

Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

Schutz des Menschen bei Sonnenbestrahlung und bei Anwendung von UV-Bestrahlungsgeräten

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 97. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 26. April 1990

Veröffentlicht in: – Bundesanzeiger Nr. 144 vom 04. August 1990
– Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 24

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	3
2.	Schutzhinweise für Sonnenbestrahlung und für die Anwendung von UV-Bestrahlungsgeräten	5
3.	Forderungen an Betreiber von Solarien	7
4.	Anforderungen zur Gerätesicherheit	9
Anhang 1: Begriffe und Definitionen		10
Anhang 2: Grenzwerte für berufsbedingte Expositionen		13
Anhang 3: Wirkungsfunktion der UV-Strahlung		16
Anhang 4: Stoffe und Arzneimittel, die phototoxische bzw. photoallergische Reaktionen auslösen können		17

1 Einleitung

Die Strahlenschutzkommission beobachtet mit Sorge die durch ultraviolette Strahlen verursachte Zunahme akuter und chronischer Hautschäden, insbesondere die Zunahme von Hautkrebserkrankungen.

Als ultraviolette (UV) Strahlen werden elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen von 100 bis 400 Nanometer (nm) bezeichnet. Die UV-Strahlen sind im Sonnenlicht enthalten, sie sind unsichtbar und energiereicher als die Strahlen des sichtbaren Lichts. Die UV-C-Strahlen (Strahlen mit Wellenlängen von 100 bis 280 nm) werden nahezu vollständig durch das in der oberen Atmosphäre vorhandene Ozon absorbiert. Die UV-B-Strahlen (Strahlen mit Wellenlängen von 280 bis 315 nm) werden ebenfalls bis auf einen Rest von einigen Prozent vom Ozon absorbiert, dieser Wert ist direkt vom Ozongehalt der Atmosphäre abhängig. Die UV-A-Strahlen (Strahlen mit Wellenlängen von 315 bis 400 nm) werden mit zunehmender Wellenlänge immer schlechter durch die in der Atmosphäre befindlichen Gase zurückgehalten.

Die UV-Strahlen entfalten an der Haut unterschiedliche Wirkungen, die auf thermischen und photochemischen Umwandlungen der Strahlungsenergie beruhen. Die medizinische Anwendung von UV-Strahlen kann bei bestimmten Krankheiten, insbesondere der Haut, angezeigt sein. Die augenfälligste Reaktion der Haut auf UV-Bestrahlung ist die Pigmentierung. Diese Bräunung der Haut kann ebenso wie die Hautverdickung, die als "Lichtschwiele" nach einer UV-Bestrahlung mit UV-B-Anteil aufzutreten beginnt, als Schutzmechanismus der Haut aufgefaßt werden. Ein weiterer Nutzen der Hautbräunung ist nicht bekannt.

Überschreitet die Bestrahlung einen gewissen Grenzwert (die sogenannte Erythemschwelle), der individuell unterschiedlich hoch ist, so treten akute Schäden auf. Es kommt nach einer Latenzzeit von mehreren Stunden zur Rötung und Ödembildung der bestrahlten Haut. Wird die Erythemschwelle weiter überschritten, so entstehen Blasen und schließlich oberflächliche Hautnekrosen, d.h. das Gewebe stirbt ab. Die Wirksamkeit der UV-Strahlen nimmt in dieser Hinsicht zu kürzeren Wellenlängen hin zu und hat bei Wellenlängen unterhalb 300 nm ein Maximum, d.h. im UV-A-Bereich ist die Wirksamkeit geringer als im UV-B-Bereich.

Die Empfindlichkeit der menschlichen Haut bezüglich der UV-Strahlung ist individuell verschieden. Entsprechend der Reaktion auf natürliche Sonnenbestrahlung wird folgende Einteilung getroffen:

- Hauttyp I : immer schnell Sonnenbrand, kaum oder keine Bräunung auch nach wiederholten Bestrahlungen (keltischer Typ)
- Hauttyp II : fast immer Sonnenbrand, mäßige Bräunung nach wiederholten Bestrahlungen (hellhäutiger europäischer Typ)
- Hauttyp III : mäßig oft Sonnenbrand, fortschreitende Bräunung nach wiederholten Bestrahlungen (dunkelhäutiger europäischer Typ)
- Hauttyp IV : selten Sonnenbrand, schnell einsetzende und deutliche Bräunung (mittelmeerischer Typ)

Weitere akute direkte Folgen einer UV-Bestrahlung können phototoxische oder photoallergische Hauterkrankungen sein.

Nach jahrelanger Einwirkung von UV-Strahlen kann es zu dauerhaften, irreversiblen Veränderungen und Spätfolgen an der Haut kommen. Die als chronische Lichtschäden oder auch vorzeitige Alterungen der Haut bezeichneten Veränderungen erscheinen als vermehrte Faltenbildung, Porenerweiterung (Follikelvergrößerung), Mitesser (Komedonen), Gefäßerweiterung (Teleangiektasie) und Bindegewebsschädigung (solare Elastose).

