

**Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates
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)**

Vom 5. April 2006 (ABL EU Nr. L 114, S.38)

zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 22. Oktober 2008 (ABl. L 311, S. 1)
in Kraft getreten am 11. Dezember 2008

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union 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.
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 - 1400 nm), IR-B-Strahlung (1400 - 3000 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 Strah-

ArbSch 2.1.19

lung 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 Ersatzrüstungen, 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;

ArbSch 2.1.19

- 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)¹ 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.

¹ ABl. L 245 vom 26.8.1992, S. 23.

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.

(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 bestimmbar 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;

ArbSch 2.1.19

- 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 von der Kommission 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.

Diese Maßnahmen zur Änderung nicht wesentlicher Bestimmungen dieser Richtlinie werden nach dem in Artikel 11 Absatz 2 genannten Regelungsverfahren mit Kontrolle erlassen. Aus Gründen äußerster Dringlichkeit kann die Kommission auf das in Artikel 11 Absatz 3 genannte Dringlichkeitsverfahren zurückgreifen.

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 5a Absätze 1 bis 4 und Artikel 7 des Beschlusses 1999/468/EG unter Beachtung von dessen Artikel 8.

(3) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gelten Artikel 5a Absätze 1, 2, 4 und 6 sowie Artikel 7 des Beschlusses 1999/468/EG unter Beachtung von dessen Artikel 8.

**ABSCHNITT IV
SCHLUSSBESTIMMUNGEN**

Artikel 12
(aufgehoben)

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.

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_{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_{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_{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_{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 λ_1 und λ_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_{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_{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 λ_1 und λ_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_{λ} *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_{λ} werden aus Messungen gewonnen oder können vom Hersteller der Arbeitsmittel angegeben werden;
- E_{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 [W m^{-2}];
- H *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [J m^{-2}];
- H_{eff} *effektive Bestrahlung*: Bestrahlung, spektral gewichtet mit $S(\lambda)$, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [J m^{-2}];
- E_{UVA} *Gesamtbestrahlungsstärke (UV-A)*: berechnete Bestrahlungsstärke im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 bis 400 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [W m^{-2}];
- H_{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 [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 , Δt *Zeit, Dauer der Exposition*, ausgedrückt in Sekunden [s];
- λ *Wellenlänge*, ausgedrückt in Nanometern [nm];
- $\Delta\lambda$ *Bandbreite der Berechnungs- oder Messintervalle*, ausgedrückt in Nanometern [nm];
- $L_{\lambda}(\lambda)$, L_{λ} *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_{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_{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_{B} *effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht)*: berechnete Bestrahlungsstärke, spektral gewichtet mit $B(\lambda)$, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [W m^{-2}];
- E_{IR} *Gesamtbestrahlungsstärke (thermische Schädigung)*: berechnete Bestrahlungsstärke im Infrarot-Wellenlängenbereich von 780 nm bis 3 000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [W m^{-2}];
- E_{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 [W m^{-2}];
- H_{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 [J m^{-2}];
- α *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.

ArbSch 2.1.19

Kennbuchstabe	Wellenlänge	Expositionsgrenzwert	Einheit	Anmerkung	Körperteil	Gefährdung
a.	180 - 400 (UV-A, UV-B und UV-C)	$H_{\text{eff}} = 30$	$[\text{J m}^{-2}]$		Auge Hornhaut Bindehaut Linse Haut	Photokeratitis Konjunktivitis Kataraktogenese Erythem Elastose Hautkrebs
b.	315 - 400 (UV-A)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Tageswert 8 Stunden	$[\text{J m}^{-2}]$		Auge Linse	Kataraktogenese
c.	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$L_B = \frac{10^6}{t}$ bei $t \leq 10\,000$ s	$L_B: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ $t: [\text{Sekunden}]$	bei $a \geq 11$ mrad	Auge Netzhaut	Photoretinitis
d.	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$L_B = 100$ bei $t > 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$			
e.	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$E_B = \frac{100}{t}$ bei $t \leq 10\,000$ s	$E_B: [\text{W m}^{-2}]$ $t: [\text{Sekunden}]$	bei $a < 11$ mrad <i>siehe Anmerkung 2</i>		
f.	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$E_B = 0,01$ $t > 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2}]$			
g.	380 - 1400 (Sichtbar und IR-A)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a}$ bei $t > 10$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$	$C_a = 1,7$ bei $a \leq 1,7$ mrad $C_a = a$ bei $1,7 \leq a \leq 100$ mrad $C_a = 100$ bei $a > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1400$	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
h.	380 - 1400 (Sichtbar und IR-A)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ bei $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	$L_R: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ $t: [\text{Sekunden}]$			

