



Schutzkomponenten bei solarer UV-Exposition

P. Knuschke, G. Ott, A. Bauer, M. Janßen, K. Mersiowsky,
A. Püschel, H. Rönsch

**Forschung
Projekt F 2036**

P. Knuschke
G. Ott
A. Bauer
M. Janßen
K. Mersiowsky
A. Püschel
H. Rönsch

**Schutzkomponenten bei
solarer UV-Exposition**

Dortmund/Berlin/Dresden 2015

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht zum Projekt „Schutzkomponenten zur Reduzierung solarer UV-Expositionen bei Arbeitnehmern im Freien“ – Projekt F 2036 – im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren: Dipl.-Phys. Peter Knuschke
Prof. Dr. med. Andrea Bauer
Kristin Mersiowsky
Dipl.-Chem. (FH) Andrea Püschel
Dipl.-Soz. Henriette Rönsch
Technische Universität Dresden
Medizinische Fakultät „Carl Gustav Carus“
Klinik und Poliklinik für Dermatologie
Fetscherstraße 74, 01307 Dresden

Dipl.-Ing. Günter Ott
Dipl.-Ing. Marco Janßen
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Titelfoto: therry/iStock

Umschlaggestaltung: Martina-Brandau-Pollack
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1-25
D-44149 Dortmund
Postanschrift: Postfach 17 02 02, D-44061 Dortmund
Telefon: +49 (0) 231 9071-2071
Telefax: +49 (0) 231 9071-2070
E-Mail: info-zentrum@baua.bund.de
Internet: www.baua.de

Berlin:
Nöldnerstr. 40 – 42, D-10317 Berlin
Telefon: +49 (0) 30 51548-0
Telefax: +49 (0) 30 51548-4170

Dresden:
Fabricestr. 8, D-01099 Dresden
Telefon: +49 (0) 351 5639-50
Telefax: +49 (0) 351 5639-5210

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.



www.baua.de/dok/6964350

ISBN 978-3-88261-154-0

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Kurzreferat	9
Abstract	10
1 Einleitung	11
2 Regelungen zum Schutz vor Gefährdungen durch Sonnenstrahlung für Beschäftigte im Freien	12
3 Wissenschaftliche und technische Ausgangssituation	14
3.1 Ausgangsbasis für das Projekt (Wissensstand)	14
3.2 Messung der biologischen Wirksamkeit der solaren UV-Strahlung	16
3.3 Recherchen zu Publikationen über den Stand der Anwendung technischer, organisatorischer und persönlicher Maßnahmen zur Reduzierung solarer UV-Expositionen im Freien beschäftigter Arbeitnehmer	19
3.3.1 Schutzmaßnahmen und Verhalten bei solarexponierten Arbeitsplätzen – Übersicht zu Publikationen	19
3.3.2 Praxiserprobung von individuellen UV-Schutzkomponenten in Österreich	20
3.4 Berufserkrankung Hautkrebs durch solare UV-Expositionen	22
3.4.1 Einführung einer neuen Berufserkrankung	22
3.4.2 Abgrenzung einer möglichen Berufserkrankung durch berufliche Tätigkeit im Freien von der „Volkskrankheit“ Hautkrebs	23
4 Projektziele	24
5 Maßnahmen zum Schutz vor solarer UV-Strahlung – Analyse zum Ist-Zustand	26
5.1 UV-Strahlenklima in Deutschland	26
5.1.1 Der UV-Index UVI – Die Informationsgröße zur Wirksamkeit der Sonnenstrahlung	26
5.1.1.1 Der UV-Index	26
5.1.1.2 Übersicht zu Tages- und Jahreszeiten mit möglichem UV-Index Wert $UVI \geq 3$	30
5.1.1.3 Körperverteilung der solaren UV-Exposition in Relation zum UV-Index und als Körperstellenfaktor $f_{\text{Körp}}$ bei der Expositionsermittlung	31
5.1.2 Meteorologische Bedingungen in Deutschland - Einflussgröße auf solare UV-Strahlung am Boden - Einflussgröße auf Bekleidungskomponenten und Verhalten im Freien	35
5.1.2.1 Analysen der langjährigen meteorologischen Tages- und Monatsmittel	35
5.1.2.2 Analysen der meteorologischen Tagesverläufe (2001-2009)	37
5.1.3 Solare UV-Expositionsbedingungen in Deutschland	42
5.1.3.1 Erythem-effektive Globalstrahlungsdaten des sUVMoNet (2000-2008) und der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden (1997-2011)	42
5.1.3.2 Analysen der UV-Strahlung im Tages- und Jahresverlauf für Deutschland	42

5.1.3.3	Bestimmung von Jahreszeitfaktoren fJZ und Tageszeitfaktoren fTZ für eine vom IFA entwickelte Berechnungsformel zur Ermittlung versicherter solarer UV-Expositionen von Beschäftigten mit ständiger oder zeitweiliger Tätigkeit im Freien	48
5.1.3.4	Häufigkeit der UVI-Stufen im Jahr an deutschen UV-Messstationen	53
5.1.3.5	Korrelationsanalyse von UV-Indexprognosen und gemessener solarer UV-Strahlung	54
5.1.3.6	Häufigkeitsverteilungen der kumulativen UV-Expositionen H_{er} (pro Arbeitsschicht) über einen Zeitraum von 10 Jahren	59
5.1.4	Die Schattenregel – messgeräteunabhängige Abschätzung der Sonnenwirksamkeit	65
5.1.4.1	Prüfung Schattenregel	65
5.1.4.2	Bemessung der Schattenlänge für $UVI \geq 3$ sowie $UVI \geq 6$ in „Fuß“ (persönliche Fußlänge)	70
5.2	Gegenwärtige Schutzmaßnahmen – durch Firmen und Institutionen – aus Sicht im Freien beschäftigter Arbeitnehmer	73
5.2.1	Organisatorische und informationstechnische Realisierung der Befragung	73
5.2.1.1	Branchenstruktur, geplanter und realisierter Befragungsumfang	73
5.2.1.2	Technische Realisierung der Übersichtsbefragung per Internet-Portal	74
5.2.2	Übersichtsbefragung an Firmenleitungen bzw. an Sicherheitsbeauftragten	76
5.2.2.1	Schwerpunkte der Befragung	76
5.2.2.2	Übersicht zu Angaben von Firmenvertretern über Maßnahmen zur Reduktion hoher Sonnenexpositionen	76
5.2.3	Befragung von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern der Firmen	78
5.2.3.1	Schwerpunkte der Befragung	78
5.2.3.2	Übersicht zu Angaben von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern zu sonenschutzrelevanten Maßnahmen am Arbeitsplatz	79
5.2.3.3	Übersicht zu Angaben von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern zu ihrem Verhalten gegenüber der Sonnenstrahlung in Freizeit und Urlaub	80
5.2.4	Einschätzung des derzeitigen Standes und der Effektivität von Maßnahmen zu Gesundheitsschutz vor zu hohen solaren UV-Expositionen für im Freien beschäftigte Arbeitnehmer	81
6	Exemplarische Untersuchung der Effektivität von technischen sowie organisatorischen Maßnahmen zur Reduktion solarer UV-Arbeitsplatzexposition mittels UV-Personenmonitoring	84
6.1	Theoretische Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion	84
6.2	Aus Sicht von Firmen praktikable Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion durch organisatorische und/oder technische Maßnahmen	86
6.3	Übersicht zu Sonnenexpositionsbedingungen und möglichen organisatorischen und technischen Maßnahmen am Arbeitsplatz	87
6.4	UV-Index als Schwellwertindikator von UV-Schutzmaßnahmen für im Freien Beschäftigte	87
6.4.1	UVI-Schutzmaßnahmenkatalog – UVI-Checkkarte	87
6.4.2	MUVI – Mobiles UV-Index-Messgerät mit Großdisplay für Arbeitsstätten im Freien Beschäftigter	88
6.4.2.1	Entwicklung des MUVI durch die BAuA Dortmund	88
6.4.2.2	Bewertung des MUVI-Einsatzes durch im Freien Beschäftigte	91

6.5	Messtechnische Einschätzung der Effektivität von organisatorischen und technischen Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion	94
6.5.1	Untersuchungsdurchführung mittels UV-Personendosimeter	94
6.5.2	Messergebnisse zur UV-Expositionsreduktion der ausgewählten technischen Maßnahmen	98
6.5.2.1	Messergebnisse aus UV-Personenmonitoring	98
6.5.2.2	Laboruntersuchungen zur Transmission von Staubschutznetzen und Sonnenschutznetzen	100
6.5.3	Bewertung der Effektivität von technischen Maßnahmen zur Reduktion von solaren UV-Expositionen für Arbeitsplätze im Freien	103
7	Konzept für Mindestanforderungen an Schutzkomponenten vor solarer UV-Strahlung für die Haut	105
7.1	Zusammenstellung von Basismaterial	105
7.2	Entwicklung des Schutzkonzeptes für individuellen UV-Schutz	107
7.3	Ableitung einer Empfehlung für die Auslegung des textilen UV-Schutzfaktors UPF	108
8	Prüfung der Effektivität von Bekleidung als individuelle Schutzkomponente zur Reduzierung solarer UV-Expositionen von Haut	109
8.1	Zusammenstellung von Bekleidungskomponenten zur Untersuchung der UV-Schutzeffektivität	109
8.1.1	Internationale und nationale Standards zur Bewertung der UV-Schutzwirkung von Bekleidungskomponenten (UPF) und von Sonnenschutzbrillen	109
8.1.2	UPF-Bestimmungen und Einsatz professioneller UV-Schutzkleidung – Zusammenarbeit mit den Hohenstein Laboratories und dem AiF-Forschungsprojekt „UV-Schutztextilien“	111
8.1.3	Für Außenbeschäftigte am Arbeitsplatz akzeptable, individuelle UV-Schutzkomponenten – Erkenntnisse von AUVA/ Seibersdorf Labor GmbH	112
8.1.4	Zusammenstellung von Oberbekleidung zur Untersuchung der Effizienz bezüglich der Reduktion der solaren UV-Exposition auf der Haut	112
8.2	Eingesetzte Messmethoden an Textilmaterialien zur Ermittlung der Schutzwirkung gegen solare UV-Strahlungswirkung auf die Haut	114
8.2.1	Untersuchungsmethode des UV-Schutzfaktors UPF für fabrikneues Textilmaterial und nach Nutzung am Arbeitsplatz über eine Sommersaison	114
8.2.1.1	Untersuchungsmethode nach DIN EN 13758-1 im Labor der BAuA Dortmund	114
8.2.1.2	Untersuchungsmethode zur Bestimmung des UV-Schutzfaktors in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der Strahlung im Labor der BAuA Dortmund	116
8.2.1.3	Untersuchungsmethode für UV-Schutzfaktor UPF nach UV-Standard 801 für fabrikneues Textilmaterial und nach Nutzung über eine Sommersaison durch die Hohenstein Institute	118
8.2.2	Methode zur „Quasi-in vivo“-Untersuchung der UV-Expositionsreduktion der Textilien mittels Polysulfonfilm-Dosimetern als „künstlicher Haut“	119
8.2.3	Methode zur in vivo-Untersuchung der UV-Expositionsreduktion der Textilien an der Haut – analog DIN EN ISO 24444 zur LSF-Bestimmung	123

8.2.3.1	Untersuchungstechnische Parameter	123
8.2.3.2	Probandenführung – Ethikkommission, Aufklärung, Einwilligungserklärung und Probandenversicherung	125
8.3	UV-Expositionsreduktion durch UV-Funktionstextilien und herkömmliche Textilien bestimmt nach DIN EN 13758	129
8.3.1	Ergebnisse prinzipieller Untersuchungen an Textilmaterialien	129
8.3.2	UPF-Bestimmungen fabrikneuer Oberbekleidung (DIN EN 13758-1)	132
8.3.3	UV-Schutzfaktor von textilen Materialien in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels – UPF-Bestimmungen fabrikneuer Oberbekleidung aus Spektralmessungen bei 0 Grad, 30 Grad und 45 Grad Strahlungseinfallswinkel	134
8.4	UPF-Bestimmungen fabrikneuer Oberbekleidung und nach Nutzung über eine Sommersaison nach UV-Standard 801	137
8.5	„Quasi-in-vivo“-Untersuchung der UV-Expositionsreduktion durch UV-Funktionstextilien und herkömmliche Textilien mit PSF-Dosimetern als „künstlicher Haut“ am Solarsimulator – in Analogie zur LSF-Bestimmung	140
8.5.1	Quantitative UPF-Bewertung mittels PSF-Dosimeter	141
8.5.2	Visuelle, qualitative UPF-Bewertung am Solarsimulator	141
8.6	„In vivo“-Untersuchung der UV-Expositionsreduktion durch Textilien an der Haut am Solarsimulator – in Analogie zur LSF-Bestimmung DIN EN ISO 24444	144
8.7	Gesamtbewertung der angewandten Verfahren zur in-vitro- und zur in-vivo-Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF von typischen an Arbeitsplätzen im Freien genutzte Oberbekleidungstextilien	146
9	Untersuchung der Effektivität individueller Schutzkomponenten zur Reduktion solarer UV-Expositionen von Haut und Augen an Arbeitsplätzen im Freien	150
9.1	Modelle der UV-Schutzbekleidung – Oberbekleidung, Kopfbedeckung, Sonnenschutzbrillen	150
9.2	Studiendesign	152
9.2.1	Personendosimetrische Messungen zur Effektivität von UV-Schutzkomponenten am Arbeitsplatz im Freien und Kurzzeituntersuchung zur Tragekomfortbewertung individueller Schutzkomponenten	152
9.2.1.1	Bewertung des Tragekomforts für Oberbekleidung, Kopfbedeckung und Sonnenschutzbrille	152
9.2.1.2	Personendosimetrische Messungen zur Effektivität des UV-Schutzes durch Kopfbedeckungen und textile Oberbekleidung am Arbeitsplatz im Freien Beschäftigter	154
9.2.2	Personendosimetrische Messung zur Effektivität von Oberbekleidung und Langzeituntersuchung des Tragekomforts individueller Schutzkomponenten über 18 Wochen im Sommer an Arbeitsplätzen im Freien	156
9.3	Monitoring der UV-Schutzwirkung für Haut und Augen durch Oberbekleidung und Kopfbedeckung mittels PSF-Personendosimetern unter realen solaren Arbeitsbedingungen	158

9.3.1	UV-Schutzwirkung von T-Shirts und Poloshirts über eine Sommersaison	158
9.3.2	UV-Schutzwirkung von Kopfbedeckungen für Augen sowie Haut im Kopf-, Hals- und Nackenbereich	162
9.3.2.1	Solar exponierte Arbeitsplätze ohne Helmpflicht	162
9.3.2.2	Solar exponierte Arbeitsplätze mit Helmpflicht	163
9.4	Individuelle Bewertung des Tragekomforts von Sonnenschutzbekleidungskombinationen bei Testperioden unterschiedlicher Dauer	164
9.4.1	Befragungsunterlagen	164
9.4.2	Einschätzung zum Tragekomfort von Oberbekleidung	164
9.4.3	Einschätzung zum Tragekomfort von Kopfbedeckungen und Helmen	169
10	Augenschutz gegen solare UV-Strahlung und vor Blendung durch UV-Schutzbrillen und Sonnenbrillen	171
10.1	Gefährdung der Augen durch solare UV-Strahlung	171
10.2	UV-Schutzbrillen und Sonnenbrillen - normative Anforderungen	171
10.2.1	DIN EN 172 für den gewerblichen Bereich	171
10.2.2	DIN EN ISO 12312-1 für den allgemeinen Gebrauch	173
10.3	Prüfstand-Messungen für UV-Schutzbrillen und Sonnenbrillen	175
10.3.1	Aktion zur Überprüfung von Sonnenbrillen	175
10.3.2	Sonnenbrillenprüfstand	176
10.3.3	Ergebnisse aus den Brillenprüfstand-Messungen	177
10.4	Einschätzung der Praxistauglichkeit und des Tragekomforts von Sonnenschutzbrillen an Außenarbeitsplätzen	179
11	Umsetzung der Ergebnisse	182
11.1	Nutzungsmöglichkeiten der Projektergebnisse	182
11.2	Erstellung von Handlungshilfen mit praxisorientierten, modellhaften Lösungen	182
12	Zusammenfassung	189
13	Ausblick	191
	Literaturverzeichnis	192
	Abkürzungsverzeichnis	197
	Tabellenverzeichnis	199
	Abbildungsverzeichnis	203

Schutzkomponenten bei solarer UV-Exposition

Kurzreferat

Die Jahresexposition durch solare UV-Strahlung ist für ständig im Freien beschäftigte Arbeitnehmer bis zu dreimal höher als bei Innenbeschäftigten. Wissenschaftlich bestätigt ist, dass mit steigender kumulativer UV-Lebensdosis auch das Risiko für den weißen Hautkrebs steigt. Vor diesem Hintergrund bekommt die Entwicklung effektiver UV-Schutzmaßnahmen für Arbeitsplätze im Freien Beschäftigter hohe Priorität.

Ziel des Forschungsvorhabens war es deshalb, die Effektivität von Schutzmaßnahmen sowie deren Praktikabilität und Akzeptanz zu untersuchen.

Dazu wurden in einem ersten Schritt meteorologische- und UV-Immissionsdaten für Deutschland analysiert. Diese erbrachten den Nachweis, dass die gewonnenen Resultate zu Schutzkomponenten in Deutschland und Mitteleuropa angewendet werden können. Weiterhin wurden Parameter abgeleitet, die für eine einheitliche Bestimmung der individuellen UV-Exposition im Arbeitsprozess Arbeitsprozess (z. B. im Berufskrankheiten-Verfahren) erforderlich sind.

In einem zweiten Schritt wurden Unternehmen und im Freien Beschäftigte befragt, welche UV-Schutzmaßnahmen sie aktuell im welchem Umfang anwenden. Anschließend erfolgte die Analyse und Bewertung von technischen Maßnahmen zur Abschätzung am Arbeitsplatz.

Für einen angemessenen UV-Schutz sind organisatorische und technische Maßnahmen häufig durch individuelle Schutzmaßnahmen zu ergänzen. Für diesen Zweck wurde ein Schutzkonzept entwickelt, das mindesterforderliche UV-Schutzfaktoren für die Haut durch textilen Sonnenschutz (UPF) sowie Sonnenschutzcreme (LSF) beinhaltet. Mit messtechnischen Methoden wurde die Effektivität von Oberbekleidungstextilien, Kopfbedeckungen und Sonnenschutzbrillen bestimmt und die Nutzer zur Akzeptanz befragt. Bedingt durch Materialien und Ausführungen von Kopfbedeckungen und Kleidung waren sowohl hinsichtlich der Effektivität als auch der Akzeptanz deutliche Unterschiede zu verzeichnen.

Im Rahmen des Projektes wurde außerdem ein mobiles UV-Index-Messgerät (MUVI) entwickelt, mit dem Arbeitnehmern der aktuelle UV-Index über ein Display angezeigt wird. Die Verknüpfung des UV-Index mit zu ergreifenden Schutzmaßnahmen erleichtert die korrekte Auswahl entsprechender Schutzkomponenten.

Als wesentliches Ergebnis für die betriebliche Praxis enthält das abschließende Kapitel eine modellhafte Handlungshilfe, die exemplarische Lösungen zum Verhalten bei stärkerer Sonnenstrahlung vorstellt.

Schlagwörter:

UV-Exposition, solare UV-Strahlung, Prävention, im Freien Beschäftigte, Außenbeschäftigte, Hautkrebsrisiko, UV-Index, Schattenregel, Fußregel, Schutzkonzept, UV-Schutz, Personendosimeter, UV-Schutzfaktor, UPF, Persönliche Schutzmaßnahmen, Kopfbedeckung, Helme, Sonnenschutzbrille, Tragekomfort, UV-Schutzkomponenten

Protection components for solar UV exposure

Abstract

The annual solar UV exposure of outdoor workers compared to indoor workers is up to three times higher. With respect to the proven, increasing skin cancer risk by increasing cumulative lifetime UV dose the development of effective UV protection measures at workplaces of outdoor workers becoming high priority.

Therefore, the purpose of this research project was the investigation of the efficacy of such protection measures as well as their practicability and acceptance.

In order to do this meteorological data and actinic solar UV immission data from Germany were analysed as a first step. It was verified that the results on protective components are relevant for Germany as well as Middle Europe. Furthermore, the analysed solar UV exposure data were used to establish several parameters necessary to estimate the individual UV exposure on outdoor workplaces.

Afterwards, the current situation of protection against solar UV exposure at outdoor workplaces was determined by the analysis of company and outdoor workers surveys on the subject matter. Also technical measures for shading of outdoor workplaces were assessed metrologically.

Organizational and technical protection measures regarding the reduction of solar exposure often have to be complemented by individual protection measures. Therefore, a concept for protection against UV-radiation containing minimum UV protection factors for textiles (UPF) and sun protection factors for sunscreens (SPF) was developed. The efficacy and acceptance of textiles and headgear as well as sunglasses were determined metrologically and by interviews. Distinct differences depending on the material and type of clothing were found.

A mobile UV-index measurement system (MUVI) to determine and display the current UV-index on a large-area display was developed. The connection of the UV-index and related protection measures simplifies the correct choice of appropriate protective components.

As an essential result the final chapter presents guidelines which outline rules of conduct at workplaces with stronger solar radiation.

Key words:

UV-exposure, solar UV-radiation, prevention, outdoor worker, skin cancer risk, UV-index, shadow rule, foot rule, protection concept, UV-protection, personal UV dosimeter, UV-protection factors, UPF, personal protective measures, caps, helmets, sunglasses, wearing comfort, UV-protection elements

1 Einleitung

In Deutschland sind ca. 2,5 Millionen Beschäftigte überwiegend oder teilweise im Freien tätig. Derzeit verzeichnet Deutschland jährlich ca. 220.000 Neuerkrankungen an Hautkrebs – mit steigender Tendenz. Epidemiologische Studien weisen für den sogenannten „weißen“ Hautkrebs einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Erhöhung des Erkrankungsrisikos mit steigender lebenslanger Dosis an solarer ultravioletter Strahlung (UV-Strahlung) aus.

Bisher wurden in zwei Forschungsprojekten der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) – F 1777 „Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien“ und F 1986 „Untersuchung des Eigenschutzes der Haut gegen solare UV-Strahlung bei Arbeitnehmern im Freien“ – die Exposition von Arbeitnehmern im Freien bei unterschiedlichen Berufsgruppen und die Bildung eines Eigenschutzes der Haut gegen solare UV-Strahlung untersucht.

Die als Ergebnis des Projektes F 1777 ermittelten UV-Jahresexpositionen sind in einigen Branchen entscheidend vom Werktagsanteil und nicht von den Anteilen aus Freizeit und Urlaub beeinflusst. Der Werktagsanteil der solaren UV-Exposition liegt um ein mehrfaches über dem von nicht im Freien beschäftigten Personen. Trotz der deutlich erhöhten solaren Arbeitsplatzexpositionen bewirken diese im Verlauf eines Sommerhalbjahres für Außenbeschäftigte mit UV-Hauttyp II und III – die große Mehrheit in Deutschland – mit einer lediglich Verdoppelung der Schwellzeit für den Sonnenbrand (UV-Erythem) keiner nennenswerten Adaptation der Haut. Für die damit erforderlichen technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen zur effektiven Vermeidung bzw. Minderung der Gefährdung solarer UV-Expositionen liegen jedoch nur wenige praxisnahe Erkenntnisse vor.

Die natürliche Strahlung wurde in der EU-Richtlinie 2006/25/EG [Richtlinie 2006/25/EG] zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) nicht einbezogen, da sie in der Rahmenrichtlinie 89/391/EWG [Richtlinie 89/391/EWG] zum Arbeitsschutz berücksichtigt ist. Damit existiert keine spezifische rechtliche Basis zur Durchsetzung des Schutzes der Beschäftigten vor solarer UV-Strahlung. So bestanden massive Unsicherheiten hinsichtlich der Praktikabilität und Kosten von Schutzmaßnahmen. Einer zunehmenden Anzahl von schweren Hauterkrankungen steht ein fehlendes Bewusstsein zur Gefährdung durch solare UV-Strahlung bei Arbeitgebern und Arbeitnehmern gegenüber. Die Ergebnisse sollten zu einer Versachlichung der Diskussion zum Schutz vor solarer UV-Strahlung beitragen und eine Grundlage für eine Auswahl von Schutzmaßnahmen bilden. Handlungshilfen zur Verbesserung der Sicherheit und Gesundheit von Arbeitnehmern im Freien tragen dazu bei, die Gesundheitsschutzziele auch ohne spezifische rechtliche Grundlage in die Praxis umzusetzen.

Ziel dieses Projektes war es, in ausgewählten Branchen exemplarisch Effektivität technischer sowie organisatorischer Maßnahmen zur Reduzierung solarer UV-Strahlenexposition zu untersuchen. Persönliche Schutzmaßnahmen zur Reduktion individueller UV-Expositionen von Haut und Augen sollten messtechnisch und bezüglich der Akzeptanz am Arbeitsplatz bewertet werden. Als Umsetzung der Ergebnisse wurde eine Handlungshilfe mit praxisorientierten, modellhaften Lösungen zur Verringerung der Gefährdung durch solare UV-Expositionen auf Haut und Augen für Arbeitsplätze im Freien erstellt (siehe Abs. 11.2).

2 Regelungen zum Schutz vor Gefährdungen durch Sonnenstrahlung für Beschäftigte im Freien

Der Zusammenhang zur langzeitlichen solaren UV-Belastung und der Entstehung von Hautkrebs ist wissenschaftlich belegt. Die Anerkennung von Hautkrebs durch solare UV-Strahlung als Berufskrankheit ist in den Blickpunkt gerückt. Für Arbeitgeber bestehen schon heute Verpflichtungen hinsichtlich des Schutzes von Beschäftigten vor Gefährdungen durch solare UV-Strahlung.

Angesichts alarmierender Hautkrebszahlen war 2004 von den Regierungen der EU-Mitgliedsländer zunächst beabsichtigt, in die seit langem vorbereitete Arbeitsschutz-Richtlinie zur optischen Strahlung auch die Sonnenstrahlung mit einzubeziehen. Die Europäische Kommission und auch der Ministerrat wollten die Arbeitgeber zu einer besseren Aufklärung der Beschäftigten verpflichten. Im Rahmen eines Vermittlungsverfahrens wurden allerdings die Regelungen für den Schutz von Arbeitnehmern im Freien aus dem Entwurf des Anwendungsbereiches der Richtlinie gestrichen. Begründet wurde dies damit, dass der Schutz der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch natürliche optische Strahlung bereits in der Rahmenrichtlinie 89/391/EWG enthalten sei. Danach besteht bereits für die Mitgliedstaaten die Verpflichtung, dafür zu sorgen, dass die Arbeitgeber alle notwendigen Maßnahmen ergreifen, um die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer in Bezug auf alle Aspekte, die die Arbeit betreffen, zu gewährleisten [EU 2006].

Die Arbeitgeber in Deutschland sind nach dem Arbeitsschutzgesetz [ArbSchG] (§ 4 Allgemeine Grundsätze, § 5 Beurteilung der Arbeitsbedingungen, § 11 Arbeitsmedizinische Vorsorge, § 12 Unterweisung), nach der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) [ArbStättV] § 3, Anhang 5.1 „Nicht allseits umschlossene und im Freien liegende Arbeitsstätten“ und der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ BGV A1 [BGV A1], § 23, „Maßnahmen gegen Einflüsse des Wettergeschehens“, gesetzlich für den Gesundheitsschutz und die Sicherheit ihrer Beschäftigten am Arbeitsplatz verantwortlich. Da die gesundheitlichen Risiken der natürlichen UV-Strahlung seit langem anerkannt sind, wird ein verantwortungsbewusster Arbeitgeber dieser Verpflichtung schon jetzt nachkommen.

Folgende Verpflichtungen sind zu beachten:

- Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung einschließlich Expositionsermittlung und -bewertung
- Festlegung, Anwendung und Prüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen
- Unterweisung der Beschäftigten
- Hinweise zur arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Keine Verpflichtungen bestehen jedoch zur:

- Einhaltung von Expositionsgrenzwerten, da solche nicht existieren; die Grenzwerte für optische Strahlung aus künstlichen Strahlungsquellen sind nicht unmittelbar anwendbar
- Klassifizierung der Strahlungsquelle vergleichbar zu künstlichen Strahlungsquellen

- Abgrenzung und Kennzeichnung von Bereichen [Reidenbach 2012].

Die Gefährdungsbeurteilung ist die systematische Beurteilung (Ermittlung und Bewertung) relevanter Gefährdungen der Beschäftigten mit dem Ziel, erforderliche Maßnahmen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit festzulegen. Für eine Abschätzung des gesundheitlichen Risikos durch solare UV-Strahlung ist der UV-Index (UVI) sehr hilfreich (siehe Abschnitt 5.1.1).

Für die Prävention leistet die Unterweisung einen sehr wichtigen Beitrag. Bei Gefährdungen der Beschäftigten durch die Sonnenstrahlung stellt der Arbeitgeber sicher, dass die betroffenen Beschäftigten eine Unterweisung erhalten, die auf den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung beruht. Die Unterweisung dient dazu, die Beschäftigten über die Gefährdungen ihrer Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz zu informieren. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung und die Festlegung der zu treffenden Maßnahmen zur Verringerung der Gefährdungen zur Minderung der Exposition gegenüber solarer optischer Strahlung sind Gegenstand der Unterweisung. Sie muss vor Aufnahme der Beschäftigung, danach in regelmäßigen Abständen, mindestens jedoch jährlich, und bei wesentlichen Veränderungen der Tätigkeit erfolgen. Die Unterweisung muss mindestens folgende Informationen enthalten:

- Ergebnisse der Expositionsermittlung zusammen mit einer Erläuterung über die Art der Gefährdung und Möglichkeit der Schädigungen von Haut und Augen durch solare UV-Strahlung
- Die festgelegten Maßnahmen zur Beseitigung oder zur Minimierung der Gefährdung unter Berücksichtigung der Arbeitsplatzbedingungen
- Information für die bestimmungsgemäße Verwendung der persönlichen Schutzausrüstungen und ggf. anderer individueller Maßnahmen, erforderlichenfalls ergänzt durch eine Schulung in der Benutzung
- die Voraussetzungen, unter denen die Beschäftigten Anspruch auf arbeitsmedizinische Vorsorge haben, und deren Zweck
- Hinweise zur Erkennung und Meldung möglicher Gesundheitsschäden
- Hinweise zu fotosensibilisierenden Wirkungen von Medikamenten, Kosmetika und Gefahrstoffen [SSK 2015].

Die Unterweisung muss in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache erfolgen. Unterweisungen sollen insbesondere auf die Selbstbeobachtung von Hautveränderungen hinweisen, da durch eine Früherkennung von Hautkrebserkrankungen die Therapieerfolge erheblich verbessert werden können.

Für natürliche Strahlung bestehen zurzeit nur generelle Regelungen zum Schutz vor solarer Strahlung und es fehlen explizite Festlegungen. Einer zunehmenden Anzahl von schweren Hauterkrankungen steht ein unzureichendes Bewusstsein über die Gefährdung durch die solare UV-Strahlung gegenüber. Der Schutz vor solarer UV-Strahlung kann durch eine überschaubare Anzahl effektiver technischer, organisatorischer und persönlicher Maßnahmen erreicht werden.

Dabei ist die Entwicklung und konsequente Nutzung praxistauglicher Präventionslösungen von wesentlicher Bedeutung für den Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Sonnenstrahlung.

3 Wissenschaftliche und technische Ausgangssituation

3.1 Ausgangsbasis für das Projekt (Wissensstand)

Ausgangsbasis für diese Untersuchungen sind insbesondere die Forschungsergebnisse aus dem BAuA-Projekt F 1777 „Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien“ [KNUSCHKE et al., 2007], dass für ausgewählte Beschäftigtengruppen mit ständigem oder teilweise Arbeitsaufenthalt im Freien deutlich höhere kumulative UV-Arbeitsplatzexpositionen pro Jahr verglichen mit innenbeschäftigten Arbeitnehmern auswies. Weiterhin wiesen die Forschungsergebnisse des BAuA-Projektes F 1986 „Untersuchung des Eigenschutzes der Haut gegen solare UV-Strahlung bei Arbeitnehmern im Freien“ [KNUSCHKE et al., 2010] aus, dass der natürliche UV-Eigenschutz der Haut als Schutzkomponente nicht einbezogen werden kann, da sich im Verlauf des Sommerhalbjahres der Schutzfaktor lediglich verdoppelt.

Komprimiert stellen sich die Ergebnisse folgendermaßen dar:

- Die UV-Jahresexpositionen **ständig im Freien Beschäftigter** werden von den solaren **Arbeitsexpositionen** dominiert, während dies bei Innenbeschäftigten überwiegend von den Freizeit- und Urlaubsexpositionen bestimmt ist.
- Die UV-Jahresexpositionen von **ständig im Freien Beschäftigten** beträgt **300 % bis 500 %** verglichen mit denen von Innenbeschäftigten.
- Für **Arbeitnehmer mit wechselnder Tätigkeit innen und außen** beträgt die UV-Jahresexposition 200 % bis 270 % verglichen mit Innenbeschäftigten.
- Die solare UV-Exposition weist eine ausgeprägte Intensitätsverteilung über den Körper aus (s. Tab. 3.1 a, b).
- Die solaren **UV-Expositionslevel** unter Alltagsbedingungen bilden bei den ganzjährig **im Freien Beschäftigten** der UV-Toleranztypen II und III (zu diesem Hauttyp sind rund 90 % der deutschen Bevölkerung zu rechnen) **keinen** deutlichen **UV-Eigenschutz** gegen das UV-Erythem aus!
Dabei kommt es weder zu einer messbaren Lichtschwielerreaktion, noch führt die Hautpigmentierung zu einer wesentlichen Erhöhung des UV-Gesamteigenschutzes der Haut.
- Eigenschutzanstieg: Geringer als 2fach (vergleichbar: $LSF \leq 2$).
- Es besteht trotz regelmäßigen Aufenthaltes im Freien **immer ein latentes Sonnenbrandrisiko**.
- Die bisherige Annahme eines höher möglichen **Eigenschutzes** im Bereich **10 bis 40fach** beruht offensichtlich auf der **Fehlinterpretation** einer Forschungsarbeit.
- Der **Wissensstand** von im Freien Beschäftigten **bzgl. UV-Strahlung**, deren **Wirkung** auf den Menschen und zu den möglichen **Schutzmaßnahmen** vor Überexpositionen ist **mangelhaft** (in vergleichbarer Weise zu anderen Bevölkerungsgruppen).

- Schulungsmaterial, Schulungen und allgemein das **Wecken des Interesses** zum bewussten Umgang mit der Problematik **erhöht den Kenntnisstand nachweislich** (bis zur Verdoppelung der richtigen Antworten).

Diese Ergebnisse belegen, dass bei dem Level von Alltags-UV-Expositionen auch für ständig im Freien Beschäftigte kein bedeutsamer Eigenschutz der Haut gegen das UV-Erythem (der Akut-Reaktion der Haut auf zu hohen UV-Expositionen) aufgebaut wird.

Das unterstreicht die Notwendigkeit effektiver UV-Schutzmaßnahmen für solarexponierte Arbeitsplätze.

Auf dem Gebiet der Erfassung des UV-Expositionslevels von im Freien Beschäftigten arbeitet auch im Auftrag der Allgemeinen Unfallversicherung Österreichs (AUVA) die Seibersdorf Labor GmbH (Laser, LED und Lampen-Sicherheit, Prüfstelle und Beratung). Eine frühere Bezeichnung der Seibersdorf Labor GmbH war: Forschungszentrum Seibersdorf Ges.m.b.H (2000), Austrian Research Centers GmbH (2007). In den Studien des Forschungszentrums wurden die Arbeitsbedingungen von Straßenbauarbeitern detailliert erfasst und dokumentiert. Exemplarisch erfolgte mit Polysulfon (PSF)-UV-Personendosimetern die Bestimmung der solaren UV-Expositionen am Arbeitsplatz [WEBER et al., 2005, WEBER et al., 2008]. In einem weiteren AUVA-Forschungsprojekt durch die Seibersdorf Labor GmbH „Studie zur UV-Belastung beim Arbeiten im Freien“ [AUVA 2007a] wurden die Untersuchungen an Außenarbeitsplätzen von Straßenbauarbeitern auf Spengler und Verschubarbeiter ausgeweitet.

Im Rahmen dieses Projektes erfolgten auch Untersuchungen zu individuellen UV-Schutzkomponenten am Arbeitsplatz bezüglich Akzeptanz, Tragekomfort und Praxistauglichkeit. Den außenbeschäftigten Probanden standen für die Testreihe aus einer Palette von individuellen UV-Schutzkomponenten wahlweise sechs verschiedene Oberbekleidungen, sechs Kopfbedeckungen bzw. eine Helmvariante, vier Sonnenbrillenmodelle und sieben Fabrikate von Lichtschutzsubstanzen zur Auswahl.

Es wurden nach Mitteilung von Herrn M. Weber (Seibersdorf Labor GmbH) jedoch keine Untersuchungen zur Effizienz der UV-Schutzwirkung dieser Komponenten durchgeführt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen in Österreich zu Schutzkomponenten an solar exponierten Arbeitsplätzen und der Akzeptanz durch die im Freien Beschäftigten können als vergleichbar für derartige Arbeitsplätze in Mitteleuropa und somit auch für Deutschland angesehen werden.

In Verbindung mit der Projektkonzipierung und einem allgemeinen Erfahrungsaustausch zu den Forschungsarbeiten mit gleicher Zielrichtung initiierte die BAuA Dortmund einen „Runden Tisch“ gemeinsam mit der Österreichischen Unfallversicherungsanstalt (AUVA), der Seibersdorf Labor GmbH, Berufsgenossenschaften und der Dermatologie/TU Dresden.

Damit war im Rahmen der Projektkonzipierung eine gezielte Eingrenzung der zu untersuchenden Varianten von individuellen UV-Schutzkomponenten an solarexponierten Arbeitsplätzen möglich.

3.2 Messung der biologischen Wirksamkeit der solaren UV-Strahlung

Die Erythemeffektivität (Sonnenbrandwirksamkeit) der solaren (und auch künstlichen) UV-Strahlung ist ein Maß für deren biologische Wirksamkeit. Die photobiologischen Effekte in der menschlichen Haut sind in extremem Maße von der Strahlungswellenlänge abhängig. Da sich die Wellenlängenanteile im Sonnenspektrum Früh-Mittag-Abend und darüber hinaus auch jahreszeitlich periodisch ändern, sind physikalische Messungen, die die photobiologische Wellenlängeneffektivität nicht berücksichtigen, fehl am Platze. Sogenannte aktinische Messgrößen berücksichtigen diese Wellenlängenabhängigkeit, so auch die an der schädigenden Akutreaktion der Haut auf UV-Strahlung orientierten erythem-effektiven Messgrößen.

Die erythem-effektive Bestrahlungsstärke E_{er} gibt die Intensität der UV-Exposition an und die erythem-effektive Bestrahlung H_{er} ist ein Maß für die UV-Dosis bezüglich der Auslösung eines UV-Erythems. Eine erythem-effektive Bestrahlung $H_{er} = 250 \text{ J/m}^2$ bedeutet für einen typischen Menschen des UV-Hauttyps II eine minimale Erythemdosis (1 MED), eine gerade einsetzende Sonnenbrandreaktion an der Haut. Mehr als 50 % der Bevölkerung in Deutschland sind diesem UV-Hauttyp II zuzurechnen [UNVERRICHT und KNUSCHKE, 2007].

Zur Information der Allgemeinbevölkerung zwecks individueller Vorsorge bezüglich der zu erwartenden Sonnenbrandwirksamkeit der solaren UV-Strahlung wurde der international vereinheitlichte UV-Index (UVI) eingeführt [WHO 2002]. Den UV-Index ermittelt man aus der erythem-effektiven Bestrahlungsstärke, die auf eine horizontale Fläche auftrifft (Messung des erythem-effektiven Anteils der Globalstrahlung). Somit entspricht die UV-Wirksamkeit, die durch den UVI repräsentiert wird, einer UV-Einwirkung auf Sonnenterrassen der Haut, wie z. B. den Schultern, wenn sie unbedeckt und ungeschützt sind, oder aber der Hautoberfläche einer liegenden Person.

Die photobiologische Wirksamkeit hängt vom Winkel ab, unter dem die UV-Strahlung auf die Haut auftrifft. In Relation zur Kopfposition „Haupt oben“ (entspricht quasi der Messbedingung auf eine ebene Fläche, wie bei der Bestimmung des UVI) ist die Wirksamkeit an der Haut der einzelnen Körperregionen daher geringer. Körperverteilungsmessungen der solaren UV-Expositionen am Arbeitsplatz kumulativ über mehrere Arbeitstage an im Freien Beschäftigten wiesen für die Wirksamkeit am Gesicht rund 30 % bezogen auf Haupt oben aus. Das trifft grob auch für Rücken, Bauch, Unterarme/Hände außen zu (s. Tab. 3.1 a) [KNUSCHKE et al., 2004]. Im Vergleich zeigt Tab. 3.1 b für Innenbeschäftigte die Körperverteilung solarer UV-Expositionen kumulativ aus Wochenendtagen (den Tagen wesentlicher solarer UV-Exposition dieser Personen) und Arbeitstagen.

Für die Allgemeinbevölkerung wird ab UV-Indexstufe 3 (UVI 3) empfohlen, Schutzmaßnahmen zu treffen. Für solare erythem-wirksame UV-Bestrahlungsstärken oberhalb UVI 3 ($E_{er} > 0.075 \text{ W/m}^2$) besteht innerhalb von einer Stunde Expositionsdauer bei steilem (senkrechtem) Einfall auf die ungeschützte Haut für einen UV-Hauttyp II Sonnenbrandgefahr. Das ist ein Zeitraum, der bei Freizeitaktivitäten durchaus erreicht und überschritten wird.

Tab. 3.1 a

Außenbeschäftigte – Körperverteilung der solaren UV-Exposition
 Körperverteilung der solaren, erythem-effektiven UV-Exposition bei beruflicher Tätigkeit im Freien (Gärtner) im Sommerhalbjahr für Sonnenhöhen γ_s 60° und 42° (Messdauer über je 3 Tage) sowie 30° und 15° (Messdauer über je 5 Tage) im Winterhalbjahr
 (aus KNUSCHKE et al. 2004, Anh. 5, Tabelle 1: Schätzwerte für den Median der Verhältnisse Körperstellen 1 bis 19 bezogen auf die Körperstelle 8 (Brust). Weiterhin sind die zugehörigen Konfidenzgrenzen CI ($1-\alpha = 0,95$) aufgeführt, die angeben in welchem Bereich die Werte mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegen. Fett hervorgehoben wurden die von Eins signifikant abweichenden mittleren Verhältnisse.)

Tätigkeit 1 outdoor Körperstelle	Messzeitraum 1 ($\gamma_s = 60^\circ$):		Messzeitraum 2 ($\gamma_s = 42^\circ$):		Messzeitraum 3 ($\gamma_s = 30^\circ$):		Messzeitraum 4 ($\gamma_s = 15^\circ$):				
	Schätzwert	95 % CI	Schätzwert	95 % CI	Schätzwert	95 % CI	Schätzwert	95 % CI			
1 Stirn	0.87	1.27	1.22	0.64	2.33	1.36	0.45	4.17	1.05	0.69	1.60
2 Haupt / oben	4.00	5.86	3.93	2.06	7.52	2.74	0.90	8.38	2.90	1.90	4.42
3 Haupt / hinten	2.16	3.16	2.25	1.18	4.31	1.37	0.45	4.20	1.31	0.88	1.95
4 Nacken	3.28	2.24	2.63	1.37	5.03	1.49	0.49	4.55	1.61	1.08	2.39
5 Schulter / oben links	2.63	1.80	2.44	1.28	4.67						
6 Schulter / oben rechts	2.34	1.60	2.14	1.12	4.10						
7 Rücken / unterer	1.42	0.97	1.67	0.87	3.19						
8 Brust	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9 Bauch	0.40	0.28	0.46	0.24	0.88						
10 Oberarm / außen links	1.23	0.84	1.27	0.66	2.42						
11 Handgelenk / außen links	1.69	1.15	2.47	0.64	2.35						
12 Handgelenk / innen links	0.55	0.39	0.73	0.38	1.39	0.71	0.21	2.33	0.84	0.56	1.25
13 Oberarm / außen rechts	1.15	0.81	1.39	0.73	2.65	0.59	0.19	1.79	0.69	0.46	1.02
14 Handgelenk / außen rechts	1.54	1.08	1.22	0.64	2.34						
15 Handgelenk / innen rechts	0.42	0.29	0.61	0.32	1.17	0.90	0.27	2.97	1.01	0.68	1.51
16 Oberschenkel / vorn	1.27	0.89	1.35	0.70	2.58	0.48	0.15	1.59	0.72	0.48	1.07
17 Oberschenkel / hinten	0.52	0.36	0.48	0.25	0.92						
18 Wade / hinten	0.99	0.69	1.41	0.66	2.41						
19 Fußrücken	4.28	2.92	6.26	2.23	11.09						

(aus: KNUSCHKE et al. 2004, Anh. 5, Tabelle 1)

Tab. 3.1 b

Innenbeschäftigte – Körperverteilung der solaren UV-Exposition
 Körperverteilung der solaren, erythem-effektiven UV-Exposition bei Innenbeschäftigten im Sommerhalbjahr für Sonnenhöhen γ_s 60° und 42° (Messdauer über je 2 Wochenendtage und einen Arbeitstag) sowie 30° und 15° (Messdauer über je 2 Wochenendtage und 3 Arbeitstage) im Winterhalbjahr
 (aus KNUSCHKE et al. 2004, Anh. 5, Tabelle 1: Schätzwerte für den Median der Verhältnisse Körperstellen 1 bis 19 bezogen auf die Körperstelle 8 (Brust). Weiterhin sind die zugehörigen Konfidenzgrenzen CI ($1-\alpha = 0,95$) aufgeführt, die angeben in welchem Bereich die Werte mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegen. Fett hervorgehoben wurden die von Eins signifikant abweichenden mittleren Verhältnisse.)

