfaktor von  $683\ lm\cdot W^{-1}$  multipliziert, womit sich die Beleuchtungsstärke in Lux ergibt. Dividiert man die Beleuchtungsstärke durch  $\omega$ , erhält man die Leuchtdichte.

An dieser Stelle muss jedoch festgehalten werden, dass es nicht notwendig ist, Spektralmessungen durchzuführen, um von einer Leuchte die Beleuchtungsstärke herauszufinden – jedes gute und kalibrierte Luxmessgerät sollte diesen Wert ermitteln können. Auf diese Weise ist eine schnelle und einfache Vorbewertung möglich.

### Erforderliche Daten

Im Allgemeinen sind Daten erforderlich, die den kompletten Spektralbereich aller anzuwendenden Expositionsgrenzwerte abdecken. Im ungünstigsten Fall sind dafür wohl Daten von 180 nm bis 1 400 nm erforderlich.

Der Spektralbereich, für den derartige Daten erforderlich sind, lässt sich jedoch verkleinern. Dies wird offensichtlich, wenn ein bestimmter Expositionsgrenzwert nicht gilt: Emittiert eine Quelle keine UV-Strahlung, sind nur Daten für den Bereich von 400 nm bis 1 400 nm erforderlich.

Darüber hinaus kann bekannt sein, dass eine Quelle in einem bestimmten Spektralbereich keine Strahlung abgibt.

- So emittieren LED ihre Strahlung häufig nur über einen recht engen Wellenlängenbereich. Muss zum Beispiel eine grüne LED bewertet werden, reicht es bei Bedarf aus, nur den Spektralbereich von ca. 400 nm bis ca. 600 nm zu messen und die über diesen Bereich hinausgehenden Daten auf Null zu setzen.
- Quellen, die Strahlung unter 254 nm abgeben, sind sehr selten und kommen an den meisten Arbeitsplätzen vermutlich nicht vor.
- Viele Leuchtenkörper verfügen über Glasabdeckungen, die eine Strahlungsemission unter ca. 350 nm verhindern.

- Abgesehen von Glühlampen emittieren die meisten gebräuchlichen Quellen nur eine unerhebliche IR-Strahlung.

Auf jeden Fall müssen die erforderlichen Daten – nachdem der Spektralbereich für diese Daten festgelegt wurde – (durch Messungen oder auf anderem Wege) ermittelt werden. Die wichtigsten Daten ergeben sich aus der spektralen Bestrahlungsstärke, die je nach den anzuwendenden einschlägigen Expositionsgrenzwerten mit den Funktionen  $(S(\lambda), B(\lambda), R(\lambda))$  und eventuell  $V(\lambda)$  gewichtet werden können. Die gewichteten Daten müssen addiert werden.

### Vereinfachende Annahmen

Mit diesen Annahmen wurden die Mess- und Bewertungsverfahren im sichtbaren Spektralbereich vereinfacht. Sie sind nicht notwendig, wenn die einzige zu betrachtende Gefährdung durch UV-Emission besteht.

Jede Messung der spektralen Bestrahlungsstärke muss mit einem geeigneten Instrument erfolgen: Im Zusammenhang mit Expositionsgrenzwerten für die Netzhaut muss das Messgerät ein Gesichtsfeld haben, das (je nach erwarteter Expositionsdauer) auf spezielle  $\gamma$ -Werte eingeschränkt werden kann. Für den Expositionsgrenzwert  $d$  beträgt diese erwartete Expositionsdauer acht Stunden. Für den Expositionsgrenzwert  $g$  liegt die maximal zu berücksichtigende Expositionsdauer bei zehn Sekunden, da der Grenzwert über diese Dauer hinaus konstant bleibt.

In Tabelle 2.5 der Richtlinie werden die einschlägigen  $\gamma$ -Werte angegeben:

- $\gamma = 110$  mrad für die Expositionsgrenzwerte für photochemische Netzhautgefährdung (Grenzwert  $d$  für Expositionen von 10 000 s),
- $\gamma = 11$  mrad für die Expositionsgrenzwerte für thermische Netzhautgefährdung (Grenzwert  $g$  für Expositionen von 10 s).

Diese Anforderungen an das Gesichtsfeld scheinen mehrere Messungen erforderlich zu machen. Wenn die Winkelausdehnung der Quelle jedoch größer als  $\gamma$  ist, wird bei Messung mit uneingeschränktem Gesichtsfeld eine größere Bestrahlungsstärke ermittelt und damit im Sinne der Gefährdungsbeurteilung ein konservativerer Wert erzielt. Daher können alle Berechnungen auf Basis von Messungen mit uneingeschränktem Gesichtsfeld erfolgen.

Die Strahldichte ergibt sich aus den Daten der Bestrahlungsstärke, dividiert durch einen Raumwinkel. Dieser Raumwinkel entspricht – je nachdem, welcher Wert größer ist – entweder dem tatsächlichen Wert  $\omega$  oder einem auf  $\gamma$  basierenden Wert.

- Für den Expositionsgrenzwert  $d$  sollte ein Gesichtsfeld von  $\gamma = 110$  mrad angesetzt worden sein, woraus sich ein Raumwinkel von 0,01 sr ergibt.
- Für den Expositionsgrenzwert  $g$  sollte ein Gesichtsfeld von  $\gamma = 11$  mrad angesetzt worden sein, woraus sich ein Raumwinkel von 0,0001 sr ergibt.

In den unten aufgeführten Beispielen werden diese Werte wie folgt angegeben:

$\omega =$  der tatsächliche von der Quelle eingenommene Raumwinkel

$\omega_B = 0,01$  sr oder  $\omega$  (je nachdem, welcher Wert größer ist)

$\omega_R = 0,0001$  sr oder  $\omega$  (je nachdem, welcher Wert größer ist)

Mit diesen vereinfachenden Annahmen können künstlich zu hohe Ergebnisse für nichthomogene Quellen entstehen, die über  $\gamma$  hinausgehen. Wird eine solche Quelle bewertet und dabei der Expositionsgrenzwert überschritten, so ist es bei Bedarf ratsam, die Messungen unter Benutzung des Gesichtsfelds, das auf den angemessenen  $\gamma$ -Wert begrenzt ist, zu wiederholen.

## Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

### Grenzwert a

Der Expositionsgrenzwert beträgt  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$ .

Wird die effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  in  $\text{W m}^{-2}$  ausgedrückt, liegt die maximale Expositionszeit (MEZ) in Sekunden bei  $30 \text{ J m}^{-2} / E_{\text{eff}}$ .

*Beträgt diese Zeit mehr als acht Stunden, besteht kein Risiko, dass der Expositionsgrenzwert in einem Abstand  $r$  überschritten wird.*

### Grenzwert b

Der Expositionsgrenzwert beträgt  $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$ .

Wird die effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{UVA}}$  in  $\text{W m}^{-2}$  ausgedrückt, liegt die maximale Expositionszeit (MEZ) in Sekunden bei  $10^4 \text{ J m}^{-2} / E_{\text{UVA}}$ .

*Beträgt diese Zeit mehr als acht Stunden, besteht kein Risiko, dass der Expositionsgrenzwert in einem Abstand  $r$  überschritten wird.*

### Grenzwert d

Der Expositionsgrenzwert beträgt  $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

*Liegt die effektive Strahldichte  $L_B$  unter dem Expositionsgrenzwert, besteht kein Risiko, dass der Expositionsgrenzwert überschritten wird. Dies bezieht sich auf alle Abstände, solange  $\theta$  konstant bleibt.*

### Grenzwert g

Der Expositionsgrenzwert beträgt  $2,8 \times 10^7 / C_\alpha$ . In diesem Fall ist  $C_\alpha$  abhängig von  $\alpha$ . Der restriktivste Expositionsgrenzwert ergibt sich für  $\alpha \geq 100$  mrad. In diesem Fall gilt  $C_\alpha = 100$  mrad, und der Expositionsgrenzwert liegt bei  $280\,000 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

*Liegt die effektive Strahldichte  $L_R$  unter dem Expositionsgrenzwert, besteht kein Risiko, dass der Expositionsgrenzwert überschritten wird. Dies bezieht sich auf alle Abstände, solange  $\theta$  konstant bleibt.*



## Überschreitung der Expositionsgrenzwerte

ICNIRP-Grenzwert für die Leuchtdichte
Überschreitet die Leuchtdichte der Quelle einen Wert von $10^4 \text{ cd m}^{-2}$ , muss die Bewertung mit den erforderlichen Daten wiederholt werden, so dass ein Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten d und g vorgenommen werden kann.
Grenzwert a
Beträgt die MEZ weniger als acht Stunden, muss bewiesen werden, dass die tatsächliche Tätigkeitsdauer von Personen im Abstand r unter der MEZ liegt.
Grenzwert b
Beträgt die MEZ weniger als acht Stunden, muss bewiesen werden, dass die tatsächliche Tätigkeitsdauer von Personen im Abstand r unter der MEZ liegt. Jegliche Zeit, in der das Gesicht von der Quelle abgewandt ist, kann in diesem Fall von der Tätigkeitsdauer abgezogen werden.
Handelt es sich um eine besonders helle Quelle, kann davon ausgegangen werden, dass Abwendungsreflexe die Expositionseignisse auf jeweils 0,25 Sekunden reduzieren
Grenzwert d
Ist $L_b$ größer als der Expositionsgrenzwert, muss eine MEZ berechnet werden, die auf dem Expositionsgrenzwert c basiert.
Der Expositionsgrenzwert c liegt bei $L_b \leq 10^6/t$ . Daraus ergibt sich eine MEZ (in Sekunden) von $t_{\max} \leq 10^6/L_b$ . Anschließend muss bewiesen werden, dass die tatsächliche Tätigkeitsdauer von Personen mit Blickrichtung $\theta$ unter $t_{\max}$ liegt. Jegliche Zeit, in der das Gesicht von der Quelle abgewandt ist, kann in diesem Fall von der Tätigkeitsdauer abgezogen werden.
Handelt es sich um eine besonders helle Quelle, kann davon ausgegangen werden, dass Abwendungsreflexe die Expositionseignisse auf jeweils 0,25 Sekunden reduzieren.
Darüber hinaus kann der Expositionsgrenzwert e eingesetzt werden: Die Beziehungen $\alpha = Z/r$ und $L_b = E_b/\omega$ werden zur Berechnung des Abstands eingesetzt, bei dem $\alpha = 11 \text{ mrad}$ ist. Beträgt $E_b \leq 10 \text{ mW m}^{-2}$ bei diesem oder einem größeren Abstand, werden die Expositionsgrenzwerte über diesen Punkt hinaus nicht überschritten.
Grenzwert g
Ist $L_R$ größer als der Expositionsgrenzwert, war er ggf. zu restriktiv. Beträgt die tatsächliche Winkelausdehnung der Quelle $\alpha < 100 \text{ mrad}$ , muss der Expositionsgrenzwert neu berechnet werden.
Ist $L_R$ anschließend immer noch größer als der neue Expositionsgrenzwert, muss die MEZ berechnet werden, die auf dem Expositionsgrenzwert h basiert.
Der Expositionsgrenzwert h liegt bei $L_R \leq 5 \times 10^7 / c_a t^{0.25}$ . Daraus ergibt sich eine MEZ (in Sekunden) von $t_{\max} \leq (5 \times 10^7 / C_a L_R)^4$ , wobei $C_a = \alpha$ . Anschließend muss bewiesen werden, dass eine tatsächliche Tätigkeitsdauer von Personen mit Blickrichtung $\theta$ unter $t_{\max}$ liegt. Jegliche Zeit, in der das Gesicht von der Quelle abgewandt ist, kann in diesem Fall von der Tätigkeitsdauer abgezogen werden
Handelt es sich um eine besonders helle Quelle, kann davon ausgegangen werden, dass Abwendungsreflexe die Expositionseignisse auf jeweils 0,25 Sekunden reduzieren

### D.1.2 Die Aufbereitung der Beispiele

Die hier ausgearbeiteten und im Folgenden aufgeführten Beispiele werden in ähnlichen Schritten dargelegt wie in der obenstehenden Tabelle. Wo vereinfachende Annahmen angesetzt wurden, folgt das Beispiel dennoch einer vollständigen Bewertung. Schritte, die nicht länger notwendig sind, weil diese Annahmen bestätigt wurden, sind grau unterlegt worden, um die Eignung der anfänglichen Annahmen zu demonstrieren.

Am Ende dieses Anhangs findet sich eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus diesen Beispielen.

### D.1.3 Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen hinter einem Diffusor

Eine Reihe von Haushalts-Leuchtstofflampen in einer Deckenbeleuchtung mit  $3 \times 36 \text{ W}$  und den Maßen  $57,5 \text{ cm} \times 117,5 \text{ cm}$ . Über der Beleuchtung wurde ein Kunststoffdiffusor angebracht, der die Lampen vollständig bedeckt und zu einer angemessenen Homogenität der Quelle führt.



#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Lampe emittiert keine wesentliche IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare oder UV-Wellenlängen, wobei letztere ebenfalls durch den Kunststoffdiffusor abgeschwächt werden. Anwendung findet nur Grenzwert d.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von  $100 \text{ cm}$  von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt  $87,5 \text{ cm}$ .  
Folglich  $\alpha = 0,875 \text{ rad}$ .

Die Quelle hat eine Fläche von  $6\,756 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 0,68 \text{ sr}$ .

Folglich  $\omega_B = 0,68 \text{ sr}$  und  $\omega_R = 0,68 \text{ sr}$ .

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergab einen Wert von  $1\,477 \text{ mW m}^{-2}$ . Dies entspricht einer Beleuchtungsstärke von  $1\,009 \text{ lx}$ .

Folglich ergibt sich eine Leuchtdichte von  $1\,009 \text{ lx} / 0,68 \text{ sr} = 1\,484 \text{ cd m}^{-2}$ .

**Eine weitere Bewertung ist nicht erforderlich.**

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_B = 338 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_R = 5\,424 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  
 $L_B = 338 \text{ mW m}^{-2} / 0,68 \text{ sr} = 0,5 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_R = 5\,424 \text{ mW m}^{-2} / 0,68 \text{ sr} = 8 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 0,5 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 8 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.4 Einzelne deckenmontierte Leuchtstofflampe ohne Diffusor

Eine Haushalts-Leuchtstofflampe mit 58 W und den Abmessungen 153 cm × 2 cm befindet sich in einer Deckenbeleuchtung mit den Maßen 153 cm × 13 cm. Hinter der Lampe wurden Reflektoren angebracht, vor der Lampe gibt es keine Abdeckung. Es handelt sich nicht um eine homogene Quelle, und die Lampe ist der hellste Bestandteil der Quelle.



Siehe auch Beispiel D1.5.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Lampe emittiert keine wesentliche IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare oder UV-Wellenlängen. Anwendung finden die Grenzwerte *a*, *b* und *d*.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 100 cm von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 77,5 cm. Folglich  $\alpha = 0,775$  rad.

Die Lampe hat eine Fläche von 306 cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 0,03$  sr.

$\omega_B = 0,03$  sr und  $\omega_R = 0,03$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergab einen Wert von 1 640 mW m<sup>-2</sup>. Dies entspricht einer Beleuchtungsstärke von 1 120 lx.

Folglich ergibt sich eine Leuchtdichte von 1 120 lx / 0,03 sr = 37 333 cd m<sup>-2</sup>.

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut scheint erforderlich. Außerdem muss die UV-Strahlung bewertet werden.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 600 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 120 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),

$E_B = 561 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_R = 7 843 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

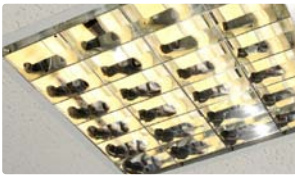
$L_B = 561 \text{ mW m}^{-2} / 0,03 \text{ sr} = 19 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_R = 7 843 \text{ mW m}^{-2} / 0,03 \text{ sr} = 261 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 600 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 120 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 19 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 261 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

## D.1.5 Mehrere deckenmontierte Leuchtstofflampen ohne Diffusor



Vier Haushalts-Leuchtstofflampen mit 18 W und den Abmessungen 57 cm × 2 cm befinden sich in einer Deckenbeleuchtung mit den Maßen 57 cm × 57 cm. Hinter jeder Lampe wurden Reflektoren angebracht, vor den Lampen gibt es keine Abdeckung. Dieses Beispiel entspricht der Deckenbeleuchtung in D1.4, wobei die Lampen hier jedoch von einem anderen Hersteller stammen. Es handelt sich nicht um eine homogene Quelle, und die vier Lampen sind der hellste Bestandteil der Quelle.

### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Lampen emittieren keine wesentliche IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare oder UV-Wellenlängen. Anwendung finden die Grenzwerte *a*, *b* und *d*.

### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 100 cm von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung jeder Lampe beträgt 29,5 cm. Folglich  $\alpha = 0,295$  rad.

Jede Lampe hat eine Fläche von 114 cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 0,011$  sr.

$\omega_B = 0,011$  sr und  $\omega_R = 0,011$  sr.

### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

#### Grenzwert a

Der Expositionsgrenzwert beträgt  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$  →  $E_{\text{eff}} = 1,04 \text{ mW m}^{-2}$

→ Die MEZ beträgt acht Stunden. Dies liegt nahe an einer Überschreitung des Expositionsgrenzwertes.

Obwohl eine fortgesetzte Exposition bei einem Abstand von 100 cm in der Praxis unwahrscheinlich ist, muss diese Exposition berücksichtigt werden, falls weitere Quellen einer UV-Strahlung in der Umgebung existieren.

#### Grenzwert b

Der Expositionsgrenzwert beträgt  $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$  →  $E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW m}^{-2}$

→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.

#### Grenzwert d

Der Expositionsgrenzwert beträgt  $100 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$  →  $L_B = 13 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

#### Grenzwert g

Der Expositionsgrenzwert beträgt  $280 \text{ kW m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$  →  $L_R = 183 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergab einen Wert von  $1\,788 \text{ mW m}^{-2}$ . Diese Messung bezieht sich auf vier Lampen: Da jede Lampe als separate Beleuchtungsquelle angesehen wird, trägt jede  $447 \text{ mW m}^{-2}$  zum Gesamtwert bei. Dies entspricht einer Beleuchtungsstärke von  $305 \text{ lx}$  je Lampe.

Folglich ergibt sich für jede Lampe eine Leuchtdichte von  $305 \text{ lx} / 0,011 \text{ sr} = 28\,000 \text{ cd m}^{-2}$ .

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich. Außerdem muss die UV-Strahlung bewertet werden.

### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 1,04 \text{ mW m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),

$E_B = 555 \text{ mW m}^{-2} = 139 \text{ mW m}^{-2}$  je Lampe

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_R = 8\,035 \text{ mW m}^{-2} = 2\,009 \text{ mW m}^{-2}$  je Lampe.

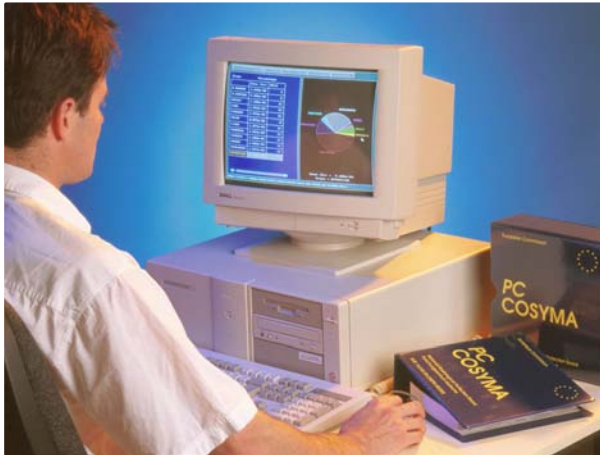
### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_B = 139 \text{ mW m}^{-2} / 0,011 \text{ sr} = 13 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_R = 2\,009 \text{ mW m}^{-2} / 0,011 \text{ sr} = 183 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

### D.1.6 Bildschirm mit einer Kathodenstrahl-Bildröhre



In dem an einen Desktop-PC angeschlossenen Bildschirm befindet sich eine Kathodenstrahl-Bildröhre.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Kathodenstrahl-Bildröhren emittieren keine wesentliche UV- oder IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen. Anwendung findet Grenzwert *d*.

#### Geometrische Faktoren

Die Farbbilder auf dem Bildschirm entstehen durch die Mischung von drei Primärfarben. Im ungünstigsten Fall, das heißt, wenn alle drei Primärfarben präsent sind, entsteht ein weißes Bild. Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 10 cm von einem homogenen, weißen Rechteck und direktem Blick in die Quelle gemessen.

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

<b>Grenzwert a</b>				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 130 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$	→	Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
<b>Grenzwert b</b>				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW m}^{-2}$	→	Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
<b>Grenzwert d</b>				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{B}} = 24 \text{ mW m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	→	Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
<b>Grenzwert g</b>				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 286 \text{ mW m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	→	Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 17 cm.

Folglich  $\alpha = 1,7 \text{ rad}$ .

Die Quelle hat eine Fläche von  $250 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 2,5 \text{ sr}$ .

Folglich  $\omega_{\text{B}} = 2,5 \text{ sr}$  und  $\omega_{\text{R}} = 2,5 \text{ sr}$ .

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $64 \text{ mW m}^{-2}$ . Dies entspricht einer Beleuchtungsstärke von 43 lx.

Folglich ergibt sich für die Quelle eine Leuchtdichte von  $43 \text{ lx} / 2,5 \text{ sr} = 17 \text{ cd m}^{-2}$ .

**Eine weitere Bewertung ist nicht erforderlich.**

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 130 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_{\text{B}} = 61 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_{\text{R}} = 716 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  
 $L_{\text{B}} = 61 \text{ mW m}^{-2} / 2,5 \text{ sr} = 24 \text{ mW m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_{\text{R}} = 716 \text{ mW m}^{-2} / 2,5 \text{ sr} = 286 \text{ mW m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

### D.1.7 Bildschirm eines Laptop-Computers



Ein Laptop-Computer mit einem LCD-Bildschirm.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

LCD-Bildschirme emittieren keine wesentliche UV- oder IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen. Anwendung findet Grenzwert d.

#### Geometrische Faktoren

Die Farbbilder auf dem LCD-Bildschirm entstehen durch die Mischung von drei Primärfarben. Im ungünstigsten Fall, das heißt, wenn alle drei Primärfarben präsent sind, entsteht ein weißes Bild. Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 10 cm von einem homogenen, weißen Rechteck und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 13 cm.

Folglich  $\alpha = 1,3$  rad.

Die Quelle hat eine Fläche von 173 cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 1,7$  sr.

Folglich  $\omega_b = 1,7$  sr und  $\omega_r = 1,7$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von 134 mW m<sup>-2</sup>. Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von 92 lx.

Folglich ergibt sich für die Quelle eine Leuchtdichte von 92 lx / 1,7 sr = 54 cd m<sup>-2</sup>.

**Eine weitere Bewertung ist nicht erforderlich.**

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 70 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_b = 62 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  $E_r = 794 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  $L_b = 62 \text{ mW m}^{-2} / 1,7 \text{ sr} = 36 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  $L_r = 794 \text{ mW m}^{-2} / 1,7 \text{ sr} = 467 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 70 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 36 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 467 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.8 Flutlicht für den Außenbereich mit einer Halogen-Metall dampflampe

Eine Leuchte mit einer 70-W-Halogen-Metall dampflampe, hinter der ein Reflektor angebracht ist. Die Leuchte hat die Maße 18 cm × 18 cm und ist mit einer durchsichtigen Abdeckung ausgestattet. Sie wird an Brüstungen angebracht und dient dort der Beleuchtung darunterliegender Bereiche. Es handelt sich nicht um eine homogene Quelle – der hellste Bereich ist der Lichtbogen selbst, der in etwa als zylindrisch angesehen wird, mit einem Durchmesser von etwa 5 cm.



#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare oder ggf. UV-Wellenlängen. Halogen-Metall dampflampen emittieren reichlich UV-Strahlung. Die Lampe in diesem Beispiel verfügt zwar über ein Gehäuse sowie eine Abdeckung vor der Leuchte, die diese Emissionen reduzieren. Dennoch ist es möglich, dass eine besorgniserregende Menge von UVA-Strahlung emittiert wird. Anwendung finden die Grenzwerte  $b$ ,  $d$  und  $g$ .

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 100 cm von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung des Lichtbogens beträgt 0,5 cm. Folglich  $\alpha = 0,005$  rad. Dies ist  $< 11$  mrad, so dass Grenzwert  $d$  durch Grenzwert  $f$  ersetzt werden kann, sofern ein direkter Blick in die Quelle beabsichtigt ist. Da dies hier

nicht der Fall ist, wird Grenzwert  $d$  für die Bewertung eingesetzt; siehe Hinweis 2 in Tabelle 1.1 der Richtlinie.

Die Quelle hat eine Fläche von  $0,2 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 0,00002 \text{ sr}$ .

Folglich  $\omega_b = 0,01 \text{ sr}$  und  $\omega_r = 0,0001 \text{ sr}$ .

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $4\,369 \text{ mW m}^{-2}$ . Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von  $2\,984 \text{ lx}$ .

Folglich ergibt sich eine Leuchtdichte von  $2\,984 \text{ lx} / 0,00002 \text{ sr} = 149\,000\,000 \text{ cd m}^{-2}$ .

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich. Außerdem muss eine potenzielle Gefährdung durch UV-Strahlung bewertet werden.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  
 $E_b = 2\,329 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $ER = 30\,172 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_b = 2\,329 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 233 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),

$LR = 30\,172 \text{ mW m}^{-2} / 0,0001 \text{ sr} = 302 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

## Vergleich mit Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 110 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$	→	Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2}$	→	Die MEZ beträgt drei Stunden.
Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die große Helligkeit der Lampe eine Exposition auf jeweils 0,25 Sekunden begrenzt.				
Grenzwert d				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{b}} = 233 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	Der Expositionsgrenzwert wird überschritten.
Folglich sollte Grenzwert c zur Berechnung der MEZ herangezogen werden.				
Grenzwert c				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $L_{\text{b}} < 10^6/t \text{ W m}^{-2}$	→	$t_{\text{max}} = 10^6/L_{\text{b}}$	→	Die MEZ für diese Quelle liegt bei ca. 70 Minuten.
Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die große Helligkeit der Lampe eine Exposition auf jeweils 0,25 Sekunden begrenzt. Hinweis: Ist eine direkte Betrachtung vorgesehen, ergibt sich für $t_{\text{max}}$ auf Basis des Grenzwertes $e = 100 / E_{\text{b}}$ eine Zeit von ca. 40 Sekunden.				
Grenzwert g				
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 302 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	Auf Basis der vereinfachten Annahme, dass $\alpha > 0,1 \text{ rad}$ ist, wird der Expositionsgrenzwert überschritten.
Wird der Expositionsgrenzwert auf Basis eines tatsächlichen $\alpha$ (5 mrad) erneut berechnet, ergibt sich ein realistischerer Expositionsgrenzwert von $5\,600 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ . In diesem Falle wird der Expositionsgrenzwert nicht überschritten.				



### D.1.9 Flutlicht für den Außenbereich mit einer Kompakt-Leuchtstofflampe



Diese Leuchte wurde mit einer 26-W-Kompakt-Leuchtstofflampe mit den Maßen 3 cm × 13 cm ausgestattet. Hinter der Lampe befindet sich ein simpler Reflektor, davor eine durchsichtige Abdeckung. Sie wird an Brüstungen angebracht und dient dort der Beleuchtung darunterliegender Bereiche. Es handelt sich nicht um eine homogene Quelle, der hellste Bereich ist die Lampe selbst.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Lampenart emittiert keine wesentliche IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare oder UV-Wellenlängen. Die UV-Wellenlängen werden durch den Kunststoffdiffusor abgeschwächt. Anwendung findet der Grenzwert *d*.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 100 cm von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{B}} = 15 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 503 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 8 cm.

Folglich  $\alpha = 0,08 \text{ rad}$ .

Die Quelle hat eine Fläche von 39 cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 0,0039 \text{ sr}$ .

Folglich  $\omega_{\text{B}} = 0,01 \text{ sr}$  und  $\omega_{\text{R}} = 0,0039 \text{ sr}$ .

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von 366 mW m<sup>-2</sup>. Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von 250 lx.

Folglich ergibt sich eine Leuchtdichte von 250 lx / 0,0039 sr = 64 000 cd m<sup>-2</sup>.

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  
 $E_{\text{B}} = 149 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_{\text{R}} = 1 962 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_{\text{B}} = 149 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 15 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_{\text{R}} = 1 962 \text{ mW m}^{-2} / 0,0039 \text{ sr} = 503 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

### D.1.10 Elektronischer Insektenkiller



In Elektronischen Insektenkillern (EIK) werden häufig Niederdruck-Quecksilberentladungslampen eingesetzt, die Strahlung im UVA- und blauen Teil des Spektralbereichs emittieren und auf diese Weise fliegende Insekten auf ein Hochspannungsgitter locken. Dieses Beispiel verbraucht 25 W und enthält zwei Lampen (Maße jeweils: 26 cm × 1 cm), die in einem Abstand von 10 cm horizontal angebracht wurden.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

EIK müssen der Produktnorm EN 60335-2-59 entsprechen, die bei einem Abstand von 1 m eine  $UV_{\text{seff}}$ -Bestrahlungsstärke von  $\leq 1 \text{ mW m}^{-2}$  vorschreibt. Daher muss Grenzwert *a* nicht, Grenzwert *b* jedoch weiterhin berücksichtigt werden. Da es sich nicht um eine Weißlichtquelle handelt, kann die Leuchtdichte nicht als Schutzmaßnahme benutzt werden. Im Normalfall produzieren EIK jedoch nur einen geringen visuellen Reiz, so dass eine Gefährdung der Netzhaut nicht berücksichtigt werden muss.

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 34 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{b}} = 0,85 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{r}} = 33 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 100 cm vom EIK gemessen. Da der EIK an der Wand angebracht ist, wird der Abstand etwa von Kopfhöhe aus gemessen. Der Detektor wird also von unten in einem Winkel von ca. 30° zur Horizontalen auf den EIK gerichtet. Da die EIK-Lampen einen runden Querschnitt haben, kann auch angenommen werden, dass in sie aus einem 90°-Winkel zu ihren Oberflächen geblickt wird.

Die gemittelte Abmessung jeder Lampe beträgt 13,5 cm.

Folglich  $\alpha = 0,135 \text{ rad}$ .

Jede Lampe hat eine scheinbare Fläche von 26 cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 0,0026 \text{ sr}$ .

Folglich  $\omega_B = 0,01 \text{ sr}$  und  $\omega_R = 0,0026 \text{ sr}$ .

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 34 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  
 $E_{\text{b}} = 17 \text{ mW m}^{-2} = 8,5 \text{ mW m}^{-2} \text{ je Lampe}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_{\text{r}} = 172 \text{ mW m}^{-2} = 86 \text{ mW m}^{-2} \text{ je Lampe}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  
 $L_{\text{b}} = 8,5 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 0,85 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_{\text{r}} = 86 \text{ mW m}^{-2} / 0,0026 \text{ sr} = 33 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

### D.1.11 Decken-Einbaustrahler



Ein Decken-Einbaustrahler mit einer 50-W-Wolfram-Halogenlampe in einem verschlossenen Leuchtengehäuse mit dichroischem Reflektor und vorderer Glasabdeckung. Die verschlossene Leuchte weist einen Durchmesser von 4 cm auf. Die eingeschaltete Quelle erscheint homogen.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen (Wolfram-Halogenlampen emittieren einen gewissen Grad an UV-Strahlung. In diesem Fall ist jedoch eine Frontabdeckung vorhanden, durch die die Emissionen reduziert werden). Anwendung finden die Grenzwerte *d* und *g*.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 100 cm von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 4 cm.

Folglich  $\alpha = 0,04$  rad.

Die Quelle hat eine Fläche von  $13 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 0,001$  sr.

Folglich  $\omega_b = 0,01$  sr und  $\omega_r = 0,001$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $484 \text{ mW m}^{-2}$ . Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von 331 lx.

Folglich ergibt sich eine Leuchtdichte von

$331 \text{ lx} / 0,001 \text{ sr} = 331\,000 \text{ cd m}^{-2}$ .

