

Gefährdung der Augen durch optische Strahlung

1 Einleitung

Optische Strahlung kann beim Menschen auf die Augen und auf die Haut einwirken. Welche Wirkung dabei erzeugt wird, hängt u.a. von der Eindringtiefe der Strahlung und damit von ihrer Wellenlänge, von der Strahlungsintensität, von der Einwirkungsdauer und vom zeitlichen Verlauf der Einwirkung ab. Dabei können im Einzelnen sehr komplexe Zusammenhänge vorliegen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die wesentlichen Gefährdungen der Augen durch optische Strahlung.

Unter optischer Strahlung wird derjenige Teil des elektromagnetischen Wellenspektrums verstanden, der ultraviolette (UV-) Strahlung im Wellenlängenbereich von $\lambda = 100\text{-}380\text{ nm}$, sichtbare (VIS-) Strahlung ($\lambda = 380\text{-}780\text{ nm}$) und infrarote (IR-) Strahlung ($\lambda = 780\text{ nm - }1\text{ mm}$) umfasst. UV-Strahlung wird weiterhin in UV-C ($\lambda = 100\text{-}280\text{ nm}$), UV-B ($\lambda = 280\text{-}315\text{ nm}$) und UV-A ($\lambda = 315\text{-}380\text{ nm}$) eingeteilt, während IR-Strahlung auch in IR-A ($\lambda = 780\text{ -}1400\text{ nm}$), IR-B ($\lambda = 1400\text{ - }3000\text{ nm}$) und IR-C ($\lambda = 3000\text{ nm - }1\text{ mm}$) unterteilt wird.

Die wesentlichen Komponenten des Auges sind in Abbildung 1 dargestellt (siehe auch z.B. [1]):

- Hornhaut
- Bindehaut
- vordere Augenkammer
- Iris oder Regenbogenhaut
- Linse
- Glaskörper
- Netzhaut mit der Fovea, dem Ort des schärfsten Sehens
- Aderhaut
- Lederhaut

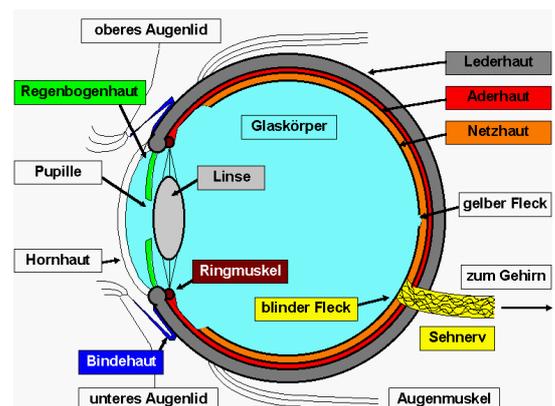


Abbildung 1: Längsschnitt durch das menschliche Auge

2 Eindringtiefe optischer Strahlung ins Auge

Optische Strahlung kann im Auge vor allem dort Wirkungen hervorrufen, wo sie absorbiert wird. Wie weit optische Strahlung in das Auge eindringt, hängt von der Wellenlänge ab. Grob lässt sich die Eindringtiefe in etwa folgendermaßen angeben:



Strahlenart	dringt im Auge ein bis zur
UV-C und UV-B (teilweise)	Hornhaut / Bindehaut
UV-B (teilweise) und UV-A	Augenlinse
sichtbare Strahlung	Netzhaut
IR-A (teilweise)	Netzhaut, Glaskörper
IR-A (teilweise)	Augenlinse
IR-B und IR-C	Hornhaut / Bindehaut

Die Übergänge sind allerdings fließend. Für eine genauere Bestimmung muss der Transmissionsgrad der einzelnen Komponenten des Auges in Abhängigkeit von der Wellenlänge angegeben werden [2]. Die Durchlässigkeit des Auges ist daneben auch vom Alter abhängig. In jungen Jahren ist der vordere Teil des Auges für optische Strahlung durchlässiger als in höherem Alter. In Abbildung 2 ist die Eindringtiefe verschiedener Wellenlängen in das Auge noch einmal grafisch dargestellt.

