

RICHTLINIE 2006/25/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 5. April 2006

**über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung)
(19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)**

DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION —

gestützt auf den Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, insbesondere Artikel 137 Absatz 2,

auf Vorschlag der Kommission ⁽¹⁾, vorgelegt nach Anhörung des Beratenden Ausschusses für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz,

nach Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses ⁽²⁾,

nach Anhörung des Ausschusses der Regionen,

gemäß dem Verfahren des Artikels 251 des Vertrags ⁽³⁾, aufgrund des vom Vermittlungsausschuss am 31. Januar 2006 gebilligten gemeinsamen Entwurfs,

in Erwägung nachstehender Gründe:

(1) Im Vertrag ist vorgesehen, dass der Rat durch Richtlinien Mindestvorschriften erlassen kann, die die Verbesserung insbesondere der Arbeitsumwelt zur Gewährleistung eines höheren Schutzniveaus für die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer zum Ziel haben. Diese Richtlinien sollten keine verwaltungsmäßigen, finanziellen oder rechtlichen Auflagen vorschreiben, die der Gründung und Entwicklung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) entgegenstehen.

⁽¹⁾ ABl. C 77 vom 18.3.1993, S. 12, und ABl. C 230 vom 19.8.1994, S. 3.

⁽²⁾ ABl. C 249 vom 13.9.1993, S. 28.

⁽³⁾ Stellungnahme des Europäischen Parlaments vom 20. April 1994 (ABl. C 128 vom 9.5.1994, S. 146), bestätigt am 16. September 1999 (ABl. C 54 vom 25.2.2000, S. 75), Gemeinsamer Standpunkt des Rates vom 18. April 2005 (ABl. C 172 E vom 12.7.2005, S. 26) und Standpunkt des Europäischen Parlaments vom 16. November 2005 (noch nicht im Amtsblatt veröffentlicht). Legislative Entschließung des Europäischen Parlaments vom 14. Februar 2006 (noch nicht im Amtsblatt veröffentlicht) und Beschluss des Rates vom 23. Februar 2006.

(2) Die Mitteilung der Kommission über ihr Aktionsprogramm zur Anwendung der Gemeinschaftscharta der sozialen Grundrechte der Arbeitnehmer sieht die Festlegung von Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen vor. Das Europäische Parlament hat im September 1990 eine Entschließung zu diesem Aktionsprogramm ⁽⁴⁾ verabschiedet, in der die Kommission insbesondere aufgefordert wurde, eine Einzelrichtlinie für den Bereich der Gefährdung durch Lärm und Vibrationen sowie sonstige physikalische Einwirkungen am Arbeitsplatz auszuarbeiten.

(3) Als ersten Schritt haben das Europäische Parlament und der Rat die Richtlinie 2002/44/EG vom 25. Juni 2002 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen) (16. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) ⁽⁵⁾ angenommen. Anschließend haben das Europäische Parlament und der Rat am 6. Februar 2003 die Richtlinie 2003/10/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm) (17. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) ⁽⁶⁾ angenommen. Danach haben das Europäische Parlament und der Rat am 29. April 2004 die Richtlinie 2004/40/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (18. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) ⁽⁷⁾ angenommen.

(4) Aufgrund der Auswirkungen von optischer Strahlung auf die Gesundheit und die Sicherheit der Arbeitnehmer, insbesondere wegen der Schädigung der Augen und der Haut, wird nunmehr die Einführung von Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch optische Strahlung als notwendig angesehen. Durch diese Maßnahmen sollen nicht nur die Gesundheit und die Sicherheit jedes einzelnen Arbeitnehmers geschützt, sondern für die gesamte Arbeitnehmerschaft der Gemeinschaft ein Mindestschutz sichergestellt werden, um mögliche Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden.

(5) Eines der Ziele dieser Richtlinie ist die rechtzeitige Erkennung negativer gesundheitlicher Auswirkungen der Exposition gegenüber optischer Strahlung.

⁽⁴⁾ ABl. C 260 vom 15.10.1990, S. 167.

⁽⁵⁾ ABl. L 177 vom 6.7.2002, S. 13.

⁽⁶⁾ ABl. L 42 vom 15.2.2003, S. 38.

⁽⁷⁾ ABl. L 159 vom 30.4.2004, S. 1. Richtlinie berichtet in ABl. L 184 vom 24.5.2004, S. 1.

