

DGUV-Arbeitshilfe „Hautkrebs durch UV-Strahlung“

Hautkrebs durch UV-Strahlungsexposition Eine Hilfestellung für die UV-Träger

- Stand 25. September 2013 -

Inhalt

| | |
|---|----|
| 1. Vorwort / Präambel..... | 3 |
| 2. Medizinisches Bild..... | 5 |
| 2.1 Welche Voraussetzungen müssen vorliegen? | 5 |
| A Tumortyp..... | 5 |
| B Lokalisation..... | 5 |
| C Zeichen chronischer UV-Schädigung | 6 |
| D Hauttyp..... | 6 |
| E Konkurrierende Faktoren und Risikofaktoren | 6 |
| 3. Arbeitstechnische Voraussetzungen – Exposition | 7 |
| 3.1 Welche Voraussetzungen müssen vorliegen? | 7 |
| 3.2 Was ist zu ermitteln? | 9 |
| A Arbeitsbedingte UV-Strahlungsexpositionen | 9 |
| B Nicht arbeitsbedingte UV-Strahlungsexposition | 10 |
| 4. Kausalitätsbewertung | 11 |
| 5. Minderung der Erwerbsfähigkeit..... | 13 |
| 6. §-3-Maßnahmen und Heilbehandlung..... | 13 |
| 7. Zuständigkeit | 16 |
| Anhang A: Ermittlung der arbeitsbedingten UV-Exposition durch die Sonne | 17 |
| Anhang B: Ermittlung der UV-Bestrahlung (UV-Dosis) bei Lichtbogen-Schweißarbeiten | 18 |
| Anhang C: Glossar und Erläuterung von Begriffen | 20 |
| Quellenverzeichnis | 28 |
| Autorenteam | 29 |

1. Vorwort / Präambel

Die vorliegende Überarbeitung der bisherigen Arbeitshilfe für die BK-Sachbearbeitung wurde beginnend im Dezember 2012 auf Einladung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV) in einem interdisziplinären Arbeitskreis auf Konsensbasis erstellt.

In der bisherigen Arbeitshilfe (Stand 20.04.2010) waren die bis dahin vorliegenden medizinisch-wissenschaftlichen Erkenntnisse zusammengefasst und es wurden Wege zu einer möglichst einheitlichen Bearbeitung der Fälle aufgezeigt.

Trotz weiterhin offener Fragen konnte der Ärztliche Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ des BMAS auf Basis der Vielzahl der Erkenntnisse zu den Wirkmechanismen und damit auch zu den ursächlichen Zusammenhängen zwischen UV-Strahlung und Hautkrebs nach umfangreichen Beratungen nunmehr eine wissenschaftliche Empfehlung bzw. wissenschaftliche Begründung (WB) zur Aufnahme einer möglichen Berufskrankheit abgeben. Bereits aus dem Wortlaut der Empfehlung „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“ ist zu erkennen, dass zum Beispiel Basalzellkarzinome und andere Hautkrebsentitäten von der Empfehlung nicht erfasst sind. Gleiches gilt für Hautkrebs als evtl. mögliche Folge von UV-Strahlung aus künstlichen Quellen.

Hierzu aber auch zu anderen Fragen gibt es weiteren Klärungsbedarf. Aus diesem Grund unterstützt die DGUV verschiedene Forschungsvorhaben, mit denen u. a. das Risiko von UV-Strahlungsexposition (arbeitsbedingte und nicht arbeitsbedingte, kumulative und intermittierende, natürliche und künstliche) auf die Entstehung spontaner Plattenepithelkarzinome und Basalzellkarzinome abgeschätzt werden soll.

Auch von der Rechtsprechung wurden zwischenzeitlich Fälle entschieden. Offen geblieben ist hier bisher allerdings, wie in weniger klar gelagerten Fällen eine Expositionsermittlung und Kausalitätsbewertung vorzunehmen ist. Zur Klärung dieser sehr vielschichtigen Fragen ist die DGUV gemeinsam mit den UV-Trägern im Gespräch mit medizinischen Fachgesellschaften und Forschungseinrichtungen.

Mit der jetzigen Überarbeitung soll die Arbeitshilfe nun um die Inhalte der wissenschaftlichen Empfehlung sowie um neue Erkenntnisse, die sich aus durchgeführten oder noch laufenden Forschungsprojekten ergeben haben, ergänzt werden. Neben den Konkretisierungen im medizinischen Teil zählt hierzu insbesondere die Art und Weise der Expositionsermittlung, für die einheitliche Standards entwickelt wurden.

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

Wie bei anderen Berufskrankheiten besteht auch beim Hautkrebs durch UV-Strahlung die Notwendigkeit einer besonders intensiven Kommunikation zwischen den an den Ermittlungen Beteiligten, wie den Erkrankten, den Berufskrankheiten-Sachbearbeitern (BK-SB), den Ärzten (behandelnde Ärzte, insbesondere Dermatologen, Betriebsärzte und ggf. auch Gutachter, aber auch Gewerbeärzte), sowie dem Präventionsdienst (PD). Die enge Kommunikation ist wichtig, um die zur voraussichtlich neuen Berufskrankheit ständig wachsenden Erkenntnisse unter den Akteuren auszutauschen. Und nur so kann mit Blick auf die Bearbeitung der einzelnen

Erkrankungsfälle eine möglichst vollständige und schlüssige Arbeitsanamnese erhoben werden, in der es im stärkeren Maße als bei anderen Erkrankungen auch auf eine Abgrenzung zur privaten Exposition ankommt.

2. Medizinisches Bild

2.1 Welche Voraussetzungen müssen vorliegen?

A Tumortyp

Nach dem aktuellen Stand der medizinisch-wissenschaftlichen Erkenntnisse können bestimmte Hautkrebsarten durch arbeitsbedingte UV-Strahlungsexposition wesentlich mitverursacht und damit wie eine Berufskrankheit anerkannt und entschädigt werden. Hierzu zählen Plattenepithelkarzinome der Haut incl. der Bowen-Karzinome sowie die als intraepidermale Neoplasie (Synonym: carcinoma in situ) geltenden aktinischen Keratosen. Aktinische Keratosen können eine Berufskrankheit sein, wenn sie multipel auftreten, das heißt, wenn sie mit einer Zahl von mehr als 5 pro Jahr einzeln oder konfluierend (zusammenfließend) in einer Fläche von größer als 4 cm² (Feldkanzerisierung) auftreten. Die Hauttumoren können an einzelnen oder an mehreren Körperstellen auftreten.

Die Diagnose eines Plattenepithelkarzinoms oder einer aktinischen Keratose ist durch einen Dermatologen zweifelsfrei zu sichern. Hierzu ist bei Plattenepithelkarzinomen eine histologische Untersuchung erforderlich. Bei aktinischen Keratosen wird eine histologische Untersuchung nur gefordert, wenn sie ärztlich indiziert ist (vgl. [„Leitlinie zur Behandlung der aktinischen Keratosen“](#) Stand 12/2011). In jedem Fall ist immer auch der Verlauf der Erkrankung sowie der Behandlung durch entsprechende Arztberichte zu dokumentieren.

Nach der wissenschaftlichen Begründung ist UV-Strahlung auch bei Basalzellkarzinomen als ein wichtiger Risikofaktor anzusehen, die bisherigen epidemiologischen Ergebnisse sind aber weniger eindeutig (Bauer A. et al. 2011), so dass zum Basalzellkarzinom noch keine abschließende Aussage getroffen werden konnte. Eine Anerkennung dieser Erkrankung ist derzeit daher nicht möglich. Dies gilt auch für Basalzellkarzinome, die gemeinsam mit aktinischen Keratosen und/oder Plattenepithelkarzinomen auftreten. In diesen Fällen kann dann nur eine Anerkennung der aktinischen Keratosen/ Plattenepithelkarzinome erfolgen. Zur Klärung der hier offenen Fragen wurden weitere Forschungsvorhaben durch die DGUV initiiert.

