

## IFA Report 4/2020

Exposition von Beschäftigten  
gegenüber solarer UV-Strahlung:

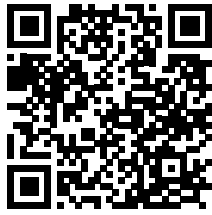
Ergebnisse des Projekts mit GENESIS-UV



**IFA Report 4/2020**

**Exposition von Beschäftigten gegenüber  
solarer UV-Strahlung**

**– Ergebnisse des Projekts mit GENESIS-UV –**



<https://genesisauswertung.ifa.dguv.de/Login.aspx>

Verfasser: Marc Wittlich, Stephan Westerhausen, Benjamin Strehl, Martin Schmitz,  
Wiho Stöppelmann, Helmut Versteeg  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Sankt Augustin

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)  
Glinkastr. 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 13001-0  
Telefax: 030 13001-9876  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)

– Oktober 2020 –

Publikationsdatenbank: [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

ISBN (print) 978-3-948657-07-9  
ISBN (online): 978-3-948657-08-6  
ISSN: 0173-0387

## Kurzfassung

### Exposition von Beschäftigten gegenüber solarer UV-Strahlung – Ergebnisse des Projekts mit GENESIS-UV –

Wir stehen als Lebewesen in ständiger Wechselwirkung mit der uns umgebenden Natur. Stoffe werden aufgenommen und wieder abgegeben. Viele dieser Wechselwirkungen geschehen über das größte Organ des Menschen: die Haut. Auch die ultraviolette (UV-)Strahlung der Sonne trifft die Haut. Beschäftigte, die sich viel im Freien aufhalten, sind während ihrer beruflichen Tätigkeiten oft stark der UV-Strahlung ausgesetzt und daher besonders gefährdet, Langzeitfolgen wie Hautkrebs zu erleiden. Der Zusammenhang zwischen starker beruflicher Exposition und dem Auftreten einiger Hautkrebsformen wurde wissenschaftlich bewiesen. Ein Ziel des GENESIS-UV-Projekts war es, Messungen der Exposition gegenüber UV-Strahlung für heutige Berufsbilder durchzuführen und die gewonnenen Ergebnisse als Goldstandard festzulegen. Dosimetrische Messungen, die in der Literatur zu finden sind, haben oft Lücken oder Schwächen und geben nicht die Diversität in der Berufswelt wieder.

Feldmessungen sind komplex und werden durch viele Faktoren beeinflusst. Um die UV-Bestrahlung von Beschäftigten während ihrer beruflichen Tätigkeiten statistisch genau zu erfassen, war die Entwicklung eines Messsystems notwendig, das einfach durchzuführende Langzeitmessungen erlaubt. Mit GENESIS-UV wurde ein System entwickelt, das bislang in den Jahren 2014 bis 2019 eingesetzt wurde und in dieser Zeit mithilfe von 969 aktiven Versuchspersonen rund 3,7 Milliarden Datensätze lieferte. Diese Daten enthalten Informationen zur UV-Bestrahlung, Beschleunigung, Zeit und andere. Für

Berufe, Teiltätigkeitsgruppen und Teiltätigkeiten konnten Halbstundenmittelwerte, monatliche Tagesmittelwerte und Jahresbestrahlungen abgeleitet werden, die in Verbindung mit den Tätigkeitsprofilen für jeden Beruf und jede Teiltätigkeitsgruppe direkte Aussagen über die Bestrahlung zulassen. Insgesamt wurden 95 Berufe mit 172 Teiltätigkeitsgruppen und 646 Teiltätigkeiten analysiert, die fortan für die Prävention verwendet werden können. Durch den Bezug auf Teiltätigkeiten und Tätigkeitsprofile ist auch die Wiedererkennbarkeit des Berufs für einzelne Versicherte oder den zuständigen Unfallversicherungsträger leicht möglich. Für Berufe, die in den Studien noch nicht erfasst wurden, sind gegebenenfalls Analogieschlüsse durchführbar.

Mithilfe eines Katasters der Expositionen können die Daten auch in den Wittlich'schen Algorithmus einfließen, um unter anderem die Bearbeitung von Verdachtsfällen in Berufskrankheitenverfahren zu vereinfachen und zu präzisieren. Auf dem Weg dorthin müssen Fachkreise aber noch erörtern, inwiefern die unter heutigen Arbeitsbedingungen gewonnenen Daten auf solche übertragbar sind, die viele Jahrzehnte zurückliegen.

Die vielfältigen Erkenntnisse aus diesem Forschungsprojekt zur Exposition gegenüber UV-Strahlung stellen die Basis für Maßnahmen der Verhaltens- und Verhältnisprävention dar und sollen entsprechend Eingang in Schutzkonzepte finden.

## Abstract

### Exposure of workers to solar UV radiation – Results of the GENESIS-UV project –

As living beings, we constantly interact with our natural environment. The human body absorbs substances and emits them again. Many of these interactions take place through the largest organ in the human body, the skin. Ultraviolet (UV) radiation from the sun also reaches the skin. Workers spending much of their time outdoors are often exposed to this UV radiation on a large scale during their work, and are therefore at particular risk of suffering its long-term effects, such as skin cancer. The relationship between strong occupational exposure and the incidence of certain forms of skin cancer has been scientifically proven. One objective of the GENESIS-UV project was to perform measurements of the exposure to UV radiation for current job profiles, and set out the results as a gold standard. Dosimetric measurements found in the literature often exhibit gaps or deficiencies, and are not representative of the actual diversity found in the world of work.

Field measurements are complex and are influenced by numerous factors. To record workers' UV radiation exposure statistically and precisely during their occupational activity, a measurement system had to be developed with which long-term measurements could be conducted easily. A system was developed in the form of GENESIS-UV which to date has delivered around 3.7 billion data records for 969 active test persons (in the period from 2014 to 2019). These data contain information on the UV radiation, acceleration, time and other parameters. Mean values per half hour, monthly mean values per day and

annual radiation exposures for occupations, sub-task groups and sub-tasks were calculated from the data. Together with the task profiles for each occupation and each sub-task group, these values enable conclusions regarding the radiation to be drawn directly. Altogether, 95 occupations comprising 172 sub-task groups and 646 sub-tasks were analysed and made available for use henceforth in prevention activity. Cross-referencing to the sub-tasks and task profiles enables the occupation to be identified easily by the insured individual or the responsible German Social Accident Insurance Institution. For occupations not yet covered by the studies, it may be possible to draw conclusions by analogy.

With the aid of a register of the exposures, data can also be input into the Wittlich algorithm. This enables, for example, individual suspected cases of occupational disease to be handled more easily and with greater precision. In this process, experts must however still consider to what extent the data obtained under present working conditions can be extrapolated to the working conditions several decades ago.

The diverse observations concerning UV radiation exposure which were made during this research project form the basis for measures for behavioural and circumstantial prevention, and are to be considered accordingly in prevention concepts.

## Résumé

### Exposition des employés au rayonnement solaire UV – Résultats du projet mené avec GENESIS-UV –

Les êtres vivants que nous sommes sont constamment en interaction avec la nature qui nous entoure. Des substances sont absorbées, puis rejetées. Nombre de ces interactions s'effectuent par l'intermédiaire du plus grand organe humain : la peau. Le rayonnement ultraviolet (UV) du soleil affecte également la peau. Les employés qui passent beaucoup de temps à l'extérieur sont souvent fortement exposés au rayonnement UV au cours de leurs activités professionnelles, et risquent donc particulièrement de souffrir de conséquences à long terme, telles que le cancer de la peau. Le lien entre une forte exposition professionnelle et l'apparition de certaines formes de cancer de la peau a été scientifiquement prouvé. L'un des objectifs du projet GENESIS-UV était d'effectuer des mesures d'exposition au rayonnement UV pour certains profils professionnels actuels, et de définir les résultats obtenus comme référence absolue. Les mesures dosimétriques que l'on trouve dans la littérature présentent souvent des lacunes ou des imperfections, et ne reflètent pas la diversité du monde professionnel.

Les mesures sur le terrain sont complexes et sont influencées par de nombreux facteurs. Afin de pouvoir saisir avec une précision statistique l'exposition aux UV des employés au cours de leurs activités professionnelles, il a été nécessaire de développer un système permettant d'effectuer les mesures simplement et sur une longue période. Utilisé jusqu'à présent entre 2014 et 2019, le système GENESIS-UV a permis, durant cette période, de fournir quelque 3,7 milliards d'ensembles de données à l'aide de 969 personnes ayant participé activement à l'étude. Ces données contiennent, entre autres, des informations sur l'exposition aux UV, l'accélération ou la durée. Pour

les professions, les groupes exerçant des sous-activités et les sous-activités, on a pu calculer des valeurs moyennes sur une demi-heure, des valeurs journalières mensuelles et des expositions annuelles qui, en liaison avec les profils d'activité pour chaque profession et groupe de sous-activités, permettraient de tirer des conclusions directes sur l'exposition aux UV. Au total, ce sont 95 professions, avec 172 groupes de sous-activités et 646 sous-activités qui ont été analysées et peuvent désormais être utilisées pour la prévention. La référence aux sous-activités et aux profils d'activités facilite également l'identification de la profession pour certains assurés ou pour l'organisme d'assurance accidents compétent. Pour les professions qui n'ont pas encore été couvertes par les études, il est possible, si nécessaire de tirer des conclusions par analogie.

À l'aide d'un registre des expositions, les données peuvent être également intégrées dans l'algorithme de Wittlich, afin, notamment, de simplifier et de préciser l'examen des cas suspects dans les procédures de reconnaissance des maladies professionnelles. Afin de parvenir à ce résultat, les experts doivent toutefois encore examiner dans quelle mesure les données obtenues dans les conditions de travail d'aujourd'hui peuvent être transposées à celles qui datent de plusieurs décennies.

Les résultats nombreux et variés de ce projet de recherche sur l'exposition au rayonnement UV constituent la base de mesures de prévention en matière de comportement et de relations, et doivent donc être intégrés dans des concepts de protection.

## Resumen

### Exposición de los empleados a la radiación solar ultravioleta – Resultados del proyecto GENESIS-UV –

Los seres vivos nos encontramos en una interacción constante con la naturaleza que nos rodea. Absorbemos y emitimos sustancias de manera continuada. Muchas de esas interacciones se producen a través del órgano más grande del ser humano: la piel. También la radiación ultravioleta (UV) del sol afecta a nuestra piel. Los empleados que trabajan al aire libre con frecuencia están expuestos en gran medida a la radiación ultravioleta durante sus actividades profesionales y, por lo tanto, corren un especial riesgo de sufrir consecuencias a largo plazo, como el cáncer de piel. La relación existente entre una fuerte exposición durante la actividad profesional y la aparición de algunas formas de cáncer de piel ha quedado demostrada científicamente. Uno de los objetivos del proyecto GENESIS-UV consistió en realizar mediciones de la exposición frente a la radiación ultravioleta para los perfiles profesionales actuales, y determinar así los resultados obtenidos en calidad de patrón oro. Las mediciones dosimétricas que se encuentran en la bibliografía correspondiente presentan con frecuencia lagunas o puntos débiles, y además no reflejan la diversidad del mundo profesional.

Las mediciones de campo resultan complejas y están influidas por muchos factores. Para registrar con exactitud la radiación ultravioleta de los empleados durante su actividad profesional, hubo que desarrollar un sistema de medición que permitiera efectuar de manera sencilla mediciones a largo plazo. Con GENESIS-UV se logró desarrollar un sistema que se ha utilizado de momento en los años 2014 a 2019. En ese periodo, con la ayuda de 969 probandos activos, se obtuvieron 3.700 millones de series de datos. Estos datos presentan informaciones sobre la radiación ultravioleta, la aceleración, el tiempo y

otros factores. Respecto a diferentes profesiones, grupos de actividades parciales y las propias actividades parciales pudieron obtenerse valores medios cada 30 minutos, valores medios mensuales y radiaciones anuales, que en combinación con los perfiles de actividad de cada profesión y cada grupo de actividad parcial permiten derivar conclusiones directas sobre la radiación sufrida. En total se analizaron 95 profesiones con 172 grupos de actividad parcial y 646 actividades parciales. Estos análisis a partir de ahora pueden emplearse para la prevención. Al referirse a actividades parciales y perfiles de actividad se facilita también la identificación de la profesión para cada asegurado o para la entidad aseguradora de accidentes en cuestión. Respecto a aquellas profesiones que todavía no han sido registradas en estos estudios, pueden derivarse conclusiones por analogía.

Con la ayuda de un catastro de exposiciones, pueden volcarse también estos datos en el algoritmo de Wittlich, para así simplificar y precisar el procesamiento de los presuntos casos en los procedimientos de detección de enfermedades profesionales. No obstante, para ello los grupos de expertos deberán deliberar sobre la medida en que los datos obtenidos en las condiciones de trabajo actuales son extrapolables a otros datos obtenidos decenios atrás.

El gran número de resultados que se obtiene en este proyecto de investigación sobre la exposición frente a la radiación ultravioleta constituye la base para la elaboración de medidas de prevención conductual y hábitos preventivos, y como tales deberán reflejarse en la elaboración de conceptos de protección.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>9</b>
1.1	Die Strahlung der Sonne .....	9
1.2	Das Spektrum der Sonne .....	10
1.3	Solare UV-Strahlung .....	11
1.4	Wirkungsfunktionen .....	11
1.4.1	UV-Erythem Ser .....	11
1.4.2	Konversionsfaktoren .....	12
1.5	Standarderythemdosis (SED) und minimale Erythemdosis (MED) .....	13
1.6	Einfluss von Fahrzeug- und Gebäudescheiben auf die Exposition .....	13
1.7	Hautkrebs und UV-Strahlung .....	14
1.7.1	Nicht melanozytärer Hautkrebs.....	15
1.7.2	Melanozytärer Hautkrebs.....	17
1.8	Die Berufskrankheit Nr. 5103 .....	17
1.8.1	Wissenschaftliche Begründung zur BK-Nr. 5103 .....	18
1.8.2	Technische Information des IFA zur BK-Nr. 5103 .....	19
1.8.3	Statistik zur BK-Nr. 5103 .....	20
<b>2</b>	<b>GENESIS und GENESIS-UV.....</b>	<b>23</b>
2.1	Variablen einer Expositionsmessung .....	23
2.2	Konzeption von GENESIS .....	24
2.2.1	Client zur Datenübertragung .....	24
2.2.2	GENESIS-UV .....	25
2.2.3	Das elektronische Datenloggerdosimeter X-2012-10 .....	25
2.2.4	Die Tagebuchsoftware .....	26
<b>3</b>	<b>Tätigkeitsprofile im GENESIS-CODE.....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>Messkampagnen und Datenanalyseverfahren.....</b>	<b>29</b>
4.1	Messkampagnen seit 2014 .....	29
4.2	Aufbereitung der Messdaten.....	30
4.2.1	Umrechnung von Rohdaten .....	31
4.2.2	Abgleich aufeinanderfolgender Messjahre.....	32
4.2.2.1	Kompensation des technischen Alterungsprozesses.....	32
4.2.2.2	Kompensation unterschiedlicher Sonnenscheindauern .....	32
4.2.3	Kategorisierung von Daten.....	33
4.2.4	Manuelle Datenaufbereitung .....	35
4.2.4.1	Daten der Kategorie 10.....	35
4.2.4.2	Daten der Kategorie 40 .....	35
4.2.4.3	Überprüfung von Unterbrechungen.....	35
4.2.5	Aufbereitung von Tagebucheinträgen .....	36
4.2.6	Beispiel einer Datenaufbereitungsprozedur .....	37
4.3	Ableitung von Summenwerten .....	39
4.3.1	Tagessummen .....	39
4.3.2	Halbstundenwerte.....	39
4.3.3	Monatliche Tagesmittelwerte und Monatssummen.....	40
4.3.4	Jahresexpositionswerte .....	40
<b>5</b>	<b>UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien .....</b>	<b>41</b>
5.1	Monatliche Mittelwerte und Jahresextrapolation .....	41
5.1.1	Monatliche Tagesmittelwerte .....	41
5.1.2	Monatliche Halbstundenmittelwerte.....	41
5.1.3	Extrapolierte Jahresexpositionswerte.....	42
5.1.4	Werte für Berufs- und Tätigkeitsgruppen .....	42
5.1.4.1	Berufe und Teiltätigkeitsgruppen – „statistisch belastbar“ .....	42

5.1.4.2	Werte für Berufe und Teiltätigkeitsgruppen – „in Erarbeitung“ .....	89
5.1.5	Vergleich zwischen Tageswerten und Halbstundenwerten .....	95
5.2	Exposition von Teiltätigkeiten .....	98
5.3	Detailanalyse von Berufsgruppen .....	100
5.3.1	Analyse der Hafenfacharbeiter.....	100
5.3.2	Analyse der Maurer.....	101
5.3.3	Dachdecker.....	103
<b>6</b>	<b>Zusatzuntersuchungen und Limitationen .....</b>	<b>105</b>
6.1	Tracking der Erzieher über mehrere Jahre .....	105
6.2	Untersuchung der Sonnenscheindauern in Deutschland .....	106
6.3	Untersuchung des Nord-Süd-Gefälles in Deutschland .....	107
6.4	Limitationen der Expositionsmessungen .....	109
6.4.1	Messzeitraum.....	109
6.4.2	Umwelt und Wetter .....	109
6.4.3	Messung an der Person .....	109
6.4.4	Anzahl der Datenpunkte, Mittelwerte und Extrapolationen .....	110
6.4.5	Tätigkeitsprofile und gewählte Personengruppen .....	110
<b>7</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>111</b>
7.1	Möglichkeiten für die Präventionsarbeit.....	111
7.2	Präzisierung der Berufskrankheitenbewertung.....	111
7.3	Holistischer Präventionsansatz in einer Vision Zero.....	112
7.4	Zukünftige Entwicklung und Ausblick.....	112
<b>8</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>115</b>

# 1 Einleitung

Der Mensch ist in seinem Leben ständigen Umwelteinflüssen ausgesetzt. Diese können verschiedener Natur sein (chemisch, biologisch, physikalisch) und dabei auf unterschiedliche Weise einwirken. Im Laufe der Evolution hat sich das menschliche Abwehrsystem – sei es aktiver oder passiver Art – in hohem Maße angepasst. Vor dem Hintergrund der Entwicklung von Technik, Gesellschaft und Verhalten sind neue Einflüsse auf den Menschen aufgetreten; zudem überfrachtet eine Einseitigkeit von Tätigkeiten oder Beschäftigung oftmals das tolerable natürliche Ausmaß der Exposition. Eine in den letzten Jahrzehnten stark angestiegene Lebenserwartung bedeutet, dass es zu einer wesentlich längeren Einwirkzeit für Einflüsse aller Art kommt und die evolutionsbiologische Anpassung der Zielorgane noch nicht stattgefunden hat.

Der Arbeitsschutz in Deutschland wird durch das Arbeitsschutzgesetz in einen rechtlichen Rahmen gebracht. Das Arbeitsschutzgesetz setzt dabei auch europäisches Recht in deutsches Recht um, zum Beispiel die EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz 89/391/EWG [1]. Diese im Jahr 1989 verabschiedete europäische Rahmenrichtlinie über den Schutz von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit definiert für ganz Europa Mindestanforderungen. Es ist den Mitgliedstaaten aber freigestellt, strengere Bestimmungen zu erlassen oder beizubehalten. Das Arbeitsschutzgesetz selbst bildet auch die Ermächtigungsgrundlage für den Gesetzgeber, Rechtsverordnungen auf dem Gebiet Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit zu erlassen, zum Beispiel die Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (Optische Strahlenverordnung, OStrV) [2] oder die PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV) [3]. Zum Schutz der Beschäftigten vor natürlicher UV-Strahlung durch die Sonne gibt es noch keine expliziten Regelungen, die zum Beispiel Grenzwerte enthalten würden.

## 1.1 Die Strahlung der Sonne

Die Wechselwirkung von Strahlung mit dem menschlichen Körper kann zu einer Gefährdung für die Gesundheit führen. Zwar sind Augen und Haut als primäre Strahlungsempfänger mit Mechanismen ausgestattet, die Schädigungen verhindern oder reparieren sollen, jedoch ist dies stark von der Bestrahlung (der Dosis) abhängig. Ab einem gewissen Zeitpunkt reichen die körpereigenen Mittel nicht mehr aus, um eine Schädigung zu verhindern.

Dementsprechend muss zunächst analysiert werden, welche Gefährdung von der Strahlung ausgeht. Der als Optische Strahlung bezeichnete Bereich des elektromagnetischen Spektrums umfasst die ultraviolette (UV), sichtbare (Licht) und infrarote (IR) Strahlung. Sie umfasst Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 bis 1 mm. Die

von der Strahlung mitgeführte Energie hängt von der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung ab. Je länger die Wellenlänge, desto geringer ist die Energie. Zu kürzeren Wellenlängen – und damit höherer Energie – schließt sich die Röntgenstrahlung an, zu längeren Wellenlängen Mikrowellen und elektromagnetische Felder. Die Grenzen für die einzelnen Wellenlängenbereiche sind physikalisch nicht klar zu ziehen, daher ist eine Definition zu wählen. In der Fachwissenschaft haben sich zwei Definitionen für die Grenzen der Wellenlängenbereiche etabliert. In diesem Report werden die verwendet, die auch in staatlichen Regelwerken wie der Optischen Strahlenverordnung und den dazugehörigen Technischen Regeln „Inkohärente Optische Strahlung“ (TROS IOS) [4] sowie der entsprechenden Richtlinie 2006/25/EG der Europäischen Kommission [5] Anwendung finden. Dementsprechend wird unterschieden zwischen

- UV-Strahlung (100 bis 400 nm): UV-C von 100 bis 280 nm, UV-B von 280 bis 315 nm, UV-A von 315 bis 400 nm,
- sichtbare Strahlung (400 bis 780 nm): „Licht“, keine weitere Unterteilung,
- IR-Strahlung (780 bis 1 mm): IR-A von 780 bis 1 400 nm, IR-B von 1 400 bis 3 000 nm, IR-C von 3 000 nm bis 1 mm.

Optische Strahlung hat Richtungseigenschaften. Das bedeutet, dass die Strahlung an einem Ausgangspunkt beginnt und sich dann klassisch betrachtet linear ausbreitet. Auf dem Weg zum schlussendlichen Ziel, an dem die Strahlung absorbiert wird, können jedoch Effekte auf die Strahlung einwirken, insbesondere die Reflexion. Sie beschreibt das Zurückwerfen von Wellen an einer Fläche, beispielsweise an einem Spiegel, einer Metallfläche oder der Wasseroberfläche.

Das Strahlungsfeld, in dem sich ein Mensch bewegt, wird immer eine Richtung besitzen. Die Reflexion kann aber dazu führen, dass eine zusätzliche Exposition auftritt – stark abhängig von der Eigenschaft des Materials. Die Richtungseigenschaft der Optischen Strahlung eröffnet Möglichkeiten bei den Schutzmaßnahmen. Bei Gasen, die isotrop in der Raumluft verteilt sind, ist oftmals die Verwendung von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) zwingend notwendig. Bei Optischer Strahlung kann schon eine Einhausung des Arbeitsbereichs ausreichen, da der Weg der Strahlung unterbrochen und damit ein wesentlicher Teil abgeschirmt werden kann.

Dabei ist allerdings zu bedenken, dass die Strahlung der Sonne beim Auftreffen auf die Atmosphäre durch

das darin enthaltene Wasser gebrochen wird, sodass die gesamte Himmelskugel, die im Tageslicht blau erscheint, auch eine große Menge an UV-Strahlung auf die Erdoberfläche bricht. Wolken reduzieren dabei nur die Bestrahlungsstärke; es kommt aber dennoch ein wesentlicher Anteil der Strahlung hindurch.

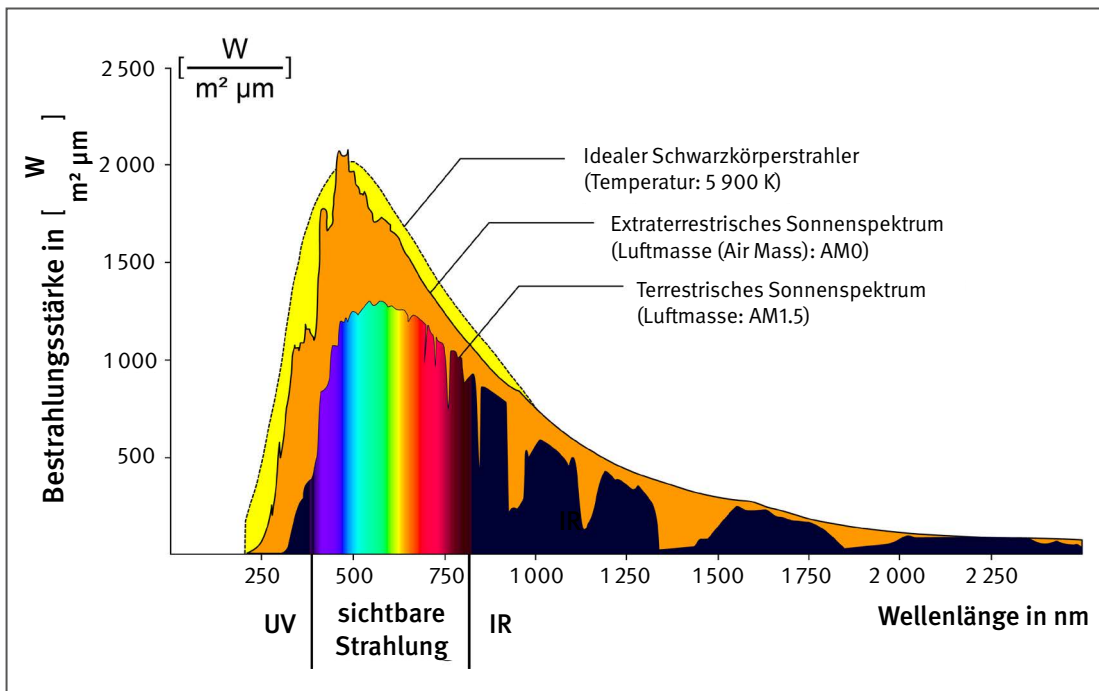
## 1.2 Das Spektrum der Sonne

Die Strahlung der Sonne ist auf ihrem Weg von der Sonne bis auf die Lithosphäre der Erde einigen Einflüssen unterworfen. Diese Einflüsse reduzieren das Gefährdungspotenzial für unsere Gesundheit. Anders herum kann man argumentieren, dass sich die Lebewesen auf der Erde an die einfallende Strahlung angepasst haben. Diese Anpassung ist fragil, denn bei Veränderung der einfallenden Strahlung müssen sich die Lebewesen neu anpassen. Dieser Vorgang nimmt oft lange Zeiten in Anspruch und bis dahin ist das Risiko erhöhter Erkrankungszahlen ge-

ben. Beispielgebend ist das Ozonloch über Südaustralien, das die für Mitteleuropäer ohnehin hohe Bestrahlung weiterhin erhöht – mit entsprechender weiterer Erhöhung der Erkrankungszahlen [6; 7].

Das Sonnenspektrum außerhalb der Erdatmosphäre entspricht im Wesentlichen dem eines Planck'schen Strahlers mit der Temperatur von 5 900 K, das die Verteilung der elektromagnetischen Energie der Wärmestrahlung eines schwarzen Körpers in Abhängigkeit von der Wellenlänge der Strahlung angibt. Durch die Erdatmosphäre kommt es zu den wesentlichen Einflüssen auf das solare Spektrum. Abbildung 1 stellt das Sonnenspektrum grafisch dar. Außerhalb der Atmosphäre entfallen etwa 98 % der solaren Strahlung auf den Wellenlängenbereich von 290 bis 4 000 nm. Das teilt sich auf die entsprechenden Spektralbereiche auf: 7 % auf die UV-Strahlung, 42 % auf die sichtbare Strahlung und 49 % auf IR-Strahlung.

Abbildung 1: Strahlungsspektrum der Sonne. Die Sonne emittiert ein Spektrum Planck'scher Natur, das Fraunhoferlinien zeigt. Durch die Erdatmosphäre werden erhebliche Anteile absorbiert (Grafik verändert nach Wikipedia).



Die Sonne hat eine Strahlungsleistung von  $3,8 \cdot 10^{26}$  W, von denen bei isotroper Abstrahlung der Sonne etwa  $1,7 \cdot 10^{17}$  W die Erde treffen. Daraus ergibt sich die Solar-konstante von  $1367 \text{ W/m}^2$ , welche die Gesamtbestrahlungsstärke außerhalb der Erdatmosphäre beschreibt. Dieser Wert gilt bei einer senkrechten Einstrahlung, insbesondere innerhalb der Wendekreise. In unseren Breiten wird durch den Winkel beim Gang der Strahlung durch die Atmosphäre und die damit verbundenen Effekte von Absorption und Streuung eine terrestrische Gesamtbestrahlungsstärke von etwa  $1000 \text{ W/m}^2$  bei klarem Himmel im Sommer erreicht, im Winter sind es etwa  $500 \text{ W/m}^2$  [8].

Die Gesamtbestrahlungsstärke, auch Globalstrahlung genannt, setzt sich aus der direkten Strahlung und der diffusen Himmelsstrahlung zusammen. Die direkte Strahlung macht an wolkenlosen Sonnentagen und einer Sonnenhöhe von mehr als  $50^\circ$  einen Anteil von etwa 75 % aus, an Tagen mit tiefen Sonnenständen bis etwa  $10^\circ$  etwa ein Drittel.

### 1.3 Solare UV-Strahlung

Auf ihrem Weg durch die Erdatmosphäre wird die UV-Strahlung wellenlängenabhängig absorbiert. Insbesondere das Ozon in der Stratosphäre und Troposphäre übt dabei eine starke Filterfunktion aus. Im Wellenlängenbereich unterhalb von 330 nm kommt es zu einer deutlichen Abnahme der UV-Bestrahlungsstärke; man spricht von der sogenannten UV-B-Kante. Interessant ist dabei, dass etwa gleichzeitig die Wirkung der UV-Strahlung auf die Haut drastisch zunimmt (siehe Abschnitt 1.4) – der Mensch ist offensichtlich gut an die natürlichen Verhältnisse angepasst. Durch klimatische Änderungen, zum Beispiel die übermäßige Abnahme der Ozonschicht durch Einflüsse des Menschen, kommt es aber zu einer Verschiebung der UV-B-Kante in den kürzerwelligen Bereich, gleichbedeutend mit einer Zunahme der UV-B-Bestrahlungsstärke. Dieser Effekt ist nicht zu verwechseln mit den jahreszeitlichen Schwankungen des atmosphärischen Ozongehalts, der zwar auch zu einer kurzzeitigen Erhöhung der UV-Bestrahlungsstärke führt (sogenannte „Low Ozone Events“), aber schon nach einigen Tagen wieder auf das normale Niveau zurückgekehrt ist. Eine dauerhafte Schädigung der Ozonschicht, deren Regeneration noch Dekaden dauern wird, führt auch zu einer dauerhaften Erhöhung der Bestrahlungsstärke über das gesamte Jahr.

Der Mensch benötigt eine gewisse Menge an UV-B-Strahlung zur Bildung des lebenswichtigen Vitamins D<sub>3</sub>. Die Vitamin-D<sub>3</sub>-Produktion besitzt ein relativ scharf begrenztes Maximum bei einer Wellenlänge von 298 nm [9; 10]. Etwa 60 % der gesamten Vitamin-D<sub>3</sub>-Produktion erfolgen demnach im Wellenlängenbereich zwischen 290 und 300 nm. Strahlung mit Wellenlängen unter 290 nm ist messtechnisch nicht mehr nachweisbar, sodass auch UV-C-Strahlung die Erdoberfläche nicht erreicht und schon relativ weit oben in der Atmosphäre absorbiert wird.

Abbildung 1 zeigt die durch Wechselwirkung mit der Atmosphäre und das daraus auf der Lithosphäre wahrgenommene Spektrum. UV-A-Strahlung wird ähnlich wie sichtbare Strahlung von der Erdatmosphäre zu großen Anteilen transmittiert.

Wolken, Dunst, Spurengase und Luftverunreinigung führen zu einer Streuung und Absorption der einfallenden Strahlung. Das Ausmaß ist von Größe, Typ und Höhe über dem Erdboden der Teilchen oder Teilchenansammlungen abhängig. Insgesamt kann die Schwächung der UV-Strahlungsintensität beim Durchgang durch die Atmosphäre bis zu 90 % betragen. Steigt man dagegen im Gebirge auf, dann steigt die Bestrahlungsstärke etwa mit 8 bis 10 % pro 1 000 Höhenmeter an [11].

### 1.4 Wirkungsfunktionen

Spektrale Wirkungsfunktionen, auch Strahlungs- oder Wirkungsfunktionen genannt, dienen dazu, Strahlung gemäß ihrer biologischen Wirksamkeit nach Wellenlängen aufgelöst zu bewerten. An dieser Stelle kommt es zu einer biomedizinischen Bewertung der Strahlung, deren Inhalt eine bioenergetische Aussage über die Strahlung und das „Ansprechverhalten“ der unterschiedlichen Zelltypen von Augen und Haut ist. Mit „Ansprechverhalten“ der Wirkungsfunktionen werden Wirkungen beschrieben, die von der Anzahl der absorbierten Photonen, deren Energie und der Struktur des biologischen Gewebes abhängen. Wirkungsfunktionen können durch Experimente, z. B. an Tier- oder künstlicher Haut, ermittelt werden.

Die Norm DIN 5031-10 beschreibt Wirkungsfunktionen für verschiedene Zusammenhänge [12].

#### 1.4.1 UV-Erythem $S_{er}$

Das UV-Erythem (auch Sonnenbrand, *Dermatitis solaris*) ist ein entzündlicher Prozess in der Haut und wird durch UV-Strahlung verursacht. Einige Stunden nach der Bestrahlung mit einer Dosis oberhalb der individuellen minimalen Erythemdosis (MED) (siehe Abschnitt 1.5) kommt es zu einer scharf begrenzten Rötung der Haut mit Juckreiz und Schmerzen und je nach Schwere der entzündlichen Reaktion zu Blasenbildung und Ödemen der Haut. Die Symptomatik erreicht ihr Maximum nach einem Zeitraum von zwölf bis 24 Stunden und klingt im Laufe mehrerer Tage ab. Dabei kann es zu Abschuppung kommen, in einzelnen Fällen auch zu Reaktionen des Herz-Kreislauf-Systems.

Basierend auf experimentellen Daten hat die Internationale Kommission für Beleuchtung (Commission Internationale d’Eclairage, CIE) ein Referenzwirkungsspektrum festgelegt (Abbildung 2). Das Wirkungsspektrum mit dem spektralen Wirkungsfaktor  $A_{er}$  wird dabei als dreiteilige Funktion beschrieben:

$$A_{er}(\lambda) = 1,0 \text{ für } 250 \text{ nm} \leq \lambda \leq 298 \text{ nm}$$

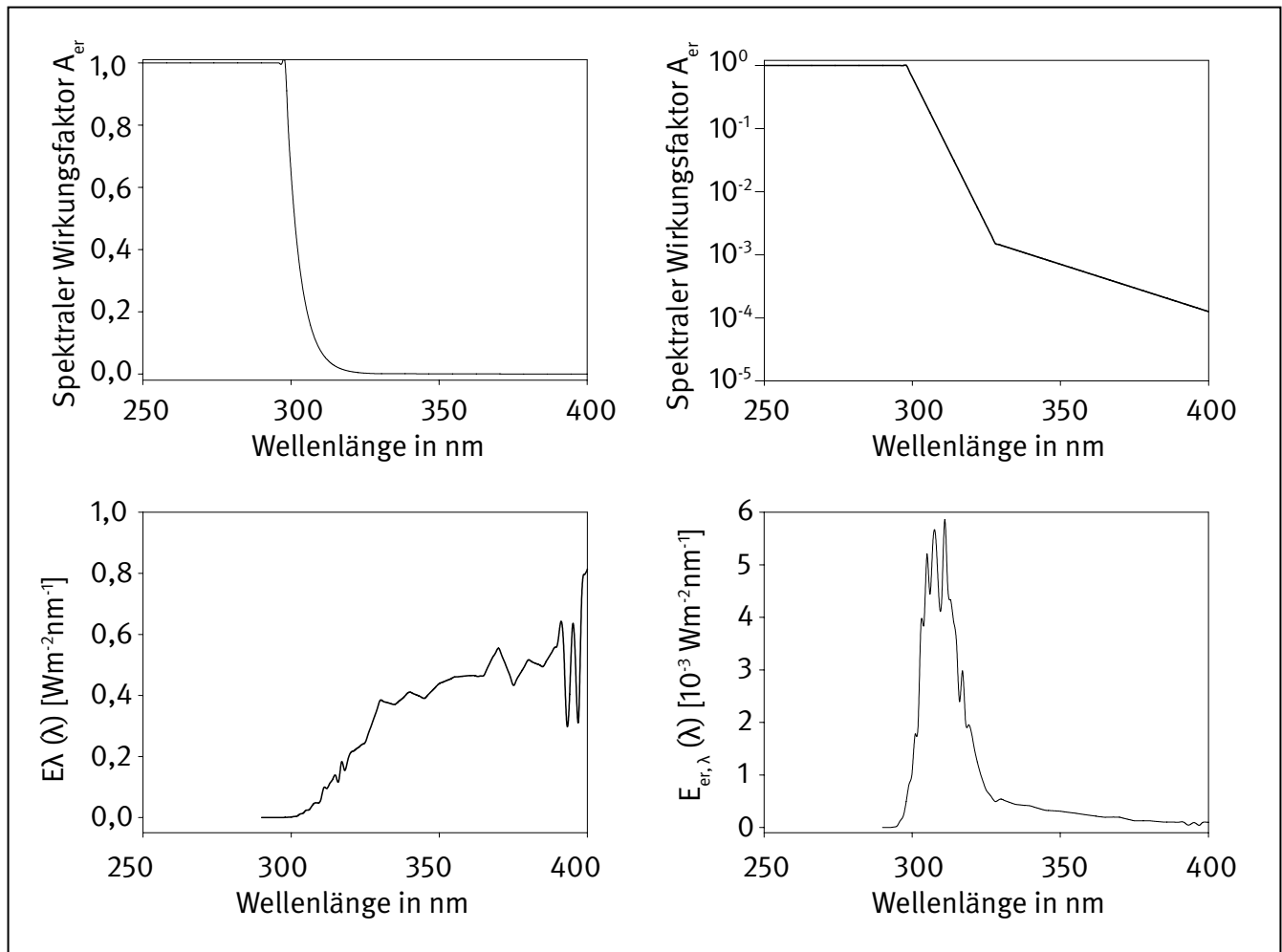
$$A_{er}(\lambda) = 10^{0,094 \cdot (298 - \lambda / \text{nm})} \text{ für } 298 \text{ nm} \leq \lambda \leq 328 \text{ nm}$$

$$A_{er}(\lambda) = 10^{0,015 \cdot (140 - \lambda / \text{nm})} \text{ für } 328 \text{ nm} \leq \lambda \leq 400 \text{ nm}$$

Die größte Wirkung hat UV-Strahlung im UV-B-Bereich; sie fällt dann schnell innerhalb von 20 nm um drei Größenordnungen ab. Strahlung im UV-A-Bereich liefert noch einen Beitrag, der jedoch nochmal um eine Größenordnung mit zunehmender Wellenlänge bis zum Ende des UV-Bereichs abfällt.

Abbildung 2:

Gewichtung der Strahlung mit Blick auf die Bildung eines UV-Erythems; oben links: Wirkungsfunktion  $S_{er}$  in linearer Darstellung, oben rechts: Wirkungsfunktion  $S_{er}$  in logarithmischer Darstellung, unten links: Spektrum der Sonne, unten rechts: mit der Wirkungsfunktion  $S_{er}$  bewertetes Sonnenspektrum



Das Wirkungsspektrum ist in Fachkreisen, insbesondere der medizinischen Fachgesellschaften, nicht vollumfänglich anerkannt. Man bemängelt, dass insbesondere der wellenlängenabhängigen Eindringtiefe der Strahlung keine ausreichende Bedeutung zugemessen wurde. Es wird argumentiert, dass insbesondere kürzere Wellenlängen und damit die UV-C-Strahlung gar nicht ausreichend tief in die Haut eindringen können, um eine derart wie in der Wirkungsfunktion beschriebene starke Wirkung zu erzeugen. Dies ist sicherlich differenziert zu betrachten. Für die Erzeugung eines UV-Erythems ist die Wirkungsfunktion im Wellenlängenbereich bis 280 nm möglicherweise adäquater als für die Einschätzung einer Gefährdung für die Entstehung von nicht melanozytärem Hautkrebs. Die Wirkungsfunktion wird sowohl national als auch international im Kontext der Entstehung von Hautkrebs verwendet. Messungen mit dem Ziel, die Exposition von Beschäftigten gegenüber natürlicher, solarer UV-Strahlung zu bestimmen, basieren nahezu ausschließlich auf der Bewertung der Strahlung mit  $S_{er}$ . Da das solare Spektrum erst nennenswerte Anteile bei Wellenlängen größer als 290 nm besitzt, ist die Diskussion um die

Anteile der Wirkungsfunktion unter 280 nm in diesem Fall nicht notwendig.

#### 1.4.2 Konversionsfaktoren

Spektren, die mit einer unterschiedlichen Wirkungsfunktion bewertet wurden, können zunächst nicht miteinander verglichen werden. Dies ändert sich, wenn das Spektrum der Strahlungsquelle dasselbe ist. Nimmt man ein Sonnenspektrum an, das allorts gleich ist, können die kumulierten Summen aus den Spektren ineinander umgerechnet werden. Für die Messungen mit den Dosimetern bei GENESIS-UV (siehe Abschnitt 2.2.3) bedeutet dies, dass der Tagesexpositionswert, der sich aus der Summe der beiden UV-Kanäle über die Zeit ergibt (siehe Abschnitt 4.3.1), mithilfe eines Konversionsfaktors umgerechnet werden kann, sodass eine andere Wirkungsfunktion dahinter liegt. Die Bestrahlungsstärken  $E$  ergeben sich aus der Summe der spektralen Bestrahlungsstärken  $E_{\lambda}$ . Daraus folgen aus Quotienten die Umrechnungsfaktoren in die jeweils andere Bewertung (siehe Tabelle 1).



Tabelle 1:

Bestrahlungsstärken der Sonne im UV-Bereich nach Gewichtung (linker Teil der Tabelle) sowie Umrechnungsfaktoren zwischen den Bestrahlungsstärken je nach Gewichtung (rechter Teil der Tabelle). Diese sind nur für das Sonnenspektrum gültig.

Bestrahlungsstärke	von/nach	$E_{er}$	$E_{eff}$	$E_{nmisc}$	
$E_{er}$	101,08 W/m <sup>2</sup>	$E_{er}$	1	0,23	2,19
$E_{eff}$	22,81 W/m <sup>2</sup>	$E_{eff}$	4,43	1	9,70
$E_{nmisc}$	221,30 W/m <sup>2</sup>	$E_{nmisc}$	0,46	0,1	1

Bei der Anwendung der Faktoren sind deren Limitationen zu beachten. Kommt es zu einer spektralen Veränderung des Sonnenspektrums, die sich wellenlängenabhängig zeigt, kann sich der Faktor verändern. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich die spektrale Veränderung im UV-B-Bereich zeigt, da die Wirkungsfunktionen in diesem Bereich besonders sensitiv aufgrund der steilen Flanken über mehrere Größenordnungen sind. Ist z. B. die gemessene Strahlung durch Scheiben durchgetreten, kann es wegen der erheblichen Auswirkung auf den UV-B-Anteil im Spektrum zu ebenso erheblichen Abweichungen kommen, die eine Umrechnung ineinander über einen Summenwert unmöglich machen. Dann kann nur die spektrale Gewichtung verwendet werden, die über Labormessungen an den verwendeten Scheibentypen bestimmt werden muss. Idealerweise sollte dabei das Sonnenspektrum als Strahlungsquelle verwendet werden.

### 1.5 Standarderythemdosis (SED) und minimale Erythemdosis (MED)

Sowohl in der Literatur als auch in diesem Report werden UV-erythemgewichtete Einheiten verwendet, die einer näheren Definition und Beschreibung bedürfen.

- Standard-Erythemdosis (SED)

Die Standard-Erythemdosis (SED) ist eine hauttypunabhängige Größe, mit der die biologisch wirksame Bestrahlung angegeben werden kann. 1 SED entspricht 100 J/m<sup>2</sup> erythemgewichteter Bestrahlung. Es handelt sich um eine abgeleitete Einheit, da die biologische Wirkung zur Bildung eines UV-Erythems (siehe auch Abschnitt 1.4.1) in der Einheit implizit ist.

- Minimale Erythemdosis (MED)

Bei der minimalen Erythemdosis (MED) handelt es sich um eine individuelle Energiemenge, die ein gerade sichtbares Erythem hervorruft. Die Einheit der MED ist J/m<sup>2</sup> und kann aufgrund der Gewichtung mit der Wirkungsfunktion für das UV-Erythem auch in SED angegeben werden. Sie dient als Maß für die Empfindlichkeit der Haut gegenüber solarer oder auch künstlich erzeugter UV-Strahlung. Um

die persönliche MED festzustellen, muss eine sogenannte Lichttreppe-Untersuchung erfolgen. Dabei appliziert ein Dermatologe an wenig bestrahlten Körperregionen, beispielsweise am Gesäß, an nebeneinander liegenden Hautstellen immer größer werdende UV-Bestrahlungen. Die Körperstelle, die nach einer definierten Zeit von 24 Stunden eine gerade erkennbare, scharf begrenzte Hautrötung zeigte, wurde mit der individuellen MED bestrahlt. Für die Hauttypen nach *Fitzpatrick* [13] (siehe auch Abschnitt 1.7) können Wertebereiche der MED angegeben werden. Diese reichen von 1,5 bis 3 SED für Hauttyp I beziehungsweise von 9 bis 15 SED für Hauttyp VI. Mit größer werdender MED steigt auch die Eigenschutzzeit der Haut.

### 1.6 Einfluss von Fahrzeug- und Gebäudescheiben auf die Exposition

Scheiben jedweder Art verändern ein Strahlungsspektrum wellenlängenabhängig bei der Transmission der Strahlung. Dabei ist das Material der Scheibe von großer Bedeutung. Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurden Fahrzeugscheiben, in einer nachgehenden Untersuchung Gebäudescheiben verschiedener Epochen auf die UV-Transmissivität untersucht [14; 15]. Dabei stellte sich heraus, dass Fahrzeug- und Gebäudescheiben der verschiedenen Epochen sehr guten Schutz gegenüber UV-Strahlung bieten. Der technische Aufbau von Scheiben hat großen Einfluss auf die Transmission. Ist beispielsweise Kunststoff verbaut, wie bei Verbundsicherheitsglas zur Vermeidung von Splitterwirkung in Autoscheiben, wird ein großer Anteil der kurzwelligen UV-Strahlungsanteile aus der Sonnenstrahlung absorbiert. Zudem können UV-Schutzkomponenten, Beschichtungen oder Tönungen Einfluss auf die Transmission haben. Die Angabe von Transmissionsfaktoren erlaubt die Einschätzung der Schutzwirkung oder – von der anderen Seite aus betrachtet – die Gefährdung durch UV-Strahlung hinter einer Scheibe. Transmissionsfaktoren geben an, wie groß der Anteil der durch die Scheibe dringenden Strahlung ist. Abbildung 3 zeigt die Transmissionskurven für die verschiedenen Scheibentypen sowohl für Gebäude als auch für Kraftfahrzeuge. Die Transmissionsfaktoren lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Für ein zweietagiges Mehrzweckgebäude aus den 1980er-Jahren ergibt sich ein Transmissionsfaktor von 4,6 %.
- Für ein dreietagiges Verwaltungsgebäude aus den 1980er-Jahren ergibt sich ein Transmissionsfaktor von 3,6 %.
- Für ein dreietagiges Verwaltungsgebäude aus den 2010er-Jahren ergibt sich ein Transmissionsfaktor von 1,9 %.

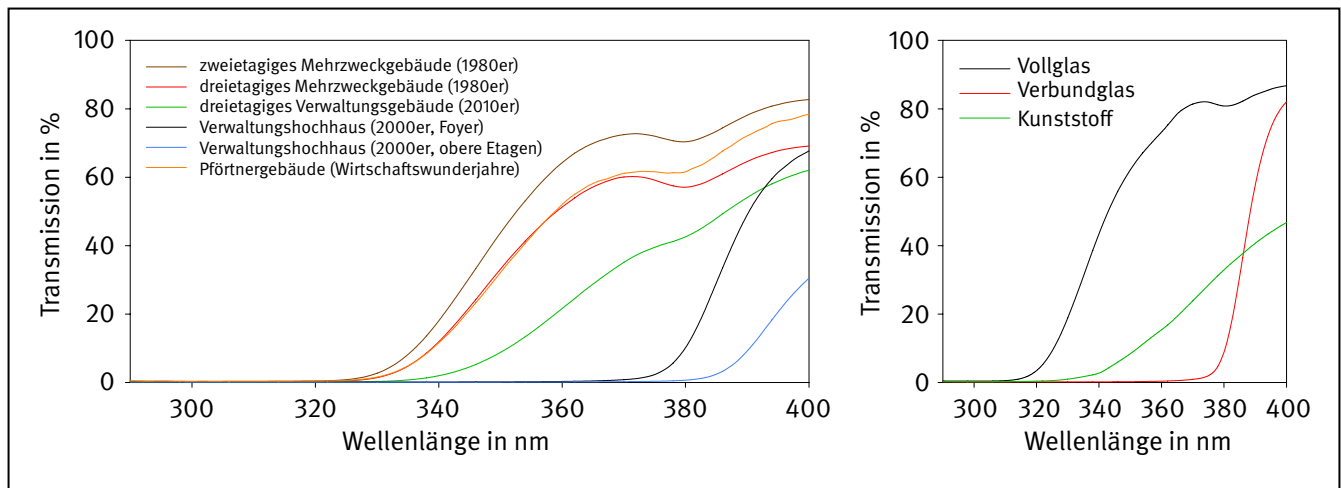
- Für ein Verwaltungshochhaus aus den 2000er-Jahren ergibt sich ein Transmissionsfaktor von unter 0,7 %.
- Für ein Pfortnergebäude aus den 1950er- oder 1960er-Jahren ergibt sich ein Transmissionsfaktor von 3,8 %.
- Für Vollglas-Fahrzeugscheiben (beispielsweise Seitenscheiben in Pkws) ergibt sich ein Transmissionsfaktor zwischen 5 und 10 %.
- Für Verbund- und Kunststoffscheiben (beispielsweise Frontscheiben in Pkws ab Herstellungsdatum 1990)

ergibt sich ein Transmissionsfaktor zwischen 0,1 und 2 %.

Bei der Berechnung der Transmissionsfaktoren wurde die Wirkungsfunktion  $S_{er}$  mit einberechnet, sodass der Faktor sowohl bei der Betrachtung der GENESIS-UV-Daten als auch der Berechnung der Exposition (Abschnitt 1.8.2) mit der Wittlich'schen Formel verwendet werden kann. Dort kann er als Schutzfaktor  $f_{Schutz}$  berücksichtigt werden, da die Gewichtung bereits einberechnet wurde. Die Gewichtung ist notwendig, weil auch die Referenzbestrahlung entsprechend gewichtet ist.

Abbildung 3:

Transmissionspektren verschiedener Scheibentypen. Links: Die Transmission der verschiedenen Gebäudescheiben für UV-Strahlung steigt mit größer werdender Wellenlänge an. Rechts: Die Transmission für verschiedene Scheibentypen in Fahrzeugen. Jede Kurve ist das Ergebnis aus vielen Einzelmessungen. Sowohl bei Gebäude- als auch bei Fahrzeugscheiben ist keine nennenswerte Transmission im UV-B-Bereich von 280 bis 315 nm mehr feststellbar.



## 1.7 Hautkrebs und UV-Strahlung

Unter Hautkrebs versteht man eine bösartige Veränderung und ein unkontrolliertes Wachstum von Hautzellen. Man unterscheidet dabei zwischen verschiedenen Arten des Krebses; die bekanntesten und häufigsten sind der nicht-melanozytäre (weiße) und der maligne (schwarze) Hautkrebs. Es gibt einige weitere, allerdings sehr seltene Hautkrebsformen.

Wenngleich der melanozytäre und der nicht-melanozytäre Hautkrebs unterschiedliche Zelltypen betreffen, so sind die molekularen Mechanismen bei der Entstehung vergleichbar, wenn UV-Strahlung ursächlich dafür ist. Durch die einfallenden UV-Photonen kommt es zu direkten Schädigungen an der DNA.

Ob es zu einer Hautkrebserkrankung kommt oder nicht, hängt von sehr vielen Faktoren ab: sowohl von genetischer Prädisposition als auch von Umwelt- und Ernährungsfaktoren. Daher ist es auch schwierig, allein vom Betrachten des Individuums auf die Wahrscheinlichkeit einer späteren Erkrankung zu schließen. Sinnvoll ist

aber die Einteilung entsprechend der phänotypischen Erscheinung des Individuums. So kann man differenzierte Präventionsmaßnahmen auswählen, die Wahrscheinlichkeiten für die Erkrankung entsprechend abschätzen oder aufgrund der Verteilung der Hauttypen über den Globus hochrechnen, wie hoch die Krankheitslast in den einzelnen Staaten der Welt sein kann. Diese kann dann in Verbindung mit nationalen Krebsregistern gebracht werden, wenn solch eine Institution vorhanden sein sollte.