- (6) In dieser Richtlinie werden Mindestvorschriften festgelegt, so dass die Mitgliedstaaten die Möglichkeit haben, unter dem Aspekt des Arbeitnehmerschutzes strengere Bestimmungen beizubehalten oder zu erlassen, insbesondere niedrigere Expositionsgrenzwerte festzulegen. Die Umsetzung dieser Richtlinie darf nicht als Begründung für eine Verschlechterung der bestehenden Situation in jedem einzelnen Mitgliedstaat herangezogen werden.
- (7) Ein System zum Schutz vor der Gefährdung durch optische Strahlung sollte darauf beschränkt sein, die zu erreichenden Ziele, die einzuhaltenden Grundsätze und die zu verwendenden grundlegenden Werte ohne übermäßige Einzelheiten festzulegen, damit die Mitgliedstaaten in die Lage versetzt werden, die Mindestvorschriften in gleichwertiger Weise anzuwenden.
- (8) Eine Verringerung der Exposition gegenüber optischer Strahlung lässt sich wirksamer erreichen, wenn bereits bei der Planung der Arbeitsplätze Präventivmaßnahmen ergriffen werden und die Arbeitsmittel sowie die Arbeitsverfahren und -methoden so gewählt werden, dass die Gefahren vorrangig bereits am Entstehungsort verringert werden. Bestimmungen über Arbeitsmittel und Arbeitsmethoden tragen somit zum Schutz der betroffenen Arbeitnehmer bei. Im Einklang mit den allgemeinen Grundsätzen der Gefahrenverhütung gemäß Artikel 6 Absatz 2 der Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit⁽¹⁾ hat der kollektive Gefahrenschutz Vorrang vor dem individuellen Gefahrenschutz.
- (9) Die Arbeitgeber sollten Anpassungen an den technischen Fortschritt und den wissenschaftlichen Kenntnisstand auf dem Gebiet der durch die Exposition gegenüber optischer Strahlung entstehenden Gefahren vornehmen, um den Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer zu verbessern.
- (10) Da es sich bei der vorliegenden Richtlinie um eine Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG handelt, finden unbeschadet strengerer und/oder spezifischerer Vorschriften der vorliegenden Richtlinie die Bestimmungen der genannten Richtlinie auf die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber optischer Strahlung Anwendung.
- (11) Die vorliegende Richtlinie leistet einen konkreten Beitrag zur Verwirklichung der sozialen Dimension des Binnenmarktes.
- (12) Ergänzende Bemühungen sowohl hinsichtlich der Förderung des Grundsatzes einer besseren Rechtsetzung als auch zur Sicherstellung eines hohen Schutzniveaus lassen sich in den Fällen verwirklichen, in denen die Produkte der Hersteller von Quellen optischer Strahlung und entsprechender Arbeitsmittel den harmonisierten Normen entsprechen, die zum Schutz der Gesundheit und der Sicherheit der Nutzer vor den von solchen Produkten ausgehenden Gefahren aufgestellt worden sind. Es ist daher nicht erforderlich, dass die Arbeitgeber die Messungen oder Berechnungen wiederholen, die bereits vom Hersteller durchgeführt wurden, um die Einhaltung der in geltenden Gemeinschaftsrichtlinien aufgeführten grundlegenden Sicherheitsanforderungen an diese Arbeitsmittel zu überprüfen, sofern diese Arbeitsmittel in angemessener Weise und regelmäßig gewartet wurden.
- (13) Die zur Durchführung dieser Richtlinie erforderlichen Maßnahmen sollten gemäß dem Beschluss 1999/468/EG des Rates vom 28. Juni 1999 zur Festlegung der Modalitäten für die Ausübung der der Kommission übertragenen Durchführungsbefugnisse⁽²⁾ erlassen werden.
- (14) Die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte sollte ein hohes Schutzniveau in Bezug auf die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der Exposition gegenüber optischer Strahlung gewährleisten.
- (15) Die Kommission sollte einen praktischen Leitfaden erstellen, um Arbeitgebern, insbesondere den Geschäftsführern von KMU zu helfen, die technischen Vorschriften dieser Richtlinie besser zu verstehen. Die Kommission sollte sich bemühen diesen Leitfaden so rasch wie möglich zu erstellen, um den Mitgliedstaaten den Erlass der zur Durchführung dieser Richtlinie erforderlichen Maßnahmen zu erleichtern.
- (16) Entsprechend Nummer 34 der Interinstitutionellen Vereinbarung über bessere Rechtsetzung⁽³⁾ wird den Mitgliedstaaten empfohlen, für ihre eigenen Zwecke und im Interesse der Gemeinschaft eigene Tabellen aufzustellen, denen im Rahmen des Möglichen die Entsprechungen zwischen dieser Richtlinie und den Umsetzungsmaßnahmen zu entnehmen sind, und diese zu veröffentlichen —

HABEN FOLGENDE RICHTLINIE ERLASSEN:

ABSCHNITT I

ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

Artikel 1

Ziel und Geltungsbereich

1. Mit dieser Richtlinie, der 19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG, werden Mindestanforderungen für den Schutz der Arbeitnehmer gegen tatsächliche oder mögliche Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch die Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung während ihrer Arbeit festgelegt.
2. Diese Richtlinie betrifft die Gefährdung der Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern durch die Schädigung von Augen und Haut aufgrund der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung.

⁽¹⁾ ABl. L 183 vom 29.6.1989, S. 1. Richtlinie geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 284 vom 31.10.2003, S. 1).

⁽²⁾ ABl. L 184 vom 17.7.1999, S. 23.

⁽³⁾ ABl. C 321 vom 31.12.2003, S. 1.

3. Die Richtlinie 89/391/EWG gilt unbeschadet strengerer und/oder spezifischerer Bestimmungen der vorliegenden Richtlinie in vollem Umfang für den gesamten in Absatz 1 genannten Bereich.

Artikel 2

Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck

- a) optische Strahlung: jede elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 1 mm. Das Spektrum der optischen Strahlung wird unterteilt in ultraviolette Strahlung, sichtbare Strahlung und Infrarotstrahlung:
 - i) ultraviolette Strahlung: optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm. Der Bereich der ultravioletten Strahlung wird unterteilt in UV-A-Strahlung (315 — 400 nm), UV-B-Strahlung (280 — 315 nm) und UV-C-Strahlung (100 — 280 nm);
 - ii) sichtbare Strahlung: optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm;
 - iii) Infrarotstrahlung: optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 1 mm. Der Bereich der Infrarotstrahlung wird unterteilt in IR-A-Strahlung (780 — 1 400 nm), IR-B-Strahlung (1 400 — 3 000 nm) und IR-C-Strahlung (3 000 nm — 1 mm);
- b) Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation — Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung): jede Einrichtung, die dazu verwendet werden kann, elektromagnetische Strahlung im Bereich der Wellenlänge optischer Strahlung in erster Linie durch einen Prozess kontrollierter stimulierter Emission zu erzeugen oder zu verstärken;
- c) Laserstrahlung: aus einem Laser resultierende optische Strahlung;
- d) inkohärente Strahlung: jede optische Strahlung außer Laserstrahlung;
- e) Expositionsgrenzwerte: Grenzwerte für die Exposition gegenüber optischer Strahlung, die unmittelbar auf nachgewiesenen gesundheitlichen Auswirkungen und biologischen Erwägungen beruhen. Durch die Einhaltung dieser Grenzwerte wird sichergestellt, dass Arbeitnehmer, die künstlichen Quellen optischer Strahlung ausgesetzt sind, vor allen bekannten gesundheitsschädlichen Auswirkungen geschützt sind;
- f) Bestrahlungsstärke (E) oder Leistungsdichte: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter ($W m^{-2}$);

- g) Bestrahlung (H): das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter ($J m^{-2}$);
- h) Strahldichte (L): der Strahlungsfluss oder die Strahlungsleistung je Einheitsraumwinkel je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian ($W m^{-2} sr^{-1}$);
- i) Ausmaß: die kombinierte Wirkung von Bestrahlungsstärke, Bestrahlung und Strahldichte, der ein Arbeitnehmer ausgesetzt ist.