Für andere durch UV-Strahlungsexposition beeinflusste maligne Erkrankungen der Haut (z. B. die verschiedenen Subtypen des malignen Melanoms) gibt es ebenfalls keine gesicherten Erkenntnisse zu deren arbeitsbedingten Verursachung. Eine Anerkennung dieser Erkrankungen ist derzeit daher nicht möglich.

B Lokalisation

Die Lokalisation der festgestellten multiplen aktinischen Keratosen oder Plattenepithelkarzinome 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 Hautkrebserkrankungen herstellen, kommt eine arbeitsbedingte Verursachung schon deshalb nicht in Betracht und eine weitere Prüfung erübrigt sich.

C Zeichen chronischer UV-Schädigung

Klinische Zeichen einer chronischen UV-Schädigung der Haut sind nicht notwendige Voraussetzung für die Anerkennung. Sie weisen auf eine hohe kumulative UV-Belastung hin und können für den Gutachter hilfreich bei der versicherungsrechtlichen Beurteilung sein. Zeichen einer chronischen Lichtschädigung sind z. B.:

- tiefe Falten (Ausnahme mimische Falten)
- Teleangiectasien
- Hypo- und Hyperpigmentierungen
- Atrophien
- Faltenbildungen am Nacken

D Hauttyp

Das Vorliegen eines bestimmten Lichthauttyps nach Fitzpatrick (s. Glossar) ist für die versicherungsrechtliche Beurteilung grundsätzlich ohne Bedeutung. Im Rahmen von Leistungen nach § 3 BKV kann der Hauttyp jedoch eine Rolle spielen z. B. bei der Frage nach geeigneten Hautschutzmaßnahmen. Diese sollten jeweils an die individuelle Sonnenempfindlichkeit und damit an den Hauttyp angepasst werden.

E Konkurrierende Faktoren und Risikofaktoren

Die von der Wissenschaft identifizierten und in der wissenschaftlichen Empfehlung genannten konkurrierenden Faktoren und Risikofaktoren für die Entstehung von Plattenepithelkarzinomen einschließlich der aktinischen Keratosen sind teilweise auch für die versicherungsrechtliche Beurteilung relevant und daher zu ermitteln. Zu diesen Faktoren zählen genetischen Faktoren, Pigmentierungsdefekte (erworbene, z. B. Vitiligo und angeborene, z. B. Albinismus), Immunsuppression (z. B. infolge Organtransplantation), Phototherapie, relevante Einwirkungen nach den BK-Ziffern 1108, 2402 und 5102 u. a. Es sollte daher ein entsprechendes Vorerkrankungsverzeichnis rückwirkend für ca. 10 Jahre eingeholt werden.

3. Arbeitstechnische Voraussetzungen – Exposition

3.1 Welche Voraussetzungen müssen vorliegen?

UV-Strahlung ist als komplettes Karzinogen in der Lage, Hautkrebs (Melanome und non-melanoma skin cancer – NMSC) zu induzieren. In einer wellenlängenabhängigen Wirksamkeitskurve (Aktionsspektrum) liegt die Effektivität der UV-Strahlung für eine NMSC-Photokarzinogenese im Bereich von 250 nm bis 400 nm (CIE-Standard Internationale Beleuchtungskommission) S 019.2/E:2005 „Photocarcinogenesis Action Spectrum (Non-Melanoma Skin Cancers)“. Damit umfasst das kanzerogene (krebsverursachende) Strahlungsspektrum sowohl die UV-A-Strahlung als auch die UV-B-Strahlung. Die UV-C-Strahlung wird weitgehend im Stratum Corneum (Hornschicht) absorbiert und spielt für die Krebsentwicklung wahrscheinlich keine wesentliche Rolle.

Für die photobiologische Wirkung der UV-Strahlung, insbesondere ihrer kanzerogenen Wirkung, sind deren „Strahlungsintensität“ (ausgedrückt als Bestrahlungsstärke E), die Höhe der UV-Exposition (ausgedrückt als Bestrahlung H) und ihre Wellenlänge von Bedeutung. Es kann auch eine Rolle spielen, ob die Strahlung gleichmäßig oder intermittierend auf die Haut einwirkt.

Gegenstand der wissenschaftlichen Begründung ist ausschließlich die natürliche UV-Strahlung der Sonne, nicht dagegen UV-Strahlung aus künstlichen Quellen (z.B. Schweißen, UV-Härtung usw.).

In der Sonnenstrahlung ist überwiegend (ca. 95 %) UV-A-Strahlung, aber auch UV-B-Strahlung (ca. 5 %) enthalten. Der Anteil an UV-C-Strahlung ist vernachlässigbar, da diese Strahlungsanteile bereits durch die Erdatmosphäre absorbiert werden.

Künstliche Quellen emittieren UV-Strahlung mit unterschiedlichen spektralen Verteilungen (Wellenlänge, Intensität). Nach dem o. g. Standard der CIE (Internationale Beleuchtungskommission) ist die UV-Strahlung künstlicher Quellen grundsätzlich als kanzerogen einzustufen und wird aus diesem Grund in diese Arbeitshilfe aufgenommen.

Aus rechtlicher Sicht wäre eine Berücksichtigung von Expositionen gegenüber UV-Strahlung aus künstlichen Quellen bei der Kausalitätsbeurteilung möglich, wenn die spektralen Bestrahlungsstärken („Strahlungsspektren“) von künstlichen UV-Strahlungsquellen und der Sonne in ihrer kanzerogenen Wirkung vergleichbar sind.

In der Praxis ist dies jedoch nur selten der Fall. Beispielsweise kann UV-Strahlung aus künstlichen Quellen einen hohen UV-C-Anteil besitzen, der im Sonnenspektrum nicht enthalten ist.

Darüber hinaus ist es derzeit fraglich, ob die zur präventiven Beurteilung des Schädigungspotentials von künstlicher Strahlung vorgeschlagene Wichtungskurve (H_{eff} def. in der Norm CIE S019/ISO 28077) aus dem Jahr 2006 für eine Anwendung im Entschädigungsbereich geeignet ist. Diese Wichtung verfolgt primär das Ziel, Versicherte vor akuten Augen (sog. Verblitzen) und Hautschäden (Sonnenbrand) zu schützen. Daneben gibt es eine NMSC Gewichtung, die das Krebsrisiko, ebenfalls für präventive Zwecke, beschreibt. Diese Gewichtung wurde aus Tierversuchen an

Mäusen abgeleitet. Die Ergebnisse sind nicht zuverlässig auf den Menschen übertragbar¹.

Ferner findet sich in den vorliegenden epidemiologischen Studien derzeit kein Zusammenhang zwischen arbeitsbedingter Belastung mit künstlicher UV-Strahlung und dem Auftreten von Malignomen der Haut. Daher konnte der Ärztliche Sachverständigenbeirat auch keine Empfehlung für die Anerkennung von Hautkrebserkrankungen nach künstlicher UV-Strahlung aussprechen. Eine weitere Prüfung hat sich der Ärztliche Sachverständigenbeirat jedoch vorbehalten. Aus diesen Gründen kann daher zurzeit nicht empfohlen werden Hautkrebserkrankungen nach Einwirkung von künstlicher UV-Strahlung anzuerkennen.

Es ist jedoch möglich, dass in Zukunft die derzeit offenen Fragen geklärt und die Anerkennung von Hautkrebserkrankungen nach Einwirkung von UV-Strahlung aus künstlichen Quellen möglich werden wird. Wenn Ermittlungen durchgeführt werden, ist es sinnvoll, beweisichernd die Expositionen durch künstliche Strahlungsquellen durch den Präventionsdienst sorgfältig zu erfassen. Dabei sollten die ausgeübten Tätigkeiten so genau wie möglich beschrieben und die Frage, in welchem zeitlichen Umfang künstliche Strahlen unter Berücksichtigung der verwendeten Schutzmaßnahmen auf die erkrankte Körperstelle einwirkten, ermittelt werden.