Die menschliche Haut wurde hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber solarer UV-Strahlung nach Hauttypen klassifiziert. Fitzpatrick veröffentlichte eine sechsstufige Skala, die man heute als standardisierte Grundlage verwendet [13]. Sie hat auch Niederschlag in der Norm DIN 5031-10 gefunden [12]. In der Norm wurden auch Erkenntnisse der Internationalen Strahlenschutzkommission (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) eingebracht [16]. Sie bildet damit eine verlässliche Arbeitsgrundlage, die für die Prävention UV-induzierter Hautschäden von großer Bedeutung sein kann. Tabelle 2 stellt die wichtigsten Parameter für die einzelnen Hauttypen zusammen. Die Übergänge zwischen



den einzelnen Hauttypen sind fließend und nicht scharf getrennt, da es sich um ein recht grobes Schema handelt, das auf ein biologisches Kontinuum angewendet wird. In der deutschen Bevölkerung verteilen sich die Hauttypen zu 4 % auf Hauttyp I, 57 % auf Hauttyp II, 35 % auf Haut-

typ III und 4 % auf Hauttyp IV. Die Hauttypen V und VI sind nur zu einem sehr geringen Prozentsatz vertreten. Die Bestimmung des individuellen Hauttyps bedarf dermatologischer Fachkenntnisse.

Tabelle 2:

Einteilung der Hauttypen nach *Fitzpatrick* [13], ergänzt durch *Vecchia* et al. [16]. Die minimale Erythemdosis (MED, siehe Abschnitt 1.5) gibt an, in welchem Bestrahlungsintervall üblicherweise die persönliche minimale Bestrahlung zur Auslösung eines UV-Erythems des betreffenden Hauttyps liegt.

Hauttyp	Sonnenempfindlichkeit	Sonnenbrandempfindlichkeit	Pigmentierungsvermögen	Klassifizierung für Individuen	Richtwerte für MED (nach 24 h, am Rücken)	
					in $\text{Jm}^{-2}$	in SED
I	sehr empfindlich	immer Sonnenbrand	keine Bräunung	Melanin ungeschützt (keltischer Typ)	<200	<2
II	mäßig empfindlich	hoch	leichte Bräunung	Melanin ungeschützt (hellhäutiger europäischer Typ)	200 bis 300	2 bis 3
III	mäßig unempfindlich	mäßig	mäßige Bräunung	Melanin schutzfähig (dunkelhäutiger europäischer Typ)	300 bis 500	3 bis 5
IV	unempfindlich	niedrig	dunkle Bräunung	Melanin schutzfähig (mediterrane Typ)	500 bis 700	5 bis 7
V	unempfindlich	sehr niedrig	braune Haut von Natur	Melanin geschützt (dunkelhäutiger Typ)	700 bis 1 000	7 bis 10
VI	unempfindlich	extrem niedrig	schwarze Haut von Natur	Melanin geschützt (schwarzhäutiger Typ)	>1 000	>10

### 1.7.1 Nicht melanozytärer Hautkrebs

Der nicht melanozytäre Hautkrebs, auch weißer Hautkrebs genannt, hat seinen Ursprung im Hautepithel und tritt hauptsächlich bei älteren Menschen auf. Gerade beim weißen Hautkrebs unterscheidet man zwischen verschiedenen Hautkrebstypen, die zwar durch UV-Strahlung verursacht werden, jedoch wahrscheinlich unterschiedlichen Expositionsmustern unterliegen [17]. Das Basalzellkarzinom tritt etwa viermal so häufig auf wie das Plattenepithelkarzinom.

Das Basalzellkarzinom (BZK oder Basaliom genannt) entsteht in der Basalzellschicht der Haut und den Wurzelscheiden der Haarfollikel. Diese Karzinome bilden praktisch keine Metastasen, können aber in das umgebende Gewebe hineinwachsen und zudem Knochen und Knorpel befallen. Das BZK ist der weltweit häufigste Hautkrebs in der Gruppe der Weißen zwischen 40 und 79 Jahren [18 bis 20], verläuft aber selten lebensbedrohlich. Ursächlich ist eine hohe UV-Bestrahlung, aber auch Umwelt- und genetische Faktoren begünstigen die Entwicklung der Erkrankung. Personen mit roten oder blonden Haaren, heller Augenfarbe, schneller Erythembildung, schlechtem Bräunungsvermögen und Sommersprossen zeigen eine erhöhte Inzidenz [21; 22]. Stark in der Diskussion um den eigentlichen Mechanismus zur Auslösung eines BZK ist

das eigentliche Expositionsmuster. Es verdichten sich die Hinweise, dass es gerade intermittierende Expositionen sind, die zum BZK führen. Dazu können Freizeitexpositionen gehören, aber auch bestimmte Muster während beruflicher Tätigkeiten. Dementsprechend muss weiter erforscht werden, ob und in welcher Weise berufliche UV-Exposition im Freien und BZK miteinander eindeutig korreliert sind [23]. *Bauer* et al. haben mittels Review die verfügbare Literatur untersucht und fanden 23 Studien, die in die Metaanalyse einfließen konnten [24]. Die gepoolte Odds Ratio (OR) für den Zusammenhang zwischen Arbeit im Freien und dem Risiko, an einem BZK zu erkranken, beträgt 1,43 (mit einem 95%-Konfidenzintervall von 1,23 bis 1,66). Daraus kann man schlussfolgern, dass es einen gewissen Zusammenhang zwischen Arbeit im Freien und BZK-Risiko gibt; dieser ist jedoch bei anderen Entitäten enger und klarer. Zu ergänzen ist, dass die Metastudie kein Augenmerk auf das Expositionsmuster gelegt hat, da die Daten wahrscheinlich nicht in dieser Art vorlagen und zudem noch nicht wissenschaftlich definiert wurde, was unter „kontinuierlicher“ und was unter „intermittierender“ Exposition zu verstehen ist.

Dementsprechend ist insbesondere beim BZK noch erhebliche Forschungsarbeit zu leisten, auch mit Blick auf die Exposition durch UV-Strahlung künstlicher Strahlungsquellen. Diese haben häufig intermittierende Strahlungs-

emissionen – beispielsweise beim Schweißen oder bei der Arbeit mit Gasbrennern.

Das Plattenepithelkarzinom (PEK, auch Spinaliom oder Stachelzellkarzinom genannt) ist der zweithäufigste bösartige Hauttumor. PEK entstehen im Wesentlichen in chronisch sonnenexponierten Arealen auf schon schwer lichtgeschädigter Haut, sprich: insbesondere im Gesicht oder auf dem Kopf. Von PEK ist seltene Metastasenbildung bekannt, insbesondere sind die angrenzenden Lymphknoten betroffen, aber auch andere Organe. Das individuelle Risiko, an einem PEK zu erkranken, hängt von phäno- und genotypischen Faktoren ab, ebenso aber auch von Umweltfaktoren. Männer sind doppelt so häufig betroffen wie Frauen, zudem treten 80 % der Fälle in einem Alter von mehr als 60 Jahren auf. Menschen mit heller Haut, heller Augen- und Haarfarbe haben ein erhöhtes Erkrankungsrisiko, ebenso Raucher [25 bis 27]. Besonders gefährdet sind auch Personen, deren Immunsystem beispielsweise durch Medikamente supprimiert ist. Der Zusammenhang zwischen der Einwirkung solarer UV-Strahlung und der Entstehung von PEK ist hinreichend bekannt (siehe auch Abschnitt 1.8.1), dennoch ist eine Klärung der Verursachung im beruflichen Umfeld weiterhin Gegenstand von Forschung. *Schmitt* et al. haben mittels Review alle Studien korreliert, die Aussagen zum Zusammenhang zwischen UV-Strahlungsexposition und der Entstehung von PEK enthielten [28]. 16 Studien zeigten dabei ein erhöhtes Risiko, an einem PEK zu erkranken, wenn man beruflich gegenüber UV-Strahlung exponiert ist, zwölf davon mit signifikantem Maß. Zwei Studien fanden überraschenderweise keinen Zusammenhang. Der gepoolte Odd's Ratio (OR) für den Zusammenhang zwischen Arbeit im Freien und dem Risiko, an einem PEK zu erkranken, beträgt 1,77 (mit einem 95%-Konfidenzintervall von 1,40 bis 2,22). Dementsprechend konnte ein deutlicher Zusammenhang gefunden werden.

Das PEK ist ein klassisches Beispiel für einen Tumor, der durch kumulative Sonnenexposition hervorgerufen wird. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem „UV-Lebenszeitkonto“, auf das immer weiter eingezahlt wird, von dem jedoch nichts abgehoben werden kann. Dies betrifft insbesondere Beschäftigte, die einen Teil ihrer Arbeit im Freien verrichten müssen. Was genau jedoch ein „Beschäftigter im Freien“ ist, wird noch in einer anderen Schrift zu definieren sein.

PEK besitzen in ihrer Entwicklung Vorstufen, die aktinischen Keratosen (AK). AK sind rötliche, aber manchmal auch hautfarbene Rauigkeiten der Hautoberfläche, die fest haften und häufig wiederkehren. Sie werden durch UV-Strahlung hervorgerufen und finden sich daher ausschließlich in stark lichtexponierten Arealen. Flächenhaftes Auftreten wird häufig im Gesicht, den Händen oder auf der unbehaarten Kopfoberfläche beobachtet. Bei größeren Flächen spricht man von einer Feldkanzerisierung.

Die Prävalenz von AK in Deutschland wurde für die 60- bis 70-Jährigen mit 11,5 % angegeben [29]. In einer niederländischen Studie wurde bei einer Studienpopulation mit dem Durchschnittsalter von 72 Jahren eine Prävalenz von 28 % bei Frauen und 49 % bei Männern festgestellt [30].

Aus etwa 10 % der AK entwickeln sich unbehandelt im weiteren Verlauf Plattenepithelkarzinome, so eine weit verbreitete Annahme. *Werner* et al. kommen in einem Review aber nicht zu einem eindeutigen Ergebnis und geben an, dass die Frage nach der Übergangswahrscheinlichkeit von AK zu PEK weitere Forschungsarbeit notwendig macht [31]. Neuere Studien bestätigen dieses Ergebnis und regen zudem eine Neubewertung der Erkrankungsstadien an [32; 33].

Das Robert Koch-Institut, ein Bundesinstitut im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit, veröffentlicht in regelmäßigen Abständen einen Bericht zum Krebsgeschehen in Deutschland. Dies geschah zuletzt im Jahr 2016 und der Bericht enthält auch den nicht melanozytären Hautkrebs [34]. Dort ist im Berichtsjahr 2016 erläutert, dass insbesondere bei der Dokumentation dieser Erkrankung in den Krebsregistern noch erheblicher Nachholbedarf besteht und die Register ungleichmäßig vollzählig sind. Dementsprechend sei eine nationale wie internationale Identifikation von Trends schwierig. Auf der Basis der verfügbaren Informationen aus sechs Krebsregistern wird abgeschätzt, dass jährlich etwa 213 000 Personen in Deutschland an nichtmelanozytärem Hautkrebs erkranken, davon etwa 77 % an einem Basalzellkarzinom und 22 % an einem PEK, 1 % entfällt auf andere Entitäten. Die Mortalität ist mit 750 Menschen jährlich vergleichsweise (besonders im Vergleich zum malignen Melanom) gering. Mit der Einführung des Hautkrebscreenings der gesetzlichen Krankenversicherungen im Jahr 2008 wurde ein Anstieg in den Erkrankungszahlen festgestellt, der auch gerade wegen des erhöhten Untersuchungsaufkommens erwartet worden war.

Die Inzidenz sowohl von PEK und BZK steigt weltweit [35 bis 39], in Australien und Neuseeland nehmen Hautkrebsraten aber ab [6; 40; 41]. Dort ist es durch jahrzehntelange Präventionsarbeit gelungen, die Neuerkrankungsraten bei jungen Erwachsenen zu senken.

Für die Entstehung kutaner PEK wird die UV-Strahlung als höchst relevanter Risikofaktor angegeben [25]. Es gibt aber konkurrierende oder modulierende Ursachen, die in die Kausalitätsbewertung einbezogen werden müssen. Die Wissenschaftliche Begründung zur Berufskrankheit Nr. 5103 (siehe auch Abschnitt 1.8) nennt dabei eine Reihe von Kofaktoren:

- genetische Faktoren,

- Pigmentierungsdefekte, sowohl erworbene als auch angeborene,
- Immunsuppression, beispielsweise infolge einer Organtransplantation,
- gestörte DNA-Reparaturmechanismen,
- chronische Hautveränderungen inklusive chronischer Wunden,
- Virusinfektionen und virale Karzinogene,
- Alkohol- und Nikotinabusus,
- ionisierende Strahlung,
- Arsen, Teer/polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Tabak usw. (Relevantes für die BK-Nr. 5102).

### 1.7.2 Melanozytärer Hautkrebs

Das maligne Melanom, auch schwarzer Hautkrebs genannt, ist die deutlich aggressivste Form des Hautkrebses und äußert sich als hochgradig bösartiger Tumor der Melanozyten, der farbgebenden Pigmentzellen. Es tritt bei Männern am häufigsten am Rücken, bei Frauen bevorzugt an den Unterschenkeln auf. Eine Reihe von Risikofaktoren begünstigen die Erkrankung, wie zum Beispiel eine genetische Komponente oder der Zustand unter Immunsuppression.

Einige Risikofaktoren stehen aber in direkter Verbindung mit UV-Strahlung. So haben hellhäutige, rot- und blondhaarige Personen mit heller Augenfarbe oder Sommersprossen und aktinischem Lentiginos ein erhöhtes Risiko; zudem erhöht intermittierend intensive Exposition gegenüber UV-Strahlung das Erkrankungsrisiko. Die Neigung zu Sonnenbränden und hauptsächlich in der Kindheit durchlebte Sonnenbrände haben einen erheblich risikoh erhöhenden Einfluss auf das Melanomgeschehen. Statistische Informationen enthält der Bericht des Robert Koch-Instituts zum Krebsgeschehen [34]. Dort ist nachzulesen, dass sich die Inzidenz in Deutschland seit 1970 mehr als verfünffacht hat. Allerdings ist im selben Zeitraum die Sterblichkeit nur bei den Männern leicht angestiegen. Im Jahr 2013 erkrankten demnach etwa 10 500 Frauen und 10 900 Männer an einem malignen Melanom. Rund 95 000 Menschen lebten 2013 mit einer in den fünf Vorjahren gestellten Diagnose. Im selben Jahr starben 1 787 Männer und 1 255 Frauen an dieser Erkrankung.

Das Robert Koch-Institut hat auch internationale Zahlen zur Melanomkrankung zusammengetragen. Die altersstandardisierte Inzidenz des Melanoms in Deutschland ist für beide Geschlechter deutlich höher als in der Europäischen Union (EU) insgesamt, während die Sterblichkeits-

rate derjenigen der EU entspricht. Aus europäischer Sicht ist die Sterblichkeit in den skandinavischen Staaten, den Niederlanden und Slowenien am höchsten. In den meisten südeuropäischen Staaten, wie Portugal und Spanien, sind sowohl Inzidenz als auch Mortalität deutlich niedriger. Kontinental gesehen finden sich in Afrika und weiten Teilen Asiens kaum solche Erkrankungen, während die höchsten Inzidenz- und Sterberaten in Ozeanien, gefolgt von Nordamerika und Europa zu finden sind.

Gelegentlich wird diskutiert, dass die Nutzung von Sonnencreme zu einer Erhöhung der Inzidenz für das maligne Melanom führt. *Dennis et al.* haben mit Blick auf die gesamte relevante Literatur in einer Metastudie finden können, dass es keinen entsprechenden Zusammenhang gibt [42]. Einzelne Studien haben aber gezeigt, dass Sonnencreme (oder UV-Schutzcreme) keinen ausreichenden Schutz vor durch UV-Strahlung induzierten Melanomen zu bieten scheint. Sie zögern zwar die Erkrankung hinaus, können sie aber nicht vollständig verhindern [43].

Das in Deutschland im Jahr 2008 eingeführte Hautkrebscreening, das für Menschen über 35 Jahre von der gesetzlichen Krankenversicherung angeboten wird, führte zu einem Sprung in den Erkrankungszahlen. Dieser ist aber dem Anzeigenbias zuzuordnen. Trotz gesteigerter Inzidenz hat sich die Mortalität kaum erhöht, was unter anderem an einem wesentlichen Fortschritt in der Früherkennung und der Therapie liegt. Je früher eine Hautkrebserkrankung erkannt wird, desto positiver wird die Prognose.

Konzentrieren sich Studien auf die UV-Strahlung als auslösendes Kanzerogen, wird nicht zwischen Bestrahlung in beruflicher und privater Zeit unterschieden. Man könnte vermuten, dass insbesondere die beruflich verursachte UV-Bestrahlung zu einer Erhöhung der Inzidenzen für das maligne Melanom führt – bei gleichzeitig hoher Prävalenz. *Schmitt et al.* haben in einer Metastudie aber gezeigt, dass insbesondere die berufliche UV-Exposition eher einen protektiven Einfluss besitzt [28]. Dies spricht eindeutig für ein vornehmlich intermittierendes Expositionsmuster, das zur Entstehung maligner Melanome beiträgt. Die kumulative Lebensbestrahlung spielt offensichtlich eine untergeordnete Rolle.

### 1.8 Die Berufskrankheit Nr. 5103

Viele Beschäftigte arbeiten im Freien, sowohl zu einem gewissen Zeitanteil als auch vollständig. Dabei sind sie der solaren UV-Strahlung ausgesetzt. Nachdem erste Überlegungen zur vermeintlichen Reife von Hautkrebserkrankungen als Berufskrankheit bereits im Jahr 1992 aufgenommen wurden, hat das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) mit Wirkung vom 1. Januar 2015 eine entsprechende neue Berufskrankheit in die Berufskrankheitenliste aufgenommen. Die Wissenschaftliche Begründung (siehe Abschnitt 1.8.1) beschreibt die dazu notwen-

digen medizinischen und wissenschaftlich-technischen Erkenntnisse und Kriterien.

Die Berufskrankheit mit der Listen-Nummer 5103 trägt den Namen „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“. Aus den Gesetzestexten geht nicht direkt hervor, in welcher Weise die Kriterien zur Prüfung des Vorliegens einer Berufskrankheit zur Anwendung gebracht werden müssen. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV) hat dazu in Zusammenarbeit mit den interessierten Kreisen eine Arbeitshilfe entwickelt, die bei der praktischen Anwendung unterstützen soll [44]. Bei der Expositionsermittlung hilft die Technische Information des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) mithilfe der Wittlich'schen Formel [45].

### 1.8.1 Wissenschaftliche Begründung zur BK-Nr. 5103

Die Wissenschaftliche Begründung (WB) für die Berufskrankheit „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“ wurde am 12. August 2013 durch das BMAS im Gemeinsamen Ministerialblatt veröffentlicht [46]. Damit wurde die Empfehlung des Ärztlichen Sachverständigenbeirats „Berufskrankheiten“ beim BMAS (ÄSVB) aufgenommen, die Anlage 1 zur Berufskrankheitenverordnung zu ergänzen [47]. Die WB konnte seitdem als Grundlage für die Erarbeitung von Verwaltungsvorgängen genutzt werden, um die medizinische und wissenschaftlich-technische Begutachtung zukünftiger Fälle durchzuführen.

Nicht alle Hautkrebs-Entitäten können unter der BK-Nr. 5103 anerkannt werden. *Schmitt* et al. konnten einen klaren epidemiologischen Zusammenhang von arbeitsbedingter UV-Exposition und nicht melanozytärem Hautkrebs (PEK) zeigen [28]. Personen, die lange Jahre mit Tätigkeiten im Freien beschäftigt sind, haben ein signifikant höheres Risiko, an einem PEK zu erkranken. Dieser Zusammenhang ist für Basalzellkarzinome zwar vorhanden, aber weniger eindeutig [24]. Daher konnte der ÄSVB noch keine abschließende Aussage dazu treffen und beschränkt die WB auf Plattenepithelkarzinome und deren Vorstufen, die aktinischen Keratosen.

Damit AK innerhalb der BK-Nr. 5103 anerkennungsfähig sind, müssen sie multipel auftreten. Im Sinne der BK sind sie dann multipel, wenn sie mit einer Zahl von mehr als fünf pro Jahr einzeln oder konfluierend in einer Fläche von größer als 4 cm (Feldkanzerisierung) auftreten [2]. AK, die diese Voraussetzungen nicht erfüllen, können sich aber zu multiplen AK oder PEK weiterentwickeln.

Für die WB standen dem ÄSVB im Wesentlichen Studien des Bundesministeriums für Bildung und Forschung mit

den Projekten BMBF-07UVB54B [48], BMBF-07UVB54C/3 [49] sowie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) mit dem Projekt F1777 [50] zur Verfügung. Bei diesen Studien handelt es sich um personendosimetrische Untersuchungen zur individuellen, fotobiologisch effektiven solaren UV-Exposition, grob differenziert nach Berufen sowie Freizeit und Urlaub der Bevölkerung in Deutschland. Insbesondere bei der Betrachtung der Exposition im beruflichen Umfeld fehlt den Studien aber die notwendige Breite.

Auf der Basis der in der WB genannten Einflussfaktoren auf die Exposition von Versicherten wurde der Algorithmus entwickelt, der in die „Wittlich'sche Formel“ mündet und in Abschnitt 1.8.2 dieses Reports beschrieben wird. Bei näherer Betrachtung fällt aber der Unterschied zwischen den Referenzwerten ins Auge. Während in der WB von 170 SED als jährliche Exposition gesprochen wird, bezieht sich die Technische Information auf 300 SED als Referenz eines in Deutschland ganzjährig im Rahmen einer Fünftageswoche Beschäftigten [45]. *Schothorst* et al. geben für die UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien einen Wert von 450 MED (1 MED ist die vom Hauttyp abhängige Bestrahlung, bei der mit dem Beginn eines Sonnenbrandes zu rechnen ist) an, wohingegen im Innenbereich Beschäftigte eine UV-Bestrahlung von 200 MED erfahren [51]. Auch wenn es sich nicht eindeutig ableiten lässt, wurden diese Bestrahlungen während der Arbeitszeit wahrscheinlich durch Polysulfonfilm-Messungen ermittelt. *Diffey* findet aus verschiedenen Studien zur Messung der individuellen Exposition mittels Polysulfonfilm, dass Beschäftigte im Innenbereich im Mittel etwa ein Drittel der Exposition einer außen beschäftigten Person erfahren [52]. Anders ausgedrückt: Außenbeschäftigte sind gegenüber Innenbeschäftigten dreifach exponiert. Es wird ausdrücklich beschrieben, dass diese Werte sowohl Wochentag- als auch Wochenendexpositionen enthalten, nicht jedoch Urlaubsexpositionen. Zusammenfassend kann man im Hinblick auf die vorliegenden Studien feststellen, dass Außenbeschäftigte zwischen zwei- und dreimal so stark exponiert sind wie Innenbeschäftigte. Dies hat aber nichts mit dem Verdopplungsrisiko an sich zu tun, da sich dieses – wie oben beschrieben – aus dem Verhältnis von arbeitsbedingter zu nicht arbeitsbedingter Einwirkung ergibt. Bezieht man die Untersuchungen des BauA-Projekts F1777 [50] in die Berechnung der Expositionen ein, so ergibt sich ein konsistentes Bild. Nimmt man die Jahreswerte von Innenbeschäftigten für Wochentage (fast ausschließlich bestehend aus der Bestrahlung während der Wege von und zur Arbeit, da im Innenraum nahezu keine Bestrahlung auftritt) und Wochenende entsprechend der Vorgehensweise bei *Diffey* [52], ergibt sich ein Wert von 80 SED für die versicherte Bestrahlung. Mit der angenommenen Überhöhung von 3,0 folgt daraus eine Exposition von 240 SED für Außenbeschäftigte, was sehr gut mit dem von *Knuschke* et al. gemessenen Wert von 270 SED für Bauarbeiter korreliert [50], wenn man

mögliche Fehlerquellen bei den Messungen etc. in den verschiedenen Studien mit bedenkt (20 % Messfehler bei Innenraumbeschäftigten würden einen Wertebereich für Außenbeschäftigte von 186 bis 288 SED aufspannen). Bei der Gruppe der Bauarbeiter handelt es sich um diejenigen Beschäftigten, die über das Jahr gemittelt die größte UV-Strahlungsexposition akquiriert haben. In die Messung eingeflossen sind dabei auch veränderliche Wetterlagen, ein gewisses Maß an Verschattung, z. B. durch Gebäude und individuelle Bewegung des Körpers gegenüber der Strahlungsquelle. Nimmt man die Versuchsperson mit der höchsten Exposition dieser Studie und rechnet einen Sicherheitsfaktor (bedingt durch Messungenauigkeiten etc.) von 10 % hinzu, erhält man 300 SED als Referenz zur Bezugnahme bei der Berechnung der individuellen UV-Strahlungsexposition.

In einer zukünftigen Überarbeitung der WB muss dieser Aspekt noch einmal überdacht werden. Zielführend wäre zudem eine Berücksichtigung der Ergebnisse aus GENESIS-UV.

### 1.8.2 Technische Information des IFA zur BK-Nr. 5103

Das Wissen um die Exposition ist sowohl in der Prävention als auch in der Beurteilung im BK-Verfahren wichtig.

$$H_{b/a} = \sum \underbrace{f_{WT} \cdot f_{MS} \cdot f_{JZ} \cdot f_b \cdot f_{TZ}}_{\text{Zeitfaktoren}} \cdot \underbrace{f_{LAT} \cdot f_{Höhe} \cdot f_{Reflex}}_{\text{geographische Faktoren}} \cdot \underbrace{f_{Körp} \cdot f_{Schutz}}_{\text{persönliche Faktoren}} \cdot H_{b/a}(\text{ref})$$

$$H_{b/a} = \sum \underbrace{f_{AS} \cdot f_b \cdot f_{TZ}}_{\text{Zeitfaktoren}} \cdot \underbrace{f_{LAT} \cdot f_{Höhe} \cdot f_{Reflex}}_{\text{geographische Faktoren}} \cdot \underbrace{f_{Körp} \cdot f_{Schutz}}_{\text{persönliche Faktoren}} \cdot H_{b/a}(\text{ref})$$

Hierbei unterscheiden sich die beiden Formeln ausschließlich bei der Berücksichtigung der relevanten Arbeitstage. Während die obere Formel eine tagesgenaue Angabe der Expositionszeit möglich macht, wird in der unteren Formel ausschließlich die Anzahl der geleisteten Schichten eingesetzt.

Die Referenzbestrahlung  $H_{b/a}(\text{ref})$  ist zurzeit festgelegt auf einen Jahreswert von 300 SED, sollte aber nach den Ergebnissen der GENESIS-UV-Studien langfristig durch ein Kataster der Expositionen verschiedener Berufs- und Teiltätigkeitsgruppen ersetzt werden. Die dosimetrischen Messungen, die dann in das Kataster einfließen werden, spiegeln dabei den durchschnittlichen Beschäftigten in dem Berufsbild wider. Dementsprechend wird der Referenzwert für die gesamte UV-Bestrahlung eines Versicherten durch seine Tätigkeiten definiert. Individuelle Anpassungen können dennoch für einen Beschäftigten vorgenommen werden, die von dem durchschnittlichen

Wurde ein Verdacht auf das Bestehen einer BK im Sinne der BK-Nr. 5103 angezeigt, muss neben der Feststellung der medizinischen Voraussetzungen eine Bestimmung (Ermittlung und Berechnung) der Exposition gegenüber UV-Strahlung erfolgen. Liegen keine Messwerte vor, muss man sich über Analogieschlüsse oder allgemeingültige Berechnungsalgorithmen nähern, die auf einer charakteristischen Jahresbestrahlung beruhen. Der Algorithmus der Wittlich'schen Formel ist in der Technischen Information des IFA beschrieben [45].

Die Idee des mathematischen Modells, das die Exposition beschreibt, geht von einer Referenzbestrahlung  $H_{b/a}(\text{ref})$  aus, die individuell durch „Zeitfaktoren“, „geographische Faktoren“ und „persönliche Faktoren“ auf der Basis der vom Versicherten erhaltenen Informationen angepasst werden kann. Die jährliche während der Arbeit gesammelte Bestrahlung ist eine Summe aller Einzelbestrahlungen, die beispielsweise während verschiedener Beschäftigungsverhältnisse oder verschiedener Tätigkeiten stattfanden. Die als „Wittlich'sche Formel“ in die BK-Bearbeitung eingeflossene Berechnungsformel stellt sich wie folgt dar:

Beschäftigten (üblicherweise 8 h pro Tag UND 5 Tage pro Woche bzw. 230 Schichten) der betrachteten Gruppe deutlich abweichen.

Mithilfe der Zeitfaktoren (in gelb hinterlegt) ist es möglich, sowohl die Anzahl der im Freien beschäftigten Tage als auch die je Tag im Freien beschäftigten Stunden zu berücksichtigen. Sowohl für die Tage als auch für die Stunden stehen jeweils zwei Faktoren zur Verfügung, zudem ein zusätzlicher Faktor für die Anzahl der Wochentage.

Mithilfe des Wochentagfaktors ( $f_{WT}$ ) kann die Anzahl der Arbeitstage pro Woche eingestellt werden. Dies ist insbesondere für Beschäftigte in der Landwirtschaft von Bedeutung, da es im Sommer und bei Ernteeinträgen oft zu Wochenendarbeit kommt. Im Falle von Saisonarbeit (beispielsweise Montageeinsätze oder Erntehilfe), einer Änderung im Tätigkeitsprofil, der Beschäftigung oder des



Einsatzortes muss die Anzahl der Arbeitstage für solche Perioden dargestellt werden. Dazu wurden zwei Faktoren eingeführt, die sich gegenseitig bedingen. Dabei handelt es sich zum einen um den Montage-/Saisonfaktor ( $f_{MS}$ ), mit dem Arbeitsperioden pauschal berücksichtigt werden können, ohne die genaue Jahreszeit zu kennen. Zum anderen kann bei monatsgenauer Kenntnis der Arbeitsperiode der Änderung des Sonnenstandes über ein Jahr Rechnung getragen werden, indem der Jahreszeitenfaktor ( $f_{JZ}$ ) verwendet wird. Theoretisch hängt dieser auch von der geografischen Breite, also dem „Abstand“ vom Äquator ab. Jedoch wird dies im Hinblick auf eine drohende Pseudogenauigkeit nicht weiter berücksichtigt. Insbesondere in der Bauindustrie wird die Arbeitszeit in Schichten und nicht in Tagen abgegeben. Für diesen Fall wird in der oberen Formel der Term der zuvor beschriebenen Faktoren ( $f_{WT}$ ,  $f_{MS}$ ,  $f_{JZ}$ ) durch den Arbeitsschichtenfaktor ( $f_{AS}$ ) ersetzt. Dieser ist definiert als das Verhältnis von tatsächlich geleisteten Schichten zur Referenzschichtanzahl von 230 Schichten/Jahr.

Der größte Teil der Beschäftigten arbeitet nicht zu einhundert Prozent jeden Tag im Freien. Oftmals sind Aufenthalte in Gebäuden oder Fahrzeugen im Tätigkeitsprofil vorhanden. Solche Aufenthalte verringern die tägliche Exposition und müssen daher Berücksichtigung finden. Gerade für solche Angaben ist die Expositionsermittlung sehr sensitiv. Von entscheidender Bedeutung ist, dass in die Ermittlungsformel nicht die Arbeitszeit, sondern die Expositionszeit – also die Zeit draußen – eingeht. Diese ist gemeinhin ein Bruchteil der Arbeitszeit. Der Faktor „Anteil der Arbeitszeit im Freien“ ( $f_b$ ) wird genutzt, um den täglichen Anteil der im Freien verbrachten Stunden auszudrücken, sofern die konkrete Zeit nicht festgelegt werden kann, sei es, weil sie nicht bekannt ist, oder weil die Tätigkeit im Freien unspezifisch über den gesamten Tag verteilt ausgeübt wird. Handelt es sich um Tätigkeiten, die immer zur selben Zeit im Freien stattfinden, kann dem Gang der Sonne über den Tag Rechnung getragen werden, indem der Tageszeitfaktor ( $f_{TZ}$ ) verwendet wird. Die sich über das Jahr ändernde Tageslänge wird berücksichtigt, indem es Tageszeitfaktoren für das Sommer- und für das Winterhalbjahr gibt. Hiermit ist eine ausreichende Genauigkeit gegeben.

Mehrarbeit über die Arbeitszeit von acht Stunden, die oft auch bei Beschäftigten in der Landwirtschaft auftreten kann, bleibt bei der Berechnung unberücksichtigt. Ein üblicher Arbeitstag von acht Stunden bedeutet unter Berücksichtigung der vorgeschriebenen Pausen eine Anwesenheit von neun Stunden an der Arbeitsstätte. Jegliche Berechnung muss aber auf die physikalische Verteilung der Bestrahlung im Verlaufe des Tages abstellen. Die maximal mögliche Bestrahlung, die noch über die neunstündige Anwesenheitszeit hinaus erworben werden könnte, ist so gering, dass sie nicht weiter berücksichtigt werden muss: Zudem ist dies auch in der Erinnerung der

Versicherten bei der Erhebung der Anamnese oft schwierig zu ermitteln.

Geografische Faktoren (in grün hinterlegt) können durch die Berücksichtigung des Arbeitsortes ermittelt werden. Sie berücksichtigen die sich ändernde Strahlungsintensität mit sich ändernder geografischer Breite, Höhe über Normalnull und durch Reflexion an Oberflächen. Die solare Bestrahlung auf der Erdoberfläche hängt vom Zenitwinkel der Sonne ab, der mit der geografischen Breite auf dem Globus korreliert ist. Je näher man am Äquator ist, desto größer ist die Bestrahlung. Dies wird mit dem Breitengradfaktor ( $f_{Lat}$ ) entsprechend berücksichtigt. Steigt man im Gebirge höher, nimmt auch die UV-Bestrahlung weiter zu. In Deutschland nur wenig relevant – ausschließlich in den Alpen, dem Harz oder stellenweise im Schwarzwald – wird dieser Höhenfaktor ( $f_{alt}$ ) in der Praxis häufig bei der Beurteilung von Tätigkeiten im Ausland benötigt. In besonderen Fällen können Reflexionen einen Beitrag zur Exposition leisten, wenn Arbeiten vornehmlich auf einer hoch UV-reflektierenden Fläche stattfinden. Hierzu zählen Schnee oder hochpolierte Metallflächen.

Zwei persönliche Faktoren (in violett hinterlegt) dienen zur Umrechnung der Strahlungsexposition auf andere Körperstellen sowie zur Berücksichtigung von persönlichen Schutzmaßnahmen. Die Einwirkung von UV-Strahlung auf die Haut hängt von dem Winkel ab, in dem sie auftrifft. Da sich der Jahresreferenzwert aber auf eine bestimmte Körperstelle bezieht, muss bei Betrachtung anderer Körperstellen eine Umrechnung nach einem standardisierten Katalog erfolgen. Schutzmaßnahmen – wie Kleidung, Glasflächen, Fahrzeugkabinen oder auch Unterstände – reduzieren die UV-Bestrahlung um einen gewissen Betrag. Obwohl dies oftmals schwer zu bestimmen ist, kann der Schutzfaktor ( $f_{Schutz}$ ) in solchen Fällen angewendet werden. Der UPF (ultraviolet protection factor, UV-Schutzfaktor) eines Gegenstandes kann dabei direkt als reziproker Wert eingetragen werden.

Alle Faktoren sind bei einem in Deutschland ausgeübten Beschäftigungsverhältnis auf 1,0 gesetzt, sofern es sich um eine reguläre 5-Tage-Woche mit 8 Stunden Expositionszeit pro Tag handelt.

### 1.8.3 Statistik zur BK-Nr. 5103

Die DGUV gibt die Statistiken für die Praxis jährlich bekannt, die Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) für ihren Versichertenkreis ebenso. Für die Gesamtzahl aller gemeldeten Verdachtszahlen nennen die DGUV und die SVLFG folgende Zahlen:

- 2015: 81 768 (DGUV: 76 991; SVLFG: 4 797),
- 2016: 80 279 (DGUV: 75 491; SVLFG: 4 788),
- 2017: 79 888 (DGUV: 75 187; SVLFG: 4 701),
- 2018: 82 739 (DGUV: 77 877; SVLFG: 4 862).

Von der Anzahl der meistgemeldeten Berufskrankheiten findet sich auf dem ersten Platz die BK-Nr. 5101 „Schwere oder wiederholt rückfällige Hauterkrankungen“, auf Platz zwei die BK-Nr. 2301 „Lärmschwerhörigkeit“ und bereits auf dem dritten Platz die neue Berufskrankheit Nr. 5103.

Insgesamt wurden anerkannt:

- 2015: 18 050 (DGUV: 16 802; SVLFG: 1 248),
- 2016: 22 346 (DGUV: 20 539; SVLFG: 1 807),
- 2017: 21 812 (DGUV: 19 794; SVLFG: 2 018),
- 2018: 21 830 (DGUV: 19 748; SVLFG: 2 082).

Für das Jahr 2015 ergibt sich damit eine globale Anerkennungsquote von 23 %, für 2016 von 28 %, für 2017 von 27 % und für 2018 von 26 %. Möglicherweise hängt diese Steigerung nach 2015 insbesondere mit den hohen Quoten bei der BK-Nr. 5103 zusammen, wie der folgende Abschnitt zeigt.

Mit Blick auf die BK-Nr. 5103 wurden seit der Einführung am 1. Januar 2015 sehr viele Verdachtsanzeigen gestellt:

- 2015: 7 727 (DGUV: 5 531; SVLFG: 2 196),
- 2016: 8 291 (DGUV: 6 101; SVLFG: 2 190),
- 2017: 8 558 (DGUV: 6 375; SVLFG: 2 183),
- 2018: 9 905 (DGUV: 7 467; SVLFG: 2 438).

Von den gestellten Anzeigen wurden anerkannt:

- 2015: 2 065 (DGUV: 1 485; SVLFG: 580),
- 2016: 5 063 (DGUV: 3 723; SVLFG: 1 340),
- 2017: 5 318 (DGUV: 3 887; SVLFG: 1 431),
- 2018: 5 720 (DGUV: 4 255; SVLFG: 1 465).

Man kann erkennen, dass sowohl bei den Unfallversicherungsträgern (UV-Trägern) in der DGUV als auch bei der SVLFG die Anzahl der Entscheidungen ab 2016 deutlich angestiegen sind. Dies hängt mit der Umsetzung von Verfahrensweisen zusammen, die den UV-Trägern eine Entscheidung erst ermöglichten. Aus den Zahlen des Jahres 2016 bis 2018 kann man eine Anerkennungsquote abschätzen. Diese liegt bei etwa 60 %.

Blickt man auf das Verhältnis zur Gesamtzahl der anerkannten Fälle, kann man für 2016 ausrechnen, dass die Anzahl der anerkannten Fälle für die BK-Nr. 5103 etwa 23 % aller anerkannten BK-Fälle ausmachen. Das ist bei einer Liste von insgesamt 80 BKen ein sehr großer Anteil.

Aufgrund der Prävalenz in der Bevölkerung sowie den anstehenden geburtenstarken Jahrgängen, die noch in das Alter mit den höchsten Erkrankungsraten kommen, ist nicht zu erwarten, dass die Anzahl der Verdachtsanzeigen in den kommenden Jahren sinken wird. Zudem zeigen sich die Wirkungen von Präventionsmaßnahmen, die in der heutigen Zeit ergriffen werden, erst in Dekaden. Dies hängt damit zusammen, dass Hautkrebserkrankungen lange Latenzzeiten von 20 bis 30 Jahren haben.





## 2 GENESIS und GENESIS-UV

Die Messung der Exposition von Personen ist mit einigen markanten Variablen behaftet, die je nach Ausprägung erheblichen Einfluss auf die Verlässlichkeit der Messung haben können. Daher müssen Anforderungen an ein Messsystem immer unter Abwägung von Studieranforderungen und der Akzeptanz durch Versuchspersonen definiert und umgesetzt werden.

Im Grunde lassen sich die meisten der zu berücksichtigenden Variablen in zwei größere Gruppen einteilen: solche, die durch die Anwendung von einer Versuchsperson stark beeinflusst werden, und solche, die physikalische Notwendigkeiten beschreiben. Ein Messsystem ist dann geeignet, wenn die messenden Personen, in diesem Fall die Probandinnen und Probanden selbst, möglichst wenig Aufmerksamkeit auf die Datenerfassung selbst, aber auch auf die Datenübermittlung und Pflege des Messsystems legen müssen.

### 2.1 Variablen einer Expositionsmessung

Um die Exposition von Beschäftigten gegenüber solarer UV-Strahlung zu erfassen, muss eine Expositionsmessung die in der Wittlich'schen Formel (siehe Abschnitt 1.8.2) dargestellten Faktoren abbilden können. Schlussendlich wird die persönliche, d. h., die individuelle Bestrahlung einer Person durch die Globalstrahlung der Sonne, multipliziert mit Faktoren der „Zeit“, des „Ortes“ und der „Person“, verursacht. Genau diese Faktoren sind bei der Planung einer Expositionsmessung vonseiten der Wissenschaft genau zu berücksichtigen. Dabei können wiederum zwei Gruppen unterschieden werden:

- Vorhersehbare Faktoren

Als vorhersehbare Faktoren bezeichnet man solche, die wiederkehrend gleich auftreten und durch äußere Faktoren beeinflusst sind. Das sind der Breitengrad des Arbeitsortes, da sich die Bestrahlung in geometrischer Betrachtung errechnen lässt, und zudem die Höhe über Normalnull des Arbeitsortes, da sich die Luftmasse und deren Einfluss auf die Verminderung der Bestrahlung ebenfalls vorbestimmen lässt.

Jahres- und Tageszeit definieren den scheinbaren Stand der Sonne, daher sind diese beiden Faktoren ebenso vorhersehbar und berechenbar. Wären nur diese Faktoren bei der Messung zu berücksichtigen, könnte man mit einer einzelnen Tagesmessung arbeiten.

- Unvorhersehbare Faktoren

Wesentliche Beeinflussung erfahren die Messwerte aber durch die unvorhersehbaren Faktoren. Dazu gehören Kör-

perbewegung und -haltung sowie das Wetter. Zentral ist aber die ausgeführte Tätigkeit, die den größten Einfluss auf die Bestrahlung hat. Diese Faktoren machen eine Messung über einen langen Zeitraum, der eine Mittelwertbildung unterstellt, notwendig. Ziel ist es, innerhalb einer Messung zu einer mittleren Körperbewegung, Körperhaltung und einem mittleren Wetter zu kommen – und dies pro genau definierter Tätigkeit, die dann schlussendlich die Exposition bedingt.

UV-Strahlung ist keine isotrope Noxe, was eine zusätzliche Erschwernis für die Untersuchung bedeutet. Ist eine Noxe gleichmäßig im Raum verteilt, hat die Ausrichtung des Körpers (und damit des Messgerätes) keinen Einfluss auf das Messergebnis. Besitzt die Noxe Richtungseigenschaften, wie bei UV-Strahlung, kommt der Bewegung und Ausrichtung eine entscheidende Bedeutung zu. Die Bestrahlung ist damit direkt abhängig von der Einfallrichtung und dem Auftreffwinkel auf den Detektor. Daher ist eine weitere entscheidende Bedingung gegeben, die Langzeitmessungen notwendig macht.

Neben den Variablen aus rein wissenschaftlicher Sicht sind rein praktische Erwägungen bei der Benutzung der Messtechnik durch die Versuchspersonen zu berücksichtigen. Je mehr die Messtechnik sie stört, desto weniger verlässlich oder aussagekräftig wird eine Messung sein. An- und Ablegen der Ausrüstung, Datensicherung und Dokumentation dürfen nur wenig Zeit in Anspruch nehmen, insbesondere, wenn man Langzeitmessungen über mehrere Monate arbeitstäglich durchführen möchte. Da diese Vorgänge oftmals vor oder nach der eigentlichen Arbeitszeit zu leisten sind, wird der Beteiligungsgrad der Versuchspersonen erfahrungsgemäß über die Messperiode kontinuierlich abnehmen. Zudem ist die Auswahl der Berufsbilder, die während der Messkampagne zu berücksichtigen sind, eng mit der Erfahrung der Versuchspersonen in der PC-Nutzung verknüpft. Dabei ist sowohl deren Klientel selbst als auch deren Alter zu bedenken. Ein Messsystem muss daher während der Messung leicht zu tragen sein, darf nicht stören und muss nach der Messung in wenigen Minuten administrierbar sein, besonders auch für Personen ohne PC-Kenntnisse. Sind Messgeräte am Körper zu tragen, ist ein hoher und gegebenenfalls hautverträglicher Tragekomfort wichtig. Die berufliche Tätigkeit darf dadurch weder gestört noch die Person gefährdet werden.

Das breite Spektrum an Berufen im Arbeitsmarkt stellt auch technische Anforderungen an die Messtechnik. Ein personengetragenes elektronisches Datenloggerdosimeter muss robust gegenüber Stößen und Spritzwasser, Staub und Schmutz sein. Es darf dabei weder seine Programmierung noch seine Kalibrierung verlieren. Vonseiten

der PC-Technik müssen sowohl das System als auch die Übertragung von Messdaten stabil arbeiten.

Akkulaufzeiten und Speicherkapazitäten sollten ausreichend sein, damit sich die Versuchsperson beispielsweise nur einmal pro Woche und nicht täglich damit befassen muss.

## 2.2 Konzeption von GENESIS

Ein System für dezentrale Langzeitmessungen am Arbeitsort der Versuchspersonen muss dazu ausgelegt sein, die vorgenannten Variablen ausreichend zu adressieren und möglichst viele Vorteile während der Messung zu generieren. Das bedeutet, dass mit einer Messung möglichst viele Parameter gleichzeitig erhoben werden sollten. Ziel war es also, ein dezentrales, weltweit einsetzbares, nahezu vollautomatisches Messsystem zu entwickeln,

das per Remote-Zugriff administrierbar ist, Daten automatisch zu einer zentralen Datenbank überträgt und die Versuchspersonen nur minimal beeinflusst.

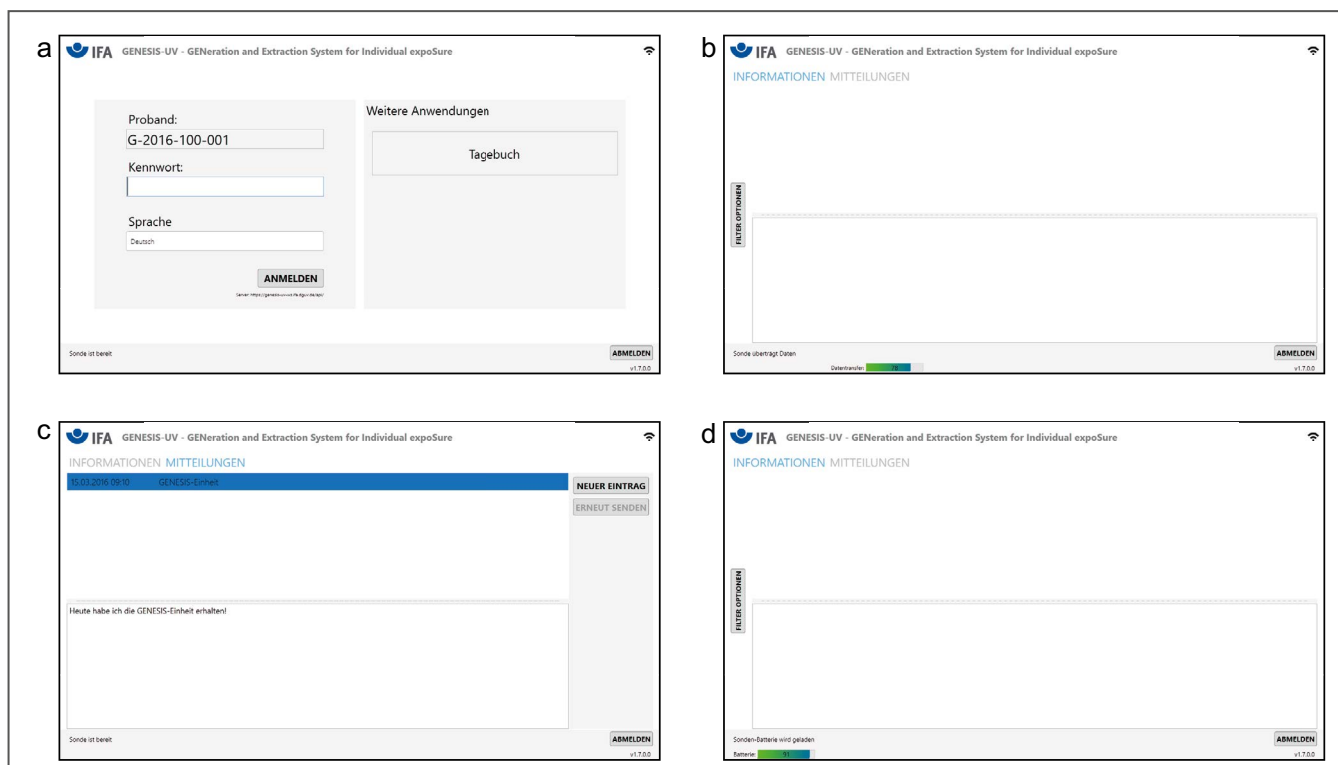
Unter diesen Voraussetzungen wurde GENESIS entwickelt. Bei dem Begriff „GENESIS“ handelt es sich um ein Akronym für „GENERation and Extraction System for Individual expoSure“, etwa „System zur Erzeugung und Gewinnung von Daten der individuellen Exposition“.

### 2.2.1 Client zur Datenübertragung

Der Client zeigt sich in Form einer übersichtlichen Oberfläche auf einem Tablet-PC (Abbildung 4). Damit die Versuchsperson eine Rückmeldung während des gesamten Vorgangs erhält, ist eine entsprechende Funktion in der Software implementiert.

Abbildung 4:

Grafische Darstellung der Client-Software-Oberfläche von GENESIS auf den Tablet-PC der Versuchspersonen. Die einzelnen Felder sind auf dem Tablet-Monitor per Fingersteuerung auswählbar. Bei angeschlossenem Messgerät gibt die Software Statusinformationen für die Versuchspersonen aus; a: Startbildschirm mit Einlogfunktion, Sprachwahl und Startbutton für die Tagebuchsoftware, b: Benutzer ist eingeloggt und Daten werden übertragen, c: Messaging-Funktionsbereich des Clients. Dort können Nachrichten zwischen Projektleitung und Proband ausgetauscht werden. d: Benutzer ist eingeloggt und der Akku des Dosimeters wird geladen.



Der Client und auch die im Hintergrund arbeitenden Software-Programme des Messgeräteherstellers werden für jedes System identisch aufgespielt. Dies geschieht durch die Vervielfältigung eines zuvor hergestellten Abbildes (Image) eines Mutter-Client-Systems. Durch eine Personalisierung, welche die Vergabe der persönlichen Probanden-ID und gegebenenfalls eines Profils für die

Tagebuchfunktion (siehe Abschnitt 2.2.4) umfasst, wird der Client auf die Versuchsperson eingestellt. Jeder Client kann die Daten entweder über eine UMTS- oder eine WLAN-Schnittstelle versenden.

Für jeden Client werden drei Benutzer angelegt:

- **GENESIS-Nutzer**  
Dieser hat Zugriff auf die Kommunikationsprozeduren und dient ausschließlich dazu, Daten und Mitteilungen zwischen Client und Server zu übertragen.
- **Administrator:**  
Der Admin hat Zugriff auf alle Funktionen des Client und des PC.
- **Privat:**  
Für alle Nutzenden wird ein Account eingerichtet, der für private Zwecke verwendet werden kann. Sie verpflichten sich zur Einhaltung aller üblichen Regeln für die Internetnutzung und übernehmen die Verantwortung für alle etwaigen Folgen. Der Account ist besonders passwortgeschützt.

Zur Kommunikation zwischen Versuchsperson und Forschungsleitung/Admin besitzt der Client eine Mitteilungsfunktion, in die Text per Bildschirmtastatur eingegeben werden kann. Damit können sowohl Informationen zum Studienablauf als auch auf die Versuchspersonen bezogene Informationen (z. B. Passwörter für den Privatbereich des Clients) übertragen werden. Der Forschungsleitung/den Administratoren ist es möglich, vom Server aus persönliche oder auch globale Nachrichten an die GENESIS-Nutzer zu übersenden.

### 2.2.2 GENESIS-UV

Im vorangegangenen Abschnitt wurde die Architektur des GENESIS-Systems eingehend erläutert. Das System wird durch das Hinzufügen einer Anwendung, d. h. durch ein Messgerät (Front-End) mit elektronischem Datenlogger, vollständig. Beim Anschließen des Messgerätes wird die herstellereigene Auslesesoftware gestartet, die sowohl die Datenextraktion als auch den Reset des Gerätes steuert. Die Daten werden an den GENESIS-Client übergeben.

Das Einsatzgebiet von GENESIS in der vorliegenden Arbeit ist die Messung der UV-Strahlung von Versicherten während beruflicher Tätigkeiten im Freien. Dazu werden elektronische Datenloggerdosimeter verwendet, die UV-Strahlung messen und digital abspeichern (siehe Abschnitt 2.2.3). Damit wird aus GENESIS die „Anwendung“ GENESIS-UV.