Die Entstehung von Hautkrebs ist die weitaus schwerwiegendste Spätfolge der UV-Bestrahlung. Hierbei werden Basalzellkarzinome, spinözelluläre Karzinome und das maligne Melanom unterschieden. Insbesondere der letztgenannte, ausgesprochen bösartige Tumor hat in den letzten Jahren zugenommen.

Die karzinogene Wirkung häufiger UV-Bestrahlung wird darin deutlich, daß der überwiegende Teil der Basalzellkarzinome und der spinözellulären Karzinome im Bereich chronisch lichtgeschädigter Haut entsteht. Dieses gilt auch für das Lentigo maligna Melanom, einer Unterform des malignen Melanoms. Demgegenüber treten die anderen Formen des malignen Melanoms auch häufig an bedeckten Körperstellen auf. Auch bei der Melanombildung fällt dem Sonnenlicht eine Schlüsselrolle zu, dieses geht aus epidemiologischen Studien hervor:

- Lichtempfindliche Menschen haben ein dreifach höheres Melanomrisiko als lichtunempfindliche Menschen,
- das Melanomrisiko nimmt mit der geographisch bedingten erhöhten UV-Exposition zu,
- Melanompatienten haben in der Vorgeschichte wesentlich häufiger Sonnenbrände (insbesondere als Kind) gehabt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die UV-Strahlung als der bedeutsamste und überwiegende Verursacher von Hautkrebs anzusehen ist.

Die Beobachtungen deuten darauf hin, daß die relative spektrale Wirksamkeit für die einzelnen Wellenlängen des UV-Strahlungsspektrums für die Bräunung (Melanogenese), für die Lichtentzündung (Erythembildung), für die Erzeugung von Hautkrebs (Karzinogenese) sowie für die vorzeitige Hautalterung (Elastose) sehr ähnlich sind. Daher kann keine Bestrahlung eine einzige gewünschte Wirkung allein erzeugen, ohne gleichzeitig auch die anderen Effekte zu verursachen. Insbesondere gibt es keinen Beweis dafür, daß die Bräunung durch UV-Bestrahlungsgeräte risikoärmer ist als die Bräunung durch die Sonne.

Für die Anwender von Solarien und Heimsonnen hat das Bundesgesundheitsamt Empfehlungen veröffentlicht (Bundesgesundheitsblatt 30 (1), 1987, S. 19 - 30). Durch Beachtung der hierin empfohlenen allgemeinen und gerätespezifischen Schutzhinweise können durch UV-Bestrahlung bedingte Risiken (schädliche akute und chronische Wirkungen) vermindert werden.

2 Schutzhinweise für Sonnenbestrahlung und für die Anwendung von UV-Bestrahlungsgeräten

Es werden folgende Regeln und Hinweise gegeben, bei deren Beachtung das durch Sonnenbestrahlung oder durch Bestrahlung mit künstlichen UV-Quellen bedingte Risiko verringert werden kann.

2.1 Verhalten in der Sonne

- *Die Haut sollte langsam an längere Sonnenbestrahlung gewöhnt werden. Gegebenenfalls sind die Mittagsstunden im Schatten zu verbringen. An die Lichtschutzwirkung von Textilien, Kopfbedeckungen etc. sei erinnert.*

Die Sonnenbrandwirksamkeit der Mittagssonne ist mehrfach höher als die der Vormittags- bzw. der Nachmittagssonne. Beispielsweise beträgt die Zeit bis zum Erreichen der Erythemschwelle der ungeschützten und nicht lichtgewöhnten Haut im Sommer in Mitteleuropa ungefähr 30 Minuten (im Mittelmeerraum um die Mittagszeit ca. 20 Minuten). Die Bräunungswirksamkeit der indirekten (gestreuten und reflektierten) ultraviolett Strahlung der Mittagssonne ist übrigens etwa genauso groß wie die der direkten UV-Strahlung der Vormittags- bzw. Nachmittagssonne. Daher wird eine Bräunung auch erreicht, ohne daß eine direkte Sonnenbestrahlung stattfindet.

- *Es sollten Sonnenschutzmittel mit ausreichendem Lichtschutz benutzt werden. Die Benutzung der Sonnenschutzmittel ist jedoch kein Freibrief für exzessive Besonnung.*

Lichtschutzmittel sollten mindestens 30 Minuten vor der Besonnung aufgetragen werden. Für nicht lichtgewöhnte Haut sollten Mittel mit Lichtschutzfaktoren von 6 bis 10, bei besonders empfindlicher Haut solche mit einem Lichtschutzfaktor von mehr als 10 verwendet werden. Nach der Lichtgewöhnung kann der Lichtschutzfaktor erniedrigt werden. Bei sehr langem Aufenthalt in der Sonne sollte die Anwendung wiederholt werden. Aus Sicherheitsgründen sollten nach dem Baden auch wasserfeste Lichtschutzmittel wiederholt aufgetragen werden. Es sei daran erinnert, daß Sonnenschutzmittel mit hohen Schutzfaktoren zum Schutz empfindlicher Haut entwickelt wurden, der Gebrauch von Sonnenschutzmitteln allein zur Verlängerung der Aufenthaltszeit in der Sonne macht die Vorteile der Anwendung dieser Mittel wieder zunichte. Zudem bieten die Sonnenschutzmittel keinen ausreichenden Schutz vor der längerwelligen UV-A-Strahlung.