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),

$E_b = 129 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),

$E_r = 2\,998 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_b = 129 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 12,9 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),

$LR = 2\,998 \text{ mW m}^{-2} / 0,001 \text{ sr} = 2\,998 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Vergleich mit Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 12,9 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 2\,998 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

## D.1.12 Schreibtischleuchte

Eine Schreibtischleuchte mit einer Haushalts-Wolfram-Glühlampe in einem an der Vorderseite offenen Leuchtenkörper. Der Leuchtenkörper weist einen Durchmesser von 17 cm auf. Die 60-W-Glühlampe mit diffusem Glaskörper (Milchglas) weist einen Durchmesser von 5,5 cm auf. Die Quelle ist nicht homogen, wobei die Lampe stärker emittiert als der Reflektor.



### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen (Wolframdrähte produzieren einen gewissen Grad an UV-Strahlung, wobei der Glaskörper jedoch als Filter fungiert). Anwendung finden die Grenzwerte *d* und *g*.

### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 50 cm von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 5,5 cm. Folglich  $\alpha = 0,11$  rad.  
Die Quelle hat eine Fläche von 24 cm<sup>2</sup>. Folglich  $\omega = 0,0096$  sr.  
Folglich  $\omega_b = 0,01$  sr und  $\omega_r = 0,0096$  sr.

### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von 522 mW m<sup>-2</sup>. Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von 357 lx. Folglich ergibt sich eine Leuchtdichte von 357 lx / 0,006 sr = 37 188 cd m<sup>-2</sup>. Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich.

### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_b = 92 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),

$E_r = 4 815 \text{ mW m}^{-2}$

### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_b = 92 \text{ mW m}^{-2} / 0,1 \text{ sr} = 0,92 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),

$L_r = 4 815 \text{ mW m}^{-2} / 0,0096 \text{ sr} = 501 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 0,92 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 501 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.13 Schreibtischleuchte mit 'Tageslichtspektrum'



Eine Schreibtischleuchte mit 60-W-Wolfram-Glühlampe in einem an der Vorderseite offenen Leuchtenkörper. Die getönte Glühlampe produziert ein Licht, das den Farbeigenschaften des natürlichen Tageslichts entspricht, verfügt jedoch nicht über eine diffuse Oberfläche. Der Leuchtenkörper weist

einen Durchmesser von 14 cm auf. Die Quelle ist nicht homogen. Bei eingeschalteter Glühlampe ist die Glühwendel klar zu erkennen. Die Abmessung der Glühwendel ist nur schwer zu beschreiben, beläuft sich jedoch etwa auf eine Länge von 3 cm und einen Durchmesser von 0,5 mm.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen (Wolframdrähte produzieren einen gewissen Grad an UV-Strahlung, wobei der Glaskörper jedoch als Filter fungiert). Anwendung finden die Grenzwerte *d* und *g*.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 50 cm von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung des Drahtes beträgt 1,5 cm.

Folglich  $\alpha = 0,03$  rad.

Der Draht hat eine Fläche von  $0,15$  cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 0,00006$  sr.

Folglich  $\omega_b = 0,01$  sr und  $\omega_r = 0,0001$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $559$  mW m<sup>-2</sup>. Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von  $383$  lx.

Folglich ergibt sich für die Quelle eine Leuchtdichte von  $382$  lx /  $0,00006$  sr =  $6\,000\,000$  cd m<sup>-2</sup>.

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 110$   $\mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 26$  mW m<sup>-2</sup>

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),

$E_b = 138$  mW m<sup>-2</sup>

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),

$E_r = 5\,172$  mW m<sup>-2</sup>

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_b = 138$  mW m<sup>-2</sup> /  $0,01$  sr =  $14$  W m<sup>-2</sup>·sr<sup>-1</sup>

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),

$L_r = 5\,172$  mW m<sup>-2</sup> /  $0,0001$  sr =  $52$  kW m<sup>-2</sup>·sr<sup>-1</sup>.

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30$ J m <sup>-2</sup>	→	$E_{\text{eff}} = 110$ $\mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4$ J m <sup>-2</sup>	→	$E_{\text{UVA}} = 26$ mW m <sup>-2</sup>	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100$ W m <sup>-2</sup> ·sr <sup>-1</sup>	→	$L_b = 14$ W m <sup>-2</sup> ·sr <sup>-1</sup>	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280$ kW m <sup>-2</sup> ·sr <sup>-1</sup>	→	$L_r = 52$ kW m <sup>-2</sup> ·sr <sup>-1</sup>	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.14 Büro-Kopiergerät



In einem Kopiergerät befindet sich eine bewegliche Abtast-Lichtquelle (Scanning) in Form von zwei Leuchtstreifen. Diese Leuchtstreifen sind jeweils 21 cm lang und wurden in einem Abstand von 1,5 cm montiert. Auf dem Bild oben sind sie links vom Kopierglas erkennbar. Jeder Leuchtstreifen ist ca. 3 mm breit.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen (das Abdeckglas sollte UV-Strahlung reduzieren). Anwendung finden die Grenzwerte *d* und *g*.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 30 cm vom Abdeckglas gemessen. Der Abstand zwischen dem Abdeckglas und der Quelle optischer Strahlung ist unbedeutend. Die Messungen erfolgen bei direktem Blick in die Quelle und damit unter Berücksichtigung konservativer Faktoren, da die Exposition normalerweise im Winkel erfolgt.

#### Vergleich mit Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{B}} = 6.2 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 115 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

Die gemittelte Abmessung jeder Quelle beträgt 10,7 cm. Folglich  $\alpha = 0,36 \text{ rad}$ .

Jede Quelle hat eine Fläche von  $6,3 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 0,007 \text{ sr}$ .

Folglich  $\omega_{\text{B}} = 0,01 \text{ sr}$  und  $\omega_{\text{R}} = 0,007 \text{ sr}$ .

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $197 \text{ mW m}^{-2}$ . Da sich die Messung aus zwei Streifen ergibt, die beide als separate Sichtquelle zählen, trägt jeder Streifen mit  $98,5 \text{ mW m}^{-2}$  zum Gesamtwert bei. Dies entspricht daher einer Beleuchtungsstärke von  $67 \text{ lx}$  je Streifen.

Folglich ergibt sich für die Quelle eine Leuchtdichte von  $67 \text{ lx} / 0,007 \text{ sr} = 9\,643 \text{ cd m}^{-2}$ .

**Eine weitere Bewertung ist nicht erforderlich.**

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  
 $E_{\text{B}} = 124 \text{ mW m}^{-2} = 62 \text{ mW m}^{-2}$  je Streifen

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_{\text{R}} = 1\,606 \text{ mW m}^{-2} = 803 \text{ mW m}^{-2}$  je Streifen

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  
 $L_{\text{B}} = 62 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 6,2 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_{\text{R}} = 803 \text{ mW m}^{-2} / 0,007 \text{ sr} = 115 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

### D.1.15 Digitaler Schreibtisch-Datenprojektor (Beamer)



Ein 150-W-Beamer – die Projektionslinse an der Vorderseite hat einen Durchmesser von 4,7 cm. Siehe auch Beispiel D1.16.

Die vom Beamer erzeugten Farbbilder entstehen durch die Mischung aus drei Farben. Im ungünstigsten Fall, das heißt, wenn alle drei Farben präsent sind, wird ein weißes Bild projiziert. Ein Grafik-Softwarepaket kann ein solches Weißbild produzieren. Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 200 cm vom Beamer gemessen, wobei der Beamerfokus auf das bei diesem Abstand kleinstmögliche, scharfe Bild eingestellt wird. Die Projektorlinse hat einen scheinbaren Durchmesser von 4,7 cm. Ist der Beamer eingeschaltet, erscheint die Linse jedoch nicht homogen ausgeleuchtet. Die mittlere leuchtende Fläche hat einen Durchmesser von rund 3 cm.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Quelle emittiert keine messbaren Mengen an UV- oder IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich daher nur aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen. Anwendung finden die Grenzwerte  $d$  und  $g$ .

#### Geometrische Faktoren

Die Farbbilder entstehen aus der Vermischung von drei Primärfarben. Im ungünstigsten Fall, das heißt, wenn alle drei Farben präsent sind, wird ein weißes Bild projiziert.

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 200 cm von der Quelle und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 3 cm.

Folglich  $\alpha = 0,2$  rad.

Die Quelle hat eine Fläche von  $7 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 0,001$  sr.

Folglich  $\omega_B = 0,1$  sr und  $\omega_R = 0,0001$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $2\,984 \text{ mW m}^{-2}$ . Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von  $2\,038 \text{ lx}$ .

Folglich ergibt sich für diese Quelle eine Leuchtdichte von  $2\,038 \text{ lx} / 0,0001 \text{ sr} = 20\,000\,000 \text{ cd m}^{-2}$ .

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 30 \text{ }\mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 1,0 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),

$E_B = 2\,237 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),

$E_R = 24\,988 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_B = 2\,237 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ msr} = 224 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),

$LR = 24\,988 \text{ mW m}^{-2} / 0,0001 \text{ msr} = 250 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

## Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

<b>Grenzwert a</b>		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$
	→	Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
<b>Grenzwert b</b>		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW m}^{-2}$
	→	Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
<b>Grenzwert d</b>		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{B}} = 224 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$
	→	Der Expositionsgrenzwert wird überschritten. Folglich sollte Grenzwert c zur Berechnung der MEZ herangezogen werden.
<b>Grenzwert c</b>		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $L_{\text{B}} < 10^6 / t \text{ W m}^{-2}$	→	$t_{\text{max}} = 10^6 / L_{\text{B}}$
	→	Die MEZ für diese Quelle liegt bei ca. 70 Minuten. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die große Helligkeit der Quelle eine Exposition auf jeweils 0,25 Sekunden begrenzt.
<b>Grenzwert g</b>		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 250 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$
	→	Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.



### D.1.16 Tragbarer digitaler Datenprojektor (Beamer)



Ein 180-W-Beamer – die Projektionslinse an der Vorderseite hat einen Durchmesser von 3,5 cm. Siehe auch Beispiel D1.15.

Die vom Beamer erzeugten Farbbilder entstehen durch die Mischung von drei Farben. Im ungünstigsten Fall, das heißt, wenn alle drei Farben präsent sind, wird ein weißes Bild projiziert. Ein Grafik-Softwarepaket kann ein solches Weißbild produzieren. Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 200 cm vom Beamer gemessen, wobei der Beamerfokus auf das bei diesem Abstand kleinstmögliche, scharfe Bild eingestellt wird. Die Projektorlinse hat einen Durchmesser von 3,5 cm. Wenn sie eingeschaltet ist, scheint sie homogen zu sein.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Quelle emittiert keine messbaren Mengen an UV- oder IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich daher nur aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen. Anwendung finden die Grenzwerte *d* und *g*.

#### Geometrische Faktoren

Die Farbbilder entstehen aus der Vermischung von drei Primärfarben. Im ungünstigsten Fall, das heißt, wenn alle drei Farben präsent sind, wird ein weißes Bild projiziert. Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand

von 200 cm von der Quelle und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 3,5 cm.

Folglich  $\alpha = 0,02$  rad.

Die Quelle hat eine Fläche von  $9,6 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 0,0002$  sr.

Folglich  $\omega_B = 0,01$  sr und  $\omega_R = 0,0002$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $681 \text{ mW m}^{-2}$ . Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von 465 lx.

Folglich ergibt sich eine Leuchtdichte von

$$465 \text{ lx} / 0,0002 \text{ sr} = 2\,325\,000 \text{ cd m}^{-2}.$$

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} > 10 \text{ }\mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 0,5 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_B = 440 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_R = 5\,333 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$$L_B = 440 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ msr} = 44 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),

$$L_R = 5\,333 \text{ mW m}^{-2} / 0,0002 \text{ msr} = 27 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$$

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \text{ }\mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 44 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 27 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.17 Digitales interaktives Whiteboard



Ein an der Wand angebrachtes, digitales interaktives Whiteboard mit den Maßen 113 cm × 65 cm.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Quelle emittiert keine messbaren Mengen an UV- oder IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich daher nur aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen. Anwendung findet der Grenzwert *d*.

#### Geometrische Faktoren

Die Farbbilder des interaktiven Whiteboards entstehen aus der Vermischung von drei Primärfarben. Im ungünstigsten Fall, das heißt, wenn alle drei Farben präsent sind, wird ein weißes Bild projiziert. Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 200 cm von der Quelle und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 89 cm.

Folglich  $\alpha = 0,45$  rad.

Die Quelle hat eine Fläche von 7 345 cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 0,18$  sr.

Folglich  $\omega_b = 0,18$  sr und  $\omega_r = 0,18$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von 11 mW m<sup>-2</sup>. Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von 8 lx.

Folglich ergibt sich für die Quelle eine Leuchtdichte von 8 lx / 0,18 sr = 44 cd m<sup>-2</sup>.

**Eine weitere Bewertung ist nicht erforderlich.**

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_b = 10 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  $E_r = 112 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  $L_b = 10 \text{ mW m}^{-2} / 0,18 \text{ sr} = 56 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  $L_r = 112 \text{ mW m}^{-2} / 0,18 \text{ sr} = 0,6 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 56 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 0,6 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.18 Decken-Einbauleuchte mit zurückgesetzten Kompakt-Leuchtstofflampen



Zwei 26-W-Kompakt-Leuchtstofflampen mit den Maßen 2 cm × 13 cm, die in einem an der Vorderseite offenen Leuchtenkörper (Durchmesser: 17 cm) zurückgesetzt in die Decke

eingefügt wurden. Hinter den Lampen befindet sich im Leuchtenkörper ein qualitativ hochwertiger Reflektor. Die Quelle erscheint fast homogen. Dennoch wird sie – im Rahmen einer konservativen Bewertung – als nichthomogene Quelle angesehen.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Lampe emittiert keine bedeutenden Mengen an IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich daher nur aus der Exposition durch sichtbare oder UV-Wellenlängen. Anwendung finden die Grenzwerte *a*, *b* und *d*.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 100 cm von der Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung jeder Lampe beträgt 7,5 cm. Folglich  $\alpha = 0,075$  rad. Jede Lampe hat eine Fläche von  $26 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 0,0026$  sr.

Folglich  $\omega_b = 0,01$  sr und  $\omega_r = 0,0026$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $1\,558 \text{ mW m}^{-2}$ . Diese Messung ergibt sich aus zwei Lampen: Da jede Lampe als separate Beleuchtungsquelle angesehen wird, trägt sie  $779 \text{ mW m}^{-2}$  zum Gesamtwert bei. Dies entspricht daher einer Beleuchtungsstärke von  $532 \text{ lx}$  je Lampe.

Folglich ergibt sich für jede Lampe eine Leuchtdichte von  $532 \text{ lx} / 0,0026 \text{ sr} = 204\,615 \text{ cd m}^{-2}$ .

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich. Auch die UV-Strahlung muss bewertet werden.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 55 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),

$E_b = 321 \text{ mW m}^{-2} = 161 \text{ mW m}^{-2}$  je Lampe

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_r = 5\,580 \text{ mW m}^{-2} = 2\,790 \text{ mW m}^{-2}$  je Lampe.

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_b = 161 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 16 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_r = 2\,790 \text{ mW m}^{-2} / 0,0026 \text{ sr} = 1\,073 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 55 \text{ mW m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 16 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 1\,073 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.19 LED-Anzeige

Grüne LED-Lampen werden als Anzeigen auf Computer-Tastaturen eingesetzt. Jede LED-Lampe mit den Maßen 1 mm × 4 mm gilt als separate Quelle.



#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

LED-Lampen emittieren ihre Strahlung nur in einem engen Wellenlängenbereich. Da diese LED-Lampe grünes Licht abstrahlt, emittiert sie keine UV- oder IR-Strahlung. Anwendung findet daher ausschließlich Grenzwert *d*.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 5 mm von der LED-Lampe und direktem Blick in die Quelle gemessen.

Die gemittelte Abmessung der LED beträgt 2,5 mm.  
Folglich  $\alpha = 0,5$  rad.  
Die leuchtende Fläche beträgt 4 mm<sup>2</sup>.  
Folglich  $\omega = 0,16$  sr.  
Folglich  $\omega_b = 0,16$  sr und  $\omega_r = 0,16$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von 30 mW m<sup>-2</sup>. Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von 20 lx.  
Folglich ergibt sich für die Quelle eine Leuchtdichte von 20 lx / 0,16 sr = 125 cd m<sup>-2</sup>.

**Eine weitere Bewertung ist nicht erforderlich.**

#### Erforderliche Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_b = 190 \mu\text{W m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  
 $E_r = 35 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  
 $L_b = 190 \mu\text{W m}^{-2} / 0,16 \text{ sr} = 1,2 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_r = 35 \text{ mW m}^{-2} / 0,16 \text{ sr} = 0,22 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Vergleich mit Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 1,2 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 0,22 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.20 PDA

Ein persönlicher digitaler Assistent (PDA) hat einen Bildschirm mit den Maßen 5 cm × 3,5 cm.



#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Ein PDA emittiert keine bedeutenden Mengen an UV- oder IR-Strahlung. Eine Gefährdung ergibt sich daher nur aus der Exposition durch sichtbare Wellenlängen. Anwendung findet der Grenzwert d.

#### Geometrische Faktoren

Die Farbbilder auf dem Bildschirm entstehen durch die Mischung von drei Primärfarben. Im ungünstigsten Fall, das heißt, wenn alle drei Primärfarben präsent sind, entsteht ein weißes Bild. Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 2 cm vom möglichst weißen Bildschirm und direktem Blick in die Quelle gemessen.

#### Vergleich mit Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{B}} = 6 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 75 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→ Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 4,25 cm.

Folglich  $\alpha = 2,1 \text{ rad}$ .

Die Quelle hat eine Fläche von  $17,5 \text{ cm}^2$ .

Folglich  $\omega = 4,4 \text{ sr}$ .

Folglich  $\omega_{\text{B}} = 4,4 \text{ sr}$  und  $\omega_{\text{R}} = 4,4 \text{ sr}$ .

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von  $47 \text{ mW m}^{-2}$ . Sie entspricht daher einer Beleuchtungsstärke von  $32 \text{ lx}$ .

Folglich ergibt sich für die Quelle eine Leuchtdichte von  $32 \text{ lx} / 4,4 \text{ sr} = 7,3 \text{ cd m}^{-2}$ .

**Eine weitere Bewertung ist nicht erforderlich.**

#### Erforderliche Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_{\text{B}} = 27 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  $E_{\text{R}} = 330 \text{ mW m}^{-2}$

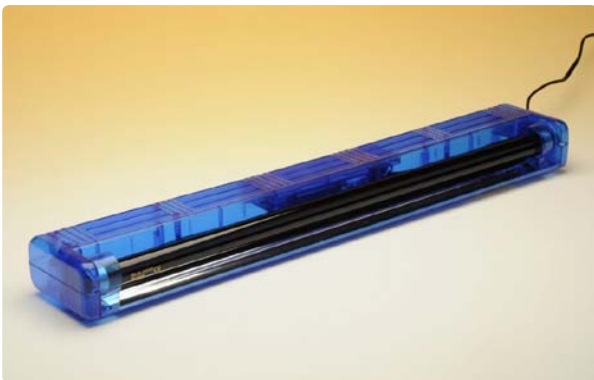
#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  $L_{\text{B}} = 27 \text{ mW m}^{-2} / 4,4 \text{ sr} = 6 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  $L_{\text{R}} = 330 \text{ mW m}^{-2} / 4,4 \text{ sr} = 75 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ .

### D.1.21 UVA-Schwarzlicht

Für UVA-Schwarzlicht werden oft Quecksilberniederdruckentladungslampen eingesetzt, die eine UVA-Strahlung emittieren, die kaum sichtbar ist. Sie werden für verschiedene Fluoreszenzzwecke eingesetzt (zerstörungsfreie Prüfungen, Fälschungsprüfung, Eigentumsmarkierung, Unterhaltung). In diesem Beispiel befindet sich eine 20-W-Lampe mit den Maßen 55 cm × 2,5 cm. Die Lampe wurde in eine offene Leiste (ohne Glas-/Kunststoffabdeckung über der Lampe) montiert.



#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Diese Quelle ähnelt einer Leuchtstofflampe, wobei die sichtbare Strahlung jedoch zugunsten der UVA-Strahlung unterdrückt wird. Es ist also nicht notwendig, eine Gefährdung der Netzhaut zu berücksichtigen. Anwendung finden die Grenzwerte a und b. Eine Bewertung der Leuchtdichte ist nicht angemessen, da es sich nicht um eine weiße Lichtquelle handelt.

#### Geometrische Faktoren

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird bei einem Abstand von 50 cm von der Lampe gemessen.

Die gemittelte Abmessung der Quelle beträgt 29 cm.

Folglich  $\alpha = 0,575$  rad.

Die Lampe hat eine scheinbare Fläche von 138 cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 0,055$  sr.

Folglich  $\omega_B = 0,055$  sr und  $\omega_R = 0,055$  sr.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_B = 3 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  $E_R = 14 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),  
 $L_B = 3 \text{ mW m}^{-2} / 0,055 \text{ sr} = 55 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),  
 $L_R = 14 \text{ mW m}^{-2} / 0,055 \text{ sr} = 255 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$ → Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert b		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW m}^{-2}$ → Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.
Grenzwert d		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 55 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.
Grenzwert g		
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 255 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ → Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.

### D.1.22 Straßenlaterne mit einer Halogen-Metalldampf Lampe



Eine Straßenlaterne mit einer 150-W-Halogen-Metalldampf Lampe in einem Gehäuse mit versilberten Metalllamellen. Die nach unten ausgerichteten Lamellen weisen einen Abstand von 2,5 cm auf. Die Lampe selbst verfügt über die Maße

1 cm × 2 cm und ist in einer Zweitummantelung mit den Maßen 8 cm × 5 cm angebracht. Die gesamte Leuchte ist außerdem in einen wetterfesten Kunststoffzylinder eingeschlossen. Es handelt sich nicht um eine homogene Quelle, und die innere Lampe ist der hellste Bestandteil der Quelle. Im richtigen Blickwinkel ist ein direkter Blick auf die Lampe durch die Lamellen möglich.

#### Auswahl der Expositionsgrenzwerte

Eine Gefährdung ergibt sich aus der Exposition durch sichtbare bis hin zu UV-Wellenlängen. Halogen-Metall-dampflampen emittieren eine starke UV-Strahlung. Durch die äußere Ummantelung in diesem Beispiel und durch das Gehäuse des Leuchtenkörpers können die Emissionen reduziert werden. Dennoch könnte eine besorgnis-erregende Menge an UVA-Strahlung emittiert werden. Anwendung finden die Grenzwerte *b*, *d* und *g*.

#### Geometrische Faktoren

Da die Montage der Leuchte auf der Spitze eines Laternenmasts vorgesehen ist, lässt sich der ungünstigste Expositionsfall (ein direkter Blick durch die Lamellen) bei einem

Abstand von ca. 7 m realisieren. Die spektrale Bestrahlungsstärke wird jedoch bei einem Abstand von 100 cm von der Lampe und Aufwärtsblick durch die Lamellen gemessen.

Die gemittelte Abmessung des Lichtbogens beträgt 1,5 cm.

Folglich  $\alpha = 0,015$  rad.

Die Quelle hat eine Fläche von 2 cm<sup>2</sup>.

Folglich  $\omega = 0,0002$  sr.

Folglich  $\omega_b = 0,01$  sr und  $\omega_r = 0,0002$  sr.

#### Vorbewertung

Die Messung der effektiven photopischen Bestrahlungsstärke ergibt einen Wert von 327 mW m<sup>-2</sup>. Sie entspricht einer Beleuchtungsstärke von 223 lx.

Folglich ergibt sich eine Leuchtdichte von 223 lx / 0,0002 sr = 1 115 000 cd m<sup>-2</sup>.

Eine weitere Bewertung der Gefährdung für die Netzhaut ist erforderlich. Außerdem muss die potenzielle UV-Strahlung bewertet werden.

#### Radiometrische Daten

Die Messung der effektiven Bestrahlungsstärke ergibt folgende Werte:

Effektive Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{eff}} = 7 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-Bestrahlungsstärke,  $E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht),  $E_b = 86 \text{ mW m}^{-2}$

Effektive Bestrahlungsstärke (thermische Verletzung),  $E_r = 1 323 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vereinfachende Annahmen

Effektive Strahldichte (Blaulicht),

$L_b = 86 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 8,6 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Effektive Strahldichte (thermische Verletzung),

$L_r = 1 323 \text{ mW m}^{-2} / 0,0002 \text{ sr} = 6,7 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

#### Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten

Grenzwert a			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 7 \mu\text{W m}^{-2}$	→
Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.			
Grenzwert b			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW m}^{-2}$	→
Die MEZ beträgt mehr als acht Stunden.			
Grenzwert d			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 8,6 \text{ mW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→
Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.			
Grenzwert g			
Der Expositionsgrenzwert beträgt $280 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 6,7 \text{ kW m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→
Der Expositionsgrenzwert wird nicht überschritten.			

### D.1.23 Zusammenfassung der Beispieldaten

Die in den vorangegangenen 18 Beispielen angegebenen Daten können mit den Expositionsgrenzwerten verglichen werden, indem man die effektive Strahldichte

oder Strahlungsexposition über acht Stunden durch den zutreffenden Expositionsgrenzwert dividiert. Diese Werte werden im Folgenden angegeben: Werte < 1 % der Expositionsgrenzwerte werden nicht weiter betrachtet. Werte > 1 sind in rot angegeben.

Quelle	Abstand	Gefährdungsgröße (Verhältnis zwischen Emission und Expositionsgrenzwert)				
		Leuchtdichte	Effektive UVS (Grenzwert a)	UVA (Grenzwert b)	Blaulichtgefährdung (Grenzwert d)	Thermische Gefährdung der Netzhaut (Grenzwert g)
Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen hinter einem Diffusor	100 cm	0,15	< 0,01	0,05	0,01	< 0,01
Einzelne deckenmontierte Leuchtstofflampe ohne Diffusor	100 cm	3,7	0,58	0,35	0,19	< 0,01
Mehrere deckenmontierte Leuchtstofflampen ohne Diffusor	100 cm	2,8	1,0	0,33	0,13	< 0,01
Bildschirm mit einer Kathodenstrahl-Bildröhre	10 cm	< 0,01	0,12	0,02	< 0,01	< 0,1
Laptop-Bildschirm	10 cm	< 0,01	0,07	0,01	< 0,01	< 0,01
Flutlicht mit Halogen-Metaldampflampe	100 cm	15 000	0,1	2,6	2,3	1,08
Flutlicht mit Kompakt-Leuchtstofflampe	100 cm	6,4	0,01	< 0,01	0,15	< 0,01
Insektenkiller	100 cm	n/a	0,01	0,10	< 0,01	< 0,1
Einbaustrahler mit Wolfram-Halogenlampe	100 cm	33,1	0,03	0,04	0,13	0,01
Schreibtischleuchte	50 cm	3,7	0,05	0,05	< 0,01	< 0,01
Schreibtischleuchte (Tageslichtspektrum)	50 cm	600	0,11	0,08	0,14	0,19
Büro-Kopiergerät	30 cm	0,96	0,01	0,06	0,06	< 0,01
Schreibtisch-Beamer	200 cm	2 000	0,03	< 0,01	2,2	0,89
Tragbarer Beamer	200 cm	233	< 0,01	< 0,01	0,44	0,10
Interaktives Whiteboard	200 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Einbauleuchte mit Kompakt-Leuchtstofflampen	100 cm	20	0,04	0,16	0,16	< 0,01
LED-Anzeige	0,5 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PDA	2 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
UVA-Schwarzlicht	50 cm	n/a	0,03	0,51	< 0,01	< 0,01
Straßenlaterne	100 cm	112	< 0,01	0,08	0,09	0,02

Aus der Tabelle lässt sich entnehmen, dass die Expositionsgrenzwerte für die Netzhaut (*d* und *g*) bei einer Leuchtdichte der Quelle von <math>10^4 \text{ cd m}^{-2}</math> in keinem Fall überschritten werden. Selbst in den Fällen, in denen die Leuchtdichte der Quelle über <math>10^4 \text{ cd m}^{-2}</math> hinausging, konnte anschließend gezeigt werden, dass die meisten Quellen keine Gefährdung für die Netzhaut darstellten.

Bei den hier untersuchten Quellen ergab sich nur für das Flutlicht mit Halogen-Metaldampflampe und den Schreibtisch-Beamer eine Wahrscheinlichkeit, dass die Expositionsgrenzwerte überschritten werden könnten. In den meisten Fällen handelt es sich um die Expositionsgrenzwerte zum Schutz der Netzhaut: Die nachfolgenden

Berechnungen (siehe individuelle Beispiele) lassen darauf schließen, dass eine tatsächliche Überschreitung der Expositionsgrenzwerte aufgrund natürlicher Abwehrreflexe und der äußerst konservativen Grundbedingungen der ursprünglichen Bewertung in der Realität eher unwahrscheinlich ist. Daraus ist jedoch nicht zu schließen, dass diese Quellen nicht mit Vorsicht zu behandeln sind – es ist immer möglich, dass die normalen Abwehrreaktionen nicht funktionieren. Befindet sich eine Quelle nur am Rande des Blickfeldes, ist es ebenfalls möglich, dass die Abwehrreflexe nicht ausgelöst werden. In diesen Fällen könnten die Expositionsgrenzwerte überschritten werden.



Es wurden zwei sehr ähnliche offene Deckenbeleuchtungen mit Leuchtstofflampen untersucht. Es wird darauf hingewiesen, dass von den beiden Leuchten mit einer Beleuchtungsstärke von 1 100-1 200 lx nur eine nahe an den Grenzwert für eine effektive UV-Strahlung kam, die andere jedoch nicht. Dieser Unterschied ergibt sich aus der Tatsache, dass die Leuchtstofflampen von unterschiedlichen Herstellern stammten. Daraus lässt sich schließen, dass scheinbar ähnliche Lampen dennoch äußerst unterschiedliche, unbeabsichtigte Emissionen aufweisen können.

Auch im Vergleich der beiden Beamer zeigt sich, dass ähnliche Quellen unterschiedliche Emissionsstärken aufweisen können. Obwohl er nicht leistungsfähiger ist, scheint der Schreibtisch-Beamer (gemäß den Annahmen zur Fläche der Quelle) gefährlicher zu sein als der tragbare Beamer.

## D.2 Laser-Show



Seit den 1970er Jahren werden Laser in der Unterhaltungsbranche zur Untermalung von Live-Shows und Musikaufzeichnungen eingesetzt. Die Hauptsorge liegt hier auf der Exposition der breiten Öffentlichkeit durch Laser-Strahlung, die über den Expositionsgrenzwerten liegt. Die Richtlinie bezieht sich jedoch nur auf die Exposition von Arbeitnehmern. In diesem Beispiel werden die Installation und Aufführung einer Laser-Show bei einem einmaligen Ereignis untersucht. Die Grundsätze sind jedoch auf jede Laser-Show übertragbar.

### D.2.1 Identifizierung der Gefährdungen und gefährdeten Personen

Untersucht wird nur die Gefährdung durch den Laserstrahl. Andere Gefährdungen könnten ein größeres Verletzungs- oder sogar Todesrisiko enthalten.

Bei vielen Laser-Shows werden Laser der Klasse 4 eingesetzt. Gemäß der Definition dieser Klasse liegt die Strahlungsleistung derartiger Laser über 500 mW. Unter Annahme eines einzigen Unfalls, bei direktem Blick in den Laserstrahl, kann der Expositionsgrenzwert (EGW) aus der Tabelle 2.2 im Anhang II der Richtlinie ermittelt werden.

Für Wellenlängen im Bereich zwischen 400 nm und 700 nm liegt der EGW bei  $18 \times t^{0,75} \text{ J m}^{-2}$ . Ersetzt man  $t$  durch 0,25 s, so ergibt sich ein EGW von  $6,36 \text{ J m}^{-2}$ . Da der Laserstrahl wohl als kontinuierlicher Strahl emittiert wird, ist es nützlich, diese Bestrahlung durch die Expositionsdauer (0,25 s) zu dividieren und damit die Bestrahlungsstärke zu berechnen. Mit Bezug auf die Bestrahlungsstärke ergibt sich so ein EGW von  $25,4 \text{ W m}^{-2}$ .

