



FACHVERBAND FÜR STRAHLENSCHUTZ e.V.
Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA)

**Loseblattsammlung
Arbeitskreis
nicht ionisierende Strahlung**

Ultraviolettstrahlung

**FS-83-34-NIR
April 1984**



FACHVERBAND FÜR STRAHLENSCHUTZ e.V.
Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA)

**Loseblattsammlung
Arbeitskreis
nicht ionisierende Strahlung**

Ultraviolettstrahlung

**FS-83-34-NIR
April 1984**

ULTRAVIOLETTSTRAHLUNG

Inhaltsverzeichnis

- 1 Beschreibung der Strahlung
- 2 Vorkommen - Anwendungen
- 3 Wirkungen auf den Menschen
- 4 Grenzwerte
- 5 Messung
- 6 Schutzmassnahmen
- 7 Begriffsbestimmung
- 8 Literatur

ULTRAVIOLETTSTRAHLUNG

1 Beschreibung der Strahlung

Die Ultraviolettstrahlung (UV) wird in 3 Bereiche unterteilt

UV - A	315 - 400 nm	(320 - 400 nm)	schwarzes Licht
UV - B	280 - 315 nm	(280 - 320 nm)	erythembildend
UV - C	100 - 280 nm	(200 - 280 nm)	keimtötend

Die Einteilung stammt von der Internationalen Kommission für Beleuchtung (CIE), die Werte in Klammern aus einer Publikation der Weltgesundheitsorganisation über Ultraviolettstrahlung (1). Die Unterscheidung beruht auf den verschiedenen Auswirkungen der Strahlung, wobei der Wellenlängenbereich unterhalb etwa 200 nm wegen der starken Absorption in Luft und der geringen Eindringtiefe für den Strahlenschutz bedeutungslos ist.

2 Vorkommen - Anwendungen

Ultraviolett wird entweder als Kontinuum von heissen Körpern bei Temperaturen von einigen Tausend °K oder als Linienspektrum bei der Anregung von Gasentladungen abgestrahlt. Die wichtigste Quelle von Ultraviolettstrahlung ist die Sonne. Die Strahlung unterhalb 320 nm wird in der Ozonschicht der Atmosphäre jedoch stark absorbiert, unterhalb 290 nm praktisch vollständig. Die grösste und wichtigste UV-Exposition resultiert trotzdem aus der Sonnenstrahlung, sei es im Berufsleben, sei es in der Freizeit.

Künstliche UV-Quellen werden einerseits mit Absicht zur Bestrahlung von Personen eingesetzt, um gesundheitliche oder kosmetische Wirkungen zu erzielen. Andererseits kann eine berufliche Exposition erfolgen, da UV-Quellen zur Keimtötung in Spitälern und bei Lebensmitteln, zur Beschleunigung von chemischen Prozessen (Polymerisation) und für analytische und wissenschaftliche Untersuchungen verwendet werden. Ferner tritt UV auch beim Lichtbogenschweissen und unter Umständen bei Verwendung sehr heller Lichtquellen z.B. im Druckereigewerbe auf.

3 Wirkungen auf den Menschen

Die durch UV hervorgerufenen chemischen und biologischen Reaktionen sind ausserordentlich komplex (2). Wir beschränken uns hier auf die praktischen Aspekte.

UV-A scheint harmlos zu sein, solange nicht sehr hohe Leistungsdichten z.B. von UV-A Lasern zur Anwendung kommen. Bei diesen kann die Absorption in der Augenlinse zu Trübungen führen. Sonst bewirkt UV-A eine Bräunung der Haut durch rasches Dunkeln der vorhandenen Pigmente. Schädliche Wirkungen von UV-A wurden im Zusammenspiel mit Photoallergien oder Photosensibilisatoren beobachtet. Am bekanntesten ist die Photosensibilisierung durch bestimmte Medikamente oder bei Arbeiten mit Teer (1).

