

Hautkrebs nach UV-Strahlungsexposition Eine Hilfestellung für die BK-Sachbearbeitung

Inhalt:

- 1 Vorwort / Präambel**
- 2 Medizinisches Bild**
 - **2.1 Welche Voraussetzungen müssen vorliegen?**
 - **2.2 Was ist zu ermitteln?**
- 3 Arbeitstechnische Voraussetzungen – Exposition**
 - **3.1 Welche Voraussetzungen müssen vorliegen?**
 - **3.2 Was ist zu ermitteln?**
- 4 Kausalitätsbewertung**
- 5 Minderung der Erwerbsfähigkeit**
- 6 § 3 BKV und Heilbehandlung**

Anhang A: Ermittlung der UV-Dosis allgemein

Anhang B: Ermittlung der UV-Dosis bei Schweißarbeiten

Anhang C: Offene Fragen

Anhang D: Erläuterung von Begriffen

Anhang E: Umrechnung von Bestrahlungsgrößen

Anhang F: Umrechnung der UV-Bestrahlung für verschiedene Stellen des Körpers

Quellenverzeichnis

Autoren

1 Vorwort / Präambel

Bereits seit Jahren liegt die Erkenntnis vor, dass UV-Strahlung grundsätzlich geeignet ist, Hautkrebserkrankungen zu verursachen. Hautkrebserkrankungen nach arbeitsbedingter Einwirkung von UV-Strahlung wurden bisher jedoch selten nach § 9 Abs. 2 SGB VII anerkannt.

Jeder Mensch ist unabhängig von seinem beruflichen Betätigungsfeld der Einwirkung von UV-Strahlung ausgesetzt. UV-Strahlung ist somit eine allgemein wirkende Noxe. Daraus ergibt sich eine unter Beachtung des in der gesetzlichen Unfallversicherung geltenden Kausalitätsprinzips vorzunehmende schwierige Abgrenzung, bei der u. a. die Frage zu beantworten ist, ob die arbeitsbedingte Exposition gegenüber UV-Strahlung eine rechtlich wesentliche Ursache der im Einzelfall vorliegenden Hautkrebserkrankung ist, oder aber die außerberufliche Einwirkung die allein rechtlich wesentliche Ursache darstellt.

Aktuell wird im Ärztlichen Sachverständigenbeirat des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) diese Thematik dahingehend geprüft, ob neue wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen, die eine Aufnahme dieses Krankheitsbildes in die Berufskrankheiten-Liste rechtfertigen.

Spätestens seit der Diskussion zur Empfehlung für die Begutachtung von Haut- und Hautkrebserkrankungen (Bamberger Merkblatt) im Juni 2008 in Potsdam ist jedoch festzuhalten, dass die durch UV-Strahlung bedingten Hautkrebserkrankungen an Bedeutung für die Berufskrankheiten-Sachbearbeitung der UV-Träger gewinnen werden. In der Empfehlung für die Begutachtung von Haut- und Hautkrebserkrankungen (Bamberger Merkblatt) wurde keine grundsätzliche Empfehlung für die Anerkennung von Hautkrebserkrankungen nach UV-Strahlungsexposition mit Bestimmung einzelner Personengruppen, bei denen im Vergleich zur übrigen Bevölkerung eine wesentlich erhöhte Gefahr der Krankheitsentstehung existiert, ausgesprochen. Es wurde jedoch auf die Möglichkeit der Anerkennung nach § 9 Abs. 2 SGB VII wie eine Berufskrankheit hingewiesen.

An dieser Stelle soll diese Hilfestellung ansetzen, da es bislang kaum möglich erscheint, grundsätzliche und allgemein gültige Anerkennungsvoraussetzungen zu formulieren. Da es aber im Sinne der Rechtssicherheit und der Gerechtigkeit nicht tragbar ist, alle Betroffenen nunmehr mit der aus medizinischer und rechtlicher Sicht schwierigen Situation allein zu lassen, sollen hier die Punkte zusammengestellt werden, die entweder als derzeit gesicherte Erkenntnislage gelten oder bei denen sich zumindest im Sinne einer möglichst einheitlichen Bearbeitungsweise eine Richtung abzeichnet.

Im Hinblick auf die bereits initiierten Aktivitäten zu diesem Themengebiet ist zu erwarten, dass die hier zusammengefassten Hinweise u. U. bereits in kurzer Zeit aktualisiert oder geändert werden müssen, sobald sich entsprechend neue Erkenntnisse ergeben. Insoweit erhebt diese Hilfestellung weder einen Anspruch auf Vollständigkeit noch auf permanente Aktualität. Vor diesem Hintergrund sind Anregungen und Hinweise der Nutzer dieser Hilfestellung wichtig und erwünscht. Bitte leiten Sie daher Ihre Anmerkungen an das Referat Berufskrankheiten der DGUV weiter.

Wie bei anderen Krebserkrankungen besteht auch beim Hautkrebs durch UV-Strahlung die Notwendigkeit einer besonders intensiven Kommunikation zwischen den an den Ermittlungen Beteiligten, wie dem Berufskrankheiten-Sachbearbeiter (BK-SB), den Erkrankten, den Ärzten (Behandler, Betriebsärzte und ggf. auch Gutachter, aber auch Gewerbeärzte), sowie dem Präventionsdienst (PD).

2 Medizinisches Bild

2.1 Welche Voraussetzungen müssen vorliegen?

A Tumortyp

Bereits in der Empfehlung für die Begutachtung von Haut- und Hautkrebserkrankungen (Bamberger Merkblatt) ist festgehalten, dass nicht alle Arten von Hauttumoren wie eine durch arbeitsbedingte UV-Strahlung verursachte Berufskrankheit anerkannt werden können. Der erforderliche wissenschaftliche Erkenntnisstand liegt derzeit für Plattenepithelkarzinome der Haut incl. der Bowenkarzinome einschließlich der aktinischen Keratosen, die als carcinoma in situ gelten, vor. Diese Tumoren können an einzelnen oder an mehreren Körperstellen auftreten.

Bei den Basaliomen ist die medizinisch-wissenschaftliche Diskussion noch nicht abgeschlossen; hinsichtlich anderer Krebsarten (z. B. maligne Melanome, Lymphome der Haut) liegt derzeit kein Erkenntnisstand vor, der aktuell eine grundsätzliche Anerkennungsempfehlung rechtfertigen würde.

B Lokalisation

Die Lokalisation der festgestellten Hautkrebse muss mit der arbeitsbedingten UV-Strahlung in Einklang zu bringen sein: Sie müssen an den Körperstellen auftreten, an denen die arbeitsbedingte UV-Strahlungsexposition tatsächlich stattgefunden hat. Lässt sich keine Übereinstimmung vom Ort der Strahlungseinwirkung und dem Auftreten der Hautkrebse herstellen, kommt eine arbeitsbedingte Verursachung schon deshalb nicht in Betracht und eine weitere Prüfung erübrigt sich.

C Zeichen chronischer Lichtschäden

Darüber hinaus sollten in den Körperregionen der aufgetretenen Hautkrebse Zeichen einer chronischen Lichtschädigung festzustellen sein. Dabei kommen z. B. in Betracht:

- Cheilosis aktinika
- „Altes Gesicht“, tiefe Falten (Ausnahme mimische Falten)
- Teleangiektasien
- Hypo- und Hyperpigmentierungen
- Atrophien
- Faltenbildungen am Nacken

2 **Medizinisches Bild**

2.2 **Was ist zu ermitteln?**

Art der Erkrankung

Es ist die konkrete Diagnose zu ermitteln, wobei sie histologisch zu sichern ist. Ferner ist der Verlauf der Erkrankung sowie der Behandlung seit der erstmaligen Diagnosestellung durch entsprechende Arztberichte zu dokumentieren.

Anzeichen von Lichtschädigungen

Zu ermitteln ist auch, ob zusätzliche Anzeichen für eine chronische UV-Strahlenschädigung der Haut vorliegen.

Lokalisation der Erkrankung

Die genaue Beschreibung der Lokalisation (Lokalisation, ggf. Umfang, übereinstimmende Lokalisation mit der Lage der Strahlungseinwirkung, etc. s. o.) ist zwingend erforderlich. Zu prüfen ist insoweit auch, ob die Erkrankung an den Körperstellen aufgetreten ist, auf die eine arbeitsbedingte UV-Strahlung tatsächlich einwirkte und die nicht z. B. durch Textilien oder spezielle Schutzmaßnahmen (z. B. bei Schweißern) geschützt wurden.

Hautstatus

Ferner ist (in aller Regel im Rahmen der Begutachtung) für die spätere Kausalitätsbewertung der Hautstatus am gesamten Körper zu beschreiben, es soll also eine Ganzkörperuntersuchung der Haut erfolgen.

Hauttyp

Es ist der Hautlichttyp nach Fitzpatrick zu bestimmen, um die Einschätzung der individuellen Lichtempfindlichkeit vornehmen zu können. Diese Feststellung ist Bestandteil der dermatologisch-gutachterlichen Befunderhebung (zur Kausalitätsbewertung siehe auch Punkt 4).

Definition: Bei der Bestimmung des Lichttyps (phototyping) nach Fitzpatrick handelt es sich um eine Ermittlung der individuellen Antwort der Haut auf Sonnenexposition ausgehend von den personenbezogenen anamnestischen Angaben des Betroffenen zu Sonnenbrand und Bräunungsverhalten (Pigmentierung). Diese Fragen sollten im Interviewverfahren gestellt werden.

1. Hierzu wird der Proband befragt, wie erfahrungsgemäß seine Haut im Frühsommer nach einer 45-60min Sonnenexposition um die Mittagszeit (Breitengrad 20°-40°) reagieren würde oder reagiert hat.
2. Außerdem wird nach dem Bräunungsverhalten gefragt.
 - Der Lichttyp 1: Bekommt schnell einen Sonnenbrand und bräunt nicht. Er hat häufig rot-blondes Haar, sehr helle Haut, Sommersprossen und meist blaue Augen.
 - Der Typ 2: Bekommt einen Sonnenbrand – bräunt schlecht und/oder unregelmäßig. Man erkennt ihn an blonden oder hellbraunen Haaren. Augen sind blau oder braun.
 - Der Typ 3 ist in Europa am häufigsten. Bekommt bei der o. g. Fragestellung hin und wieder einen nicht schmerzhaften Sonnenbrand. Bräunt durchschnittlich und gleichmäßig. Er hat meist braune Haare und Augen.

- Der Typ 4: Sonnenbrand nur nach intensivster Bestrahlung. Kein Sonnenbrand nach einer Stunde der o. g. Exposition. Hat eine dunklere Haut und meist schwarze Haare und dunkle Augen. Sehr gutes Bräunungsverhalten.
- Die Lichttypen 5 und 6 sind v. a. in Ländern nahe dem Äquator. Ihre Augen und Haare sind dunkel.

Familienanamnese, Freizeitverhalten

Für die spätere Kausalitätsbewertung werden Angaben zur Familienanamnese (Auftreten von Hautkrebserkrankungen), zur Kindheitsanamnese, zur Anzahl bisheriger Sonnenbrände (aufgeteilt nach Kindheit/Jugend und Erwachsenenalter), zum Freizeitverhalten (z. B. Solariennutzung, eigener Garten, Hobbys, Sport, Sonnenbäder) und zu Urlauben (wann, wie lange, wohin, ggf. wie oft) und den jeweiligen UV-Strahlungsexpositionen benötigt. Auch wenn diese Angaben sich nicht zwingend (nur) unter dem Punkt „Medizinisches Bild“ subsumieren lassen, ist gerade der behandelnde Arzt oftmals in der Lage, diese Punkte qualifiziert zu erfragen. Das schließt selbstverständlich nicht aus, dass diese Informationen (auch) vom BK-Sachbearbeiter bzw. vom Präventionsdienst, ggf. auch vom Gutachter eingeholt werden können.

3 Arbeitstechnische Voraussetzungen – Exposition

3.1 Welche Voraussetzungen müssen vorliegen?

Hauttumoren können sowohl nach der Einwirkung von UV-Strahlung aus künstlichen Quellen als auch aus natürlichen Quellen (Sonne) auftreten.

Für die Wirkungsweise der UV-Strahlung, insbesondere ihrer kanzerogenen Wirkung, sind deren „Strahlungsintensität“ (ausgedrückt als Bestrahlungsstärke E), die Höhe der Strahlungs-dosis (ausgedrückt als Bestrahlung H) und ihre Wellenlänge bzw. ihr Wellenlängenbereich von Bedeutung. Es kann auch eine Rolle spielen, ob die Strahlung gleichmäßig oder intermittierend auf die Haut einwirkt. (Andere Einflüsse sollen an dieser Stelle nicht betrachtet werden.)

Dabei ist die UV-Strahlung wie folgt aufgeteilt: UV-C: 100 nm bis 280 nm, UV-B: 280 nm bis 315 nm, UV-A: 315 nm bis 400 nm. Dies ist aber nur eine grobe Einteilung. Häufig muss man sich die spektrale Verteilung genauer ansehen.

Vom Präventionsdienst sollte eine Beschreibung erbeten werden, die auch Angaben darüber beinhalten sollte, aus welchen Wellenbereichen sich die Strahlungsexposition zusammensetzte.

Für die kanzerogene Wirkung der verschiedenen UV-Wellenlängen ist folgendes zu beachten: Die CIE (Internationale Beleuchtungskommission) hat den Standard S 019.2/E:2005 „Photocarcinogenesis Action Spectrum (Non-Melanoma Skin Cancers)“ herausgegeben. Diese Wirkungsfunktion für die Verursachung von sog. hellem Hautkrebs (Nonmelanoma Skin Cancer) ist zwischen 250 nm und 400 nm definiert. Die bei weitem höchste krebserzeugende Wirkung hat UV-B. Eine geringere Wirkung hat UV-C. Eine noch geringere Wirkung hat UV-A. Allerdings ist in der Sonnenstrahlung wesentlich mehr UV-A als UV-B enthalten, so dass hier ein gegenläufiger Trend existiert. UV-C-Strahlung hat eine krebserzeugende Wirkung, die sogar größer als die von UV-A ist. Sie wird aber von vielen Autoren nicht erwähnt, weil sich die meisten nur mit Sonnenstrahlung beschäftigen. Wenn man UV-Expositionen durch künstliche Strahlenquellen betrachtet, muss man UV-C Strahlung in jedem Fall einbeziehen.