Artikel 3

Expositionsgrenzwerte

- (1) Die Expositionsgrenzwerte für inkohärente Strahlung, die nicht aus natürlichen Quellen optischer Strahlung stammt, entsprechen den in Anhang I festgelegten Werten.
- (2) Die Expositionsgrenzwerte für Laserstrahlung entsprechen den in Anhang II festgelegten Werten.

ABSCHNITT II

PFLICHTEN DER ARBEITGEBER

Artikel 4

Ermittlung der Exposition und Bewertung der Risiken

- (1) Im Rahmen seiner Pflichten gemäß Artikel 6 Absatz 3 und Artikel 9 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG nimmt der Arbeitgeber im Falle der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber künstlichen Quellen optischer Strahlung eine Bewertung und erforderlichenfalls eine Messung und/oder Berechnung des Ausmaßes der optischen Strahlung vor, der die Arbeitnehmer voraussichtlich ausgesetzt sind, so dass die erforderlichen Maßnahmen zur Beschränkung der Exposition auf die geltenden Grenzwerte ermittelt und angewendet werden können. Die Bewertungs-, Mess- und/oder Berechnungsmethodik entspricht hinsichtlich Laserstrahlung den Normen des internationalen Normierungsgremiums für Elektrotechnik/Elektronik (International Electrotechnical Commission — IEC) und hinsichtlich inkohärenter Strahlung den Empfehlungen der internationalen Beleuchtungskommission (International Commission Illumination — CIE) und des Europäischen Komitees für Normung (European Committee for Standardisation — CEN). In Expositionssituationen, die von diesen Normen und Empfehlungen nicht abgedeckt sind, werden für die Bewertung, Messung und/oder Berechnung bis zur Verfügbarkeit geeigneter EU-Normen oder -Empfehlungen vorhandene nationale oder internationale wissenschaftlich untermauerte Leitlinien verwendet. In beiden Expositionssituationen können bei der Bewertung Angaben der Hersteller der Arbeitsmittel berücksichtigt werden, wenn die Arbeitsmittel in den Geltungsbereich der einschlägigen Gemeinschaftsrichtlinien fallen.

(2) Die Bewertung, Messung und/oder Berechnung nach Absatz 1 müssen in angemessenen Zeitabständen von hierzu befähigten Diensten oder Personen geplant und durchgeführt werden, wobei hinsichtlich der erforderlichen befähigten Dienste oder Personen und der Anhörung und Beteiligung der Arbeitnehmer insbesondere Artikel 7 und Artikel 11 der Richtlinie 89/391/EWG zu berücksichtigen sind. Die aus der Bewertung resultierenden Daten, einschließlich der Daten aus der Messung und/oder der Berechnung der Exposition nach Absatz 1, werden in einer geeigneten Form gespeichert, die eine spätere Einsichtnahme ermöglicht.

(3) Nach Artikel 6 Absatz 3 der Richtlinie 89/391/EWG berücksichtigt der Arbeitgeber bei der Risikobewertung insbesondere Folgendes:

- a) Ausmaß, Wellenlängenbereich und Dauer der Exposition gegenüber künstlichen Quellen optischer Strahlung;
- b) die in Artikel 3 der vorliegenden Richtlinie genannten Expositionsgrenzwerte;
- c) alle Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern, die besonders gefährdeten Risikogruppen angehören;
- d) alle möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer, die sich aus dem Zusammenwirken zwischen optischer Strahlung und fotosensibilisierenden chemischen Stoffen am Arbeitsplatz ergeben können;
- e) alle indirekten Auswirkungen wie vorübergehende Blendung, Explosion oder Feuer;
- f) die Verfügbarkeit von Ersatzausrüstungen, die so ausgelegt sind, dass das Ausmaß der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung verringert wird;
- g) einschlägige Informationen auf der Grundlage der Gesundheitsüberwachung einschließlich, im Rahmen des Möglichen, veröffentlichter Informationen;
- h) die Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung aus mehreren Quellen;
- i) eine Klassifizierung für den Einsatz von Lasern gemäß der einschlägigen IEC-Norm und für alle künstlichen Strahlungsquellen, die ähnliche Schädigungen hervorrufen können wie ein Laser der Klassen 3B oder 4, jede entsprechende Klassifizierung;
- j) die Informationen der Hersteller von Quellen optischer Strahlung und entsprechender Arbeitsmittel gemäß den Bestimmungen der einschlägigen Gemeinschaftsrichtlinien.

4. Der Arbeitgeber muss im Besitz einer Risikobewertung gemäß Artikel 9 Absatz 1 Buchstabe a der Richtlinie 89/391/EWG sein und ermitteln, welche Maßnahmen gemäß den Artikeln 5 und 6 der vorliegenden Richtlinie zu treffen sind. Die Risikobewertung ist gemäß nationalem Recht und Übung auf einem geeigneten Datenträger zu dokumentieren; sie kann eine Begründung des Arbeitgebers einschließen, wonach eine detailliertere Risikobewertung aufgrund der Art und des Umfangs der Risiken im Zusammenhang mit optischer Strahlung nicht erforderlich ist. Die Risikobewertung ist regelmäßig zu aktualisieren, insbesondere wenn bedeutsame Veränderungen eingetreten sind, so dass sie veraltet sein könnte, oder wenn sich eine Aktualisierung aufgrund der Ergebnisse der Gesundheitsüberwachung als erforderlich erweist.

Artikel 5

Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Risiken

(1) Unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts und der Verfügbarkeit von Mitteln zur Begrenzung der Gefährdung am Entstehungsort muss die Gefährdung aufgrund der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung ausgeschlossen oder auf ein Mindestmaß reduziert werden.

Die Verringerung der Gefährdung aufgrund der Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung stützt sich auf die in der Richtlinie 89/391/EWG festgelegten allgemeinen Grundsätze der Gefahrenverhütung.

