

UV-Strahlenbelastung am Arbeitsplatz

www.auva.at



Inhalt

Abkürzungen	2
Vorwort	4
UV-Strahlung	5
UV-Quellen	6
Biologische Wirkung	7
Wirkung auf die Haut	10
Wirkung auf das Auge	13
Richtlinien und Grenzwerte	14
Bewertung nach ACGIH, ICNIRP	19
Bewertung nach CIE	20
Zusammenfassung	22
Beispiel zu einer Beurteilung	24
Messmethoden	26
Schutzmaßnahmen	28

Abkürzungen

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AUVA	Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
CIE	Internationale Beleuchtungskommission
DNA	Desoxyribonukleinsäure (Träger der Erbinformation)
$E(\lambda)$	Spektrale Bestrahlungsstärke [$W/(m^2 \text{ nm})$]
$E_{\text{eff}}(\lambda)$	Effektive spektrale Bestrahlungsstärke [$W/(m^2 \text{ nm})$]
E_{eff}	Effektive Bestrahlungsstärke [W/m^2]
H_{eff}	Effektive Bestrahlung [J/m^2]
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung)
IR	Infrarot, Strahlung von $\lambda = 780 \text{ nm} - 1 \text{ mm}$
IRPA	International Radiation Protection Association
J	Joule (Einheit der Energie)
LSF	Lichtschutzfaktor
MED	Minimale Erythem-Dosis
nm	Nanometer, ein Millionstel eines Millimeters
s	Sekunde
$S_{\text{bio},\lambda}$	Biologisches Wirkungsspektrum (Bewertungskurve)
S_{λ}	Biologisches Wirkungsspektrum für aktinisches UV
t	Zeit (Expositionsdauer) [s]
t_{max}	Maximale Expositionsdauer [s]
UV	Ultraviolett, Strahlung von $\lambda = 100 \text{ nm} - 400 \text{ nm}^1$
UV-A	UV-Strahlung von $\lambda = 315 \text{ nm} - 400 \text{ nm}$
UV-B	UV-Strahlung von $\lambda = 280 \text{ nm} - 315 \text{ nm}$

UV-C	UV-Strahlung von $\lambda = 100 \text{ nm} - 280 \text{ nm}$
UVD	Unfallverhütungsdienst
VIS	Visuell, sichtbares Licht, Strahlung von $\lambda = 380 \text{ nm}^{1)} - 780 \text{ nm}$
W	Watt (Einheit der Leistung)
λ	Wellenlänge [nm]
$\Delta\lambda$	Schrittweite [nm]

¹⁾ Der Wellenbereich zw. 380 und 400 nm wird sowohl dem UV- als auch dem sichtbaren Bereich zugeordnet.

Vorwort

Ultraviolette Strahlung, kurz UV-Strahlung, wird in vielen Bereichen von Industrie, Gewerbe und Medizin als nutzbringende Quelle eingesetzt. UV-Strahlung kann aber auch bei optischen Lichtquellen und Anwendungen als unerwünschter Teil der optischen Strahlung auftreten.

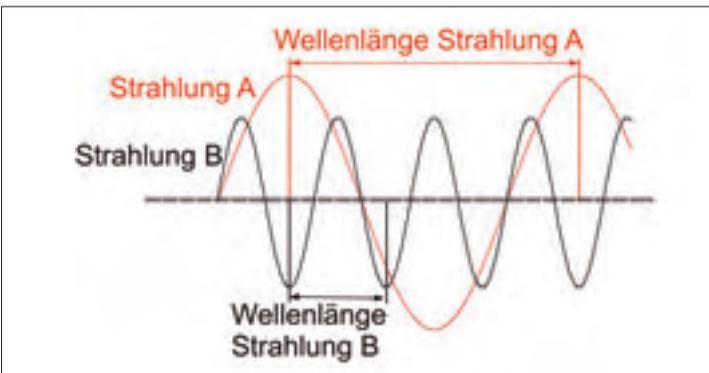
Um den Menschen vor möglichen Schädigungen durch UV-Strahlung zu schützen, wurden von internationalen Gremien, wie der ACGIH, der ICNIRP oder der CIE, Richtlinien und Grenzwerte veröffentlicht. In der vorliegenden Broschüre sind die wesentlichsten Grundlagen für den UV-Strahlenschutz für ArbeitnehmerInnen zusammengefasst.

UV-Strahlung

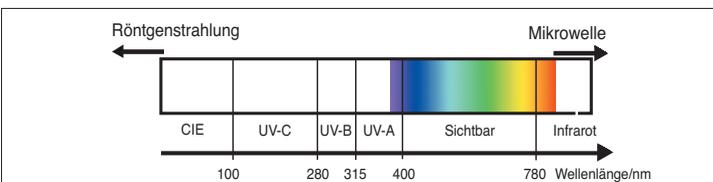
UV-Strahlung ist ein Teil der elektromagnetischen Strahlung. Charakterisiert wird die elektromagnetische Strahlung durch die Wellenlänge, schematisch dargestellt in der Abbildung rechts. Die Angabe der Wellenlänge erfolgt üblicherweise in Nanometer (nm), wobei 1000 nm einem millionstel Meter entsprechen. Elektromagnetische Wellen mit einer Wellenlänge zwischen 100 nm und 400 nm werden als Ultraviolettstrahlung, kurz UV-Strahlung, bezeichnet. Nach ihrer biologischen Wirkung unterteilt man die UV-Strahlung in die drei Bereiche:

- UV-A (Wellenlängenbereich $\lambda = 315 \text{ nm} - 400 \text{ nm}$)
- UV-B (Wellenlängenbereich $\lambda = 280 \text{ nm} - 315 \text{ nm}$)
- UV-C (Wellenlängenbereich $\lambda = 100 \text{ nm} - 280 \text{ nm}$)

Nur ein Teil der elektromagnetischen Strahlung ist sichtbar!