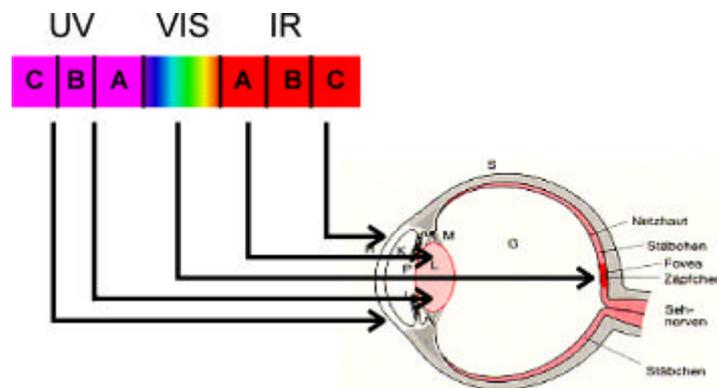


Abbildung 2: Eindringtiefe von optischer Strahlung verschiedener Wellenlänge in das Auge

3 Positive Wirkungen optischer Strahlung auf das Auge

Die wesentliche Funktion des Auges ist das Sehen. Für die meisten Menschen ist das Sehen der wichtigste Sinnesindruck überhaupt. Mit Hilfe des Lichtes, dem sichtbaren Teil des optischen Strahlungsspektrums, kann der Mensch seine Umgebung erkennen, erfassen und sich darin zurecht finden.



Nicht zu unterschätzen ist auch die Bedeutung des Lichtes für das Wohlbefinden des Menschen. Die Einwirkung sichtbarer Strahlung auf Haut und Auge und von infraroter Strahlung auf die Haut hat positive physiologische und psychologische Wirkungen. Der Mensch braucht ein Mindestmaß an Licht. Allerdings treten die positiven Wirkungen nur in einem bestimmten Bereich der Strahlungsintensität auf. Bei zu niedriger oder zu hoher Strahlungsintensität ist entweder mit keiner Wirkung oder mit einer schädlichen Wirkung zu rechnen.

4 Schädigungen des Auges durch optische Strahlung

Wirkt optische Strahlung hoher Intensität auf das Auge ein, dann kann es zu Schädigungen kommen. Wo diese Schädigungen auftreten, hängt von der Eindringtiefe der Strahlung und damit von der Wellenlänge ab. Direkte Schädigungen treten vor allem dort auf, wo die Strahlung absorbiert wird. Daneben können indirekte Schädigungen auch an anderen Stellen auftreten, etwa in der Augenlinse durch Wärmeleitung aus den umgebenden Komponenten. Für die Art und das Ausmaß einer Schädigung spielen neben der Strahlungsintensität auch die Dauer der Einwirkung und der zeitliche Verlauf eine Rolle. Nachfolgend werden die wichtigsten Schädigungen des Auges durch optische Strahlung behandelt.

4.1 Hornhautentzündung und Bindehautentzündung

UV-Strahlung hoher Intensität kann innerhalb von Stunden oder sogar von Minuten die vordersten Partien des Auges schädigen. Es kann zur Entzündung der Hornhaut (Photo-Keratitis) und zur Entzündung der Bindehaut (Photo-Konjunktivitis) kommen. Sie werden durch photochemische Reaktionen in den Epithelzellen verursacht. Dabei werden die äußersten Zellen der Hornhaut und der Bindehaut zerstört. Die Schädigung macht sich sechs bis acht Stunden nach der Exposition durch starke Augenschmerzen bemerkbar. Der Geschädigte hat das Gefühl, als hätte er Sand in den Augen. Da in der Hornhaut und der Bindehaut ständig neue Epithelzellen nachgebildet werden, ist die Schädigung reversibel. Etwa ein bis zwei Tage nach der Erkrankung tritt eine vollständige Heilung ein. Die spektrale Wirkungsfunktion für die Photokonjunktivitis ist in Abbildung 3 dargestellt.