Tätigkeit 2 indoor Körperstelle	Messzeitraum 1 ($\gamma_s = 60^\circ$):		Messzeitraum 2 ($\gamma_s = 42^\circ$):		Messzeitraum 3 ($\gamma_s = 30^\circ$):		Messzeitraum 4 ($\gamma_s = 15^\circ$):					
	Schätzwert	95 % CI	Schätzwert	95 % CI	Schätzwert	95 % CI	Schätzwert	95 % CI				
1 Stirn	1.15	0.57	2.33	1.53	0.57	4.07	1.39	0.47	4.09	0.83	0.26	2.63
2 Haupt / oben	3.18	1.56	6.45	2.23	0.84	5.94	3.53	1.20	10.42	0.81	0.26	2.55
3 Haupt / hinten	0.92	0.45	1.87	1.18	0.44	3.15	1.78	0.60	5.25	1.04	0.33	3.28
4 Nacken	1.42	0.70	2.89	0.91	0.34	2.43	1.65	0.56	4.85	1.59	0.50	5.02
5 Schulter / oben links	1.81	0.89	3.68	1.25	0.47	3.33						
6 Schulter / oben rechts	1.76	0.87	3.59	1.11	0.42	2.95						
7 Rücken / unterer	0.67	0.33	1.37	0.41	0.15	1.08						
8 Brust	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9 Bauch	0.76	0.37	1.54	0.66	0.25	1.76						
10 Oberarm / außen links	1.11	0.54	2.26	0.78	0.29	2.09						
11 Handgelenk / außen links	0.93	0.46	1.90	1.03	0.39	2.75	1.18	0.40	3.48	0.57	0.18	1.80
12 Handgelenk / innen links	0.54	0.27	1.10	1.01	0.38	2.69	0.65	0.22	1.91	1.04	0.33	3.28
13 Oberarm / außen rechts	0.98	0.48	1.99	1.41	0.53	3.76						
14 Handgelenk / außen rechts	1.09	0.54	2.22	1.03	0.39	2.75	1.61	0.55	4.76	1.06	0.34	3.36
15 Handgelenk / innen rechts	0.57	0.28	1.16	0.62	0.23	1.66	0.53	0.18	1.56	0.57	0.18	1.81
16 Oberschenkel / vorn	0.85	0.42	1.73	1.29	0.48	3.43						
17 Oberschenkel / hinten	0.33	0.16	0.66	0.58	0.22	1.53						
18 Wade / hinten	0.39	0.19	0.79	0.74	0.28	1.97						
19 Fußrücken	1.94	0.95	3.94	2.07	0.78	5.51						

(aus: KNUSCHKE et al. 2004, Anh. 5, Tabelle 1)

3.3 Recherchen zu Publikationen über den Stand der Anwendung technischer, organisatorischer und persönlicher Maßnahmen zur Reduzierung solarer UV-Expositionen im Freien beschäftigter Arbeitnehmer

3.3.1 Schutzmaßnahmen und Verhalten bei solarexponierten Arbeitsplätzen – Übersicht zu Publikationen

Publikationen über Maßnahmen zur Reduktion von individuellen UV-Expositionen am Arbeitsplatz waren nur in begrenztem Umfang zu finden. Es handelt sich um die Arbeiten durch die Seibersdorf Labor GmbH im Auftrag der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt Österreichs (AUVA).

Im Rahmen des AUVA-Forschungsprojektes durch die Seibersdorf Labor GmbH „Studie zur UV-Belastung beim Arbeiten im Freien“ wurden Untersuchungen an Arbeitsplätzen von Spenglern, Verschubarbeitern und Straßenbauarbeitern durchgeführt [AUVA 2007a]. Dabei erfolgten auch Untersuchungen zum Tragekomfort und der Akzeptanz von bereitgestellten UV-Schutzkomponenten an solar UV-exponierten Arbeitsplätzen: Oberbekleidung, Hosen, Kopfbedeckung (keine Helmpflicht), Kopfbedeckung (Helmpflicht). Für den Augenschutz vor solarer UV-Strahlung erfolgten Untersuchungen zur Nutzung unterschiedlicher Brillenformen mit gutem Schutz gegen Seiten- und Rückeinstrahlungen [Weber et al., 2007].

Die Erkenntnisse aus den AUVA-Forschungsprojekten wurden durch die AUVA in einem populärwissenschaftlichen Ratgeber über solare UV-Strahlung, deren Wirkung auf den Menschen allgemein und am Arbeitsplatz Außenbeschäftigter - speziell mit Hinweisen zu o. g. Schutzmaßnahmen [AUVA 2008] aufbereitet.

Wesentlich für die Akzeptanz und die persönliche Umsetzung von UV-Schutzmaßnahmen an Arbeitsplätzen im Freien ist der Kenntnisstand über die solare UV-Wirkung auf den Menschen, über Informationsmöglichkeiten zum aktuellen Ausmaß der Sonneneinstrahlung (z. B. UV-Index) und über effektive Maßnahmen zum Schutz vor zu hohen solaren UV-Expositionen.

Eine Untersuchung zur Einschätzung des Wissensstandes über die UV-Strahlenwirkung erfolgte mit dem Ziel, Voraussetzungen für eine Verbesserung der Risikokommunikation in der Bevölkerung speziell bezüglich des Schutzes von UV-Strahlung zu schaffen [Wiedemann et al., 2009].

Zusammenfassend zu den Befragungsergebnissen im Rahmen des BfS-Projektes zur Risikokommunikation [Wiedemann et al., 2009] wurde eingeschätzt, dass die Befragten über ein ausreichendes Wissen zu einem angemessenen UV-Schutzverhalten verfügen. Allerdings kennen nur wenige (18 %) die Bedeutung des UV-Index und noch weniger (10 %) benutzen die Informationen in Zusammenhang mit ihrem Expositions- und Sonnenschutzverhalten. Die meisten Befragten verfügen nach eigener Einschätzung über ein mittleres Maß an Wissen über UV-Gefährdungen und Schutzmaßnahmen. Fast die Hälfte (45 %) der Befragten hält dieses Wissen für ausreichend, um sich vor UV-Gefährdungen zu schützen. Für diesen Personenkreis kann man kein Interesse an Information über UV-Risiken und Sonnenschutz erwarten – und damit auch kaum Bereitschaft zur Annahme entsprechender Informationsangebote. Die Befragten, die mit UV-Informationen in Berührung gekommen sind, nutzten vor allem traditionelle Medien und Gespräche mit Gesundheitsfachleuten (Ärzten oder Apothekern) als Informationsquelle. Die häufigsten

Informationsthemen waren dabei UV-Risiken und geeignete Schutzmaßnahmen (Sonnenschutzcreme).

In den BAuA-Forschungsprojekten F 1777 und F 1986 erfolgten Befragungsuntersuchungen zum Kenntnisstand rund um die Problematik „solare UV-Expositionen“, da dieses Wissen eine Voraussetzung für erfolgreiche Präventionsarbeit ist. Befragt wurden die in den Projekten eingeschlossenen Gruppen Außenbeschäftigter sowie weitere Personengruppen der Bevölkerung [KNUSCHKE et al., 2007; UNVERRICHT und KNUSCHKE, 2007].

Im Ergebnis der Befragungen der BAuA-Projekte stellte sich heraus, dass das konkrete Wissen zu (A) Sonnenstrahlung und ihrer Wirkungen auf den Menschen allgemein, (B) Schutz der Haut vor zu intensiver UV-Strahlung der Sonne, (C) Sonnenschutz durch Lichtschutzmittel, (D) Vorhersagen im Wetterbericht zur Sonnenbrandwirksamkeit der Sonnenstrahlung – der UV-Index, (E) Einschätzung zur Sonne und zu einer möglichen Gefährdung bei deutlich mehr als der Hälfte mangelhaft ist. Derartige Punkte wurden in der o. g. BfS-Untersuchung nicht detailliert hinterfragt. Dass eine gezielte Risikokommunikation notwendig und auch erfolgreich ist, zeigte sich in einer Wiederholung der Befragung unter den Probanden des BAuA-Projektes nach einem Jahr freiwilliger Teilnahme an UV-personendosimetrischen Messungen am Arbeitsplatz und im Alltag: Das damit geweckte Interesse an der Problematik „Schutz vor zu hohen solaren UV-Expositionen“ schlug sich in einer etwa verdoppelten Anzahl richtiger Antworten nieder.

Das unterstreicht die Bedeutung, Informationsmaterial zu dieser Problematik am Arbeitsplatz (und auch für die Allgemeinbevölkerung) zur Verfügung zu stellen.

3.3.2 Praxiserprobung von individuellen UV-Schutzkomponenten in Österreich

Im Rahmen des AUVA-Projektes „Studie zur UV-Belastung beim Arbeiten im Freien“ führte die Seibersdorf Labor GmbH an ausgewählten Arbeitsplätzen (Spengler, Verschubarbeiter und Gleisarbeiter) Praxisuntersuchungen zu persönlichen Schutzkomponenten durch.

Als Ausgangssituation ergab sich: Die Arbeiter tragen im Allgemeinen lange Hosen, T-Shirt (oder kurzes Hemd), eine Kopfbedeckung (50 % Schirmkappe, 10 % Fischermütze) und keine Sonnenbrille. Bei Hitze tragen wenige kurze Hosen (10 %) und manche keine Oberbekleidung (20 bis 50 %).

Für die Bewertung der Praxistauglichkeit und der Akzeptanz von individuellen Schutzkomponenten konnten die Außenbeschäftigten zwischen den zu testenden Produkten wählen. Sie wurden lediglich dazu angehalten, zumindest jeweils ein Produkt von zwei unterschiedlichen Produktkategorien pro Arbeitstag zu testen (z. B. ein Bekleidungstextil und eine Kopfbedeckung). Über Fragebogen erfolgten qualitative Einschätzungen der getesteten Produkte. Der erste Fragebogen diente zur Evaluierung der generellen Einstellung der Probanden zur Nutzung einer bestimmten Produktkategorie bzw. Erfassung der persönlichen Anforderungen an die entsprechende Produktkategorie. Mit dem zweiten Fragebogen wurde eine detaillierte Bewertung des getesteten Produkts durchgeführt.

Den teilnehmenden Außenbeschäftigten standen folgende Paletten von UV-Schutzkomponenten zur Auswahl:

- Oberbekleidung: zweimal mit langem Arm aus Mikrofaser, dreimal mit kurzem Arm als Baumwoll-T-Shirt oder einmal eine lange Arbeitsjacke aus Baumwollmischgewebe.
- Kopfbedeckungen: sechs Modelle und für Arbeitsplätze mit Helmpflicht ein Helm mit textilem Nackenschutz.
- Für den Blend- und UV-Schutz der Augen: vier Sonnenbrillenmodelle.
- Lichtschutzsubstanzen für ungeschützte Hautareale: sieben Fabrikate (LSF: 20 bis 50+).

Ausgewertet wurde die Akzeptanz derartiger „individueller UV-Schutzkomponenten“ über einen längeren Untersuchungszeitraum, deren Praxistauglichkeit und der empfundene Tragekomfort [AUVA 2007a, Weber et al., 2007].

Die Bekleidung aus Mikrofaser wird gegenüber der Bekleidung aus Baumwolle leicht bevorzugt, da die Mikrofaser auch bei warmer Umgebungstemperatur die Beibehaltung eines angenehmen Körperklimas erlaubt und das Bekleidungsstück auch im verschwitzten Zustand nicht am Körper klebt. Kurzärmelige Bekleidung wird gegenüber langärmeligen T-Shirts der Vorzug gegeben. Ein passender Schnitt ist sehr wichtig und das Bekleidungsstück sollte nicht schmutzempfindlich sein. Die Farben Grau und Blau werden bevorzugt. Nackenschutz als Kragen wird akzeptiert, während Kapuzen als eher störend empfunden werden. Typische Arbeitskleidung wird im Sommer nicht akzeptiert, da diese zu warm ist.

Kopfbedeckung aus Baumwolle wird gegenüber Kopfbedeckung aus Mikrofaser leicht bevorzugt, da die Baumwolle den Schweiß besser aufsaugt und dadurch eine Irritation der Augen durch Schweiß verhindert. Nackenschutz wird akzeptiert, solange das Design der Kopfbedeckung dadurch nicht so auffällig ausfällt. Eine Kopfbedeckung mit variabel verstellbarer Größe kommt in der Praxis sehr gut an, da sich diese an die individuelle Kopfform anpassen lässt.

Auch die individuelle Passform einer Sonnenbrille ist für die Akzeptanz sehr wichtig. Ein „Rundumschutz“ der Sonnenbrille wird geschätzt. Eine der Lichtsituation angepasste Abdunkelung ist wichtig, um die Arbeiter einerseits vor Blendung zu schützen und andererseits genug sichtbares Licht durchzulassen, um ein für das Auge ermüdungsfreies Arbeiten zu ermöglichen. Die Gläser sollten mechanisch robust und kratzfest sein und dürfen nicht beschlagen.

Bei Sonnenschutzmitteln werden Sprays bevorzugt, da diese trotz schmutziger Hände leicht aufzutragen sind. Das Sonnenschutzmittel sollte angenehmen und neutralen Geruches sein. Es sollte nicht fetten sowie wasser- und schwitzfest sein. Es sollte keine Irritation der Augen hervorrufen, wenn es mit dem Schweiß in die Augen gelangt.

Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch eine Vielzahl relevanter Materialmessungen. Diese Materialmessungen betrafen insbesondere den Reflexionsgrad von Oberflächen im Arbeitsumfeld, den textilen UV-Protection Factor UPF nach EN 13758-1 von Neutextilien sowie die UV-Schutzwirkung von Bau- und Fahrzeuggläsern (Fenstergläser, Autofrontscheiben, Bahnen, Flugzeuge) [AUVA 2007b].

3.4 Berufserkrankung Hautkrebs durch solare UV-Expositionen

3.4.1 Einführung einer neuen Berufskrankheit

Der Einsatz von technischen, organisatorischen oder in letzter Konsequenz persönlichen Schutzmaßnahmen gegen Einwirkungen am Arbeitsplatz, wie der solaren UV-Exposition, dient der Primärprävention. Neben anderen gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Haut und Augen ist die Ausbildung von Hautkrebs durch solare UV-Strahlung ein wesentliches Risiko bei ständiger Tätigkeit im Freien. Seit Januar 2015 ist eine derartige Erkrankung als BK 5103 in der Anlage 1 der Berufskrankheitenverordnung aufgeführt [BKV 2014].

Voraussetzungen für die Neuaufnahme einer Erkrankung in die Anlage 1 der BKV waren:

- besondere Einwirkung nach Erkenntnissen der medizinischen Wissenschaft
- bestimmte Personengruppen, die durch die versicherte Tätigkeit erhöhten Einwirkungen gegenüber der übrigen Bevölkerung ausgesetzt sind.

Diese Kriterien sah der Ärztliche Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales als gegeben an, sodass in dessen Auftrag eine wissenschaftliche Begründung für „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“ ausgearbeitet wurde. Die Basis der neuen Erkenntnisse der medizinischen Wissenschaften war u. a.:

- Einstufung von UV-Strahlung, sowohl künstlicher Quellen als auch der Sonne, aller Wellenlängenbandbereiche UV-C, UV-B und UV-A als Karzinogen der Klasse Ia („Humankanzerogen“) durch die International Agency for Research on Cancer [IRAC 2012]
- Ermittlung der Risikoerhöhung für die Ausbildung eines Plattenepithelkarzinoms (PE-Ca) auf das 1,8fache durch die höhere UV-Lebensdosis von im Freien Beschäftigten gegenüber Innenbeschäftigten bzw. der Gesamtbevölkerung durch eine Metaanalyse aus 18 epidemiologischen Studien zum Zusammenhang von PE-Ca und erhöhter solarer UV-Exposition Außenbeschäftigter [SCHMITT et al., 2011].

Eine analoge Metaanalyse zum Basalzellkarzinom (BCC) wies zwar ebenfalls eine Risikoerhöhung für die im Freien Beschäftigten aus (etwa 1,4fach), jedoch uneinheitlich und mit einer breiten Streuung zwischen den einzelnen Untersuchungsergebnissen [BAUER et al., 2011]. Daher wurde bis zu neuen Erkenntnissen das BCC nicht in die Betrachtung als Berufserkrankung einbezogen

- Nachweis, dass bestimmte Beschäftigtengruppen deutlich höheren Expositionen ausgesetzt sind als die übrige Bevölkerung: Neben anderen Untersuchungen zum UV-Expositionslevel lagen insbesondere die personendosimetrischen Messungen im Jahresverlauf für verschiedene Beschäftigte Arbeitnehmer in Deutschland aus dem BAuA-Forschungsvorhaben F 1777 vor [KNUSCHKE et al., 2007], sowie die Relation zur mittleren UV-Jahresexposition der Bevölkerung in Deutschland von 130 SED pro Jahr [KNUSCHKE et al., 2008; KNUSCHKE, 2011].

Mit der ausgearbeiteten wissenschaftlichen Begründung empfahl der Ärztliche Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ beim Bundesministerium für Arbeit und So-

ziales die Aufnahme einer neuen Berufskrankheit in die Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung aufzunehmen: „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“ [BMAS 2013]. Dies erfolgte als BK 5103 zum 1. Januar 2015 [BKV 2014].

3.4.2 Abgrenzung einer möglichen Berufserkrankung durch berufliche Tätigkeit im Freien von der „Volkskrankheit“ Hautkrebs

Durch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV wurden im Vorfeld der bevorstehenden Einführung einer Berufserkrankung „Hautkrebs“ (hier als Kurzbegriff; exakt: s. o.) Vorbereitungen ergriffen, um bei Einführung einer derartigen neuen Berufserkrankung ein Procedere für die Unfallversicherungsträger zur Hand zu haben, das deutschlandweit ein vergleichbares Vorgehen der Bewertung ermöglicht. Zu dem Zweck wurde das DGUV-Forschungsprojekt FB 170 „Durch UV-Strahlung induzierte bösartige Hauttumoren – Erarbeitung und Evaluation von versicherungsrechtlich relevanten Abgrenzungskriterien beruflicher gegenüber nicht beruflicher Verursachung“ initiiert.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung und Validierung von Instrumenten zur Beurteilung von durch UV-Strahlung verursachtem Hautkrebs [DGUV 2013 a] durch:

- Erfassung und Quantifizierung der Lichtschädigung
- Erarbeitung von Verfahren zur Ermittlung beruflicher UV-Strahlungsexpositionen
- Ermittlung privater UV-Strahlungsexpositionen.

Mit der DGUV-Arbeitshilfe „Hautkrebs durch UV-Strahlung“ [DGUV 2013 b] wurde für die BK-Sachbearbeitung bei den Unfallversicherungsträgern eine Übersicht zur Vorgehensweise bei der Bearbeitung zukünftiger BK-Hautkrebsmeldungen erstellt.

Der beruflich kumulierte Anteil solarer UV-Expositionen wird im Rahmen dieses Procedere jedes Arbeitsjahr erfasst (die versicherte Exposition – also die berufliche Expositionen aus versicherter Tätigkeit). Für eine objektivierte, retrospektive Expositionserfassung wurde vom IFA der DGUV im Rahmen des Forschungsprojektes FB 170 eine Berechnungsformel für den versicherten Anteil der solaren UV-Exposition entwickelt und in einer Technischen Information veröffentlicht [IFA 2013].

In der DGUV-Arbeitshilfe wird im Weiteren darauf verwiesen, dass der versicherte Anteil der solaren UV-Exposition mit dem privaten zusammengerechnet wird. Die Expositionen über alle Lebensjahre werden aufaddiert und in Relation zur kumulativen, gleichlangen Lebensdosis (basierend auf einer mittleren UV-Jahresdosis in Deutschland von 130 SED pro Jahr in Brustposition) in Relation gesetzt und das Ausmaß der Erhöhung des Versicherten bewertet.

Da es im Normalfall sehr schwierig wäre, die private solare Exposition aus Freizeit und Urlaub adäquat zu ermitteln, wurde von den Unfallversicherungsträgern abgestimmt festgelegt, dafür den Wert von 130 SED pro Jahr anzusetzen (siehe [DGUV 2013 b]).

4 Projektziele

Ziel dieses Forschungsprojektes war es, Komponenten zur Verminderung solarer UV-Expositionen zwecks gesundheitlichen Schutzes von Haut und Augen für im Freien beschäftigte Arbeitnehmer auf deren Wirksamkeit zu untersuchen.

Die Notwendigkeit leitete sich zum einen aus den Ergebnissen des BAuA-Projektes F 1777 [KNUSCHKE et al., 2007] mit den ermittelten, deutlich erhöhten UV-Personenexpositionen an solar exponierten Arbeitsplätzen ab. Zum anderen zeigte sich im BAuA-Projekt F 1986 [KNUSCHKE et al., 2010], dass diese erhöhten UV-Expositionen im Normalfall nur zu einer vernachlässigbaren Hautadaptation gegen das UV-Erythem (Sonnenbrand) führt. Eine Adaptation der Haut gegen das UV-Erythem als Akutreaktion der Haut kann aber nicht einem Schutz gegen chronische Hauteffekte (z. B. Hautkrebs) gleichgesetzt werden.

Daraus lässt sich ableiten, dass Schutzkomponenten zur Reduzierung solarer UV-Expositionen bei Arbeitnehmern im Freien unumgänglich sind.

Es sollten praktikable technische und organisatorische Maßnahmen zur Reduktion solarer UV-Exposition von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern geprüft werden. Da diese Maßnahmen nicht in jedem Fall voll umsetzbar sein werden, sollten personenbezogene Maßnahmen zum Haut- und Augenschutz gegen zu hohe solare UV-Expositionen am Arbeitsplatz auf deren Effizienz geprüft werden.

Um diese Projektziele zu UV-Schutzkomponenten zu erreichen, wurden folgende Untersuchungen und Studien vorgenommen:

- Analyse der meteorologischen und UV-strahlenklimatischen Bedingungen in Deutschland, um festzustellen, ob erforderliche Maßnahmen einheitlich oder ggf. differenziert festzulegen sind
- Ermittlung kritischer solarer UV-Expositionsbedingungen für Außenarbeitsplätze. Bestimmung der Häufigkeiten derartiger Bedingungen im Jahresverlauf
- Evaluierung und Anpassung von Maßnahmen an die Schutzempfehlungen des internationalen UV-Indexes als Informationsgröße zur solaren Erythemwirksamkeit
- Ist-Standanalyse aus Arbeitgeber- und Arbeitnehmerbefragungen. Einschätzung zur Praktikabilität technischer und organisatorischer Maßnahmen
- Exemplarische messtechnische Untersuchungen der Effektivität von technischen und organisatorischen Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion
- Entwicklung eines Konzepts von Mindestanforderungen an die UV-Schutzwirkung von Arbeitskleidung für im Freien Beschäftigte
- Untersuchung des textilen Lichtschutzes UPF für:
 - (A) derzeit typischerweise benutzter Kleidung,
 - (B) für UV-Funktionskleidung:
 - in vitro nach verschiedenen Standards bzw. Messmethoden.
 - quasi-in vivo und in vivo unter typischen Tragebedingungen am Körper

- Messung zum UV-Schutz der Haut und Augenblendschutz an Kopfbedeckungen und Schutzhelmen
- Untersuchung von Sonnenschutzbrillen für den Einsatz am Arbeitsplatz
- Kurzzeittests verschiedener Modelle der persönlichen Schutzkomponenten auf Praxistauglichkeit und Tragekomfort durch im Freien Beschäftigte
- Test – inklusive UV-dosimetrischer Kontrolle – über eine Sommersaison für je eine Kombination (Oberbekleidung, Kopfbedeckung, Sonnenschutzbrille).

In Umsetzung der Ergebnisse wurde eine Handlungshilfe mit praxisorientierten, modellhaften Lösungen zur Reduktion der Gefährdung durch solare UV-Expositionen auf Haut und Augen für Arbeitsplätze im Freien erstellt (siehe Abs. 11.2).

5 Maßnahmen zum Schutz vor solarer UV-Strahlung – Analyse zum Ist-Zustand

5.1 UV-Strahlenklima in Deutschland

Bei der überwiegenden Anzahl der Arbeitnehmer deutscher Firmen mit Tätigkeitsfeld im Freien erfolgt der Einsatz in Deutschland oder im benachbarten Mitteleuropa. Daher wurden die Analysen zum UV-Strahlenklima im Rahmen des Projektes auf Deutschland konzentriert. Für Auslandeinsätze in geografisch südlichen Regionen (südlich vom 45. Breitengrad) sind gesonderte Gefährdungsbeurteilungen und Schutzmaßnahmen bezüglich der solaren UV-Exposition erforderlich.

Für eine IST-Standanalyse zu Deutschland bezüglich der Schutzmaßnahmen für diese im Freien Beschäftigten und auch für im Weiteren angeführte mögliche Schutzmaßnahmen sollten eingangs die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Sind Schutzmaßnahmen prinzipiell aus Sicht des UV-Strahlenklimas in Deutschland notwendig?

Anmerkung:

Die Notwendigkeit wurde durch personendosimetrische Messungen bei ständig im Freien Beschäftigten durch die Ergebnisse des BAuA-Projektes F 1777 [KNUSCHKE et al., 2007] nachgewiesen.

- Wie häufig im Jahr tritt die Situation für unsere geografische Breite und unsere meteorologischen Bedingungen ein, die Schutzmaßnahmen erforderlich machen?
- Wie vergleichbar sind die meteorologischen und UV-strahlenklimatischen Bedingungen über Deutschland von Nord nach Süd, von Ost nach West?
- Kann für einen Maßnahmenkatalog von zu empfehlenden Schutzmaßnahmen weitgehend von einheitlichen Bedingungen in Deutschland ausgegangen werden, oder müssen regional angepasste Empfehlungen erstellt werden?
- Welche Möglichkeiten bestehen für die Information von Beschäftigten und Firmen über das zu erwartende Ausmaß der solaren UV-Exposition und den daraus abzuleitenden Schutzmaßnahmen?
- Wie zuverlässig sind die Prognosen? Welche Möglichkeiten zu aktuellen Werten zur UV-Strahlenexposition gibt es?

5.1.1 Der UV-Index UVI – Die Informationsgröße zur Wirksamkeit der Sonnenstrahlung

5.1.1.1 Der UV-Index

Mit dem internationalen UV-Index UVI wurde eine vereinheitlichte Informationsgröße zur gesundheitsgefährdenden Wirksamkeit der solaren UV-Strahlung für die Bevölkerung durch die WHO, WMO, UNEP und ICNIRP eingeführt [WHO 2002].

Zu beachten ist, dass der rein physikalisch gemessene Anteil der solaren UV-Strahlung im UV-B-Bereich gerade 3 % ausmacht. Demgegenüber, beträgt die Erythemwirksamkeit (Sonnenbrandwirksamkeit) im UV-B-Bereich etwa 70 %. Letzteres ist insbesondere vom Sonnenstand – bedingt durch Tageszeit, Jahreszeit und geografischem Breitengrad – abhängig.

Den UV-Index ermittelt man aus der erythem-effektiven Bestrahlungsstärke E_{er} , die auf eine horizontale Fläche auftrifft (Messung des erythem-effektiven Anteils der Globalstrahlung). Diese Bestrahlungsstärke (in W/m^2) wird mit einem Faktor 40 multipliziert, womit ein Wert auf einer einfachen Skala von 0 bis 11⁺ (UV-Index > 11) entsteht.

$$UVI = E_{er} \text{ in } W/m^2 \cdot 40 \text{ in } 1/ W/m^2$$

Somit entspricht die UV-Wirksamkeit, die durch den UVI repräsentiert wird, einer UV-Einwirkung auf Sonnenterrassen der Haut, wie z. B. den Schultern, wenn sie unbedeckt und ungeschützt sind, oder aber der Hautoberfläche einer liegenden Person.

Die photobiologische Wirksamkeit einfallender UV-Strahlung hängt vom Winkel ab, unter dem sie auf die Hautareale trifft. In Relation zum Kopf/Haupt oben (entspricht quasi der Messbedingung auf einer ebenen Fläche, wie bei der Bestimmung des UVI) ist die Wirksamkeit an der Haut der anderen Körperregionen daher geringer. Körperverteilungsmessungen der solaren UV-Expositionen unter Alltagsbedingungen an im Freien Beschäftigten wiesen für die Wirksamkeit am Gesicht rund 30 % bezogen auf Haupt oben aus. Das trifft grob auch für Rücken, Bauch, Unterarme/Hände außen zu (vgl. Tab. 3.1 a, b [KNUSCHKE et al., 2004] und Kap. 5.1.1.3).

Das bedeutet, dass die Zeiten bis zum Erreichen der minimalen Erythemdosis (MED – Sonnenbrandschwellldosis) für die Hautareale der genannten Körperregionen etwa dreimal so lang sind, wie die Zeiten, die aus den Messbedingungen auf eine ebene Fläche für den UV-Index als Sonnenbrandschwellzeiten berechnen lassen.

Achtung: Für die Haut von ungeschützten „Sonnenterrassen“ (Schulter ohne Bedeckung, Nasenrücken, Ohrensippen usw.) treffen eher die vom UV-Index abgeleiteten Zeiten zu.

Bei einem UVI 3 kann innerhalb typischer Aufenthaltszeiten im Freien die UV-Erythemschwellldosis (Sonnenbrandschwellldosis) erreicht bzw. überschritten werden. Für Hautpartien, die bei UVI 3 rund 60 Minuten (Hauttyp II) senkrecht der Sonnenstrahlung ausgesetzt werden (Schultern, Kopfscheitel), kann sich bei nicht adaptierter Haut ein beginnender Sonnenbrand ausbilden. Weitere, nicht senkrecht bestrahlte Hautareale, insbesondere Gesicht, Brust und Rücken können nach 2,5 bis 3 Stunden eine UV-Exposition akkumulieren, die bei einer typischen Person des Hauttyps II mit nicht adaptierter Haut zu einem beginnenden UV-Erythem führt.












Für Beschäftigte mit Tätigkeitsfeld im Freien sollten ab einem UV-Index 5 weitergehende Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Das beinhaltet u. a. die Benutzung einer Kopfbedeckung und das Tragen einer Sonnenbrille. Die Empfehlung dieser erweiterten Schutzmaßnahmen bereits ab UVI 5 anzuwenden, wurde auch in einer (nicht veröffentlichten) BG-Regel zum Schutz vor Sonnenstrahlung bei Arbeiten im Freien abgestimmt. Auch im ICNIRP-Dokument über den Schutz von Beschäftigten vor UV-Strahlung werden ab UVI 5 diese weitergehenden Schutzmaßnahmen empfohlen

[ICNIRP 2007]. Für die Allgemeinbevölkerung, deren Aufenthalt typischerweise nicht täglich 8 Stunden im Freien ist, wird der Gefährdungslevel ab UVI 6 als hoch bewertet und weitergehende Schutzmaßnahmen empfohlen (Tab. 5.1; WHO 2002).

Fazit:

- Ab **UVI 3** werden erste Schutzmaßnahmen empfohlen (s. Tab. 5.1)
- Diese Empfehlung gilt gleichermaßen für die Allgemeinbevölkerung [WHO 2002] und für Beschäftigte an solar exponierten Arbeitsplätzen [ICNIRP 2007]
- Ab **UVI 5** [ICNIRP, 2007] sind weitergehende Schutzmaßnahmen und Schutzkomponenten angeraten (s. Kap. 6 bis 9).

Tab. 5.1 Empfohlenes UVI-Schutzschema der WHO/WMO/ICNIRP mit Angaben über Zeiten zum Auftreten eines Erythems (bei Hauttyp II)

	UVI	Klassifikation	Längste Expositionsdauer zur Vermeidung eines Erythems (ohne Hautschutz)	Schutz	Empfohlene Schutzmaßnahmen
	11 und mehr	extrem hoch	10 min.	Extraschutz	Zusätzlich bei UVI 10: Mindestens in der Zeit von 11:00 bis 15:00 (MEZ) sollten, sofern es möglich ist, der Schatten aufgesucht werden bzw. Arbeiten im Innenraum verrichtet werden!
	10	sehr hoch	15 min.	Extraschutz	In der Mittagszeit sollte der Schatten aufgesucht werden! Bei Aufenthalt in der Sonne <u>unbedingt</u> körperbedeckende Kleidung und ggf. Kopfbedeckung tragen. Je nach Aufenthaltsdauer und Vorbräunung Sonnencreme verwenden!
	9		20 min		
	8				
	7	Hoch	25 min	erforderlich	In der Mittagszeit sollte der Schatten aufgesucht werden. Bei Aufenthalt in der Sonne unbedingt körperbedeckende Kleidung und ggf. Kopfbedeckung tragen. Je nach Aufenthaltsdauer und Vorbräunung Sonnencreme verwenden!
	6		30 min		
	5	mittel	35 min	erforderlich	Bei Aufenthalt in der Sonne körperbedeckende Kleidung und ggf. Kopfbedeckung tragen. Je nach Aufenthaltsdauer und Vorbräunung Sonnencreme verwenden!
	4		40 min		
	3		60 min		
	2 0-1	schwach	90 min -	nicht erforderlich	

5.1.1.2 Übersicht zu Tages- und Jahreszeiten mit möglichem UV-Index Wert UVI ≥ 3

In der geografischen Lage von Deutschland zwischen 48° und 55° nördlicher Breite ist mittags im Sommer bei sehr klarem Himmel ein UV-Index 8 erreichbar. Im Tages- und Jahreszeitverlauf ist der aktuelle UVI dann vom Sonnenhöhenwinkel und den meteorologischen Bedingungen abhängig.

Eine Übersichtsanalyse zeigt, in welchen Abschnitten im Jahr Schutzmaßnahmen für solar exponierte Arbeitsplätze abhängig von den meteorologischen Bedingungen erforderlich werden.

Aus den erythem-effektiven Globalstrahlungsmessungen mittels Robertson-Berger-Typ-Meter (UV-S-E-T; Fa. Scintec Atmosphärenmesstechnik GmbH/Tübingen / Fa. Kipp&Zonen, Delft/NL) der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden, die seit Ende 1996 kontinuierlich erfolgen, wurde Folgendes ausgewertet (Tab. 5.2):

Tab. 5.2 Zeitraum im Jahr mit Tageshöchstwert für den UVI ≥ 3

Meteorologische Situation	Zeitraum im Jahr	UVI
langjähriges Mittel	10. April – 25. September	MW UVI ≥ 3
ganztägig wolkenlos	15. März – 15. Oktober	Max UVI ≥ 3

Durchschnittliche Tageshöchstwerte von UVI = 3 oder höher wurden zwischen dem 10. April und 25. September beobachtet. Bei wolkenlosem Himmel kann eine solche UV-Belastung aber schon ab dem 15. März sowie bis 15. Oktober auftreten.

Meteorologische Bedingungen wie beispielsweise der Grad der Bewölkung beeinflussen das Ausmaß der UV-Bestrahlungsstärke am Boden. Weiterhin ist zu klären, wie lange am Tag die Schutzmaßnahmen zumindest aufrecht zu erhalten sind. Als Orientierung sind die Uhrzeiten der Tageszeiträume angegeben, innerhalb derer die höchste Erythemwirksamkeit auf 50 % abgefallen ist. Diese Zeiträume variieren über Deutschland von Ost nach West um 30 min, da sich Deutschland in dieser Richtung über eine halbe Zeitzone erstreckt. Die geografischen Daten und die zugehörigen Zeiträume sind dafür in (Tab. 5.3) angegeben.

Tab. 5.3 Tageszeiten, zu welchen der maximale UV-Wert $E_{er,max}$ auf 50 % abgefallen ist

Region	geogr. Koordinaten	Tageszeitpunkt	Jahreszeit
Mitte Deutschlands	51° n. Br., 10° ö. L.	10:00 / 16:45 (MESZ)	22.06.
		10:30 / 16:10 (MESZ)	10.4. / 10.9.
Osten (Dresden)	51° n. Br., 13,5° ö. L.	9:45 / 16:30 (MESZ)	22.06.
Westen (Köln)	51° n. Br., 6,5° ö. L.	10:00 / 17:00 (MESZ)	22.06.

Aus den Daten kann ein UV-Stufenkalender abgeleitet werden, in welchen Zeiträumen im Jahr, in welchen Tageszeitabschnitten, bei welchen meteorologischen Situa-

tionen (mittlere Bedingungen, strahlender Sonnenschein) Schutzmaßnahmen angezeigt sind oder auch generell nicht (Tab. 5.4).

Tab. 5.4 UV-Stufenkalender für Schutzmaßnahmen auf Basis des UV-Index (Erythemwirksamkeit) für den Arbeitstag an solar exponierten Arbeitsplätzen in Deutschland (s. 5.1.1)

Datum	Kalenderwoche KW	Tageszeit (MESZ)	UV-Index	Im Mittel oder sonnig	Gefährdung
10. Okt. - 10. Mrz.	KW 42 - KW 10	ganztägig	< 3	auch bei Sonne	Schwach
28. Sep. - 22. Mrz.	KW 40 - KW 12	ganztägig	< 3	im Mittel	Schwach
23. Mrz. - 27. Sep.	KW 13 - KW 39	11.30 bis 14.30 Uhr	≥ 3	im Mittel	Mittel
11. Mrz. - 09. Okt.	KW 11 - KW 41	9.30 bis 16.30 Uhr	≥ 3	bei Sonne	Mittel
22. Apr. - 02. Sep.	KW 17 - KW 36	12 bis 14 Uhr	≥ 5	im Mittel	Hoch
16. Apr. - 12. Sep.	KW 16 - KW 37	10.30 bis 15.30 Uhr	≥ 5	bei Sonne	Hoch

- MEZ/MESZ Mitteleuropäische Zeit / -Sommerzeit

- im Mittel: wird in diesem Tages- und Jahreszeitraum im langjährigen Mittel regelmäßig erreicht

- bei Sonne: wird in diesem Tages- und Jahreszeitraum im langjährigen Mittel bei sonnigen Tagesabschnitten erreicht

Problemstellung:

Für deutschlandweite Empfehlungen war, basierend auf diesen Daten aus langjährigen UV-Messwertreihen für Dresden, zu analysieren, wann und wie häufig diese Situation in Deutschland im Mittel im Jahresverlauf und im Tagesverlauf, abhängig von den meteorologischen Bedingungen, eintritt.

Weiter war zu klären, ob die ermittelten Bedingungen für Deutschland relativ unabhängig von der Region sind (siehe Kap. 5.1.2 und 5.1.3).

5.1.1.3 Körperverteilung der solaren UV-Exposition in Relation zum UV-Index und als Körperstellenfaktor $f_{\text{Körp}}$ bei der Expositionsermittlung

Der UV-Index wird aus UV-Messungen auf eine horizontale Ebene abgeleitet. Die Scheitelpartie des Kopfes ist die Körperstelle, die von Ihrer ständigen Orientierung zur Sonne weitgehend der Messgeometrie für den UV-Index entspricht.

Zur Einschätzung der Erythemwirksamkeit auf die Hautpartien anderer Körperregionen muss die Wirksamkeit der solaren UV-Strahlung auf diese Körperregionen bekannt sein. Die Erythemwirksamkeit hängt vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlung auf die Haut ab und variiert so über den Körper. Wesentliche Einflussgrößen sind dabei die vorrangige Körperhaltung – abhängig von der Tätigkeitsart – und der jahreszeitliche Sonnenhöhenwinkel, vgl. Tab. 3.1 a und Tab. 3.1 b [KNUSCHKE et al., 2004, KNUSCHKE et al., 2007].

Es treten auch Unterschiede zwischen klarem und bedecktem Himmel auf. Bei klarem Himmel ist die direkte Strahlung für die Körperverteilung der solaren UV-Exposition dominierend, während bei bedecktem Himmel der Körper von allen Seiten der diffusen Strahlung ausgesetzt ist. Jedoch ist selbst bei kurzen sonnigen Episoden das Expositionsverteilungsmuster durch die Direktstrahlung dominierend [KNUSCHKE et al., 2007].

Es wurde für das Sommerhalbjahr eine Körperverteilung der solaren erythem-wirksamen UV-Exposition für im Freien Beschäftigte mit häufig leicht nach vorn über gebeugter Körperhaltung während der Arbeitszeit bestimmt. Die Messdaten beruhen auf der Mittelung der Körperverteilung bei Mittagssonnenhöhe $\gamma_s = 60^\circ$ (entspricht für Dresden: 26. Mai bzw. 19. Juli) und bei $\gamma_s = 42^\circ$ (entspricht für Dresden: 29. März bzw. 16. September).

Tab. 5.5 a Mittlere Körperverteilung der solaren UV-Exposition von im Freien Beschäftigten für das Sommerhalbjahr **bezogen auf den Kopf (oben)**, gemittelt aus Untersuchungen bei einem Sonnenhöhenwinkel γ_s von 60° und 42° (kumulative Messdauern je 3 Tage) sowie Körperverteilung im Winterhalbjahr (kumulative Messdauern je 5 Tage) bei γ_s von 30° und 15° [KNUSCHKE et al. 2004]

	Außenbeschäftigte	MW aus 60° und 42°	60°	42°	30°	15°
Kopf	Stirn	0.26	0.22	0.31	0.50	0.36
	Haupt / oben	1	1	1	1	1
	Haupt / hinten	0.56	0.54	0.57	0.50	0.45
Oberkörper	Nacken	0.74	0.82	0.67	0.54	0.55
	Schulter / oben links	0.64	0.66	0.62		
	Schulter / oben rechts	0.56	0.58	0.54		
	Rücken / unterer	0.39	0.35	0.42		
	Brust	0.25	0.25	0.25	0.36	0.35
	Bauch	0.11	0.10	0.12		
Arm / links	Oberarm / außen	0.31	0.31	0.32		
	Handgelenk / außen	0.37	0.42	0.31	0.26	0.29
	Handgelenk / innen	0.16	0.14	0.18	0.21	0.24
Arm / rechts	Oberarm / außen	0.32	0.29	0.35		
	Handgelenk / außen	0.35	0.39	0.31	0.33	0.35
	Handgelenk / innen	0.13	0.10	0.16	0.18	0.25
Beine/Fuß	Oberschenkel / vorn	0.33	0.32	0.34		
	Oberschenkel / hinten	0.13	0.13	0.12		
	Wade / hinten	0.28	0.25	0.32		
	Fußrücken	1.17	1.07	1.27		

Die Daten sind mit Bezug auf die Messposition Haupt (oben) angegeben (Tab. 5.5 a). Diese Messposition entspricht im Wesentlichen den UV-Messbedingungen auf eine ebene Fläche, aus denen der UV-Index bestimmt wird. Das jeweilige Verhältnis der Wirksamkeit zu Haupt/oben gibt den Anteil der Wirk-

samkeit für eine Körperregion an. Damit kann bei gegebenem UV-Index die Erythemwirksamkeit der Sonnenstrahlung für Hautareale ausgewählter Körperregionen bestimmt werden.

Tab. 5.5 b Mittlere Körperverteilung der solaren UV-Exposition von im Freien Beschäftigten für das Sommerhalbjahr als Körperstellenfaktor $f_{\text{Körp}}$ bezogen auf die Brustposition, gemittelt aus Untersuchungen bei einem Sonnenhöhenwinkel γ_s von 60° und 42° (kumulative Messdauern je 3 Tage); weiterhin Körperverteilung im Winterhalbjahr (kumulative Messdauern je 5 Tage) bei γ_s von 30° und 15° [KNUSCHKE et al. 2004]

	Außenbeschäftigte	MW aus 60° und 42°	60°	42°	30°	15°
Kopf	Stirn	1.06	0.88	1.24	1.39	1.03
	Haupt / oben	4.00	4.00	4.00	2.78	2.86
	Haupt / hinten	2.22	2.16	2.28	1.39	1.29
Oberkörper	Nacken	2.98	3.28	2.68	1.50	1.57
	Schulter / oben links	2.56	2.64	2.48		
	Schulter / oben rechts	2.24	2.32	2.16		
	Rücken / unterer	1.54	1.40	1.68		
	Brust	1	1	1	1	1
	Bauch	0.44	0.40	0.48		
Arm / links	Oberarm / außen	1.26	1.24	1.28		
	Handgelenk / außen	1.46	1.68	1.24	0.72	0.83
	Handgelenk / innen	0.64	0.56	0.72	0.58	0.69
Arm / rechts	Oberarm / außen	1.28	1.16	1.40		
	Handgelenk / außen	1.40	1.56	1.24	0.92	1.00
	Handgelenk / innen	0.52	0.40	0.64	0.50	0.71
Beine/Fuß	Oberschenkel / vorn	1.32	1.28	1.36		
	Oberschenkel / hinten	0.50	0.52	0.48		
	Wade / hinten	1.14	1.00	1.28		
	Fußrücken	4.68	4.28	5.08		

Weiterhin ist die Körperverteilung mit Bezug auf die Brustposition angegeben (Tab. 5.5 b). Die personendosimetrischen Messungen [KRINS et al, 2000a; KNUSCHKE et al., 2004; KNUSCHKE et al., 2007] in Bevölkerungs- und Beschäftigtengruppen erfolgten in Brustposition. Die darauf beruhende Abschätzung der mittleren UV-Exposition der deutschen Bevölkerung mit 130 SED pro Jahr bezieht sich ebenfalls auf die Brustposition [KNUSCHKE et al., 2008; KNUSCHKE, 2011]. Für die Ermittlung des versicherten Anteils der UV-Exposition in Verbindung mit einem Hauttumor (z. B. Plattenepithelkarzinom) als möglicher Berufserkrankung wurde eine Berech-

nungsformel im Rahmen des DGUV-Projektes FB 170 [DGUV 2013 a; IFA 2013] entwickelt. Die versicherte UV-Exposition plus eine pauschalisierte, private UV-Exposition (Freizeit, Urlaub) sollen herangezogen werden, um diese Summe in Relation zur mittleren UV-Exposition der Bevölkerung zu bewerten. Dabei wird für die Ermittlung von der Brustposition ausgegangen, die einzelnen Körperregionen werden über den Körperstellenfaktor $f_{\text{Körp}}$ berücksichtigt, der auf die Brustposition als Bezug ermittelt wurde.

Aus den Werten zur Körperverteilung durch die solare UV-Exposition für im Freien Beschäftigte (Beispiel: Gärtner) ist abzuleiten, dass die Gesichtsexposition (Stirn) gegenüber dem Haupt (oben) ein Drittel bis ein Viertel beträgt. Das bedeutet, dass die vom UV-Index abgeleitete Erythemschwelzeit für das Gesicht bei dieser Körperhaltung etwa dreimal bis viermal länger ist.

Vorausgesetzt, es wird mit T-Shirt bzw. Hemd gearbeitet, kommt für die höher exponierten Areale Nacken und Schultern der textile Lichtschutz hinzu. Diese Areale würden sonst bereits nach der 1,3fachen bis 1,5fachen Erythemschwelzeit, aus dem UV-Index abgeleitet, zum Sonnenbrand kommen können.