Die Grenzblende für Augenexposition durch sichtbare Laserstrahlung liegt bei 7 mm. Folglich lässt sich die zulässige Maximalleistung in dieser 7-mm-Grenzblende

berechnen, bei der der EGW nicht überschritten wird. Die Berechnung erfolgt über die Multiplikation des EGW mit der Fläche der 7-mm-Grenzblende. Voraussetzung ist, dass es sich um eine runde Grenzblende handelt, die damit eine Fläche von  $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  hat. Durch die Multiplikation von  $25,4 \text{ W m}^{-2}$  mit  $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  erhält man einen Wert von ca. 0,001 W oder 1 mW.

➤ Der EGW wird mindestens um das 500-fache überschritten, wenn der Laserstrahl einen Durchmesser von 7 mm oder weniger hat.

Diese Bewertung beweist, dass der Strahl nicht in die Augen der Arbeitnehmer gerichtet werden darf, es sei denn, durch eine ausreichende Strahldivergenz würde die Bestrahlungsstärke auf einen Wert unter  $25,4 \text{ W m}^{-2}$  reduziert.

Die folgende Aufstellung bezieht sich auf Arbeitnehmer, die während des Lebenszyklus einer Laser-Installation einem Risiko ausgesetzt sein können. Dabei werden jedoch nur die Abschnitte des Lebenszyklus berücksichtigt, in denen tatsächlich ein Laserstrahl emittiert wird.

<b>Strahljustierung</b>
Laser-Installationstechniker
Laser-Bediener
Sonstige Installationstechniker
Wach- und Sicherheitspersonal
Mitarbeiter am Veranstaltungsort
<b>Laser-Show</b>
Laser-Bediener
Licht- und Tontechniker
Darsteller
Wach- und Sicherheitspersonal
Mitarbeiter am Veranstaltungsort
Nahrungsmittel-, Artikel-Verkäufer

In Laser-Shows sind die Laserstrahlen nur selten bewegungslos. Im Allgemeinen entstehen durch die Bewegung der Laserstrahlen (durch computergesteuerte, orthogonale Galvanometerspiegel) bestimmte Scan-Muster. Bei vielen Scan-Mustern werden dieselben Stellen

jedoch wiederholt gescannt, so dass das Auge – wenn sich das Muster über das Gesicht einer Person bewegt – einer Reihe von Laserimpulsen ausgesetzt sein kann.

Wird ein Impulslaser eingesetzt, muss in der Bewertung berücksichtigt werden, ob der EGW an einem zugänglichen Standort bei der Exposition durch einen einzelnen Laserpuls oder auch durch eine Reihe von Laserpulsen überschritten werden könnte.

## D.2.2 Einschätzung und Priorisierung des Risikos

Die Bewertung der potenziellen Exposition unter Anwendung des EGW ergibt, dass eine Überschreitung des EGW wahrscheinlich ist. Für einen 500-mW-Laser lässt sich außerdem berechnen, welcher Zeitraum notwendig ist, damit Schutzmaßnahmen effektiv greifen können. Der technische Bericht IEC TR 60825-3 regt an, dass die Zeit ab Eintritt eines Defekts bis zum Eintritt der effektiven Schutzmaßnahme berücksichtigt werden sollte.

Die Bestrahlungsstärke eines 500-mW-Strahls liegt bei  $0,5 \text{ W} / 3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  oder etwa  $13\,000 \text{ W m}^{-2}$ . Da die EGW für Expositionsauern von weniger als 10 s als Bestrahlung ( $\text{J m}^{-2}$ ) ausgedrückt werden, lässt sich die Bestrahlungsstärke durch die Multiplikation mit der Expositions-dauer in Bestrahlung umrechnen:  $13\,000 \times t \text{ J m}^{-2}$ .

Der Wert t lässt sich bestimmen, indem man jeden EGW als Funktion der Zeit berechnet, solange sich t im zulässigen EGW-Bereich befindet. Mit dem EGW von  $5 \times 10^{-3} \text{ J m}^{-2}$  innerhalb des Zeitrahmens von  $10^{-9}$  bis  $1,8 \times 10^{-5} \text{ s}$  ergibt sich dafür  $t = 3,8 \times 10^{-7} \text{ s}$ .

➤ Für einen CW-Laser mit 500 mW muss eine Schutzmaßnahme, die sicherstellt, dass der EGW für das Auge nicht überschritten wird, innerhalb von  $0,38 \mu\text{s}$  wirksam sein.

Daraus lässt sich schließen, dass eine Exposition durch Laserstrahlung mit höchster Priorität vermieden werden muss.

### D.2.3 Entscheidung über Präventivmaßnahmen und Einleitung von Maßnahmen

Da sich durch den Laserstrahl ein großes Verletzungsrisiko ergibt, muss das Risiko einer Exposition des Auges minimiert werden. Um die beabsichtigten Unterhaltungseffekte zu erzielen, muss der Laserstrahl jedoch entweder in der Luft oder als Reflexion auf einem Projektionschirm sichtbar sein. Um das Risiko zu minimieren, muss daher sichergestellt werden, dass Arbeitnehmer nicht in den Strahlweg gelangen können. Daher werden folgende Präventivmaßnahmen vorgeschlagen:

Ausreichende Unterweisung der Laser-Bediener und Hilfskräfte.

Während der Justierung sollte nur eine minimale Anzahl an Personen anwesend sein.

Alle Strahlen sollten in Bereiche gerichtet werden, wo sich keine Personen aufhalten.

Laser und Hilfsmittel, darunter auch Ablenkspiegel, müssen geeignet angebracht und fixiert werden, so dass sich während der Vorführung keine unsachgemäßen Bewegungen ergeben.

Die Strahlwege sollten durch physikalische Ausblendung so blockiert werden, dass Bereiche, in denen sich Personen aufhalten, nicht angestrahlt werden. Eine Software-Austastung sollte nur dann eingesetzt werden, wenn sie gemäß den einschlägigen Sicherheitsnormen zertifiziert ist.

Der Bediener sollte alle Strahlwege überwachen und die Emission bei Bedarf stoppen können.

Bei Betrieb im Freien sollte die Sicherheit des Flugverkehrs berücksichtigt werden. Hier gelten ggf. nationale Anforderungen.

### D.2.4 Überwachung und Überarbeitung

Während der Justierung und Vorführung sollten die Mitarbeiter die Richtungen der Laserstrahlen kontinuierlich überwachen und bei Bedarf rechtzeitig Korrekturmaßnahmen ergreifen. Handelt es sich bei dem Laser um eine feste Installation, ist es nötig, die Bewertung in regelmäßigen Zeitabständen zu überprüfen und wahrscheinlich auch eine Checkliste zu besitzen, die vor der Show durchzugehen ist.

### D.2.5 Fazit

Wird bereits bei der Planung der Show sichergestellt, dass Arbeitnehmer den Laserstrahlen nicht ausgesetzt werden können, sind detaillierte und im Allgemeinen komplexe und zeitraubende Bewertungen unter Einsatz der EGW nicht erforderlich. Die Unterweisung der Bediener sowie der Einsatz klarer Schutzmaßnahmen sollten sicherstellen, dass die EGW für Arbeitnehmer nicht überschritten werden.

## D.3 Medizinische Anwendungen optischer Strahlung

Künstliche Quellen optischer Strahlung werden auch im medizinischen Bereich für viele Zwecke genutzt. Einige dieser Quellen, so etwa die in der Bereichsbeleuchtung, bei Bildschirmen (siehe Foto), Anzeigen, in der Fotografie, Laboranalyse und der Fahrzeugbeleuchtung genutzten, kommen auch häufig in anderen Bereichen vor und werden an anderer Stelle in diesem Leitfaden untersucht. Unter der Voraussetzung, dass diese Quellen nicht verändert wurden und auch nicht wesentlich anders eingesetzt werden als in anderen Bereichen, besteht kein Grund zu der Annahme, dass sich die Exposition durch diese Quellen anders darstellen sollte als in anderen, weniger spezifischen Bereichen.



Bildschirme für Röntgenaufnahmen

Darüber hinaus gibt es jedoch eine große Anzahl von Quellen, die speziell für medizinische Anwendungen entwickelt wurden. Dazu gehören unter anderem:

Beleuchtung des Arbeitsbereiches	Therapeutische Quellen
OP-Beleuchtung	UV-Quellen für die Phototherapie
Kreißsaal-Beleuchtung	Blaulichtquellen für die Phototherapie
Scheinwerfer	Quellen für eine photodynamische Therapie
Röntgenbildbetrachter	Physiotherapeutische Laser
Diagnose-Beleuchtung	Chirurgie-Laser
Neonatale Transilluminatoren	Augenlaser
Spaltlampen und andere ophthalmoskopische Instrumente	IPL
Laser-Diagnosegeräte, wie zum Beispiel Netzhautscanner	Quellen für spezielle Tests
Woodsche Lampe	Sonnensimulatoren

### D.3.1 Beleuchtung des Arbeitsbereiches

Die leistungsstärksten Lichtquellen für die Beleuchtung des Arbeitsplatzes werden normalerweise in Operationssälen eingesetzt. Tabelle D3.1 gibt Beispiele für die Bewertung verschiedener OP-Beleuchtungen. Daraus ist ersichtlich, dass eine der bewerteten Beleuchtungen bei direktem Blick in die Quelle eine Blaulichtgefährdung darstellen könnte.



Beispiele für eine OP-Beleuchtung

Tabelle D3.1 Bewertung der OP-Beleuchtung unter Voraussetzung eines direkten Blicks in die Quelle (\*)

Quelle	Gefährdung durch aktinische UV-Strahlung	Gefährdung durch UVA-Strahlung	Gefährdung durch Blaulicht	Sonstige Gefährdung durch optische Strahlung
Hanalux 3210	Keine	Keine	Kann bei einem direkten Blick von ~30 Min. überschritten werden.	Keine
Hanalux Oslo	Keine	Unter dem Expositionsgrenzwert bei Exposition von acht Stunden	Kann bei einem direkten Blick von ~30 Min. überschritten werden.	Keine
Hanalux 3004	Keine	Keine	< 20 % des EGW	Keine
Martin ML702HX	Keine	Keine	< 20 % des EGW	Keine
Martin ML502HX	Keine	Keine	< 20 % des EGW	Keine
Martin ML 1001	Keine	Keine	< 20 % des EGW	Keine
<b>(*) Bewertungsdaten mit freundlicher Genehmigung des Medical Physics Department, Guy's &amp; Thomas' NHS Foundation Trust, London.</b>				

Es muss festgehalten werden, dass die Beleuchtung in diesen Fällen von oben kommt und ein direkter Blick in die Quelle aus nächster Nähe daher unwahrscheinlich ist. Darüber hinaus handelt es sich um sehr helle Lampen, so dass ein direkter Blick über längere Zeiträume als unangenehm empfunden würde. In der Praxis ergeben sich daher sehr viel kürzere Expositionszeiten als die in Tabelle D3.1 angegebenen Werte. Die Gefährdung durch eine Exposition ist daher unwahrscheinlich.

Zu weiteren Beleuchtungsarten für den Arbeitsbereich in der Medizin gehören auch auf bestimmte Punkte ausgerichtete Scheinwerfer für Untersuchungen oder die Kreißsaal-Beleuchtung. Für diese beiden Beleuchtungsarten ergeben sich hinsichtlich der Exposition ähnliche Sachlagen wie für die OP-Beleuchtung, da sie beide bestimmte Punkte beleuchten und es unwahrscheinlich ist, dass eine Person über wesentliche Zeiträume direkt in sie hineinschaut. Im

Allgemeinen verfügen sowohl Scheinwerfer als auch die Kreißsaal-Beleuchtung über eine geringere Leistung als die OP-Beleuchtung. Daher ist normalerweise nicht davon auszugehen, dass sie eine Gefährdung darstellen könnten.



Beispiele für eine Kreißsaal-Beleuchtung

Lupenleuchten werden in der Medizin häufig eingesetzt. Im Wesentlichen bestehen sie aus einer Beleuchtungsquelle in Kombination mit einer großen Vergrößerungslupe, siehe Foto unten.



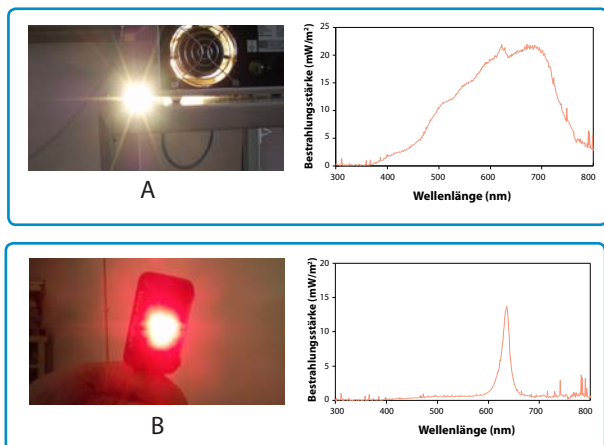
Beispiel für eine Leuchtlupe, hier die Lupenleuchte Luxo Wave Plus

Bei einer Bewertung durch das Medical Physics Department des Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust wurde festgestellt, dass die Lupenleuchte Luxo Wave Plus Strahlungen im sichtbaren und UV-Wellenlängenbereich emittierte. Selbst bei einer kontinuierlichen Exposition aus nächster Nähe ergab sich jedoch keine Überschreitung des EGW für aktinische UV-Strahlung. Auch die Blaulichtemission war unwesentlich und übertraf nicht 1 % des zutreffenden EGW. Es ergaben sich auch keine signifikanten UVA- oder thermischen Gefährdungen. Es ist wahrscheinlich, dass andere, ähnliche Geräte ein ähnlich niedriges Risiko aufweisen würden.

Röntgenbildbetrachter stellen eine diffuse Beleuchtung relativ niedriger Intensität dar. Bei einer Bewertung durch das Medical Physics Department des Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust wurde festgestellt, dass der direkte Blick in die Quelle aus nächster Nähe – der dem Einsatz dieser Quelle entspricht – eine Blaulichtexposition von weniger als 5 % des EGW hervorrufen würde. Eine wesentliche Gefährdung durch eine aktinische UV- oder UVA-Strahlung bzw. eine thermische Gefährdung bestand nicht.

### D.3.2 Diagnose-Beleuchtung

Neonatale Transilluminatoren werden häufig in der Neugeborenen-Intensivstation zum Einblick in innere Körperstrukturen und als Hilfsmittel zur Lokalisierung von Blutgefäßen eingesetzt. Die Strahlung dieser Quellen muss zwar nur kleine Bereiche ausleuchten, dennoch aber so intensiv sein, dass sie durch das Gewebe dringt und auf der Austrittsseite erkennbar ist.



Bilder von neonatalen Transilluminatoren sowie ihren gemessenen Leistungsspektren: A – Neonate 100, B – Wee Sight™.

Das Ausgangsspektrum des Neonate 100 zeigt eine breite Emission über den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich sowie in geringerem Maße über den UVA- und IRA-Wellenlängenbereich. Die Bewertung zeigt, dass die Emission der UV-Strahlung selbst aus nächster Nähe keine Gefährdung darstellt (Tabelle D3.2). Es gibt jedoch eine signifikante Blaulichtemission, die bei Expositionen von mehr als zehn Minuten eine Gefährdung darstellen kann. Im obigen Foto wird deutlich, dass es sich um eine besonders helle Quelle handelt, so dass der normale Abwehrreflex die Expositionsdauer im Normalfall auf 0,25 Sekunden reduzieren würde. Diese würden sich im Laufe eines Tages addieren. Da von einer nicht besonders häufigen Benutzung des Gerätes auszugehen ist, wird die addierte Expositionsdauer selbst bei konservativen Annahmen voraussichtlich

nicht über 5 % des EGW hinausgehen. Da das Gerät starke Strahlung im sichtbaren bis zum nahen Infrarot-Spektralbereich emittiert, muss auch die thermische Netzhautgefährdung eingeschätzt werden. Auch diese würde jedoch durch den Abwehrreflex begrenzt und würde daher selbst bei einem längeren, äußerst unangenehmen Blick in die Quelle 2 % des EGW nicht überschreiten. Das Wee-Sight™-Gerät verwendet LED-Quellen mit entsprechend schmalbandiger Emissionscharakteristik, es stellt daher – wie erwartet – keine optische Gefährdung dar.

Zum Bereich der Spaltlampen und anderen Geräten der Augenheilkunde gehören auch Spaltlampen, die für Augenuntersuchungen gedacht sind und daher eine minimale Gefährdung darstellen sollten. Darüber hinaus sind sie eindeutig ausgerichtet, und es ist daher unwahrscheinlich, dass eine wesentliche, unbeabsichtigte Exposition am Arbeitsplatz erfolgen könnte. Neuere Diagnose-Instrumente in der Augenheilkunde wie zum Beispiel Netzhautscanner können Laser enthalten, wurden jedoch bereits in ähnlicher Weise bezüglich vorsätzlicher Expositionen geprüft und gehören normalerweise zur Klasse 1. Das Risiko einer Gefährdung durch Strahlungen sollte für die Belegschaft daher minimal sein.

Woodsche Lampen werden zu Diagnosezwecken eingesetzt. Grundsätzlich handelt es sich dabei um Quecksilberlampen mit einem Woodschen Glasfilter, der sowohl kurzwellige UV- als auch sichtbare Strahlung ausblendet. Diese Lampen könnten daher voraussichtlich eine Gefährdung durch UVA- sowie – je nach Wirkungsgrad des Filters – durch aktinische UV-Strahlung darstellen. Eine Bewertung des Medical Physics Department im Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust zeigte, dass bei direkter Exposition durch eine Woodsche Lampe über einen Zeitraum von mehr als 50 Minuten der EGW für UVA-Strahlung überschritten wird. Dieselbe Bewertung zeigte, dass für die Überschreitung des EGW für aktinische UV-Strahlung eine Exposition von mehr als 7,5 Stunden notwendig

Tabelle D3.2 Bewertung neonataler Transilluminatoren (\*)

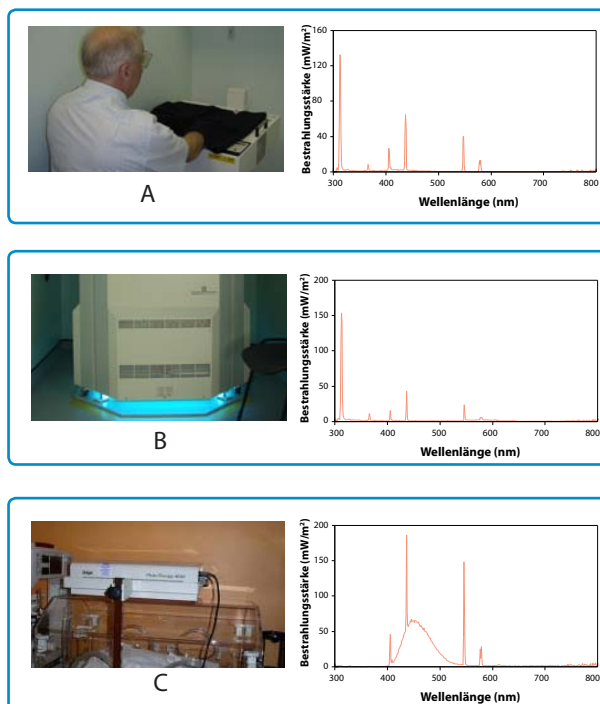
Quelle	Gefährdung durch aktinische UV-Strahlung	Gefährdung durch UVA-Strahlung	Gefährdung durch Blaulicht	Thermische Gefährdung
Neonate 100	Keine	Keine	< 5 % des EGW	~2 % des EGW
Wee Sight™	Keine	Keine	Keine	Keine
(*) Messungen mit freundlicher Förderung des Radiation Protection Department, Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading				

wäre. Andere Gefährdungen durch optische Strahlung erwiesen sich als unwesentlich. Woodsche Lampen werden bei Untersuchungen eingesetzt. Durch Unterweisung des Bedieners sowie durch die Verwendung von persönlichem Augenschutz sollte somit sowohl eine direkte Bestrahlung durch die Quelle als auch die Exposition durch gestreute UVA-Strahlung begrenzt werden. Unter der Voraussetzung, dass der EGW für aktinische UV-Strahlung nur nach einer längeren Expositionsdauer bei direkter Emission überschritten wird, ist es unwahrscheinlich, dass die gestreute aktinische UV-Strahlung eine wesentliche Gefährdung darstellen würde.

### D.3.3 Therapeutische Quellen

Manche Quellen werden auch für phototherapeutische Behandlungen eingesetzt. Dazu zählen vor allem phototherapeutische UV-Quellen, mit denen Hautkrankheiten behandelt werden. Phototherapeutische Blaulichtquellen werden normalerweise für die Behandlung von Übermengen an Bilirubin im Blut von Neugeborenen (Hyperbilirubinemia) eingesetzt – bis zu 60 % aller Neugeborenen können unter dieser Krankheit leiden.

An den oben aufgeführten Ausgangsspektren ist zu sehen, dass UV-Quellen, die zur Phototherapie eingesetzt werden (Beispiele A und B), normalerweise eine starke Strahlung im UV-Wellenlängenbereich aufweisen und darüber hinaus auch Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich (und hier vor allem in Richtung des blauen Bereichs) emittieren. Wie erwartet, lässt sich aus der Gefährdungsbeurteilung (Tabelle D3.3) entnehmen, dass die größte Gefährdung durch diese Geräte entweder durch aktinische UV- oder UVA-Strahlung hervorgerufen wird. Beispiel C weist das Spektrum einer phototherapeutischen Blaulichtquelle aus. Wie erwartet, emittiert dieses Gerät vor allem Strahlung im blauen Bereich des sichtbaren Spektrums, jedoch wenig oder kaum Strahlung im UV- oder nahen Infrarotbereich.



Fotos von Phototherapiegeräten mit ihren jeweils gemessenen Ausgangsspektren: A – Waldmann UV 7001 UVB, B – Waldmann UV 181 BL, C – Dräger PhotoTherapy 4000

Tabelle D3.3 Bewertung phototherapeutischer Quellen

Quelle	Gefährdung durch aktinische UV-Strahlung	Gefährdung durch UVA-Strahlung	Gefährdung durch Blaulicht	Sonstige Gefährdung durch optische Strahlung
Waldmann UV 7001 UVB (*)	Kann nach ~ 5 Std. überschritten werden	Unter dem Expositionsgrenzwert	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine
Waldmann TL01 UV5000 (**)	Kann nach ~ 7,5 Std. überschritten werden	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine	Keine
Waldmann UV6 UV5001BL (**)	Kann nach ~ 4 Std. überschritten werden	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine	Keine
Waldmann UV 181 BL (*)	Unter dem Expositionsgrenzwert	Unter dem Expositionsgrenzwert	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine
Waldmann UV 7001 UVA (**)	Keine	Kann nach ~ 5 Std. überschritten werden	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine
Sellamed UVA1 24000 (**)	Keine	Kann nach ~ 45 Min. überschritten werden	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine
Draeger 4000 (*) (**)	Keine	Unter dem Expositionsgrenzwert	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine
(*) Messungen mit freundlicher Genehmigung des Radiation Protection Department, Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading.				
(**) Bewertungsdaten mit freundlicher Genehmigung des Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London.				

Die am häufigsten eingesetzten UV-Kammern für phototherapeutische Zwecke erlauben während des Betriebs keinen Zugang zur direkten Strahlung. Dennoch kann Strahlung entweichen (siehe Beispiel A oben), die für die Belegschaft besorgniserregend sein kann. Gerade aufgrund des Bedürfnisses nach Luftzirkulation und zur Vermeidung einer klaustrophobischen Einengung des Patienten wird die Oberklappe der Kammer häufig offen gelassen. Dadurch wiederum kann sich eine signifikante UV-Streustrahlung von der Decke ergeben. Normalerweise handelt es sich jedoch um eine relativ geringe Gefährdung, da das Personal kaum während der gesamten Betriebszeit neben dem Gerät stehen wird. Dennoch besteht das Risiko, dass sich aus der addierten Exposition durch UV-Strahlung Langzeitauswirkungen ergeben. Sie lassen sich jedoch durch den Einsatz einfacher technischer Schutzmaßnahmen minimieren, beispielsweise genau ausgewiesene Behandlungsräume, Vorhänge um die Kammer sowie eine Fernbedienung der Steuerungsstation. So verlängerte der Einsatz eines Vorhangs um die Kammer in Beispiel A oben den Zeitraum, bis zu dem der EGW für aktinische UV-Strahlung erreicht war, von fünf Stunden auf nahezu 13 Stunden. Andere Phototherapie-Geräte wie etwa das Gerät für eine Hand- und Fußbestrahlung (siehe Beispiel B oben) erfordern umfangreiche organisatorische Schutzmaßnahmen, um das Personal vor einer Bestrahlung zu schützen. In diesem Fall legt das

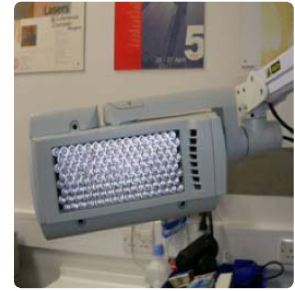
Personal ein schwarzes Tuch über die eingeschaltete Bestrahlungseinheit und reduziert so eine gestreute UV-Strahlung. Auch hier könnte diese Maßnahme durch den Aufbau der Einrichtung in einer durch einen Vorhang abgeschirmten Kabine ergänzt werden. Aus Gründen der Qualitätssicherung muss das Klinikpersonal gelegentlich direkten Zugang zu den Geräten haben. Im Rahmen der Schutzmaßnahmen ist es dann ggf. erforderlich, eine UV-Gesichtsmaske sowie entsprechende Handschuhe und Kleidung zu tragen. Soweit organisatorische Schutzmaßnahmen eine wichtige Rolle zum Schutz der Arbeitnehmer spielen, sollten diese eindeutig dokumentiert werden.

Die phototherapeutischen Blaulichtgeräte werden in einer Höhe von ca. 30 cm über den Inkubatoren Neugeborener angebracht. Normalerweise wird so verhindert, dass das Personal direkt in die Quelle blicken kann. Darüber hinaus überwacht das Personal die Babys regelmäßig nur für etwa zehn Minuten pro Stunde, wodurch die Exposition noch einmal eingeschränkt wird. Selbst unter Berücksichtigung einer Zwölf-Stunden-Schicht, wie sie in einigen Abteilungen vorkommt, ergibt sich so eine Bestrahlung von weniger als 1 % des EGW.

Bei der photodynamischen Therapie werden mit optischer Strahlung photochemische Reaktionen erzeugt. Häufig ist dabei eine Vorbehandlung mit einem



chemischen Photosensitizer notwendig. Normalerweise eignen sich UV-Wellenlängen besonders gut zur Anregung solcher Photosensitizer, werden aber aufgrund ihrer geringen Eindringtiefe in das Gewebe nicht häufig verwendet. Zu erwarten ist, dass die Exposition des Personals, das nicht mit dem Photosensitizer vorbehandelt wurde, deutlich geringere Auswirkungen haben würde – entsprechende Schutzmaßnahmen müssen jedoch dafür sorgen, dass dies wirklich der Fall ist.



Fotos von photodynamischen Therapiequellen: A – UV-X, B – Aktelite CL128

### Tabelle D3.4 Bewertung photodynamischer Therapiequellen

Quelle	Gefährdung durch aktive UV-Strahlung	Gefährdung durch UVA-Strahlung	Gefährdung durch Blaulicht	Thermische Gefährdung
UV-X	Unter dem Expositionsgrenzwert	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine	Keine
Lampe Aktelite CL128 (*)	Keine	Keine	< 3 % des EGW	Keine
(*) <b>Bewertungsdaten mit freundlicher Genehmigung des Medical Physics Department, Guy's &amp; Thomas' NHS Foundation Trust, London.</b>				

Die in Tabelle D3.4 präsentierten Bewertungen zeigen – wie erwartet –, dass photodynamische Therapiequellen in Abwesenheit eines Photosensitizers kaum eine Gefährdung darstellen.

In der Physiotherapie werden Laser der Klasse 3B eingesetzt, um dem verletzten Gewebe direkt Energie zuzuführen. Derartige Laser sind eine Gefährdung für das Auge (normalerweise thermische Gefährdung der Netzhaut), aber sie sind normalerweise hoch divergent, das heißt, nur über relativ kurze Entfernungen gefährlich. Im Normalfall wird dieses Risiko durch organisatorische Schutzmaßnahmen (Kabine mit Vorhang, Warnschilder, Unterweisung des Personals) sowie den Einsatz von Laserschutzbrillen begrenzt.

Chirurgie-Laser finden bei vielen Verfahren Einsatz und gehören normalerweise zu den Geräten der Klasse 4, die eine wesentliche Gefährdung des Auges und der Haut darstellen. Auch diese Risiken werden normalerweise durch organisatorische Schutzmaßnahmen sowie persönliche Schutzkleidung gemindert. In einigen Fällen wird der Strahl durch einen Lichtwellenleiter mit einem Endoskop in den Körper geleitet. Unter der Voraussetzung, dass die

Faser des Lichtwellenleiters selbst nicht bricht, wird das Risiko auf diese Weise deutlich reduziert. In der Augenheilkunde werden Laser der Klassen 3B oder 4 ebenfalls häufig eingesetzt. Wie bei den anderen medizinischen Laseranwendungen werden die Risiken für das Auge und ggf. die Haut durch organisatorische Schutzmaßnahmen sowie durch persönliche Schutzausrüstung kontrolliert.

Wegen der Möglichkeit von Rückreflexionen im Lichtwellenleiter eines Endoskops sollten geeignete Filter angebracht bzw. eine Kamera benutzt werden.

Bei der Hautbehandlung finden intensiv gepulste Lichtquellen (IPL) breiten Einsatz. Diese Geräte basieren im Allgemeinen auf einem Xenon-Blitzlicht mit zusätzlichem Filter, durch den UV-Strahlung im Kurzwellenbereich herausgefiltert wird. Die hohen Spitzenleistungen dieser Geräte können zu einer Gefährdung durch thermische Schädigungen des Auges und der Haut führen. Diese Risiken werden normalerweise durch organisatorische Schutzmaßnahmen, die eine direkte Exposition des Personals durch die Quelle abwehren, sowie durch persönlichen Augenschutz verhindert. Je nach Qualität der Filter besteht gegebenenfalls eine Blaulichtgefährdung.

### D.3.4 Quellen für spezielle Tests

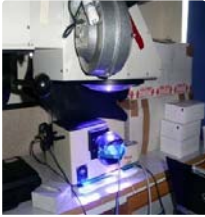


Foto eines  
Solarsimulators

In den Bereichen der Diagnose und Forschung werden verschiedene Spezialquellen eingesetzt, die im Allgemeinen von Fall zu Fall bewertet werden müssen. In dem in der nachstehenden Tabelle D3.5 dargestellten Beispiel, wie etwa einem Sonnensimulator, kann es notwendig sein, dass Bewertungen für eine Reihe potenzieller Gefährdungen durch optische Strahlung durchgeführt werden müssen.

Tabelle D3.5 Bewertung eines Solarsimulators (\*)

Quelle	Gefährdung durch aktinische UV-Strahlung	Gefährdung durch UVA-Strahlung	Gefährdung durch Blaulicht	Sonstige Gefährdung durch optische Strahlung
Oriel 81292 Sonnen-Simulator: direkte Bestrahlung	<b>Kann nach ~ 6 Min. überschritten werden</b>	<b>Kann nach ~ 3 Min. überschritten werden</b>	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine
Oriel 81292 Sonnen-Simulator: vom Körper reflektiert	Unter dem Expositionsgrenzwert	Unter dem Expositionsgrenzwert	Unter dem Expositionsgrenzwert	Keine
(*) <b>Bewertungsdaten mit freundlicher Genehmigung des Medical Physics Department, Guy's &amp; Thomas' NHS Foundation Trust, London</b>				

Im Allgemeinen ist bei normaler Anwendung nicht zu erwarten, dass die Beleuchtung für den Arbeitsbereich bzw. die Diagnose in der medizinischen Praxis eine wesentliche Gefährdung darstellt.