Es kann beim Gebrauch von Lichtschutzmitteln zu allergischen Reaktionen (mit und ohne Lichteinfluß) kommen. Das Produkt darf dann von dieser Person nicht weiter verwendet werden.

- *Bei Sonneneinstrahlung ist auf die Verwendung von Parfüms, Deodorants und anderen Kosmetika zu verzichten.*

Bei der Anwendung von Kosmetika können in Verbindung mit UV-Bestrahlung helle oder dunkle Flecken (Pigmentstörungen) oder Reizungen der Haut auftreten, die oft länger bestehen bleiben.

- *Wer Medikamente einnimmt, sollte vor dem "Sonnenbaden" den behandelnden Arzt befragen.*

Bestimmte Arzneimittel erhöhen die Lichtempfindlichkeit der Haut oder lösen lichtbedingte Allergien aus.

- *Die Zahl der "Sonnenbäder" soll etwa 50 pro Jahr nicht überschreiten. Es sollte stets ein Sonnenbrand vermieden werden.*

Unter einem "Sonnenbad" wird hier eine UV-Bestrahlung mit einer Dauer und Intensität verstanden, bei der eine sichtbare Hautrötung gerade nicht auftritt. Es wird empfohlen, sich nicht häufiger als etwa 50 mal pro Jahr einer solchen UV-Bestrahlung auszusetzen (Bestrahlungen durch Sonne und Solarien zusammengezählt). Bei entsprechend kürzeren Bestrahlungszeiten sind häufigere Besonnungen akzeptabel.

Gegen eine Vorbräunung mit UV-A-Strahlen in Solarien als Schutz gegen Sonnenbrand bestehen Vorbehalte, da der Eigenschutz der Haut durch die Bestrahlung mit UV-A nicht erhöht wird (kein Aufbau eines Pigmentschutzes oder einer Lichtschwiele durch UV-A-Strahlen). Sollte eine Lichtgewöhnung der Haut notwendig sein, sollte dieses unter ärztlicher Beratung durchgeführt werden.

2.2 Verhalten bei Anwendung von UV-Bestrahlungsgeräten

Bei einer Bräunung durch kommerziell betriebene oder für den Hausgebrauch bestimmte UV-Bestrahlungsgeräte können die gleichen akuten und chronischen Strahlenwirkungen auftreten wie bei der Bräunung in der Sonne. Die schädigende Wirkung der UV-Strahlen nimmt mit zunehmender Wellenlänge in ähnlicher Weise ab wie die Bräunungswirksamkeit. Im langwelligen UV-Bereich werden daher einerseits große Bestrahlungsstärken zur Erzeugung einer bestimmten Pigmentierung benötigt, andererseits nimmt damit gleichzeitig auch die schädigende Wirkung der UV-Strahlen zu. Dieses ergibt bei gleicher Bräunung das gleiche Risiko für Spätfolgen, gleich welche UV-Strahlen (UV-B oder UV-A) verwendet werden. Die Ausfilterung bestimmter Wellenlängenbereiche ergibt somit keine Verminderung des Risikos.

Neben den bei der Sonnenbestrahlung genannten Schutzmaßnahmen sind folgende weitere Schutzhinweise zu beachten:

- Bei Vorliegen von Hautkrankheiten ist vor der Bestrahlung ein Arzt zu befragen.
- Bei krankhaften Hautreaktionen infolge Sonnenbestrahlungen keine UV-Bestrahlungsgeräte benutzen.

- Wenn sich Entzündungen oder Blasen auf der Haut bilden, ist sofort ein Arzt aufzusuchen.
- Es ist eine geeignete Schutzbrille zu tragen. Personen, die an der Augenlinse wegen des grauen Stars operiert sind, müssen hierauf unbedingt achten, um eine Gefährdung der Augen auszuschließen.
- Kosmetika sollten möglichst einige Stunden vor der Bestrahlung entfernt werden.
- Keine Sonnenschutzmittel verwenden.

Sonnenschutzmittel sind für den Schutz der Haut vor UV-B-Strahlen der Sonne entwickelt worden, da die UV-B-Strahlen 100 bis 1000 mal erythemwirksamer sind als die UV-A-Strahlen. Gegen UV-A-Strahlen, diese werden vorwiegend von den heute üblichen Bestrahlungsleuchten emittiert, schützen die Sonnenschutzmittel nicht.

- Vorsicht bei der UV-Bestrahlung nach Einnahme von Medikamenten.