Auch sonstige Informationen zu Art und Höhe der Strahlungsexposition (z. B. Herstellerinformationen zu Strahlungsquellen, Lichtbogenschweißparameter, Abstände zu den Strahlungsquellen) können hilfreich sein, um ggf. zukünftig die Frage, in welcher - kanzerogen wirksamen - Höhe es zu einer Belastung der erkrankten Körperstelle durch künstliche UV-Strahlen gekommen ist, beantworten zu können.

Für die Annahme einer arbeitsbedingten Verursachung der Hautkrebserkrankung durch die Sonnenstrahlung wurde in der WB eine Konvention getroffen, nach der die Dosis-Wirkungs-Beziehung durch eine relative (nicht absolute) UV-Dosis abgebildet wird. Hierfür sind sowohl die arbeitsbedingte als auch die nicht-arbeitsbedingte Exposition der Erkrankten zu ermitteln und ins Verhältnis zu setzen (s. a. Kapitel 4 „Kausalitätsbewertung“).

Bei der Exposition gegenüber natürlicher UV-Strahlung sind die Bestrahlungsstärken von verschiedenen Faktoren, insbesondere aber vom Sonnenstand (Sonnenhöhenwinkel) abhängig. Das bedeutet, dass die Bestrahlungsstärke beeinflusst wird

- von der Jahreszeit (im Sommer höher als im Winter),
- von der Tageszeit (in der Mittagszeit bei hohem Sonnenstand ist die Bestrahlungsstärke am höchsten)
- vom geografischen Breitengrad (Zunahme der Mittagssonnenhöhe, je mehr man sich regional dem Äquator nähert)
- von der Ortshöhe (je höher über dem Meeresspiegel, desto höher die Bestrahlungsstärke)
- vom Umfeld (erhöhend durch Untergrund wie beispielsweise Schnee, trockener Beton, trockener Sand; durch abschattendes Gelände wie Bäume, Häuser) erniedrigend durch abschattende Umgebung).

In diesem Sinne besonders gefährdend sind z.B. Tätigkeiten in der Land- und Forstwirtschaft, der Fischerei und Seefahrt, im Baugewerbe und Handwerk (z. B. Dachdecker, Zimmerleute, Stahlbauschlossler, Schweißer an Brücken), im Straßenbau sowie Bademeister, Bergführer u. ä..

¹ J. Kiesel et al in ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 2013; 48: 250–253

3.2 Was ist zu ermitteln?

Die Ermittlung der Exposition im BK-Feststellungsverfahren erfolgt in der Regel durch den Präventionsdienst (PD) des jeweils zuständigen UV-Trägers.

Für die Kausalitätsbewertung ist die gesamte, lebenslange UV-Strahlungsexposition bis zum Beginn 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 zu ermitteln.

A Arbeitsbedingte UV-Strahlungsexpositionen

Die Ermittlung muss alle UV-Strahlungsexpositionen während des Arbeitslebens, d. h. während der versicherten Tätigkeit, einbeziehen. Ziel ist die Bestimmung der gesamten arbeitsbedingten UV-Bestrahlung der Haut. Bei der versicherungsrechtlichen Beurteilung von Expositionszeiten im Ausland sind ggf. zusätzlich Vorschriften des EG-Verordnungsrechts und bilateraler Abkommen über soziale Sicherheit zu beachten. Nicht zu berücksichtigen sind UV-Expositionen während der Zurücklegung der von § 8 Abs. 2 SGB VII erfassten Wege (Wege von und zur Arbeitsstätte).

Zur Feststellung der Exposition soll die versicherte Person befragt werden. Die Ergebnisse, die ggf. durch eine Arbeitgeberanfrage zu bestätigen sind, werden Grundlage der Expositionsrechnung durch die in Anhang A aufgeführte Berechnungsformel.

Sind bereits Erfahrungswerte zur Exposition an vergleichbaren Arbeitsplätzen vorhanden, können diese der Beurteilung zugrunde gelegt werden. Besondere Expositionsbedingungen, z. B. die Exposition hinter Glas beim Arbeiten in Fahrzeugen, sollten darüber hinaus durch einen technischen Sachverständigen (z. B. Aufsichtsperson) mit Blick auf ihre Wirksamkeit bewertet werden. Gleiches gilt für Expositionen, die weit in der Vergangenheit liegen und nicht mehr dem heutigen Berufsbild entsprechen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, in geeigneten Fällen Messungen am Arbeitsplatz durchzuführen. Die Ergebnisse derartiger Messungen sollen, wenn möglich, dem Aufbau von Expositions-katastern dienen. Dies ist u. a. auch das Ziel laufender Forschungsvorhaben der DGUV, aktuell des Projektes FB 181 „Durch UV-Strahlung induzierte bösartige Hauttumoren - Erarbeitung und Evaluation von versicherungsrechtlich relevanten Abgrenzungskriterien beruflicher gegenüber nicht beruflicher Verursachung.“

Verfahren zur Messung von UV-Expositionen sind für Expositionen durch die Sonne in DIN EN 14255-3 [DIN EN 14255-3] und für Expositionen durch künstliche UV-Strahlungsquellen in DIN EN 14255-1 [DIN EN 14255-1] beschrieben. Ist der Nachweis der UV-Strahlungsexposition nicht möglich, kann nicht festgestellt werden, dass die Voraussetzungen zur Anerkennung hinsichtlich der Höhe der arbeitsbedingten UV-Exposition vorliegen (objektive Beweislosigkeit). In diesen Fällen sind die Gründe, die zur Beweislosigkeit führen, ausführlich darzulegen.

Bei allen Expositionen ist zudem zu prüfen, ob und welche Schutzmaßnahmen genutzt werden bzw. wurden. Hierdurch können Optimierungspotentiale in der Verhaltens- und Verhältnisprävention identifiziert und umgesetzt werden (s. a. Kapitel 6 „§ 3 Maßnahmen“). Auch kann die Kenntnis über die Anwendung und die Wirksamkeit eines UV-Schutzes bei früheren Tätigkeiten Auswirkungen auf die Kausalitätsbewertung haben und ist daher zu dokumentieren.

Details zur Ermittlung für Expositionen durch die Sonne sind im Anhang A dargestellt. Die Ermittlung von Expositionen durch UV-Strahlung künstlicher Quellen ist beispielhaft für das Schweißen in Anhang B aufgeführt.

Die Ermittlung der Exposition hat immer mit Blick auf die Tumorlokalisierung zu erfolgen (s.a. Kapitel 4 – Kausalitätsbewertung). Es ist daher immer auch zu beschreiben, in welchen Körperhaltungen gearbeitet wurde, um beurteilen zu können, ob und wie die UV-Strahlung auf das betroffene Körperareal gerichtet war.

B Nicht arbeitsbedingte UV-Strahlungsexposition

Die nicht arbeitsbedingte (private) UV-Strahlungsexposition ist in der Regel nur mit hohem Aufwand und selbst dann nur ungenau zu ermitteln, da insbesondere individuelle Messungen nicht möglich sind.