(2) Sofern bei der gemäß Artikel 4 Absatz 1 durchgeführten Risikobewertung für die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber künstlichen Quellen optischer Strahlung festgestellt wird, dass die Expositionsgrenzwerte möglicherweise überschritten werden, muss der Arbeitgeber ein Aktionsprogramm mit technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen zur Vermeidung einer über die Grenzwert hinausgehenden Exposition ausarbeiten und durchführen und dabei insbesondere Folgendes berücksichtigen:

- a) alternative Arbeitsverfahren, durch die die Gefährdung durch optische Strahlung verringert wird;
- b) gegebenenfalls die Auswahl von Arbeitsmitteln, die in geringerem Maße optische Strahlung emittieren, unter Berücksichtigung der auszuführenden Arbeit;
- c) technische Maßnahmen zur Verringerung der Einwirkung optischer Strahlung, erforderlichenfalls auch unter Einsatz von Verriegelungseinrichtungen, Abschirmungen oder vergleichbaren Gesundheitsschutzvorrichtungen;
- d) angemessene Wartungsprogramme für Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Arbeitsplatzsysteme;
- e) die Gestaltung und Auslegung der Arbeitsstätten und Arbeitsplätze;
- f) die Begrenzung der Dauer und des Ausmaßes der Exposition;
- g) die Verfügbarkeit geeigneter persönlicher Schutzausrüstung;
- h) die Anweisungen des Herstellers der Arbeitsmittel, wenn diese unter einschlägige Richtlinien der Gemeinschaft fallen.

(3) Auf der Grundlage der gemäß Artikel 4 durchgeführten Risikobewertung werden Arbeitsplätze, an denen Arbeitnehmer optischer Strahlung aus künstlichen Quellen von einem Ausmaß ausgesetzt sein könnten, das die Expositionsgrenzwerte überschreitet, mit einer geeigneten Kennzeichnung gemäß der Richtlinie 92/58/EWG des Rates vom 24. Juni 1992 über Mindestvorschriften für die Sicherheits- und/oder Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (9. Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) ⁽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.

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.

⁽¹⁾ ABl. L 245 vom 26.8.1992, S. 23.

(4) Auf jeden Fall wird dem/den Arbeitnehmer(n) nach nationalem Recht und Übung eine ärztliche Untersuchung angeboten, wenn eine Exposition oberhalb der Expositionsgrenzwerte festgestellt wird. Diese ärztliche Untersuchung erfolgt auch, wenn die Gesundheitsüberwachung ergibt, dass ein Arbeitnehmer an einer bestimmaren 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 gesundheits-schädliche Auswirkungen (einschließlich Krankheiten) festgestellt werden:

- a) Der Arbeitnehmer wird von dem Arzt oder einer anderen entsprechend qualifizierten Person über die ihn persönlich betreffenden Ergebnisse unterrichtet. Er erhält insbesondere Informationen und Beratung über Gesundheitsüberwachungsmaßnahmen, denen er sich nach Abschluss der Exposition unterziehen sollte.
- b) Der Arbeitgeber wird über alle wichtigen Erkenntnisse der Gesundheitsüberwachung unterrichtet; dabei werden die möglichen Grade der ärztlichen Vertraulichkeit berücksichtigt.
- c) Der Arbeitgeber
 - überprüft die gemäß Artikel 4 vorgenommene Risikobewertung;
 - überprüft die Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Gefährdung gemäß Artikel 5;
 - berücksichtigt den Rat des Arbeitsmediziners oder einer anderen entsprechend qualifizierten Person oder der zuständigen Behörde und führt alle für erforderlich gehaltenen Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Gefährdung gemäß Artikel 5 durch und
 - trifft Vorkehrungen für eine kontinuierliche Gesundheitsüberwachung und sorgt für eine Überprüfung des Gesundheitszustands aller anderen Arbeitnehmer, die in ähnlicher Weise exponiert waren. In diesen Fällen kann der zuständige Arzt oder Arbeitsmediziner oder die zuständige Behörde vorschlagen, dass exponierte Personen einer ärztlichen Untersuchung unterzogen werden.

Artikel 9

Sanktionen

Die Mitgliedstaaten sehen angemessene Sanktionen vor, die bei einem Verstoß gegen die aufgrund dieser Richtlinie erlassenen nationalen Rechtsvorschriften zu verhängen sind. Die Sanktionen müssen wirksam, verhältnismäßig und abschreckend sein.

Artikel 10

Technische Änderungen

- (1) Alle Änderungen der in den Anhängen aufgeführten Expositionsgrenzwerte werden vom Europäischen Parlament und vom Rat nach dem in Artikel 137 Absatz 2 des Vertrags genannten Verfahren erlassen.
- (2) Rein technische Änderungen der Anhänge werden nach dem in Artikel 11 Absatz 2 genannten Verfahren vorgenommen, und zwar nach Maßgabe
 - a) der zur technischen Harmonisierung und Normung im Bereich von Auslegung, Bau, Herstellung oder Konstruktion von Arbeitsmitteln und/oder Arbeitsstätten erlassenen Richtlinien;
 - b) des technischen Fortschritts, der Entwicklung der geeignetsten harmonisierten europäischen Normen oder internationalen Spezifikationen und neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse auf dem Gebiet der Exposition gegenüber optischer Strahlung am Arbeitsplatz.

Artikel 11

Ausschuss

- (1) Die Kommission wird von dem in Artikel 17 der Richtlinie 89/391/EWG genannten Ausschuss unterstützt.
- (2) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gelten die Artikel 5 und 7 des Beschlusses 1999/468/EG unter Beachtung von dessen Artikel 8.

Der Zeitraum nach Artikel 5 Absatz 6 des Beschlusses 1999/468/EG wird auf drei Monate festgesetzt.
- (3) Der Ausschuss gibt sich eine Geschäftsordnung.

ABSCHNITT IV

SCHLUSSBESTIMMUNGEN

Artikel 12

Berichte

Die Mitgliedstaaten erstatten der Kommission alle fünf Jahre Bericht über die praktische Durchführung dieser Richtlinie und geben dabei die Standpunkte der Sozialpartner an.