Zur Definition der Wellenlänge

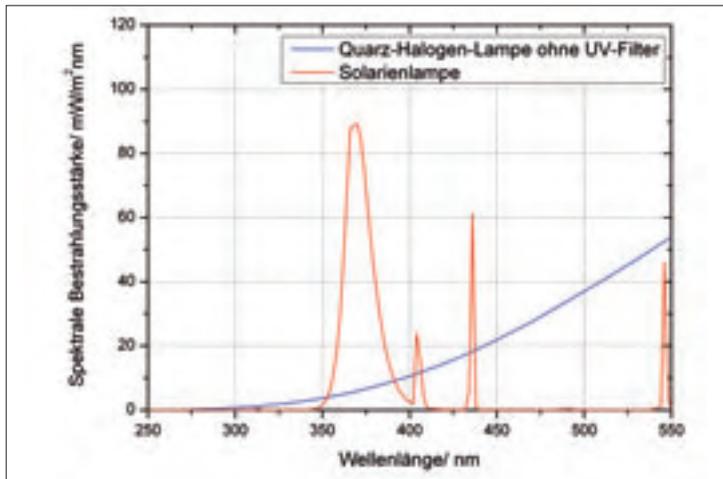


Einteilung der elektromagnetischen Strahlung im Bereich von UV, Licht und IR

Viele Quellen strahlen sowohl im sichtbaren als auch im unsichtbaren Bereich

UV-Quellen

Viele elektromagnetische Quellen, wie zum Beispiel die Sonne, strahlen über einen breiten Wellenlängenbereich. Zur Charakterisierung dieser Quellen werden die Bestrahlungsstärken an den einzelnen Wellenlängen in einem Diagramm dargestellt.



Beispiel einer Anwendung mit möglicher UV-Strahlenbelastung (Laserschweißen)

Diese Kurve wird als Spektrum bezeichnet. In der Abbildung oben sind die Spektren einer Solariumlampe und einer Quarz-Halogenlampe (ohne UV-Filter) dargestellt. Lampen, die verstärkt oder ausschließlich im UV-Bereich strahlen, werden als UV-Quellen bezeichnet.

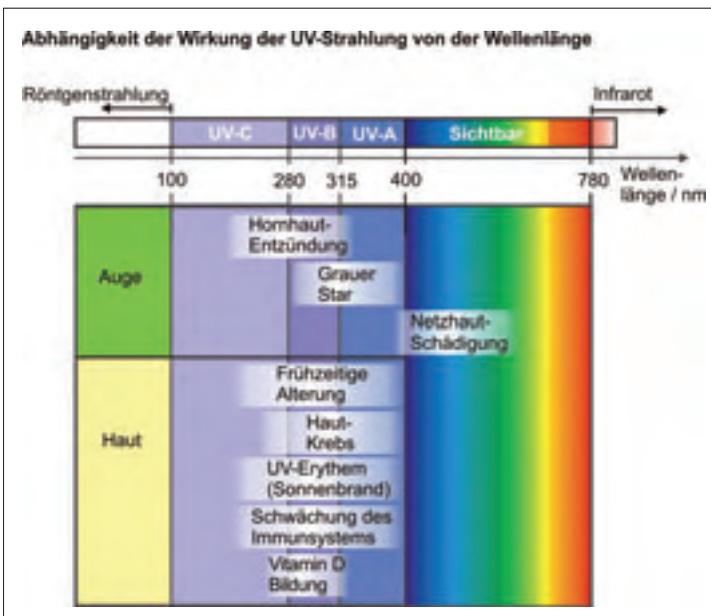
UV-Quellen werden in den unterschiedlichsten Bereichen von Industrie, Gewerbe und Medizin eingesetzt. Da UV-Strahlung beim Menschen

eine Schädigung der Haut und der Augen verursachen kann, ist es notwendig, die UV-Strahlungsbelastung am Arbeitsplatz zu prüfen und gegebenenfalls Schutzmaßnahmen für die ArbeitnehmerInnen einzuführen.

Biologische Wirkung

Strahlung kann prinzipiell auf zwei verschiedene Arten biologisch wirksam werden: Photochemisch im kurzwelligen Bereich (UV-C bis VIS) und thermisch im langwelligen Bereich (VIS bis IR). In der Abbildung sind die möglichen Schädigungen der Augen und der Haut durch UV-Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge dargestellt. Unter einer Wellenlänge von 190 nm hat die UV-Strahlung keine biologische Bedeutung mehr, da sie sich in der Luft nicht mehr ausbreiten kann.

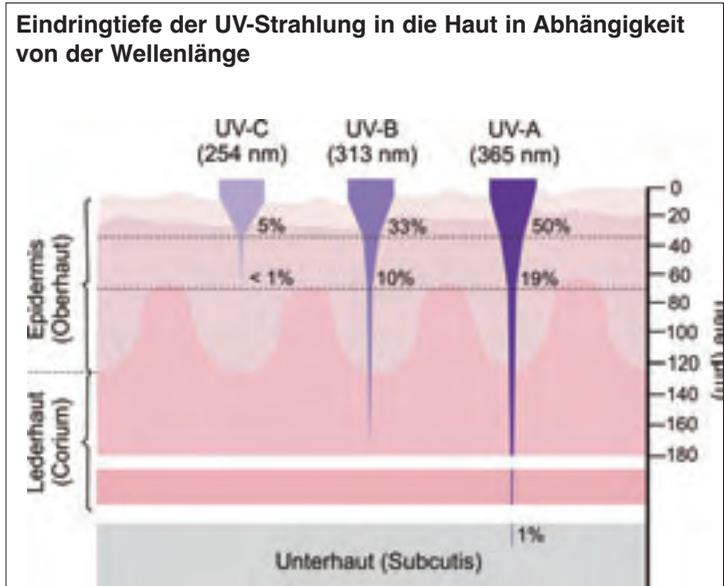
**Gefahr für Haut
und Augen**



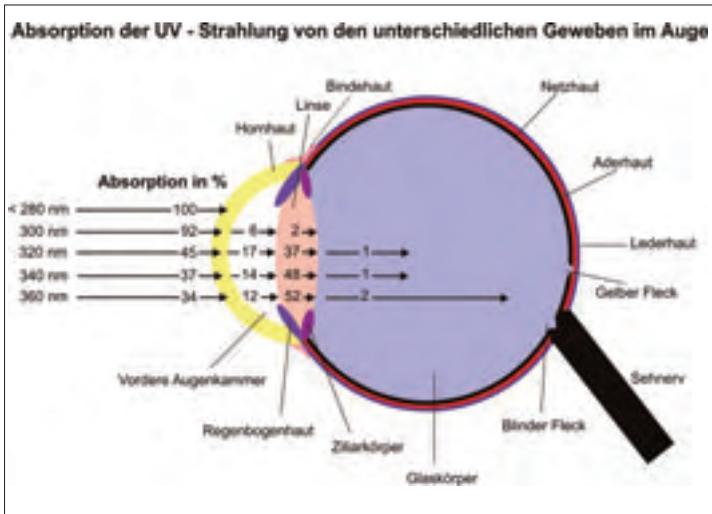
Die Wellenlängenabhängigkeit der Schädigung resultiert aus der unterschiedlichen Eindringtiefe der UV-Strahlung in die unterschiedlichen Gewebe der Haut beziehungsweise des Auges.