Hier ist der Berechnung ein Wert von $H = 130$ SED pro Jahr (Brustposition) zugrunde zu legen. Dieser Wert bildet die mittlere UV-Strahlungsbelastung der Bevölkerung in Deutschland ab und wurde aus BMBF- und BAuA-Forschungsvorhaben (Knuschke, Krins 2000; Knuschke et al. 2004, Knuschke et al. 2007) sowie Daten des Statistischen Bundesamtes ermittelt (Knuschke et al 2008; Knuschke 2011). Sofern sich die erkrankte Hautstelle nicht in der Brustposition befindet, ist der Wert von 130 SED mit dem Körperstellenfaktor (s. Technische Information des IFA) zu multiplizieren. Die gesamte private UV-Bestrahlung wird berechnet, indem die jährlichen UV-Bestrahlungen von der Geburt bis zum Alter beim Ausbruch der Erkrankung aufsummiert werden. Die Summierung erfolgt über jedes Lebensjahr bis zum Ausbruch der Erkrankung.

$$H_p \text{ (private Lebenszeitbestrahlung)} = \sum H/a \text{ (privat)}$$

Gibt es Hinweise auf über- oder unterdurchschnittliche private UV-Strahlungsexpositionen, so sind diese in die Stellungnahme des Präventionsdienstes aufzunehmen und ggf. bei der Kausalitätsbewertung (s. a. Kapitel 4 „Kausalitätsbewertung“) zu berücksichtigen. Hinweise für derartige Abweichungen können sich ergeben, wenn

- Strand-/Badeurlaube oder Urlaube unter Extrembedingungen (äquaturnah oder Hochgebirge) von mehr als 2 Wochen regelmäßig oder sonstige Urlaube länger als 3 Wochen erfolgten; Urlaube im Herbst/Winter/Frühjahrsabschnitt in äquaturnahen Regionen über mehr als 2 Wochen oder als Zusatzurlaub zum Sommerurlaub von 1 Woche und mehr erfolgten
- das Freizeitverhalten an Werktagen und Wochenenden zu außergewöhnlich hohen UV-Expositionen führt (z. B. Tätigkeiten im Garten, Wassersport etc.)
- regelmäßig Sonnenbäder genommen oder Solarien genutzt wurden.

Hinweise auf eine unterdurchschnittliche UV-Strahlungsexposition sind Urlaube bzw. Freizeitverhalten, die regelmäßig und nachvollziehbar nicht bzw. nie mit einer UV-Strahlungsexposition verbunden sind.

Die mittlere Strahlungsbelastungsdosis von 130 SED / Jahr ist auch für Kinder- und Jugendzeiten in Ansatz zu bringen.

(Anmerkung: Die UV-Strahlungsexposition von Kindern an Werktagen liegt nach den durchgeführten Studien (Knuschke et al. 2004; Thieden et al. 2004) auf dem Level der Exposition von Innenbeschäftigten. Die weiteren UV-Strahlungsexpositionen (Wochenende und Urlaub) sind an die UV-Strahlungsexposition der Eltern gekoppelt, so dass der Ansatz von 130 SED / Jahr in der Kindheit gerechtfertigt erscheint.

Eine weitergehende Differenzierung der werktäglichen Exposition von Kindern- und Jugendlichen in versicherte Zeiten (Kita, Hort) und unversicherte Zeiten (elterliche Obhut) ist aufgrund des insgesamt geringen werktäglichen Expositionslevels vernachlässigbar und daher nicht erforderlich.

4. Kausalitätsbewertung

Bei der Kausalitätsbewertung ist zu prüfen, ob die festgestellte arbeitsbedingte UV-Strahlungsexposition im Einzelfall die rechtlich wesentliche Ursache der festgestellten Hautkrebserkrankung(en) war.

Für diese Prüfung gilt nach der hier maßgebenden „Theorie der wesentlichen Bedingung“ Folgendes (s. a. „Bamberger Empfehlung“ und zusammenfassend BSG-Urteil B 2 U 9/08 R vom 02.04.2009): Kommen naturwissenschaftlich mehrere Ursachen für die Krankheitsverursachung in Betracht, so sind nur diejenigen als rechtserheblich anzusehen, die wegen ihrer besonderen Beziehung zum Erfolg (Krankheit) wesentlich zu dessen Eintritt beigetragen haben.

Haben mehrere Ursachen zu einem Erfolg (Schaden) beigetragen (= konkurrierende Kausalität), so kann es mehrere rechtlich wesentliche Ursachen geben. Die Bestimmung der Wesentlichkeit kann nicht auf mathematische Berechnungen gestützt werden, die Ursachen müssen also nicht rechnerisch „gleichwertig“ oder „annähernd gleichwertig“ sein. Auch eine rechnerisch verhältnismäßig niedriger zu bewertende Ursache kann für den Erfolg rechtlich wesentlich sein, solange den anderen Ursachen keine überragende Bedeutung für das Entstehen der Erkrankung zukommt. Ist eine der Ursachen oder sind mehrere Ursachen gemeinsam gegenüber einer anderen von überragender Bedeutung, so ist oder sind nur die erstgenannte(n) Ursache(n) „wesentlich“ im Sinne des Sozialrechts. Eine naturwissenschaftliche Ursache, die nicht als „rechtlich wesentlich“ anzusehen ist, scheidet damit als Ursache nach der Theorie der wesentlichen Bedingung und im Sinne des Sozialrechts aus. Für die nach der Theorie der wesentlichen Bedingung zu beurteilenden Ursachenzusammenhänge genügt die hinreichende Wahrscheinlichkeit, nicht allerdings die bloße Möglichkeit.

Bei Hautkrebserkrankungen sind bei der Kausalitätsbewertung verschiedene konkurrierende Faktoren bzw. Risikofaktoren von Bedeutung (s. a. Kapitel 2 Punkt 2.1 E). Die bedeutendste und bei jedem Menschen vorhandene konkurrierende Ursache ist die nicht-arbeitsbedingte UV-Strahlungsexposition. Sie ist in allen begründeten Verdachtsfällen nach den Vorgaben des Kapitels 3.2 Abschnitt B zu ermitteln. Das Ergebnis ist dann ins Verhältnis zu setzen zu der nach den Vorgaben des Kapitels 3.2 Abschnitt A ermittelten arbeitsbedingten UV-Bestrahlung.

Zeigt sich dann am Ort der Tumorentstehung eine zusätzlich zur außerberuflichen UV-Strahlungsexposition auftretende arbeitsbedingte UV-Belastung von wenigstens 40%, so kann dies für eine arbeitsbedingte Verursachung sprechen. Dieser Zuschlag von 40% wird auf der Basis der außerberuflichen Lebenszeitbestrahlung (Alter x 130 SED) berechnet und bezieht sich nicht auf die Gesamtlebenszeitdosis. Diese in der WB getroffene Festlegung hat den Charakter einer Konvention auf der Basis der bestverfügbaren aktuellen wissenschaftlichen Datenlage und der klinischen Erfahrung und ist dem Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnisse anzupassen.

Die nachfolgende Checkliste ist als Hilfestellung für die Kausalitätsbewertung (auch im Rahmen der Auswertung von Gutachten) 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.

Checkliste für die Prüfung einer Hautkrebserkrankung nach UV-Exposition

| Voraussetzungen, zwingend erforderlich | Liegt vor | Liegt nicht vor |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Plattenepithelkarzinom, Bowen-Karzinom, Morbus Bowen, multiple aktinische Keratosen, wenn möglich histologisch gesichert | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lokalisation der Erkrankung passt zur beruflichen Exposition | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| arbeitsbedingte Belastungen (nach Art, Dauer, Intensität, Umfang) entsprechen mindestens 40% der nicht-arbeitsbedingten (privaten) Belastung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ergänzende Voraussetzungen | | |
| Zeichen chronischer Lichtschäden im betroffenen Areal | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zeichen chronischer Lichtschäden nur in arbeitsbedingt exponierten Arealen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| übliche UV-Strahlungsbelastung in Freizeit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| übliche UV-Strahlungsbelastung im Urlaub | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sonnenbrände bei beruflicher Tätigkeit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kaum außerberufliche Sonnenbrände | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. Minderung der Erwerbsfähigkeit

Zur Minderung der Erwerbsfähigkeit wird auf den entsprechenden Abschnitt der Empfehlung für die Begutachtung von Haut- und Hautkrebserkrankungen (Bamberger Empfehlung) in der jeweils geltenden Fassung verwiesen.