Kennbuchstabe	Wellenlänge	Expositionsgrenzwert	Einheit	Anmerkung	Körperteil	Gefährdung
i.	380 - 1400 (Sichtbar und IR-A)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ bei $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^1]$		Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
j.	780 - 1400 (IR-A)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_a}$ bei $t > 10 s$	$[W m^{-2} sr^1]$	$C_a = 11$ bei $a \leq 11 \text{ mrad}$ $C_a = a$ bei $11 \leq a \leq 100 \text{ mrad}$ $C_a = 100$ bei $a > 100 \text{ mrad}$ (Messgesichtsfeld: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1400$	Auge Netzhaut	Netzhautverbrennung
k.	780 - 1400 (IR-A)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ bei $10 \mu s \leq t \leq 10 s$	$L_R: [W m^{-2} sr^{-1}]$ $t: [\text{Sekunden}]$			
l.	780 - 1400 (IR-A)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ bei $1 t > 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
m.	780 - 3000 (IR-A und IR-B)	$E_{IR} = 18000 t^{-0,75}$ bei $t > 1000 s$	$E: [W m^{-2}]$ $t: [\text{Sekunden}]$		Auge Hornhaut Linse	Hornhautverbrennung Kataraktogenese
n.	780 - 3000 (IR-A und IR-B)	$E_{IR} = 100$ bei $t > 1000 s$	$[W m^{-2}]$			
o.	380 - 3000 (Sichtbar, IR-A und IR-B)	$H_{skin} = 20000 t^{0,25}$ bei $t < 10 s$	$H: [J m^{-2}]$ $t: [\text{Sekunden}]$		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 Betäubung der Fall. Die maximale "Starrzeit" errechnet sich anhand der Formel $t_{max} = 100/E_B$, wobei E_B in $W m^{-2}$ 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 (λ), R (λ) [dimensionslos], 380 nm bis 1400 nm

λ in nm	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	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
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02(450-\lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	-	$10^{0,002(700-\lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	-	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	-	$0,2 \cdot 10^{0,02(1150-\lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	-	0,02

ANHANGII
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.

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

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

Anmerkungen:

dP	Leistung , ausgedrückt in Watt [W];
dA	Fläche , ausgedrückt in Quadratmetern [m ²];
E (t), E	Bestrahlungsstärke oder Leistungsdichte: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, üblicherweise ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [W m ⁻²]; 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 ⁻²];
t	Zeit, Dauer der Exposition, ausgedrückt in Sekunden [s];
λ	Wellenlänge, ausgedrückt in Nanometern [nm];
y	Grenzempfangswinkel, ausgedrückt in Milliradian [mrad];
ym	Messempfangswinkel, ausgedrückt in Milliradian [mrad];
a	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 ⁻² sr ⁻¹].