Fazit:

Für solare erythem-wirksame UV-Bestrahlungsstärken ab UV-Index 3 ($E_{\text{er}} > 0,075 \text{ W/m}^2$) besteht nach 1 Stunde Expositionsdauer bei steilem (senkrechtem) Einfall auf die Haut für einen UV-Hauttyp II Sonnenbrandgefahr bzw. nach 3 Stunden im Bereich des Gesichtes (oder Bauch, Rücken, wenn diese ungeschützt sind) bei aufrechter bis leicht gebückter Tätigkeit im Freien.

Deshalb sollten bei UVI 3 und höher an solarexponierten Arbeitsplätzen UV-Schutzmaßnahmen getroffen werden. Dies wird auch von der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection für solar exponierte Arbeitsplätze empfohlen (ICNIRP) [ICNIRP 2007].

Für die weiteren Betrachtungen der solaren UV-Exposition auf Beschäftigte an Arbeitsplätzen im Freien wird vom **dreifachen Wert** bei der **Gesichtsexposition gegenüber** der Exposition auf die **ebene Messfläche** ausgegangen (für typischen Hauttyp II mit nichtadaptierter Haut bei senkrechter UV-Exposition: 1 MED = 250 J/m^2 ; **dreifacher Wert** wegen Einfallswinkel: **750 J/m^2** gemessen auf ebener Fläche, wie für UV-Index). Es wird vorausgesetzt, dass die Schulter- und Nackenpartie textil abgedeckt ist.

Somit ist zu beachten, dass bei ständiger Tätigkeit im Freien an klaren Tagen bei UVI 3 nach einer bis drei-stündigen Arbeitsdauer eine Akutschädigung der Haut auftreten kann.

5.1.2 Meteorologische Bedingungen in Deutschland

- Einflussgröße auf solare UV-Strahlung am Boden

- Einflussgröße auf Bekleidungskomponenten und Verhalten im Freien

Für die aktinischen UV-Expositionswerte bei wolkenlosem Himmel sind primär der Sonnenhöhenwinkel, weiterhin auch der aktuelle Dichtewert des stratosphärischen Ozons (Ozonschichtdicke) ausschlaggebend. Für den Sonnenhöhenwinkel sind die geografische Breite (Deutschland: Nordgrenze 55,0° n. Br., Südgrenze 47,3° n. Br.), der kalendarische Zeitpunkt im Jahr sowie der Tageszeitpunkt relevant.

Diese maximal möglichen UV-Expositionen, die auch über Modellrechnungen zu bestimmen sind, werden durch die aktuellen meteorologischen Bedingungen überlagert. Das sich daraus ergebende reelle UV-Strahlenklima wird seit 1994 durch das solare UV-Monitoring Messnetz (sUVMoNet: www.suvmonet.de, s. Kap. 5.1.3) erfasst.

Die Positionierung der in das sUVMoNet eingebundenen UV-Messstationen, die meteorologischen Zusammenfassungen von Regionen in Deutschland, insbesondere in Bezug auf die Bewölkungssituationen und die daraus regional prognostizierten UVI-Werte, die im Sommerhalbjahr täglich vom sUVMoNet veröffentlicht werden, zeigen die Abb. 5.1 a-e.

Da die tatsächlichen UV-Expositionen solar exponierter Arbeitsplätze und die dafür zu empfehlenden Schutzmaßnahmen von den meteorologischen Bedingungen abhängig sind, wurde eingangs geprüft, ob deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Regionen Deutschlands vorliegen, oder ob Deutschland bezüglich der meteorologischen Einflüsse auf das UV-Strahlenklima weitgehend homogen angesehen werden kann (die Detailübersicht zur Datenauswertung siehe Anhang A.1).

Weiterhin spielen die meteorologischen Bedingungen eine Rolle für anwendbare und umsetzbare UV-Schutzmaßnahmen für diese Arbeitsplätze.

5.1.2.1 Analysen der langjährigen meteorologischen Tages- und Monatsmittel

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) stellt im Internet jahrgangweise mittlere Monatswerte (Zeitraum 1960 bis 1990) sowie mittlere Tageswerte (Zeitraum April 2000 bis 2009) von seinen 78 Messstationen für die verschiedenen Klimagrößen bereit (www.dwd.de: Klima und Umwelt\Klimadaten online frei\Klimadaten Deutschland\Messstationen\Monatswerte bzw. \Tageswerte).

Im Rahmen des Projektes wurden zehn meteorologische Größen, die für die solare UV-Exposition am Boden relevant sind, statistisch ausgewertet.

- Monatsmittelwerte für:
 - Sonnenstunden
 - Tagesmitteltemperatur
 - Niederschlagsmenge
- Analyse der Tageswerte: Mittelwert \pm Standardabweichung (MW \pm STD); Median; Maximalwert (max); Minimalwert (min) für:
 - Niederschlagsmenge
 - mittlere Lufttemperatur (in 2 m Höhe)
 - minimale Lufttemperatur (in 2 m Höhe)

- maximale Lufttemperatur (in 2 m Höhe)
- Summe der Sonnenscheindauern
- mittlerer Bedeckungsgrad
- mittlere relative Luftfeuchte
- mittlerer Luftdruck (in Stationshöhe)
- mittlere Windstärke
- Maximale Windgeschwindigkeit.

Um für diese Klimadaten Aussagen zu erhalten, die über ganz Deutschland verteilt gültig sind, wurden die Wettermessstationen so ausgewählt, dass sie in geografischer Nähe zu Stationen des solaren UV-Monitoring Messnetzes sUVMoNet liegen:

Tab. 5.6 Regionale Verteilung der meteorologischen Messstationen und der UV-Messstationen in Deutschland für die Analysen

Re- gion	UV-Messstation sUVMoNet / TU Dresden	geogr. Position			Wetterstation (DWD)	geogr. Position		
		n. Br.	ö. L.	ü NN		n. Br.	ö. L.	ü NN
N	Zingst (UBA)	54°26'	12°41'	1	Hamburg Fuhlsbüttel	53°38'	09°59'	11
NW	Dortmund (BAuA)	51°30'	07°25'	100	Essen*)	51°24'	06°58'	150
NO	Lindenberg (DWD)	52°13'	14°07'	98	Lindenberg	52°13'	14°07'	98
O	Dresden (Derma/TUD)	51°03'	13°47'	120	Dresden-Klotzsche	51°08'	13°45'	227
W	Langen (UBA)	50°00'	08°41'	142	Karlsruhe	49°02'	08°22'	112
SW	Schauinsland (UBA)	47°54'	07°53'	1218	Karlsruhe	49°02'	08°22'	112
SO	Neuherberg (BfS)	48°21'	11°59'	515	München	48°10'	11°30'	515

*) Für die Region NW musste zur UV-Messstation BAuA Dortmund je nach verfügbaren Daten für die langjährigen Monatsmittelwerte auf die Wetterstation Bochum, für die mittleren Tageswerte auf Düsseldorf und für die langjährige Intraday-Auswertung (vom DWD erworbene Daten für die entwickelte Wetter-Datenbank) auf Essen zugegriffen werden.

In Anhang B.1 sind die Methoden und Ergebnisse der grafischen Auswertungen (Anh. B.1, Abb. 1 a-c, 2.1 a-f bis 2.10 a-f) jeweils für die Mittelwerte, den Median, den Maximalwert und den Minimalwert dargestellt. Für die Monatswerte wurden orientierend zusätzlich die Werte der Wetterstation Deutschlands angegeben, die für den jeweiligen Klimawert den Extremwert im Jahresmittel liefert (z. B. min. Tagesmitteltemperatur: Zugspitze; max. Sonnenscheinstunden: Hiddensee).

Ergebnis aus den Analysen:

Das Ergebnis der Auswertung dieser geografisch über Deutschland verteilten Messstationen weist aus, dass es keine signifikanten meteorologischen Änderungen in Deutschland gibt und damit:

- keine signifikanten Unterschiede in Richtung permanenter Bewölkung oder Wolkenarmut bestehen (was andernfalls deutliche Änderungen im UV-Strahlenklima zwischen den Regionen nach sich ziehen würde)
- keine unterschiedlichen UV-Schutzanforderungen an die im Freien Beschäftigten Arbeitnehmer in den verschiedenen Regionen bestehen.

5.1.2.2 Analysen der meteorologischen Tagesverläufe (2001-2009)

Eine weitere Frage bestand im tageszeitlichen Verlauf meteorologischer Faktoren mit möglichen Auswirkungen auf die solare Globalstrahlung und deren jahreszeitlichem Verlauf. Zur analytischen Bewertung derartiger Einflüsse wurden für das Forschungsvorhaben vom Deutschen Wetterdienst Datendateien mit Tagesgängen von meteorologischen Größen im Jahresverlauf ab April 2001 (Beginn eines neuen Datenformates für die Klimadaten) bis 2009 bezogen:

- stündliche Sonnenscheindauer SD
- Lufttemperatur für 07:00 (MEZ), 13:00 (MEZ) und 19:00 (MEZ)
- Bedeckungsgrad jeweils für 07:00 (MEZ), 13:00 (MEZ) und 19:00 (MEZ)
- Niederschlagsmenge für 19:00-07:00 (MEZ), 07:00-13:00 (MEZ) und 13:00-19:00 (MEZ) (Summenwerte aus: 12:00 – 06:00 – 06:00)

Die Daten der meteorologischen Messgrößen werden in deren Zeitabfolge als durchgängige Zahlenkolonnen in ASCII-Dateien beim DWD gespeichert, abgelegt und so auch bereitgestellt.

Für das alte Datenformat bis März 2001 war im Rahmen eines BMBF-Forschungsprojektes [KNUSCHKE et al. 2004] eine Datenbanksoftware auf MS-Access-Basis programmiert worden, die die ASCII-Dateien importiert und dabei in entschlüsselter Form in den Datenbanktabellen ablegt. Durch einen im Rahmen des Forschungsprojektes eingebundenen Informatiker wurde die Skriptprogrammierung an das neue Datenformat ab April 2001 angepasst. Über programmierte Abfragen lassen sich die Daten statistisch auswerten.

In grafischer Darstellung sind die tageszeitlichen Einflüsse auf die stündliche Sonnenscheindauer, Lufttemperatur (in 2 m Höhe), Bedeckungsgrad (in Achteln pro Himmelsfläche) und die Niederschlagsmengen (in 0,1 mm) im Anhang B.1 in den Abbildungen Anh. B.1, Abb. 3.1 a-c bis 3.8 a-c gezeigt.

Tab. 5.7 Zusammenfassung aus den Analysen zu den Tagesverläufen der meteorologischen Größen

Klimagröße	Sommer	Winter	Anmerkung
Sonnenscheindauer	30-35 min/h	15 min/h	unabhängig von Tageszeit - Mrz./Okt. 25 min/h - in KW25-39 nachmittags: SO/Münch., SW/Karlsru. + 5 min/h
Bedeckung	5/8	6/8	unabhängig von Tageszeit
Niederschlag bis 7:00 (MEZ)	0,5 mm/6 h SO/Münch.: 1 mm/6 h	0,5 mm/6 h	starke Schwankungen über die KW
Niederschlag bis 13:00 (MEZ)	0,5 mm/6 h	0,5 mm/6 h	
Niederschlag bis 19:00 (MEZ)	0,5 - 1 mm/6 h	0,5 mm/6 h	
Temperatur 7:00 (MEZ)	von 5 °C bis 17 °C KW14 bis KW 30	von 10 °C bis -2...+2 °C KW40 bis KW52	
Temperatur 13:00 (MEZ)	von 11 °C bis 22...24 °C KW14 bis KW30	von 15...17 °C bis +1...+3 °C KW40 bis KW52	Sommer: SW/Karlsruhe: + 2-4 Grad
Temperatur 19:00 (MEZ)	von 10 °C bis 21...23 °C KW14 bis KW30	von 13...15 °C bis 0...+2 °C KW40 bis KW52	Sommer: SW/Karlsruhe: + 2-4 Grad

Ergebnisübersicht (Details siehe Anhang B.1)

- Die Sonnenscheindauern bleiben im Zeitraum des Sommerhalbjahres (KW 14 – KW 39) weitgehend unverändert im Bereich von 30-35 min/h für Morgen (07:00 MEZ) und Mittag (13:00 MEZ), sowie um 30 min/h für den Abend (19:00 MEZ). Die Region SO (München) und SW (Karlsruhe) zeigen leicht (3 min/h – 7 min/h) höhere Werte – das insbesondere zwischen KW 23 und KW 26 für Mittag und Abend. Im Winterhalbjahr (KW 40 – KW 13) gehen die Werte in allen Regionen und zu allen drei Klimaterminen (7/13/19 MEZ) auf rund 15 min/h zur Wintersonnenwende zurück
- Der Bedeckungsgrad liegt im Sommerhalbjahr morgens und abends unabhängig von Region und Zeitpunkt bei 5/8. Mittags liegt er mit 5,5/8 im Mittel etwas höher. Im Winterhalbjahr, zwischen KW 44 und KW 12, liegt unabhängig von der Tageszeit im Mittel ein Bedeckungsgrad von 6/8 vor
- Die Niederschlagsmengen liegen im Sommerhalbjahr vormittags gleichmäßig im Mittel bei 0,5 mm/6 h. Am Nachmittag verdoppeln sich die Niederschlagsmengen zwischen KW 21 und KW 33 (in Übereinstimmung mit den höheren Bedeckungsgraden in diesem Tagesabschnitt). In den 12 Nachtstunden gehen die Niederschlagsmengen (gemittelt auf 6 h gerechnet) wieder auf 0,5 mm/6 h

zurück – ausgenommen das Alpenvorland im SO um München mit weiterhin 1 mm/6 h

Im Winterhalbjahr sind die Niederschlagsmengen über den Tag und den gesamten Zeitraum mit rund 0,5 mm/6 h weitgehend gleichverteilt

- Die Tagestemperaturen sind weniger für die Ausprägung der solaren UV-Exposition am Boden relevant. Sie bestimmen aber wesentlich die Wahl der Kleidung (kurzärmelig/langärmelig, dünner/dicker) und deren Schutzfunktion gegen solare UV-Strahlung.

Die Morgentemperaturen im Sommerhalbjahr sind deutschlandweit (ohne Küsten- und Alpenstreifen, s. u.) im langjährigen Mittel gleich. Das Temperaturmaximum wird in der KW 30 erreicht. Mittags- und Abendwerte der Temperaturen sind im Sommerhalbjahr für alle Stationen gleich hoch und liegen etwa mit 5–7 Grad über den Morgentemperaturen. Lediglich in Karlsruhe (oberrheinische Tiefebene) liegen die Mittag- und Abendtemperaturen durchgängig um 2–3 Grad höher

Im Winterhalbjahr sind nur minimale Unterschiede in den Mittelwerten zwischen den Wetterstationen zu verzeichnen. Mittag- und Abendtemperaturen sind etwa gleich; die Morgentemperaturen sind 2-3 Grad niedriger. Das Minimum dieser Temperaturen wird zwischen KW 50 und KW 1 erreicht und liegt für die Morgentemperaturen um 0°Grad, für Mittag und Abend um 0 bis 3 Grad.

Anmerkung:Die Hochgebirgsregionen und der direkte Küstenstreifen wurden bei den Betrachtungen zur Verteilung der meteorologischen Gegebenheiten über Deutschland nicht einbezogen.

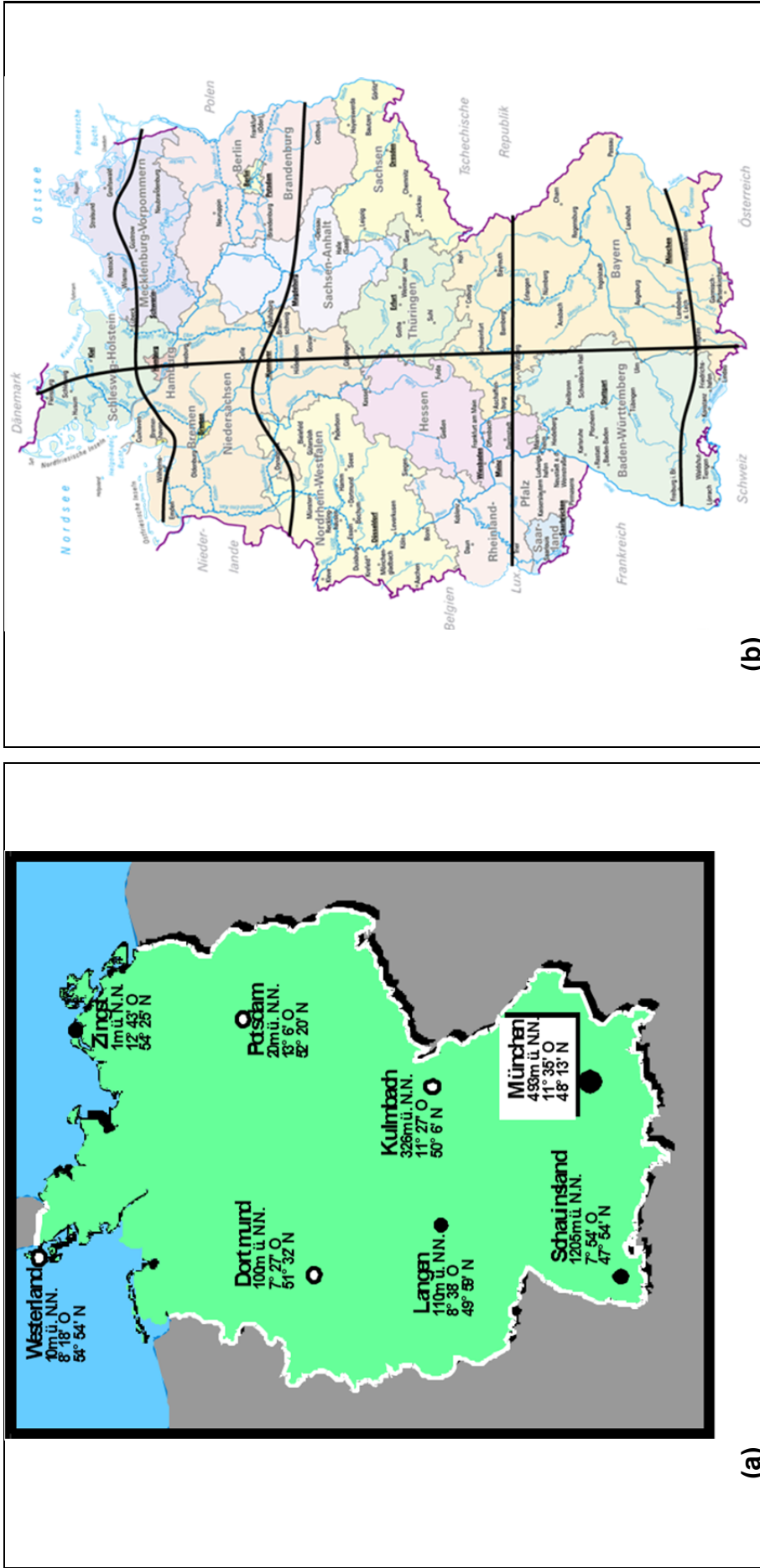


Abb. 5.1 a, b (a) Positionen der UV-Messtationen des sUVMoNet in Deutschland
 (b) Meteorologische Regionen (Bewölkung) für die UVI-Prognosen
 (mit freundlicher Unterstützung des Bundesamtes für Strahlenschutz)

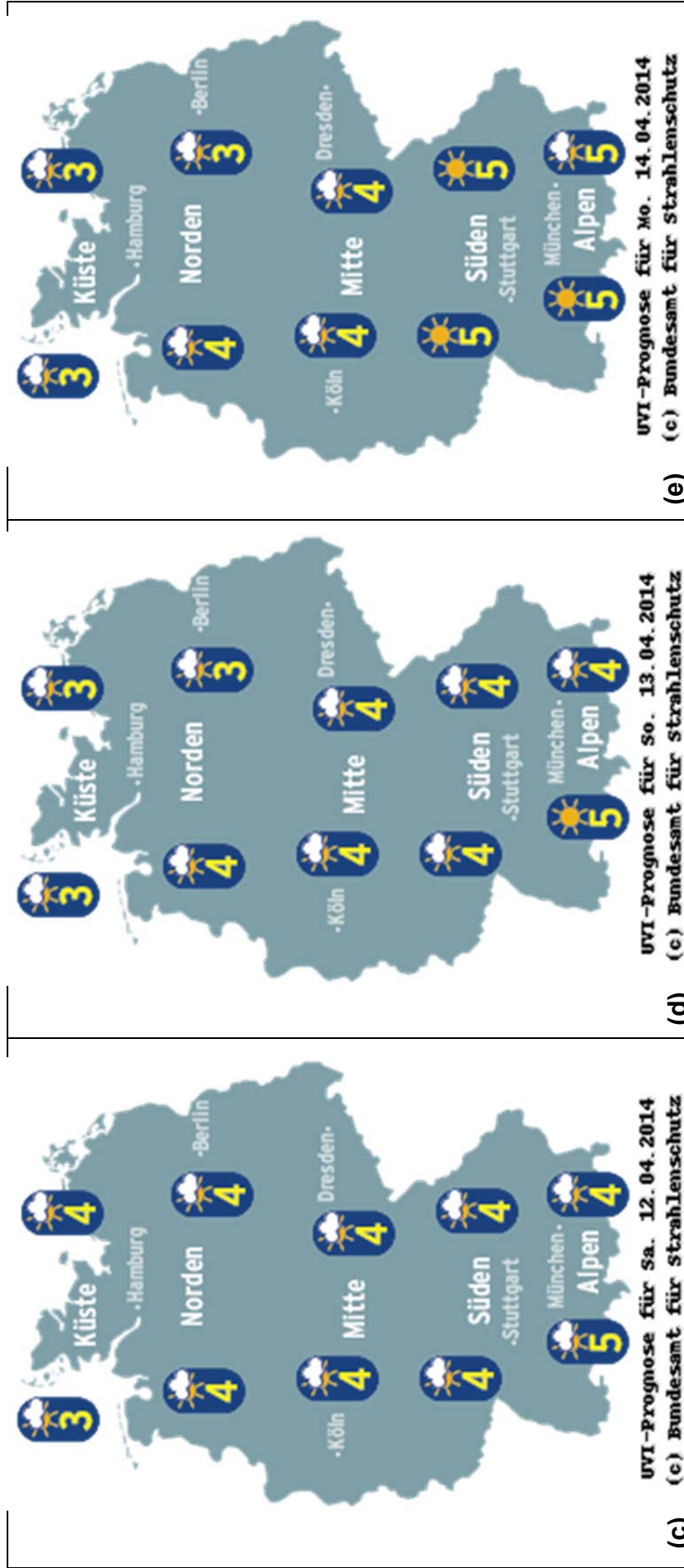


Abb. 5.1 c-e UVI-Dreitagesprognose nach Regionen (siehe (b)) für Deutschland im Sommerhalbjahr
(http://www.bfs.de/uv/uv2/uv_messnetz/uv/prognose.html)

5.1.3 Solare UV-Expositionsbedingungen in Deutschland

5.1.3.1 Erythem-effektive Globalstrahlungsdaten des sUVMoNet (2000-2008) und der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden (1997-2011)

In Deutschland erfasst das solare UV-Monitoringnetz **sUVMoNet** seit 1994 mittels spektralradiometrischer Präzisionsmesstechnik die solare Globalstrahlung im 6-Minuten-Takt. Zu diesem Messnetz, das vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und dem Umweltbundesamt (UBA) betreut wird, gehören jetzt zehn über Deutschland verteilte UV-Messstationen (Abb. 5.1 a).

Neben wissenschaftlichen Zielstellungen wird aus den UV-Messdaten und prognostizierten meteorologischen Daten, insbesondere Gesamt-Ozonkonzentration und Bewölkung (DWD), der prognostizierte UV-Index als Informationsgröße für die Bevölkerung über die zu erwartende sonnenbrandwirksame Potenz der solaren UV-Exposition vom BfS bestimmt. Aktueller UV-Index und UV-Indexprognosen für die nächsten drei Tage (veröffentlicht: Montag, Mittwoch und Freitag) werden im Sommerhalbjahr über elektronische und Printmedien täglich zugänglich gemacht (Abb. 5.1 c-e).

Aus den Spektraldaten des sUVMoNet werden jeweils für Halbstundenintervalle des Tages durch Verrechnung mit dem Referenz-Erythemspektrum [CIE S007] Halbstunden-Erythemdosiswerte hED für jede Station des UV-Messnetzes ermittelt und gespeichert.

Die UV-Messstation der AG „Experimentelle Photobiologie“ der Dermatologie/TU Dresden erfasst mit einem Radiometer vom Robertson-Berger-Typ (UVS-E-T UV Radiometer, Fa. Scintec Tübingen/Fa. Kipp & Zonen, Delft/NL) die erythem-effektive Globalstrahlung im 10-Minuten-Takt seit 1997. Diese Messdaten werden kontinuierlich in einer Datenbank abgelegt.

Dem BAuA-Forschungsvorhaben F 2036 wurden für analytische Auswertungen des UV-Strahlenklimas bezüglich der Erythemwirksamkeit auf Antrag die Ausgangsdaten der Halbstunden-Erythemdosen für die vier Messstationen des BfS und Umweltbundesamtes (UBA) sowie des DWD Lindenberg und der BAuA Dortmund (vgl. Tab. 5.6) dankenswerterweise durch das BfS/Neuherberg zur Verfügung gestellt.

5.1.3.2 Analysen der UV-Strahlung im Tages- und Jahresverlauf für Deutschland

Die bereitgestellten Datensätze aus dem sUVMoNet beinhalten die Halbstunden-Erythemdosen hED für die Jahre 2000 bis 2008 der in Tabelle 5.6 genannten Messstationen. Die Messdaten wurden durch die Daten der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden ergänzt, indem die Werte aus der Datenbank für 1997 bis 2012 ebenfalls als hED -Werte aufbereitet wurden. Damit liegen über Deutschland verteilt von Nord bis Süd, von Ost bis West (vgl. Tab. 5.6) Messdatenpunkte vor.

Die Halbstunden-Erythemdosen **hED** werden folgendermaßen bestimmt:

Aus jedem im 6-min-Takt gemessenen Sonnenspektrum wird die erythem-effektive Bestrahlungsstärke E_{er} berechnet. Aus diesen Werten wird für jedes Halbstundenintervall im Tagesverlauf die erythem-effektive Bestrahlung H_{er} , die sogenannte Halbstunden-Erythemdosis hED , ermittelt. Die Datenerfassung beginnt jeden Tag für das Zeitintervall 04:00-04:30 UTC (gleich 05:00-05:30 MEZ, bzw. während Sommerzeit

06:00-06:30 MESZ) und endet 18:00-18:30 UTC (gleich 19:00-19:30 MEZ, bzw. während der Sommerzeit 20:00-20:30 MESZ). Die Berechnung von hED erfolgt aus:

$$hED = E_{er} \text{ (aus 30-min-Intervall) } \times 1800 \text{ s (= 30 min)}$$

Für die Jahrgänge 2000 bis 2008 wurden pro Jahr in einer Tabelle die hED-Werteverläufe vom 1. Januar bis 31. Dezember jeweils für das Halbstundenintervall von 04:00 UTC bis 18:00 UTC (Tabellenstruktur s. Abb. 5.2 a) bereitgestellt. Die erythem-effektiven Bestrahlungsstärkemesswerte der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden wurden zu analogen Jahrestabellen des täglichen hED-Verlaufes angefertigt.

Für die weiterführenden Analysen und Berechnungen zum deutschlandweiten UV-Strahlenklima wurden folgende statistische Datenaufbereitungen des Tages- und Jahresverlaufes der Halbstunden-Erythemdosen hED vorgenommen und in einen Exceltabellensystem für jede UV-Messstation abgelegt (siehe Abb. 5.2 a-b):

- Ausgangsdaten je Jahrgang und je UV-Messstation hED(2000) bis hED(2008)
- Mittelwert hED(MW2000-2008) für jedes Halbstundenintervall aus den Jahrgängen 2000 bis 2008
Beispiel (Abb. 5.2 a): Dresden 26. April, 11:00-11:30 UTC
- Maximalwert hED(Max2000-2008) aus jedem Halbstundenintervall der Jahrgänge 2000 bis 2008.

Weiterhin erfolgte vor dem Hintergrund der häufigen und kurzfristigen meteorologischen Änderungen, mit Einfluss auf das UV-Strahlenklima in Deutschland, sowie auch mit Blick auf den Arbeitsalltag, eine Datenreduktion auf kalenderwochenbezogene Werte von KW 1 bis KW 52 für den hED-Tagesgang je UV-Messstation: (siehe Abb. 5.3).

- Es wird ein „Einheitskalender“ für alle Jahre zugrunde gelegt, wobei der 1. Januar immer ein Montag für die KW 1 ist. Mittelwerte MW und Maximalwerte Max werden je Halbstundenintervall aus den Daten von Montag bis Sonntag der Kalenderwoche bestimmt
- KW-Mittelwert hED(00KW) für das Jahr 2000 bis hED(08KW) für das Jahr 2008 als Tagesgang der Halbstundenintervalle je KW.

Diese Kalenderwochentabellen pro Jahrgang 2000 bis 2008 zu den hED-Werten von 4 UTC bis 18 UTC über den Tagesverlauf wurden für weitere Analysen je Halbstundenintervall wie folgt ausgewertet:

- KW-Mittelwert hED(MW2000-2008KW) für jedes Halbstundenintervall aus den Tagen der Kalenderwoche und aus allen Jahren 2000 – 2008
- KW-Maximalwertwert der Mittelwerte hED(MaxMW2000-2008KW) aus den KW-Mittelwerten pro Jahrgang 2000 – 2008

- KW-Maximalwert aus der Maximalwerttabelle hED(Max2000-2008) (s. o.) für hED(MaxMax2000-2008) eines Halbstundenintervalls aus den Jahrgängen 2000-2008 (worst-case-Fall: quasi nur Sonnenschein).

Die aufbereiteten hED-Tabellen liegen ein zweites Mal vor, wobei diese über einen „Schwellwert-Schalter“ bezüglich der Halbstunden-Erythemdosis verfügen. Daten unterhalb einer variabel vorgebbaren Schwellendosis werden diskriminiert und nicht angezeigt.

So entspricht eine eingegebene Schwelle für den hED-Wert:

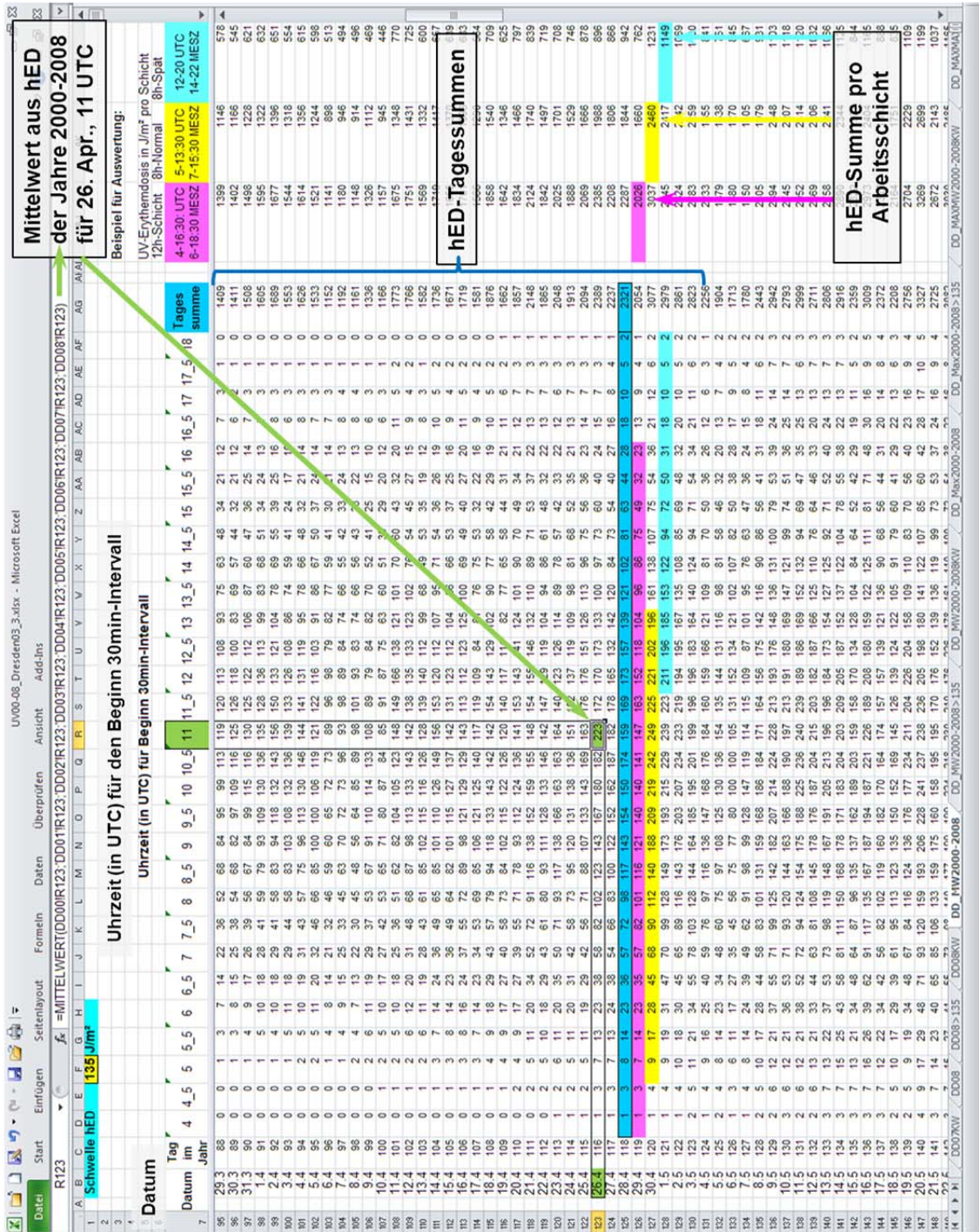
$H_{er} = 135 \text{ J/m}^2$ (erythem-effektive Bestrahlung der halben Stunde)

$E_{er} = 0,075 \text{ W/m}^2$ (mittlere erythem-effektive Bestrahlungsstärke der halben Stunde)

UVI 3 (UV-Index berechnet aus der mittleren erythem-effektiven Bestrahlungsstärke der halben Stunde).

Es können damit sofort die Uhrzeiten der Tage im Jahr bzw. die Kalenderwochen im Jahr eingegrenzt werden, an denen im Mittel, im Maximalfall oder im „Worst-case-Fall“ der betrachteten neun Jahre der eingegebene Schwellwert eines bestimmten erythem-effektiven UV-Expositionslevel überschritten wurde (siehe Abb. 5.2 b sowie Abb. 5.3 unten).

Weitergehende Auswertungen erfolgten auf der Basis dieses Exceltabellensystem je UV-Messstation zur Lösung weiterer Fragestellungen im Rahmen des Forschungsprojektes. Ein Beispiel ist die Bestimmung von erythem-wirksamen UV-Expositionen pro Arbeitsschicht im Jahresverlauf (grafisch in Abb. 5.2 a gezeigt). Aus der Mittelwertstabelle von Dresden hED(DD_MW2000-2008) gilt für den ganzen Tag (dunkelblau); für eine 12-h-Arbeitsschicht (violett), für eine 8-h-Normalschicht (gelb) und für eine 8-h-Spätschicht (hellblau). Diese Auswertung fließt beispielsweise in die Häufigkeitsverteilung der kumulativen UV-Exposition pro Arbeitsschicht ein (Kap. 5.1.3.5) bzw. konnte zur Ermittlung der Jahreszeitfaktoren f_{JZ} und Tageszeitfaktoren f_{TZ} (Kap. 5.1.3.3) herangezogen werden.



- Erläuterungen zu Abbildung 5.2 a
- hED-Werte täglich: von 4:00 UTC (hED-Wert für 4:00 – 4:30 UTC) bis 18 UTC (18:00 – 18:30 UTC), vom 1. Jan. bis 31. Dez.
 - analoge Tabellenstruktur der hED-Jahrestabellen für:
 - Jahrgänge 2000 bis 2008
 - Auswertung: Mittelwerte MW, Maximalwerte Max (aus Jahrgängen 2000 bis 2008)
 - statistische Aufbereitung aus Jahrestabellen hED: Mittelwerte (2000-2008) je Halbtagesintervall (z. B. 26. Apr., 11-11:30 UTC; hED = 223 J/m²) sowie Maximalwerte (aus Jahrgängen 2000-2008)
 - weitere Auswertungen aus den UV-Expositionsdaten:
 - Erythemdosen in Tageszeitintervallen bzw. in Arbeitsschichtdauern (s rechts)
 - max. UVI-Wert pro Tag je Jahr
 - USW.

Abb. 5.2 a Jahrestabelle der Halbtagesintervalle hED – hier: Mittelwert von 2000 – 2008 je Halbtagesintervall im Jahr

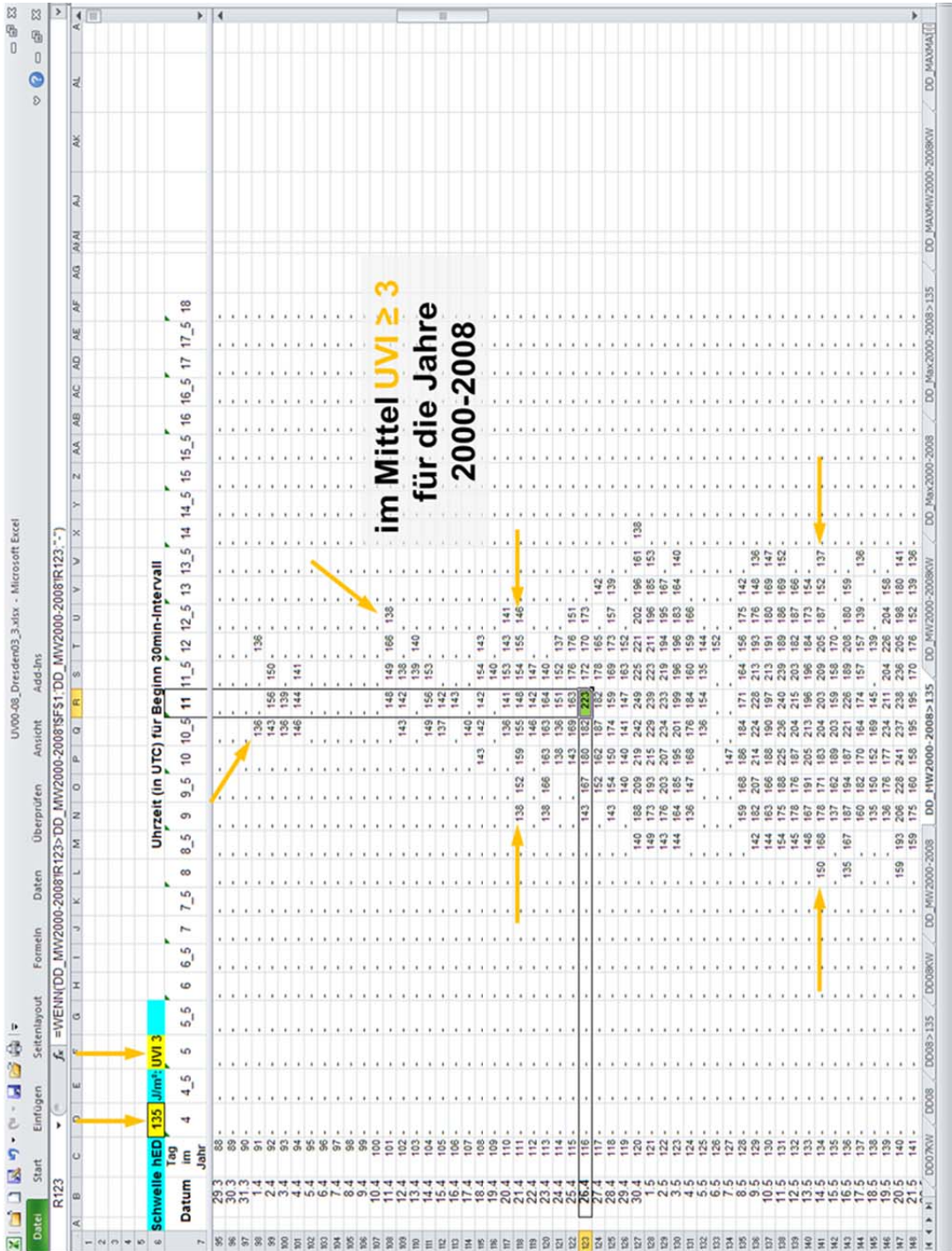


Abb. 5.2 b Jahrestabelle der Halbstunden-Erythemdosen hED mit variabler Schwellenwertdiskriminierung hier: wie Abb. 5.2 a Mittelwert (2000 – 2008) mit **Schwellendosis hED ≥ 135 J/m²**, entspricht **UVI ≥ 3**

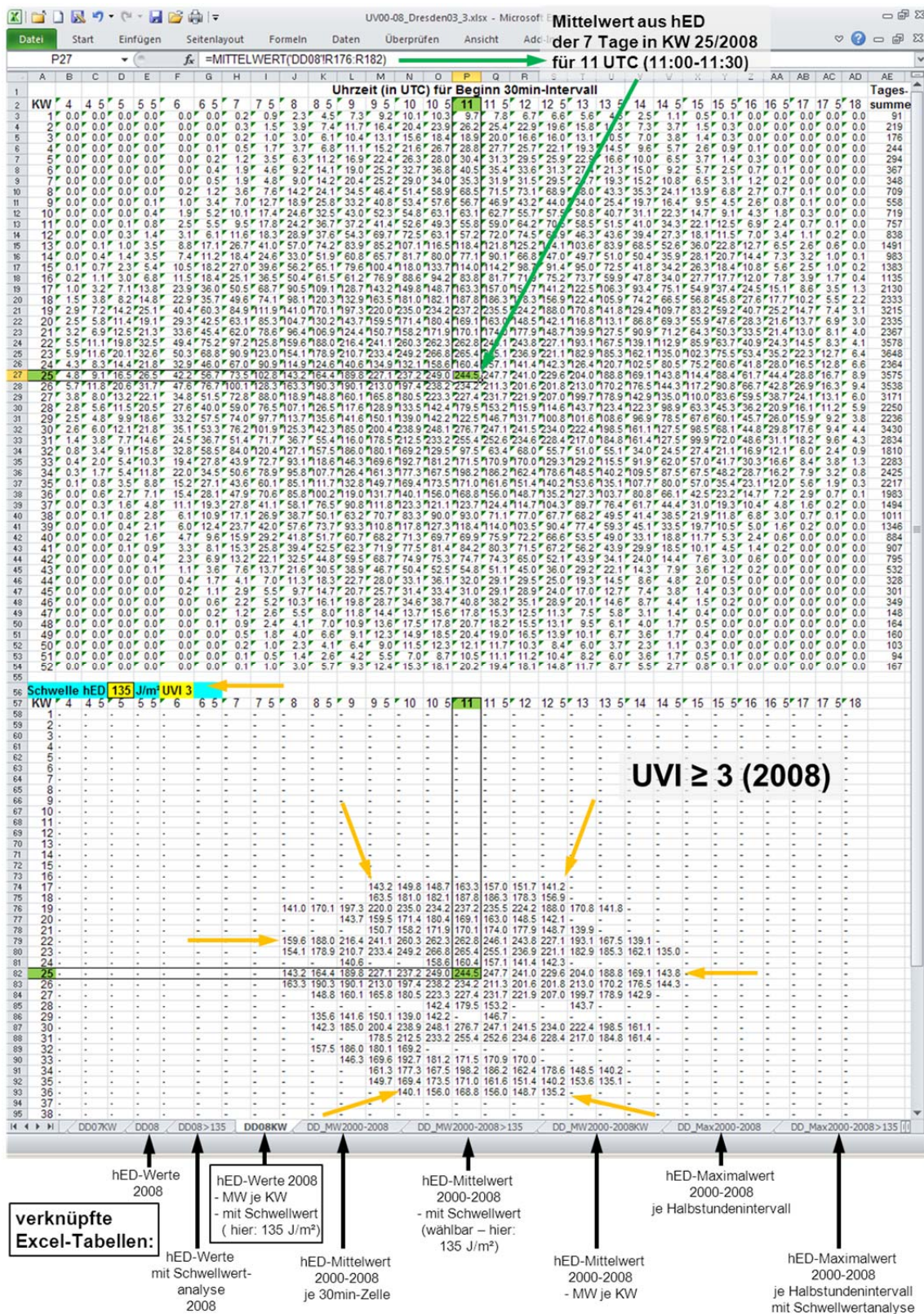


Abb. 5.3 Kalenderwochenbezogene Tagesgänge der Halbstunden-Erythemdosen hED ohne und mit wählbarer Schwellendosisdiskriminierung

- je Jahrgang 2000 bis 2008
- Statistik je 30 min-Zeitintervall: MW je KW im Jahr; Max je KW im Jahr MW(2000-2008) je KW; Max des MW aus 2000-2008; Max von Max(2000-2008) je KW (Tabellenreiter unten nicht sichtbar)

5.1.3.3 Bestimmung von Jahreszeitfaktoren f_{JZ} und Tageszeitfaktoren f_{TZ} für eine vom IFA entwickelte Berechnungsformel zur Ermittlung versicherter solarer UV-Expositionen von Beschäftigten mit ständiger oder zeitweiliger Tätigkeit im Freien

Zur objektivierten Ermittlung des versicherten Anteils von solaren UV-Expositionen eines Beschäftigten mit Tätigkeiten im Freien pro Arbeitsjahr wurde eine Berechnungsformel im Rahmen des DGUV-Projektes FB 170 vom IFA der DGUV entwickelt. Mit dieser Berechnungsformel kann für den versicherten Beschäftigten die solare UV-Exposition am Arbeitsplatz pro Jahr retrospektiv ermittelt werden (siehe Kap. 3.4.2).

Jahreszeitfaktor f_{JZ} :

Mit dem Jahreszeitfaktor wird **in dieser Formel** der Fall berücksichtigt, dass die Außenbeschäftigung nicht permanent über 12 Monate im Jahr erfolgt. Die saisonal unterschiedliche Erythemwirksamkeit der solaren UV-Strahlung je nach Einsatzzeitraum wird über den Jahreszeitfaktor f_{JZ} für jeden Monat berücksichtigt (Tab. 5.8). Die Faktoren wurden aus den Halbstunden-Erythemdosen, die im Tagesgang für den Jahresverlauf gemittelt über 9 Jahre vorliegen, bestimmt (vgl. Kap. 5.1.3.2). Dabei wurden die Messwerte von sechs über Deutschland verteilte UV-Messstationen in die Auswertung einbezogen. Die Abweichungen über Deutschland (55° - 48° n. Br., 0 m ü. N.N. bis 1500 m für die UV-Messstationen) der Daten aus den Jahren 2000 – 2008 liegen in den relevanten Monaten April bis September unter $\pm 10 \%$. Somit konnte ein Mittelwert daraus für die Ermittlung der monatlichen Jahreszeitfaktoren als Grundlage dienen. Ermittelt wurde ferner noch, ob es ggf. Verschiebungen der Faktoren in Abhängigkeit von der Arbeitszeit am Tag geben könnte. Geprüft wurde: 12-Stunden-Tagschicht, 8-Stunden-Normalschicht, 8-Stunden-Spätschicht gegenüber der Tagesgesamtexposition durch die erythem-wirksame Globalstrahlung. Nur bei der Spätschicht kommt es zu deutlicheren Abweichungen im Winterhalbjahr (siehe Relation zur Tagesgesamtexposition).