6. §-3-Maßnahmen und Heilbehandlung

Durch Präventionsmaßnahmen kann ein wirksamer Schutz gegen eine Exposition durch kanzerogene UV-Strahlung erreicht werden. In der Folge wird so dem Entstehen, der Verschlimmerung oder dem Wiederaufleben einer Hautkrebserkrankung im Sinne dieser Arbeitshilfe entgegengewirkt.

Die Pflicht, Versicherte vor den Folgen von natürlicher und künstlicher UV-Strahlung zu schützen, obliegt grundsätzlich dem Arbeitgeber (§ 3 ArbSchG). Für Maßnahmen, die zur „Grundsicherung“ gegen übermäßige Sonneneinstrahlung für alle Arbeitnehmer an vergleichbaren Arbeitsplätzen notwendig sind, ist der Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung verantwortlich. Dieser hat auch besondere Veranlagungen und Vorschäden der Versicherten (z. B. Hauttyp nach Fitzpatrick) angemessen zu berücksichtigen.

Die Unfallversicherungsträger werden nachrangig tätig. Sie ergreifen erst dann Maßnahmen gemäß § 3 BKV, wenn für Versicherte die konkrete Gefahr besteht, dass eine (Wie-) Berufskrankheit „Hautkrebs“ entsteht, wiederauflebt oder sich verschlimmert.

Rechtsgrundlage für die Erbringung der präventiven Maßnahmen ist § 3 BKV. Dies gilt nach einem BSG Urteil vom 07.09.2004 (B 2 U 1/03 R, SGB 2005, 460 ff., vgl. dazu Römer/Brandenburg [Die BG 2006, S. 169] auch für die Entstehung, die Verschlimmerung und das Wiederaufleben von „Wie-Berufskrankheiten“ nach § 9 Abs. 2 SGB VII und somit auch für durch UV-Strahlung verursachte Hautkrebserkrankungen.

Dabei ist zu beachten, dass - anders als beim Versicherungsfall Berufskrankheit - Versicherungsfall und Leistungsfall bei § 3 Abs. 1 BKV wegen der präventiven Natur der Maßnahme und des sich ständig verändernden Sachverhaltes immer zusammenfallen und daher vor jeder neuen Maßnahme erneut das Vorliegen der Voraussetzungen von § 3 Abs. 1 BKV zu prüfen ist [Römer, Brandenburg 2006]. Dies gilt nicht für die sich an die Aufgabe der Tätigkeit anschließenden Leistungen, wenn der Versicherten der Aufforderung des UV-Träger zur Aufgabe nachkommt.

Individuelle Präventionsmaßnahmen sind geboten, wenn nach medizinischem Kenntnis- und Erfahrungsstand für Versicherte die konkrete Gefahr besteht, dass bei Fortsetzung der gefährdenden Tätigkeit eine Berufskrankheit mit Wahrscheinlichkeit entsteht, wiederauflebt oder sich verschlimmert.

Eine solche Gefahr liegt vor, wenn das Risiko einer Schädigung für Versicherte am konkreten Arbeitsplatz über den Grad hinausgeht, der bei anderen Versicherten, bei einer vergleichbaren Beschäftigung, besteht. Von einer Gefahr im Sinne des § 3 Abs. 1 Satz 1 BKV kann daher nicht bereits dann ausgegangen werden, wenn am Arbeitsplatz des Versicherten Einwirkungen vorhanden sind, die im Allgemeinen zu einer Berufskrankheit führen können oder wenn eine dem Grunde nach gefährdende Tätigkeit ausgeübt wird.

Leistungen nach § 3 BKV können im Einzelfall bereits angezeigt sein bevor das medizinische Bild (Tatbestand) der WB/Wie-BK/BK vollständig vorliegt, da dieses sich bei weiterer Exposition entsprechend weiterentwickeln kann. Üben Versicherte in diesen Fällen weiterhin eine Tätigkeit im Freien aus, die mit einer arbeitsbedingten hohen UV-Exposition der Sonne verbunden ist, so können im Einzelfall geeignete Maßnahmen nach § 3 BKV das Entstehen einer Wie-Berufskrankheit wirksam verhindern. Zum Beispiel sollte ergänzend zu den arbeitsschutzrechtlich angezeigten Primärpräventionsmaßnahmen des Arbeitgebers eine allgemeine sowie branchenspezifische Risikoaufklärung erfolgen, die ggf. mit edukativen Maßnahmen zum richtigen Umgang mit Sonnenschutzmitteln (Verhaltensprävention, Vorrang organisatorischer Maßnahmen vor mechanischem Schutz durch z. B. Nutzung von Sonnensegel und Kleidung als textilem Lichtschutz vor „chemischem“ Schutz durch Hautcreme) verbunden ist.

Die Kosten der (haut-)ärztlichen Behandlung können dagegen im Regelfall erst mit Anerkennung einer Wie-Berufskrankheit übernommen werden. Der Zeitpunkt der Kostenübernahme ist dem Arzt mit Behandlungsauftrag mitzuteilen. Bis dahin erfolgt die ärztliche Behandlung einschließlich der erforderlichen Nachsorge entsprechend § 11 Abs. 5 SGB V zu Lasten der jeweiligen Krankenversicherung. Es ist davon auszugehen, dass sowohl in der gesetzlichen als auch in der privaten Krankenversicherung eine adäquate und leitliniengerechte ärztliche Behandlung erfolgt. Bei darüber hinausgehenden Therapien zu Lasten des UV-Trägers ist zunächst das Vorliegen der medizinischen Indikation zu prüfen.

In jedem Fall sind den Betroffenen immer auch die Reduktion der nicht arbeitsbedingten (privaten) Sonnenexposition sowie die Verwendung geeigneten Sonnenschutzes im privaten Bereich zu empfehlen.

Ist eine besondere Gefährdung durch eine fortbestehende hohe arbeitsbedingte UV-Strahlungsexposition gegeben, bestimmt sich die Auswahl geeigneter Maßnahmen nach der Art der verrichteten Tätigkeit(en), nach der Schwere des Erkrankungsbildes sowie nach dem vorliegenden Hauttyp. Die Erbringung von Leistungen nach § 3 BKV bei Vorliegen einer konkret individuellen Gefahr im Sinne des § 3 Abs. 1 BKV ist unabhängig davon, ob eine anlagebedingte Erkrankung (prädispositionelle Faktoren) ein erhöhtes Erkrankungsrisiko begründet [vgl. BSG Urteil vom 25.10.1989; Az.: 2 RU 57/88, HVBG-Info 1990, 260].

Bei der Auswahl geeigneter Präventionsmaßnahmen hat die Verhältnisprävention Vorrang vor Maßnahmen der Verhaltensprävention.

Im Rahmen der Verhältnisprävention haben technische und organisatorische Maßnahmen die größte Wirkung beim Schutz vor (natürlicher) UV-Strahlung. Hierzu zählen z. B. die Nutzung von Sonnenschutz in Form von Fahrzeugdächern/-kabinen, wo realisierbar Sonnensegel, Überdachungen etc. Soweit möglich sollten Arbeitsaufgaben, -abläufe und -zeit zugunsten geringerer Sonnenexpositionen angepasst werden.

Im Rahmen der Verhaltensprävention steht die regelmäßige Verwendung von (individuellem) Sonnenschutz in Form von textilem Lichtschutz durch geeignete Arbeitsbekleidung (schulter-/rückenbedeckend), Kopfbedeckungen (bei erhöhter Exposition mit Nackenschutz), Sonnenschutzbrillen (gegen Blendung und zur Verhinderung von UV-bedingten Augenkrankheiten, z. B. grauer Star) sowie Sonnenschutzmitteln, zur Verfügung.