**Tabelle 2.1
Strahlungsgefährdung**

Wellenlänge [nm] λ	Strahlungsbereich	Betroffenes Organ	Gefährdung	Tabelle für den Expositionsgrenzwert
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

Tabelle 2.2

Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber — Laserstrahlen Kurze Expositionsdauer < 10 s

Wellenlänge λ [nm]		Öffnung	Dauer [s]					
			10 ⁻¹³ - 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 1,8 · 10 ⁻⁴	1,8 · 10 ⁻⁴ - 5 · 10 ⁻³	5 · 10 ⁻³ - 10 ⁻¹
UV-C	180 - 280	1 mm für t < 0,3 s; 1,5 · t ^{0,75} für 0,3 s < t < 10 s	E = 3 · 10 ¹⁰ [W m ⁻²] ^a					
	280 - 302							
303	H = 40 [J m ⁻²]; wenn t < 2,6 · 10 ⁻⁹ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
304	H = 60 [J m ⁻²]; wenn t < 1,3 · 10 ⁻⁸ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
305	H = 100 [J m ⁻²]; wenn t < 1,0 · 10 ⁻⁷ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
306	H = 160 [J m ⁻²]; wenn t < 6,7 · 10 ⁻⁷ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
307	H = 250 [J m ⁻²]; wenn t < 4,0 · 10 ⁻⁶ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
308	H = 400 [J m ⁻²]; wenn t < 2,6 · 10 ⁻⁵ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
309	H = 630 [J m ⁻²]; wenn t < 1,6 · 10 ⁻⁴ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
310	H = 10 ³ [J m ⁻²]; wenn t < 1,0 · 10 ⁻³ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
311	H = 1,6 · 10 ³ [J m ⁻²]; wenn t < 6,7 · 10 ⁻³ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
312	H = 2,5 · 10 ³ [J m ⁻²]; wenn t < 4,0 · 10 ⁻² dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
313	H = 4,0 · 10 ³ [J m ⁻²]; wenn t < 2,6 · 10 ⁻¹ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
314	H = 6,3 · 10 ³ [J m ⁻²]; wenn t < 1,6 · 10 ⁰ dann H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²] ^d							
UV-A	315 - 400	H = 5,6 · 10 ¹ t ^{0,25} [J m ⁻²]						
Sichtbar und IR-A	400 - 700	7 mm	H = 1,5 · 10 ⁻⁴ C _E [J m ⁻²]	H = 2,7 · 10 ⁻⁴ t ^{0,75} C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻¹ C _E [J m ⁻²]		H = 18 · t ^{0,75} C _E [J m ⁻²]	
	700 - 1 050		H = 1,5 · 10 ⁻⁴ C _A C _E [J m ⁻²]	H = 2,7 · 10 ⁻⁴ t ^{0,75} C _A C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻³ C _A C _E [J m ⁻²]		H = 18 · t ^{0,75} C _A C _E [J m ⁻²]	
IR-B und IR-C	1 050 - 1 400	S. Fußnote 5	H = 1,5 · 10 ⁻³ C _E [J m ⁻²]	H = 2,7 · 10 ⁻³ t ^{0,75} C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻³ C _E [J m ⁻²]		H = 90 · t ^{0,75} C _E [J m ⁻²]	
	1 400 - 1 500		E = 10 ¹² [W m ⁻²] ^c		H = 10 ³ [J m ⁻²]		H = 5,6 · 10 ¹ · t ^{0,25} [J m ⁻²]	
1 500 - 1 800	E = 10 ¹³ [W m ⁻²] ^c		H = 10 ⁴ [J m ⁻²]					
1 800 - 2 600	E = 10 ¹² [W m ⁻²] ^c		H = 10 ¹ [J m ⁻²]		H = 5,6 · 10 ¹ · t ^{0,25} [J m ⁻²]			
2 600 - 10 ⁹	E = 10 ¹¹ [W m ⁻²] ^c		H = 100 [J m ⁻²]	H = 5,6 · 10 ¹ · t ^{0,25} [J m ⁻²]				

a Wird die Wellenlänge des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.
 b Wenn 1 400 < λ < 10³ nm: Öffnungsdurchmesser = 1 mm bei t ≤ 0,3 s und 1,5 t^{0,75} mm bei 0,3 s < t < 10 s; wenn 10³ ≤ λ < 10⁹ 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_{max} (siehe Tabelle 2.6) liegen, aufaddiert werden, und der daraus resultierende Zeitwert muss in der Formel 5,6 · 10¹ t^{0,25} für t eingesetzt werden.