GENESIS-UV besteht aus 300 autonomen Einheiten, die zeitgleich im Einsatz sein können. Eine Einheit des GENESIS-UV-Messsystems ist so zusammengestellt, dass jede Versuchsperson alle Teile zur ordnungsgemäßen Durchführung der Messung vor Ort hat. Kern ist das elektronische Datenlogger-Dosimeter, das mit einer Oberarmhalterung am linken Oberarm befestigt wird. Der Tablet-PC dient zum Auslesen der Daten aus dem Dosimeter, zur Weiterleitung der Daten an den Webserver und zur Dokumentation der Tätigkeiten in einem Tagebuch. Für die Dauer der Messkampagne kann der Tablet-PC auch für private Zwecke genutzt werden. Zudem liegen jeder Einheit Pflegemittel, ein Handbuch für die Benutzung des Systems sowie Kurzanleitungen bei. Alle Dokumente werden immer auf dem neuesten Stand gehalten und spiegeln jeweils den aktuellen Entwicklungsstand bei GENESIS-UV wider.

### 2.2.3 Das elektronische Datenloggerdosimeter X-2012-10

Um die UV-Strahlung bei Tätigkeiten im Freien zuverlässig und physikalisch richtig messen zu können, muss ein elektronisches Datenloggerdosimeter verwendet werden, das sich auf nationale Standards rückführbar kalibrieren lässt. Das X2012-10-Dosimeter der Fa. Gigahertz-Optik in Türkenfeld dient als mobiles Messgerät und Datenlogger zur Erfassung der erythemwirksamen solaren Bestrahlungsstärke. Die Sensoren des Messgerätes werden regelmäßig auf ihren Kalibrierungszustand hin überprüft.

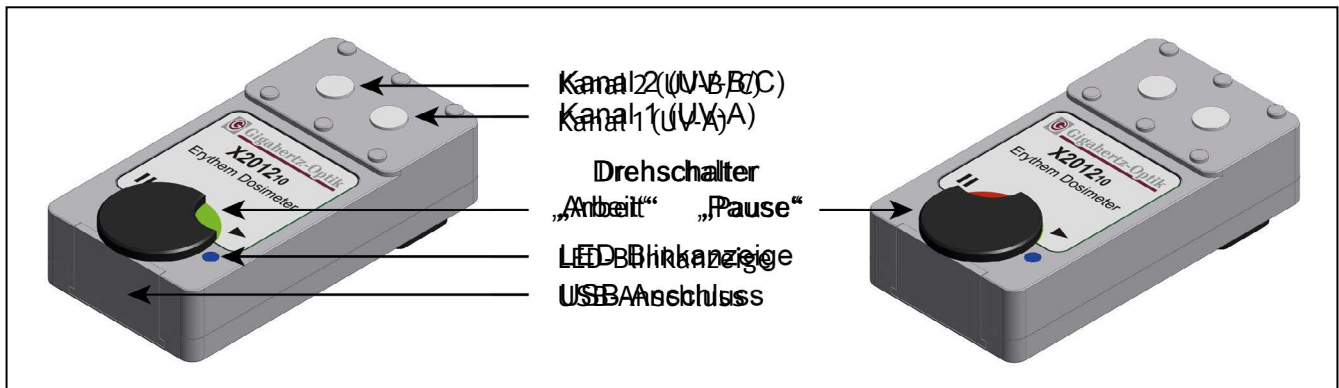
Das Dosimeter (Abbildung 5) baut auf zwei simultan messenden Fotodioden auf, denen Filterpakete zur physikalischen Darstellung der Erythemwirkungskurve  $S_{er}$  (siehe Abschnitt 1.4) im UV-A bzw. UV-B/C vorgelagert werden.

Die Einkopplung der Strahlung erfolgt über zwei getrennte Streuscheiben, welche die Kosinusanpassung des Detektors gewährleisten. Mithilfe des Temperatursensors und der bei der Kalibrierung bekannten Temperatur können Daten bei Bedarf temperaturkompensiert werden. Das war im Rahmen dieses Projekts aber nicht notwendig.

Alle Messdaten werden periodisch auf einem integrierten Datenspeicher abgelegt. Der Datenlogger hat einen Datenspeicher von 28 Mbit (FRAM), wodurch sich eine Aufnahmekapazität von 54 Stunden ergibt, wenn jeder Parameter im Sekundentakt aufgenommen wird.

Abbildung 5:

Dosimeter X2012-10 (Fa. Gigahertz-Optik, Türkenfeld) in der Schrägansicht; links: Drehschalter in „Arbeitsstellung“, rechts: in „Pausenstellung“. Das Dosimeter misst in Pausenstellung weiter, es wird ausschließlich ein entsprechendes bit als Markierung gesetzt. Der USB-Anschluss ist hinter einem Klappchen gegen Spritzwasser geschützt.



### 2.2.4 Die Tagebuchsoftware

Mit Beginn des Kampagnenjahres 2016 wurde den Versuchspersonen die Möglichkeit gegeben, ihre Tätigkeiten mit einem elektronischen Tagebuch auf dem Tablet zu vermerken und mit dem nächsten Datentransfer automatisch an die Forschungsleitung zu übermitteln. Die Software wurde für die Benutzung individualisiert, das heißt, die wählbaren Teiltätigkeiten entsprechen dem Tätigkeitsprofil gemäß GENESIS-CODE (siehe Kapitel 3). Die Tagebuchsoftware kann sowohl im Online- als auch im Offline-Modus verwendet und gemachte Einträge können jederzeit verändert werden. Nach der Speicherung werden die Daten in das Verzeichnis geschrieben, in dem auch der vom Messgerät stammende Datensatz und andere zu übertragende Dateien bis zur nächsten Datenübermittlung gespeichert werden. Während der nächsten Übermittlung wird das Tagebuch mit dem entsprechenden Stand nach letzter Speicherung mitgesendet.

Das Tagebuch erlaubt eine sehr vielfältige Art der Eintragung, um die Akzeptanz bei den Versuchspersonen zu maximieren und gleichzeitig den Erfordernissen einer langen und detailreichen Messkampagne gerecht zu werden. Grundsätzlich besitzen alle Einträge eine Halbstundengenauigkeit; das heißt, dass nur Einträge auf die volle oder halbe Stunde machbar sind. Dies wurde so eingerichtet, damit eine konkrete Zuordnung zu den Halbstundenwerten der UV-Strahlungsmessungen möglich ist (siehe Abschnitt 4.3 und 5.1.2).

Für ein gröberes Eingaberaster gibt es die Möglichkeit, „Vormittags“, „Nachmittags“ oder „Ganztags“ einzugeben. Abwesenheiten (z. B. Krankheit oder Urlaub) können ebenfalls besonders markiert werden.

### 3 Tätigkeitsprofile im GENESIS-CODE

Die individuellen Informationen der Versuchspersonen über Beruf und Tätigkeiten müssen geordnet und harmonisiert werden, damit eine gruppenspezifische Auswertung möglich ist. Es gibt verschiedene auf den Beruf bezogene Schlüsselverzeichnisse, wie „OMEGA“ der DGUV [53] oder das „Schlüsselverzeichnis für die Klassifikation der Wirtschaftszweige“ (WZ) [54], das auf der „Allgemeinen Systematik der Wirtschaftszweige in den Europäischen Gemeinschaften“ (NACE Rev. 2) [55] basiert.

All diese Schlüsselverzeichnisse sind jedoch nicht geeignet, um die Exposition gegenüber solarer UV-Strahlung konkret und korrekt zu beschreiben. Die Ebene der verfügbaren Schlüssel ist oftmals zu ungenau oder zu allgemein formuliert.

Bei allen verfügbaren Schlüsselverzeichnissen handelt es sich um solche, die für eine Einteilung der Wirtschaftszweige nutzbar sind. Eine direkte Verbindung oder Klassifikation hinsichtlich physikalischer Einwirkungen im Allgemeinen beziehungsweise der solaren UV-Strahlung im Speziellen kann nicht so einfach hergestellt werden. Daher dienen die genannten Schlüsselverzeichnisse als gute Basis, an der eine spezielle, auf die Einwirkung abgestellte Subkodierung ideal angeschlossen werden kann.

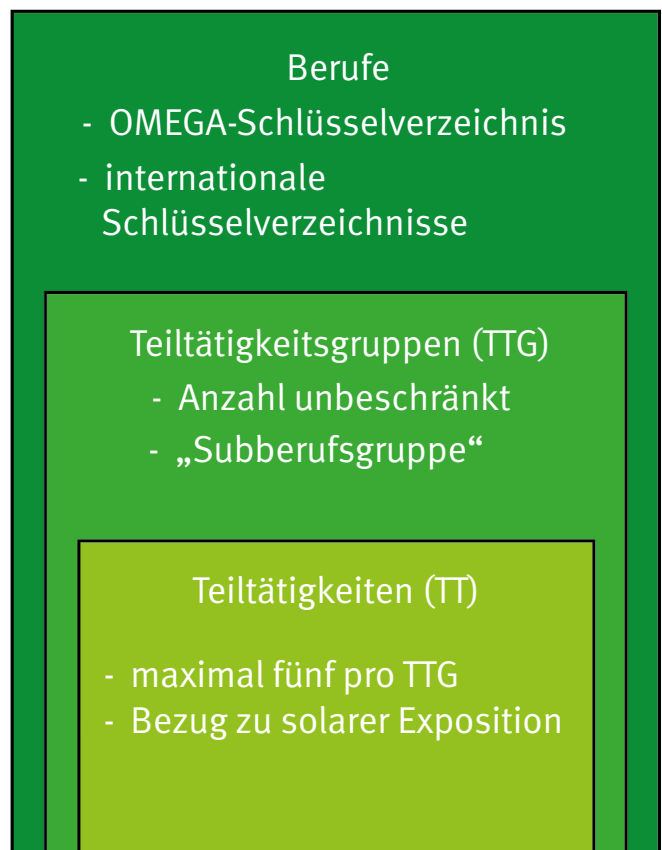
Folgerichtig musste ein für GENESIS-UV adäquater Code entwickelt werden. Der sogenannte „GENESIS-CODE“ ist dazu in drei Ebenen gegliedert (siehe Abbildung 6):

- Ebene 1 – „Berufsebene“  
Dort wird eine Berufsbezeichnung angegeben, die in einem der bekannten Schlüsselverzeichnisse niedergelegt wurde. Für GENESIS-UV ist dies das OMEGA-Schlüsselverzeichnis. Sollte eine neue Berufsbezeichnung notwendig werden, ist das Schlüsselverzeichnis entsprechend zu erweitern.
- Ebene 2 – Ebene der „Teiltätigkeitsgruppen“  
Dort kann eine völlig neue Bezeichnung definiert werden, die einzelne Tätigkeiten hinsichtlich der Exposition gegenüber der solaren UV-Strahlung zusammenfasst. Es kann Fälle geben, bei denen sich als Begriff der Teiltätigkeitsgruppe ein Begriff aus einem der übergeordneten Schlüsselverzeichnisse findet. Ein Beispiel: Der Berufsgruppe der „Gärtner, allgemein (OMEGA 0510)“ wurde die Tätigkeitsgruppe der „Zierpflanzengärtner (OMEGA 0513)“ untergeordnet. Ein weiterer Fall kann sein, dass die Bezeichnung der Berufsgruppe gleich der Bezeichnung der Teiltätigkeitsgruppe ist – wie beim Beispiel der Maurer, bei denen sowohl die Berufsbezeichnung als auch die Bezeichnung der Teiltätigkeitsgruppe aufgrund der Zuordnung der Teiltätigkeiten gleich ist.

- Ebene 3 – Ebene der „Teiltätigkeiten“  
Teiltätigkeiten beschreiben das, was Beschäftigte innerhalb ihrer Arbeitszeit ausführen. Dabei ist es wichtig, dass die Summe der Teiltätigkeiten den gesamten Arbeitstag eines Beschäftigten beschreiben. Eine Einteilung der Teiltätigkeiten kann dabei aber auf die solare Exposition bezogen werden, sodass eine Abgrenzung von Arbeiten im Freien oder Arbeiten im Gebäudeinneren vorgenommen werden kann. Dies ist aber keine Grundvoraussetzung und auch manchmal nicht möglich.

In den Jahren 2014 und 2015 wurde die Anzahl der Teiltätigkeiten pro Beruf und Teiltätigkeitsgruppe nicht beschränkt. Seit der Einführung des elektronischen Tagebuchs (siehe Abschnitt 2.2.4) ist die Anzahl aus praktischen Gründen auf fünf beschränkt. Hintergründe sind die Darstellbarkeit durch die Tagebuchsoftware sowie die Zersplitterung der Angaben auf ansonsten zu viele Teiltätigkeiten im Rahmen der Auswertung.

Abbildung 6:  
Struktur des GENESIS-CODE. Durch den dreistufigen Aufbau ist der Anschluss an nationale und internationale Schlüsselverzeichnisse möglich, zeitgleich aber auch eine Spezifizierung der Tätigkeiten im Hinblick auf die solare Exposition. Jede Teiltätigkeitsgruppe, die auch als Subberufsgruppe bezeichnet werden könnte, wird durch maximal fünf Teiltätigkeiten charakterisiert.



Der Aufbau des GENESIS-CODES soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Die für diese Arbeit relevanten Profile sind in der Online-Ressource (siehe Abschnitt 5.1.4) für jede Berufs- und Teiltätigkeitsgruppe dargestellt. Der Beruf des Hafenfacharbeiters (Tabelle 3) aus dem Versichertenkreis der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) dient als Beispiel.

Der GENESIS-CODE ist durch seinen Aufbau im Detaillierungsgrad nicht beschränkt. In der Ebene der Teiltätigkeitsgruppen können beliebig viele Gruppen eingefügt werden, je nachdem, welche Teiltätigkeiten die Beschäftigung eines Versicherten charakterisieren. Das Beispiel des Hafenfacharbeiters in Tabelle 3 ist daher noch nicht abschließend und der zuständige Unfallversicherungsträger kann ihn in den Folgejahren weiter ausbauen und ergänzen.

**Tabelle 3:**  
 GENESIS-CODE am Beispiel des Hafenfacharbeiters. Im Schlüsselverzeichnis OMEGA ist dieser mit der Nummer 74441 hinterlegt. Die erste Subebene ist die der Teiltätigkeitsgruppen, die jeweils durch (maximal fünf) Teiltätigkeiten definiert werden. Die Prozentzahlen geben an, wie viel die Teiltätigkeit zum Profil beiträgt.

Berufsgruppe	Teiltätigkeitsgruppe	Teiltätigkeiten
Hafenfacharbeiter (OMEGA 74441)	Lascher (Holzprodukte, Waggons)	Ladungssicherung Forstprodukte auf Waggons, 75 % Fahrten mit dem Gerät (offene Kabine), 5 % Fahrten mit dem Gerät (geschlossene Kabine), 10 % Disposition, Ladungspapiere, Dokumentation, 10 %
	Lascher (Container)	Laschen auf Schiffen, 60 % Fahrten mit dem Pkw, 20 % (auf dem Hafengelände zu den Schiffen) Arbeiten im Gebäude, 20 % (Informationen einholen, Wegezeiten im Haus, Umkleidezeiten etc.)
	Lascher (Vorarbeiter)	Laschen, 60 % Fahrten mit dem Pkw, 30 % (auf dem Hafengelände zu den Schiffen) Verwaltungsaufgaben, 6 % Arbeiten im Gebäude, 14 % (Informationen einholen, Wegezeiten im Haus, Umkleidezeiten etc.)
	Stückgutarbeiter	Stückgutumschlag (Vorbereiten in der Halle oder außerhalb, teilweise Anschlag, teilweise Schiffsplanung) Gerät fahren (offene Kabine) Gerät fahren (geschlossene Kabine)
	Car-Checker	Kontrolle von Fahrzeugen im Freien, 75 % Fahrzeugverladung inklusive Taxi fahren, 20 % Tätigkeiten im Büro, 5 %
	Hafenvorarbeiter	Beaufsichtigung des Warenumschlags, 10 % Warenkontrolle, 10 % Brand- und Arbeitsschutz, 20 % Beaufsichtigung (Betriebsabläufe), 30 % Beaufsichtigung (Personen), 30 %



## 4 Messkampagnen und Datenanalyseverfahren

GENESIS-UV wurde nach einer kurzen Pilotphase Ende 2013, die ausschließlich zum Test des „Proof of Principle“ diente, für den Volllasteinsatz ab 2014 aufgebaut. Während eine Einheit als Referenzsystem im IFA zurückblieb, wurden alle anderen Einheiten an zuvor gemeldete Versuchspersonen versendet. Parallel zum Einsatz in Deutschland wurde in den Folgejahren eine Systemerweiterung aufgebaut, um Messungen im Ausland durchführen zu können.

Im Laufe der Jahre wurden im Hintergrund von GENESIS und GENESIS-UV Routinen in Form von Anwendungsprogrammen erarbeitet und implementiert, die eine grafische Darstellung, Bearbeitung und Analyse in verschiedener Art und Weise ermöglichen. Die Arbeit geschieht halbautomatisch; ein hoher Anteil an manueller Tätigkeit ist durch einen Fachexperten notwendig.

### 4.1 Messkampagnen seit 2014

Der Schwerpunkt der Untersuchungen mit GENESIS-UV liegt naturgemäß in Deutschland, da die Versicherten der deutschen UV-Träger dort ihre Arbeit verrichten. Wegen der großen Bandbreite bestehender Berufe und Tätigkei-

ten ist es notwendig, eine große Anzahl an Messungen durchzuführen.

Mit GENESIS-UV wird seit dem Jahr 2014 in Deutschland die UV-Bestrahlung von Versicherten während beruflicher Tätigkeiten im Freien untersucht. Die UV-Träger wählten die Versicherten aus. Zunächst war es das Ziel, Berufsgruppen mit vermeintlich hoher Exposition messtechnisch zu begleiten. Schon nach kurzer Zeit stellte sich heraus, dass auch andere Berufsgruppen in die Studie einzubeziehen waren und die bislang vorherrschende Meinung und Einschätzung über die Höhe der Exposition einzelner Gruppen fehlerhaft war.

Für die Messungen wurden die Versuchspersonen von den Betreuern der UV-Träger aufgesucht und in die Benutzung einer GENESIS-UV-Einheit eingewiesen. Bis auf wenige Ausnahmen, zum Beispiel Postzusteller und Postzustellerinnen aufgrund ihrer Tätigkeiten an Samstagen, lag der tägliche Messzeitraum bei 6:30 bis 16:30 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (MESZ). Die Messjahre in Deutschland wurden entsprechend Tabelle 4 gestartet bzw. beendet.

Tabelle 4:

Beginn- und Enddaten für die Messkampagnen mit GENESIS-UV in Deutschland seit 2014 sowie die Anzahl der gemeldeten und aktiven Versuchspersonen

Jahr	Beginn	Ende	Anzahl Versuchspersonen insgesamt	Anzahl Versuchspersonen aktiv	Anzahl Datenpunkte
2014	1. April	31. Oktober	305	299	1 193 906 194
2015	30. März	30. Oktober	320	303	1 226 481 497
2016	4. April	27. Oktober	198	188	702 052 912
2017	3. April	27. Oktober	129	126	364 376 793
2018	2. April	26. Oktober	57	53	183 013 339
2019	1. April	31. Oktober	32	29	105 812 628
<b>Summe</b>			<b>1 041</b>	<b>998</b>	<b>3 775 643 363</b>

Die Anzahl der teilnehmenden Versuchspersonen nahm mit den Jahren ab, da wesentliche Berufsbilder bereits untersucht waren. Bislang wurden 95 Berufe, 175 Teiltätigkeitsgruppen mit 663 Teiltätigkeiten untersucht und erfasst. Tabelle 5 stellt die aussagekräftigen Informationen zur Teilnehmerzahl, Anzahl der in verschiedenen Kategorien eingeordneten Tage und Halbstundenwerte und Tagebucheinträge dar. Details zu den einzelnen Berufen, Teiltätigkeitsgruppen und Teiltätigkeiten können beim IFA erfragt werden, ebenso zur Aufschlüsselung der Anzahl der verwendbaren Tage der Kategorie 10 bzw. der Halbstundenwerte der Kategorie 11 pro Beruf (zur Kategorisierung siehe Abschnitt 4.2.3). Zudem kann dort Auskunft

darüber gegeben werden, wie viele Tagebucheinträge pro Beruf zur Verfügung stehen und in welchen Berufen keine Detailinformationen vorhanden sind.

Im Sinne eines globalen Ansatzes von Prävention sowie der Möglichkeit, globale Standards in der Expositionsermittlung zu setzen und dabei die Vergleichbarkeit von Daten herzustellen, wurden Kooperationen im europäischen und nichteuropäischen Ausland gesucht. Das Ziel war es, Messungen durchzuführen, die möglichst Berufe umfassten, die während der Messkampagnen in Deutschland untersucht wurden. In erster Ordnung sind die dabei gewonnenen Ergebnisse ausschließlich von den

geografischen Gegebenheiten abhängig, da das Berufsbild gleich ist. Dennoch müssen bei näherer Betrachtung möglicherweise auch kulturelle Aspekte in Betracht gezogen werden, die zum Beispiel eine andere Arbeitsweise

beinhalten. Inwiefern sich die Teiltätigkeiten mit denen in Deutschland zur Deckung bringen lassen, muss im Vorfeld betrachtet werden und möglichst zu einem harmonisierten Tätigkeitsprofil führen.

Tabelle 5:  
Statistiken für die bisherigen Messungen mit GENESIS-UV seit 2014

Jahr	Kategorie			Kategorie			Anzahl Tagebuch einträge
	Kat 10	Kat 20	Kat 30	Kat 11	Kat 21	Kat 31	
2014	17 175	3 065	43 786	319 952	152 755	1 438 833	18 566
2015	14 734	2 319	47 018	654 921	65 723	1 430 372	12 847
2016	8 039	1 539	22 582	164 364	72 740	1 678 356	31 921
2017	4 312	117	6 267	78 755	6 743	448 886	38 340
2018	1 555	478	3 414	36 083	22 920	202 453	7 998
2019	1 387	154	1 558	24 153	239	61 330	2 527
<b>Summe</b>	<b>47 202</b>	<b>7 723</b>	<b>124 661</b>	<b>1 278 228</b>	<b>321 120</b>	<b>5 260 230</b>	<b>112 199</b>

## 4.2 Aufbereitung der Messdaten

Die Aufbereitung der Messdaten hat zum Ziel, aus den im Messgerät abgespeicherten Daten (Rohdaten) Messwerte zu bilden, die eine Auswertung erlauben. Dazu sind mehrere Schritte inklusive der Erzeugung von Metadaten notwendig, da einzelne, unabhängig voneinander aufgenommene oder gespeicherte Informationen miteinander verknüpft werden müssen.

Die Weiterverarbeitung der Messdaten geschieht in mehreren Schritten. Jeder Schritt hat das Ziel, Ergebnisse unter bestimmten Gesichtspunkten zu erzeugen und möglichst viele Informationen über die Güte der Daten zu bewahren. Im ersten Schritt werden die Rohdaten so weit aufbereitet, dass eine Auswertung auf Ebene der Berufe und Teiltätigkeitsgruppen möglich wird. Abbildung 7 zeigt die dazu notwendigen Schritte. Die aus dem Dosimeter ausgelesenen Daten für die Bestrahlung, die Beschleunigungs- und Magnetometerdaten werden zunächst kalibriert (siehe Abschnitt 4.2.1). Dies umfasst auch eine etwaige Korrekturrechnung aufgrund technischer Alterungsprozesse an den Dosimetern (siehe Abschnitt 4.2.2).

Mit den kalibrierten Rohdaten ist die Erzeugung von Quotienten aus UV-A und UV-B/C möglich. Diese kann man in gewissen Grenzen dazu verwenden, grundlegende Unterschiede zwischen den Expositionsszenarien zu ermitteln. Der Vergleich erfolgt immer zum üblichen Quotienten des Sonnenspektrums im Freien. Im Verhältnis der erythemgewichteten Bestrahlungen UV-A zu UV-B/C zeigen sich Aufenthaltszeiten in Fahrzeugen oder hinter anderen Scheiben aus Glas, Kunststoff oder Ähnlichem mit einem deutlich – gegenüber dem Quotienten der Sonnenstrahlung ohne Einflüsse – erhöhten Quotienten. Im Gegenzug dazu zeigen sich Expositionen gegen starke Quellen künstlicher optischer Strahlung, zum Beispiel

Elektroschweißen, im Verhältnis der erythemgewichteten Bestrahlungen UV-B/C zu UV-A mit einem deutlich gegenüber dem Quotienten der Sonnenstrahlung ohne Einflüsse erhöhten Quotienten. Es ist also notwendig, beide Quotienten abzuprüfen. Die Interpretation der Messdaten ist dabei zweierlei: Während die Exposition gegenüber Strahlung künstlicher Quellen aus einer etwaigen Bestrahlung herausgerechnet werden muss, kann die Exposition in Fahrzeugen darin verbleiben. Die Information über Aufenthaltszeiten kann aber dazu dienen, Tätigkeitsprofile für den GENESIS-CODE (Abschnitt 3) zu validieren. Gerade mit Blick auf die Berufskrankheit Nr. 5103 (Abschnitt 1.8) müssen die Strahlung künstlicher Quellen und der Sonne getrennt betrachtet werden.

Weiterhin wird die kanalweise kalibrierte Bestrahlung zu einer Summe vereinigt, um die Gesamtbestrahlung im UV-Bereich ermitteln zu können. Dies geschieht auf der Basis der Sekundenwerte, die dann zur Bildung weiterer Metadaten (Halbstundenwerte, Tageswerte) herangezogen werden. Die Bildung dieser kumulierten Werte ist im Abschnitt 4.3 genauer beschrieben.

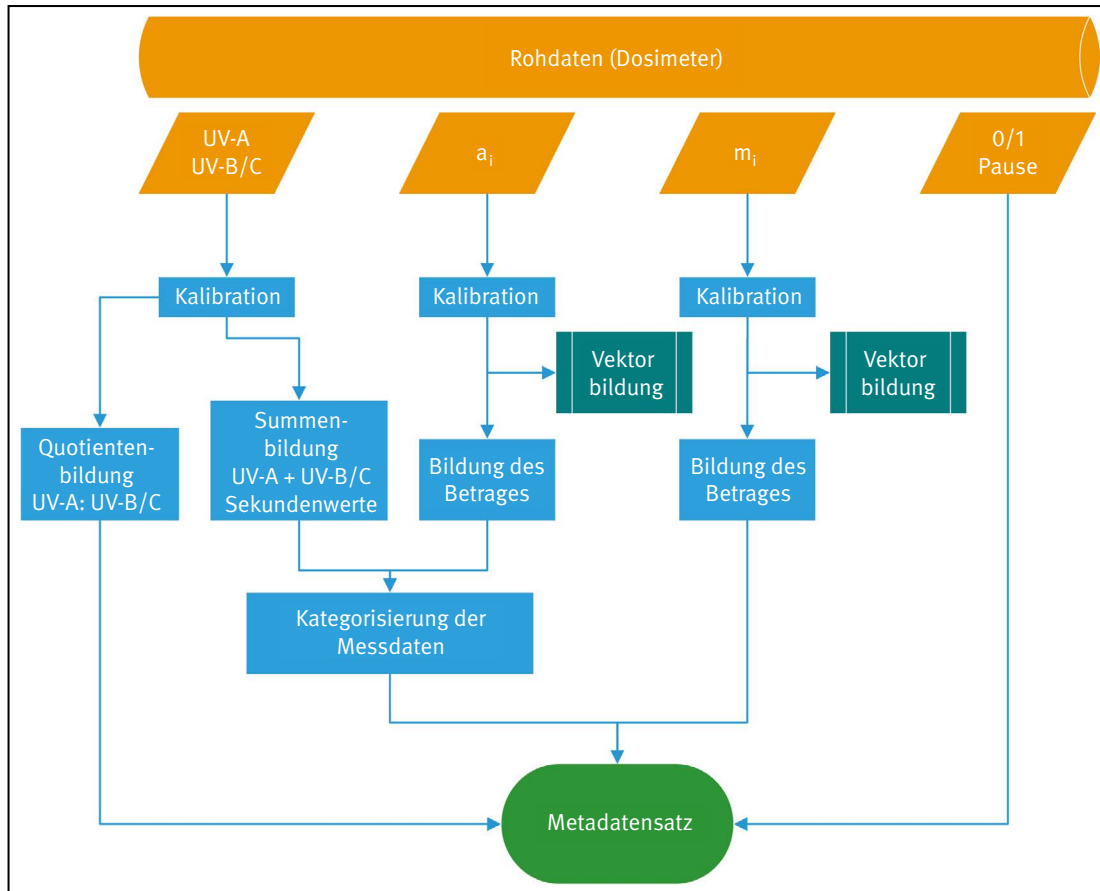
Sowohl für die Daten des Beschleunigungssensors ( $a$ ) als auch des Magnetfeldsensors ( $m$ ) werden die Vektorbeiträge ermittelt. Ziel ist es, die Abweichung von der gleichförmigen, ausschließlich erdbeschleunigten Bewegung zu ermitteln. Diese dient als Grundlage für die Feststellung der Aktivität der Versuchspersonen. Die Information aus dem Betrag des Magnetfeldes ermöglicht eine Interpretation der Umgebung der Person; dies wird in diesem Report aber nicht weiter verfolgt. Nachdem diese Informationen ermittelt wurden, kann eine Kategorisierung der Messdaten vorgenommen werden. Diese Kategorisierung, die in Abschnitt 4.2.3 beschrieben wird, beinhaltet die erste fachliche Interpretation der Messdaten und führt zu



einem Datensatz, der nicht mehr ohne Weiteres auf die Rohdaten zurückgeführt werden kann.

Abbildung 7:

Workflow bei der Datenaufbereitung von den Rohdaten bis zu einem Metadatensatz, der für berufs- und teiltätigkeitsgruppenbezogene Auswertungen nutzbar ist



Nachdem alle Eingangsdaten kategorisiert sind, erfolgt – sofern notwendig – eine manuelle Bearbeitung von Messdaten (Abschnitt 4.2.4).

Am Ende der Datenaufbereitung stehen sowohl Expositionswerte für ganze Tage als auch die Halbstundenwerte zur Verfügung. Damit wird eine Auswertung auf der Ebene der Berufe und der Teiltätigkeitsgruppen möglich.

Eine Auswertung auf Ebene der Teiltätigkeiten ist erst möglich, wenn durch Tagebuchinformationen konkrete Tätigkeiten zugeordnet werden können. Damit diese korrekt abgebildet werden, müssen sie entsprechend Abschnitt 4.2.5 aufbereitet werden. Grundsätzlich kann die Auswertung der Tätigkeiten nur dann erfolgen, wenn es zu jedem Tag und zu jeder Halbstunde das entsprechende Tätigkeitsmerkmal gibt.

Der Metadatensatz am Ende der Datenaufbereitung enthält alle Informationen, die zur Ermittlung der Exposition von Beschäftigten notwendig sind, sowohl aus Messungen als auch aus Angaben in deren Tagebüchern.

#### 4.2.1 Umrechnung von Rohdaten

Bedingt durch die Zenitwinkelabhängigkeit des Sonnenspektrums müssen die Messwerte der UV-Bestrahlung, die aus dem X2012-10-Dosimeter extrahiert werden, im Nachgang hinsichtlich dieses Aspektes korrigiert werden. Dazu werden einige Größen benötigt:

- aus den Daten – Messzeitpunkt, Messwert (Bestrahlungsstärke, jeweils UV-A und UV-B/C),
- von der Versuchsperson – geografische Länge und Breite (d. h. der Ort) der Messung,
- aus den Kalibrierdaten des Dosimeters – relative spektrale Empfindlichkeiten des Messkopfes (jeweils UV-A und UV-B/C), Spektrum der Kalibrierlampe,
- aus der Norm DIN EN 60335-2-27:2009-04 [56] – Sollspektrum der Sonne (erythemgewichtet, UV-A und UV-B/C).

Aus den Angaben Messzeitpunkt, geografische Länge und Breite wird zunächst das Sonnenspektrum zum Zeitpunkt der Messung am Messort berechnet. Unter Verwendung des Sonnenspektrums, der relativen Empfindlichkeit des Messkopfes, des Spektrums der Kalibrierlampe und des Sollspektrums kann nun der Korrekturfaktor  $a(Z)$  abgeleitet werden. Durch Division des gemessenen Bestrahlungswertes durch  $a(Z)$  wird der korrigierte Messwert bestimmt. Diese Korrektur muss sekundengenau für jeden Messwert erfolgen.

Die als dimensionslose Zahl des Beschleunigungs- und Magnetfeldsensors ausgelesene Größe muss mit der Gerätekalibration umgerechnet werden. Auch hieraus ergibt sich eine dimensionslose Größe, die aber in Anteilen von der Erdbeschleunigung  $g$  vorliegt – es handelt sich dann dabei um einen auf  $g$  normierten Vektor. Die im Bezugssystem des Gerätes gemessene Beschleunigung und das Magnetfeld werden durch die drei Richtungskomponenten  $x$ ,  $y$  und  $z$  bestimmt. Aus diesen Richtungskomponenten kann der mathematische Betrag des Vektors bestimmt werden. Sofern die Beträge der Vektoren von 1 abweichen, ist das Gerät beschleunigt oder es ist ein externes Magnetfeld zusätzlich zum Erdmagnetfeld vorhanden. Gemäß den Herstellerinformationen ist das der Fall, sobald eine Abweichung von  $\pm 2\%$  ermittelt wurde.

### 4.2.2 Abgleich aufeinanderfolgender Messjahre

#### 4.2.2.1 *Kompensation des technischen Alterungsprozesses*

Zu Beginn der Messungen mit GENESIS-UV wurden die Dosimeter X2012-10-V1 (Fa. Gigahertz-Optik, Türkenfeld) in kalibriertem Zustand an die Versuchspersonen ausgegeben. Trotz großer Robustheit der Messgeräte sind Umwelteinflüsse wie Regen, Staub oder andere Verschmutzungen (Mörtel, Baustoffe, Matschspritzer), ebenso wie Stöße durch Anschlagen an Gegenständen während der Arbeit, Herunterfallen beim Ablegen oder Ähnliches gegebenenfalls mit Auswirkungen auf die technische Unversehrtheit des Messgerätes verbunden. Sind die Streuscheiben des Dosimeters betroffen und damit der direkte Strahlengang bei der Messung, ändert sich die Empfindlichkeit des Gerätes. Dementsprechend können gleiche Expositionsbedingungen zu Beginn der siebenmonatigen Messperiode zu anderen Ergebnissen führen als zum Ende der Messperiode. Dabei sind Änderungen in beide Richtungen denkbar – sowohl eine Erhöhung als auch eine Absenkung des Messwertes. Solche Veränderungen müssen nachgehalten und Korrekturen gegebenenfalls auf die Messwerte angewendet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Änderungen des Messwertes linear über die Messsaison ergeben haben. Dies ist in den meisten Fällen wegen der stetigen Verstaubung auch die beste Näherung.

Die auf Halbleitertechnologie basierenden Detektoren altern aufgrund der Elektronenmigration. Dies ist ein Effekt, der durch regelmäßige Kalibration überprüft werden muss.

Die Dosimeter sind über mehrere Jahre im Feldeinsatz, sodass sie auch aus diesem Grund einer regelmäßigen Kontrolle bedürfen. Beschädigte Dosimeter durchlaufen einen Herstellerservice, der in den meisten Fällen eine Kalibration umfasst.

Die vorgenannten Effekte können zu einer deutlichen Heterogenität bei den Dosimetern von GENESIS-UV führen; daher ist eine Ausgleichsrechnung zwischen den einzelnen Dosimetergütestufen notwendig.

Das IFA hat eine Prozedur entwickelt, die eine Korrektur zu großer Abweichungen erlaubt. Ausgangspunkt für alle Entscheidungen, ob eine Abweichung noch im Rahmen liegt oder eine Handlung erfordert, ist die auf nationale und internationale Standards rückführbare Kalibration durch den Hersteller. Von jedem Dosimeter wird zu Beginn und nach Ende einer Messsaison die Empfindlichkeit mit einem vordefinierten Aufbau gemessen. Dabei wurde jeder Messwert, zu dem ein Herstellerkalibrationspunkt vorlag, mit 100 % festgelegt. Nach der Messsaison werden die Messwerte des darauffolgenden Messjahres um den Faktor zwischen Änderungswert und Referenzwert angehoben. Hat sich über die Jahre eine Änderung in der Größenordnung von mehr als 30 % ergeben, wird das Dosimeter zum nächstmöglichen Zeitpunkt vom Hersteller technisch überprüft und kalibriert.

#### 4.2.2.2 *Kompensation unterschiedlicher Sonnenscheindauern*

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) betreibt auf dem Gebiet der Klimaanalyse eine große Datenbank, die der deutschen Bevölkerung nach dem Informationsfreiheitsgesetz (IFG) zur Verfügung steht. Durch die Analyse der Sonnenscheindauern während der Messkampagnen mit GENESIS-UV seit 2014 (siehe Abschnitt 6.2) zeigte sich, dass es für die Jahre 2014 bis 2017 keiner Korrektur hinsichtlich der Sonnenscheindauern bedurfte. Die Summenwerte für die betreffenden Monate von April bis Oktober bewegten sich im Hinblick auf die 30-Jahre-Mittelwerte innerhalb der Standardabweichung.

Die Jahre 2018 und 2019 waren aber besonders reich an Sonnenschein. Für die Monate April bis Oktober wurden 1 655,5 Stunden (2018) bzw. 1 509,8 Stunden (2019) gezählt, was damit deutlich über dem 30-Jahre-Mittelwert von  $1\,305,5 \pm 110,4$  Stunden im Jahr 2018 bzw.  $1\,311,8 \pm 11,6,3$  Stunden im Jahr 2019 lag. Ziel einer Angleichung muss das Niveau der anderen Messjahre und damit der 30-Jahre-Mittelwert sein. Daher wurde jeder Sekundenmesswert aus dem Jahr 2018 bzw. 2019 mit dem

Faktor aus dem Verhältnis von 30-Jahre-Mittelwert und Sonnenscheindauer 2018 bzw. 2019 multipliziert. Dieser Faktor beträgt etwa 0,78859 (2018) bzw. 0,86883 (2019).

Damit sind alle bisherigen sechs Messjahre auf einem Niveau der solaren globalen Bestrahlung und können miteinander verglichen und verrechnet werden. Das ist insbesondere von Bedeutung, wenn sich Messungen für eine bestimmte Berufsgruppe, Teiltätigkeitsgruppe oder Teiltätigkeit über mehrere Jahre hingezogen haben und miteinander verrechnet werden sollen.

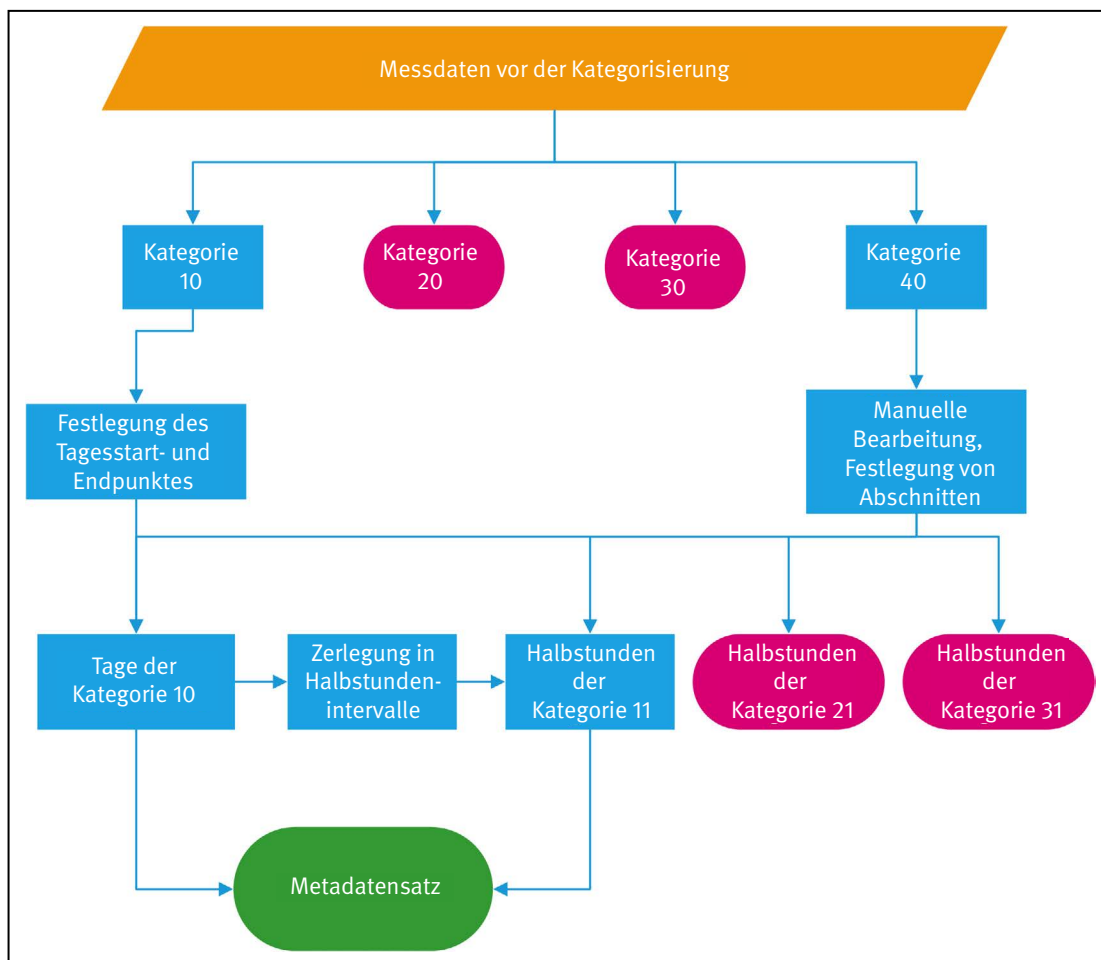
### 4.2.3 Kategorisierung von Daten

Die Kategorisierung der Messdaten hat zum Ziel, die eingegangenen Daten fachlich zu interpretieren und dabei insbesondere Effekte zu identifizieren, die eine Weiterverwendung der Daten ausschließen oder eine manuelle Bearbeitung der Daten notwendig machen. Am Ende der Kategorisierung soll für jeden Datenpunkt die Information vorhanden sein, wie mit diesem in Zukunft zu verfahren

ist. Dazu wurden verschiedene Kategorien von Messdaten eingeführt, die einem Workflow entsprechend abgearbeitet werden (Abbildung 8).

Grundsätzlich basiert die Kategorisierung auf dem Vorhandensein von Bewegungsinformationen aus dem Betrag des Beschleunigungsvektors, die dazu herangezogen werden, die Aktivität der Versuchspersonen zu beurteilen. Es hat sich herausgestellt, dass diese Informationen aufgrund ihrer Sensitivität dazu sehr geeignet sind. Sobald das Dosimeter am Arm getragen wird – sei es im Auto oder auch in Ruhe – sind die leichten Bewegungen dennoch völlig ausreichend, um nennenswerte Auslenkungen aus der Ruhelage des Sensors zu erzeugen. Haben Versuchspersonen das Dosimeter beispielsweise an der Tür, einem Haltegriff oder Ähnlichem befestigt oder es bei Fahrten einfach ins Auto gelegt, kann auch dies aufgrund der Muster des Bewegungsprofils erkannt werden. Solche Daten können entsprechend gekennzeichnet und den Kategorien zugeordnet werden.

Abbildung 8: Workflow zur Kategorisierung von Messdaten. Am Ende der Kategorisierung stehen in einem Metadatensatz Tage der Kategorie 10 und Halbstundenwerte der Kategorie 11 zur Verfügung. Alle anderen Daten werden zwar archiviert, jedoch nicht weiter verwendet.



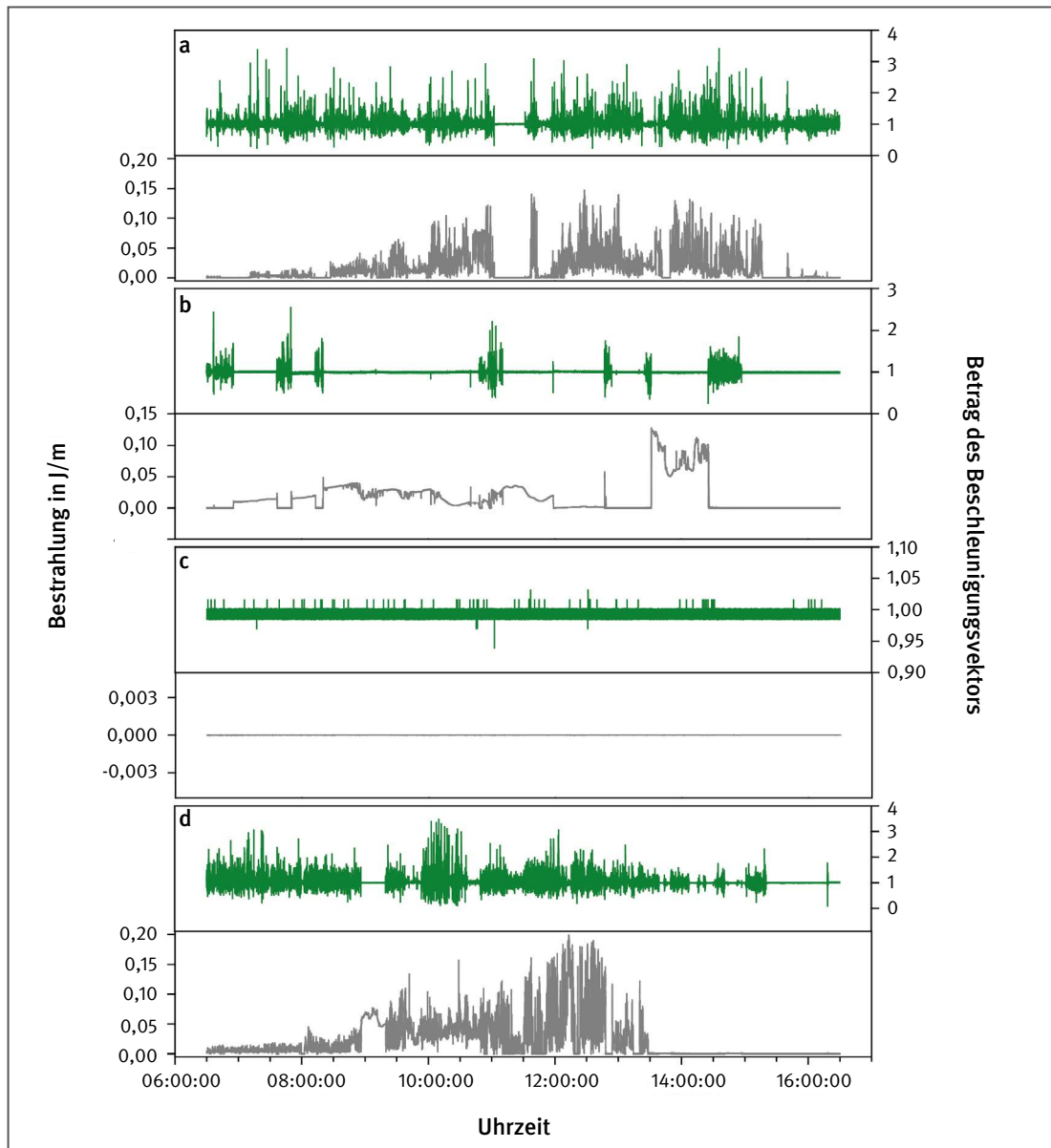
Die Kategorien lauten im Einzelnen:

10: Daten, die über den ganzen Tag hinweg nur dann Bestrahlungsdaten zeigen, wenn dazu eine Bewegung vorhanden ist. Die Basislinie muss sowohl zu Beginn als auch zum Ende des Tages „Null“ zeigen. Ein Tag gilt dabei als vollständig, wenn mindestens

sechs Stunden berufliche Aktivität festgestellt werden konnten (Abbildung 9a). Diese können aber auf den ganzen Tag verteilt sein. Eine Ausnahme davon gibt es nur in begründeten Fällen, beispielsweise wenn Tätigkeiten an einem Freitag aufgrund kürzerer Arbeitszeiten weniger als sechs Stunden dauern. Solche Tage können als voller Tag gewertet werden.

Abbildung 9:

Beispiele für die Kategorisierung von Messdaten; a: Tag der Kategorie 10, b: Tag der Kategorie 20, c: Tag der Kategorie 30, d: Tag der Kategorie 40.



20: Daten, die auch über eine manuelle Nachbearbeitung nicht mehr zu retten sind. Dies sind beispielsweise Messungen, bei denen Bestrahlungswerte gemessen wurden, ohne dass es dazu Bewegungsdaten gibt (Abbildung 9b). Es ist davon auszugehen, dass die zugehörigen Dosimeter – ohne getragen worden zu sein – in der Sonne lagen. Weiterhin handelt es sich dabei um Daten, die keine konstante Basislinie besitzen, sondern die sich im Verlauf der Messung ändert.

Ausbrüche in negative Messwerte führen ebenso dazu, dass Daten unbrauchbar werden und verworfen werden müssen.

30: Tage ohne Aktivität und ohne Messwert. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Wochenend- oder Urlaubstage, an denen das Dosimeter nicht getragen wurde (Abbildung 9c). Das Dosimeter misst an diesen

Tagen autonom aufgrund des programmierten Messprogramms weiter, bis der Speicher voll ist.

40: Daten, die erkennbar verwertbare Abschnitte besitzen. Oftmals kommt es vor, dass weite Teile eines Messtages verwertbare Informationen besitzen, die der Kategorie 10 entsprechen, jedoch durch Abschnitte unterbrochen oder flankiert werden, die der Kategorie 20 entsprechen (Abbildung 9d). Dazu werden die Daten einer manuellen Bearbeitung zugeführt (siehe Abschnitt 4.2.4).

Nach der grundlegenden Kategorisierung von ganzen Tagen erfolgt zweierlei: Die Tage der Kategorie 10 werden zur Tagesauswertung weiterverwendet und parallel in Halbstundenwerte zerlegt. Des Weiteren werden die Tage der Kategorie 40 zur manuellen Weiterbearbeitung bereitgestellt. Nach der Bearbeitung der Tage der Kategorie 40 kann es sein, dass nur noch Teile des Tages Informationen enthalten, die für die weitere Auswertung wertvoll sind. In diesem Fall werden diese Daten für die Bildung von Halbstundenwerte weitergegeben. Für die Halbstundenwerte wurde eine gleichartige Kategorisierung eingeführt.

Dort lautet die Kategorisierung wie folgt:

11: Daten, die zur Auswertung ohne Einschränkung zur Verfügung stehen,

21: Daten, die verworfen werden müssen,

31: Daten, die keine Informationen enthalten und als Pause/Urlaub/nicht gemessen interpretiert werden.

Zu beachten ist, dass es nach der Bearbeitung der Messdaten keine Tage der Kategorie 40 mehr geben kann, da es sich dabei nur um eine Übergangskategorie handelt. Sie zeigt nur Daten an, die einer weiteren Bearbeitung bedürfen.

#### 4.2.4 Manuelle Datenaufbereitung

Der manuellen und semi-automatischen Datenaufbereitung kommt eine entscheidende Bedeutung bei der Erhöhung der Datenqualität zu. Sie dient dazu, falsch-hohe, aber auch falsch-niedrige Werte aus den Datensätzen zu entfernen. Damit erreichen die zum Ende der Analyse ermittelten Daten die maximale Güte.

Die Bearbeitung findet immer auf der Basis eines Tages statt. Mit einer entsprechenden Software wird der Tag, der bearbeitet werden soll, grafisch dargestellt. Es ist innerhalb der Software möglich, sekundengenaue Abschnitte zu setzen.

##### 4.2.4.1 Daten der Kategorie 10

Ein Messtag beginnt technisch mit dem Start des Dosimeters zur programmierten Zeit und endet entsprechend. Die reale Arbeitszeit einer Versuchsperson liegt aber in fast allen Fällen dazwischen, sodass es zu Beginn und zum Ende eines Tages Abschnitte gibt, die keine relevanten Informationen für die Exposition während der beruflichen Tätigkeiten besitzen. Für die Bildung der Tagessumme aus allen vorhandenen Sekundenwerten ist dies ohne Belang, da das sogenannte „weiße Rauschen“ der UV-Detektoren über die Zeit hinweg zur Null aufsummiert wird und damit keinen verfälschenden Beitrag leistet. Dennoch müssen die Grenzen des Tages für die weitere Auswertung gesetzt werden, damit eine Zerlegung des Tages in Halbstundenwerte möglich ist. Würden die Grenzen nicht gesetzt, so gingen auch Halbstundenwerte vor und nach der eigentlichen beruflichen Tätigkeit mit ein und lieferten so falsch-geringe Werte für die Auswertung.

Dementsprechend finden zunächst mit einer computerbasierten Routine automatische Grenzsetzungen statt, die dann im Nachgang noch einmal per Inaugenscheinnahme kontrolliert werden. Dazu mussten Kriterien festgelegt werden, ab welchem Inhalt eine halbe Stunde als ausreichend verwertbar zu rechnen ist. Diese Selektion erfolgte anhand des Beschleunigungsvektors: Innerhalb eines Zehn-Minuten-Intervalls einer halben Stunde darf das folgende Kriterium mindestens zehnmal nicht erfüllt werden:

$$0,95 \leq |\vec{a}| \leq 1,05$$

Das bedeutet sinngemäß, dass eine halbe Stunde mindestens zehnmal Aktivität enthalten muss. Diese Aktivität wird durch eine Beschleunigung charakterisiert, die mindestens fünf Prozent vom unbeschleunigten Zustand des Dosimeters abweicht. In der Praxis zeigte sich, dass der weitaus größte Anteil der Halbstundenwerte mehr als nur zehn Aktivitätspunkte pro zehn Minuten aufweist.