Sonnenschutzmittel sollten dabei nach dem Ergebnis eines Forschungsprojektes (Bauer et al. 2013²) folgende Anforderungen erfüllen:

- hoher Lichtschutz im UVA (UVA-PF ≥ 20) und UVB (LSF ≥ 50) Bereich
- photostabile Filtersysteme
- an den Außenberuf angepasste Galenik, die eine leichte Verteilung des Sonnenschutzmittels auf der Haut, Wasser-, Abrieb- und Schweißfestigkeit gewährleistet und die Arbeitsabläufe nicht beeinträchtigt
- keine Verursachung von wesentlichen Haut- und Augenreizungen
- Produkt mit möglichst niedriger Konsistenz
- möglichst keine stark parfümierten, öligen, klebrigen Zubereitungen, die die Schwitzneigung erhöhen und an denen Staub und Schmutz anhaftet.

Bei der Verwendung von Sonnenschutzmitteln ist unbedingt auf die erforderliche Auftragsmenge hinzuweisen, damit die erwünschte Schutzwirkung überhaupt eintritt.

Bei diesen Maßnahmen ist der individuelle Hauttyp zu berücksichtigen. Die Verhaltensprävention sollte auch eine Beratung zu den Risiken durch UV-Strahlung sowie eine Schulung zur Anwendung von Lichtschutz und zur Einübung eines Lichtschutzverhaltens umfassen.

Bei der Auswahl der Maßnahmen ist neben der Wirksamkeit auch immer die Praktikabilität zu beachten, da diese entscheidend für die Akzeptanz der jeweiligen Maßnahme und damit auch für einen dauerhaft gesicherten UV-Schutz ist. Zum Beispiel wird UV-schützende Kleidung nur dann von Versicherten angenommen und regelmäßig getragen, wenn sie auch den klimatischen Verhältnissen angepasst ist und nicht ein zusätzliches Schwitzen verursacht. Auf Seiten der Arbeitgeber wird die Akzeptanz entscheidend von den Mehrkosten abhängen, die durch die Installation und die Unterhaltung der Maßnahmen entstehen. Diese und weitere Fragen wurde u. a. in einem Forschungsprojekt der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) untersucht (Knuschke et al. 2013³). Die Ergebnisse werden in Kürze veröffentlicht (s. <http://www.baua.de/de/Forschung/Forschung.html>).

Ist die Gefahr im Sinne des § 3 Abs. 1 Satz 1 BKV durch technische, organisatorische, personenbezogene oder präventivmedizinische Maßnahmen nicht zu beseitigen, ist es Aufgabe des UV-Trägers zu prüfen, ob die Aufgabe der gefährdenden Tätigkeit zur Vermeidung des Entstehens einer Berufskrankheit erforderlich ist (§ 3 Abs. 1 Satz 2 BKV). Die Aufgabe der gefährdenden Tätigkeit stellt für Versicherte stets einen einschneidenden Eingriff in die persönliche Sphäre dar und kann daher nur das letzte Mittel sein.

Bei Vorliegen eines Krankheitsbildes im Sinne der WB (Versicherungsfall) ist eine Heilbehandlung erforderlich. Diese kann, je nach Schwere der Erkrankung, stationär oder ambulant erfolgen und soll sich beim Vorliegen von aktinischen Keratosen an der „[Leitlinie zur Behandlung der aktinischen Keratosen](#)“, Stand 12/2011 (gültig bis 12/2015) orientieren. Das Vermeiden von starker und chronischer UV-Exposition - auch im privaten Bereich - und die Anwendung von Sonnenschutz (physikalisch

² Bauer et al. 2013 A. Bauer, K. Hault, A. Püschel, H. Rönsch, P. Knuschke, S. Beisert. Acceptance and usability of different sunscreen formulation in outdoor work- a randomized, single-blind, cross-over study. Acta Dermato Venereologica (accepted/in press)

³ Knuschke et al., 2013 P. Knuschke, A. Püschel, A. Bauer, K. Mersiowsky, M. Janßen, G. Ott, H. Rönsch. BAuA-Forschungsprojekt F 2036 Schutzkomponenten für Arbeitnehmer im Freien, Druck in Vorbereitung

z.B. Hut und ggf. durch Sonnenschutzmittel) können nicht nur die Bildung weiterer aktinischer Keratosen verhindern, sondern auch bereits bestehende aktinische Keratosen reduzieren. Die für die Behandlung von Plattenepithelkarzinomen entwickelte Leitlinie „[Plattenepithelkarzinom der Haut](#)“ befindet sich zurzeit in Überarbeitung, kann aber in ihrer bisherigen Fassung als Orientierung dienen. Therapie der Wahl ist bei Plattenepithelkarzinomen die operative Versorgung mit dem Ziel einer möglichst vollständigen Entfernung des Tumors.

Wenn Plattenepithelkarzinome metastasieren, gelten sie als maligne Erkrankungen im Sinne der „Vereinbarung über die qualifizierte ambulante Versorgung krebskranker Patienten ([Onkologie-Vereinbarung](#))“. Nach dieser zwischen dem Spitzenverband Bund der Krankenkassen (GKV-Spitzenverband) sowie der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (KBV) geschlossenen Vereinbarung soll die ambulante Behandlung von malignen Tumoren und damit auch von metastasierenden Plattenepithelkarzinomen durch fachlich besonders qualifizierte Ärzte erfolgen. Als onkologisch qualifiziert gilt eine Hautärztin/ein Hautarzt, wenn die Facharztweiterbildung mit der Zusatzbezeichnung Medikamentöse Tumortherapie nachgewiesen werden kann (§ 3 Abs. 2 Onkologie-Vereinbarung). Wichtige Merkmale einer qualifizierten onkologischen Heilbehandlung sind nach §§ 4-6 der Vereinbarung u. a., dass der onkologisch qualifizierte Arzt für die Durchführung und/oder Koordination der Tumorbehandlung einschließlich der Nachbehandlung verantwortlich ist sowie eine onkologisch interdisziplinäre Kooperationsbereitschaft zu bilden hat. Die ärztliche Behandlung umfasst u. a. auch die Ausarbeitung eines Gesamttherapieplanes, gemeinsame patientenorientierte Fallbesprechungen und die Erstellung eines Nachsorgeplanes. Die Behandlung durch einen onkologisch qualifizierten Arzt ist nicht erforderlich, wenn die Tumore nach der Operation vollständig reseziert sind und keiner weiteren tumorspezifischen Therapie und Behandlung bedürfen (§ 1 Abs. 2 Satz 2 Onkologie-Vereinbarung). Die stationäre Behandlung entsprechender Tumoren sollte entsprechend dem Nationalen Krebsplan in einem von der Deutschen Krebsgesellschaft zertifizierten [Hauttumorzentrum](#) erfolgen.

7. Zuständigkeit

Der Arbeitskreis „Zuständigkeit bei Berufskrankheiten“ (AK ZBK) hat vorläufige Zuständigkeitskriterien zu Feststellungsverfahren nach § 9 Abs. 2 SGB VII bei Hautkrebserkrankungen durch natürliches UV-Licht entwickelt. Diese wurden mit [DGUV-Rundschreiben 0512/2012](#) vom 26.11.2012 bekanntgegeben.

Demnach ist der UV-Träger für die Bearbeitung und Entschädigung zuständig, in dessen Mitgliedsbetrieb vor der Meldung zuletzt eine Exposition durch natürliche UV-Strahlung durch Tätigkeiten im Freien über einen Zeitraum von durchschnittlich 2 Stunden pro Arbeitsschicht gegeben war. Durchschnittlich zwei Stunden bedeutet, dass nicht schon einzelne Arbeitsschichten zu einer Gefährdung führen, sondern dass der Durchschnitt aller Arbeitstage in der jeweiligen Tätigkeit maßgeblich ist. Zu weiteren Details der Regelung wird auf das o. g. Rundschreiben (s. [hier](#)) verwiesen.