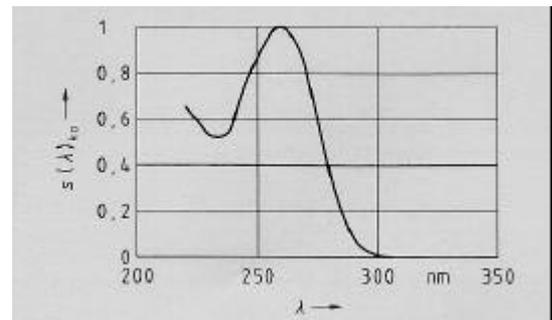


Abbildung 3: Wirkungsspektrum der Photokonjunktivitis nach DIN 5031-10



Eine Schädigung kann vor allem da auftreten, wo die Augen einer hohen UV-Bestrahlungsstärke ausgesetzt sind. Dies kommt z.B. beim Elektroschweißen (Abbildung 4), wenn der Augenschutz nicht getragen wird, vor oder beim Aufenthalt bei klarem Himmel auf Schneeflächen in den Bergen. Die Erkrankung ist bei Schweißern als „Verblitzen“ und bei Bergsteigern als „Schneeblindheit“ bekannt. Sie tritt relativ häufig auf.



Abbildung 4: UV-Exposition beim Schweißen

4.2 Trübung der Augenlinse durch UV-Strahlung

Eine langjährige Einwirkung von UV-Strahlung kann eine Trübung der Augenlinse (Grauer Star, Katarakt) hervorrufen. Durch photochemische Reaktionen werden in den Linsenzellen bestimmte Eiweiße (sog. Cristalline) verändert. Dies kann – auch in Verbindung mit anderen Faktoren, wie z.B. einer Diabetes-Erkrankung – zur einer Pigmentierung der Zellen und zur Trübung der Linse (Abbildung 5) führen. Dieser Prozess schreitet im Laufe der Zeit immer weiter fort, bis schließlich das Sehen stark eingeschränkt ist oder sogar eine vollständige Erblindung eintritt. Da in der Augenlinse – anders als in anderen Geweben des Körpers – keine neuen Zellen nachgebildet werden, ist diese Schädigung irreversibel. Die heutige Operationstechnik lässt allerdings die Ersetzung der getrübten Linse durch eine Kunststofflinse zu. Schädigend können UV-A-Strahlung und UV-B-Strahlung wirken [3]. Ein genaues Wirkungsspektrum für die Trübung der Augenlinse durch Langzeiteinwirkung ist bisher nicht bekannt. Wirkungsspektren wurden bisher im Tierversuch nur für Kurzeiteinwirkungen ermittelt [4].

Die Strahlungsintensität, die eine solche Erkrankung bewirkt, liegt weit unterhalb derjenigen, die zu einer akuten Hornhaut- oder Bindehautentzündung führt. Wesentlich ist die lange Einwirkungsdauer, meist über mehrere Jahrzehnte. Die Erkrankung kann durch künstliche UV-Strahlenquellen hervorgerufen werden. Ein Beispiel ist der Fall einer Arzthelferin, die jahrelang mit ungeschützten Augen Kleinkindern Bestrahlungen mit der Höhensonne verabreichte [5]. Aber auch durch das Sonnenlicht kann ein Grauer Star verursacht werden. Dies betrifft etwa Personen, die sich beruflich häufig im Freien aufhalten, wie z.B. Landwirte oder Seeleute. Darüber hinaus kann diese Erkrankung praktisch jeden treffen. Als sog. „Altersstar“ tritt sie vor allem bei Personen ab etwa Ende des siebten Lebensjahrzehnts auf [1]. Mit zunehmendem Alter nimmt der Anteil der an Grauem Star Erkrankten in der Bevölkerung zu. Insgesamt ist die Linsentrübung eine sehr häufig auftretende Erkrankung.