Tabelle 2.3

Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber — Laserstrahlen Lange Expositionsdauer ≥ 10 s

Wellenlänge ^a [nm]		Offnung	Dauer [s]			
			10 ¹ - 10 ²	10 ³ - 10 ⁴	10 ⁴ - 3 · 10 ⁴	
UV-C	180 - 280	3,5 mm	H = 30 [J m ⁻²]			
UV-B	280 - 302		H = 40 [J m ⁻²]			
	303		H = 60 [J m ⁻²]			
	304		H = 100 [J m ⁻²]			
	305		H = 160 [J m ⁻²]			
	306		H = 250 [J m ⁻²]			
	307		H = 400 [J m ⁻²]			
	308		H = 630 [J m ⁻²]			
	309		H = 1,0 · 10 ³ [J m ⁻²]			
	310		H = 1,6 · 10 ³ [J m ⁻²]			
	311		H = 2,5 · 10 ³ [J m ⁻²]			
	312		H = 4,0 · 10 ³ [J m ⁻²]			
313	H = 6,3 · 10 ³ [J m ⁻²]					
314	H = 10 ⁴ [J m ⁻²]					
UV-A	315 - 400	H = 10 ⁴ [J m ⁻²]				
Sichtbar 400 - 700	400 - 600 Photochemisch ^b Netzhautschädigung	7 mm	H = 100 C _β [J m ⁻²] (γ = 11 mrad) ^d	E = 1 C _β [W m ⁻²]; (γ = 1,1 t ^{0,5} mrad) ^d		E = 1 C _β [W m ⁻²] (γ = 110 mrad) ^d
	400 - 700 Thermisch ^b Netzhautschädigung		wenn α < 1,5 mrad wenn α > 1,5 mrad und t ≤ T ₂ wenn α > 1,5 mrad und t > T ₂	dann E = 10 [W m ⁻²] dann H = 18 C _β t ^{0,75} [J m ⁻²] dann E = 18 C _β T ₂ ^{-0,25} [W m ⁻²]		
IR-A	700 - 1 400	7 mm	wenn α < 1,5 mrad wenn α > 1,5 mrad und t ≤ T ₂ wenn α > 1,5 mrad und t > T ₂	dann E = 10 C _A C _C [W m ⁻²] dann H = 18 C _A C _C t ^{0,75} [J m ⁻²] dann E = 18 C _A C _C T ₂ ^{-0,25} [W m ⁻²] (maximal 1 000 W m ⁻²)		
IR-B und IR-C	1 400 - 10 ⁶	Siehe ^c	E = 1 000 [W m ⁻²]			

a Wird die Wellenlänge oder eine andere Gegebenheit des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.
 b 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 < T₂ und auf die photochemischen Grenzwerte für längere Zeiten. Zu T₁ und T₂ siehe Tabelle 2.5. Der Grenzwert für photochemische Netzhautgefährdung kann auch ausgedrückt werden als Integral der Strahlendichte über die Zeit G = 10⁶ C_β [J m⁻² sr⁻¹], wobei Folgendes gilt: t > 10 s bis zu t = 10 000 s und L = 100 C_β [W m⁻² sr⁻¹] bei t > 10 000 s. Zur Messung von G und L ist γ₀ 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 L₁ von der CIE und die Bezeichnung L_T von der IEC und dem CENELEC.)
 c Für die Wellenlänge 1 400 - 10⁶ nm: Öffnungsdurchmesser = 3,5 mm; für die Wellenlänge 10⁵ - 10⁶ nm: Öffnungsdurchmesser = 11 mm.
 d Für Messungen des Expositionswertes ist γ wie folgt zu berücksichtigen: Wenn α (Winkel ausdehnung einer Quelle) > γ (Grenzeingangswinkel, in eckigen Klammern in der entsprechenden Spalte angegeben), dann sollte das Messgesichtsfeld γ₀ den Wert γ erhalten. (Bei Verwendung eines größeren Messgesichtsfelds würde die Gefährdung zu hoch angesetzt.)
 Wenn α < γ, dann muss das Messgesichtsfeld γ₀ groß genug sein, um die Quelle einzuschließen; es ist ansonsten jedoch nicht beschränkt und kann größer sein als γ.

