

## Gesamte Rechtsvorschrift für Verordnung optische Strahlung , Fassung vom 22.03.2016

### Langtitel

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  
[CELEX-Nr.: 32006L0025]

Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor der Einwirkung durch optische Strahlung (Verordnung optische Strahlung - VOPST)  
StF: BGBl. II Nr. 221/2010

### Präambel/Promulgationsklausel

#### Artikel 1

Aufgrund der §§ 3 Abs. 7, 4, 5, 12 bis 15, 20 Abs. 2, 22 Abs. 4, 28 Abs. 5, 33 Abs. 5, 38 Abs. 1, 66, 69, 70, 72 Abs. 1 Z 4 bis 6 und Abs. 2 sowie 95 Abs. 2 des Bundesgesetzes über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG), BGBl. Nr. 450/1994 zuletzt geändert durch das Bundesgesetz BGBl. I Nr. 147/2006, wird verordnet:

#### Inhaltsverzeichnis

- § 1. Geltungsbereich
- § 2. Begriffsbestimmungen
- § 3. Expositionsgrenzwerte
- § 4. Bewertungen und Messungen
- § 5. Ermittlung und Beurteilung der Gefahren
- § 6. Information, Unterweisung, Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer/innen
- § 7. Maßnahmen und Maßnahmenprogramm
- § 8. Inhalt des Maßnahmenprogramms
- § 9. Persönliche Schutzausrüstung, Arbeitskleidung, Kennzeichnung
- § 10. Natürliche optische Strahlung
- § 11. Ausnahmen
- § 12. Umsetzung von Rechtsakten der Europäischen Union
- § 13. Übergangs- und Schlussbestimmungen

#### Anhang A:

Inkohärente optische Strahlung (künstliche) – Definitionen, Expositionsgrenzwerte, Gefahrenewaluierung nach Risikogruppen für Lampen und Lampensysteme

#### Anhang B:

Kohärente optische Strahlung (LASER) - Definitionen, Expositionsgrenzwerte, Gefahrenewaluierung nach Klassen für Laser

### Text

#### Geltungsbereich

§ 1. Die Verordnung gilt in Arbeitsstätten, auf Baustellen und an auswärtigen Arbeitsstellen im Sinne des ASchG für Tätigkeiten, bei denen die Arbeitnehmer/innen während ihrer Arbeit einer Einwirkung durch optische Strahlung ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein können.

#### Begriffsbestimmungen

§ 2. (1) Optische Strahlung ist jede inkohärente und kohärente (z. B. LASER) elektromagnetische Strahlung von natürlichen oder künstlichen Quellen im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 1 mm. Das

Spektrum der optischen Strahlung wird unterteilt in ultraviolette Strahlung, sichtbare Strahlung und Infrarotstrahlung.

(2) Ultraviolette Strahlung ist optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm. Der Bereich der ultravioletten Strahlung wird unterteilt in UV-A-Strahlung (315 nm bis 400 nm), UV-B-Strahlung (280 nm bis 315 nm) und UV-C-Strahlung (100 nm bis 280 nm).

(3) Sichtbare Strahlung ist optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 780 nm.

(4) Infrarotstrahlung ist optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 1 mm. Der Bereich der Infrarotstrahlung wird unterteilt in IR-A-Strahlung (780 nm bis 1400 nm), IR-B-Strahlung (1400 nm bis 3000 nm) und IR-C-Strahlung (3000 nm bis 1 mm).

(5) Expositionsgrenzwerte sind 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/innen, die künstlichen Quellen optischer Strahlung ausgesetzt sind, vor allen bekannten gesundheitsschädlichen Auswirkungen geschützt sind.

(6) Ausmaß ist die kombinierte Wirkung von Bestrahlungsstärke, Bestrahlung und Strahldichte, der Arbeitnehmer/innen ausgesetzt sind.

### **Expositionsgrenzwerte**

**§ 3.** (1) Folgende Expositionsgrenzwerte dürfen nicht überschritten werden:

1. Für inkohärente künstliche optische Strahlung: die Expositionsgrenzwerte gemäß Tabelle A.3, Anhang A unter Berücksichtigung der Definitionen gemäß Anhang A;
2. für kohärente optische Strahlung (LASER): die Expositionsgrenzwerte gemäß Tabellen B.4a, B.4b, B.4c, B.4d und B.4e, Anhang B unter Berücksichtigung der Definitionen gemäß Anhang B.

(2) Wenn die Bewertung gemäß § 4 ergibt, dass die Exposition der Arbeitnehmer/innen einen der Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung nach Abs. 1 überschreitet sind § 6, § 7 Abs. 3, § 8 und § 9 Abs. 1 bis 3 anzuwenden.

### **Bewertungen und Messungen**

**§ 4.** (1) Künstliche optische Strahlung an den Arbeitsplätzen sind einer Bewertung zu unterziehen. Dazu können als Stand der Technik herangezogen werden:

1. Internationale oder europäische Normen und Empfehlungen,
2. nationale oder internationale wissenschaftlich untermauerte Leitlinien, falls die unter Z 1 genannten Normen und Empfehlungen keine Bewertung ermöglichen.

(2) Angaben der Hersteller/innen oder der Inverkehrbringer/innen können bei der Bewertung berücksichtigt werden, wenn die Quellen künstlicher optischer Strahlung in den Geltungsbereich der einschlägigen Gemeinschaftsrichtlinien fallen. Dies kann z. B. die Angabe von Risikogruppen bei künstlicher inkohärenter optischer Strahlung für Lampen und Lampensysteme oder die Angabe von Laserklassen nach Stand der Technik sein.

(3) Falls die Bewertung gemäß Abs. 1 keine eindeutige Festlegung der erforderlichen Maßnahmen ermöglicht, muss eine Bewertung auf Grundlage von repräsentativen Messungen oder Berechnungen nach Stand der Technik erfolgen.

(4) Arbeitgeber/innen haben dafür zu sorgen, dass Bewertungen einschließlich Messungen oder Berechnungen

1. für künstliche optische Strahlung unter Berücksichtigung der Herstellerangaben sachkundig geplant und in angemessenen Zeitabständen durchgeführt werden,
2. den physikalischen Eigenschaften der künstlichen optischen Strahlung, dem Ausmaß, der Dauer und der physikalischen Größe sowie der Arbeitsumgebung angepasst sind und zu einem eindeutigen und repräsentativen Ergebnis (auch bei Stichprobenverfahren) führen,
3. so dokumentiert werden (§ 5 ASchG), dass die Ergebnisse eindeutig und nachvollziehbar sind.

(5) Bewertungen oder Messungen dürfen nur von fachkundigen Personen oder Diensten durchgeführt werden. Diese müssen die erforderlichen Fachkenntnisse und Berufserfahrungen besitzen und die Gewähr für die gewissenhafte und repräsentative Durchführung der Bewertungen und Messungen nach dem Stand der Technik bieten. Als Fachkundige können auch Betriebsangehörige eingesetzt werden.

(6) Fachkundige Personen oder Dienste müssen über die je nach Art der Aufgabenstellung notwendigen und geeigneten Einrichtungen verfügen (z.B. Software für Berechnungen, Messgeräte, die den vorherrschenden Bedingungen insbesondere unter Berücksichtigung der Merkmale der zu messenden

physikalischen Größe angepasst sind, oder aus denen die physikalische Größe eindeutig und repräsentativ abgeleitet werden kann, Vergleichsdaten, einschlägige technische Normen).