Tab. 5.8 Jahreszeitfaktoren f_{jz} aus mittlerem monatlichem Verlauf der erythem-wirksamen Globalstrahlung in Deutschland

	gerundete Jahreszeit- faktoren f_{jz}	ganzer Tag 04:00-18:30 UTC MESZ	12-h-Schicht 04:00-16:30 UTC MESZ	Normal-Schicht 05:00-13:30 UTC MESZ	Spät-Schicht 12:00-20:30 UTC MESZ	Verhältnis der Faktoren der Schicht zum ganzen Tag:		
						04:00-16:30 UTC MESZ	05:00-13:30 UTC MESZ	12:00-20:30 UTC MESZ
Jan	0.015	0.012	0.012	0.013	0.012	1.02	1.09	1.00
Feb	0.025	0.023	0.023	0.024	0.024	1.02	1.04	1.07
Mrz	0.055	0.055	0.055	0.055	0.057	1.01	1.01	1.04
Apr	0.100	0.098	0.099	0.099	0.097	1.00	1.01	0.99
Mai	0.150	0.153	0.153	0.152	0.151	1.00	0.99	0.99
Jun	0.185	0.186	0.185	0.181	0.190	0.99	0.97	1.02
Jul	0.170	0.176	0.174	0.169	0.183	0.99	0.96	1.04
Aug	0.140	0.142	0.142	0.141	0.144	1.00	0.99	1.02
Sep	0.090	0.088	0.089	0.092	0.084	1.01	1.04	0.95
Okt	0.045	0.043	0.044	0.047	0.037	1.02	1.10	0.86
Nov	0.015	0.015	0.015	0.017	0.012	1.02	1.15	0.79
Dez	0.010	0.009	0.009	0.010	0.007	1.02	1.15	0.85
Σ	1	1.000	1.000	1.000	1.000			

- **Datenbasis:** Mittelwerte der Halbstunden-Erythemdosen (vgl. 5.1.3.2) pro Zeitintervall (Arbeitschichtzeit) und pro Monat von sechs UV-Messstationen
- **Einbezogene UV-Messstationen:** - sUVMoNet (Zingst; Dortmund; Langen / bei Frankfurt/M.; Schauinsland / Schwarzwald; Neuhberg / bei München)
- Dermatologie/TU Dresden
- **Schwankungen der Monatsmesswerte aus den Jahren 2000-2008 zwischen den sechs Stationen in Deutschland Nord bis Süd:**
für April bis September: $< \pm 10\%$; für Dezember: $< \pm 30\%$
- **Ausgewertete Tagesintervalle (Schichtdauern)**

	aus allen messbaren Bestrahlungswerten H_{er} der erythem-wirksamen Globalstrahlung des Tages
	für eine 12-Stundenschicht 6-18:30 MESZ
	für eine Normalschicht 7-15:30 MESZ
	für eine Spätschicht 14-22:30 MESZ

Tageszeitfaktoren f_{TZ} :

Mit den **Tageszeitfaktoren** wird der Fall berücksichtigt, dass ein Beschäftigter Tätigkeiten im Freien nicht ganztägig, sondern nur zu bestimmten Zeitintervallen am Tag ausführt. Analog zum Jahreszeitfaktor soll diese Situation über Tageszeitfaktoren f_{TZ} abgebildet werden.

Auch in diesem Fall wurden die zu Analysen aufbereiteten Halbstunden-Erythemdaten der o. g. deutschlandweit verteilten sechs UV-Messstationen herangezogen. Die Analysen zeigten, dass die Ermittlung von stündlichen Tageszeitfaktoren sich wegen der saisonal unterschiedlichen Tageslängen nicht einheitlich über das ganze Jahr realisierbar ist. Abb. 5.4 zeigt die Verteilung der stündlichen Anteile an der täglichen Gesamtexposition solarer erythem-wirksamer Strahlung in Abhängigkeit vom Monat (anhand der Daten der Messstation Dresden).

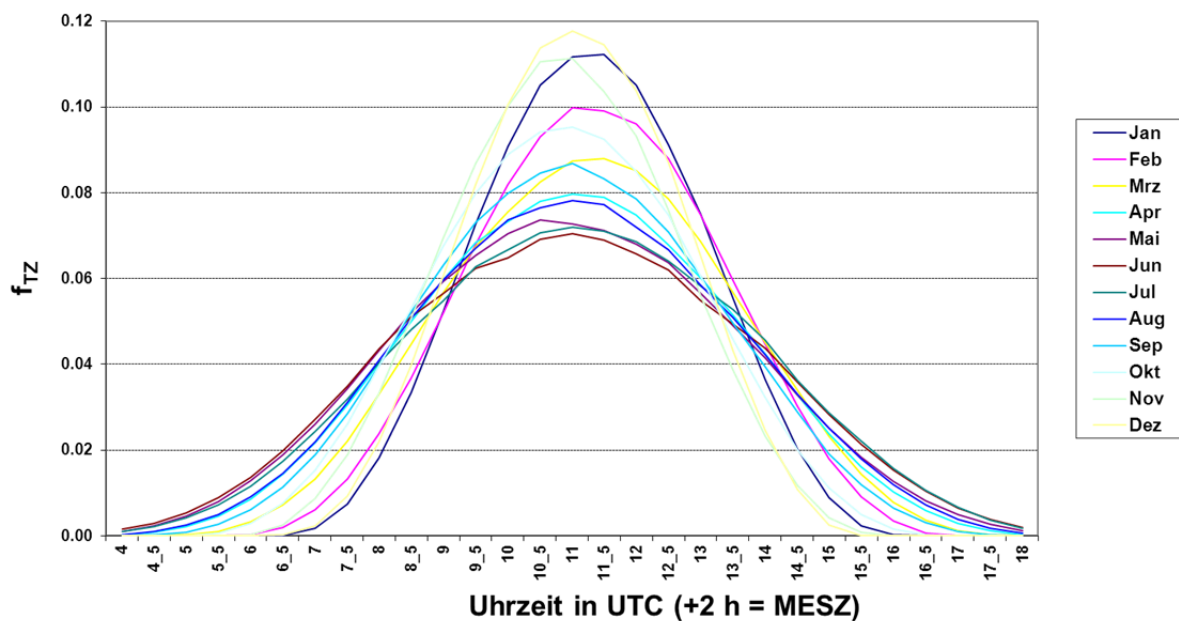


Abb. 5.4 Tageszeitfaktoren f_{TZ} im saisonalen Verlauf zeigen bis zu 400 % Abweichungen in einzelnen Stundenintervallen

Der Lösungsvorschlag für die Tageszeitfaktoren f_{TZ} bei der Ermittlung versicherter Anteile an der solaren erythem-wirksamen UV-Exposition war eine Unterteilung des Jahres. Werte für das Sommerhalbjahr mit Zeiten in MESZ gelten für April-August bei recht geringer Abweichung zwischen den Monaten (Tab. 5.9 a). Die Werte für das Winterhalbjahr September - März haben leider nicht durchgehend MEZ (September bis Mitte/Ende Oktober haben noch MESZ). Im Winterhalbjahr sind die Abweichungen nur in einem kleineren Tagesintervall mit relativen Fehlern zwischen den Monaten von $\leq \pm 10\%$ behaftet. Tagesabschnitte mit Fehlern zwischen den Monaten im Winterhalbjahr von $> \pm 40\%$ machen weniger als 5 % der erythem-wirksamen Tagesexposition aus und sollten vernachlässigt werden (Tab. 5.9 b).

Tab. 5.9 a Tageszeitfaktoren f_{TZ} für das Sommerhalbjahr April-August

Tageszeit in MESZ	Tageszeitfaktor f_{TZ}	% von Gesamtexposition des Tages
08-09	0.03	2.8
09-10	0.05	5.7
10-11	0.10	9.2
11-12	0.12	12.3
12-13	0.15	14.3
13-14	0.15	14.8
14-15	0.13	13.5
15-16	0.10	10.8
16-17	0.08	7.7
17-18	0.05	4.5
Anteil vom Tag:	0.960	95.7

Tab. 5.9 b Tageszeitfaktoren f_{TZ} für das Winterhalbjahr September/Oktober (MESZ) und Oktober-März (MEZ)

Tageszeit		Tageszeitfaktor f_{TZ}	% von Gesamtexposition des Tages
MESZ (Sep-Okt)	MEZ (Okt-März)		
09-10	08-09		0.027
10-11	09-10	0.07	0.074
11-12	10-11	0.14	0.136
12-13	11-12	0.19	0.186
13-14	12-13	0.20	0.200
14-15	13-14	0.17	0.173
15-16	14-15	0.12	0.116
16-17	15-16	0.06	0.057
17-18	16-17		0.019
18-19	17-18		0.004
Anteil vom Tag:	nur $\leq \pm 10\%$	0.82	0.811
	mit $\leq \pm 40\%$	0.95	0.94

Tab. 5.9 c Tageszeitfaktoren f_{TZ} für das Winterhalbjahr September - März (nur MEZ)

Tageszeit		Tageszeitfaktor f_{TZ}	% von Gesamtexposition des Tages
MESZ (Sep-Okt)	MEZ (Okt-März)		
09-10	08-09		0.041
10-11	09-10		0.088
11-12	10-11	0.15	0.145
12-13	11-12	0.19	0.187
13-14	12-13	0.19	0.193
14-15	13-14	0.16	0.160
15-16	14-15	0.10	0.102
16-17	15-16		0.047
17-18	16-17		0.014
18-19	17-18		0.002
Anteil vom Tag:	nur $\leq \pm 20\%$	0.69	
	mit $\leq \pm 40\%$	0.79	0.980

Relativer Fehler zwischen den Monaten des Sommerhalbjahres bzw. des Winterhalbjahres

≤ ± 10 %	≤ ± 20 %	≤ ± 40 %	> ± 40 %
----------	----------	----------	----------

Um das Problem mit der Überschneidung von MESZ und MEZ im Winterhalbjahr September-März für die Präventionsdienste bei der Erfassung zu vereinfachen, wird die folgende Möglichkeit vorgeschlagen, die jedoch mit höheren Abweichungen zwischen den darin festgelegten Tageszeitfaktoren f_{TZ} und den aus Messwerten für die einzelnen Monate ermittelten Werten verbunden ist:

Es werden die Uhrzeiten im September und Oktober so registriert, als wären es MEZ-Zeiten (also Zeitversatz um eine Stunde [Tab. 5.9 c]).

Fazit:

- Eine einzige Jahresgesamttabelle für die Tageszeitfaktoren f_{TZ} ist nicht möglich. Das würde in einzelnen Stundenabschnitten zu Abweichungen von 200 % bis 400 % zwischen den Monaten führen
- Sinnvoll ist die Unterteilung für die Tageszeitfaktoren f_{TZ} in eine Tabelle Sommerhalbjahr für April bis August mit geringen Abweichungen je Stundenintervall zwischen den Monaten
- Für das Winterhalbjahr sind diese Abweichungen deutlich höher. Jedoch sind die saisonalen Beiträge zur Jahresexposition auch geringer.
Es gibt eine Tageszeitfaktor-Variante mit geringeren Abweichungen – jedoch müssten die Tageszeiten des Septembers und Anfang Oktobers von MESZ in MEZ bei den Expositionsermittlungen umgerechnet werden.
Oder: Es werden für September bis März nur die Uhrzeiten erfragt (unabhängig ob MESZ oder MEZ). Dann müsste eine größere Ungenauigkeit zwischen den festgelegten Tageszeitfaktoren f_{TZ} und den je Monat aus Messdaten ermittelten Faktoren in Kauf genommen werden.
Letzteres könnte wegen der geringen Beiträge zum Jahresanteil der Exposition akzeptiert werden. Es würde die retrospektive Befragung der Versicherten und die Bearbeitung doch deutlich erleichtern.

5.1.3.4 Häufigkeit der UVI-Stufen im Jahr an deutschen UV-Messstationen

Für Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen an solar-exponierten Arbeitsplätzen ist es wichtig zu wissen, **wie häufig im Jahr** die einzelnen Schutzlevel, die am UV-Index orientiert sind, tatsächlich auftreten. Daraus kann das Ausmaß der Schutzkomponenten und die damit verbundenen Aufwendungen abgeleitet werden.

In Abhängigkeit von den erwarteten oder aktuell bestimmten UV-Indizes sind mit aufsteigendem UV-Index größere Aufwendungen für Schutzmaßnahmen erforderlich (vgl. Tab. 5.1).

Zur Auswertung wurden von sieben deutschen UV-Messstationen die Halbstunden-Erythemdosen hED der Jahre 2000 bis 2008 einbezogen. Über die Exceltabellensysteme wurde für jeden Tag und für jede UV-Messstation der maximale hED-Wert (siehe Kap. 5.1.3.2 und Abb. 5.2 a-b, Abb. 5.3) ermittelt und daraus der UV-Index für den Tag berechnet. Für die sieben UV-Messstationen von Nord nach Süd und Ost nach West ist die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen UVI-Stufen pro Jahr in Tab. 5.10 zu zusammengestellt.

Tab. 5.10 Häufigkeit der UV-Indexstufen in einem Jahr für sieben UV-Messstationen in Deutschland von Nord nach Süd und Ost nach West in den Jahren 2000 bis 2008

UV-Station (Region)	Jahr	n (Mess- tage)	UVI									
			0 (< 1)	≥ 1 ... < 2	≥ 2 ... < 3	≥ 3 ... < 4	≥ 4 ... < 5	≥ 5 ... < 6	≥ 6 ... < 7	≥ 7 ... < 8	≥ 8 ... < 9	≥ 9 ... < 10
Zingst (N)	2000	250	62	36	32	49	37	31	3	0	0	0
	2001	327	109	62	44	21	22	34	26	9	0	0
	2002	350	137	40	39	42	31	31	28	2	0	0
	2003	359	117	50	34	47	42	30	33	6	0	0
	2004	353	121	56	40	37	33	46	20	0	0	0
	2005	365	123	51	42	35	54	27	24	9	0	0
	2006	363	127	56	38	39	40	28	29	6	0	0
	2007	359	132	59	29	34	53	36	16	0	0	0
2008	359	124	60	33	36	39	39	27	1	0	0	
Potsdam (NO)	2000	213	73	20	26	24	36	22	9	3	0	0
	2001	290	110	51	36	24	30	21	16	2	0	0
	2002	342	119	51	35	41	45	20	27	4	0	0
Umzug UV-Messstation von Potsdam nach Lindenberg												
Lindenberg (NO)	2004	280	110	44	28	16	22	31	26	3	0	0
	2005	340	96	47	37	40	43	33	28	11	5	0
	2006	316	92	47	42	21	32	21	29	23	9	0
	2007	325	78	54	34	32	28	51	23	25	0	0
	2008	299	78	65	39	28	37	42	10	0	0	0
Dortmund (NW)	2000	292	99	37	35	36	32	32	13	8	0	0
	2001	347	109	51	50	33	27	42	28	7	0	0
	2002	275	97	29	22	38	38	30	17	4	0	0
	2003	318	72	50	41	36	50	34	24	11	0	0
	2004	264	61	28	21	39	46	47	16	5	1	0
	2005	327	98	51	44	49	33	25	20	7	0	0
	2006	342	115	46	49	42	29	34	24	3	0	0
	2007	267	98	31	31	22	19	21	20	19	5	1
2008	353	112	60	40	28	42	47	17	7	0	0	
Dresden (O)	2000	342	90	57	30	31	26	27	26	26	18	11
	2001	355	95	61	36	35	35	22	25	34	10	2
	2002	364	94	69	42	32	28	41	22	28	8	0
	2003	324	106	64	22	23	25	23	30	30	1	0
	2004	365	111	47	40	39	30	47	41	10	0	0
	2005	350	96	54	40	30	37	35	34	19	5	0
	2006	362	110	49	30	46	39	35	26	23	4	0
	2007			Mai-Juli Gerätewartung								
2008	351	107	57	49	28	31	41	32	6	0	0	

UV-Station (Region)	Jahr	n (Mess- tage)	UVI									
			0 (< 1)	≥ 1 ... < 2	≥ 2 ... < 3	≥ 3 ... < 4	≥ 4 ... < 5	≥ 5 ... < 6	≥ 6 ... < 7	≥ 7 ... < 8	≥ 8 ... < 9	≥ 9 ... < 10
Langen (W)	2000	336	106	49	39	34	35	34	20	19	0	0
	2001	361	96	74	47	36	22	42	30	14	0	0
	2002	347	108	51	51	43	31	20	30	13	0	0
	2003	352	98	46	33	37	43	35	40	19	1	0
	2004	333	95	44	45	30	29	36	36	13	5	0
	2005	328	85	51	42	36	43	33	26	9	3	0
	2006	297	93	52	36	26	44	30	14	2	0	0
	2007	243	81	36	22	18	24	30	27	5	0	0
	2008	225	42	53	26	29	28	29	16	2	0	0
Neuherberg (SO)	2000	346	96	67	23	23	22	27	33	32	19	4
	2001	359	98	56	57	29	20	25	39	32	3	0
	2002	351	99	50	33	36	35	31	32	28	7	0
	2003	352	86	50	44	31	28	31	24	32	21	5
	2004	354	91	63	38	27	24	36	32	31	8	4
	2005	362	91	59	40	26	51	35	33	19	8	0
	2006	363	84	64	40	32	34	40	30	24	15	0
	2007	364	111	58	44	27	30	28	34	30	2	0
	2008	359	96	59	46	31	20	26	41	28	11	1
Schauinsland (SW)	2000	304	55	41	28	34	30	31	22	26	29	8
	2001	341	88	70	39	39	22	20	30	25	8	0
	2002	336	95	61	24	30	44	24	14	21	21	2
	2003	359	96	71	33	29	32	33	27	20	14	4
	2004	322	82	47	34	23	29	37	24	22	12	12
	2005	322	82	47	34	23	29	37	24	22	12	12
	2006	354	94	74	33	23	28	36	22	22	21	1
	2007	351	99	59	47	31	39	33	23	17	3	0
	2008	231	29	35	38	15	30	31	18	15	7	13

5.1.3.5 Korrelationsanalyse von UV-Indexprognosen und gemessener solarer UV-Strahlung

Erythem-gewichtete Solarstrahlungsmessungen für den UV-Index beziehen sich auf eine horizontale Messfläche (vgl. 5.1.1.1). In Abhängigkeit vom Einfallswinkel liegt an den einzelnen Körperregionen eine unterschiedliche erythem-effektive Bestrahlungsstärke und damit eine unterschiedliche photobiologische Wirksamkeit vor (vgl. 5.1.1.3, Tab 5.5 a-b).

Die UV-Index-Prognose kann Außenbeschäftigten und anderen Personen dabei helfen, ihren UV-Schutz bezüglich Sonnenexposition entsprechend zu planen. Es galt, den Zusammenhang zwischen UV-Index und der kumulativen erythem-wirksamen Bestrahlung H_{er} des Tages (UV-Tagesdosis in J/m^2) einerseits, oder zwischen UVI-Prognose und tatsächlich gemessenem UVI andererseits, zu untersuchen.

Anhand von Daten, die von 2000-2008 in Dortmund gemessen wurden, konnten explorative Analysen durchgeführt werden, um zu ermitteln, welche Tagesdosis bei UVI 0, UVI 1, UVI 2 usw. jeweils zu erwarten ist. Abb. 5.5 b zeigt, dass mit steigendem UV-Index im Mittel höhere UV-Tagesdosen erreicht werden. Die Tagesdosis bei gegebenem UVI schwankt im Jahresverlauf nicht sehr stark.

In Abb. 5.5 a wird deutlich, dass trotz der relativ definierten Mittelwerte (MW) recht erhebliche Abweichungen nach oben und unten vorkommen (siehe in Tab. 5.11 Standardabweichung STD, Minimalwert Min und Maximalwert Max). Dies ist nicht verwunderlich, da der UVI nur auf Grundlage derjenigen halben Stunde eines Tages berechnet wird, in der die höchste erythem-wirksame Bestrahlungsstärke erreicht wurde. Bei stets sonnigem oder stets gleichmäßig bedecktem Himmel ist ein sehr enger Zusammenhang zwischen UVI und UV-Tagesdosis zu erwarten. Für die Schwankungen ist die häufig wechselhafte Bewölkung verantwortlich. Die in

Abb. 5.5 c dargestellten Maximalwerte der UV-Tagesdosis H_{er}/d (in J/m^2 pro Tag) sind an sonnigen Tagen gemessen worden.

Tabelle 5.11 gibt für jeden gemessenen UV-Index die zugehörige UV-Tagesdosis H_{er} pro Tag (in J/m^2 pro Tag) an.

Weiterhin wurde ausgewertet, inwieweit der (am Vortag) vorhergesagte UV-Index zutrifft. Der UVI wird immer entweder als Intervall (z.B. UVI 2-4) oder als Maximum (z.B. UVI 4) angegeben. Ein Vergleich mit den gemessenen UVI ergab, dass in 63 % aller Fälle das vorhergesagte Intervall zutraf bzw. der vorhergesagte Maximalwert nicht überschritten wurde.

Die Zuverlässigkeit der Prognose ist vom Bewölkungsgrad abhängig: Für wolkigen oder bedeckten Himmel korrelieren vorhergesagter und gemessener UV-Index nur schwach miteinander ($r \leq 0,321$). Bei sonnigem Wetter muss unterschieden werden, ob dieses richtig vorhergesagt wurde oder nicht. Bei unerwartet sonnigem Himmel besteht zwar eine hohe Korrelation ($r = 0,630$) zwischen prognostiziertem und gemessenem UVI. Der tatsächliche UVI kann dennoch um 1-2 Stufen höher als angekündigt sein (in 30 % der Fälle), in weiteren 5 % der Fälle sogar um 3-5 Stufen höher.

Wenn das Wetter sonnig ist und auch so angekündigt wurde, steigt der Korrelationskoeffizient auf $r = 0,789$ und der vorhergesagte UVI wird lediglich in 6 % der Fälle überschritten (um maximal 2 Stufen).

Ende 2008 wurden die Prognosegebiete weiter ausdifferenziert (vgl. Abb. 5.1 b). Dadurch verbesserte sich die Korrelation zwischen dem vorhergesagten und dem gemessenen UVI von 0,523 auf 0,602. Gleichzeitig wurden die Vorhersagen vorsichtiger: Der tatsächliche UVI liegt nun häufiger (28 %) niedriger als im vorhergesagten Intervall, meist aber nur um 1-2 Stufen. Dafür wird der UVI nur noch in 18 % der Fälle zu niedrig prognostiziert, wobei die Vorhersage lediglich in 5 % der Fälle um mehr als eine Stufe zu niedrig ausfällt.

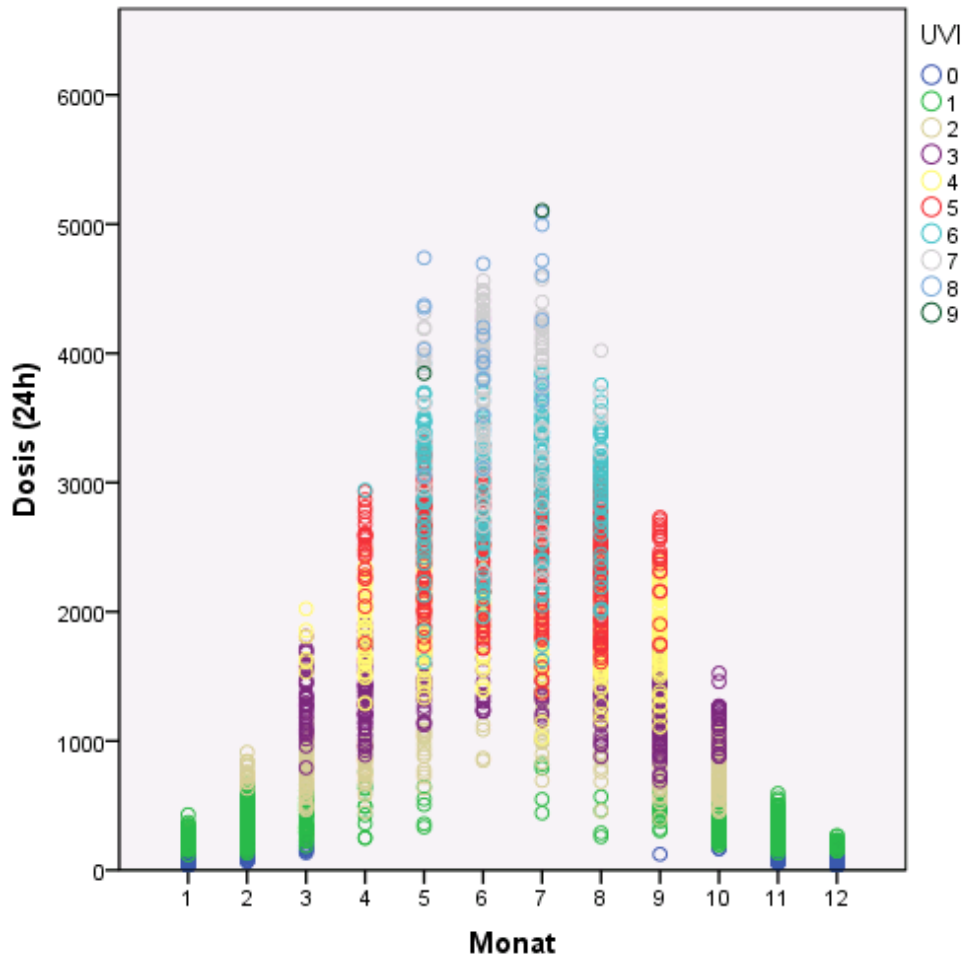
Bei den oben beschriebenen Analysen zur Abhängigkeit der Prognose vom Wetter wurde noch nicht zwischen Daten unterschieden, die vor bzw. nach der Umstellung erhoben wurden.

Tab. 5.11 UV-Indexstufen (aus Messungen ermittelt) und zugeordnete UV-Tagesdosis H_{er} (in J/m^2 pro Tag) von der UV-Messstation BAuA Dortmund aus den Jahren 2000 bis 2008 mit der Häufigkeit n für das Auftreten der UVI-Stufe in den Jahren

UVI		Dosis (24h)	UVI		Dosis (24h)	UVI		Dosis (24h)
0	n	442	4	n	294	7	n	132
	MW	112		MW	1883		MW	3809
	Median	111		Median	1881		Median	3960
	STD	42		STD	321		STD	535
	Min	27		Min	1021		Min	2247
	Max	277		Max	2734		Max	4600
1	n	619	5	n	349	8	n	22
	MW	332		MW	2432		MW	4123
	Median	299		Median	2461		Median	4083
	STD	135		STD	402		STD	550
	Min	119		Min	1373		Min	3049
	Max	819		Max	3456		Max	5086
2	n	367	6	n	243	9	n	2
	MW	857		MW	3038		MW	4476
	Median	853		Median	3114		Median	4476
	STD	184		STD	493		STD	891
	Min	399		Min	1614		Min	3846
	Max	1455		Max	4110		Max	5106
3	n	315						
	MW	1366						
	Median	1347						
	STD	266						
	Min	690						
	Max	2157						

Fazit:

Bei der UV-Index Prognose in Abhängigkeit vom Bewölkungsgrad wird der UV-Index in 49 % (bedeckt) bis 6 % (sonnig) der Fälle zu niedrig angegeben. Nur selten (0 % - 17 %) liegt der UVI um mehr als 2 Stufen höher als prognostiziert. Bei sonnigem Wetter, das auch in der Wettervorhersage angekündigt wurde, können die in Tab. 5.11 für den jeweils angekündigten UV-Index angegebenen *maximalen* Tagesdosen durchaus erreicht und nur selten überschritten werden. Wird das Wetter sonnig, obwohl wolkiger oder bedeckter Himmel prognostiziert war, kann der UVI häufig auch um 1-2 Stufen höher als vorausgesagt liegen, im Einzelfall sogar noch höher. Bei wolkigem oder bedecktem Himmel ist selbst bei korrekter Bewölkungsprognose der angekündigte UV-Index kein verlässliches Kriterium für die Wahl von Schutzmaßnahmen. Es ist allerdings noch zu prüfen, wie sehr sich durch die Verfeinerung der Prognose-Regionen die Vorhersage bei wolkigem und bedecktem Himmel verbessert hat.



(a) alle Werte

Abb. 5.5 a Gemessene UVI-Stufe und zugeordnete erythem-effektive solare UV-Tagesdosis H_{er} (in J/m^2 pro Tag) im Jahresverlauf, alle Werte

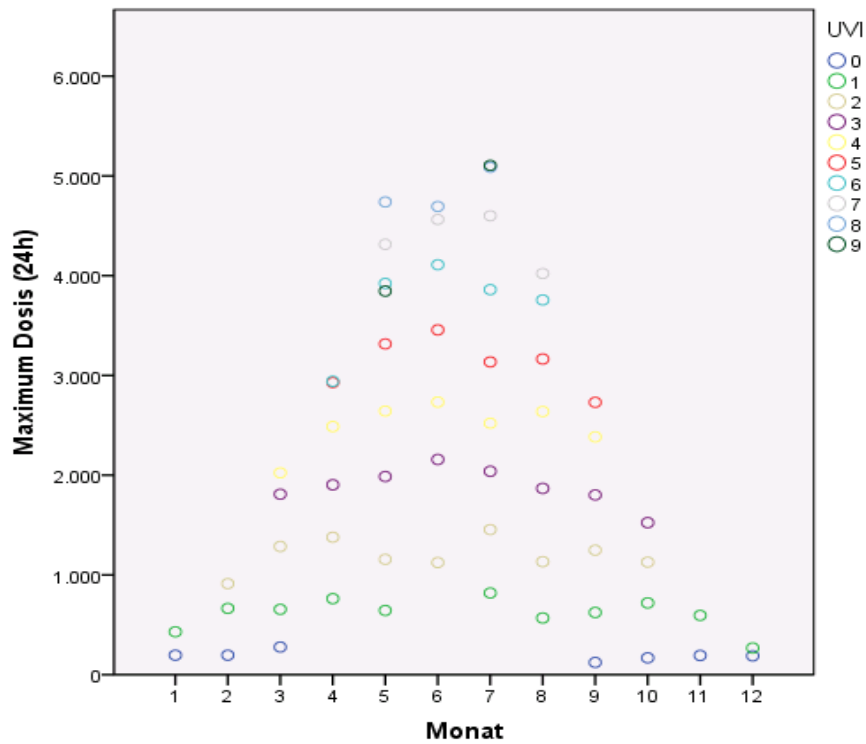


Abb. 5.5 b Median: Der Median ist ein Maß für den Mittelwert, das im Vergleich zum arithmetischen Mittel (Durchschnitt) weniger anfällig auf Ausreißer nach oben oder unten reagiert.

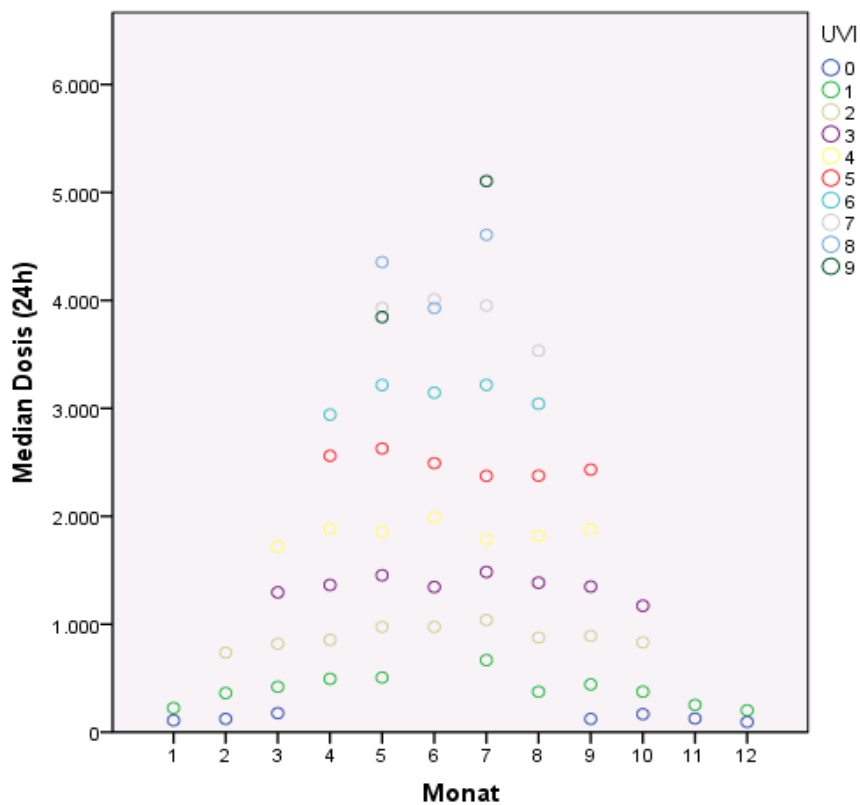


Abb. 5.5 c Maximalwerte

5.1.3.6 Häufigkeitsverteilungen der kumulativen UV-Expositionen H_{er} (pro Arbeitsschicht) über einen Zeitraum von 10 Jahren

Der UV-Hauttyp II ist mit 55 % neben dem Hauttyp III (40 %) am häufigsten in der deutschen Bevölkerung vertreten [Unverricht und Knuschke 2007]. Die minimale Erythemdosis MED (Sonnenbrandschwelldosis) liegt bei einer Person mittleren Hauttyps II unter senkrechter UV-Einstrahlung bei $H_{er} = 250 \text{ J/m}^2$ (getestet an der Rückenhaut) [DIN 5031]. Die minimale Erythemdosis ist für die Haut in den verschiedenen Körperregionen des Körpers unterschiedlich hoch [OLSON et al., 1966]. Die MED vom Gesicht sowie der Bauchregion sind bei senkrechter Einstrahlung vergleichbar zur Rücken-MED ($H_{er} = 250 \text{ J/m}^2$ im Mittel für die nichtadaptierte Haut, UV-Hauttyp II).

Die Messgeräte des UV-Monitoringmessnetzes messen die UV-Strahlung, die auf eine horizontale Fläche auftrifft. Diese Messorientierung ist vergleichbar mit dem Kopf oben an einer sich aufrecht bewegendem Person im Freien. Gegenüber dieser Körperposition ist die erythem-effektive Bestrahlungsstärke an den anderen Körperregionen geringer (s. Kap. 5.1.1.3, Tab. 5.5 a). Sie reduziert sich auf rund 30 % für das Gesicht (Brust, Unterarme oder Handrücken), verglichen mit der Haut-Exposition einer liegenden Person. Die Minimale Erythemdosis 1 MED für das Gesicht der aufrecht arbeitenden Person wird nach einer dreifachen Expositionszeit erreicht.

$$H_{er}(1\text{MED}) = 1/3 \text{ Bestrahlungsstärke } E_{er} \times 3\text{fache Bestrahlungszeit } t.$$

Damit führt am Gesicht als ständig solar-exponierte Hautfläche bei im Freien Beschäftigten erst die dreifache Bestrahlungsdosis $H_{er} = 750 \text{ J/m}^2$ (bezogen auf eine horizontale Fläche), zu einem beginnenden UV-Erythem bei lichtungewöhnter (nicht-adaptierter) Haut (vgl. Tab. 5.5 a).

Im Verlauf des Sommerhalbjahres wird von im Freien Beschäftigten der UV-Eigenschutz etwa verdoppelt [Knuschke et al., 2010]. Für eine gerade einsetzende UV-Erythemreaktion am Gesicht wird die effektive Erythem-UV-Schwellenbestrahlung auf $H_{er} = 1500 \text{ J/m}^2$ erhöht.

In Tab. 5.12 ist dargestellt, wie häufig die kumulative Bestrahlung von 750 J/m^2 bzw. 1500 J/m^2 an Arbeitsplätzen im Freien überschritten wird. Die Häufigkeiten sind am Beispiel München-Neuherberg für eine achtstündige Frühschicht/Normalschicht, einer Spätschicht bzw. einer 12-h-Schicht für die Jahre 2000 bis 2008 zusammengefasst.

Tab. 5.12 Anzahl der Tage pro Jahr (2000 – 2008) mit erythem-effektiven UV-Bestrahlungsdosen H_{er} (in J/m^2) von ≥ 1 MED für die Gesichtsregion pro Arbeitsschicht

Schichtdauer (MESZ)	UV-Exposition H_{er}	Häufigkeit (Tage im Jahr)										
		MW 00-08	MW_WT	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
07:00 - 15:00	> 750 J/m^2	198	141	181	192	200	208	194	204	207	193	199
Frühschicht	> 1500 J/m^2	132	94	132	113	133	149	130	144	133	128	123
06:00 - 18:30	> 750 J/m^2	211	151	188	210	209	223	208	219	222	207	215
12h-Schicht	> 1500 J/m^2	150	107	149	132	156	165	151	156	157	142	141
14:00-22:00	> 750 J/m^2	121	86	122	106	127	129	120	128	118	119	119
Spätschicht	> 1500 J/m^2	35	25	41	34	33	48	31	26	33	31	37

MW00-08: Mittelwert aus den Jahren 2000 bis 2008

MW_WT: Mittelwert für 210 Werktage im Jahr (2000 bis 2008)

(UV-Messstelle: BfS Neuherberg)

In den Tab. 5.13 a und Tab.5.13 b wird gezeigt, wie häufig im Jahr die Sonnenbrand-schwellldosis ($H_{er} > 750 J/m^2$ bzw. $H_{er} > 1500 J/m^2$) für nichtadaptierte bzw. adaptierte Gesichtshaut bezogen auf den für den Tag gemessenen UV-Index vorkommt.

Die Angaben beziehen sich auf die Jahre 2000 – 2008 und den Mittelwert MW für eine 8-Stunden-Normalschicht bei ständiger Tätigkeit im Freien.

Tab. 5.13 a Häufigkeit der Tage pro Jahr je UV-Indexstufe, bei denen die Sonnenbrandschwellldosis $H_{er} > 750 J/m^2$ für eine nichtadaptierte Haut überschritten wird

UVI-Stufe	MW	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
$0 \leq UVI < 1.5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$1.5 \leq UVI < 2.5$	20.3	14	19	18	19	21	18	18	25	31
$2.5 \leq UVI < 3.5$	35.3	20	49	36	35	31	36	40	33	38
$3.5 \leq UVI < 4.5$	27.4	25	21	32	29	25	40	33	24	18
$4.5 \leq UVI < 5.5$	30.9	23	27	27	31	31	38	37	40	24
$5.5 \leq UVI < 6.5$	32.6	38	28	37	27	36	40	31	22	34
$6.5 \leq UVI < 7.5$	32.0	26	42	35	27	35	23	26	39	35
$7.5 \leq UVI < 8.5$	20.3	32	12	18	34	14	14	27	13	19
$8.5 \leq UVI < 9.5$	3.7	6	1	0	10	7	2	1	0	6

(UV-Messstelle: BfS Neuherberg)

Tab. 5.13 b Häufigkeit der Tage pro Jahr je UV-Indexstufe, bei denen die Sonnenbrandschwelldosis $H_{er} > 1500 \text{ J/m}^2$ für eine adaptierte Haut überschritten wird

UVI-Stufe	MW	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
$0 \leq \text{UVI} < 1.5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$1.5 \leq \text{UVI} < 2.5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$2.5 \leq \text{UVI} < 3.5$	1.1	1	3	3	2	0	0	1	0	0
$3.5 \leq \text{UVI} < 4.5$	18.7	16	10	20	26	17	32	17	18	12
$4.5 \leq \text{UVI} < 5.5$	29.2	21	24	25	31	29	36	35	40	22
$5.5 \leq \text{UVI} < 6.5$	32.4	38	28	37	27	36	40	31	21	34
$6.5 \leq \text{UVI} < 7.5$	31.8	25	42	35	26	35	23	26	39	35
$7.5 \leq \text{UVI} < 8.5$	20.2	31	12	18	34	14	14	27	13	19
$8.5 \leq \text{UVI} < 9.5$	3.7	6	1	0	10	7	2	1	0	6

(UV-Messstelle: BfS Neuherberg)

In den Tab. 5.14 a-c wird angegeben, wie oft die kumulativen, erythem-wirksamen Bestrahlungsdosen pro Arbeitsschicht die einfache bzw. mehrfache UV-Dosis von $H_{er} = 750 \text{ J/m}^2$ (1 MED für das Gesicht) in den Jahren 2000 bis 2008 überschritten wird.

Aus den Daten der ausgewerteten UV-Messstationen kann die maximal mögliche, erythem-wirksame Bestrahlung H_{er} pro Arbeitsschicht entnommen werden:

- 8-Stunden-Normalschicht (07:00-15:00 MESZ): $H_{er,max} = 4000 \text{ J/m}^2$
- 12-Stunden-Schicht (06:00-18:30 MESZ): $H_{er,max} = 5000 \text{ J/m}^2$
- 8-Stunden-Spätschicht (07:00-15:00 MESZ): $H_{er,max} = 2000 \text{ J/m}^2$.

Auf diese im (vereinzelt) Maximalfall auftretenden UV-Belastungen bezieht sich das empfohlene „Schutzkonzept für Mindestanforderungen an Schutzkomponenten vor solarer UV-Strahlung“ (vgl. Kap. 7).

Fazit:

- Im Mittel liegt an 200 Tagen im Jahr in Deutschland die Situation vor, dass für ständig im Freien Beschäftigte die Sonnenbrandschwelldosis an nichtadaptierter Haut (Gesichtsbereich Hauttyp II) bei 8-Stunden-Normalschichtarbeit oder 12-Stunden-Schichtarbeit überschritten wird
- Für Spätschichten betrifft das 120 Tage im Jahr bei nichtadaptierter Haut.
- Bereits bei UVI 2 wird im Mittel an 20 Tagen im Jahr die Erythemschwelldosis der Gesichtshaut mit Hauttyp II erreicht bzw. überschritten.
Für die mit einem Eigenschutzfaktor 2 adaptierte Haut tritt diese Situation bei einem UVI 4 im Mittel an 20 Tagen im Jahr ein
- Die Extremwerte solarer, erythem-wirksamer Bestrahlungen H_{er} liegen für die 8-h-Normalschicht/12-h-Schicht/8-h-Spätschicht bei $4000 \text{ J/m}^2/5000 \text{ J/m}^2/2000 \text{ J/m}^2$
- Diese Extremwerte sind in den Schutzkonzepten zu berücksichtigen.

Tab. 5.14 a Häufigkeit des Sonnenbrandrisikos mit einfacher Erythemschwellendosis am Arbeitsplatz im Freien (H_{er} (1 MED) = 750 J/m²) sowie Häufigkeiten mehrfacher Schwellendosen: 8-Stunden-Normalschicht (07:00-15:30 MESZ)

Uhrzeit MESZ	H_{er} : Tage pro Jahr in J/m ²	MW 00-08	MW WT	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*	2008
07-15:30	>750 J/m ²	197	141	181	192	200	208	194	204	207	192	199
07-15:30	>1500 J/m ²	132	94	132	113	133	149	130	144	133	127	123
07-15:30	>1750 J/m ²	115	82	115	103	114	127	114	118	114	116	110
07-15:30	>2000 J/m ²	98	70	103	95	90	111	102	87	96	104	96
07-15:30	>2250 J/m ²	82	59	92	80	74	92	89	67	81	79	86
07-15:30	>2500 J/m ²	69	49	77	71	66	80	74	56	63	61	72
07-15:30	>2750 J/m ²	54	38	67	55	48	68	54	37	52	45	59
07-15:30	>3000 J/m ²	41	29	48	41	35	55	37	28	44	36	42
07-15:30	>3250 J/m ²	30	21	39	26	25	42	23	21	38	24	29
07-15:30	>3500 J/m ²	19	13	30	13	17	34	11	12	24	10	16
07-15:30	>3750 J/m ²	8	6	17	2	5	20	9	7	7	1	7
07-15:30	>4000 J/m ²	3	2	8	1	1	9	5	3	0	0	4
07-15:30	>4250 J/m ²	1	1	4	0	0	5	1	0	0	0	0
07-15:30	>4500 J/m ²	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
07-15:30	>4750 J/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07-15:30	>5000 J/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07-15:30	>5250 J/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(UV-Messstelle: BfS Neuberger)

Tab. 5.14 b Häufigkeit des Sonnenbrandrisikos mit einfacher Erythemschwellendosis am Arbeitsplatz im Freien ($H_{er}(1 \text{ MED}) = 750 \text{ J/m}^2$) sowie Häufigkeiten mehrfacher Schwellendosen: 12-Stunden-Schicht (06:00-18:30 MESZ)

Uhrzeit MESZ	H_{er} : Tage pro Jahr in J/m^2	MW 00-08	MW WT	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
06-18:30	>750	211	151	188	210	209	223	208	219	222	207	215
06-18:30	>1500	150	107	149	132	156	165	151	156	157	142	141
06-18:30	>1750	135	97	134	118	138	152	136	147	135	130	129
06-18:30	>2000	122	87	122	106	123	134	122	127	123	120	118
06-18:30	>2250	106	76	107	98	102	118	111	105	103	108	106
06-18:30	>2500	93	67	101	92	84	101	98	82	87	97	99
06-18:30	>2750	81	58	87	79	74	90	87	68	75	80	85
06-18:30	>3000	69	49	75	69	65	79	72	56	66	62	74
06-18:30	>3250	58	41	69	56	55	73	60	40	53	53	60
06-18:30	>3500	46	33	52	45	42	64	45	34	47	40	49
06-18:30	>3750	37	26	43	37	33	48	33	26	41	31	38
06-18:30	>4000	28	20	39	25	22	40	22	18	34	21	30
06-18:30	>4250	18	13	29	15	15	34	13	11	23	9	17
06-18:30	>4500	10	7	20	3	6	24	9	8	14	1	9
06-18:30	>4750	5	3	9	1	2	10	7	7	3	0	5
06-18:30	>5000	3	2	7	0	1	7	4	1	0	0	4
06-18:30	>5250	1	1	4	0	0	5	1	0	0	0	0
06-18:30	>5500	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
06-18:30	>5750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-18:30	>6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(UV-Messstelle: BfS Neuherberg)

Tab. 5.14 c Häufigkeit des Sonnenbrandrisikos mit einfacher Erythemschwellendosis am Arbeitsplatz im Freien (H_{er} (1 MED) = 750 J/m²) sowie Häufigkeiten mehrfacher Schwellendosen: 8-Stunden-Spättschicht (14:00-22:00 MESZ)

Uhrzeit MESZ	H_{er} : Tage pro Jahr in J/m ²	MW 00-08	MW WT	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*)	2008
14-22	>750	121	86	122	106	127	129	120	128	118	118	119
14-22	>1500	35	25	41	34	33	48	31	26	33	30	37
14-22	>1750	14	10	22	5	10	26	13	12	21	6	15
14-22	>2000	3	2	6	0	1	8	4	2	0	0	4
14-22	>2250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>2750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>3250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>3750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>4250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>4750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-22	>5250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(UV-Messstelle: BfS Neuherberg)

5.1.4 Die Schattenregel – messgeräteunabhängige Abschätzung der Sonnenwirksamkeit

5.1.4.1 Prüfung Schattenregel

Die Schattenregel soll ein einfaches Hilfsmittel zur Abschätzung der UV-Strahlenbelastung sein, wenn keine Messgeräte oder keine anderen Informationsquellen zur Verfügung stehen. In diesem Abschnitt sollen die Anwendbarkeit und die Grenzen der Schattenregel aufgezeigt werden.