##### 4.2.4.2 Daten der Kategorie 40

Durch eine manuelle Bearbeitung werden Abschnitte gesetzt, die auf den Halbstundengrenzen abgestellt werden. Jedem der gesetzten Abschnitte wird eine Kategorie (11, 21 oder 31) zugewiesen. Es ist ebenso möglich, die Basislinie der UV-Bestrahlung mit einem konstanten Betrag anzuheben oder abzusenken und so korrekt einzustellen. Nachdem alle Korrekturen gesetzt wurden, wird dem Tag eine neue Kategorie (10, 20 oder 30) zugewiesen.

##### 4.2.4.3 Überprüfung von Unterbrechungen

Zeitgleich zur computerbasierten, automatischen Grenzsetzung bei den Tagen der Kategorie 10 werden Abschnitte ohne Aktivität überprüft. Solche Abschnitte bergen die Gefahr, dass eine nennenswerte Bestrahlung in der Zeit gemessen wurde, in der das Dosimeter aber nicht an der



Person getragen wurde. Dabei würde ein falsch-hoher Wert entstehen. Auch in diesem Fall erfolgte die Analyse anhand des Beschleunigungsvektors: Innerhalb eines Zehn-Minuten-Intervalls, in dem weniger als zehnmal das zuvor genannte Kriterium erfüllt wird, darf die Gesamtbestrahlung nicht über  $3 \text{ J/m}^2$  liegen. Dies bedeutet, dass die Bestrahlung unter einer konstanten Bestrahlung von  $0,005 \text{ J/m}^2$  liegen muss. Entdeckt man solche Tage, erhalten sie automatisch die Kategorie 40 und werden manuell bearbeitet.

#### 4.2.5 Aufbereitung von Tagebucheinträgen

Seit 2016 ist es möglich, via Tagebuchsoftware (siehe Abschnitt 2.2.4) zu dokumentieren, welche Tätigkeiten zu welchem Zeitpunkt ausgeübt wurden. Die Tagebuchinformationen werden zusammen mit dem Datenstrom des Dosimeters in die Auswertedatenbank übertragen, die Synchronisation der Messwerte und der Tätigkeitsinformationen findet danach automatisch über den Zeitstempel statt. Eine dabei zutage tretende Problematik ist aber, dass die Eintragungen in der Tagebuchsoftware nur halbstündig genau gemacht werden können. Dementgegen sind aber Beginn und Ende von Messungen sekundengenau möglich. An den Grenzen sowohl von Stunden als auch von Halbstunden ist also ein potenzielles Harmonisierungsproblem mit gegensätzlichen Aussagen vorhanden. Beispiel: Laut Tagebucheintrag hat ein Maurer von 8 bis 12 Uhr gemauert, dann eine Stunde Mittagspause gemacht, anschließend von 13 bis 16 Uhr weiter gemauert. Laut Dosimeter-Zeitstempel der Messdaten hat die Tätigkeit aber von 08:01:45 bis 12:12:38 Uhr gedauert, die Mittagspause von 12:12:39 bis 13:01:41 Uhr, sowie die anschließende weitere Tätigkeit von 13:02:42 bis 16:05:02 Uhr. Hinsichtlich der Grenzen zu Beginn und zum Ende des Tages bestehen keinerlei Probleme. Dort geschieht die Harmonisierung auf die nächstgelegene halbe Stunde, da weniger als zehn Minuten Aktivität fehlen, respektive vorhanden sind.

Bei der codegestützten Zuordnung von Tätigkeiten während der Mittagspause treten aber Probleme auf. Da diese nur auf Halbstundenintervalle angewendet werden, wäre theoretisch die Einführung von Doppeltätigkeiten notwendig, von denen eine Tätigkeit eine „Pause“ ist. Von morgens bis zur Mittagspause und von der Mittagspause bis zum Abend wäre für das Beispiel die Tätigkeit „Mauern“ zuzuordnen. Damit erhielte man sowohl die reine Tätigkeit sowie eine Aussage über die Doppeltätigkeit Mauern und Mittagspause – mit dem Ziel, den vermuteten Rückgang in der Exposition der Beschäftigten in Pausen mit einer kodierten Tätigkeit beziffern zu können. Dies setzt aber voraus, dass alle Personen zu jeder Zeit präzise die Mittagspause (oder andere Pausen) entsprechend vermerkt haben. Die Versuchspersonen haben dies sehr heterogen gehandhabt, daher kann dieser Weg nicht weiter verfolgt werden. Die Information über die Pausen

und Arbeitsunterbrechungen vermerkten diese überwiegend nicht im Tagebuch, sie ist aber naturgemäß in den Messdaten vorhanden. Dementsprechend bestünden theoretisch nur zwei Möglichkeiten, und zwar dort, wo erkennbar in der Auswertung Pausen/Arbeitsunterbrechungen nachzutragen oder die vorhandenen Pauseninformationen aus dem Tagebuch aufzulösen und auf die Benennung in einer eigenen Kodierung zu verzichten. Bei Letzterem würde sich die Information über die vermeintliche Verringerung der Exposition in Pausen- oder anderen Abwesenheitszeiten innerhalb des Messdatensatzes in den betreffenden Halbstundenwerten zeigen.

Die Einführung von Pausen oder anderen Informationen in die bereits vorhandenen Tagebucheinträge durch die auswertende Person wäre wissenschaftlich nicht korrekt, da man Annahmen macht, die sich nicht nachweisen lassen. Man würde gegebenenfalls erhebliche Aussagen über den entsprechenden Datensatz treffen, ohne deren Richtigkeit überprüfen zu können. In der Folge würde ein Wert in die weitere Auswertung und Ergebnisverwendung einfließen, der den Grad einer Hypothese besitzt. Von dieser Vorgehensweise wurde daher abgesehen. Deshalb wurden alle Pauseneinträge aus den Tagebucheinträgen herausgeschnitten. Auf der Basis der Halbstundenwerte wurde dabei folgende Regelung getroffen:

- Bei einer geraden Anzahl an zusammenhängenden Pausenhalbstundenabschnitten (z. B. Mittagspause eine Stunde) wird die Pause in der Mitte geteilt. Die erste Hälfte wird der Tätigkeit davor, die zweite Hälfte der Tätigkeit danach zugeschlagen.
- Bei einer ungeraden Anzahl an zusammenhängenden Pausenhalbstundenabschnitten (z. B. Mittagspause 0,5 oder 1,5 Stunden) wird die Pause ungleichmäßig aufgeteilt. Der Tätigkeit zuvor wird ein Halbstundenwert mehr zugeschlagen als der Tätigkeit danach.

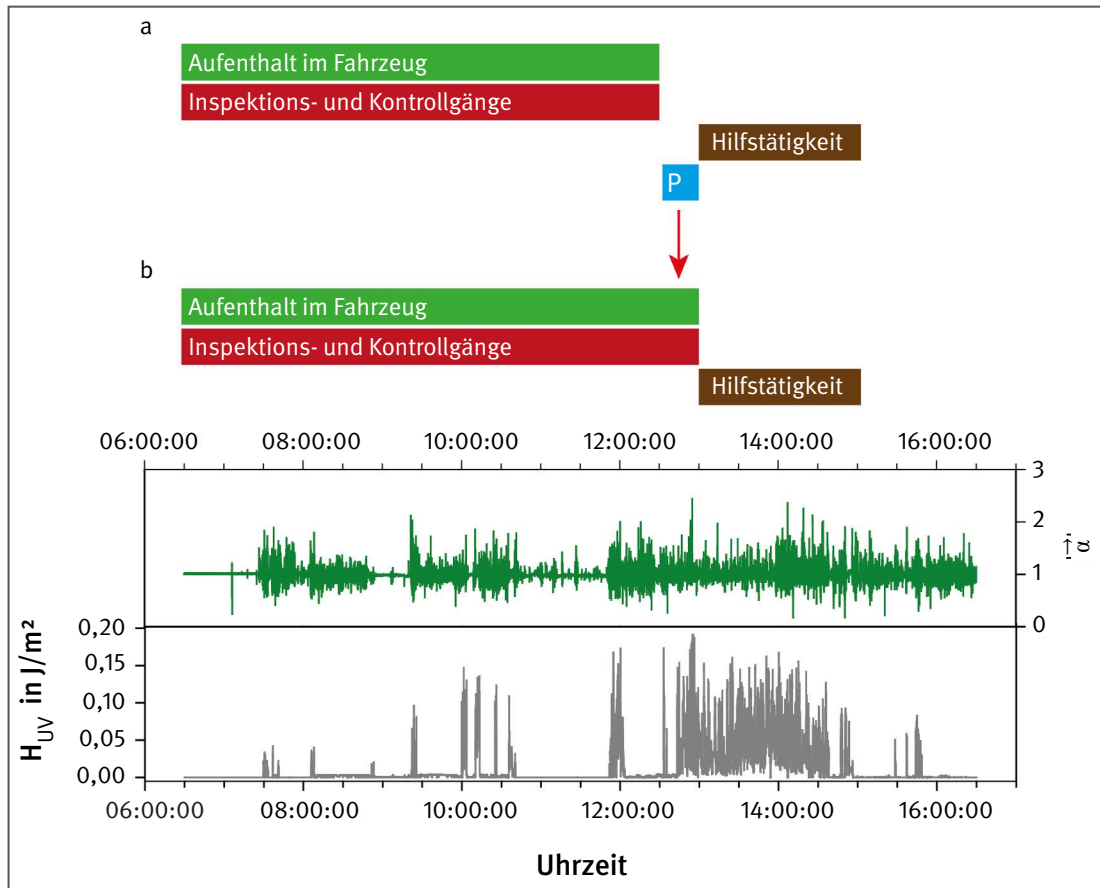
Für Besonderheiten gibt es noch weitere Regelungen:

- Wurden im Tagebuch keine Tätigkeiten markiert, jedoch nur eine Pause, dann wird dieser Eintrag gelöscht.
- Wurde an einem Tag nur eine Tätigkeit ausgeführt und ist diese durch einen Pauseneintrag unterbrochen, so wird dieser gelöscht und die Tätigkeit tritt an diese Stelle.
- Besteht eine Lücke zwischen einer Pause und einer Tätigkeit, wird die Pause gelöscht.
- Besteht eine Lücke vor oder nach einer Pause, wird die Pause gelöscht und die Zeit zu der Tätigkeit hinzugefügt, zu der keine Lücke bestanden hat.

In Abbildung 10 ist dazu ein Beispiel illustriert.

Abbildung 10:

Beispiel zur Entfernung von Pauseneinträgen aus dem Tagebuch. Damit wird eine korrekte Darstellung vermeintlich geringerer Exposition in Pausenzeiten möglich, da es nicht zu einer Unterscheidung zwischen Messwerten von Versuchspersonen kommt, von denen einige Angaben zu Pausenzeiten gemacht haben, andere wiederum nicht. Dargestellt ist der Tag einer Versuchsperson mit Bestrahlung ( $H_{UV}$ ) und Betrag des Beschleunigungsvektors ( $|\vec{a}|$ ). a: Tagebucheinträge von Tätigkeiten, wie sie die Person übermittelt hat. Die Pause (P) wird herausgeschnitten und gemäß Konvention treten die beiden Tätigkeiten des Vormittages an deren Stelle (b).



#### 4.2.6 Beispiel einer Datenaufbereitungs-prozedur

Die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebene Vorgehensweise zur Aufbereitung der Daten soll ein Beispiel verdeutlichen. Die Daten werden vom Dosimeter als Rohdaten übertragen und sollen am Ende sowohl physikalisch aufbereitet als auch schon vom Untersuchenden auf Fehler in der Handhabung durch die Versuchsperson beurteilt worden sein. Letzteres umfasst auch die Kategorisierung und manuelle Datenaufbereitung.

Wie in Abbildung 11 zu erkennen ist, werden die beiden Kanäle UV-A und UV-B/C getrennt voneinander aufbereitet, da sie auch getrennt voneinander kalibriert wurden und technisch voneinander unabhängig sind. Die Rohdaten in der obersten Ebene werden zunächst mit dem Korrekturfaktor aus dem Tages- und Monatsgang der Sonne (AZ) multipliziert. Während im UV-A-Bereich eine geringfügige Absenkung in diesem Beispiel erkennbar ist, werden die Bestrahlungswerte im UV-B/C deutlich erhöht, um die Mittagszeit sogar über 20 %. Am frühen Morgen kommt

es auch dort zu einer Absenkung. Nach dieser Rechenoperation werden die Daten mit einem Skalierungsfaktor multipliziert, der sich aus dem Alterungsprozess der Dosimeter ergibt und dazu dient, die aufeinanderfolgenden Kampagnenjahre aufeinander abzustimmen. Es handelt sich um einen für den Tag konstanten Wert. Man erkennt insbesondere im UV-B/C den Effekt der Korrekturen auf die Daten. Der Graph in rot zeigt die korrigierten Werte, der graue die Ausgangswerte. Durch eine sekundenweise Addition der beiden Teilbestrahlungswerte erhält man schlussendlich die Bestrahlung im UV-Bereich, der dann noch der Betrag des Beschleunigungsvektors grafisch zugeordnet wird. Die Daten stehen zur Kategorisierung bereit.

Der Ausgangspunkt in Abbildung 12 ist der Datensatz, der in Abbildung 11 als Endpunkt dargestellt wurde. Während der Kategorisierung fiel auf, dass es eine Phase ohne jegliche Bewegung zwischen etwa 07:40 und 08:00 Uhr gibt. Dieser Abschnitt enthält aber Messwerte der UV-Bestrahlung, ohne dass das Dosimeter von einer Person getragen wurde.

Abbildung 11:

Beispiel einer Datenaufbereitung von den Rohdaten bis zur Bereitstellung zur Kategorisierung. In blau sind die Rechenoperationen dargestellt (Punkt – Multiplikation, Kreuz – Addition), in rot die resultierenden Graphen. Die Beschreibung des Vorgangs ist Abschnitt 4.2.6 zu entnehmen.

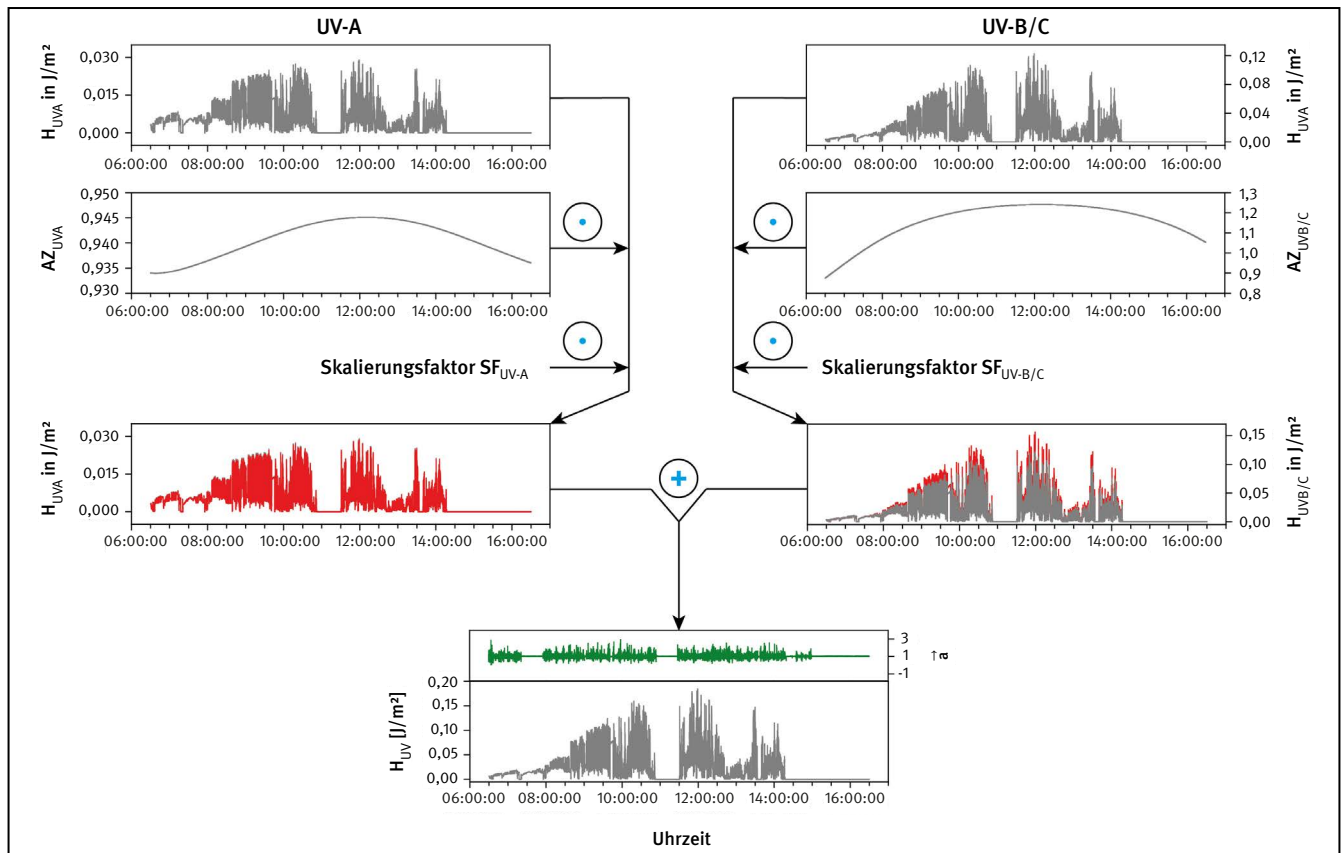
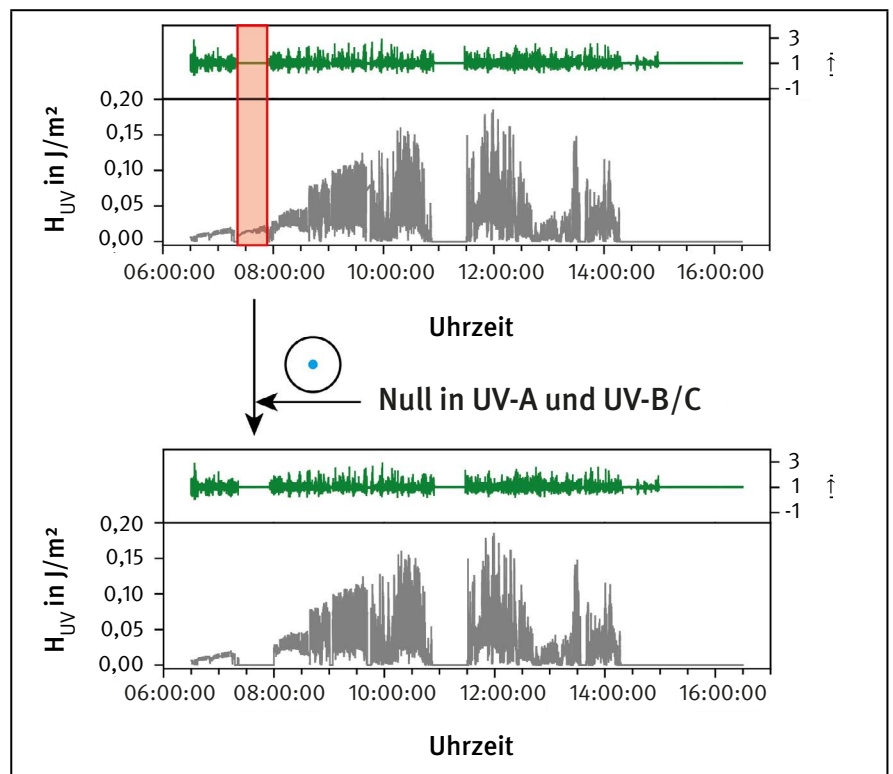


Abbildung 12:

Beispiel einer manuellen Datenaufbereitung. Dieser Tag wurde aufgrund des in rot markierten Abschnitts mit der Kategorie 40 belegt. Nach der Bearbeitung wurde der Abschnitt herausgeschnitten und der Tag zur Kategorie 10 zugeordnet. Der blaue Punkt repräsentiert die Rechenoperation des Multiplizierens an besagter Stelle. Die Beschreibung des Vorgangs ist Abschnitt 4.2.6 zu entnehmen.





Zählte man diese Messwerte mit, erhielte man ein falsches hohes Ergebnis. Daher wurde der Abschnitt mithilfe einer Software markiert. In einem darauffolgenden Rechenschritt wurden alle entsprechend markierten Messwerte sowohl im UV-A- als auch im UV-B/C-Bereich mit Null multipliziert und so unschädlich entfernt. Im selben Beispiel ist auch zu erkennen, dass der Proband das Dosimeter während der Mittagspause von etwa 11:00 bis 11:30 Uhr zwar abgelegt, aber auch korrekt abgedeckt hat.

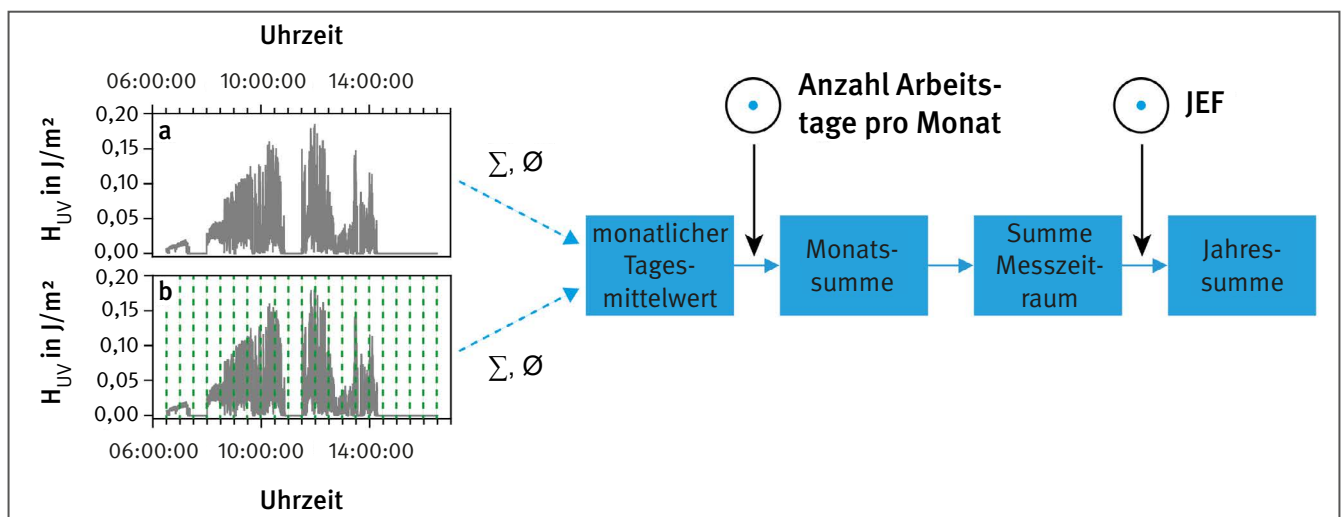
Auf diesen letzten Schritt folgt nun die Bildung der Tagessummen und der Halbstundenwerte zur Auswertung.

### 4.3 Ableitung von Summenwerten

Der im Zuge der Datenaufbereitung erarbeitete Metadatenatz enthält Informationen der Messdaten auf Sekundenbasis. Für die Gesamtbetrachtung einer Exposition von Beschäftigten ist diese Informationstiefe aber nicht notwendig. Es ist daher angebracht, die Sekundenwerte zu kumulierten Summen zusammenzuführen. Dazu wird ein Verfahren durchgeführt, das aus den Sekundenwerten zunächst Tageswerte/Tagessummen entwickelt, daraus monatliche Tagesmittelwerte und von diesen Jahresexpositionswerte. Abbildung 13 zeigt anschaulich das Verfahren, das in den folgenden Abschnitten beschrieben wird.

Abbildung 13:

Verlauf der Extrapolation von Daten. Beginnend von den Messwerten auf Sekundenbasis werden Tagessummen (links oben) bzw. Halbstundenwerte (links unten) ermittelt, daraus ein monatlicher Tagesmittelwert berechnet und dieser dann mithilfe der Anzahl Arbeitstage pro Monat auf eine Monatssumme extrapoliert. Die Summe der Monatssummen von April bis Oktober wird mithilfe des Jahresextrapolationsfaktors (JEF) auf einen Jahresexpositionswert hochgerechnet.



#### 4.3.1 Tagessummen

Tagessummen der Exposition gegenüber UV-Strahlung bieten die Möglichkeit, eine Aussage über die Gesamtexposition an einem Tag zu treffen. Es eröffnet sich die Möglichkeit, einfach auf monatliche Mittelwerte oder Jahresexpositionen hochzurechnen und dabei Schwankungsbreiten anzugeben.

Tagessummen werden als Summe aller an einem Tag vorhandenen Sekundenwerte gebildet. Dabei wird nicht auf die Subkategorisierung für die Halbstundenwerte geachtet; eine sorgfältige Datenanalyse im Vorfeld ist besonders wichtig. Sofern Abschnitte herausgeschnitten werden müssen, beispielsweise Mittagspausen, in denen das Dosimeter abgelegt, aber nicht abgedeckt wurde, werden diese entsprechend Abschnitt 4.2.4 bearbeitet. Diese Werte werden dann technisch auf Null gesetzt.

#### 4.3.2 Halbstundenwerte

Im internationalen Umfeld hat sich durchgesetzt, Expositionen in Stundenintervallen anzugeben. Es ist zu erwarten, dass sich dies auf eine halbe Stunde weiter verfeinern wird. Der Vorteil einer genauen Verfolgung von Expositionsverläufen an einem Tag, verbunden mit dem Wissen über die ausgeführte Tätigkeit, schafft die Möglichkeit, der Exposition angemessene Präventionsmaßnahmen einzuführen. Dementsprechend werden die Halbstundenwerte sowohl für die Berufsebene als auch für die Teiltätigkeitsgruppen und Teiltätigkeiten ermittelt.

Halbstundenwerte ergeben sich aus der Summe von Sekundenwerten, die innerhalb einer halben Stunde gemessen wurden. Eine halbe Stunde hat dabei einen festgelegten Startpunkt von XX:00:00 bis XX:29:59 Uhr beziehungsweise bis XX:30:00 bis XX:59:59 Uhr. Zu Beginn oder zum Ende eines Tages, aber auch vor und nach längeren Arbeitsunterbrechungen kommt es vor, dass eine halbe Stunde nicht vollständig ist. Daher wurde

die Konvention festgelegt, dass innerhalb des dann unvollständigen Halbstundenabschnittes mindestens zehn Minuten (ein Drittel) an Aktivität vorliegen muss. Eine manuelle Überprüfung und Inaugenscheinnahme erfolgt unter Berücksichtigung des Beschleunigungssensors und dessen Betrages.

Aus der Aufbereitung der Messdaten können Halbstundenwerte aus zwei verschiedenen Zweigen extrahiert werden (siehe Abbildung 8). Tage der Kategorie 10, die auch voll in die Tagessummenbildung eingehen, werden in Halbstundenabschnitte zerlegt. Zudem konnten aus den Tagen der Kategorie 40 eine große Anzahl von Halbstundenwerten extrahiert werden. Die Anzahl der Halbstundenwerte ist daher nicht notwendigerweise mit der Anzahl der Tageswerte korreliert.

### 4.3.3 Monatliche Tagesmittelwerte und Monatssummen

Sowohl die Tagessummen als auch die Halbstundenwerte werden monatsweise arithmetisch gemittelt. Dazu wird die Summe aus den validen und entsprechend der Datenreduktion bearbeiteten Einzelwerten gebildet und diese durch die Anzahl der Messwerte geteilt. Zur Mittelwertbildung der Halbstundenwerte werden die jeweiligen Halbstundenwerte der einzelnen validen Tage summiert und durch die Anzahl der verwendeten Werte geteilt. Die monatlichen Tagesmittelwerte bilden die Basis für die Auswertung und auch die Diskussion um die arbeitsmedizinische Vorsorge sowie Überlegungen zu Expositionsgrenzwerten.

Bei der weiteren Entwicklung von Werten, die einen größeren Zeitraum umspannen, müssen Annahmen gemacht werden. Das bedeutet, dass bei der Extrapolation von Tagesmittelwerten auf Monatssummen festgelegt werden muss, wie viele Arbeitstage pro Monat anzusetzen sind. Gemäß der zurzeit gültigen Festlegung für die Anzahl der Arbeitstage pro Jahr von 230 werden für die Monate April, Juni und September 20 Arbeitstage festgelegt sowie

sowie für die Monate März, Mai, Juli, August und Oktober 21 Arbeitstage. Der Monatssummenwert wird dementsprechend als Produkt aus dem monatlichen Tagesmittelwert und der Anzahl der Arbeitstage berechnet.

Im weiteren Verlauf der Auswertung werden die Monatssummen nur dazu verwendet, um daraus die Jahresexpositionswerte zu berechnen. Für die Beurteilung von Saisonarbeiten oder kurzfristigen Arbeitseinsätzen kann es aber sinnvoll sein, Monatssummen zu verwenden.

Zur Verwendung der monatlichen Werte sei zudem auf Abschnitt 5.1.1 hingewiesen.

### 4.3.4 Jahresexpositionswerte

Jahresexpositionswerte sind das gängige Mittel, um Expositionswerte zu bewerten und untereinander zu vergleichen. Wenngleich sie keine detaillierten Informationen über die Entwicklung der Exposition im Jahresverlauf mehr besitzen, kann auf der Basis dieser Werte Prävention betrieben werden.

Diese Jahresexpositionswerte werden in zwei Schritten berechnet. Zunächst wird aus den Monatssummenwerten die entsprechende Summe (Summe Messzeitraum) gebildet, die sich aus den Messwerten ergibt. Dies umfasst üblicherweise den Zeitraum von April bis Oktober. Die Extrapolation auf das gesamte Jahr wird dann mithilfe des Jahresextrapolationsfaktors durchgeführt, der sich aus dem Jahreszeitenfaktor (siehe Abschnitt 1.8.2) ergibt. Fehlen Monatswerte innerhalb des Messzeitraums von April bis Oktober, so werden diese interpoliert. Es kann jedoch sein, dass es fachliche Argumente gibt, die Extrapolation nicht auf das gesamte Jahr zu erstrecken. Beispielgebend sind hier Fachkräfte für Bäderbetriebe, deren Saison von April bis Oktober dauert – und damit durch den Messzeitraum vollständig erfasst wird, oder Sportlehrer, die im gesamten Juli wegen Schulferien nicht beruflich exponiert sind.

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der UV-Strahlungsmessungen zusammen. Der Fokus liegt dabei auf der Analyse der UV-Bestrahlung und der damit verbundenen Exposition der Beschäftigten mit der Zielrichtung, valide Werte für die Prävention und das Berufskrankheitengeschehen abzuleiten.

Für die Prävention ist es sinnvoll, monatliche Tagesmittelwerte zu kennen, damit Schwerpunkte der Bestrahlung identifiziert und situationsbezogene Schutzmaßnahmen entworfen und eingesetzt werden können. Für eine tiefer gehende Analyse und Nutzbarkeit der Daten zum Beispiel in smartphonebasierten Applikationen (Apps) ist es nützlich, den internationalen Standard der Stundenmittelwerte weiterzudenken und Halbstundenwerte zu ermitteln. Letzteres macht insbesondere Sinn, wenn einzelne Teiltätigkeiten betrachtet werden sollen. Tätigkeiten entsprechend der Analyse am Tag anders zu verteilen, könnte eine organisatorische Schutzmaßnahme sein.

Für das BK-Geschehen reicht es zunächst aus, Jahressummen zu kennen. Diese können dann – nach Prüfung der Validität und Übertragbarkeit auf vergangene Jahre – verwendet werden, um die Bestrahlung retrospektiv zu bestimmen und in Verbindung mit der Wittlich'schen Formel (siehe Abschnitt 1.8.2) eine Aussage über die arbeits-technischen Voraussetzungen zur Anerkennung einer BK Nr. 5103 zu treffen. Weiß man in einem nächsten Schritt Details über die während des Berufslebens ausgeübten Teiltätigkeiten, ist auch eine Kombination dieser Teiltätigkeiten denkbar. Den Tätigkeitsprofilen kommt hierbei die entscheidende Bedeutung zu. Der Einfluss der tätigen Person und das Tätigkeitsprofil stellen die Primäreinflüsse auf die Bestrahlung insgesamt dar.

Zu einer genauen Analyse der Messdaten gehört auch die Berücksichtigung von möglichen Sekundäreinflüssen, wie das Nord-Süd-Gefälle in Deutschland und die Sonnenscheindauern während der verschiedenen Jahre der Messkampagne. Aus dem Tracking einer Berufsgruppe über verschiedene Jahre lassen sich weitere Erkenntnisse über die Validität der Messdaten ableiten.

### 5.1 Monatliche Mittelwerte und Jahresextrapolation

#### 5.1.1 Monatliche Tagesmittelwerte

Alle physikalischen Parameter werden mit GENESIS-UV im Sekundentakt gemessen. Für die tägliche Praxis ist diese Auflösung jedoch zu genau, sodass ein Mittelweg zwischen Detailinformation und Anwendbarkeit gefunden werden muss. Es hat sich herausgestellt, dass die – wie in der Wittlich'schen Formel verwendete – Auflösung nach

Monaten ausreichend genau ist. Dementsprechend werden alle Tagessummenwerte (siehe dazu Abschnitt 4.3.1) eines Monats zur Bildung eines monatlichen Tagesmittelwertes verwendet: Alle Einzelwerte werden summiert und im Rahmen einer deskriptiven statistischen Analyse durch die Anzahl geteilt (arithmetischer Mittelwert). Hinsichtlich der Fehlerbetrachtung liegt es in der Natur der Dinge, dass die Standardabweichung ( $\sigma$ ) in solch einem Fall sehr groß ist und den gesamten Wertebereich umfassen kann. Es gibt Tage, an denen Versuchspersonen starkem Sonnenschein (und damit verbundener UV-Strahlung) ausgesetzt sind, aber auch Tage, an denen sie bei schlechtem Wetter oder im Innenraum beschäftigt sind. Wesentlich aussagekräftiger ist der Standardfehler ( $\sigma/\sqrt{n}$ ,  $n$  ist die Anzahl der Messwerte). Dieser beschreibt die Varianz des Mittelwertes und gibt an, wie sehr dessen Schwankung bei einer erneuten Messung unter der Bedingung wäre, wenn ein ähnliches Personenkollektiv gewählt würde. Insbesondere diese Aussage ist für die spätere Verwendung des Messwertes entscheidend.

Für die Ebene der Berufe und der Teiltätigkeitsgruppen zeigt Abschnitt 5.1.4 die ermittelten Werte nach den Kampagnenjahren 2014 bis 2019 in alphabetischer Reihenfolge der Berufe. Die vollständigen Werte der deskriptiven Beschreibung sind in der Online-Ressource (siehe Abschnitt 5.1.4 und Abbildung 16) zu finden.

Auf der Berufsebene und Ebene der Teiltätigkeitsgruppen sind noch Lücken vorhanden, da es in den entsprechenden Monaten keine vollständigen, validen Tagesmesswerte gab. Dies kann verschiedene Ursachen haben. Es ist möglich, dass die in diesem Beruf tätigen Beschäftigten nur Tagesfragmente produziert haben, die dann ausschließlich in die Halbstundenauswertung einfließen konnten (siehe Abschnitt 4.3), oder aber dass nur wenige Versuchspersonen (manchmal nur eine) pro Beruf gewonnen werden konnten, die nur unzureichende Messaktivitäten ausgeführt haben. Letztlich ist es aber auch möglich, dass gewonnene Daten nicht die Qualitätsmerkmale erfüllt haben und so nicht zur Auswertung zugelassen wurden. Es wird Aufgabe der kommenden Jahre sein, im Auftrag und in Zusammenarbeit mit den UV-Tägern diese Lücken zu füllen.

#### 5.1.2 Monatliche Halbstundenmittelwerte

Um das Verhalten von Versuchspersonen über den Tag genauer studieren zu können, ist die Bildung von monatlichen Halbstundenmittelwerten (siehe Abschnitt 4.3.2) sinnvoll. Damit kann man direkt über eine Berufs- oder Teiltätigkeitsgruppe Aussagen treffen, wann die größte Exposition am Tag auftritt. Vom Gang der Sonne an einem Tag und der damit verbundenen Exposition durch

UV-Strahlung ist die höchste Exposition um die Mittagszeit (Sonnenhöchststand im Sommer etwa um 13 Uhr MESZ) zu erwarten. Etwa 63 % der täglich maximal möglichen UV-Bestrahlung im Sommer wird zwischen 11 und 15 Uhr erreicht. Durch das Verhalten und die Arbeitsprofile ist aber eine individuelle Verteilung der täglichen Bestrahlung möglich. Der Einfluss durch die Berufs- oder Teiltätigkeitsgruppe zeigt sich dann in der Halbstundendarstellung. In der Online-Ressource (siehe Abschnitt 5.1.4) sind die Halbstundenmittelwerte für jede Berufs- und Teiltätigkeitsgruppe angegeben.

Ein weiterer Vorteil, den die Bildung der Halbstundenmittelwerte bietet, liegt in der flexibleren Berechnung eines Tagesmittelwertes. Wenn ein Berufsprofil auf einer regulären Beschäftigung von acht Stunden aufgebaut ist, eine Person aber an bestimmten Tagen und Stunden in Teilzeit arbeitet, kann man durch Summation der Halbstundenmittelwerte die gewünschte Tagessumme ermitteln. Zudem kann das Maximum der Bestrahlung an einem Arbeitstag berechnet werden. Dazu werden für eine achtstündige Arbeitsschicht die 16 aneinanderhängenden Halbstundenmittelwerte aufsummiert, welche die größte Summe ergeben. Diese Summe ist in Abschnitt 5.1.4 den jeweiligen Berufs- und Teiltätigkeitsgruppen zugeordnet.

### 5.1.3 Extrapolierte Jahresexpositionswerte

Für die Präventionsarbeit sowie den Vergleich und die Wahrnehmung durch Personen, die nicht mit den fachlichen Informationen in der Tiefe vertraut sind, ist eine Extrapolation der gemessenen Werte von größerer Bedeutung. Die in dieser Arbeit gewonnenen monatlichen Tages- oder Halbstundenmittelwerte sind das eigentliche Ergebnis der Studie und bilden eine gute Basis für Extrapolationen. Extrapolationen können aber nur unter der Verwendung von Annahmen erfolgen. Um aus den Tages- und Halbstundenwerten auf Jahresexpositionswerte schließen zu können, muss zum einen eine Anzahl von Regelarbeitstagen pro Monat festgelegt werden, um die monatlichen Tages- und Halbstundenmittelwerte entsprechend extrapolieren zu können. Zudem muss über einen Jahresextrapolationsfaktor (JEF) der Teil des Jahres extrapoliert werden (November bis März), in dem keine Messungen stattgefunden haben. Dabei ist zu beachten, dass es Berufe geben kann, die stark saisonabhängig sind, wie beispielsweise bei den Fachangestellten für Bäderbetriebe, deren Saison im März mit den Vorbereitungen im Freibad beginnt und im Oktober wieder endet. Ein weiteres Beispiel sind Sportlehrer. Dort fehlen Expositionswerte für den Monat Juli. Da in diesem Monat aber üblicherweise Sommerferien sind, tritt bei dieser Berufsgruppe keine beruflich verursachte Exposition auf. Auch in diesem Fall muss die Extrapolation auf den vollen Jahreswert entsprechend angepasst werden. In diesem Fall ist auch zu überprüfen, ob es zu einer Exposition im Winter kommt und diese in den Messungen fehlende Zeit

extrapoliert werden muss. Wegen der Erkrankungsgefahr und des häufig auftretenden schlechten Wetters findet Schulsport im Winter oftmals in der Sporthalle statt. Jede Berufs- und Teiltätigkeitsgruppe ist auf solche Besonderheiten zu überprüfen. Die detaillierte Vorgehensweise zur Bildung der extrapolierten Jahresexpositionswerte ist in Abschnitt 4.3.4 beschrieben.

### 5.1.4 Werte für Berufs- und Teiltätigkeitsgruppen

Dieser Abschnitt enthält die in den Abschnitten 5.1.1 bis 5.1.3 beschriebenen Werte. Die Auflistung erfolgt alphabetisch nach Berufen, jedoch in jeweils zwei getrennten Tabellen. Die erste Tabelle in Abschnitt 5.1.4.1 enthält dabei Berufe und Teiltätigkeitsgruppen, die bereits messtechnisch detailliert untersucht wurden und belastbare Aussagen erlauben. Die zweite Tabelle in Abschnitt 5.1.4.2 listet Berufe und Teiltätigkeitsgruppen, die noch in der Erarbeitung sind. Enthalten sind auch Berufe und Teiltätigkeitsgruppen, die im Rahmen der Analyse mit zu geringer Anzahl an Datenpunkten erkannt wurden und daher nicht in den Status belastbarer Aussagen zu dem Profilbild überführt werden konnten.

Angegeben sind jeweils die Bezeichnung des Berufes, der Teiltätigkeitsgruppe, sowie die monatlichen Tagesmittelwerte in  $J/m^2$ . „Tage“ gibt den Bezug zu Abschnitt 5.1.1 an, „1/2-h“ den Bezug zu Abschnitt 5.1.2. Dargestellt sind die Mittelwerte ( $\bar{X}$ ), sowie die Standardfehler des Mittelwertes ( $\sigma/\sqrt{N}$ ). Die Jahresextrapolation wurde ebenso in der Einheit  $J/m^2$  angegeben. In der ersten dazugehörigen Spalte ist die aus den monatlichen Tagesmittelwerten extrapolierte und mit Messwerten belegte Summe über den Zeitraum der Messkampagne von April bis Oktober ( $\Sigma$ ) mit Fehler angegeben, jeweils abgeleitet aus den Tages- und Halbstundenwerten. Die zweite Spalte enthält den Jahresextrapolationsfaktor (JEF), der die Skalierung von der Messung auf das ganze Jahre ermöglicht. Die letzte Spalte gibt die Jahresbestrahlung  $H_{\text{Jahr}}$  an.

#### 5.1.4.1 Berufe und Teiltätigkeitsgruppen – „statistisch belastbar“

Die in diesem Abschnitt gelisteten Berufe oder Teiltätigkeitsgruppen können in der Prävention Anwendung finden. Die statistische Analyse, die den ermittelten Werten zugrunde liegt, ist ausreichend sicher für eine Verwendung der Jahresexpositionswerte in der Praxis, mit Ausnahme des Berufskrankheitengeschehens. Hierfür müssen noch andere Faktoren berücksichtigt werden, die nicht alleine in diesem Forschungsprojekt bearbeitet wurden. Die Nutzbarmachung dieser Daten für die Verwendung im BK-Geschehen kann im Nachgang an anderer Stelle geschehen und sollte gesondert publiziert werden.

Werte für: Agrarbiologe (88321), Biologielaborant

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅			588,82	400,37	212,00	375,74		32 151,07	0,59	54 959,10
σ/√N			86,25	73,60	51,42			2 555,45	0,50	5 162,52
	<b>1/2-h</b>									
∅			686,13	461,63	248,92	355,22		35 748,56	0,59	61 108,64
σ/√N			38,91	32,15	24,33	63,88		1 718,91	0,59	2 938,30

Werte für: Agraringenieure (0322), Bereich Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	145,27	215,01	91,40	67,23	88,76	76,09	15,57	14 373,12	0,88	16 333,09
σ/√N	50,82	70,03	52,52	12,88	20,59	16,65	4,17	2 162,76	0,88	2 457,68
	<b>1/2-h</b>									
∅	134,71	200,43	189,80	127,09	87,14	79,16	19,72	17 195,40	0,88	19 540,22
σ/√N	16,49	18,05	22,79	10,18	7,09	5,73	2,36	737,25	0,88	837,78

Werte für: Agrartechniker (0323)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	208,58	322,14	412,31	321,76	320,85	93,60	47,54	35 548,12	0,88	40 395,59
σ/√N	28,72	34,82	29,43	27,37	32,36	16,67	10,82	1 471,80	0,88	1 672,50
	<b>1/2-h</b>									
∅	240,27	363,93	456,29	365,24	374,19	123,36	54,38	40 710,84	0,88	46 262,32
σ/√N	12,05	13,85	12,40	12,77	14,67	8,85	5,06	643,23	0,88	730,94

Werte für: Agrartechniker (0323), agrar-technische Arbeiten

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		199,96	326,14	273,67	223,71	137,95	48,92	24 953,36	0,78	31 991,48
σ/√N		78,36	73,15	36,12	46,86	41,10	19,03	2 688,38	0,78	3 446,64
	<b>1/2-h</b>									
∅		307,40	479,92	355,20	274,28	141,14	59,89	33 353,71	0,78	42 761,16
σ/√N		29,22	30,39	23,49	19,47	15,56	8,65	1 134,04	0,78	1 453,90

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Agrartechniker (0323), Bereich Dünger- und Pflanzenschutz

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	74,34	133,27	190,12	130,02	140,72	68,54	44,83	16 085,38	0,88	18 278,85
σ/√N	21,54	22,46	24,75	18,01	17,66	10,02	9,65	1 007,32	0,88	1 144,68
	<b>1/2-h</b>									
∅	69,51	130,51	176,71	130,84	146,42	71,04	43,18	15 815,33	0,88	17 971,97
σ/√N	8,42	10,17	15,52	11,66	9,60	6,19	4,03	541,67	0,88	615,53

Werte für: Agrartechniker (0323), Versuchstechniker (Landwirtschaft)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	208,58	336,31	429,13	337,57	351,00	84,27	46,88	36 946,32	0,88	41 984,45
σ/√N	28,72	37,56	32,01	34,29	39,18	18,11	13,52	1 664,14	0,88	1 891,07
	<b>1/2-h</b>									
∅	285,94	489,16	489,49	433,82	545,72	143,11	68,45	50 650,70	0,88	57 557,61
σ/√N	14,54	20,44	14,02	17,57	25,51	16,28	17,91	1 008,95	0,88	1 146,54

Werte für: Agrartechniker (0323)/Landw.-techn. Sonderfachkräfte (6312), agrar-technische Arbeiten und Versuchsfeldmitarbeiter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅			149,48	38,01	27,53	51,52	3,45	5 468,72	0,63	8 680,51
σ/√N			38,95	6,53	9,95	23,42	1,67	943,41	0,63	1 497,48
	<b>1/2-h</b>									
∅			193,05	39,45	27,08	47,05		6 199,17	0,59	10 596,88
σ/√N			27,76	5,96	4,18	7,99		597,72	0,59	1 021,75

Werte für: Anlagenbediener, allgemein (54392)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	274,30	189,15	164,14	161,90	98,43	71,09	23,72	20 127,72	0,88	22 872,41
σ/√N	31,37	18,33	14,64	13,68	9,80	8,21	3,72	886,18	0,88	1 007,02
	<b>1/2-h</b>									
∅	266,84	201,34	209,36	201,12	133,26	92,96	32,82	23 322,52	0,88	26 502,86
σ/√N	15,95	8,83	9,23	8,32	7,82	4,56	2,32	488,23	0,88	554,81



Werte für: Anlagenbediener, allgemein (54392), Band-, Aufbereitungs-, Brechanlagenbediener

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		59,06	95,61	116,51	69,26	30,79	7,05	7 817,65	0,78	10 022,63
σ/√N		11,68	20,42	23,86	13,92	4,56	1,37	756,83	0,78	970,29
	<b>1/2-h</b>									
∅			175,34	206,27	127,74	49,35	10,61	11 730,92	0,63	18 620,51
σ/√N			26,98	17,38	13,47	4,63	1,20	716,68	0,63	1 137,58

Werte für: Anlagenbediener, allgemein (54392), Chemiewerker

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		114,74	105,33	91,93	49,69	30,05	48,97	9 119,48	0,78	11 691,64
σ/√N		28,57	47,28	3,92		12,70	5,81	1 157,72	0,78	1 484,26
	<b>1/2-h</b>									
∅			151,79	99,82	71,26	101,02	56,45	9 834,44	0,63	15 610,22
σ/√N			33,90	23,72	19,40	27,82	11,99	1 116,53	0,63	1 772,28

Werte für: Anlagenbediener, allgemein (54392), Deponiewärter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	274,30	215,75	193,34	192,80	124,85	102,22	42,09	23 482,53	0,88	26 684,69
σ/√N	31,37	21,05	18,06	15,97	12,97	12,73	6,70	995,32	0,88	1 131,04
	<b>1/2-h</b>									
∅	274,02	231,60	228,03	206,09	129,11	113,51	43,96	25 137,39	0,88	28 565,22
σ/√N	17,25	10,32	11,33	10,04	6,78	5,66	3,39	547,61	0,88	622,29

Werte für: Baggerführer (5452), Vorarbeiter Wasserwirtschaft

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	247,84	145,61	70,50	83,20	107,21	49,07	17,64	14 775,01	0,88	16 789,78
σ/√N	42,88	54,59	25,20		18,59	10,36	5,20	1 584,66	0,71	2 231,92
	<b>1/2-h</b>									
∅	248,75	154,30	72,02		113,99	50,65		13 062,61	0,67	19 643,03
σ/√N	19,94	23,63	13,60		10,86	5,28		736,43	0,67	1 107,42

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Bauhilfsarbeiter, Bauhelfer, sonstige (472), Bau- und Reparaturarbeiten in den Standorten der Firma

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	119,28	250,75	270,26	247,84	111,05	79,76	65,85	23 571,40	0,88	26 785,68
σ/√N	44,24	54,29	43,07	34,41	11,27	11,31	15,53	1 886,89	0,88	2 144,19
	<b>1/2-h</b>									
∅	110,49	246,31	259,84	237,36	111,17	82,40	65,52	22 921,95	0,88	26 047,67
σ/√N	13,77	18,30	17,63	14,35	5,55	4,43	5,07	686,76	0,88	780,40

Werte für: Baumaschinenführer (546)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	266,98	274,56	331,46	373,78	238,48	164,86	68,97	35 337,68	0,88	40 156,46
σ/√N	15,35	15,89	17,70	27,56	18,65	9,02	4,48	927,81	0,88	1 054,33
	<b>1/2-h</b>									
∅	263,81	272,00	327,96	337,48	243,94	162,70	70,53	34 492,65	0,88	39 196,19
σ/√N	5,65	5,21	5,71	5,95	5,99	3,10	1,51	272,11	0,88	309,22

Werte für: Baumaschinenführer (546), Turmdrehkranführer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	70,96	17,25	21,41	16,58	38,60	17,94	15,25	4 047,54	0,88	4 599,47
σ/√N	18,24	1,35	2,75	1,34	13,86	3,75	2,45	480,28	0,88	545,77
	<b>1/2-h</b>									
∅	72,74	15,74	22,77	15,58	43,15	17,29	17,19	4 180,64	0,88	4 750,73
σ/√N	7,57	0,90	2,77	0,80	5,76	1,54	1,33	207,42	0,88	235,70

Werte für: Baumaschinenführer (546), Baumaschinenführer und Kanalbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	350,64	385,97	577,78	703,38	349,97	204,36	80,94	54 581,05	0,88	62 023,93
σ/√N	25,21	26,48	36,52	81,34	45,21	18,87	9,25	2257,43	0,88	2 565,26
	<b>1/2-h</b>									
∅	345,67	375,82	560,87	561,30	338,45	195,99	83,48	50 590,94	0,88	57 489,71
σ/√N	10,09	9,20	12,54	13,84	13,53	5,98	2,95	569,47	0,88	647,13

Werte für: Baumaschinenführer (546), Baumaschinenführer und Rohrleitungsbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	265,75	241,74	215,71	248,98	281,47	183,91	79,80	31 198,94	0,88	35 453,35
σ/√N	26,92	40,13	18,99	36,45	49,66	30,80	28,12	1 883,09	0,88	2 139,88
	<b>1/2-h</b>									
∅	240,28	241,13	215,92	239,22	278,72	183,52	81,29	30 441,89	0,88	34 593,05
σ/√N	13,71	14,61	8,31	13,41	17,92	12,25	9,82	721,53	0,88	819,92

Werte für: Baumaschinenführer (546), Baumaschinenführer und Straßenbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	287,55	280,38	301,46	347,79	227,75	144,71	66,13	34 037,58	0,88	38 679,07
σ/√N	18,89	16,80	14,18	16,31	14,98	8,40	4,37	774,97	0,88	880,65
	<b>1/2-h</b>									
∅	291,49	274,63	296,48	341,63	233,46	145,85	66,25	33 911,59	0,88	38 535,90
σ/√N	6,87	5,76	5,15	5,69	5,45	3,10	1,51	276,29	0,88	313,97

Werte für: Berufskraftfahrer, Güterverkehr (7144)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	111,11	117,71	149,69	160,83	142,48	119,66	33,10	17 145,56	0,88	9 483,59
σ/√N	9,33	7,50	9,63	8,96	7,81	7,79	2,34	430,85	0,88	489,61
	<b>1/2-h</b>									
∅	136,33	134,81	165,80	198,51	163,75	129,51	34,62	19 797,95	0,88	22 497,68
σ/√N	4,67	3,64	4,57	5,73	3,83	3,60	1,25	223,04	0,88	253,45

Werte für: Berufskraftfahrer, Güterverkehr (7144), Auslieferungsfahrer im Lebensmittelhandel