Die Kommission unterrichtet das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Beratenden Ausschuss für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz alle fünf Jahre über den Inhalt dieser Berichte, über ihre Beurteilung dieser Berichte, über Entwicklungen in dem betreffenden Bereich und über jede Maßnahme, die in Anbetracht neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse gerechtfertigt sein könnte.

*Artikel 13***Praktischer Leitfaden**

Zur Erleichterung der Durchführung dieser Richtlinie erstellt die Kommission einen praktischen Leitfaden für die Bestimmungen der Artikel 4 und 5 und der Anhänge I und II.

*Artikel 14***Umsetzung**

(1) Die Mitgliedstaaten setzen die Rechts- und Verwaltungsvorschriften in Kraft, die erforderlich sind, um dieser Richtlinie bis spätestens ab dem 27. April 2010 nachzukommen. Sie setzen die Kommission unverzüglich davon in Kenntnis.

Wenn die Mitgliedstaaten diese Vorschriften erlassen, nehmen sie in den Vorschriften selbst oder durch einen Hinweis bei der amtlichen Veröffentlichung auf diese Richtlinie Bezug. Die Mitgliedstaaten regeln die Einzelheiten der Bezugnahme.

(2) Die Mitgliedstaaten teilen der Kommission den Wortlaut der innerstaatlichen Rechtsvorschriften mit, die sie auf dem

unter diese Richtlinie fallenden Gebiet erlassen oder bereits erlassen haben.

*Artikel 15***Inkrafttreten**

Diese Richtlinie tritt am Tag ihrer Veröffentlichung im *Amtsblatt der Europäischen Union* in Kraft.

*Artikel 16***Adressaten**

Diese Richtlinie ist an die Mitgliedstaaten gerichtet.

Geschehen zu Straßburg am 5. April 2006.

*Im Namen des Europäischen
Parlaments*

Der Präsident

J. BORRELL FONTELLES

*Im Namen
des Rates*

Der Präsident

H. WINKLER

ANHANG I

Inkohärente optische Strahlung

Die biophysikalisch relevanten Expositionswerte für optische Strahlung lassen sich anhand der nachstehenden Formeln bestimmen. Welche Formel zu verwenden ist, hängt von dem Bereich der von der Quelle ausgehenden Strahlung ab; die Ergebnisse sind mit den entsprechenden Emissionsgrenzwerten der Tabelle 1.1 zu vergleichen. Für die jeweilige Strahlenquelle können mehrere Expositionswerte und entsprechende Expositionsgrenzwerte relevant sein.

Die Buchstaben a bis o beziehen sich auf die entsprechenden Zeilen in Tabelle 1.1.

a)
$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{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)
$$E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

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

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.

Tabelle 1.1
Emissionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlung

| Kennbuchstabe | Wellenlänge (nm) | Expositionsgrenzwert | Einheit | Anmerkung | Körperteil | Gefährdung |
|---------------|--|--|--|---|---|---|
| a. | 180 — 400 (UV-A, UV-B und UV-C) | $H_{\text{eff}} = 30$ Tageswert 8 Stunden | [J m ⁻²] | | Auge Hornhaut Bindehaut Linse Haut | Photokeratitis Konjunktivitis Kataraktogenese Erythem Elastose Hautkrebs |
| b. | 315 — 400 (UV-A) | $H_{\text{UVA}} = 10^4$ Tageswert 8 Stunden | [J m ⁻²] | | Auge Linse | Kataraktogenese |
| c. | 300 — 700 (Blaulich) siehe Anmerkung 1 | $L_B = \frac{10^6}{t}$ bei $t \leq 10\,000$ s | L_B : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [Sekunden] | bei $\alpha \geq 11$ mrad | | |
| d. | 300 — 700 (Blaulich) siehe Anmerkung 1 | $L_B = 100$ bei $t > 10\,000$ s | [W m ⁻² sr ⁻¹] | | Auge Netzhaut | Photoretinitis |
| e. | 300 — 700 (Blaulich) siehe Anmerkung 1 | $E_B = \frac{100}{t}$ bei $t \leq 10\,000$ s | E_B : [W m ⁻²] t: [Sekunden] | bei $\alpha < 11$ mrad siehe Anmerkung 2 | | |
| f. | 300 — 700 (Blaulich) siehe Anmerkung 1 | $E_B = 0,01$ t > 10 000 s | [W m ⁻²] | | | |

| Kennbuchstabe | Wellenlänge (nm) | Expositionsgrenzwert | Einheit | Anmerkung | Körperteil | Gefährdung |
|---------------|------------------------------------|--|--|--|------------------------|--|
| g. | 380 — 1 400 (Sichtbar und IR-A) | $L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a}$ bei $t > 10$ s | [W m ⁻² sr ⁻¹] | C _a = 1,7 bei α ≤ 1,7 mrad C _a = α bei 1,7 ≤ α ≤ 100 mrad C _a = 100 bei α > 100 mrad λ ₁ = 380; λ ₂ = 1 400 | Auge Netzhaut | Netzhautverbrennung |
| | | | | | | |
| h. | 380 — 1 400 (Sichtbar und IR-A) | $L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ bei 10 μs ≤ t ≤ 10 s | [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [Sekunden] | λ ₁ = 380; λ ₂ = 1 400 | Auge Netzhaut | Netzhautverbrennung |
| | | | | | | |
| i. | 380 — 1 400 (Sichtbar und IR-A) | $L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ bei t < 10 μs | [W m ⁻² sr ⁻¹] | λ ₁ = 380; λ ₂ = 1 400 | Auge Netzhaut | Netzhautverbrennung |
| | | | | | | |
| j. | 780 — 1 400 (IR-A) | $L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_a}$ bei t > 10 s | [W m ⁻² sr ⁻¹] | α ≤ 11 mrad 11 ≤ α ≤ 100 mrad α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ ₁ = 780; λ ₂ = 1 400 | Auge Netzhaut | Netzhautverbrennung |
| | | | | | | |
| k. | 780 — 1 400 (IR-A) | $L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ bei 10 μs ≤ t ≤ 10 s | [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [Sekunden] | α ≤ 11 mrad 11 ≤ α ≤ 100 mrad α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ ₁ = 780; λ ₂ = 1 400 | Auge Netzhaut | Netzhautverbrennung |
| | | | | | | |
| l. | 780 — 1 400 (IR-A) | $L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ bei t < 10 μs | [W m ⁻² sr ⁻¹] | α ≤ 11 mrad 11 ≤ α ≤ 100 mrad α > 100 mrad (Messgesichtsfeld: 11 mrad) λ ₁ = 780; λ ₂ = 1 400 | Auge Netzhaut | Netzhautverbrennung |
| | | | | | | |
| m. | 780 — 3 000 (IR-A und IR-B) | E _{IR} = 18 000 t ^{-0,75} bei t ≤ 1 000 s | E: [Wm ⁻²] t: [Sekunden] | | Auge Hornhaut Linse | Hornhautverbrennung Kataraktogenese |
| | | | | | | |
| n. | 780 — 3 000 (IR-A und IR-B) | E _{IR} = 100 bei t > 1 000 s | [W m ⁻²] | | Auge Hornhaut Linse | Hornhautverbrennung Kataraktogenese |
| | | | | | | |