### **Ermittlung und Beurteilung der Gefahren**

§ 5. (1) Arbeitgeber/innen müssen die Gefahren, denen die Arbeitnehmer/innen durch künstliche optische Strahlung ausgesetzt sind, ermitteln und beurteilen und dabei insbesondere Folgendes berücksichtigen:

1. Art, Ausmaß, Dauer und Frequenz- oder Wellenlängenspektrum der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung, wobei auch die Exposition gegenüber mehreren Quellen zu berücksichtigen ist,
2. Ergebnisse von Bewertungen und Messungen sowie zusätzlich einschlägige Informationen für künstliche optische Strahlung auf Grundlage der Gesundheitsüberwachung,
3. veröffentlichte Informationen, wie wissenschaftliche Erkenntnisse oder Vergleichsdaten sowie die Angaben der Hersteller/innen oder der Inverkehrbringer/innen oder zusätzlich die Bedienungsanleitung (insbesondere Angaben zur korrekten Verwendung, zur Wartung und Kennzeichnung der Arbeitsmittel).

(2) Falls unter vorhersehbaren Bedingungen gleiche Ergebnisse erzielt werden, wie bei einem Vergleich mit den Expositionsgrenzwerten, kann auf Basis der Bewertungen nach § 4 Abs. 2 die Ermittlung und Beurteilung biologischer Strahlengefahren durch künstliche optische Strahlung nach den Risikogruppen für Lampen und Lampensystemen, Anhang A, insbesondere Tabelle A.4 und nach den Klassen für Laser, Anhang B, insbesondere Tabelle B.5, nach dem Stand der Technik durchgeführt werden.

(3) Weiters sind bei der Ermittlung und Beurteilung der Gefahren, denen die Arbeitnehmer/innen durch künstliche optische Strahlung ausgesetzt sind, zu berücksichtigen:

1. Alle Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer/innen,
  - a) die sich aus dem Zusammenwirken von künstlicher optischer Strahlung und fotosensibilisierenden chemischen Stoffen ergeben,
  - b) bei Schweißarbeiten,
  - c) bei Bearbeitungsvorgängen, z.B. mit Lasern, die Entstehung von gesundheitsgefährdenden Arbeitsstoffen oder explosionsfähigen Atmosphären,
2. alle Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit besonders gefährdeter Arbeitnehmer/innen,
3. alle indirekten Auswirkungen auf Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer/innen durch Blendung, Brand- und Explosionsgefahr,
4. Gefahren, die bei Wartung, Instandhaltung, Störungsbehebung oder Justierarbeiten auftreten können,
5. Klassifizierungen gemäß dem Stand der Technik, wie z. B. für Lampen und Lampensysteme künstlicher inkohärenter optischer Strahlung oder LASER oder vergleichbare Klassifizierungen nach Gefahren.

(4) Bei der Ermittlung und Beurteilung der Gefahren durch künstliche optische Strahlung ist, ausgehend vom Ist-Zustand, Bedacht zu nehmen auf

1. die Gestaltung und Auslegung der Arbeitsstätten, Räume, Arbeitsplätze und Arbeitsverfahren, wie bauliche Trennung von stark belasteten Bereichen und Abschirmungen,
2. die Verfügbarkeit alternativer Arbeitsmittel oder Ausrüstungen und die Möglichkeit technischer Maßnahmen, durch die das Ausmaß der Exposition verringert wird,
3. die Möglichkeit, künstliche optische Strahlenquellen so aufzustellen und Arbeitsvorgänge so durchzuführen, dass das Ausmaß der Exposition insbesondere für Arbeitnehmer/innen, die nicht an diesen Strahlenquellen oder bei diesen Arbeitsvorgängen tätig sind, verringert wird,
4. die Möglichkeit zur Verringerung der Einwirkung von optischer Strahlung durch Verriegelungseinrichtungen, Abschirmungen oder vergleichbaren Schutzvorrichtungen,
5. Durchführung von unverzüglichen Maßnahmen zur Unterschreitung von Expositionsgrenzwerten.

(5) Die Ermittlung und Beurteilung der Gefahren ist regelmäßig zu aktualisieren. Eine Überprüfung und erforderlichenfalls eine Anpassung gemäß § 4 Abs. 4 und 5 ASchG hat insbesondere auch zu erfolgen, wenn die Ermittlung und Beurteilung der Gefahren aufgrund bedeutsamer Veränderungen veraltet sein könnte, oder wenn es sich aufgrund der Ergebnisse einer Bewertung oder Messung oder aufgrund der Ergebnisse der Gesundheitsüberwachung als erforderlich erweist.

### **Information, Unterweisung, Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer/innen**

§ 6. (1) Wenn in Bereichen ein Expositionsgrenzwert für künstliche optische Strahlung überschritten ist oder aufgrund der Arbeitsvorgänge Gefahren zu vermeiden sind, z.B. indirekte Auswirkungen, muss eine Information und Unterweisung der Arbeitnehmer/innen nach § 12 und § 14 ASchG erfolgen. Diese hat sich jedenfalls zu beziehen auf:

1. Die Maßnahmen gemäß § 8,
2. Bedeutung und Höhe der Expositionsgrenzwerte sowie ihren Bezug zur Gefährdung,
3. die Ergebnisse der Bewertungen oder Messungen und die potenziellen Gefahren, die von den Strahlenquellen ausgehen,
4. das Erkennen und Melden von gesundheitsschädigenden Auswirkungen,
5. die Voraussetzungen, unter denen die Arbeitnehmer/innen Anspruch auf eine Gesundheitsüberwachung haben und deren Zweck,
6. sichere Arbeitsverfahren und korrekte Handhabung der Arbeitsmittel und Verhaltensweisen zur Minimierung der Exposition,
7. die korrekte Verwendung der zur Verfügung gestellten persönlichen Schutzausrüstung, Arbeitskleidung und Schutzmittel.

(2) Die Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer/innen nach § 13 ASchG hat sich insbesondere zu beziehen auf:

1. Die Ergebnisse der Ermittlung und Beurteilung der Gefahren,
2. die Maßnahmen gemäß § 8,
3. die Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung, Schutzmittel und Arbeitskleidung.

### **Maßnahmen und Maßnahmenprogramm**

§ 7. (1) Gefahren durch künstliche optische Strahlung müssen am Entstehungsort ausgeschlossen oder so weit verringert werden, als dies nach dem Stand der Technik und der Verfügbarkeit von geeigneten technischen Mitteln möglich ist.

(2) Um die Einwirkung von künstlicher optischer Strahlung auf das niedrigste in der Praxis vertretbare Niveau zu senken, müssen Arbeitgeber/innen unter Beachtung der Grundsätze der Gefahrenverhütung (§ 7 ASchG) geeignete Maßnahmen setzen. Dies sind insbesondere Maßnahmen gemäß § 8.

(3) Wenn die Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung überschritten werden, müssen Arbeitgeber/innen bei der Festlegung von Maßnahmen gemäß § 4 Abs. 3 ASchG auch ein Programm mit Maßnahmen gemäß § 8 festlegen und durchführen, mit dem Ziel, diese zu unterschreiten.