Die Eindringtiefe bestimmt den Ort der Schädigung.

In folgender Abbildung ist die prozentuelle Transmission (= Durchlässigkeit) der einzelnen Hautschichten in Abhängigkeit von der Wellenlänge dargestellt. Ähnliches gilt auch für die Wellenlängenabhängigkeit der Schädigung unterschiedlicher Augengewebe.



In folgender Abbildung ist die prozentuelle Absorption (Aufnahme) der UV-Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge dargestellt. Bei einem Vergleich der Abbildungen auf Seite 5 und 7 ist deutlich erkennbar, dass die Absorption der UV-Strahlung in einem Gewebe in direktem Zusammenhang mit dessen Schädigung steht.



Für das Ausmaß der Schädigung von Gewebe sind die Zeitdauer (Expositionsdauer), die ein Gewebe der Strahlung ausgesetzt ist, und die Bestrahlungsstärke der UV-Quelle verantwortlich. Im Allgemeinen gilt: Je stärker die UV-Quelle und je länger die Expositionsdauer, umso größer ist die Schädigung.

Weiters kann bei den Schädigungen zwischen den akuten Effekten und den Langzeiteffekten unterschieden werden. Zu den wesentlichsten akuten Schädigungen zählen der Sonnenbrand (UV-Erythem) und die Hornhautentzündung (Keratitis). Die wesentlichsten Langzeitschädigungen sind Linsentrübungen (Katarakte), eine frühzeitige Alterung der Haut sowie die Gefahr einer Auslösung von Hautkrebs. Weitere biologische Wirkungen der UV-Strahlung sind die Schädigung der Netzhaut eines linsenlosen Auges, Pigmentierung der Haut, Photoallergien, Schwächung des Immunsystems, Bildung von Provitamin D₃ in der Haut sowie phototoxische Prozesse im Zusammenwirken mit chemischen Substanzen.

Stärke und Dauer bestimmen das Schädigungs- ausmaß

Schwere Sonnenbrände sind kein harmloses Souvenir!



UV-Erythem



Bräunung ist ein Abwehrmechanismus des Körpers und kein Schönheitsideal!

Wirkung auf die Haut

Sonnenbrand (UV-Erythem)

Ein Sonnenbrand erscheint etwa acht Stunden nach einer UV-Bestrahlung als eine Hautrötung, entstehend durch eine Vergrößerung und verstärkte Füllung der Blutgefäße. Häufig kommt es auch zu Entzündungen, Blasenbildungen und einer Schälung der Haut. Ein schwerer Sonnenbrand wirkt sich langfristig negativ auf die Hautstruktur aus und kann noch Jahre später von einem Arzt diagnostiziert werden.

Pigmentierung (Bräunung)

Bei Bestrahlung mit UV-A werden die bereits vorhandenen Pigmente neu verteilt. Es kommt zu einer wenig intensiven grau-bräunlichen Verfärbung der Haut (Sofortpigmentierung), die nur wenige Stunden anhält. Die Sofortpigmentierung bietet keinen Schutz vor weiterer UV-Bestrahlung.

Bei Bestrahlung mit UV-B werden neue Pigmente (Melanin) in der Haut gebildet (Effekt der Bräunung). Weiters kommt es zu einer Verdickung der Hornschicht der Haut.

Diese Art der Pigmentierung hält einige Tage bis Wochen an und bietet,

in Verbindung mit der verdickten Hornhaut, einen geringfügigen Schutz (ca. LSF 1,4 – 4) gegenüber weiterer UV-Bestrahlung. Da diese Art der Pigmentierung erst ca. 24 Stunden nach der UV-Exposition einsetzt, wird sie auch verzögerte Pigmentierung genannt.

Bei der Bräunung handelt es sich um einen Abwehr- bzw. Adaptationsmechanismus der Haut gegen hohe UV-Belastung. Jeder Bräunung geht eine Schädigung der DNA voraus.

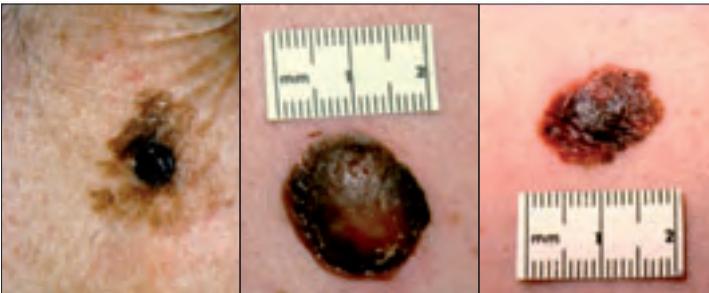
Hautkrebs

Bei dem durch UV-Strahlung induzierten Hautkrebs werden die beiden Typen „Nicht-melanomer Hautkrebs“ und „Maligne Melanome“ unterschieden.

Nicht melanomer Hautkrebs kann durch langjährige Exposition der Haut mit UV-Strahlung entstehen. Das tumorige Gewebe kann jedoch meistens durch einen chirurgischen Eingriff entfernt werden, und die Todesrate ist daher gering.

Im Gegensatz hierzu treten maligne Melanome seltener auf, wobei aber die Todesrate wesentlich höher ist. Es wird davon ausgegangen, dass vor allem kurze, intensive Bestrahlungen, vor allem in der Kindheit und Jugend, für das Entstehen von malignen Melanomen verantwortlich sind. Als Risikofaktoren für die Ausbildung von Melanomen gelten heute ein heller Hauttyp (Hauttyp I und II, siehe Abbildung S 18), das Vorhandensein zahlreicher Pigmentmale sowie genetische Veranlagung (familiäre Häufung).

Eine besonders gefährliche Spätfolge ist das maligne Melanom



Maligne Melanome



Beschleunigte Hautalterung und Faltenbildung

Hautalterung (Photoaging)

Durch häufige und lange UV-Bestrahlung kann es zu einer frühzeitigen Alterung der Haut kommen. Diese erscheint dann trocken und ledrig. Zusätzlich verliert die Haut an Elastizität, und es kommt zu Falten- und Furchenbildung.

Schwächung des Immunsystems

Durch die UV-induzierte Schwächung des Immunsystems kann es zur Ausbildung und Ausbreitung von viralen Erkrankungen (z. B.

Herpes) bzw. bakteriellen Erkrankungen (z. B. Tuberkulose) kommen. Eine Schwächung des Immunsystems steht auch in direktem Zusammenhang mit der Entstehung von Hautkrebs.