| Kennbuchstabe | Wellenlänge (nm) | Expositionsgrenzwert | Einheit | Anmerkung | Körperteil | Gefährdung |
|---------------|---|--|---------------------------------------|-----------|------------|-------------|
| o. | 380 — 3 000 (Sichtbar, IR-A und IR-B) | $H_{\text{skin}} = 20\,000\ t^{0,25}$ bei $t < 10\text{ s}$ | H: J m^{-2} t: [Sekunden] | | Haut | Verbrennung |

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

Anmerkung 2: Bei stetiger Fixierung von sehr kleinen Quellen mit einer Winkelausdehnung von weniger als 11 mrad kann L_{β} in E_{β} umgewandelt werden. Dies ist normalerweise nur bei ophthalmischen Instrumenten oder einer Augenstabilisierung während einer Betätigung der Fall. Die maximale „Starrzeit“ errechnet sich anhand der Formel $t_{\text{max}} = 100/E_{\beta}$, wobei E_{β} 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 1 400 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 |
| $500 < \lambda \leq 600$ | $10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$ | 1 |
| $600 < \lambda \leq 700$ | 0,001 | 1 |
| $700 < \lambda \leq 1\ 050$ | — | $10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$ |
| $1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$ | — | 0,2 |
| $1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$ | — | $0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1\ 150 - \lambda)}$ |
| $1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$ | — | 0,02 |

ANHANG II

Laserstrahlung

Die biophysikalisch relevanten Expositionswerte für optische Strahlung lassen sich anhand der nachstehenden Formeln bestimmen. Welche Formel zu verwenden ist, hängt von der Wellenlänge und der Dauer der von der Quelle ausgehenden Strahlung ab; die Ergebnisse sind mit den entsprechenden Emissionsgrenzwerten (EGW) der Tabellen 2.2 bis 2.4 zu vergleichen. Für die jeweilige Laserstrahlenquelle können mehrere Expositionswerte und entsprechende Expositionsgrenzwerte relevant sein.

Die in den Tabellen 2.2 bis 2.4 als Berechnungsfaktoren verwendeten Koeffizienten sind in Tabelle 2.5, die Korrekturfaktoren für wiederholte Exposition sind in Tabelle 2.6 aufgeführt.

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

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

Anmerkungen:

dP *Leistung*, ausgedrückt in Watt [W];

dA *Fläche*, ausgedrückt in Quadratmetern [m²];

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];

γ *Grenzempfangswinkel*, ausgedrückt in Milliradian [mrad];

γ_m *Messempfangswinkel*, ausgedrückt in Milliradian [mrad];

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

Grenzblende: die kreisförmige Fläche, über die Bestrahlungsstärke und Bestrahlung gemittelt werden;

G *integrierte Strahldichte*: das Integral der Strahldichte über eine bestimmte Expositionsdauer, ausgedrückt als Strahlungsenergie je Flächeneinheit einer Abstrahlfläche je Einheitsraumwinkel der Emission, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter pro Steradian [J m⁻² sr⁻¹].

Tabelle 2.1

Strahlungsgefährdung

| Wellenlänge [nm] λ | Strahlungsbe- reich | Betroffenes Organ | Gefährdung | Tabelle für den Exposi- tionsgrenzwert |
|-------------------------------|------------------------|----------------------|--|---|
| 180 bis 400 | UV | Auge | Photochemische Schädigung und thermische Schädigung | 2.2, 2.3 |
| 180 bis 400 | UV | Haut | Erythem | 2.4 |
| 400 bis 700 | sichtbar | Auge | Netzhautschädigung | 2.2 |
| 400 bis 600 | sichtbar | Auge | Photochemische Schädigung | 2.3 |
| 400 bis 700 | sichtbar | Haut | Thermische Schädigung | 2.4 |
| 700 bis 1 400 | IR-A | Auge | Thermische Schädigung | 2.2, 2.3 |
| 700 bis 1 400 | IR-A | Haut | Thermische Schädigung | 2.4 |
| 1 400 bis 2 600 | IR-B | Auge | Thermische Schädigung | 2.2 |
| 2 600 bis 10^6 | IR-C | Auge | Thermische Schädigung | 2.2 |
| 1 400 bis 10^6 | IR-B, IR-C | Auge | Thermische Schädigung | 2.3 |
| 1 400 bis 10^6 | IR-B, IR-C | Haut | Thermische Schädigung | 2.4 |