Es gibt Medikamente, die als Nebenwirkung die UV-Empfindlichkeit der Haut erhöhen. Bei einigen Hochleistungsstrahlern können die Strahlungsanteile im UV-Bereich viel höher sein als bei der Sonnenstrahlung. Dadurch können nach der Einnahme solcher Medikamente die Schwellenbestrahlungsdauern für Sonnenbrände, phototoxische und photoallergische Hautreaktionen sehr kurz werden (einige Minuten). Dabei können schwere Zwischenfälle sogar mit tödlichem Ausgang auftreten. Beispiele für solche Medikamente sind Antibiotika, Psychopharmaka, Diuretika (Entwässerungsmittel). Im Zweifelsfalle den Arzt befragen. (Stoffe und Arzneimittel, die allergische und phototoxische Reaktionen auslösen können, sind im Anhang 4 genannt).

- Es sollten die auf dem Bestrahlungsgerät oder die in der zugehörigen Gebrauchsanweisung angegebenen Anfangs- und Höchstbestrahlungsdauern nicht überschritten werden. Für die einzelnen Hauttypen sind diese Bestrahlungsdauern unterschiedlich groß.

3 Forderungen an Betreiber und Betriebspersonal von Solarien

Es wird empfohlen, daß die Betreiber und das Betriebspersonal von Solarien ihre Fachkunde durch entsprechende Schulung nachweisen. Der Erhalt der Fachkunde sollte durch wiederkehrende Schulung gewährleistet werden. Betreiber und Betriebspersonal von Solarien sind zur Aufklärung und Beratung verpflichtet. Die Grenzwertempfehlungen der Internationalen Strahlenschutzassoziation IRPA/INIRC (Health Physics 56, 1989, S. 971 - 972) sind zu beachten.

Sonnenstudios und vergleichbare Einrichtungen sind so zu führen, daß sie in allen Bereichen der Hygiene nicht zu beanstanden sind.

Regeln und Hinweise für Betreiber von Solarien:

- a) An den Bestrahlungsgeräten oder im Bestrahlungsraum muß der Hinweis "Vorsicht, UV-Strahlung kann Schäden an Augen und Haut verursachen, Schutzhinweise beachten" deutlich lesbar und dauerhaft angebracht sein.

Desweiteren müssen Angaben zur Bestrahlungsstärke in der Wirkungsebene sowie zur Anfangs- und Höchstbestrahlungsdauer für die Hauttypen II, III, IV an jedem Gerät deutlich lesbar und dauerhaft angebracht sein.

- b) Der Text der Schutzhinweise (Abschnitt 2.2) ist zusammen mit den Regeln und Hinweisen c) bis h) in die Gebrauchsanweisungen von Solarien aufzunehmen. Diese sind im Bestrahlungsraum sichtbar anzubringen und dem Benutzer auf Wunsch auszuhändigen.

Der Text der Schutzhinweise ist bei Geräten für den Hausgebrauch den Gebrauchsanweisungen beizufügen.

- c) Der nicht pigmentierende Hauttyp I und Kinder dürfen grundsätzlich nicht der Bestrahlung von Solarien und Heimsonnen ausgesetzt werden.

Die Höchstbestrahlungsdauer für den Hauttyp II sollte bei anderen Hauttypen nur bei sicherer Kenntnis des Hauttyps überschritten werden.

- d) Die Benutzer sind auf Umstände, die möglicherweise eine Solarienanwendung verbieten, wie Sonnenunverträglichkeit, bestimmte Hautkrankheiten, Einnahme bestimmter Medikamente und Verwendung von Kosmetika, hinzuweisen.

- e) Es muß auf das Tragen von Schutzbrillen geachtet werden, diese sind vom Betreiber bereitzustellen.

UV-Strahlen sowie das von UV-Bestrahlungslampen ausgesendete sichtbare Licht (insbesondere im blauen Bereich) können zur Schädigung der Augen führen (z.B. Entzündungen, Linsentrübungen und Netzhautschäden). Zur Vermeidung solcher Schäden sind geeignete Schutzbrillen aus UV-strahlenundurchlässigem Plastikmaterial oder Schutzbrillen nach DIN 4647, Teil 2, Schutzstufe 3-3 oder 3-4 auszuhändigen. Personen, die wegen des grauen Stars an der Augenlinse operiert sind, müssen unbedingt Schutzbrillen tragen, um eine Exposition der Augennetzhaut (Retina) auszuschließen.

- f) UV-Strahlen können die Haut akut (Erythem, Blasen, Nekrosen) und chronisch (Elastose, Karzinom) schädigen.

Für die Bewertung der Spätwirkungen ist die spektrale Wirkungsfunktion für die Erythembildung nach CIE (s. Anhang 3) zugrunde zu legen, d.h. das UV-Erythem wird als Indikator für das Auftreten chronischer Hautveränderungen durch UV-Strahlung angesehen. Zu Sonnenbrand führende Bestrahlungen erhöhen das Hautkrebsrisiko in besonderen Maßen. Die Schwellenbestrahlung für das Erythem darf daher während einer Bestrahlung keinesfalls überschritten werden.

Werden Bestrahlungsgeräte mit hoher UV-A-Bestrahlungsstärke eingesetzt, kann die Schwellenbestrahlungsdauer für phototoxische und photoallergische Hautreaktionen sehr kurz sein.