Vitamin D-Bildung

Die UV-B-Strahlung löst in der Haut die Produktion von Provitamin D₃ aus, einer Vorstufe des Vitamin D₃, das für den Menschen lebenswichtig ist (z. B. Aufbau des Knochengewebes). Ein Mangel an Vitamin D₃ kann zu ernsthaften Schäden im Körper führen. Zur Produktion der notwendigen Menge an Vitamin D₃ reicht schon eine kurze UV-Exposition von Armen, Beine und Gesicht durch die Sonne im Sommer aus, die weit unter der Dosis liegt, bei der man braun wird oder einen Sonnenbrand bekommt.

Wirkung auf das Auge

Hornhaut- und Bindehautentzündung (Photokeratokonjunktivitis)

Sie entsteht vor allem durch eine starke Einwirkung von UV-B- und UV-C-Strahlung auf die Hornhaut (siehe Abbildung auf Seite 7).

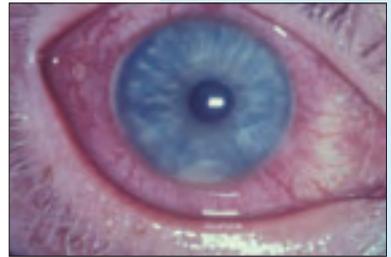
Unter einer Wellenlänge von 300 nm absorbiert diese beinahe die gesamte Strahlung, wodurch es zu Hornhautentzündungen, bekannt auch als „Verblitzen“ beim Schweißen, kommen kann. Diese sind sehr schmerzhaft, hinterlassen aber im Normalfall keine langfristigen Schäden. Eine Heilung erfolgt aufgrund der schnellen Erneuerung der Hornhaut innerhalb von etwa 48 Stunden.

Grauer Star (Katarakt)

Katarakte werden vor allem durch UV-A-Strahlung (siehe hierzu Abbildung auf Seite 5) induziert und zeigen sich im Alter als eine frühzeitige Trübung sowie einen Verlust der Elastizität der Linse.

Netzhautschädigung (Photoretinitis)

Bei einem gesunden Auge erreicht nur zirka ein Prozent der gesamten auf das Auge auftreffenden UV-A Strahlung die Netzhaut (siehe hierzu Abbildung auf Seite 7). Daher kann davon ausgegangen werden, dass es nur bei linsenlosen Augen zu Netzhautschädigungen kommen kann. Zu beachten ist, dass UV-Strahlung von kurzwelligem sichtbaren Licht (blau, 400 nm bis 500 nm) begleitet werden kann und dieses ebenfalls eine Schädigung der Netzhaut, „Blue Light Hazard“ genannt, hervorruft.



*Hornhaut- und Bindehautentzündung
(Foto: Prof. Söderberg,
Karolinska Institut,
Stockholm)*

Von der UV-Strahlung betroffen sind die Horn- und Bindehaut, die Linse und die Netzhaut



*Katarakt
(Reproduziert mit freundlicher Genehmigung der University of Michigan Kellogg Eye Center,*

Die drei wichtigsten Richtlinien zur Festlegung von Grenzwerten

Richtlinien und Grenzwerte

Zur Beurteilung einer möglichen schädigenden Wirkung der kurzwelligeren optischen Strahlung ist der Vergleich von den gemessenen Bestrahlungswerten mit den international gültigen Grenzwerten notwendig. Die wichtigsten und etabliertesten Richtlinien wurden von folgenden Gremien veröffentlicht:

- **ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)**
„Threshold limit values for chemical substances and physical agents; Biological Exposure Indices“ Cincinnati, 1997
- **ICNIRP (IRPA) (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection of the International Radiation Protection Association)**
„Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation)“ Health Physics Vol. 87 No. 2: 171-186, 2004
- **CIE (Commission International de l'Éclairage)**
„Erythemale Referenzwirkungsfunktion und standardisierte Erythemdosis“
CIE S007/E-1998
ISO 17166:1999(E)

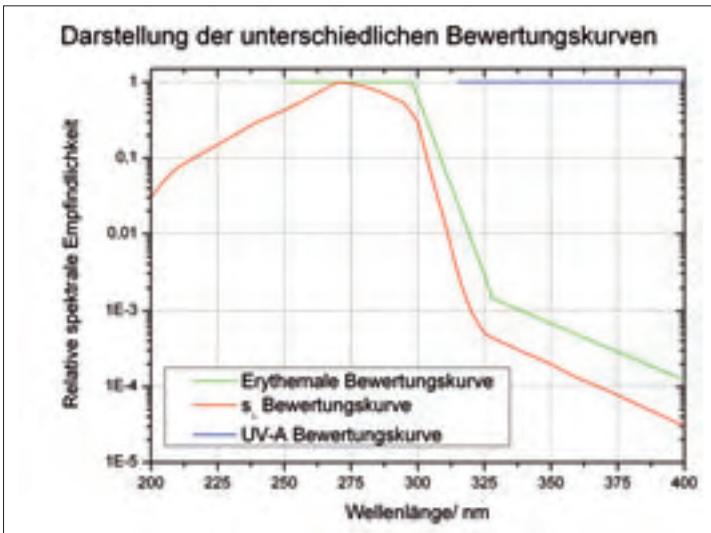
Da die biologische Wirkung stark von der Wellenlänge der Strahlung abhängt, ist das Spektrum einer UV-Quelle mit biologischen Faktoren je nach Gewebeart zu gewichten.

In den internationalen Richtlinien werden folgende Bewertungskurven (auch als Gewichtungskurven oder biologische Wirkungsspektren bezeichnet) verwendet:

- UV-A-Bewertung nach ACGIH und ICNIRP zur wellenlängenabhängigen Bewertung der Strahlung für eine Untersuchung der schädigenden Wirkung auf die Linse
- s_{λ} -Bewertung nach ACGIH und ICNIRP zur wellenlängenabhängigen Bewertung der Strahlung für eine Untersuchung der schädigenden Wirkung auf die Hornhaut des Auges und auf die Haut
- Erythemale Bewertung nach CIE zur wellenlängenabhängigen Bewertung der Strahlung für eine Untersuchung der schädigenden Wirkung auf die Haut

Die folgenden Bewertungskurven beschreiben die relative Empfindlichkeit der unterschiedlichen Gewebe gegenüber der Bestrahlung mit verschiedenen Wellenlängen.