An dieser Stelle empfiehlt sich dann aber doch eine Unterscheidung zwischen natürlicher und künstlicher UV-Strahlung. Bei Tätigkeiten, mit Einwirkung von künstlicher UV-Strahlung (z. B. Schweißer, bestimmte Trocknungsverfahren, Rissprüfung etc.) können z. T. erhebliche Bestrahlungsstärken auftreten, wie sie bei natürlicher UV-Strahlung in keinem Fall anzutreffen sind (BGIA 2007). Hierbei sind Bestrahlungsdauern von wenigen Sekunden bis hin zu mehreren Stunden möglich.

Bislang geht man davon aus, dass – quasi aus technischer Sicht und neben anderen persönlichen und/oder medizinischen Faktoren - die kumulative Lebensbelastungsdosis entscheidend für die Entstehung eines Plattenepithelkarzinoms ist. Dementsprechend ist eine das gesamte Leben des Betroffenen umfassende UV-Strahlungsexposition bis zum erstmaligen Auftreten der Hautkrebs-Erkrankung zur Beurteilung heranzuziehen.

Für die Prüfung des Ursachenzusammenhangs wäre es von Vorteil, wenn eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zugrunde gelegt werden könnte. Leider ist der derzeitige Erkenntnisstand nicht so weit, dass eine Höhe der kumulierten UV-Strahlungsexposition (UV-Dosis, Dauer, Intensität) benannt werden könnte, oberhalb derer mit einer ausreichenden Wahr-

scheinlichkeit von einer arbeitsbedingten Verursachung auszugehen bzw. unterhalb derer eine arbeitsbedingte Verursachung ausgeschlossen werden könnte. Hier ist noch weitere Forschung nötig, um derartige Orientierungswerte künftig bestimmen zu können.

Derzeit bleibt somit nur übrig, die UV-Strahlungsexposition (Art, Dauer, Intensität, Dosis) im Einzelfall so genau wie möglich zu ermitteln, um dieses Ermittlungsergebnis der späteren Kausalitätsbewertung zu Grunde zu legen.

Für die Ermittlungen zu natürlicher UV-Strahlenexposition ist zu beachten, dass die Bestrahlungsstärken vom Sonnenstand abhängig sind. Das bedeutet, dass die Bestrahlungsstärken in Abhängigkeit von der Jahreszeit (im Sommer ist sie bekanntlich höher als im Winter), von der Uhrzeit (in der Mittagszeit mit hohen Sonnenständen nimmt die Bestrahlungsstärke zu) und damit auch vom regionalen Umfeld (Zunahme der Sonnenstände, je mehr man sich regional dem Äquator nähert), sowie der Umgebung (Untergrund wie Wasser, Schnee, Gras) und der Ortshöhe über dem Meeresspiegel differieren.

3 Arbeitstechnische Voraussetzungen – Exposition

3.2 Was ist zu ermitteln?

Für die Kausalitätsbewertung ist die gesamte, lebenslange UV-Strahlungsexposition bis zum Ausbruch der Hautkrebserkrankung von Bedeutung. Es ist daher notwendig, zusammen mit Art, Umfang, Intensität und Dauer der arbeitsbedingten Exposition gegenüber UV-Strahlung auch die nicht arbeitsbedingte UV-Exposition so genau wie möglich zu ermitteln.

Arbeitsbedingte UV-Strahlenexpositionen

Es ist die durch die Bedingungen am Arbeitsplatz hervorgerufene und auf den Wegen zur und von der Arbeit auftretende UV-Strahlenexposition so genau wie möglich zu ermitteln. Die Ermittlung muss alle UV-Strahlenexpositionen während des Arbeitslebens, d. h. während der versicherten Tätigkeit, einbeziehen. Ziel ist die Bestimmung der gesamten arbeitsbedingten UV-Bestrahlung H der Haut vom Beginn bis zum Ende der Arbeit bzw. der Arbeitswege mit UV-Exposition.

Zur genauen Ermittlung der arbeitsbedingten UV-Exposition sollten Expositionsmessungen am Arbeitsplatz des Erkrankten durchgeführt werden. Verfahren zur Messung von UV-Expositionen sind in DIN EN 14255-1 [DIN EN 14255-1] für Expositionen durch künstliche Strahlenquellen und in DIN EN 14255-3 [DIN EN 14255-3] für Expositionen durch die Sonne beschrieben. Außerdem sind die genauen Expositionszeiten (am Tag, im Jahr, während der gesamten UV-exponierten Tätigkeit) zu ermitteln. Lassen sich keine UV-Expositionsmessungen am Arbeitsplatz des Erkrankten durchführen, dann sollten Messungen an einem vergleichbaren Arbeitsplatz durchgeführt werden. Ist auch das nicht möglich, dann sollte versucht werden, über zuverlässige Berechnungen die Exposition zu ermitteln. Ein Beispiel für solche Berechnungen ist im Anhang B für Schweißarbeiten beschrieben. Sofern keine Expositionsmessungen am Arbeitsplatz des Erkrankten möglich sind, ist zu beachten, dass nur mit einer gewissen Unsicherheit die arbeitsbedingte UV-Exposition ermittelt werden kann. Ist diese Unsicherheit zu groß, dann kann u. U. nicht nachgewiesen werden, dass die Voraussetzungen zur BK-Anerkennung hinsichtlich der Höhe der arbeitsbedingten UV-Exposition vorliegen (objektive Beweislosigkeit).

Bei allen Expositionen ist zudem zu prüfen, ob und welche Schutzmaßnahmen vorhanden waren und realistisch genutzt wurden. So gibt es beispielsweise im Bereich der Schweißer Tätigkeiten in begrenzten Räumlichkeiten, bei denen die Nutzung der persönlichen Schutzausrüstung nicht oder nur bedingt möglich war und/oder deren Schutzwirkung infolge von räumlichkeitsbedingten Reflexionen nur sehr eingeschränkt war. Auch der Aspekt der (schützenden) Bekleidung ist in den Ermittlungsergebnissen darzustellen. Es ist in jedem Fall die UV-Exposition der ungeschützten Haut im Bereich der Hautkrebserkrankung zu ermitteln. Nur sie darf zur Kausalitätsbetrachtung herangezogen werden.

Ort der UV-Exposition, Richtung der Strahlung

Besonderes Augenmerk bei der Ermittlung der UV-Strahlungsexposition sollte auf die Körperregionen gerichtet werden, in denen die Erkrankung aufgetreten ist: So kann z. B. die Lokalisation von Erkrankung einerseits und arbeitsbedingter UV-Strahlungsexposition andererseits in der späteren Kausalbewertung der wesentliche Unterscheidungsfaktor sein. Daher ist auch zu beschreiben, wie die Strahlung jeweils bezogen zu dem betroffenen Körperareal gerichtet war (vgl. Beispiel später bei der Kausalitätsbewertung). Somit ist auch eine möglichst genaue Beschreibung der jeweiligen Arbeitsverfahren für die spätere Bewertung von Bedeutung.

Expositionsbedingungen

Es sind so genau wie möglich zu ermitteln:

- alle Arbeitsplätze und Tätigkeiten des Erkrankten, an denen er arbeitsbedingt UV-Strahlung ausgesetzt war.
- Für alle UV-exponierten Arbeitsplätze die Dauer t_{exp} der UV-Exposition während einer einzelnen Tätigkeit, an einem Arbeitstag, in einem Jahr, während aller UV-exponierten Arbeiten
- Die Höhe der UV-Strahlenexposition der ungeschützten Haut als Bestrahlungsstärke E (E_{er} oder E_{nmisc}) während aller UV-exponierten Tätigkeiten
- Aus der jeweiligen Bestrahlungsstärke und der Dauer der UV-Exposition die UV-Bestrahlung H (als H_{er} oder H_{nmisc}) der ungeschützten Haut für die einzelne Tätigkeit, für den Arbeitstag, für das Jahr und für alle Arbeiten mit UV-Exposition (berufliche Lebenszeitdosis)
- Die Strahlungsspektren aller UV-Quellen, von denen die UV-Strahlenexpositionen bei der Arbeit ausgingen
- Bei Arbeiten im Freien auch: geografische Lage, Höhenlage, Jahreszeit(en), Tageszeit(en)
- Bei Arbeiten mit künstlichen Strahlenquellen sind Ort, Abstand und Richtung der Strahlungsexposition zu ermitteln (vgl. Beispiel im Anhang B)

Nicht arbeitsbedingte UV-Strahlenexposition

Hier kommen insbesondere UV-Strahlenbelastungen infolge des jeweiligen Freizeit- und Sportverhaltens, der Urlaube (höhere UV-Strahlenbelastungen infolge „Sonnenbadens“, insbesondere in südlichen Ländern, hohe UV-Strahlenbelastung in äquatornahen Gegenden, Reflexionen der Strahlung bei Aufhalten auf/im Wasser, im Schnee oder dgl.), Tätigkeiten in der Landwirtschaft bzw. im Garten, sportlicher Aktivitäten, Hobby in Betracht. Ferner sind die Kinder- und Jugendzeiten sowie die sich dabei ergebenden Expositionen von Bedeutung.

Die nicht arbeitsbedingten (privaten) UV-Strahlenexpositionen sind für den Zeitraum von der Geburt bis zum erstmaligen Auftreten der Erkrankung so genau wie möglich zu ermitteln. Da in der Regel individuelle Messungen nicht möglich sind, müssen ersatzweise Annahmen zur privaten UV-Exposition gemacht werden. So kann hilfsweise die mittlere UV-Strahlenbelastung der Bevölkerung in Deutschland von $H = 130$ SED pro Jahr zugrunde gelegt werden. Gibt es Hinweise auf erhöhte private UV-Expositionen, z. B. in der Kindheit oder durch Sportaktivitäten, Freizeitverhalten und Urlaube, so sind diese zu berücksichtigen.

Hier ist jeweils zu beachten, dass beispielsweise Expositionen im Kindergarten, der Schule, der Landwirtschaft etc. u. U. dennoch in Zeiten mit Versicherungsschutz in der gesetzlichen Unfallversicherung fallen können, so dass auch insoweit ein intensiver Dialog der beteiligten Ermittler notwendig ist.

Für die Erfassung und Gegenüberstellung der arbeitsbedingten und nicht arbeitsbedingten UV-Expositionen bietet sich die vorbereitete Ermittlungstabelle des IFA (früher: BGIA) an, im Internet abrufbar unter

http://www.dguv.de/bgja/de/fac/strahl/optische/beruflicher_dosisanteil.xls,

4 Kausalitätsbewertung

Im Rahmen der Kausalitätsprüfung geht es um die Frage, ob die arbeitsbedingte Belastung durch UV-Strahlung im Einzelfall wesentliche Ursache der festgestellten Hautkrebserkrankung(en) war. Daher sind bei der Beantwortung dieser Frage auch die Aspekte zu berücksichtigen, die gegen einen derartigen Ursachenzusammenhang sprechen.

Da immer auch neben einer ggf. im Einzelfall bestehenden arbeitsbedingten UV-Strahlenexposition eine derartige im privaten, unversicherten Bereich vorliegt, wird hier eine Wertung hinsichtlich der Wesentlichkeit der verschiedenen Expositionen vorzunehmen sein. Wie auch bei anderen Versicherungsfällen in der gesetzlichen Unfallversicherung wird eine Anerkennung nur dann möglich sein, wenn der arbeitsbedingten UV-Strahlenexposition im Vergleich zur privaten Exposition eine wesentliche Bedeutung zukommt. Dies bedeutet nicht zwingend, dass die arbeitsbedingte Exposition hinsichtlich Art, Dauer, Intensität oder Dosis die private Exposition übersteigen muss. Ein rein rechnerischer Vergleich ist bekanntlich hier nicht immer sachgerecht. Zu prüfen ist vielmehr, ob der arbeitsbedingten Exposition unter Berücksichtigung der Gesamtumstände des Einzelfalls eine derart starke Bedeutung im Vergleich zur privaten Exposition zukommt, dass sie in ihrer Wertigkeit insgesamt als wesentlich zu beurteilen ist.

Dies wird regelmäßig schon wegen der über die gesamte Lebensdauer des Betroffenen hinweg zu prüfenden UV-Strahlenbelastungen mit den sich daraus ergebenden Nachweis-schwierigkeiten kein leichtes Unterfangen sein. Dies um so mehr, als bislang noch keine näheren Erkenntnisse über Dosis-Wirkungs-Beziehungen vorliegen. Extreme Belastungen können insbesondere in einigen Bereichen mit künstlicher UV-Strahlung auftreten und bedürfen des besonderen Nachweises. Ferner können besondere langjährige Arbeitsbedingungen mit vielen hohen Sonnenständen und oder Reflexionen durch Wasser oder Schnee im Vergleich mit der jeweiligen privaten UV-Strahlenbelastung eine besondere Bedeutung erlangen.

Die Feststellung des Hautlichttypes durch den dermatologischen Gutachter ist Bestandteil der Befunderhebung. Auch wenn Personen mit lichtempfindlichem Hauttyp stärker für die Entstehung von Hautkrebserkrankungen gefährdet sind, ist der Hautlichttyp für die Kausalitätsbewertung nur von untergeordneter Bedeutung, da es dabei immer auf die Relation zwischen arbeitsbedingter und nicht arbeitsbedingter Exposition ankommt. Allerdings ergeben sich aus dem Hautlichttyp Konsequenzen für Maßnahmen nach § 3 BKV (vgl. Abschnitt 6).

Die nachfolgende Checkliste ist als Hilfestellung für die Kausalitätsbewertung gedacht.

Liegt eine als „zwingend erforderlich“ bezeichnete Voraussetzung nicht vor, dürfte derzeit eine Anerkennung im Sinne von § 9 Abs. 2 SGB VII nicht möglich sein. Die „ergänzend zu betrachtenden“ Aspekte versuchen dagegen, eine Tendenz aufzuzeigen: je größer die Anzahl dieser ergänzenden Faktoren, die vorliegen, ist, desto eher kommt eine Anerkennung in Betracht.

Bei den ergänzend zu betrachtenden Aspekten führt das fehlende Vorliegen einzelner Aspekte nicht zwingend zu einer Ablehnung der Erkrankung nach § 9 Abs. 2 SGB VII. Andererseits deutet das Fehlen mehrerer dieser Aspekte zunehmend auf eine Verursachung des Krankheitsbildes unabhängig von einer arbeitsbedingten UV-Belastung hin.

Im Rahmen der Beweiswürdigung ist dabei aber unbedingt zu beachten, dass insbesondere die Angaben zu lange in der Vergangenheit liegenden Zeiten oftmals nur sehr schwer objektivierbar, beweisbar sein werden, so dass die jeweilige Beweiskraft der aktenkundigen Aussagen zu diesen Aspekten im Einzelfall kritisch zu prüfen ist.