UV-B und UV-C können Haut und Augen schädigen. Bei Lichtbogen-schweisern ist die Bindehaut- und vor allem die Hornhautentzündung gefürchtet. Sie wird nach einigen Stunden wahrgenommen, kann dann grosse Schmerzen verursachen, ist aber nach 2 Tagen ohne bleibende Nachteile wieder abgeklungen. Eine weitere akute Reaktion ist die als Sonnenbrand bekannte Entzündung der Haut. Im Anschluss daran bilden sich neue Pigmente, die einen gewissen Schutz bei weiteren Bestrahlungen bewirken. Eine chronische Entzündung durch UV-Bestrahlung schädigt die Haut und ist eindeutig krebsfördernd (3). Allerdings ist die Beziehung zwischen Risiko und Bestrahlung nicht bekannt.

Andererseits sind gewisse Dosen von UV-A und UV-B Strahlung der Gesundheit förderlich. Ein Mangel an UV-B Strahlung hindert das Vitamin D an der Entfaltung seiner Wirkung. Weniger gut bekannt sind andere Mechanismen, die mit Hilfe von UV-Strahlung die Widerstandskraft gegen Krankheiten fördern sollen.

Bei der Verwendung von UV-Strahlung ist unter Umständen die Bildung von schädlichen Gasen, insbesondere Ozon, zu beachten. Ozon entsteht bei Wellenlängen < 260 nm, in grösseren Quantitäten jedoch erst bei Wellenlängen < 200 nm. Bei Wellenlängen < 160 nm werden auch nitrose Gase gebildet (4).

4 Grenzwerte

Seit etwa 50 Jahren kennt man die Abhängigkeit von der Wellenlänge beim Auftreten von Entzündungen nach UV-Bestrahlung (5). Bei Wellenlängen < 290 nm verändert sich nicht nur der Grad, sondern auch der Zeitpunkt des Auftretens und die Dauer einer Entzündung stark mit der Bestrahlung, so dass die Schwellenbestrahlung je nach Beobachtungszeit verschieden ausfällt. Bei 297 nm ist diese

Unsicherheit kleiner, verursacht doch schon eine geringe Ueberdosis schlimmere Entzündungen, weil die Strahlung tiefer in die lebende Hautschicht eindringt. Die Schwellenbestrahlung variiert jedoch noch mit der individuellen Pigmentierung und Empfindlichkeit der Haut. Die Schwellenbestrahlung für ungebräunte, schwach pigmentierte Haut dürfte bei 297 nm zwischen 100 und 600 J/m² liegen (4). Eine physikalische Definition von Strahlungsgrenzwerten ist dadurch nicht festgelegt. Nur ein einzelner Grenzwert wurde unabhängig davon schon 1948 von der American Medical Association für 254 nm im Zusammenhang mit dem Gebrauch von keimabtötenden UV-Lampen empfohlen:

126 J/m² pro Arbeitstag.

Unter Einbezug der Schwellenbestrahlung für Hornhautentzündung wurden 1971 von der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Grenzwerte vorgeschlagen, die als vorsichtige und vereinfachende Hüllkurve der bisher bekannten Werte der Schwellenbestrahlung aufzufassen ist (6). Diese Kurve hat ihren Bezugspunkt bei 270 nm, während die Schwellenbestrahlung für eine minimale Entzündung der Haut ihren Bezugspunkt bei 297 nm hatte. (Die Strahlenwirkung verschiedener UV-Strahler oder der Sonne werden oft auf 297 nm bezogen.)