Unterschiedliche Bewertung für Linse, Hornhaut und Haut



Die Summe der effektiven spektralen Bestrahlungsstärken multipliziert mit der Schrittweite ergibt die effektive Bestrahlungsstärke

Das gemessene Spektrum der UV-Quelle ist mit der gewünschten Bewertungskurve zu gewichten, d.h. die gemessenen Werte [spektrale Bestrahlungsstärke in $W/(m^2 nm)$] an jeder Wellenlänge ist mit dem dazugehörigen Wert der relativen spektralen Empfindlichkeit der gewählten Bewertungskurve zu multiplizieren:

$$E_{\text{eff}}(\lambda) = E(\lambda) \cdot S_{\text{bio}}(\lambda)$$

$E_{\text{eff}}(\lambda)$: effektive spektrale Bestrahlungsstärke [$W/(m^2 nm)$]

$E(\lambda)$: spektrale Bestrahlungsstärke [$W/(m^2 nm)$]

$S_{\text{bio}}(\lambda)$: Bewertungskurve

Danach sind die Werte der effektiven spektralen Bestrahlungsstärke aller Wellenlängen über den jeweiligen Wellenlängenbereich der Bewertungskurve zu addieren.

Die Summe aller effektiven spektralen Bestrahlungsstärken im Wellenlängenbereich der Bewertungskurve wird als effektive Bestrahlungsstärke bezeichnet.

$$E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda_{\text{min}}(S_{\text{bio}})}^{\lambda_{\text{max}}(S_{\text{bio}})} E_{\text{eff}}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

E_{eff} : effektive Bestrahlungsstärke [W/m^2]

$E_{\text{eff}}(\lambda)$: effektive spektrale Bestrahlungsstärke [$W/(m^2 nm)$]

$\Delta\lambda$: Schrittweite [nm]

$\lambda_{\text{min}}(S_{\text{bio}})$: kleinste Wellenlänge der Bewertungskurve [nm]

$\lambda_{\text{max}}(S_{\text{bio}})$: größte Wellenlänge der Bewertungskurve [nm]

Da das Ausmaß der Schädigung von der Bestrahlungsstärke der UV-Quelle und der Expositionsdauer abhängt, werden die Grenzwerte als ein Produkt der effektiven Bestrahlungsstärke und der Expositionsdauer angegeben. Dieses Produkt wird als effektive Bestrahlung bezeichnet und mit H_{eff} abgekürzt:

$$H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot t$$

- H_{eff} : effektive Bestrahlung [J/m^2]
 E_{eff} : Effektive Bestrahlungsstärke [W/m^2]
t: : Expositionsdauer [s]

Zur Bestimmung der UV-Belastung ist es notwendig, an jedem Aufenthaltsort der Person, zum Beispiel an den unterschiedlichen Arbeitsplätzen des Arbeiters, die spektrale Bestrahlungsstärke und die Expositionsdauer zu messen. Daraus kann dann die effektive Bestrahlung an jedem Aufenthaltsort (Einzelbelastungen) berechnet werden. Zur Bestimmung der gesamten UV-Belastungen, zum Beispiel eines Arbeiters innerhalb eines Arbeitstages, sind dann diese Einzelbelastungen zu addieren.

Aufgrund der unterschiedlichen Schädigungsmechanismen des Gewebes durch UV-Strahlung wird auch die zur Berechnung der effektiven Bestrahlung zu verwendende Expositionsdauer unterschiedlich bestimmt. Bei einer photochemischen Schädigung ist zur Bestimmung der Expositionsdauer die gesamte Bestrahlungsdauer innerhalb von acht Stunden, dies entspricht einem Arbeitstag, zu addieren. Bei einer rein thermischen Schädigung kann davon ausgegangen werden, dass sich nach einer bestimmten Zeit nach ACGIH bei 1000 s für die Linse) ein thermisches Gleichgewicht einstellt und dadurch auch eine weitere Bestrahlung keinen zusätzlichen negativen Einfluss hat.

In folgender Tabelle sind die unterschiedlichen Definitionen der Expositionsdauer nach den Richtlinien der ACGIH, der ICNIRP und der CIE angeführt.

**Langzeit-
schädigungen
hängen auch
von den Lebens-
gewohnheiten
ab**

Bewertungen, Richtlinien, Expositionsdauern				
Bewertung	Gewebe	Richtlinie	Schädigungs- mechanismus	Expositions- dauer
UV-A	Linse	ACGIH	thermisch	1000 s
		ICNIRP	thermisch photochemisch	8 h
s_{λ}	Hornhaut d. Auges, Haut	ACGIH ICNIRP	photochemisch	8 h
Erythem	Haut	CIE	photochemisch	8 h

Die unterschiedlichen Definitionen der anzuwendenden Expositionsdauer für die UV-A-Bewertung nach ACGIH und ICNIRP ergibt sich durch die unzureichend vorhandenen experimentellen Daten. Diese experimentellen Untersuchungen sind für Langzeitschädigungen besonders schwierig, da sie erst im Alter auftreten und von vielen zusätzlichen Faktoren, wie zum Beispiel den Lebensgewohnheiten einer Person, abhängen.

Zur Berechnung der Bestrahlung wird entweder die maximale Belastung innerhalb von 1000 s für eine rein thermische Schädigung oder die Gesamtbelastung (Summe aller UV-Belastungen) innerhalb eines Arbeitstages herangezogen. Bezüglich der Belastung der Linse durch UV-A-Strahlung sind die Richtlinien der ICNIRP restriktiver als die Richtlinien der ACGIH.

Zur Bestimmung einer möglichen Gefährdung durch UV-Strahlung ist der errechnete Wert der effektiven Bestrahlung mit dem dazugehörigen Grenzwert zu vergleichen:

Vergleich: Effektive Bestrahlung \Leftrightarrow Grenzwert

Bewertung nach ACGIH und ICNIRP

In der folgenden Tabelle sind die Grenzwerte der Richtlinien der ACGIH und der ICNIRP zur Beurteilung der UV-Strahlungsbelastung der Haut und der Augen angeführt.

Grenzwerte nach den Richtlinien der ACGIH und ICNIRP		
UV-A-Bewertung		sλ-Bewertung
ACGIH	ICNIRP	ACGIH ICNIRP
bis 1000 s ¹⁾ 10.000 J/m ²	bis 8 h 10.000 J/m ²	bis 8 h 30 J/m ²
ab 1000 s ¹⁾ 10 W/m ²		

1) 1000 s = 16 min 40 s

Zur Bewertung einer UV-Quelle bezüglich der UV-Strahlungsbelastung können beide Richtlinien angewandt werden. Allerdings kann es bei einer Bewertung nach ACGIH und einer Bewertung nach ICNIRP dazu kommen, dass der UV-A Grenzwert nach ACGIH unter-, gleichzeitig aber nach ICNIRP überschritten wird. Dies beruht auf der unterschiedlichen Definition der anzuwendenden Expositionsdauer bezüglich der UV-A-Strahlung (siehe Tabelle „Bewertungen, Richtlinien, Expositionsdauern“). Um die Belastung durch UV-Strahlung zu minimieren, wird auch in diesem Fall die Anwendung von Schutzmaßnahmen empfohlen.