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	110,90	128,30	146,47	193,29	171,99	151,86	31,33	19 207,78	0,88	21 827,02
σ/√N	11,33	11,30	14,58	14,54	11,65	12,70	3,73	645,26	0,88	733,26
	<b>1/2-h</b>									
∅	130,79	147,09	178,82	243,44	195,04	153,18	31,89	22 222,38	0,88	25 252,70
σ/√N	5,25	5,02	6,82	8,58	5,30	5,27	1,49	312,43	0,88	355,03

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Berufskraftfahrer, Güterverkehr (7144), Auslieferungsfahrer im Getränkehandel

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	96,42	139,52	144,74	152,11	56,64	66,00	32,66	14 142,51	0,88	16 071,04
σ/√N	14,79	30,46	19,29	22,98	20,15	7,00	4,02	1 041,31	0,88	1 183,31
	<b>1/2-h</b>									
∅	149,82	201,12	120,72	180,55	125,47	79,64	40,60	18 506,25	0,88	21 029,82
σ/√N	14,04	20,00	10,34	15,27	15,12	5,59	3,70	721,28	0,88	819,63

Werte für: Berufskraftfahrer, Güterverkehr (7144), Auslieferungsfahrer im Getränkehandel (vorwiegend Kleinkunden, ohne Kommissionieren)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		95,50	164,78	135,25	115,33	96,55	36,78	13 266,80	0,78	17 008,72
σ/√N		8,73	14,15	10,32	6,45	7,57	3,77	456,23	0,78	584,91
	<b>1/2-h</b>									
∅		96,65	165,32	142,26	118,25	99,37	36,20	13 554,30	0,78	17 377,31
σ/√N		4,11	6,55	5,97	4,62	4,33	2,45	244,69	0,78	313,71

Werte für: Berufskraftfahrer, Güterverkehr (7144), Auslieferungsfahrer im Baustoffhandel

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	194,42	171,09	76,75	49,68	1,96	3,14	0,56	10 175,37	0,88	11 562,92
σ/√N	54,87	152,88	19,29	12,02	0,82	2,18		3 424,37	0,84	4 101,04
	<b>1/2-h</b>									
∅	193,47	143,60	70,04	50,01	2,97	5,24		9 503,09	0,84	11 380,95
σ/√N	21,41	36,39	7,29	7,37	0,65	3,19		903,87	0,84	1 082,48

Werte für: Betonbauer (442), Betonbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	306,90	345,78	427,53	434,12	397,01	224,68	93,33	45 857,17	0,88	52 110,42
σ/√N	15,29	13,93	15,15	13,18	13,71	8,66	4,73	685,82	0,88	779,34
	<b>1/2-h</b>									
∅	324,63	344,69	437,44	430,35	395,56	226,71	94,77	46 348,52	0,88	52 668,77
σ/√N	5,87	5,00	5,66	5,08	5,47	3,27	1,72	260,33	0,88	295,83

Werte für: Betriebsschlosser, Reparaturschlosser (272)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		138,46	217,51	427,53	516,10	274,10	29,46	33 174,99	0,78	42 532,04
σ/√N		33,28	40,58	128,06	73,88	43,08	11,27	3 403,55	0,78	4 363,53
	<b>1/2-h</b>									
∅		176,85	221,65	448,34	520,75	278,03	30,41	34 697,11	0,78	44 483,47
σ/√N		14,45	17,61	44,10	43,19	23,42	4,57	1 457,72	0,78	1 868,88

Werte für: Betriebsschlosser, Reparaturschlosser (272), Betriebsschlosser in der Gewinnung oder Aufbereitung von Naturstein

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		265,98	240,29	522,86	543,60	280,93	31,39	39 064,97	0,78	50 083,30
σ/√N		45,09	48,87	151,22	72,99	43,84	12,14	3 888,40	0,78	4 985,13
	<b>1/2-h</b>									
∅		264,86	227,56	581,36	551,01	281,39	32,65	40 206,58	0,78	51 546,89
σ/√N		21,32	17,40	53,76	45,39	23,85	5,02	1 656,30	0,78	2 123,47

Werte für: Bohrgeräteführer (46621), Bohrgeräteführer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	230,58	458,59	627,26	410,06	380,10	217,55	123,69	50 328,99	0,88	57 192,04
σ/√N	72,45	85,89	32,66	44,77	30,89	22,92	16,18	2 722,05	0,88	3 093,24
	<b>1/2-h</b>									
	7,5 h	7 h	7,5 h	7,5 h	7,5 h	7 h	7,5 h			
∅	243,65	484,92	668,26	437,29	406,15	223,93	125,48	53 247,33	0,88	60 508,33
σ/√N	29,70	37,82	26,00	26,61	18,38	16,79	7,99	1 362,41	0,88	1 548,19

Werte für: Bootsbauer (5041), Bootsbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		158,27	176,59	211,81	151,86	35,12		15 194,71	0,74	20 673,07
σ/√N		69,90	35,40	49,56	43,00	24,10		2 187,93	0,74	2 976,78
	<b>1/2-h</b>									
∅		189,14	192,04	225,37	242,32	33,31		18 300,18	0,74	24 898,21
σ/√N		35,25	20,43	24,65	57,77	7,61		1 574,11	0,74	2 141,65

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Dachdecker (452)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	332,55	366,18	444,25	424,70	311,67	231,40	86,84	45 141,54	0,88	51 297,21
σ/√N	12,65	12,93	14,65	13,97	13,70	8,24	3,87	652,75	0,88	741,76
	<b>1/2-h</b>									
∅	334,09	374,81	455,20	435,36	320,15	231,81	88,99	46 027,65	0,88	52 304,15
σ/√N	4,71	4,82	5,69	5,50	5,25	3,26	1,58	250,88	0,88	285,09

Werte für: Dachdecker (452), Dachdecker

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	346,71	406,49	468,00	425,52	337,51	237,27	91,76	47 526,45	0,88	54 007,33
σ/√N	16,18	15,27	17,68	15,99	17,99	10,21	5,04	800,65	0,88	909,83
	<b>1/2-h</b>									
∅	348,21	412,22	479,92	440,31	342,43	235,29	93,89	48 334,29	0,88	54 925,33
σ/√N	5,89	5,81	6,83	6,38	6,88	4,00	2,02	307,29	0,88	349,20

Werte für: Dachdecker (452), Dachdecker und Zimmerer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	303,49	254,07	368,88	421,96	257,21	219,65	77,31	39 062,07	0,88	44 388,71
σ/√N	19,50	20,87	22,64	28,86	18,31	13,92	5,74	1 075,38	0,88	1 222,03
	<b>1/2-h</b>									
∅	303,75	266,55	377,28	418,69	270,73	225,51	79,34	39 872,30	0,88	45 309,43
σ/√N	7,70	7,73	9,52	10,75	7,24	5,59	2,45	418,96	0,88	476,09

Werte für: Deponiearbeiter (9357), Containerinstandsetzung

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	195,21	217,90	291,09	214,95	155,73	109,01	19,08	24 667,04	0,88	28 030,73
σ/√N	38,84	31,27	52,53	53,29	34,22	14,29	3,89	1 998,89	0,88	2 271,47
	<b>1/2-h</b>									
∅	216,27	218,67	303,18	248,62	156,37	128,76	19,73	26 475,52	0,88	30 085,82
σ/√N	27,12	12,74	17,91	21,55	12,54	8,66	1,50	894,01	0,88	1 015,91



Werte für: Erntehilfen, Landarbeitshelfer (0417), Erntehilfen Freiland

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	381,78	432,41	518,87	511,72	438,34	228,14	129,18	54 320,42	0,88	61 727,75
σ/√N	40,51	29,06	36,84	38,92	50,87	26,99	21,95	1 970,96	0,88	2 239,73
	<b>1/2-h</b>									
∅	386,16	417,48	556,63	536,08	454,66	239,37	130,81	55 962,82	0,88	63 594,11
σ/√N	16,16	10,40	14,56	18,18	20,90	11,71	8,34	812,89	0,88	923,74

Werte für: Erzieher (8641)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	80,75	84,15	75,72	84,75	54,78	34,28	8,64	8 693,65	0,88	9 879,15
σ/√N	6,40	4,72	3,85	4,48	2,77	1,74	0,61	213,90	0,88	242,07
	<b>1/2-h</b>									
∅	102,80	101,05	92,11	107,45	65,30	43,77	11,23	10 759,47	0,88	12 226,68
σ/√N	3,49	2,78	2,57	3,05	1,79	1,14	0,49	130,55	0,88	148,36

Werte für: Erzieher (8641), Erzieher Kindergarten

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	101,20	98,37	93,85	97,79	63,72	41,67	10,24	10 406,85	0,88	11 825,96
σ/√N	8,80	6,21	5,51	5,47	3,44	2,37	0,78	284,83	0,88	323,67
	<b>1/2-h</b>									
∅	124,55	114,59	110,38	122,18	76,33	53,49	12,69	12 609,92	0,88	14 329,46
σ/√N	4,51	3,25	3,30	3,66	2,25	1,51	0,60	162,32	0,88	184,45

Werte für: Erzieher (8641), Erzieher Kinderkrippe

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	42,48	52,70	44,77	48,17	31,40	19,47	5,18	5 021,13	0,88	5 705,83
σ/√N	6,82	5,56	3,33	6,04	3,66	1,70	0,89	245,26	0,88	278,70
	<b>1/2-h</b>									
∅	63,70	78,09	65,16	65,37	39,95	24,43	8,06	7 086,27	0,88	8 052,58
σ/√N	5,21	6,16	4,40	5,21	2,41	1,40	0,81	225,64	0,88	256,41

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Fachangestellter für Bäderbetriebe (79286)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	226,79	222,09	289,51	346,51	268,88	62,35	16,85	29 513,92	1,00	29 513,92
σ/√N	15,29	13,98	19,38	22,18	21,24	10,02	3,59	889,80	1,00	889,80
	<b>1/2-h</b>									
∅	278,33	298,65	389,86	439,34	358,93	98,34	28,90	38 972,59	1,00	38 972,59
σ/√N	8,47	7,71	8,78	9,22	8,26	5,97	2,89	413,78	1,00	413,78

Werte für: Fachangestellter für Bäderbetriebe (79286), Fachkraft mit Beschäftigung größer 8 Stunden

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	226,86	252,05	333,78	353,37	308,63	64,36	41,25	32 561,41	1,00	32 561,41
σ/√N	19,34	27,77	31,66	29,18	29,66	9,82	4,20	1 304,06	1,00	1 304,06
	<b>1/2-h</b>									
∅	285,37	311,44	375,96	411,25	357,49	105,76	62,56	39 339,56	1,00	39 339,56
σ/√N	11,23	11,30	11,63	11,20	9,67	7,10	6,10	542,36	1,00	542,36

Werte für: Fachangestellter für Bäderbetriebe (79286), Fachkraft mit Beschäftigung kleiner 8 Stunden

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	226,72	200,44	244,37	338,27	200,95	59,03	6,57	26 273,14	1,00	26 273,14
σ/√N	23,94	13,09	21,37	34,19	25,02	21,34	1,94	1 209,48	1,00	1 209,48
	<b>1/2-h</b>									
∅	269,67	280,29	408,24	476,97	352,18	86,09	9,07	38 768,87	1,00	38 768,87
σ/√N	11,49	10,08	13,29	15,43	15,28	10,35	1,63	648,29	1,00	648,29

Werte für: Fachkraft für Abwassertechnik (93541), Klärwärter (Allrounder)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	125,88	173,51	192,00	201,32	165,73	128,77	50,08	21 336,36	0,88	24 245,86
σ/√N		24,41	15,19	16,29	27,09	15,76	5,06	952,11	0,88	1 081,94
	<b>1/2-h</b>									
∅	100,94	151,88	201,25	210,29	188,04	150,88	56,85	21 809,43	0,88	24 783,44
σ/√N	11,68	7,60	8,89	8,89	11,72	9,75	2,73	498,34	0,88	566,29

Werte für: Fassadenbauer (47399)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	340,06	348,65	431,93	314,22	219,20	211,90	70,10	39 673,69	0,88	45 083,74
σ/√N	30,23	20,59	26,48	19,40	19,52	14,33	8,72	1 132,49	0,88	1 286,92
	<b>1/2-h</b>									
∅	335,02	337,01	427,40	307,88	220,25	212,65	71,74	39 175,87	0,88	44 518,03
σ/√N	10,37	7,31	10,09	8,05	7,92	5,81	4,33	430,51	0,88	489,21

Werte für: Fassadenbauer (47399), Dachbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	468,21	462,99	651,63	609,70	507,72	204,75	107,55	61 938,85	0,88	70 385,06
σ/√N	59,22	36,64	59,76	193,22	141,65	24,30	40,60	5 449,80	0,88	6 192,95
	<b>1/2-h</b>									
∅	485,42	468,07	667,31	600,93	488,98	225,52	116,03	62 718,84	0,88	71 271,40
σ/√N	22,49	13,77	30,00	66,78	48,10	11,19	16,92	1 951,70	0,88	2 217,84

Werte für: Fassadenbauer (47399), Dach- und Fassadenbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	321,12	293,96	397,45	297,36	215,18	236,06	79,11	37 690,42	0,88	42 830,03
σ/√N	33,63	20,58	32,15	22,38	21,64	18,49	10,49	1 290,23	0,88	1 466,17
	<b>1/2-h</b>									
∅	309,33	285,03	393,44	288,89	214,04	226,05	80,39	36 811,95	0,88	41 831,77
σ/√N	12,34	8,32	12,46	9,34	8,40	7,58	6,09	512,27	0,88	582,12

Werte für: Fassadenbauer (47399), Dach- und Fassadenbauer (Obermonteur)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	313,07	370,68	412,31	337,28	207,70	90,04	44,86	36 479,34	0,88	41 453,80
σ/√N	70,30	60,90	52,10	36,07	37,42	32,34	11,09	2 522,16	0,88	2 866,10
	<b>1/2-h</b>									
∅	307,43	348,25	404,88	334,14	207,87	123,39	44,99	36 354,15	0,88	41 311,54
σ/√N	21,83	19,59	18,70	15,21	17,50	11,94	5,40	898,13	0,88	1 020,60

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Fischer (022), Binnenfischer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	334,70	188,61	176,87	171,41	132,74	120,33	43,62	23 902,03	0,88	27 161,40
σ/√N	49,95	20,85	19,11	18,83	16,98	13,85	8,90	1 315,73	0,88	1 495,14
	<b>1/2-h</b>									
∅	357,24	206,17	196,91	191,60	141,44	124,46	39,74	25 730,40	0,88	29 239,09
σ/√N	18,61	9,98	8,88	9,50	7,60	6,33	3,06	547,12	0,88	621,73

Werte für: Flugzeugabfertiger (72692)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	79,39	153,45	198,20	286,54	329,73	172,72	66,71	26 571,30	0,88	30 194,66
σ/√N	16,54	19,66	19,17	25,81	35,64	25,86	10,92	1 265,31	0,88	1 437,85
	<b>1/2-h</b>									
∅	101,91	185,15	265,74	357,54	430,19	210,88	78,74	33 654,55	0,88	38 243,80
σ/√N	14,24	16,04	17,36	19,18	21,65	13,37	6,62	880,20	0,88	1 000,22

Werte für: Flugzeugabfertiger (72692), Abfertiger im Flughafenvorfeld

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		165,49	257,10	359,00	426,43	252,59	75,81	31 755,16	0,78	40 711,74
σ/√N			16,53	37,02	44,89	43,54	17,21	1 578,37	0,63	2 505,35
	<b>1/2-h</b>									
∅		165,96	306,04	444,81	535,56	300,90	87,28	38 044,64	0,78	48 775,18
σ/√N			21,22	25,88	27,68	22,39	9,68	1 027,32	0,63	1 630,66

Werte für: Flugzeugabfertiger (72692), Frachtabfertiger im Flughafenvorfeld

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	79,39	152,92	154,66	203,21	160,51	97,06	56,40	18 656,02	0,88	21 200,03
σ/√N	16,54	20,53	27,98	25,65	25,84	15,95	12,85	1 169,54	0,88	1 329,02
	<b>1/2-h</b>									
∅	101,91	184,94	236,50	250,56	234,49	125,04	65,61	24 716,69	0,88	28 087,15
σ/√N	14,24	16,16	24,38	24,62	24,24	11,74	8,35	1 022,93	0,88	1 162,42

Werte für: Forstwirte (Waldfacharbeiter) (0621)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	141,62	152,45	162,98	147,29	139,54	91,85	25,03	17 679,55	0,88	20 090,40
σ/√N	8,52	11,37	12,10	10,94	14,50	10,67	2,40	581,54	0,88	660,84
	<b>1/2-h</b>									
∅	160,66	166,29	176,77	168,90	162,07	103,68	31,55	19 927,34	0,88	22 644,71
σ/√N	4,53	5,06	5,49	5,51	8,03	4,15	1,30	284,60	0,88	323,41

Werte für: Forstwirte (Waldfacharbeiter) (0621), Arbeiter im kommunalen oder privaten Forst

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	140,24	159,84	169,26	133,79	89,19	60,65	25,45	15 976,48	0,88	18 155,09
σ/√N	10,32	16,59	15,18	13,87	11,66	8,03	3,44	657,28	0,88	746,91
	<b>1/2-h</b>									
∅	164,98	174,80	186,65	162,66	98,92	75,53	33,27	18 405,62	0,88	20 915,47
σ/√N	5,54	6,94	6,94	7,38	6,30	3,52	1,74	317,20	0,88	360,45

Werte für: Forstwirte (Waldfacharbeiter) (0621), Forstwirt

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	146,13	134,74	147,56	138,27	189,95	148,38	22,62	19 038,84	0,88	21 635,05
σ/√N	16,69	14,72	19,00	18,43	30,01	23,17	3,74	1 057,95	0,88	1 202,22
	<b>1/2-h</b>									
∅	151,06	155,99	157,33	149,21	214,55	152,98	26,92	20 707,49	0,88	23 531,23
σ/√N	8,40	7,94	8,86	9,60	15,87	8,86	1,97	521,80	0,88	592,96

Werte für: Forstwirte (Waldfacharbeiter) (0621), Forstwirt (Pflanzenschule)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	139,81	174,49		227,57	208,61	22,49	27,72	16 652,19	0,70	23 959,99
σ/√N	39,01	42,12		34,29	38,39	6,12	5,46	1 608,69	0,70	2 314,66
	<b>1/2-h</b>									
∅	141,27	170,08		279,91	276,42	31,60	33,02	19 405,44	0,70	27 921,50
σ/√N	17,39	17,05		18,69	20,25	6,67	3,53	779,46	0,70	1 121,52

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Freileitungsmonteure (31181), Freileitungsmonteur

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	259,99	389,92	445,53	414,45	557,28	223,91	104,16	49 370,81	0,88	56 103,19
σ/√N	34,10	38,71	38,50	39,35	56,09	22,05	19,96	2 039,42	0,88	2 317,53
	<b>1/2-h</b>									
∅	242,17	391,51	483,12	468,00	601,76	241,77	100,64	52 141,26	0,88	59 251,44
σ/√N	10,81	13,88	15,54	15,91	21,27	9,18	7,10	771,44	0,88	876,64

Werte für: Gärtner, allgemein (0510)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	248,20	259,88	303,27	294,38	240,22	140,09	55,00	31 670,19	0,88	35 988,86
σ/√N	9,62	9,63	10,55	11,36	10,34	6,78	2,81	498,40	0,88	566,36
	<b>1/2-h</b>									
∅	261,33	268,41	320,71	313,23	253,45	152,19	57,20	33 422,64	0,88	37 980,27
σ/√N	3,65	3,55	4,22	4,43	3,96	2,50	1,04	191,17	0,88	217,24

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Arbeiter in kommunaler Grünpflege

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	164,01	163,78	76,13	111,98	119,80	62,63	23,43	14 854,25	0,88	16 879,83
σ/√N	16,87	17,68	12,39	12,88	18,42	10,15	5,24	767,64	0,88	872,32
	<b>1/2-h</b>									
∅	174,23	178,02	91,11	129,00	131,49	71,39	25,97	16 488,67	0,88	18 737,12
σ/√N	7,56	9,06	5,64	7,61	6,94	4,99	2,31	361,68	0,88	411,01

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Baumkletterer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	185,00	240,71	344,23	164,74	106,60	133,86		24 014,86	0,84	28 760,31
σ/√N	21,87	42,92	40,74	24,66	21,34	19,43		1 512,52	0,84	1 811,40
	<b>1/2-h</b>									
∅	186,18	300,07	340,25	200,67	111,69	129,87		25 987,07	0,84	31 122,24
σ/√N	10,32	17,62	13,97	13,62	8,51	10,74		645,96	0,84	773,60



Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Baumschulgärtner

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	344,18	284,50	395,29	482,93	340,74	153,08	63,02	42 445,96	0,88	48 234,04
σ/√N	29,25	24,44	28,30	31,45	24,10	14,25	5,21	1 308,28	0,88	1 486,68
	<b>1/2-h</b>									
∅	329,93	270,63	403,08	518,02	356,03	158,25	64,39	43 215,81	0,88	49 108,88
σ/√N	11,63	8,75	11,06	13,52	10,37	5,84	1,97	529,38	0,88	601,57

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Forstbaumschulgärtner

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	201,87	289,96	342,17	313,26	209,50	137,13	48,22	31 703,11	0,88	36 026,27
σ/√N	14,21	31,05	18,54	20,08	25,68	15,91	5,04	1 106,62	0,88	1 257,52
	<b>1/2-h</b>									
∅	219,52	316,78	368,91	317,12	229,39	160,70	51,86	34 200,75	0,88	38 864,49
σ/√N	7,87	13,62	9,62	10,02	12,55	8,22	2,39	535,48	0,88	608,49

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Friedhofsgärtner

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	236,69	211,86	228,63	182,35	183,54	77,51	35,53	23 735,50	0,88	26 972,15
σ/√N	23,88	17,56	39,26	19,74	43,02	10,40	9,20	1 431,46	0,88	1 626,66
	<b>1/2-h</b>									
∅	257,29	256,06	301,91	280,06	236,10	161,71	40,76	31 490,66	0,88	35 784,84
σ/√N	9,48	7,83	12,40	11,77	11,76	6,71	3,21	518,71	0,88	589,44

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Garten-, Landschafts- und Sportplatzbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	375,18	363,14	398,40	372,27	353,13	230,30	83,07	44 681,58	0,88	50 774,52
σ/√N	20,64	19,88	18,42	21,73	20,35	14,65	6,69	988,39	0,88	1 123,17
	<b>1/2-h</b>									
∅	382,03	364,88	410,01	368,42	350,88	228,69	84,96	44 966,51	0,88	51 098,31
σ/√N	8,10	7,30	8,77	8,13	8,30	5,28	2,49	392,33	0,88	445,83

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Gärtner im Flughafenvorfeld

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	168,45	198,87	119,85	172,39	130,64	81,18	17,38	18 294,41	0,88	20 789,10
σ/√N	56,77	38,44	33,85	37,33	32,22	19,43	7,54	1 909,82	0,88	2 170,25
	<b>1/2-h</b>									
∅	184,69	142,44	117,50	142,85	125,79	87,35	25,05	16 949,65	0,88	19 260,97
σ/√N	27,83	13,22	12,75	14,72	10,74	8,47	3,17	794,62	0,88	902,98

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Hotelgärtner (BGN)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		269,33	253,78	223,84	261,83	192,26	18,49	25 164,09	0,78	32 261,65
σ/√N		47,53	53,22	70,43	40,29	92,09		2 902,44	0,74	3 948,90
	<b>1/2-h</b>									
∅		288,96	240,77	218,40	255,79	154,65		23 934,45	0,74	32 563,88
σ/√N		23,08	19,66	26,26	17,73	28,09		1 071,39	0,74	1 457,67

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Verkäufer in der Gartenabteilung von Baumärkten

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	91,70	127,17	98,11	84,85	44,36	28,97	9,34	9 955,74	0,88	11 313,34
σ/√N	8,28	10,93	12,20	8,96	10,52	7,52	6,39	514,31	0,88	584,44
	<b>1/2-h</b>									
∅	96,20	124,03	103,08	103,08	50,37	30,66	13,19	10 702,93	0,88	12 162,42
σ/√N	4,54	6,61	6,26	6,26	5,93	3,22	2,45	287,68	0,88	326,91

Werte für: Gärtner, allgemein (0510), Zierpflanzengärtner

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	107,94	116,79	167,36	233,72	95,52	58,85	32,34	16 728,59	0,88	19 009,76
σ/√N	13,31	13,58	16,28	31,41	13,00	7,98	5,05	896,87	0,88	1 019,17
	<b>1/2-h</b>									
∅	109,61	111,71	175,95	227,74	110,66	56,01	33,70	16 991,59	0,88	19 308,62
σ/√N	5,90	5,56	7,82	11,72	5,59	3,51	2,09	365,04	0,88	414,82

Werte für: Gerüstbauer (453), Gerüstbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	368,70	290,41	383,80	252,63	178,95	130,06	63,70	34 150,86	0,88	38 807,80
σ/√N	42,03	23,45	24,41	21,03	24,30	12,65	9,60	1 322,00	0,88	1 502,27
	<b>1/2-h</b>									
∅	401,17	292,56	370,13	248,49	185,64	128,90	62,63	34 579,93	0,88	39 295,37
σ/√N	18,53	10,34	9,60	7,66	9,42	4,94	3,45	549,08	0,88	623,95

Werte für: Greenkeeper-Assistent (05111), Pflege von Rasen und Grünanlagen

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		303,98	423,43	382,97	291,92	108,06	47,11	32 175,25	0,88	36 562,78
σ/√N		35,22	31,54	33,72	22,17	16,44	7,08	1 339,16	0,88	1 521,77
	<b>1/2-h</b>									
∅		299,74	426,38	392,34	300,46	115,02	54,08	32 806,97	0,88	37 280,65
σ/√N		26,97	15,54	14,60	10,69	6,52	4,11	765,59	0,88	869,99

Werte für: Hafenfacharbeiter (74441)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	158,08	171,97	233,91	255,18	161,11	126,98	39,21	23 556,18	0,88	26 768,39
σ/√N	19,01	16,36	22,75	27,08	19,42	14,83	5,39	1 029,66	0,88	1 170,06
	<b>1/2-h</b>									
∅	188,92	210,00	287,39	319,47	201,48	169,93	55,92	29 449,11	0,88	33 464,89
σ/√N	8,11	8,37	11,01	14,81	8,62	7,21	2,69	509,06	0,88	578,47

Werte für: Hafenfacharbeiter (74441), Checker/Kontrollleur

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	193,49	173,35	221,51	279,16	91,16	72,63	15,83	21 502,05	0,88	24 434,15
σ/√N	94,04	24,50	21,94	32,94	10,50	16,17	3,46	2 152,23	0,88	2 445,71
	<b>1/2-h</b>									
∅	246,33	272,38	312,43	490,54	158,02	115,86	35,81	33 584,13	0,88	38 163,79
σ/√N	37,18	20,56	21,64	33,41	14,56	12,32	5,06	1 258,70	0,88	1 430,34

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Hafenfacharbeiter (74441), Hafenfacharbeiter (Stückgut)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	107,82	130,50	189,29	135,26	96,10	97,99	35,79	16 252,70	0,88	18 468,98
σ/√N	17,30	18,46	27,78	22,13	11,59	13,75	4,25	968,29	0,88	1 100,33
	<b>1/2-h</b>									
∅	126,57	172,84	278,42	169,80	120,83	132,69	45,01	21 431,44	0,88	24 353,91
σ/√N	8,82	12,67	16,75	12,84	7,90	9,09	2,84	592,44	0,88	673,23

Werte für: Hafenfacharbeiter (74441), Lascher (Container auf Schiffen)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	23,67	90,95	41,89	41,05	69,48	46,69	9,50	6 675,46	0,88	7 585,75
σ/√N	4,53	76,27	8,72		9,38	10,03	2,29	1 638,66	0,71	2 307,97
	<b>1/2-h</b>									
∅	58,31	132,71	91,23	83,66	116,64	101,06	17,50	12 372,53	0,88	14 059,69
σ/√N	8,63	25,25	12,69	13,28	11,93	12,05	2,93	760,11	0,88	863,77

Werte für: Hafenfacharbeiter (74441), Lascher (Holzprodukte auf Waggons)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	405,27	435,50	583,55	549,78	447,85	379,43	133,29	60 259,81	0,88	68 477,06
σ/√N	48,46	50,74	53,78	58,92	40,17	28,73	23,72	2 460,29	0,88	2 795,78
	<b>1/2-h</b>									
∅	407,51	441,90	593,59	589,12	452,61	394,58	131,47	61 830,52	0,88	70 261,95
σ/√N	17,72	23,59	24,93	29,10	21,42	16,31	7,84	1 152,80	0,88	1 310,00

Werte für: Hafenfacharbeiter (74441), Laschvorarbeiter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	71,24	74,13	82,68	172,35	66,98	54,21	14,06	11 040,57	0,88	12 546,10
σ/√N	28,86	22,12	37,82	108,64	13,62	13,39	3,26	2 546,37	0,88	2 893,60
	<b>1/2-h</b>									
∅	90,36	116,46	87,21	254,53	96,26	72,00	14,50	15 107,95	0,88	17 168,13
σ/√N	17,58	10,71	16,37	56,38	15,79	12,27	2,90	1 362,87	0,88	1 548,72

Werte für: Holzaufbereiter (181)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	336,33	281,62	308,02	432,59	294,60	173,55	62,28	38 851,10	0,88	44 148,97
σ/√N	29,94	30,26	27,63	32,24	17,43	10,83	6,86	1 314,39	0,88	1 493,62
	<b>1/2-h</b>									
∅	327,27	274,37	306,14	482,46	310,07	189,66	67,16	40 276,71	0,88	45 768,98
σ/√N	10,72	10,27	11,47	14,98	8,77	5,37	2,89	541,52	0,88	615,36

Werte für: Holzaufbereiter (181), Holzbearbeitungsmechaniker (Fachrichtung Bauelemente)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	150,29	179,23	394,01	391,04	318,92	169,96	69,19	34 411,08	0,88	39 103,50
σ/√N		29,41	79,83	28,22	20,56	13,47	8,78	1 890,84	0,78	2 424,15
	<b>1/2-h</b>									
∅			667,11	504,92	379,14	207,39	96,85	38 089,11	0,63	60 458,91
σ/√N			49,99	18,90	17,26	8,25	5,65	1 153,25	0,63	1 830,55

Werte für: Holzaufbereiter (181), Holzgestalter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	342,54	342,30	298,73	488,58	272,64	178,21	57,06	40 761,63	0,88	46 320,04
σ/√N	30,28	40,98	29,29	64,56	27,22	17,94	10,07	1 946,35	0,88	2 211,76
	<b>1/2-h</b>									
∅	332,77	325,36	285,79	458,47	263,01	174,05	52,52	38 938,74	0,88	44 248,57
σ/√N	10,94	13,72	10,78	22,95	10,39	6,86	3,16	693,04	0,88	787,54

Werte für: Holzfertigteilbauer, -montierer (4513), Fertighausmonteur

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	268,11	246,58	473,12	272,11	159,23	157,58	42,59	33 107,01	0,88	37 621,60
σ/√N	42,79	29,44	49,80	60,68	23,09	24,12	8,63	2 057,00	0,88	2 337,50
	<b>1/2-h</b>									
∅	256,57	255,69	442,00	298,07	156,71	153,55	43,86	32 882,98	0,88	37 367,02
σ/√N	15,40	11,84	18,41	22,06	9,72	9,28	3,26	766,56	0,88	871,10

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Hubarbeitsbühnenbediener (74214), Bediener von Hubarbeitsbühnen

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	379,40	364,10	369,93	326,59	333,81	443,96	83,43	47 132,17	0,88	53 559,28
σ/√N	51,89	41,80	54,23	47,39	55,26	71,30	15,57	2 738,86	0,88	3 112,34
	<b>1/2-h</b>									
∅	386,80	352,19	388,87	353,75	350,83	448,39	81,64	48 387,59	0,88	54 985,89
σ/√N	19,59	21,20	22,84	24,93	22,30	29,13	6,30	1 187,68	0,88	1 349,63

Werte für: Hubschrauberführer (72611), Hubschrauberpilot im Arbeitsflug (Sichtbefliegung von Gasleitungen)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	21,45	61,64	57,99	77,88	70,77	43,72	8,06	7 048,64	0,88	8 009,82
σ/√N	6,71	9,94	13,09	9,46	11,21	6,77	3,12	497,61	0,88	565,46
	<b>1/2-h</b>									
∅	23,95	61,40	63,99	75,14	63,80	41,32	6,05	6 919,42	0,88	7 862,98
σ/√N	3,92	4,75	5,68	5,33	3,83	4,16	1,55	236,68	0,88	268,95

Werte für: Kabel- und Leitungsmonteur (3118)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	364,96	241,94	271,48	270,59	174,70	135,31	60,68	31 140,86	0,88	35 387,34
σ/√N	33,48	15,70	14,11	17,32	11,55	9,07	4,90	933,39	0,88	1 060,67
	<b>1/2-h</b>									
∅	341,55	248,32	274,72	267,89	181,12	144,42	59,53	31 108,14	0,88	35 350,16
σ/√N	10,76	6,73	5,75	6,25	5,15	3,84	1,90	340,46	0,88	386,88

Werte für: Kabel- und Leitungsmonteur (3118), Elektromonteur (z. B. Energieanlageelektroniker)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	508,62	285,04	308,54	298,62	214,42	153,13	75,25	37 745,74	0,88	42 892,88
σ/√N	66,30	25,66	19,94	30,92	18,47	15,66	8,20	1 705,19	0,88	1 937,72
	<b>1/2-h</b>									
∅	449,57	296,61	306,20	287,14	221,15	164,74	73,04	36 846,76	0,88	41 871,31
σ/√N	20,88	11,55	8,93	10,88	8,53	6,57	3,21	609,20	0,88	692,27

Werte für: Kabel- und Leitungsmonteur (3118), Kabeltiefbau (Erdkabelverlegung), Tiefbauhelfer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅	263,20	194,48	234,41	243,89	133,84	118,59	46,49	25 316,50	0,88	28 768,75
σ/√N	24,12	15,54	19,28	16,33	11,99	9,36	4,98	845,47	0,88	960,76
<b>1/2-h</b>										
∅	265,96	198,93	246,50	254,57	138,48	124,87	45,44	26 132,77	0,88	29 696,33
σ/√N	9,37	6,45	7,19	7,11	5,05	4,04	1,86	340,16	0,88	386,54

Werte für: Kabelmonteur (31182), Glasfaser-Kabelmonteur

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅	209,19	227,99	138,24	110,77	63,52	52,23	21,03	16 882,70	0,88	19 184,88
σ/√N	25,23	30,01	17,32	15,69	11,96	14,79	5,82	1 022,62	0,88	1 162,07
<b>1/2-h</b>										
∅	223,68	231,12	150,15	120,24	75,89	67,68	18,25	18 185,47	0,88	20 665,31
σ/√N	12,44	14,38	9,62	8,47	7,27	7,99	2,46	522,76	0,88	594,04

Werte für: Kanalbauer (46631)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅	373,57	409,42	558,00	627,64	350,52	197,53	81,25	53 427,47	0,88	60 713,04
σ/√N	24,01	24,29	32,44	62,31	34,88	15,58	8,47	1 813,52	0,88	2 060,82
<b>1/2-h</b>										
∅	370,77	400,25	541,55	527,53	344,89	192,35	83,89	50 581,04	0,88	57 478,45
σ/√N	9,37	8,58	11,24	11,40	11,11	5,08	2,69	493,28	0,88	560,55

Werte für: Kanalbauer (46631), Kanalbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅	505,42	533,54	444,62	415,57	352,16	170,86	82,86	51 484,92	0,88	58 505,59
σ/√N	61,97	53,00	55,69	44,54	34,96	19,96	21,80	2 407,93	0,88	2 736,29
<b>1/2-h</b>										
∅	518,27	542,80	430,03	426,08	363,35	176,67	87,29	52 309,53	0,88	59 442,65
σ/√N	20,18	20,62	22,07	18,12	17,04	8,13	6,78	930,04	0,88	1 056,86



## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Kanalbauer (46631), Kanalbauer und Baumaschinenführer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	350,64	385,97	577,78	703,38	349,97	204,36	80,94	54 581,05	0,88	62 023,93
σ/√N	25,21	26,48	36,52	81,34	45,21	18,87	9,25	2 257,43	0,88	2 565,26
	<b>1/2-h</b>									
∅	345,67	375,82	560,87	561,30	338,45	195,99	83,48	50 590,94	0,88	57 489,71
σ/√N	10,09	9,20	12,54	13,84	13,53	5,98	2,95	569,47	0,88	647,13

Werte für: Kraftfahrzeugführer (714), Überführen von Pkw auf dem Firmengelände

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	306,52	350,97	323,17	283,83	202,00	192,31	94,84	36 004,31	0,88	40 913,98
σ/√N	28,23	35,61	33,34	24,67	22,47	21,61	10,99	1 433,02	0,88	1 628,44
	<b>1/2-h</b>									
∅	321,62	374,49	366,10	306,90	218,24	211,24	98,70	38 944,07	0,88	44 254,63
σ/√N	12,94	14,41	13,41	12,87	10,76	8,16	4,10	623,36	0,88	708,36

Werte für: Kranbauschlosser (2753), Kranabnahme

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	698,17	825,88	1 035,61	982,92	746,95	316,10	165,88	98 151,47	2,64*	37 178,59
σ/√N	80,58	95,47	68,10	234,25		39,13	25,57	5 794,09	2,22*	2 609,95
	<b>1/2-h</b>									
∅	814,86	865,93	1 108,52			388,96	176,62	68 140,21	1,71*	39 848,08
σ/√N	36,28	41,70	56,99			20,53	11,65	1 679,60	1,71*	982,22

\* Die Probanden trugen das Dosimeter an einer bestimmten Stelle am Schutzhelm. Um die Vergleichbarkeit mit den Daten der anderen Berufe (Messung am Oberarm) herstellen zu können, wurde die Jahresbestrahlung H<sub>Jahr</sub> unter Berücksichtigung des Körperstellenfaktors berechnet. Hierzu ging in den JEF der Faktor von 3,0 für die Körperstelle ein (Beispiel: 0,88 · 3,0 = 2,64).

Werte für: Lademeister Flughafen (744521)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	202,21	182,12	181,16	91,05	223,39	21,49	9,03	18 714,70	0,88	21 266,71
σ/√N	42,32	27,17	39,78	18,13	36,51	5,40	2,30	1 556,20	0,88	1 768,41
	<b>1/2-h</b>									
∅	207,90	198,43	253,68	140,66	232,95	31,16	14,85	22 179,51	0,88	25 203,99
σ/√N	18,11	11,24	23,27	13,19	18,86	3,84	1,86	802,78	0,88	912,25

Werte für: Lademeister Flughafen (744521), ausführender Lademeister im Flughafenvorfeld

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	177,50	96,63	181,16	205,32	243,77	53,76	20,32	20 135,03	0,88	22 880,71
σ/√N	56,35	20,41	29,48	45,25	35,63	25,31	9,42	1 886,73	0,88	2 144,01
	<b>1/2-h</b>									
∅	259,78	129,93	303,04	360,54	260,37		44,71	27 963,01	0,79	35 396,22
σ/√N	34,54	18,55	41,53	46,60	30,06		7,49	1 643,16	0,79	2 079,95

Werte für: Lademeister Flughafen (744521), verantwortlicher Lademeister im Flughafenvorfeld

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	208,80	201,29	181,16	47,70	215,00	17,61	7,50	18 052,74	0,88	20 514,47
σ/√N	52,15	32,48	57,62	10,50	49,95	4,95	2,19	2 010,44	0,88	2 284,59
	<b>1/2-h</b>									
∅	201,05	206,11	244,30	64,22	220,51	25,11	9,76	19 921,60	0,88	22 638,18
σ/√N	20,53	12,27	28,96	7,38	23,17	3,54	1,47	914,91	0,88	1 039,67

Werte für: Lager-, Transportarbeiter (744)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	219,02	271,43	323,46	367,90	249,08	147,10	59,21	33 691,51	0,88	38 285,81
σ/√N	10,17	11,76	13,92	18,78	14,03	6,67	3,56	667,49	0,88	758,52
	<b>1/2-h</b>									
∅	217,70	266,97	329,27	357,82	247,90	158,06	64,22	33 775,76	0,88	38 381,55
σ/√N	3,88	4,74	5,45	6,76	5,17	2,86	1,52	253,01	0,88	287,51

Werte für: Lager-, Transportarbeiter (744), Arbeiter im Holzlager (Außen)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	500,17	580,06	634,47	486,60	322,38	149,35	67,61	56 269,54	0,88	63 942,66
σ/√N	89,45	36,37	53,86	48,18	205,85	18,71	14,04	4 988,22	0,88	5 668,43
	<b>1/2-h</b>									
∅	500,97	575,22	620,84	504,63	356,71	173,56	76,85	57 689,04	0,88	65 555,72
σ/√N	30,60	22,38	22,30	20,58	42,29	11,88	5,97	1 357,20	0,88	1 542,27

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Lager-, Transportarbeiter (744), Befunder (Schrottannehmer) Probenehmer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	226,94	263,17	345,78	305,98	345,96	193,26	79,39	36 204,17	0,88	41 141,10
σ/√N	10,29	17,77	26,04	23,74	27,93	12,13	8,25	1 064,99	0,88	1 210,21
	<b>1/2-h</b>									
∅	244,50	287,44	383,12	357,55	359,48	219,83	91,23	39 958,86	0,88	45 407,79
σ/√N	6,68	9,26	13,23	11,88	12,70	6,49	3,78	531,22	0,88	603,66

Werte für: Lager-, Transportarbeiter (744), Kommissionierer im Freilager (Montageteile)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	329,39	381,38	548,24	612,39	385,39	237,43	70,12	52 735,89	0,88	59 927,15
σ/√N	35,48	25,16	33,40	33,97	30,35	20,51	7,97	1 529,76	0,88	1 738,37
	<b>1/2-h</b>									
∅	353,81	385,49	551,65	639,36	417,54	267,10	81,62	55 455,39	0,88	63 017,49
σ/√N	15,09	12,06	16,27	17,17	15,28	10,48	4,49	739,39	0,88	840,21

Werte für: Lager-, Transportarbeiter (744), Kommissionierer und Fachlagerist im Baustoffhandel

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	211,80	262,00	267,05	305,73	133,95	159,46	143,12	30 507,00	0,88	34 667,05
σ/√N	24,89	30,13	23,47	42,58	26,52	21,16	44,93	1 745,75	0,88	1 983,80
	<b>1/2-h</b>									
∅	188,44	8,18	246,49	218,62	152,97	130,47	153,50	22 506,56	0,88	25 575,63
σ/√N	8,18	11,69	10,49	13,81	13,93	8,61	12,33	630,48	0,88	716,45

Werte für: Lager-, Transportarbeiter (744), Lagerarbeiter im Tanklager

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	148,83	173,44	218,61	166,77	157,33	104,77	46,99	20 879,21	0,88	23 726,38
σ/√N	11,42	14,11	14,12	18,72	11,48	8,13	3,73	681,85	0,88	774,83
	<b>1/2-h</b>									
∅	144,09	169,05	204,41	173,46	149,55	108,03	43,60	20 379,48	0,88	23 158,50
σ/√N	4,12	5,47	5,54	6,75	4,35	3,08	1,36	255,52	0,88	290,37

Werte für: Lager-, Transportarbeiter (744), Transportarbeiter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	19,60	164,81	108,86	21,69	34,91	74,83	25,30	9 246,75	0,88	10 507,67
σ/√N	3,89	25,44	18,46	7,23	8,32	11,45	9,79	758,96	0,88	862,45
	<b>1/2-h</b>									
∅	30,90	204,43	128,72	37,55	60,17	94,27	50,31	12 479,57	0,88	14 181,33
σ/√N	4,37	15,92	8,34	7,63	6,93	5,88	9,36	496,62	0,88	564,34

Werte für: Landmaschinenmechaniker, allgemein (2820)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	90,28	122,78	123,63	107,33	80,50	50,32	18,79	12 202,10	0,88	13 866,02
σ/√N	13,29	8,95	9,04	7,92	6,23	4,90	2,55	442,65	0,88	503,01
	<b>1/2-h</b>									
∅	101,07	121,74	251,03	110,67	81,80	51,71	20,44	15 103,84	0,88	17 163,45
σ/√N	6,78	3,64	117,90	3,28	2,92	2,14	1,06	2 365,32	0,88	2 687,87

Werte für: Landmaschinenmechaniker, allgemein (2820), Mechanisatoren, Landmaschinenführer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	91,84	127,66	128,72	107,58	80,08	41,33	17,72	12 231,60	0,88	13 899,54
σ/√N	15,63	11,86	11,54	9,72	7,70	4,80	2,85	541,81	0,88	615,69
	<b>1/2-h</b>									
∅	95,66	123,88	299,31	108,66	76,36	39,43	18,13	15 555,79	0,88	17 677,03
σ/√N	8,07	4,60	161,31	3,98	3,35	2,06	1,14	3 233,87	0,88	3 674,86

Werte für: Landmaschinenmechaniker, allgemein (2820), Werkstattarbeiter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	86,57	112,11	110,13	106,66	81,77	72,55	22,04	12 159,03	0,88	13 817,08
σ/√N	26,15	11,90	12,37	13,21	9,44	11,73	5,62	763,09	0,88	867,15
	<b>1/2-h</b>									
∅	109,53	119,20	121,01	120,72	99,53	80,64	25,97	13 897,53	0,88	15 792,64
σ/√N	12,22	6,10	6,01	6,31	6,07	5,14	2,35	370,70	0,88	421,25

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Landwirte (011)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	180,35	198,67	191,89	192,13	144,89	91,63	43,20	21 434,32	0,88	24 357,18
σ/√N	10,99	10,36	10,02	10,61	7,24	5,26	3,62	474,76	0,88	539,50
	<b>1/2-h</b>									
∅	182,35	207,39	192,38	195,45	154,56	93,51	52,19	22 166,04	0,88	25 188,68
σ/√N	4,12	5,00	4,13	4,75	4,28	2,68	4,61	234,31	0,88	266,27

Werte für: Landwirte (011), Ackerbauern Fläche größer 100 ha (Arbeitnehmer)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	152,05	157,02	204,65	129,70	112,00	77,62	17,87	17 434,46	0,88	19 811,89
σ/√N	17,90	22,18	27,93	13,73	15,18	11,88	2,57	949,27	0,88	1 078,72
	<b>1/2-h</b>									
∅	159,11	157,57	225,82	132,39	115,65	79,40	19,35	18 210,53	0,88	20 693,79
σ/√N	7,10	10,02	11,67	6,48	7,00	5,76	1,43	416,17	0,88	472,92

Werte für: Landwirte (011), Ackerbauern Fläche größer 100 ha, mit Tierhaltung (Betriebsunternehmer)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	145,45	178,20	167,78	207,62	143,15	102,76	42,42	20 319,19	0,88	23 089,99
σ/√N	17,38	15,71	20,02	16,00	13,66	11,95	8,15	819,45	0,88	931,19
	<b>1/2-h</b>									
∅	148,23	179,69	173,68	216,71	140,45	102,47	43,57	20 676,11	0,88	23 495,58
σ/√N	6,93	6,35	8,99	7,05	5,12	4,66	3,19	340,42	0,88	386,84

Werte für: Landwirte (011), Ackerbauern Fläche kleiner 100 ha, mit Tierhaltung (Arbeitnehmer und Betriebsunternehmer)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	185,13	154,54	175,02	206,11	152,46	98,14	40,29	20 787,13	0,88	23 621,74
σ/√N	16,33	9,86	16,44	26,88	12,81	9,31	5,49	834,68	0,88	948,50
	<b>1/2-h</b>									
∅	191,43	185,37	166,55	206,83	171,82	95,98	54,02	22 058,00	0,88	25 065,91
σ/√N	8,13	12,16	6,31	13,60	11,43	5,40	11,97	567,13	0,88	644,47

Werte für: Landwirte (011), Almwirtschaft (Betriebsunternehmer und mitarbeitender Familienangehöriger)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	628,06	197,24	219,42	251,75	225,52	147,48	91,58	35 987,17	0,88	40 894,51
σ/√N	138,20	38,00	31,33	68,26	48,84	38,96	27,56	3 566,27	0,88	4 052,58
	<b>1/2-h</b>									
∅	581,60	202,86	221,13	254,87	276,59	169,30	103,11	37 026,53	0,88	42 075,61
σ/√N	48,31	14,44	15,58	24,45	23,17	19,39	12,12	1 355,74	0,88	1 540,61

Werte für: Landwirte (011), Demeterbetriebe

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	261,42	232,03	371,91	226,40	196,38	103,06	49,14	29 510,94	0,88	33 535,16
σ/√N	43,99	50,33	66,99	26,56	28,53	16,40	8,75	2 120,72	0,88	2 409,91
	<b>1/2-h</b>									
∅	259,43	296,13	361,66	251,36	196,60	107,11	51,79	31 277,61	0,88	35 542,74
σ/√N	18,66	20,97	26,54	13,77	11,48	8,25	3,53	888,55	0,88	1 009,71

Werte für: Landwirte (011), Hopfenbauern

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	148,08	313,42	189,13	205,37	129,43	64,04	46,70	22 618,42	0,88	25 702,75
σ/√N	20,68	36,13	21,30	32,06	17,82	9,43	8,87	1 261,55	0,88	1 433,58
	<b>1/2-h</b>									
∅	135,35	290,16	181,45	198,46	129,07	63,34	57,57	21 783,34	0,88	24 753,79
σ/√N	6,46	11,24	8,22	11,61	7,29	4,03	4,40	444,30	0,88	504,88

Werte für: Landwirtschaftlich-technische Sonderfachkräfte (6312), Versuchsfeldmitarbeiter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		310,54	461,51	372,58	268,00	189,14	29,17	33 599,36	0,78	43 076,10
σ/√N		66,14	38,98	51,58	30,12	23,33	10,42	2 091,97	0,78	2 682,01
	<b>1/2-h</b>									
∅		435,57	492,58	421,77	290,38	203,86	33,16	38 727,31	0,78	49 650,40
σ/√N		49,98	21,50	21,89	11,99	8,39	2,85	1 262,16	0,78	1 618,16

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Lokrangierhelfer (71113), Rangierer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	130,64	192,40	197,72	158,21	153,46	94,90	39,15	19 873,11	0,88	22 583,08
σ/√N	25,79	21,95	28,69	17,44	18,09	14,10	10,20	1 100,66	0,88	1 250,75
	<b>1/2-h</b>									
∅	229,51	316,29	353,28	308,94	253,93	173,39	55,43	34 750,00	0,88	39 488,63
σ/√N	17,35	18,92	28,38	18,10	18,17	14,43	6,31	995,57	0,88	1 131,33

Werte für: Maurer (441), Maurer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	338,87	400,22	380,66	398,74	334,79	216,76	88,15	44 385,54	0,88	50 438,11
σ/√N	23,46	21,49	26,14	27,96	26,56	14,17	8,15	1 209,33	0,88	1 374,24
	<b>1/2-h</b>									
∅	353,96	406,78	388,11	419,65	344,99	225,07	94,67	45 930,71	0,88	52 193,99
σ/√N	8,72	8,29	8,77	9,51	9,71	5,22	3,06	433,55	0,88	492,67

Werte für: Mobilfunkmonteur (315411), Mobilfunkmonteur

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	171,49	150,62	284,74		178,34	103,61	48,76	19 128,77	0,71	26 941,92
σ/√N	66,15	25,82	65,83		44,39	20,79	9,08	2 203,63	0,71	3 103,71
	<b>1/2-h</b>									
∅	179,30	152,21	294,49		175,58	105,60	49,94	19 520,00	0,71	27 492,96
σ/√N	26,19	11,56	31,78		21,31	11,25	5,00	999,62	0,71	1 407,91

Werte für: Müllwerker (93521)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	145,47	187,95	221,05	227,86	196,99	124,38	28,56	23 286,41	0,88	26 461,83
σ/√N	8,57	7,21	9,29	9,59	8,14	5,36	2,94	414,71	0,88	471,26
	<b>1/2-h</b>									
∅	141,87	186,98	224,50	223,72	195,60	118,80	27,30	23 009,07	0,88	26 146,67
σ/√N	3,46	2,77	3,63	3,63	3,20	2,08	1,03	161,04	0,88	183,00



Werte für: Müllwerker (93521), Facharbeiter für Kreislauf- und Abfallwirtschaft

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	147,75	205,80	240,02	243,21	204,85	128,70	29,93	24 688,96	0,88	28 055,63
σ/√N	8,88	7,88	9,95	10,37	9,01	5,69	3,21	446,42	0,88	507,29
	<b>1/2-h</b>									
∅	144,14	204,52	242,32	237,18	203,12	122,36	28,39	24 313,68	0,88	27 629,18
σ/√N	3,59	3,19	3,95	3,96	3,51	2,25	1,11	175,53	0,88	199,46

Werte für: Müllwerker (93521), Fahrer, Lader (FES)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	90,75	74,16	66,58	105,01	145,91	79,85	16,48	11 916,18	0,88	13 541,11
σ/√N	15,33	7,92	11,05	13,09	15,46	12,86	5,12	655,06	0,88	744,39
	<b>1/2-h</b>									
∅	88,81	73,19	68,13	103,53	145,47	80,07	16,55	11 853,87	0,88	13 470,30
σ/√N	7,50	3,25	5,19	5,69	7,08	5,46	2,13	297,14	0,88	337,66