- g) Das Bestrahlungsgerät darf nicht in Betrieb gesetzt werden, wenn Mängel vorhanden sind (z.B., wenn die Zeitschaltuhr oder die Filter defekt sind).
- h) Reparaturen sind fachgerecht vorzunehmen. Die Werte der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke der Anfangs- und Höchstbestrahlungsdauer sind nach Reparaturen, Filter- und Lampenwechsel erneut festzustellen und die Angaben am Bestrahlungsgerät sind entsprechend zu korrigieren.

4 Anforderungen zur Gerätesicherheit

Für alle UV-Bestrahlungsgeräte soll der Hersteller Informationen über die Benutzung der Geräte geben. Insbesondere sind Empfehlungen bezüglich Bestrahlungsdauer und Zeitintervall zwischen den Bestrahlungen anzugeben. Für die Kennzeichnung der Geräte und die Inhalte der Bedienungsanweisungen sind die Sachinhalte der entsprechenden Normen zu beachten.

Für jedes UV-Bestrahlungsgerät (Gerätetyp) ist in der Wirkungsebene die erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er} anhand der in Anlage 3 angegebenen spektralen Wirkungsfunktion sowie die Schwellenbestrahlungsdauer für die Erythembildung $t_{s,er}$ (Höchstbestrahlungsdauer) zu bestimmen. Diese sind am Gerät deutlich lesbar für die Hauttypen II, III, IV anzugeben. Für die Bestimmung der Höchstbestrahlungsdauern sind die erythemwirksame Bestrahlungsstärke des Gerätes und die erythemwirksamen Schwellenbestrahlungen (250 J m^{-2} für Hauttyp II, 350 J m^{-2} für Hauttyp III und 450 J m^{-2} für Hauttyp IV) zugrunde zu legen.

Bei der Anwendung von UV-Bestrahlungsgeräten ist zwischen den für die Allgemeinheit zugänglichen Geräten und solchen für den Hausgebrauch (Heimsolarien) zu unterscheiden. Bei ersteren ist eine ständige Überwachung und Wartung der Geräte, eine Bestrahlung unter Aufsicht von Fachpersonal sowie eine gezielte Information der Benutzer durch das Fachpersonal gefordert. Dieses ist bei Heimsolarien nicht gegeben. Gezielte Informationen der Benutzer bezüglich akuter und chronischer Strahlenrisiken sind nur durch Hinweise in den Gebrauchsanweisungen möglich. Zur Reduzierung gesundheitlicher Strahlenrisiken bei Anwendung von Heimsolarien ist es daher erforderlich, die erythemwirksame Bestrahlungsstärke dieser Geräte stärker zu begrenzen als bei den Geräten, deren Nutzung und Betrieb von Fachpersonal beaufsichtigt wird. Es wird daher empfohlen:

- UV-Bestrahlungsgeräte, die von Fachpersonal betrieben und beaufsichtigt werden, dürfen in der Wirkungsebene eine erythemwirksame Bestrahlungsstärke $E_{er} = 0,3 \text{ W m}^{-2}$ entsprechend einem Sonnenerythemfaktor von 1 nicht überschreiten. Die Gesamtbestrahlungsstärke eines UV-Bestrahlungsgerätes darf 1200 W m^{-2} in der Wirkungsebene nicht überschreiten.
- UV-Bestrahlungsgeräte für den Hausgebrauch dürfen in der Wirkungsebene eine erythemwirksame Bestrahlungsstärke von $E_{er} = 0,1 \text{ W m}^{-2}$ entsprechend einem Sonnenerythemfaktor von 0,33 nicht überschreiten.

Anhang 1

Begriffe und Definitionen (aus DIN 5050, Entwurf, 1988/89)

1. Erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er}

Die erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er} ist die entsprechend der relativen spektralen biologischen Empfindlichkeit $s(\lambda)_{er, rel}$ der betrachteten Erythemwirkungsreaktion bewertete Bestrahlungsstärke.

$$E_{er} = \int_0^{\infty} E_{\lambda}(\lambda) \cdot s(\lambda)_{er, rel} \cdot d\lambda$$

Einheit: Wm^{-2}

Hierin bedeuten:

E_{er} erythemwirksame Bestrahlungsstärke

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

$s(\lambda)_{er, rel}$ relative spektrale Empfindlichkeit der Erythemwirkung für die UV-Erythemreaktion.

2. Erythemwirksame Bestrahlung (Dosis) H_{er}

Die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} ist das Integral der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke E_{er} über die Zeit t (t_f : Dauer des Bestrahlungsvorganges).

$$H_{er} = \int_0^{t_f} E_{er} dt$$

Einheit: Jm^{-2}

3. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung $H_{s, er}$

Diejenige erythemwirksame Bestrahlung H_{er} , die eine gerade merkliche Schwellenreaktion erzeugt, wird als erythemwirksame Schwellenbestrahlung $H_{s, er}$ bezeichnet.