Unter gewissen Umständen können sich therapeutische Quellen als gefährlich erweisen. Viele dieser Quellen haben das Potenzial für Expositionen in den Bereichen mit UV- und Blaulichtgefährdung, wo diese Expositionen über den gesamten Arbeitstag hinweg addiert werden und damit das Risiko langfristiger Gesundheitsschäden mit sich bringen. Bei der Bewertung der Exposition ist es daher wichtig, realistische Expositionsszenarien auszuwerten und die Gesamtexposition unter Berücksichtigung der Arbeitsabläufe zu kalkulieren. Werden wesentliche Risiken erkannt, müssen diese – wo immer dies möglich ist – durch Einschränkung der Zugänglichkeit zur Emission kontrolliert werden. Falls auf organisatorische Schutzmaßnahmen zurückgegriffen werden muss, müssen diese sich als sicher erweisen und schriftlich festgehalten werden.

## D.4 Kfz-Beleuchtung am Arbeitsplatz

Am Arbeitsplatz kann sich eine Exposition durch optische Strahlung von Fahrzeugen in folgenden Situationen ergeben:

- Beim Autofahren,
- Bei Arbeiten am Straßenrand, zum Beispiel als Verkehrspolizist oder Straßenarbeiter,
- Bei Service und Reparatur von Fahrzeugen in Werkstätten.

Wie sich zeigen wird, ergibt sich bei den ersten beiden Beispielen nur ein triviales Expositionsmaß. Es ist nicht notwendig, wegen eines Kompromisses von Sichtbarkeit und Verkehrssicherheit die Exposition zu verringern. Während Service und Reparatur von Fahrzeugen lässt sich eine Exposition durch optische Strahlung über die Expositionsgrenzwerte hinaus durch angemessene Arbeitsverfahren und Betriebsanweisungen einschränken.

Die folgenden vier Fahrzeugmodelle wurden bezüglich der Exposition durch ihre optische Strahlung bewertet:



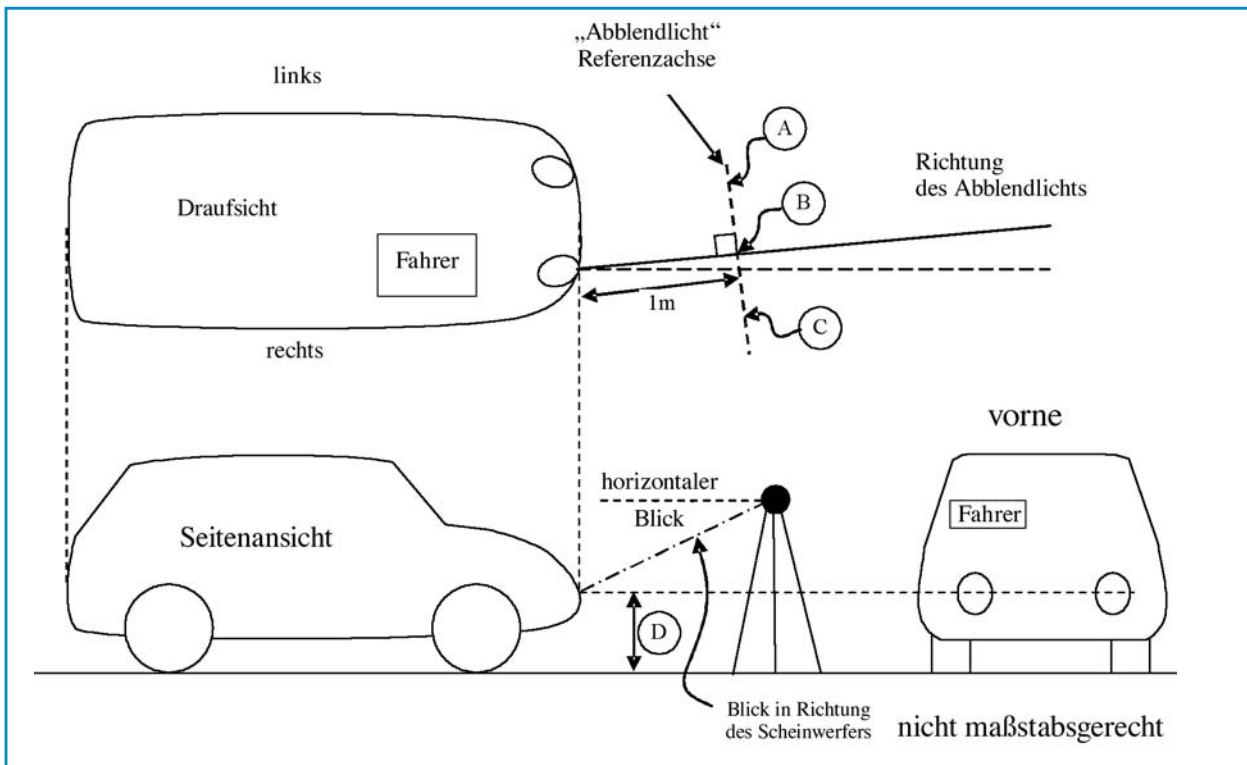
- Sportwagen: Mazda RX8 mit Xe-Scheinwerfern,
- Familienauto der Mittelklasse: Mercedes A180,
- Kleinwagen: Fiat 500,
- LDV-Minibus.

In die Bewertungsbedingungen floss die ungünstigste vorhersehbare Exposition am Arbeitsplatz ein: Siehe Tabelle D4.1 und Abbildung D4.1.

Tabelle D4.1 Bewertungsbedingungen für Fahrzeugscheinwerfer

	Blickposition zum Scheinwerfer		Abstand	Expositionsszenarien
Scheinwerfer: Abblend- und Fernlicht	Scheinwerferhöhe: direkter Blick in den Lichtstrahl		0,5 m, 1 m, 2 m und 3 m	Service und Reparatur: Fahrzeug auf erhöhter Arbeitsbühne Beim Autofahren
	Augenhöhe	Blick zum Scheinwerfer	1 m	Service und Reparatur: Fahrzeug auf Bodenhöhe Straßenarbeiter, Verkehrspolizei
horizontaler Blick				
Blink-, Bremslicht und Rückfahrt-, Nebelleuchten	Scheinwerferhöhe: direkter Blick in den Lichtstrahl		0,5 m	Beim Autofahren Service und Reparatur Straßenarbeiter, Verkehrspolizei

**Abb. D4.1 Schematische Darstellung der Fahrzeugscheinwerfer-Messung**



Zur Bewertung der Gefährdung durch optische Strahlung und zum Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten (EGW) wurde die Messung der spektralen Bestrahlungsstärke bei speziellen Konfigurationen der Fahrzeugscheinwerfer herangezogen.

**Tabelle D4.2 Zusammenfassung der Gefährdung durch optische Strahlung von Fahrzeugscheinwerfern**

Gefährdung	RX8	A180	F500	LDV
Aktinische UV-Strahlung	Keine	Keine	Keine	Keine
UVA-Strahlung	Keine	Keine	Keine	Keine
Blaulicht	Kann überschritten werden: Einzelheiten siehe Tabelle D4.8	Kann überschritten werden: Einzelheiten siehe Tabellen D4.8 und D4.9	Kann überschritten werden: Einzelheiten siehe Tabelle D4.8	Kann überschritten werden: Einzelheiten siehe Tabelle D4.8
Netzhautverbrennung	< 30 % des EGW	< 10 % des EGW	< 3 % des EGW	< 2 % des EGW

**Tabelle D4.3 Gefährdung durch Blaulichtstrahlung von Fahrzeugscheinwerfern**

Zeitraum bis zur Überschreitung des Blaulicht-EGW	RX8	A180	F500	LDV
Scheinwerferhöhe: direkter Blick in den Lichtstrahl	~ 3 Min.	~ 5 Min.	~ 30 Min.	~ 1 Std.
Augenhöhe: Blick zum Lichtstrahl	~ 2 Std.	~ 8 Std.	> 8 Std.	> 8 Std.
Augenhöhe: horizontaler Blick	> 8 Std.	> 8 Std.	> 8 Std.	> 8 Std.

Tabelle D4.4 Ausmaß der Blaulichtgefährdung durch die Kfz-Beleuchtung des Mercedes A180

Kfz-Beleuchtung	Zeitraum bis zur Überschreitung der Expositionsgrenzwerte für Blaulicht		Risiko einer übermäßigen Bestrahlung
Scheinwerfer, Scheinwerferhöhe bei 1 m, direkter Blick in den Lichtstrahl – Position B in Abb. D4.1	Abblendlicht	~ 45 Min.	Unwahrscheinlich, ein direkter Blick in den Lichtstrahl sollte durch den Abwehrreflex auf sehr helles Licht vermieden werden. Es sollten Arbeitsweisen eingeführt werden, die eine unnötige Exposition auf ein Minimum reduzieren.
	Fernlicht	~ 15 Min.	
Scheinwerfer, Scheinwerferhöhe bei 1 m, direkter Blick in den Lichtstrahl – Positionen A und C in Abb. D4.1	Abblendlicht	> 8 Std.	Keine
	Fernlicht	> 8 Std.	
Scheinwerfer, Augenhöhe bei 1m, Blick zum Scheinwerfer	Abblendlicht	> 8 Std.	Keine
	Fernlicht	> 8 Std.	
Scheinwerfer, Augenhöhe bei 1 m, horizontaler Blick	Abblendlicht	> 8 Std.	Keine
	Fernlicht	> 8 Std.	
Nebelleuchte	> 8 Std.		Keine
Bremslicht	> 8 Std.		Keine
Blinker	> 8 Std.		Keine
Rückfahrleuchte	> 8 Std.		Keine

Aus dem direkten Blick in den Lichtstrahl auf Höhe des Scheinwerfers kann sich eine Blaulichtgefährdung und damit das Risiko einer übermäßigen Exposition ergeben. Dennoch ist eine übermäßige Exposition unwahrscheinlich, da:

- ein längerer, direkter Blick in den Lichtstrahl durch Abwendungsreaktion auf sehr helles Licht vermieden werden sollte;
- das Ausmaß der Gefährdung mit zunehmendem Abstand von der Strahlmitte schnell abnimmt;
- das Ausmaß der Gefährdung auf Augenhöhe wesentlich abnimmt.

**Achtung!**

Von der Kfz-Beleuchtung sollte keine Gefährdung durch UV-Strahlen ausgehen, wenn die vordere Glasabdeckung oder der Filter intakt sind. Bei Arbeiten an der Kfz-Beleuchtung ohne oder mit beschädigter vorderer Glasabdeckung kann das Risiko einer UV-Bestrahlung jedoch ansteigen. Es sollten Arbeitsweisen eingeführt werden, die eine unnötige Exposition durch die Kfz-Beleuchtung mit beschädigter vorderer Glasabdeckung oder beschädigtem Filter vermeiden.

Durch eine Änderung an den Scheinwerfern oder der Scheinwerferoptik kann das Ausmaß der Gefährdung ggf. verändert werden.

Auch wenn das Risiko einer übermäßigen Exposition durch den direkten Blick in den Lichtstrahl der Kfz-Beleuchtung gering ist, sollten – wo immer dies möglich ist – Arbeitsverfahren eingeführt werden, die eine unnötige Exposition auf ein Minimum reduzieren.

Es ist nicht davon auszugehen, dass die Teilnehmer am Straßenverkehr, darunter auch Fahrer, Verkehrspolizisten und Straßenarbeiter, einem Risiko wegen übermäßiger Exposition durch die optische Strahlung der Kfz-Beleuchtung ausgesetzt sind. Bei speziellen Arbeiten, die einen längeren, direkten Blick in den Lichtstrahl auf Höhe des Scheinwerfers voraussetzen, kann sich ggf. ein geringes Risiko durch die Blaulichtgefährdung ergeben.

## D.5 Militärische Anwendungen

Im militärischen Bereich finden künstliche Quellen optischer Strahlung breite Anwendung. In Gefechtssituationen ist es möglich, dass die Befehlshaber Kosten-Nutzen-Entscheidungen vornehmen müssen, bei denen das geringe Risiko einer tatsächlichen Verletzung durch die Überschreitung von Expositionsgrenzwerten dem Risiko schwerwiegender Verletzungen oder gar Todesfällen durch andere Gefährdungen gegenübersteht. Aus diesem Grund befasst sich dieses Kapitel ausschließlich mit Leitsystemen für Situationen in Friedenszeiten, einschließlich Ausbildung.

Zu den militärischen Anwendungen mit künstlicher optischer Strahlung gehören unter anderem:

Suchscheinwerfer
Beleuchtung eines Fliegerhorsts
Infrarot-Kommunikationssysteme
Infrarot-Zielbeleuchter
Laserzielzuweiser
Simulierte Waffensysteme
Infrarot-Gegenmaßnahmen (Infrared countermeasures, IRCM)
Magnesium-Leuchtraketen
Optische Strahlung durch Explosionen



Die meisten dieser Anwendungen mit künstlicher optischer Strahlung finden in einem offenen Umfeld und normalerweise im Freien statt. Dies wiederum bedeutet, dass entsprechend der Rangfolge der Schutzmaßnahmen eine Einhausung der optischen Strahlung als erste Schutzmaßnahme kaum angemessen ist. Hier besteht vor allem Verlass auf die Ausbildung: Das Militärpersonal wird darin geschult, Anordnungen und Befehle zu befolgen.

Bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung gemäß Artikel 4 der Richtlinie müssen die Arbeitnehmer im militärischen wie auch in anderem Umfeld berücksichtigt werden. Gegebenenfalls lässt es sich nicht immer durchsetzen, dass die potenzielle Exposition unter den Expositionsgrenzwerten liegt. Ein in diesem Bereich angewandter Ansatz ist daher die Probabilistische Risikoanalyse (PRA), die zur Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit gemäß Artikel 4 eingesetzt werden kann. Im Rahmen der PRA können verschiedene Werte angenommen werden. Ein Ereignis mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von  $10^{-8}$  gilt als akzeptierbar – selbst für ein negatives Ereignis, das – sollte es sich wirklich ereignen – katastrophale Folgen haben würde.

Ein Ereignis mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von weniger als  $10^{-8}$  gilt als unwahrscheinlich.

Die komplexe PRA verlangt Fachwissen. Für militärische Zwecke hat sie jedoch den Vorteil, dass sie den Einsatz von künstlicher optischer Strahlung in Situationen erlaubt, die unter Bezugnahme auf eine weniger strenge Bewertung nicht als annehmbar gelten würden.

## D.6 Gasbetriebene Deckenheizstrahler

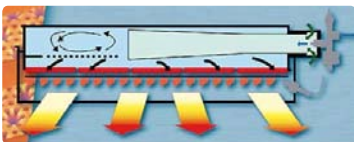
Diese Bewertungen werden mit freundlicher Genehmigung des europäischen Leit-Verbands der Hersteller von Gas-Infrarot-Hellstrahlern (ELVHIS) wiedergegeben.



Personen können der optischen Strahlung von gasbetriebenen Deckenheizstrahlern ausgesetzt sein, die in vielen Umgebungen zur Beheizung dienen:

- Industriegebäude,
- Öffentliche Gebäude,
- Logistikgebäude,
- Feuerwehrrzentralen,
- Ausstellungsräume,
- Sporthallen,
- Restaurant- und Barterrassen und vieles mehr.

Nach den Herstellerangaben müssen diese Heizkörper unter Beachtung einer Mindesthöhe über den Arbeitnehmern angebracht werden, so dass sie sich nicht direkt in Blickrichtung befinden.



Gasbetriebener Deckenheizstrahler

Die Oberflächentemperatur eines gasbetriebenen Heizstrahlers liegt zwischen 700°C und 1000°C – dies entspricht einer Wellenlänge  $\lambda_{max}$  zwischen 2275 nm und 2980 nm nach dem Wienschen Gesetz:

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{4,965 \cdot kT} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} \text{ [m}^\circ\text{K]}$$

Laut Empfehlung des französischen Verbands der Klimatechnik-Ingenieure AICVF ergibt sich daraus eine Emission von

$$E_{IR} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}] = 0,71 \times \alpha_k \times f_p \times \eta_r \times P_u / d^2$$

wobei:

$\alpha_k$  – menschlicher Absorptionsfaktor,

$f_p$  – Richtungsfaktor,

$\eta_r$  – Faktor der Strahlungseffizienz,

$P_u$  – Heizungskapazität,

$d$  – Abstand zwischen dem menschlichen Körper und dem Heizkörper.

Höchstwerte (ungünstigster Fall für den Hersteller SBM):

$$\alpha_k = 0,97,$$

$$f_p = 0,10,$$

$$\eta_r = 0,65,$$

$$P_u = 27 \text{ 000 W}$$

Für den ungünstigsten Fall bei einem Abstand  $d$  zwischen menschlichem Körper und Heizkörper, einer Heizungskapazität von  $P_u$  und einem maximalen Neigungswinkel  $I$  von 35° ergibt sich

$$h_i = \left[ \left( \sqrt{\frac{P_u}{540}} - 0,5 \right) \times \cos I \right] + 2$$

$d = h_i - 1$ , wobei

und damit  $d = 6,4 \text{ m}$ .

Hier entspricht der ungünstigste Expositionsfall

$$E_{IR,max} = 29,5 \text{ W m}^{-2} \approx 30 \text{ W m}^{-2}$$

Der Expositionsgrenzwert für den Wellenlängenbereich 780 nm bis 3000 nm bei einer Expositionsdauer von  $t > 1000 \text{ s}$  liegt bei:

$$E_{IR} = 100 \text{ W m}^{-2}$$

Es ist nicht zu erwarten, dass gasbetriebene Heizstrahler das Risiko einer übermäßigen Exposition durch optische Strahlung bewirken. Sie können daher als triviale Quellen eingestuft werden: Selbst im ungünstigsten Fall liegt die vorhersehbare Exposition aus derartigen Heizungen zuverlässig unter den anzuwendenden Expositionsgrenzwerten.

### Weitere Informationen

AICVF: Association des Ingénieurs en Climatique, Ventilation et Froid, Frankreich;

ELVHIS: Association Européenne Principale des Fabricants de Panneaux Radiants Lumineux à Gaz;

„Chauffage: déperditions de base“, Empfehlung 01-2006 auf Basis der EN 12831-3:2004, Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, SBM International, 3 Cottages de la Norge, 21490 Clenay, Frankreich.

## D.7 Laser in der Materialbearbeitung

Laser dienen vielerlei Anwendungen, die unter dem Begriff Materialbearbeitung zusammengefasst werden. Im folgenden Beispiel wird ein Laser zum Schneiden von Metallen betrachtet – das Gleiche gilt jedoch grundsätzlich für das Laserschweißen, -bohren und -beschriften.

Voraussetzung ist ein Laser, der aufgrund seiner Strahlungsleistung bzw. Energie je Impuls in die Klasse 4 eingestuft wird. Jegliche zufällige Bestrahlung durch den Laserstrahl – ob Auge oder Haut – kann daher schwere Verletzungen hervorrufen.



Im Arbeitsalltag werden Tausende solcher Laser in ganz Europa eingesetzt. Diese Bewertung bezieht sich ausschließlich auf den Laserstrahl. Sekundäre Gefährdungen können ein größeres Verletzungs- oder Todesrisiko darstellen.

### D.7.1 Identifizierung der Gefährdungen und gefährdeten Personen

Im Lebenszyklus eines materialbearbeitenden Lasers gibt es mehrere Momente, an denen Arbeitnehmer der Laserstrahlung ausgesetzt sein könnten:

Inbetriebnahme
Normaler Betrieb
Wartung
Instandsetzung

Darüber hinaus ist es möglich, dass der Laser während seines Lebenszyklus zumindest zeitweise von den Arbeitnehmern anderer Unternehmen (zum Beispiel des Herstellers oder eines Instandsetzungsunternehmens) betrieben wird. Die Bewertung bezieht sich jedoch auf die Betriebsrisiken, die sich für die Arbeitnehmer am Standort des Lasers ergeben.

Aufgrund der Eigenschaften des eingesetzten Laserstrahls wird vorausgesetzt, dass der direkte Strahl aus nächster Nähe den EGW grundsätzlich überschreitet. Dennoch muss ggf. auch Streustrahlung bewertet werden.

Bei besonders großen Werkstücken, zum Beispiel im Schiffbau, ist es möglich, dass der Augensicherheitsabstand NOHD kleiner ist als die Abmessungen des Werkstücks selbst.

### D.7.2 Einschätzung und Priorisierung der Risiken

Die einfachste Bewertung geht davon aus, dass der Laserstrahl den EGW grundsätzlich überschreitet und der Zugang zum Strahl daher eingeschränkt werden muss. Zudem erfordern vielleicht auch die sekundären Gefährdungen, die mit dem Laserprozess verbunden sind, dass der Prozess eingeschlossen werden muss. Einige dieser Gefährdungen bergen ggf. größere Risiken für die Arbeitnehmer als der Laserstrahl selbst.

Zwecks Festlegung der Schutzmaßnahmen ist ggf. eine Bewertung der Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung durch den Laserstrahl erforderlich. Im ungünstigsten Fall wird angenommen, dass der kollimierte Laserstrahl auf den untersuchten Ort trifft.

### D.7.3 Entscheidung über Präventivmaßnahmen

Präventivmaßnahmen müssen das erforderliche Schutzniveau sowie die Anforderungen der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer individuellen Tätigkeit berücksichtigen. Schutzmaßnahmen, die die Arbeit behindern, haben keinen Erfolg.

Darüber hinaus ist festzuhalten, dass ein Gehäuse, welches die gesamte materialbearbeitende Geräteanordnung



umschließt, nicht notwendig ist. Ein Gehäuse um den Prozessbereich selbst kann ausreichend sein.

Ziel ist es dabei, alle Tätigkeiten – inklusive Wartung und Instandhaltung – ohne persönliche Schutzausrichtung ausführen zu können. Ist es erforderlich, das Verfahren zu beobachten, können Sichtfenster mit geeigneter Filterwirkung oder ferngesteuerte Sehhilfen (zum Beispiel Kameras) eingesetzt werden.

Bei der Entscheidung über Schutzmaßnahmen muss bei Bedarf auch eine während des Verfahrens entstehende optische Strahlung bewertet werden, die wahrscheinlich inkohärent ist und sich in einem anderen Bereich des optischen Spektrums befindet als der vorhandene Laserstrahl.

## D.8 Industrien mit Hochtemperaturprozessen

Die Bewertungen wurden mit freundlicher Unterstützung von Herrn M. Brose vom Fachbereich Elektrotechnik, Referat Optische Strahlung der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (Deutschland) erstellt.

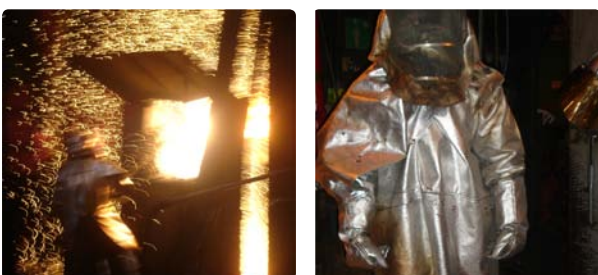
### D.8.1 Stahlverarbeitung



(Saarstahl AG, Völklingen, Deutschland)

Die Saarstahl AG hat sich auf die Produktion von Walzdraht, Stabstahl und Halbzeug in verschiedenen Qualitäten spezialisiert. Zum Standort Völklingen gehören Stahlwerke, Walzstraßen und eine Stahlschmiede, in der Rohblöcke von bis zu 200 Tonnen verarbeitet werden.

Der optische Strahlungsschutz ist ein wichtiger Bestandteil des Sicherheitsmanagements im Unternehmen.



Obwohl die Emission optischer Strahlung (hauptsächlich Infrarot) in gefährlich hohem Ausmaß inhärenter Bestandteil der Stahlproduktion und -verarbeitung ist, minimieren die bestehenden Schutzmaßnahmen den Zugang der Arbeitnehmer zu einer gefährlichen optischen Strahlung und sorgen für sichere Arbeitsbedingungen. Zu diesen Maßnahmen gehören:

- Fernbedienung und Überwachung des Fertigungsverfahrens zwecks Minimierung der menschlichen Exposition durch optische Strahlung in gefährlichem Ausmaß,
- Arbeitsverfahren, die den Aufenthalt in heißen Bereichen auf 15 Minuten beschränken und einen Arbeitswechsel vorschreiben,
- Geplant: ferngesteuerte Überwachung der Arbeitnehmer-Körpertemperatur, so dass eine Überhitzung vermieden werden kann,
- Umfangreiche berufs- und sicherheitsbezogene Unterweisung,
- Persönliche Ganzkörper-Schutzausrüstung, sofern das Fertigungsverfahren den Zugang des Arbeitnehmers vorschreibt,
- Gefährdungsbeurteilungen unter Berücksichtigung medizinischer Überwachungsdaten,
- Einbindung der Arbeitnehmervertreter in Fragen des Gesundheits- und Sicherheitsmanagements.

### D.8.2 Glasherstellung und -verarbeitung

Im Rahmen der Glasherstellung und -verarbeitung wird optische Strahlung in gefährlich hohem Ausmaß emittiert, und zwar hauptsächlich in den UV- und IR-Bereichen. Dabei erfordert das Handwerk, dass sich der Arbeitnehmer in nächster Nähe zur Quelle der gefährlichen Emissionen, zum Beispiel einem Brenner, aufhält.



Da das Ausmaß der zugänglichen Emissionen für Arbeitnehmer voraussichtlich über den Expositionsgrenzwerten liegt, wird eine Gefährdungsbeurteilung gefordert, um einen angemessenen Schutz vor der Gefährdung durch optische Strahlung zu erreichen. Da in diesem Fall die Expositionsgrenzwerte für mehr als eine Gefährdung

durch optische Strahlung überschritten werden können, gelten die striktesten Bedingungen.

Die folgenden Punkte müssen in die Gefährdungsbeurteilung einfließen:

- die Emission der Geräte (inklusive zusätzlicher Brenner) in Höhe der Körperteile des Arbeitnehmers, zum Beispiel Hände und Gesicht
- die vorhersehbare Expositionsdauer während einer Arbeitsschicht – UV-Grenzwerte addieren sich über acht Stunden
- Abschwächung durch Abschirmungen oder persönliche Schutzausrüstung.

Die Expositionsgrenzwerte der UV-Strahlung addieren sich. Können sie überschritten werden, muss der Zugang des Arbeitnehmers eingeschränkt werden: entweder durch eine Reduzierung der Emissionen (Abschirmungen, Augenschutz, Handschutz) oder durch eine Verkürzung der Expositionsdauer (maximal zulässige Bestrahlungszeit).

Wird ein Augenschutz eingesetzt, muss dessen Eignung erneut bewertet werden, wenn zusätzliche Brenner oder neue Arbeitsverfahren eingeführt werden.

Emittiert ein Gerät eine gefährliche optische Strahlung im aktinischen UV-Bereich (180 nm bis 400 nm), wo die Expositionsgrenzwerte sowohl für Haut als auch für die Augen gelten, müssen auch die Expositionen der Hände bewertet werden. Sind Schutzhandschuhe unpraktisch oder ergeben sich dadurch sekundäre Sicherheitsbedenken, muss die Expositionsdauer verkürzt werden.

### D.8.3 Weitere Informationen

*Gefährdung durch optische Strahlung bei der Glasbearbeitung durch Brenner, BGFE-Informationen SD 53 (12/06)*

## D.9 Blitzlichtfotografie

Künstliche Quellen optischer Strahlung sind feste Bestandteile bei professionellen Studio-Aufnahmen: Sie werden zur Bereichs- und Punktbeleuchtung, aber auch als Hintergrundbeleuchtung oder als Blitzlicht eingesetzt.

Im Zusammenhang mit beruflichen Expositionen sind zwei Fälle zu betrachten:

- Fotograf,
- Fotografierte Person (zum Beispiel Fotomodell).



Zur professionellen Foto-Ausrüstung eines Studios gehören unter anderem:

- Diffuse Beleuchtungsquelle,
- Elektronenblitz,
- Blitz aus professioneller Fotoausrüstung,
- Blitz aus Fotoapparat für Hobby-/Freizeit.



**Tabelle D9.1 Ungünstigster Fall durch gleichzeitige Exposition bei direktem Blick in den Strahl**

	Diffuse Beleuchtungsquelle	Elektronenblitz	Blitz aus professioneller Fotoausrüstung	Blitz aus Fotoapparat für Hobby/Freizeit
Fotograf	√	√	-	-
Modell	√	√	√	√

Die spektrale Bestrahlungsstärke und die zeitliche Charakteristik (Blitzlichtdauer) jeder Quelle bei unterschiedlichen Entfernungen dienten der Einschätzung der Exposition im ungünstigsten Fall. Anschließend erfolgte ein Vergleich mit den einschlägigen Expositionsgrenzwerten.

Für die UV- und Blaulicht-Grenzwerte muss die Exposition über einen Expositionszeitraum von acht Stunden sowie für mehrere Quellen addiert werden. Ausgedrückt werden sie als Anzahl der aufgenommenen Fotos (Blitz oder Beleuchtung), welche die einschlägigen Expositionsgrenzwerte überschreiten.

Die Gefährdung durch thermische Schädigung der Netzhaut verändert sich nach einer Expositionsdauer von zehn Sekunden nicht mehr und wird durch das Gesichtsfeld auf 100 mrad begrenzt. Für diese Bewertung ist daher nur eine einzige Aufnahme mit einer einzigen Quelle erforderlich.

Für die UV-, UVA- sowie IR-Strahlung war die Gefährdung durch alle getesteten Quellen unbedeutend.

**Tabelle D9.2 Gefährdung durch fotografische Blitzlichtquellen im ungünstigsten Fall**

	Diffuse Beleuchtungsquelle	Elektronenblitz	Blitz aus professioneller Fotoausrüstung	Blitz aus Fotoapparat für Hobby/Freizeit
Anzahl der Aufnahmen, durch die der Blaulicht-EGW überschritten wird	> 10 <sup>7</sup>	> 10 <sup>6</sup>	> 20 000	> 13 000
Thermischer EGW für die Netzhaut bei einer einzigen Aufnahme (in %)	< 0,03 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %

Weder für den Fotografen noch für das Modell ergibt sich bei den Aufnahmen ein wirkliches Risiko einer übermäßigen Exposition durch optische Strahlung. Selbst im ungünstigsten Fall einer gleichzeitigen Exposition durch mehrfache Quellen und bei direktem Strahl liegt die Anzahl von Blitzen, durch die der Blaulicht-EGW überschritten würde, bei mehreren tausend Aufnahmen.

# Anhang E – Anforderungen anderer europäischer Richtlinien

---

Eine europäische Richtlinie entsteht im Anschluss an eine gegenseitig bindende, kollektive Entscheidung der Mitgliedstaaten durch ihre nationalen Staatsminister (Rat der Europäischen Union) und Mitglieder (des Parlaments), wobei beide Organe den Text der Richtlinie in identischer Fassung verabschieden müssen. Eine Richtlinie setzt die von den Mitgliedstaaten zu verfolgenden Ziele fest, gibt ihnen bei der Durchführung in die Praxis jedoch entsprechende Flexibilität. Die Durchführung in jedem Mitgliedstaat hängt also von seiner Rechtsstruktur ab und kann daher variieren. In der Praxis richtet die EU ihre Richtlinien an alle Mitgliedstaaten und legt einen Termin fest, zu dem sie die jeweilige Richtlinie durchgeführt haben müssen.

1989 wurde die Richtlinie 89/391/EWG „über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit“ veröffentlicht. Sie gibt der Geschäftsleitung Pflichten in Form von Grundsätzen vor, die sich mit dem Gesundheits- und Sicherheitsmanagement am Arbeitsplatz befassen. Der breit gefasste Geltungsbereich dieser Richtlinie macht es unmöglich, sie auf engem Raum zusammenzufassen: Die Lektüre der gesamten Richtlinie oder der einschlägigen Verordnungen, die sie im jeweiligen Mitgliedsland des Arbeitgebers im Gesetz verankern, ist unumgänglich. Kurz gesagt legt die Richtlinie jedoch die Pflicht fest, Gefährdungsbeurteilungen gemäß einer Sammlung allgemeiner Grundsätze durchzuführen.