Die „klassische“ **Schattenregel** besagt:

**Ist der Schatten kürzer als die Körperhöhe,
sind Schutzmaßnahmen für Haut und Augen empfohlen**



Abb. 5.6 Schattenregel zur Abschätzung der UV-Strahlenbelastung

Bei der Schattenregel wird berücksichtigt, dass bei einem Sonnenhöhenwinkel γ_s von 45° die Schattenlänge gleich der Körperhöhe ist. Ist der Sonnenhöhenwinkel γ_s kleiner als 45° , dann ist die Schattenlänge größer als die Körperhöhe und es sind keine Schutzmaßnahmen erforderlich. Ab einem Sonnenhöhenwinkel von größer 45° ist die Schattenlänge kleiner als die Körperhöhe und es werden Schutzmaßnahmen empfohlen.

Fragestellung:

Geht die Schattenregel als Orientierungsgröße mit dem $UVI \geq 3$ konform, wonach bezüglich der WHO-Empfehlung Schutzmaßnahmen zu treffen sind?

Analyse von Solarstrahlungsdaten zur Schattenregel:

Die Anwendung der Schattenregel ist für sonnige Bedingungen zur Einschätzung eventuell notwendiger Schutzmaßnahmen gedacht.

Zur Bewertung der Gültigkeit der Schattenregel wurden Daten von erythemwirksamen solaren Expositionsbedingungen herangezogen, die quasi ganztägig sonnigen Bedingungen entsprechen. Dazu wurden von den UV-Messstationen Zingst, Langen, Neuherberg, Schauinsland und Dresden je Kalenderwoche ein Tagesgang aus den Maximalwerten der Jahre 2000-2008 ausgewertet (siehe: Maximalwert vom Maximalwert, Kap. 5.1.3.2, Tab. 5.3). Aus den geografischen Koordinaten und dem Datum zur Kalenderwoche wurden mit der Software SOLERY (TU Berlin, Inst. f. Lichttechnik) die Zeitpunkte (Datum, Uhrzeit) für den Sonnenhöhenwinkel $\gamma_s = 45^\circ$ bestimmt. Damit konnten aus den o. g. hED-Maximalwerttabellen die zugehörigen hED-Werte entnommen werden (Tab. 5.15). Im Umkehrverfahren wurde im Weiteren der Sonnenhöhenwinkel γ_s bestimmt, wenn an klaren Tagen der UVI = 3 (Tab. 5.16) bzw. der UVI = 6 (Tab. 5.17) auftritt.

Obwohl der Sonnenhöhenwinkel $\gamma_s = 45^\circ$ im Jahresverlauf vormittags bzw. nachmittags zu verschiedenen Uhrzeiten auftritt, weisen die Halbstundenerythemdosen hED und die daraus abgeleiteten UVI-Werte je UV-Messstation nur Schwankungen im Bereich $\pm 10\%$ aus. Die Ergebniswerte zwischen den Messstationen differieren um $\pm 7\%$ (geringfügig abweichend ist die Messstation Schauinsland auf 1218 ü. N.N., da hier eine Zunahme der UV-Strahlung von rund $+14\%$, entsprechend der Höhenlage zu berücksichtigen ist: je 1000 m etwa $+10\%$). Gleiches war für die Schwankung der Sonnenhöhenwinkel γ_s , die für bestimmte UVI-Stufen ermittelt wurden, festzustellen (Tab. 5.15, 5.16, 5.17).

Fazit:

- Hinsichtlich des Schutzkonzeptes, wonach ab einem UV-Index von ≥ 3 Schutzmaßnahmen zu treffen sind, ist die „klassische“ Schattenregel kein aussagekräftiges Hilfsmittel zur Abschätzung der UV-Strahlenbelastung. Bei einem Sonnenhöhenwinkel von $\gamma_s = 45^\circ$, bei dem die Schattenlänge gleich der Körperhöhe ist, werden bereits hohe UV-Indexwerte von 4 bis 6 gemessen
- Ein UVI von 3 wird bei klarem, sonnigem Himmel bereits bei 34° Sonnenhöhe erreicht (siehe Tab. 5.16). Will man das mit dem UV-Index verbundene Schutzkonzept ab UVI 3 mit einer Schattenregel in Übereinstimmung bringen, wäre dies bei rund der 1,7fachen Schattenlänge der Fall. Die Schattenregel gibt somit nur einen groben Hinweis auf die aktuelle UV-Strahlenbelastung
- Prinzipiell kann der Sonnenhöhenwinkel als orientierendes Maß zur Abschätzung der Intensität der Sonne über die Schattenlänge genutzt werden. Es ist jedoch eine zur klassischen Schattenregel angepassten Bemessungsgröße erforderlich.

Tab. 5.15 Halbstundenerhythemosis hED und Uhrzeit bei Sonnenhöhenwinkel $\gamma = 45^\circ$ an sonnigem Tag

KW	Datum	Zingst (54.4 N / 12.7 E)			Langen (50.0 N / 8.7 E)			Neuherberg (48.20 N / 11.6 E)			Schauinsland (48.0 N / 8.0 E)			Dresden (51.0 N / 13.5 E)						
		MESZ	vorm.	nachm.	hED in J/m ²	MESZ	vorm.	nachm.	hED / J/m ²	MESZ	vorm.	nachm.	hED / J/m ²	MESZ	vorm.	nachm.	hED / J/m ²	MESZ	vorm.	nachm.
14	05.04.				12:50	14:00	193	198	12:10	14:20	196	185	12:20	14:40	220	218	13:10			235
15	12.04.				12:10	14:50	195	198	11:40	14:50	223	194	11:50	15:10	264	194	12:00	14:10		216
16	19.04.	12:10	14:00	190	11:40	15:10	189	184	11:20	15:10	211	203	11:30	15:30	282	219	11:30	14:40		234
17	26.04.	11:40	14:40	193	11:20	15:30	175	169	11:00	15:30	214	172	11:10	15:40	247	229	11:10	15:00		218
18	03.05.	11:10	15:00	189	11:00	15:40	204	189	10:40	15:40	211	199	11:00	15:50	260	258	10:50	15:20		217
19	10.05.	10:50	15:20	209	10:50	15:50	185	214	10:30	15:50	226	228	10:50	16:00	241	211	10:30	15:30		258
20	17.05.	10:40	15:30	204	10:40	16:00	196	176	10:20	16:00	196	190	10:40	16:10	233	221	10:20	15:40		203
21	24.05.	10:30	15:40	270	10:30	16:10	226	195	10:10	16:10	212	211	10:30	16:20	275	260	10:10	15:50		229
22	31.05.	10:20	15:50	189	10:20	16:20	186	215	10:10	16:10	235	230	10:20	16:30	217	216	10:10	16:00		215
23	07.06.	10:20	16:00	196	10:20	16:30	185	179	10:10	16:20	234	228	10:20	16:30	211	205	10:10	16:00		207
24	14.06.	10:20	16:00	202	10:20	16:30	189	207	10:10	16:20	222	203	10:20	16:40	202	214	10:00	16:10		217
25	21.06.	10:20	16:00	208	10:20	16:30	202	199	10:10	16:20	243	233	10:20	16:40	288	229	10:00	16:10		222
26	28.06.	10:20	16:10	218	10:20	16:30	181	188	10:10	16:20	220	220	10:20	16:40	215	238	10:10	16:10		234
27	05.07.	10:20	16:00	209	10:30	16:30	216	213	10:10	16:20	209	220	10:30	16:40	262	210	10:10	16:10		220
28	12.07.	10:30	16:00	221	10:30	16:30	209	187	10:20	16:20	228	233	10:30	16:40	254	216	10:20	16:10		205
29	19.07.	10:40	15:50	231	10:40	16:30	220	172	10:20	16:20	223	228	10:40	16:30	252	214	10:20	16:00		213
30	26.07.	10:50	15:40	204	10:50	16:20	208	217	10:30	16:10	240	201	10:40	16:30	224	192	10:30	16:00		219
31	02.08.	11:00	15:30	240	11:00	16:10	224	193	10:40	16:00	234	203	10:50	16:20	239	251	10:40	15:40		207
32	09.08.	11:20	15:10	209	11:10	16:00	201	188	10:50	15:50	220	223	11:00	16:10	256	219	10:50	15:30		205
33	16.08.	11:40	14:50	215	11:20	15:40	200	204	11:00	15:40	242	208	11:20	15:50	279	275	11:10	15:10		217
34	23.08.	12:00	14:20	217	11:40	15:20	230	224	11:10	15:20	240	243	11:30	15:30	291	220	11:20	14:50		227
35	30.08.				12:00	14:50	240	233	11:30	15:00	258	214	11:40	15:10	248	242	11:50	14:20		236
36	06.09.				12:30	14:20	270	250	11:50	14:30	234	245	12:10	14:50	277	263	12:30	13:40		253
MW±STD		211±20	202±12	205±22	200±20	225±15	214±19	249±26	227±22	222±15	240±18									
entspricht UVI (MW±STD)		4,7±0,4	4,5±0,3	4,6±0,1	4,4±0,4	5,0±0,3	4,7±0,4	5,5±0,6	5,0±0,5	4,9±0,3	5,3±0,4									

Tab. 5.16 Sonnenhöhenwinkel γ und Uhrzeit bei UV-Index 3 an sonnigem Tag

KW	Datum	Zingst (54.4 N / 12.7 E)		Langen (50.0 N / 8.7 E)		Neuheberg (48.20 N / 11.6 E)		Schauninsland (48.0 N / 8.0 E)		Dresden (51.0 N / 13.5 E)					
		MESZ vorm. ^a	nachm. ^b	γ in Grad vorm.	nachm. ^b	MESZ vorm. ^a	nachm. ^b	γ in Grad vorm.	nachm. ^b	MESZ vorm. ^a	nachm. ^b	γ in Grad vorm.	nachm. ^b		
8	22.02.														
9	01.03.														
10	08.03.														
11	15.03.	12:30	14:30	32	31	12:00	15:30	34	32	11:00	16:00	33	34		
12	22.03.	11:30	15:00	32	32	11:30	15:30	34	34	11:00	16:30	33	35		
13	29.03.	12:00	14:30	36	36	12:00	16:00	39	33	11:00	15:30	36	37		
14	05.04.	11:30	15:00	37	37	11:30	16:00	39	36	11:00	15:30	39	39		
15	12.04.	11:00	15:30	37	36	11:00	16:00	39	38	10:30	16:00	37	37		
16	19.04.	11:00	15:30	40	38	11:00	16:00	41	40	10:00	16:30	35	35		
17	26.04.	10:30	16:30	39	33	10:30	16:30	39	37	10:00	17:00	35	34		
18	03.05.	10:00	16:30	37	35	10:30	16:30	41	39	10:00	17:00	36	35		
19	10.05.	09:30	16:30	35	36	10:00	17:00	38	36	09:30	17:00	34	37		
20	17.05.	09:30	16:30	36	38	10:00	17:00	40	37	09:30	17:00	35	33		
21	24.05.	09:00	16:30	33	39	09:30	17:00	36	38	09:30	17:00	36	34		
22	31.05.	09:30	16:30	38	40	09:30	17:30	37	34	09:00	17:30	34	35		
23	07.06.	09:30	17:00	39	32	09:30	17:30	37	35	09:00	17:30	37	36		
24	14.06.	09:30	17:00	39	37	09:30	17:30	38	36	09:30	17:30	37	37		
25	21.06.	09:00	17:00	35	38	09:30	17:30	37	36	09:00	17:30	32	37		
26	28.06.	09:00	17:00	34	38	09:30	17:30	37	36	09:30	18:00	37	32		
27	05.07.	09:30	17:00	38	38	09:30	17:30	36	36	09:30	17:30	36	37		
28	12.07.	09:30	17:00	37	37	10:00	17:30	40	36	09:30	17:30	35	37		
29	19.07.	09:30	17:00	36	36	10:00	17:30	39	35	09:30	17:30	35	36		
30	26.07.	09:30	17:00	35	35	10:00	17:00	38	39	09:30	17:00	36	35		
31	02.08.	09:30	17:00	34	34	10:00	17:00	37	38	09:30	17:30	32	34		
32	09.08.	10:00	16:30	36	36	10:00	17:00	36	36	09:30	17:00	36	37		
33	16.08.	10:00	16:00	35	38	10:30	16:30	39	39	10:00	17:00	35	35		
34	23.08.	10:30	16:00	37	36	10:30	16:30	37	37	10:00	17:00	33	33		
35	30.08.	10:30	16:00	35	34	10:30	16:30	35	34	10:00	17:00	32	31		
36	06.09.	11:00	15:30	36	34	10:30	16:00	34	36	10:30	16:30	34	33		
37	13.09.	11:00	15:00	34	34	11:00	16:00	35	33	10:30	16:00	33	35		
38	20.09.	11:30	14:30	34	34	11:00	15:30	33	34	10:30	16:00	31	32		
39	27.09.	12:30		34		11:00	15:30	31	31	11:00	15:30	32	33		
40	04.10.					12:00	14:30	34	34	11:30	15:30	33	30		
41	11.10.									11:30	15:00	31	31		
42	18.10.									12:00	14:00	31	30		
MW±STD				36±2,0	36±2,2			37±2,4	36±2,1			34±2,3	34±2,4	35±2,3	32±1,6

^ain der folgenden halben Stunde wurde UVI 3 erreicht; auch Wintermonate in MESZ angegeben

^b in der vorangehenden halben Stunde wurde UVI 3 erreicht; auch Wintermonate in MESZ angegeben

Tab. 5.17 Sonnenhöhenwinkel γ und Uhrzeit bei UV-Index 6 an sonnigem Tag

KW	Datum	Zingst (54.4 N / 12.7 E)			Langen (50.0 N / 8.7 E)			Neuherberg (48.20 N / 11.6 E)			Schauinsland (48.0 N / 8.0 E)			Dresden (51.0 N / 13.5 E)																	
		vorm. ^a	nachm. ^b	γ in Grad	vorm. ^a	nachm. ^b	γ in Grad	vorm. ^a	nachm. ^b	γ in Grad	vorm. ^a	nachm. ^b	γ in Grad	vorm. ^a	nachm. ^b	γ in Grad															
8	22.02.																														
9	01.03.																														
10	08.03.																														
11	15.03.																														
12	22.03.																														
13	29.03.																														
14	05.04.																														
15	12.04.																														
16	19.04.																														
17	26.04.																														
18	03.05.																														
19	10.05.	12:00	14:30	51	50																										
20	17.05.	12:00	14:00	53	53																										
21	24.05.	11:30	15:00	52	50																										
22	31.05.	11:30	14:30	53	54																										
23	07.06.	11:30	15:00	53	52																										
24	14.06.	11:30	15:00	54	53																										
25	21.06.	11:00	15:00	54	53																										
26	28.06.	11:00	15:00	54	53																										
27	05.07.	11:30	15:00	53	53																										
28	12.07.	11:30	15:00	52	52																										
29	19.07.	11:30	14:30	51	54																										
30	26.07.	12:00	14:30	52	52																										
31	02.08.	12:00	14:30	51	51																										
32	09.08.	12:30	13:30	51	52																										
33	16.08.																														
34	23.08.																														
35	30.08.																														
36	06.09.																														
37	13.09.																														
38	20.09.																														
39	27.09.																														
40	04.10.																														
41	11.10.																														
MW±STD		52±1,1			52±1,2			52±2,5			52±2,0			50±2,1			50±2,0			47±2,8			48±2,8			50±1,7			47±2,1		

^a in der folgenden halben Stunde wurde UVI 6 erreicht

^b in der vorangehenden halben Stunde wurde UVI 6 erreicht

5.1.4.2 Bemessung der Schattenlänge für UVI ≥ 3 sowie UVI ≥ 6 in „Fuß“ (persönliche Fußlänge)

Um einerseits ein einfaches, ständig verfügbares Maß zur Einschätzung der Schattenlänge zu haben, andererseits die Schattenlänge und das Schutzkonzept über den Internationalen solaren UV-Index in Einklang zu bringen, schlagen wir folgende Bemessung vor:

- Die Schattenlänge des Körpers wird mit der Fuß/Schuhlänge („Fußregel zur Schattenregel“) vermessen
- Orientierend für UVI ≥ 3 gilt: Schattenlänge < 10 Fuß (Schutzmaßnahmen notwendig)
- Orientierend für UVI ≥ 6 gilt: Schattenlänge < 5 Fuß (erhöhte Schutzmaßnahmen notwendig).

Prüfung der „Fußregel“

Die Anwendbarkeit der „Fußregel“ für die Bemessung der Körperschattenlänge über die Fuß-/Schuhlänge wurde durch eine Korrelationsanalyse von Körperlänge und Fußlänge geprüft. Für 90 % der Menschen (zwischen 5. Perzentil und 95. Perzentil) liegen die Schwankungsbreiten zwischen Körperhöhe KH und Fußlänge FL bei $\pm 12\%$ (Tab. 5.18). Über diese beiden Längenmaße wird der Sonnenhöhenwinkel abgeschätzt. Die Extremfälle, durch Kombination der Maximal- und Minimalwerte und deren Einfluss auf den daraus abgeleiteten Sonnenhöhenwinkel ist in Tab. 5.19 und 5.20 zusammengestellt.

Aus den UVI-Stufen 3 sowie 6 zugeordneten Halbstunden-Erythemdosen, dem Datum und der Uhrzeit des Auftretens dieser Werte ließen sich die den UV-Indexstufen zugehörigen Sonnenhöhenwinkel bei sonnigem Himmel bestimmen (s. Tab. 5.16 und Tab. 5.17). Aus den in den Tabellen 5.19 und 5.20 ermittelten Werten ergaben sich die o.g. Angaben zur Bemessung der Schattenlänge über die persönliche Fußlänge für diese beiden UV-Indexstufen.

Tab. 5.18 Daten zur Abschätzung der Schattenlänge (Sonnenhöhenwinkel γ_s) unter Zuhilfenahme des Verhältnisses aus Körperhöhe und Schuhlänge (Fußlänge)

	Körperhöhe KH ^a (cm)		
	5. Perzentil	Median	95. Perzentil
Frauen	157.6	168,0	177,0
Männer	169.6	180.2	191.1
	Fußlänge FL (cm)		
	5. Perzentil	Median	95. Perzentil
Frauen	22.7	24.3	26.3
Männer	24.8	26.7	29
	Schuh-Zugabe ^b (cm)		
	min	MW	Max
Frauen	1.7	2.35	3
Männer	1.7	2.35	3

		Schuhlänge SH = Fußlänge + Zugabe (cm)	
	min	MW	Max
Frauen	24.4	26.65	29.3
Männer	26.5	29.05	32,0
Körpergröße/Schuhlänge			
	bei minimaler Körperhöhe und Schuhlänge	Durchschnitt	bei maximaler Körperhöhe und Schuhlänge
Frauen	6.5	6.3	6.0
Männer	6.4	6.2	6.0
Länge des Schattens in Schuhängen bei $\gamma = 55^\circ$			
	bei minimaler Körperhöhe und Schuhlänge	Durchschnitt	bei maximaler Körperhöhe und Schuhlänge
Frauen	4.5	4.4	4.2
Männer	4.5	4.3	4.2

^a Daten aus H. Greil (2001): Körpermaße 2000. Aktuelle Perzentilwerte der deutschen Bevölkerung im jungen Erwachsenenalter. In: Brandenburgische Umweltberichte (BUB) 10 S. 23-53

^b eigene Schätzungen, keine gesicherten Daten

Tab. 5.19 Tatsächlicher Sonnenhöhenwinkel γ_s bei Schattenlänge = 10x Schuhlänge (a) Frauen, (b) Männer (= Orientierung für UVI 3)

(a) Frauen ^a	Körperhöhe in cm	Fußlänge in cm	Schuh-Zugabe in cm	Faktor	tatsächliche Sonnenhöhe in °
max KH max FL	177	26.3	2.35	10	31.7
max KH min FL	177	22.7	1.7	10	36.0
max KH mittlere FL	177	24.3	2.35	10	33.6
mittlere KH min FL	168	22.7	2.35	10	33.8
Durchschnitt	168	24.3	2.35	10	32.2
mittlere KH max FL	168	26.3	2.35	10	30.4
min KH mittlere FL	157.6	24.3	2.35	10	30.6
min KH max FL	157.6	26.3	3	10	28.3
min KH min FL	157.6	22.7	2.35	10	32.2

(b) Männer ^a	Körperhöhe in cm	Fußlänge in cm	Schuh-Zugabe in cm	Faktor	tatsächliche Sonnenhöhe in °
max KH max FL	191.1	29	2.35	10	31.4
max KH min FL	191.1	24.8	1.7	10	35.8
max KH mittlere FL	191.1	26.7	2.35	10	33.3
mittlere KH min FL	180.2	24.8	2.35	10	33.6
Durchschnitt	180	26.7	2.35	10	31.8
mittlere KH max FL	180.2	29	2.35	10	29.9
min KH mittlere FL	169.6	26.7	2.35	10	30.3
min KH max FL	169.6	29	3	10	27.9
min KH min FL	169.6	24.8	2.35	10	32.0

Tab. 5.20 Tatsächlicher Sonnenhöhenwinkel γ_s bei Schattenlänge = 10x Schuhlängen (a) Frauen, (b) Männer (= Orientierung für UVI 6)

(a) Frauen ^a	Körperhöhe in cm	Fußlänge in cm	Schuh- Zugabe in cm	Faktor	tatsächliche Sonnenhöhe in °
max KH max FL	177	26.3	2.35	5	51.0
max KH min FL	177	22.7	1.7	5	55.4
max KH mittlere FL	177	24.3	2.35	5	53.0
mittlere KH min FL	168	22.7	2.35	5	53.3
Durchschnitt	168	24.3	2.35	5	51.6
mittlere KH max FL	168	26.3	2.35	5	49.5
min KH mittlere FL	157.6	24.3	2.35	5	49.8
min KH max FL	157.6	26.3	3	5	47.1
min KH min FL	157.6	22.7	2.35	5	51.5

(b) Männer ^a	Körperhöhe in cm	Fußlänge in cm	Schuh- Zugabe in cm	Faktor	tatsächliche Sonnenhöhe in °
max KH max FL	191.1	29	2.35	5	50.6
max KH min FL	191.1	24.8	1.7	5	55.3
max KH mittlere FL	191.1	26.7	2.35	5	52.8
mittlere KH min FL	180.2	24.8	2.35	5	53.0
Durchschnitt	180	26.7	2.35	5	51.1
mittlere KH max FL	180.2	29	2.35	5	49.0
min KH mittlere FL	169.6	26.7	2.35	5	49.4
min KH max FL	169.6	29	3	5	46.7
min KH min FL	169.6	24.8	2.35	5	51.3

Fazit:

- Die Fußregel als Ergänzung zur „klassischen“ Schattenregel gibt mit ≤ 10 Fuß die Situation an, ab der ein Schutz erforderlich ist, und mit ≤ 5 Fuß die Situation, ab der bereits erhöhte Schutzmaßnahmen gemäß UVI 6 erforderlich werden
- Das mit dem UV-Index verbundene Schutzkonzept, ab UVI 3 Maßnahmen zu ergreifen, kann mit der ≤ 10 Fußregel in Übereinstimmung gebracht werden.

5.2 Gegenwärtige Schutzmaßnahmen – durch Firmen und Institutionen – aus Sicht im Freien beschäftigter Arbeitnehmer

Zur Einschätzung des derzeit realisierten Umfanges an Schutzmaßnahmen gegen solare UV-Expositionen von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern durch die Firmen (Fa) bzw. Institutionen sowie durch die Arbeitnehmer (AN) selbst, einerseits am Arbeitsplatz, andererseits in Freizeit und im Urlaub, wurde eine Übersichtbefragung mittels Fragespiegel durchgeführt.

Erstellt wurde je ein Fragebogen (FB) für:

- Relevante Fragen zum Sonnenschutz durch die Firmen (FB Fa)
- relevante Fragen zum Sonnenschutz der AN am Arbeitsplatz (FB AN)
- relevante Fragen zum Sonnenschutz der AN in Freizeit und im Urlaub.

5.2.1 Organisatorische und informationstechnische Realisierung der Befragung

5.2.1.1 Branchenstruktur, geplanter und realisierter Befragungsumfang

In der Planungsphase des Projektes wurden die Branchenstruktur, die Firmengrößen je Branche und der abgezielte Umfang einzubeziehender Firmen und Institutionen abgestimmt (Tab. 5.21).

Tab. 5.21 Abgestimmte Branchenstruktur, Zielumfang Befragungsstudie und realisierte Befragungen über Fragebogen Firma (FB Fa), Arbeitnehmer (FB AN) und Sonnenverhalten der AN (FB V)

Firmengröße	AN-Zahl	Hauptcode	Branche	Anzahl Firmen	Einbezogene Firmen FB Fa	FB AN/ FB V
Großunternehmen	> 250	A	Hochbau	5	0	0/0
			Straßen- und Tiefbau	5	1	4/6
Mittelständische Unternehmen	bis 250	B	Hochbau	10	0	0/0
			Straßen- und Tiefbau	10	1	3/3
Kleinunternehmen	bis 50	C	Hochbau	25	1	¾
			Straßen- und Tiefbau	25	3	8/12
			GaLaBau	40	3	6/6
			Gärtner	10	3	14/14
			Steinbruch/Tagebau	10	5	20/20
Kleinstunternehmen	bis 10	D	Hochbau	15	1	5/5
			Straßen- und Tiefbau	15	1	0/0
			GaLaBau	30	0	0/0
			Gärtner	10	0	0/0
Einrichtung		E	Kindergarten	50	2	9/9

Zur bundesweiten Gewinnung von Firmen wurde durch die BAuA Dortmund in einer Pressemitteilung nach engagierten Unternehmen für diese Befragungsaktion gesucht. Die Pressemitteilung wie auch die Einbindung von Berufsgenossenschaften hat jedoch nicht zu dem vorgesehenen Umfang der Befragungsteilnehmer geführt. Neben den messtechnischen Studien und Probandenuntersuchungen wurde versucht zur Befragung von Firmen und Institutionen der vorgesehenen Branchen eine direkte Kontaktaufnahme im Umfeld von Dresden herzustellen. Dabei sollte der Stand von Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz von Außenbeschäftigten und das Wissen zur solaren UV-Strahlung abgefragt werden. Das war trotz großer, zeitaufwendiger Suche aber nur begrenzt erfolgreich (Tab. 5.21).

5.2.1.2 Technische Realisierung der Übersichtsbefragung per Internet-Portal

Bei der Befragung zum Wissen über die UV-Strahlenwirkung wurde in den Projekten F 1777 und F 1986 die Befragung in Papierform durchgeführt. Die Fragebögen waren dann ebenfalls per Hand über eine Maske in die Datenbank einzugeben.

Der geplante Befragungsumfang für das aktuelle Projekt sah 260 Firmenleitungen und 1250 Arbeitnehmer vor, letztere mit zwei Befragungen. Die Datenübernahme vom Fragebogen in die Datenbank über die Eingabemasken hätte mit vier studentischen Hilfskräften knapp 9 Monate in Anspruch genommen.

Die Alternative bestand in einem Online-Portal für die drei Befragungen. Bei dieser Methode liegt dann jeder Datensatz bereits in der Form für die Datenbanktabelle vor.

Online-Portal für Befragungen

Die Programmierung des Internet-Portals erfolgte mittels der Software lime-survey Version 1.72. Die IT-Gruppe der Medizinischen Fakultät (MF) der TU Dresden betreibt für Studentenbefragungen und –kontakte einen Server für derartige Befragungen.

Dieser Server konnte für die Befragungen des Projektes mit genutzt werden.

Internet-Zugang zu den Befragungen des BAuA-Projektes F 2036:

Fragen an die Firmen zum aktuellen Stand des Sonnenschutzes aus Arbeitgeber-sicht:

1. Titel: Sonnenschutz am Arbeitsplatz Ihres Unternehmens (ID 35258):

<https://info.med.tu-dresden.de/der/umfragen/index.php?sid=35258&lang=de>

Papierversion (analog den Fragen in Anh. A.2, Tab. 1):

„Maßnahmen bei hoher Sonneneinstrahlung für Arbeitsplätze im Freien in Ihrer Firma!“

Internet:

<https://info.med.tu-dresden.de/der/umfragen/index.php?sid=35258>

„Sonnenschutz am Arbeitsplatz Ihres Unternehmens“

Fragen an Arbeitnehmer zum aktuellen Stand des Sonnenschutzes aus Sicht der Arbeitnehmer:

2. Titel: Ihr Arbeitsplatz und die Sonne (ID 32246):

<https://info.med.tu-dresden.de/der/umfragen/index.php?sid=32246&lang=de>

Papierversion (analog den Fragen in Anh. A.2, Tab. 2):

„Einfluss der Sonne auf Sie am Arbeitsplatz!“

Internet:

<https://info.med.tu-dresden.de/der/umfragen/index.php?sid=32246>

„Ihr Arbeitsplatz und die Sonne“

Fragen zum Verhalten bezüglich Sonnenstrahlung der Arbeitnehmer in Freizeit und Urlaub:

3. Titel: Die Sonne in Ihrem Alltag (ID 38966):

<https://info.med.tu-dresden.de/der/umfragen/index.php?sid=88341&lang=de>

Papierversion (analog den Fragen in Anh. A.2, Tab. 3):

„Ihr Verhältnis zur Sonne im Alltag!“

Internet:

<https://info.med.tu-dresden.de/der/umfragen/index.php?sid=88341>

„Die Sonne in Ihrem Alltag“

Die Befragungen wurden zunächst in einem hausinternen Test mit Mitarbeitern unterzogen. Danach wurden Befragungen im Botanischen Garten der TU Dresden durch im Freien beschäftigte Gärtner und den für den Gesundheitsschutz verantwortlichen Technischen Leiter durchgeführt.

Kurzcharakteristik zum Internetportal:

- Jeder Befragte erhielt einen Anmeldenamen und ein Passwort
- Aus dem Anmeldenamen ging hervor: Branche, Firmengröße, mit Schlüsseldatei für die Firma
- Pro Firma gab es Reserve-Accounts, um im Fehlerfall den Datensatz zu löschen und eine neue Eingabe zu ermöglichen
- Der Zeitaufwand betrug für die ersten beiden Befragungen zwischen 10 min und 15 min, die dritte Befragung nahm etwa 5 min Zeit in Anspruch. Diese Befragungszeiten wurden als vertretbar angesehen
- Es war möglich, die Beantwortung zu unterbrechen, und zu einem späteren Zeitpunkt zu vollenden. Das sollte den Gegebenheiten in einer Betriebsleitung entgegenkommen, aber auch in dem Fall, wenn von den Arbeitnehmern die Beantwortung zu Hause vorgenommen wird.

Hinweis zur Datensicherheit an die Firmen und deren Mitarbeiter:

„Die Beantwortung der Fragen erfolgte pseudonymisiert über ein passwortgeschütztes Internet-Portal (Im Ausnahmefall ist auch das Ausfüllen über ein Papierformular möglich). Sämtliche Auswertungen erfolgten, sowohl für die Firmen als auch für deren eingeschlossene Mitarbeiter mit Bezug auf eine Teilnehmernummer. Es erfolgte keine Weitergabe der Mitarbeiterangaben an deren Firmenleitungen.

Für erforderliche organisatorische Fragen, wie Branchenzuordnungen, Firmengrößen usw. lag uns eine Schlüsseldatei vor. Diese ist unter Verschluss und befindet sich nicht auf den Rechnersystemen. Bei der Verarbeitung der Daten unterliegt die TU Dresden dem „Bundes- und dem Sächsischen Datenschutzgesetz.“

5.2.2 **Übersichtsbefragung an Firmenleitungen bzw. an Sicherheitsbeauftragten**

5.2.2.1 Schwerpunkte der Befragung

Die entwickelten Befragungen wurden in einem Firmenfragebogen zusammengefasst. Der Befragungsbogen enthält die Fragen Fa1. bis Fa31., zuzüglich vier statistische Angaben (Anh. A.2, Abb. 1 a-c).

Allgemeine Schwerpunkte der Befragung:

- Kenntnisse bestehender Empfehlungen/Normen
- Organisatorische Maßnahmen zum Sonnenschutz und Unterweisungsinhalte
- Maßnahmen zum Sonnenschutz durch Empfehlungen zu Schutzkomponenten an die AN.

Schwerpunkte der Befragung im Einzelnen:

- Arbeitszeitorganisation
- Pausenregelungen und Aufenthaltsorte
- Inhalte zum solaren UV-Schutz in Unterweisungen
- Einflussfaktoren auf Sonnenwirksamkeit (Tageszeit, Jahreszeit, Witterung, Hauttyp der Beschäftigten)
- relevante Regelungen bzgl. Messung und Bewertung solarer UV-Expositionen, wie EN 14255-3
- Entscheidungsbasis für erhöhtes solares UV-Expositionsrisiko für Folgemaßnahmen (UV-Index, eigenes Gefühl usw.)
- organisatorische Maßnahmen zur Expositionsreduzierung (u. a. Verlagerung der Außentätigkeitsfelder, wenn realisierbar)
- technische Strahlenschutzmaßnahmen
- typische Arbeitsbekleidung
- typische Kopfbedeckung
- Nutzung von Lichtschutzcremes
- Nutzung von Sonnenbrillen.

5.2.2.2 Übersicht zu Angaben von Firmenvertretern über Maßnahmen zur Reduktion hoher Sonnenexpositionen

Die Ergebnisse der Befragungen der Firmenleitung sind in Anh. A.2, Tab. 1 prozentual zusammengefasst. Daraus kann abgeleitet werden:

In 95 % der befragten Firmen gibt es Arbeitsplätze im Freien. Bei 57 % der Firmen halten sich die Arbeitnehmer ständig mehr als 6 Stunden im Freien auf. Für die Pausen während der Mittagszeit gibt es in 75 % der Firmen einen Pausenraum. Bei weiteren 20 % werden vorhandene, natürliche, schattige Plätze genutzt. Zu 85 % wird in Normalschicht gearbeitet.

Es werden Unterweisungen zu Sturm, Gewitter, Regen, Hitze und Kälte (39 %) sowie zu starker Sonneneinstrahlung (32 %) gegeben, während es in 29 % der Firmen keine Unterweisungen zur Witterungssituation gibt. Nur in 29 % der Firmen verfügt man über Info-Material zum Risiko von zu starker Sonnenstrahlung am Arbeitsplatz. Entsprechend werden Materialien mit praktischen Verhaltenshinweisen ebenso nur in 29 % der Firmen an die Mitarbeiter weitergegeben. Die Materialien werden zu 83 % über den Unfallversicherungsträger und zu 17 % in Eigeninitiative bezogen. Von Betriebsärzten/Medizinern wurden keine Materialien bezogen. Bei 62 % der Firmen ist die DIN-EN 14255-3 zu Messung und Bewertung solarer UV-Strahlung unbekannt, bei 33 % hat man nur davon gehört. 71 % der Firmen sind an zusätzlichem Informationsmaterial interessiert.

Empfehlungen über das Verhalten bei intensivem Sonnenschein werden in 57 % der Firmen gegeben, während 29 % der Firmen keine solchen Unterweisungen durchführen. Nur in 14 % der Firmen werden verbindliche Anweisungen zum UV-Schutz gegeben.

Warnungen vor Sonnenbrand (27 %), Langzeitriskien (21 %), Schutzempfehlungen zur Kleidung (19 %) und zu Lichtschutzcremes (15 %) sind Bestandteil von Unterweisungen. Hinweise zu Sonnenbrandzeiten und zum UV-Index sind die Ausnahme.

Anmerkung: Von der Möglichkeit der Mehrfachantwort machten nur zwei Firmen Gebrauch. Man muss deswegen davon ausgehen, dass viele Arbeitgeber die Antwort wählten, die ihnen am passendsten erschien, statt die Frage vollständig zu beantworten.

95 % der Arbeitgeber kennen die unterschiedlichen Hautempfindlichkeiten gegenüber der UV-Strahlung der Sonne (Hauttyp I – IV).

Die Firmen versuchen, bei extrem sonnigen Witterungsbedingungen die Sonnenexposition der Arbeitnehmer zu verringern, indem sie Getränke zum Flüssigkeitsausgleich bereitstellen (27 %), Arbeiten in praller Sonne soweit möglich in die Früh- und Nachmittagsstunden verlegen (25 %) und wiederholt auf die Gefährdung durch die Sonne hinweisen (23 %). Seltener werden schattenspendende Maßnahmen getroffen (9 %) oder die Arbeit in den Mittagsstunden unterbrochen (5 %).

11 % aller Firmen treffen keine Maßnahmen.

71 % der Arbeitgeber informieren sich regelmäßig über das Wetter am nächsten Arbeitstag, weitere 19 % ab und zu. Dabei steht für 51 % der Befragten der Niederschlag im Vordergrund, für weitere 35 % die Temperaturen und für 14 % die Sonnenintensität.

Ein Messgerät zur Messung der Sonnenbrandwirksamkeit im Arbeitsbereich halten 76 % der Arbeitgeber nicht für sinnvoll; die übrigen tendieren etwas mehr zu einem Großdisplay (14 %) als zu einer Ampel (10 %).

Als Oberbekleidung an heißen Tagen wird ein kurzärmeliges Hemd oder T-Shirt empfohlen (57 %) bzw. ein langärmeliges (19 %). In 24 % der Firmen gibt es hierzu keine Empfehlungen und das Arbeiten mit freiem Oberkörper ist möglich.

52 % der Firmen geben an, dass mindestens 70 % ihrer Mitarbeiter am Oberkörper spezielle Berufsbekleidung tragen. In 25 % der Firmen tragen weniger als 10 % spezielle Bekleidung. Bei den Hosen geben 62% der Firmen an, dass mehr als 70 % der Arbeiter spezielle Berufsbekleidung tragen, während dies in 19 % der Firmen für nur 10 % der Belegschaft zutrifft.

In 19 % der Firmen werden Sonnenschutzcremes bereitgestellt. Das Angebot wird in all diesen Firmen teilweise von den Arbeitnehmern genutzt.

In 52 % der Firmen gibt es Arbeitsplätze mit Helmpflicht, in 19 % der Firmen nicht und in 29 % gemischt. Zu 88 % wird dabei ein Schutzhelm mit kleiner Sonnenblende verwendet, bei nur 12 % gibt es eine Befestigung für den Nackenschutz. Helme mit großer Sonnenblende ringsherum werden nicht verwendet. Für Arbeitsplätze ohne Helmpflicht bieten 24 % der Firmen, insbesondere größere Firmen, eine Kopfbedeckung für sonnige Tage an. In 80 % der Fälle ist dies ein Basecap, Hüte werden nicht bereitgestellt, ebenso wenig Hüte/Mützen mit Befestigungsmöglichkeit für einen Nackenschutz. In 20 % der Firmen wird das Angebot weitgehend bis durchgängig genutzt, in den übrigen teilweise.

10 % der Arbeitgeber gestatten keine Sonnenbrillen am Arbeitsplatz. Aus Sicherheitsgründen beschränken die meisten der übrigen Arbeitgeber die Abdunkelung der Brillen auf dunkle Universalfilter oder heller; sehr dunkle und extrem dunkle Gläser werden selten erlaubt (je 5 %). 84 % der Firmen haben bei Sonnenbrillen keine Vorgaben zur Bauart des Brillengestells (z.B. Seitenschutz) und zu 90 % sind andersfarbige Gläser erlaubt.

Weitergehende Analysen nach Branchen und Firmengrößen sind in Anh. B.2, Abb. 6 bis Abb. 36 in grafischer Form dargestellt.

5.2.3 Befragung von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern der Firmen

5.2.3.1 Schwerpunkte der Befragung

Die entwickelten Befragungen sind für die Arbeitnehmer der Firmen in einem Fragebogen zu den sonnenschutzrelevanten Aktivitäten am Arbeitsplatz (FB AN) und zum Sonnenverhalten in Freizeit und im Urlaub (FB V) zusammengefasst. Die Befragungsbögen enthalten die Fragen A1 bis A38 (Anh. A.2, Tab. 2) bzw. die Fragen V1 bis V9, zuzüglich sieben statistische Angaben (Anh. A.2, Tab. 3).

Schwerpunkte der Befragung zum Einfluss der Sonnenstrahlung am Arbeitsplatz:

- Arbeitszeitorganisation
- Pausenregelungen, typisches Pausenumfeld
- Sonnenwirkung und Sonnenschutz am Arbeitsplatz in Unterweisungen
- Einflussfaktoren auf Sonnenwirksamkeit (Tageszeit, Jahreszeit, Witterung, Hauttyp der Beschäftigten)
- Entscheidungsbasis für Maßnahmen gegen erhöhtes solares UV-Expositionsrisiko (UV-Index, eigenes Gefühl usw.)
- typische Arbeitsbekleidung (Komponenten, Materialien)
- typische Kopfbedeckung
- Angebote zu UV-Prävention durch AG (spezielle Arbeitsorganisation bei extremen Sonnenbedingungen, Lichtschutzsubstanzen, Bekleidungskomponenten, Kopfbedeckungen)
- Eigene Bereitschaft zu ergänzenden Schutzmaßnahmen, wie:

- Kopfbedeckung (falls keine Helmpflicht)
- Helm mit Nackenschutz
- Sonnenbrille (UV- + Blendschutz)
- UPF-Kleidung (Tragekomfort ist zu testen, s.u.).

Schwerpunkte der Befragung zum Verhalten gegenüber der Sonne in Freizeit und Urlaub:

- Aufenthaltsdauer und -frequenz im Freien
- Nutzung von Lichtschutzmaßnahmen
- Frequenz der Solariennutzung im Jahresverlauf
- Wertung UV-Strahlung für Gesundheit
- Nutzung von Solarien.

5.2.3.2 Übersicht zu Angaben von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern zu sonenschutzrelevanten Maßnahmen am Arbeitsplatz

Die Ergebnisse der Befragungen der einbezogenen Arbeitnehmer aus den Firmen wurden in Anh. A.2, Tab. 2 prozentual zusammengefasst. Daraus kann abgeleitet werden:

55 % der Arbeitnehmer halten sich mehr als 6 Stunden im Freien auf. 93 % arbeiten in Normalschicht. 71 % nutzen einen Pausenraum während der Mittagszeit, besonders in größeren Firmen. Allerdings bleiben 18 % der Befragten gleich im Freien, weitere 11 % suchen einen schattigen Platz auf. 65 % der Arbeitnehmer hören regelmäßig den Wetterbericht für den nächsten Arbeitstag. Dabei stehen die Temperaturen und der Niederschlag im Vordergrund.

97 % passen Ihre Arbeitskleidung der Wetterprognose an. Dabei sind für 86 % der Befragten die Temperaturen entscheidend. 72 % der Befragten tragen als Hose immer oder teilweise spezielle Berufsbekleidung. Für 67 % betrifft das auch die Oberbekleidung. An warmen, sonnigen Tagen bevorzugen 64 % ein kurzärmeliges T-Shirt. Fast alle Befragten bevorzugen möglichst lockere Ärmelöffnungen. Als Material werden Baumwolle (53 %) und Baumwoll-Mischgewebe (39 %) vorgezogen.

Nur 58 % der Befragten geben an, nie mit freiem Oberkörper zu arbeiten, weitere 25 % beschränken dies auf ein bis fünfmal im Jahr. Nur 25 % der Befragten gaben an, dass dies durch den Arbeitgeber untersagt wurde, weiteren 21 % wurde empfohlen, nicht so zu arbeiten. Den übrigen 54 % wird die Entscheidung frei gestellt.

24 % der Arbeitnehmer verwenden bei der Arbeit nie Lichtschutzsubstanzen. Von den übrigen benutzen 78 % Lichtschutzcremes für Gesicht, Arme und Hände, aber 25 % bzw. 10 % der Befragten empfinden sie als teilweise bis stark beeinträchtigend. Kurze Hosen/Röcke werden von 26 % der Befragten oft und von weiteren 38 % gelegentlich getragen. 49 % benutzen dabei keine Lichtschutzsubstanzen für die Beine. 36 % der Befragten, besonders aus kleineren Firmen, tragen immer eine Kopfbedeckung, weitere 32 % bei starkem Sonnenschein. Dabei handelt es sich meist um ein Basecap (50 %), oder es besteht Helmpflicht (27 %).

60 % der Arbeitnehmer tragen auch bei extremer Sonne nicht oder nur selten eine Sonnenbrille, vorwiegend mit Universalfilter (69 %). Dabei wird nur selten (17 %), besonders in Kindergärten, ein Seitenschutz verwendet. 36 % der Befragten sehen sich durch die Abdunklung beeinträchtigt (nicht in den Kindergärten).

14 % schätzen die Sonnenbrandempfindlichkeit ihrer Haut im Mai als sehr empfindlich, 29 % als unempfindlich ein, die übrigen 57 % als normal. 71 % der Befragten kennen die UV-Hauttypen nicht. Es schätzen sich aber 38 % als Hauttyp II und 48 % als Hauttyp III ein. Je 24 % glauben, dass sie erst nach 30 – 40 min bzw. nach über 50 min Aufenthalt in wolkenloser Mittagssonne im Mai einen Sonnenbrand bekommen.