Des Weiteren kann es sinnvoll sein, im Rahmen der Kausalitätsbewertung nochmals das Zusammenspiel zwischen arbeitsbedingter UV-Belastung und nachgewiesenen Hautkrebs-erkrankungen äußerst genau und ggf. auch in Kooperation mit den beteiligten Ermittlern zu prüfen. Folgendes Beispiel aus der Praxis soll dies verdeutlichen:

Bei einem 50 jährigen Glasbläser (seit > 25 Jahren mit bekannter hoher künstlicher UV-Belastung) sollte das Auftreten von Plattenepithelkarzinomen und aktinischen Keratosen auf dem Nasenrücken beurteilt werden.

Die Verteilung der Strahlungsschädigung beim Versicherten beschränkt sich jedoch auf die sog. Sonnenterassen (hierzu gehört z. B: auch der Nasenrücken) und den oberen Oberkörper.

Eine Arbeitsplatzanalyse zeigt, dass die künstliche UV- Bestrahlung in Einbeziehung der Größe des Versicherten in einem steilen Winkel von unten erfolgt: Unter Einbeziehung der Freizeitanamnese (Schrebergarten –Gartentätigkeiten – hier Tätigkeiten ohne Hut und z. T. mit freiem Oberkörper über 25 Jahre), des arbeitsbedingten Strahlungseinfalls (von unten und nicht auf die Strahlungsterrassen treffend), liegt hier mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit kein Zusammenhang zwischen der versicherten Tätigkeit und der malignen Haut-erkrankung vor.

Fazit:

Für die praktische Bearbeitung bietet sich folgender Ablauf an:

Nach Eingang einer Verdachtsmeldung wegen einer Hautkrebs-erkrankung infolge der Einwirkung von UV-Strahlung ist zunächst die Diagnose zu belegen (präzise Feststellung der oben beschriebenen Krankheitsbilder mit histologischem Nachweis).

Steht eine Diagnose fest, für die grundsätzlich eine Anerkennung nach § 9 Abs. 2 SGB VII möglich ist, schließen sich die weiteren oben beschriebenen Ermittlungen zu den Expositionen im versicherten und unversicherten Bereich sowie zu eventuellen konkurrierenden Faktoren an.

Für die konkrete Beurteilung des Kausalzusammenhangs im Einzelfall können zum jetzigen Zeitpunkt noch keine allgemeinverbindlichen Empfehlungen ausgesprochen werden. Zunächst ist es Aufgabe des Ärztlichen Sachverständigenbeirates der Bundesregierung, grundsätzliche Empfehlungen im Hinblick auf die sog. Gruppentypik und die Rahmenbedingungen zu geben, unter denen künftig eine Anerkennung vorgenommen werden kann. Bis zum Vorliegen einer solchen Empfehlung sollte im Einzelfall geprüft werden, ob der arbeitsbedingten UV-Exposition unter Abwägung gegen andere Ursachen eine besondere Bedeutung zukommt.

Dies dürfte umso leichter möglich sein, je größer der arbeitsbedingte Anteil der UV-Exposition im Vergleich zur privaten Exposition bzw. im Vergleich zur Exposition der übrigen Bevölkerung im Einzelfall war, insbesondere in Fällen mit nachgewiesener arbeitsbedingter Extrembelastung durch UV-Strahlung.

Checkliste für die Prüfung einer Hautkrebserkrankung nach UV-Exposition

Voraussetzungen, zwingend erforderlich	Liegt vor	Liegt nicht vor
Plattenepithelkarzinom, Bowen Karzinom, Morbus Bowen, aktinische Keratosen, histologisch gesichert		
Lokalisation der Erkrankung passt zur beruflichen Exposition		
Berufliche UV-Exposition ist im Verhältnis zur privaten UV-Exposition wesentlich		
Ergänzende Voraussetzungen		
Extrembelastungen (nach Art, Dauer, Intensität, Umfang)		
Zeichen chronischer Lichtschäden im betroffenen Areal		
übliche UV-Belastung in Kindheit		
übliche UV-Belastung in Freizeit		
übliche UV-Belastung im Urlaub		
Sonnenbrände bei beruflicher Tätigkeit		
Kaum außerberufliche Sonnenbrände		
Kaum schützende Kleidung oder sonstiger UV-Schutz bei arbeitsbedingter UV-Exposition		
Schützende Kleidung bzw. sonstiger UV-Schutz bei nicht arbeitsbedingter UV-Exposition		

5 Minderung der Erwerbsfähigkeit

Zur Minderung der Erwerbsfähigkeit wird auf den Abschnitt 5 in Teil II der Empfehlung für die Begutachtung von Haut- und Hautkrebserkrankungen (Bamberger Merkblatt), Stand März 2009, verwiesen.

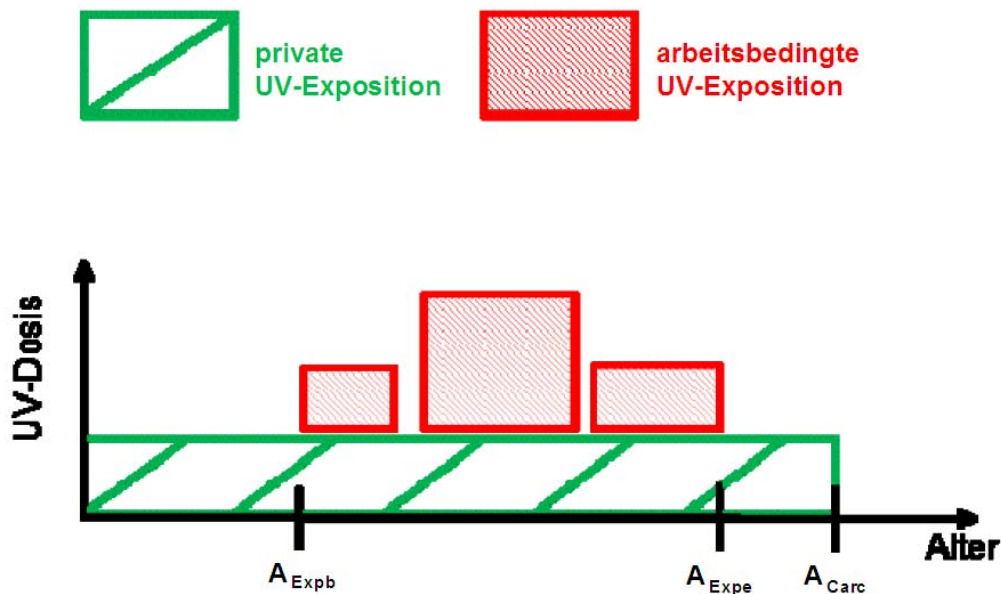
6 §-3-Maßnahmen und Heilbehandlung

Hierzu wird auf Abschnitt 6 in Teil II der Empfehlung für die Begutachtung von Haut- und Hautkrebserkrankungen (Bamberger Merkblatt), Stand März 2009, verwiesen.

Anhang A: Ermittlung der UV-Dosis allgemein

Ermittlung und Bewertung der privaten und arbeitsbedingten UV-Expositionen

Die Ermittlungen der privaten und arbeitsbedingten UV-Expositionen sind in folgendem Bild skizziert.



Das Vorgehen bei der Ermittlung der privaten und arbeitsbedingten UV-Expositionen wird nachfolgend erläutert. Dabei werden die folgenden Abkürzungen und Bezeichnungen verwendet:

H	-	erythemwirksame UV-Bestrahlung
SED	-	Standarderythemdosis = 100 J/m ² : Einheit der erythemwirksamen UV-Bestrahlung
a	-	Jahr
H/a	-	erythemwirksame UV-Bestrahlung pro Jahr
A	-	Alter (von der Geburt bis Vollendung der 1. Lebensjahres gilt A = 1 usw)
A_{Expb}	-	Alter beim Beginn der arbeitsbedingten UV-Exposition
A_{Expe}	-	Alter beim Ende der arbeitsbedingten UV-Exposition
A_{Carc}	-	Alter beim Ausbruch der Hautkrebserkrankung

1. Ermittlung der privaten UV-Exposition

Zur Ermittlung der gesamten privaten UV-Bestrahlung H (gesamt, privat) wird jahresweise die private UV-Bestrahlung H/a (privat) ermittelt. Sofern keine Ermittlung der individuellen jährlichen privaten UV-Bestrahlung möglich ist, wird eine UV-Bestrahlung von $H = 130$ SED pro Jahr angenommen. Dies entspricht der mittleren jährlichen UV-Bestrahlung der Bevölkerung (in Brustposition). Die gesamte private UV-Bestrahlung wird berechnet, indem die jährlichen UV-Bestrahlungen von der Geburt bis zum Alter beim Ausbruch der Erkrankung aufsummiert werden:

$$H \text{ (gesamt, privat)} = \sum H/a \text{ (privat)} \quad \text{Summierung von } A = 1 \text{ bis } A = A_{\text{Carc}}$$

2. Ermittlung der arbeitsbedingten UV-Exposition

Zur Ermittlung der gesamten arbeitsbedingten UV-Bestrahlung H_{er} (gesamt, arbeitsbedingt) wird Jahresweise die arbeitsbedingte UV-Bestrahlung H_{er}/a (arbeitsbedingt) ermittelt. Die Ermittlung soll so genau wie möglich erfolgen. Dazu können UV-Expositionsmessungen, Berechnungen oder plausible, zuverlässige Analogieschlüsse durchgeführt werden. Für Jahre, in denen keine arbeitsbedingte UV-Exposition auftrat, wird die arbeitsbedingte UV-Bestrahlung auf Null gesetzt. Die gesamte arbeitsbedingte UV-Bestrahlung wird berechnet, indem die jährlichen UV-Bestrahlungen vom Alter bei Beginn der arbeitsbedingten UV-Exposition bis zum Alter beim Ende arbeitsbedingten UV-Exposition aufsummiert werden:

$$H \text{ (gesamt, arbeitsbedingt)} = \sum H/a \text{ (arbeitsbedingt)}$$

Die Summierung läuft von $A = A_{\text{Expb}}$ bis $A = A_{\text{Expe}}$

3. Berechnung des arbeitsbedingten Anteils an der gesamten UV-Exposition

Die gesamte private UV-Bestrahlung H (gesamt, privat) und die gesamte arbeitsbedingte UV-Bestrahlung H_{er} (gesamt, arbeitsbedingt) werden addiert. Die Berechnung erfolgt von der Geburt (Alter $A = 1$) bis zum Alter beim erstmaligen Auftreten der Hautkrebserkrankung ($A = A_{\text{Carc}}$). Dann wird der Anteil der gesamten arbeitsbedingten UV-Bestrahlung H_{er} (gesamt, arbeitsbedingt) an der Summe der gesamten arbeitsbedingten und der gesamten privaten UV-Bestrahlung errechnet. Hierzu kann das Excel-Programm „Beruflicher Dosisanteil“ [Excel Beruflicher Dosisanteil] verwendet werden.

Anhang B: Ermittlung der UV-Bestrahlung (UV-Dosis) bei Lichtbogen-Schweißarbeiten

1. Allgemein

Die arbeitsbedingte UV-Strahlenexposition bei Lichtbogen-Schweißarbeiten sollte so genau wie möglich ermittelt werden. Hierzu sollen vorzugsweise UV-Expositionsmessungen am Arbeitsplatz des Erkrankten durchgeführt werden. Ersatzweise können Messungen an einem Schweißarbeitsplatz durchgeführt werden, an dem die UV-Expositionsbedingungen denjenigen am Arbeitsplatz des Erkrankten gleichen. Ist die Durchführung von Messungen nicht möglich, sollten zuverlässige Berechnungen oder Analogieschlüsse durchgeführt werden.

2. UV-Expositionsmessungen

- Ermittlung des Schweißverfahrens
- Ermittlung des Arbeitsverfahrens, des Abstandes zum Schweißpunkt, etc.
- Durchführung von Expositionsmessungen nach DIN EN 14255-1
- Zusätzlich Messung des Strahlenspektrums
- Ermittlung der Schutzausrüstungen und deren Einsatzzeit und Nichteinsatz
- Ermittlung der Zeiten und Orte der Expositionen der ungeschützten Haut und Augen. Dabei genau feststellen: Zeit der ungeschützten Exposition bei einem Schweißvorgang, am Tag, im Jahr, im Berufsleben, Anzahl der Schweißvorgänge am Tag, etc.
- Ziel: Berechnung der arbeitsbedingten UV-Strahlenexposition vom Beginn bis zum Ende der UV-exponierten Tätigkeit
- Gegebenenfalls Umrechnung der ermittelten Bestrahlung H_{eff} oder H_s in die Bestrahlungsgrößen H_{er} oder H_{nmSC} , um mit der privaten UV-Bestrahlung vergleichen zu können.
-

3. Berechnung der UV-Exposition

Von Sliney und Wolbarsht [Sliney 1980] wurden Daten der UV-Strahlenemission beim Schweißen für verschiedene Schweißverfahren veröffentlicht. Die Schweißverfahren unterscheiden sich je nach dem Schweißprozess, dem geschweißten Metall, dem Schweißstrom, dem verwendeten Schutzgas und der Schweißbogenlänge. Aus einer Tabelle kann u. a. die effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} in einem definierten Abstand entnommen werden. Daraus kann die UV-Bestrahlung berechnet werden, wenn das vom Erkrankten angewendete Schweißverfahren einem Verfahren in der Liste entspricht oder von der Exposition her vergleichbar ist. Bei der Berechnung ist folgendermaßen vorzugehen:

- Ermittlung des vom Erkrankten angewendeten Schweißprozesses, des geschweißten Metalls, des Schweißstroms, des Schutzgases und, sofern von Bedeutung, der Schweißbogenlänge.
- Entnehmen der effektiven UV-Bestrahlungsstärke für dieses Schweißverfahren aus Tabelle 24-2 der Veröffentlichung von Sliney und Wolbarsht [Sliney 1980]
- Umrechnen vom Abstand, für den die Tabelle gilt, in den Abstand des Erkrankten zum Schweißlichtbogen bei seiner Arbeit. Wenn nichts Genaueres bekannt ist, wird dazu von einer $1/r^2$ Abhängigkeit ausgegangen. D. h., ist die Bestrahlungsstärke $E(r_1)$ für den Abstand r_1 bekannt, dann ist sie im Abstand r_2 : $E(r_2) = E(r_1) \cdot (r_1/r_2)^2$. Beispielsweise könnte r_1 der Abstand sein, für den die Bestrahlungsstärkedaten der Tabelle 24-2 gel-

