

# UV-Strahlung im Freien

## Gefährdungen bei der Arbeit

Marc Wittlich, Sankt Augustin

Die Sonne und der Aufenthalt im Freien sind nicht nur wegen der Bildung des überlebenswichtigen Vitamins D<sub>3</sub>, sondern auch wegen des psychologischen Effekts des sich „Wohlfühlens“ zwar wichtig, doch wie bei so vielem im Leben ist das „Maßhalten“ auch bei Expositionen gegenüber der Sonnenstrahlung entscheidend. Hält man sich zu lange in der Sonne auf, so kann es zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen: Neben den Einwirkungen durch die Hitze, die im Wesentlichen durch die infraroten Strahlungsanteile der Sonne verursacht werden, bemerkt man eine entzündliche Rötung der Haut, den Sonnenbrand. Dieser gehört zu den akuten Schädigungen der Haut durch UV-Strahlung. Man muss die Haut aber nicht ständig bis zum Sonnenbrand hin belasten, um bereits Schädigungen zu verursachen. Ist die Haut jahrelanger Bestrahlung ausgesetzt, kann es zu einer chronischen Schädigung kommen, die sich als Hautkrebs manifestiert. Der Zusammenhang zwischen UV-Bestrahlung und einigen Arten des sog. „weißen“ (nicht-melanozytären) Hautkrebses ist wissenschaftlich eindeutig belegt.

Ultraviolette (UV)-Strahlung kann Hautkrebs erzeugen. Sie wurde durch die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) bereits im Jahr 1992 als Klasse-1-Karzinogen eingestuft [1]. Die natürliche Sonnenstrahlung enthält einen hohen Anteil ultravioletter Strahlung, die zum Großteil jedoch in der Ozonschicht der Erdatmosphäre absorbiert wird.

Viele Menschen glauben, es seien die Urlaube in südlichen Gefilden oder der alleinige Besuch von Sonnenstudios, die zum Hautkrebs in der Bevölkerung beitragen. Dies ist nur zu einem gewissen Teil richtig. Tatsächlich kann auch die Arbeit im Freien zu einer Gefährdung führen, die durch die solare UV-Strahlung entsteht. Das Wissen um die tatsächliche Bestrahlung, also die Menge („Dosis“) an Strahlung während einer Tätigkeit im Freien, ist noch relativ gering. Es liegen weltweit nur einige regional begrenzte Studien zu diesem Thema vor, die oftmals mehr Fragen aufwerfen, anstatt sie zu beantworten.

Während der letzten zwei Jahrzehnte haben sich die Inzidenzraten (Anzahl der Neuerkrankungen) für den Hautkrebs, der ohnehin schon die große Mehrheit aller Krebsarten ausmacht, in den EU-Mitgliedsstaaten mehr als verdoppelt [2]. Im Jahr 2007 betrug die Inzidenzrate für das Plattenepithelkarzi-

nom mindestens 20 bis 30 Neuerkrankungen pro 100 000 Einwohner in Zentraleuropa. Mit Blick auf die demografische Entwicklung sowie Umweltveränderungen durch die Abnahme der Ozonschicht, kann von deutlich steigenden Zahlen von Hautkrebskrankungen in der Zukunft ausgegangen werden. Hautkrebs durch UV-Strahlung stellt damit eine der großen Herausforderungen für die Prävention dar.

### Beschäftigte im Freien sind UV-Strahlung ausgesetzt

Eine Vielzahl von Berufen und Tätigkeiten findet ganz oder teilweise im Freien statt. Oftmals ändern sich Arbeitsabläufe auch von Tag zu Tag, beispielsweise beim Bau eines Gebäudes. Daher ist die Feststellung eines Arbeitsprofils nicht einfach, und damit ebenso wenig die Beurteilung, ob es sich um eine hinsichtlich UV-Strahlung gefährdende Tätigkeit handelt oder nicht. Eine klare Definition des „Outdoor“-Beschäftigten ist nicht möglich und kann daher auch für eine Gefährdungsbeurteilung nicht herangezogen werden. Vielmehr muss für jeden Beruf, genauer noch für jede Tätigkeit, festgestellt werden, welche Anteile im Freien stattfinden. Dabei sind alle Anteile zu dokumentieren. Liest man in der Presse, dass Aufenthalte von 10 bis 15 min in der Mittagssonne im

Sommer schon zu einem Sonnenbrand führen können (und demnach eindeutig zu viel sind!), dann sind auch beispielsweise kurze Botengänge für die Gefährdungsbeurteilung von Relevanz. Es sind folgerichtig nicht nur die viel zitierten Bauberufe und Berufe in der Landwirtschaft von dieser Gefährdung betroffen. Grundsätzlich müssen alle Berufe mit regelmäßigen Anteilen im Freien einer sorgfältigen Analyse unterworfen werden.