### **Inhalt des Maßnahmenprogramms**

§ 8. (1) Im Maßnahmenprogramm sind unter Berücksichtigung der Angaben der Hersteller/innen oder der Inverkehrbringer/innen von Quellen künstlicher optischer Strahlung folgende Maßnahmen festzulegen:

1. Bauliche Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Exposition, wie die Gestaltung und Auslegung der Räume und Arbeitsplätze;
2. Maßnahmen an der Quelle zur Vermeidung oder Verringerung der Exposition an der Quelle, wie
  - a) alternative Arbeitsverfahren, bei denen es zu keiner oder einer geringeren Exposition gegenüber optischer Strahlung kommt,
  - b) die Auswahl geeigneter Arbeitsmittel, die laut Herstellerangaben und unter Berücksichtigung der auszuführenden Arbeit möglichst wenig optische Strahlung emittieren,
  - c) die angemessene Wartung der Arbeitsmittel und Schutzeinrichtungen sowie ihrer Verbindungs- und Aufstellungsbauteile sowie anderer Einrichtungen an den Arbeitsplätzen;
3. Maßnahmen betreffend Arbeitsmittel und Arbeitsvorgänge, wie
  - a) Arbeitsmittel und Arbeitsvorgänge, die an Arbeitsplätzen optische Strahlung über den Expositionsgrenzwerten verursachen, sind unter Berücksichtigung der Arbeitsabläufe nach Möglichkeit in eigenen Räumen unterzubringen oder durchzuführen,
  - b) Arbeitsmittel und Arbeitsvorgänge, die an Arbeitsplätzen optische Strahlung verursachen, sind so aufzustellen oder durchzuführen, dass insbesondere für Arbeitnehmer/innen, die nicht an diesen Arbeitsmitteln oder bei diesen Arbeitsvorgängen tätig sind, das Ausmaß der Exposition soweit als möglich verringert wird;

4. technische Maßnahmen zur Verringerung der Einwirkung von optischer Strahlung, erforderlichenfalls sind auch Verriegelungseinrichtungen, Abschirmungen oder vergleichbare Schutzvorrichtungen einzusetzen;
5. organisatorische Maßnahmen, wie
  - a) Abstandsvergrößerung zur Strahlenquelle, insbesondere für Arbeitnehmer/innen, die nicht an diesen Arbeitsmitteln oder bei diesen Arbeitsvorgängen tätig sind oder sichere Arbeitsverfahren, sowie korrekte Handhabung der Arbeitsmittel und Verhaltensweisen zur Minimierung des Ausmaßes der Exposition der Arbeitnehmer/innen,
  - b) Begrenzen der Dauer der Exposition durch geeignete organisatorische Maßnahmen, wie eine Beschränkung der Beschäftigungsdauer, Arbeitsunterbrechungen oder die Einhaltung von Erholzeiten.

(2) Bei Erstellung des Maßnahmenprogramms sind schutzbedürftige Arbeitnehmer/innen besonders zu berücksichtigen.

#### **Persönliche Schutzausrüstung, Arbeitskleidung, Kennzeichnung**

§ 9. (1) Für Arbeitnehmer/innen, die sich in Bereichen aufhalten, in denen ein Expositionsgrenzwert für künstliche optische Strahlung überschritten ist, ist je nach Art und Ausmaß der vorliegenden Gefahr zur Verfügung zu stellen und von den Arbeitnehmer/innen zu benutzen:

1. Geeignete persönliche Schutzausrüstung für Augen und Haut oder
2. geeignete Arbeitskleidung (Schutzkleidung), sofern geeignete persönliche Schutzausrüstung für optische Strahlung nicht erhältlich ist, sowie
3. geeignete Schutzmittel für ungeschützte Haut.

(2) Bereiche, in denen ein Expositionsgrenzwert überschritten ist, sind in geeigneter Weise zu kennzeichnen; erforderlichenfalls mit Angabe der maximalen Aufenthaltsdauer. Wenn dies technisch möglich und aufgrund der Expositionsgefahr gerechtfertigt ist, sind diese Bereiche auch abzugrenzen und ist der Zugang einzuschränken.

(3) Die Überschreitung von Expositionsgrenzwerten nach Abs. 1 und 2 ist zu beurteilen

1. ortsbezogen oder
2. personenbezogen, sofern Ausmaß, Lage und Organisation der Aufenthaltsdauer der betroffenen Arbeitnehmer/innen im Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument festgelegt sind.

#### **Natürliche optische Strahlung**

§ 10. Der Schutz von Arbeitnehmer/innen vor Gefahren durch natürliche optische Strahlung ist gemäß §§ 4, 5, 12 bis 15, 33 Abs. 5, 66, 69 und 70 ASchG zu berücksichtigen.

#### **Ausnahmen**

§ 11. Gemäß § 95 Abs. 1 ASchG wird festgestellt, dass die Behörde von den Bestimmungen dieser Verordnung keine Ausnahme zulassen darf.

#### **Umsetzung von Rechtsakten der Europäischen Union**

§ 12. Durch diese Verordnung wird die Richtlinie 2006/25/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer/innen vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung, ABl. Nr. L 114 vom 27.04.2004 S. 38, umgesetzt.

#### **Übergangs- und Schlussbestimmungen**

§ 13. (1) Gemäß § 125 Abs. 8 ASchG wird festgestellt, dass mit Inkrafttreten dieser Verordnung in § 16 Abs. 1 der gemäß § 114 Abs. 4 Z 6 ASchG als Bundesgesetz geltenden Allgemeinen Arbeitnehmerschutzverordnung (AAV), BGBl. Nr. 218/1983, in der Fassung der Verordnung BGBl. II Nr. 242/2006, die Wortfolge „blendendes Licht, schädliche Strahlen“ außer Kraft tritt.

(2) Gemäß § 114 Abs. 3 ASchG wird festgestellt, dass § 71 Abs. 2 ASchG hinsichtlich der Einwirkung künstlicher optischer Strahlung in Kraft tritt.

(3) Vor In-Kraft-Treten dieser Verordnung aufgrund des ASchG oder aufgrund des Arbeitnehmerschutzgesetzes, BGBl. Nr. 234/1972, erlassene Bescheide werden durch diese Verordnung nicht berührt, mit der Maßgabe, dass bescheidmäßige Vorschreibungen von Grenzwerten für künstliche optische Strahlung außer Kraft treten und die in § 3 festgelegten Expositionsgrenzwerte gelten.

**ANHANG A zur Verordnung optische Strahlung  
Inkohärente optische Strahlung (künstliche)**

*(Anm.: Anlage A folgt ab der nächsten Seite.)*

## ANHANG A zur Verordnung optische Strahlung Inkohärente optische Strahlung (künstliche)

### Definitionen, Expositionsgrenzwerte, Ermittlung und Beurteilung nach Risikogruppen für Lampen und Lampensysteme

#### Definitionen

Inkohärente Strahlung: jede optische Strahlung außer Laserstrahlung (vgl. Anhang B).

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 Expositionsgrenzwerten der Tabelle A.3 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 A.3.

$$a) \quad H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ ist nur im Bereich 180 nm bis 400 nm relevant})$$

$$b) \quad H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UVA}} \text{ ist nur im Bereich 315 nm bis 400 nm relevant})$$

$$c), d) \quad L_B = \int_{\lambda=300\text{nm}}^{\lambda=700\text{nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B_{\lambda} \cdot d\lambda \quad (L_B \text{ ist nur im Bereich 300 nm bis 700 nm relevant})$$

$$e), f) \quad E_B = \int_{\lambda=300\text{nm}}^{\lambda=700\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_B \text{ ist nur im Bereich 300 nm bis 700 nm relevant})$$

$$g) \text{ bis l) } L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{Geeignete Werte für } \lambda_1 \text{ und } \lambda_2: \text{ siehe Tabelle A.3})$$

$$m), n) \quad E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ ist nur im Bereich 780 nm bis 3000 nm relevant})$$

$$o) \quad H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda=380\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{skin}} \text{ ist nur im Bereich 380 nm bis 3000 nm relevant})$$

Für die Zwecke dieser Verordnung können die vorstehenden Formeln durch folgende Ausdrücke ersetzt werden, wobei die in den folgenden Tabellen aufgeführten diskreten Werte zu verwenden sind:

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

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

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

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

$$\text{g) bis l)} \quad L_R = \sum_{\lambda_2}^{\lambda_1} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (\text{Geeignete Werte für } \lambda_1 \text{ und } \lambda_2: \text{ siehe Tabelle A.3})$$

$$\text{m), n)} \quad E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ ist nur im Bereich 780 bis 3000 nm relevant})$$

$$\text{o)} \quad E_{\text{skin}} = \sum_{\lambda=380\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad \text{und } H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$$

### Anmerkungen

$E$  *Bestrahlungsstärke* oder *Leistungsdichte*: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$E_\lambda(\lambda, t)$ ,  $E_\lambda$  *spektrale Bestrahlungsstärke* oder *spektrale Leistungsdichte*: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Nanometer [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ ]; die Werte  $E_\lambda(\lambda, t)$  und  $E_\lambda$  werden aus Messungen gewonnen oder können von den Hersteller/innen der Arbeitsmittel angegeben werden;

$E_{\text{eff}}$  *effektive Bestrahlungsstärke* (UV-Bereich): berechnete Bestrahlungsstärke im UV-Wellenlängenbereich von 180 nm bis 400 nm, spektral gewichtet mit  $S(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$H$  *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$H_{\text{eff}}$  *effektive Bestrahlung*: Bestrahlung, spektral gewichtet mit  $S(\lambda)$ , ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$E_{\text{UVA}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (UV-A)*: berechnete Bestrahlungsstärke im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 nm bis 400 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$H_{\text{UVA}}$  *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit und die Wellenlänge oder die Summe der Bestrahlungsstärke im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 nm bis 400 nm, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$S(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der gesundheitlichen Auswirkungen von UV-Strahlung auf Auge und Haut (Tabelle A.1) [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 Nanometer [nm];

$L$  *Strahldichte*: der Strahlungsfluss oder die Strahlungsleistung je Einheitsraumwinkel je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ ];

$L_\lambda(\lambda)$ ,  $L_\lambda$  *spektrale Strahldichte* der Quelle, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian pro Nanometer [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{nm}^{-1}$ ];

$R(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der dem Auge durch sichtbare Strahlung und Infrarot-A-Strahlung zugefügten thermischen Schädigung (Tabelle A.2) [dimensionslos];

$L_R$  *effektive Strahldichte* (thermische Schädigung): berechnete Strahldichte, spektral gewichtet mit  $R(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ ];

$B(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der dem Auge durch Blaulichtstrahlung zugefügten photochemischen Schädigung (Tabelle A.2) [dimensionslos];

$L_B$  *effektive Strahldichte (Blaulich)*: berechnete Strahldichte, spektral gewichtet mit  $B(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ ];

$E_B$  *effektive Bestrahlungsstärke (Blaulich)*: berechnete Bestrahlungsstärke, spektral gewichtet mit  $B(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$E_{\text{IR}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (thermische Schädigung)*: berechnete Bestrahlungsstärke im Infrarot-Wellenlängenbereich von 780 nm bis 3000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$E_{\text{skin}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (sichtbar, IR-A und IR-B)*: berechnete Bestrahlungsstärke im sichtbaren und Infrarot-Wellenlängenbereich von 380 nm bis 3000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$H_{\text{skin}}$  *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 3000 nm, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$\alpha$  *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.

Tabelle A.1: S ( $\lambda$ ) [dimensionslos], 180 nm bis 400 nm

$\lambda$ [nm]	S ( $\lambda$ )								
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 A.2: B ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) [dimensionslos], 380 nm bis 1400 nm

$\lambda$ [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
$700 < \lambda \leq 1050$	—	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	—	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	—	0,02

**Expositionsgrenzwerte**

**Tabelle A.3: Expositionsgrenzwerte für künstliche, inkohärente optische Strahlung**

	Wellenlänge $\lambda$ [nm]	Expositionsgrenzwert und Einheit	Messgröße	Anmerkung	Körperteil	Gefährdung
a	180 - 400 (UV-A, UV-B und UV-C)	$30 \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$ Tageswert 8 Stunden	$H_{\text{eff}}$		Auge: Hornhaut, Bindehaut, Linse. Haut	Photokeratitis Konjunktivitis Kataraktogenese Erythem Elastose Hautkrebs
b	315 - 400 (UV-A)	$10^4 \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$ Tageswert 8 Stunden	$H_{\text{UVA}}$		Auge: Linse	Kataraktogenese
c	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$\frac{10^6}{t} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ t [Sekunden] bei $t \leq 10000 \text{ s}$	$L_B$	bei $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$	Auge: Netzhaut	Photoretinitis
d	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$100 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t > 10000 \text{ s}$	$L_B$			
e	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$\frac{100}{t} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ t [Sekunden] bei $t \leq 10000 \text{ s}$	$E_B$	bei $\alpha < 11 \text{ mrad}$ <i>siehe Anmerkung 2</i>		
f	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$0,01 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ $t > 10000 \text{ s}$	$E_B$			
g	380 - 1400 (sichtbar und IR-A)	$\frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t > 10 \text{ s}$	$L_R$	$C_\alpha = 1,7$ bei $\alpha \leq 1,7 \text{ mrad}$ $C_\alpha = \alpha$ bei $1,7 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_\alpha = 100$ bei $\alpha > 100 \text{ mrad}$ $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1400$	Auge: Netzhaut	Netzhaut- verbrennung
h	380 - 1400 (sichtbar und IR-A)	$\frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t^{0,25}} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ t [Sekunden] bei $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$	$L_R$			
i	380 - 1400 (sichtbar und IR-A)	$\frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t < 10 \mu\text{s}$	$L_R$			
j	780 - 1400 (IR-A)	$\frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t > 10 \text{ s}$	$L_R$	$C_\alpha = 11$ bei $\alpha \leq 11 \text{ mrad}$ $C_\alpha = \alpha$ bei $11 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_\alpha = 100$ bei $\alpha > 100 \text{ mrad}$ (Messgesichtsfeld: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1400$	Auge: Netzhaut	Netzhaut- verbrennung
k	780 - 1400 (IR-A)	$\frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t^{0,25}} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ t [Sekunden] bei $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$	$L_R$			
l	780 - 1400 (IR-A)	$\frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t < 10 \mu\text{s}$	$L_R$			
m	780 - 3000 (IR-A und IR-B)	$18000 \cdot t^{-0,75} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ t [Sekunden] bei $t \leq 1000 \text{ s}$	$E_{\text{IR}}$		Auge: Hornhaut, Linse	Hornhautver- brennung Kataraktogenese
n	780 - 3000 (IR-A und IR-B)	$100 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ bei $t > 1000 \text{ s}$	$E_{\text{IR}}$			
o	380 - 3000 (sichtbar, IR-A und IR-B)	$20000 \cdot t^{0,25} \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$ t [Sekunden] bei $t < 10 \text{ s}$	$H_{\text{skin}}$		Haut	Verbrennung

Anmerkung 1: Der Bereich von 300 nm bis 700 nm deckt Teile der UV-B-Strahlung, die gesamte UV-A-Strahlung und den größten Teil der sichtbaren Strahlung ab; die damit verbundene Gefährdung wird gemeinhin als Gefährdung durch „Blaulicht“ bezeichnet. Blaulicht deckt jedoch streng genommen nur den Bereich von ca. 400 nm bis 490 nm ab.