- ten. Die Daten wären dann in Bestrahlungsstärkewerte für den Abstand r_2 umzurechnen, in dem sich der Erkrankte bei seiner Arbeit zur UV-Strahlenquelle aufhielt.
- Ermittlung der verwendeten Schutzausrüstungen und deren Einsatzzeit und Nichteinsatz
 - Ermittlung der Zeiten und Orte der Expositionen der ungeschützten Haut und Augen. Dabei genau feststellen: Zeit der ungeschützten Exposition bei einem Schweißvorgang, am Tag, im Jahr, im Berufsleben, Anzahl der Schweißvorgänge am Tag, etc. Verwendete Arbeitsverfahren mit UV-Exposition während des Arbeitslebens.
 - Multiplikation der für den einzelnen Schweißvorgang ermittelten UV-Bestrahlungsstärke E mit der Dauer der ungeschützten Hautexposition: $H = E \cdot t_{exp}$. Aufsummierung aller ermittelten UV-Bestrahlungen H an einem Arbeitstag. Aufsummierung aller UV-Expositionen der ungeschützten Haut während eines Jahres. Aufsummierung der UV-Expositionen für alle Jahre der arbeitsbedingten UV-Einwirkung.
 - Ziel: Berechnung der arbeitsbedingten UV-Strahlenexposition vom Beginn bis zum Ende der UV-exponierten Tätigkeit
 - Gegebenenfalls Umrechnung der ermittelten Bestrahlung H_{eff} oder H_s in die Bestrahlungsgrößen H oder H_{nmsc} , um mit der privaten UV-Bestrahlung vergleichen zu können.
 -

Anhang C: Glossar und Erläuterung von Begriffen

aktinische Keratosen (AK) - solare Keratosen

Aktinische Keratosen (AK) manifestieren sich als raue, schuppige Makulae, Papeln oder Plaques, die hautfarben bis rötlich oder rötlich-braun imponieren. Die Größe kann dabei von etwa einem Millimeter bis zu etwa 2 Zentimeter im Durchmesser reichen. Klinisch werden verschiedenen Subtypen unterschieden, die auch histologisch unterschiedliche Merkmale zeigen. Unterschieden werden können der hyperkeratotische, der atrophe, der verruköse, der cornu cutaneum-artige und der pigmentierte Typ. Aktinische Keratosen treten nahezu ausschließlich in UV-Licht-belasteten Hautarealen auf, insbesondere an Kopf und Hals, Dekolleté, Armen, Handrücken, sowie am Lippenrot (Übergangsepithel) als Cheilitis actinica. Aktinische Keratosen können dabei oft multipel in größeren Arealen wie an der Stirn oder am Dekolleté beobachtet werden.

Bei AKs finden sich charakteristische chromosomale Aberrationen, die typischerweise auch in invasiven Plattenepithelkarzinomen der Haut vorkommen. Bei etwa 10 % (6 – 16 %) aller Patienten mit aktinischen Keratosen wird im weiteren Verlauf der Übergang in ein invasives Plattenepithelkarzinom der Haut beobachtet, dieses rechtfertigt die Indikation für eine Behandlung aktinischer Keratosen. AKs werden daher als Plattenepithelkarzinom in situ angesehen.

Morbus Bowen, Bowen-Karzinom

Der Morbus Bowen, auch: Dermatitis praecancerosa Bowen, Dyskeratosis maligna, wird als intraepidermales Carcinoma in situ bezeichnet, eine Vorstufe eines bösartigen Tumors, in diesem Fall des Bowen- Karzinoms. Die Hautveränderungen können durch Sonnenlicht, chemische Stoffe (Arsen) und bestimmte Viren (HPV) ausgelöst werden. Per definitionem ist der M. Bowen, ebenso wie die aktinische Keratose, keine Präkanzerose, sondern ein Carcinoma in Situ ist. An der Haut zeigen sich einzelne scharf begrenzte aber unregelmäßig geformte, breite rot-schuppige Hautveränderungen (erythroscquamöse bzw. psoriasiforme Plaques). Die Größe variiert von Millimeter bis Dezimeter. Die Hautveränderungen sind der Psoriasis (Schuppenflechte) ähnlich, jedoch tritt in der Regel nur ein fixer Herd auf. Nach jahrelangem Verlauf kann der Morbus Bowen in ein invasives Karzinom (Bowen- karzinom) übergehen.

Basaliom (= Basalzellkarzinom)

Das Basaliom ist die häufigste Art der bösartigen Hauttumoren bei hellhäutigen Menschen. Es besitzt eine ausgeprägte Fähigkeit zur lokalen Invasion und Destruktion, setzt aber nur sehr selten Metastasen. Ebenso wie das Plattenepithelkarzinom tritt es häufiger bei Männern als bei Frauen auf. Basaliome sind etwa viermal häufiger als Plattenepithelkarzinome.

Klinisch kann man verschiedene Unterformen unterscheiden: knotiges, zystisches, pigmentiertes, oberflächiges (Rumpfhautbasaliom), sklerodermiformes und exulzeriertes Basaliom. Basaliome treten bevorzugt an lichtexponierten Stellen auf, können jedoch im Gegensatz zu Plattenepithelkarzinomen auch an kaum UV-belasteten Körperstellen ohne deutliche aktinische Vorschäden sowie am Rumpf auftreten. Auch beim Basaliom ist UV-Licht der stärkste ursächliche Faktor, doch ist dessen Auswirkung weniger evident als beim Plattenepithelkarzinom. Ein typischerweise assoziiertes Kanzerogen ist Arsen. Das gehäufte Auftreten von Basaliomen wird bei hereditären Fehlbildungssyndromen (Basalzellnävus-Syndrom) beobachtet. Ein Naevus sebaceus kann die Entstehung von Basaliomen begünstigen. Neben der genetischen Disposition ist die intermittierende starke UV-Licht Exposition mit dem Auf-

treten von Sonnenbränden ein wichtiger Risikofaktor (Tabelle 1). Jedoch ist auch die chronische UV-Lichtexposition, wie sie durch berufliche Exposition gegeben sein kann, ein relevanter Risikofaktor.

Non Melanoma Skin Cancer (NMSC)

Die wesentlichen durch UV-Strahlung induzierten Hautkrebsarten sind Maligne Melanome, Plattenepithelkarzinome und Basaliome. Plattenepithelkarzinome und Basaliome werden häufig unter dem Begriff „Non-Melanoma Skin Cancer“ zusammengefasst, um diese epithelialen Hauttumoren von den Melanomen abzugrenzen. Diese Zusammenfassung bedeutet jedoch nicht, dass für die Entstehung von Basaliomen und Plattenepithelkarzinomen die gleichen Risikofaktoren verantwortlich sind.

Plattenepithelkarzinome der Haut

(Synonyma: spinözelluläres Karzinom, Stachelzellkrebs, Spinaliom)

Bei dem Plattenepithelkarzinom handelt es sich um einen malignen, epithelialen, metastasierungsfähigen, von den Stachelzellen der Epidermis ausgehenden, diffus die Epidermis infiltrierenden und die benachbarten Weichteile mit einbeziehenden Tumor. In der Regel entwickelt er sich aus einem Carcinoma in situ (aktinische Keratose, siehe oben).

Präkanzerosen der Haut

Die Bezeichnung „Präkanzerose“ wird durch die Bezeichnung „präinvasive maligne epitheliale Tumoren“ oder „Carcinomata in situ“ ersetzt, da ein Frühstadium eines epithelialen Tumors ohne invasives Wachstum vorliegt. Die einzelnen Zellen sind dabei in ihren zellulären Strukturen und ihrer Beziehung zueinander von denen eines invasiv wachsenden Karzinoms nicht zu unterscheiden, die Basalmembran ist jedoch noch nicht durchbrochen. Entsprechend dem Auslöser und der Lokalisation unterscheidet man: Aktinische Keratosen, einschließlich Cheilitis actinica, Röntgenkeratosen, Arsenkeratosen, Teerkeratosen, Cornu cutaneum, Morbus Bowen, Erythroplasie Querat, Bowenoide Papulose, intraepitheliale Neoplasie.

Solare Keratosen:

Synonym für Aktinische Keratosen (AK). AKs werden ganz überwiegend durch chronische Exposition gegenüber ultravioletter Strahlung induziert, speziell des Sonnenlichtes, deshalb wird auch der Begriff „solare Keratose“ verwendet. Sie finden sich am Körper daher bevorzugt an den „Sonnenterassen“, den Lokalisationen mit chronischer UV-Exposition. Synonym: Sommersprossen

UV-Lichtempfindlichkeit (Hauttyp nach Fitzpatrick)

Definition: Bei der Bestimmung des Lichttyps (phototyping) nach Fitzpatrick handelt es sich um eine Ermittlung der individuellen Antwort der Haut auf Sonnenexposition ausgehend von den personenbezogenen anamnestischen Angaben des Betroffenen zum Sonnenbrand und seinem Bräunungsverhalten (Pigmentierung). Diese Fragen sollen im Interviewverfahren gestellt werden (vgl. 2.2).

Teleangiektasien

Teleangiektasien sind mit freiem Auge sichtbare, erweiterte Kapillargefäße der Haut. Außerdem versteht man im ärztlichen Sprachgebrauch unter „Teleangiektasie“ oft auch einzelne, mit freiem Auge sichtbare Gefäße der oberen Dermis. Beim Basaliom sind Teleangiektasien im Tumor ein diagnoseweisendes Kriterium.

Bestrahlungsstärke E

Die Bestrahlungsstärke E ist ein Maß für die „Stärke“ der Einwirkung durch optische Strahlung auf die Haut.

Die physikalische Definition:

Die Bestrahlungsstärke E ist der Quotient aus der auf eine Fläche A auftreffenden Strahlungsleistung Φ und dieser Fläche.

$$E = \frac{\phi}{A}$$

Die Einheit der Bestrahlungsstärke ist W/m^2 .

Bestrahlung („Dosis“) H

Die Bestrahlung H, umgangssprachlich im medizinischen Bereich auch als „Dosis“ bezeichnet, gibt die „Menge“ der Strahlung an, die auf die Haut eingewirkt hat.

Sie ergibt sich aus der Bestrahlungsstärke E und der Dauer der Exposition Δt_{Exp} .

Die physikalische Definition: Die Bestrahlung H ist das Zeitintegral der Bestrahlungsstärke E und der Expositionsdauer Δt_{Exp} .

$$H = \int_{\Delta t_{\text{Exp}}} E(t) \cdot dt$$

Die Einheit der Bestrahlung ist J/m^2 .

Bei konstanter Bestrahlungsstärke ist die Bestrahlung H das Produkt aus der Bestrahlungsstärke E und der Expositionsdauer Δt_{Exp} .

$$H = E \cdot \Delta t_{\text{Exp}}$$

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

Die spektrale Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ gibt die bei einer bestimmten Wellenlänge auf ein kleines Wellenlängenintervall bezogene Bestrahlungsstärke an. Sie wird verwendet, um die Verteilung der „Stärke“ der Strahlung auf verschiedene Wellenlängen, z. B. in Form eines Strahlungsspektrums, zu beschreiben.

Die physikalische Definition:

Die spektrale Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ bei der Wellenlänge λ ist der Differentialquotient aus der Bestrahlungsstärke $E(\lambda)$ und der Wellenlänge λ :

$$E_{\lambda}(\lambda) = \frac{dE(\lambda)}{d\lambda}$$

Ist die spektrale Bestrahlungsstärke zeitabhängig, dann gilt:

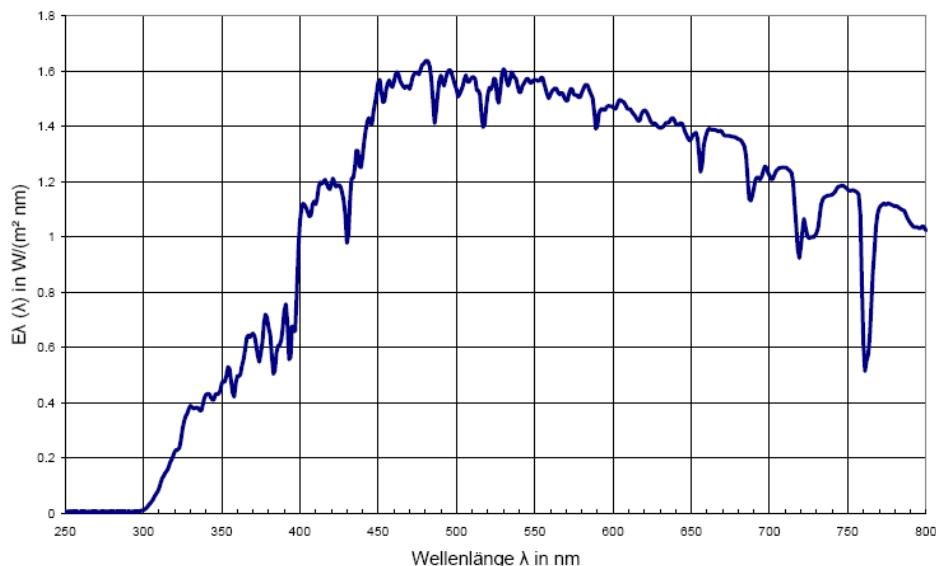
$$E_{\lambda}(\lambda, t) = \frac{\partial E(\lambda, t)}{\partial \lambda}$$

Die Einheit der spektralen Bestrahlungsstärke ist W/m^2nm).

Strahlungsspektrum

Das Strahlungsspektrum ist die (meist bildliche) Darstellung der Verteilung der spektralen Bestrahlungsstärke auf verschiedene Wellenlängen. Aus ihm kann man entnehmen, in welchem Wellenlängenbereich eine Strahlungsquelle wie stark emittiert.

Das Bild zeigt als Beispiel eines Strahlungsspektrums die spektrale Bestrahlungsstärke der Sonnenstrahlung am 02. Juli 2008 bei Sonnenhöchststand um 13:30 Uhr in Sankt Augustin in Abhängigkeit von der Wellenlänge.