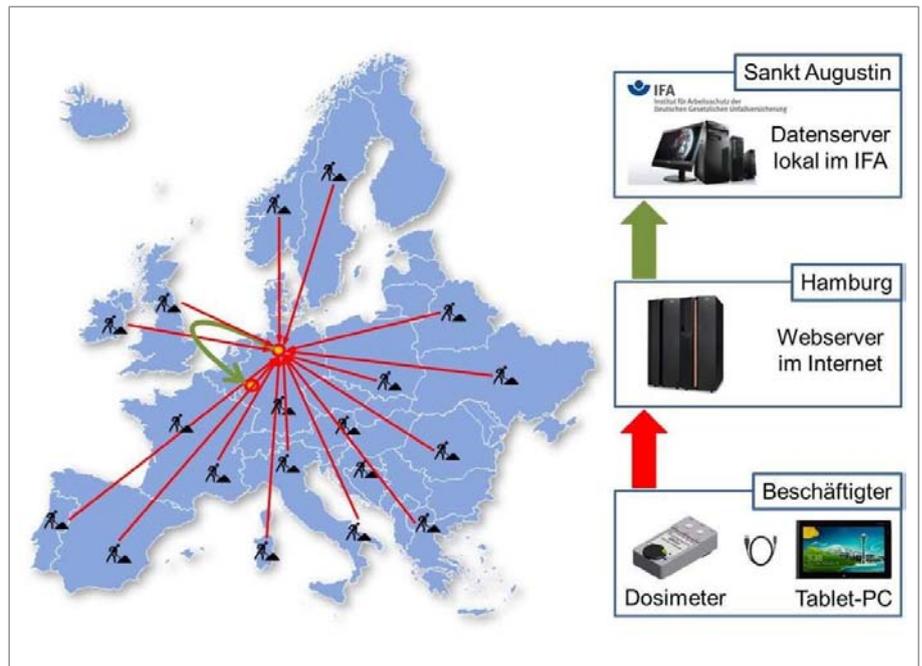
Bei der Exposition gegenüber UV-Strahlung ist zudem die Ausrichtung gegenüber der Strahlungsquelle (Sonne) entscheidend für die Einwirkung auf ein bestimmtes Hautareal, denn die Strahlung hat eine Richtung. Daher ist jede einzelne Tätigkeit, beispielsweise im Baubereich (Innenputzer, Außenputzer, Maurer, Zimmerer, Pflasterer, Betonarbeiter etc.), mit unterschiedlicher Exposition verbunden und individuell. Es reicht daher nicht aus, gefährdende Berufe zu identifizieren, sondern es müssen einzelne Tätigkeiten untersucht und beurteilt werden.

### GENESIS-UV – Ein Messsystem für große Feldkampagnen

Aufgrund dieser Richtungseigenschaft der UV-Strahlung machen Messungen der Exposition von Beschäftigten nur Sinn, wenn sie direkt an der Person er-

folgen („Personendosimetrie“). Da der individuelle Einfluss durch Bewegungen und Körperhaltung bei nur kurzen Messungen unüberschaubar groß wäre, müssen Langzeitmessungen durchgeführt werden. Um sich einem tätigkeitsbezogenen Mittelwert der Exposition über ein Jahr zu nähern, müssen Messungen über den sonnenreichsten Abschnitt des gesamten Jahres laufen. Im Zeitraum von Anfang April bis Ende Oktober werden etwa 80 % der jährlichen Globalstrahlung in Deutschland empfangen, sodass dieser Messzeitraum ausreichend ist, um den Einfluss des Probanden herauszumitteln. Hinzu kommt, dass auch der Jahresverlauf des Wetters einen langen Messzeitraum erfordert. Messungen über einen Zeitraum von sieben Monaten stellen aber nicht nur Herausforderungen an die Technik dar, sondern insbesondere auch an das Durchhaltevermögen des Probanden, der das Messgerät arbeitstäglich tragen muss. Es ist also wichtig, einen möglichst hohen Tragekomfort zu gewährleisten und die Datenspeicherung einfach und schnell zu halten, damit der Proband nicht mit zusätzlichen Aufgaben und Unannehmlichkeiten gestört wird.