Die Richtlinie 89/391/EWG wird häufig als „Rahmenrichtlinie“ bezeichnet, weil sich aus einem ihrer Artikel eine Reihe individueller Richtlinien ableiten, die näher auf das Gesundheits- und Sicherheitsmanagement in bestimmten Gefahrenbereichen eingehen. Diese individuellen Richtlinien müssen in Übereinstimmung mit den Grundsätzen der Rahmenrichtlinie eingehalten werden.

Richtlinie 2006/25/EC – die „Richtlinie über künstliche optische Strahlung“ – ist eine dieser Direktiven, die innerhalb des Rahmens der Richtlinie 89/391/EWG geschaffen wurde. Zu den weiteren, relevanten Richtlinien gehören auch die Richtlinien 89/654/EWG über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz in Arbeitsstätten (die Arbeitsstätten-Richtlinie) und 89/655/EWG über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit (die Richtlinie über den Einsatz von Arbeitsmitteln).

Die Richtlinie über den Einsatz von Arbeitsmitteln wurde durch die Richtlinie 95/63/EG geändert, die sich ebenfalls mit „Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit“ befasst.

Um den gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich der künstlichen optischen Strahlung zu entsprechen, müssen Arbeitgeber mindestens die Anforderungen der erwähnten vier Richtlinien einhalten. Darüber hinaus können in jedem Mitgliedstaat örtliche Gesetze gelten, die über die in den Richtlinien angegebenen Anforderungen hinausgehen.

Bei der Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie über künstliche optische Strahlung sollte ein Arbeitgeber daher auch immer berücksichtigen, dass es hinsichtlich des Gesundheits- und Sicherheitsmanagements für optische Strahlung auch noch andere Anforderungen gibt:

Rahmenrichtlinie	Arbeitsstätten-Richtlinie	Arbeitsmittel-Richtlinie (in geänderter Fassung)
<p>Wo immer dies möglich ist, müssen Risiken vermieden werden.</p> <p>Risiken, die sich nicht vermeiden lassen, müssen eingeschätzt werden.</p> <p>Risiken müssen an der Quelle bekämpft werden.</p> <p>Die Arbeitsverfahren müssen an den individuellen Arbeitnehmer angepasst werden.</p> <p>Die Arbeitsverfahren müssen an technische Fortschritte angepasst werden.</p> <p>Gefährliche Sachlagen müssen durch ungefährliche oder weniger gefährliche Alternativen ersetzt werden.</p> <p>Es ist eine schlüssige, umfassende Schutzstrategie zu erarbeiten, die die Technologie, Organisation, Arbeitsbedingungen und gesellschaftlichen Beziehungen abdeckt.</p> <p>Kollektive Schutzmaßnahmen haben Vorrang vor individuellen Schutzmaßnahmen.</p> <p>Die Arbeitnehmer müssen entsprechend angewiesen werden.</p>	<p>Arbeitsmittel müssen einer technischen Wartung unterzogen und Defekte so schnell wie möglich behoben werden.</p> <p>Sicherheitsmittel müssen regelmäßig gewartet und geprüft werden.</p> <p>Arbeitnehmer (oder ihre Vertreter) müssen über Sicherheits- und Gesundheitsmaßnahmen an den Arbeitsstätten informiert werden.</p> <p>Die Arbeitsstätte (in einem Gebäude oder im Freien) muss angemessen beleuchtet sein. Reicht natürliches Licht nicht aus, muss künstliche Beleuchtung eingesetzt werden.</p>	<p>Der Einsatz von Arbeitsmitteln, die spezielle Gesundheitsrisiken in sich bergen, muss auf die mit dieser Arbeit betrauten Arbeitnehmer beschränkt werden.</p> <p>Reparaturen, Veränderungen und Instandhaltungen dürfen nur von den dazu benannten Arbeitnehmern durchgeführt werden.</p> <p>Die Arbeitnehmer müssen eine angemessene Unterweisung für den Einsatz der Arbeitsmittel erhalten.</p> <p>Eine sicherheitskritische Steuerung muss klar erkennbar sein.</p> <p>Die Steuerung muss sich außerhalb der Gefahrenzonen befinden.</p> <p>Wenn von dem Arbeitsmittel in naher Zukunft eine Gefährdung ausgeht, muss der Bediener erkennen können, dass sich niemand in der Gefahrenzone aufhält, oder ein Warnsignal ertönen lassen.</p> <p>Durch einen Fehler im Steuersystem darf keine gefährliche Situation entstehen.</p> <p>Das Arbeitsmittel darf nur im Anschluss an eine absichtliche Steuerungshandlung gestartet werden.</p> <p>Das Arbeitsmittel darf nur im Anschluss an eine absichtliche Steuerungshandlung erneut gestartet werden.</p> <p>Das Arbeitsmittel muss mit einer Vorrichtung ausgestattet sein, die einen vollständigen und sicheren Arbeitsstopp des Arbeitsmittels ermöglicht.</p> <p>Der Arbeitsbereich für das Arbeitsmittel muss angemessen beleuchtet sein.</p> <p>Warnhinweise müssen eindeutig, klar sichtbar und leicht verständlich sein.</p> <p>Eine Wartung muss sich sicher durchführen lassen.</p> <p>Auf dem Arbeitsmittel müssen jegliche Warnhinweise oder -markierungen angebracht werden, die die Sicherheit der Arbeitnehmer sicherstellen.</p> <p>Sofern der sichere Einsatz des Arbeitsmittels von den Installationsbedingungen abhängt, muss das Arbeitsmittel nach der Montage und vor der Inbetriebnahme geprüft werden.</p> <p>Arbeitsmittel, die schädigenden Wirkungen ausgesetzt sind, müssen regelmäßig geprüft und die Ergebnisse der Prüfung festgehalten werden.</p>

Es gibt fünf weitere Richtlinien, die für den sicheren Umgang mit künstlicher optischer Strahlung relevant sind. Sie alle beziehen sich auf die Herstellung von Arbeitsmitteln, die optische Strahlung hervorrufen oder zur Abschwächung ihrer Wirkungen herangezogen werden können. Daher beziehen sich diese Richtlinien in erster Linie auf die Hersteller und Lieferanten derartiger Arbeitsmittel und weniger auf die Arbeitgeber.

Ein Arbeitgeber sollte sich jedoch bewusst sein, dass diese Richtlinien existieren und dass jegliche Anlagen sowie Fertigungs- oder Schutzmittel, die auf dem europäischen Markt erhältlich sind, diese Richtlinien einhalten müssen. Zwei dieser Richtlinien setzen außerdem voraus, dass der Lieferant dem Anwender detaillierte Informationen über die Art der Strahlung, Schutzmittel für den Anwender, Mittel zur Vermeidung eines Missbrauchs sowie zur Beseitigung jeglicher, der Montage anhaftender Risiken liefert.

Bei den Richtlinien für die Hersteller handelt es sich um:

- Richtlinie 2006/42/EG über Maschinen (die Maschinenrichtlinie),
- Richtlinie 2006/95/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (die Niederspannungsrichtlinie),
- Richtlinie 89/686/EWG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für persönliche Schutzausrüstungen (die PSA-Richtlinie),
- Richtlinie 93/42/EWG über Medizinprodukte (die MP-Richtlinie),
- Richtlinie 98/79/EG über In-vitro-Diagnostika (die In-vitro-Richtlinie).

Einige der relevanten Bestimmungen dieser Richtlinien werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Maschinenrichtlinie	Niederspannungsrichtlinie	PSA-Richtlinie	MP- und In-vitro-Richtlinien
<p>Die Maschine ist mit einer ausreichenden integrierten Beleuchtung zu liefern, die einen sicheren Einsatz ermöglicht.</p> <p>Unerwünschte Strahlungsemissionen müssen ausgeschlossen oder so weit verringert werden, dass sie keine schädlichen Wirkungen für den Menschen haben.</p> <p>Alle funktionsbedingten Emissionen während der Einstellung, des Betriebs oder der Reinigung müssen so weit begrenzt werden, dass sie keine schädlichen Wirkungen für den Menschen haben.</p> <p>In die Maschinen integrierte Laser dürfen keine zufällige Strahlung emittieren.</p> <p>Lasereinrichtungen an Maschinen müssen so abgeschirmt sein, dass weder durch reflektierte oder gestreute Strahlung noch durch Sekundärstrahlung Gesundheitsschäden verursacht werden.</p> <p>Optische Einrichtungen zur Beobachtung oder Einstellung von Lasereinrichtungen an Maschinen müssen so beschaffen sein, dass durch die Laserstrahlung kein Gesundheitsrisiko verursacht wird.</p> <p>Wurden nachträglich Teile angebracht, um den oben aufgeführten Bestimmungen zu entsprechen, müssen die relevanten Normen angegeben werden.</p>	<p>Die Niederspannungsrichtlinie bezieht sich auf alle elektrischen Betriebsmittel zur Verwendung bei einer Nennspannung zwischen 50 und 1 000 V für Wechselstrom sowie zwischen 75 und 1 500 V für Gleichstrom. Als Bedingung gilt dabei, dass alle diese Betriebsmittel keine Strahlungen emittieren dürfen, aus denen sich Gefährdungen ergeben könnten.</p>	<p>Die Persönliche Schutzausrüstung (PSA) muss den Träger unbeschadet der Gesundheit und Sicherheit anderer Personen schützen.</p> <p>Der Großteil einer wahrscheinlich gesundheitsgefährdenden Strahlung muss ohne eine unangemessene Sichtbehinderung des Trägers absorbiert oder reflektiert werden.</p> <p>Die PSA muss so ausgewählt werden, dass die Augen des Trägers unter keinen Umständen über den maximal zulässigen Expositionsgrenzwert hinaus bestrahlt werden.</p> <p>Die optischen Bestandteile der PSA dürfen sich unter vorhersehbaren Nutzungsbedingungen nicht durch eine Bestrahlung verschlechtern, gegen die sie schützen sollen.</p>	<p>Die Produkte müssen so konzipiert sein, dass sie eine Exposition der Patienten, Anwender und anderer Personen reduzieren.</p> <p>Der Anwender muss das Emissionsausmaß kontrollieren können.</p> <p>Die Produkte müssen mit sicht-/hörbaren Emissionswarnungen ausgestattet sein.</p> <p>Die Bedienungsanleitung muss detaillierte Informationen über die Art der Strahlung, Schutzmittel für den Anwender, Mittel zur Vermeidung eines Missbrauchs sowie zur Beseitigung jeglicher der Montage anhaftender Risiken enthalten.</p>

# Anhang F – Nationale Vorschriften der europäischen Mitgliedstaaten zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG (bis zum 10. Dezember 2010) und aktuelle Leitfäden

Land	Geltende Gesetzgebung	Aktuelle Leitfäden
Österreich	<p>Oö. Landes- und Gemeinde-Dienstrechtsänderungsgesetz 2007 [Landesgesetzblatt (LGBl.), 25/07/2007, 56/2007]. Verordnung der Landesregierung über den Schutz der Landes- und Gemeindebediensteten vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung [Landesgesetzblatt (LGBl.), 18/02/2010, 4/2010]. Oö. Gemeinde- und Landes-Dienstrechtsänderungsgesetz 2008 [Landesgesetzblatt (LGBl.), 29/08/2008, 73/2008]. Verordnung der Wiener Landesregierung, mit der die Verordnung der Wiener Landesregierung über den Schutz der in Dienststellen der Gemeinde Wien beschäftigten Bediensteten vor der Einwirkung durch optische Strahlung erlassen und die Verordnung der Wiener Landesregierung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz in Dienststellen der Gemeinde Wien geändert wird [Landesgesetzblatt (LGBl.), 51/2010, 24/09/2010]. Verordnung der Oö. Landesregierung, mit der die Verordnung über den Schutz der Dienstnehmerinnen und Dienstnehmer in der Land- und Forstwirtschaft vor der Einwirkung durch künstliche optische Strahlung (Oö. VOPST-LF) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung in der Land- und Forstwirtschaft und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche in land- und forstwirtschaftlichen Betrieben geändert werden [Landesgesetzblatt (LGBl.), 65/2010, 30/09/2010]. Gesetz, mit dem die Dienstordnung 1994 (28. Novelle zur Dienstordnung 1994), die Besoldungsordnung 1994 (36. Novelle zur Besoldungsordnung 1994), die Vertragsbedienstetenordnung 1995 (32. Novelle zur Vertragsbedienstetenordnung 1995), die Pensionsordnung 1995 (20. Novelle zur Pensionsordnung 1995), das Ruhe- und Versorgungsgenusszulagegesetz 1995 (9. Novelle zum Ruhe- und Versorgungsgenusszulagegesetz 1995), das Unfallfürsorgegesetz 1967 (17. Novelle zum Unfallfürsorgegesetz 1967), das Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998 (5. Novelle zum Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998), das Wiener Personalvertretungsgesetz (16. Novelle zum Wiener Personalvertretungsgesetz), das Wiener Bezügegesetz 1995 (10. Novelle zum Wiener Bezügegesetz 1995), das Wiener Verwaltungenat-Dienstrechtsgesetz 1995 und das Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenat Wien (8. Novelle zum Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenat Wien) geändert werden und das Wiener Eltern-Karenzgeldzuschussgesetz aufgehoben wird [Landesgesetzblatt (LGBl.), 42/2010, 17/09/2010]. Verordnung der Salzburger Landesregierung vom 1. Juli 2010 über Schutzvorschriften vor Gefährdung durch künstliche optische Strahlung (S.ko5-V) [Landesgesetzblatt (LGBl.), 55/2010, 06/08/2010]. Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, mit der die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor der Einwirkung durch optische Strahlung (Verordnung optische Strahlung – VOPST) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche geändert werden [Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (BGBl.), I/Nr. 221/2010, 08/07/2010].</p>	<p>UV-Strahlenbelastung am Arbeitsplatz, Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt: Sicherheit Kompakt, Merkblatt M 014. Grundlagen der Lasersicherheit, Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt: Sicherheit Kompakt, Merkblatt M 080.</p>
Belgien	<p>FEDERALE OVERHEIDSDIENST WERKGELEGENHEID, ARBEID EN SOCIAAL OVERLEG-22 APRIL 2010. – Koninklijk besluit betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling op het werk [Moniteur Belge, 06/05/2010, S. 25349-25386].</p>	



Land	Geltende Gesetzgebung	Aktuelle Leitfäden
Bulgarien	<p>Наредба № 5 от 11 юни 2010 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на из-куствени оптични лъчения [Държавен вестник, 49, 29/06/2010, 00035-00048]</p> <p>Кодекс на труда [Държавен вестник, 15, 23/02/2010]</p> <p>Закон за здравословни и безопасни условия на труд [Държавен вестник, 12, 12/02/2010]</p> <p>Наредба № 7 от 23.09.1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване [Държавен вестник, 40, 18/04/2008]</p>	
Zypern	<p>Οι Περί Αφυλάξιας και Υγείας στην Εργασία (Τεχνική Οπτική Ακτινοβολία) Κανονισμοί του 2010 [Cyprus Gazette, 4433, 11/06/2010, 01473-01493]</p>	
Tschechische Republik	<p>Zákon č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů [Sbírka zákonů CR, 18/07/2002].</p> <p>Zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu [Sbírka zákonů CR, 30/03/1966].</p> <p>Zákon č. 111/2007 Sb., kterým se mění zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů a některé další zákony [Sbírka zákonů CR, 15/05/2007].</p> <p>Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) [Sbírka zákonů CR, 22/06/2006].</p> <p>Nařízení vlády č. 106/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbírka zákonů CR, 19/04/2010].</p> <p>Zákon č. 14/1997 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů, a zákon České národní rady č. 36/1975 Sb., o pokutách za porušování právních předpisů o vytváření a ochraně zdravotních životních podmínek, ve znění zákona České národní rady č. 137/1982 Sb. [Sbírka zákonů CR, 24/02/1997].</p> <p>Zákon České národní rady č. 548/1991 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění zákona České národní rady č. 210/1990 Sb. a zákona České národní rady č. 425/1990 Sb. [Sbírka zákonů CR, 30/12/1991].</p> <p>Nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbírka zákonů CR, 09/01/2008].</p> <p>Zákon č. 392/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony [Sbírka zákonů CR, 27/09/2005].</p> <p>Zákon č. 274/2003 Sb., kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví [Sbírka zákonů CR, 27/08/2003].</p> <p>Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [Sbírka zákonů CR, 11/08/2000].</p> <p>Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce [Sbírka zákonů CR, 07/06/2006].</p> <p>Zákon č. 48/1997 Sb., o veřejném zdravotním pojištění a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů [Sbírka zákonů CR, 07/03/1997].</p> <p>Zákon č. 362/2007, kterým se mění zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony [Sbírka zákonů CR, 28/12/2007].</p>	<p>Leitfäden für die Arbeit mit Lasern Nr. 61</p> <p>UV Zareni Plakat (Warnungen bzgl. der Gefährdungen von UV-Strahlen)</p> <p>ICNIRP-Leitfäden</p>
Dänemark	<p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod udsættelse for kunstig optisk stråling i forbindelse med arbejdet [Lovtidende A, 29/05/2010].</p> <p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod risici ved udsættelse for kunstig optisk stråling på offshoreanlæg m.v. [Lovtidende A, 21/04/2010].</p>	<p>Das dänische Arbeitsplatzgesetz soll „einen sicheren und gesunden Arbeitsplatz“ schaffen. Im Rahmen der Gesetzespflege werden die [CNIRP-Empfehlungen für optische Strahlung sowie die relevanten europäischen Normen (zum Beispiel EN 60825 und EN 207/208) als Leitfäden eingesetzt.</p>

Land	Geltende Gesetzgebung	Aktuelle Leitfäden
Estland	TÖÖTERVISHOJU JA TÖÖHUTUSE SEADUSE MUUTMISE SEADUS [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 16.01.2007, 3, 11]. Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded tehnikust optilises kirgusest mõjutatud töökonnas, tehniku optilise kirguse piirnormid ja kirguse mõõtmise kord! [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 22.04.2010, 16, 84].	
Finnland	Valituseuvoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi optiselle säteilyle altistumisesta aiheutuvalta vaarolta / Statsrådets förordning om skydd av arbetstagare mot risker som uppstår vid exponering för optisk stråling [Suomen Saadoskokoelma (SK), 05/03/2010, 00703-00720, 146/2010]	
Frankreich	Décret no 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels [Journal Officiel de la République Française (JORF), 04/07/2010]	
Deutschland	Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitsschutzverordnungen vom 19. Juli 2010 [Bundesgesetzblatt Teil 1 (BGB 1), 38, 26/07/2010, 00960-00967]	<p><i>Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung</i>, Information BGI 5006.  <i>Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ Laserstrahlung</i>, Fachverband für Strahlenschutz e. V., 2004.  <i>Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ Ultraviolettstrahlung künstlicher Quellen</i>, Fachverband für Strahlenschutz e. V., 2005.  <i>Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ Sichtbare und infrarote Strahlung</i>, Fachverband für Strahlenschutz e. V., 2005.            Methoden für die Gefährdungsbeurteilung optischer Strahlung aus künstlichen Quellen werden in den folgenden Unterlagen beschrieben:            Laserstrahlung, Unfallverhütungsvorschrift BGV B2.            DIN EN 60825-1:2008, „Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen“.            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“.            DIN EN 62471:2009, „Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen“.            DIN EN 12198-1:2000, „Sicherheit von Maschinen – Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 1: Allgemeine Leitsätze“.  <i>Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ Ultraviolettstrahlung künstlicher Quellen</i>, Fachverband für Strahlenschutz e. V., 2005.            BGR 107: Sicherheitsregeln für Durchhaufrockner von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen.            Methoden zur Reduzierung der Risiken durch optische Strahlung von künstlichen Quellen werden in den folgenden Unterlagen beschrieben:            Laserstrahlung, Unfallverhütungsvorschrift BGV B2.  <i>Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung</i>, Information BGI 5006.  <i>Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke</i>, Information BGI 5007.            DIN EN 12198-3:2002, „Sicherheit von Maschinen – Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung – Teil 3: Verminderung der Strahlung durch Abschwächung oder Abschirmung“.  <i>Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ Laserstrahlung</i>, Fachverband für Strahlenschutz e. V., 2004.  <i>Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ Ultraviolettstrahlung künstlicher Quellen</i>, Fachverband für Strahlenschutz e. V., 2005.            Methoden zur Reduzierung der Risiken für unterschiedliche Industriebereiche werden in den folgenden Unterlagen beschrieben:            Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren, Unfallverhütungsvorschrift BGI D1.            „UV-Trocknen“, Verband Druck und Medien.            Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetzpulver- und Eindringverfahren – Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung.  <i>Auswahl von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen</i>, Information BGI 5092.  <i>Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen (LWKS)</i>, Information BGI 5031.            Broschüren und Faltpflichter:            Broschüre der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: „Damit nichts ins Auge geht... – Schutz vor Laserstrahlung“.            Broschüre der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: „Blind für den Augenblick. Schutz vor optischer Strahlung“.            Broschüre der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: „Handgeführte Laser zur Materialbearbeitung“.</p>
Griechenland	Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφαλείας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδυνουστρεγόμενους από φυσικούς παράγοντες (τεχνητή οπτική ακτινοβολία), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2006/25/ΕΚ [Εφημερίς της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) (τεύχος Α), 145, 01/09/2010, 03075-03094]	

Land	Geltende Gesetzgebung	Aktuelle Leitfäden
Ungarn	<p>1991. évi XI. törvény az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálatról [Magyar Közlöny, 00753-00759].</p> <p>2/1998. (I. 16.) MüM rendelet a munkahelyen alkalmazandó biztonsági és egészségvédelmi jelzésekéről [Magyar Közlöny, 16/01/1998, 174-192, 2].</p> <p>A Kormány 218/1999. (XII. 28.) Korm. rendelete az egyes szabálysértésekről [Magyar Közlöny, 28/12/1999, 08942-08968, 1999/125].</p> <p>Az egészségügyi miniszter 22/2010. (V. 7.) EUM rendelete a munkavállalókat érő mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről [Magyar Közlöny, 14597-14614].</p> <p>1997. évi XLVII. Törvény az egészségügyi és a hozzájuk kapcsolódó személyes adatok kezeléséről és védelméről [Magyar Közlöny, 05/06/1997, 03518-03528, 1997/49].</p> <p>2009. évi CLIV. Törvény az egyes egészségügyi tárgyú törvények módosításáról [Magyar Közlöny, 47035-47090].</p> <p>1993. évi XCIII. tv. a munkavédelemről [Magyar Közlöny, 03/11/1993, 9942-9953, 160].</p> <p>33/1998. (VI. 24.) NM rendelet a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről [Magyar Közlöny, 24/06/1998, 4489-4516, 54].</p>	<p>Die folgenden europäischen Normen gelten auch in Ungarn:</p> <p>IEC 60825 -1, -2, -4, -12.</p> <p>IEC 60335-2-27.</p> <p>IEC 60601-2-22.</p> <p>EN 12198-1.</p> <p>EN 14255-1, -2, -4.</p>
Irland	<p>SAFETY, HEALTH AND WELFARE AT WORK (GENERAL APPLICATION) (AMENDMENT) REGULATIONS 2010 [Iris Oifigiúil, 04/05/2010, 00628-00629, 176 of 2010].</p>	<p>ICNIRP-Leitfäden</p>
Italien	<p>Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro [Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 30/04/2008, S.O. N.108/L – G.U.N. 101].</p>	
Lettland	<p>Ministru kabineta 2009.gada 30.jūnija noteikumi Nr.731 „Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret mākslīgā optiskā starojuma radīto risku darba vidē” [Latvijas Vēstnesis, 07/07/2009, 105].</p>	<p>Litauische Norm: Messung und Bewertung von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 2: Sichtbare und Infrarot-Strahlung künstlicher Quellen am Arbeitsplatz</p>
Litauen	<p>LIETUVOS RESPUBLIKOS ADMINISTRACINIŲ TEISĖS PAŽEIDIMŲ KODEKSO 5.41, 51(3), 51(12), 55, 58, 70, 76, 77, 77(1), 81, 82, 84(1), 87, 89(1), 91, 99(8), 183, 188(4), 188(9), 189(1), 214(3), 221, 224, 225, 232(1), 237, 242, 244, 246(2), 259(1), 262, 263, 268, 320 STRAIPSNIŲ PAKETIMO BEI PAPILDYMO IR KODEKSO PAPILDYMO 42(4), 51(18), 51(19), 51(20), 51(21), 51(22), 56(2), 58(1), 78(1), 89(2), 99(9), 99(10), 148, 173(20), 173(21) STRAIPSNIAIS ĮSTATYMAS Nr. X-691 [Nouvelles de l'Etat, 30/06/2006, 73].</p> <p>Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. spalio 5 d. įsakymas Nr. A1-277/V-785 „Dėl 2007 m. birželio 20 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2007/30/EB, iš dalies keičiančios Tarybos direktyvą 89/391/EEB, jos atskiras direktyvas ir Tarybos direktyvas 83/477/EEB, 91/383/EEB, 92/29/EEB bei 94/33/EEB, siekiant supaprastinti ir racionalizuoti praktinio įgyvendinimo a-taskaitas, įgyvendinimo“ 2007 m. spalio 5 d. Nr. A1-277/V-785 [Nouvelles de l'Etat, 11/10/2007, 105].</p> <p>Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. gruodžio 14 d. įsakymas Nr. A1-366/V-1025 „Dėl darbuotojų apsaugos nuo dirbtinės optinės spinduliuotės ke-liamos rizikos nuostatų patvirtinimo“ [Nouvelles de l'Etat, 22/12/2007, 136].</p> <p>Lietuvos Respublikos administracinių teisės pažeidimų kodekso pakeitimo ir papildymo įstatymas Nr. VIII-1543 [Nouvelles de l'Etat, 15/03/2000, 22].</p>	

Land	Geltende Gesetzgebung	Aktuelle Leitfäden
Luxemburg	Règlement grand-ducal du 26 juillet 2010 relatif aux prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des salariés aux risques dus aux agents physiques (rayonnements optiques artificiels et rayonnement solaire) 2. portant modification du règlement grand-ducal modifié du 17 Juin 1997 concernant la périodicité des examens médicaux en matière de médecine du travail [Mémorial Luxembourggeois A, 131, 12/08/2010, 02164-02182]	
Malta	L.N. 250 of 2010 OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AUTHORITY ACT (Cap. 424) Work Place (Minimum Health and Safety Requirements for the Protection of Workers from Risks resulting from Exposure to Artificial Optical Radiation) Regulations, 2010 [The Malta government gazette, 30/04/2010, 02403-02450, 18586].	
Niederlande	Besluit van 1 februari 2010 tot wijziging van het Arbeidsomstandighedenbesluit, houdende regels met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van kunstmatige optische straling [Staatsblad (Bulletin des Lois et des Décrets royaux), 09/03/2010, 00001-00021, Stb. 2010, 103].	Optische straling in arbeidssituaties
Polen	Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [Dziennik Ustaw, 2010/100/643, 09/06/2010] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [Dziennik Ustaw, 2010/141/950, 06/08/2010]	Es existieren einige Veröffentlichungen über die Methoden und Leitfäden zu optischer Strahlung. Dazu gehören: „Occupational risk assessment. Part 1. Methodological basis“, ed. M.W. Zawieska, CIOP-PIB, Warszawa 2004 (3-rd edition) „Occupational risk assessment. Part 2. STER-computer aided support“, ed. M.W. Zawieska, CIOP, Warszawa 2000 „Occupational risk. Methodological basis of evaluation“ ed. M.W. Zawieska, CIOP-PIB Warszawa, 2007.
Portugal	Assembleia da República-Estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril [Diário da República, 168, 30/08/2010, 03770-03782] Assembleia da República Rectifica a Lei n.º 25/2010, de 30 de Agosto, que estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, publicada no Diário da República, 1.ª série, n.º 168, de 30 de Agosto de 2010 [Diário da República I, 209, 27/10/2010, 04849-04859]	
Rumänien	Hotărârea Guvernului privind cerințele minime de securitate și sănătate în muncă referitoare la expunerea lucrătorilor la riscuri generate de radiațiile optice artificiale [Monitorul Oficial al României, 427, 25/06/2010, 00002-00015]	
Slowakei	Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov [Zbierka zákonov SR, 31/07/2007, 154]. Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 410/2007 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou umelému optickému žiareniu [Zbierka zákonov SR, 01/09/2007, 178].	

Land	Geltende Gesetzgebung	Aktuelle Leitfäden
Slowenien	Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem [Uradni list RS, 34/2010, 30/04/2010, 04892-04909]	
Spanien	Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado (B.O.E), 24/04/2010, 36103-36120, 99/2010]. Corrección de errores del Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado (B.O.E), 06/05/2010, 40171-40171, 110/2010].	<p>NORMEN:</p> <p>UNE-CR 13464:1999 „Guía para la selección, utilización y mantenimiento de los protectores oculares y faciales de uso profesional“.</p> <p>UNE EN 166:2002 „Protección individual del ojo. Requisitos“.</p> <p>UNE EN 169:2003 „Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado“.</p> <p>UNE EN 170:2003 „Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado“.</p> <p>UNE EN 207 „Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser)“ (Esta norma tiene ampliaciones y modificaciones).</p> <p>UNE EN 208 „Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas láser (gafas de ajuste láser)“ (Esta norma tiene ampliaciones y modificaciones).</p> <p>UNE-EN 60825 „Seguridad de los productos láser“ esta norma tiene varias partes y numerosas correcciones.</p> <p>UNE-EN 14255 Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente (Esta norma tiene varias partes).</p> <p>Plakate:</p> <p>La Directiva 2006/25/CE sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales.</p> <p>Methodology to assess occupational exposure to optical radiations.</p> <p>Spectral limit: Anwendung zur Bewertung der Exposition gegenüber sichtbarer und UV-Strahlung am Arbeitsplatz.</p> <p>Sonstige INSHT-Unterlagen:</p> <p>NTP 755: „Radiaciones ópticas: Metodología de evaluación de la exposición laboral“.</p> <p>NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2: 2002).</p> <p>NTP 261: Láseres: riesgos en su utilización.</p> <p>FDN-23: Comercialización de las Pantallas de Protección para Soldadores.</p> <p>Guías orientativas para la selección y utilización de EPI – Protectores oculares y faciales.</p> <p>CD-R. Vermeidung von Risiken am Arbeitsplatz: Praktische Fortgeschrittenen-Schulung für leitende Funktionen. Version 2.</p> <p>Algunas cuestiones sobre seguridad Láser. (Einige Punkte zum Thema Lasersicherheit).</p> <p>Evaluación de las Condiciones de Trabajo en la pequeña y mediana empresa.</p> <p>Riesgos por radiaciones ópticas procedentes de fuentes luminosas.</p> <p>La exposición laboral a radiaciones ópticas.</p>
Schweden	Arbetsmiljöverkets föreskrifter om artificiell optisk strålning (AFS 2009:7). [Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS), 10/11/2009, 2009:7].	
Großbritannien/ Nordirland	The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), 06/04/2010, GB SI 2010 No. 1140] The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (Northern Ireland) 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), SR of NI 2010 No. 180] Factories (Protection of Workers from Physical Agents) (Artificial Optical Radiation) Regulations 2010 [Gibraltar Gazette, 3801, 29/07/2010]	<p>MHRA DB2008(03) Guidance on the safe use of lasers, intense light source systems and LEDs in medical, surgical, dental and aesthetic practices.</p> <p>HSG95 The radiation safety of lasers used for display purposes.</p>

# Anhang G – Europäische und internationale Normen

---

Mehrere europäische Normen beziehen sich auf Produkte, die optische Strahlungen emittieren. Sie charakterisieren diese Emissionen und befassen sich mit Schutzmaßnahmen. Darüber hinaus gibt es eine Reihe internationaler ISO-, IEC- und CIE-Normen, die nicht als europäische Normen herausgegeben wurden. Eine dritte Gruppe bezieht sich auf Leitfäden, die auf internationaler Ebene herausgegeben wurden, ggf. jedoch noch nicht von allen Mitgliedstaaten angenommen wurden.

Die Aufnahme einer solchen Unterlage in diesen Anhang bedeutet für den Arbeitgeber nicht, dass er sie erwerben und lesen muss. Einige dieser Unterlagen können sich für den Arbeitgeber im Zusammenhang mit der Bewertung und dem Management von Risiken jedoch als nützlich erweisen.