Spektral gewichtete Strahlungsgrößen

Die Messgrößen Bestrahlungsstärke E und Bestrahlung H beziehen sich meist auf einen festgelegten Wellenlängenbereich, z.B. den gesamten UV-Strahlungsbereich mit Wellenlängen zwischen 200 nm und 400 nm oder den UV-A Bereich mit Wellenlängen zwischen 315 nm und 400 nm. In diesen Bereichen wird die gesamte Strahlung berücksichtigt. Neben diesen rein physikalischen Größen gibt es aber auch Strahlungsgrößen, die die Wirkung der Strahlung auf den Menschen berücksichtigen. Da die Wirkung der Strahlung auf Haut und Augen nicht bei jeder Wellenlänge gleich stark ist, wird die Strahlung bei verschiedenen Wellenlängen je nach Stärke der Strahlung bei diesen Wellenlängen unterschiedlich bewertet. Man spricht dann von spektraler Wichtung. Dabei wird die spektrale Bestrahlungsstärke bzw. die spektrale Bestrahlung bei der Wellenlänge mit der höchsten Wirkung mit dem Faktor 1 multipliziert. Bei anderen Wellenlängen werden die spektralen Größen mit einem Faktor multipliziert, der kleiner als 1 ist und der der relativen Stärke der Strahlungswirkung bei diesen Wellenlängen entspricht. Alle Wichtungsfaktoren in einem vorgegebenen Wellenlängenbe-

reich werden zusammen als Wichtungsfunktion bezeichnet. Es gibt Wichtungsfunktionen für verschiedene Wirkungen (z. B. $w(\lambda)$, $s(\lambda)$, $w_{\text{nmSC}}(\lambda)$). Multipliziert man ein gemessenes Strahlungsspektrum Wellenlänge für Wellenlänge mit den Werten einer Wichtungsfunktion, dann erhält man ein gewichtetes Strahlenspektrum. Wenn man die einzelnen Werte des gewichteten Strahlenspektrums addiert (mathematisch genauer: integriert) erhält man eine neue Strahlungsgröße, die ein Maß für die Höhe der Strahlungseinwirkung im Hinblick auf eine bestimmte Wirkung ist. Beispiele für spektral gewichtete Strahlungsgrößen sind die erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er} und die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} , die effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} und die effektive Bestrahlung H_{eff} sowie die nmSC-gewichtete Bestrahlungsstärke E_{nmSC} und die nmSC-gewichtete Bestrahlung H_{nmSC} .

Erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er}

Die erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er} ist ein Maß für die „Stärke“ der auf die Haut einwirkenden Strahlung, die ein Erythem (Hautrötung, Sonnenbrand) zur Folge haben kann. Dabei wird berücksichtigt, dass verschiedene Strahlungswellenlängen unterschiedlich starke erythemale Wirkungen haben. Die von der Wellenlänge abhängige Wichtungsfunktion $s_{er}(\lambda)$ für das Hauterythem ist in ISO 17166/CIE S 007 festgelegt.

Die erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er} ist definiert als das Wellenlängen-Integral der mit der Wichtungsfunktion $s_{er}(\lambda)$ gewichteten spektralen Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ im Wellenlängenbereich von 250 nm bis 400 nm:

$$E_{er} = \int_{250 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot s_{er}(\lambda) \cdot d\lambda$$

Dabei ist

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

$s_{er}(\lambda)$ die Bewertungsfunktion für die erythemale Wirkung.

Die Einheit der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke ist W/m^2 .

Die in ISO 17166/CIE S 007 festgelegte spektrale Wichtungsfunktion $s_{er}(\lambda)$ ist eine Normkurve zu Abschätzung der maximal möglichen erythemalen Wirkung von solarer UV-Strahlung. Sie ist für Präventionszwecke gedacht und gibt den tatsächlichen spektralen Verlauf der Erythemwirkung nur unzureichend wieder. Da sie für Wellenlängen unter 250 nm nicht definiert ist, kann sie auch nur auf UV-Strahlung der Sonne und auf UV-Strahlung von künstlichen Strahlenquellen mit Emissionen bei Wellenlängen über 250 nm angewendet werden. Sie kann nicht für UV-Strahlung von künstlichen Strahlenquellen angewendet werden, die bei Wellenlängen unter 250 nm emittieren.

Erythemwirksame Bestrahlung H_{er} („Erythemdosis“)

Die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} , umgangssprachlich im medizinischen Bereich auch als „Erythemdosis“ bezeichnet, ist ein Maß für die „Menge“ der auf die Haut einwirkenden Strahlung, die ein Erythem (Hautrötung, Sonnenbrand) zur Folge haben kann. Dabei wird berücksichtigt, dass verschiedene Strahlungswellenlängen unterschiedlich starke erythemale Wirkungen haben. Die dabei verwendete erythemale Wichtungsfunktion $s_{er}(\lambda)$ ist in ISO 17166/CIE S 007 festgelegt.

Die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} ist definiert als das Zeit-Integral der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke E_{er} während der Expositionsdauer Δt_{exp} :

$$H_{er} = \int_{\Delta t_{exp}} E_{er}(t) dt$$

Die Einheit der erythemwirksamen Bestrahlung ist J/m^2 . Häufig wird auch die Standarderythemdosis (SED) als Einheit verwendet. Dabei gilt: $1 \text{ SED} = 100 \text{ J/m}^2$. Eine Standarderythemdosis (1 SED) entspricht einer erythemwirksamen Bestrahlung von 100 J/m^2 .

Die in ISO 17166/CIE S 007 festgelegte spektrale Wichtungsfunktion $s_{\text{er}}(\lambda)$ ist eine Normkurve zu Abschätzung der maximal möglichen erythemalen Wirkung von solarer UV-Strahlung. Sie ist für Präventionszwecke gedacht und gibt den tatsächlichen spektralen Verlauf der Erythemwirkung nur unzureichend wieder. Da sie für Wellenlängen unter 250 nm nicht definiert ist, kann sie auch nur auf UV-Strahlung der Sonne und auf UV-Strahlung von künstlichen Strahlenquellen mit Emissionen bei Wellenlängen über 250 nm angewendet werden. Sie kann nicht für UV-Strahlung von künstlichen Strahlenquellen angewendet werden, die bei Wellenlängen unter 250 nm emittieren.

Effektive Bestrahlungsstärke E_{eff}

Die effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} ist ein Maß für die „Stärke“ der auf die Augen und die Haut einwirkenden Strahlung, die eine UV-Schädigung von Augen und Haut (Photokeratitis, Photokonjunktivitis, Hauterythem) zur Folge haben kann. Dabei wird berücksichtigt, dass verschiedene Strahlungswellenlängen unterschiedlich starke schädigende Wirkungen auf Auge und Haut haben. Die Wichtungsfunktion $s(\lambda)$ für Auge und Haut gefährdende UV-Strahlung ist in der EU-Richtlinie 2006/25/EG [2006/25/EG] festgelegt. Die effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} wird häufig bei Messungen von UV-Strahlung für Präventionszwecke verwendet.

Die effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} ist definiert als das Wellenlängen-Integral der mit der Wichtungsfunktion für gefährdende ultraviolette Strahlung $s(\lambda)$ gewichteten spektralen Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ im Wellenlängenbereich von 180 nm bis 400 nm:

$$E_{\text{eff}} = \int_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot s(\lambda) \cdot d\lambda$$

Dabei ist

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

$s(\lambda)$ die Wichtungsfunktion für die schädliche Wirkung von UV-Strahlung auf Auge und Haut.

Die Einheit der effektiven Bestrahlungsstärke ist W/m^2 .

In der spektralen Wichtungsfunktion $s(\lambda)$ sind die Wellenlängenabhängigkeiten für akute Wirkungen auf Augen und Haut zusammengefasst. Dies geschah, weil an Arbeitsplätzen häufig sowohl die Augen als auch die Haut exponiert sein können und man bei der Messung der UV-Strahlenexpositionen zu Präventionszwecken die maximal mögliche Exposition bestimmen und damit auf der sicheren Seite liegen will. Die Ergebnisse der Messungen von UV-Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen werden daher meist als effektive Bestrahlungsstärke und als effektive Bestrahlung angegeben.

Wirksame Bestrahlungsstärke für die Gefährdung durch Ultraviolettstrahlung E_s

In einigen Quellen (z. B. in DIN EN 14255-1 und DIN EN 14255-4) wird die Strahlungsgröße „wirksame Bestrahlungsstärke für die Gefährdung durch Ultraviolettstrahlung E_s “ genannt.

Sie ist synonym zur Größe „effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} “. Die Größen E_s und E_{eff} sind gleich definiert und sind gleich anzuwenden, auch wenn in verschiedenen Quellen unterschiedliche Bezeichnungen verwendet werden.

Effektive Bestrahlung H_{eff}

Die effektive Bestrahlung H_{eff} ist ein Maß für die „Menge“ der auf die Augen und die Haut einwirkenden Strahlung, die eine UV-Schädigung von Augen und Haut (Photokeratitis, Photokonjunktivitis, Hauterythem) zur Folge haben kann. Dabei wird berücksichtigt, dass verschiedene Strahlungswellenlängen unterschiedlich starke schädigende Wirkungen auf Auge und Haut haben. Die Wichtungsfunktion $s(\lambda)$ für Auge und Haut gefährdende UV-Strahlung ist in der EU-Richtlinie 2006/25/EG [2006/25/EG] festgelegt. Sie wird häufig bei Messungen von UV-Strahlung für Präventionszwecke verwendet.

Die effektive Bestrahlung H_{eff} ist definiert als das Zeit-Integral der effektiven Bestrahlungsstärke E_{eff} während der Expositionsdauer Δt_{exp} :

$$H_{\text{eff}} = \int_{\Delta t_{\text{exp}}} E_{\text{eff}}(t) dt$$

Die Einheit der effektiven Bestrahlung ist J/m^2 .

In der spektralen Wichtungsfunktion für gefährdende ultraviolette Strahlung $s(\lambda)$ sind die Wellenlängenabhängigkeiten für akute Wirkungen auf Augen und Haut zusammengefasst. Dies geschah, weil an Arbeitsplätzen häufig sowohl die Augen als auch die Haut exponiert sein können und man bei der Messung der UV-Strahlenexpositionen zu Präventionszwecken die maximal mögliche Exposition bestimmen und damit auf der sicheren Seite liegen will. Man findet Ergebnisse der Messungen von UV-Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen häufig in der Größe effektive Bestrahlung. Auch der Grenzwert zum Schutz vor schädlichen Wirkungen von UV-Strahlung auf Auge und Haut ist in der Größe effektive Bestrahlung festgelegt [2006/25/EG].

Wirksame Bestrahlung für die Gefährdung durch Ultraviolettstrahlung H_s

In einigen Quellen (z. B. in DIN EN 14255-1 und DIN EN 14255-4) wird die Strahlungsgröße „wirksame Bestrahlung für die Gefährdung durch Ultraviolettstrahlung H_s “ genannt. Sie ist synonym zur Größe „effektive Bestrahlung H_{eff} “. Die Größen H_s und H_{eff} sind gleich definiert und sind gleich anzuwenden, auch wenn in verschiedenen Quellen unterschiedliche Bezeichnungen verwendet werden.

nmsc-gewichtete Bestrahlungsstärke E_{nmsc}

Die nmsc-gewichtete Bestrahlungsstärke E_{nmsc} ist ein Maß für die „Stärke“ der auf die Haut einwirkenden Strahlung, die ein Plattenepithelkarzinom oder ein Basaliom (einen nichtmelanomen Hautkrebs, englisch: non-melanoma skin cancer) verursachen kann. Dabei wird berücksichtigt, dass verschiedene Strahlungswellenlängen unterschiedlich starke kanzerogene Wirkungen auf die Haut haben. Die dabei verwendete Wichtungsfunktion $s_{\text{nmsc}}(\lambda)$ ist in ISO 28077/CIE S 019 festgelegt.

Die nmsc-gewichtete Bestrahlungsstärke E_{nmsc} ist definiert als das Wellenlängen-Integral der mit der Wichtungsfunktion $s_{nmsc}(\lambda)$ gewichteten spektralen Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ im Wellenlängenbereich von 250 nm bis 400 nm:

$$E_{nmsc} = \int_{\lambda=250nm}^{\lambda=400nm} E_{\lambda}(\lambda) \cdot s_{nmsc}(\lambda) \cdot d\lambda$$

Dabei ist

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

$s_{nmsc}(\lambda)$ die Wichtungsfunktion für die Verursachung von nichtmelanomen Hautkrebs.

Die Einheit der effektiven Bestrahlungsstärke ist W/m^2 .

Für die Beurteilung von UV-Strahlenexpositionen im Hinblick auf die mögliche Verursachung von Plattenepithelkarzinomen oder Basaliomen sind die nmsc-gewichtete Bestrahlungsstärke E_{nmsc} und die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} am besten geeignet. Sie geben das wellenlängenabhängige kanzerogene Wirkungspotential am genauesten wieder. Ein Problem ist allerdings, dass die Wichtungsfunktion $s_{nmsc}(\lambda)$ nicht für Wellenlängen von kleiner als 250 nm definiert ist. Künstliche optische Strahlenquellen, die bei Wellenlängen unterhalb von 250 nm emittieren, können daher nicht genau beurteilt werden.

nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc}

Die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} ist ein Maß für die „Menge“ der auf die Haut einwirkenden Strahlung, die ein Plattenepithelkarzinom oder ein Basaliom (einen nichtmelanomen Hautkrebs, englisch: non-melanoma skin cancer) verursachen kann. Dabei wird berücksichtigt, dass verschiedene Strahlungswellenlängen unterschiedlich starke kanzerogene Wirkungen auf die Haut haben. Die dabei verwendete Wichtungsfunktion $s_{nmsc}(\lambda)$ ist in ISO 28077/CIE S 019 festgelegt.

Die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} ist definiert als das Zeit-Integral der nmsc-gewichteten Bestrahlungsstärke E_{nmsc} während der Expositionsdauer Δt_{exp} :

$$H_{nmsc} = \int_{\Delta t_{exp}} E_{nmsc}(t) dt$$

Dabei ist

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

$s_{nmsc}(\lambda)$ die Wichtungsfunktion für die Verursachung von nichtmelanomen Hautkrebs.

Die Einheit der nmsc-gewichteten Bestrahlung ist J/m^2 .

Für die Beurteilung von UV-Strahlenexpositionen im Hinblick auf die mögliche Verursachung von Plattenepithelkarzinomen oder Basaliomen sind die nmsc-gewichtete Bestrahlungsstärke E_{nmsc} und die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} am besten geeignet. Sie geben das wellenlängenabhängige kanzerogene Wirkungspotential am genauesten wieder. Ein Problem ist allerdings, dass die Wichtungsfunktion $s_{nmsc}(\lambda)$ nicht für Wellenlängen von kleiner als 250 nm definiert ist. Künstliche optische Strahlenquellen, die bei Wellenlängen unterhalb von 250 nm emittieren, können daher nicht genau beurteilt werden.

Standarderythemdosis SED

Die Standarderythemdosis SED ist eine abgeleitete Einheit für die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} . Sie wird häufig anstelle der eigentlichen Einheit J/m^2 verwendet. Dabei gilt: 1 SED = 100 J/m^2 . Eine Standarderythemdosis (1 SED) entspricht einer erythemwirksamen Bestrahlung H_{er} von 100 J/m^2 .

„Dosis“, „UV-Dosis“

Die Bezeichnung „Dosis“ wird im medizinischen Bereich im Zusammenhang mit der Einwirkung von optischer Strahlung häufig für die Strahlungsgröße „Bestrahlung“ verwendet. Bei der Einwirkung von UV-Strahlung wird dabei auch von „UV-Dosis“ gesprochen.