Werden die Grenzwerte nach beiden Richtlinien unterschritten, so kann der Arbeitsplatz als sicher bezeichnet werden, und es erscheint nicht nötig, weitere Schutzmaßnahmen einzuführen.

**Im Zweifelsfall
werden Schutz-
maßnahmen
empfohlen!**

Die minimale „Rötungsdosis“ richtet sich nach dem Hauttyp

Siehe dazu die Abbildungen auf Seite 21

Bewertung nach CIE

Zur Beurteilung der UV-Belastung der Haut können auch die Richtlinien der CIE (Erythemale Bewertung) herangezogen werden. Diese Bewertung dient zum Beispiel der Beurteilung der UV-Strahlungsbelastung der Haut durch Solarien oder durch UV-Quellen an Arbeitsplätzen, an denen Schutzbrillen getragen werden. Die errechnete effektive Bestrahlung ist mit der so genannten minimalen Erythemdosis zu vergleichen (MED). Das ist jene Dosis, die benötigt wird, um in der menschlichen Haut ein UV-Erythem (Erythem = Hautrötung, UV-Erythem = Sonnenbrand) auszulösen. Allerdings kann die MED auch für Personen desselben Hauttyps beträchtlich variieren. Daher werden für unterschiedliche Hauttypen (siehe Abbildungen auf Seite 18) unterschiedlich hohe durchschnittliche Bestrahlungswerte als Richtwerte für die MED angegeben.

Zur Bestimmung einer möglichen Gefährdung der Haut durch UV-Strahlung ist der errechnete Wert der effektiven Bestrahlung mit der MED des relevanten Hauttypes zu vergleichen:

Vergleich: Effektive Bestrahlung \leftrightarrow MED

					
Hauttyp		I	II	III	VI
Körperliche Merkmale	Haut	sehr hell	hell	hellbraun	braun, oliv
	Sommersprossen	stark	selten	keine	keine
	Sommersprossen	rötlich	blond-braun	dunkelblond braun	dunkelbraun
	Augen	blau	blau, grün, braun	grau, braun	dunkel
Reaktionen auf die Sonne	Sonnenbrand	immer stark, schmerzhaft	immer stark, schmerzhaft	selten, mäßi g	kaum
	Bräunung	keine, nur Rötung	kaum, Haut schält sich	durchschnittlich	schnell, tief
MED [J/m²] [23]		200	250	350	450

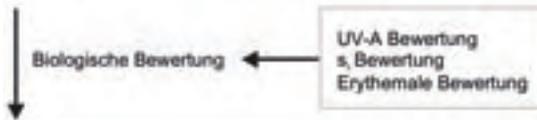
Die vier in Europa vorkommenden Hauttypen und ihre Charakterisierung.

*So lässt sich
UV-Strahlungs-
belastung
beurteilen*

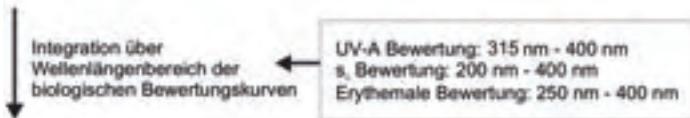
Zusammenfassung

Schematische Darstellung zur Vorgangsweise bei der Beurteilung der UV-Strahlungsbelastung

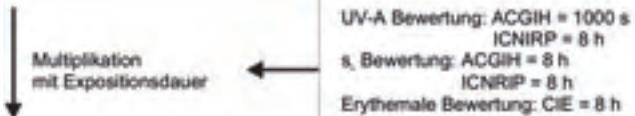
Spektrale Bestrahlungsstärke $E(\lambda)$



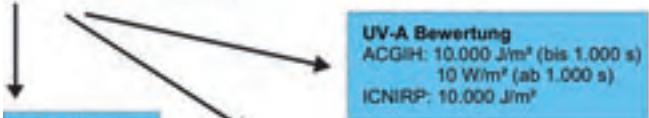
Effektive spektrale Bestrahlungsstärke $E_{eff}(\lambda)$



Effektive Bestrahlungsstärke E_{eff}



Effektive Bestrahlung H_{eff}



s. Bewertung
ACGIH: 30 J/m²
ICNIRP: 30 J/m²

Erythemale Bewertung:
CIE: MED Typ1 = 200 J/m²
MED Typ 2 = 250 J/m²
MED Typ 3 = 350 J/m²
MED Typ 4 = 450 J/m²

Zur Beurteilung der UV-Strahlungsbelastung einer Person, zum Beispiel eines Arbeiters am Arbeitsplatz, kann einerseits mit Hilfe der gemessenen Bestrahlungsstärke der UV-Quelle und der Expositionsdauer die effektive Bestrahlung berechnet und mit dem Grenzwert verglichen werden.

Vergleich: Effektive Bestrahlung \Leftrightarrow Grenzwert bzw. MED

Andererseits kann auch die maximal erlaubte Expositionsdauer berechnet werden. Das ist die maximale Aufenthaltsdauer an der UV-Quelle bei der der Grenzwert beziehungsweise die MED noch unterschritten wird. Zur Berechnung der maximal erlaubten Expositionsdauer ist der Grenzwert bzw. die MED durch die effektive Bestrahlungsstärke zu dividieren:

$$t_{\max} = \frac{\text{Grenzwert}}{E_{\text{eff}}}$$

t_{\max} : Maximale Expositionsdauer [s]

Grenzwert: : Maximal erlaubte Bestrahlung [J/m^2]

E_{eff} : Effektive Bestrahlungsstärke [W/m^2]

Die errechnete maximal erlaubte Expositionsdauer ist mit der tatsächlichen Expositionsdauer (auch als geschätzte oder angenommene Expositionsdauer bezeichnet) zu vergleichen.