Tabelle 2.2

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

| Wellenlänge ^a [nm] | Dauer [s] | | | | | |
|-------------------------------|---|--|---|--|---|---|
| | $10^{-13} - 10^{-11}$ | $10^{-11} - 10^{-9}$ | $10^{-9} - 10^{-7}$ | $10^{-7} - 1,8 \cdot 10^{-5}$ | $1,8 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$ | $5 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$ |
| UV-C | | | $H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | | $10^{-3} - 10^1$ |
| UV-B | 180 - 280 | $E = 3 \cdot 10^{10} \cdot [\text{W m}^{-2}]^c$ | $H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 280 - 302 | | $H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 303 | | $H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 304 | | $H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 305 | | $H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 306 | | $H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 307 | | $H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 308 | | $H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 309 | | $H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| | 310 | | $H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| 311 | $H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | | | |
| 312 | $H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$; wenn $t < 1,6 \cdot 10^0$ dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | | | |
| 313 | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | | | |
| 314 | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | | | |
| UV-A | | | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | | | |
| Sichtbar und IR-A | 315 - 400 | | $H = 5 \cdot 10^3 \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | | |
| | 400 - 700 | $H = 1,5 \cdot 10^4 \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 5 \cdot 10^3 \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | |
| | 700 - 1 050 | $H = 1,5 \cdot 10^4 \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 5 \cdot 10^3 \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | |
| IR-B und IR-C | 1 050 - 1 400 | $H = 1,5 \cdot 10^3 \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 2,7 \cdot 10^5 \cdot t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{}]$ | $H = 90 \cdot t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ |
| | 1 400 - 1 500 | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{}]^c$ | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{}]^c$ | | | |
| | 1 500 - 1 800 | $E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{}]^c$ | $E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{}]^c$ | | $H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{}]$ | |
| | 1 800 - 2 600 | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{}]^c$ | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{}]^c$ | | $H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{}]$ | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ |
| | 2 600 - 10 ⁶ | $E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{}]^c$ | $E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{}]^c$ | $H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{}]$ | $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{}]^d$ | |

a Wird die Wellenlänge des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.
 b Wenn $1\ 400 \leq \lambda < 10^5$ nm: Öffnungsdurchmesser = 1 mm bei $t \leq 0,3$ s und $1,5 \cdot t^{0,375}$ mm bei $0,3 < t < 10$ s; wenn $10^5 \leq \lambda < 10^6$ nm: Öffnungsdurchmesser = 11 mm.
 c Mangels Daten für diese Impulsfolgen empfiehlt die ICNIRP, als Grenzwert für die Bestrahlungsstärke 1 ns zu verwenden.
 d Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für einzelne Laserimpulse. Bei mehrfachen Laserimpulsen müssen die Laserimpulsdauern von Impulsen, die innerhalb eines Intervalls T_{min} (siehe Tabelle 2.6) liegen, aufaddiert werden, und der daraus resultierende Zeitwert muss in der Formel $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ für t eingesetzt werden.

Tabella 2.3

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

| Wellenlänge ^a [nm] | Öffnung | Dauer [s] | |
|-------------------------------|--------------------|--|--|
| UV-C | | $10^1 - 10^2$ | $10^4 - 3 \cdot 10^4$ |
| 180 - 280 | | | H = 30 [J m ⁻²] |
| 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] |
| UV-B | 3,5 mm | | H = 630 [J m ⁻²] |
| 308 | | | H = 1,0 · 10 ³ [J m ⁻²] |
| 309 | | | H = 1,6 · 10 ³ [J m ⁻²] |
| 310 | | | H = 2,5 · 10 ³ [J m ⁻²] |
| 311 | | | H = 4,0 · 10 ³ [J m ⁻²] |
| 312 | | | H = 6,3 · 10 ³ [J m ⁻²] |
| 313 | | | H = 10 ⁴ [J m ⁻²] |
| 314 | | | |
| UV-A | | | |
| 315 - 400 | | | |
| 400 - 600 | | | |
| Photochemisch ^b | 7 mm | $E = 1 C_B [W m^{-2}]; (\gamma = 1,1 t^{0,5} mrad)^d$ | $E = 1 C_B [W m^{-2}]$ ($\gamma = 110 mrad$) ^d |
| Netzhautschädigung | | wenn $\alpha < 1,5 mrad$ dann $E = 10 [W m^{-2}]$ wenn $\alpha > 1,5 mrad$ und $t \leq T_2$ dann $H = 18 C_B t^{0,75} [J m^{-2}]$ wenn $\alpha > 1,5 mrad$ und $t > T_2$ dann $E = 18 C_B T_2^{-0,25} [W m^{-2}]$ | |
| 400 - 700 | | | |
| Thermisch ^b | | | |
| Netzhautschädigung | | | |
| 700 - 1 400 | 7 mm | | 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-A | | | |
| 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 $t < T_1$ 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 Strahllichte über die Zeit $G = 10^6 C_B [J m^{-2} sr^{-1}]$, wobei Folgendes gilt: $t > 10$ s bis zu $t = 10 000$ s und $L = 100 C_B [W m^{-2} sr^{-1}]$ bei $t > 10 000$ s. Zur Messung von G und L ist γ_{in} als Mittelung des Gesichtsfelds zu verwenden. Die offizielle Grenze zwischen sichtbar und Infrarot ist 780 nm (entsprechend der Definition der CIE). Die Spalte mit den Bezeichnungen für die Wellenlängenbänder dient lediglich der besseren Übersicht. (Die Bezeichnung G wird vom CEN verwendet, die Bezeichnung L_p von der IEC und dem CENELEC.)

^c Für die Wellenlänge 1400 - 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 (Winkelausdehnung einer Quelle) $> \gamma$ (Grenzwinkel in der entsprechenden Spalte angegeben), dann sollte das Messgesichtsfeld γ_m den Wert γ erhalten. (Bei Verwendung eines größeren Messgesichtsfelds würde die Gefährdung zu hoch angesetzt.) Wenn $\alpha < \gamma$, dann muss das Messgesichtsfeld γ_m 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] | | | | | |
|---|---------|--|--|--|--|-----------------------|--|
| | | $< 10^{-9}$ | $10^{-9} - 10^{-7}$ | $10^{-7} - 10^{-5}$ | $10^{-3} - 10^1$ | $10^3 - 3 \cdot 10^4$ | |
| UV (A, B, C) 180-400 | 3,5mm | Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge | | | | | |
| Sichtbar und IR-A 400-700 700-1 400 | 3,5mm | $E = 3 \cdot 10^{10} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | |
| | | $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | |
| IR-B und IR-C 1 400-1 500 1 500-1 800 1 800-2 600 2 600-10 ⁶ | 3,5mm | $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | H=200 C _A | Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge | | | |
| | | $E = 2 \cdot 10^{11} C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | [J m ⁻²] | | | | |
| | | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | $E = 2 \cdot 10^3 C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge | | |
| | | $E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | |
| | | $E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | |
| $E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ | | | | | | | |

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

Tabelle 2.5

Korrekturfaktoren und sonstige Berechnungsparameter

| Parameter nach ICNIRP | Gültiger Spektralbereich (nm) | Wert |
|-----------------------|--------------------------------|---|
| C_A | $\lambda < 700$ | $C_A = 1,0$ |
| | 700 — 1 050 | $C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$ |
| | 1 050 — 1 400 | $C_A = 5,0$ |
| C_B | 400 — 450 | $C_B = 1,0$ |
| | 450 — 700 | $C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$ |
| C_C | 700 — 1 150 | $C_C = 1,0$ |
| | 1 150 — 1 200 | $C_C = 10^{0,018(\lambda - 1 150)}$ |
| | 1 200 — 1 400 | $C_C = 8,0$ |
| T_1 | $\lambda < 450$ | $T_1 = 10 \text{ s}$ |
| | 450 — 500 | $T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$ |
| | $\lambda > 500$ | $T_1 = 100 \text{ s}$ |
| Parameter nach ICNIRP | Biologische Wirkung | Wert |
| α_{\min} | Alle thermischen Wirkungen | $\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$ |
| Parameter nach ICNIRP | Gültiger Winkelbereich (mrad) | Wert |
| C_E | $\alpha < \alpha_{\min}$ | $C_E = 1,0$ |
| | $\alpha_{\min} < \alpha < 100$ | $C_E = \alpha / \alpha_{\min}$ |
| | $\alpha > 100$ | $C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad bei } \alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$ |
| T_2 | $\alpha < 1,5$ | $T_2 = 10 \text{ s}$ |
| | $1,5 < \alpha < 100$ | $T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$ |
| | $\alpha > 100$ | $T_2 = 100 \text{ s}$ |

| Parameter nach ICNIRP | Gültige Expositionsdauer (s) | Wert |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|
| γ | $t \leq 100$ | $\gamma = 11$ [mrad] |
| | $100 < t < 10^4$ | $\gamma = 1,1 t^{0,5}$ [mrad] |
| | $t > 10^4$ | $\gamma = 110$ [mrad] |

Tabelle 2.6

Korrektur bei wiederholter Exposition

Jede der drei folgenden allgemeinen Regeln ist bei allen wiederholten Expositionen anzuwenden, die bei wiederholt gepulster oder modulierter Laserstrahlung auftreten:

1. Die Exposition gegenüber jedem einzelnen Impuls einer Impulsfolge darf den Expositionsgrenzwert für einen Einzelimpuls dieser Impulsdauer nicht überschreiten.
2. Die Exposition gegenüber einer Impulsgruppe (oder einer Untergruppe von Impulsen in einer Impulsfolge) innerhalb des Zeitraums t darf den Expositionsgrenzwert für die Zeit t nicht überschreiten.
3. Die Exposition gegenüber jedem einzelnen Impuls in einer Impulsgruppe darf den Expositionsgrenzwert für den Einzelimpuls, multipliziert mit einem für die kumulierte thermische Wirkung geltenden Korrekturfaktor $C_p = N^{0,25}$ nicht überschreiten (wobei N die Zahl der Impulse ist). Diese Regel gilt nur für Expositionsgrenzwerte zum Schutz gegen thermische Schädigung, wobei alle in weniger als T_{\min} erzeugten Impulse als einzelner Impuls behandelt werden.

| Parameter | Gültiger Spektralbereich (nm) | Wert |
|------------|--------------------------------|--|
| T_{\min} | $315 < \lambda \leq 400$ | $T_{\min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns) |
| | $400 < \lambda \leq 1\ 050$ | $T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 μ s) |
| | $1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$ | $T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 μ s) |
| | $1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$ | $T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms) |
| | $1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$ | $T_{\min} = 10$ s |
| | $1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$ | $T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms) |
| | $2\ 600 < \lambda \leq 10^6$ | $T_{\min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns) |

ERKLÄRUNG DES RATES**Erklärung des Rates zur Verwendung des Wortes „penalties“ in der englischen Fassung von Rechtsakten der Europäischen Gemeinschaft**

Nach Ansicht des Rates wird das Wort „penalties“ in der englischen Fassung von Rechtsinstrumenten der Europäischen Gemeinschaft in einer neutralen Bedeutung verwendet und bezieht sich nicht speziell auf strafrechtliche Sanktionen; es kann auch administrative oder finanzielle Sanktionen sowie andere Arten von Sanktionen umfassen. Werden die Mitgliedstaaten im Rahmen eines Rechtsakts der Gemeinschaft verpflichtet, „penalties“ festzulegen, so ist es ihre Aufgabe, die geeignete Art von Sanktionen im Einklang mit der Rechtsprechung des EuGH zu wählen.

In der Sprachendatenbank der Gemeinschaft wird das Wort „penalties“ in einigen anderen Sprachen wie folgt übersetzt:

Tschechisch: „sankce“, Spanisch: „sanciones“, Dänisch: „sanktioner“, Deutsch: „Sanktionen“, Estnisch: „sanktsioonid“, Französisch: „sanctions“, Griechisch: „κυρώσεις“, Ungarisch: „jogkövetkezmények“, Italienisch: „sanzioni“, Lettisch: „sankcijas“, Litauisch: „sankcijos“, Maltesisch: „penali“, Niederländisch: „sancties“, Polnisch: „sankcje“, Portugiesisch: „sanções“, Slowenisch: „kazni“, Slowakisch: „sankcie“, Finnisch: „seuraamukset“ und Schwedisch: „sanktioner“.

Wenn in der überarbeiteten englischen Fassung eines Rechtsinstruments das ursprünglich verwendete Wort „sanctions“ durch das Wort „penalties“ ersetzt wird, so stellt dies keine wesentliche Änderung dar.