Mit GENESIS-UV (GENERation and Extraction System for Individual exposure) hat das Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) in Zusammenarbeit mit den Unfallversicherungsträgern ein System entwickelt, das die Vorteile von Langzeitmessungen vereint, die Notwendigkeiten erfüllt und gleichzeitig einfach und angenehm in der Anwendung für die Probanden ist [3]. Das Funktionsprinzip ist dabei verlässlich und einfach (siehe Bild 1). Jeder Proband erhält eine Einheit des GENESIS-UV-Systems, die im Wesentlichen aus einem elektronischen Datenlogger-Dosimeter und einem Tablet-PC besteht. Das System ist so programmiert, dass es automatisch Daten während der relevanten Stunden am Tag aufnimmt, standardmäßig von 7:30 bis 17:30 Uhr. Am Ende einer Arbeitswoche muss der Proband das Dosimeter an den Tablet-PC anschließen und sein Passwort eingeben. Alles weitere passiert dann automatisch: Auslesen der Daten aus dem Dosimeter, Laden des Dosimeters und der Datentransfer via Internetverbindung oder UMTS-Verbindung an einen zentralen Datenbankserver. Dort werden die Daten dann gespeichert und weiter an einen Server direkt an das IFA gesendet. So erhält man



**Bild 1** Funktionsprinzip von GENESIS-UV. Das System ist weltweit einsetzbar, auch an Orten, in denen weder Internet- noch Mobilfunkzugang besteht.

wochenaktuelle Messwerte aus allen Regionen Deutschlands und kann nach Sichtung der Daten direkt technische Fehler erkennen. Eine sofortige Fehlerbehebung führt dann dazu, dass alle weiteren Daten bis zum Ende einer Messsaison fehlerfrei ermittelt werden, sodass sich der Einsatz des Probanden wirklich gelohnt hat. Ist am Wohn- oder Einsatzort des Probanden kein Internetzugang oder keine UMTS-Verbindung möglich, dann sind die Daten keinesfalls verloren: Sie werden ohnehin auf dem Tablet-PC als Sicherungskopie gespeichert. Damit ist auch ein autonomer Betrieb der einzelnen Einheiten möglich.

Das System arbeitet auf jeder Skala erfolgreich, sowohl deutschlandweit als auch europa- und weltweit. Kooperationen des IFA mit ausländischen Forschungsinstituten haben gezeigt, dass sich GENESIS-UV ausgezeichnet im Ausland einsetzen lässt. Daten wurden beispielsweise aus Chile, Australien, der Antarktis oder auch Rumänien empfangen und bearbeitet.

Im Prinzip kann GENESIS für verschiedene Messaufgaben eingesetzt werden. Ersetzt man das elektronische Datenloggerdosimeter für UV-Strahlung durch ein anderes Gerät, das mit USB-Kabel angeschlossen und durch Geräte-Software ausgelesen wird, dann ist ein ebenfalls weltweiter Einsatz des Systems für andere Zwecke möglich.

## Messkampagnen 2014 und 2015

Primäres Ziel der Messkampagnen mit GENESIS-UV in den Jahren 2014 und 2015 sind UV-Strahlungsmessungen bei Tätigkeiten im Freien. Dabei wurden jährlich 300 Probanden simultan mit Einheiten des GENESIS-UV-Messsystems ausgestattet (siehe Bild 2). Die Probandenauswahl erfolgte dabei durch die im Projekt kooperierenden Unfallversicherungsträger, mit deren Fachkompetenz Berufe und Tätigkeiten identifiziert wurden, die mutmaßlich mit hoher Exposition gegenüber solarer UV-Strahlung in Verbindung stehen oder aus deren Bereich mit vielen Berufskrankheiten-Anzeigen zu rechnen ist. In beiden Jahren sind und waren über 100 verschiedene Berufe und auch berufliche Tätigkeiten Ziel der Untersuchungen, so z. B.

- Schrottplatzmitarbeiter,
  - Hafenbeschäftigte,
  - Freileitungsmonteur,
  - Schwimm-/Bademeister,
  - Postzusteller,
  - Forstarbeiter,
  - Steinbrucharbeiter,
  - Dammb Beobachter,
  - Stahlbauer,
  - Beschäftigte in der Landwirtschaft,
  - Beschäftigte in der Fischwirtschaft,
  - Dachdecker,
  - Beschäftigte im Straßenbau,
  - Beschäftigte im Hoch-/Tiefbau.
- Als Kontrollgruppe wurden Erzieherin-

nen in Kindergärten und Kindertagesstätten gewählt. In Forscherkreisen wird argumentiert, dass diese eine vergleichbare Exposition wie der Durchschnitt der Bevölkerung aufweisen.