Werte für: Obst- und Gemüsegärtner (0514), Obstbauern

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	361,58	501,98	462,29	660,74	341,48	347,35	94,97	57 006,87	0,88	64 780,54
σ/√N	75,27	86,37	58,56	77,41	48,29	39,33	10,11	3 356,05	0,88	3 813,69
	<b>1/2-h</b>									
∅	393,44	489,20	418,18	649,15	351,33	345,26	104,91	56 624,03	0,88	64 345,49
σ/√N	34,09	22,51	18,94	25,25	15,35	12,26	4,60	1 134,07	0,88	1 288,72

Werte für: Pferdewirte, Jockeys und verwandte Berufe (8382)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	163,68	170,87	168,18	230,09	282,79	131,27	32,15	24 296,57	0,88	27 609,74
σ/√N	36,07	34,41	39,43	26,99	65,95	18,97	11,16	2 025,44	0,88	2 301,63
	<b>1/2-h</b>									
∅	207,85	231,34	221,61	257,57	277,13	146,83	45,13	28 560,06	0,88	32 454,61
σ/√N	14,86	14,24	19,59	16,28	21,52	9,15	6,01	837,77	0,88	952,02

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Pferdewirte, Jockeys und verwandte Berufe (8382), Pferdewirte

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	247,68	300,50	508,96	330,29	410,71	202,48	52,64	42 159,15	0,88	47 908,12
σ/√N	74,98	55,51	58,37	42,63	97,70	21,42	23,30	3 225,65	0,88	3 665,51
	<b>1/2-h</b>									
∅	336,77	490,91	770,60	479,39		221,49	82,42	48 684,25	0,74	65 789,53
σ/√N	26,23	34,84	77,64	49,49		15,48	14,13	2 117,91	0,74	2 862,05

Werte für: Pferdewirte, Jockeys und verwandte Berufe (8382), Reitlehrer/Bereiter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	105,53	67,16	92,45	179,99	118,33	54,12	15,39	13 040,40	0,88	14 818,64
σ/√N	23,86	17,12	18,92	26,11	21,77	7,29	3,52	1 018,20	0,88	1 157,05
	<b>1/2-h</b>									
∅	104,87	86,18	114,56	165,10	122,94	60,66	16,83	13 813,76	0,88	15 697,46
σ/√N	10,08	7,96	9,97	12,94	11,38	5,76	1,74	503,84	0,88	572,55

Werte für: Recycling-Fachkraft (93520), Wert- und Schadstoffannehmer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	256,07	211,94	193,89	231,48	183,81	129,10	39,83	25 589,59	0,88	29 079,08
σ/√N	35,78	18,13	13,81	30,42	18,28	10,90	6,69	1 164,49	0,88	1 323,29
	<b>1/2-h</b>									
∅	315,52	292,02	289,33	321,10	253,15	193,08	54,59	35 296,61	0,88	40 109,79
σ/√N	14,67	11,04	10,98	15,40	9,34	8,72	3,19	604,97	0,88	687,47

Werte für: Restaurantfachleute, Kellner (9122), Bedienung am Tisch und an der Theke

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		14,80	37,03	22,13	26,33	36,17		2 792,47	0,74	3 799,28
σ/√N		4,48	8,83	3,91	7,55			268,14	0,65	415,71
	<b>1/2-h</b>									
∅		18,36	31,24	33,24	33,95			2 421,28	0,65	3 753,93
σ/√N		5,28	5,02	3,95	3,90			189,59	0,65	293,94

Werte für: Rohrleitungsbauer (2632)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	227,26	208,13	204,96	207,49	155,83	100,65	29,49	23 277,08	0,88	26 451,23
σ/√N	15,77	11,72	9,78	11,36	12,10	6,75	3,32	585,49	0,88	665,33
	<b>1/2-h</b>									
∅	232,57	214,73	244,47	212,63	168,70	109,32	30,20	24 878,55	0,88	28 271,08
σ/√N	6,12	5,34	15,23	4,70	4,63	3,78	1,29	382,11	0,88	434,21

Werte für: Rohrleitungsbauer (2632), Rohrleitungsbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	245,90	201,93	217,95	209,15	145,60	96,29	25,72	23 433,01	0,88	26 628,42
σ/√N	21,01	14,28	14,54	14,94	15,15	8,58	3,55	765,28	0,88	869,64
	<b>1/2-h</b>									
∅	256,02	198,26	227,14	208,04	151,65	100,57	26,14	23 940,41	0,88	27 205,01
σ/√N	7,88	5,82	5,82	5,70	5,21	3,76	1,48	293,64	0,88	333,69

Werte für: Rohrleitungsbauer (2632), Rohrleitungsbauer in Service und Wartung

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	135,73	204,47	172,34	188,05	141,00	76,72	24,16	19 406,88	0,88	22 053,28
σ/√N	20,96	21,69	16,94	18,70	19,44	6,55	3,04	916,52	0,88	1 041,50
	<b>1/2-h</b>									
∅	132,03	226,49	277,77	197,92	156,42	88,79	24,57	22 685,34	0,88	25 778,80
σ/√N	9,74	11,93	47,50	9,19	8,48	7,36	1,53	1 046,43	0,88	1 189,13

Werte für: Rohrleitungsbauer (2632), Rohrleitungsbauer und Baumaschinenführer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	265,75	241,74	215,71	248,98	281,47	183,91	79,80	31 198,94	0,88	35 453,35
σ/√N	26,92	40,13	18,99	36,45	49,66	30,80	28,12	1 883,09	0,88	2 139,88
	<b>1/2-h</b>									
∅	240,28	241,13	215,92	239,22	278,72	183,52	81,29	30 441,89	0,88	34 593,05
σ/√N	13,71	14,61	8,31	13,41	17,92	12,25	9,82	721,53	0,88	819,92

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Sägewerker (1811)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	57,83	41,89	70,22	74,26	111,35	77,01	45,12	9 826,34	0,88	11 166,30
σ/√N	12,43	8,64	15,99	19,50	31,98	13,96	9,84	967,69	0,88	1 099,64
	<b>1/2-h</b>									
∅	58,41	44,76	67,68	72,64	102,97	76,38	48,09	9 687,13	0,88	11 008,10
σ/√N	7,02	4,80	6,63	8,09	13,92	6,46	4,31	432,01	0,88	490,93

Werte für: Sägewerker (1811), Betriebsleiter Sägewerk

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	71,04	56,86	112,83	93,83	111,35	77,01	45,12	11 667,99	0,88	13 259,08
σ/√N	22,53	12,46	19,43	23,25	31,98	13,96	9,84	1 110,16	0,88	1 261,55
	<b>1/2-h</b>									
∅	70,72	62,11	111,59	93,51	102,97	76,38	48,09	11 614,44	0,88	13 198,23
σ/√N	10,61	6,94	10,11	10,47	13,92	6,46	4,31	515,54	0,88	585,84

Werte für: Schäfer (0212), Schäfer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	224,04	345,36	149,41	321,54	118,16	31,53		24 585,95	0,84	29 444,25
σ/√N	81,60	53,79	25,47	83,79	20,68			2 735,69	0,75	3 672,06
	<b>1/2-h</b>									
∅	271,63	426,65	347,04	383,40	206,91	120,01		36 129,84	0,84	43 269,27
σ/√N	29,72	19,54	16,82	20,85	10,11	9,04		951,01	0,84	1 138,93

Werte für: Schausteller (7055), Mitarbeiter im Freizeitpark

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅			372,51	273,73	177,56	132,28	32,06	20 246,07	0,63	32 136,62
σ/√N			93,64	32,70	24,19	19,77	7,47	2 101,84	0,63	3 336,26
	<b>1/2-h</b>									
∅			350,43	268,65	197,64	136,10	32,99	20 215,63	0,63	32 088,30
σ/√N			31,28	13,18	11,66	10,20	4,58	760,82	0,63	1 207,65

Werte für: Schlosser (270)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	144,93	289,44	593,66	519,58	456,17	219,06	38,89	46 538,51	0,88	52 884,67
σ/√N	39,37	54,89	76,75	103,53	55,24	28,53	8,79	3 276,67	0,88	3 723,48
	<b>1/2-h</b>									
∅		297,29	591,33	512,43	456,31	206,62		42 545,62	0,74	57 885,20
σ/√N		22,14	29,09	38,58	23,49	12,38		1 231,07	0,74	1 674,93

Werte für: Schlosser (270), Betriebsschlosser (Bahnen)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	65,58	230,93	163,97	154,08	144,70	33,02	22,81	16 854,47	0,88	19 152,81
σ/√N	31,33	56,46	35,58	25,70	44,15	10,53	4,59	1 873,20	0,88	2 128,63
	<b>1/2-h</b>									
	6,5 h	6,5 h	6,5 h	7 h	7 h	7 h	7,5 h			
∅	88,36	250,02	179,54	181,37	134,15	37,19	25,48	18 512,71	0,88	21 037,18
σ/√N	37,93	31,29	21,53	15,86	19,06	6,80	3,16	1 219,27	0,88	1 385,54

Werte für: Schlosser (270), Betriebsschlosser (Rohrleitungsbau)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	189,01	326,40	745,31	691,59	518,46	261,58	53,18	57 300,03	0,88	65 113,67
σ/√N	54,46	82,26	89,70	133,15	58,22	30,73	14,88	4 144,50	0,88	4 709,66
	<b>1/2-h</b>									
∅		336,45	777,78	682,12	542,62	262,90		53 598,67	0,74	72 923,36
σ/√N		32,29	37,31	53,22	26,32	14,66		1 630,13	0,74	2 217,87

Werte für: Servicemonteur (Windenergieanlagentechnik) (26243)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	220,37	391,03	320,55	500,64	383,83	211,24	73,86	43 379,94	0,88	49 295,38
σ/√N	50,19	45,56	56,23	70,57	46,83	27,87	14,60	2 599,26	0,88	2 953,70
	<b>1/2-h</b>									
∅	294,06	454,55	488,58	501,26	442,61	249,12	117,19	52 463,15	0,88	59 617,21
σ/√N	16,02	13,86	20,58	19,67	16,78	9,00	6,25	837,44	0,88	951,63

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Servicemonteur (Windenergieanlagentechnik) (26243), Monteur/Techniker/Meister für Windenergieanlagen (offshore)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	62,93	255,33	65,35	46,40	18,37	113,76		11 562,93	0,84	13 847,82
σ/√N	33,92	52,25	65,25	27,30	10,67	59,12		2 268,16	0,84	2 716,35
	<b>1/2-h</b>									
∅	86,63	288,61	357,24	70,17	168,76	116,35		22 282,57	0,84	26 685,71
σ/√N	11,20	20,17	54,63	17,06	29,43	30,18		1 515,87	0,84	1 815,41

Werte für: Servicemonteur (Windenergieanlagentechnik) (26243), Monteur/Techniker/Meister für Windenergieanlagen (onshore)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	100,95	182,29	19,34	71,06	131,53	72,30	14,89	12 247,04	0,88	13 917,09
σ/√N	37,33	63,48	5,70	12,77	31,36	20,08	3,38	1 737,66	0,88	1 974,61
	<b>1/2-h</b>									
∅	117,30	222,50	71,50	136,62	205,47	106,56	45,96	18 728,52	0,88	21 282,40
σ/√N	10,72	15,92	14,44	14,88	16,79	11,03	3,99	720,21	0,88	818,42

Werte für: Servicemonteur (Windenergieanlagentechnik) (26243), Rotorblattinstandhaltung Windenergieanlagen

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	283,62	470,09	407,84	568,63	461,23	251,32	104,75	52 554,35	0,88	59 720,85
σ/√N	67,76	61,24	65,06	75,75	50,47	33,61	19,01	3 073,88	0,88	3 493,05
	<b>1/2-h</b>									
∅	447,37	573,64	616,91	623,78	592,09	312,99	169,38	68 682,03	0,88	78 047,76
σ/√N	26,60	19,99	25,25	23,04	23,27	11,59	9,76	1 132,71	0,88	1 287,17

Werte für: Sportlehrer (876)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	54,07	131,53	149,68		127,50	52,09	17,48	10 923,51	0,71	15 385,23
σ/√N	12,23	15,75	20,91		14,38	10,47	8,23	713,40	0,71	1 004,79
	<b>1/2-h</b>									
∅	83,69	169,40	179,97		180,40	75,29	21,88	14 584,32	0,71	20 541,30
σ/√N	12,67	9,89	11,61		12,39	5,59	3,94	498,28	0,71	701,80

Werte für: Sportlehrer (876), Sportlehrer 50 %

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	37,05	131,35	136,29		110,43	39,76	1,70	9 375,29	0,71	13 204,63
σ/√N	10,43	21,43	29,95		17,46	8,98	0,53	878,38	0,71	1 237,15
	<b>1/2-h</b>									
∅	38,74	162,27	180,59		182,69	58,08	9,35	12 988,82	0,71	18 294,12
σ/√N	6,79	13,05	15,93		14,89	6,60	2,95	560,38	0,71	789,26

Werte für: Sportlehrer (876), Sportlehrer 100 %

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	73,09	131,88	171,59		160,99	84,14	33,25	13 424,96	0,71	18 908,40
σ/√N	22,65	20,64	25,41		24,47	28,69	12,24	1 144,82	0,71	1 612,43
	<b>1/2-h</b>									
∅	115,84	180,24	184,95		186,99	111,89	36,84	16 738,87	0,71	23 575,88
σ/√N	19,34	14,97	21,43		16,29	10,46	7,30	785,17	0,71	1 105,87

Werte für: Sprengmeister (außer Schießhauer) (464), Sprengberechtigter im Tagebau

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		349,17	294,24	227,75	145,37	309,35	21,53	27 692,18	0,78	35 502,79
σ/√N		121,66	65,30	40,87	40,86	39,53	1,48	3 214,28	0,78	4 120,87
	<b>1/2-h</b>									
∅		357,28	292,81	291,43	270,98		21,38	25 618,65	0,69	37 128,48
σ/√N		43,03	39,07	24,53	28,89		2,10	1 436,08	0,69	2 081,27

Werte für: Städtereiniger (93512), manuelle Reinigungskraft

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	71,71	106,16	92,54	118,20	91,86	95,09	14,42	12 130,38	0,88	13 784,52
σ/√N	10,37	13,28	8,87	12,87	20,96	24,47	5,39	819,36	0,88	931,09
	<b>1/2-h</b>									
∅	68,56	156,56	130,36	126,63	97,94	96,63	16,62	14 264,14	0,88	16 209,25
σ/√N	6,12	11,25	8,47	9,72	9,63	14,27	2,54	516,13	0,88	586,51



## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Stahlbaumonteur (27181)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	208,94	395,24	384,82	315,99	293,98	163,23	65,52	37 625,46	0,88	42 756,20
σ/√N	133,45	34,95	28,36	22,67	27,23	17,03	8,76	2 947,45	0,88	3 349,38
	<b>1/2-h</b>									
∅	48,34	376,09	360,70	317,90	279,19	159,56	66,88	33 212,86	0,88	37 741,88
σ/√N	14,89	11,33	9,31	8,27	9,57	6,29	3,20	520,38	0,88	591,34

Werte für: Stahlbaumonteur (27181), Stahlbaumonteur (Mastbau)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		421,15	164,45	271,35	478,33	129,32	16,99	30 819,45	0,88	39 512,12
σ/√N		99,06	32,67	49,22	79,22	34,96	2,16	3 013,59	0,88	3 863,58
	<b>1/2-h</b>									
∅		420,52	167,93	272,32	448,12	154,02	16,16	30 738,61	0,88	39 408,47
σ/√N		29,77	14,95	20,03	28,38	15,20	1,82	1 051,82	0,88	1 348,49

Werte für: Stahlbaumonteur (27181), Stahlbaumonteur (Hallenbau inkl. Dach und Fassade)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	468,78	496,20	451,73	323,28	236,41	171,33	79,35	45 676,96	0,88	51 905,63
σ/√N		47,09	40,07	28,82	26,01	23,15	14,08	1 608,28	0,78	2 061,90
	<b>1/2-h</b>									
∅		487,97	434,12	317,66	238,44	158,86	86,74	35 606,70	0,78	45 649,61
σ/√N		18,24	13,44	10,24	10,10	8,22	5,39	591,64	0,78	758,52

Werte für: Stahlbaumonteur (27181), Stahlbaumonteur (Hallenbau – Vorarbeiter)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	79,03	324,20	443,70	373,54	291,86	222,46	91,38	37 604,64	0,88	42 732,54
σ/√N	52,83	63,90	67,28	58,11	66,51	41,28	17,45	2 997,22	0,88	3 405,93
	<b>1/2-h</b>									
∅	71,68	267,20	332,58	392,09	222,60	177,26	76,16	31 749,97	0,88	36 079,51
σ/√N	22,79	18,75	21,25	27,04	24,71	14,57	5,66	1 110,93	0,88	1 262,42

Werte für: Stahlbaumonteur (27181), Stahlbaumonteur (Industrie- und Anlagenbau)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		256,66	259,16	341,41			76,84	19 279,45	0,60	32 402,43
σ/√N		49,39	53,65	102,12			45,29	2 765,19	0,60	4 647,38
	<b>1/2-h</b>									
∅		272,92	305,42	391,99				20 071,54	0,51	39 745,62
σ/√N		28,29	32,15	51,23				1 387,08	0,51	2 746, 69

Werte für: Stahlbaumonteur (27181), Stahlbaumonteur (Industrie- und Anlagenbau – Bauleiter)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		124,99	418,89	245,23	321,25		29,28	23 513,50	1,17*	20 045,61
σ/√N		33,95	130,08	54,30	69,07		9,55	3 274,27	1,17*	2 791,36
	<b>1/2-h</b>									
∅		146,64	146,64	335,85	242,69	192,31	31,76	22 674,69	1,33*	17 100,07
σ/√N		21,71	21,71	32,63	25,32	19,78	4,45	1 146,25	1,33*	864,44

\* Die Probanden trugen das Dosimeter an einer bestimmten Stelle am Schutzhelm. Um die Vergleichbarkeit mit den Daten der anderen Berufe (Messung am Oberarm) herstellen zu können, wurde die Jahresbestrahlung H<sub>Jahr</sub> unter Berücksichtigung des Körperstellenfaktors berechnet. Hierzu ging in den JEF der Faktor von 1,7 für die Körperstelle ein (Beispiel: 0,88 · 1,7 = 1,17)

Werte für: Stahlbauschlosserhelfer, Werftarbeiter (2757), Werftarbeiten (Binnenwerft)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		70,91	107,60	111,07	39,00	76,53		8 323,00	0,74	11 323,81
σ/√N		24,66	18,14	15,32	25,10	60,38		1 496,43	0,74	2 035,95
	<b>1/2-h</b>									
∅		100,14	107,79	122,83	35,90	101,48		9 622,04	0,74	13 091,22
σ/√N		12,60	10,93	23,19	10,49	21,18		763,53	0,74	1 038,82

Werte für: Steinbrecher (081)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	525,63	446,22	526,69	383,04	360,45	201,06	114,22	52 450,30	0,88	59 602,61
σ/√N	42,18	25,44	26,88	22,73	20,38	15,27	10,41	1 355,83	0,88	1 540,72
	<b>1/2-h</b>									
∅	509,31	432,93	485,02	409,05	376,79	219,38	114,63	52 275,60	0,88	59 404,09
σ/√N	16,06	9,50	10,69	8,68	8,02	5,69	3,75	519,02	0,88	589,80

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Steinbrecher (081), Arbeiter im Steinbruch

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	587,76	536,20	532,78	526,06	430,48	236,29	121,57	61 037,63	0,88	69 360,94
σ/√N	54,44	35,87	37,49	29,09	25,35	21,58	14,22	1 801,95	0,88	2 047,67
	<b>1/2-h</b>									
∅	566,66	508,98	491,67	510,38	424,48	233,21	120,27	58 676,96	0,88	66 678,36
σ/√N	21,86	13,34	14,40	11,81	10,12	8,02	5,20	704,83	0,88	800,95

Werte für: Steinbrecher (081), Vorarbeiter im Steinbruch

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	467,16	354,60	519,03	257,18	264,37	165,84	101,89	43 579,37	0,88	49 522,01
σ/√N	62,07	31,89	38,66	26,96	27,80	20,87	14,42	1 874,80	0,88	2 130,45
	<b>1/2-h</b>									
∅	454,37	352,00	478,02	297,86	301,37	202,96	105,83	44 904,96	0,88	51 028,37
σ/√N	23,38	12,97	15,99	12,13	12,66	8,03	5,06	753,38	0,88	856,12

Werte für: Straßenbauer (462)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	361,34	329,26	365,14	402,07	282,27	172,49	85,61	41 062,79	0,88	46 662,26
σ/√N	18,59	14,78	13,77	16,94	16,55	8,96	6,34	779,52	0,88	885,81
	<b>1/2-h</b>									
∅	372,53	326,97	360,24	405,64	289,20	173,78	85,62	41 386,87	0,88	47 030,53
σ/√N	6,24	5,17	5,03	5,98	5,79	3,22	2,11	272,28	0,88	309,41

Werte für: Straßenbauer (462), Straßenbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	416,81	421,23	461,84	492,65	405,14	239,42	139,64	52 993,20	0,88	60 219,55
σ/√N	28,55	26,50	25,06	34,81	38,33	21,33	19,38	1 554,60	0,88	1 766,60
	<b>1/2-h</b>									
∅	431,28	425,68	450,15	504,77	399,22	237,48	135,66	53 150,02	0,88	60 397,75
σ/√N	9,38	9,78	9,41	12,09	12,70	7,42	6,21	536,16	0,88	609,28

Werte für: Straßenbauer (462), Straßenbauer und Baumaschinenführer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	287,55	280,38	301,46	347,79	227,75	144,71	66,13	34 037,58	0,88	38 679,07
σ/√N	18,89	16,80	14,18	16,31	14,98	8,40	4,37	774,97	0,88	880,65
	<b>1/2-h</b>									
∅	291,49	274,63	296,48	341,63	233,46	145,85	66,25	33 911,59	0,88	38 535,90
σ/√N	6,87	5,76	5,15	5,69	5,45	3,10	1,51	276,29	0,88	313,97

Werte für: Straßenunterhaltungsarbeiter (4623)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	131,62	218,90	229,91	234,96	181,75	121,80	48,84	24 030,85	0,88	27 307,78
σ/√N	11,24	11,97	14,57	11,92	11,60	9,58	4,73	605,87	0,88	688,49
	<b>1/2-h</b>									
∅	144,52	227,11	241,63	249,96	185,41	123,30	50,08	25 152,68	0,88	28 582,59
σ/√N	5,25	5,48	5,76	6,09	5,49	3,80	1,87	272,92	0,88	310,14

Werte für: Straßenunterhaltungsarbeiter (4623), Straßenwärter (Kommunal)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	124,74	211,61	205,41	205,32	174,70	99,91	39,92	21 863,67	0,88	24 845,08
σ/√N	11,02	12,80	14,36	11,23	12,89	8,27	5,06	608,90	0,88	691,93
	<b>1/2-h</b>									
∅	143,63	219,94	223,43	227,19	178,99	99,79	41,76	23 362,60	0,88	26 548,41
σ/√N	5,41	5,64	6,70	6,56	5,66	3,27	1,90	287,44	0,88	326,64

Werte für: Straßenunterhaltungsarbeiter (4623), Straßenwärter (Autobahn)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	238,78	252,36	416,70	362,11	207,53	193,64	76,70	35 855,27	0,88	40 744,63
σ/√N	68,66	31,84	47,24	35,13	26,30	28,12	10,09	2 106,16	0,88	2 393,36
	<b>1/2-h</b>									
∅	229,58	265,27	420,37	382,81	210,66	197,31	81,17	36 683,27	0,88	41 685,53
σ/√N	25,78	14,65	21,44	16,26	11,60	11,57	4,91	885,71	0,88	1 006,49

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Stuckateure, Gipser, Verputzer (481), Stuckateur

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	61,79	118,48	144,73	212,04	139,78	134,00	58,46	17 914,12	0,88	20 356,95
σ/√N	13,98	22,73	22,34	22,88	26,61	14,76	11,48	1 092,76	0,88	1 241,77
	<b>1/2-h</b>									
∅	62,36	112,24	141,73	205,26	143,93	140,36	50,13	17 631,49	0,88	20 035,78
σ/√N	5,29	7,05	7,69	7,94	9,55	6,01	3,45	380,09	0,88	431,92

Werte für: Technische Betriebsleiter (6073), technischer Betriebsleiter im Schrotthandel

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	125,18	147,30	190,73	134,04	140,88	110,93	47,50	18 400,92	0,88	20 910,14
σ/√N	18,29	18,50	27,51	44,33	28,59	18,50	11,22	1 416,71	0,88	1 609,90
	<b>1/2-h</b>									
∅	123,95	173,91	206,08	181,96	149,78	123,22	54,86	20 835,71	0,88	23 676,95
σ/√N	16,67	23,12	34,79	35,07	28,20	19,38	7,00	1 377,02	0,88	1 564,79

Werte für: Überprüfungsingenieure, Technische Aufsichtsbeamte (6075), Aufsichtsperson SVLFG (Landwirtschaft)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		57,98	77,00	96,67	64,00	29,60	11,21	6 958,79	0,78	8 921,53
σ/√N		15,44	18,47	15,73	20,70	5,69	3,26	746,58	0,78	957,15
	<b>1/2-h</b>									
∅		65,36	88,30	118,25	81,19	33,32	16,99	8 350,23	0,78	10 705,43
σ/√N		9,62	11,92	10,57	17,01	4,03	1,60	531,06	0,78	680,85

Werte für: Verkehrsüberwacher/Hilfspolizist (79211), Verkehrsüberwacher\*innen

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		154,09	128,97	109,74	90,42	85,05	55,67	12 888,36	0,78	16 523,54
σ/√N		13,97	14,41	11,06	13,54	17,85	11,80	702,08	0,78	900,10
	<b>1/2-h</b>									
∅		230,70	195,04	169,26	144,26	126,93	67,84	19 292,53	0,78	24 734,01
σ/√N		10,09	8,05	7,63	6,79	5,69	5,10	375,86	0,78	481,88

Werte für: Verlader (7445)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	306,04	233,54	310,24	299,58	235,08	154,08	84,82	33 320,79	0,88	37 864,53
σ/√N	33,18	29,88	33,40	27,59	20,94	14,81	16,13	1 418,34	0,88	1 611,75
	<b>1/2-h</b>									
∅	494,70	406,04	499,58	484,98	406,68	293,17	162,17	56 406,41	0,88	64 098,20
σ/√N	23,54	20,44	22,19	21,96	15,21	13,83	11,75	1 027,12	0,88	1 167,19

Werte für: Verlader (7445), Baggerfahrer (Holzprodukte)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	322,60	387,75	424,90	406,57	334,52	217,84	98,08	45 071,97	0,88	51 218,15
σ/√N	49,19	33,01	49,18	34,61	76,14	25,41	23,24	2 449,01	0,88	2 782,96
	<b>1/2-h</b>									
∅	552,34	682,10	703,64	639,61	637,34	334,77	183,55	76 809,48	0,88	87 283,50
σ/√N	35,39	30,01	37,46	34,42	31,79	20,65	17,76	1 654,41	0,88	1 880,01

Werte für: Verlader (7445), Verlader im Hafenbetrieb

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		75,69	62,38	33,34	33,76	60,91		5 464,33	0,74	7 434,46
σ/√N		7,80	20,26	9,87	17,91	20,01		731,92	0,74	995,82
	<b>1/2-h</b>									
∅		92,44	79,21	40,49	55,64			5 544,20	0,65	8 595,65
σ/√N		18,92	15,41	10,64	15,94			644,08	0,65	998,57

Werte für: Verlader (7445), Verlader im Zementwerk

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		27,43	42,18	34,40	27,35	30,31	7,76	3 485,68	0,78	4 468,82
σ/√N		3,29	8,39	7,72	12,71	8,87	2,24	405,13	0,78	519,40
	<b>1/2-h</b>									
		5,5 h	5,5 h	5,5 h	5,5 h	5,5 h	6,5 h			
∅		33,75	43,29	35,24	29,78	33,06	5,85	3 723,94	0,78	4 774,29
σ/√N		3,78	5,98	5,03	8,57	5,90	1,02	280,32	0,78	359,39

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Verlader (7445), Verlader (Kranführer)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅			103,07	157,22	136,90	8,64		8 411,03	0,59	14 377,82
σ/√N			30,71	53,05	39,40	2,99		1 518,74	0,59	2 596,13
<b>1/2-h</b>										
			6 h	6,5 h	6,5 h	6,5 h				
∅			114,32	150,57	166,27	9,66		9 133,18	0,59	15 612,28
σ/√N			23,31	27,59	19,86	1,68		853,33	0,59	1 458,68

Werte für: Verlader (7445), Verlader (Rohrverlader)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅	278,96	259,98	377,22	338,38	324,81	221,42	157,63	40 248,89	0,88	45 737,38
σ/√N	35,72	50,20	50,55	37,48	29,09	24,40	41,24	2 150,49	0,88	2 443,73
<b>1/2-h</b>										
			6 h	6,5 h	6,5 h	6,5 h				
∅	464,74	441,60	599,15	537,36	463,32	347,60	232,69	63 404,00	0,88	72 050,00
σ/√N	33,54	30,10	33,25	30,50	19,75	19,01	19,28	1 477,40	0,88	1 678,8601

Werte für: Vermessungsgehilfen, ohne nähere Angaben (6241), Vermessungsgehilfen

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅	132,33	209,03	200,63	213,32	153,71	117,63	40,60	21 961,46	0,88	24 956,20
σ/√N	11,98	15,18	13,16	14,81	12,53	9,12	4,98	662,09	0,88	752,38
<b>1/2-h</b>										
∅	149,16	219,19	221,07	224,87	169,38	125,33	42,37	23 683,06	0,88	26 912,57
σ/√N	6,29	7,22	7,58	7,47	6,15	4,54	2,18	336,84	0,88	382,77

Werte für: Vermessungsingenieure (604), Vermessungsingenieure

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅	95,61	168,14	205,30	137,93	106,74	136,20	20,66	17 844,94	0,88	20 278,34
σ/√N	18,82	39,79	49,41	33,47	39,33	20,23	6,07	1 781,19	0,88	2 024,08
<b>1/2-h</b>										
∅	86,72	165,56	177,03	130,16	87,23	133,94	18,59	16 386,05	0,88	18 620,52
σ/√N	10,68	20,35	20,44	14,02	17,21	12,46	2,92	823,76	0,88	936,09



Werte für: Vermessungstechniker (624), Vermessungstechniker

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	135,36	174,39	201,50	172,79	219,63	76,72	39,98	21 014,28	0,88	23 879,86
σ/√N	27,13	24,95	24,48	18,32	23,11	9,62	5,88	1 115,56	0,88	1 267,68
	<b>1/2-h</b>									
∅	135,31	171,51	207,68	184,84	227,69	79,51	40,96	21 575,11	0,88	24 517,17
σ/√N	10,06	9,93	10,83	8,84	10,94	4,48	2,86	479,32	0,88	544,68

Werte für: Wagenmeister (Schienenverkehr) (27361), Wagenmeister

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	84,01	161,79	309,06	232,55	97,29	80,03	32,80	20 475,00	0,88	23 267,05
σ/√N	19,93	25,75	56,42	41,13	26,05	14,21	17,45	1 727,65	0,88	1 963,24
	<b>1/2-h</b>									
∅	125,39	202,86	346,92	310,33	168,56	116,91	38,84	26 916,86	0,88	30 587,34
σ/√N	11,42	15,49	27,60	26,99	16,72	11,84	5,12	987,38	0,88	1 122,02

Werte für: Wasserbauwerker (4652)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	218,98	277,73	330,76	283,16	253,39	164,43	63,97	32 726,64	0,88	37 189,36
σ/√N	15,32	16,79	20,73	15,66	15,70	9,84	5,65	812,32	0,88	923,09
	<b>1/2-h</b>									
∅	241,25	302,65	371,21	306,25	271,10	182,09	73,53	35 915,42	0,88	40 812,97
σ/√N	7,14	8,52	9,01	6,90	6,64	4,66	2,59	370,06	0,88	420,52

Werte für: Wasserbauwerker (4652), Bauwerksbeobachter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	14,67	4,54	145,49	2,85				3 358,29	0,61	5 550,89
σ/√N	4,53	2,88	57,66	0,35				1 158,38	0,61	1 914,69
	<b>1/2-h</b>									
∅	15,50	4,46	147,21	2,52				3 400,82	0,61	5 621,19
σ/√N	3,41	1,25	31,16	0,33				627,55	0,61	1 037,28

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Wasserbauwerker (4652), Dammb Beobachter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	201,66	191,54	176,33	267,43	235,76	168,36	46,20	26 486,42	0,88	30 098,21
σ/√N	47,82	32,03	30,51	44,07	44,08	29,28	8,82	1 957,14	0,88	2 224,02
	<b>1/2-h</b>									
∅	219,53	216,00	197,06	295,14	266,01	192,90	54,06	29 645,23	0,88	33 687,77
σ/√N	29,39	19,89	19,98	25,65	27,94	18,52	5,54	1 210,26	0,88	1 375,29

Werte für: Wasserbauwerker (4652), Gewässerunterhaltung

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	214,27	286,02	458,60	387,79	265,10	137,92	105,21	38 142,05	0,88	43 343,24
σ/√N	26,78	38,31	62,01	48,07	57,73	22,70	14,98	2 294,84	0,88	2 607,77
	<b>1/2-h</b>									
∅	229,39	293,96	477,85	411,87	271,38	144,87	123,81	40 163,85	0,88	45 640,74
σ/√N	14,03	18,17	28,54	23,15	22,13	11,76	7,26	1 039,63	0,88	1 181,40

Werte für: Wasserbauwerker (4652), Hafenerhaltung

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	85,38	294,14	289,39	262,48	314,01	133,55	15,88	28 783,29	0,88	32 708,28
σ/√N	19,75	33,82	48,98	88,22	36,80	19,26	3,97	2 409,23	0,88	2 737,76
	<b>1/2-h</b>									
∅	100,63	307,53	329,41	276,95	351,67	145,22	21,66	31 619,15	0,88	35 930,85
σ/√N	13,04	19,80	31,73	45,06	16,72	10,10	3,73	1 307,42	0,88	1 485,70

Werte für: Wasserbauwerker (4652), Streckenerhaltung

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	261,06	329,85	349,99	269,89	271,97	179,82	59,87	35 380,50	0,88	40 205,11
σ/√N	22,86	30,00	29,06	18,21	24,61	15,21	8,95	1 218,49	0,88	1 384,65
	<b>1/2-h</b>									
∅	283,50	374,36	407,36	325,40	312,21	210,41	73,54	40 821,03	0,88	46 387,53
σ/√N	9,31	13,76	12,13	9,40	10,70	7,08	4,19	542,40	0,88	616,36

Werte für: Wasserbauwerker (4652), Wasserbauer (BW)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		217,04	270,11	250,49	177,98	163,47	54,43	23 370,29	0,78	29 961,91
σ/√N		40,26	46,77	38,51	26,23	25,94	11,80	1 696,43	0,78	2 174,92
	<b>1/2-h</b>									
∅		245,67	309,36	233,26	190,74	164,15	53,18	24 650,37	0,78	31 603,04
σ/√N		17,24	17,83	12,88	10,12	9,97	4,29	651,41	0,78	835,14

Werte für: Winzer, allgemein (0120), Winzer\*in mit überwiegender Tätigkeit in der Außenwirtschaft

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	450,09	406,18	423,16	322,14	226,64	132,40	74,45	41 730,26	0,88	47 420,75
σ/√N	42,72	29,79	26,89	22,81	29,22	12,72	13,62	1 470,77	0,88	1 671,33
	<b>1/2-h</b>									
∅	475,67	425,17	452,98	338,44	238,82	137,55	78,39	44 021,26	0,88	50 024,15
σ/√N	14,41	11,21	10,46	9,26	9,34	4,66	4,42	525,21	0,88	596,83

Werte für: Zimmerer (451)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	306,39	311,48	430,93	408,80	250,86	190,10	74,64	40 509,88	0,88	46 033,95
σ/√N	17,51	19,42	21,07	21,88	13,39	10,94	4,47	901,94	0,88	1 024,93
	<b>1/2-h</b>									
∅	310,51	317,66	437,20	407,43	261,31	194,31	75,45	41 139,13	0,88	46 749,01
σ/√N	7,05	6,68	7,92	8,09	5,36	4,08	1,80	337,97	0,88	384,05

Werte für: Zimmerer (451), Zimmerer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	319,20	394,58	483,29	395,19	241,47	152,74	70,58	42 242,81	0,88	48 003,20
σ/√N	40,35	34,71	33,11	33,14	19,31	16,80	7,16	1 550,84	0,88	1 762,32
	<b>1/2-h</b>									
∅	338,76	385,09	485,04	397,39	249,59	157,34	69,68	42 759,62	0,88	48 590,48
σ/√N	17,43	11,46	11,92	11,89	7,78	5,71	2,58	584,25	0,88	663,92

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Zimmerer (451), Zimmerer und Dachdecker

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	303,49	254,07	368,88	421,96	257,21	219,65	77,31	39 062,07	0,88	44 388,71
σ/√N	19,50	20,87	22,64	28,86	18,31	13,92	5,74	1 075,38	0,88	1 222,03
	<b>1/2-h</b>									
∅	303,75	266,55	377,28	418,69	270,73	225,51	79,34	39 872,30	0,88	45 309,43
σ/√N	7,70	7,73	9,52	10,75	7,24	5,59	2,45	418,96	0,88	476,09

Werte für: Zusteller (73211)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	196,09	228,42	235,81	234,85	215,01	159,04	52,03	27 155,39	0,88	30 858,40
σ/√N	12,63	10,19	9,04	8,48	8,19	6,93	2,81	475,68	0,88	540,55
	<b>1/2-h</b>									
∅	251,55	274,04	264,38	276,07	264,68	180,53	57,67	32 250,95	0,88	36 648,81
σ/√N	6,15	4,70	4,01	4,29	4,33	2,95	1,18	227,65	0,88	258,69

Werte für: Zusteller (73211), Zustellung Fahrrad

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	253,53	334,53	328,93	332,14	304,44	263,48	81,40	39 021,72	0,88	44 342,87
σ/√N	23,94	25,82	20,90	20,10	17,70	15,04	6,80	1 060,73	0,88	1 205,38
	<b>1/2-h</b>									
∅	326,63	398,48	372,77	381,09	361,61	295,76	88,96	45 736,11	0,88	51 972,85
σ/√N	11,98	12,08	10,43	10,93	9,63	6,80	2,86	530,03	0,88	602,30

Werte für: Zusteller (73211), Zustellung Paket

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		145,01	160,29	190,76	149,52	73,99	28,66	15 478,72	0,78	19 844,51
σ/√N		21,54	15,32	15,44	13,86	7,35	4,15	719,26	0,78	922,13
	<b>1/2-h</b>									
∅		163,24	163,97	210,02	166,69	78,17	30,25	16 816,92	0,78	21 560,15
σ/√N		8,91	5,52	6,09	7,07	2,76	1,54	299,55	0,78	384,04

Werte für: Zusteller (73211), Zustellung Verbund

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	210,92	223,49	241,54	216,58	200,19	124,78	57,67	26 201,40	0,88	29 774,32
σ/√N	23,09	13,86	14,13	12,54	13,54	6,75	4,60	745,37	0,88	847,01
	<b>1/2-h</b>									
∅	228,84	250,71	271,10	259,46	238,60	140,16	61,92	29 826,20	0,88	33 893,40
σ/√N	8,71	6,14	6,60	6,85	6,44	3,07	2,09	330,20	0,88	375,22

Werte für: Zusteller (73211), Zustellung zu Fuß

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	119,59	160,65	170,70	168,86	148,09	115,50	35,81	18 897,45	0,88	21 474,38
σ/√N	10,80	11,21	11,07	10,04	7,92	10,29	3,37	520,13	0,88	591,06
	<b>1/2-h</b>									
∅	171,61	217,41	206,42	220,22	199,73	152,61	44,30	24 927,58	0,88	28 326,80
σ/√N	7,80	7,42	6,35	6,11	4,86	6,34	1,66	330,13	0,88	375,15

#### 5.1.4.2 Werte für Berufe und Teiltätigkeitsgruppen – „in Erarbeitung“

Die in diesem Abschnitt gelisteten Berufe oder Teiltätigkeitsgruppen können noch nicht für die Praxis verwendet werden. Sie werden der Vollständigkeit halber in diesem Report angegeben, um einen Wiedererkennungswert für Versuchspersonen aus diesen Berufen zu erzeugen. Zudem sind UV-Träger eingeladen, sich an der weiteren Vervollständigung dieser Werte zu beteiligen, wenn sich

im Versichertenkreis eine entsprechende Fragestellung ergeben sollte.

Sofern die Exposition für einzelne Monate statistisch ausreichend genau ermittelt worden sein sollte (dies ist in der Online-Ressource, siehe Abschnitt 5.1.4 und Abbildung 16, für jeden Beruf, jede Teiltätigkeitsgruppe nachzulesen), kann diese nicht zwangsläufig auf andere Monate übertragen werden.

Werte für: Akustik-, Schallschutz-, Trockenbaumonteur (4821), Lärmschutzwandmonteur\*

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	899,81	860,48	799,31			79,84		53 649,185	0,53	102 188,918
σ/√N	121,13	159,27	734,35			33,58		15 271,39	0,53	29 088,39
	<b>1/2-h</b>									
∅	849,48	817,30	748,70			79,44		50 715,96	0,53	96 601,83
σ/√N	76,76	53,74	189,21			15,63		4 248,68	0,53	8 092,72

\* Bei dieser Gruppe handelt es sich ausschließlich um Lärmschutzwandmonteur, nicht um klassische Trockenbauer.

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Baukontrolleure (8033)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		112,37	147,73	137,12	74,41	104,21	48,23	12 853,73	0,78	16 479,14
σ/√N		34,47	17,37	19,90	9,17	17,81	13,48	1 031,25	0,78	1 322,12
	<b>1/2-h</b>									
∅		189,33	171,96	225,17	228,96	110,67	55,71	20 335,02	0,78	26 070,53
σ/√N		20,15	13,01	22,91	35,54	18,06	8,51	1 094,45	0,78	1 403,14

Werte für: Baukontrolleure (8033), Bauaufsicht

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅				245,50				5 155,51	0,17	30 326,51
σ/√N										
	<b>1/2-h</b>									
∅				354,06				7 435,33	0,17	43 737,22
σ/√N				37,75				792,71	0,17	4 663,01

Werte für: Baukontrolleure (8033), Bauwerksprüfer (Brücken- und Tunnelprüfung)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		112,37	147,73	123,57	74,41	104,21	48,23	12 569,23	0,78	16 114,39
σ/√N		34,47	17,37	16,53	9,17	17,81	13,48	1 004,65	0,78	1 288,01
	<b>1/2-h</b>									
∅		108,42	169,57	135,46	82,33	92,12	47,31	13 077,86	0,78	16 766,48
σ/√N		17,99	12,95	11,80	13,76	12,75	7,14	665,01	0,78	852,58

Werte für: Baumaschinenmechaniker (27301), Servicetechniker

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	248,78		237,03					9 716,22	0,29	34 091,99
σ/√N	138,09		58,84					3 002,08	0,29	10 533,60
	<b>1/2-h</b>									
∅	260,78							5 215,60	0,10	52 156,02
σ/√N	21,39							427,85	0,10	4 278,49

Werte für: Bautischler (5012), Wintergartenbauer Vorarbeiter

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅				189,97				3 989,39	0,17	23 467,00
σ/√N										
	<b>1/2-h</b>									
∅										
σ/√N										

Werte für: Betriebsschlosser, Reparaturschlosser (272), Betriebsschlosser im Hafenbetrieb

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		34,13	152,98	78,00	75,98	48,91	6,31	8 120,35	0,78	10 410,71
σ/√N		8,68	70,72	21,44			4,14	1 497,95	0,55	2 723,54
	<b>1/2-h</b>									
∅		54,18		85,42				2 931,70	0,32	9 161,57
σ/√N		8,66		28,52				625,93	0,32	1 956,04

Werte für: Eisenbieger, flechter, -verleger (4422), Eisenbieger

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	180,09			404,68				12 100,14	0,27	44 815,35
σ/√N	18,31							366,12	0,10	3 661,21
	<b>1/2-h</b>									
∅	252,05			435,88				14 194,49	0,27	52 572,18
σ/√N	17,76			44,74				1 004,52	0,27	3 720,45

Werte für: Elektroniker – Betriebstechnik (31161), Elektroniker\*in

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	86,85	1,11		115,11				4 177,55	0,42	9 946,55
σ/√N										
	<b>1/2-h</b>									
∅										
σ/√N										

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Fassadenbauer (47399), Dach- und Fassadenbauer (Bauleiter)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	240,06			1,91	0,50	81,06		6 473,27	0,50	12 946,54
σ/√N	64,53				0,01	47,19		1 598,98	0,33	4 845,39
	<b>1/2-h</b>									
∅	297,74			1,78	0,43	97,45		7 950,19	0,50	15 900,38
σ/√N	41,31			0,05	0,01	13,79		871,07	0,50	1 742,13

Werte für: Gleisbauer (463), Gleisbauer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	726,14	711,34	809,50	930,09	888,98	424,27	130,04	95 067,67	0,88	108 031,44
σ/√N	79,09	93,20	104,41	134,65	85,41	69,84	17,53	4 898,11	0,88	5 566,03
	<b>1/2-h</b>									
∅	733,50	720,78	941,81	937,34	914,32	453,01	129,23	99 301,73	0,88	112 842,88
σ/√N	34,76	43,22	58,23	47,72	38,93	27,67	6,59	2 159,00	0,88	2 453,41

Werte für: Hafenfacharbeiter (74441), Hafenfacharbeiter (Vorarbeiter)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	91,88	168,38	131,04					7 994,31	0,44	18 377,73
σ/√N	15,95	37,57	40,38					1 173,23	0,44	2 697,09
	<b>1/2-h</b>									
∅	106,34	185,82	130,68					8 642,59	0,44	19 868,03
σ/√N	10,90	16,73	19,18					564,10	0,44	1 296,78

Werte für: Kiesgewinner (0822)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅					76,98	59,53	35,49	3 552,42	0,28	12 917,89
σ/√N					18,38	10,99	5,71	460,03	0,28	1 672,83
	<b>1/2-h</b>									
∅					109,37		36,20	3 056,87	0,19	16 523,61
σ/√N					12,23		5,26	279,59	0,19	1 511,29



Werte für: Kiesgewinner (0822), Schwimmbaggerfahrer

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅					59,74	59,53	35,49	3 190,44	0,28	11 601,59
σ/√N					22,13	10,99	5,71	527,87	0,28	1 919,51
	<b>1/2-h</b>									
∅					81,65		36,20	2 474,81	0,19	13 377,35
σ/√N					13,11		5,26	296,75	0,19	1 604,03

Werte für: Kiesgewinner (0822), Kieswerker

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅					105,71			2 219,87	0,14	15 856,18
σ/√N					29,33			615,98	0,14	4 399,85
	<b>1/2-h</b>									
∅					160,07			3 361,44	0,14	24 010,32
σ/√N					20,77			436,25	0,14	3 116,08

Werte für: Lokrangierführer (71112), Rangierlokfürer (Werkverkehr)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅					139,03			2 919,64	0,14	20 854,57
σ/√N					44,24			928,98	0,14	6 635,56
	<b>1/2-h</b>									
∅					203,47			4 272,91	0,14	30 520,76
σ/√N					37,91			796,02	0,14	5 685,84

Werte für: Maler, Lackierer (Ausbau) (511)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	159,85	68,57						4 636,99	0,25	18 547,96
σ/√N	32,05	11,97						688,57	0,25	2 754,29
	<b>1/2-h</b>									
∅	160,59	68,41						4 648,32	0,25	18 593,28
σ/√N	15,62	6,63						342,03	0,25	1 368,14

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Werte für: Matrosen (Binnenschiffer) (7245), Decksmatrose

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅				621,61				13 053,78	0,17	76 786,95
σ/√N										
	<b>1/2-h</b>									
∅										
σ/√N										

Werte für: Sägewerker (1811), Sägewerker

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	45,72	20,02	2,05	7,71				1 537,71	0,61	2 541,67
σ/√N	11,88	8,17	1,21	2,47				298,63	0,61	493,60
	<b>1/2-h</b>									
∅	46,60	20,30	2,42	10,12				1 619,27	0,61	2 676,49
σ/√N	9,14	5,62	1,28	2,71				226,41	0,61	374,24

Werte für: Soldaten, Grenzschutz- und Polizeibedienstete (801), Gebirgsjäger (Heeresbergführer)

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅		48,45	218,95					5 396,33	0,34	16 108,44
σ/√N		22,49	101,03					2 075,05	0,34	6 194,17
	<b>1/2-h</b>									
∅		48,02	299,85					7 005,57	0,34	20 912,16
σ/√N		17,35	55,15					1 161,66	0,348	3 467,66

Werte für: Startbahnelektriker (314111), Startbahnelektriker

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
	<b>Tage</b>									
∅	173,94	30,00						4 108,76	0,25	16 435,05
σ/√N	96,54	17,04						1 963,70	0,25	7 854,78
	<b>1/2-h</b>									
∅	177,56	28,24						4 144,17	0,25	16 576,67
σ/√N	47,41	16,11						1 006,75	0,25	4 027,00

Werte für: Verlader (7445), Inspektor

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅					163,43	80,91	50,88	6 118,72	0,28	22 249,88
σ/√N					26,22	28,58	12,92	838,82	0,28	3 050,25
<b>1/2-h</b>										
∅					367,80			7 723,70	0,14	55 169,29
σ/√N					40,05			841,04	0,14	6 007,43

Werte für: Verlader (7445), Vorarbeiter Verlader

	Tagesmittelwerte in J/m <sup>2</sup>							Jahresextrapolation in J/m <sup>2</sup>		
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Σ (Apr. bis Okt.)	JEF	H <sub>Jahr</sub>
<b>Tage</b>										
∅					20,15	35,58	29,13	1 746,60	0,28	6 351,28
σ/√N					2,55	3,93	3,90	125,56	0,28	456,58
<b>1/2-h</b>										
					5,5 h	5,5 h	6 h			
∅					22,92	31,75	17,13	1 476,19	0,28	5 367,98
σ/√N					4,36	3,10	1,14	113,09	0,28	411,24

### 5.1.5 Vergleich zwischen Tageswerten und Halbstundenwerten

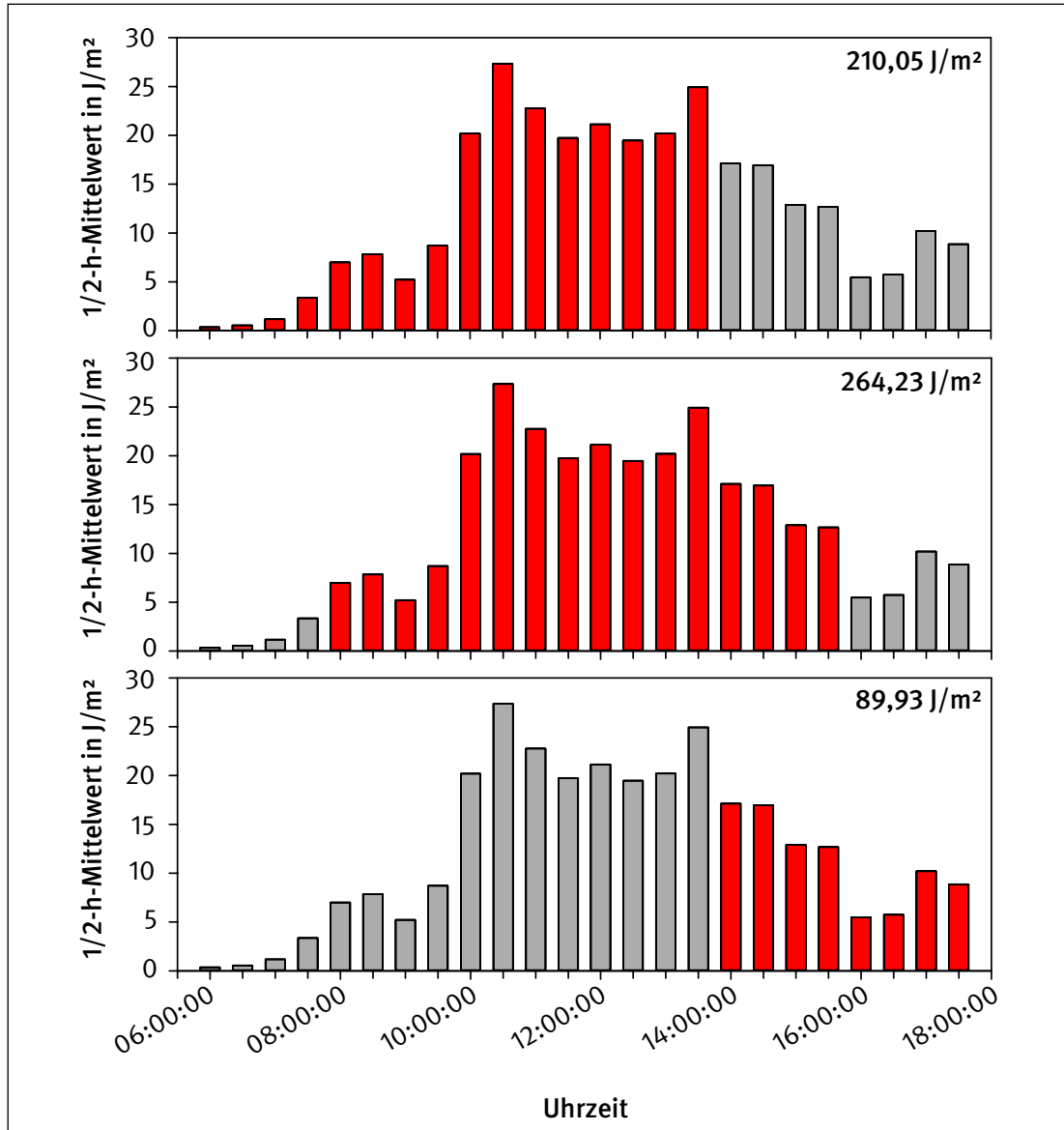
In weiten Teilen stimmen die aus den Tagesmittelwerten und den Halbstundenmittelwerten extrapolierten Jahresexpositionswerte im Rahmen der Fehlergenauigkeit überein. Bei manchen Berufs- oder Teiltätigkeitsgruppen kommt es aber zu erheblichen Abweichungen zwischen den beiden extrapolierten Werten, die sich nicht mehr mit dem Fehler erklären lassen. Hier kommt es bei der Bildung der Jahresexpositionswerte offensichtlich zu einer systematischen Abweichung, die in der Tätigkeit selbst liegen kann.