Für den Wert der erythemwirksamen Schwellenbestrahlung für den menschlichen Körper (hellhäutiger Europäer: Hauttyp II) wird festgelegt:

$$H_{s, er} = 250 \text{ Jm}^{-2}$$

4. Schwellenbestrahlungsdauer für die Erythembildung $t_{s, er}$

Die Schwellenbestrahlungsdauer für die Erythembildung $t_{s, er}$ ist diejenige Bestrahlungsdauer, nach der bei gegebener erythemwirksamer Bestrahlungsstärke E_{er} die Schwellenbestrahlung $H_{s, er}$ erreicht wird.

$$t_{s, er} = H_{s, er} / E_{er}$$

5. Sonnenerthemfaktor SEF

Der Sonnenerthemfaktor SEF ist das Verhältnis der durch das Bestrahlungsgerät erzeugten erythemwirksamen Bestrahlungsstärke $E_{er,Gerät}$ zur erythemwirksamen Bestrahlungsstärke der Globalstrahlung $E_{er,Gl}$ am Referenz-Sonnentag bei der Sonnenhöhe $\gamma = 90^\circ$.

$$SEF = \frac{E_{er,Gerät}}{E_{er,Gl}}$$

Dieser Faktor ist gleich dem umgekehrten Verhältnis der erythemwirksamen Schwellenbestrahlungsdauer für das Bestrahlungsgerät und der Globalstrahlung am Referenz-Sonnentag.

6. Referenz-Sonnentag

Wird die photobiologisch wirksame Bestrahlung durch UV-Bestrahlungsgeräte mit der durch die natürliche Globalbestrahlung verglichen, so sind als Maximalwerte der erythemwirksamen Bestrahlungsstärken der Globalstrahlung die Werte nach Tabelle 1 anzusetzen.

Tab. 1: *Maximalwerte der erythemwirksamen Bestrahlungsstärken der Globalstrahlung*

$\gamma [^\circ]$	$E_{er} [\text{Wm}^{-2}]$
10	0,0053
30	0,054
60	0,21
90	0,30

Hierin bedeuten:

γ Sonnenhöhe

E_{er} erythemwirksame Bestrahlungsstärke.

Als Referenz-Sonnentag wird ein Tag bezeichnet, an dem diese Maximalwerte der erythemwirksamen Bestrahlungsstärken der Globalstrahlung vorliegen. Sie hängen von der Jahreszeit und der geographischen Breite ab, siehe Beispiel in Tabelle 2.

Tab. 2: Erythemwirksame Bestrahlungen am 21. Juni

Φ_N [°]	H_{er} [kJ m ⁻²]
23,5	6,5
50	5,6

Hierin bedeuten:

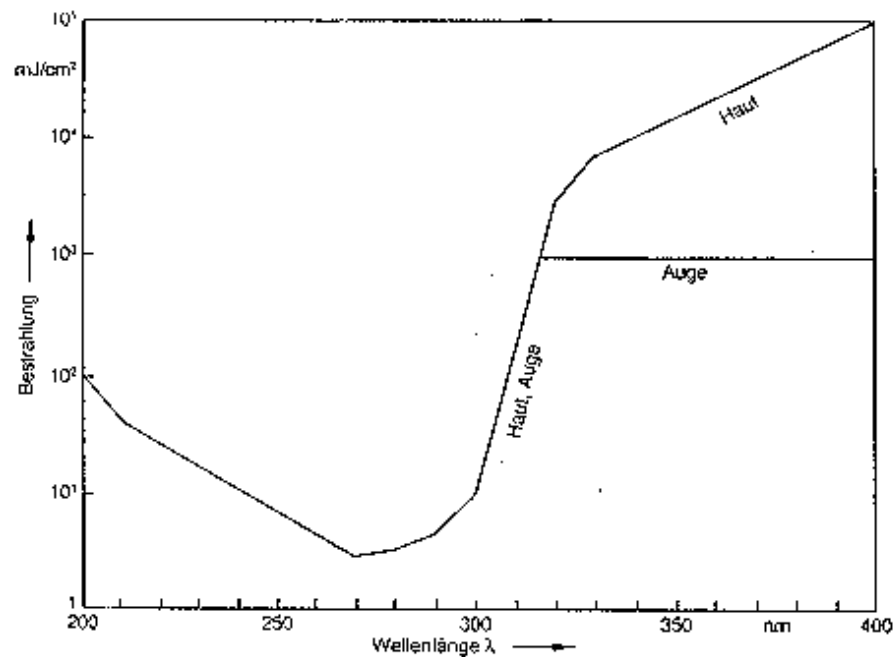
Φ_N nördliche geographische Breite

H_{er} erythemwirksame Bestrahlung

7. Lichtschutzfaktor

Der Lichtschutzfaktor ist ein Maß für die Wirksamkeit des Sonnenschutzmittels. Der Faktor gibt an, um wieviel länger sich der Anwender bei gleicher Bestrahlungsstärke und gleicher Hautreaktion der Strahlung aussetzen kann als ohne das Schutzmittel.

Anhang 2: Grenzwerte für berufsbedingte Exposition



Expositionswerte für allgemeine oder berufsbedingte 8-stündige UV-Exposition zur Vermeidung gesundheitsschädlicher Wirkungen an Haut und Auge (ungeschützt).