Die Messungen im Jahr 2015 laufen zurzeit mit großer Intensität; es gehen große Datenpakete auf dem Server ein. Allein aus dem Jahr 2014 lassen sich bereits große Datenmengen verbuchen, die sich in der Auswertung befinden: 1,2 Mrd. Datensätze, die 331 613 Stunden oder 13 817 Tage Messzeit widerspiegeln. Für das Jahr 2015 wird ein noch größeres Datenvolumen erwartet. Im Zusammenspiel mit den dokumentierten Tätigkeiten oder Berufen wird die Erarbeitung eines tätigkeitsbezogenen Expositionskatasters möglich sein.

Jeder Proband übersendet ein im Wesentlichen durch die berufliche Tätigkeit bestimmtes Expositionsprofil. Beispielhaft sind in Bild 3 Expositionsprofile von vier verschiedenen Probanden bei vier verschiedenen Tätigkeiten dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Exposition tätigkeitsabhängig ist, nicht nur vom Verlauf der Exposition an sich, sondern auch von deren Stärke. Daher sind tätigkeitsbezogene Langzeitmessungen für den Aufbau eines Expositionskatasters entscheidend. Ein weiteres „Muss“ für Langzeitmessungen ergibt sich aus der oben beschriebenen Richtungseigenschaft der Strahlung, die abhängig ist von Bewegung und Position des Probanden während der Messung. Beispielhaft hierfür ist das Wochenexpositionsprofil eines Probanden in Bild 4 dargestellt.

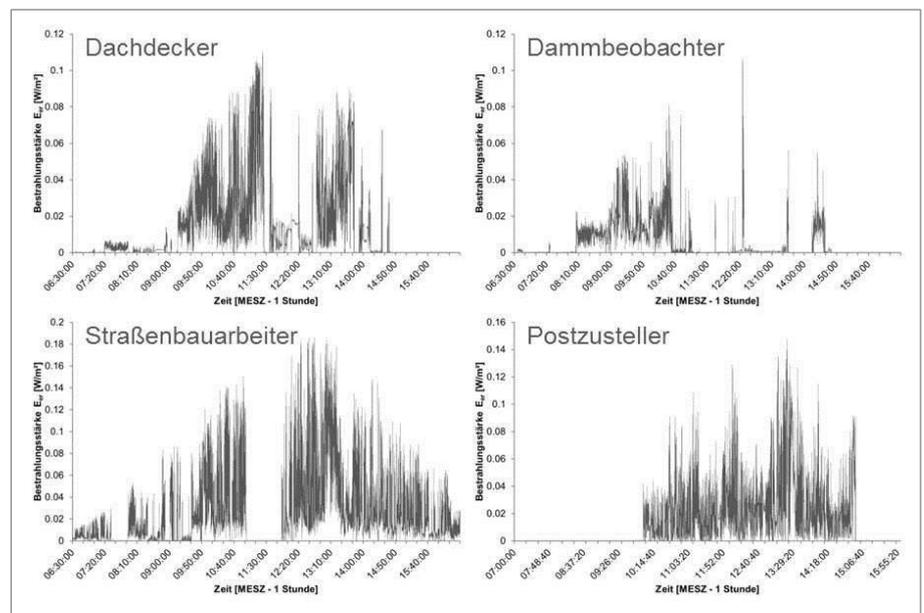
## Auf dem Weg zu einem Präventionskonzept

Diese Herangehensweise an die Messungen zur UV-Bestrahlung ist bislang noch nie versucht worden. Neben den eigentlichen Messungen der UV-Bestrahlung werden auch Daten mittels integriertem Beschleunigungssensor und Kompass erhoben, um möglichst zu jeder Zeit Aussagen über die Lage und Ausrichtung des am linken Oberarm befindlichen Dosimeters machen zu können. Damit ist man in der Lage, deutlich weitere und übergeordnete Aussagen über die Gefährdung zu machen.