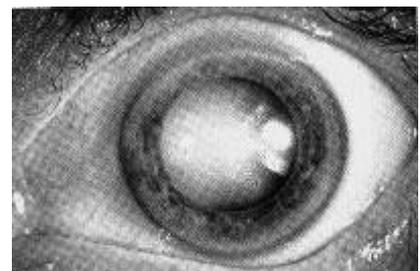


Abb. 5: getrübte Augenlinse



4.3 Verbrennung der Netzhaut

Da sichtbare Strahlung bis zur Netzhaut vordringt und von dieser und dem darunter liegenden Gewebe absorbiert wird, kann sie dort Schäden verursachen. Strahlung hoher Intensität kann kurzzeitig (in s, ms oder μ s) zu einer starken Erwärmung und zu einer Verbrennung der Netzhaut (thermischer Netzhautschaden) führen. Dies kann z.B. durch den ungeschützten Blick in die Sonne hervorgerufen werden, wie es anlässlich der Beobachtungen von Sonnenfinsternissen immer wieder vorkommt. Aber auch die Strahlung künstlicher Strahlenquellen kann zu solchen Schädigungen führen. Dies gilt besonders für Laserstrahlung, die häufig eine sehr hohe Leistungsdichte aufweist. Der Vorgang der Strahlungsabsorption, der Wärmeleitung, der lokalen Netzhaut-Erwärmung und schließlich der Verbrennung ist sehr komplex. Ob eine Verbrennung auftritt, hängt deshalb nicht nur von der Strahlungsintensität und der Einwirkungsdauer, sondern auch von der Größe der auf der Netzhaut bestrahlten Fläche ab. Anstelle der Bestrahlungsstärke ist daher häufig die Strahldichte einer optischen Strahlungsquelle bei der Risikobeurteilung zu berücksichtigen. Das Maximum der Wirkung liegt bei einer Wellenlänge von etwa 435 - 440 nm. Die von der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) veröffentlichte Wirkungsfunktion $R(\lambda)$ enthält neben sichtbaren Anteilen auch solche im IR-Bereich [6].

Netzhautverbrennungen sind irreversibel. Jedoch werden punktuelle Verbrennungen auf der Netzhaut meist gar nicht wahrgenommen, wenn sie nicht gerade im Bereich des schärfsten Sehens (der Fovea) liegen. Größere Verbrennungen oder Verbrennungen der Stelle, an der der Sehnerv in die Netzhaut eintritt (dem „blinden Fleck“) können dagegen zur Erblindung führen. Verbrennungen der Netzhaut treten als einzelne Unfallereignisse immer wieder einmal auf.

4.4 Blaulichtgefährdung (Photoretinitis)

Neben der thermischen Schädigung ist auch eine photochemische Schädigung der Netzhaut, die sog. Blaulichtgefährdung (englisch: blue light hazard) oder auch Photoretinitis, möglich. Diese Schädigung ist häufig von der thermischen Netzhautschädigung überlagert. Die photochemische Veränderung in den Zellen der Netzhaut und des darunter liegenden Gewebes kann bei einer Einwirkung mittlerer bis intensiver sichtbarer Strahlung von mehr als 10 Sekunden (z.T. auch durch chronische Einwirkungen) eintreten [2]. Die Schädigung wird erst mit einer Verzögerung von 4 - 48 Stunden nach der Exposition erkennbar. Da die Schädigung durch photochemische Reaktionen verursacht wird, zeigt sie eine starke Abhängigkeit von der Wellenlänge. Die höchste Schädigungspotenz hat Strahlung mit einer Wellenlänge von 440 nm (siehe Abbildung 6). Die Schädigung ist irreversibel, sie kann bis zur Erblindung führen. Da man in der Literatur wenig über die photochemische Netzhaut-

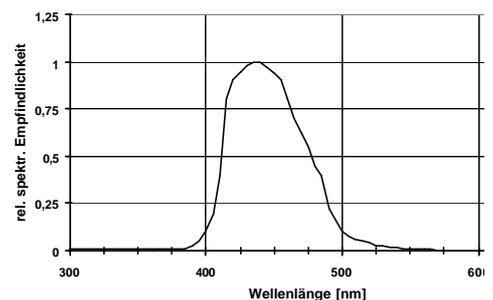


Abbildung 6: ICNIRP Wirkungsfunktion $B(\lambda)$ für Photoretinitis



schädigung findet, ist zu vermuten, dass diese Schädigungsart entweder relativ selten auftritt oder häufig von der thermische Netzhautschädigung nicht unterschieden wird.