## G.1 Euronormen

EN 165:2005 Persönlicher Augenschutz – Wörterbuch

EN 166:2002 Persönlicher Augenschutz – Anforderungen

EN 167:2002 Persönlicher Augenschutz – Optische Prüfverfahren

EN 168:2002 Persönlicher Augenschutz – Nichtoptische Prüfverfahren

EN 169:2002 Persönlicher Augenschutz – Filter für das Schweißen und verwandte Techniken – Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung

EN 170:2002 Persönlicher Augenschutz – Ultraviolett-schutzfilter – Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung

EN 171:2002 Persönlicher Augenschutz – Infrarotschutzfilter – Transmissionsanforderungen und empfohlene Verwendung

EN 175:1997 Persönlicher Schutz – Geräte für Augen- und Gesichtsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren

EN 207:1998 Persönlicher Augenschutz – Filter und Augenschutzgeräte gegen Laserstrahlung

EN 208:1998 Persönlicher Augenschutz – Augenschutzgeräte für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten

EN 349:1993 Sicherheit von Maschinen; Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen

EN 379:2003 Persönlicher Augenschutz – Automatische Schweißerschutzfilter

EN 953:1997 Sicherheit von Maschinen – Trennende Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen Schutzeinrichtungen

EN 1088:1995 Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen

EN 1598:1997 Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Durchsichtige Schweißvorhänge, -streifen und -abschirmungen für Lichtbogenschweißprozesse

EN ISO 11145:2001 Optik und optische Instrumente – Laser und Laseranlagen – Begriffe und Formelzeichen

EN ISO 11146-1: Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für Laserstrahlmessungen, Divergenzwinkel und Beugungsmaßzahlen. Stigmatische und einfach astigmatische Strahlen

EN ISO 11146-2: Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für Laserstrahlmessungen, Divergenzwinkel und Beugungsmaßzahlen. Allgemein astigmatische Strahlen

- EN ISO 11149:1997 Optik und optische Instrumente – Laser und Laseranlagen – Faseroptik-Steckverbinder für Laseranwendungen außerhalb der Telekommunikation
- EN ISO 11151-1: Laser und Laseranlagen – Optische Standardkomponenten – Komponenten für den UV-, sichtbaren und nahinfraroten Spektralbereich
- EN ISO 11151-2:2000 Laser und Laseranlagen – Optische Standardkomponenten – Komponenten für den infraroten Spektralbereich
- EN ISO 11252:2004 Laser und Laseranlagen – Lasergerät – Mindestanforderungen an die Dokumentation
- EN ISO 11254-3:2006 Laser und Laseranlagen – Bestimmung der laserinduzierten Zerstörschwelle optischer Oberflächen. Zertifizierung der Belastbarkeit hinsichtlich Laserleistung(-energie)
- EN ISO 11551:2003 Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für den Absorptionsgrad von optischen Laserkomponenten
- EN ISO 11553-1:2005 Sicherheit von Maschinen – Laserbearbeitungsmaschinen – Allgemeine Sicherheitsanforderungen
- EN ISO 11553-2:2007 Sicherheit von Maschinen – Laserbearbeitungsmaschinen – Sicherheitsanforderungen an handgeführte Laserbearbeitungsgeräte
- EN ISO 11554:2006 Optik und Photonik – Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für Leistung, Energie und Kenngrößen des Zeitverhaltens von Laserstrahlen
- EN ISO 11670:2003 Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für Laserstrahlparameter – Strahllagestabilität
- EN ISO 11810-1:2005 Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren und Einstufung zur Laserresistenz von Operationstüchern und/oder anderen Abdeckungen zum Schutz des Patienten – Primäre Entzündung und Laserdurchstrahlung
- EN ISO 11810-2:2007 Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren und Einstufung zur Laserresistenz von Operationstüchern und/oder anderen Abdeckungen zum Schutz des Patienten – Sekundäre Entzündung
- EN ISO 11990:2003 Optik und optische Instrumente – Laser und Laseranlagen – Bestimmung der Laserresistenz des Schafts von Trachealtuben
- EN ISO 12005:2003 Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für Laserstrahlparameter – Polarisation
- EN ISO 12100-1:2003 Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie
- EN ISO 12100-2:2003 Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze
- EN 12254:1998 Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung
- EN ISO 13694:2001 Optik und optische Instrumente – Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für die Leistungs-(Energie)dichteverteilung von Laserstrahlen
- EN ISO 13695:2004 Optik und Photonik – Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für die spektralen Kenngrößen von Lasern
- EN ISO 13697:2006 Optik und Photonik – Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für die spekulare Reflexion und die gerichtete Transmission von optischen Laserkomponenten
- EN 13857:2008 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen
- EN ISO 14121-1:2007 Sicherheit von Maschinen – Risiko- beurteilung – Teil 1: Leitsätze
- EN 14255-1:2005 Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 1: Von künstlichen Quellen am Arbeitsplatz emittierte ultraviolette Strahlung
- EN 14255-2:2005 Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 2: Sichtbare und infrarote Strahlung künstlicher Quellen am Arbeitsplatz

EN 14255-4:2006 Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 4: Terminologie und Größen für Messungen von UV-, sichtbaren und IR-Strahlungs-Expositionen

EN ISO 14408:2005 Trachealtuben für die Laserchirurgie – Anforderungen an die Kennzeichnung und die begleitenden Informationen

EN ISO 15367-1:2003 Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für die Bestimmung der Wellenfrontform von Laserstrahlen – Begriffe und grundlegende Aspekte

EN ISO 15367-2:2005 Laser und Laseranlagen – Prüfverfahren für die Bestimmung der Wellenfrontform von Laserstrahlen – Shack-Hartmann-Sensoren

EN ISO 17526:2003 Optik und optische Instrumente – Laser und Laseranlagen – Lebensdauer von Lasern

EN ISO 22827-1:2005 Abnahmeprüfung für Nd:YAG-Laserstrahlschweißmaschinen – Maschinen mit Versorgung durch Lichtleitfaser – Lasereinrichtung

EN ISO 22827-2:2005 Abnahmeprüfung für Nd:YAG-Laserstrahlschweißmaschinen – Maschinen mit Versorgung durch Lichtleitfaser – Mechanische Bewegungseinrichtung

EN 60601-2-22:1996 Medizinische elektrische Geräte – Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit – Kapitel 2.22: Leistungsmerkmale von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten

EN 60825-1:2007 Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen

EN 60825-2:2004 Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen

EN 60825-4:2006 Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 4: Laserschutzwände

EN 60825-12:2004 Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 12: Sicherheit von optischen Freiraumkommunikationssystemen für die Informationsübertragung

EN 61040:1993 Empfänger, Messgeräte und Anlagen zur Messung von Leistung und Energie von Laserstrahlen

## G.2 Europäische Leitfäden

CLC/TR 50488:2005 Guide to levels of competence required in laser safety

## G.3 ISO-, IEC- und CIE-Unterlagen

ISO/TR 11146-3:2004 Lasers and laserrelated equipment. Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios. Intrinsic and geometrical laser beam classification, propagation and details of test methods

ISO TR 11991:1995 Guidance on airway management during laser surgery of upper airway

ISO/TR 22588:2005 Optics and photonics. Laser and laser-related equipment. Measurement and evaluation of absorption-induced effects in laser optical components

IEC/TR 60825-3:2008 Safety of Laser Products. Part 3: Guidance for laser displays and shows

IEC TR 60825-5:2003 Safety of Laser Products. Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1

IEC/TR 60825-8:2006 Safety of Laser Products. Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans

IEC/TR 60825-13:2006 Safety of Laser Products. Part 13: Measurements for Classification of Laser Products

IEC TR 60825-14:2004 Safety of Laser Products. Part 14: A user's guide

EN 62471:2007 Photobiological safety of lamps and lamp systems

CIE S 004-2001: Colours of Light Signals

ISO 16508/CIE S006.1/E-1999: Joint ISO/CIE Standard: Road Traffic Lights – Photometric Properties of 200 mm Roundel Signals

ISO 17166/CIE S007/E-1999: Joint ISO/CIE Standard: Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose



ISO 8995-1:2002(E)/CIE S 008/E:2001: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of Work Places – Part 1: In-door [incl. Technical Corrigendum ISO 8995:2002/Cor. 1:2005(E)]

ISO 28077:2006(E)/CIE S 019/E:2006: Joint ISO/CIE Standard: Photocarcinogenesis Action Spectrum (Non-Melanoma Skin Cancers)

ISO 23539:2005(E)/CIE S 010/E:2004: Joint ISO/CIE Standard: Photometry – The CIE System of Physical Photometry

ISO 30061:2007(E)/CIE S 020/E:2007: Emergency Lighting

ISO 23603:2005(E)/CIE S 012/E:2004: Joint ISO/CIE Standard: Standard Method of Assessing the Spectral Quality of Daylight Simulators for Visual Appraisal and Measurement of Colour

CIE S 015:2005: Lighting of Outdoor Work Places

ISO 8995-3:2006(E)/CIE S 016/E:2005: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of work places – Part 3: Lighting Requirements for Safety and Security of Outdoor Work Places

# Anhang H – Photosensibilität

## H.1 Was ist Photosensibilität?

Chemische Reaktionen, die von sichtbarer oder UV-Strahlung ausgelöst werden, sind natürliche Prozesse und für lebende Organismen lebenswichtig. Sie werden auch als photochemische Reaktionen bezeichnet: Damit es zu einer solchen Reaktion kommen kann, muss zuerst ein Molekül oder von einer lebenden Zelle Energie absorbieren, wodurch das Molekül bzw. die Zelle angeregt wird.

Unter normalen Umständen hat dies eine positive Wirkung, und es kommt zu keiner Schädigung des Körpers, im vorliegenden Fall konkret der Haut.

Allerdings können die Absorption, die orale Aufnahme oder das Einatmen bestimmter Stoffe durch ihre intensiv verstärkende Wirkung echte Schädigungen ähnlich einem akuten Sonnenbrand unterschiedlichen Grades verursachen. Diese Stoffe werden allgemein als „Photosensibilisatoren“ bezeichnet.

Gelegentlich treten negative Wirkungen (wie Sonnenbrand, Blasenbildung, Brennen) fast unmittelbar auf.

Die langfristigen Folgen einer wiederholten Exposition bei gleichzeitigem Kontakt mit Photosensibilisatoren kann in manchen Fällen die Gefahr chronischer Erkrankungen erhöhen (zum Beispiel beschleunigte Hautalterung oder Hautkrebs).

Die meisten Photosensibilisatoren absorbieren im UV-A-Bereich und in geringerem Maße im UV-B- oder im sichtbaren Bereich. Sie können überall in Ihrer Umgebung auftreten, etwa

- in Ihrem alltäglichen Umfeld: bestimmte Arzneimittel wie Herzregulatoren oder Bluthochdruckmittel, einige Stoffe in verschiedenen Gemüsesorten, Holzschutzmittel wie Karbolinum, Gartenpflanzen, Parfums und Kosmetika;
- in Ihrem Arbeitsumfeld: Färbemittel, Pestizide, Druckertinten, Futtermittelzusätze;

- in einer medizinischen Umgebung: Lichttherapie, antibakterielle Stoffe, Tranquilizer, Diuretika, Infektionsbehandlungen.

Diese Aufzählungen sind nicht vollständig. Darüber hinaus können Photosensibilisatoren, die im Alltag oder aus medizinischen Gründen verwendet werden, Ihre Sensibilität bei berufsbedingter Exposition beeinflussen.

Die negativen Auswirkungen hängen von der Art der absorbierten bzw. oral aufgenommenen bzw. eingeatmeten Menge des Photosensibilisators, von der Intensität und Dauer der Exposition sowie von der genetischen Veranlagung (zum Beispiel dem Hauttyp) jedes Einzelnen ab.

## H.2 Arbeitsbedingte Aspekte ... oder auch nicht

Wie Sie sehen, kann jeder von den negativen Auswirkungen einer Exposition gegenüber UV- oder sichtbarer Strahlung bei gleichzeitiger Präsenz von Photosensibilisatoren betroffen sein, sowohl bei beruflichen als auch bei privaten Aktivitäten.

Außerdem trägt die natürliche, von der Sonne erzeugte Strahlung am meisten zur Exposition bei.

Da die negativen Auswirkungen der natürlichen Strahlung nicht in den Geltungsbereich der Richtlinie fallen, wird dies nur informationshalber angeführt, soweit es um natürliche Strahlung geht.

## H.3 Was müssen Sie als Arbeitgeber tun?

Die Richtlinie schreibt vor, dass Arbeitgeber eine Bewertung der durch künstliche optische Strahlung verursachten Gefahren und Risiken vornehmen müssen.

Zu den Pflichten der Arbeitgeber gehört, ihr Personal über potenzielle Gefahren zu informieren.

Es ist besonders wichtig, das Bewusstsein der Beschäftigten für die potenziellen Gefahren und Risiken zu schärfen, die auf Photosensibilisatoren zurückzuführen sind.

#### H.4 Was tun, wenn Ihre Arbeit eine Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung bedingt und gleichzeitig Photosensibilisatoren auftreten?

Wenn ein Arbeitgeber eine Risikobewertung vornimmt, können ihm bestimmte Umstände unbekannt sein, etwa dass ein Beschäftigter zurzeit mit „photosensibilisierenden“ Arzneimitteln behandelt wird, gerade sein Heim renoviert und dabei „photosensibilisierende“ Produkte verwendet oder bei der Ausübung seiner Hobbys mit „photosensibilisierenden“ Stoffen (Farben, Tinten, Klebstoffen) umgeht usw.

Wenn ein Arzt bei Ihnen eine Behandlung mit „photosensibilisierenden“ Arzneimitteln beginnt, wird er Sie normalerweise vor den möglicherweise negativen Auswirkungen von Sonnenlicht warnen. In manchen Fällen wird er Ihnen ganz klar sagen, dass Sie überhaupt nicht in die Sonne dürfen. Dann ist es auch ratsam, bei der Arbeit übermäßige Exposition gegenüber künstlichen (und natürlichen) Licht- oder UV-Quellen zu vermeiden. Lesen Sie immer den Beipackzettel! Es empfiehlt sich sehr, den Arbeitgeber direkt oder über die in Ihrem Land üblichen Wege oder Verfahren zu informieren.

Sollten Sie negative Auswirkungen auf Ihrer Haut bemerken, gehen Sie sofort zum Arzt! Falls Sie den Verdacht hegen, dies könnte mit Ihrer Arbeit zu tun haben, sagen Sie das dem Arzt! Sollte eine arbeitsbedingte Ursache denkbar sein, empfiehlt es sich wiederum dringend, den Arbeitgeber direkt oder über die in Ihrem Land üblichen Wege oder Verfahren zu informieren. Nur dann wird es möglich sein, an Ihren Arbeitsbedingungen die notwendigen Anpassungen vorzunehmen.

# Anhang I – Quellen

## I.1 Internet

Diese Listen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Für die Inhalte externer Webseiten wird keine Gewähr übernommen oder Empfehlung abgegeben.

## I.2 Beratungs-/Aufsichtsbehörden

### Europäische Union

Land	Organisation	Website
Österreich	AUVA	<a href="http://www.auva.at">http://www.auva.at</a>
Belgien	Institut pour la Prevention, la Protection et le Bien-Etre au Travail	<a href="http://www.prevent.be/net/net01.nsf">http://www.prevent.be/net/net01.nsf</a>
Zypern	Ημερίδα με θέμα: Ασφαλής Πρόσδεση Φορτίων	<a href="http://www.cysha.org.cy">http://www.cysha.org.cy</a>
Tschechische Republik	National Institute of Public Health, Czech Republic	<a href="http://www.czu.cz">http://www.czu.cz</a>
	Centrum bezpečnosti práce a požární ochrany	<a href="http://www.civop.cz">http://www.civop.cz</a>
Dänemark	Danish Working Environment Authority	<a href="http://www.at.dk">http://www.at.dk</a>
Estland	Tööinspektsioon	<a href="http://www.ti.ee">http://www.ti.ee</a>
Finnland	Työterveyslaitos	<a href="http://www.occuphealth.fi">http://www.occuphealth.fi</a>
Frankreich	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail	<a href="http://www.afsset.fr">http://www.afsset.fr</a>
Deutschland	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	<a href="http://www.baua.de">http://www.baua.de</a>
	Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse	<a href="http://www.bgetf.de">http://www.bgetf.de</a>
Griechenland	Hellenic Institute for Occupational Health and Safety	<a href="http://www.elinyae.gr">http://www.elinyae.gr</a>
Ungarn	Public Foundation for Research on Occupational Safety	<a href="http://www.mkk.org.hu">http://www.mkk.org.hu</a>
Irland	Health and Safety Authority	<a href="http://www.HSA.ie">http://www.HSA.ie</a>
Italien	National Institute of Occupational Safety and Prevention	<a href="http://www.ispesl.it">http://www.ispesl.it</a>
Lettland	Institute of Occupational and Environmental Health	<a href="http://home.parks.lv/ioeh">http://home.parks.lv/ioeh</a>
Luxemburg	Inspection du Travail et des Mines	<a href="http://www.itm.lu/itm">http://www.itm.lu/itm</a>
Malta	Occupational Health and Safety Authority	<a href="http://www.ohsa.org.mt">http://www.ohsa.org.mt</a>
Niederlande	TNO Work and Employment	<a href="http://www.arbeid.tno.nl">http://www.arbeid.tno.nl</a>
Polen	Central Institute for Labour Protection	<a href="http://www.ciop.pl">http://www.ciop.pl</a>
Portugal	Autoridade para as Condições do Trabalho	<a href="http://www.act.gov.pt">http://www.act.gov.pt</a>
Rumänien	Institute of Public Health	<a href="http://www.pub-health-iasi.ro">http://www.pub-health-iasi.ro</a>
Slowakei	Public Health Authority of the Slovak Republic	<a href="http://www.uvzs.sk">http://www.uvzs.sk</a>
Slowenien	Ministry of Labour, Family and Social Affairs	<a href="http://www.mddsz.gov.si">http://www.mddsz.gov.si</a>
Spanien	National Institute of Safety and Hygiene at Work	<a href="http://www.insht.es/portal/site/Insht">http://www.insht.es/portal/site/Insht</a>
	Association for the Prevention of Accidents	<a href="http://www.apa.es">http://www.apa.es</a>
Schweden	Swedish Radiation Protection Agency	<a href="http://www.ssi.se">http://www.ssi.se</a>
Großbritannien/ Nordirland	Health Protection Agency	<a href="http://www.hpa.org.uk">http://www.hpa.org.uk</a>
	Health and Safety Executive	<a href="http://www.hse.gov.uk">http://www.hse.gov.uk</a>

*International*

Organisation	Website
International Commission on Non-ionizing Radiation Protection	<a href="http://www.icnirp.de">http://www.icnirp.de</a>
International Commission on Illumination	<a href="http://www.cie.co.at">http://www.cie.co.at</a>
World Health Organization	<a href="http://www.who.int">http://www.who.int</a>
American Conference on Governmental Industrial Hygienists	<a href="http://www.acgih.org">http://www.acgih.org</a>
European Trade Union Confederation	<a href="http://www.etuc.org">http://www.etuc.org</a> <a href="http://hesa.etui-rehs.org">http://hesa.etui-rehs.org</a>
European Public Health Alliance	<a href="http://www.ephpa.org/r/64">http://www.ephpa.org/r/64</a>
The European Agency for Safety and Health at Work	<a href="http://osha.europa.eu/">http://osha.europa.eu/</a>
International Commission on Occupational Health	<a href="http://www.icohweb.org">http://www.icohweb.org</a>

*Restliche Welt*

Land	Organisation	Website
USA	US Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health	<a href="http://www.fda.gov/cdrh/">http://www.fda.gov/cdrh/</a>
USA	US Food and Drug Administration, Medical Accident Database	<a href="http://www.accessdata.fda.gov">http://www.accessdata.fda.gov</a>
USA	United States Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine, Laser/Optical Radiation Program	<a href="http://chppm-www.apgea.army.mil/laser/laser.html">http://chppm-www.apgea.army.mil/laser/laser.html</a>
Australien	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency	<a href="http://www.arpansa.gov.au">http://www.arpansa.gov.au</a>

### I.3 Normen

Organisation	Website
International Electrotechnical Commission	<a href="http://www.iec.ch">http://www.iec.ch</a>
European Committee for Electrotechnical Standardization	<a href="http://www.cenelec.eu">http://www.cenelec.eu</a>
European Committee for Standardization	<a href="http://www.cen.eu">http://www.cen.eu</a>
International Organization for Standardization	<a href="http://www.iso.org">http://www.iso.org</a>
American National Standards Institute	<a href="http://www.ansi.org">http://www.ansi.org</a>
US Laser Safety Standards	<a href="http://www.z136.org">http://www.z136.org</a>

### I.4 Verbände/Web-Verzeichnisse

Organisation	Website
European Optical Society	<a href="http://www.myeos.org">http://www.myeos.org</a>
SPIE	<a href="http://www.spie.org">http://www.spie.org</a>
Optical Society of America	<a href="http://www.osa.org">http://www.osa.org</a>
Laser Institute of America	<a href="http://www.laserinstitute.org">http://www.laserinstitute.org</a>
Association of Laser Users	<a href="http://www.ailu.org.uk">http://www.ailu.org.uk</a>
Institute of Physics	<a href="http://www.iop.org">http://www.iop.org</a>
Institute of Physics and Engineering in Medicine	<a href="http://www.ipem.org.uk">http://www.ipem.org.uk</a>
British Medical Laser Association	<a href="http://www.bmla.co.uk">http://www.bmla.co.uk</a>
European Leading Association of Luminous Radiant gas heaters Manufacturers	<a href="http://www.elvhis.com">http://www.elvhis.com</a>

## I.5 Fachzeitschriften

<http://www.optics.org>

Opto & Laser Europe

<http://www.health-physics.com>

Health Physics

[http://www.oxfordjournals.org/our\\_journals/rpd/about.html](http://www.oxfordjournals.org/our_journals/rpd/about.html)

Suche nach Abstracts aus laserbezogenen Veröffentlichungen in Radiation Protection Dosimetry

<http://lfw.pennnet.com/home.cfm>

Laser Focus World, monatliches Optik-Magazin aus den USA

<http://www.photonics.com>

Photonics Spectra, Europhotonics und BioPhotonics

<http://scitation.aip.org/jla/>

Journal of Laser Applications

<http://www.springerlink.com/content/1435-604X/>

Lasers in Medical Science

<http://fibers.org/fibresystems/schedule/fse.cfm>

Fibre Systems Europe

<http://www.laserist.org/Laserist/>

The Laserist, Zeitschrift der International Laser Display Association

<http://www.ledsmagazine.com>

Elektronik-Magazin über LED-Anwendungen

<http://www.ils-digital.com>

Industrial Laser Solutions

<http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>

Online-Enzyklopädie für Laser- und Optik-Themen

## I.6 CD-, DVD- und andere Quellen

Quellen	Erhältlich bei	Hinweis
Limits CD	Austrian Research Centers	Ein interaktives Trainingssystem (Englisch & Deutsch) über die Lasersicherheit in Industrie und Forschung. Zur CD gehört ein 30-minütiges Video, das die neun Kapitel der CD erläutert. Die Kapitel können auch unabhängig vom Video eingesehen werden – inklusive Multiple-Choice-Test und Glossar.
LIA – Mastering Light – Laser Safety DVD	LIA	Behandelt Anwendungen, Laserarten, Gefährdungen durch Laser, Schutzmaßnahmen, Warnschilder und -hinweise, Aufbewahrung des Augenschutzes, usw. Enthält Einzelheiten zu alten Laserklassifikationen.
Laser Safety in Higher Education on DVD	University of Southampton	Behandelt Laserstrahlen und den Körper, Schutzmaßnahmen, Neutralfilter, usw. Enthält Einzelheiten zu alten Laserklassifikationen.
LIA – CLSO's Best Practices in Laser Safety on CD	LIA	Buch + CD. CD enthält eine Powerpoint-Präsentation der Kapitel 5.2.1.1 und 5.2.1.3. Das Buch ist als Mittel zur Entwicklung von Lasersicherheitsprogrammen gedacht.
Prevention of Labour Risks on CD	INSHT	Vermeidung von Risiken am Arbeitsplatz: Praktische Fortgeschrittenen-Schulung für leitende Funktionen. Version 2.
Handbuch zum Laserschutz	Laservision	Heft (Englisch & Deutsch) – bezieht sich hauptsächlich auf Laserschutzbrillen und -filter.
Laser-Augenschutz Filter-Select	BGETEM	ACCESS – interaktive Datenbank für Laser-Augenschutz.

# Anhang J – Glossar

## Abwendungsreaktion, Abwehrreflex – absichtlich, unwillkürlich

Augenlidschluss, Augenbewegung, Pupillenverengung oder Kopfbewegung, um die Exposition durch helle optische Strahlung zu vermeiden.

## Beleuchtungsstärke (an einem Punkt einer Oberfläche)

Quotient des Lichtstroms  $d\Phi_v$ , der auf ein den Punkt enthaltendes Element der Oberfläche auftrifft, und der Fläche  $dA$  dieses Elements.

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA}$$

SI-Einheit: Lux (lx)

## Bereich der Netzhautgefährdung

Spektralbereich von 380 nm bis 1 400 nm (sichtbare plus IRA-Strahlung), in dem die Augenmedien optische Strahlung transmittieren und die Absorption auf der Netzhaut erfolgt.

## Bestrahlung

Quotient aus der Division der Strahlungsenergie  $dQ$  auf einem Element der Oberfläche an einem Punkt über die vorgegebene Zeit durch die Fläche  $dA$  dieses Elements.

$$H = \frac{dQ}{dA}$$

Gleichzeitig das Integral der Bestrahlungsstärke  $E$  an einem Punkt über die vorgegebene Zeit  $\Delta t$

$$H = \int_{\Delta t} E \cdot dt$$

SI-Einheit:  $J m^{-2}$

## Bestrahlungsstärke (an einem Punkt einer Oberfläche)

Quotient der Strahlungsleistung  $d\Phi$ , die auf ein den Punkt enthaltendes Element der Oberfläche auftrifft, und der Fläche  $dA$  dieses Elements.

SI-Einheit:  $W m^{-2}$

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

## Blaulichtgefährdung

Potenzielle Gefährdung einer photochemisch hervorgerufenen Netzhautverletzung durch optische Strahlung im Wellenlängenbereich 300 nm bis 700 nm.

## Expositionsgrenzwert (EGW)

Maximales Maß der Exposition für Augen oder Haut, bei dem keine gesundheitsgefährdenden Wirkungen erwartet werden.

## Gefährdung durch eine thermische Schädigung der Netzhaut

Potenzielle Verletzungsgefährdung des Auges bei der Exposition durch optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 1 400 nm.

## Gefährdung durch UV-Strahlung

Potenzielle Gefährdung durch akute und chronische Gesundheitsschädigungen des Auges und der Haut bei der Exposition durch optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 180 nm bis 400 nm.

## Gefährdungsabstand für die Haut

Abstand, bei dem die Bestrahlungsstärke den anzuwendenden Expositionsgrenzwert für die Haut bei einer Exposition von acht Stunden übersteigt.

Einheit: m

## Infrarot-Strahlung (IR)

Optische Strahlung, deren Wellenlängen länger sind als die der sichtbaren Strahlung. Der Wellenlängenbereich von 780 nm bis  $10^6$  nm für Infrarot-Strahlung wird im Allgemeinen folgendermaßen aufgeteilt:

IRA (780 nm bis 1 400 nm);

IRB (1 400 nm bis 3 000 nm);

IRC (3 000 nm bis  $10^6$  nm).

## Inkohärente Strahlung

Jede optische Strahlung mit Ausnahme von Laserstrahlung.

## Leuchtdichte

Definiert durch die folgende Formel

$$L_v = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

wobei:

$d\Phi_v$  = von einem Elementarstrahl übertragener Lichtstrom pro Raumwinkel  $d\Omega$ , der von einem Punkt aus in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird;

$dA$  = Fläche eines Strahlabschnittes, die diesen Punkt enthält;

$\theta$  = Winkel zwischen dem normalen Vektor dieses Abschnittes und der Strahlrichtung.

Symbol:  $L_v$

Einheit:  $\text{cd m}^{-2}$

## Nominal Ocular Hazard Distance (NOHD) – Augensicherheitsabstand

Abstand, bei dem die Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung des Strahls den einschlägigen EGW für die Augen entspricht.

## Optische Strahlung

Elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im Übergangsbereich zu Röntgenstrahlen (Wellenlänge ca. 1 nm) sowie im Übergangsbereich zu Funkwellen (Wellenlänge ca.  $10^6$  nm).

## Sicherheitsabstand

Mindestabstand von der Quelle, bei dem die Bestrahlungsstärke/Bestrahlung unter den einschlägigen Expositionsgrenzwert (EGW) fällt.

## Sichtbare Strahlung

Optische Strahlung, die einen direkten visuellen Sinneseindruck hinterlässt.

*Hinweis: Für den Spektralbereich der sichtbaren Strahlung gibt es keine genauen Grenzen, da diese von der Strahlungsleistung, die die Netzhaut erreicht, sowie der Empfindlichkeit des Betrachters abhängen. Normalerweise werden die untere Grenze zwischen 360 nm und 400 nm sowie die obere Grenze zwischen 760 nm und 830 nm festgelegt.*

## Strahldichte

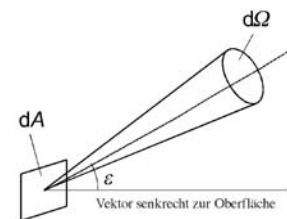
(in eine Richtung an einem Punkt einer tatsächlichen oder gedachten Oberfläche)

Definiert durch die Formel

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

wobei:

$d\Phi$  = von einem Elementarstrahl übertragene Strahlungsleistung (Strahlungsfluß) pro Raumwinkel  $d\Omega$ , der von einem Punkt aus in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird.



Schematische Darstellung der Strahldichte

$dA$  = Fläche eines Strahlabschnittes, der diesen Punkt enthält

$\varepsilon$  = Winkel zwischen dem normalen Vektor dieses Abschnittes und der Strahlrichtung.

Symbol:  $L$

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

## Ultraviolett-Strahlung (UV)

Optische Strahlung, deren Wellenlängen kürzer sind als die der sichtbaren Strahlung. Der Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm für Ultraviolett-Strahlung wird im Allgemeinen folgendermaßen aufgeteilt:

UVA, von 315 nm bis 400 nm;

UVB, von 280 nm bis 315 nm;

UVC, von 100 nm bis 280 nm.

UV-Strahlung im Wellenlängenbereich unter 180 nm (Vakuum-UV) wird vom Sauerstoff in der Luft stark absorbiert.

## Wichtungsfunktion für Blaulichtgefährdung

Spektrale Wichtungsfunktion, mit der die photochemische Wirksamkeit von UV- und sichtbarer Strahlung auf die Netzhaut berücksichtigt wird.

Symbol:  $B(\lambda)$ .

SI-Einheit: dimensionslos.



### Wichtungsfunktion für Gefährdung durch UV-Strahlung

Spektrale Wichtungsfunktion für die Gesundheitsvorsorge, mit der die kombinierte akute Wirksamkeit von UV-Strahlung auf Auge und Haut berücksichtigt wird.

### Wichtungsfunktion für thermische Netzhautgefährdung

Spektrale Wichtungsfunktion, mit der die thermische Wirksamkeit von sichtbarer und Infrarot-A-Strahlung auf die Netzhaut berücksichtigt wird.

Symbol:  $R(\lambda)$

SI-Einheit: dimensionslos

# Anhang K – Literaturverzeichnis

## K.1 Geschichte des Lasers

Bertolotti, M., *The History of the Laser*, Institute of Physics Publishing, 2005.

Hecht, Jeff, *Beam: The Race to Make the Laser*, Oxford University Press, 2005.

Maiman, Theodore, *The Laser Odyssey*, Laser Press, 2000.

Taylor, Nick, *Laser: The Inventor, the Nobel Laureate, and the Thirty-Year Patent War*, iUniverse.com, 2007.

Tones, Charles H., *How the Laser Happened – Adventures of a Scientist*, Oxford University Press, 1999.