Anmerkung 2: Bei stetiger Fixierung von sehr kleinen Quellen mit einem Öffnungswinkel von weniger als 11 mrad kann  $L_B$  in  $E_B$  umgewandelt werden. Dies ist normalerweise nur bei opthalmischen Instrumenten oder einer Augenstabilisierung während einer Betäubung der Fall. Die maximale „Starrzeit“ errechnet sich anhand der Formel  $t_{\max} = 100/E_B$ , wobei  $E_B$  in  $W \cdot m^{-2}$  ausgedrückt wird. Wegen der Augenbewegungen bei normalen visuellen Anforderungen werden 100 s hierbei nicht überschritten.

**Ermittlung und Beurteilung nach Risikogruppen für Lampen und Lampensysteme<sup>(1)</sup>**

**Tabelle A.4 – Risikogruppen, Gefahr, Maßnahmen (Expositionsgrenzwert)**

RG Risiko	Wellenlängenbereich und Expositionslimit der RG	Gefahr <sup>(5)</sup> und maximal zulässige Expositionsdauer <sup>(6)</sup> T <sub>e</sub> beim Referenzabstand <sup>(2)</sup> Ra	Kann Expositionsgrenzwert überschritten sein? Falls ja, ist § 3 Abs. 2 anzuwenden.
<b>Freie Gruppe (RG 0)</b> Risiko: kein Risiko bzw. minimal <sup>(4)</sup>	<b>IR-A und IR-B:</b> E <sub>IR</sub> ≤ 100 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher auch bei <b>Dauerbestrahlung</b>	<b>Ja</b> , falls Ra unterschritten wird Sonst: <b>Nein</b>
	<b>IR-A wenn L<sub>v</sub><sup>(3)</sup> &lt; 10 cd/m<sup>2</sup>:</b> L <sub>R</sub> ≤ 6·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher auch bei <b>Dauerbestrahlung</b>	
	<b>„sichtbar“ und IR-A:</b> L <sub>R</sub> ≤ 28·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher auch bei <b>Dauerbestrahlung</b>	
	<b>„Blaulicht: α ≥ 0,11 rad“:</b> L <sub>B</sub> ≤ 100 W/(m <sup>2</sup> . sr) oder <b>„Blaulicht: α &lt; 0,11 rad“:</b> E <sub>B</sub> ≤ 1 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher auch bei <b>Dauerbestrahlung</b>	
	<b>UV-A:</b> E <sub>UVA</sub> ≤ 10 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 1 000 s (≅ 16 min)</b>	<b>Ja</b> , falls vorhersehbar angeführte Expositionsauern T <sub>e</sub> bei Abständen ≥ Ra überschritten werden oder Ra unterschritten wird Sonst: <b>Nein</b>
	<b>UV-A, UV-B und UV-C:</b> E <sub>eff</sub> ≤ 0,001 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augen- und hautsicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 30 000 s (= 8 h 20 min)</b>	
<b>RG 1</b> Risiko: gering <sup>(4)</sup>	<b>IR-A und IR-B:</b> E <sub>IR</sub> ≤ 570 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 100 s (≅ 1,6 min)</b>	<b>Ja</b> , falls vorhersehbar angeführte Expositionsauern T <sub>e</sub> bei Abständen ≥ Ra überschritten werden oder Ra unterschritten wird Sonst: <b>Nein</b>
	<b>IR-A, wenn L<sub>v</sub><sup>(3)</sup> &lt; 10 cd/m<sup>2</sup>:</b> L <sub>R</sub> ≤ 6·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 100 s (≅ 1,6 min)</b>	
	<b>„sichtbar“ und IR-A:</b> L <sub>R</sub> ≤ 28·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 10 s</b>	
	<b>„Blaulicht: α ≥ 0,011 rad“:</b> L <sub>B</sub> ≤ 10 <sup>4</sup> W/(m <sup>2</sup> . sr) oder <b>„Blaulicht: α &lt; 0,011 rad“:</b> E <sub>B</sub> ≤ 1 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 100 s (≅ 1,6 min)</b>	
	<b>UV-A:</b> E <sub>UVA</sub> ≤ 33 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 300 s (= 5 min)</b>	
	<b>UV-A, UV-B und UV-C:</b> E <sub>eff</sub> ≤ 0,003 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augen- und hautsicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 10 000 s (≅ 2,8 h)</b>	
<b>RG 2</b> Risiko: moderat <sup>(4)</sup>	<b>IR-A und IR-B:</b> E <sub>IR</sub> ≤ 3 200 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 10 s</b>	<b>Ja</b> , falls vorhersehbar angeführte Expositionsauern T <sub>e</sub> bei Abständen ≥ Ra überschritten werden können, wobei für den Lidschlussreflex gilt: Er darf nicht durch Applikationen oder durch bewusstes in den Strahl starren unterbunden werden oder der Ra unterschritten wird Sonst: <b>Nein</b>
	<b>IR-A, wenn L<sub>v</sub><sup>(3)</sup> &lt; 10 cd/m<sup>2</sup>:</b> L <sub>R</sub> ≤ 6·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 10 s</b>	
	<b>„sichtbar“ und IR-A:</b> L <sub>R</sub> ≤ 71·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 0,25 s (Lidschlussreflex)</b>	
	<b>„Blaulicht: α ≥ 0,011 rad“:</b> L <sub>B</sub> ≤ 4·10 <sup>6</sup> W/(m <sup>2</sup> . sr) oder <b>„Blaulicht: α &lt; 0,011 rad“:</b> E <sub>B</sub> ≤ 400 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 0,25 s (Lidschlussreflex)</b>	
	<b>UV-A:</b> E <sub>UVA</sub> ≤ 100 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 100 s (≅ 1,6 min)</b>	
	<b>UV-A, UV-B und UV-C:</b> E <sub>eff</sub> ≤ 0,03 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augen- und hautsicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 1 000 s (≅ 16 min)</b>	
<b>RG 3 hoch<sup>(4)</sup></b>	Beziehung Expositionslimit und maximale Expositions-(Bestrahlungs-) dauern beim Ra ungünstiger als bei RG 2	<b>Kann für Augen und Haut bereits bei kurzfristiger Bestrahlung gefährlich sein</b>	<b>Ja</b>

Fußnoten von <sup>(1)</sup> bis <sup>(6)</sup> auf der Folgeseite beachten! Abkürzungsverzeichnis ebenfalls auf Folgeseite.

<sup>(1)</sup> Falls sich die Klassifizierung in Risikogruppen nicht auf die Leuchte oder das gesamte Produkt bezieht (Lampensystem) sondern nur auf die „nackte“ Lampe, ist zu berücksichtigen, dass

- im Normalfall Filter oder Abschirmungen in der Leuchte das Risiko gegenüber der Lampe stark abschwächen können oder

- in selteneren Fällen Filter oder Abschirmungen fokussierende oder verstärkende Wirkung haben können, z. B. durch Reflektoren oder Linsen, oder
- verstärkende Wirkung bei Einsatz mehrerer Lampen auftreten kann.

<sup>(2)</sup> Der Bewertungs- oder Referenzabstand  $R_a$  einer Lampe beträgt 20 cm, ausgenommen bei bestimmten Allgemeingebrauchslampen. Bei Allgemeingebrauchslampen ist  $R_a$  entweder jener Abstand, bei dem die Beleuchtungsstärke 500 lx beträgt oder falls dieser Abstand kleiner als 20 cm ist, so ist  $R_a$  mit 20 cm festgelegt.

<sup>(3)</sup> Leuchtdichte ( $L_v$ ) als photometrische Größe. Dieser Grenzwert ist nur anzuwenden, wenn  $L$  weniger als 10 cd/m<sup>2</sup> beträgt, d.h. niedrige Helligkeit (sodass Pupille groß bleibt).