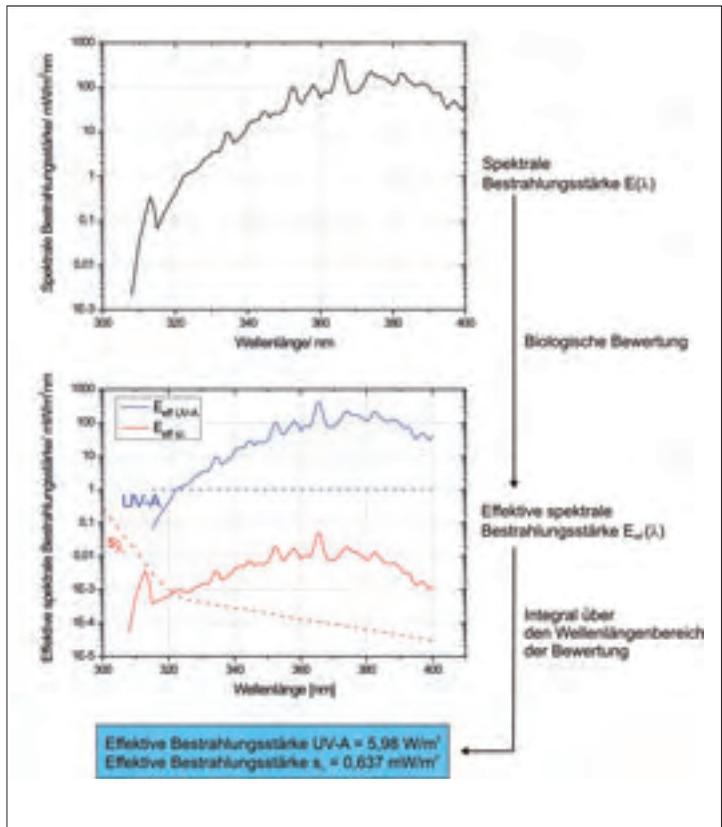
**Vergleich: Maximal erlaubte Expositionsdauer \Leftrightarrow
tatsächliche Expositionsdauer**

**Konkrete Anwendungen
für den Arbeit-
nehmerInnen-
schutz**

Beispiel zu einer Beurteilung

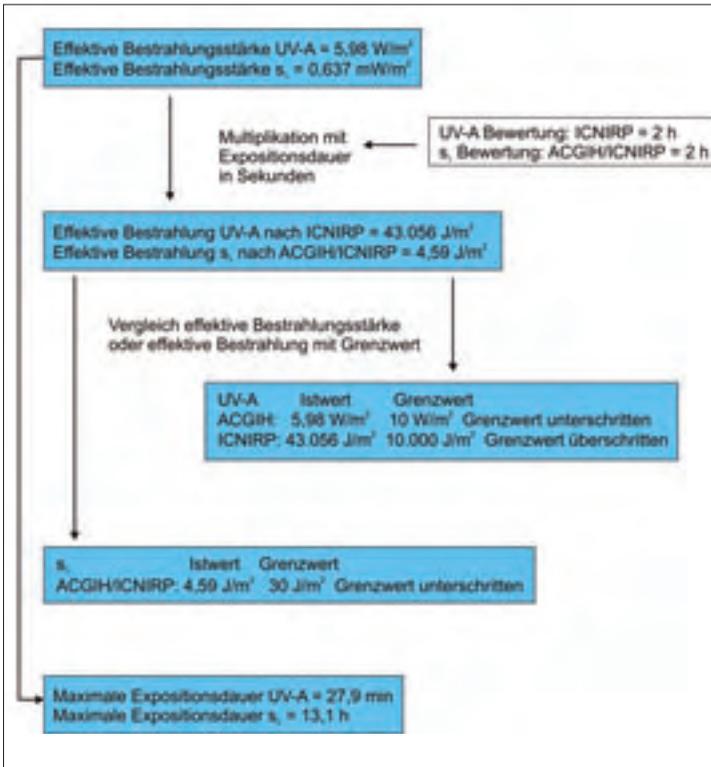
In dem folgenden Beispiel wird ein Arbeitsplatz beurteilt, an dem sich der Arbeitnehmer direkt der UV-Strahlung einer 100-Watt-Solarienlampe aussetzt.

Bewertung des Spektrums



Weiters wird angenommen, dass die Person während des gesamten Arbeitstages zwei Stunden kontinuierlich von der UV-Quelle bestrahlt wird.

Beurteilung der UV-Strahlenbelastung



Da der UV-A-Grenzwert zwar nach den Richtlinien der ACGIH unter-, aber nach den Richtlinien der ICNIRP überschritten wird, wird empfohlen, Schutzmaßnahmen für das Auge einzuführen. Der Grenzwert nach einer s_e-Bewertung wird unterschritten, daher sind keine Schutzmaßnahmen für die Haut nötig.

Vergleich der beiden Messsysteme

Spektrale Messsysteme

Integrierende Messsysteme

Messmethoden

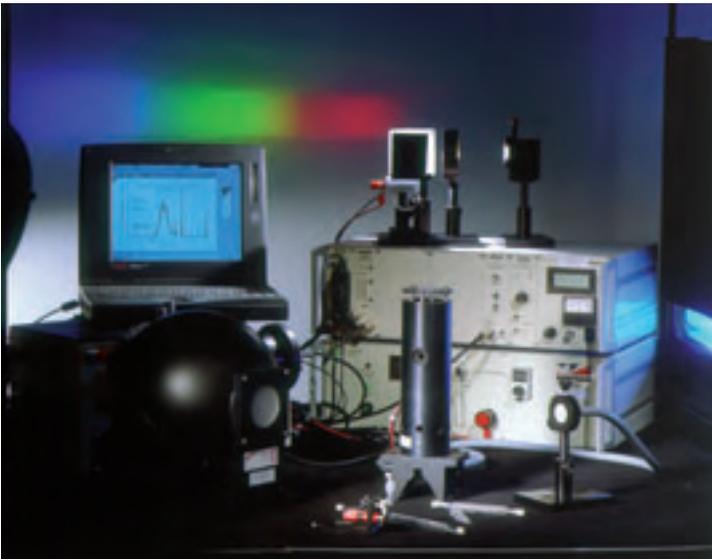
Zur Messung und einer Beurteilung von UV-Quellen stehen prinzipiell zwei Messsysteme zur Verfügung, die in der nachfolgenden Tabelle kurz charakterisiert werden.