## K.2 Medizinische Laser

Niemz, Markolf H., *Laser-Tissue Interactions – Fundamentals and Applications*, Springer, 2004.

Sliney, D., und Trokel, S., *Medical Lasers and their Safe Use*, Springer, 1993.

## K.3 Laser und optische Strahlungssicherheit

Barat, Ken, *Laser Safety Management*, CRC Press/Taylor & Francis, 2006.

Henderson, Roy und Schulmeister, Karl, *Laser Safety*, Institute of Physics Publishing, 2003.

Sliney, D., und Wolbarsht, M., *Safety with Lasers and Other Optical Sources*, Plenum, New York, 1980.

Sutter, Ernst, *Schutz vor optischer Strahlung*, VDE Verlag, 2002.

*The Use of Lasers in the Workplace: A Practical Guide*, International Labour Office, Geneva, 1993.

Winburn, D. C., *Practical Laser Safety*, Marcel Dekker Inc., New York, 1985.

## K.4 Laser-Technologie und -Theorie

Chang, William S. C., *Principles of Lasers and Optics*, Cambridge University Press, 2005.

Hitz, Breck; Ewing, J. J.; Hecht, Jeff, *Introduction to Laser Technology*, IEEE Press, 2001.

Paschotta, Rüdiger, *Field Guide to Lasers*, SPIE Press, 2008.

Webb, Collins and Jones, Julian (Hrsg.), *Handbook of Laser Technology and Applications*, 3 Bde., Institute of Physics Publishing, 2004

- *Volume 1: Principles*
- *Volume 2: Laser Design and Laser Systems*
- *Volume 3: Applications.*

## K.5 Leitlinien und Berichte

„Advice on Protection Against Ultraviolet Radiation“, Documents of the NRPB: Volume 13, No. 3, 2002. ISBN 0-85951-498-6.

„Fluorescent Lighting and Malignant Melanoma“, in *Health Physics* 58 (1), 1990, S. 111-112.

„Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3  $\mu\text{m}$ )“, in *Health Physics* 73 (3), 1997, S. 539-554.

„Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1 mm“, in *Health Physics* 71 (5), 1996, S. 804-819.

„Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation)“, in *Health Physics* 49 (2), 1985, S. 331-340.

„Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation)“, in *Health Physics* 87 (2), 2004, S. 171-186.

„Guidelines on UV Radiation Exposure Limits“, in *Health Physics* 71 (6), 1996, S. 978.

„Health Effects from Ultraviolet Radiation: Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation“, Documents of the NRPB: Volume 13, No. 1, 2002. ISBN 0-85951-475-7.

„Health Issues of Ultraviolet, A' Sunbeds Used for Cosmetic Purposes“, in *Health Physics* 61 (2), 1991, S. 285-288.

„Health Issues of Ultraviolet Tanning Appliances used for Cosmetic Purposes“, in *Health Physics* 84 (1), 2004, S. 119-127.

„ICNIRP Statement on Far Infrared Radiation Exposure“, in *Health Physics* 91(6), 2006, S. 630-645.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Hrsg.), *Measurements of Optical Radiation Hazards. A reference book based on presentations given by health and safety experts on optical radiation hazards, Gaithersburg, Maryland, USA, September 1-3, 1998*, München, 1999. ISBN 978-3-9804789-5-3.

„Laser Pointers“, in *Health Physics* 77 (2), 1999, S. 218-220.

„Light-Emitting Diodes (LEDs) and Laser Diodes: Implications for Hazard Assessment“, in *Health Physics* 78 (6), 2000, S. 744-752.

Mc Kinlay, A. F.; Repacholi, M. H. (Hrsg.), *Ultraviolet Radiation Exposure, Measurement and Protection. Proceedings of an International Workshop, NRPB, Chilton, UK, 18-20 October, 1999*, Nuclear Technology Publishing, 2000 (Radiation Protection Dosimetry, Vol 91, 1-3, 2000). ISBN 1870965655.

„Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation“, in *Health Physics* 56 (6), 1989, S. 971-972.

„Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4  $\mu\text{m}$ “, in *Health Physics* 79 (4), 2000, S. 431-440.

Sliney, D. et al., „Adjustment of guidelines for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement from a task group of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (IC-NIRP)“, in *Applied Optics* 44 (11), 2005, S. 2162-2176.

„UV exposure guidance: a balanced approach between health risks and health benefits of UV and Vitamin D. Proceedings of an International Workshop“, in *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, Vol 92, Number 1, September 2006. ISSN 0079-6107.

Vecchia, P. et al. (Hrsg.), *Protecting Workers from UV Radiation*, München, 2007. ISBN 978-3-934994-07-2.

# Anhang L – Text der Richtlinie 2006/25/EG

L 114/38

DE

Amtsblatt der Europäischen Union

27.4.2006

## 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)

DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION —

gestützt auf den Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, insbesondere Artikel 137 Absatz 2,

auf Vorschlag der Kommission<sup>(1)</sup>, vorgelegt nach Anhörung des Beratenden Ausschusses für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz,

nach Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses<sup>(2)</sup>,

nach Anhörung des Ausschusses der Regionen,

gemäß dem Verfahren des Artikels 251 des Vertrags<sup>(3)</sup>, aufgrund des vom Vermittlungsausschuss am 31. Januar 2006 gebilligten gemeinsamen Entwurfs,

in Erwägung nachstehender Gründe:

(1) Im Vertrag ist vorgesehen, dass der Rat durch Richtlinien Mindestvorschriften erlassen kann, die die Verbesserung insbesondere der Arbeitsumwelt zur Gewährleistung eines höheren Schutzniveaus für die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer zum Ziel haben. Diese Richtlinien sollten keine verwaltungsmäßigen, finanziellen oder rechtlichen Auflagen vorschreiben, die der Gründung und Entwicklung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) entgegenstehen.

<sup>(1)</sup> ABl. C 77 vom 18.3.1993, S. 12, und ABl. C 230 vom 19.8.1994, S. 3.

<sup>(2)</sup> ABl. C 249 vom 13.9.1993, S. 28.

<sup>(3)</sup> Stellungnahme des Europäischen Parlaments vom 20. April 1994 (AbI. C 128 vom 9.5.1994, S. 146), bestätigt am 16. September 1999 (AbI. C 54 vom 25.2.2000, S. 75), Gemeinsamer Standpunkt des Rates vom 18. April 2005 (AbI. C 172 E vom 12.7.2005, S. 26) und Standpunkt des Europäischen Parlaments vom 16. November 2005 (noch nicht im Amtsblatt veröffentlicht), Legislative Entschließung des Europäischen Parlaments vom 14. Februar 2006 (noch nicht im Amtsblatt veröffentlicht) und Beschluss des Rates vom 23. Februar 2006.

(2) Die Mitteilung der Kommission über ihr Aktionsprogramm zur Anwendung der Gemeinschaftscharta der sozialen Grundrechte der Arbeitnehmer sieht die Festlegung von Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen vor. Das Europäische Parlament hat im September 1990 eine Entschließung zu diesem Aktionsprogramm<sup>(4)</sup> verabschiedet, in der die Kommission insbesondere aufgefordert wurde, eine Einzelrichtlinie für den Bereich der Gefährdung durch Lärm und Vibrationen sowie sonstige physikalische Einwirkungen am Arbeitsplatz auszuarbeiten.

(3) Als ersten Schritt haben das Europäische Parlament und der Rat die Richtlinie 2002/44/EG vom 25. Juni 2002 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen) (16. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)<sup>(5)</sup> angenommen. Anschließend haben das Europäische Parlament und der Rat am 6. Februar 2003 die Richtlinie 2003/10/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm) (17. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)<sup>(6)</sup> angenommen. Danach haben das Europäische Parlament und der Rat am 29. April 2004 die Richtlinie 2004/40/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (18. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)<sup>(7)</sup> angenommen.

(4) Aufgrund der Auswirkungen von optischer Strahlung auf die Gesundheit und die Sicherheit der Arbeitnehmer, insbesondere wegen der Schädigung der Augen und der Haut, wird nunmehr die Einführung von Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch optische Strahlung als notwendig angesehen. Durch diese Maßnahmen sollen nicht nur die Gesundheit und die Sicherheit jedes einzelnen Arbeitnehmers geschützt, sondern für die gesamte Arbeitnehmerschaft der Gemeinschaft ein Mindestschutz sichergestellt werden, um mögliche Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden.

(5) Eines der Ziele dieser Richtlinie ist die rechtzeitige Erkennung negativer gesundheitlicher Auswirkungen der Exposition gegenüber optischer Strahlung.

<sup>(4)</sup> ABl. C 260 vom 15.10.1990, S. 167.

<sup>(5)</sup> ABl. L 177 vom 6.7.2002, S. 13.

<sup>(6)</sup> ABl. L 42 vom 15.2.2003, S. 38.

<sup>(7)</sup> ABl. L 159 vom 30.4.2004, S. 1. Richtlinie berichtigt in AbI. L 184 vom 24.5.2004, S. 1.

- (6) In dieser Richtlinie werden Mindestvorschriften festgelegt, so dass die Mitgliedstaaten die Möglichkeit haben, unter dem Aspekt des Arbeitnehmerschutzes strengere Bestimmungen beizubehalten oder zu erlassen, insbesondere niedrigere Expositionsgrenzwerte festzulegen. Die Umsetzung dieser Richtlinie darf nicht als Begründung für eine Verschlechterung der bestehenden Situation in jedem einzelnen Mitgliedstaat herangezogen werden.
- (7) Ein System zum Schutz vor der Gefährdung durch optische Strahlung sollte darauf beschränkt sein, die zu erreichenden Ziele, die einzuhaltenden Grundsätze und die zu verwendenden grundlegenden Werte ohne übermäßige Einzelheiten festzulegen, damit die Mitgliedstaaten in die Lage versetzt werden, die Mindestvorschriften in gleichwertiger Weise anzuwenden.
- (8) Eine Verringerung der Exposition gegenüber optischer Strahlung lässt sich wirksamer erreichen, wenn bereits bei der Planung der Arbeitsplätze Präventivmaßnahmen ergriffen werden und die Arbeitsmittel sowie die Arbeitsverfahren und -methoden so gewählt werden, dass die Gefahren vorrangig bereits am Entstehungsort verringert werden. Bestimmungen über Arbeitsmittel und Arbeitsmethoden tragen somit zum Schutz der betroffenen Arbeitnehmer bei. Im Einklang mit den allgemeinen Grundsätzen der Gefahrenverhütung gemäß Artikel 6 Absatz 2 der Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit<sup>(1)</sup> hat der kollektive Gefahrenschutz Vorrang vor dem individuellen Gefahrenschutz.
- (9) Die Arbeitgeber sollten Anpassungen an den technischen Fortschritt und den wissenschaftlichen Kenntnisstand auf dem Gebiet der durch die Exposition gegenüber optischer Strahlung entstehenden Gefahren vornehmen, um den Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer zu verbessern.
- (10) Da es sich bei der vorliegenden Richtlinie um eine Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG handelt, finden unbeschadet strengerer und/oder spezifischerer Vorschriften der vorliegenden Richtlinie die Bestimmungen der genannten Richtlinie auf die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber optischer Strahlung Anwendung.
- (11) Die vorliegende Richtlinie leistet einen konkreten Beitrag zur Verwirklichung der sozialen Dimension des Binnenmarktes.
- (12) Ergänzende Bemühungen sowohl hinsichtlich der Förderung des Grundsatzes einer besseren Rechtsetzung als auch zur Sicherstellung eines hohen Schutzniveaus lassen sich in den Fällen verwirklichen, in denen die Produkte der Hersteller von Quellen optischer Strahlung und entsprechender Arbeitsmittel den harmonisierten Normen entsprechen, die zum Schutz der Gesundheit und der Sicherheit der Nutzer vor den von solchen Produkten ausgehenden Gefahren aufgestellt worden sind. Es ist daher nicht erforderlich, dass die Arbeitgeber die Messungen oder Berechnungen wiederholen, die bereits vom Hersteller durchgeführt wurden, um die Einhaltung der in geltenden Gemeinschaftsrichtlinien aufgeführten grundlegenden Sicherheitsanforderungen an diese Arbeitsmittel zu überprüfen, sofern diese Arbeitsmittel in angemessener Weise und regelmäßig gewartet wurden.
- (13) Die zur Durchführung dieser Richtlinie erforderlichen Maßnahmen sollten gemäß dem Beschluss 1999/468/EG des Rates vom 28. Juni 1999 zur Festlegung der Modalitäten für die Ausübung der der Kommission übertragenen Durchführungsbefugnisse<sup>(2)</sup> erlassen werden.
- (14) Die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte sollte ein hohes Schutzniveau in Bezug auf die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der Exposition gegenüber optischer Strahlung gewährleisten.
- (15) Die Kommission sollte einen praktischen Leitfaden erstellen, um Arbeitgebern, insbesondere den Geschäftsführern von KMU zu helfen, die technischen Vorschriften dieser Richtlinie besser zu verstehen. Die Kommission sollte sich bemühen diesen Leitfaden so rasch wie möglich zu erstellen, um den Mitgliedstaaten den Erlass der zur Durchführung dieser Richtlinie erforderlichen Maßnahmen zu erleichtern.
- (16) Entsprechend Nummer 34 der Interinstitutionellen Vereinbarung über bessere Rechtsetzung<sup>(3)</sup> wird den Mitgliedstaaten empfohlen, für ihre eigenen Zwecke und im Interesse der Gemeinschaft eigene Tabellen aufzustellen, denen im Rahmen des Möglichen die Entsprechungen zwischen dieser Richtlinie und den Umsetzungsmaßnahmen zu entnehmen sind, und diese zu veröffentlichen —

HABEN FOLGENDE RICHTLINIE ERLASSEN:

ABSCHNITT I

ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

Artikel 1

**Ziel und Geltungsbereich**

1. Mit dieser Richtlinie, der 19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG, werden Mindestanforderungen für den Schutz der Arbeitnehmer gegen tatsächliche oder mögliche Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch die Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung während ihrer Arbeit festgelegt.
2. Diese Richtlinie betrifft die Gefährdung der Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern durch die Schädigung von Augen und Haut aufgrund der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung.

<sup>(1)</sup> ABl. L 183 vom 29.6.1989, S. 1. Richtlinie geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 284 vom 31.10.2003, S. 1).

<sup>(2)</sup> ABl. L 184 vom 17.7.1999, S. 23.

<sup>(3)</sup> ABl. C 321 vom 31.12.2003, S. 1.

3. Die Richtlinie 89/391/EWG gilt unbeschadet strengerer und/oder spezifischerer Bestimmungen der vorliegenden Richtlinie in vollem Umfang für den gesamten in Absatz 1 genannten Bereich.

#### Artikel 2

#### Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck

- a) optische Strahlung: jede elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 1 mm. Das Spektrum der optischen Strahlung wird unterteilt in ultraviolette Strahlung, sichtbare Strahlung und Infrarotstrahlung:
  - i) ultraviolette Strahlung: optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm. Der Bereich der ultravioletten Strahlung wird unterteilt in UV-A-Strahlung (315 — 400 nm), UV-B-Strahlung (280 — 315 nm) und UV-C-Strahlung (100 — 280 nm);
  - ii) sichtbare Strahlung: optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm;
  - iii) Infrarotstrahlung: optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 1 mm. Der Bereich der Infrarotstrahlung wird unterteilt in IR-A-Strahlung (780 — 1 400 nm), IR-B-Strahlung (1 400 — 3 000 nm) und IR-C-Strahlung (3 000 nm — 1 mm);
- b) Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation — Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung): jede Einrichtung, die dazu verwendet werden kann, elektromagnetische Strahlung im Bereich der Wellenlänge optischer Strahlung in erster Linie durch einen Prozess kontrollierter stimulierter Emission zu erzeugen oder zu verstärken;
- c) Laserstrahlung: aus einem Laser resultierende optische Strahlung;
- d) inkohärente Strahlung: jede optische Strahlung außer Laserstrahlung;
- e) Expositionsgrenzwerte: Grenzwerte für die Exposition gegenüber optischer Strahlung, die unmittelbar auf nachgewiesenen gesundheitlichen Auswirkungen und biologischen Erwägungen beruhen. Durch die Einhaltung dieser Grenzwerte wird sichergestellt, dass Arbeitnehmer, die künstlichen Quellen optischer Strahlung ausgesetzt sind, vor allen bekannten gesundheitsschädlichen Auswirkungen geschützt sind;
- f) Bestrahlungsstärke (E) oder Leistungsdichte: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ( $W m^{-2}$ );

- g) Bestrahlung (H): das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter ( $J m^{-2}$ );
- h) Strahldichte (L): der Strahlungsfluss oder die Strahlungsleistung je Einheitsraumwinkel je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian ( $W m^{-2} sr^{-1}$ );
- i) Ausmaß: die kombinierte Wirkung von Bestrahlungsstärke, Bestrahlung und Strahldichte, der ein Arbeitnehmer ausgesetzt ist.

#### Artikel 3

#### Expositionsgrenzwerte

- (1) Die Expositionsgrenzwerte für inkohärente Strahlung, die nicht aus natürlichen Quellen optischer Strahlung stammt, entsprechen den in Anhang I festgelegten Werten.
- (2) Die Expositionsgrenzwerte für Laserstrahlung entsprechen den in Anhang II festgelegten Werten.

#### ABSCHNITT II

#### PFLICHTEN DER ARBEITGEBER

#### Artikel 4

#### Ermittlung der Exposition und Bewertung der Risiken

- (1) Im Rahmen seiner Pflichten gemäß Artikel 6 Absatz 3 und Artikel 9 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG nimmt der Arbeitgeber im Falle der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber künstlichen Quellen optischer Strahlung eine Bewertung und erforderlichenfalls eine Messung und/oder Berechnung des Ausmaßes der optischen Strahlung vor, der die Arbeitnehmer voraussichtlich ausgesetzt sind, so dass die erforderlichen Maßnahmen zur Beschränkung der Exposition auf die geltenden Grenzwerte ermittelt und angewendet werden können. Die Bewertungs-, Mess- und/oder Berechnungsmethodik entspricht hinsichtlich Laserstrahlung den Normen des internationalen Normierungsgremiums für Elektrotechnik/Elektronik (International Electrotechnical Commission — IEC) und hinsichtlich inkohärenter Strahlung den Empfehlungen der internationalen Beleuchtungskommission (International Commission Illumination — CIE) und des Europäischen Komitees für Normung (European Committee for Standardisation — CEN). In Expositionssituationen, die von diesen Normen und Empfehlungen nicht abgedeckt sind, werden für die Bewertung, Messung und/oder Berechnung bis zur Verfügbarkeit geeigneter EU-Normen oder -Empfehlungen vorhandene nationale oder internationale wissenschaftlich untermauerte Leitlinien verwendet. In beiden Expositionssituationen können bei der Bewertung Angaben der Hersteller der Arbeitsmittel berücksichtigt werden, wenn die Arbeitsmittel in den Geltungsbereich der einschlägigen Gemeinschaftsrichtlinien fallen.

(2) Die Bewertung, Messung und/oder Berechnung nach Absatz 1 müssen in angemessenen Zeitabständen von hierzu befähigten Diensten oder Personen geplant und durchgeführt werden, wobei hinsichtlich der erforderlichen befähigten Dienste oder Personen und der Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer insbesondere Artikel 7 und Artikel 11 der Richtlinie 89/391/EWG zu berücksichtigen sind. Die aus der Bewertung resultierenden Daten, einschließlich der Daten aus der Messung und/oder der Berechnung der Exposition nach Absatz 1, werden in einer geeigneten Form gespeichert, die eine spätere Einsichtnahme ermöglicht.

(3) Nach Artikel 6 Absatz 3 der Richtlinie 89/391/EWG berücksichtigt der Arbeitgeber bei der Risikobewertung insbesondere Folgendes:

- a) Ausmaß, Wellenlängenbereich und Dauer der Exposition gegenüber künstlichen Quellen optischer Strahlung;
- b) die in Artikel 3 der vorliegenden Richtlinie genannten Expositionsgrenzwerte;
- c) alle Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern, die besonders gefährdeten Risikogruppen angehören;
- d) alle möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer, die sich aus dem Zusammenwirken zwischen optischer Strahlung und fotosensibilisierenden chemischen Stoffen am Arbeitsplatz ergeben können;
- e) alle indirekten Auswirkungen wie vorübergehende Blendung, Explosion oder Feuer;
- f) die Verfügbarkeit von Ersatzausrüstungen, die so ausgelegt sind, dass das Ausmaß der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung verringert wird;
- g) einschlägige Informationen auf der Grundlage der Gesundheitsüberwachung einschließlich, im Rahmen des Möglichen, veröffentlichter Informationen;
- h) die Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung aus mehreren Quellen;
- i) eine Klassifizierung für den Einsatz von Lasern gemäß der einschlägigen IEC-Norm und für alle künstlichen Strahlungsquellen, die ähnliche Schädigungen hervorrufen können wie ein Laser der Klassen 3B oder 4, jede entsprechende Klassifizierung;
- j) die Informationen der Hersteller von Quellen optischer Strahlung und entsprechender Arbeitsmittel gemäß den Bestimmungen der einschlägigen Gemeinschaftsrichtlinien.

4. Der Arbeitgeber muss im Besitz einer Risikobewertung gemäß Artikel 9 Absatz 1 Buchstabe a der Richtlinie 89/391/EWG sein und ermitteln, welche Maßnahmen gemäß den Artikeln 5 und 6 der vorliegenden Richtlinie zu treffen sind. Die Risikobewertung ist gemäß nationalem Recht und Übung auf einem geeigneten Datenträger zu dokumentieren; sie kann eine Begründung des Arbeitgebers einschließen, wonach eine detailliertere Risikobewertung aufgrund der Art und des Umfangs der Risiken im Zusammenhang mit optischer Strahlung nicht erforderlich ist. Die Risikobewertung ist regelmäßig zu aktualisieren, insbesondere wenn bedeutsame Veränderungen eingetreten sind, so dass sie veraltet sein könnte, oder wenn sich eine Aktualisierung aufgrund der Ergebnisse der Gesundheitsüberwachung als erforderlich erweist.

#### Artikel 5

#### **Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Risiken**

(1) Unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts und der Verfügbarkeit von Mitteln zur Begrenzung der Gefährdung am Entstehungsort muss die Gefährdung aufgrund der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung ausgeschlossen oder auf ein Mindestmaß reduziert werden.

Die Verringerung der Gefährdung aufgrund der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung stützt sich auf die in der Richtlinie 89/391/EWG festgelegten allgemeinen Grundsätze der Gefahrenverhütung.

(2) Sofern bei der gemäß Artikel 4 Absatz 1 durchgeführten Risikobewertung für die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber künstlichen Quellen optischer Strahlung festgestellt wird, dass die Expositionsgrenzwerte möglicherweise überschritten werden, muss der Arbeitgeber ein Aktionsprogramm mit technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen zur Vermeidung einer über die Grenzwert hinausgehenden Exposition ausarbeiten und durchführen und dabei insbesondere Folgendes berücksichtigen:

- a) alternative Arbeitsverfahren, durch die die Gefährdung durch optische Strahlung verringert wird;
- b) gegebenenfalls die Auswahl von Arbeitsmitteln, die in geringerem Maße optische Strahlung emittieren, unter Berücksichtigung der auszuführenden Arbeit;
- c) technische Maßnahmen zur Verringerung der Einwirkung optischer Strahlung, erforderlichenfalls auch unter Einsatz von Verriegelungseinrichtungen, Abschirmungen oder vergleichbaren Gesundheitsschutzvorrichtungen;
- d) angemessene Wartungsprogramme für Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Arbeitsplatzsysteme;
- e) die Gestaltung und Auslegung der Arbeitsstätten und Arbeitsplätze;
- f) die Begrenzung der Dauer und des Ausmaßes der Exposition;
- g) die Verfügbarkeit geeigneter persönlicher Schutzausrüstung;
- h) die Anweisungen des Herstellers der Arbeitsmittel, wenn diese unter einschlägige Richtlinien der Gemeinschaft fallen.

(3) Auf der Grundlage der gemäß Artikel 4 durchgeführten Risikobewertung werden Arbeitsplätze, an denen Arbeitnehmer optischer Strahlung aus künstlichen Quellen von einem Ausmaß ausgesetzt sein könnten, das die Expositionsgrenzwerte überschreitet, mit einer geeigneten Kennzeichnung gemäß der Richtlinie 92/58/EWG des Rates vom 24. Juni 1992 über Mindestvorschriften für die Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (9. Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) <sup>(1)</sup> versehen. Die betreffenden Bereiche werden abgegrenzt und der Zugang zu ihnen wird eingeschränkt, wenn dies technisch möglich ist und die Gefahr einer Überschreitung der Expositionsgrenzwerte besteht.

(4) Die Arbeitnehmer dürfen auf keinen Fall einer über den Grenzwerten liegenden Exposition ausgesetzt sein. Werden die Expositionsgrenzwerte trotz der vom Arbeitgeber aufgrund dieser Richtlinie durchgeführten Maßnahmen in Bezug auf künstliche Quellen optischer Strahlung überschritten, so ergreift der Arbeitgeber unverzüglich Maßnahmen, um die Exposition auf einen Wert unterhalb der Expositionsgrenzwerte zu senken. Der Arbeitgeber ermittelt, warum die Expositionsgrenzwerte überschritten wurden, und passt die Schutz- und Präventivmaßnahmen entsprechend an, um ein erneutes Überschreiten der Grenzwerte zu verhindern.

(5) In Anwendung von Artikel 15 der Richtlinie 89/391/EWG passt der Arbeitgeber die Maßnahmen im Sinne des vorliegenden Artikels an die Erfordernisse von Arbeitnehmern an, die besonders gefährdeten Risikogruppen angehören.

#### Artikel 6

### Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer

Unbeschadet der Artikel 10 und 12 der Richtlinie 89/391/EWG stellt der Arbeitgeber sicher, dass die Arbeitnehmer, die einer Gefährdung durch künstliche optische Strahlung bei der Arbeit ausgesetzt sind, und/oder ihre Vertreter alle erforderlichen Informationen und Unterweisungen im Zusammenhang mit dem Ergebnis der Risikobewertung nach Artikel 4 der vorliegenden Richtlinie erhalten, die sich insbesondere auf Folgendes erstrecken:

- a) aufgrund dieser Richtlinie ergriffene Maßnahmen;
- b) Expositionsgrenzwerte und damit verbundene potenzielle Gefahren;
- c) Ergebnisse der Bewertungen, Messungen und/oder Berechnungen des Ausmaßes der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung gemäß Artikel 4 dieser Richtlinie zusammen mit einer Erläuterung ihrer Bedeutung und der damit verbundenen potenziellen Gefahren;
- d) wie gesundheitsschädliche Auswirkungen der Exposition zu erkennen und wie diese zu melden sind;

- e) Voraussetzungen, unter denen die Arbeitnehmer Anspruch auf eine Gesundheitsüberwachung haben;
- f) sichere Arbeitsverfahren zur Minimierung der Gefährdung aufgrund der Exposition;
- g) ordnungsgemäße Verwendung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung.

#### Artikel 7

### Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer

Die Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer und/oder ihrer Vertreter in den von der vorliegenden Richtlinie erfassten Fragen erfolgt gemäß Artikel 11 der Richtlinie 89/391/EWG.

#### ABSCHNITT III

### SONSTIGE BESTIMMUNGEN

#### Artikel 8

### Gesundheitsüberwachung

(1) Mit dem Ziel der Vermeidung und rechtzeitigen Erkennung negativer gesundheitlicher Auswirkungen sowie der Vermeidung langfristiger Gesundheitsrisiken und des Risikos chronischer Erkrankungen aufgrund der Exposition gegenüber optischer Strahlung erlassen die Mitgliedstaaten Vorschriften, um eine angemessene Überwachung der Gesundheit der Arbeitnehmer nach Artikel 14 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG sicherzustellen.

(2) Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass die Überwachung der Gesundheit durch einen Arzt, einen Arbeitsmediziner oder eine nach nationalem Recht und Übung für die Überwachung der Gesundheit zuständige medizinische Behörde erfolgt.

(3) Die Mitgliedstaaten treffen Vorkehrungen, um sicherzustellen, dass für jeden Arbeitnehmer, der der Gesundheitsüberwachung nach Absatz 1 unterliegt, persönliche Gesundheitsakten geführt und auf dem neuesten Stand gehalten werden. Die Gesundheitsakten enthalten eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Gesundheitsüberwachung. Die Akten sind so zu führen, dass eine Einsichtnahme zu einem späteren Zeitpunkt unter Wahrung des Arztgeheimnisses möglich ist. Der zuständigen Behörde ist auf Verlangen unter Wahrung des Arztgeheimnisses eine Kopie der entsprechenden Akten zu übermitteln. Der Arbeitgeber trifft geeignete Maßnahmen, um sicherzustellen, dass — je nach Ermessen des Mitgliedstaats — der Arzt, der Arbeitsmediziner bzw. die für die Überwachung der Gesundheit zuständige medizinische Behörde Zugang zu den Ergebnissen der Risikobewertung nach Artikel 4 hat, soweit diese Ergebnisse für die Überwachung der Gesundheit von Bedeutung sein können. Der einzelne Arbeitnehmer erhält auf Verlangen Einsicht in seine persönlichen Gesundheitsakten.

<sup>(1)</sup> ABl. L 245 vom 26.8.1992, S. 23.



(4) Auf jeden Fall wird dem/den Arbeitnehmer(n) nach nationalem Recht und Übung eine ärztliche Untersuchung angeboten, wenn eine Exposition oberhalb der Expositionsgrenzwerte festgestellt wird. Diese ärztliche Untersuchung erfolgt auch, wenn die Gesundheitsüberwachung ergibt, dass ein Arbeitnehmer an einer bestimmbarer Krankheit leidet oder dass sich bei ihm eine die Gesundheit schädigende Auswirkung zeigt, die nach Auffassung eines Arztes oder eines Arbeitsmediziners das Ergebnis der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung bei der Arbeit ist. In beiden Fällen gilt Folgendes, wenn die Grenzwerte überschritten oder gesundheitsschädliche Auswirkungen (einschließlich Krankheiten) festgestellt werden:

- a) Der Arbeitnehmer wird von dem Arzt oder einer anderen entsprechend qualifizierten Person über die ihn persönlich betreffenden Ergebnisse unterrichtet. Er erhält insbesondere Informationen und Beratung über Gesundheitsüberwachungsmaßnahmen, denen er sich nach Abschluss der Exposition unterziehen sollte.
- b) Der Arbeitgeber wird über alle wichtigen Erkenntnisse der Gesundheitsüberwachung unterrichtet; dabei werden die möglichen Grade der ärztlichen Vertraulichkeit berücksichtigt.
- c) Der Arbeitgeber
  - überprüft die gemäß Artikel 4 vorgenommene Risikobewertung;
  - überprüft die Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Gefährdung gemäß Artikel 5;
  - berücksichtigt den Rat des Arbeitsmediziners oder einer anderen entsprechend qualifizierten Person oder der zuständigen Behörde und führt alle für erforderlich gehaltenen Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Gefährdung gemäß Artikel 5 durch und
  - trifft Vorkehrungen für eine kontinuierliche Gesundheitsüberwachung und sorgt für eine Überprüfung des Gesundheitszustands aller anderen Arbeitnehmer, die in ähnlicher Weise exponiert waren. In diesen Fällen kann der zuständige Arzt oder Arbeitsmediziner oder die zuständige Behörde vorschlagen, dass exponierte Personen einer ärztlichen Untersuchung unterzogen werden.

#### Artikel 9

#### Sanktionen

Die Mitgliedstaaten sehen angemessene Sanktionen vor, die bei einem Verstoß gegen die aufgrund dieser Richtlinie erlassenen nationalen Rechtsvorschriften zu verhängen sind. Die Sanktionen müssen wirksam, verhältnismäßig und abschreckend sein.