Nur 40 % der Arbeitnehmer erhalten Unterweisungen mit Empfehlung zum Verhalten an sonnigen Arbeitstagen. Die übrigen werden zu 93 % in Form von Empfehlungen unterwiesen. Die Anweisungen sind nur selten verbindlich (7 %), die Einhaltung wird von keinem Arbeitgeber überprüft. Es wird vor Sonnenbrand gewarnt, schützende Kleidung und Lichtschutzcreme werden empfohlen. Hinweise auf Sonnenbrandzeiten und den UV-Index fehlen.

21 % der Befragten (100 % im Kindergarten) erhalten keine Wetterschutzkleidung vom Arbeitgeber. 25 % wird u.a. Kleidung zum Schutz vor der Sonne gestellt. 18 % erhalten ein Basecap, 43 % einen Helm, andere Kopfbedeckungen sind die Ausnahme. Es werden fast ausschließlich Helme mit normalen Sonnenblenden, also ohne breite Sonnenschutzkrempe oder Nackenschutz, verwendet.

16 % der Arbeitgeber stellen Lichtschutzcreme zur Verfügung. 48 % der Befragten bringen sich Lichtschutzcremes von zu Hause mit, während 29 % sie gar nicht benutzen.

Nur in einigen Firmen wird die UV-Belastung bei extrem sonniger Witterung durch Verlegen der Arbeitszeiten bzw. der Arbeiten in der Sonne in die Früh- und Nachmittagsstunden reduziert. Schattenspendende Maßnahmen werden fast ausschließlich von Kindergärten getroffen. 30 % der Arbeitnehmer geben an, dass Getränke bereitgestellt werden.

82 % der Arbeitnehmer fänden eine Anzeige der aktuellen UV-Belastung nicht sinnvoll, die übrigen tendieren mehr zu einer Ampel als zum UV-Index.

Weitergehende Analysen nach Branchen und Firmengrößen sind in Anhang B.2, Abb. 37 a-c bis Abb. 74 a-c in grafischer Form dargestellt.

5.2.3.3 Übersicht zu Angaben von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern zu ihrem Verhalten gegenüber der Sonnenstrahlung in Freizeit und Urlaub

Die Ergebnisse der Befragungen der einbezogenen Arbeitnehmer wurden in Anh. A.2, Tab. 2 prozentual zusammengefasst. Daraus kann abgeleitet werden:

79 % der befragten Arbeitnehmer verbringen vorrangig Ihre Freizeit im Freien. 6 % halten sich eher im Gebäude auf und weitere 16 % würden gern mehr im Freien sein. 33 % halten sich nie mit freiem Oberkörper im Freien auf, 48 % hingegen im Sommer einmal oder mehrmals pro Woche. Ähnliches gilt für den Urlaub.

68 % benutzen bei Aktivitäten im Freien sehr häufig Lichtschutzmittel, 10 % nie. Es werden vorwiegend Lichtschutzfaktoren von 15-25 (62 %) bzw. über 30 (42 %) verwendet.

41 % der Befragten empfinden Sonnenbäder als entspannend. Zu etwa gleichen Anteilen erwarten die Anderen eine gesundheitsförderliche, kosmetische und psychisch stimulierende Wirkung bzw. sehen gar keine Vorzüge in Sonnenbädern. 15 % nutzen künstliche Besonnung, vor allem im Winter, ein- bis dreimal im Monat. 76 % der Befragten sehen in künstlicher Besonnung keinen Vorzug und niemand hält sie für gesundheitsförderlich.

Weitergehende Analysen nach Branchen und Firmengrößen sind in Anhang B.2, Abb. 75 a-c bis Abb. 83 a-c in grafischer Form dargestellt.

5.2.4 Einschätzung des derzeitigen Standes und der Effektivität von Maßnahmen zu Gesundheitsschutz vor zu hohen solaren UV-Expositionen für im Freien beschäftigte Arbeitnehmer

Aus den Befragungen und der Zusammenarbeit mit Firmen im Rahmen der experimentellen Studien dieses Forschungsvorhabens ergab sich die nachfolgend aufgeführte Einschätzung zu den derzeit angewendeten organisatorischen und technischen Maßnahmen sowie zu den genutzten persönlichen Schutzkomponenten zur Reduzierung solarer UV-Expositionen an Arbeitsplätzen im Freien.

Organisatorische Maßnahmen

- Für ein Viertel der Firmen und Institutionen (im Weiteren: Firmen) ist es möglich, Arbeiten aus den Zeiten höchster Sonnenexposition zu verlagern
- Pausenzeiten, insbesondere die hochexponierte Zeit der Mittagspause, werden bei drei Viertel der Firmen in einem Pausenraum verbracht, jedoch verbringen auch 5 % (AG-Angabe) bzw. 18 % (AN-Angabe) die Pause gleich im Freien
- In den Unterweisungen spielt die Sonnenexposition eine eher untergeordnete Rolle, genannt wird, wenn überhaupt, das Sonnenbrand- und Hautkrebsrisiko. 60 % der AN geben an praktisch nie Unterweisungen zu diesem Thema zu erhalten
- Informationen zum UV-Index und dessen Nutzung werden im Rahmen der Unterweisungen und im Arbeitsalltag nicht gegeben (nur 2 %), da der UV-Index – wie in der Gesamtbevölkerung – weitestgehend unbekannt ist
- Über Informationsmaterial zum UV-Schutz verfügt nur ein Drittel der für die Unterweisungen zuständigen Personen in den Firmen.
Aber es besteht reges Interesse an derartigen Materialien. Es wird vorrangig über die Unfallversicherungsträger bezogen.

Technische Maßnahmen

- Abschattende Maßnahmen werden in den meisten Fällen als schwer realisierbar angesehen (Hochbau, gärtnerische und landwirtschaftliche Feldarbeit usw.).
An statischen Arbeitsplätzen sind derartige Maßnahmen möglich und werden teilweise auch angewendet
- Grundlagen zur Gefährdungsanalyse der Arbeitsplätze bezüglich UV-Exposition (z. B. DIN EN 14255-3) sind mehrheitlich unbekannt

- Ein Messgerät im Arbeitsumfeld zur Anzeige des aktuellen UV-Index wird als nicht sinnvoll bewertet (AG 76 %; AN 82 %).

Persönliche Schutzkomponenten

- Bereitstellung von Schutzkomponenten durch AG:
 - Arbeitsbekleidung zum Sonnenschutz (AN: 13 %)
 - Kopfbedeckung (ohne Helmpflicht: Basecap / AG: 25 %; AN: 30 %)
 - Helme: ohne Nackenschutz und mit minimalem Blendschirm
 - Sonnenschutzcreme wird nur zu 20 % von AG angeboten
- Von AG wird mehrheitlich als Oberbekleidung ein kurzärmeliges oder auch langärmeliges T-Shirt/Hemd empfohlen. Verbindliche Vorgaben machen nur 7 % der AG
- Freier Oberkörper bei hohen Außentemperaturen wird von einem Viertel der Firmen toleriert
- Sonnenbrillen werden mehrheitlich von AG (90 %) gestattet
- Sonnenschutzcreme wird von der Hälfte der AN privat mitgebracht
- Kleidung wird nahezu vollständig der Wetterprognose angepasst, jedoch wird die zu erwartende Sonnenintensität dabei nur von 13 % der AN beachtet
- Knapp zwei Drittel arbeiten nie mit freiem Oberkörper. Ein Sechstel der Befragten gab an, an sechs und mehr Tagen im Jahr mit freiem Oberkörper zu arbeiten
- Kopfbedeckungen werden von einem Drittel regelmäßig getragen. Von einem weiteren Drittel bei starkem Sonnenschein
- Eine Sonnenbrille wird von einem Fünftel der Befragten häufig und von einem weiteren Fünftel bei extremer Sonne getragen.

Fazit:

Auf dem Feld der organisatorischen Maßnahmen kann insbesondere durch Informations- und Schulungsmaterial die Qualität der Unterweisungen verbessert werden. Vor allem gibt es gravierende Mängel in der täglichen Vorbereitung auf mögliche hohe Sonnenexpositionen durch die Unkenntnis des UV-Index und seiner Prognose.

Demgegenüber werden die Pausenzeiten schon weitgehend - vor UV-Strahlung geschützt verbracht.

Notwendige technische Maßnahmen für den Schutz von großflächigen Arbeitsbereichen können nur schwierig an den Arbeitsablauf angepasst werden. Häufig kann nur Arbeitsplatz für Arbeitsplatz geprüft werden, welche Maßnahmen umsetzbar sein können.

Bei den persönlichen Schutzkomponenten wird vorrangig auf meteorologische Faktoren wie Außentemperaturen und Niederschlag geachtet, kaum auf den erforderlichen

Sonnenschutz. Eine Bereitstellung durch die Firma von derartigen Schutzkomponenten erfolgt, wenn überhaupt, in größeren Firmen.

Über welche Qualität die Schutzkomponenten verfügen müssen, herrscht deutlicher Informationsbedarf.

6 Exemplarische Untersuchung der Effektivität von technischen sowie organisatorischen Maßnahmen zur Reduktion solarer UV-Arbeitsplatzexposition mittels UV-Personenmonitoring

6.1 Theoretische Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion

Die ICNIRP empfahl im gemeinsamen Papier mit ILO und WHO „Protecting Workers from Ultraviolet Radiation“ [ICNIRP, 2007] bezüglich der Reduktion von solaren UV-Expositionen für Arbeitsplätze im Freien als organisatorische Maßnahmen:

- Unterweisungen zu individuell angepasstem Verhalten
- Vermeidung von Außentätigkeit in den vier Stunden um den Mittag
- Mittagspause und Erholungspausen im Schatten
- bei vielfältigen Aufgaben sollen die mit der geringsten Sonnenexposition in der Mittagsperiode ausgeführt werden.

Als technische Maßnahmen wurde die Bereitstellung von schattenspendenden Einrichtungen aufgeführt (Abb. 6.1, 6.2):

- Baldachine, zeitweilige oder bei größerer Beschäftigtenzahl langfristige konstruktive Abschattungen
- Fahrzeuge, Maschinen mit Dächern oder besser mit verglasten Kabinen
- Schattenspender im Freifeld für Pausen aufstellen.

Einen weiteren Punkt stellt die Schulung zur Nutzung des UV-Indexes dar. Über diese Größe kann im Vorfeld die Planung des Arbeitstages sowohl von Firmenseite, als auch von Seiten der Beschäftigten erfolgen.

- Information über aktuellen UV-Indexwert sowie über UVI-Prognosen für die folgenden drei Tage
- Information über die empfohlenen Schutzmaßnahmen, abhängig von der UV-Indexstufe.



Abb. 6.1 Baldachinartige Zelte als Schattenspender für Freifelder



Abb. 6.2 Netz zum Schutz vor Staubbelastungen mit repräsentativer Abbildung mit gleichzeitig abschattender Wirkung an Gerüstarbeitsplätzen

6.2 Aus Sicht von Firmen praktikable Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion durch organisatorische und/oder technische Maßnahmen

Bezüglich der praktischen Umsetzbarkeit dieser theoretischen Vorschläge zu organisatorischen und technischen Maßnahmen der UV-Expositionsreduktion erfolgte eine **stichprobenartige Firmenbefragung**. Es wurden die Kontakte zu den fünf Firmen genutzt, die in das „UV-Personenmonitoring zur Prüfung der Effektivität der Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion“ (s. Kap. 6.2.3) und in die „Bewertung der Effektivität von technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Reduktion von solaren UV-Expositionen für Arbeitsplätze im Freien“ einbezogen waren. Vertreten waren die Branchen Dachdecker und Gerüstbau, Hochbau, Straßen- und Tiefbau, Gartenbau:

- Aussparung der vier Stunden um die Mittagszeit („Siesta“) ist nicht realisierbar
- arbeitsorganisatorische Planungen zur Reduktion der Außenarbeit um die Mittagszeit sind nur sehr begrenzt möglich.
Wenn möglich, werden Südseiten-Arbeiten in die Morgenstunden und Nordseiten-Arbeiten in die Mittagszeit gelegt
- Arbeitszeitverlagerungen in die frühen Morgenstunden sind durch das Arbeitszeitgesetz begrenzt, das lärmende Tätigkeiten erst nach 07:00 Uhr zulässt. Organisatorische, nicht lärmende Tätigkeiten füllen 30 min, höchstens 60 min vor 07:00 Uhr aus
- Mittagspause und Erholungspausen in abgeschattetem Umfeld (vorrangig Gebäuden) wird realisiert (vgl. auch Kap. 5.2.2 und 5.2.3)
- Unterweisungen zum Sonnenschutz erfolgen. Empfehlungen (auch zur persönlichen Bekleidung) werden von Beschäftigten nachweislich angenommen.

Zusätzliche technische Maßnahmen, insbesondere Möglichkeiten zur Abschattung, haben zwei wesentliche Probleme: Zum einen greifen technische Abschattungsmaßnahmen stark in den Arbeitsablauf ein, zum anderen muss deren Finanzierung abgesichert sein.

- Im Hochbau sind abschattende Planen kaum realisierbar, da sie den Materialtransport per Kran behindern würden
- Bei gärtnerischer bzw. landwirtschaftlicher Feldarbeit mit einem sich örtlich permanent verändernden Arbeitsplatz sind abschattende Baldachine bzw. Zelte nur durch hohen Aufwand mitzuführen, was die Akzeptanz erheblich reduziert
- An statischen Arbeitsplätzen sind Abschattungen, auch mit geringem Kostenaufwand, realisierbar
- Staubschutznetze als mögliche Schattenspender an Gerüstarbeitsplätzen stellen einen vertretbaren finanziellen Zusatzaufwand dar (ca. 1 € / m²)
- Wetterschutzdächer (z. B. bei eingerüstetem Haus), die gleichfalls als Schattenspender wirken, erfordern einen relativ hohen Kostenaufwand (ca. 30 € / m²).

Fazit:

Organisatorische und technische Maßnahmen werden aus Sicht der Arbeitsabläufe und aus Sicht des materiellen Aufwandes als nur von Fall zu Fall umsetzbar angesehen. Bei finanzstärkeren Firmen werden Kosten für Gesundheitsschutz der Mitarbeiter jedoch durchaus getragen.

6.3 Übersicht zu Sonnenexpositionsbedingungen und möglichen organisatorischen und technischen Maßnahmen am Arbeitsplatz

Es wurde ein Handblatt im A4-Format erstellt, das im komprimierten Umfang Informationen zu nachstehend aufgeführten Themen enthält, welches auf der wesentlichen Informationsgröße des UV-Indexes, den theoretisch vorgeschlagenen Maßnahmen sowie deren Praktikabilität im Arbeitsalltag basiert:

- Der UV-Index und wie er anzuwenden ist
- Zeiten im Jahr, in denen kritische UV-Indexstufen erreicht werden
- Tageszeitabschnitte, in denen Schutzmaßnahmen bedacht werden müssen
- Risiken – kurzfristige (akute) sowie langfristige (chronische) – durch zu hohe Sonnenexpositionen
- Mögliche organisatorische und technische Maßnahmen bei Überschreiten des UVI 3 bzw. des UVI 5
- Informationsquellen zum UV-Index in elektronischen Medien.

Dieser Stufenplan zu möglichen Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der zu erwartenden bzw. aktuellen Sonnenintensität ist in Anhang A.3 angefügt.

6.4 UV-Index als Schwellwertindikator von UV-Schutzmaßnahmen für im Freien Beschäftigte

6.4.1 UVI-Schutzmaßnahmenkatalog – UVI-Checkkarte

Der Stufenplan (Anh. A.3) enthält zu den UV-Index-Stufen einen ausführlichen Schutzmaßnahmenkatalog. Die personengebunden anzuwendenden Maßnahmen mit Bezug zu den UV-Indexstufen sind in Tab. 5.1 zusammengefasst. Durch die BAuA Dortmund wurde ein handliches Exemplar mit Informationen zur Anwendung des UV-Index im Checkkartenformat entworfen und realisiert (Abb. 6.3). Diese UVI-Checkkarten fanden bei den Studien zum UV-Monitoring der Wirksamkeit von Kleidung als Schutzkomponente (s. Kap. 9.3) Eingang.

Sonnenschutz ist Arbeitsschutz

Ab UV-Index* 3:

- schützende Kleidung tragen, nicht mit freiem Oberkörper arbeiten
- unbedeckte Körperstellen reichhaltig eincremen (Lichtschutzfaktor mindestens 20)
- Sonnenbrille tragen

Ab UV-Index* 6:

- direkte Sonne meiden

www.baua.de/sommertipps

* Der UV-Index (UVI) beschreibt den Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen ultravioletten Strahlung. Aktuelle Werte und Prognosen siehe Internet: www.bfs.de/uv/uvz/uv_messnetz

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

UV-Index (UVI) und anzuwendende Schutzmaßnahmen

UVI	Belastung	Schutzmaßnahmen
0–2	gering	keine
3–5	mittel	Schutzmaßnahmen erforderlich: • Kleidung, Hut, Sonnenbrille tragen • Sonnenschutzcreme mit LSF \geq 20 auftragen
6–7	hoch	Schutzmaßnahmen erforderlich: • mittags Schatten aufsuchen • Kleidung, Hut, Sonnenbrille tragen • Sonnenschutzcreme mit LSF \geq 20 auftragen
8 und höher	sehr hoch	Besondere Schutzmaßnahmen erforderlich: • von 11 bis 15 Uhr (MESZ) möglichst Tätigkeiten im Schatten ausüben; direkte Sonne meiden • Kleidung, Hut, Sonnenbrille tragen • Sonnenschutzcreme mit LSF \geq 20 auftragen

Abb. 6.3 UVI-Checkkarte mit Informationen zu empfohlenen Schutzmaßnahmen

Zugang zum UV-Index

Eine Übersicht möglicher UV-Index-Zugänge wurde auch im Stufenplan (Anh. A.3) eingefügt:

- <http://www.bfs.de/uv/>
- <http://www.suvmonet.de>
- <http://www.wetteronline.de/uv>
- <http://www.dwd.de> über: Biowetter und UV-Index
- <http://www.meteovista.de> über: Sonnenstärke
- <http://www.wetterkontor.de> über: UV-Index
- <http://www.proplanta.de/Agrar-Wetter/Deutschland> über: UV-Index.
(Letzter Aufruf: 27.05.2015)

Es muss festgestellt werden, dass mit dem mehrheitlichen Unwissen in der Bevölkerung (> 95%) auch die Aktivitäten, den UV-Index im Sommerhalbjahr täglich publik zu machen, allein über die Projektlaufzeit erheblich nachgelassen haben. Das gilt insbesondere für den TV-Wetterbericht, den Wetterbericht in Tageszeitungen, aber auch für Internet-Seiten mit meteorologischen Angaben.

Eine Vielzahl von zu Projektbeginn gesammelter Hinweise zu regionalen UV-Indexinformationen musste gestrichen werden, da sie nicht mehr bedient werden.

6.4.2 MUVI – Mobiles UV-Index-Messgerät mit Großdisplay für Arbeitsstätten im Freien Beschäftigter

6.4.2.1 Entwicklung des MUVI durch die BAuA Dortmund

Da die Sonnenwirkung durch meteorologische Faktoren, insbesondere die Bewölkung, stark und schnell beeinflusst wird, kann der UV-Index als Orientierungsgröße lokal deutlich differieren. Darum wurde im Rahmen des BAuA-Forschungsprojektes die Testung einer Messeinrichtung mit Anzeige des momentanen UV-Indexwertes im Arbeitsumfeld realisiert.

Für die direkte UV-Index-Information vor Ort, die den lokalen meteorologischen Bedingungen Rechnung trägt, wurde durch die BAuA Dortmund ein **mobiles UV-Index-**

Messgerät hoher Qualität bezüglich der Messung der erythem-effektiven Bestrahlungsstärke entwickelt [OTT et al., 2011, OTT et al., 2013].

- Die Geräte wurden durch die BAuA Dortmund entwickelt und gebaut
- Im Rahmen der Befragungsstudien an Firmenleitung und Arbeitnehmern wurde abgefragt, ob eine Anzeige des UVI-Wertes als Zahl oder in Ampelfarben als bevorzugt angesehen wird
- Während der Studie zum Monitoring der UV-Hautschutzwirkung durch Kleidung wurde das Gerät im Botanischen Garten der TU Dresden eingesetzt und die Mitarbeiter bezüglich des Nutzens befragt (s. 6.2.2.2).

Für einen Einsatz vor Ort wurden bei der Entwicklung folgende Anforderungen an das Gerät berücksichtigt:

- transportabel (nicht zu schwer, kompakt)
- Netzunabhängig bzw. Betrieb mit Kleinspannung
- Messung mit einer ausreichenden Genauigkeit
- Lesbarkeit der Anzeige über große Entfernung.

Die wesentlichen Komponenten sind:

- Detektor: Messkopf der integral die solare UV-Strahlung erythem-bewertet. Die cos-Eingangsoptik ist durch eine Glaskalotte für den Außeneinsatz geschützt
- Microcontroller: Er liest die erythem-bewerteten Daten des Detektors aus und berechnet den UV-Index
- Großdisplay: Sieben-Segmentanzeige über einen Abstand von 70 bis 100 m erkennbar
- Ampelanzeige: Unterstützt optisch die Anzeige des Zahlenwertes
- Spannungsversorgung.

Es wurden zwei Geräte für den mobilen Einsatz entwickelt. Bei dem ersten Prototyp lag der Schwerpunkt darin, das Gerät vollständig unabhängig von den Bedingungen vor Ort einsetzen zu können (Abb. 6.4 a). Dazu wurde das Gerät mit einer Photovoltaik ausgestattet, die bei jeder Wetterlage einen netzunabhängigen Betrieb gewährleistet. Die Energieversorgung wird über 2 Photovoltaikmodule, einem Laderegler und zwei Blei-Gel-Akkus bereitgestellt. Sie ist so dimensioniert, dass selbst eine komplette Regenwoche überbrückt werden kann. Der wesentliche Nachteil bei diesem Gerätetyp besteht in der Größe und im Gewicht.

Bei der Weiterentwicklung des Gerätes war ein wesentlicher Aspekt, eine bessere Handhabbarkeit für einen praktischen Einsatz zu erreichen. Dies wurde dadurch erzielt, dass auf eine Energieversorgung durch Photovoltaikmodule verzichtet und auf einen reinen Akkubetrieb umgestellt wurde. Der Akku wird über Nacht aufgeladen und die Ladekapazität reicht für einen eintägigen Betrieb. Optional kann das Gerät über einen Netzadapter mit 12 Volt direkt betrieben werden. Die Komponenten für das MUVI wurden hinsichtlich des Energiebedarfs optimiert. Die größte Einsparung wurde durch die Auswahl von sparsameren LED für die Anzeige und Ampelfunktion im strombegrenzten Betrieb erreicht (Abb. 6.4 b).

Der erste durch die BAuA Dortmund gefertigte, netzunabhängige Prototyp eines MUVI kam in der Studie zum Tragekomfort von Oberbekleidung aus verschiedenen textilen Materialien (s. Kap. 9.2) zum Einsatz. Die weiterentwickelte, netzgestützte Version wurde im Folgejahr 2011 in der Studie zum Monitoring der Wirksamkeit von Kleidung als Schutzkomponente bei solaren UV-Expositionen (Kap. 9.3) genutzt.



(a) MUVI 1.0 Einsatz im Jahr 2010

(b) MUVI 2.0 Einsatz im Jahr 2011

Abb. 6.4 a, b Einsatz des MUVI im Botanischen Garten der TU Dresden zur Information der Freilandmitarbeiter über den momentanen UV-Index

Tab. 6.1 Protokollierte MUVI-Anzeige im Botanischen Garten im Vergleich zur UV-Indexbestimmung aus den Daten des Robertson-Berger-Meters (RBM) der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden

Datum	UVI (MUVI)		
	Uhrzeit MEZ	UVI (MUVI)	UVI (RBM) Ablesezeit des MUVI
11.08.2010	12:00	6	6
12.08.2010	12:05	4	4
13.08.2010	12:05	4	3
16.08.2010	11:30	4	5
17.08.2010	11:15	2	2
18.08.2010	12:00	5	4
19.08.2010	12:00	4	5
20.08.2010	11:20	6	6
21.08.2010	11:30	7	6
22.08.2010	11:15	6	6
23.08.2010	11:25	5	4
24.08.2010	11:25	6	5
25.08.2010	11:25	6	5
26.08.2010	11:25	1	1
03.09.2010	11:00	3	3

Der UV-Index des MUVI weicht nie mehr als eine UV-Indexstufe von den Daten der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden ab. Im Mittel liegt die Abweichung bei 6 % zu der Vergleichsmessstelle. Diese befand sich 2,5 km entfernt vom Einsatzort des MUVI im Botanischen Garten.

6.4.2.2 Bewertung des MUVI-Einsatzes durch im Freien Beschäftigte

Das MUVI war über vier Wochen den Mitarbeitern im Botanischen Garten der TU Dresden zur Bewertung einer solchen Informationsquelle am Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt worden.

Tab. 6.2 Einschätzung zum Einsatz eines mobilen UV-Index-Messgerät (MUVI) und zur UV-Index-Informationskarte durch Gärtner des Botanischen Gartens

Fragen	Antworten		
1. Haben Sie täglich auf die Messanzeige zum UV-Index beim MUVI gesehen?	ja	50 %	n= 7
	nein	50 %	n= 7
2. Wie oft haben Sie das MUVI pro Tag genutzt?	nie	50 %	n= 7
	1x pro Tag	14 %	n= 2
	mehrmals am Tag	22 %	n= 3
	1x pro Woche	7 %	n= 1
	keine Angabe	7 %	n= 1
3. Wann haben Sie am Tag auf das MUVI geschaut?	10 Uhr	14 %	n= 3
	11 Uhr	10 %	n= 2
	12 Uhr	10 %	n= 2
	13 Uhr	19 %	n= 4
	14 Uhr	10 %	n= 2
	15 Uhr	4 %	n= 1
	keine Angabe	33 %	n= 7
4. Würden Sie im Hochsommer die Information durch so ein Messinstrument für nützlich ansehen?	ja	29 %	n= 4
	nicht unbedingt nötig	57 %	n= 8
	keine Angabe	14 %	n= 2
5. Haben Sie diese UV-Index-Karte im Studienzeitraum während Ihrer Arbeit genutzt? Wenn Sie diese "Checkkarte" nicht hatten: Ist Information auf der Karte für Ihren Sonnenschutz im Sommer hilfreich?	ja	29 %	n= 4
	nein	71 %	n= 10
6. Ist die Information der Karte nur zusammen mit der Anzeige des MUVI sinnvoll?	ja	21 %	n= 3
	nein	43 %	n= 6
	keine Angabe	36 %	n= 5
7. Würden Sie sich so eine Anzeige der momentanen Sonnenbrandwirksamkeit der Sonne im Sommer am Arbeitsplatz wünschen?	ja	36 %	n= 5
	nicht unbedingt – es geht auch ohne	57 %	n= 8
	keine Angabe	7 %	n= 1

Einschätzung des Einsatzes des MUVI:

Die persönliche Einschätzung von 14 Mitarbeitern wurde über einen Fragebogen erfasst (Anh. A.2, Abb. 1 a, b). Das Ergebnis wurde in Tabelle 6.2 zusammengefasst.

50 % der Mitarbeiter aus dem Botanischen Garten Dresden sahen täglich auf die UV-Indexanzeige des MUVI, 14 % taten es 1x pro Tag, 22 % mehrmals am Tag und 7 % nur 1x pro Woche.

Von allen Mitarbeitern würden 29 % die Information im Hochsommer durch solch ein Messinstrument für nützlich ansehen, während 57 % es nicht unbedingt für nützlich ansehen würden.

Die UV-Index-Karte nutzten 29 % im Studienzeitraum während Ihrer Arbeit. Dem gegenüber gaben 71 % an, die UV-Index-Karte während Ihrer Arbeit nicht genutzt zu haben. Von den Mitarbeitern halten 21 % die Information nur zusammen mit der Anzeige durch ein Messgerät wie das MUVI für sinnvoll. Es würden sich 36 % der Mitarbeiter eine solche Anzeige der momentanen Sonnenbrandwirksamkeit im Sommer am Arbeitsplatz wünschen. Demgegenüber meinten 57 %, sie bräuchten eine solche Anzeige nicht unbedingt.

Fazit und Ausblick:

In der Praxis hat sich das mobile UV-Indexanzeigergerät MUVI der BAuA Dortmund als zuverlässig, genau und für den Einsatz zur Sofort-Information über den aktuellen UV-Index am Arbeitsplatz von Außenbeschäftigten geeignet gezeigt. Erste Erfahrungen weisen darauf hin, dass die Arbeitnehmer vor Ort mit dem MUVI und einer kurzen Unterweisung über praxisnahe Verhaltensregeln und Schutzmaßnahmen ihr Verhalten an die aktuelle UV- Belastung anpassen können.

Um das Gerät zu einem verstärkten Einsatz zu führen, ist es erforderlich, die Kosten zu senken, ohne dass die Genauigkeit des Gerätes wesentlich darunter leidet. Den größten Kostenfaktor stellt der Detektor dar. Eine weitere Optimierung besteht darin, einen kompakteren und für die Anwendung optimierten Controller einzusetzen. Kostengünstige fertige Bauelemente für die Anzeige könnten die Produktionszeit des Gerätes deutlich verringern.

Bereits nach dem ersten Einsatz eines UVI-Anzeigergerätes am Arbeitsplatz standen ein Drittel der Außenbeschäftigten einer solchen Informationsquelle vor Ort positiv gegenüber. Das zeigt, dass derartige Geräte zur aktuellen UVI-Information einen Platz in der Präventionsarbeit gewinnen können.

6.5 Messtechnische Einschätzung der Effektivität von organisatorischen und technischen Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion

Um die Effektivität verschiedener, vorgeschlagener organisatorischer und technischer Maßnahmen einschätzen zu können, erfolgte deren Einsatz bei gleichzeitiger Durchführung eines UV-Personenmonitorings an den Arbeitsplätzen. Organisatorische Maßnahmen, einzelne Arbeitsschritte in die Morgenstunden zu verlegen, hängen in den meisten Fällen von den konkreten Aufgaben von Tag zu Tag ab. Deren Einfluss ist messtechnisch nur schwer zu vergleichen.

Demgegenüber lassen sich technische Maßnahmen – vorrangig zur Abschattung des Arbeitsplatzes – in deren Wirksamkeit messtechnisch objektivieren.

6.5.1 Untersuchungsdurchführung mittels UV-Personendosimeter

Folgende Arbeitsplatzsituationen wurden bezüglich der Schwächung der solaren UV-Exposition messtechnisch untersucht:

- Arbeitsplatz mit zeltartigem Baldachin gegenüber ungeschütztem Arbeitsplatz (22.08.11 – 26.08.11)
- Bau-/Gartenbaukleinmaschinen mit Kabine und ohne Kabine (22.08.11 - 24.08.11)
- Gerüst mit abschattendem Staubschutznetz und ohne Staubschutznetz (15.09.11 -17.09.11).

Messdesign:

UV-Personendosimeter:	Kombinationsdosimeter [KNUSCHKE et al., 2007] aus: <ul style="list-style-type: none"> - Datenlogger-Dosimeter X2000-4 mit Erythem-Sensor und UVA-Sensor (Fa. Gigahertz-Optik GmbH, Türkenfeld) - Polysulfonfilm(PSF)-Dosimeter (Dermatologie/TU Dresden)
Trageposition:	- Brust (Kombinationsdosimeter), Nacken (nur PSF)
Tragezeit:	- Arbeitsschicht
Gerüstnetzmessungen	<ul style="list-style-type: none"> - Messgerät: X2000-4 (4 Stück) - Positionierung: 2x vor Gerüstnetz 2x Gerüstinnenseite an Hauswand - Messung: über 3 Tage im 1min-Takt
Referenzmessung:	- UV-Messstation Dermatologie/TU Dresden, UV-Messgerät von Robertson-Berger-Typ (RB-Meter)



Abb. 6.5 UV-Personendosimeter-Kombination zur Messung der erythem-effektiven Bestrahlung H_{er} am Arbeitsplatz mit zeitaufgelöst messendem Datenlogger-Dosimeter X2000-4 und kumulativ messenden Polysulfonfilm-Dosimeter

Arbeitsplatz mit zeltartigem Baldachin gegenüber ungeschütztem Arbeitsplatz

An einem gärtnerischen Arbeitsplatz mit über mehrere Tage gleicher Tätigkeit (Umtopfen von Pflanzen) erfolgte eine Abschattung durch einen zeltartigen Baldachin. Die solaren UV-Expositionen des Gärtners wurden über 5 Tage mit den UV-Personendosimetern registriert (Abb. 6.6 b). Zeitgleich erfolgte bei weiteren im Freien beschäftigten Gärtnern (Botanischer Garten, TU Dresden) mit weitgehend nicht abgeschatteten Arbeitsplätzen ebenfalls ein UV-Personenmonitoring (Abb. 6.6 a).



Schutzfaktor (gerundet):	
1	2
	
(a)	(b)

Abb. 6.6 a, b Abschattung des Arbeitsplatzes durch einen zeltartigen Baldachin bei längerer Tätigkeit an derselben Stelle (b) in Relation zur Freilandarbeit (a)

Bau-/Gartenbaukleinmaschinen mit Kabine und ohne Kabine

Zum Vergleich der Abschattungswirkung von Bau-/Gartenbaukleinmaschinen mit Fahrerkabine (Abb. 6.7 b) gegenüber solchen ohne Fahrerkabine (Abb. 6.7 a) wurden zwei vergleichbare Tätigkeiten mit derartigen Maschinen untersucht. Über drei Tage wurden die Arbeitsplätze auf zwei Rasenmähdmaschinen von zwei gärtnerischen Mitarbeitern des Regiebetriebes der Stadt Dresden personendosimetrisch vergleichend untersucht.



Schutzfaktor (gerundet):	
1	2 – 4
	
(a)	(b)

Abb. 6.7 a, b Rasenmäher (a) ohne Kabine sowie (b) mit Kabine als Kleinmaschinen ohne und mit Abschattung des Arbeitsplatzes

Mit den Datenlogger-Dosimetern X2000-4 wurde die solare UV-Exposition zeitaufgelöst im 1min-Takt aufgezeichnet (erythem-gewichtet sowie UVA-ungewichtet). Reste solarer UV-Strahlung in Gebäuden sind so niedrig, dass diese von den X2000 als Nullwerte ausgewiesen werden. Damit sind die Aufenthaltszeiten in Gebäuden eindeutig identifizierbar. Aufenthalte in der Sonne gegenüber Aufhalten in abgeschatteten Bereichen (unter dem Zelt) oder in der Kabine (mit Dach und Filterwirkung durch die Scheiben) können abgegrenzt werden. Damit wurden die Zeitanteile pro Schicht mit Aufenthalt im Freien, Aufenthalt im Freien bei reduzierter UV-Exposition und Aufenthalt in Gebäuden differenziert (Tab. 6.3). Aus den personendosimetrisch ermittelten UV-Gesamtexpositionen pro Schicht der jeweiligen Arbeitsplätze wurden die mittleren UV-Reduktionen ermittelt.

Tab. 6.3 Differenzierung der Zeiten pro Arbeitsschicht nach Aufenthalt im Freien, Aufenthalt im Freien in abgeschatteten Bereichen und Aufenthalt in Gebäuden

	Anteil der Aufenthaltszeiten je Arbeitsschicht		
	ungeschützt im Freien	im Freien mit abgeschattender Schutzkomponente	im Gebäude
Zelt-abschattung	28 %	50 %	22 %
Rasenmäher mit Kabine	28 %	46 %	26 %
Rasenmäher ohne Kabine	73 %	-	27 %

Staubschutznetz an Gerüsten

Zur Quantifizierung der Expositionsreduktion durch Staubschutznetze an Gerüst-arbeitsplätzen wurden zwei X2000-4 an der Gerüstaußenseite vor dem Netz befestigt (Abb. 6.8 a). Zwei weitere X2000-4 wurden an der Hauswandseite des Gerüsts mit Messrichtung zum Staubschutznetz befestigt (Abb. 6.8 b). Die Messung erfolgte permanent im 1min-Takt an drei Tagen.

Staubschutznetze dieser Art und Flächendichte werden laut Hersteller- und Lieferantenangabe zu 80 % bis 90 % an den Gerüsten eingesetzt.



Schutzfaktor (gerundet):	
1	2
	
(a)	(b)

Abb. 6.8 a-b Bestimmung der Abschattungswirkung von Staubschutznetzen an Baugerüsten durch Messung der UV-Exposition vor dem Netz (a) und an der Gerüstinnenseite (b) und der resultierende Schutzfaktor durch das Netz

6.5.2 Messergebnisse zur UV-Expositionsreduktion der ausgewählten technischen Maßnahmen

6.5.2.1 Messergebnisse aus UV-Personenmonitoring

Für den abgeschatteten gärtnerischen Arbeitsplatz gegenüber den solar ungeschützten Arbeitsplätzen ergab sich gerundet für die Expositionsreduktion ein Schutzfaktor 1,5 bis 2. In Tabelle 6.4 sind die Relationen bezogen auf drei ungeschützte Vergleichsarbeitsplätze aufgeführt. Es ist zu berücksichtigen, dass unter dem Baldachin die direkte Sonneneinstrahlung abgeschattet wird. Ein Teil der diffusen Himmelsstrahlung exponiert den Beschäftigten im abgeschatteten Bereich trotzdem. Weiterhin muss der expositionsreduzierte Bereich von Zeit zu Zeit verlassen werden, um Materialien fortzuschaffen und andere heranzuholen. Damit fällt in Summe der reelle Schutzfaktor nicht höher aus.

Tab. 6.4 Reduktion der erythem-effektiven UV-Bestrahlung H_{er} eines gärtnerischen Arbeitsplatzes mit baldachinartiger Zeltabschattung über 5 Tage im Vergleich zu gärtnerischen Arbeitsplätzen ohne Abschattung

	Zeltabschattung	Freiland		
	Gärtner (PN 98)	Gärtner (PN 77)	Gärtner (PN 86)	Gärtner (PN 92)
H_{er} in J/m^2	147	244	196	239
Verhältnis zu „Zeltarbeitsplatz“	1,00	0,60	0,75	0,62
ermittelter Schutzfaktor (Mittelwert)	1,52	1,00		

Die Ergebnisse der personendosimetrischen Messungen über drei Arbeitsschichten an den „GaLaBauern“ auf den Rasenmähern mit bzw. ohne sonnenschützende Fahrerkabine sind als Grafik in Abbildung 6.9 gezeigt. Abhängig davon, wie häufig die Fahrerkabine zur Gerätekontrolle bzw. zu Einstelltätigkeiten verlassen werden muss, ist die Expositionsreduktion an den einzelnen Tagen höher oder niedriger – im Mittel liegt der Schutzfaktor bei 2 bis 4.

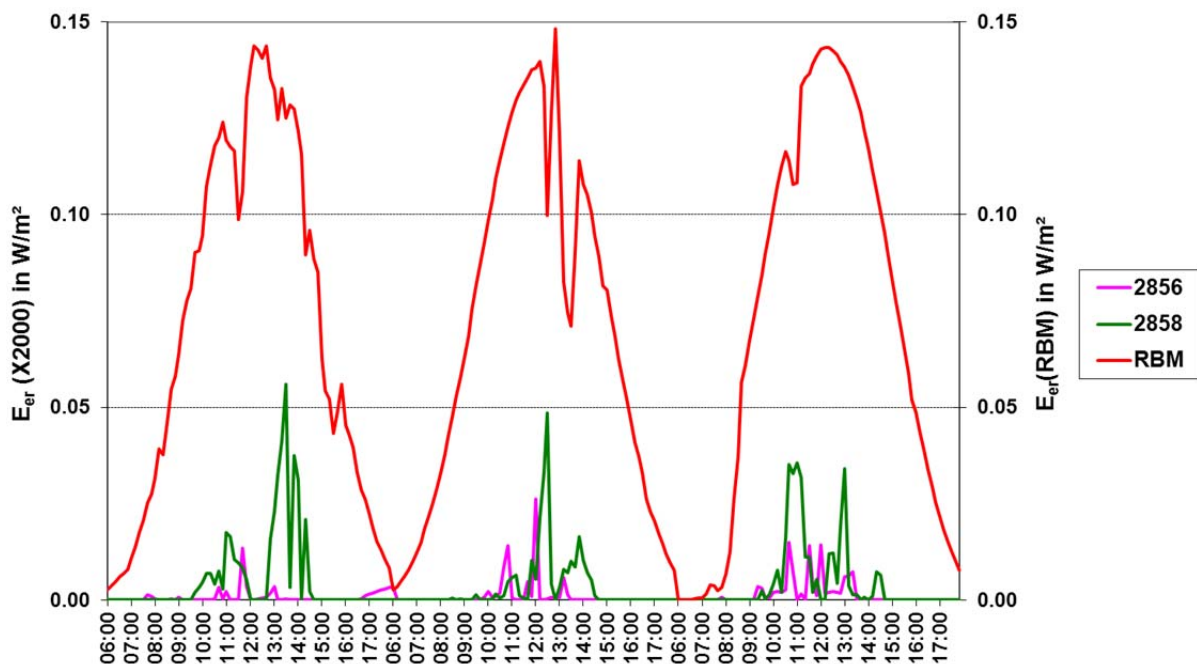


Abb. 6.9 Beschäftigte auf Rasenmäher mit Kabine (Dosimeter-Nr. 2856) sowie auf Rasenmäher ohne Kabine (Dosimeter-Nr. 2858) – erythem-effektive Bestrahlungsstärke im Zeitverlauf (22.08.-24.08.11) im Vergleich zur solaren erythem-effektiven Globalstrahlung gemessen mit RB-Meter

Die Messungen zur Quantifizierung der UV-Expositionsreduktion durch Staubschutznetze an Gerüstarbeitsplätzen erfolgten durch fixierte Anbringung der Datenlogger-Dosimeter am Gerüst (s. 6.3.1). Die Messergebnisse der vier X2000-4 und der zeitgleichen Messdaten des RB-Meters der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden sind in Abbildung 6.10 wiedergegeben. Auch visuell ist die UV-Expositionsreduktion mit einem Schutzfaktor $\approx 1,5$ abzulesen.

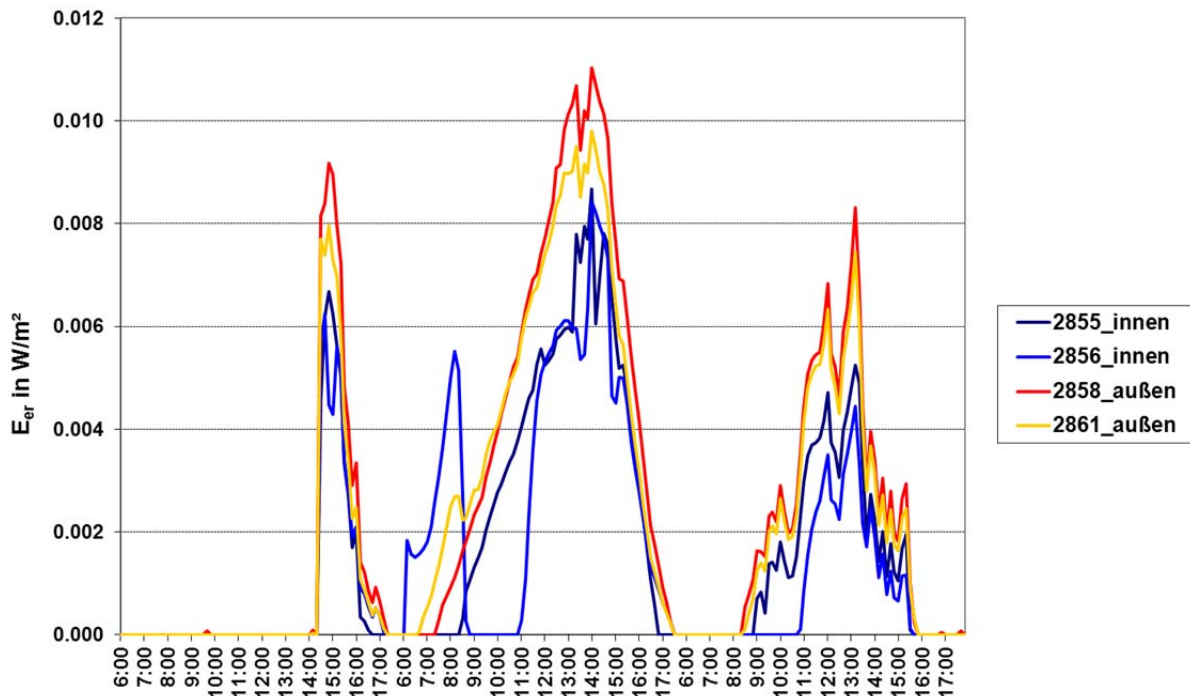


Abb. 6.10 Erythem-effektive Bestrahlungsstärke E_{er} über drei Tage gemessen vor einem Staubschutznetz (Dosimeter-Nr. 2858 und 2861) an einem Gerüst sowie an der Innenseite des Gerüsts – Messrichtung aller Dosimeter senkrecht von der Gebäudewand weg

6.5.2.2 Laboruntersuchungen zur Transmission von Staubschutznetzen und Sonnenschutznetzen

Außer der o. g. Einzeluntersuchung sollte dieses Messergebnis durch Laboruntersuchungen verifiziert werden. Dazu wurden die gängigen Modelle der Staubschutznetze und die Hersteller bzw. Lieferanten bei den im Rahmen des Projektes kontaktierten Baufirmen erfragt.

Es wurden Transmissionsmessungen von sieben verschiedenen Typen von Schutznetzen von den Firmen Morio & Co. GmbH, Gotha und Manfred Huck GmbH, Asslar-Berghausen durchgeführt (Tab. 6.5; siehe auch Anh. A.4 Abb.1 a-g).

Transmission der Netzmaterialien für erythem-effektive Strahlung am Solarsimulator (Dermatologie/TU Dresden):

Untersuchungstechnik:

- UV-Strahlenquelle: Solarsimulator des Dermolum UM (Fa. Müller Optik-Elektronik, Moosinning)
- Messgerät: Präzisionsoptometer P 9710 mit Erythemsensor
- Messabstand d: 90 cm; 170 cm.

Der ermittelte Schutzfaktor (Tab. 6.5) entspricht dem UPF des jeweiligen Netzes.