4.5 Blendung

Bei der Einwirkung intensiver sichtbarer Strahlung auf das Auge kann es auch zur Blendung kommen. Die Blendung ist zwar nicht mit einer direkten Schädigung des Auges verbunden. Da bei einer Blendung aber das Sehen und das Erkennen von Objekten beeinträchtigt ist, können mittelbare Gefährdungen auftreten, z.B. im Straßenverkehr.

4.6 Trübung der Augenlinse durch IR-Strahlung

Auch eine langjährige Einwirkung von IR-Strahlung kann zu einer Trübung der Augenlinse (Grauer Star, Katarakt) führen. Diese Erkrankung wird manchmal auch als „Glasbläserstar“ oder „Feuerstar“ bezeichnet. Die Dauer der Einwirkung liegt bei 10 - 30 Jahren. Auch diese Schädigung ist irreversibel und kann zur vollständigen Erblindung führen. Wie schon erwähnt, kann eine getrübte Augenlinse heute operativ durch eine künstliche Linse ersetzt werden.

Der schädigende Wellenlängenbereich liegt bei 780 - 1400 nm, in einigen Literaturstellen werden auch 780 - 3000 nm genannt. Der schädigende Mechanismus ist bis heute noch nicht vollständig geklärt. Es wird sowohl eine Trübung durch die direkte Einwirkung der Strahlung auf die Linse als auch durch Absorption der Strahlung in der Linse und in den benachbarten Augenbereichen und eine nachfolgende Wärmeentwicklung diskutiert. Medizinisch zeigt die Trübung der Linse durch IR-Strahlung ein charakteristisches Bild. Die Trübung beginnt am hinteren Pol der Augenlinse. Zum Teil tritt auch eine sog. Feuerlamelle auf. Wegen der charakteristischen Ausbildung ist es in manchen Berufskrankheits-Fällen möglich, die Erkrankung auf die Einwirkung von IR-Strahlung zurückzuführen und andere Ursachen, wie z.B. den Altersstar, auszuschließen.



Abbildung 7: Glasbläser am Schmelzofen

Beispiele für Tätigkeiten, bei denen nach langjähriger Einwirkung ein „Feuerstar“ auftreten kann, sind die Arbeit von Glasbläsern an Glasschmelzöfen (Abbildung 7) und die Arbeit in Metallhütten an flüssigen Metallschmelzen. Meist ist die Intensität der Wärmestrahlung an Metallschmelzen jedoch so hoch, dass es ohne Anwendung von Schutzmaßnahmen zu Schmerzempfindungen und zu Verbrennungen der Haut kommen würde. Die Beschäftigten verwenden deshalb dort häufig Augenschutz und Hautschutz. Die Zahl der Fälle von Linsentrübungen durch IR-Strahlung ist heute insgesamt gering.



5 Expositionsgrenzwerte und Vorschriften

Im Gegensatz zu anderen schädlichen Noxen, wie z.B. der ionisierenden Strahlung, ist die Intensität optischer Strahlung in unserer Umgebung (durch die Sonne) bereits so hoch, dass es leicht zu Schädigungen kommen kann. Bei der Festlegung von Grenzwerten können deshalb nicht – wie sonst üblich – große Sicherheitsfaktoren berücksichtigt werden. Die zurzeit am meisten angewendeten Grenzwerte entstammen Empfehlungen, die von der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) herausgegeben wurden [6, 7, 8, 9, 10, 11]. Die ICNIRP-Empfehlungen enthalten sowohl Grenzwerte für inkohärente optische Strahlung als auch für Laserstrahlung. Sie berücksichtigen die Wellenlänge der Strahlung, die mögliche Art der Schädigung und die Einwirkungsdauer. Physikalische Größen, in denen die Grenzwerte angegeben werden, sind u.a. die Bestrahlungsstärke, die Bestrahlung und die Strahldichte. Zum Teil werden diese Größen auch noch mit einer an die jeweilige Wirkungsfunktion angepassten spektralen Wichtungsfunktion gewichtet.