Wellenlänge nm	zulässige Bestrahlung J/m ² pro Tag	rel. Schädlichkeit -
200	1000	0,03
210	400	0,075
220	250	0,12
230	160	0,19
240	100	0,30
250	70	0,43
254	60	0,5
260	46	0,65
270	30	1,0
280	34	0,88
290	47	0,64
300	100	0,30
305	500	0,06
310	2000	0,015
315	10000	0,003

Tab. 1 zulässige Bestrahlung pro Arbeitstag und relative Schädlichkeit nach ACGIH 1971

In einer Periode von acht Stunden sollte die in Tabelle 1 angegebene Schwellenbestrahlung nicht überschritten werden. Ist die Quelle breitbandig oder enthält sie mehrere Wellenlängenbereiche, so sollte die Summe der mit der relativen Gefährlichkeit gewichteten Bestrahlung 30 J/m^2 nicht überschreiten. Verschiedene Länder haben diese Empfehlung übernommen, u.a. Amerika, England, Frankreich und die Schweiz. Andere Grenzwerte sind unseres Wissens bei industriellen Anwendungen nicht im Gebrauch. Lediglich für Laserstrahlung wurde eine relative Schädlichkeit von 1 im ganzen Bereiche von 200 bis 302,5 nm der Einfachheit halber vorgeschlagen (7).

Weniger gesichert erscheint der Grenzwert für UV-A. Die für Hautentzündungen benötigte Schwellenbestrahlung dürfte mindestens 1000 mal höher liegen als bei 297 nm (4). Im Bereich 315 - 400 nm wird vom National Institute of Occupational Safety and Health ein Grenzwert von 10000 J/m^2 für Perioden unter 1000 sec und von 10 W/m^2 für Perioden über 1000 sec empfohlen. Die gleichen Grenzwerte wurden auch für die Bestrahlung von Haut und Augen durch Laserstrahlung übernommen (7).

5 Messung

Neuerdings gibt es Messgeräte, die mit einem Filter die Gewichtung entsprechend Tabelle 1 mit einer akzeptablen Genauigkeit nachbilden (UV actinic radiometer von International Light inc. P.O. Box 108, Newburyport, Mass. 01950, USA). Industrielle Quellen lassen sich damit meist genügend genau messen. Schwieriger ist es, damit z.B. die UV-Komponente des Sonnenlichtes zu erfassen, weil das Spektrum erst oberhalb 290 nm einsetzt und stark zunimmt, das Filter aber oberhalb 300 nm in stark zunehmendem Masse beschneidet. Auch könnte das Sperrvermögen des Filters in diesem Falle nicht ganz genügen.

Eine zweite, aufwendige Lösung besteht darin, das Spektrum in Intervallen von einigen nm mit einem Spektralphotometer auszumessen und mit den Gewichtungsfaktoren nach Tabelle 1 aufzusummieren.

Der Oeffnungswinkel zur Messung grossflächiger UV-Quellen muss nicht mehr als 80° betragen.

6 Schutzmassnahmen

In vielen Fällen kann die UV-Strahlung von Geräten nach aussen abgeschirmt werden, so dass keine Körperteile bestrahlt werden. Die üblichen Regeln der Sicherheitstechnik sollten auch hier angewendet werden:

- Gefahrenhinweis
- Instruktion des Personals
- Abschirmungen verriegelt oder nur mit Werkzeugen entfernbar.

Kann die Quelle wie z.B. beim Lichtbogenschweissen nicht abgeschirmt werden, so sind persönliche Schutzmittel zu gebrauchen: Schutzschild oder Brille für die Augen, Schutzbekleidung für die exponierten Körperteile.