Für breitbandige UV-Strahlungsquellen ist die wirksame Bestrahlung unter Zuhilfenahme der relativen spektralen Empfindlichkeiten zu ermitteln, die in der nebenstehenden Tabelle angegeben sind (IRPA/INIRC Guidelines, Health Physics 56(6): 971-972, 1989).

Expositionsgrenzwerte für Ultraviolettstrahlung für eine 8h-Periode sowie relative spektrale Empfindlichkeit $s(l)_{er, rel}$. Für den UV-A-Bereich zwischen 315 und 400 nm sollte die Gesamtbestrahlung für das ungeschützte Auge innerhalb einer 8h-Periode einen Wert von 10 kJ/m^2 (1 J/cm^2) nicht überschreiten.

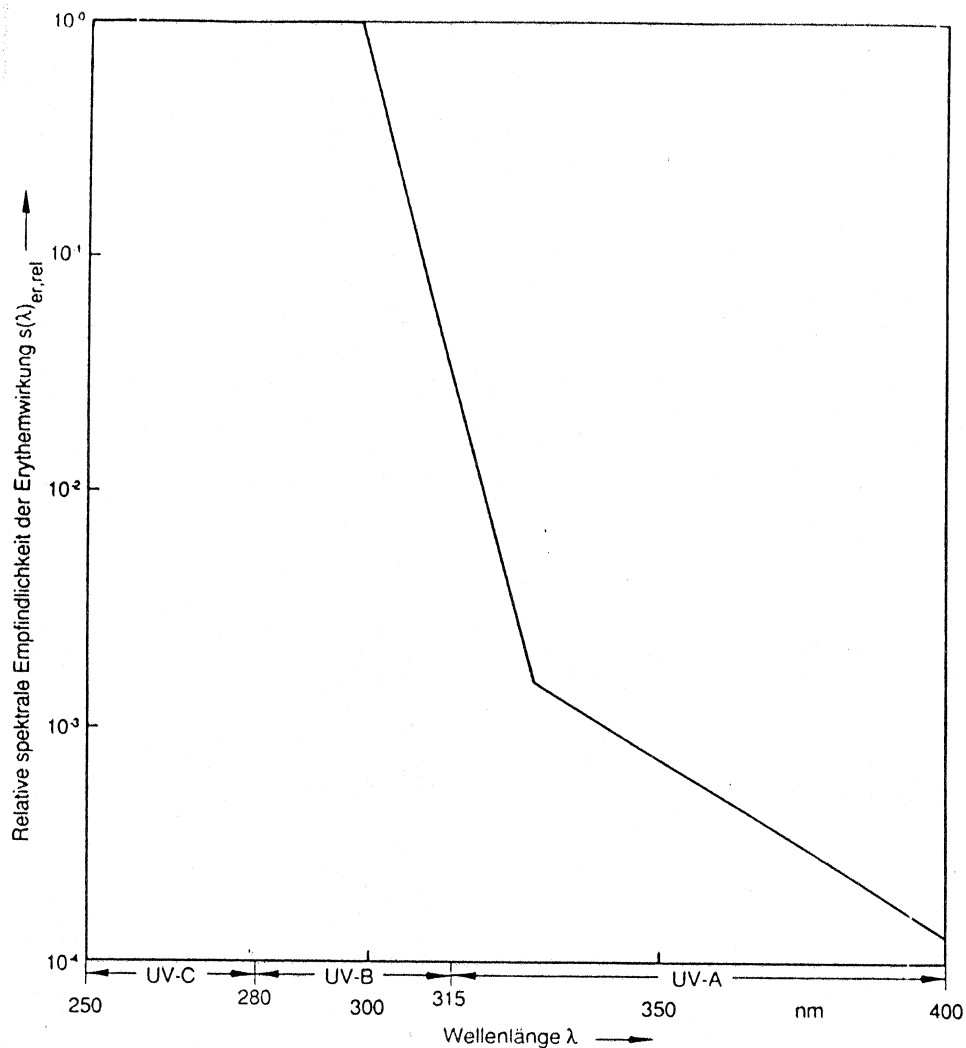
Wellenlänge ^{a)} [nm]	Expositionsgrenzwert		relative spektrale Empfindlichkeit $s(l)_{er, rel}$
	J/m^2	mJ/cm^2	
180	2.500	250	0,012
190	1.600	160	0,019
200	1.000	100	0,030
205	590	59	0,051
210	400	40	0,075
215	320	32	0,095
220	250	25	0,120
225	200	20	0,150
230	160	16	0,190
235	130	13	0,240
240	100	10	0,300
245	83	8,3	0,360
250	70	7,0	0,430
254 ^{b)}	60	6,0	0,500
255	58	5,8	0,520
260	46	4,6	0,650
265	37	3,7	0,810
270	30	3,0	1,000
275	31	3,1	0,960
280 ^{b)}	34	3,4	0,880
285	39	3,9	0,770
290	47	4,7	0,640
295	56	5,6	0,540
297 ^{b)}	65	6,5	0,460
300	100	10	0,300
303 ^{b)}	250	25	0,190
305	500	50	0,060
308	1.200	120	0,026
310	2.000	200	0,015
313 ^{b)}	5.000	500	0,006
315	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$	0,003