Vergleich: Integrierende Detektoren – spektrales Messgerät		
	Integrierende Detektoren	Spektrales Messgerät
Messmethode	Messung der Bestrahlungsstärke über einen bestimmten Wellenlängenbereich	Messung der Bestrahlungsstärke für jede einzelne Wellenlänge
Bewertung der Quellen	Erfolgt durch die wellenlängenabhängige Empfindlichkeit des Detektors automatisch	Erfolgt rechnerisch – nachträglich
Vorteile	Einfache Bedienung, kostengünstig, kompakt	Hohe Genauigkeit

Bei der Messung mit einem spektralen Messgerät, zum Beispiel mit einem Doppelmonochromator (siehe Abbildung auf Seite 24) wird die Bestrahlungsstärke der UV-Quelle für jede einzelne Wellenlänge gemessen. Danach wird dieses Spektrum mit der gewünschten Bewertung multipliziert und über den dazugehörigen Wellenlängenbereich summiert. Die Vorgangsweise ist analog der in der Abbildung Seite 22 beschriebenen. Der große Vorteil dieses Messsystemes liegt in der hohen Genauigkeit (Abweichungen etwa 10 % bis 20 %) und in der universellen Einsetzbarkeit, da die Bewertung der Spektren rechnerisch erfolgt.

Bei einer Messung mit einem integrierenden Detektor (= über die Wellenlänge summierender Detektor) erfolgt die Bewertung und Summation über den jeweiligen Wellenlängenbereich automatisch, da die Empfindlichkeit des

Detektors über die Wellenlänge bereits annähernd einer Bewertungskurve entspricht. Der gemessene Wert, die effektive Bestrahlungsstärke (siehe Abbildung Seite 22) ist zur Beurteilung einer UV-Strahlungsbelastung nur noch mit der Expositionsdauer zu multiplizieren. Der Vorteil der integrierenden Detektoren liegt in der einfachen Bedienung und in der kompakten Bauweise. Allerdings wird für jede Bewertungskurve ein eigener Detektor benötigt. Hinzu kommt, dass die Genauigkeit bei Messungen mit integrierenden Detektoren stark vom Spektrum der UV-Quelle abhängt. Dadurch kann es zu Abweichungen zwischen 10 % und 50 %, bei extrem ungünstigen Spektren sogar bis zu 100 % kommen.



Spektrales Messgerät mit Ansteuerung und diversen Kalibrierlampen

Technische Schutzmaßnahmen sind zu bevorzugen

Schutzmaßnahmen

Bei einer Überschreitung der Grenzwerte nach einer Bewertung der UV-Quelle nach den internationalen Richtlinien sollten Schutzmaßnahmen eingeführt werden. Es erscheint sinnvoll, die UV-Belastung soweit als möglich durch die Einführung von technischen Schutzmaßnahmen zu mindern, da diese üblicherweise am effektivsten und relativ einfach durchführbar sind. Häufig können danach weitere Schutzmaßnahmen, wie zum Beispiel die Einführung betrieblicher Maßnahmen oder eine persönliche Schutzausrüstung, entfallen.

Rangordnung der Schutzmaßnahmen

- 1. Einführung technischer Schutzmaßnahmen (Abschirmungen, Blenden)**
- 2. Einführung organisatorischer Schutzmaßnahmen (Minimierung der Expositionsdauer, Maximierung des Abstandes)**
- 3. Persönliche Schutzausrüstung (Schutzbrille, Helm, Nackenschutz, Handschuhe)**



UV - Schutzbrillen

Die Schutzmaßnahmen zur Verminderung der UV-Strahlungsbelastung am Arbeitsplatz sind sehr anwendungsspezifisch, aber üblicherweise auch einfach und relativ kostengünstig realisierbar. Im Folgenden werden einige Beispiele zu den Ausführungen von Schutzmaßnahmen angeführt.

Einhausungen, Abschirmungen, Blenden

Beispiel: Bei Qualitätsprüfanlagen (UV-A) in der Industrie ist es häufig möglich, durch die Anbringung einer Blende an der UV-Quelle die Augen effizient vor einer direkten Bestrahlung zu schützen.

Minimierung der Expositionsdauer

Beispiel: Betreuendes Personal in Solarien sollte die Aufenthaltsdauer am Bestrahlungsgerät während des Betriebes minimieren.

Abstand

Beispiel: Krankenschwestern sollten darauf achten, dass sie während der Betreuung von Patienten bei einer Bestrahlung einen möglichst großen Abstand zum Bestrahlungsgerät halten.

Persönliche Schutzausrüstung

Beispiel: Bei der Prüfung von UV-Quellen sollten Schutzbrillen oder gegebenenfalls auch Schutzhelme getragen werden. Weiters können auch ein Nackenschutz und Handschuhe zum Schutz der Haut notwendig sein.

Generell gilt: Um akute Schäden zu verhindern und um die Wahrscheinlichkeit einer Auslösung von Langzeiteffekten zu minimieren, sollte prinzipiell eine starke und lange UV-Strahlungsexposition vermieden werden.

Diese Broschüre entstand in Zusammenarbeit von



und



Ansprechpartner

Dr. techn. Emmerich Kitz

[E-Mail: emmerich.kitz@auva.at](mailto:emmerich.kitz@auva.at)

Telefon: +43 1 331 11-974

Dipl.-Ing. Marko Weber

[E-Mail: marko.weber@arcs.ac.at](mailto:marko.weber@arcs.ac.at)

Telefon: +43 505 50-2535

Autorin: Dipl.-Ing. Dr. Martina Schweiger

Bitte wenden Sie sich in allen Fragen des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit bei der Arbeit an den Unfallverhütungsdienst der für Sie zuständigen Landesstelle:

Wien, Niederösterreich und Burgenland:

UVD der Landesstelle Wien
Webergasse 4, 1203 Wien
Telefon 01 331 33-0

UVD der Außenstelle St. Pölten
Wiener Straße 54, 3100 St. Pölten
Telefon 02742 25 89 50-0

UVD der Außenstelle Oberwart
Hauptplatz 11, 7400 Oberwart
Telefon 03352 353 56-0

Steiermark und Kärnten:

UVD der Landesstelle Graz
Göstinger Straße 26, 8021 Graz
Telefon 0316 505-0

UVD der Außenstelle Klagenfurt
Waidmannsdorfer Straße 35, 9021 Klagenfurt
Telefon 0463 58 90-0

Oberösterreich:

UVD der Landesstelle Linz
Garnisonstraße 5, 4020 Linz
Telefon 0732 23 33-0

Salzburg, Tirol und Vorarlberg:

UVD der Landesstelle Salzburg
Dr.-Franz-Rehrl-Platz 5, 5010 Salzburg
Telefon 0662 21 20-0

UVD der Außenstelle Innsbruck
Meinhardstraße 5a, 6020 Innsbruck
Telefon 0512 520 56-0

UVD der Außenstelle Dornbirn
Eisengasse 12, 6850 Dornbirn
Telefon 05572 269 42-0

www.auva.at