#### Artikel 10

#### Technische Änderungen

- (1) Alle Änderungen der in den Anhängen aufgeführten Expositionsgrenzwerte werden vom Europäischen Parlament und vom Rat nach dem in Artikel 137 Absatz 2 des Vertrags genannten Verfahren erlassen.
- (2) Rein technische Änderungen der Anhänge werden nach dem in Artikel 11 Absatz 2 genannten Verfahren vorgenommen, und zwar nach Maßgabe
  - a) der zur technischen Harmonisierung und Normung im Bereich von Auslegung, Bau, Herstellung oder Konstruktion von Arbeitsmitteln und/oder Arbeitsstätten erlassenen Richtlinien;
  - b) des technischen Fortschritts, der Entwicklung der geeignetsten harmonisierten europäischen Normen oder internationalen Spezifikationen und neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse auf dem Gebiet der Exposition gegenüber optischer Strahlung am Arbeitsplatz.

#### Artikel 11

#### Ausschuss

- (1) Die Kommission wird von dem in Artikel 17 der Richtlinie 89/391/EWG genannten Ausschuss unterstützt.
- (2) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gelten die Artikel 5 und 7 des Beschlusses 1999/468/EG unter Beachtung von dessen Artikel 8.  
  
Der Zeitraum nach Artikel 5 Absatz 6 des Beschlusses 1999/468/EG wird auf drei Monate festgesetzt.
- (3) Der Ausschuss gibt sich eine Geschäftsordnung.

#### ABSCHNITT IV

#### SCHLUSSBESTIMMUNGEN

#### Artikel 12

#### Berichte

Die Mitgliedstaaten erstatten der Kommission alle fünf Jahre Bericht über die praktische Durchführung dieser Richtlinie und geben dabei die Standpunkte der Sozialpartner an.

Die Kommission unterrichtet das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Beratenden Ausschuss für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz alle fünf Jahre über den Inhalt dieser Berichte, über ihre Beurteilung dieser Berichte, über Entwicklungen in dem betreffenden Bereich und über jede Maßnahme, die in Anbetracht neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse gerechtfertigt sein könnte.

*Artikel 13*

**Praktischer Leitfaden**

Zur Erleichterung der Durchführung dieser Richtlinie erstellt die Kommission einen praktischen Leitfaden für die Bestimmungen der Artikel 4 und 5 und der Anhänge I und II.

*Artikel 14*

**Umsetzung**

(1) Die Mitgliedstaaten setzen die Rechts- und Verwaltungsvorschriften in Kraft, die erforderlich sind, um dieser Richtlinie bis spätestens ab dem 27. April 2010 nachzukommen. Sie setzen die Kommission unverzüglich davon in Kenntnis.

Wenn die Mitgliedstaaten diese Vorschriften erlassen, nehmen sie in den Vorschriften selbst oder durch einen Hinweis bei der amtlichen Veröffentlichung auf diese Richtlinie Bezug. Die Mitgliedstaaten regeln die Einzelheiten der Bezugnahme.

(2) Die Mitgliedstaaten teilen der Kommission den Wortlaut der innerstaatlichen Rechtsvorschriften mit, die sie auf dem

unter diese Richtlinie fallenden Gebiet erlassen oder bereits erlassen haben.

*Artikel 15*

**Inkrafttreten**

Diese Richtlinie tritt am Tag ihrer Veröffentlichung im *Amtsblatt der Europäischen Union* in Kraft.

*Artikel 16*

**Adressaten**

Diese Richtlinie ist an die Mitgliedstaaten gerichtet.

Geschehen zu Straßburg am 5. April 2006.

*Im Namen des Europäischen  
Parlaments*

*Der Präsident*

J. BORRELL FONTELLES

*Im Namen  
des Rates*

*Der Präsident*

H. WINKLER

ANHANG I

**Inkohärente optische Strahlung**

Die biophysikalisch relevanten Expositionswerte für optische Strahlung lassen sich anhand der nachstehenden Formeln bestimmen. Welche Formel zu verwenden ist, hängt von dem Bereich der von der Quelle ausgehenden Strahlung ab; die Ergebnisse sind mit den entsprechenden Emissionsgrenzwerten der Tabelle 1.1 zu vergleichen. Für die jeweilige Strahlenquelle können mehrere Expositionswerte und entsprechende Expositionsgrenzwerte relevant sein.

Die Buchstaben a bis o beziehen sich auf die entsprechenden Zeilen in Tabelle 1.1.

a) 
$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{\text{eff}}$  ist nur im Bereich 180 bis 400 nm relevant)

b) 
$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{\text{UVA}}$  ist nur im Bereich 315 bis 400 nm relevant)

c), d) 
$$L_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $L_{\text{B}}$  ist nur im Bereich 300 bis 700 nm relevant)

e), f) 
$$E_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $E_{\text{B}}$  ist nur im Bereich 300 bis 700 nm relevant)

g) bis l) 
$$L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (Geeignete Werte für  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$ : siehe Tabelle 1.1)

m), n) 
$$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $E_{\text{IR}}$  ist nur im Bereich 780 bis 3 000 nm relevant)

o) 
$$H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{\text{skin}}$  ist nur im Bereich 380 bis 3 000 nm relevant)

Für die Zwecke dieser Richtlinie können die vorstehenden Formeln durch folgende Ausdrücke ersetzt werden, wobei die in den folgenden Tabellen aufgeführten diskreten Werte zu verwenden sind:

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

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

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

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

g) bis l) 
$$L_{\text{R}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 (Geeignete Werte für  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$ : siehe Tabelle 1.1)

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

$$o) \quad E_{\text{skin}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{und} \quad H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$$

**Anmerkungen:**

- $E_{\lambda}(\lambda, t)$ ,  $E_{\lambda}$  *spektrale Bestrahlungsstärke oder spektrale Leistungsdichte*: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Nanometer [ $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ ]; die Werte  $E_{\lambda}(\lambda, t)$  und  $E_{\lambda}$  werden aus Messungen gewonnen oder können vom Hersteller der Arbeitsmittel angegeben werden;
- $E_{\text{eff}}$  *effektive Bestrahlungsstärke (UV-Bereich)*: berechnete Bestrahlungsstärke im UV-Wellenlängenbereich von 180 bis 400 nm, spektral gewichtet mit  $S(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H$  *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{eff}}$  *effektive Bestrahlung*: Bestrahlung, spektral gewichtet mit  $S(\lambda)$ , ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{UVA}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (UV-A)*: berechnete Bestrahlungsstärke im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 bis 400 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{UVA}}$  *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit und die Wellenlänge oder die Summe der Bestrahlungsstärke im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 bis 400 nm, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $S(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der gesundheitlichen Auswirkungen von UV-Strahlung auf Auge und Haut (Tabelle 1.2) [dimensionslos];
- $t, \Delta t$  *Zeit, Dauer der Exposition*, ausgedrückt in Sekunden [s];
- $\lambda$  *Wellenlänge*, ausgedrückt in Nanometern [nm];
- $\Delta\lambda$  *Bandbreite* der Berechnungs- oder Messintervalle, ausgedrückt in Nanometern [nm];
- $L_{\lambda}(\lambda)$ ,  $L_{\lambda}$  *spektrale Strahldichte der Quelle*, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian pro Nanometer [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$ ];
- $R(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der dem Auge durch sichtbare Strahlung und Infrarot-A-Strahlung zugefügten thermischen Schädigung (Tabelle 1.3) [dimensionslos];
- $L_{\text{R}}$  *effektive Strahldichte (thermische Schädigung)*: berechnete Strahldichte, spektral gewichtet mit  $R(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ];
- $B(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der dem Auge durch Blaulichtstrahlung zugefügten photochemischen Schädigung (Tabelle 1.3) [dimensionslos];
- $L_{\text{B}}$  *effektive Strahldichte (Blaulicht)*: berechnete Strahldichte, spektral gewichtet mit  $B(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ];
- $E_{\text{B}}$  *effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht)*: berechnete Bestrahlungsstärke, spektral gewichtet mit  $B(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{IR}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (thermische Schädigung)*: berechnete Bestrahlungsstärke im Infrarot-Wellenlängenbereich von 780 nm bis 3 000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{skin}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (sichtbar, IR-A und IR-B)*: berechnete Bestrahlungsstärke im sichtbaren und Infrarot-Wellenlängenbereich von 380 nm bis 3 000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{skin}}$  *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit und die Wellenlänge oder die Summe der Bestrahlungsstärke im sichtbaren und Infrarot-Wellenlängenbereich von 380 nm bis 3 000 nm, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $\alpha$  *Winkelausdehnung*: der Winkel, unter dem eine scheinbare Quelle als Punkt im Raum erscheint, ausgedrückt in Milliradian (mrad). Scheinbare Quelle ist das reale oder virtuelle Objekt, das das kleinstmögliche Netzhautbild erzeugt.

Tabella 1.1  
Emissionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung

Kennbuchstabe	Wellenlänge (nm)	Expositionsgrenzwert	Einheit	Anmerkung	Körperteil	Gefährdung
a.	180 — 400 (UV-A, UV-B und UV-C)	$H_{\text{eff}} = 30$ Tageswert 8 Stunden	$[J\ m^{-2}]$		Auge Hornhaut Bindehaut Linse Haut	Photokeratitis Konjunktivitis Kataraktogenese Erythem Elastose Hautkrebs
b.	315 — 400 (UV-A)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Tageswert 8 Stunden	$[J\ m^{-2}]$		Auge Linse	Kataraktogenese
c.	300 — 700 (Blaulicht) siehe Anmerkung 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ bei $t \leq 10\ 000\ s$	$L_B : [W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$ $t : [Sekunden]$	bei $\alpha \geq 11\ mrad$		
d.	300 — 700 (Blaulicht) siehe Anmerkung 1	$L_B = 100$ bei $t > 10\ 000\ s$	$[W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$		Auge Netzhaut	Photoretinitis
e.	300 — 700 (Blaulicht) siehe Anmerkung 1	$E_B = \frac{100}{t}$ bei $t \leq 10\ 000\ s$	$E_B : [W\ m^{-2}]$ $t : [Sekunden]$	bei $\alpha < 11\ mrad$ siehe Anmerkung 2		
f.	300 — 700 (Blaulicht) siehe Anmerkung 1	$E_B = 0,01$ $t > 10\ 000\ s$	$[W\ m^{-2}]$			

Kennbuchstabe	Wellenlänge (nm)	Expositionsgrenzwert	Einheit	Anmerkung	Körperteil	Gefährdung
g.	380 — 1 400 (Sichtbar und IR-A)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a}$ bei $t > 10$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	C <sub>a</sub> = 1,7 bei α ≤ 1,7 mrad C <sub>a</sub> = α bei 1,7 ≤ α ≤ 100 mrad C <sub>a</sub> = 100 bei α > 100 mrad λ <sub>1</sub> = 380; λ <sub>2</sub> = 1 400	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
h.	380 — 1 400 (Sichtbar und IR-A)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_d^{0,25}}$ bei 10 μs ≤ t ≤ 10 s	L <sub>R</sub> : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [Sekunden]	C <sub>a</sub> = 11 bei α ≤ 11 mrad C <sub>a</sub> = α bei 11 ≤ α ≤ 100 mrad C <sub>a</sub> = 100 bei α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ <sub>1</sub> = 780; λ <sub>2</sub> = 1 400	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
i.	380 — 1 400 (Sichtbar und IR-A)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ bei t < 10 μs	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	C <sub>a</sub> = 11 bei α ≤ 11 mrad C <sub>a</sub> = α bei 11 ≤ α ≤ 100 mrad C <sub>a</sub> = 100 bei α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ <sub>1</sub> = 780; λ <sub>2</sub> = 1 400	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
j.	780 — 1 400 (IR-A)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_a}$ bei t > 10 s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	C <sub>a</sub> = 11 bei α ≤ 11 mrad C <sub>a</sub> = α bei 11 ≤ α ≤ 100 mrad C <sub>a</sub> = 100 bei α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ <sub>1</sub> = 780; λ <sub>2</sub> = 1 400	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
k.	780 — 1 400 (IR-A)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_d^{0,25}}$ bei 10 μs ≤ t ≤ 10 s	L <sub>R</sub> : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [Sekunden]	C <sub>a</sub> = 11 bei α ≤ 11 mrad C <sub>a</sub> = α bei 11 ≤ α ≤ 100 mrad C <sub>a</sub> = 100 bei α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ <sub>1</sub> = 780; λ <sub>2</sub> = 1 400	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
l.	780 — 1 400 (IR-A)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ bei t < 10 μs	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	C <sub>a</sub> = 11 bei α ≤ 11 mrad C <sub>a</sub> = α bei 11 ≤ α ≤ 100 mrad C <sub>a</sub> = 100 bei α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ <sub>1</sub> = 780; λ <sub>2</sub> = 1 400	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
m.	780 — 3 000 (IR-A und IR-B)	E <sub>IR</sub> = 18 000 t <sup>-0,75</sup> bei t ≤ 1 000 s	E: [Wm <sup>-2</sup> ] t: [Sekunden]	C <sub>a</sub> = 11 bei α ≤ 11 mrad C <sub>a</sub> = α bei 11 ≤ α ≤ 100 mrad C <sub>a</sub> = 100 bei α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ <sub>1</sub> = 780; λ <sub>2</sub> = 1 400	Auge Hornhaut Linse	Hornhautverbrennung Kataraktogenese
n.	780 — 3 000 (IR-A und IR-B)	E <sub>IR</sub> = 100 bei t > 1 000 s	[W m <sup>-2</sup> ]	C <sub>a</sub> = 11 bei α ≤ 11 mrad C <sub>a</sub> = α bei 11 ≤ α ≤ 100 mrad C <sub>a</sub> = 100 bei α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ <sub>1</sub> = 780; λ <sub>2</sub> = 1 400	Auge Hornhaut Linse	Hornhautverbrennung Kataraktogenese

Kennbuchstabe	Wellenlänge (nm)	Expositionsgrenzwert	Einheit	Anmerkung	Körperteil	Gefährdung
o.	380 — 3 000 (Sichtbar, IR-A und IR-B)	$H_{\text{skin}} = 20\,000 t^{0,25}$ bei $t < 10\text{ s}$	H: [ $\text{J m}^{-2}$ ] t: [Sekunden]		Haut	Verbrennung

*Anmerkung 1:* Der Bereich von 300 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 gemeinhin als Gefährdung durch „Blaulicht“ bezeichnet. Blaulicht deckt jedoch streng genommen nur den Bereich von ca. 400 bis 490 nm ab.

*Anmerkung 2:* Bei stetiger Fixierung von sehr kleinen Quellen mit einer Winkelausdehnung 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 Betätigung der Fall. Die maximale „Starrzeit“ errechnet sich anhand der Formel  $t_{\text{max}} = 100/E_B$ , wobei  $E_B$  in  $\text{W m}^{-2}$  ausgedrückt wird. Wegen der Augenbewegungen bei normalen visuellen Anforderungen werden 100 s hierbei nicht überschritten.

Tabelle 1.2

**S (λ) [dimensionslos], 180 nm bis 400 nm**

λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		



Tabelle 1.3

**B ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) [dimensionslos], 380 nm bis 1 400 nm**

$\lambda$ 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
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
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
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	—	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	—	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1\ 150 - \lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	—	0,02

ANHANG II

**Laserstrahlung**

Die biophysikalisch relevanten Expositionswerte für optische Strahlung lassen sich anhand der nachstehenden Formeln bestimmen. Welche Formel zu verwenden ist, hängt von der Wellenlänge und der Dauer der von der Quelle ausgehenden Strahlung ab; die Ergebnisse sind mit den entsprechenden Emissionsgrenzwerten (EGW) der Tabellen 2.2 bis 2.4 zu vergleichen. Für die jeweilige Laserstrahlenquelle können mehrere Expositionswerte und entsprechende Expositionsgrenzwerte relevant sein.

Die in den Tabellen 2.2 bis 2.4 als Berechnungsfaktoren verwendeten Koeffizienten sind in Tabelle 2.5, die Korrekturfaktoren für wiederholte Exposition sind in Tabelle 2.6 aufgeführt.

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J m}^{-2}\text{]}$$

Anmerkungen:

dP      *Leistung* , ausgedrückt in Watt [W];

dA      *Fläche* , ausgedrückt in Quadratmetern [m<sup>2</sup>];

E (t), E    *Bestrahlungsstärke oder Leistungsdichte*: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, üblicherweise ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [W m<sup>-2</sup>]; die Werte E(t) und E werden aus Messungen gewonnen oder können vom Hersteller der Arbeitsmittel angegeben werden;

H      *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [J m<sup>-2</sup>];

t      *Zeit, Dauer der Exposition*, ausgedrückt in Sekunden [s];

λ      *Wellenlänge*, ausgedrückt in Nanometern [nm];

γ      *Grenzempfangswinkel*, ausgedrückt in Milliradian [mrad];

γ<sub>m</sub>      *Messempfangswinkel*, ausgedrückt in Milliradian [mrad];

α      *Winkelausdehnung einer Quelle*, ausgedrückt in Milliradian [mrad];

*Grenzblende*: die kreisförmige Fläche, über die Bestrahlungsstärke und Bestrahlung gemittelt werden;

G      *integrierte Strahldichte*: das Integral der Strahldichte über eine bestimmte Expositionsdauer, ausgedrückt als Strahlungsenergie je Flächeneinheit einer Abstrahlfläche je Einheitsraumwinkel der Emission, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter pro Steradian [J m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>].

Tabelle 2.1

**Strahlungsgefährdung**

Wellenlänge [nm] $\lambda$	Strahlungsbe- reich	Betroffenes Organ	Gefährdung	Tabelle für den Exposi- tionsgrenzwert
180 bis 400	UV	Auge	Photochemische Schädigung und thermische Schädigung	2.2, 2.3
180 bis 400	UV	Haut	Erythem	2.4
400 bis 700	sichtbar	Auge	Netzhautschädigung	2.2
400 bis 600	sichtbar	Auge	Photochemische Schädigung	2.3
400 bis 700	sichtbar	Haut	Thermische Schädigung	2.4
700 bis 1 400	IR-A	Auge	Thermische Schädigung	2.2, 2.3
700 bis 1 400	IR-A	Haut	Thermische Schädigung	2.4
1 400 bis 2 600	IR-B	Auge	Thermische Schädigung	2.2
2 600 bis $10^6$	IR-C	Auge	Thermische Schädigung	2.2
1 400 bis $10^6$	IR-B, IR-C	Auge	Thermische Schädigung	2.3
1 400 bis $10^6$	IR-B, IR-C	Haut	Thermische Schädigung	2.4

Tabella 2.2

Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber — Laserstrahlen Kurze Expositionsdauer < 10 s

Wellenlänge <sup>a</sup> [nm]	Öffnung	Dauer [s]			
		$10^{-13} - 10^{-11}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$
UV-C 180 - 280 280 - 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314	1 mm für $t < 0,3$ s; $1,5 \cdot 10^{0,375}$ für $0,3 < t < 10$ s	$H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			$5 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$
		$H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
UV-B $E = 3 \cdot 10^{10} \text{ [W m}^{-2}\text{]}^c$	1 mm für $t < 0,3$ s; $1,5 \cdot 10^{0,375}$ für $0,3 < t < 10$ s	$H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ; wenn $t < 1,6 \cdot 10^0$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ <sup>d</sup>			
		$H = 5,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			
		$H = 5 \cdot 10^{-3} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		$H = 18 \cdot t^{0,75} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
		$H = 5 \cdot 10^{-3} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		$H = 18 \cdot t^{0,75} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
		$H = 5 \cdot 10^{-2} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		$H = 90 \cdot t^{0,75} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
		$H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
		$H = 10^7 \text{ [W m}^{-2}\text{]}^c$		$H = 10^7 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
		$H = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}^c$		$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
UV-A 315 - 400	1 mm für $t < 0,3$ s; $1,5 \cdot 10^{0,375}$ für $0,3 < t < 10$ s	$H = 2,7 \cdot 10^4 C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			
		$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			
		$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			
		$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			
Sichtbar und IR-A	7 mm	$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}^c$			
		$E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}^c$			
IR-B und IR-C	5. Fußnote <sup>b</sup>	$E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}^c$			
		$E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}^c$			

a Wird die Wellenlänge des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.  
 b Wenn  $1,400 \leq \lambda < 10^5$  nm: Öffnungsdurchmesser = 1 mm bei  $t \leq 0,3$  s und  $1,5 \cdot 10^{0,375}$  mm bei  $0,3 < t < 10$  s; wenn  $10^5 \leq \lambda < 10^6$  nm: Öffnungsdurchmesser = 11 mm.  
 c Mangels Daten für diese Impulsdauern empfiehlt die ICNIRP als Grenzwert für die Bestrahlungsstärke 1 ns zu verwenden.  
 d Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für einzelne Laserimpulse. Bei mehrfachen Laserimpulsen müssen die Laserimpulsdauern von Impulsen, die innerhalb eines Intervalls  $T_{min}$  (siehe Tabelle 2.6) liegen, aufaddiert werden, und der daraus resultierende Zeitwert muss in der Formel  $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$  für  $t$  eingesetzt werden.

Tabelle 2.3

Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber — Laserstrahlen Lange Expositionsdauer ≥ 10 s

Wellenlänge <sup>a</sup> [nm]	Öffnung	Dauer [s]	
UV-C		$10^1 - 10^2$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$
180 - 280			$H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
280 - 302			$H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
303			$H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
304			$H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
305			$H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
306			$H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
307			$H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
308			$H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
309			$H = 1,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
310			$H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
311			$H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
312			$H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
313			$H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
314			$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
UV-B	3,5 mm		
315 - 400			
400 - 600			
Photochemisch <sup>b</sup>		$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}; (\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad})^d$	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}; (\gamma = 110 \text{ mrad})^d$
Netzhautschädigung	7 mm		
400 - 700		wenn $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$	dann $E = 10 C_A C_C \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
Thermisch <sup>b</sup>		wenn $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ und $t \leq T_2$	dann $H = 18 C_E t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
Netzhautschädigung		wenn $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ und $t > T_2$	dann $E = 18 C_E T_2^{0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
700 - 1 400	7 mm	wenn $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$	dann $E = 10 C_A C_C \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
		wenn $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ und $t \leq T_2$	dann $H = 18 C_A C_C \zeta_E t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
		wenn $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ und $t > T_2$	dann $E = 18 C_A C_C \zeta_E T_2^{0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ (maximal 1 000 W m <sup>-2</sup> )
IR-A			$E = 1 000 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
IR-B und IR-C	Siehe <sup>e</sup>		
1 400 - 10 <sup>6</sup>			

<sup>a</sup> Wird die Wellenlänge oder eine andere Gegebenheit des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.

<sup>b</sup> Bei kleinen Quellen mit einer Winkelausdehnung von 1,5 mrad oder weniger sind die beiden Grenzwerte für sichtbare Strahlung E von 400 nm bis 600 nm zu reduzieren auf die thermischen Grenzwerte für 10 s  $t < T_1$  und auf die photochemischen Grenzwerte für längere Zeiten. Zu  $T_1$  und  $T_2$  siehe Tabelle 2.5. Der Grenzwert für photochemische Netzhautgefährdung kann auch ausgedrückt werden als Integral der Strahllichte über die Zeit  $G = 10^5 C_B \text{ [J m}^{-2} \text{sr}^{-1}\text{]}$ , wobei Folgendes gilt:  $t > 10 \text{ s}$  bis zu  $t = 10 000 \text{ s}$  und  $L = 100 C_B \text{ [W m}^{-2} \text{sr}^{-1}\text{]}$  bei  $t > 10 000 \text{ s}$ . Zur Messung von G und L ist  $\gamma_{in}$  als Mittelung des Gesichtsfelds zu verwenden. Die offizielle Grenze zwischen sichtbar und Infrarot ist 780 nm (entsprechend der Definition der CIE). Die Spalte mit den Bezeichnungen für die Wellenlängenbänder dient lediglich der besseren Übersicht. (Die Bezeichnung G wird vom CEN verwendet, die Bezeichnung  $L_p$  von der IEC und dem CENELEC.)

<sup>c</sup> Für die Wellenlänge 1400 - 10<sup>6</sup> nm: Öffnungsdurchmesser = 3,5 mm; für die Wellenlänge  $10^5 - 10^6$  nm: Öffnungsdurchmesser = 11 mm.

<sup>d</sup> Für Messungen des Expositionswertes ist  $\gamma$  wie folgt zu berücksichtigen: Wenn  $\alpha$  (Winkelausdehnung einer Quelle)  $> \gamma$  (Grenzwinkelswinkel, in eckigen Klammern in der entsprechenden Spalte angegeben), dann sollte das Messgesichtsfeld  $\gamma_{in}$  den Wert  $\gamma$  erhalten. (Bei Verwendung eines größeren Messgesichtsfelds würde die Gefährdung zu hoch angesetzt.) Wenn  $\alpha < \gamma$ , dann muss das Messgesichtsfeld  $\gamma_{in}$  groß genug sein, um die Quelle einzuschließen; es ist ansonsten jedoch nicht beschränkt und kann größer sein als  $\gamma$ .

Tabella 2.4

Grenzwerte für die Exposition der Haut gegenüber Laserstrahlen

Wellenlänge <sup>a</sup> [nm]	Öffnung	Dauer [s]					
		$< 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^1$	$10^1 - 10^4$	
UV (A, B, C)	3,5 mm	$E = 3 \cdot 10^{10} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge				
Sichtbar und IR-A	400-700	$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	H=200 C <sub>A</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	$H = 1,1 \cdot 10^4 C_A t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			$E = 2 \cdot 10^3 C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
	700-1 400	$E = 2 \cdot 10^{11} C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
IR-B und IR-C	1 400-1 500	$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge				
	1 500-1 800	$E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
	1 800-2 600	$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
	2 600-10 <sup>6</sup>	$E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					

a Wird die Wellenlänge oder eine andere Gegebenheit des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.

Tabelle 2.5

**Korrekturfaktoren und sonstige Berechnungsparameter**

Parameter nach ICNIRP	Gültiger Spektralbereich (nm)	Wert
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 — 1 050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1 050 — 1 400	$C_A = 5,0$
$C_B$	400 — 450	$C_B = 1,0$
	450 — 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
$C_C$	700 — 1 150	$C_C = 1,0$
	1 150 — 1 200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1 150)}$
	1 200 — 1 400	$C_C = 8,0$
$T_1$	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 — 500	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parameter nach ICNIRP	Biologische Wirkung	Wert
$\alpha_{\min}$	Alle thermischen Wirkungen	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parameter nach ICNIRP	Gültiger Winkelbereich (mrad)	Wert
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad bei } \alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$

Parameter nach ICNIRP	Gültige Expositionsdauer (s)	Wert
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ [mrad]
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5}$ [mrad]
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ [mrad]

Tabelle 2.6

### Korrektur bei wiederholter Exposition

Jede der drei folgenden allgemeinen Regeln ist bei allen wiederholten Expositionen anzuwenden, die bei wiederholt gepulster oder modulierter Laserstrahlung auftreten:

1. Die Exposition gegenüber jedem einzelnen Impuls einer Impulsfolge darf den Expositionsgrenzwert für einen Einzelimpuls dieser Impulsdauer nicht überschreiten.
2. Die Exposition gegenüber einer Impulsgruppe (oder einer Untergruppe von Impulsen in einer Impulsfolge) innerhalb des Zeitraums  $t$  darf den Expositionsgrenzwert für die Zeit  $t$  nicht überschreiten.
3. Die Exposition gegenüber jedem einzelnen Impuls in einer Impulsgruppe darf den Expositionsgrenzwert für den Einzelimpuls, multipliziert mit einem für die kumulierte thermische Wirkung geltenden Korrekturfaktor  $C_p = N^{0,25}$  nicht überschreiten (wobei  $N$  die Zahl der Impulse ist). Diese Regel gilt nur für Expositionsgrenzwerte zum Schutz gegen thermische Schädigung, wobei alle in weniger als  $T_{\min}$  erzeugten Impulse als einzelner Impuls behandelt werden.

Parameter	Gültiger Spektralbereich (nm)	Wert
$T_{\min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 μs)
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 μs)
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{\min} = 10$ s
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns)



**ERKLÄRUNG DES RATES****Erklärung des Rates zur Verwendung des Wortes „penalties“ in der englischen Fassung von Rechtsakten der Europäischen Gemeinschaft**

Nach Ansicht des Rates wird das Wort „penalties“ in der englischen Fassung von Rechtsinstrumenten der Europäischen Gemeinschaft in einer neutralen Bedeutung verwendet und bezieht sich nicht speziell auf strafrechtliche Sanktionen; es kann auch administrative oder finanzielle Sanktionen sowie andere Arten von Sanktionen umfassen. Werden die Mitgliedstaaten im Rahmen eines Rechtsakts der Gemeinschaft verpflichtet, „penalties“ festzulegen, so ist es ihre Aufgabe, die geeignete Art von Sanktionen im Einklang mit der Rechtsprechung des EuGH zu wählen.

In der Sprachendatenbank der Gemeinschaft wird das Wort „penalties“ in einigen anderen Sprachen wie folgt übersetzt:

Tschechisch: „sankce“, Spanisch: „sanciones“, Dänisch: „sanktioner“, Deutsch: „Sanktionen“, Estnisch: „sanktsioonid“, Französisch: „sanctions“, Griechisch: „κυρώσεις“, Ungarisch: „jogkövetkezmények“, Italienisch: „sanzioni“, Lettisch: „sankcijas“, Litauisch: „sankcijos“, Maltesisch: „penali“, Niederländisch: „sancties“, Polnisch: „sankcje“, Portugiesisch: „sanções“, Slowenisch: „kazni“, Slowakisch: „sankcie“, Finnisch: „seuraamukset“ und Schwedisch: „sanktioner“.

Wenn in der überarbeiteten englischen Fassung eines Rechtsinstruments das ursprünglich verwendete Wort „sanctions“ durch das Wort „penalties“ ersetzt wird, so stellt dies keine wesentliche Änderung dar.



Europäische Kommission

**Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung**

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union

2011 – 151 S. – 21 × 29,7 cm

ISBN 978-92-79-16045-5  
doi:10.2767/72883

Die meisten Arbeitsplätze sind mit künstlichen Quellen optischer Strahlung ausgestattet und Richtlinie 2006/25/EG sieht Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer hinsichtlich ihrer Exposition gegenüber solchen Quellen vor. Der unverbindliche Leitfaden der Europäischen Kommission für bewährte Praktiken zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG legt Anwendungen mit minimalen Risiken fest und gibt Hinweise zu weiteren Anwendungen. Er enthält eine Bewertungsmethode und beschreibt Maßnahmen zur Verminderung von Gefahren und zur Untersuchung gesundheitsschädlicher Auswirkungen.

Diese Veröffentlichung ist in gedruckter Form in Englisch, Französisch und Deutsch und in elektronischer Form in allen übrigen EU-Amtssprachen erhältlich. Eine CD mit 22 Sprachversionen (Katalognummer: KE-32-11-704-1X-Z, ISBN 978-92-79-19829-8) ist ebenfalls erhältlich.







## WO ERHALTE ICH EU-VERÖFFENTLICHUNGEN?

### **Kostenlose Veröffentlichungen:**

- über den EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>);
- bei den Vertretungen und Delegationen der Europäischen Union. Die entsprechenden Kontaktdaten finden sich unter <http://ec.europa.eu> oder können per Fax unter der Nummer +352 2929-42758 angefragt werden.

### **Kostenpflichtige Veröffentlichungen:**

- über den EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>).

### **Kostenpflichtige Abonnements (wie z. B. das *Amtsblatt der Europäischen Union* oder die *Sammlungen der Rechtsprechung des Gerichtshofes der Europäischen Union*):**

- über eine Vertriebsstelle des Amtes für Veröffentlichungen der Europäischen Union ([http://publications.europa.eu/eu\\_bookshop/index\\_de.htm](http://publications.europa.eu/eu_bookshop/index_de.htm)).

Falls Sie an den Veröffentlichungen der Generaldirektion Beschäftigung, Soziales und Integration interessiert sind, können Sie sie unter folgender Adresse herunterladen oder kostenfrei abonnieren:

**<http://ec.europa.eu/social/publications>**

Unter der folgenden Adresse können Sie sich auch gern für den kostenlosen E-Newsletter der Europäischen Kommission *Social Europe* anmelden:

**<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>**

**<http://ec.europa.eu/social>**



**[www.facebook.com/social europe](http://www.facebook.com/social europe)**



**Amt für Veröffentlichungen**

ISBN 978-927916045-5



9 789279 160455