Es gibt verschiedene Gründe, die eine Abweichung der Mittelwerte voneinander erklären würden:

- Die Auswahl der Halbstundenwerte zur Bildung einer achtstündigen Arbeitsschicht beruht auf der Auswahl des Stundenblocks mit der höchsten Bestrahlung. Dies spiegelt nicht notwendigerweise den Arbeitsablauf wider, wenn die Arbeitsschichten morgens früh oder am Nachmittag beginnen. Damit kommt es für beide Schichten zu einer Überschätzung der Bestrahlung, die in den Tageswerten nicht auftritt. Abbildung 14 (oben und Mitte) zeigt die Auswirkung der zeitlichen Lage der Arbeitsschicht auf den Gesamtwert.

Abbildung 14:

Auswirkung der Schichtlage bei der Halbstundensummutation zur Ermittlung eines Tagesmittelwertes bei Flugzeugabfertigungern (siehe in der Online-Ressource (Abschnitt 5.1.4 und Abbildung 16) im Juni. Möglicherweise tragen zwei Schichten zur Verteilung der Halbstundenwerte bei. Durch Verschiebung der Schicht gelangt man zu unterschiedlichen Expositionswerten und damit zu einer verbesserten Übereinstimmung mit den aus den Tagessummen ermittelten Werten. Oben: Frühschicht von 6 bis 14 Uhr. Eine Bestrahlung von 210,05 J/m<sup>2</sup> wurde ermittelt. Mitte: maximal mögliche Bestrahlung einer zusammenhängenden Schicht. Beginnen Mitarbeiter um 8 Uhr und arbeiten bis 16 Uhr, dann sammeln sie 264,23 J/m<sup>2</sup> auf. Unten: Spätschicht von 14 bis 22 Uhr. Nennenswerte Messwerte kommen nach 18/19 Uhr nicht mehr zustande, daher beträgt die Bestrahlung in dieser Schicht 89,93 J/m<sup>2</sup>.



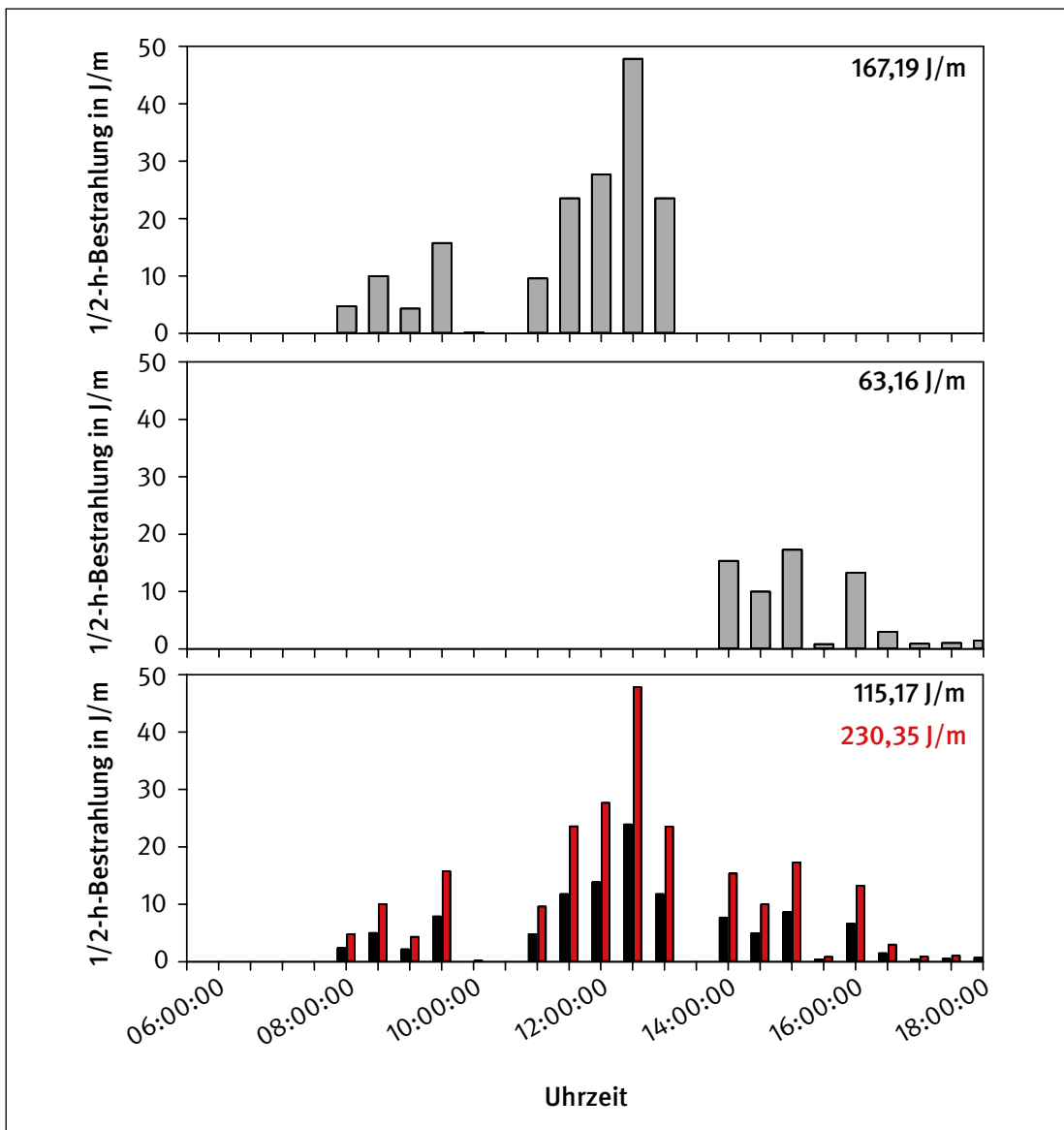
- Bei der Bildung der Tagessumme aus den einzelnen Halbstundenmittelwerten wird eine ungenaue Exposition ermittelt. Werden Halbstundenwerte in die Auswertung eingebracht, bekommt die zeitliche Lage der Arbeitsschicht ein großes Gewicht. Durch die Mittelwertbildung wird das Profil einzelner Arbeitsschichten, die nicht zeitlich genau aufeinander passen, verwaschen. Das hängt insbesondere davon ab, ob vor oder nach der Arbeitsschicht noch Halbstundenwerte eingebracht werden, deren Wert „Null“ ist. Dieser Fall würde eintreten, wenn Tage, an denen vollständig gemessen wurde, in Halbstundenwerte zerlegt werden und dabei die Grenzen aus fachlichem Grund oder fehlerhaft nicht

am Anfang oder Ende der Arbeitsschicht gesetzt werden. Dann gehen solche Werte in die Mittelwertbildung ein. Im Ergebnis ergibt sich eine Art Kombinationsprofil, in dem beide Profile gemittelt werden. In Abbildung 15 ist grafisch dargestellt, wie sich der Effekt bei zwei ansonsten voneinander getrennten Profilen äußert. Werden keine Halbstundenwerte mit „Null“ verwendet, dann ergibt sich in der Kombination das Profil in Abbildung 15 unten (rot), werden alle Halbstundenwerte mit „Null“ verwendet, dann ergibt sich das Profil in Abbildung 15c (schwarz). In der Realität ergibt sich je nach Schichtlage und Randeffekten ein Profil innerhalb dieser Grenzen.

- Die Arbeitsschicht hat keine Dauer von acht Stunden, sondern weniger, falls die Halbstundenmittelwerte einen höheren Wert liefern als die Tagesmittelwerte. Sollte die Bestrahlung, die über die Tageswerte ermittelt wurde, größer sein als die über die Halbstundenmittelwerte ermittelte, dann ist die Arbeitsschicht mutmaßlich größer als acht Stunden.
- In die Halbstundenauswertung wurden auch Daten eingebracht, die aus nicht vollständigen Arbeitsschichten abgeleitet wurden, beispielsweise von Beschäftigten von drei Stunden Dauer. Möglicherweise verhalten sich Personen, die nur kurz am Tag arbeiten oder exponiert werden, anders als diejenigen, die sich den ganzen Tag beschäftigen. Es ist möglich, dass bei nur teilweiser Beschäftigung ein höheres Maß an Bestrahlung toleriert wird. Dies würde zu einem leichten Bias in den Halbstundenmittelwerten führen.
- Ein kombinierter Effekt unter den zuvor genannten Punkten, dies ist am wahrscheinlichsten.

Abbildung 15:

Biaseffekt durch die Auswirkungen der zeitlichen Lage der zur Bildung einer Tagessumme verwendeten Halbstundenwerte am Beispiel eines Probanden der Fachangestellten für Bäderbetriebe (siehe Abschnitt 5.1.4 und Abbildung 16). Oben: Halbstundenwerte der Exposition am 13. Juni 2014 mit offensichtlicher Frühschicht, Mitte: Halbstundenwerte der Exposition am 20. Juni 2014 mit offensichtlicher Spätschicht, unten: Kombinationsprofil der beiden Expositionsprofile: Mittelwert der beiden Profile, wenn bei beiden Profilen die vor/nach der Schicht liegenden Halbstunden mit „Null“ gewertet werden (schwarz), Mittelwert der beiden Profile, wenn bei beiden Profilen die nach der Schicht liegende Halbstunden nicht gewertet werden (rot).



Jeder dieser Aspekte kann für die Berufs- und Teiltätigkeitsgruppen abgeprüft werden, bei denen die Tagessumme aus den Halbstundenmittelwerten und der Tagesmittelwert nicht im Rahmen der Fehlertoleranzen übereinstimmen. In beispielhafter Weise wird untersucht, in welcher Weise die Auswahl der Halbstundenwerte Auswirkungen auf die Jahresextrapolation hat. Da die Höhe des Halbstundenwertes von der Tageszeit abhängt und in gewisser Weise mit dem Tageszeitenfaktor korreliert ist, macht es einen Unterschied, ob die Bildung des Tageswertes aus den Halbstundenwerten morgens früh, mittags oder am Nachmittag beginnt. Daher wurden für Berufe, bei denen die extrapolierten Werte nicht im Rahmen der Fehler übereinstimmen, Acht-Stunden-Schichten mit Beginn des ersten detektierten Halbstundenwertes gebildet.

Für jede der Berufs- oder Teiltätigkeitsgruppen, bei denen die untersuchten Werte nicht übereinstimmen, ergibt sich durch die zeitliche Verlagerung der theoretisch abgeleiteten Arbeitsschicht eine wesentliche Verbesserung. Dennoch sind einige Berufs- bzw. Teiltätigkeitsgruppen übrig, bei denen die Überlappung nicht gelingt.

In einem weiterführenden Projekt sollte die Diskrepanz zwischen den gefundenen Werten weiter aufgearbeitet werden. Am Beispiel der Zusteller soll ein möglicher Weg aufgezeigt werden. Gerade die Halbstundenwerte sind zeitlich genau definiert; sie repräsentieren eine Arbeitszeit von acht Stunden. Sofern die statistische Genauigkeit hinreichend groß ist, kann man aus dem Vergleich mit den Tageswerten die tägliche Arbeitszeit abschätzen. Das ist aber nur dann sinnvoll, wenn sich der in den Halbstundenwerten betrachtete Zeitabschnitt mit dem Zeitabschnitt aus den Tageswerten deckungsgleich überlappt. Nach Informationen der Unfallkasse Post und Telekom, heute Berufsgenossenschaft Verkehr, Postlogistik und Telekommunikation (BG Verkehr), verbringen viele Zusteller den Beginn des Morgens mit der Sortierung und Bereitstellung von Lieferungen und gehen dann in den Lieferdienst. Danach findet eine Nachbereitung statt. Aus diesen Informationen kann man ableiten, dass zu Beginn des Tages ein Abschnitt mit eher geringer Exposition stattfindet, gefolgt von einem Abschnitt mit höherer Exposition und dann wieder gefolgt von einem Abschnitt mit eher geringerer Exposition. Fließen aus den Messungen vollständige Tage in die Auswertung ein, ist dieses Verhalten und die damit verbundene Exposition jeder Versuchsperson korrekt abgebildet und geht dementsprechend in die Berechnung des monatlichen Tagesmittelwertes ein. Bei der Auswertung mittels Halbstundenwerten können die oben beschriebenen Effekte auftreten.

Bei den Zustellern führt die Anpassung der Arbeitsschicht nicht zu einer wesentlich besseren Übereinstimmung von Tages- und Halbstundenwerten, da es ohnehin nur 18 Halbstundenwerte für die Bildung des Tageswertes gibt,

und für die Bildung einer Acht-Stunden-Schicht schon 16 benötigt werden. Das bedeutet, dass der unter Spiegelstrich 2 (siehe Abschnitt 5.1.6) beschriebene Effekt die anderen, insbesondere den unter Spiegelstrich 1 genannten Effekt, deutlich dominiert. Es ist nicht möglich, diesen Effekt nach der Bildung der Mittelwerte aufzulösen. Daher ist eine Interpretation der Expositionswerte immer vor dem Hintergrund der Tätigkeitsprofile durchzuführen.

Anders sieht dies beispielsweise bei den Flugzeugabfertiger aus. Dort sind die gemessenen Expositionswerte so breit über den Tag verteilt, dass zur Bildung einer Acht-Stunden-Arbeitsschicht 24 Halbstundenwerte vorhanden sind. Es ist davon auszugehen, dass die Tätigkeit – anders als bei den Zustellern – im Mehr-Schicht-Betrieb ausgeführt wird und eine zeitliche Überlappung der beiden Schichten in der Mittagszeit stattfinden kann. Dennoch gelingt es durch eine Anpassung der Schichtlage, diesen Effekt zu minimieren. Abbildung 14 zeigt die Bildung der Tagessumme aus den Halbstundenwerten.

Bei Beschäftigten, die im Ein-Schicht-Betrieb und dabei im Wesentlichen im Freien ausgeführt werden, führt die Adjustierung der Acht-Stunden-Schichtbildung über die Halbstundenwerte zu einer Übereinstimmung. Anders ausgedrückt spiegelt die Verteilung der Halbstundenmittelwerte die Verteilung der Exposition der Arbeitsschichten wider, die auch in die Tageswerte eingehen.

### 5.2 Exposition von Teiltätigkeiten

Viele der in den Abschnitten 5.1.4.1 und 5.1.4.2 dargestellten Berufe und Teiltätigkeitsgruppen sind bis auf die Ebene der Teiltätigkeiten differenzierbar. Dies wurde dadurch ermöglicht, dass Versuchspersonen im Laufe der Messungen mit GENESIS-UV Tagebuch geführt haben. Während dies in den Jahren 2014 und 2015 handschriftlich erfolgen musste, wurde ab dem Kampagnenjahr 2016 das elektronische Tagebuch (siehe Abschnitt 2.2.4) verwendet. Zu diesem Zeitpunkt wurde auch die Anzahl der Teiltätigkeiten pro Teiltätigkeitsgruppe auf fünf beschränkt.

Unter Berücksichtigung der Anzahl der während GENESIS-UV 2014 bis 2019 ermittelten Anzahl an Datenpunkten, untersuchten Berufe, Teiltätigkeitsgruppen und Teiltätigkeiten, wäre es zu unübersichtlich, auch alle Details zu den Teiltätigkeiten schriftlich abzufassen. Dies soll im Rahmen dieses Reports nur in beispielhafter Form im Rahmen der Detailanalyse von Berufen/Berufsgruppen (siehe Abschnitt 5.3) geschehen.

Zum Zwecke einer geeigneten Darstellung der Ergebnisse bei gleichzeitiger einfacher Bedienbarkeit durch den Anwender wurde eine Webseite erstellt. Abbildung 16 zeigt den QR-Code, mit dessen Hilfe man auf diese

Internetseite<sup>1</sup> gelangt. Diese enthält die Ergebnisse aller Berufs- und Teiltätigkeitsgruppen, zudem die damit verbundenen Teiltätigkeiten. Hier können zum einen Ergebnisse angezeigt, zum anderen ausgewählt und zur weiteren lokalen Bearbeitung heruntergeladen werden.

Abbildung 16:

QR-Code der Webseite <http://genesisauswertung.ifa.dguv.de/login.aspx>. Diese enthält die Ergebnisse aller fachlich freigegebenen Berufs- und Teiltätigkeitsgruppen, zudem die damit verbundenen Teiltätigkeiten. Über diese Ressource können die ausgewählten Daten auch heruntergeladen werden.



Strukturell ist die Webseite – sowie die Ergebnisse dieser Arbeit – entlang des GENESIS-CODE (siehe Kapitel 3) aufgebaut. Das bedeutet, dass der Startpunkt für die Ergebnisdarstellung der Beruf ist. Daran anhängend kann die Teiltätigkeitsgruppe ausgewählt werden, wonach wiederum die Teiltätigkeit selbst gewählt werden kann.

<sup>1</sup> <http://genesisauswertung.ifa.dguv.de/login.aspx>

Abbildung 17 zeigt beispielgebend diese Struktur für die Erzieher, Teiltätigkeitsgruppe Erzieher im Kindergarten, Teiltätigkeit Arbeit am Kind.

Für jeden Abschnitt sind detaillierte Informationen über die Exposition niedergelegt. Dabei wird grundsätzlich zwischen der Tages- und der Halbstundenbewertung unterschieden, wählbar durch eine Auswahl der Reiter. Jedes Ergebnisfeld enthält folgende Informationen:

- monatliche Tagesmittelwerte (bzw. monatliche Halbstundenmittelwerte) in Form einer grafischen Darstellung mit Angabe des genauen Wertes,
- deskriptive Statistik zu den monatlichen Tagesmittelwerten (bzw. der monatlichen Halbstundenmittelwerten),
- Angaben zur Jahresextrapolation. Dabei wird zunächst die Extrapolation auf den tatsächlichen Messzeitraum von April bis Oktober angegeben sowie folgend unter Verwendung des Jahresextrapolationsfaktors (JEF) eine entsprechende Extrapolation auf das Jahr vorgenommen. Zur einfacheren Nutzung ist das Jahresergebnis noch einmal in die Einheit SED umgerechnet.

Eine solche Ressource ist kein statisches Element, sondern ständigen Veränderungen durch hinzukommende Daten unterworfen. Zudem ist es möglich, dass sich bereits abgelegte Daten durch neu hinzukommende Messungen des Berufs oder Hinzufügen einer neuen Teiltätigkeitsgruppe ändern.

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

Abbildung 17:

Darstellung der Ergebnisse für Beruf – Teiltätigkeitsgruppe – Teiltätigkeit beispielhaft für den Beruf der Erzieher. Im oberen Bereich ist der Beruf in einer Liste wählbar. In der Mitte kann in einer Liste die zugehörige Teiltätigkeitsgruppe ausgewählt werden, im unteren Teil die gewünschte Teiltätigkeit. Jeder Reiter enthält Informationen zu Tages- und Halbstunden-Bewertung. Auf dem PC-Monitor handelt es sich um eine Scroll-Down-Seite.

The screenshot displays the IFA Genesis UV software interface, showing three panels for the profession 'Erzieher' (Teacher). Each panel includes a bar chart of monthly average radiation values and a table of annual extrapolation data.

**Panel 1: Beruf (Erzieher)**

Monat	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
Anzahl Messwerte	169	275	276	231	311	313	271
Mittelwert [J/m <sup>2</sup> ]	101,17	105,96	91,85	101,31	66,4	41,55	10,17
Standardabweichung [J/m <sup>2</sup> ]	111,42	112,82	94,92	88,91	64,68	41,62	13,49
Standardfehler [J/m <sup>2</sup> ]	0,57	0,8	5,71	5,85	3,07	2,35	0,82
95% Konfidenz [J/m <sup>2</sup> ]	16,8	13,33	11,2	11,47	7,19	4,61	1,61
Minimalwert [J/m <sup>2</sup> ]	0,2	0,07	0,05	0,04	0,2	0,03	-0,04
Maximalwert [J/m <sup>2</sup> ]	509,07	577,84	499,37	650,21	414,76	263,11	84,55
Datenintervallbreite [J/m <sup>2</sup> ]	508,88	577,77	499,32	650,16	414,56	263,08	84,69

**Panel 2: Teiltätigkeitsgruppe (Erzieher Kindergarten)**

Monat	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
Anzahl Messwerte	251	385	407	385	413	448	390
Mittelwert [J/m <sup>2</sup> ]	83,84	92,38	77,34	89,02	58,49	34,77	8,45
Standardabweichung [J/m <sup>2</sup> ]	104,73	104,78	84,84	86,18	62,05	38,45	12,37
95% Konfidenz [J/m <sup>2</sup> ]	9,91	9,34	4,21	4,93	3,05	1,82	0,93
Minimalwert [J/m <sup>2</sup> ]	12,96	10,47	0,24	9,87	5,98	3,56	1,23
Maximalwert [J/m <sup>2</sup> ]	-1,34	-0,87	-0,82	1,11	-0,56	-0,73	-1,23
Datenintervallbreite [J/m <sup>2</sup> ]	587,97	577,84	499,37	650,21	414,76	263,11	84,55
Datenintervallbreite [J/m <sup>2</sup> ]	589,31	578,71	500,19	651,32	415,73	263,84	85,78

**Panel 3: Teiltätigkeit (Arbeit am Kind)**

Monat	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
Anzahl Messwerte	45	77	85	29	109	79	54
Mittelwert [J/m <sup>2</sup> ]	71,64	122,6	99,91	94,15	68,08	42,56	9,87
Standardabweichung [J/m <sup>2</sup> ]	89,11	134,14	104,79	70,62	63,85	40,07	14,37
Standardfehler [J/m <sup>2</sup> ]	13,28	15,29	11,37	13,11	6,12	4,51	1,96
95% Konfidenz [J/m <sup>2</sup> ]	26,04	29,96	22,28	25,7	11,99	8,84	3,83
Minimalwert [J/m <sup>2</sup> ]	0,25	0,15	0,38	0,47	0,52	0,03	0,07
Maximalwert [J/m <sup>2</sup> ]	456,11	524,76	499,37	231,32	401,13	150,83	75,22
Datenintervallbreite [J/m <sup>2</sup> ]	455,86	524,61	498,99	230,84	400,62	150,8	75,15

### 5.3 Detailanalyse von Berufsgruppen

Mit den gemessenen Daten können Berufe über Teiltätigkeitsgruppen bis hin zu einzelnen Teiltätigkeiten genau untersucht werden. Beispielgebend für die mögliche Tiefe in der Datenauswertung sollen zum einen Hafenfacharbeiter und zum anderen Maurer und Dachdecker sein.

Eine Detailanalyse der Berufsgruppen kann die Akzeptanz von Schutzmaßnahmen bei den Beschäftigten steigern. Dies geschieht nicht nur durch eine dezidierte Auswahl von passenden (persönlichen) Schutzmaßnahmen, sondern insbesondere auch dadurch, dass sich die Beschäftigten in der persönlichen Ansprache besser mit dem genannten Beruf identifizieren können. Wie im folgenden Abschnitt deutlich wird, gibt es beispielsweise einen großen Unterschied in der Interpretation des Berufs „Hafenfacharbeiter“.

### 5.3.1 Analyse der Hafenfacharbeiter

Für die Berufsgruppe der Hafenfacharbeiter ist eine Reihe von Teiltätigkeitsgruppen hinterlegt, jedoch werden diese nicht weiter in dokumentierte Teiltätigkeiten differenziert. Daher kann die Aufteilung der einzelnen Versuchspersonen der Berufsgruppe der Hafenfacharbeiter durch die Angabe in den Tätigkeitsprofilen geschehen und ist nicht auf das Führen eines Tagebuches angewiesen.

Abbildung 18 stellt die Aufspaltung des Berufs des Hafenfacharbeiters in die einzelnen Teiltätigkeitsgruppen grafisch dar. Während die Berufsgruppe der Hafenfacharbeiter insgesamt einer Jahresbestrahlung von 268 SED ausgesetzt ist, so spannt sich dies zu einem Wertebereich von 76 bis 685 SED auf. Prägnant ist der Vergleich zwischen den Laschern. Während die Lascher, die auf Eisenbahnwaggons stehen und dort Holz-/Forstprodukte



befestigen, sehr stark bestrahlt sind, sind diejenigen, die in engen Gängen auf Schiffen zwischen Containern arbeiten, nur moderat bestrahlt.

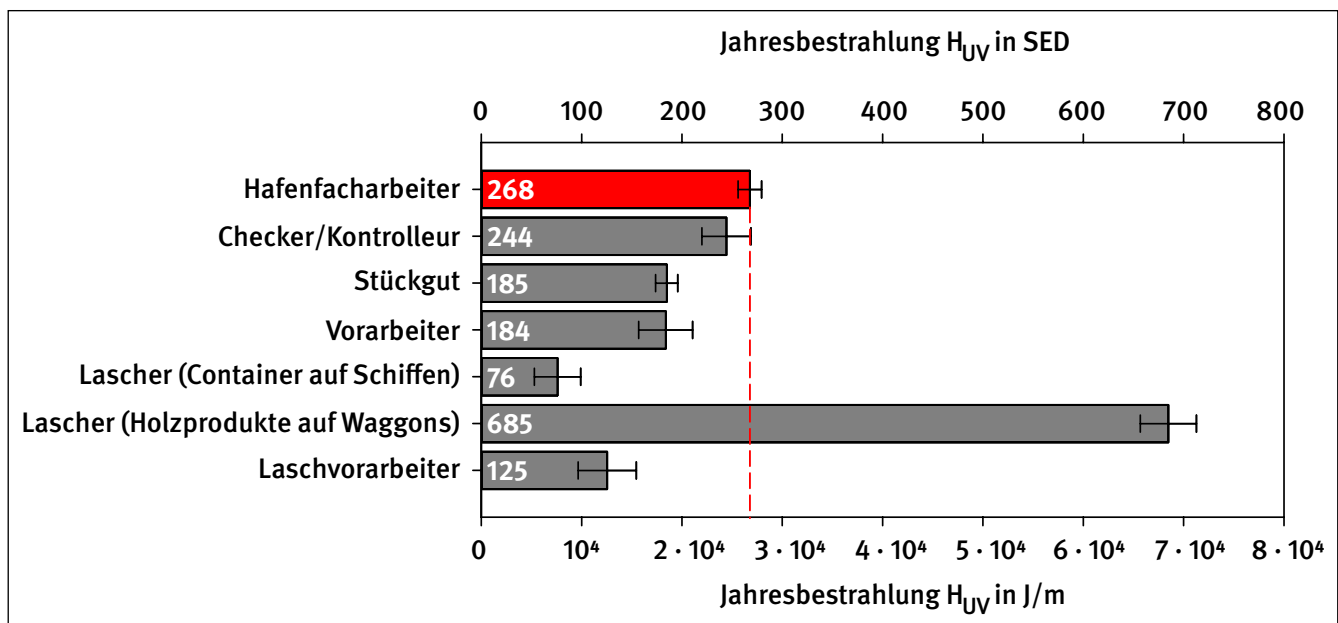
Durch die Aufspaltung in Teiltätigkeitsgruppen ist eine differenzierte Aussage über die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen möglich. Im genannten Beispiel wird deutlich, dass es ein unterschiedliches Schutzniveau

zwischen den beiden Typen eines Laschers geben kann und dies auch fachlich gerechtfertigt ist.

Bislang wurden der Berufsgruppe der Hafenfacharbeiter sechs Teiltätigkeitsgruppen zugeordnet. Dies ist keine abschließende Liste, zukünftig können auch weitere Teiltätigkeitsgruppen hinzugefügt werden.

Abbildung 18:

Jahresbestrahlung für die verschiedenen Teiltätigkeitsgruppen des Berufs des Hafenfacharbeiters. Die Jahresbestrahlungen wurden aus den Monatsmittelwerten für die einzelnen Teiltätigkeitsgruppen berechnet und gemäß Abschnitt 4.3.4 extrapoliert. Es ist sowohl die Bestrahlung in der Einheit J/m<sup>2</sup> als auch in der abgeleiteten Einheit SED angegeben. Die Einzelwerte innerhalb der Balken sind gerundete Werte in SED. In rot ist die Jahresbestrahlung in SED für die Berufsgruppe der Hafenfacharbeiter angegeben; zum besseren optischen Vergleich mit den einzelnen Teiltätigkeitsgruppen wurde die gestrichelte Linie eingefügt. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler der einzelnen Mittelwerte dar.



### 5.3.2 Analyse der Maurer

Für die Berufsgruppe der Maurer sind keine gliedernden Teiltätigkeitsgruppen hinterlegt, jedoch eine Anzahl von Teiltätigkeiten. Zu den Teiltätigkeiten konnten die Versuchspersonen Eintragungen in einem Tagebuch machen. Sinkt die Anzahl insgesamt unter 20 Messwerte pro Jahr, so wurde dies als Kriterium eingeführt, wonach keine Auswertung mehr möglich ist. Es gibt zweierlei Möglichkeit, dennoch zu einem Ergebnis zu kommen. Eine Möglichkeit bestünde darin, über die Halbstundenwerte zu einer höheren Anzahl an Werten zu kommen. In die Halbstundenauswertung fließen Werte aus Tagen ein, die nicht vollständig bearbeitet wurden und daher manuell nachbearbeitet werden mussten (siehe Abschnitt 4.2.4). Es ist aber anzunehmen, dass sich dadurch nicht alle Lücken schließen lassen. Zudem ist eine Extrapolation von teilge-

messenen Tagen auf ganze Tage und dann auf Monat und Jahr mit einem Fehler verbunden. Daher ist es sinnvoll, Analogien oder sogar Gleiches in den Tätigkeitsprofilen anderer Berufe zu suchen. Die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) – zuständig für Berufe wie Maurer, Betonbauer, Rohrleitungsbauer und andere – hat dazu die Liste aller Teiltätigkeiten hinsichtlich solcher Analogieschlüsse untersucht und ermöglicht dadurch, die mit unzureichender Anzahl vorliegender Teiltätigkeiten doch noch zur Beurteilung des Berufsbildes hinzufügen zu können.

Tabelle 6 gibt die Analogieschlüsse aus anderen Berufen an, bei denen sich eine ausreichende Anzahl von Datenpunkten findet, um die Erkenntnisse daraus zu übertragen.

Tabelle 6:

Analogieschlüsse für Teiltätigkeiten bei Maurern. Es ist möglich, fehlende Informationen zu Teiltätigkeiten durch Erkenntnisse aus anderen Berufen aufzufüllen.

Teiltätigkeitsbezeichnung bei Maurern	Vergleichbare Teiltätigkeit	Aus Beruf
Ausschalarbeiten (im Freien)	Ausschalarbeiten (im Freien)	Betonbauer
Ausschalarbeiten (innerhalb von Gebäuden)	Schalungen (innerhalb von Gebäuden oder Bauteilen)	Betonbauer
Baustellen einrichten/räumen	Baustellen einrichten/räumen	Betonbauer
Bauwerksabdichtung	Putzarbeiten ausführen (im Freien)	Stuckateur
Entwässerung- und Hausanschlußleitungen	Rohrleitungen verlegen (im Freien)	Rohrleitungsbauer
Restarbeiten (im Freien)	Baustellen einrichten/räumen	Betonbauer
Weitere Tätigkeiten (Abbruch- und Stemm- arbeiten)	Betonieren (im Freien)	Betonbauer
Weitere Tätigkeiten (Außenputzarbeiten)	Putzarbeiten ausführen (im Freien)	Stuckateur
Weitere Tätigkeiten (Gerüstbauarbeiten)	Gerüste im Freien errichten, umbauen, demontieren	Gerüstbauer
Weitere Tätigkeiten (Innenputzarbeiten)	Putzarbeiten ausführen (innerhalb von Gebäuden oder Bauteilen)	Stuckateur

Zur Übertragung des Messwertes von einer anderen Berufsgruppe werden die vorhandenen, in der Anzahl zu geringen Messwerte der Berufsgruppe der Maurer mit diesen vereint und zusammen ausgewertet.

Überträgt man die Ergebnisse in eine gemeinsame Tabelle, dann ergibt sich ein vollständiges Bild von der Exposition, die Personen bei der Durchführung der entsprechenden Teiltätigkeit erfahren.

Keine der einzelnen Teiltätigkeiten wird ausschließlich ein ganzes Jahr lang ausgeführt. Dennoch ist es sinnvoll, die theoretische Jahresbestrahlung für jede der Teiltätigkeiten nach der Vorgehensweise in Abschnitt 4.3.4 auszurechnen. Damit ist eine Vergleichbarkeit der Bestrahlung und damit der Belastung gegeben. Abbildung 19 zeigt die Jahresbestrahlungen für die einzelnen Teiltätigkeiten der Maurer. Dort fällt sofort die Heterogenität der Bestrahlung für die einzelnen Teiltätigkeiten auf. Einige Teiltätigkeiten sind mit vergleichsweise geringer Bestrahlung verbunden. Dies sind im Wesentlichen Tätigkeiten im Inneren von Gebäuden, während Tätigkeiten im Freien mit hoher Bestrahlung verbunden sind. Aber auch dabei gibt es Unterschiede, die in den einzelnen Arbeitsschritten begründet sind. Bei der Herstellung von Außenwänden kommt es zur größten Bestrahlung, da keinerlei Abschattung vorhanden ist (bzw. sein kann). Ähnliches gilt für die

Herstellung von Decken und Unterzügen sowie die Errichtung von Fundamenten oder der Bodenplatte.

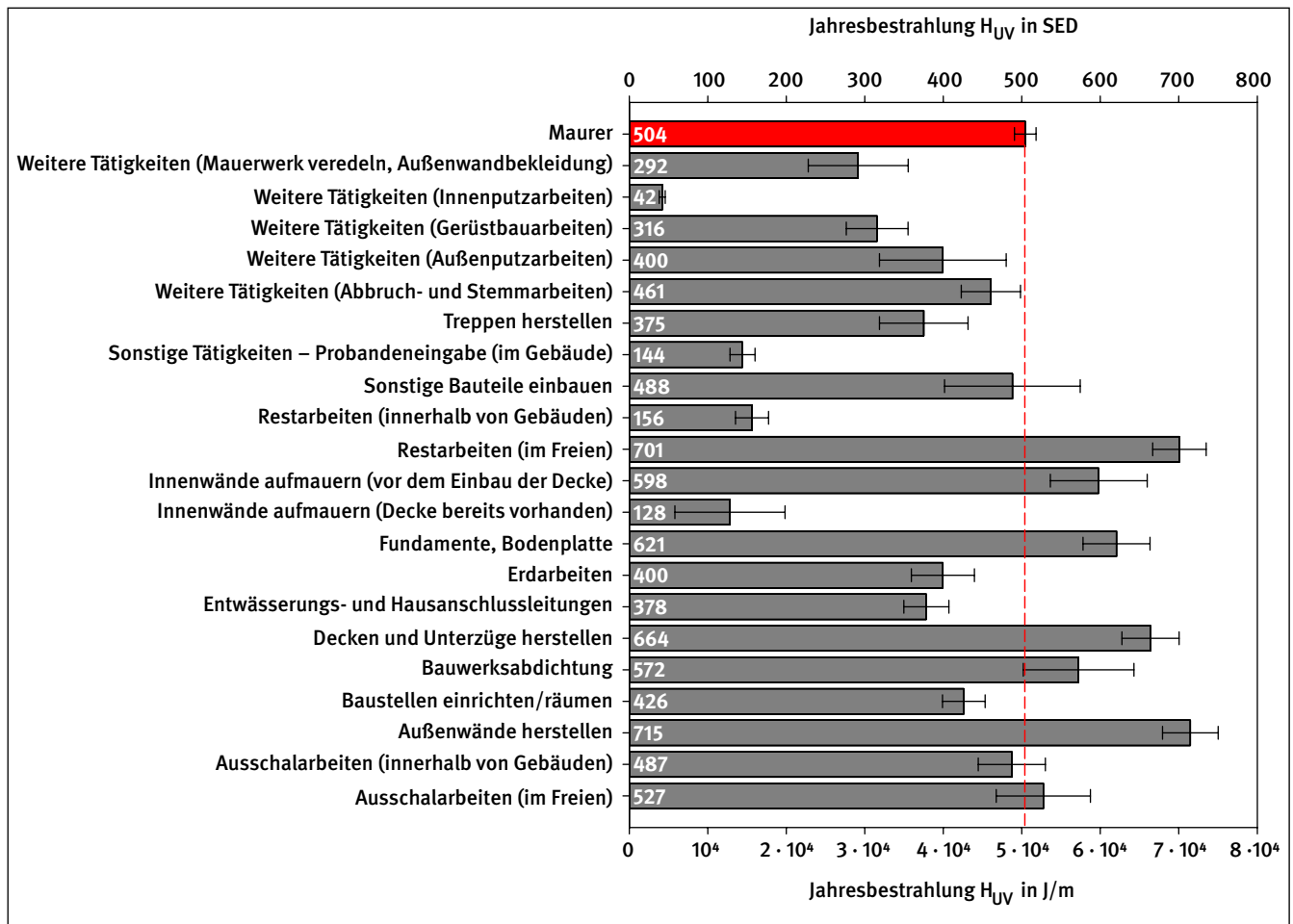
Ausgehend von diesen Daten kann man nun teiltätigkeitsweise Schutzmaßnahmen entwickeln. Es ist nicht zwingend notwendig, bei jeder Teiltätigkeit das gleiche Maß an Schutzmaßnahmen einzusetzen. Für Tätigkeiten in Innenräumen böte es sich beispielsweise an, Erleichterungen beim Schutz vor UV-Strahlung zu gestatten.

Ausgehend von diesen Daten und den Erkenntnissen aus den Tätigkeitsprofilen kann man abschätzen, welche Teiltätigkeiten zu der hohen Exposition im Beruf der Maurer (504 SED, siehe Abbildung 19) am meisten beitragen haben – oder im umgekehrten Schluss, ob die Gewichtungen im Tätigkeitsprofil dem realen Messwert entsprechen. Ein ungewichteter arithmetischer Mittelwert über alle Teiltätigkeiten würde zu einer Exposition von 415 SED in der Berufsgruppe führen. Da der reale Wert höher ist, bleibt anzunehmen, dass das Übergewicht der Teiltätigkeiten eines Maurers eher im Freien zu finden ist.

Die Daten als solche zeigen ein konsistentes Bild und sind schlüssig. So kann die geringe Exposition bei Tätigkeiten innerhalb von Gebäuden als Beweis dafür genommen werden, dass die Messmethode mit GENESIS-UV die tatsächlichen Verhältnisse der Exposition wiedergibt.

Abbildung 19:

Jahresbestrahlung für die Teiltätigkeiten der Maurer. Die Jahresbestrahlungen wurden aus den Monatsmittelwerten für die einzelnen Teiltätigkeiten berechnet und gemäß Abschnitt 4.3.4 extrapoliert. Es ist sowohl die Bestrahlung in der Einheit  $\text{J}/\text{m}^2$  als auch in der abgeleiteten Einheit SED angegeben. Die Einzelwerte innerhalb der Balken sind gerundete Werte in SED. In rot ist die Jahresbestrahlung in SED für die Berufsgruppe der Maurer angegeben, zum besseren optischen Vergleich mit den einzelnen Teiltätigkeiten wurde die gestrichelte Linie eingefügt. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler der einzelnen Mittelwerte dar.



### 5.3.3 Dachdecker

Die Berufsgruppe der Dachdecker teilt sich in zwei Teiltätigkeitsgruppen auf; dies sind die Dachdecker als solche sowie jene, die gleichzeitig Teiltätigkeiten eines Zimmerers ausführen. Für die Analyse der Teiltätigkeiten des Dachdeckers wird der Vergleich zur Teiltätigkeitsgruppe „Dachdecker“ gezogen. Ähnlich wie bei den Maurern gibt es einige Teiltätigkeiten, die keine ausreichende Anzahl von Messwerten besitzen. Dementsprechend sind Analogieschlüsse zu ziehen, welche die Interpretation der Bestrahlung der einzelnen Teiltätigkeiten ermöglichen können. Die Analogieschlüsse für die Teiltätigkeitsgruppe der Dachdecker sind in Tabelle 7 dargestellt. Auch in diesem Fall werden zur Übertragung des Messwertes von einer anderen Berufsgruppe/Teiltätigkeit die vorhandenen, in der Anzahl zu geringen Messwerte der Berufsgruppe der Dachdecker, mit diesen vereint und zusammen ausgewertet.

Überträgt man die Ergebnisse in eine gemeinsame Tabelle, ergibt sich ein vollständiges Bild von der Exposition, die Personen bei der entsprechenden Teiltätigkeit erfahren.

Zum Vergleich der Bestrahlung, der man während der Ausführung der Teiltätigkeiten ausgesetzt ist, werden diese auf eine Jahresexposition hochgerechnet (Abschnitt 4.3.4). Abbildung 20 zeigt die Jahresbestrahlungen für die einzelnen Teiltätigkeiten der Dachdecker. Wiederum sind einige der Teiltätigkeiten mit sehr hohen Bestrahlungen verbunden, während andere mit geringeren Bestrahlungen einhergehen. Besonders stark sind Beschäftigte exponiert, die Abbrucharbeiten an Dächern verschiedener Art durchführen. Ähnlich exponiert sind Beschäftigte, die Dächer neu eindecken. Vergleichend zu den Maurern kann aber gesagt werden, dass es keine Teiltätigkeit gibt, die mit geringer Exposition verbunden ist.

## 5 UV-Bestrahlung von Beschäftigten im Freien

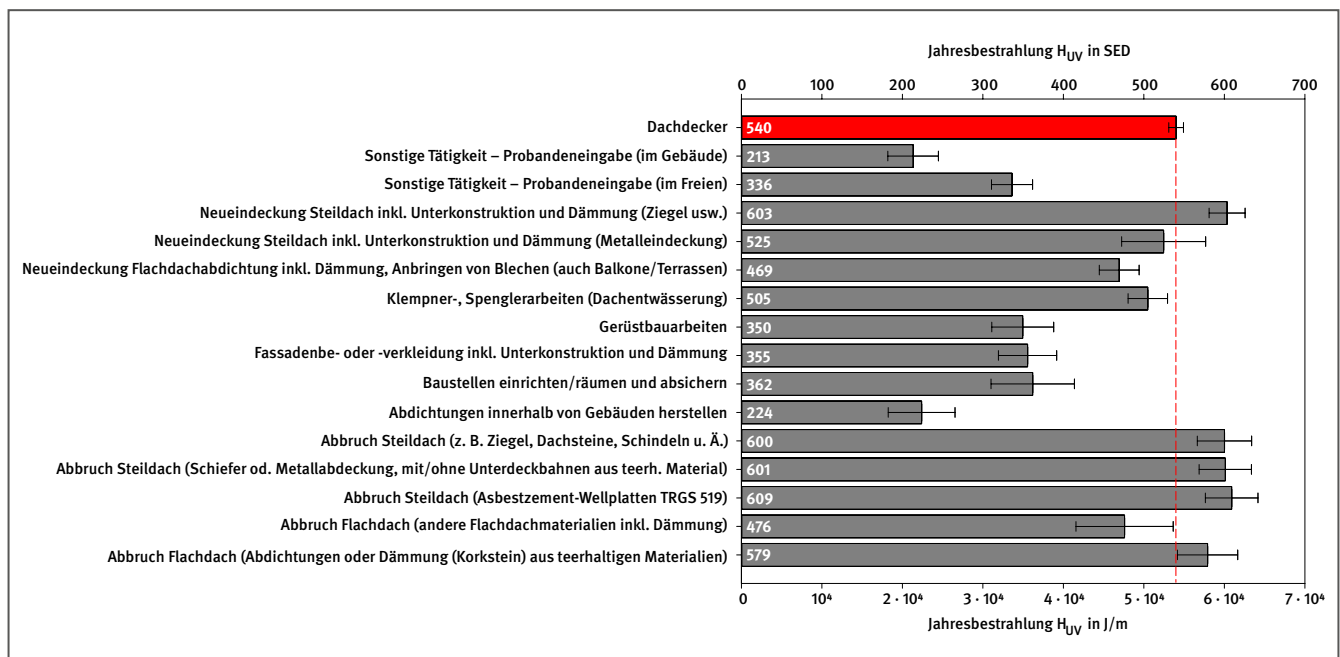
Tabelle 7:

Analogieschlüsse für Teiltätigkeiten bei Dachdeckern. Es ist möglich, fehlende Informationen zu Teiltätigkeiten durch Erkenntnisse aus anderen Berufen aufzufüllen – oder wie in diesem Fall auch aus derselben Berufsgruppe.

Teiltätigkeitsbezeichnung bei Dachdeckern	Vergleichbare Teiltätigkeit	Aus Beruf
Abbruch Steildach (Asbestzement-Wellplatten TRGS 519)	Abbruch Steildach (z. B. Ziegel, Dachsteine, Schindeln u. Ä.)	Dachdecker
Abbruch Steildach (Schiefer oder Metalldeckung, mit/ohne Unterdeckbahnen aus teerhaltigem Material)	Abbruch Steildach (z. B. Ziegel, Dachsteine, Schindeln u. Ä.)	Dachdecker
Gerüstbauarbeiten	Gerüste im Freien errichten, umbauen, demontieren	Gerüstbauer
Sonstige Tätigkeit – Probandeneingabe (im Gebäude)	Abdichtungen innerhalb von Gebäuden herstellen	Dachdecker

Abbildung 20:

Jahresbestrahlung für die Teiltätigkeiten der Dachdecker. Die Jahresbestrahlungen wurden aus den Monatsmittelwerten für die einzelnen Teiltätigkeiten berechnet und gemäß Abschnitt 4.3.4 extrapoliert. Es ist sowohl die Bestrahlung in der Einheit J/m<sup>2</sup> als auch in der abgeleiteten Einheit SED angegeben. Die Einzelwerte innerhalb der Balken sind gerundete Werte in SED. In rot ist die Jahresbestrahlung in SED für die Teiltätigkeitsgruppe der Dachdecker angegeben, zum besseren optischen Vergleich mit den einzelnen Teiltätigkeiten wurde die gestrichelte Linie eingefügt. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler der einzelnen Mittelwerte dar.



Damit ist es bei diesem Beruf deutlich schwieriger, differenzierte Aussagen über notwendige Schutzmaßnahmen zu machen. Bei nahezu allen Tätigkeiten – auch bei denen innerhalb von Gebäuden – kommt es zu nennenswerten Expositionen, denen mit Schutzmaßnahmen begegnet werden muss.

Die Gewichtung der Teiltätigkeiten macht die Gesamtexposition des Berufs/der Teiltätigkeit aus. Die Teiltätigkeitsgruppe der Dachdecker ist einer Jahresbestrahlung von 540 SED ausgesetzt, während das arithmetische Mittel der Teiltätigkeiten bei 454 SED liegt. Dementsprechend liegt das Gewicht der Tätigkeiten eines Dachdeckers wie erwartet bei Arbeiten im Freien.

## 6 Zusatzuntersuchungen und Limitationen

### 6.1 Tracking der Erzieher über mehrere Jahre

Die Berufsgruppe der Erzieher konnte in jedem Jahr für Bestrahlungsmessungen gewonnen werden. Damit besteht die Möglichkeit, die Schwankung innerhalb dieser Berufsgruppe über die Jahre hinweg einschätzen zu können. Die Übertragbarkeit auf andere Berufe ist möglich, muss aber im Kontext der Tätigkeitsprofile geschehen. Abweichungen von einem Mittelwert sind nicht nur durch direkte meteorologische Einflüsse möglich, sondern auch durch indirekte Effekte aufgrund veränderter meteorologischer Gegebenheiten, zum Beispiel das Aufsuchen von Schatten oder das Verbleiben in Gebäuden bei zu großer Hitze im Freien. Bei der Analyse ist zu beachten, dass das Schutzbedürfnis von Kindern in Kindergärten und Kindertagesstätten das Verhalten von Erziehern, die das Dosimeter tragen, beeinflusst. In den Jahren mit besonders langer und intensiver Hitzeperiode kann davon ausgegangen werden, dass das Verhalten der Erzieher zu einer geringeren Exposition gegenüber UV-Strahlung führt. Abbildung 21 zeigt den entsprechenden Verlauf für das gesamte Erzieherpersonal (a) und zudem aufgelöst nach Erziehern in Kindergärten (b) sowie Kinderkrippen (c).

Wie erwartet streuen die Bestrahlungssummen um einen Mittelwert. Beim Blick auf alle drei Graphen ist keine Tendenz über die Jahre zu erkennen, wenngleich die Bestrahlung im Gesamten und bei den Erziehern in Kindergärten im Jahr 2018 deutlich geringer ist. Da sie es aber bei den Erziehern in Kinderkrippen nicht ist, sondern im Gegenteil wieder zunimmt, ist eine globale Interpretation nur unter besonderer Berücksichtigung von Versuchspersonenkontingenten möglich. Vergleicht man die Tendenzen der

Bestrahlungssummen mit der Sonnenscheindauer für die betreffenden Jahre (siehe Abbildung 22), dann lässt sich daraus kein Zusammenhang ableiten. Offensichtlich ist die intrinsische Streuung der Jahressummen größer als der Einfluss veränderter Sonnenscheindauern. Da 2018 und 2019 sehr sonnenreiche Jahre waren, verbunden mit großer Hitze, könnte man aus dem Verhalten von Menschen möglicherweise auf die Exposition schließen. Betrachtet man die Jahresverläufe der monatlichen Tagesmittelwerte (siehe Abbildung 23) für die Erzieher insgesamt, ist zu erkennen, dass die Monate Juni, Juli und August in den Jahren 2018 und 2019 in den absoluten Werten, aber auch den Verläufen deutlich gegenüber den anderen Jahren abfallen. Genau diese Monate umfasste die lange Hitze- und Dürreperiode des Jahres. Die Bestrahlungen für die Frühjahrs- und Herbstmonate ist vergleichbar, wenn auch im Vergleich geringer. Daraus könnte sich ein Hinweis auf ein verändertes Verhalten ableiten lassen.

Sollte die in dieser Analyse festgestellte Auswirkung des Verhaltens auf die Bestrahlung ausschlaggebend sein, kann daraus keine Verallgemeinerung für alle Berufe stattfinden. Bei einem Großteil der Berufe ist aktuell eine freie Wahl der Expositionssituation nicht möglich und die Abstimmung des Arbeitsplatzes auf die klimatischen Einflüsse wie Sonne und Hitze nicht üblich. Insbesondere in der Bau- und Landwirtschaft sind Tätigkeiten nur dann ausführbar, wenn es keine Niederschläge gibt und das Wetter entsprechend gut ist. Umgekehrt könnte man aus dem Verhalten der Erzieher ableiten, dass ein hitze- und bestrahlungsgemäßes Verhalten zu einer Verringerung der Exposition führt.

Abbildung 21:

Tracking der Erzieher von 2014 bis 2019. In jedem Jahr konnte ein Kontingent Erzieher aus Kindergärten (drei- bis sechsjährige Kinder) und Kinderkrippen (null- bis dreijährige Kinder) gewonnen werden, um den Verlauf des jeweiligen Mittelwertes zu verfolgen. Im Diagramm sind die Summen der Bestrahlungen von April bis Oktober eines jeweiligen Jahres mit Standardfehler angegeben (rote Linie) sowie der aus den Jahren 2014 bis 2019 ermittelte Mittelwert aller Jahressummen mit Standardabweichung (blaue Linie mit grünem Bereich); links: Gesamtbetrachtung aller Erzieher, Mitte: Erzieher in Kindergärten, rechts: Erzieher in Kinderkrippen.

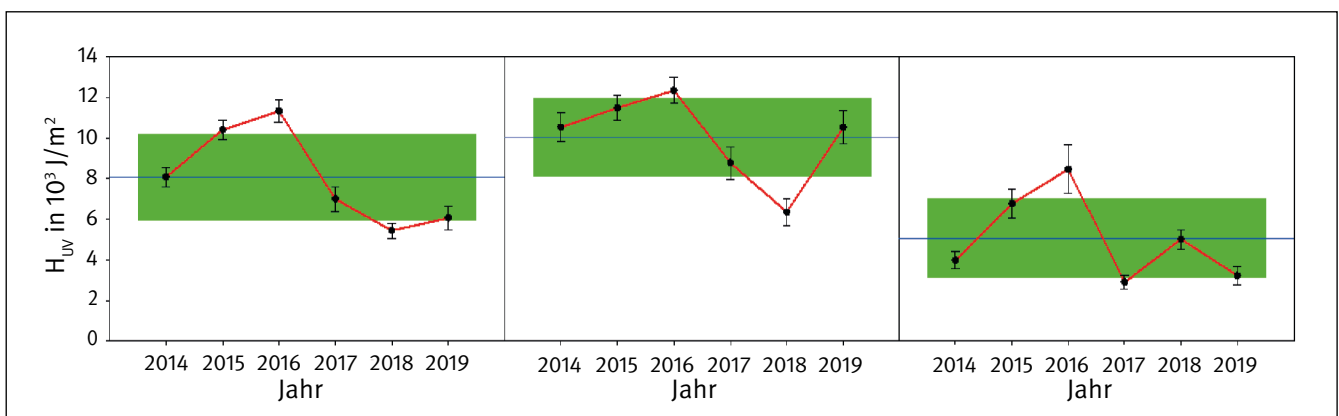


Abbildung 22:

Analyse der Sonnenscheindauern seit 1951. Die Summen der Monate April bis Oktober sind mit einer schwarzen Linie dargestellt. Der 30-Jahre-Mittelwert wird durch eine rote Linie hervorgehoben, der dazugehörige Bereich der Standardabweichung ist grün markiert. Die Jahre, in denen mit GENESIS-UV gemessen wurde, sind mit gepunkteten Drop-down-Linien gekennzeichnet.