In Verbindung mit Daten zur Globalstrahlung kann man ableiten, welcher Anteil der überhaupt vorhandenen Strahlung vom Probanden bei seiner dezidierten beruflichen Tätigkeit aufgenommen wird. Natürlich muss man da-



**Bild 2** Fotos von einigen Probanden bei der Messkampagne mit GENESIS-UV. Das Dosimeter wird arbeitstäglich am linken Oberarm getragen.



**Bild 3** Vier Expositionsprofile eines Tages für verschiedene Tätigkeiten. Aufgetragen sind die erythemgewichtete Bestrahlungsstärke  $E_e$  gegen die Zeit (Sommerzeit minus eine Stunde).

zu auch meteorologische Daten in Relation setzen, denn der Wettereinfluss durch Wolken auf die UV-Bestrahlung muss herausgerechnet werden. Kennt man zu jedem gemessenen UV-Expositionswert Globalstrahlung, meteorologische Einflüsse, Lage und Ausrichtung, dann wird die Differenz zwischen UV-Expositionswert und Globalstrahlung im Wesentlichen nur noch durch Verschattung oder Aufenthalt im Inneren von Gebäuden oder Fahrzeugen dominiert. Folgerichtig können rückblickend für jede untersuchte Tätigkeit oder jeden

untersuchten Beruf Informationen zum sog. „Anteil der Arbeitszeit im Freien“ abgeleitet werden. Dies ist sowohl für die Prävention, als auch für das Berufskrankheitengeschehen von großer Bedeutung.

Von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wurde der sog. UV-Index definiert. Er gibt die sonnenbrandwirksame solare Bestrahlungsstärke auf einer horizontalen ruhenden Fläche an. Je nach Höhe des Wertes sind Schutzmaßnahmen verschiedener Ausprägung angezeigt. Typischerweise wird der tages-

aktuelle Maximalwert im Sommer in Deutschland von den meteorologischen Diensten angegeben. Eines der Ziele unserer Forschung ist es festzustellen, ob der statische UV-Index ein relevanter Bestandteil im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung oder dem Schutzkonzept sein kann, oder ob es zwischen der persönlichen Exposition und dem UV-Index keine Zusammenhänge gibt.

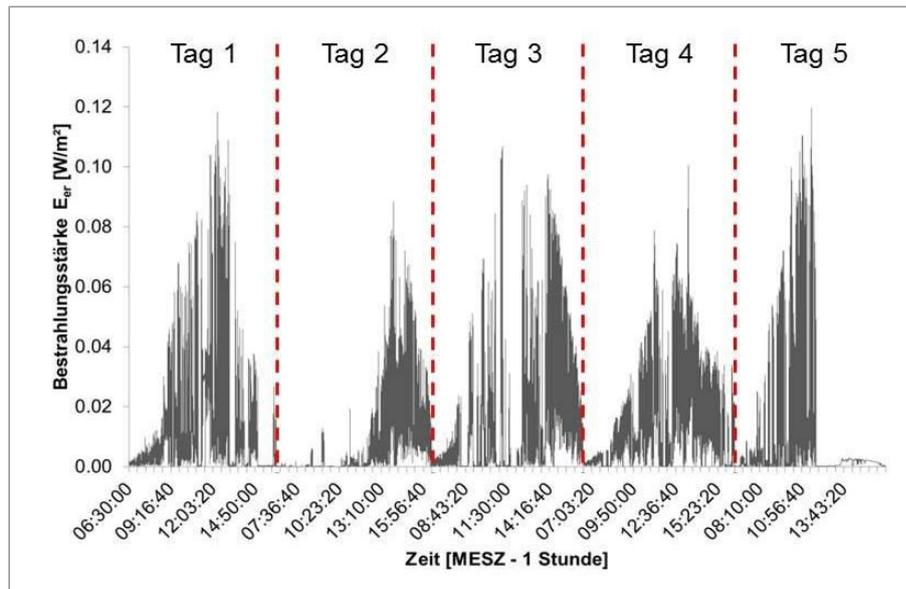
Die Basis für ein Präventionskonzept muss aus belastbaren Daten bestehen. Sobald diese in ihrer Gänze prozessiert, analysiert und in einer Tätigkeits-Expositions-matrix aufbereitet worden sind, können hieraus gefährdende Tätigkeiten identifiziert werden. Auf dieser Basis können Gefährdungsbeurteilungen erstellt und Schutzmaßnahmen nach dem TOP-Prinzip abgeleitet werden.