Anhang A: Ermittlung der arbeitsbedingten UV-Exposition durch die Sonne

Für die Ermittlung der arbeitsbedingten UV-Exposition durch die Sonne wurde vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) eine „Technische Information“ herausgegeben. Diese enthält detaillierte Informationen zur Berechnung der natürlichen, arbeitsbedingten UV-Strahlungsexposition und ist im Internet auf den Seiten des IFA abrufbar.

Link: <http://www.dguv.de/dguv/ifa/Fachinfos/Strahlung/Optische-Strahlung/index.jsp>

Um den Präventionsdiensten perspektivisch eine PC-basierte Bearbeitung zu ermöglichen, wird zurzeit und auf der Grundlage der Technischen Information eine Anamnesesoftware entwickelt.

Die der Berechnung zugrunde liegende „Wittlich´sche Formel“ wurde im Rahmen des DGUV-Forschungsprojektes FB 170 (http://www.dguv.de/ifa/Forschung/Projektverzeichnis/FF-FB_0170.jsp) entwickelt und soll im Folgeprojekt FB 181 durch dosimetrische Messungen an Arbeitsplätzen weiter validiert werden. Vor diesem Hintergrund kann es durch weitere Forschung zu einer weiteren Anpassung der in der Berechnungsformel enthaltenen Faktoren kommen, die zurzeit der aktuellen wissenschaftlichen Datenlage entsprechen.

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

1. Allgemein

Werden Ermittlungen zur Einwirkung von UV-Strahlung aus künstlichen Quellen beweissichernd durchgeführt (s. a. Kapitel 3.1 Abs. 10 der Arbeitshilfe), so sollten die Expositionen durch künstliche Strahlungsquellen durch den Präventionsdienst sorgfältig erfasst werden. Das nachstehende Beispiel für Lichtbogen-Schweißarbeiten kann hierfür als Orientierung dienen.

Die arbeitsbedingte UV-Strahlungsexposition bei Lichtbogen-Schweißarbeiten sollte vorzugsweise durch UV-Expositionsmessungen am Arbeitsplatz des Erkrankten erfolgen. 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

UV-Expositionsmessungen beim Schweißen sind entsprechend DIN EN 14255-1 während der Anwendung des Schweißverfahrens vorzunehmen, das der Erkrankte angewendet hat. Es sind Messungen der effektiven Bestrahlungsstärke (E_{eff}) vor allem im Bereich der Körperstelle notwendig, an der sich die erkrankte Hautstelle während der Schweißarbeiten befunden hat. Der Detektor des Messgerätes ist dabei auf die Strahlungsquelle zu richten, die zu einer Strahlungsexposition der Haut führt. Dies kann entweder der Schweißlichtbogen selbst oder eine Fläche in der Arbeitsumgebung sein, an der die Strahlung des Schweißlichtbogens reflektiert wird.

Neben der Expositionsmessung ist die genaue Erfassung der Arbeitsabläufe entsprechend DIN EN 14255-1 notwendig. Dabei ist insbesondere die Ermittlung der Expositionsdauer der ungeschützten Haut am Tag, im Jahr, im Berufsleben von entscheidender Bedeutung. Dabei kommt es primär nicht auf die Anzahl der Schweißvorgänge oder die Dauer der Schweißarbeiten sondern auf die Lichtbogenbrenndauer an. Die Expositionsdauer wird auch wesentlich von der Benutzung oder Nichtbenutzung typischer Schweißerschutzausrüstungen bestimmt. Deshalb sind vor allem die Anteile der Lichtbogenbrenndauer zu ermitteln, bei denen ohne Schweißerschutzausrüstung (z.B. Schutzschirm) geschweißt wurde.

Aus den gemessenen effektiven Bestrahlungsstärken und der ermittelten Expositionsdauer sind anschließend die effektiven Bestrahlungen H_{eff} zu berechnen. Diese können in H_{nmSC} -Werte umgerechnet werden. Diese Umrechnung ist beschrieben in:

http://www.dguv.de/dguv/medien/ifa/de/fac/strahl/pdf/umrechnung_uv_strahlungsgroessen.pdf

Für einige Schweißverfahren sind die Faktoren zur Umrechnung der nmSC-gewichteten Bestrahlungsstärke hier angegeben:

http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/uv_emission_schweissen.pdf

3. Berechnung der UV-Exposition

Sofern UV-Expositionsmessungen beim Schweißen nicht möglich sind, kann ersatzweise eine rechnerische Abschätzung der Exposition auf der Grundlage vorhandener Messergebnisse vorgenommen werden. Ergebnisse von Expositionsmessungen sind hier veröffentlicht:

- http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/uv_emission_schweissen.pdf
- Sliney und Wolbarsht [Sliney 1980]

Die in diesen Veröffentlichungen aufgeführten Messergebnisse wurden in definierten Abständen zum Schweißlichtbogen ermittelt. Für die Umrechnung auf andere Abstände wird 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 : $E(r_2) = E(r_1) \cdot (r_1/r_2)^2$.

Anhang C: Glossar und Erläuterung von Begriffen

aktinische Keratosen (AK) - solare Keratosen

AKs werden ganz überwiegend durch chronische Exposition gegenüber ultravioletter Strahlung induziert, speziell des Sonnenlichtes, deshalb wird auch der Begriff „solare Keratose“ verwendet. Aktinische Keratosen (AK) manifestieren sich als raue, schuppende 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-Strahlungsbelasteten 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 Sonnenstrahlung, 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. An der Haut zeigen sich einzelne scharf begrenzte aber unregelmäßig geformte, breite rot-schuppige Hautveränderungen (erythros- quamöse 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 (= Basallzellkarzinom)

Das Basallzellkarzinom 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. Basallzellkarzinome 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 hereditä-

ren Fehlbildungssyndromen (Basalzellnävus-Syndrom) beobachtet. Ein Naevus sebaceus kann die Entstehung von Basaliomen begünstigen.

Non Melanoma Skin Cancer (NMSC)

Die wesentlichen durch UV-Strahlung induzierten Hautkrebsarten sind Maligne Melanome, Plattenepithelkarzinome und Basalzellkarzinome. Plattenepithelkarzinome und Basalzellkarzinome 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 Basalzellkarzinomen 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

Frühstadien epithelialer Tumore ohne invasives Wachstum werden häufig als „Präkanzerose“ bezeichnet. Präziser ist die Bezeichnung als „präinvasive maligne epitheliale Tumoren“ oder „Carcinomata in situ“. 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 u. a.: Aktinische Keratosen, einschließlich Cheilitis actinica, Röntgenkeratosen, Arsenkeratosen, Teerkeratosen, Morbus Bowen, intraepitheliale Neoplasie.

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).

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).