UV-Strahlung

Unter optischer Strahlung versteht man elektromagnetische Wellenstrahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen 100 nm und 1 mm. Optische Strahlung wird in ultraviolette Strahlung (Wellenlängen λ zwischen 100 nm und 400 nm), sichtbare Strahlung ($\lambda = 400 - 780$ nm) und infrarote Strahlung ($\lambda = 780$ nm – 1 mm) eingeteilt. Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) wird weiterhin unterteilt in UV-C Strahlung ($\lambda = 100 - 280$ nm), UV-B Strahlung ($\lambda = 280 - 315$ nm) und UV-A Strahlung ($\lambda = 315 - 400$ nm). Die Grenzen der Einteilung werden zum Teil in verschiedenen Quellen unterschiedlich angegeben, so findet man als Grenze zwischen der UV-Strahlung und der sichtbaren Strahlung auch manchmal die Angabe 380 nm und als Grenze zwischen UV-B und UV-A Strahlung die Angabe 320 nm.

Da kurzwellige UV-Strahlung in Luft stark absorbiert wird, ist für die Beurteilung der Gefährdung bei Einwirkung von UV-Strahlung auf den Menschen nur der Wellenlängenbereich zwischen etwa 200 nm und 400 nm von Bedeutung. Je nach Art der Quelle können künstliche Strahlenquellen auch im UV-C Bereich emittieren. Der UV-Anteil der Sonnenstrahlung wird dagegen von der Erdatmosphäre so stark absorbiert, dass auf der Erdoberfläche nur Strahlung mit Wellenlängen von größer als 290 nm auftritt. Sonnenstrahlung enthält daher auf der Erde keinen UV-C Anteil.

Quellenverzeichnis

2006/25/EG	RICHTLINIE 2006/25/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG), Amtsblatt der Europäischen Union, L 114/38 DE, 27.4.2006
ISO17166/CIE S007	ISO 17166, CIE S 007 : Erythemale Referenzwirkungsfunktion und standardisierte Erythemdosis, 1999
ISO28077/CIE S019	ISO 28077 , CIE S 019: Aktionsspektrum für Photokarzinogenese (epitheliale Hautkrebse), 2006
DIN EN 14255-1	DIN EN 14255-1: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung - Teil 1: Von künstlichen Quellen am Arbeitsplatz emittierte ultraviolette Strahlung, Juni 2005
DIN EN 14255-4	DIN EN 14255-4: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung - Teil 4: Terminologie und Größen für Messungen von UV-, sichtbaren und IR-Strahlungs-Expositionen, Februar 2007

Anhang D: Umrechnung von Bestrahlungsgrößen

1. Allgemein

Zur Beschreibung der akkumulierten UV-Dosis wird die physikalische Größe „Bestrahlung“ (oder auch „UV-Bestrahlung“) mit der Abkürzung H verwendet. Es gibt allerdings verschiedene davon abgeleitete Varianten der Größe „Bestrahlung H “, die je nach Anwendung verwendet werden:

H_{eff} : effektive Bestrahlung

Sie wird in der Prävention verwendet und berücksichtigt sowohl die spektrale Empfindlichkeit der Augen als auch der Haut. Die zur Prävention gegenüber Gefährdungen durch UV-Strahlung an Arbeitsplätzen festgelegten Expositionsgrenzwerte werden in der Größe „effektive Bestrahlung H_{eff} “ angegeben. Sie sind daher auch vielfach in Messberichten und in Veröffentlichungen zur UV-Strahlenexposition an Arbeitsplätzen zu finden. Auch die Expositionsgrenzwerte für UV-Strahlung sind (teilweise) als effektive Bestrahlung H_{eff} festgelegt.

H_s : Wirksame Bestrahlung für die Gefährdung durch Ultraviolettstrahlung

Diese Größe H_s ist die gleiche Größe wie die Größe effektive Bestrahlung H_{eff} . Die Namensgebung und die Abkürzung sind in unterschiedlichen Normen verschieden, gemeint ist aber das gleiche. H_s und H_{eff} können daher synonym verwendet werden.

H_{er} : Erythemwirksame Bestrahlung

Die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} wird im medizinischen Bereich häufig verwendet, um die UV-Strahlungsexposition zu quantifizieren, die zu einem Hauterythem führen kann. Sie berücksichtigt die spektrale Wirkungsfunktion für das Erythem. Sie kann allerdings nur eingesetzt werden für Expositionen durch die Sonne oder durch künstliche Strahlenquellen, die nicht bei Wellenlängen unter 250 nm emittieren. Auch entspricht die verwendete spektrale Wichtungsfunktion nicht exakt dem spektralen Verlauf der erythemalen Wirkungsfunktion, sondern ist eine Einhüllende, die eine Obergrenze für die erythemale Wirkung repräsentiert. Noch schlechter wird die spektrale Wirkungsfunktion von Hautkrebs dargestellt. Die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} sollte daher nicht verwendet werden, um UV-Strahlenexpositionen im Hinblick auf die Verursachung von Hautkrebs (Plattenepithelkarzinom, Basaliom) zu quantifizieren.

H_{nmsc} : nmsc-gewichtete Bestrahlung

Die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} wird verwendet, um UV-Strahlenexpositionen im Hinblick auf die Verursachung eines nichtmelanomen Hautkrebses (eines Plattenepithelkarzinoms oder eines Basalioms) zu quantifizieren. Die dabei verwendete Wichtungsfunktion $s_{\text{nmsc}}(\lambda)$ gibt die spektrale Wirkungsfunktion für diese Hautkrebsarten am besten wieder.

In Berufskrankheits-Ermittlungsfällen sollte zur Quantifizierung der UV-Strahlenexposition die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} verwendet werden.

2. Umrechnung von UV-Bestrahlungsgrößen

Häufig liegen Angaben zu UV-Strahlenexpositionen in Berufskrankheitsfällen nicht als nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} sondern entweder als effektive Bestrahlung H_{eff} oder als erythemwirksame Bestrahlung H_{er} vor. Sie müssen dann in die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} umgerechnet werden. Das ist möglich, wenn das Strahlungsspektrum der UV-Strahlenquelle bekannt ist. Ist das Strahlungsspektrum nicht bekannt, dann ist keine Um-

rechnung möglich. In BK-Ermittlungsfällen ist daher in jedem Fall neben der Höhe der UV-Strahlenexposition auch das Strahlenspektrum zu ermitteln.

Umrechnung H_{eff} in H_{nmisc}

Die Umrechnung besteht aus folgenden Schritten:

- 1.) Messung des Strahlenspektrums als Funktion der spektralen Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ von der Wellenlänge λ .
- 2.) Das Strahlungsspektrum wird bei jeder Wellenlänge mit der Wichtungsfunktion $s(\lambda)$ für die effektive Bestrahlungsstärke multipliziert. Daraus ergibt sich ein effektiv-gewichtetes Spektrum (gewichtete spektrale Bestrahlungsstärken).
- 3.) Dann werden die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken für alle Wellenlängen aufsummiert. Man erhält eine aus dem Spektrum bestimmte effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} . (Sie ist nur eine Hilfsgröße und darf nicht für die Exposition von Personen verwendet werden, da die Messung des Spektrums möglicherweise nicht in dem Abstand erfolgte, in dem Personen exponiert waren.)
- 4.) Das Strahlungsspektrum wird jetzt bei jeder Wellenlänge mit der Wichtungsfunktion $s_{\text{nmisc}}(\lambda)$ für die nmisc-gewichtete Bestrahlungsstärke multipliziert. Daraus ergibt sich ein nmisc-gewichtetes Spektrum (gewichtete spektrale Bestrahlungsstärken).
- 5.) Dann werden die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken für alle Wellenlängen aufsummiert. Man erhält eine aus dem Spektrum bestimmte nmisc-gewichtete Bestrahlungsstärke E_{nmisc} . (Sie ist nur eine Hilfsgröße und darf nicht für die Exposition von Personen verwendet werden, da die Messung des Spektrums möglicherweise nicht in dem Abstand erfolgte, in dem Personen exponiert waren.)
- 6.) Anschließend werden die beiden berechneten Bestrahlungsstärkewerte E_{eff} und E_{nmisc} durcheinander dividiert und daraus ein Umrechnungsfaktor bestimmt:

$$f_{\text{eff-nmisc}} = \frac{E_{\text{nmisc}}}{E_{\text{eff}}}$$

- 7.) Schließlich wird die im BK-Ermittlungsverfahren ermittelte effektive Bestrahlung H_{eff} mit dem Umrechnungsfaktor $f_{\text{eff-nmisc}}$ multipliziert und man erhält die nmisc-gewichtete Bestrahlung H_{nmisc} :

$$H_{\text{nmisc}} = f_{\text{eff-nmisc}} \cdot H_{\text{eff}}$$

Umrechnung H_{er} in H_{nmisc}

Die Umrechnung besteht aus folgenden Schritten:

- 1.) Messung des Strahlenspektrums als Funktion der spektralen Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ von der Wellenlänge λ .
- 2.) Das Strahlungsspektrum wird bei jeder Wellenlänge mit der Wichtungsfunktion $s_{\text{er}}(\lambda)$ für die erythemgewichtete Bestrahlungsstärke multipliziert. Daraus ergibt sich ein erythem-gewichtetes Spektrum (gewichtete spektrale Bestrahlungsstärken).
- 3.) Dann werden die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken für alle Wellenlängen aufsummiert. Man erhält eine aus dem Spektrum bestimmte erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er} . (Sie ist nur eine Hilfsgröße und darf nicht für die Exposition von Personen verwendet werden, da die Messung des Spektrums möglicherweise nicht in dem Abstand erfolgte, in dem Personen exponiert waren.)
- 4.) Das Strahlungsspektrum wird jetzt bei jeder Wellenlänge mit der Wichtungsfunktion $s_{\text{nmisc}}(\lambda)$ für die nmisc-gewichtete Bestrahlungsstärke multipliziert. Daraus ergibt sich ein nmisc-gewichtetes Spektrum (gewichtete spektrale Bestrahlungsstärken).
- 5.) Dann werden die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken für alle Wellenlängen aufsummiert. Man erhält eine aus dem Spektrum bestimmte nmisc-gewichtete Bestrahlungsstärke E_{nmisc} . (Sie ist nur eine Hilfsgröße und darf nicht für die Exposition von Personen

verwendet werden, da die Messung des Spektrums möglicherweise nicht in dem Abstand erfolgte, in dem Personen exponiert waren.)

- 6.) Anschließend werden die beiden berechneten Bestrahlungsstärkewerte E_{er} und E_{nmsc} durcheinander dividiert und daraus ein Umrechnungsfaktor bestimmt:

$$f_{er-nmsc} = \frac{E_{nmsc}}{E_{er}}$$

- 7.) Schließlich wird die im BK-Ermittlungsverfahren ermittelte erythemwirksame Bestrahlung H_{er} mit dem Umrechnungsfaktor $f_{er-nmsc}$ multipliziert und man erhält die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} :

$$H_{nmsc} = f_{er-nmsc} \cdot H_{er}$$

Umrechnung H_{eff} in H_{er}

Wie unter 1.) beschrieben sollte für die Quantifizierung der UV-Exposition in Berufskrankheitsfällen die nmsc-gewichtete Bestrahlung H_{nmsc} verwendet werden. Allerdings wird in der medizinischen Praxis häufig die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} benutzt. Unter eng begrenzten Bedingungen kann in BK-Fällen auch die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} verwendet werden, und zwar

- wenn bei der Expositionsbewertung im BK-Fall nur die berufliche und die Summe aus beruflicher und privater UV-Exposition miteinander verglichen werden sollen (siehe Abschnitt „Kausalitätsbewertung“ im Hauptteil der Hilfestellung)
- und wenn nur UV-Expositionen durch die Sonne oder durch künstliche UV-Strahlenquellen ohne Emissionen bei Wellenlängen unter 250 nm auftreten.

Steht in diesen Fällen die UV-Exposition als effektive Bestrahlung H_{eff} zur Verfügung, dann kann sie in die erythemwirksame Bestrahlung H_{er} umgerechnet werden.

Die Umrechnung besteht aus folgenden Schritten:

- 1.) Messung des Strahlenspektrums als Funktion der spektralen Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ von der Wellenlänge λ .
- 2.) Das Strahlungsspektrum wird bei jeder Wellenlänge mit der Wichtungsfunktion $s(\lambda)$ für die effektive Bestrahlungsstärke multipliziert. Daraus ergibt sich ein effektiv-gewichtetes Spektrum (gewichtete spektrale Bestrahlungsstärken).
- 3.) Dann werden die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken für alle Wellenlängen aufsummiert. Man erhält eine aus dem Spektrum bestimmte effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} . (Sie ist nur eine Hilfsgröße und darf nicht für die Exposition von Personen verwendet werden, da die Messung des Spektrums möglicherweise nicht in dem Abstand erfolgte, in dem Personen exponiert waren.)
- 4.) Das Strahlungsspektrum wird jetzt bei jeder Wellenlänge mit der Wichtungsfunktion $s_{er}(\lambda)$ für die erythemgewichtete Bestrahlungsstärke multipliziert. Daraus ergibt sich ein erythem-gewichtetes Spektrum (gewichtete spektrale Bestrahlungsstärken).
- 5.) Dann werden die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken für alle Wellenlängen aufsummiert. Man erhält eine aus dem Spektrum bestimmte erythemgewichtete Bestrahlungsstärke E_{er} . (Sie ist nur eine Hilfsgröße und darf nicht für die Exposition von Personen verwendet werden, da die Messung des Spektrums möglicherweise nicht in dem Abstand erfolgte, in dem Personen exponiert waren.)
- 6.) Anschließend werden die beiden berechneten Bestrahlungsstärkewerte E_{eff} und E_{er} durcheinander dividiert und daraus ein Umrechnungsfaktor bestimmt:

$$f_{eff-er} = \frac{E_{er}}{E_{eff}}$$

7.) Schließlich wird die im BK-Ermittlungsverfahren ermittelte effektive Bestrahlung H_{eff} mit dem Umrechnungsfaktor $f_{\text{eff-er}}$ multipliziert und man erhält die erythemgewichtete Bestrahlung H_{er} :

$$H_{\text{er}} = f_{\text{eff-er}} \cdot H_{\text{eff}}$$

3. Beispiele

Im Folgenden wird das Rechenverfahren an zwei Beispielen, für ein Sonnenlichtspektrum und für einen Flux-Arbeitsplatz mit künstlicher UV-Strahlungsquelle, gezeigt.