Tab. 6.5 Schutznetze – Transmissionsmessung (d = 90 cm bzw. d = 170 cm) am Solarsimulator des Dermolum UM mittels breitbandigem Präzisionsoptometer P 9710 mit Erythemsensor und Bestimmung des UV-Schutzfaktors

Einsatz	Schutzfaktor	Lieferant	Bestell-Nr.	Gewicht in g/m ²	Farbe	E _{er} in mW/m ²	T in %	E _{er} in mW/m ²	T in %
Messabstand						d = 90 cm		d = 170 cm	
ohne Netz						78.63		32.93	
Gerüstnetz 1 (dünn/weit)	1,5	Huck	7401-01	75	hellgrün	54.16	69	22.14	67
Gerüstnetz 2 (dick/eng)	1,7	Huck	7402-01	75	hellgrün	48.54	62	19.17	58
Gerüstnetz 3 (zu ca. 80-90 %)	1,5	Morio	MO-NET	50	hellgrün	51.12	65	21.03	64
Gerüstnetz 4 (Strahlarbeiten)	5,7	Morio	MO-NET 14	140	weiß	15.18	19	5.28	16
Kiga Netz 1	40	Huck	775-015	320	dk-grün	2.35	3,0	0.72	2,2
Kiga Netz 2	4,5	Huck	720-015	200	grün	18.01	23	7.24	22
Gewächshaus-schutz	3,1	Bot. Garten TUD		mit Alu	silber	29.82	38	8.47	26

Spektrale Transmission der Netzmaterialien (BAuA Dortmund):

Zur Messung der spektralen Transmission der Netzmaterialien wurden nachstehende Messkomponenten verwendet:

Strahlungsquelle: 70 Watt Xenonlampe, LXH 100 mit Netzteil XH 100 und Zündgerät XHZ 100 (Fa. Müller Optik Elektronik)

Messgerät: Diodenarray CAS 140 mit Cos-Eingangsoptik EOP 146 (Fa. Instrument Systems).

Messablauf:

Um den UV-Schutzfaktor bestimmen zu können, wurden die Messungen im Spektralbereich von 250 nm bis 400 nm durchgeführt. Dazu wurden die Proben in einem Rahmen fixiert, wobei darauf geachtet wurde, dass die Materialien spannungsfrei und glatt eingespannt waren. Die Probe wurde mit einer Xenonlampe, die in einem Abstand von 500 mm zur Probe positioniert war, gleichmäßig ausgeleuchtet.

Für die Messungen im UV-Bereich wird als Eingangsoptik zur Cos-Korrektur eine Teflon Scheibe verwendet. Die Eingangsoptik war in einem Abstand von 100 mm hinter der Probe in den Strahlengang angebracht. Es wurden Relativmessungen durchgeführt, wobei zunächst eine Referenzmessung (Messung ohne Probe) und im zweiten Schritt die Messung mit Probe erfolgte. Die spektrale Transmission der Materialien, die als Schutznetze verwendet werden, ist in Abbildung 6.11 dargestellt.

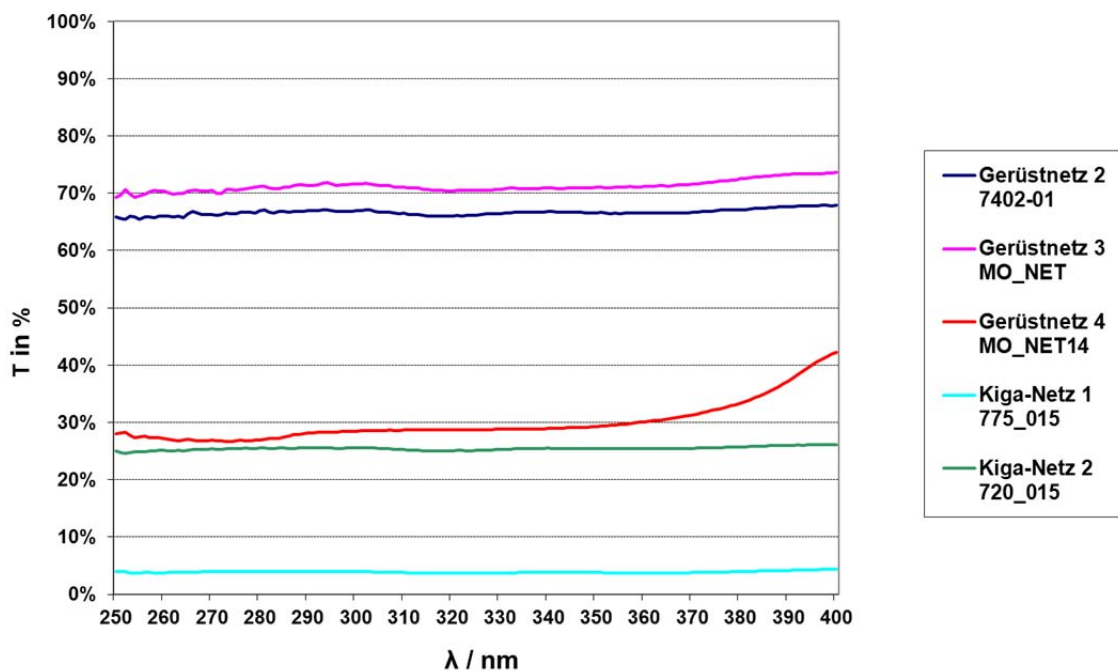


Abb. 6.11 Spektrale Transmission $T_{\lambda}(\lambda)$ von typischen Schutznetzen

Aus Tabelle 6.5 und Abbildung 6.12 wird deutlich, dass die Gerüstnetze 1, 2 und 3 noch eine Transmission von ca. 70 % aufweisen. Somit fällt der UV-Schutzfaktor mit ca. 1,5 nur gering aus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Netze recht durchlässig sein müssen, damit die Windkräfte eine nicht zu hohe Wirkung am Gerüst hervorrufen. Staubschutznetze dieser Art und Flächendichte werden laut Hersteller- und Lieferantenangabe aber zu **80 % bis 90 % an den Gerüsten** eingesetzt.

Das Gerüstnetz 4, welches vorzugsweise zum Sandstrahlen verwendet wird, zeigt eine Transmission bei ca. 20 % (breitbandig erythem-effektiv) und ca. 30 % (spektral), was einem UV-Schutzfaktor von 5,7 bzw. 3,6 entspricht. Diese Netze erfordern eine massivere Verankerung des Gerüsts.

Die Schutznetze für Kindergärten, die als Sonnensegel über Sandkästen und Spielflächen zum Einsatz kommen, weisen mit einem UV-Schutzfaktor ca. 40 (breitbandig) bzw. ca. 25 (spektral) einen sehr hohen Schutz aus. Das Kindergartenschutz-

netz Kiga-Netz 2 weist mit einem UV-Schutzfaktor ca. 4,5 einen deutlich geringeren Schutz aus.

6.5.3 Bewertung der Effektivität von technischen Maßnahmen zur Reduktion von solaren UV-Expositionen für Arbeitsplätze im Freien

Die o. g. technischen Maßnahmen sind, wo sie anwendbar sind, geeignet, die solare UV-Exposition zu reduzieren. Auch wenn für den Beschäftigten Tätigkeiten wiederholt außerhalb der abschattenden Bereiche erforderlich sind, kann die individuelle Exposition auf weniger als 50 % reduziert werden (Tab. 6.6).

Tab. 6.6 Schutzfaktoren bei technischen Schutzmaßnahmen

Arbeitsumfeld	Schutzfaktor
Tätigkeiten unter Zeltdach	≈ 2
Kleinmaschinen mit Kabine (Messung Dresden)	≈ 4
Kleinmaschine mit Sonnenschutzdach (Messung BAuA Dortmund)	≈ 4
Sonnensegel je nach Material	von 5 bis 40
Staubschutznetz an Gerüsten	1,5

So können auch Sonnensegel, die für Kindertagesstätten hergestellt werden (s. Tab. 6.5), z.B. auch zur Abschattung von Arbeits- und Pausenbereichen an Baustellen genutzt werden. Voraussetzung ist jedoch, dass die Funktionalität des Sonnenschutzes (Abb. 6.12 a) und nicht das Design (Abb. 6.12 b) im Vordergrund steht.



Abb. 6.12 (a) Sonnensegel, das seinen Zweck erfüllt und (b) Sonnensegel, das auf Grund der geometrischen Ausführung (Dreieck über kreisrundem Sandkasten), Größe und Neigung nur wenig Schatten bietet

Fazit:

Die exemplarisch auf ihre UV-expositionsreduzierende Effizienz bezüglich der solaren UV-Exposition geprüften technischen Maßnahmen bringen unterschiedliche Resultate:

- Kleinfahrzeuge bzw. –geräte, die mit Kabinen ausgestattet sind oder zumindest über ein abschattendes Dach verfügen, reduzieren die solare UV-Exposition über den Tag auf 25 %. Dabei spielt es aber eine deutliche Rolle, wie oft der abschattende Bereich arbeitsaufgabenbedingt verlassen werden muss
- Abgeschattete Arbeitsplätze, z. B. im Garten- und Feldbau oder im Straßenbau bei Pflasterarbeiten reduzieren die Personenexposition auf etwa 50 %

Einschränkend ist zu sagen, dass im getesteten Straßenbau durch Windbelastung von Anfang an die Untersuchung sich als nicht praktikabel erwies

Auch im untersuchten Gartenbau gab es nur eine spezielle, zeitlich begrenzte Anwendung, die diese Verfahrensweise zuließ. Von den weiteren angedachten Möglichkeiten erwies sich ein solches Arbeiten als praktisch nicht umsetzbar (Anmerkung: Die Untersuchungen erfolgten mit Mitarbeitern des Botanischen Gartens der TU Dresden, die seit 12 Jahren Erfahrung mit derartigen Studien haben!)

- Die Schutzwirkung der Staubschutznetze für Gerüste ist deutlich niedriger als erwartet. Sie bieten sowohl aus den Vorortmessungen in Dresden, als auch im Ergebnis der Transmissionsmessungen in Dortmund und Dresden mit 1,5 nur einen minimalen Schutzfaktor. Die für Strahlarbeiten eingesetzten Schutznetze, die Staub stark reduzieren müssen, weisen zwar einen Schutzfaktor 3 bis 5 aus. Aber deren Einsatz erfordert auch höhere Anforderungen an die Verankerungen der Gerüste wegen höherer Windlast. Sonnenschutznetze, z. B. für Kindergartenspielplätze, weisen abhängig vom Material einen Schutzfaktor von 5 bis 40 aus. Das dichte, dicke Gewebe ist aber aus Gewichts- und Windlastgründen nicht für Gerüste einsetzbar, aber für abgeschattete Arbeits- oder Pausenplätze nutzbar.

7 Konzept für Mindestanforderungen an Schutzkomponenten vor solarer UV-Strahlung für die Haut

7.1 Zusammenstellung von Basismaterial

In den WHO-Empfehlungen zum Globalen UV-Index [WHO 2002] und in dem gemeinsamen Papier von ICNIRP, ILO und WHO zum Schutz von Arbeitern vor UV-Strahlung [ICNIRP, 2007] werden die UVI-Stufen 3 und 5 genannt, ab denen textiler und dermaler Lichtschutz angewendet werden soll. Welche Güte der UV-Schutz haben sollte, wird nicht angeführt.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieses BAuA-Forschungsvorhabens ein Schutzkonzept entwickelt, in dem es festzustellen galt, wie hoch die textilen und dermalen Schutzfaktoren für die Haut von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern in den mittleren (geografischen) Breiten mindestens sein müssen.

Grundlagen zur Entwicklung des Konzeptes

Ausgangspunkt für das Konzept:

- Adaptation des ICNIRP-Sicherheitskonzepts für Arbeitsplätze mit Expositionen durch künstliche UV-Strahlenquellen

Basis-Konsens des ICNIRP-Sicherheitskonzepts für künstliche UV-Strahlenquellen am Arbeitsplatz [ICNIRP, 2004]:

- Die Erkenntnisse für das Grenzwertkonzept der ICNIRP gehen davon aus, dass unterhalb von 30 % der Erythemschwelldosis die gesetzten DNA-Schäden weitgehend in den nächsten 24 Stunden repariert werden
- UV-Expositionen von ≤ 30 % der Schwellwertdosis der Akutreaktionen an Haut und Augen über den 8-Stunden-Arbeitstag resultieren in keinen chronischen Effekten!
- Diese Aussage gälte selbst bei regelmäßiger Wiederholung alle 24 Stunden!

Zielpopulation für mindest-erforderliche Schutzfaktoren:

- UV-Hauttyp II mit > 50 % Anteil an der Bevölkerung und an den Außenbeschäftigten [UNVERRICHT und KNUSCHKE, 2007]; UV-Hauttyp I mit ≤ 5 % Anteil
- mittlere minimale Erythemdosis am Rücken [DIN 5031]
1 MED(HT II) = 2,5 SED = 250 J/m²
1 MED(HT I) = 2,0 SED = 200 J/m²
- Beschäftigte mit UV-Hauttyp \geq III sind mit den Schutzfaktoren dieses Konzeptes abgesichert.

In die Entwicklung des Konzeptes einbezogene Fakten und Daten:

- maximale, biologisch-effektive, solare UV-Expositionen pro Arbeitsschicht für Deutschland und für mittlere geografische Breitengrade (s. Kap. 5.1.3.6) pro 8h-Arbeitsschicht:
- Normalschicht 07:00-15:30 MESZ: 40 SED (4000 J/m²)

- Spätschicht 14:00-22:00 MESZ: 20 SED (2000 J/m²)
- pro 12-h-Arbeitsschicht: 06:00-18:00 MESZ: 50 SED (5000 J/m²)

- Körperverteilung der solaren UV-Exposition (s. Kap. 3.2, Tab 3.1 a-b; Kap. 5.1.1.3, Tab. 5.5 a-b)
- anatomische Verteilung der UV-Hautempfindlichkeit, bezogen auf das UV-Erythem, den akuten UV-Effekt an der Haut (s. Abb. 7.1)

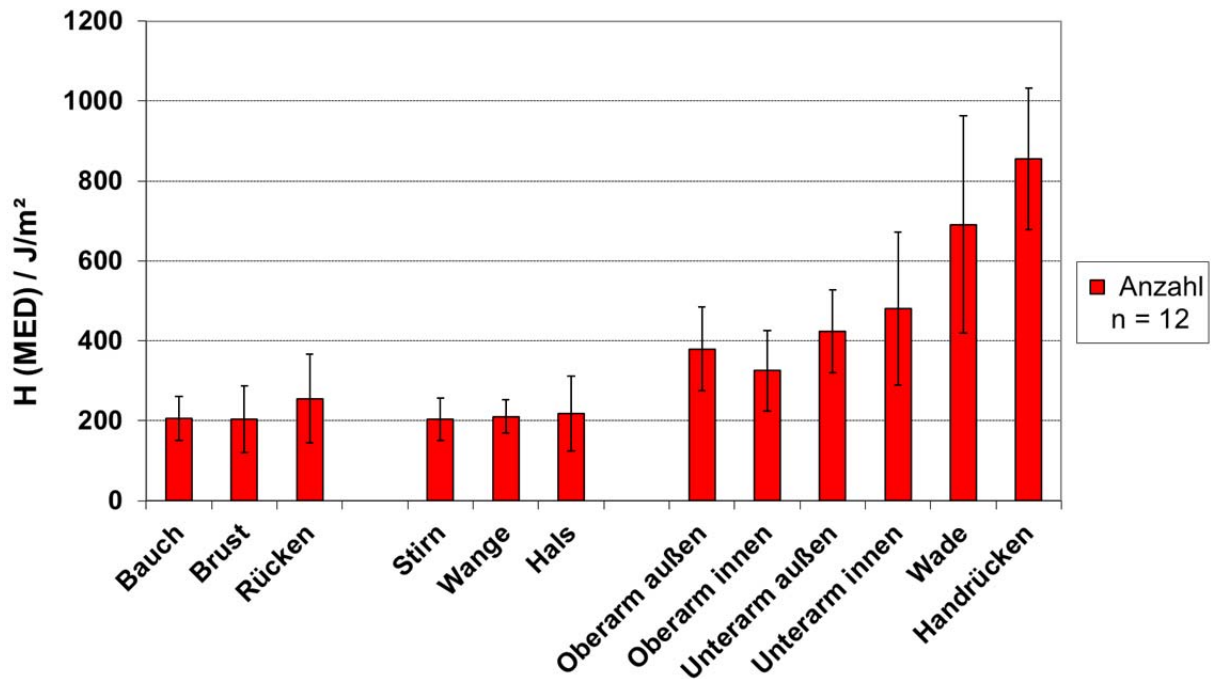


Abb. 7.1 Variation der minimalen Erythemdosis MED für die Haut an den verschiedenen Körperregionen – untersucht mit UV-Strahlung von 297 nm (nach OLSON et al., 1966)

7.2 Entwicklung des Schutzkonzeptes für individuellen UV-Schutz

Das Schutzkonzept geht vom „Worst case“-Fall der solaren UV-Exposition am Arbeitsplatz im Freien pro Arbeitsschicht aus. Das sind am Solarmessgerät 40/20/50 SED für die 8-h-Normal-/Spätschicht/12-h-Schicht.

Für diesen Extremfall soll die Haut der einzelnen Körperregionen so geschützt werden, dass weniger als 30 % der Schwellwertdosis für den UV-Akuteffekt – das UV-Erythem – aufgrund der angewendeten textilen oder dermalen Schutzkomponenten einwirken. Aus den 30 % der Schwellwertdosis (MED) der betrachteten Körperregion, der im Extremfall auf die Messgeräteebene einfallenden erythem-effektiven UV-Strahlung und dem tatsächlichen Anteil der Strahlung, die auf die Haut dieser Körperregion einwirkt, kann der erforderliche mindeste Schutzfaktor ermittelt werden. Am Beispiel der Gesichtsregion und der 8-h-Normalschicht soll die Abschätzung erläutert werden:

In extremen Ausnahmefällen wird maximal eine erythem-effektive Bestrahlung $H_{er} = 4000 \text{ J/m}^2$ über die Dauer einer 8-h-Schicht von einem Messgerät auf einer ebenen Fläche gemessen. Das Gesicht wird (bei aufrechtem Gang während der Arbeit) nur zu rund 26 % durch diese Strahlung beaufschlagt, also 1040 J/m^2 . Die MED für die Gesichtshaut eines mittleren Hauttyps II liegt bei 200 J/m^2 . Die 1040 J/m^2 bedeuten das 5,2fache der MED. Die UV-Exposition soll aber in Anlehnung an das ICNIRP-Schutzkonzept unter 30 % der Schwellwertdosis (MED) bleiben. Daraus folgt, dass die angewendete Schutzkomponente für die Haut rein rechnerisch einen Mindestschutzfaktor von 17,3 – also gerundet mindestens einen Schutzfaktor 20 – gewährleisten muss. Für die Gesichtshaut heißt das, eine Sonnenschutzcreme mit Lichtschutzfaktor LSF 20 (engl.: sun protection factor SPF) anzuwenden.

In analoger Weise wurden die Schutzfaktorwerte für die weiteren Körperregionen und die weiteren Arbeitsschichtzeiten ermittelt (Tab. 7.1). Für typischerweise textilabgedeckte Hautregionen ist der textile UV-Schutzfaktor UPF (engl.: ultraviolet protection factor) des Materials relevant.

Tab. 7.1 Mindest-erforderliche UV-Schutzfaktoren am Arbeitsplatz im Freien zur Reduzierung der Risiken für die Haut bezüglich akuter oder chronischer Schädigungen durch solare UV-Strahlung in Deutschland und mittleren geografischen Breiten

	Gesicht -SPF-	Schulter -UPF-	Brust / Rücken -UPF-	Ober- / Unterarm -UPF-	Ober- / Unterschenkel -UPF-
Normalschicht – 8 h	> 20	> 50	> 20	> 15	> 6
Spätschicht – 8 h	> 10	> 25	> 10	> 10	> 6
12-Stunden-Schicht	> 20	> 60	> 20	> 15	> 6

Hinweis zum tatsächlichen Lichtschutzfaktor:

Der angegebene Lichtschutzfaktor einer Sonnenschutzcreme wird nur bei ausreichender Auftragungsmenge (gleichmäßiger und ausreichend dicker Auftrag) erreicht. Es ist darauf hinzuweisen, dass der nach DIN 67501 [DIN 67501] ausgelobte LSF selbst bei normgerechtem Mengenauftrag geringer ist (Schutzfaktor kann bis auf ein Viertel abfallen).

Durch Schwitzen, Wasser oder mechanische Belastung wird die Schutzwirkung reduziert. In solchen Fällen ist der UV-Schutz durch Nachcremen aufrechtzuerhalten.

7.3 Ableitung einer Empfehlung für die Auslegung des textilen UV-Schutzfaktors UPF

Die abgestuften UV-Schutzfaktoren weisen aus, in welchem Ausmaß für die Körperregionen Sorgfalt walten zu lassen ist.

So wird ein Schutzfaktor UPF > 6 für die Beine durch jedes Hosenmaterial erfüllt. Das bedeutet aber auch, dass im Fall von Shorts am Arbeitsplatz, wenn auch niedrigerer, aber doch dermalter Hautschutz für die Beine genutzt werden sollte.

Für die Oberkörperregion zeigt sich, dass UPF-Werte > 20 von einer Mehrzahl der Textilien realisiert wird (s. Kap. 8, Kap. 9).

Kritisch ist das Sonnenterrassenareal der Schultern, wobei der UV-Schutzfaktor > 50 bzw. > 60 sein sollte. Dies gilt auch, wenn das Oberbekleidungsstück unter allen möglichen strahlenklimatischen Umständen – also gerade auch den Kritischsten in Deutschland oder in mittleren geografischen Breiten – zum Einsatz für einen sicheren UV-Hautschutz kommen soll. Die Häufigkeit derartiger Situationen liegt in Kapitel 5.1.3.6 zusammengefasst vor.

Bezüglich der UV-Schutzwirkung von Textilien existiert ein fachlicher Gedankenaustausch zwischen der Dermatologie/TU Dresden und dem Bekleidungsphysiologischen Institut Hohenstein e. V., Bönningheim. Durch diesen Kontakt ist die Dermatologie/TU Dresden über die Tatsache des durchgeführten AiF-Forschungsvorhaben 15749 N „UV-Schutztextilien“ informiert. An diesem Projekt arbeiteten Textilhersteller, Berufsbekleidungshersteller und das Forschungsinstitut zusammen.

Ziele dieses Projektes waren einerseits Untersuchungen zu Berufsbekleidungsmaterialien mit hohem UPF, andererseits deren Einsatz in Endprodukten als Oberbekleidung für Außenbeschäftigte. Hier galt es, den hohen UV-Schutzfaktor mit einem ausreichenden Tragekomfort in Einklang zu bringen.

Die Wahl der Schutzstufen der als Prototypen erstellten Berufsbekleidungs-Poloshirts lagen mit ausgewiesenen UPF-Werten 40 bzw. 60 (vgl. Kap. 8, Kap. 9) in einem Bereich, um nach diesem Schutzkonzept die erforderlichen Schutzstufen selbst für den Schulterbereich zu gewährleisten.

Ein Modell bestand aus einem wenig atmungsaktiven, aber hochschützendem Material für den Schulterbereich (UPF > 60) und einem atmungsaktiveren Textilteil für Bauch, Rücken und Arme (UPF > 40).

Dieser Prototyp als UV-Schutz-Funktionsbekleidung entspricht den Anforderungen des Schutzkonzeptes und steigert gleichzeitig den Tragekomfort.

8 Prüfung der Effektivität von Bekleidung als individuelle Schutzkomponente zur Reduzierung solarer UV-Expositionen von Haut

8.1 Zusammenstellung von Bekleidungskomponenten zur Untersuchung der UV-Schutzeffektivität

Organisatorische und technische Maßnahmen können nicht durchgängig zur Reduktion solarer UV-Expositionen an Arbeitsplätzen im Freien beitragen. Daher kommt den Bekleidungskomponenten eine Schutzfunktion analog persönlicher Schutzausrüstungen für Haut und Augen zu. Eines der Hauptziele dieses Forschungsvorhabens war es, sowohl die Effektivität der Bekleidung hinsichtlich des UV-Schutzes, als auch die Einflussfaktoren darauf möglichst realitätsnah zu prüfen. Ein weiteres Ziel war die Untersuchung von Tragekomfort und Akzeptanz professioneller UV-Schutzbekleidung am Arbeitsplatz.

Aus der breiten Palette von personenbezogenen Schutzkomponenten galt es für die Effektivitätsuntersuchungen typische Modelle eingrenzend herauszugreifen, die auch von den Beschäftigten am Arbeitsplatz akzeptiert werden würden.

Folgende Labor- und Felduntersuchungen wurden zur Charakterisierung der Effektivität individueller Schutzkomponenten für solar-exponierte Arbeitsplätze an Oberbekleidungstextilien sowie deren Trageeigenschaften vorgenommen:

- Messgeräte-gestützte Laboruntersuchungen („in vitro“) zum UV-Schutzfaktor UPF (ultraviolet protection factor) an den Textilmaterialien gemäß (s. u.) DIN EN 13758-1 [DIN EN 13758-1] und UV-Standard 801 (Kap. 8.3 und 8.4) sowie mittels simulierter Solarstrahlung und PSF-Dosimeter als „künstlicher Haut“ (Kap. 8.5).
- Ermittlung des UPF an der Haut (in vivo) über das UV-Erythem in Analogie zur in vivo-Bestimmung des Lichtschutzfaktors LSF nach DIN 67501 (DIN EN ISO 24444) (Kap. 8.6).
- Einschätzung der Trageeigenschaften unter Arbeitsbedingungen (Kap. 9.2)
- Messung der Schutzwirkung am Körper unter Arbeitsbedingungen mittels UV-Personendosimetrie (Kap. 9.3).

Dermaler Hautschutz mit Sonnenschutzcremes war in diesem Forschungsvorhaben bezüglich seiner UV-Schutzwirkung, Einsetzbarkeit und Akzeptanz für Arbeitsplätze Außenbeschäftigter nicht eingeschlossen. Es sei an dieser Stelle auf entsprechende Untersuchungen u. a. von [BAUER et al., 2013] verwiesen.

8.1.1 Internationale und nationale Standards zur Bewertung der UV-Schutzwirkung von Bekleidungskomponenten (UPF) und von Sonnenschutzbrillen

Zur Reduktion der solaren UV-Exposition der Haut sollte der textile Lichtschutz im Vordergrund stehen. Charakterisiert wird das textile Schutzvermögen durch den UV-Schutzfaktor UPF. Für Hautareale, die nicht durch textile Abdeckung in der UV-

Exposition geschwächt werden können, sollte dermalere Hautschutz durch Sonnenschutzcremes zum Einsatz kommen, die durch den Lichtschutzfaktor LSF charakterisiert werden.

Um deren vergleichbare Bewertung zu ermöglichen, existieren dazu internationale und nationale Standards (Normen).

Die Untersuchung der Effektivität dermalere Lichtschutzsubstanzen steht in diesem Forschungsvorhaben nicht im Vordergrund. Jedoch wird die Methode für die in-vivo-Bestimmung des LSF von Sonnenschutzcremes über die UV-Erythemreaktion [DIN EN ISO 24444] in analoger Weise für eine in-vivo-Untersuchung des UPF im Vergleich zu den genormten UPF-Bestimmungen in Messgeräten (in vitro) in diesem Projekt herangezogen (Kap. 8.2.3).

Standards zur Bestimmung des Lichtschutzfaktors LSF von Sonnenschutzcremes sind:

- DIN 67501:2008-11, Experimentelle in vivo-Bewertung des Erythemschutzes von externen Sonnenschutzmitteln für die menschliche Haut
- seit 2013 wurde die DIN 67501 ersetzt durch die DIN EN ISO 24444, Kosmetik – Untersuchungsverfahren für Sonnenschutzmittel – In-vivo-Bestimmung des Sonnenschutzfaktors

Weitere existente Standards zur in-vitro-Bewertung des Lichtschutzfaktors sind in diesem Zusammenhang nicht relevant.

Standards zur Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF von Textilien sind:

- AS/NZS 4399:1996: Sun protective clothing – Evaluation and classification [AS/NZS 4399]
- DIN EN 13758-1:2007-03: Textilien – Schutzeigenschaften gegen ultraviolette Sonnenstrahlung - Teil 1: Prüfverfahren für Bekleidungstextilien
- DIN EN 13758-2:2007-03: Textilien – Schutzeigenschaften gegen ultraviolette Sonnenstrahlung - Teil 2: Klassifizierung und Kennzeichnung von Bekleidung [DIN EN 13758-2]
- UV-Standard 801 (Institut Hohenstein).

Diese Standards zur Bestimmung des UPF unterscheiden sich.

Der australisch/neuseeländische AS/NZS-Standard bewertet den Reduktionsfaktor der erythem-wirksamen UV-Exposition in einem Spektralphotometer für Textilmaterial:

- fabrikneu, trocken
- ungespannt gehalten
- senkrecht bestrahlt
- bezüglich australischem Sonnenspektrum (Melbourne, 1. Januar).

Die Klassifizierung des UPF in der europäischen Norm und deren deutscher Übersetzung als DIN EN 13758-2 ist mit dem AS/NZS-Standard außer dem verwendeten Sonnenspektrum vergleichbar:

- fabrikneu, trocken

- ungespannt gehalten
- senkrecht bestrahlt
- bezüglich Sonnenspektrums der Nordhalbkugel (Albuquerque, New Mexico, USA).

Bei diesen beiden Bestimmungsverfahren handelt es sich um eine Momentaufnahme von Neumaterial.

Demgegenüber nähert sich der UV-Standard 801 der Internationalen Prüfgemeinschaft für angewandten UV-Schutz mit dem Gründungsmitglied Textilforschungsinstitut Hohenstein Laboratories Bönningheim für den ermittelten UPF der Realität. Die Textilmaterialmessungen erfolgen entsprechend AS/NZS.

Darüber hinaus:

- gespannt
- gespannt und angefeuchtet
- gespannt, nach Scheuerbelastung
- gespannt und angefeuchtet, nach Scheuerbelastung
- gespannt, nach Wäsche
- gespannt und angefeuchtet, nach Wäsche.

Als UV-Schutzfaktor UPF des Textilmaterials wird der niedrigste ermittelte UPF-Wert, der sich bei diesen Prüfungen ergibt, ausgegeben.

Standards zur Bestimmung der Filter-Eigenschaften von Sonnenschutzbrillen sind:

- DIN EN ISO 12312-1:2014-04: „Augen- und Gesichtsschutz – Sonnenbrillen und ähnlicher Augenschutz – Teil 1: Sonnenbrillen für den allgemeinen Gebrauch“
- DIN EN 172 Persönlicher Augenschutz – Sonnenschutzfilter für den betrieblichen Gebrauch, Ausgabedatum: 2002-02.

8.1.2 UPF-Bestimmungen und Einsatz professioneller UV-Schutzkleidung – Zusammenarbeit mit den Hohenstein Laboratories und dem AiF-Forschungsprojekt „UV-Schutztextilien“

Zwischen der Dermatologie/TU Dresden und dem Bekleidungsphysiologischen Institut Hohenstein (Hohenstein Laboratories GmbH, Bönningheim) bestand bereits seit längerem ein fachlicher Gedankenaustausch. Schon in der Planungsphase wurden Messungen an Oberbekleidungstextilien nach dem UV-Standard 801 ins Auge gefasst.

Es erfolgte ein Erfahrungsaustausch bezüglich der Erfahrungen zur UV-Schutzwirkung klassischer Textilmaterialien, die derzeit vorrangig von im Freien Beschäftigten getragen werden, sowie zu UPF-Spezialtextilien.

Zeitgleich zum BAuA-Forschungsprojekt F 2036 wurde durch das Textilforschungsinstitut mit Partnern aus der Textilerzeugung und Firmen der endverarbeitenden Berufsbekleidungsindustrie das AiF-Forschungsvorhaben 15749 N „UV-Schutztextilien“

durchgeführt. Im Forschungsprojekt „UV-Schutztextilien“ wurden Materialien mit hohem UPF und noch vertretbarer Wärmebelastung durch das Textil getestet und zu Prototypen eines Finalproduktes verarbeitet.

Über das Institut konnte ein Kontakt zu den involvierten Berufsbekleidungsherstellern und Textilmaterialherstellern geknüpft werden. Von den zwei Prototypen der UV-Schutztextilien für den Arbeitsplatz von Außenbeschäftigten konnte eine Kleinserienfertigung für die Untersuchungen im Rahmen des BAuA-Forschungsvorhabens F 2036 vereinbart werden. Diese Prototypen wurden in die Untersuchungen zur Bestimmung der Effektivität von UV-Schutzkomponenten einbezogen (vgl. Kap. 8.3 - 8.6, 9.1 – 9.3).

8.1.3 Für Außenbeschäftigte am Arbeitsplatz akzeptable, individuelle UV-Schutzkomponenten – Erkenntnisse von AUVA/ Seibersdorf Labor GmbH

Einen wesentlichen Einfluss auf die tatsächliche Benutzung von individuellen UV-Schutzkomponenten durch Außenbeschäftigte ist eine möglichst geringe Beeinflussung der Tätigkeit durch das Tragen von Oberbekleidung, von Kopfbedeckungen und Sonnenschutzbrillen. Es ist eine ausreichende Akzeptanz für diesen Bekleidungsstatus erforderlich, auch – bzw. gerade – bei höheren Temperaturen, die in der Regel mit hohen solaren UV-Einstrahlungen verbunden sind.

Einem doch nicht selten vorkommenden Arbeiten ohne Oberbekleidung ist nur entgegen zu wirken, wenn derartige Kleidung zur Verfügung steht, die auch bei der zumeist körperlichen Arbeit mit dem Körperklima verträglich ist. Gleiches gilt für Kopfbedeckungen zur Abschattung der Augen sowie der Haut im Gesicht-, Ohren- und Halsbereich. Auch eine akzeptable Sonnenschutzbrille muss für den Nutzer am Arbeitsplatz einen sicheren Sitz aufweisen, zu keinen Einschränkungen der Rundumsicht führen und bruchstabil sein.

Nicht zu unterschätzen ist der Fakt, dass sich die Beschäftigten durch das Tragen individueller UV-Schutzkomponenten nicht ästhetisch deutlich beeinträchtigt fühlen sollten. So wurden in einer Untersuchung unerwarteter Weise Helme mit Nackenschutz als entstellend mehrheitlich abgelehnt („Man sähe aus wie ein Imker.“). Im Rahmen des AUVA-Forschungsprojektes [AUVA 2007] wurden Untersuchungen zum Tragekomfort und zur Akzeptanz bestimmter Textilien für Oberbekleidung sowie Kopfbedeckungen und zu Modellen von Kopfbedeckungen durchgeführt. Die Resultate an österreichischen Außenbeschäftigten wurden als vollständig übertragbar auf deutsche Außenbeschäftigte angesehen. Auf Basis dieser Ergebnisse konnten Materialien und Modelle für Oberbekleidung und Kopfbedeckung im Vorfeld deutlich eingegrenzt werden.

8.1.4 Zusammenstellung von Oberbekleidung zur Untersuchung der Effizienz bezüglich der Reduktion der solaren UV-Exposition auf der Haut

Für die vorgesehenen Untersuchungen zur Effektivität des UV-Schutzes der Oberkörperhaut im Sommerhalbjahr für Außenarbeitsplätze in Deutschland wurden folgende Textilmodelle ausgewählt:

- T-Shirt – kurzärmelig
- Polo-Shirt – kurzärmelig

- Polo-Shirt – langärmelig.

Die T-Shirts und Polo-Shirts basierten auf den verschiedenen Textilmaterialien:

- PES – Polyester
- BW – Baumwolle
- BW-Mischgeweben mit PES oder mit Viskose (VIS).

Folgende Modelltypen von Oberbekleidungstextilien mit ausgewiesenem UPF und ohne ausgewiesenen UPF verschiedener Materialien bzw. Materialkombinationen wurden in die in Kap. 8.1 (s. o.) genannten Studien mit einbezogen (Tab. 8.1):

- gängige T-Shirt-Fabrikate ohne ausgewiesenen UPF
- zwei Modelle mit ausgewiesenem UPF (UPF 15+ sowie UPF 40+, gedacht für Sportaktivitäten)
- die zwei Prototyp-Modelle aus dem AiF-Forschungsprojekt – langärmelige Polo-Shirts mit hohem UPF (UPF 40+ sowie UPF 60+/40+) als professionelle Berufskleidung mit UV-Schutz
- ein Modell mit 100 % BW ohne UPF-Einstufung (Dieses Modell wurde von einer Baufirma (Fa. STRABAG AG) als UV-Schutz für die Mitarbeiter gegen ein Arbeiten mit freiem Oberkörper beschafft. Die Mitarbeiter zweier Baustellen dieser Firma nahmen als Probanden an den personendosimetrischen Langzeituntersuchungen teil, sodass die Einbeziehung eines alltäglichen verfügbaren T-Shirts in die Untersuchungen naheliegender war.).

Die im AiF-Forschungsprojekt „UV-Schutztextilien“ beteiligten Berufsbekleidungshersteller Fa. Bierbaum-Proenen GmbH & Co.KG und Tempex GmbH Schutzausrüstungen fertigten jeweils von ihrem Prototyp in Kleinserie 24 Exemplare an, die in den unter Kap. 8.1 genannten Studien des Projektes zum Einsatz kamen.

Tab. 8.1 Einbezogene Modelle von T-Shirts und Poloshirts zur UPF Bestimmung in vitro und in vivo sowie grün unterlegt: Modelle zum Einsatz in den Studien im Arbeitsalltag (Kap. 9.3)

Modell	Hersteller	Material	Hersteller-Nr.	Farbe	Spezifikation
Modell 1	Brecht-profashion	100%PES		dunkelblau	Polo, kurz
Modell 2	Brecht-profashion	100%PES		dunkelblau	T-Shirt kurz, Römerkragen
Modell 3	TEMPEX	100%PES		orange	Polo, lang
Modell 4_1	BP	100%PES		schwarz	Polo, lang
Modell 4_2	BP	100%PES		weiß	Polo, lang
Modell 5	HAKRO	100%BW	288	rot	T-Shirt kurz
Modell 6_1	HAKRO	100%BW	292	blau	T-Shirt kurz
Modell 6_2	HAKRO	100%BW	293	grau	T-Shirt kurz
Modell 6_3	HAKRO	100%BW	292	oliv	T-Shirt kurz
Modell 6_4	HAKRO	100%BW	293	weinrot	T-Shirt kurz
Modell 6_5	HAKRO	85%BW, 15%Vis	292	grau	T-Shirt kurz
Modell 7_1	HAKRO	100%BW	809	dunkelblau	Polo, lang
Modell 7_2	HAKRO	85%BW,	809	grau	Polo, lang

Modell	Hersteller	Material	Hersteller-Nr.	Farbe	Spezifikation
		15%PES			
Modell 7_3	HAKRO	85%BW, 15%PES	800	grau	Polo, kurz
Modell 7_4	HAKRO	100%BW	809	blau	Polo, lang
Modell 7_5	HAKRO	100%BW	800	blau	Polo, kurz
Modell 8_1	SIOEN	100%PES	2666A2MC1	leucht-orange	kurz, o. Kragen
Modell 8_2	SIOEN	100%PES	2666A2	leucht-gelb	kurz, o. Kragen
Modell 9_1	SIOEN	100%PES	2669A2	leucht-orange	Polo, kurz
Modell 9_2	SIOEN	100%PES	2669A2	leucht-gelb	Polo, kurz
Modell 10_gut	SHIRTERIE	100% BW		dunkelblau	T-Shirt kurz; auf Bau lang- zeitgetragen Textil mecha- nisch unbelastet
Model 10_schlecht	SHIRTERIE	100% BW		dunkelblau	T-Shirt kurz, auf Bau lang- zeitgetragen; Textil mecha- nisch belastet

8.2 Eingesetzte Messmethoden an Textilmaterialien zur Ermittlung der Schutzwirkung gegen solare UV-Strahlungswirkung auf die Haut

Zur Untersuchung der UV-expositionsreduzierenden Wirkung durch textilen Lichtschutz für die Haut wurden die prinzipiell unter Kap. 8.1 genannten Untersuchungsverfahren zur Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF herangezogen sowie weitere Verfahren, in deren Ergebnis dem UPF entsprechende Messdaten ermittelt wurden. Im Folgenden werden die Methoden beschrieben.

8.2.1 Untersuchungsmethode des UV-Schutzfaktors UPF für fabrikneues Textilmaterial und nach Nutzung am Arbeitsplatz über eine Sommersaison

8.2.1.1 Untersuchungsmethode nach DIN EN 13758-1 im Labor der BAuA Dortmund

Der UV-Schutzfaktor (UPF) ist in der DIN EN 13758-1 Textilien - Schutzeigenschaften gegen ultraviolette Sonnenstrahlung - Teil 1: Prüfverfahren für Bekleidungstextilien; Ausgabedatum: 2007-03 definiert. Er gibt in Analogie zum Lichtschutzfaktor von Sonnenschutzcremes den Schutzgrad von Textilien an.

Der UPF wird nach folgender Formel bestimmt:

$$UPF = \frac{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot T(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot \Delta\lambda}$$

Dabei ist:

$E(\lambda)$: Bestrahlungsstärke der Sonne (Daten des Sonnenspektrums aus EN 13758-1; gemessen im Sommer in Albuquerque)

$\varepsilon(\lambda)$: Erythem-Wirkungsspektrum (Daten aus EN 13758-1)

$\Delta\lambda$: Wellenlängenintervall der Messungen

$T(\lambda)$: spektraler Transmissionsgrad bei der Wellenlänge λ

Die UPF-Bestimmung am Textilmaterial erfolgt nach DIN EN 13758-1 an:

- fabrikneuem
- ungedehntem
- trockenem
- senkrecht bestrahltem.

Die das Textilmaterial transmittierende Strahlung wird mit einer Ulbricht-Kugel detektiert, damit sowohl die ungestreuten als auch die gestreuten Strahlungsanteile erfasst werden.

Untersuchungsmethode zur UPF-Bestimmung bei der BAuA Dortmund

Messgerät: Spektrophotometer Carry 5000 (Fa. Varian)

Messanordnung: Einsatz einer Ulbricht-Kugel

Messgeometrie: Senkrechter Strahlungseinfall – Messung der diffusen Strahlung (0/d)

Das Spektrophotometer Carry 5000 ist ein Messsystem mit hoher Präzision, welches für Transmissions-, Reflexions- und Absorptionsmessungen im Spektralbereich von 175 nm bis 3000 nm eingesetzt werden kann. Das System ist als Doppelmonochromator ausgeführt, was zu einer hohen Falschlichtunterdrückung führt. Um eine hohe Messdynamik von bis zu acht Dekaden zu erreichen, wird das System im Zweikanalverfahren betrieben. Dabei wird nach spektraler Zerlegung der Strahl in einen Referenzstrahl und einen Objektstrahl geteilt. Der Referenzstrahl geht nicht durch das Textil, jedoch können in den Strahlengang ein oder mehrere Neutralfilter eingebracht werden, um den Dynamikbereich zu erhöhen. Der Objektstrahl wird auf die Probe gerichtet und in Abhängigkeit von den Materialeigenschaften reflektiert, absorbiert und transmittiert. Die Differenz dieser beiden Signale wird für Relativmessungen genutzt, wobei zunächst eine Referenzmessung (Messung ohne Probe) und im zweiten Schritt die Messung mit Textil erfolgt. Für die Untersuchungen an Textilien wird eine Ulbricht-Kugel benötigt, damit die diffusen Anteile nach Strahlendurchgang durch das Material detektiert werden können.

Diese Messtechnik gewährleistet DIN EN 13758-konforme Messungen für den spektralen Transmissionsgrad zur Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF.

Messablauf:

Die Messungen wurden im Spektralbereich von 250 nm bis 400 nm durchgeführt. Die zu untersuchenden Textilien wurden in einem Probenhalter spannungsfrei und glatt fixiert. Zunächst wird eine Referenzmessung durchgeführt, wobei im Strahlengang kein Textil ist. Im zweiten Schritt erfolgt die Messung mit Textil und die diffusen Strahlungsanteile werden von einer Ulbricht-Kugel erfasst.

Das Messsystem wurde zu prinzipiellen Untersuchungen der spektralen Transmission von Textilien in Abhängigkeit von der Flächendichte und Farbabhängigkeit eingesetzt (siehe Kap. 8.3.1).

Weiterhin erfolgte mit dieser Methode die UPF-Bestimmung nach DIN EN 13758-1 für die in Tab. 8.1 aufgeführten Oberbekleidungstextilien (siehe Kap. 8.3.2).

8.2.1.2 Untersuchungsmethode zur Bestimmung des UV-Schutzfaktors in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der Strahlung im Labor der BAuA Dortmund

Textile Oberbekleidung wird nur im Schulterbereich senkrecht durch die Sonnenstrahlung getroffen. Die weiteren Bereiche der Oberbekleidung werden typischerweise nicht senkrecht durch die Sonne bestrahlt.

Aufgrund der Struktur des Stoffes war zu erwarten, dass der UV-Schutzfaktor von dem Einfallswinkel der UV-Strahlung abhängt. Das legen die qualitativen Transmissionsuntersuchungen der Durchstrahlungshomogenität mittels fotografischer Aufnahmen nahe (Abb. 8.10 b, c – 8.15 b, c sowie Anh. A.4, Tab. 1).

Um diesen Einfluss zu quantifizieren, erfolgten Untersuchungen in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der Strahlung.

Der UV-Schutzfaktor (UPF) von Oberbekleidung (siehe Tab. 8.1: Modelle 1 bis 5) wurde bei senkrechtem Lichteinfall (0 Grad), bei 30 Grad (entspricht dem Schulterbereich oben beim Sonnenhöchststand 60 Grad im Sommer) und bei 45 Grad (entspricht dem Sonnenhöchststand im Herbst und Frühjahr) untersucht.

Die Proben wurden in einem Rahmen fixiert, wobei darauf geachtet wurde, dass der Stoff glatt, aber nahezu spannungsfrei eingespannt war.