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 H

Die Bestrahlung H, 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 $E_{\lambda}(\lambda)$

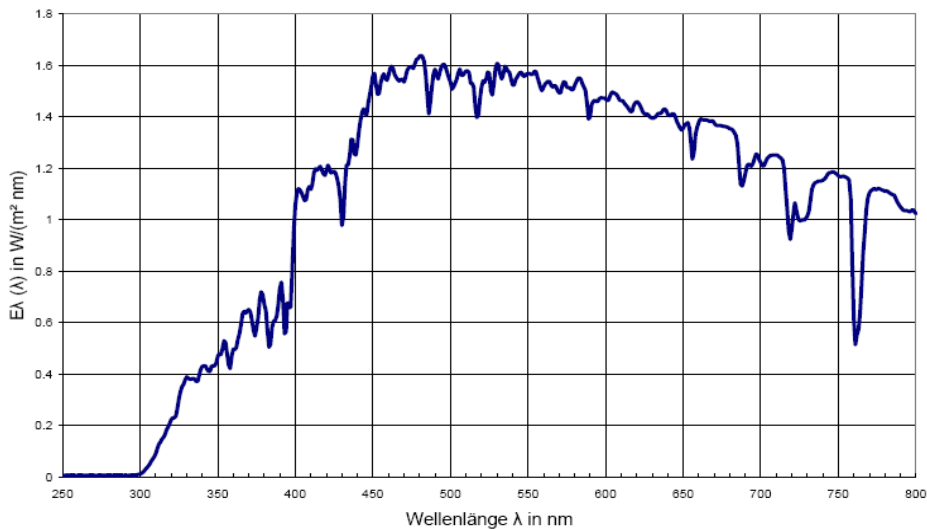
Die spektrale Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ gibt die bei einer bestimmten Wellenlänge auf ein kleines Wellenlängenintervall bezogene Bestrahlungsstärke an. Sie wird verwendet, um die Verteilung der „Stärke“ der Strahlung auf verschiedene Wellenlängen, z. B. in Form eines Strahlungsspektrums,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

Die Einheit der spektralen Bestrahlungsstärke ist $\text{W}/(\text{m}^2\text{nm})$.

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 MESZ 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 Wellenlängenbereich werden zusammen als Wichtungsfunktion bezeichnet. Es gibt Wichtungsfunktionen für verschiedene Wirkungen (z. B. $s_{er}(\lambda)$, $s(\lambda)$, $s_{nmsc}(\lambda)$). Multipliziert man ein gemessenes Strahlungsspektrum Wellenlänge für Wellenlänge mit den Werten einer Wichtungsfunktion, dann erhält man ein gewichtetes Strahlungsspektrum. Wenn man die einzelnen Werte des gewichteten Strahlungsspektrums 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 UV-Erythem (Hautrötung, Sonnenbrand) zur Folge haben kann.

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 gemäß ISO 17166/CIE S 007.

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 zur 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 Strahlungsquellen mit Emissionen bei Wellenlängen über 250 nm angewendet werden. Sie kann nicht für UV-Strahlung von künstlichen Strahlungsquellen 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.

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 .

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. Sie 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 $s(\lambda)$ gewichteten spektralen Bestrahlungsstärke $E_{\lambda}(\lambda)$ im

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

Wellenlängenbereich von 180 nm bis 400 nm:

Dabei ist $E_{\lambda}(\lambda)$ die spektrale Bestrahlungsstärke; $s(\lambda)$ die Wichtungsfunktion für die schädliche Wirkung von UV-Strahlung auf Auge und Haut gemäß EU-Richtlinie 2006/25/EG [2006/25/EG].

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-Strahlungsexpositionen zu Präventionszwecken die maximal mögliche Exposition bestimmen und damit auf der sicheren Seite liegen will. Die Ergebnisse der Messungen von UV-Strahlungsexpositionen an Arbeitsplätzen werden daher meist als effektive Bestrahlungsstärke und als effektive Bestrahlung angegeben.

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.

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 .

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. Der exakte Verlauf einer spektralen Wirkungsfunktion für den Hautkrebs beim Menschen ist aber bis heute nicht bekannt. Die entsprechende standardisierte Wirkungsfunktion wird aber als gute Näherung dafür betrachtet.

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

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

Dabei ist $E_\lambda(\lambda)$ die spektrale Bestrahlungsstärke; $s_{nm-sc}(\lambda)$ die Wichtungsfunktion für die Verursachung von nichtmelanomen Hautkrebs gemäß ISO 28077/CIE S 019.

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

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

nm-sc-gewichtete Bestrahlung H_{nm-sc}

Die nm-sc-gewichtete Bestrahlung H_{nm-sc} 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. Der exakte Verlauf einer spektralen Wirkungsfunktion für den Hautkrebs beim Menschen ist aber bis heute nicht bekannt. Die entsprechende standardisierte Wirkungsfunktion wird aber als gute Näherung dafür betrachtet.⁴

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

$$H_{nm-sc} = \int_{\Delta t_{exp}} E_{nm-sc}(t) dt$$

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

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 .

⁴ Fachverband für Strahlenschutz e.V., „Leitfaden Sonnenstrahlung“ vom 13.12.2012

„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.

Dabei sollte aber immer darauf geachtet werden, ob es sich um eine photobiologisch-wirksame Bestrahlung (z. B. H_{er}) oder um eine ungewichtete physikalische Bestrahlung H handelt.

UV-Strahlung

Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) ist ein Teilbereich der optischen Strahlung. Hierunter versteht man elektromagnetische Wellenstrahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen $\lambda = 100$ nm und $\lambda = 1$ mm. Entsprechend der EU-Richtlinie 2006/25/EG [2006/25/EG] werden folgende Teilbereiche der optischen Strahlung unterschieden:

- UV-Strahlung ($\lambda = 100$ nm bis $\lambda = 400$ nm)
 - UV-C ($\lambda = 100$ nm bis $\lambda = 280$ nm)
 - UV-B ($\lambda = 280$ nm bis $\lambda = 315$ nm)
 - UV-A ($\lambda = 315$ nm bis $\lambda = 400$ nm)
- Sichtbare Strahlung ($\lambda = 400$ nm bis $\lambda = 780$ nm)
- IR-Strahlung ($\lambda = 780$ nm bis $\lambda = 1$ mm)

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 Strahlungsquellen 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 14255-3 | DIN EN 14255-3: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 3: Von der Sonne emittierte UV-Strahlung; |
| 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 |
| Knuschke et al. 2007 | BAuA-Forschungsprojekt F 1777 "Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien" |

**Autorenteam aus Vertretern der ABD, DGAUM und DGUV
(in alphabetischer Reihenfolge)**

Prof. Dr. Andrea Bauer
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus
an der Technischen Universität Dresden
Bereich Dermatologie, Berufsdermatologie und Prävention
Fetscherstraße 74
01307 Dresden

Prof. Dr. Thomas L. Diepgen
Universitätsklinikum Heidelberg
Abt. Klinische Sozialmedizin, Berufs- und Umweltdermatologie
Thibautstraße 3
69115 Heidelberg

Prof. Dr. Hans Drexler
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Institut und Poliklinik für Arbeits- Sozial- und Umweltmedizin
Schillerstr. 25/29
91054 Erlangen

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

Prof. Dr. Swen Malte John
Universität Osnabrück
Fachgebiet Dermatologie, Umweltmedizin, Gesundheitstheorie
Sedanstraße 115
49069 Osnabrück

Dipl.-Phys. P. Knuschke
Technische Universität Dresden
Klinik und Poliklinik für Dermatologie
Fetscherstr. 74
01307 Dresden

Steffen Krohn
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
Abteilung Versicherung und Leistungen
Mittelstr. 51
10117 Berlin

Michael Kucklack
Sozialversicherung Landwirtschaft, Forsten, Gartenbau (SVLFG)
Weißensteinstraße 70-72
34131 Kassel

Stefanie Palfner
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
Abteilung Versicherung und Leistungen
Mittelstr. 51
10117 Berlin

Stefan Peters
Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft
Ottenser Hauptstraße 54
22765 Hamburg

Dr. Wolfgang Römer
Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BG HM)
Wilhelm-Theodor-Römheld-Str. 15
55130 Mainz

Jens Ullrich
Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BG HM)
Wilhelm-Theodor-Römheld-Str. 15
55130 Mainz

Frank Westphal
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU)
Hildegardstr. 29/30
10715 Berlin

Dr. Marc Wittlich
Institut für Arbeitsschutz
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
Alte Heerstraße 111
53757 Sankt Augustin