<sup>(4)</sup> Risikobezeichnungen in Bezug zu Expositionsmöglichkeiten beim Bewertungs- oder Referenzabstand  $R_a$  zur Lampe.

<sup>(5)</sup> Sicherheit oder Gefahr gegenüber biologischer Wirkung beim Bewertungs- oder Referenzabstand.

<sup>(6)</sup> Werden die Expositionsdauern  $T_e$  (Spalte 3) unterschritten, so gewährleistet das entsprechende Emissionslimit der RG (Spalte 2) die sichere Unterschreitung der entsprechenden Expositionsgrenzwerte, vorausgesetzt der Bewertungs- oder Referenzabstand  $R_a$  wird nicht unterschritten.

#### Abkürzungsverzeichnis zur Tabelle

UV Ultraviolettanteil der optischen Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm. Unterteilt in drei Klassen nach Wellenlängen:

UV-A: 315 nm bis 400 nm

UV-B: 280 nm bis 315 nm

UV-C: 100 nm bis 280 nm

IR Infrarotanteil der optischen Strahlung (Wärmestrahlung) im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 1 mm. Unterteilt in drei Klassen nach Wellenlängen:

IR-A: 780 nm bis 1400 nm

IR-B: 1400 nm bis 3000 nm

IR-C: 3000 nm bis 1 mm

RG Risikogruppe

$R_a$  Bewertungs- oder Referenzabstand, siehe Fußnote <sup>(2)</sup>

E Bestrahlungsstärke. Der jeweils angegebene Index bezieht sich auf die jeweilige Strahlungsart, z. B.  $E_{UVA}$ , ausgenommen der Index „eff“. Dieser bedeutet „effektiv“

L Strahldichte. Der jeweils angegebene Index bezieht sich auf die jeweilige Strahlungsart, z. B.  $L_B$  für Blaulicht. Ausgenommen sind:

Index „R“ (dieser bedeutet „Retina (Netzhaut)“ und sagt aus, welcher Teil des Auges gefährdet ist) und Index „v“ (dieser steht für „visuell“ und charakterisiert die photometrische Größe Leuchtdichte mit spezieller Bewertung und Bezeichnung)

$\alpha$  Schinkel, der von der scheinbaren Quelle am Auge eines Beobachters oder am Ort der Messung aufgespannt wird.

sr Steradian, Einheit des Raumwinkels,

W Einheit der Leistung,

m Längeneinheit

$T_e$  Expositionsdauer,

s Sekunden,

min Minuten,

h Stunden

lx Lux, Einheit der Beleuchtungsstärke

cd Candela, Einheit der Lichtstärke

**ANHANG B zur Verordnung optische Strahlung  
Kohärente optische Strahlung (LASER)**

*(Anm.: Anlage B folgt ab der nächsten Seite.)*

## ANHANG B zur Verordnung optische Strahlung

### Kohärente optische Strahlung (LASER)

#### Definitionen, Expositionsgrenzwerte, Ermittlung und Beurteilung nach Klassen für Laser

##### Definitionen

Kohärente Strahlung oder Laserstrahlung: aus einem Laser resultierende künstliche optische Strahlung.

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.

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 Expositionsgrenzwerten der Tabellen B.4a, B.4b, B.4c, B.4d und B.4e zu vergleichen. Für die jeweilige Laserstrahlenquelle können mehrere Expositionswerte und entsprechende Expositionsgrenzwerte relevant sein.

Die in den Tabellen B.4a, B.4b, B.4c, B.4d und B.4e als Berechnungsfaktoren verwendeten Koeffizienten sind in Tabelle B.2, die Korrekturfaktoren für wiederholte Exposition sind in Tabelle B.3 aufgeführt. Die Strahlungsgefährdungen sind in Tabelle B.1 zusammengefasst.

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}]$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}]$$

##### 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 von den Hersteller/innen 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 Nanometer [nm];

γ Grenzeinfallswinkel, ausgedrückt in Milliradian [mrad];

γ<sub>m</sub> Messeinfallswinkel, ausgedrückt in Milliradian [mrad];

α Winkelausdehnung einer Quelle, ausgedrückt in Milliradian [mrad];

Grenzblende: Durchmesser der kreisförmigen 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 B.1: Strahlungsgefährdung**

Wellenlänge $\lambda$ [nm]	Strahlungsbereich	Betroffenes Organ	Gefährdung	Tabellen für Expositionsgrenzwerte
180 bis 400	UV	Auge	Photochemische Schädigung und thermische Schädigung	B.4a B.4c
180 bis 400	UV	Haut	Erythem	B.4e
400 bis 700	sichtbar	Auge	Netzhautschädigung	B.4b, B.4d
400 bis 600	sichtbar	Auge	Photochemische Schädigung	B.4d
400 bis 700	sichtbar	Haut	Thermische Schädigung	B.4e
700 bis 1400	sichtbar, IR-A	Auge	Thermische Schädigung	B.4b B.4c
700 bis 1400	sichtbar, IR-A	Haut	Thermische Schädigung	B.4e
1400 bis 2600	IR-B	Auge	Thermische Schädigung	B.4b
2600 bis $10^6$	IR-B, IR-C	Auge	Thermische Schädigung	B.4b
1400 bis $10^6$	IR-B, IR-C	Auge	Thermische Schädigung	B.4c
1400 bis $10^6$	IR-B, IR-C	Haut	Thermische Schädigung	B.4e

**Tabelle B.2: Korrekturfaktoren und sonstige Berechnungsparameter (s. Tab. B.4b bis B.4e)**

Parameter nach ICNIRP <sup>(*)</sup>	Gültiger Spektralbereich $\lambda$ [nm]	Wert
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 – 1050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1050 – 1400	$C_A = 5,0$
$C_B$	400 – 450	$C_B = 1,0$
	450 – 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
$C_C$	700 – 1150	$C_C = 1,0$
	1150 – 1200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$
	1200 – 1400	$C_C = 8,0$
$T_1$	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 – 500	$T_1 = 10 \cdot 10^{0,02(\lambda - 450)} \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parameter nach ICNIRP <sup>(*)</sup>	Biologische Wirkung	Wert
$\alpha_{\min}$	alle thermischen Wirkungen	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parameter nach ICNIRP <sup>(*)</sup>	Gültiger Winkelbereich $\alpha$ [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 <sup>(*)</sup>	Gültige Expositionsdauer $t$ [s]	Wert
$\gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 \cdot t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

<sup>(\*)</sup> ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

**Tabelle B.3: 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 $\lambda$ [nm]	Wert
$T_{\min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9} \text{ s (= 1 ns)}$
	$400 < \lambda \leq 1050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ s (= 18 } \mu\text{s)}$
	$1050 < \lambda \leq 1400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s (= 50 } \mu\text{s)}$
	$1400 < \lambda \leq 1500$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s (= 1 ms)}$
	$1500 < \lambda \leq 1800$	$T_{\min} = 10 \text{ s}$
	$1800 < \lambda \leq 2600$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s (= 1 ms)}$
	$2600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7} \text{ s (= 100 ns)}$

## Expositionsgrenzwerte

Tabelle B.4a: Expositionsgrenzwerte des Auges gegenüber Laserstrahlen - Kurze Expositionsdauer &lt; 10 s