Diese Maßnahmen und Erkenntnisse werden schlussendlich in ein Präventionskonzept münden, das Arbeitgeber wie Arbeitnehmer Maßnahmen und Regeln an die Hand gibt, um den Schutz vor kurz- und langfristigen Schädigungen durch solare UV-Strahlung zu erreichen.

## Die neue Berufskrankheit Nr. 5103

Der Gesetzgeber hat dem Zusammenhang zwischen beruflich erworbener UV-Bestrahlung und einigen genau definierten Arten des nicht-melanozytären Hautkrebses Rechnung getragen und mit Wirkung vom 1. Januar 2015 eine neue Berufskrankheit in die Berufskrankheitenliste aufgenommen: BK-Nr. 5103 „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“. Damit ist die Anerkennung als Berufskrankheit möglich, wenn die Voraussetzungen in medizinischer und wissenschaftlich-technischer Hinsicht erfüllt sind.

Die gesetzliche Unfallversicherung hat Kriterien und Werkzeuge erarbeitet, um angezeigte Fälle sicher und verlässlich zu beurteilen. In einer auf den Seiten des IFA veröffentlichten Technischen Information zur Bearbeitung von BK-Fällen mit der BK-Nr. 5103 [4] wird die sog. „Wittlichsche Formel“ zur retrospektiven Berechnung von UV-Expositionen erläutert. Ausgehend von einer Referenzbestrahlung werden mithilfe von zeit-, geografischen und persönlichen Faktoren individuell Zu- oder Abschläge gemacht, die dann zur Exposition des Beschäftigten während seines Arbeitslebens führen. Für diese Berechnung stellt der oben erwähnte „Anteil



**Bild 4** Expositionsprofile eines Probanden über fünf aufeinanderfolgende Tage (eine ganze Arbeitswoche). Aufgetragen sind die erythemgewichtete Bestrahlungsstärke  $E_{er}$  gegen die Zeit (Sommerzeit minus eine Stunde).

der Arbeitszeit im Freien“ einen sensiblen und bestimmenden Faktor dar, der so genau wie möglich ermittelt werden muss.

## Ausblick

Schon ein erster Blick auf die gewonnenen Messdaten und Tätigkeitsbeschreibungen, die von den Probanden und Unfallversicherungsträgern erhoben worden sind, lässt vermuten, dass das komplexe Thema „Exposition durch UV-Strahlung“ einen großen Wissensschub erhalten wird.

Es ist geplant, auch in den kommenden Jahren diese Messungen fortzusetzen, um noch viele weitere Tätigkeiten und Berufe hinsichtlich ihrer UV-Exposition zu untersuchen. Durch Einbindung von weltweiten Kooperationen wird es auch möglich sein, Expositionen für deutsche Beschäftigte im Ausland messtechnisch greifbar zu machen. Damit würde eine weitere Lücke geschlossen, fehlen doch bislang Informationen zu UV-Bestrahlungen bei Auslandstätigkeiten.

Folgt man den Aussagen von Dermatologen, so ist der weiße Hautkrebs der einzige Krebs, der sich vollständig heilen lässt. Vor jeglicher Heilung einer Erkrankung sollte aber deren Prävention stehen, damit sie gar nicht erst auftritt. Für den Hautkrebs durch UV-Strahlung sind wir mit den beschriebenen Mess- und Forschungsanstrebungen auf einem sehr guten Weg. TS 474

## Autor



Dr. **Marc Wittlich**,  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Referatsleiter 4.4: Strahlung, Sankt Augustin.

## Literaturverzeichnis

- [1] IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Solar and ultraviolet radiation. Vol. 55. Hrsg.: IARC – International Agency for Research on Cancer. Lyon 1992. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol55/>
- [2] Birch-Johansen, F. et al.: Trends in the incidence of non-melanoma skin cancer in Denmark 1978-2007: Rapid incidence increase among young Danish women. *Int J Cancer* 127 (2010) Nr. 9, S. 2190-2198.
- [3] Wittlich, M.: GENESIS-UV: Ran an die Strahlung. *DGUV-Forum* 5 (2013) Nr. 12, S. 28-29.
- [4] Wittlich, M.: Technische Information zur Ermittlung in Berufskrankheits(BK)-fällen „Hautkrebs durch natürliche UV-Strahlung“ vor dem Hintergrund der wissenschaftlichen Begründung zur BK „Plattenepithelkarzinome und multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA). Sankt Augustin 2015. [www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/strahl/pdf/bk\\_natuerliche\\_strahlung.pdf](http://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/strahl/pdf/bk_natuerliche_strahlung.pdf)