Beispiel 1: natürliche Strahlung

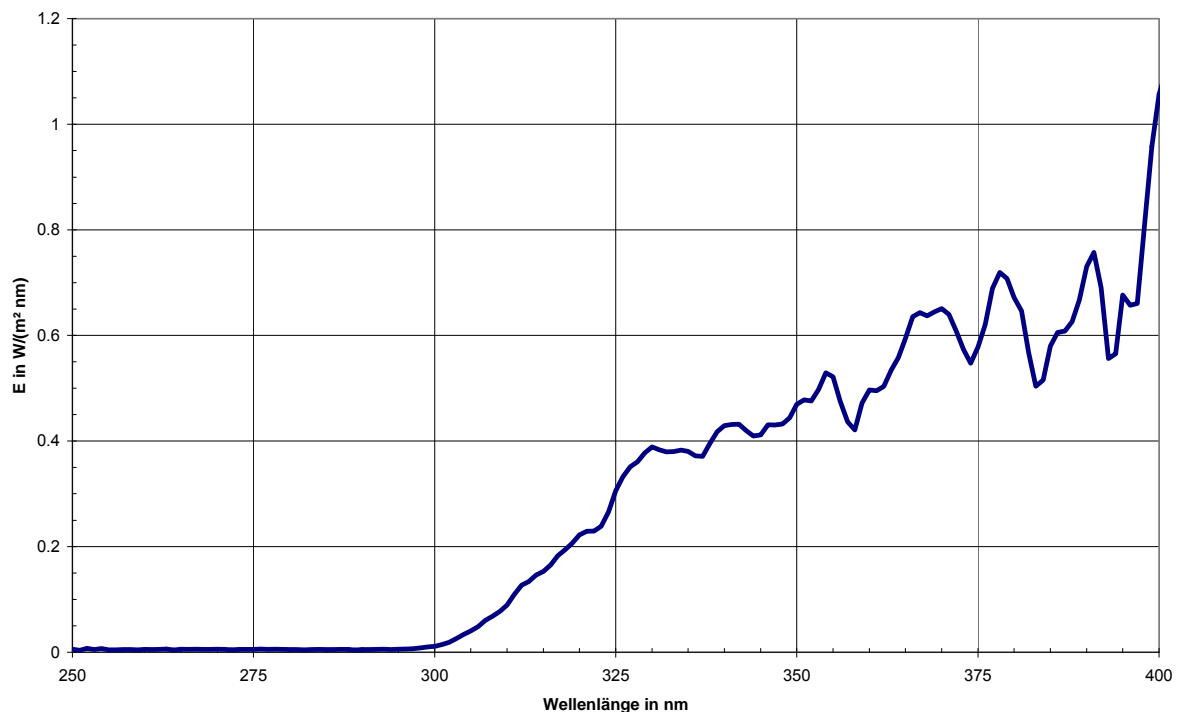


Abbildung 1: Gemessenes UV-Strahlenspektrum der Sonne

Das gemessene Sonnenlichtspektrum (Bild 1) wird mit den folgenden Wichtungsfunktionen (Bild 2) multipliziert.

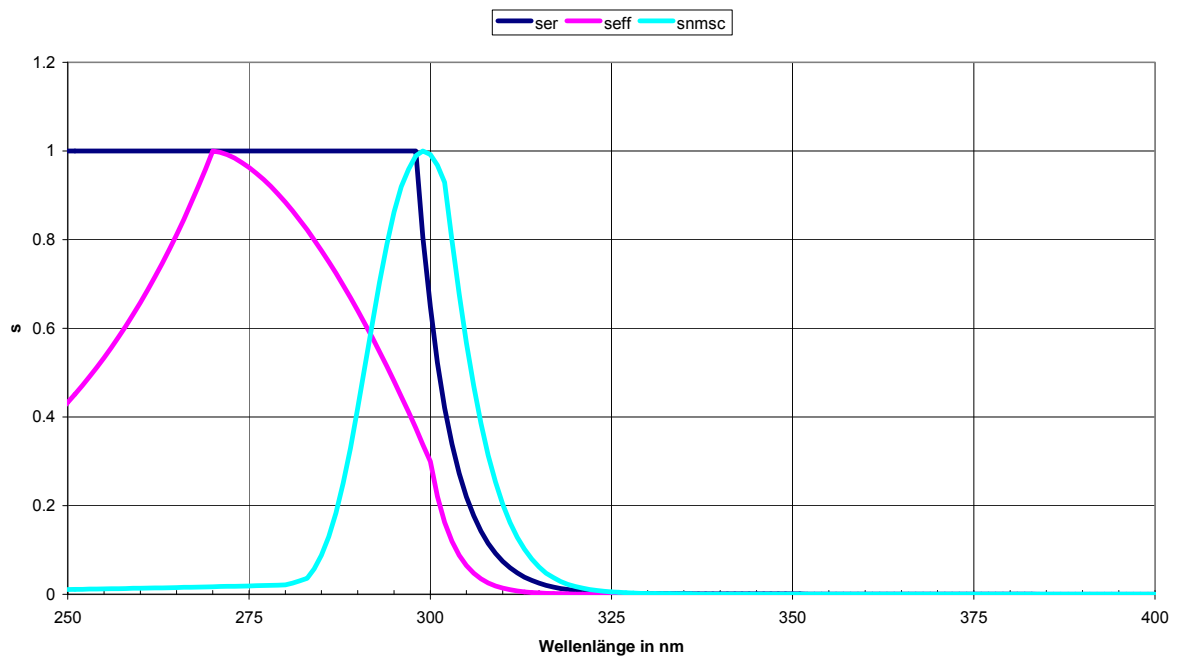


Abbildung 2: Wichtungsfunktionen $s_{er}(\lambda)$, $s(\lambda)$ und $s_{nmssc}(\lambda)$

Damit erhält man die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken.

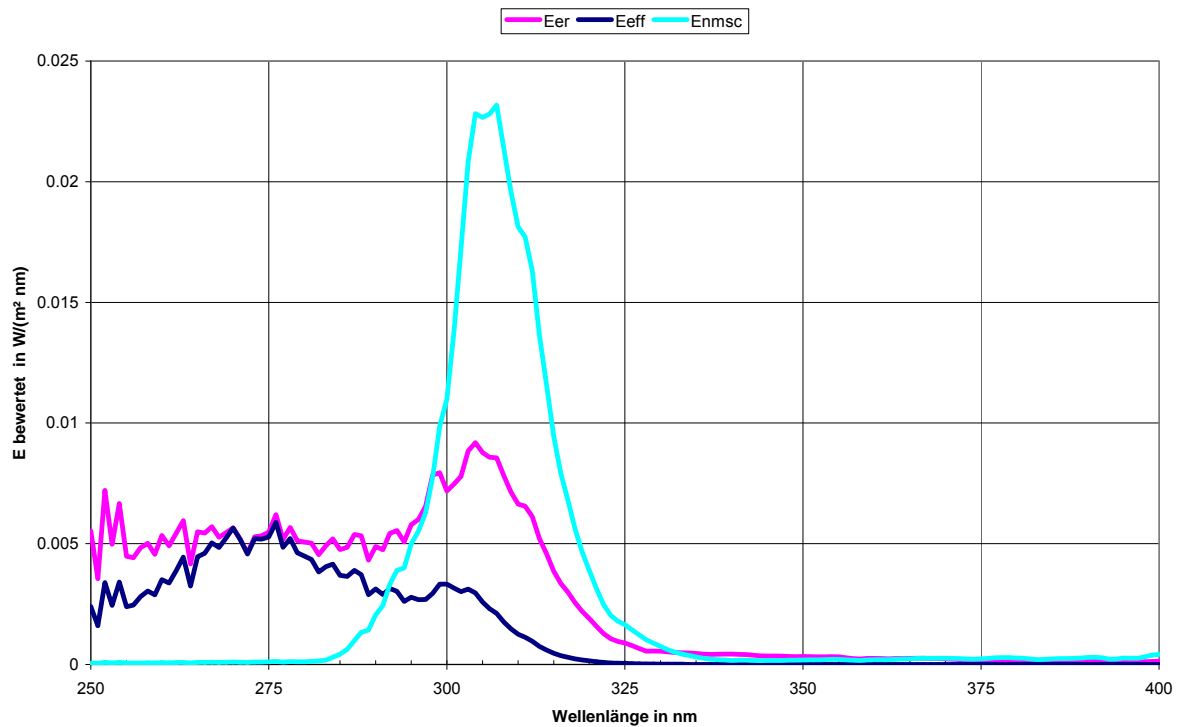


Abbildung 3: Gewichte spektrale Bestrahlungsstärken (gewichtete Spektren)

Summiert man die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken für jede Wellenlänge auf, so ergeben sich die folgenden Bestrahlungsstärken:

E_{er}	0,4212 W/m ²
E_{eff}	0,2218 W/m ²
E_{nmisc}	0,4026 W/m ²

Setzt man die verschiedenen Bestrahlungsstärken ins Verhältnis, so erhält man Umrechnungsfaktoren f , mit denen verschiedene Bestrahlungsstärken bei gleichem Spektrum ineinander umgerechnet werden können:

$$f_{eff-nmisc} = \frac{E_{nmisc}}{E_{eff}} \quad f_{er-nmisc} = \frac{E_{nmisc}}{E_{er}} \quad f_{eff-er} = \frac{E_{er}}{E_{eff}}$$

Für das Beispiel gelten:

$f_{eff-nmisc}$	1,8151
$f_{er-nmisc}$	0,9558
f_{eff-er}	1,8990

Eine effektive Bestrahlung H_{eff} ergibt dann eine nmisc-gewichtete Bestrahlung von $H_{nmisc} = 1,8151 \cdot H_{eff}$.

Eine erythemgewichtete Bestrahlung H_{er} ergibt dann eine nmisc-gewichtete Bestrahlung von $H_{nmisc} = 0,9558 \cdot H_{er}$.

Und eine effektive Bestrahlung H_{eff} ergibt dann eine erythemgewichtete Bestrahlung von $H_{er} = 1,8990 \cdot H_{eff}$.

Beispiel 2: Künstliche Strahlungsquelle (Fluxarbeitsplatz)

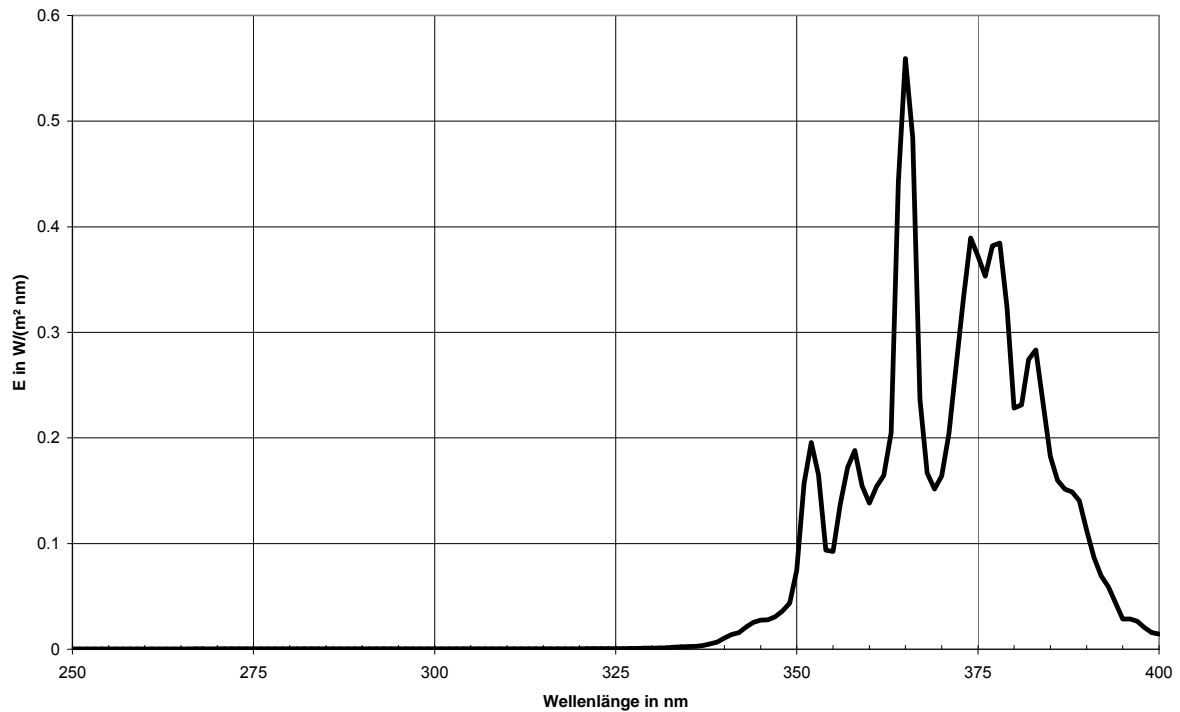


Abbildung 4: Gemessenes Spektrum an einem Fluxarbeitsplatz

Das gemessene Spektrum (Bild 4) wird mit den folgenden Wirkungsfunktionen multipliziert.

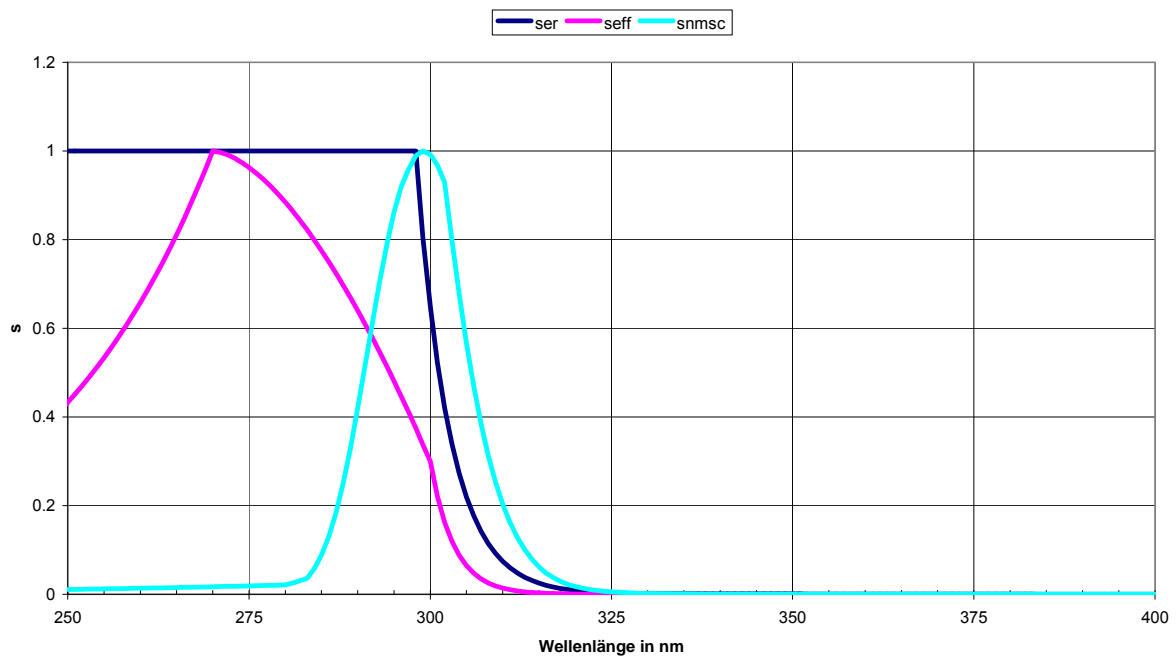


Abbildung 5: Wichtungsfunktionen $s_{er}(\lambda)$, $s(\lambda)$ und $s_{nmsc}(\lambda)$

Damit erhält man die gewichtete spektrale Bestrahlungsstärke (Bild 6).