Für Arbeitsplätze gibt es bisher nur im Gesundheitsdienst [12] rechtsverbindliche Vorschriften, die Grenzwerte für Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung enthalten. Zurzeit wird eine Unfallverhütungsvorschrift BGV B9 „Optische Strahlung“ [13] vorbereitet, die für alle Arbeitsplätze gelten wird, an denen inkohärente optische Strahlung auf Personen einwirken kann. Diese Unfallverhütungsvorschrift verlangt, dass die Exposition gegenüber optischer Strahlung zu ermitteln und zu beurteilen ist. Zur Beurteilung enthält die Vorschrift Expositionsgrenzwerte, die von den ICNIRP-Empfehlungen abgeleitet sind. Zusätzlich wird ein Jahresgrenzwert für UV-Strahlung zum Schutz vor Hautkrebs festgelegt. Werden die Expositionsgrenzwerte an Arbeitsplätzen überschritten, dann sind geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen, um die Exposition auf ein ungefährliches Maß zu senken.

Grenzwerte für die Exposition durch Laserstrahlung werden zum einen in der europäischen Norm DIN EN 60825-1 [14] empfohlen, zum anderen sind sie in der Unfallverhütungsvorschrift BGV B2 [15] rechtsverbindlich festgelegt. Die BGV B2 enthält weitere Festlegungen zur Gefährdungsermittlung und zur Anwendung von Schutzmaßnahmen. Da sich nach der vor kurzem erfolgten Einführung neuer Laserklassen in die Normung jetzt die Festlegungen zur Klassifizierung von Lasereinrichtungen in der DIN EN 60825-1 und in der BGV B2 unterscheiden, wird zurzeit eine berufsgenossenschaftliche Information BGI 832 vorbereitet. Sie soll dem Anwender dabei helfen, die nach der neuen Klassifizierung notwendigen Schutzmaßnahmen mit den rechtsverbindlichen Forderungen der BGV B2 in Einklang zu bringen.



6 Ermittlung der Exposition

Zur Ermittlung der Exposition der Augen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung können die Verfahren angewendet werden, die in den europäischen Normen E DIN EN 14255-1 [16] für UV-Strahlung und prEN 14255-2 [17] für sichtbare und IR-Strahlung beschrieben sind. Dabei ist zunächst zu prüfen, ob durch vorhandene Informationen die Strahlenexposition grob abgeschätzt werden kann. Ist dies nicht möglich, sind Expositionsmessungen durchzuführen. Einzelheiten hierzu werden in den Normen festgelegt.

Details zur Ermittlung der Exposition gegenüber Laserstrahlung sind in der Normenreihe DIN EN 60825 zu finden (Referenzen siehe [18]).

7 Schutzmaßnahmen

Die beste Schutzmaßnahme gegen Schädigungen des Auges durch optische Strahlung hat die Natur in der Evolution selbst geschaffen. Das Auge ist in die Augenhöhle eingebettet und gegenüber der Sonnenstrahlung, die von oben kommt, weitgehend abgeschattet. Der direkte Blick in die Sonne wird aufgrund der starken Blendung fast immer vermieden. Allerdings kann die Streustrahlung vom Himmelshintergrund und von gut reflektierenden Bodenflächen ins Auge gelangen. Bei starker Sonneneinstrahlung sollten deshalb die Augen zusätzlich geschützt werden. Hierzu sind Sonnenbrillen nach DIN EN 1836 [19] geeignet. Die Brillenfassungen sollten so gestaltet sein, dass sie auch vor seitlichem Lichteinfall schützen.