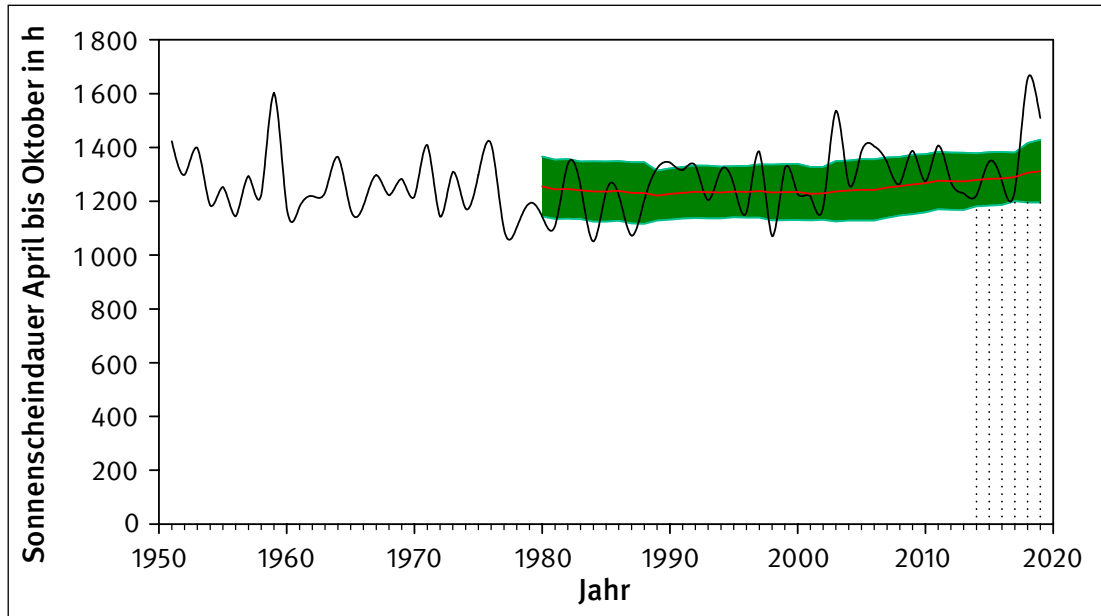
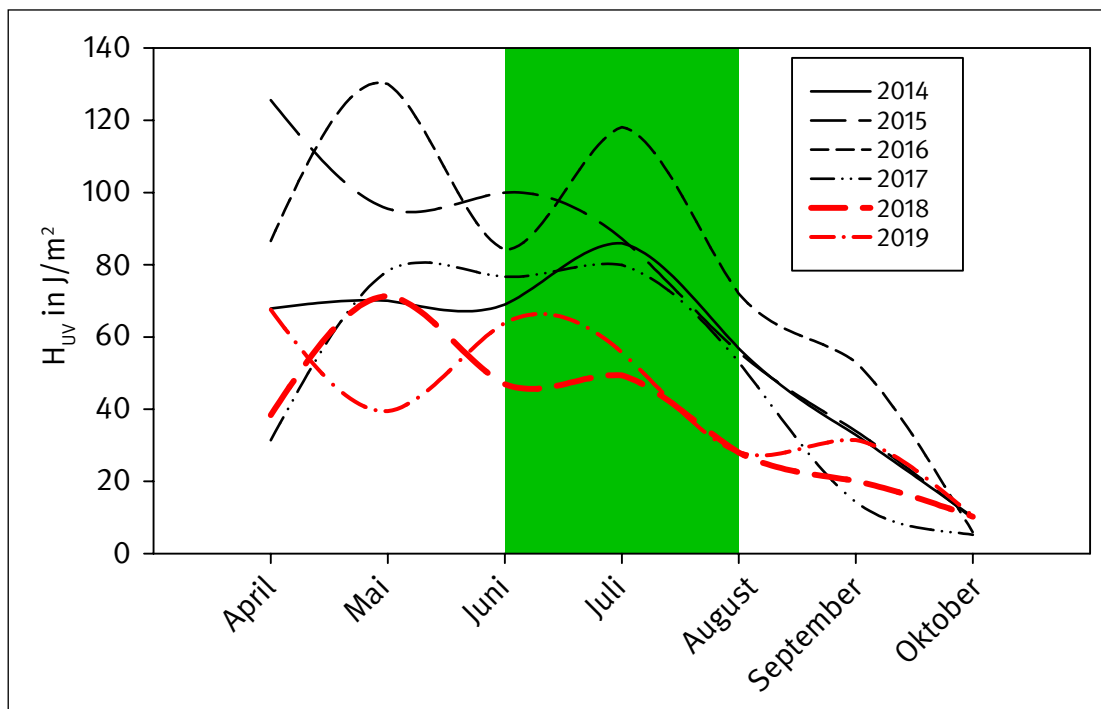


Abbildung 23:

Darstellung der monatlichen Tagesmittelwerte für die Erzieher, getrennt nach Jahren 2014 bis 2019. Die Hitzeperioden in Deutschland von Juni bis August 2018 und 2019 ist zur Verdeutlichung in grün markiert.



## 6.2 Untersuchung der Sonnenscheindauern in Deutschland

Misst man die UV-Bestrahlung von Beschäftigten über mehrere Jahre und will die gewonnenen Werte miteinander verrechnen oder vergleichen, müssen bestimmte

Grundvoraussetzungen beachtet werden. Zu diesen Grundvoraussetzungen gehört insbesondere die Anzahl der in dem betreffenden Jahr vorhandenen Sonnenstunden. Der Deutsche Wetterdienst stellt der Öffentlichkeit auf seinen Internetseiten ([www.dwd.de](http://www.dwd.de)) zahlreiche Wetter- und Klimainformationen zur Verfügung. Diese können

dann entsprechend dem Informationsfreiheitsgesetz (IFG) für eigene Analysen verwendet werden. Zu diesen Informationen gehören auch detaillierte Daten zur Sonnenscheindauer, die sowohl für die einzelnen Bundesländer als auch für den Bund verfügbar und nach Monaten aufgeschlüsselt erhältlich sind.

Die UV-Bestrahlungsmessungen mit GENESIS-UV finden seit dem Jahr 2014 statt. Es ist daher von großer Bedeutung, den Trend der Sonnenscheindauer in den Messmonaten April bis Oktober zu analysieren und bei der Datenanalyse gegebenenfalls einfließen zu lassen. Aus den einzelnen Messwerten für die Monate April bis Oktober wurde eine Summe gebildet, die der während der Messungen vorhandenen Anzahl von Sonnenstunden entspricht. Aus diesen Summen wurde ein 30-Jahre-Mittelwert gebildet, der den Trend der Sonnenscheindauer zeigt und dementsprechend ein stabiles Maß bildet. Da Messwerte ab dem Jahr 1951 verfügbar sind, beginnt der 30-Jahre-Mittelwert erst mit dem Jahr 1980. Aus der statistischen Verteilung der partiellen Jahressummen wurde die entsprechende Standardabweichung als Maß für eine gültige, nicht durch Korrekturrechnung zu korrigierende Abweichung berechnet und verwendet.

Abbildung 22 zeigt die grafische Analyse der Sonnenscheindauern für die jeweilige Summe der Monate April bis Oktober seit 1951 in Stunden. Die grafische Darstellung macht deutlich, dass die Sonnenscheindauern von Jahr zu Jahr schwanken und ebenso der 30-Jahre-Mittelwert einem gewissen Trend unterworfen ist. Nach einem Minimum um das Jahr 1990 steigt der 30-Jahre-Mittelwert seitdem wieder langsam an.

Für die Kampagnenjahre mit GENESIS-UV seit dem Jahr 2014 ist zu erkennen, dass diese innerhalb des Bereiches des 30-Jahre-Mittelwertes plus respektive minus der Standardabweichung liegen – mit Ausnahme von 2018 und 2019. Diese beiden Jahre waren sehr sonnenstundenreich, daher ist eine Korrektur auf das Niveau des 30-Jahre-Mittelwertes notwendig. Der dazu notwendige Rechenschritt ist in Abschnitt 4.2.2 beschrieben. Eine Korrektur aller Sekundenmesswerte aus dem Jahr 2018 wird durch Multiplikation mit dem Faktor 0,78859 (2019: 0,86883) erreicht.

Es ist auch ein anderer Weg denkbar: Mit dem Wissen über die Sonnenscheindauer kann die Bestrahlung auch auf beliebige Jahre hoch oder heruntergerechnet werden, falls dies notwendig werden sollte. Durch die Referenzie-

rung auf den 30-Jahre-Mittelwert wurde eine Unabhängigkeit von den jährlichen Schwankungen der Sonnenscheindauern erreicht.

### 6.3 Untersuchung des Nord-Süd-Gefälles in Deutschland

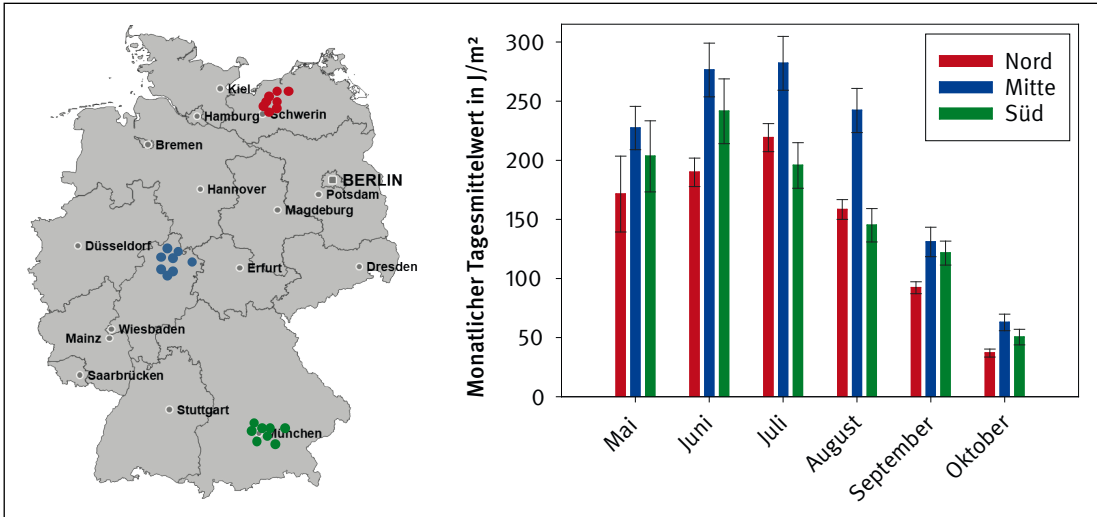
Deutschland erstreckt sich geografisch über 7,4°. Flensburg im Norden (54,79°) und Oberstdorf im Süden (47,41°) bilden dabei die jeweiligen Randpunkte. Unter Berücksichtigung der Abstufungen im Breitengradfaktor muss überprüft werden, inwiefern sich die Verteilung der Versuchspersonen über den Breitengradbereich auf die Messergebnisse auswirkt. Berücksichtigt man die Globalstrahlung (siehe Abschnitt 1.2) und deren Breitengradabhängigkeit, kann berechnet werden, in welcher Größenordnung eine Abnahme der Bestrahlungsstärke von Süd nach Nord liegen kann. Theoretisch ist durch die veränderte Einstrahlung aufgrund des Breitengrades mit einer Abnahme der Bestrahlung nach Norden hin von bis zu 17 % zu rechnen. Messbar wird dieser Effekt aber nur dann, wenn die Unterschiede in der individuellen Bestrahlung der an den verschiedenen Orten tätigen Versuchspersonen durch Verhalten oder Ähnliches nicht größer ist. Die Zusteller (OMEGA-Code 73211) wurden im Jahr 2014 entsprechend gewählt. Im Norden (Rostock) konnten acht Personen und in der Mitte Deutschlands (Kassel) sowie im Süden (München) ebenfalls acht Versuchspersonen gewonnen werden (Abbildung 24, links). Die Messungen fanden von Mai bis Oktober statt und lieferten eine statistisch signifikante Anzahl von Messwerten.

Zur Analyse wurden die einzelnen Tagessummen eines Monats zu einem arithmetischen Mittelwert zusammengeführt. Die Schwankungsbreite dieses Mittelwertes wird vom Standardfehler, nicht von der Standardabweichung, beschrieben. Abbildung 24 (rechts) zeigt die jeweiligen monatlichen Tagesmittelwerte für die einzelnen Regionen. Während die UV-Bestrahlung von Nord nach Mitte statistisch signifikant anzusteigen scheint, sinkt diese zum Süden hin wieder ab. Durch diesen Effekt ist kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Bestrahlung im Norden und im Süden Deutschlands mehr zu erkennen. Offensichtlich dominieren andere Effekte die Exposition der Beschäftigten, sodass der durch den Breitengradfaktor vorhergesagte Effekt mit einem Faktor von etwa 1,17 zwischen Norden und Süden nicht klar hervortritt. Dieser Effekt zeigt sich in ähnlicher Weise bei Messungen, die an Maurern über Europa verteilt durchgeführt wurden.



Abbildung 24:

Analyse des Nord-Süd-Gefälles der UV-Bestrahlung mithilfe von Zustellern. Links: Verteilung der Versuchspersonen zur Untersuchung des Nord-Süd-Gefälles. Es konnten 24 Zusteller gewonnen werden, von denen acht im Norden, acht in der Mitte und acht im Süden Deutschlands tätig waren. Rechts: Probandenkontingente im Norden (acht Personen), in der Mitte (acht Personen) und im Süden (acht Personen) lieferten eine statistisch signifikante Anzahl von Messwerten. Neben den monatlichen Tagesmittelwerten ist der Standardfehler angegeben. Es kann kein durch den Breitengradfaktor erklärbarer Effekt nachgewiesen werden.

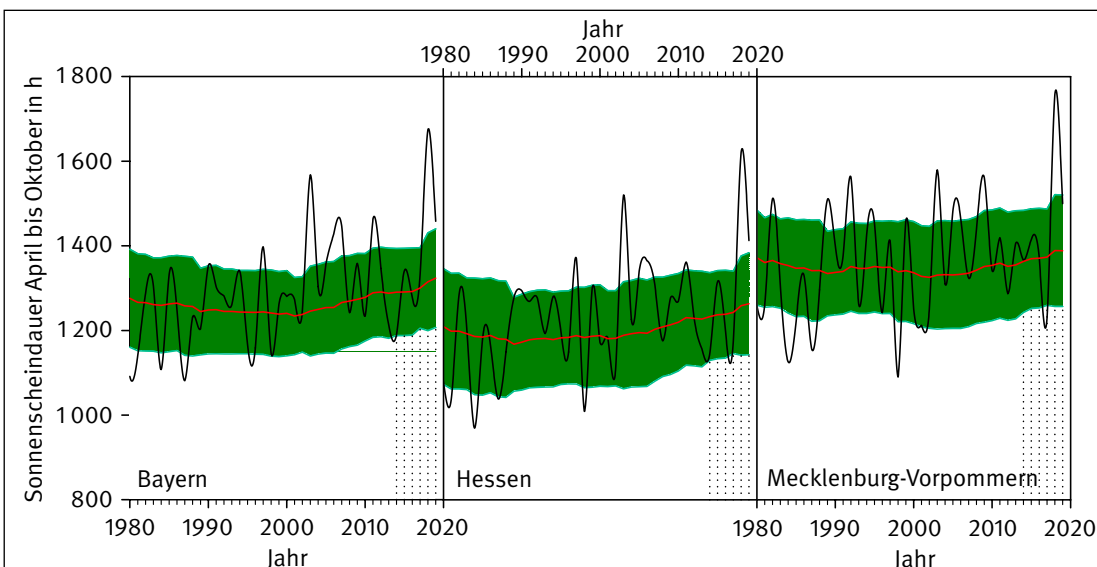


Aus dieser Analyse kann man folgern, dass die Messwerte innerhalb Deutschlands keiner Korrektur bezüglich der vermuteten Breitengradabhängigkeit bedürfen. Eine tiefer gehende Analyse der Sonnenscheindauern in den betroffenen Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Hessen und Bayern bestätigt diese Schlussfolgerung. Abbildung 25 zeigt die Sonnenscheindauern in diesen drei Bundesländern. Obwohl Abweichungen des Mittelwertes bei der Betrachtung ins Auge fallen, so sind

diese unter Berücksichtigung der Standardabweichung nicht signifikant. Im Sinne des 30-Jahres-Mittelwertes kann demnach geschlussfolgert werden, dass sich die UV-Bestrahlung in den Bundesländern mit Blick auf die Anzahl der Sonnenstunden nicht signifikant unterscheidet. Hinsichtlich der erwarteten Abnahme der Bestrahlungsstärke nach Norden kann zudem geschlossen werden, dass individuelles Verhalten und meteorologische Effekte in derselben Größenordnung liegen müssen.

Abbildung 25:

Sonnenscheindauern in Bayern (links), Hessen (Mitte) und Mecklenburg-Vorpommern (rechts) von 1980 bis heute. Die Summen der Monate April bis Oktober sind mit einer schwarzen Linie dargestellt. Der 30-Jahre-Mittelwert wird durch eine rote Linie hervorgehoben; der dazugehörige Bereich der Standardabweichung ist grün markiert. Die Jahre, in denen mit GENESIS-UV gemessen wurde, sind mit gepunkteten Dropdown-Linien gekennzeichnet.





## 6.4 Limitationen der Expositionsmessungen

Die ermittelten Expositionswerte basieren auf Messungen mit einem elektronischen Datenloggerdosimeter, das Versuchspersonen während ihrer Tätigkeiten am linken Oberarm getragen haben. Durch das Studiendesign und die damit verbundenen Einflüsse sind sowohl den Messungen als auch deren Interpretation Grenzen gesetzt.

### 6.4.1 Messzeitraum

Der Messzeitraum von April bis Oktober wurde gewählt, weil er 88 % der jährlichen Globalstrahlung abdeckt und es in den verbleibenden fünf Monaten möglich ist, alle Einheiten des Messsystems wieder in das IFA zu holen, die Daten zu extrahieren, technische Wartung und Reparatur durchzuführen sowie das System wieder neu aufzusetzen und an die Probanden der folgenden Messkampagne zu übergeben. Damit musste aber vorausgesetzt werden, dass alle untersuchten Tätigkeiten auch in diesem Zeitraum ausgeführt werden. Sollte es in der nicht gemessenen Zeit von November bis März zu einer wesentlichen Verschiebung innerhalb des Tätigkeitsprofils kommen, könnte ein Fehler in den Jahresexpositionswerten entstehen. Werden in der Zeit von November bis März eher Tätigkeiten mit geringer Exposition ausgeführt, ist der Jahresexpositionswert falsch-hoch. Werden Tätigkeiten mit hoher Exposition ausgeführt, ist der Jahresexpositionswert falsch-niedrig. Da es sich aber nur um 12 % der jährlichen Globalstrahlung handelt, ist der damit verbundene Fehler mit höchster Wahrscheinlichkeit deutlich kleiner als 10 %.

Ein weiterer Aspekt, der zu einem ähnlichen, darin enthaltenen Fehler führen kann, betrifft das Verhalten der Beschäftigten. Verändert es sich über das Jahr zwischen Winter und Sommer deutlich, kann sich dies auf die Exposition auswirken. Dabei ist die Tendenz vorab nicht festgelegt. Eine Betätigung im Winter zeigt nicht zwangsläufig an, dass man sich besser vor der Exposition schützt. Wegen der Kälte werden mutmaßlich eher Arbeitsplätze mit Sonneneinstrahlung aufgesucht. Dies kann im Sommer genau anders herum der Fall sein.

### 6.4.2 Umwelt und Wetter

Langzeitmessungen haben den Hintergrund, Umwelt- und Wettereinflüsse eines großen Zeitraums, zum Beispiel eines Jahres, zu erfassen. Damit ist es möglich, eine Aussage über die Bestrahlung zu treffen und diese Aussage auch auf andere Jahre zu übertragen. Je länger dabei die Messungen sind, desto genauer ist die Aussage. Der für die mit GENESIS-UV durchgeführten Messungen festgelegte Messzeitraum erfasste von April bis Oktober zwar 88 % der jährlichen UV-Globalstrahlung, umfasste jedoch nur sieben Monate des Kalenderjahres. Der Winter sowie Teile des Herbstes und ein halber Monat des Frühlings

werden nicht durch die Messungen erfasst und müssen extrapoliert werden. Dies ist mit Blick auf die restlichen 12 % der Jahresglobalstrahlung ausreichend, muss aber bei der Interpretation der Jahresbestrahlung berücksichtigt werden. Für Berufe, die im Wesentlichen im Winter ausgeübt werden (beispielsweise Skilehrer), liefert die aktuelle Datenbasis keine Hinweise. Solche Messungen müssten noch durchgeführt werden.

### 6.4.3 Messung an der Person

Messungen an der Person sind die Voraussetzung für die Dosimetrie, wenn Aussagen über die Exposition des bewegten Körpers getroffen werden sollen. Dabei kommt der Position des Messgerätes an der Person eine Bedeutung zu, insbesondere dann, wenn es sich um die Messung optischer Strahlung handelt. Optische Strahlung hat im Gegensatz zu Gasen eine Richtungseigenschaft und ist nicht isotrop im Raum verteilt. Für die Detektion kommt es demnach darauf an, wie Messgerät und einfallende Strahlung zueinander ausgerichtet sind. Körperbewegung und -haltung nehmen Einfluss auf die Messung der Daten, sodass Langzeitmessungen durchgeführt werden müssen, um ein möglichst durchschnittliches Bild der Bewegung und Haltung einer Person abbilden zu können.

Das Tragen eines Messgerätes kann Versuchspersonen in ihrem Verhalten beeinflussen. Dies muss so weit wie möglich verhindert werden, da die Messung nur dann realistische Werte liefert, wenn die Versuchspersonen ihre Tätigkeiten wie gewohnt ausführen können. Daher sollte das Messgerät nicht im Bereich vor der Brust oder im direkten Sichtfeld getragen werden. Sobald die Personen das Dosimeter – wie beabsichtigt – nicht mehr bemerken und das Gerät an einer körperlich exponierten Stelle (Arm- oder Beinaußenseite) getragen wird, kann es jedoch bei Arbeiten an engen Stellen anschlagen, einen technischen Defekt erleiden oder verloren gehen.

Um beiden Faktoren Rechnung zu tragen, wurden die Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen. Es stellte sich heraus, dass eine Messung am linken Oberarm sowohl am wenigsten störend als auch ähnlich zu vertikalen Körperflächen (Brust, Stirnvorderseite) bestrahlt ist. Möchte man die Ergebnisse aus den Messungen auf andere Körperstellen übertragen, wäre das mit Körperstellenfaktoren möglich. Da sich insbesondere die Körperhaltung von Teiltätigkeit zu Teiltätigkeit unterscheiden kann, muss zur genauen Übertragung der Messwerte ein auf die Teiltätigkeit bezogener Körperstellenfaktor ermittelt werden. Dies wäre schon ein eigenes großes Forschungsprojekt, da die Körperstellenfaktoren auch als Mittelwert über eine lange Zeit der Beschäftigung ermittelt werden müssten. Verwendet man bis dahin Werte aus der Literatur, die als Mittelwert über alle Berufe recherchierbar sind, erhält man bei der Übertragung der Messwerte auf andere Körperstellen eine nicht näher quantifizierbare Ungenauigkeit.

#### 6.4.4 Anzahl der Datenpunkte, Mittelwerte und Extrapolationen

Die Güte der kumulierten Daten – seien es Jahresexpositionswerte, Mittelwerte oder andere aus den Rohdaten abgeleitete Werte – hängt entscheidend von der Anzahl der verfügbaren Datenpunkte ab. Daher ist eine deskriptive Statistik notwendig, um eine Abschätzung über die Güte des berechneten Wertes vornehmen zu können.

Um auf gemittelte Werte zu kommen, wurden die Messwerte eines Monats zu einem Mittelwert zusammengeführt. Das hat zur Folge, dass Daten von den ersten Tagen eines Monats die gleiche Gewichtung wie die Daten von den letzten Tagen eines Monats erhalten. Da die Bestrahlung durch die Sonne jedoch einen Jahresgang besitzt, wird aus der gleichmäßigen Zu- und Abnahme der Strahlungsintensität eine Stufenfunktion, ähnlich dem Jahreszeitenfaktor. Gerade bei Monatswechseln führt dies zu einem Sprung. Dies wird aber in der Praxis nicht zu Problemen führen, da in der Regel keine solch genauen Angaben benötigt werden.

Die Extrapolation von monatlichen Mittelwerten auf Jahresexpositionswerte basiert auf der Annahme einer gewissen Anzahl von Arbeitstagen pro Monat. Für Monate mit 30 Kalendertagen wurden 20 Arbeitstage angesetzt sowie 21 Arbeitstage bei Monaten mit 31 Kalendertagen. Arbeitet jemand mehr oder weniger Tage in dem Monat, so hat dies keinen Einfluss auf die Bildung des Monatsmittelwertes. Möchte man aber die individuelle Exposition berechnen, kann es notwendig sein, bei der Extrapolation die persönlichen Arbeitszeiten einzubringen. Hier kann es zu Abweichungen kommen; möglicherweise muss dann die Berechnung auf die Halbstundenwerte abgestellt werden.

Wird die Betrachtung der Exposition immer feiner, hat dies direkte Auswirkungen auf die Güte der Daten. Je stärker man differenziert, desto weniger Datenpunkte stehen je analysiertem Aspekt zur Verfügung. Das bedeutet konkret, dass die verfügbare Datenmenge je Teiltätigkeitsgruppe oder Teiltätigkeit geringer ist als bei den Berufen. In einigen Fällen kann das so weit gehen, dass eine verlässliche Auswertung nicht mehr möglich ist. Ob ein extrapoliertes Ergebnis noch verwendet werden kann oder nicht, kann nicht pauschal angegeben werden. Dies hängt entscheidend vom Verwendungszweck ab. An Daten, die für eine orientierende Aussage verwendet werden, können geringere Ansprüche an die Genauigkeit gestellt werden als an Daten, die verpflichtende Präventionsmaßnahmen zur Folge haben können oder in Zukunft im BK-Verfahren verwendet werden.

#### 6.4.5 Tätigkeitsprofile und gewählte Personengruppen

Für die Analyse der Berufe, Teiltätigkeitsgruppen und Teiltätigkeiten ist es von entscheidender Bedeutung, dass die ausgewählten Versuchspersonen auch entsprechend beschäftigt sind. Diese Grundannahme ist die Basis der dargestellten Auswertung. Sollten Beschäftigte in die Messkampagne eingebunden sein, die nicht den ihnen zugeordneten Tätigkeitsprofilen entsprechen, ergibt sich zwangsläufig eine nicht quantifizierbare Ungenauigkeit. Die einzige Möglichkeit, Daten auf diesen Faktor zu überprüfen, liegt in einer erneuten Messung mit dezidiert ausgewählten Beschäftigten. Hinweise darauf, ob dies notwendig ist, kann eine Befragung der Personen ergeben, die schon an den Messungen teilgenommen haben. Möglicherweise kann auch eine Anpassung des Tätigkeitsprofils zum gewünschten Ergebnis führen.

Die Tätigkeitsprofile wurden von den UV-Trägern erarbeitet, um ein typisches Arbeitsprofil für Berufe und Teiltätigkeitsgruppen angeben zu können. Darin selbst liegt ein gewisses Maß an Varianz in Bezug auf den einzelnen Beschäftigten. Durch die Angabe des Anteils von Teiltätigkeiten an einem Gesamtprofil wird ein mittleres Tätigkeitsprofil erstellt. Soll die individuelle Bestrahlung berechnet werden, kann dies über die anteilige Addition der Teiltätigkeiten geschehen. Dies setzt aber voraus, dass zu jeder Teiltätigkeit entsprechend genaue Messdaten vorhanden sind.

## 7 Ausblick

Die in diesem Report dargestellten Messungen und Ergebnisse betreffen im Wesentlichen die Arbeit der gesetzlichen Unfallversicherung. Andere Sozialversicherungsträger, wie die gesetzliche Krankenversicherung, sind aber ebenso von der Krankheitslast durch UV-Strahlung betroffen. Hautkrebs durch UV-Strahlung ist eine Volkskrankheit und nur etwa 3 bis 8 % der Erkrankungen werden dem beruflichen Bereich zugeordnet [57 bis 59]. Daher müssen alle Aktivitäten auf einen gesamtgesellschaftlichen, holistischen Ansatz in der Prävention ausgerichtet werden.

### 7.1 Möglichkeiten für die Präventionsarbeit

Verhaltens- und Verhältnisprävention können gleichermaßen von den Erkenntnissen dieser Arbeit profitieren. Durch die Identifikation der Berufe, Teiltätigkeitsgruppen oder Teiltätigkeiten, die mit besonders hohen Bestrahlungen verbunden sind, können dort direkt Schutzmaßnahmen nach dem TOP-Prinzip (TOP: technische, organisatorische, persönliche Maßnahmen) abgeleitet werden. Präventionsarbeit sollte dabei mehrere Wege verfolgen:

- **Entwicklung geeigneter technischer Schutzmaßnahmen**

Dem Einsatzort angepasst kann ein maximal mögliches Schutzniveau eingesetzt werden. Je weniger Strahlung bei den Beschäftigten eintrifft, desto geringer die Gefährdung,

- **Umsetzung geeigneter organisatorischer Schutzmaßnahmen**

Anpassung der Arbeitszeit, Einführung adäquater arbeitsmedizinischer Maßnahmen, Unterweisung und Schulung in regelmäßigen Abständen,

- **Entwicklung und Einführung persönlicher Schutzmaßnahmen**

Nicht jedes Kleidungsstück muss zwangsläufig zertifiziert sein. Oft reicht normale Straßenkleidung aus. Wichtig ist, dass diese körperbedeckend ist. Insbesondere bei persönlichen Schutzmaßnahmen, wie Kleidung, sollte darauf geachtet werden, dass diese dem geforderten Schutzniveau entsprechend entworfen wurde und dabei keine anderen Gefährdungen begünstigt, wie zum Beispiel eine Überhitzung.

Maßnahmen nach dem TOP-Prinzip sind schon seit langer Zeit bekannt und können umgesetzt werden. Die Verhaltensprävention sollte jedoch deutlich verstärkt werden – sowohl bereits bei Kindern als auch bei Erwachsenen.

Gerade bei Letzteren ist eine logische Herleitung der Gefährdung notwendig. Daher muss eine Datenbasis vorhanden sein, die deutlich macht, wie hoch die Gefährdung ist. Dies ist mit den Daten und Fakten dieser Arbeit jetzt möglich.

Die Bestrahlungsdaten müssen aber für die praktische Anwendung weiterentwickelt werden, sodass sie für das tägliche Leben nutzbar werden. Daher sollte der Weg verfolgt werden, diese in eine Smartphone-App zu integrieren, die zusammen mit Wetterdaten aus Satellitendaten des DWD oder anderer Institutionen eine Live-Angabe des notwendigen Schutzniveaus inklusive Vorhersage über die nächsten Stunden liefert. So wäre den Beschäftigten ein direkter Zusammenhang zwischen Gefährdung und notwendigem Schutz bewusst und eine Integration in den Tagesablauf möglich. Würden diese Informationen kurz und prägnant, möglicherweise in Verbindung mit dem UV-Index, als „Push-Nachricht“ zur Verfügung gestellt, wäre eine große Reichweite der notwendigen Informationen sichergestellt.

### 7.2 Präzisierung der Berufskrankheitsbewertung

Die retrospektive Bewertung der Exposition im Berufskrankheitsgeschehen wird bei Einführung der Messergebnisse und Erkenntnisse dieser Arbeit erhebliche Detaillierung erfahren, insbesondere bei der Bestimmung der beruflichen (versicherten) Bestrahlung. Dann stehen mehrere Wege offen: Versicherte können je nach Beruf rechnerisch oder nach Teiltätigkeitsgruppe beurteilt werden. Lässt der Detaillierungsgrad des Erinnerungsvermögens des Versicherten auf der einen Seite beziehungsweise die Trennschärfe der Messergebnisse auf der anderen Seite eine Beurteilung der Teiltätigkeiten zu, kann eine retrospektiv genaue Berechnung erfolgen.

Letztendlich muss die Praxis entscheiden, welcher Weg beschritten werden soll. Da die Anzahl der BK-Anzeigen mit der BK-Nr. 5103 sehr hoch ist, aber auch andere BK angezeigt werden, sind die handelnden Personen auf vereinfachte, aber präzise Verfahren angewiesen. Dies kann so weit führen, dass Versicherte nach der Anzeige einer BK telefonisch nach ihrer Arbeitsanamnese befragt werden. Stellt sich dabei heraus, dass der ausgeübte Beruf den üblichen Profilen entspricht, wie sie in dieser Arbeit jeweils den Berufen zugeordnet wurden, kann direkt der Jahresexpositionswert in Anrechnung gebracht werden. Hinterlegt werden kann auch, wie viele Jahre der Beschäftigung typischerweise zum Erreichen der Anerkennungskriterien notwendig wären. So können Leistungsabteilungen schnell und sicher entscheiden.

Die Wittlich'sche Formel wurde in einer Anamnesesoftware des IFA umgesetzt und steht den UV-Trägern zur Berechnung in BK-Verfahren zur Verfügung. Eine Erweiterung um die Daten aus GENESIS-UV ist bereits in Vorbereitung und wird auch vereinfachte Verfahren enthalten. Eine Übertragbarkeit aktuell gemessener Werte auf die Vergangenheit muss auf diesem Weg sichergestellt werden.

### 7.3 Holistischer Präventionsansatz in einer Vision Zero

Die Exposition gegenüber UV-Strahlung ist kein Problem, das sich nur der Freizeit oder nur dem Beruf zuordnen lässt. Selbiges gilt für die Notwendigkeit des Schutzes gegen ein zu hohes Maß an Bestrahlung. Es liegt in der Natur des Menschen, Gewohnheiten zu folgen. Daher muss ein Präventionsansatz immer eine Gesamtheit betrachten: die Gesamtheit der Exposition, die Gesamtheit des menschlichen Verhaltens und die Gesamtheit des Schutzniveaus.

Nicht melanozytärer Hautkrebs durch UV-Strahlung ist mit ausreichend sonnensicherem Verhalten vermeidbar. Daher ist er geradezu ein Paradebeispiel für einen holistischen Ansatz in der Prävention, dessen Ziel es sein muss, „null“ Hautkrebserkrankungen zuzulassen. Dieses hohe Ziel kann aber nur dann erreicht werden, wenn alle Betroffenen zusammenarbeiten: Unfallversicherung, Krankenversicherung sowie Arbeitgeber, Beschäftigte und medizinische Fachgesellschaften.

Idealerweise werden solche Anstrengungen international unternommen, beispielsweise auf der Ebene der Europäischen Union, da Beschäftigte in allen Staaten gegenüber solarer UV-Strahlung exponiert sind. Kulturelle Unterschiede sind zwar manchmal eine Schwierigkeit, wenn es darum geht, ein über Grenzen hinaus allgemeingültiges Regelwerk zu schaffen, allerdings bergen sie auch viele Chancen. Man kann von Menschen in anderen Staaten lernen, denn eine kulturelle Entwicklung umfasst oft schon über Jahrhunderte gewachsene Prävention.

Nicht ohne Grund leben Menschen in südlichen Staaten ein anders strukturiertes Leben als die Menschen im Norden. Die „Siesta“ – die lange ausgedehnte Mittagspause beispielsweise in Spanien – verhindert, dass Beschäftigte zum einen zu stark bestrahlt werden und zum anderen bei zu hohen Temperaturen arbeiten müssen. Der Druck, der durch die Globalisierung entsteht, wirkt sich aber negativ auf lokale Bräuche aus, da eine globalisierte Welt ein hohes Maß an Geschwindigkeit erfordert.

UN-Institutionen, wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO) haben die Aufgabe, das Wissen auf einem globalen Niveau zusammenzutragen. In Gremien können Fachleute Wissen austauschen und so zu einem globalen

„Werkzeugkasten“ beitragen, der von jeder Region der Welt je nach Anforderung benutzt werden kann.

Das Ziel muss sein, gemeinsam die globale Krankheitslast von Hautkrebs durch UV-Strahlung zu minimieren.

### 7.4 Zukünftige Entwicklung und Ausblick

Im Rahmen langjähriger Forschungsanstrengungen ist es gelungen, eine breite und valide Datenbasis für die Gefährdungsbeurteilung von Arbeitsplätzen im Freien zu schaffen. Mithilfe dieser Daten und den daraus abgeleiteten Informationen und Schlussfolgerungen wird es möglich, gefährdende Tätigkeiten zu identifizieren, Schutzmaßnahmen auszuwählen und festzustellen, ob eine Erkrankung gemäß BK-Nr. 5103 vorliegt oder nicht. Eine solche Forschungsarbeit ist nicht ohne den Einsatz der vielen Versuchspersonen denkbar, die Tag für Tag, sieben Monate lang bei jeder Tätigkeit das elektronische Datenloggerdosimeter getragen und die Daten wöchentlich an das IFA überspielt haben. Es ist deutlich zu betonen, dass viele dies taten, um der kommenden Generation etwas zu hinterlassen – so deren persönliche Aussage. Das ist das eigentlich Entscheidende, denn die Personen haben Einschränkungen in Kauf genommen, um Wissenschaft und Arbeitsschutz voranzubringen. Unsere Aufgabe ist es nun, aus den Erkenntnissen die richtigen Schlüsse zu ziehen und den Schutz der Beschäftigten vor solarer UV-Strahlung voranzutreiben.

Da der Mensch aber sehr stark durch eigene Gewohnheiten definiert und von ihnen geleitet wird, muss die Exposition in der Freizeit einbezogen werden. Daher hat das IFA im Anschluss an diese Arbeit ein weiteres Projekt ähnlicher Größenordnung gestartet, das die Exposition bei verschiedenen Tätigkeiten im Freien bestimmen soll [60]. Dabei wird ebenfalls das Messsystem GENESIS-UV eingesetzt. Man erhofft sich davon eine ähnliche Detailtiefe wie in dieser Arbeit, sodass mit dann zwei Katastern der UV-Exposition individuell bestimmt werden kann, wie gefährdet jemand ist. Daraus lassen sich vollständige Konzepte für Schutzmaßnahmen ableiten.

Ein Studium der thematischen Forschungslandschaft hat gezeigt, dass es nur vereinzelte Studien zur detaillierten UV-Expositionserfassung gibt und diese lokal sehr beschränkt sind. Oftmals werden selbst auf einem großen Kontinent wie Australien nur sehr lokal begrenzt Messungen durchgeführt, was eine Übertragbarkeit erschwert. Zudem ist eine Trennung zwischen privater und beruflicher Exposition nicht immer gegeben. Wählt man auf Basis der in dieser Arbeit ermittelten Werte Schutzmaßnahmen aus, muss dies im Rahmen der allgemeinen Gefährdungsbeurteilung geschehen. Es gibt entsprechend auch nur eine gesamte Gefährdungsbeurteilung, die alle Arbeitsbedingungen umfasst. Dies ist auch von großer Bedeutung, denn nur so können konkurrierende

Anforderungen an den Arbeitsschutz erkannt werden. Erfordert der Schutz vor einer bestimmten Gefährdung den Schutz der gesamten Körperhaut, so steht dies sicherlich im Widerspruch zu Anforderungen, die ein Hitze Arbeitsplatz mit sich bringt. Entsprechend kommt hier auf die Entwicklung von Schutzmaßnahmen eine große Herausforderung zu. Empfehlenswert wäre es, nicht mit Nischendenken (sprich: man konzentriert sich nur auf Sonnenschutzmaßnahmen) diese Entwicklung voranzutreiben, sondern die Schutzmaßnahmen am Beruf auszurichten. Es kann aufgrund der Diversität der Berufswelt auch keine einheitliche Schutzmaßnahme für alle Berufe geben, es wird zu mehr oder weniger individuellen Lösungen kommen.

Im privaten Bereich ist das ungleich einfacher, da dort gemeinhin geringere Gefährdungen auftreten und sich allgemeine Schutzmaßnahmen eher umsetzen lassen. Aber auch dort sind individuelle Lösungen je nach Freizeitaktivität notwendig, wenn davon die Sicherheit beeinflusst wird, z. B. beim Klettern in den Bergen oder bei Aktivitäten auf dem Wasser.





## 8 Literatur

- [1] Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit. ABl. EU Nr. L 183 (1989), S. 1-8
- [2] Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (OStrV). BGBl. I (2010), S. 960-967
- [3] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV). BGBl. I (1996) S. 1841-
- [4] Bekanntmachung von Technischen Regel: TROS IOS Teil „Allgemeines“. TROS IOS Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch inkohärente optische Strahlung“. TROS IOS Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“. TROS IOS Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“. GMBL. (2013) Nr. 65-67, S. 1301-1368
- [5] 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). ABl. EU Nr. L 114 (2006), S. 38-59
- [6] *Sinclair, C.; Foley, P.*: Skin cancer prevention in Australia. *Br. J. Dermatol.* 161 (2009), S. 116-123
- [7] *Henriksen, T.; Dahlback, A.; Larsen, S.; Moan, J.*: Ultraviolet-radiation and skin cancer. Effect of an ozone layer depletion. *Photochem. Photobiol.* 51 (1990) Nr. 5, S. 579-582
- [8] IEC 60904-3: Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data. VDE Verlag, Berlin 2019
- [9] *MacLaughlin, J. A.; Anderson, R. R.; Holick, M. F.*: Spectral character of sunlight modulates photosynthesis of previtamin D3 and its photoisomers in human skin. *Science* 216 (1982) Nr. 4549, S. 1001-1003
- [10] *Lindgren, J.; Gehrman, W. H.; Ferguson, G. W.; Pinder, J. E.*: Measuring effective Vitamin D3-producing ultraviolet b radiation using solartech’s solar-meter 6.4 handheld, UVB radiometer. *Bull. Chicago Her. Soc.* 43 (2008), S. 57-62
- [11] *Ambach, W.; Blumthaler, M.; Anselm, C.*: Spektrale Messungen des Höheneffektes der solaren UV-Strahlung im Raum Innsbruck. *Naturwiss. med. Ver. Innsbruck* 81 (1994), S. 7-14
- [12] Deutsches Institut für Normung. DIN FNL 7 (2018)
- [13] *Fitzpatrick, T.*: The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. *Arch. Dermatol.* 124 (1988) Nr. 6, S. 869-871
- [14] *Wittlich, M.; Strehl, B.*: UV-Strahlung und Gebäudescheiben. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 52 (2017) Nr. 7, S. 495-497
- [15] *Wittlich, M.*: Messung der UV-Durchlässigkeit von Kfz-Scheiben. *DGUV Forum* (2017) Nr. 1-2, S. 32-33
- [16] *Vecchia, P.; Hietanen, M.; Stuck, B. E.; van Deventer, E.; Niu, S.*: Protecting workers from ultraviolet radiation. *ICNIRP Guidelines* (2007), S. 19-20
- [17] *Armstrong, B. K.; Kricker, A.*: The epidemiology of UV induced skin cancer. *J. Photochem. Photobiol. B.* 63 (2001) Nr. 1-3, S. 8-18
- [18] *Miller, S. J.*: Etiology and pathogenesis of basal cell carcinoma. *Clin. Dermatol.* 13 (1995) Nr. 6, S. 527-536
- [19] *Fears, T. R.; Scotto, J.; Schneidermann, M. A.*: Mathematical models of age and ultraviolet effects on the incidence of skin cancer among whites in the United States. *Am. J. Epidemiol.* 105 (1977) Nr. 3, S. 420-427
- [20] *Diepgen, T. L.; Mahler, V.*: The epidemiology of skin cancer. *Br. J. Dermatol.* 146 (2002), S. 1-6
- [21] *Kricker, A.; Armstrong, B. K.; English, D. R.; Heenan, P. J.*: Does intermittent sun exposure cause basal cell carcinoma? A case-control study in Western Australia. *Int. J. Cancer* 60 (1995), S. 489-494
- [22] *Rosso, S. et al.*: The multicentre south European study ‚Helios‘. II: Different sun exposure patterns in the aetiology of basal cell and squamous cell carcinomas of the skin. *Br. J. Cancer* 73 (1996) Nr. 11, S. 1447-1454

- [23] Green, A.; Battistutta, D.; Hart, V.; Leslie, D.; Weedon, D.: Skin cancer in a subtropical Australian population: incidence and lack of association with occupation. The Nambour Study Group. *Am. J. Epidemiol.* 144 (1996), S. 1034-1040
- [24] Bauer, A.; Diepgen, T.; Schmitt, J.: Is occupational solar ultraviolet irradiation a relevant risk factor for basal cell carcinoma? A systematic review and meta-analysis of the epidemiological literature. *Br. J. Dermatol.* 165 (2011), S. 612-625
- [25] Madan, V.; Lear, J. T.; Szeimies, R. M.: Non-melanoma skin cancer. *Lancet* 375 (2010), S. 673-685
- [26] Perea-Milla Lopez, E. et al.: Lifestyles, environmental and phenotypic factors associated with lip cancer: a case-control study in southern Spain. *Br. J. Cancer* 88 (2003), S. 1702-1707
- [27] Aubry, F.; MacGibbon, B.: Risk factors of squamous cell carcinoma of the skin. A case-control study in the Montreal region. *Cancer* 55 (1985), S. 907-911
- [28] Schmitt, J.; Diepgen, T.; Bauer, A.: Occupational exposure to non-artificial UV-light and non-melanocytic skin cancer – a systematic review concerning a new occupational disease. *J. Dtsch. Dermatol. Ges.* 8 (2010) Nr. 4, S. 250-263
- [29] Schaefer, I.; Augustin, M.; Spehr, C.; Reusch, M.; Kornek, T.: Prevalence and risk factors of actinic keratoses in Germany – analysis of multisource data. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* 28 (2013), S. 309-313
- [30] Flohill, S. C.; van der Leest, R. J.; Dowlatshahi, E. A.; Hofman, A.; de Vries, E.; Nijsten, T.: Prevalence of actinic keratosis and its risk factors in the general population: the Rotterdam Study. *J. Invest. Dermatol.* 133 (2013) Nr. 8, S. 1971-1978
- [31] Werner, R. N.; Sammain, A.; Erdmann, R.; Hartmann, V.; Stockfleth, E.; Nast, A.: The natural history of actinic keratosis: a systematic review. *Br. J. Dermatol.* 169 (2013) Nr. 3, S. 502-518
- [32] Dirschka, T.; Pellacani, G.; Micali, G.; Malvehy, J.; Stratigos, A.; Casari, A. et al.: A proposed scoring system for assessing the severity of actinic keratosis on the head: actinic keratosis area and severity index. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* 31 (2017) Nr. 8, S. 1295-1302
- [33] Dreno, B.; Cerio, R.; Dirschka, T.; Nart, I. F.; Lear, J. T.; Peris, K. et al.: A Novel Actinic Keratosis Field Assessment Scale for Grading Actinic Keratosis Disease Severity. *Acta. Dermatol. Venereol.* 97 (2017) Nr. 9, S. 1108-1113
- [34] Bericht zum Krebsgeschehen in Deutschland. Hrsg.: Robert Koch-Institut, Berlin 2016
- [35] Gray, D. T.; Suman, V. J.; Su, W. P.; Clay, R. P.; Harmsen, W. S.; Roenigk, R. K. et al.: Trends in the population-based incidence of squamous cell carcinoma of the skin first diagnosed between 1984 and 1992. *Arch. Dermatol.* 133 (1997) Nr. 6, S. 735-740
- [36] Quinn, A. G.: Ultraviolet radiation and skin carcinogenesis. *Br. J. Hosp. Med.* 58 (1997), S. 261-264
- [37] Alam, M.; Ratner, D.: Cutaneous squamous-cell carcinoma. *N. Engl. J. Med.* 344 (2001), S. 975-983
- [38] Geller, A. C.; Annas, G. D.: Epidemiology of melanoma and nonmelanoma skin cancer. *Semin. Oncol. Nurs.* 19 (2003), S. 2-11
- [39] Oberyszyn, T. M.: Non-melanoma skin cancer: importance of gender, immunosuppressive status and vitamin D. *Cancer Lett.* 261 (2008), S. 127-136
- [40] Aiken, J. F. et al.: Generational shift in melanoma incidence and mortality in Queensland, Australia, 1995-2014. *Int. J. Cancer* 142 (2018) Nr. 8, S. 1528-1535
- [41] Olsen, C. M.; Green, A. C.; Pandeya, N.; Whiteman, D. C.: Trends in melanoma incidence rates in eight susceptible populations through 2015. *J. Invest. Dermatol.* 139 (2019) Nr. 6, S. 1392-1395
- [42] Dennis, L. K.; Beane Freeman, L. E.; VanBeek, M. J.: Sunscreen use and the risk for melanoma: a quantitative review. *Ann. Int. Med.* 139 (2003) Nr. 12, S. 966-978
- [43] Viros, A. et al.: Ultraviolet radiation accelerates BRAF-driven melanomagenesis by targeting TP53. *Nature* 511 (2014), S. 478-482
- [44] DGUV-Arbeitshilfe „Hautkrebs durch UV-Strahlung“. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Berlin 2013. [www.dguv.de/medien/inhalt/versicherung/berufskrankheiten/hauterkrankungen/hautkrebs/dguv\\_arbeitshilfe\\_hautkrebs.pdf](http://www.dguv.de/medien/inhalt/versicherung/berufskrankheiten/hauterkrankungen/hautkrebs/dguv_arbeitshilfe_hautkrebs.pdf)
- [45] Technische Information zur Ermittlung in Berufskrankheiten(BK)-fällen vor dem Hintergrund der neuen Berufskrankheit mit der BK-Nr. 5103 „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“.



- Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), Berlin 2018. [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)
- [46] Berufskrankheiten-Verordnung; Empfehlung des ärztlichen Sachverständigenrats „Berufskrankheiten“. GMBL. (2013) Nr. 35, S. 671-693
- [47] Dritte Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung. BGBl. I (2014) Nr. 62, S. 2397
- [48] *Knuschke, P.; Krins, A.*: Schlussbericht BMBF-Vorhaben 07UVB54B. Technische Informationsbibliothek, Hannover 2000
- [49] *Knuschke, P.; Kuipers, M.; Koch, R., Kuhlisch, W.; Witte, K.*: Schlussbericht BMBF-Vorhaben 07UVB54C/3. Technische Informationsbibliothek, Hannover 2004
- [50] *Knuschke, P.; Unverricht, I.; Ott, G.; Janßen, M.*: Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien (Forschung Projekt F 1777). 2007, S. 196
- [51] *Schothorst, A.; Slaper, H.; Schouten, R.; Suurmond, D.*: UVB doses in maintenance psoriasis phototherapy versus solar UVB exposure. *Photodermatol.* 2 (1985) Nr. 4, S. 213-220
- [52] *Diffey, B. L.*: Analysis of the risk of skin cancer from sunlight and solarium in subjects living in Northern Europe. *Photodermatol.* 4 (1975) Nr. 3, S. 118-126
- [53] Dokumentation von Mess- und Betriebsdaten. Schlüsselverzeichnisse und Datensatzbeschreibungen. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin. [www.dguv.de/ifa/gestis/expositionsdatenbank-mega/schluesselverzeichnisse/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/gestis/expositionsdatenbank-mega/schluesselverzeichnisse/index.jsp)
- [54] Klassifikation der Wirtschaftszweige. Hrsg.: Statistisches Bundesamt, Berlin 2008
- [55] Nace Rev. 2. Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft. Eurostat Methodologies and Working papers, Luxemburg 2008
- [56] DIN EN 60335-2-27: Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-27: Besondere Anforderungen für Hautbestrahlungsgeräte mit Ultraviolett- und Infrarotstrahlung 6(2014). Beuth, Berlin 2014
- [57] *Peters, C. E.; Kim, J.; Song, C.; Heer, E.; Arrandale, V. H.; Pahwa, M.; Labrèche, F.* et al.: Burden of non-melanoma skin cancer attributable to occupational sun exposure in Canada. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 92 (2019) Nr. 8, S. 1151-115
- [58] *Labreche, F.; Kim, J.; Song, C.; Pahwa, M.; Ge, C.; Arrandale, V. H.* et al.: The current burden of cancer attributable to occupational exposures in Canada. *Prev. Med.* 122 (2019), S. 128-139
- [59] *Steenland, K.; Burnett, C.; Lalich, N.; Ward, E.; Hurrell, J.*: Dying for work: The magnitude of US mortality from selected causes of death associated with occupation. *Am. J. Ind. Med.* 43 (2003), S. 461-482
- [60] *Wittlich, M.*: Exposition durch UV-Strahlung: Auch in der Freizeit ein Problem!. *DGUV Forum* 12 (2018), S. 34-35

**Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastr. 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 13001-0  
Fax: 030 13001-9876  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