Tabelle 2.4

Grenzwerte für die Exposition der Haut gegenüber Laserstrahlen

Wellenlänge ^a [nm]		Öffnung	Dauer [s]					
			< 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 10 ⁻³	10 ⁻³ - 10 ¹	10 ¹ - 10 ³	10 ³ - 3 · 10 ⁴
UV (A, B, C)	180-400	3,5mm	E = 3 · 10 ¹⁰ [W m ⁻²]	Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge				
Sichtbar und IR-A	400-700	3,5mm	E = 2 · 10 ¹¹ [W m ⁻²]	H = 200 C _A	H = 1,1 · 10 ⁴ C _A ^{0,25} [J m ⁻²]	E = 2 · 10 ³ C _A [W m ⁻²]		
	700-1 400		E = 2 · 10 ¹¹ C _A [W m ⁻²]	[J m ⁻²]				
IR-B und IR-C	1 400-1 500		E = 10 ¹² [W m ⁻²]	Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge				
	1 500-1 800		E = 10 ¹³ [W m ⁻²]					
	1 800-2 600	E = 10 ¹² [W m ⁻²]						
2 600-10 ⁶	E = 10 ¹¹ [W m ⁻²]							

a Wird die Wellenlänge oder eine andere Gegebenheit des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.

Tabelle
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(λ - 700)}
	1 050- 1 400	C _A = 5,0
C _B	400-450	C _B = 1,0
	450- 700	C _B = 10 ^{0,02(λ - 450)}
C _C	700 - 1 150	C _C = 1,0
	1 150- 1 200	C _C = 10 ^{0,018(λ - 1 150)}
	1 200- 1 400	Q = 8,0
T ₁	$\lambda < 450$	T ₁ =10 s
	450- 500	T ₁ = 10 · [10 ^{0,02(λ - 450)}] s
	$\lambda > 500$	T ₁ = 100 s
Parameter nach ICNIRP	Biologische Wirkung	Wert
a _{min}	Alle thermischen Wirkungen	a _{min} = 1,5 mrad
Parameter nach ICNIRP	Gültiger Winkelbereich (mrad)	Wert
C _E	a < a _{min}	C _E = 1,0
	a _{min} < a < 100	C _E = a/a _{min}
	a > 100	C _E = a ² /(a _{min} · a _{max}) mrad bei a _{max} = 100 mrad
T ₂	a < 1,5	T ₂ = 10 s
	1,5 < a < 100	T ₂ = 10 · [10 ^{(a- 1,5)/98,5}] s
	a > 100	T ₂ = 100 s
γ	t ≤ 100	γ = 11 [mrad]
	100 < t < 10 ⁴	γ = 1,1 t ^{0,5} [mrad]
	t > 10 ⁴	γ = 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.

ArbSch 2.1.19

Parameter	Gültiger Spektralbereich (nm)	Wert
T _{min}	$315 < \lambda \leq 400$	T _{min} = 10 ⁻⁹ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1050$	T _{min} = 18 · 10 ⁻⁶ s (= 18 μs)
	$1050 < \lambda \leq 1400$	T _{min} = 50 · 10 ⁻⁶ s (= 50 μs)
	$1400 < \lambda \leq 1500$	T _{min} = 10 ⁻³ s (= 1 ms)
	$1500 < \lambda \leq 1800$	T _{min} = 10 s
	$1800 < \lambda \leq 2600$	T _{min} = 10 ⁻³ s (= 1 ms)
	$2600 < \lambda \leq 10^6$	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: „Kypwasg“, Ungarisch: „) ogkövetkezmenyek“, Italienisch: „sanzioni“, Lettisch: „sankcijas“, Litauisch: „sankcijos“, Maltesisch: „penali“, Niederländisch: „sancties“, Polnisch: „sankcje“, Portugiesisch: „san-ões“, 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.