Auf einen ausreichenden Augenschutz ist auch beim Einsatz intensiver künstlicher Strahlenquellen zu achten. Dazu gehören u.a. das Schweißen und der Betrieb von Lasereinrichtungen, aber auch die Anwendung von UV- und IR-Strahlenquellen. Die verwendeten Augenschutzfilter müssen im Hinblick auf die Sehaufgabe, die Strahlungsintensität und die Wellenlänge sorgfältig ausgewählt werden. Hierbei können die Festlegungen in den einschlägigen Normen helfen, die in [18] zusammengestellt sind.

Referenzen

- [1] www.auge-online.de
- [2] Sichtbare und Infrarote Strahlung, Leitfaden des Fachverbandes für Strahlenschutz. In: Handbuch „Nichtionisierende Strahlung“. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Elektrotechnik und Feinmechanik, Köln 1999
- [3] Müller-Breitenkamp, U.; Hockwin, O.; Siekmann, H.; Wegener, A.: UV-induzierte Pathologie des menschlichen Auges. In: Nichtionisierende Strahlung – mit ihr leben in Arbeit und Umwelt. 31. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Köln, 27.09.1999–01.10.1999. Tagungsband, S. 149-156. TÜV-Verlag, Köln 1999



- [4] Health effects from ultraviolet radiation. Report of an advisory group on non-ionising radiation. Documents of the NRPB, Volume 13 No. 1. National Radiological Protection Board, Chilton 2002
- [5] Siekmann, H.; Hockwin, O.; Müller-Breitenkamp, U.: Grauer Star durch UV-Strahleneinwirkung – Begutachtung eines Berufskrankheiten-Falls und Bestimmung der Schädigungsdosis. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 32 (1997) Nr. 10, S. 385-393
- [6] ICNIRP Guidelines: Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3 μm). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Physics 73 (1997) Nr. 3, S. 539-554
- [7] Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association. Health Physics 49 (1985) Nr. 2, S. 331-340
- [8] IRPA/INIRC Guidelines: Proposed change to the IRPA 1985 guidelines of limits of exposure to ultraviolet radiation. International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association. Health Physics 56 (1989) Nr. 6, S. 971-972
- [9] ICNIRP Statement: Guidelines on UV radiation exposure limits. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Physics 71 (1996) Nr. 6, S. 978
- [10] ICNIRP Guidelines: Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelength between 180 nm and 1.000 μm . International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Physics 71 (1996) Nr. 5, S. 804-819
- [11] Revision of guidelines on limits for laser radiation of wavelength between 400 nm and 1.400 nm. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Physics, 79 (2000) Nr. 4, S. 431-440
- [12] BGV C8: Berufsgenossenschaftliche Vorschrift „Gesundheitsdienst“ (10.82/01.97). Carl Heymanns, Köln 1997
- [13] BGV B9: Berufsgenossenschaftliche Vorschrift „Optische Strahlung“.
- [14] DIN 60825-1: Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien (IEC60825-1:1993) (03.97). Beuth, Berlin 1997
- [15] BGV B2: Berufsgenossenschaftliche Vorschrift „Laserstrahlung“ (04.88/01.97). Carl Heymanns, Köln 1997



- [16] E DIN EN 14255-1: Inkohärente optische Strahlung – Teil 1: Messung und Beurteilung von Strahlenexpositionen durch künstliche UV-Quellen am Arbeitsplatz (12.01). Beuth, Berlin 2001
- [17] prEN 14255-2: Incoherent optical radiation – Measurement and assessment of radiation exposure by artificial visible and IR-radiation at workplaces. (in Vorbereitung)
- [18] Eggert, S.; Siekmann, H.: Normung im Bereich der nichtionisierenden Strahlung. KAN-Bericht Nr. 9. Hrsg.: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V., Kommission Arbeitsschutz und Normung, Sankt Augustin, überarbeitete Fassung August 2001
- [19] DIN EN 1836: Persönlicher Augenschutz – Sonnenbrillen und -schutzfilter für den allgemeinen Gebrauch (03.97). Beuth, Berlin 1997

Autor: Dr. rer. nat. Harald Siekmann
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit - BIA
Sankt Augustin