Wellenlänge <sup>(a)</sup> λ [nm]		Grenz- blende	Dauer t [s]		
			10 <sup>-13</sup> - 10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup> - 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>1</sup>
UV-C	180 - 280	1 mm für t < 0,3 s;  1,5·t <sup>0,375</sup> für 0,3 s < t < 10 s	E = 3·10 <sup>10</sup> [W·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(c)</sup>		H = 30 [J·m <sup>-2</sup> ]
	280 - 302				H = 40 [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 2,6·10 <sup>-9</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>
303	H = 60 [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 1,3·10 <sup>-8</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
304	H = 100 [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 1,0·10 <sup>-7</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
305	H = 160 [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 6,7·10 <sup>-7</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
306	H = 250 [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 4,0·10 <sup>-6</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
307	H = 400 [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 2,6·10 <sup>-5</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
UV-B	308				H = 630 [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 1,6·10 <sup>-4</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>
309	H = 10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 1,0·10 <sup>-3</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
310	H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 6,7·10 <sup>-3</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
311	H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 4,0·10 <sup>-2</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
312	H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 2,6·10 <sup>-1</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
313	H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; wenn t < 1,6·10 <sup>0</sup> dann H = 5,6·10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]; siehe Fußnote <sup>(d)</sup>				
314	H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]				
UV-A	315 - 400				H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]

Fußnoten siehe Tabelle B.4b

**Tabelle B.4b: Expositionsgrenzwerte des Auges gegenüber Laserstrahlen - Kurze Expositionsdauer < 10 s**

Wellenlänge <sup>(a)</sup> λ [nm]		Grenz- blende	Dauer [s]					
			10 <sup>-13</sup> - 10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup> - 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> - 1,8·10 <sup>-5</sup>	1,8·10 <sup>-5</sup> - 5·10 <sup>-5</sup>	5·10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-3</sup>
sichtbar und IR-A	400 - 700	7 mm	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$		$H = 18 t^{0,75} \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	
	700 - 1050		$H = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$		$H = 18 t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	
	1 050 - 1400		$H = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^5 \cdot t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-2} \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$			$H = 90 t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$
IR-B und IR-C	1400 - 1500	siehe Fußnote <sup>(b)</sup>	$E = 10^{12} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ Siehe Fußnote <sup>(c)</sup>		$H = 10^3 \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$			$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$
	1500 - 1800		$E = 10^{13} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ Siehe Fußnote <sup>(c)</sup>		$H = 10^4 \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$			
	1800 - 2600		$E = 10^{12} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ Siehe Fußnote <sup>(c)</sup>		$H = 10^3 \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$			$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$
	2600 - 10 <sup>6</sup>		$E = 10^{11} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ Siehe Fußnote <sup>(c)</sup>		$H = 100 \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$		

Fußnoten zu Tabelle B.4a und B.4b:

<sup>(a)</sup> Existieren für eine Wellenlänge zwei Expositionsgrenzwerte, so gilt der strengere Wert.

<sup>(b)</sup> Wenn  $1400 \text{ nm} \leq \lambda < 10^5 \text{ nm}$ : *Grenzblende* = 1 mm bei  $t \leq 0,3 \text{ s}$  und  $1,5 \cdot t^{0,375} \text{ mm}$  bei  $0,3 \text{ s} < t < 10 \text{ s}$ ; wenn  $10^5 \leq \lambda < 10^6 \text{ nm}$ : *Grenzblende* = 11 mm.

<sup>(c)</sup> Mangels Daten empfiehlt die ICNIRP<sup>(\*)</sup> für Impulslängen < 1 ns als Expositionsgrenzwert der Bestrahlungsstärke den Grenzwert für eine Impulslänge von 1 ns zu verwenden.

<sup>(d)</sup> Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für einzelne Laserimpulse. Bei mehrfachen Laserimpulsen müssen die Impulsdauern von Impulsen, die innerhalb eines Intervalls  $T_{\min}$  (siehe Tabelle B.3) 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.

<sup>(\*)</sup> ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

**Tabelle B.4c: Expositionsgrenzwerte des Auges gegenüber Laserstrahlen - Lange Expositionsdauer  $\geq 10$  s**

Wellenlänge <sup>(a)</sup> $\lambda$ [nm]		Grenz- blende	Dauer t [s]
			$10^1 - 3 \cdot 10^4$
UV-C	180 – 280	3,5 mm	H = 30 [J·m <sup>-2</sup> ]
	280 – 302		H = 40 [J·m <sup>-2</sup> ]
UV-B	303		H = 60 [J·m <sup>-2</sup> ]
	304		H = 100 [J·m <sup>-2</sup> ]
	305		H = 160 [J·m <sup>-2</sup> ]
	306		H = 250 [J·m <sup>-2</sup> ]
	307		H = 400 [J·m <sup>-2</sup> ]
	308		H = 630 [J·m <sup>-2</sup> ]
	309		H = 1,0·10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]
	310		H = 1,6·10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]
	311		H = 2,5·10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]
	312		H = 4,0·10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]
	313		H = 6,3·10 <sup>3</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]
314	H = 10 <sup>4</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]		
UV-A	315 - 400		
sichtbar, IR-A	700 - 1400		7 mm
IR-B, IR-C	1400 - 10 <sup>6</sup>	Siehe Fußnote <sup>(c)</sup>	E = 1000 [W·m <sup>-2</sup> ]

**Tabelle B.4d: Expositionsgrenzwerte des Auges gegenüber Laserstrahlen im sichtbaren Bereich - Lange Expositionsdauer  $\geq 10$  s**

Wellenlänge <sup>(a)</sup> $\lambda$ [nm]		Grenz- blende	Dauer t [s]		
			$10^1 - 10^2$	$10^2 - 10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$
sichtbar	400 - 600 Photochemisch <sup>(b)</sup> Netzhautschädigung	7 mm	$H = 100 \cdot C_B$ [ $J \cdot m^{-2}$ ] ( $\gamma = 11$ mrad) <sup>(d)</sup>	$E = 1 \cdot C_B$ [ $W \cdot m^{-2}$ ]; ( $\gamma = 1,1 t^{0,5}$ mrad) <sup>(d)</sup>	$E = 1 \cdot C_B$ [ $W \cdot m^{-2}$ ] ( $\gamma = 110$ mrad) <sup>(d)</sup>
	400 - 700 Thermisch <sup>(b)</sup> Netzhautschädigung		wenn $\alpha < 1,5$ mrad, dann $E = 10$ [ $W \cdot m^{-2}$ ] wenn $\alpha > 1,5$ mrad und $t \leq T_2$ , dann $H = 18 \cdot C_E \cdot t^{0,75}$ [ $J \cdot m^{-2}$ ] wenn $\alpha > 1,5$ mrad und $t > T_2$ , dann $E = 18 \cdot C_E \cdot T_2^{-0,25}$ [ $W \cdot m^{-2}$ ]		

Fußnoten zu Tabelle B.4c und B.4d:

<sup>(a)</sup> Existieren für eine Wellenlänge oder eine andere Eigenschaft des Lasers zwei Expositionsgrenzwerte, so gilt der strengere Wert.

<sup>(b)</sup> Bei kleinen Quellen mit einem Öffnungswinkel von 1,5 mrad oder weniger sind die beiden Expositionsgrenzwerte für sichtbare Strahlung E von 400 nm bis 600 nm zu reduzieren auf die thermischen Expositionsgrenzwerte für  $10 \text{ s} \leq t < T_1$  und auf die photochemischen Expositionsgrenzwerte für längere Zeiten. Zu  $T_1$  und  $T_2$  siehe Tabelle B.2. Der Expositionsgrenzwert für photochemische Netzhautgefährdung kann auch ausgedrückt werden als Integral der Strahldichte über die Zeit  $G = 10^6 \cdot C_B$  [ $J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ ], wobei Folgendes gilt:

$t > 10$  s bis zu  $t = 10000$  s und  $L = 100 \cdot C_B$  [ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ ] bei  $t > 10000$  s. Zur Messung von G und L ist  $\gamma_m$  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  $L_t$  von der CIE und die Bezeichnung  $L_p$  von der IEC und dem CENELEC.)