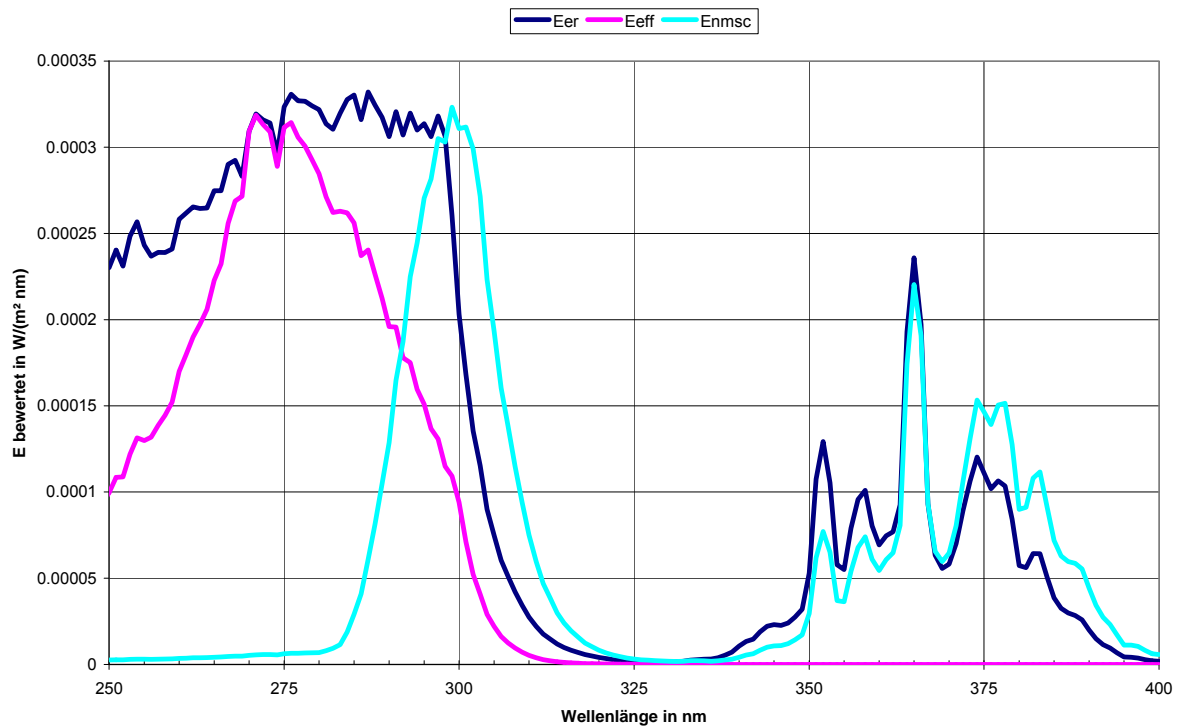


Abbildung 6: Gewichte spektrale Bestrahlungsstärken (gewichtete Spektren)

Summiert man die gewichteten spektralen Bestrahlungsstärken für jede Wellenlänge auf, so ergeben sich die folgenden gewichteten Bestrahlungsstärken:

E_{er}	0,0195 W/m ²
E_{eff}	0,0110 W/m ²
E_{nmisc}	0,0094 W/m ²

Setzt man die verschiedenen gewichteten Bestrahlungsstärken ins Verhältnis, so erhält man Umrechnungsfaktoren F , mit denen verschiedene Bestrahlungsstärken bei gleichem Spektrum ineinander umgerechnet werden können.

$$f_{eff-nmisc} = \frac{E_{nmisc}}{E_{eff}} \quad f_{er-nmisc} = \frac{E_{nmisc}}{E_{er}} \quad f_{eff-er} = \frac{E_{er}}{E_{eff}}$$

Für das Beispiel gelten:

$f_{eff-nmisc}$	0,8545
$f_{er-nmisc}$	0,4821
f_{eff-er}	1,7727

Eine effektive Bestrahlung H_{eff} ergibt dann eine nmisc-gewichtete Bestrahlung von $H_{nmisc} = 0,8545 \cdot H_{eff}$.

Eine erythemgewichtete Bestrahlung H_{er} ergibt dann eine nmisc-gewichtete Bestrahlung von $H_{nmisc} = 0,4821 \cdot H_{er}$.

Und eine effektive Bestrahlung H_{eff} ergibt dann eine erythemgewichtete Bestrahlung von $H_{er} = 1,7727 \cdot H_{eff}$.

4. Excel-Tabelle

Die spektrale Wichtung eines Strahlenspektrums lässt sich einfach durchführen, wenn das Strahlenspektrum in eine Excel-Tabelle eingefügt wird. In der ersten Spalte der Tabelle stehen die Wellenlängen λ , z. B. in 1 nm Abständen. In einer anderen Spalte stehen die Werte der spektralen Bestrahlungsstärken des Strahlungsspektrums bei den entsprechenden Wellenlängen. Auch die Wichtungsfunktionen $s_{er}(\lambda)$, $s(\lambda)$ und $s_{nmisc}(\lambda)$ werden in Spalten der Tabelle eingetragen. Die spektrale Wichtung (Schritte 2 und 4 der Umrechnung), die Aufsummierung (Schritt 5) und die Berechnung des Umrechnungsfaktors (Schritt 6) lassen sich mit Hilfe einer Excel-Tabelle einfach bewerkstelligen. Eine Vorlage für eine solche Excel-Tabelle kann von den Internetseiten des IFA herunter geladen werden unter:

http://www.dguv.de/ifa/de/fac/strahl/pdf/umrechnung_strahlungsgrossen.xls

Anhang E: Umrechnung der UV-Bestrahlung für verschiedene Stellen des Körpers

Bei der Beurteilung der Kausalität ist die berufliche UV-Strahlenexposition mit der gesamten UV-Strahlenexposition zu vergleichen, die sich aus arbeitsbedingter und privater UV-Strahlenexposition zusammensetzt. Der Vergleich hat für die UV-Exposition an der Stelle des Körpers zu erfolgen, an der der Hautkrebs aufgetreten ist. Sofern die private UV-Exposition nicht ermittelt werden kann, kann nach Anhang A der Hilfestellung ein Wert von $H_{er} = 130$ SED pro Jahr angesetzt werden. Dieser Wert entspricht dem Mittelwert der UV-Exposition der Bevölkerung, senkrecht gemessen auf Höhe der Brust. Durch Bewegungen, Abschattungen, usw. sind verschiedene Stellen des Körpers aber unterschiedlich exponiert. An anderen Körperstellen sind daher andere Mittelwerte in der Bevölkerung zu erwarten. Aus der Literatur kann man die Verteilung von UV-Strahlenexpositionen über den Körper entnehmen. Daraus lassen sich die folgenden Jahres-Mittelwerte für die Bevölkerung an verschiedenen Körperstellen ableiten:

Körperstelle	Jahresmittelwert der Bevölkerung
	H_{er} in SED / Jahr
Brust	130
Kopf oben	390
Gesicht	..
Nasenrücken	..
Hände	..
Rücken	..
Beine	..
Arme	..
..	..
..	..

Für die Bewertung der Kausalität im Hinblick auf die Höhe der arbeitsbedingten UV-Strahlenexposition nach Abschnitt 4 und Anhang A der Hilfestellung sind die arbeitsbedingte und die private UV-Strahlenexposition an der Stelle zu ermitteln, an der die Hautkrebserkrankung auftrat. Sofern für die private UV-Exposition ersatzweise der Mittelwert für die Bevölkerung eingesetzt wird, ist er der Tabelle für die entsprechende Körperstelle zu entnehmen.

Anhang F: Beispiele für Arbeitsplätze mit hohen UV-Strahlenexpositionen

Es gibt eine Reihe von Arbeitsplätzen, an denen UV-Strahlung auf Beschäftigte einwirken kann. Beispiele für Arbeitsplätze und Arbeitsverfahren mit potentiell sehr hohen UV-Strahlenexpositionen sind:

Expositionen durch künstliche UV-Strahlenquellen

- Schweißen (Lichtbogenschweißen und Autogenschweißen)
- Rissprüfungen an Werkstücken mit Hilfe von UV-Strahlung (Fluxarbeitsplätze)
- Drucken mit Trocknung der Druckfarben durch UV-Strahlung
- Härten von Klebern mit UV-Strahlung
- Arbeiten mit Gasbrennern, z. B. zur Glasbearbeitung
- Entkeimung von Oberflächen, Luft, etc. mit UV-Strahlung

Arbeiten im Freien

- Bergführer, Skilehrer
- Segellehrer, Surflehrer, Tauchlehrer etc. in Ländern in der Nähe zum Äquator
- Dachdecker, Bauarbeiter, Straßenbauarbeiter, Gärtner, Landwirte, Seeleute mit hohem Anteil an Arbeiten im Freien und bei starker Sonneneinstrahlung

UV-Expositionen durch starke künstliche UV-Strahlenquellen können wesentlich höher sein als UV-Expositionen durch die Sonne beim Aufenthalt im Freien.

Je nach Arbeitsverfahren, Expositionsbedingungen und angewendeten Schutzmaßnahmen kann die UV-Strahlenexposition der Beschäftigten sehr unterschiedlich hoch sein. Wie hoch die UV-Strahlenexposition der Haut der Beschäftigten im Einzelfall tatsächlich ist, hängt außer vom Arbeitsplatz und vom Arbeitsverfahren u. a. auch ab von:

Den eingesetzten technischen Schutzeinrichtungen, der Bekleidung, dem Kopfschutz, der verwendeten persönlichen Schutzausrüstung, bei Arbeiten im Freien auch von der Jahreszeit, der Tageszeit, dem Ort, der Höhe über N.N., den Reflexionseigenschaften des Untergrundes, etc..

Die Liste ist nicht erschöpfend; andere, nicht erwähnte Arbeitsplätze und Arbeitsverfahren können ggf. auch zu hohen UV-Expositionen führen. Es muss deshalb im Einzelfall geklärt werden, wie hoch die arbeitsbedingte UV-Strahlenexposition der Haut in einem BK-Fall im Vergleich zur UV-Strahlenexposition im Privatbereich bzw. im Vergleich zur UV-Exposition der Bevölkerung war.

Bei Arbeiten in Fahrzeugen, z. B. in PKW, LKW, Traktoren, Baumaschinen, Kranen, etc. ist im Allgemeinen nicht mit einer hohen UV-Strahlenexposition zu rechnen. Fahrzeugscheiben halten UV-C und UC-B Strahlung praktisch vollständig und UV-A Strahlung zum großen Teil zurück. Bei geschlossenen Scheiben tritt daher im Fahrzeuginneren keine große UV-Strahlenbelastung auf.

Quellenverzeichnis

Aengenvoort, Schwaß 2008	Aengenvoort B., Schwaß D.: UV-Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen, Die BG 05/08 S. 98 ff.
BGIA-Report 3/2007	BGIA-Report 3/2007: UV-Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen
Siekmann 1985	Gefährdung durch ultraviolette Strahlung an Arbeitsplätzen, Die BG (1985), S. 178-183
Sliney 1980	Sliney D. and Wolbarsht M.: Safety with Lasers and Other Optical Sources, Plenum Press, New York and London, 1980

Quellenverzeichnis

DIN EN 14255-1	DIN EN 142255-1: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung - Teil 1: Von künstlichen Quellen am Arbeitsplatz emittierte ultraviolette Strahlung; Juni 2005
DIN EN 14255-3	DIN EN 142255-3: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 3: Von der Sonne emittierte UV-Strahlung; November 2006
DIN EN 14255-4	DIN EN 142255-4: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 4: Terminologie und Größen für Messungen von UV-, sichtbaren und IR-Strahlungs-Expositionen; Februar 2007
Excel Beruflicher Dosisanteil	http://www.dguv.de/bgja/de/fac/strahl/optische/beruflicher_dosisanteil.xls
Sliney 1980	Sliney D. and Wolbarsht M.: Safety with Lasers and Other Optical Sources, Plenum Press, New York and London, 1980
<u>ISO 28077/CIE S 019</u>	<u>ISO 28077:2006(E)/CIE S 019/E:2006</u> : Joint ISO/CIE Standard: Photocarcinogenesis Action Spectrum (Non-Melanoma Skin Cancers)
ISO 17166/CIE S 007	ISO 17166:1999/CIE S007-1998: Joint ISO/CIE Standard: Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose
Aengenvoort, Schwaß 2008	Aengenvoort B., Schwaß D.: UV-Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen, Die BG 05/08 S. 98 ff.
BGIA-Report 3/2007	BGIA-Report 3/2007: UV-Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen
Bamberger Merkblatt	Empfehlung für die Begutachtung Haut- und Hautkrebserkrankungen (Bamberger Merkblatt), Stand März 2009
Fitzpatrick	The Validity and Practicality of Sun-Reactive Skin Types I Through VI, Thomas B. Fitzpatrick, Arch Dermatol. 1988; 124(6):869-871

Autoren (in alphabetischer Reihenfolge)

Professor Dr. Thomas L. Diepgen
Ärztlicher Direktor der Abt. Klinische Sozialmedizin
Universitätsklinikum
Thibautstraße 3
69115 Heidelberg

Professorin Dr. Manigé Fartasch
Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Institut der Ruhr-Universität Bochum
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1
44789 Bochum

Dr. Karlheinz Frank
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Steinhäuser Str. 10
76135 Karlsruhe

Bernd Heinrichs
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Hildegardstr. 29/30
10715 Berlin

Dr. Harald Siekmann
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Alte Heerstr. 111
53757 Sankt Augustin

Jens Ullrich
Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd
Wilhelm-Theodor-Römheld-Str. 15
55130 Mainz

Fred-D. Zagrodnik
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Mittelstr. 51
10117 Berlin