Bei der Arbeit im Freien wird die Einhaltung der Grenzwerte nach Tab. 1 problematisch. An einem klaren Tag liegt die UV-Bestrahlung über 2000 J/m^2 bezogen auf 297 nm , so dass die Schwellendosis nach Tabelle 1 bei dauernder Exposition um das 20-fache übertraffen würde. Eine stark pigmentierte Haut schützt zwar vor einem akuten Sonnenbrand, aber bei der weissen Bevölkerung ist eine Zunahme von Hautkrebs mit zunehmender UV-Exposition nachgewiesen (3). Der UV-B Anteil des Sonnenlichtes setzt sich etwa zu gleichen Teilen aus Direktstrahlung und aus diffuser Himmelsstrahlung zusammen. Am Boden werden nur wenige Prozent der UV-B Strahlung reflektiert, ausser an Schnee oder hellem Sand (2). Die Augen sind deshalb weniger exponiert. Trotzdem sollte das Tragen von Kopfbedeckung, Sonnenbrille und zweckmässiger Bekleidung eine selbstverständliche Schutzmassnahme bei starker Sonnenexposition sein. Eine Schutzwirkung wird auch durch Sonnenschutzcremen und durch die Bräunung der Haut erreicht. Andererseits wird eine gewisse UV-Bestrahlung zur Erhaltung der Gesundheit benötigt. Es scheint aber völlig ausreichend, wenn die normalerweise unbedeckten Körperteile täglich einige Prozent der Schwellenbestrahlung nach Tab. 1 erhalten (1).

Den Grenzwerten von Tab. 1 kann keine derart absolute Gültigkeit beigemessen werden wie z.B. den Grenzwerten zum Schutz vor Laser- oder ionisierender Strahlung, weil die individuelle Empfindlichkeit und die hygienischen und kosmetischen Bedürfnisse berücksichtigt werden müssen. Auch ist eine akute Ueberexposition zwar eine schmerzhaft Erfahrung, aber nicht mit einer dauernden Schädigung verbunden. Die rigorose Anwendung der Grenzwerte nach Tab. 1 sollte deshalb auf die unbeabsichtigte Exposition beschränkt bleiben. Von besonderer Bedeutung sind diese Grenzwerte deshalb für die Konstruktion und Beurteilung von Geräten mit UV-Quellen, die nicht zur absichtlichen Bestrahlung von Personen dienen.

7 Begriffsbestimmung

Erythem	Entzündung oder Rötung der Haut. Maximale Empfindlichkeit bei 297 nm .
Keratitis	Hornhautentzündung. Maximale Empfindlichkeit bei 270 nm .

Konjunktivitis	Entzündung der Bindehaut der Augen. Maximale Empfindlichkeit bei 260 nm.
Photosensibilisator	Stoff oder Medikament, der die Empfindlichkeit auf Licht- oder UV-Strahlung steigert.
Bestrahlung	Auf die Oberfläche bezogene "Dosis", bei UV meist für den Zeitraum von einem Tag definiert (J/m^2)
Schwellenbestrahlung	Die bei einer bestimmten Wellenlänge notwendige Bestrahlung, um Entzündungen auszulösen (Erythem, Keratitis oder Konjunktivitis)

8 Literatur

- 1 World Health Organization (1979)
Environmental Health Criteria 14,
Ultraviolet Radiation, 110 p.,
ISBN 92-4-154074-5
- 2 Bensel, J., Blume, H., Güsten, H., Heinrich, G.,
Kiefer, J., Schäfer, V., Schulze, R., Tronnier, H.
und Wienhard, I. (1977)
Ultraviolette Strahlen, 647 S., Herausgeber J. Kiefer,
Verlag W. de Gruyter, Berlin/New York
- 3 Sliney D. and Wolbarsht M. (1980)
Safety with Lasers and Other Optical Sources
1035 p., Plenum Press ISBN 0-306-40434-6
- 4 Hughes, D. (1978)
Hazards of Occupational Exposure
to Ultraviolet Radiation, 37 p.,
Occup. Hyg. Monograph No 1, 1978,
Leeds University
- 5 DIN 5031 Teil 10 Vornorm
Strahlungsphysik im optischen Bereich und
Lichttechnik; Größen, Formel- und Kurzzeichen
für photobiologisch wirksame Strahlung
- 6 Sliney, D.H. (1972)
The Merits of an Envelope Action Spectrum
for Ultraviolet Radiation Exposure Criteria,
Amer. Ind. Hyg. Ass. J. 33, 644-653
- 7 IEC, Document 76 (Central Office) 6, Draft (1982)
Safety of Laser Products, Equipment Classification,
Requirements, and User's Guide