<sup>(c)</sup> Für die Wellenlänge  $1400 - 10^5$  nm: *Grenzblende* = 3,5 mm; für die Wellenlänge  $10^5$  nm -  $10^6$  nm: *Grenzblende* = 11 mm.

<sup>(d)</sup> Für Messungen des Expositionswertes ist  $\gamma$  wie folgt zu berücksichtigen: Wenn  $\alpha$  (Öffnungswinkel einer Quelle)  $> \gamma$  (Grenzkegelwinkel, in eckigen Klammern in der entsprechenden Spalte angegeben), dann sollte das Messgesichtsfeld  $\gamma_m$  den Wert  $\gamma$  erhalten. (Bei Verwendung eines größeren Messgesichtsfelds würde die Gefährdung zu hoch angesetzt.) Wenn  $\alpha < \gamma$ , dann muss das Messgesichtsfeld  $\gamma_m$  groß genug sein, um die Quelle einzuschließen; es ist ansonsten jedoch nicht beschränkt und kann größer sein als  $\gamma$ .

**Tabelle B.4e: Expositionsgrenzwerte der Haut gegenüber Laserstrahlen**

Wellenlänge <sup>(a)</sup> λ [nm]		Grenz- blende	Dauer t [s]					
			< 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> - 3 · 10 <sup>4</sup>
UV (A,B,C)	180 - 400	3,5 mm	E = 3 · 10 <sup>10</sup> [W·m <sup>-2</sup> ]	Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge				
	sichtbar, IR-A		400 - 700	E = 2 · 10 <sup>11</sup> [W·m <sup>-2</sup> ]	H = 200 · C <sub>A</sub> [J·m <sup>-2</sup> ]	H = 1,1 · 10 <sup>4</sup> · C <sub>A</sub> · t <sup>0,25</sup> [J·m <sup>-2</sup> ]	E = 2 · 10 <sup>3</sup> · C <sub>A</sub> [W·m <sup>-2</sup> ]	
700 - 1400			E = 2 · 10 <sup>11</sup> C <sub>A</sub> [W·m <sup>-2</sup> ]					
IR-B, IR-C	1400 - 1500		E = 10 <sup>12</sup> [W·m <sup>-2</sup> ]	Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge				
	1500 - 1800		E = 10 <sup>13</sup> [W·m <sup>-2</sup> ]					
	1800 - 2600		E = 10 <sup>12</sup> [W·m <sup>-2</sup> ]					
	2600 - 10 <sup>6</sup>		E = 10 <sup>11</sup> [W·m <sup>-2</sup> ]					

<sup>(a)</sup> Existieren für eine Wellenlänge oder eine andere Eigenschaft des Lasers zwei Expositionsgrenzwerte, so gilt der strengere Wert.

## Ermittlung und Beurteilung nach Klassen für Laser

Tabelle B.5 - Laserklassen, Gefahr, Maßnahmen (Expositionsgrenzwert)

Laserklasse	Gefahr <sup>(1)</sup> hinsichtlich biologischer Wirkung im Gefahrenbereich	Kann Expositionsgrenzwert überschritten sein? Falls ja, ist § 3 Abs. 2 anzuwenden.
Klasse 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ augen- und hautsicher</li> </ul>	<p><b>Ja</b>, bei Instandhaltung<sup>(2)</sup> Sonst: <b>Nein</b></p>
Klasse 1 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ augensicher, falls nicht durch Blick mit optischen Instrumenten der Strahlquerschnitt verkleinert wird und</li> <li>■ hautsicher</li> </ul>	<p><b>Ja</b>, bei Instandhaltung<sup>(2)</sup> <b>Ja</b>, bei Anwendung von optischen Instrumenten Sonst: <b>Nein</b></p>
Klasse 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ augensicher durch Abwendungsreaktion und Lidschlussreflex und</li> <li>■ hautsicher</li> </ul>	<p><b>Ja</b>, bei Instandhaltung<sup>(2)</sup> <b>Ja</b>, bei Applikationen, die Abwendungsreaktionen oder Lidschlussreflex einschränken oder verhindern sowie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ unter Verhältnissen, bei denen bewusst in den Strahl geblickt werden muss</li> </ul> <p>Sonst: <b>Nein</b></p>
Klasse 2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ augensicher durch Abwendungsreaktion und Lidschlussreflex; falls nicht durch Blick mit optischen Instrumenten der Strahlquerschnitt verkleinert wird und</li> <li>■ hautsicher</li> </ul>	<p><b>Ja</b>, bei Instandhaltung<sup>(2)</sup> <b>Ja</b>, bei Anwendung von optischen Instrumenten <b>Ja</b>, bei Applikationen, die Abwendungsreaktionen oder Lidschlussreflex einschränken oder verhindern sowie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ unter Verhältnissen, bei denen bewusst in den Strahl geblickt werden muss</li> </ul> <p>Sonst: <b>Nein</b></p>
Klasse 3 R	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Blick in den direkten oder gespiegelten Strahl kann gefährlich sein</li> <li>■ Blick in den diffus gestreuten Strahl nicht gefährlich</li> <li>■ hautsicher</li> </ul>	<p><b>Ja</b>, bei Instandhaltung<sup>(2)</sup> <b>Ja</b>, hinsichtlich der Gefahr für Augen innerhalb des Gefahrenbereiches. Das Risiko ist gering bei zufällig kurzzeitiger Exposition Sonst: <b>Nein</b></p>
Klasse 3 B	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Blick in den direkten oder gespiegelten Strahl kann gefährlich sein</li> <li>■ Blick in den diffus gestreuten Strahl außerhalb eines Abstandes von 13 cm bei einer Betrachtungsdauer von weniger als 10 s nicht gefährlich</li> <li>■ kann im oberen Leistungsbereich hautgefährlich sein</li> </ul>	<p><b>Ja</b>, Instandhaltung<sup>(2)</sup> <b>Ja</b>, hinsichtlich der Gefahr für Augen und Haut innerhalb des Gefahrenbereiches. Das Risiko für Haut ist gering Sonst: <b>Nein</b></p>
Klasse 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Blick in den direkten oder gespiegelten Strahl kann sehr gefährlich sein</li> <li>■ Blick in den diffus gestreuten Strahl kann gefährlich sein</li> <li>■ kann für Haut gefährlich sein</li> </ul>	<p><b>Ja</b>, bei Instandhaltung<sup>(2)</sup> <b>Ja</b>, hinsichtlich der Gefahr für Augen- und Haut innerhalb des jeweiligen Gefahrenbereiches Sonst: <b>Nein</b></p>

<sup>(1)</sup> Sicherheit, Gefahr gegenüber biologischer Wirkung im Gefahrenbereich unter vorhersehbaren Bedingungen bei bestimmungsgemäßer Verwendung für kontinuierlichen und gepulsten Betrieb

<sup>(2)</sup> Instandhaltung, wie Wartung, Störungsbehebung, Reparatur, Justierung. Beispielsweise kann bei gekapselten Lasereinrichtungen durch Entfernen von Schutzeinrichtungen im Rahmen der Instandhaltung ein wesentlich höheres Gefahrenpotenzial auftreten als durch die Laserklasse angegeben ist. Daher ist für derartige Tätigkeiten immer zu prüfen, unter welchen Voraussetzungen sie sicher durchgeführt werden können.