- a) Ausgewählte Wellenlängen, Expositionsgrenzwerte für andere Wellenlängen können durch Interpolation ermittelt werden.
- b) Emissionslinien für ein Quecksilberdampf-Entladungsspektrum

Wellenlänge ^{a)} [nm]	Expositionsgrenzwert		relative spektrale Empfindlichkeit $s(l)_{er,rel}$
	J/m ²	mJ/cm ²	
316	$1,3 \times 10^4$	$1,3 \times 10^3$	0,0024
317	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	0,0020
318	$1,9 \times 10^4$	$1,9 \times 10^3$	0,0016
319	$2,5 \times 10^4$	$2,5 \times 10^3$	0,0012
320	$2,9 \times 10^4$	$2,9 \times 10^3$	0,0010
322	$4,5 \times 10^4$	$4,5 \times 10^3$	0,00067
323	$5,6 \times 10^4$	$5,6 \times 10^3$	0,00054
325	$6,0 \times 10^4$	$6,0 \times 10^3$	0,00050
328	$6,8 \times 10^4$	$6,8 \times 10^3$	0,00044
330	$7,3 \times 10^4$	$7,3 \times 10^3$	0,00041
333	$8,1 \times 10^4$	$8,1 \times 10^3$	0,00037
335	$8,8 \times 10^4$	$8,8 \times 10^3$	0,00034
340	$1,1 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	0,00028
345	$1,3 \times 10^5$	$1,3 \times 10^4$	0,00024
350	$1,5 \times 10^5$	$1,5 \times 10^4$	0,00020
355	$1,9 \times 10^5$	$1,9 \times 10^4$	0,00016
360	$2,3 \times 10^5$	$2,3 \times 10^4$	0,00013
365 ^{b)}	$2,7 \times 10^5$	$2,7 \times 10^4$	0,00011
370	$3,2 \times 10^5$	$3,2 \times 10^4$	0,000093
375	$3,9 \times 10^5$	$3,9 \times 10^4$	0,000077
380	$4,7 \times 10^5$	$4,7 \times 10^4$	0,000064
385	$5,7 \times 10^5$	$5,7 \times 10^4$	0,000053
390	$6,8 \times 10^5$	$6,8 \times 10^4$	0,000044
395	$8,3 \times 10^5$	$8,3 \times 10^4$	0,000036
400	$1,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^5$	0,000030

- a) Ausgewählte Wellenlängen, Expositionsgrenzwerte für andere Wellenlängen können durch Interpolation ermittelt werden.
- b) Emissionslinien für ein Quecksilberdampf-Entladungsspektrum

Anhang 3: Wirkungsfunktion der UV-Strahlung



Die abgebildete Kurve entspricht der relativen spektralen Empfindlichkeit $s(\lambda)_{er,rel}$ nach IEC 335-2-27 von 1984 und nach PrEN 60 335-2-27^{*)}. Sie ist in folgender Form festgelegt:

$$\begin{aligned}
 s(\lambda)_{er,rel} &= 1 && \text{für } \lambda \leq 298 \text{ nm} \\
 s(\lambda)_{er,rel} &= 10^{0,094(298-\lambda/\text{nm})} && \text{für } 298 \text{ nm} < \lambda \leq 328 \text{ nm} \\
 s(\lambda)_{er,rel} &= 10^{0,015(139-\lambda/\text{nm})} && \text{für } 328 \text{ nm} < \lambda \leq 400 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

^{*)} dieser Europäischen Norm (EN) entspricht die deutsche Norm DIN-VDE 0700, Teil 27

Anhang 4: Stoffe und Arzneimittel, die phototoxische bzw. photoallergische Reaktionen auslösen können (Auswahl)

Kurzbezeichnung/ Stoffklassen	Pharmakologische Stoffgruppe	Handelsname
Äußerliche Anwendung		
Teerinhaltstoffe	Dermatika	
Halogen-salicylamide	Antimykotika	Multifungin®
Furocumarine (Ammoidin)	Photochemotherapeutikum	Meladinine® (auch innerlich angewandt)
Innerliche Anwendung		
Sulfonylharnstoffe	Antidiabetika	Euglucon®, Rastinon®
Sulfonamide	Chemotherapeutika	
Chinolone (Gyrasehemmer)	Antibiotika	Tarivid®, Ciprobay®, Nogram®
Tetracycline	Antibiotika	
Chloroquin	Antimalariamittel/ Antirheumatikum	Resochin®
Mefloquin	Antimalariamittel	Lariam®
Phenothiazine	Neuroleptika/ Antihistaminika	Patosil®, Neurocil®, Psyquil®, Melleril®, Taxilan®
Hydrochlorothiazid	Diuretika	Esidrix®, Dytide® H, Moduretik®
Diphenylethanolamine	Antihistaminika Antitussiva	Soventol® Benadryl®

® = eingetragenes Warenzeichen

Die Nennung der Handelspräparate erfolgt lediglich beispielhaft; teilweise ist die Angabe einzelner Handelsnamen aufgrund der großen Zahl von Präparaten nicht sinnvoll möglich.