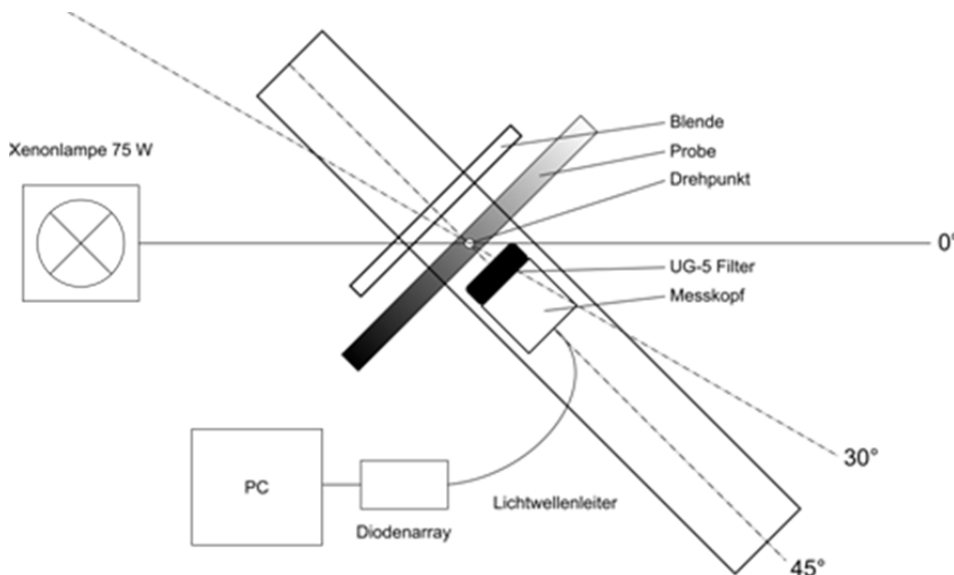


Abb. 8.1 Messaufbau zur Bestimmung des UV-Schutzfaktors von Textilien bei unterschiedlichen Einstrahlwinkeln

Die Probenhalterung und die Eingangsoptik waren auf einer schwenkbaren optischen Bank montiert, um die Einstrahlwinkel 0 Grad, 30 Grad und 45 Grad einstellen zu können (Messgeometrie 0/d, 30/d, 45/d; Empfänger mit Teflondiffusor; siehe Abb. 8.1). Um den bei einem Diodenarray-Spektroradiometer typischen hohen Anteil an

Falschlicht zu minimieren, wurde vor der Eingangsoptik ein Farbglassfilter UG 5 der Firma Schott angebracht, dessen Transmissionsbereich verstärkt im UV-Bereich liegt.

Verwendete Messkomponenten:

Strahlungsquelle: 70 Watt Xenonlampe, LXH 100 mit Netzteil XH 100 und Zündgerät XHZ 100 (Fa. Müller Optik-Elektronik, Moosinning)

Spektroradiometer: Diodenarray CAS 140 mit Cos-Eingangsoptik EOP 146 (Fa. Instrument Systems)

Messablauf:

Die Messungen wurden im Spektralbereich 290 nm bis 400 nm durchgeführt, um den UV-Schutzfaktor für Textilien zum Schutz vor solarer UV-Strahlung bestimmen zu können.

Für den UV-Bereich wird bei der Eingangsoptik zur Cos-Korrektur eine Teflon Scheibe verwendet. Da dieser Cos-Vorsatz mit einem Fehler behaftet ist, wurden zunächst die Empfangseigenschaften der Eingangsoptik für die Winkel 30 Grad und 45 Grad bestimmt (ohne Probe im Strahlengang), ein Korrekturfaktor ermittelt und bei den nachfolgenden Messungen berücksichtigt. In Abbildung 8.2 ist zu erkennen, dass bei der Cos-Korrektur neben der Abhängigkeit vom Einfallswinkel auch eine Abhängigkeit von der Wellenlänge vorliegt.

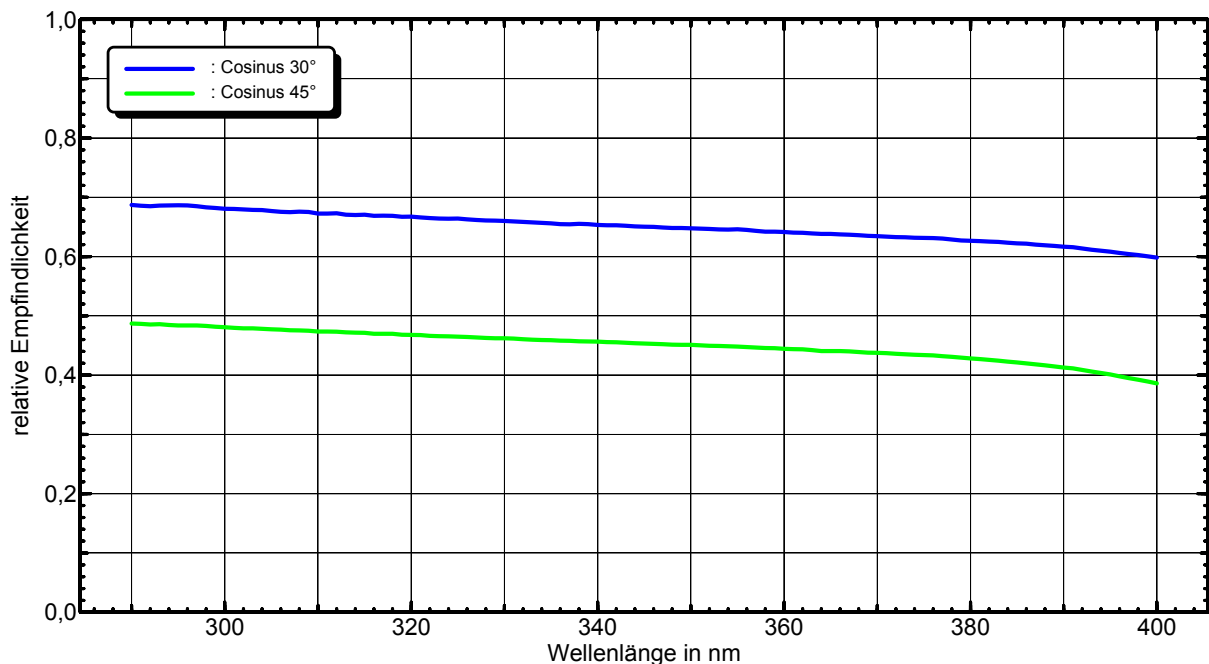


Abb. 8.2 Relative Cosinus-Empfindlichkeit der Eingangsoptik

Eine Prüfung der Konstanz der Ausgangsleistung der stabilisierten Xenonlampe ergab, dass für die erforderliche Messprozedur eine ausreichende Konstanz vorlag.

Ein Ergebnis von Vorversuchen war, dass für die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse das Einspannen der Probe den größten Fehleranteil erzeugt. Die Prüfkörper wurden dazu in einer Halterung mit einem Durchmesser von 17,8 cm fixiert. Dabei wurde große Sorgfalt auf eine ebene Prüfkörperoberfläche gelegt, ohne dass eine Dehnung der Textilien entstand.

Die Probenhalterung war oberhalb des Drehpunktes auf einer schwenkbaren optischen Bank angebracht und gleichmäßig über einen Durchmesser, der größer war als der Durchmesser der Eingangsoptik, ausgeleuchtet. Direkt hinter der Probe war die Eingangsoptik positioniert, die die transmittierte Strahlung über den Halbraum mit der der Cos-Eingangsoptik erfasste.

Mit einem Mikroskop wurde mit einer 20fachen Vergrößerung die Webstruktur der Textilien mit dem Auflicht- und Durchlichtmodus untersucht (Abb. 8.10 b, c – 8.15 b, c).

8.2.1.3 Untersuchungsmethode für UV-Schutzfaktor UPF nach UV-Standard 801 für fabrikneues Textilmaterial und nach Nutzung über eine Sommersaison durch die Hohenstein Institute

In ihrer Information zum UV Standard 801 charakterisieren die Hohenstein Institute die Methode zur UPF-Bestimmung (UV-STANDARD 801) wie folgt (http://www.hohenstein.de/de/certification/uv_standard_801/uv_standard_801.xhtml):

Der Test eignet sich besonders für:

- Textilien für Bade- bzw. Strandbekleidung, insbesondere für Babys, Kleinkinder und Kinder
- Sporttextilien und sommerliche Freizeitkleidung
- **Arbeits-/Berufsbekleidung für Berufe mit UV-Exposition**
- Beschattungstextilien (z.B. Sonnenschirme, Markisen, Strandmuscheln)
- Sonstige Beschattungsmaterialien (z.B. Schutz-Folien für Fenster).

Beschreibung:

Die Bestimmung des UPF gemäß UV Standard 801 basiert auf dem Solarspektrum des Australischen/Neuseeländischen Standards. Je nach Einsatzgebiet des Textils werden die Untersuchungsmuster in verschiedenen Gebrauchszuständen geprüft.

Bekleidung wird im Neuzustand und zusätzlich nach den im Gebrauch vorkommenden Belastungen (Dehnen, Befeuchten, Scheuern, Waschen) geprüft.

Beschattungstextilien werden zusätzlich zum Neuzustand nach den im Gebrauch vorkommenden Belastungen (Dehnen, Befeuchten, Bewittern) geprüft.

Der ermittelte UPF wird als Multiplikator für die Eigenschutzzeit der Haut verwendet und gibt an, wie lange man sich mit dem Textil effektiv in der Sonne aufhalten kann, ohne Schädigungen der Haut davonzutragen. Es können folgende UV-Protect Stufen (UPF) nach UV Standard 801 erreicht werden: 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80.

Bei der Bestimmung des UPF gemäß UV Standard 801 wird von einer maximalen Strahlungsintensität mit dem Sonnenspektrum in Melbourne, Australien, am 1. Januar eines Jahres (also auf dem Höhepunkt des australischen Sommers) und dem

empfindlichsten Hauttyp beim Träger ausgegangen. Die Prüfung erfolgt unter Berücksichtigung von Gebrauchsbedingungen.

Anmerkung:

Der UV-Standard 801 ist ein interner Standard der Mitgliedsinstitute der Internationalen Prüfungsgemeinschaft für angewandten UV-Schutz.

8.2.2 Methode zur „Quasi-in vivo“-Untersuchung der UV-Expositionsreduktion der Textilien mittels Polysulfonfilm-Dosimetern als „künstlicher Haut“

Nach DIN EN 13758-1 und UV-Standard 801 wird die Strahlung unmittelbar hinter dem Textil detektiert. Zudem wird bei UPF-Bestimmung nach DIN EN13758 nur an trockenen Proben gemessen.

Der **Polysulfonfilm** (PSF) als aktinischer UV-Sensor zur UV-Personendosimetrie eignet sich ob seiner optischen Eigenschaften als „**künstliche Haut**“. Er zeigt bis $\pm 70^\circ$ ein einfallswinkelabhängiges Ansprechvermögen auf UV-Strahlung, das gut einer kosinugerechten Winkelresponse entspricht [KRINS et al., 2000a]. Auch für die Haut nimmt man eine derartige Kosinusresponse an. Darüber hinaus ist die spektrale Response des Sensors PSF nahe der der UV-Erythemkurve, weshalb – mit Kalibrierfaktor für die jeweils gemessene UV-Strahlung – dieser Sensor sehr gut als UV-Personendosimeter bezüglich des UV-Erythems geeignet ist (u. a. [KRINS, 2000b; KRINS et al., 2001, KNUSCHKE et al., 2000; KNUSCHKE et al., 2007]).

Mit dem PSF als „künstliche Haut“ erfolgten „Quasi-in vivo“-Untersuchungen der UV-Expositionsreduktion von Textilmaterialien gemessen am Solarsimulator des UV-Photodiagnostikgerätes DERMOLUM UM (Fa. Müller Optik-Elektronik, Moosinning). Für diese Untersuchungen kam der großflächige Strahlungsaustritt (7 cm x 7 cm) des Solarsimulators zum Einsatz. Der Solarsimulator in seinem bestimmungsgemäßen Gebrauch für senkrechte Einstrahlung (Abb. 8.3) und das gemessene Spektrum der simulierten Solarstrahlung (simulated solar radiation: SSR) wurden von KNUSCHKE et al., 2010 publiziert.

Der Solarsimulator wurde für die Untersuchungen in diesem Vorhaben um einen Vorsatz erweitert. Damit ist es möglich, SSR-Expositionen unter einem Einfallswinkel von 45° zu applizieren (Abb. 8.4). Es konnten sowohl Textilien unter 45° durchstrahlt werden, als auch die minimale Erythemdosis MED bei 45° Einstrahlrichtung auf die Haut bestimmt werden (s. Kap. 8.2.3).

Die Messung der spektralen Bestrahlungsstärke $E_\lambda(\lambda)$ der Solarsimulatorstrahlung des DERMOLUM UM sowie die Interkalibrierung der Messtechnik erfolgte durch die BAuA Dortmund mit der Dermatologie/TU Dresden. Dabei kam ein Doppelmonochromator-Spektrometriemeter DTM 300 (Fa. Bentham, UK) der BAuA Dortmund zum Einsatz. Die erythem-effektiven Expositionsparameter für H_{er} zur MED-Bestimmung am Solarsimulator wurden durch wiederholte Interkalibrierungsmessungen in Projektstudien der Dermatologie/TU Dresden für die BAuA bestätigt.

UV-Bestrahlungsparameter

Solarsimulator des DERMOLUM UM für **Lichttestung mit simulierter Solarstrahlung (SSR-LT)**:

- 1 kW Xe-Lampe mit Schottfilter WG 305 / 1 mm und IR-Filter (dichroitischer Spiegel)
- 20-minütige Strahlungsstabilisierung vor Messbeginn
- Strahlungsausgang (großflächig) für Textilbestrahlung unter senkrechter Exposition, 0 Grad (Abb. 8.3)
- Strahlungsausgang (großflächig) für Textilbestrahlung unter 45 Grad (Abb. 8.4)
- Textilfixierung am Solarsimulatoreausgang: glatt, im ungespannten Zustand.

Messung der simulierten Solarstrahlung SSR:

- Spektralradiometrische Vermessung (durch BAuA Dortmund am 01.12.2010)
Gerät: DTM 300 (Fa. Bentham, UK)
(Wiederholungsmessung, Spektrum siehe KNUSCHKE et al., 2010)
- Messung der erythem-effektiven Bestrahlungsstärke E_{er} der SSR:
Präzisionsoptometer P 9710 mit Erythemsensor (Fa. Gigahertz-Optik, Türkenfeld).

„Künstliche Haut“ Polysulfonfilm (PSF):

- 26 μm Filmdicke, 12 mm x 16 mm in Papprahmen 30 mm x 30 mm (Dermatologie / TU Dresden)
- photobiologische Messung und Bewertung von PSF-Dosimetern: siehe [BARTH et al. 1990; KNUSCHKE et al., 1996b; KNUSCHKE et al., 2000].
- Abstand und Fixierung der PSF-Dosimeter für Textiltransmissionsmessungen
 - vor dem Textil: $d = 0$ mm
 - hinter dem Textil: $d = 0$ mm
 - hinter dem Textil: $d = 12$ mm.

Messgröße:

- Transmissionsgrad für erythem-effektive Strahlung (PSF: $\lambda < 340$ nm),



Abb. 8.3 Solarsimulatoreingang am Dermolum UM bei senkrechter Strahlungsapplikation: SSR-LT(0°) - für großflächige Probenbestrahlung



Abb. 8.4 Solarsimulatoreingang am Dermolum UM bei Strahlungsapplikation unter 45 Grad Einfallswinkel: SSR-LT(45°) – mit Neunlochblende (je 16 mm Durchmesser) für Probandenbestrahlung

Textilparameter für Untersuchungen

Untersuchungsreihe (A) –

für die Modelle 2, 6_1, 6_2, 6_5, 7_2, 10_gut und 10_schlecht (s. Tab. 8.1):

- Trockenes Gewebe – glatt/ungespannt
 - (a) SSR-LT(0°) + Gewebe (Abstand $d = 0$ mm zum PSF)
 - (b) SSR-LT(45°) + Gewebe (Abstand $d = 0$ mm zum PSF)
 - (c) SSR-LT(0°) + Gewebe (Abstand $d = 12$ mm zum PSF)
 - (d) SSR-LT(45°) + Gewebe (Abstand $d = 12$ mm zum PSF)
- Durchfeuchtetes Gewebe – glatt/ungespannt
 - (e) SSR-LT(0°) + Gewebe (Abstand $d = 0$ mm zum PSF)
- Anzahl der Messungen: $n = 3$.

Untersuchungsreihe (B) –

für die verbleibenden Modelle 1, 3, 4_1, 4_2, 5, 6_3, 6_4, 7_1, 7_3, 7_4, 7_5, 8_1, 8_2, 9_1, 9_2 galt:

- Trockenes Gewebe – glatt/ungespannt
 - (a) SSR-LT(0°) + Gewebe (0 mm Abstand zum PSF)
- Anzahl der Messungen: $n = 1$ (zu lange Bestrahlungszeiten wegen hohem UPF).

Messablauf

Nach einer 30-minütigen Stabilisierungsphase erfolgte jeweils die Exposition eines PSF-Dosimeters ohne Textil. Danach wurde das Textil am Solarsimulatorenausgang (Abb. 8.3 bzw. 8.4) glatt, aber ungespannt befestigt. Das PSF-Dosimeter wurde je nach Vorgabe in der Untersuchungsreihe (A) direkt hinter dem Textil (0 mm Abstand) bzw. über einen Abstandshalter in 12 mm Distanz zum Textil positioniert und fixiert. Dabei wurde jeweils trockenes Textilmaterial durchstrahlt. Für dieselben Textilmaterialien erfolgte die Durchstrahlung im durchfeuchteten Zustand, jedoch nur bei senkrechter Exposition und einem Abstand von 0 mm für die PSF-Dosimeter.

Für die Textilmaterialien der Untersuchungsreihe (B) erfolgte nur eine Messung bei senkrechter Bestrahlung und einem PSF-Dosimeterabstand von 0 mm hinter dem Textil. Aufgrund der hohen UPF-Werte dieser Textilmaterialien waren die Expositionszeiten extrem lang (trotz Sonnenergythemfaktor 7 des Solarsimulators am Dermolum UM – d. h. die erythem-effektive Bestrahlungsstärke ist 7fach höher als von maximaler Äquatorialsonne). So musste auf Mehrfachmessungen verzichtet werden.

Am Ende des Tages erfolgte eine Wiederholung der Leermessung ohne Textil mit einem PSF-Dosimeter. Die messtechnische Vorbereitung, Auslesung und Bewertung der PSF-Dosimeter erfolgte, wie vorher (s. o.) beschrieben.

Aus den PSF-Daten wurde die Transmission der Textilmaterialien für den erythem-effektiven Anteil der simulierten Solarstrahlung ermittelt.

8.2.3 Methode zur in vivo-Untersuchung der UV-Expositionsreduktion der Textilien an der Haut – analog DIN EN ISO 24444 zur LSF-Bestimmung

Die „Experimentelle in vivo-Bewertung des Erythemschutzes von externen Sonnenschutzmitteln für die menschliche Haut“ erfolgte nach DIN EN ISO 24444. Dabei wird mit simulierter Solarstrahlung SSR die individuelle, minimale Erythemdosis MED an nichtpigmentierter Haut von Probanden ohne Sonnenschutzmittel bestimmt. Im Anschluss wird die MED nach Applikation des Sonnenschutzmittels auf der Haut bestimmt. Der Lichtschutzfaktor LSF (SPF) ergibt sich danach aus dem Verhältnis

$$\text{LSF} = \frac{\text{MED (geschützte Haut)}}{\text{MED (ungeschützte Haut)}}$$

In Analogie zur LSF-Bestimmung in vivo wurde die tatsächliche Expositionsreduktion durch Oberbekleidungstextilien für die Haut, bezogen auf das UV-Erythem untersucht.

$$\text{UPF} = \frac{\text{MED (textilgeschützte Haut)}}{\text{MED (ungeschützte Haut)}}$$

8.2.3.1 Untersuchungstechnische Parameter

UV-Bestrahlungsparameter

Die Bestimmung der Erythemschwelldosis MED erfolgte durch photodiagnostische Lichttestung mit simulierter Solarstrahlung (SSR-LT) am DERMOLUM UM (Fa. Müller Optik-Elektronik GmbH, Moosinning, Abb. 8.5), sowohl für ungeschützte Haut, als auch für textilgeschützte Haut:

Solarsimulator des DERMOLUM UM (s. Kap. 8.2.2) für **Lichttestung mit simulierter Solarstrahlung (SSR-LT)**:

- 1 kW Xe-Lampe mit Schottfilter WG 305 / 1 mm und IR-Filter (dichroitischer Spiegel)
- 20-minütige Strahlungsstabilisierung vor Messbeginn
- Strahlungsausgang für (standardmäßige) Lichttestung der Haut mit Neunlochblende bei senkrechter Exposition, 0 Grad (Abb. 8.3):
Lichttreppe LT mit sechs Expositionsspotspots ø 16 mm (der vorhandenen neun Spots)
- Strahlungsausgang für Lichttestung an der Haut mit Neunlochblende unter Einfallswinkel 45 Grad (Abb. 8.4)
Lichttreppe LT mit vier Expositionsspotspots ø 16 mm (der vorhandenen neun Spots).

Messung der simulierten Solarstrahlung SSR:

- Spektroradiometrische Vermessung (s. Kap. 8.2.2)
- Stabilitätskontrolle vor jedem SSR-LT mit Strahlungsthermosensor des DERMOLUM UM

- Messung der erythem-effektiven Bestrahlungsstärke E_{er} je Spot der 9-Lochblende am SSR-Ausgang:
Präzisionsoptometer P 9710 mit Erythemsensor (Fa. Gigahertz-Optik, Türkenfeld).

Haut-Bestrahlungsparameter

- Testareal Rückenhaut
- MED-Bestimmung (photodermatologisches Routineverfahren am Dermolum UM, KNUSCHKE et al., 2010) über sechs (der neun) Bestrahlungsspot mit 20%iger Dosisprogression bei senkrechter Hautexposition (MED(0°))
- MED-Bestimmung über vier (der neun) Bestrahlungsspot mit 20%iger Dosisprogression bei Hautexposition unter 45 Grad (MED(45°))
- Anfangsdosis der Lichttreppe anpassbar an individuelle UV-Empfindlichkeit des Probanden
- MED-Bestimmung an textilgeschützter Haut – Dosiserhöhung für SSR-LT gegenüber ungeschützter Haut:
1,3 MED(0°) x UPF^{*} bzw.
1,3 MED(45°) x UPF^{*}

^{*)}zugehörige UPF-Werte aus vorangegangenen Messungen mit PSF-Dosimetern (siehe Kap. 8.5)

- Visuelle Bestimmung der MED 24 h nach UV-Exposition (Abb. 8.6) und Dokumentation (Tab. 8.2) über eine 9-stufige Skala des Hautrötungsgrades [KNUSCHKE et al., 2010].

Textil-Untersuchungsparameter

Für die einbezogenen Modelle 2, 6_2, 6_5, 7_2 galt:

- Textil liegt glatt an der Rückenhaut und direkt am Solarsimulatorenausgang an:
 $d = 0$ mm
- Textil liegt glatt über Schaumstoffrahmen (Tiefe $d = 12$ mm, Innenöffnung 100 mm x 100 mm für Durchtritt der SSR) am Solarsimulatorenausgang an,
Abstand Textil – Haut (durch Rahmen): $d = 12$ mm

speziell:

- Trockenes Gewebe – glatt/ungespannt
 - (a) SSR-LT(0°) + Gewebe (0 mm Abstand zur Haut)
 - (b) SSR-LT(45°) + Gewebe (0 mm Abstand zur Haut)
 - (c) SSR-LT(0°) + Gewebe (12 mm Abstand zur Haut)
 - (d) SSR-LT(45°) + Gewebe (12 mm Abstand zur Haut)
- Durchfeuchtetes Gewebe – glatt/ungespannt
 - (e) SSR-LT(0°) + Gewebe (0 mm Abstand zur Haut).

8.2.3.2 Probandenführung – Ethikkommission, Aufklärung, Einwilligungserklärung und Probandenversicherung

Ethikkommission

Die „Untersuchung der UV-Expositionsreduktion der Textilien an der Haut – analog DIN EN ISO 24444 zur LSF-Bestimmung“ war als gering-invasive Untersuchung an Probanden der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der TU Dresden zur Begutachtung vorzulegen.

Es liegt ein positives Votum der Ethikkommission vor (Anh. B.6, Abb. 1 a-b).

Probandenaufklärung und Einwilligungserklärung

Alle Probanden wurden ausführlich mündlich und schriftlich (Probandeninformation zum Verbleib beim Probanden, s. Anh. B.6, Abb. 2 a-e) über Zielstellung, Art, Umfang und Datenschutz der Studien, mit der Möglichkeit zu Rückfragen, aufgeklärt.

Die freiwilligen Studienteilnehmer unterzeichneten eine Einwilligungserklärung (Anh. B.6, Abb. 3 a-b) zum Datenschutz und zur Teilnahme aus freien Stücken (frühestens 24 Stunden nach der mündlichen und schriftlichen Aufklärung).

Probandenversicherung

Die Probanden waren bezüglich der Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsprojektes im öffentlichen Auftrag über die Betriebshaftpflicht des Universitätsklinikums Dresden an der TU Dresden bei der Allianz Versicherungs-Aktiengesellschaft unter Krankenhauspolice AS9100062521 Studien-Nr. 401.11 versichert.

Probandenrekrutierung

- Einschlusskriterien:
 - Innenbeschäftigte: n = 20
 - UV-Hauttyp: Hauttyp II, Rücken gering pigmentiert
 - Altersgruppen: 18-65 a
 - Geschlecht: männlich; weiblich
- Ausschlusskriterien:
 - Photodermatosen in der Anamnese
 - Einnahme phototoxischer oder photosensibilisierender Medikamente
 - erhöhte Photosensibilität in der photodiagnostischen MED-Bestimmung (schließt die Teilnahme aus Sicherheitsgründen für den Probanden aus)
 - Solariennutzung.

Probandenuntersuchungen

Generell verliefen die Probandenuntersuchungen gemäß folgendem Ablauf:

- Probandenaufklärung
- Dermatologischer Hautcheck

- Photodiagnostische Bestimmung der Minimalen Erythemdosis (MED) am Rücken mittels SSR-LT zum Ausschluss atypischer UV-Reaktionen
- Studienuntersuchungen entsprechend o. g. Haut-Bestrahlungsparameter (Durchführungszeitraum: 23.02.2011 bis 02.03.2011).

Erster Schritt der Studienuntersuchungen waren die UV-Expositionen zur Bestimmung der MED bei senkrechter Einstrahlung und Einstrahlung unter 45 Grad. Mit der MED-Bestimmung nach 24 Stunden wären Probanden mit einer untypischen UV-Reaktion, die nicht bereits in der anamnestischen Erhebung im dermatologischen Hautcheck erkennbar war, von der weiteren Teilnahme ausgeschlossen worden (dieser Fall war nicht aufgetreten.). Auf Basis der Werte für 1 MED(0°) sowie 1 MED(45°) wurden aus den UPF-Werten der vorgesehenen Oberbekleidungstextilien die SSR-LT-Expositionsdaten für die MED-Bestimmung an textilgeschützter Haut ermittelt und appliziert. Die UPF-Werte waren in den Untersuchungen am Solarsimulator mit den PSF-Dosimetern als „künstlicher Haut“ ermittelt worden (s. Kap. 8.5).

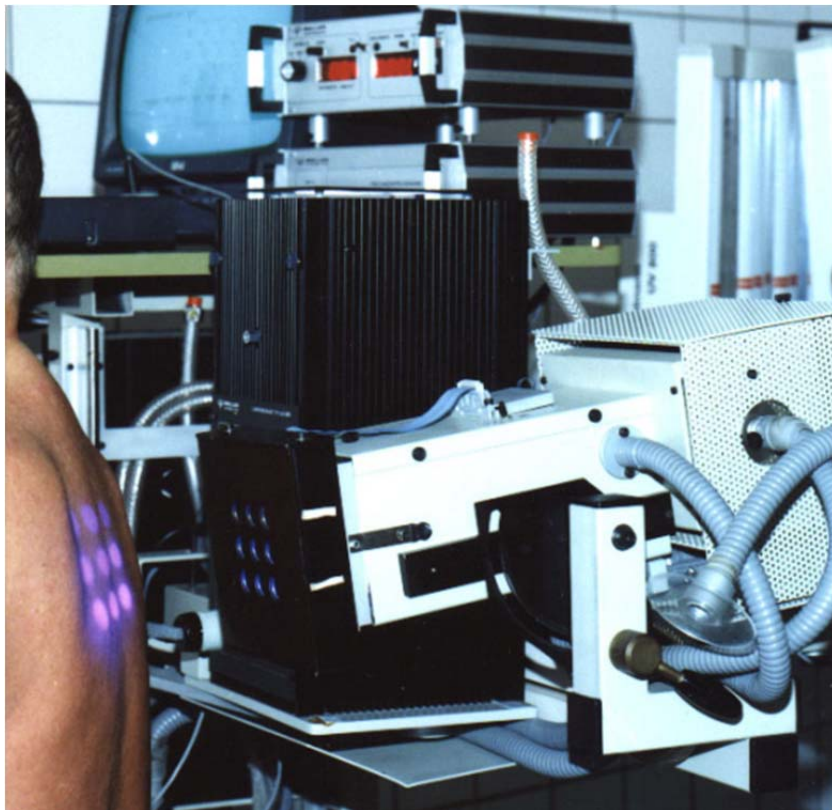


Abb. 8.5 Photodiagnostische MED-Bestimmung am DERMOLUM UM (9 Spots bei Patientendiagnostik)



Abb. 8.6 MED-Bestimmung 24 h nach SSR-Exposition senkrecht bzw. unter 45 Grad bei ungeschützter und textilgeschützter Haut

8.3 UV-Expositionsreduktion durch UV-Funktionstextilien und herkömmliche Textilien bestimmt nach DIN EN 13758

8.3.1 Ergebnisse prinzipieller Untersuchungen an Textilmaterialien

Im Vorfeld der Untersuchungen zum UV-Schutzfaktor UPF an Oberbekleidungstextilien, die an Arbeitsplätzen im Freien genutzt werden, wurden prinzipielle Untersuchungen zur UV-Schutzwirkung von Textilmaterialien und verschiedenen Einflussgrößen bei der BAuA Dortmund durchgeführt.

UPF und Flächendichte

Bei den Proben bestand die Gewebemischung aus 100 % Baumwolle (BW) mit unterschiedlichen Flächendichten. In Tabelle 8.3 sind der Gewebetyp und die Flächendichte angegeben. Die Farbe war bei allen Proben weiß. Die Kurven der spektralen Transmission der Proben mit unterschiedlicher Flächendichte sind in Abbildung 8.7 dargestellt. In Abbildung 8.8 sind die dazu berechneten UV-Schutzfaktoren in Abhängigkeit der Flächendichte angegeben.

Tab. 8.3 Gewebebeschreibung für weißes Textilmaterial aus 100 % Baumwolle mit unterschiedlicher Flächendichte

Typ	Flächendichte in g/m ²	Bemerkung
K 174	185	hochveredelt, gekrumpft
K 238	190	naturell, gekrumpft
K 262	205	hochveredelt, gekrumpft
K 283	210	hochveredelt, gekrumpft
K 256	230	naturell, gekrumpft, verzugsfrei
K 267	240	naturell, gekrumpft
K 270	270	naturell, gekrumpft
K 139	290	hochveredelt, gekrumpft, verzugsfrei

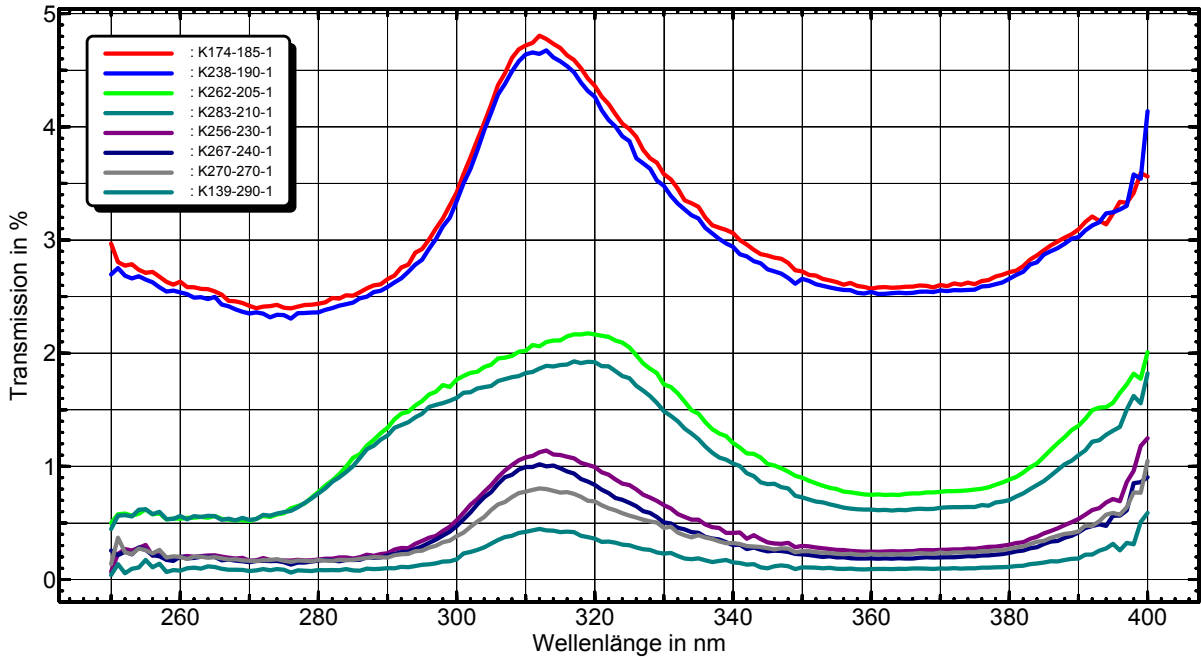


Abb. 8.7 Spektrale Transmissionskurven von weißen Textilproben (100 % BW) mit unterschiedlicher Flächendichte

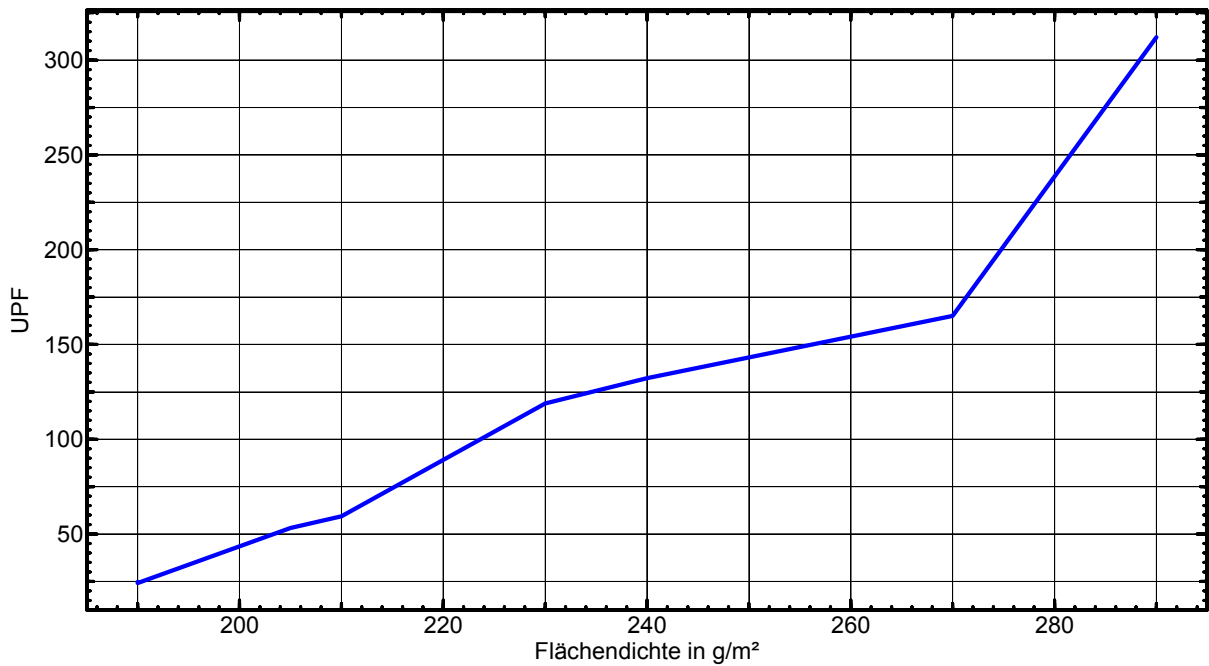


Abb. 8.8 UV-Schutzfaktor UPF in Abhängigkeit der Flächendichte für weißes Textilmaterial (100 % BW)

UPF und Textilfarbe

Der UV-Schutzfaktor ist auch von der Textilfarbe abhängig. Bei einem Mischgewebe aus 65 % Polyester und 35 % Baumwolle mit einer Flächendichte von 215 g/m² wurde dieses Textilmaterial mit unterschiedlichen Farben untersucht. Die Kurven der

spektralen Transmission sind in Abbildung 8.9 dargestellt und der UV-Schutzfaktor in Abhängigkeit von der Farbe in Tabelle 8.4 angegeben.

Tab. 8.4 UV-Schutzfaktor UPF in Abhängigkeit von der Textilfarbe bei gleichem Material aus 65 % Polyester und 35 % Baumwolle bei einer Flächendichte von 215 g/m²

Farbcode	Farbbezeichnung	UV-Schutzfaktor
8790	hellblau	233
1530	mittelgelb	287
0190	dunkelrot	476
2390	dunkelbraun	479
3170	braunrot	900

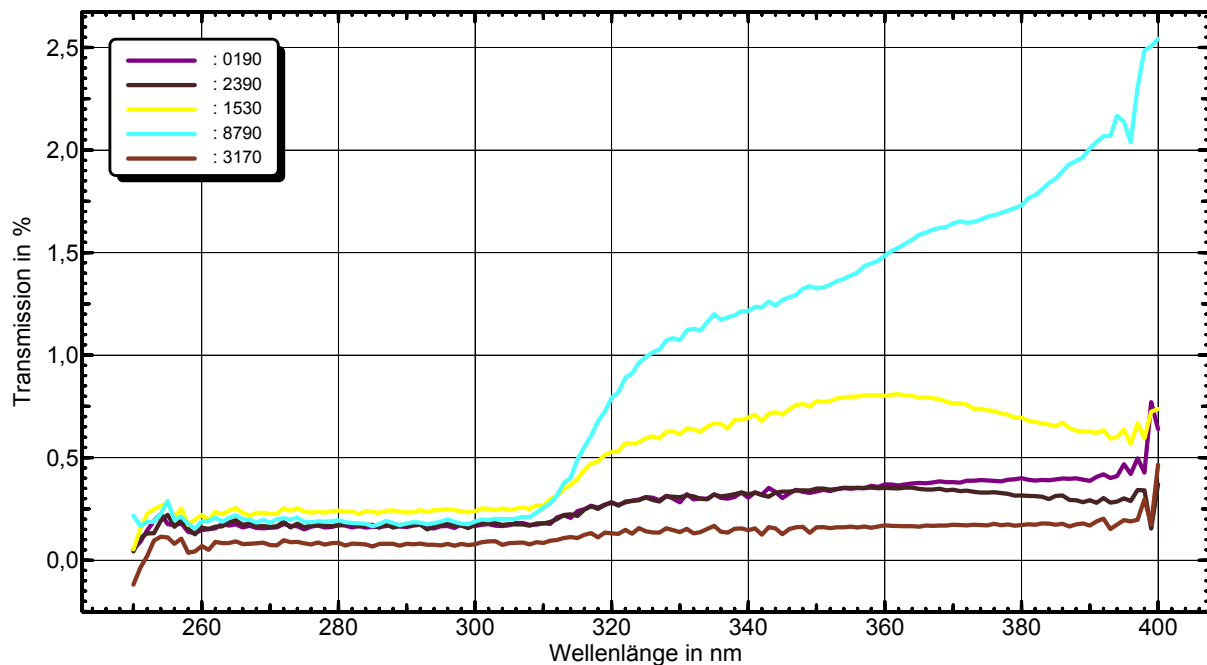


Abb. 8.9 Spektrale Transmission in Abhängigkeit von der Textilfarbe bei gleichem Textilmaterial aus 65 % Polyester und 35 % Baumwolle bei einer Flächendichte von 215 g/m²

8.3.2 UPF-Bestimmungen fabrikneuer Oberbekleidung (DIN EN 13758-1)

Im Spektrophotometer Carry 5000 der BAuA Dortmund wurden an den Oberbekleidungstextilien (vgl. Tab. 8.1) nach DIN EN 13758-1 die spektralen Transmissionen gemessen.

Gemäß der Berechnungsformel (siehe Kap. 8.2.1.1) wurde aus den Transmissionspektren, der Standard-Erythemkurve und dem Standard-Sonnenspektrum (Albuquerque, New Mexico, USA) der UPF berechnet (Dermatologie/TU Dresden).

Weiterhin wurden die Transmissionsspektren mit dem Mittagssonnenspektrum im Sommer bei 60° Sonnenhöhe in Dresden verrechnet. Ziel war der Vergleich der UPF-Werte aus diesem 60°-Sonnenspektrum gegenüber dem 77,5°-Sonnenspektrum, das in der Norm festgelegt ist.

Zum Vergleich mit den Ergebnissen aus den „quasi-in-vivo-UPF-Bestimmungen“ mittels PSF-Dosimetern und den in-vivo-Bestimmungen zur textilen Schutzwirkung an der Haut am Solarsimulator wurden die o. g. UPF-Berechnungen auch unter Verwendung des Strahlungsspektrums des Solarsimulators des Dermolum UM (vgl. Kap. 8.2.) durchgeführt.

Die Ergebnisse für den UV-Schutzfaktor UPF gemäß DIN EN 13758 für die untersuchten fabrikneuen Oberbekleidungstextilien sowie deren Spezifikation, das Material und die Einflussfaktoren Flächengewicht und Materialfarbe wurden in Tabelle 8.5 zusammengefasst.

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt – gemeinsam mit den Resultaten aus den weiteren Verfahren, mit denen die UV-Schutzwirkung der Textilien untersucht wurde – in Kapitel 8.7.

Tab. 8.5 UPF-Werte (nach DIN EN 13758-1) der gemessenen Modelle von Oberbekleidungstextilien mit Material, Flächendichte und Farbe

Modell-Nr.	UPF (Messung)	UPF (Label)	Material	Flächengewicht in g/m ²	Farbe	Spezifikation	Hersteller (Herst.-Nr.)
Modell 1	83	40+	100%PES	230	dk-blau	Polo, kurz	Brecht-profhasion
Modell 2	25	15+	100%PES	174	dk-blau	T-Shirt kurz, Römer-Kragen	Brecht-profhasion
Modell 3	103	40+	100%PES	194	orange	Polo, lang	TEMPEX
Modell 4_1	59	40+	100%PES	206	schwarz	Polo, lang	BP
Modell 4_2	156	60+	100%PES	215	weiß	Polo, lang	BP
Modell 5	99	–	100%BW	170	rot	T-Shirt kurz	HAKRO (288)
Modell 6_1	77	–	100%BW	169	blau	T-Shirt kurz	HAKRO (292)
Modell 6_2	132	–	100%BW	199	grau	T-Shirt kurz	HAKRO (293)
Modell 6_3	104	–	100%BW		olive	T-Shirt kurz	HAKRO 292
Modell 6_4	324	–	100%BW		weinrot	T-Shirt kurz	HAKRO 293
Modell 6_5	48	–	85%BW, 15%Vis	174	grau	T-Shirt kurz	HAKRO 292
Modell 7_1	139	–	100%BW		dk-blau	Polo, lang	HAKRO 809
Modell 7_2	75	–	85%BW, 15%PES	221	grau	Polo, lang	HAKRO 809
Modell 7_3	55	–	85%BW, 15%PES		grau	Polo, kurz	HAKRO 800
Modell 7_4	342	–	100%BW	203	blau	Polo, lang	HAKRO 809
Modell 7_5	80	–	100%BW	230	blau	Polo, kurz	HAKRO 800
Modell 8_1	154	–	100%PES	174	leucht-orange	kurz, o. Kragen	SIOEN 2666A2MC1
Modell 8_2	152	–	100%PES	194	leucht-gelb	kurz, o. Kragen	SIOEN 2666A2
Modell 9_1	121	–	100%PES	206	leucht-orange	Polo, kurz	SIOEN 2669A2
Modell 9_2	161	–	100%PES	215	leucht-gelb	Polo, kurz	SIOEN 2669A2
Modell_10	59	–	100%BW	170	dk-blau	T-Shirt kurz; langzeit-getragen (Bau)	SHIRTERIE

8.3.3 UV-Schutzfaktor von textilen Materialien in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels – UPF-Bestimmungen fabrikneuer Oberbekleidung aus Spektralmessungen bei 0 Grad, 30 Grad und 45 Grad Strahlungseinfallswinkel

Die Bestimmung des UV-Schutzfaktors von Textilien gemäß DIN EN 13758-1 erfolgt für eine senkrechte Einstrahlung. Für die untersuchten Oberbekleidungstextilien trifft die Sonnenstrahlung im Sommer aber nur im Schulter-/Nackebereich nahezu senkrecht auf. Für die großen Körperflächen ist der Einfallswinkel deutlich größer als 0 Grad. Deshalb wurde zusätzlich die Abhängigkeit des UPF von den Einstrahlwinkel 30° und 45° (Einfallswinkel) der optischen Strahlung untersucht.

Qualitative Auswertungen der Homogenität der Textilstrukturen mittels Durchlichtmikroskopie (Abb. 8.10 b – 8.11 b) und Auflichtmikroskopie (Abb. 8.10 c – 8.11 c) einerseits und qualitative Bewertung von Homogenität und Intensität der die Textilmaterialien transmittierenden optischen Strahlung am Solarsimulator des Dermolum UM (Anh. A.4, Tab. 1) andererseits unterstreichen die Wichtigkeit dieser Untersuchungen.

In Tabelle 8.6 sind für die Textilmaterialien der Modelle 1 bis 5 (vgl. Tab. 8.1) die UV-Schutzfaktoren UPF in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel angegeben.

Die jeweils zugehörigen Kurven der spektralen Transmission in Abhängigkeit vom Einfallswinkel sind in den Abbildungen 8.10 a (beispielhaft für eine große Abhängigkeit des UPF vom Einfallswinkel) und 8.11 a (beispielhaft für eine geringe Abhängigkeit des UPF vom Einfallswinkel) dargestellt. Ergebnisse zur Abhängigkeit des UPF vom Einstrahlwinkel von weiteren Materialien sind in Anh. B.4, Abb. 1 a–c bis 4 a–c dargestellt.

Tab. 8.6 Abhängigkeit des UPF vom Einstrahlwinkel für die Textilmaterialien der Modelle 1 bis 5

Modell-Nr.	UPF in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels		
	0-Grad	30-Grad	45-Grad
1	64,1	155,5	506,3
2	23,5	26,0	46,9
3	127,5	130,8	246,9
4-1 Bereich schwarz	45,8	60,6	252,4
4-2 Bereich weiß	176,7	143,7	141,2
5	114,2	146,7	410,0

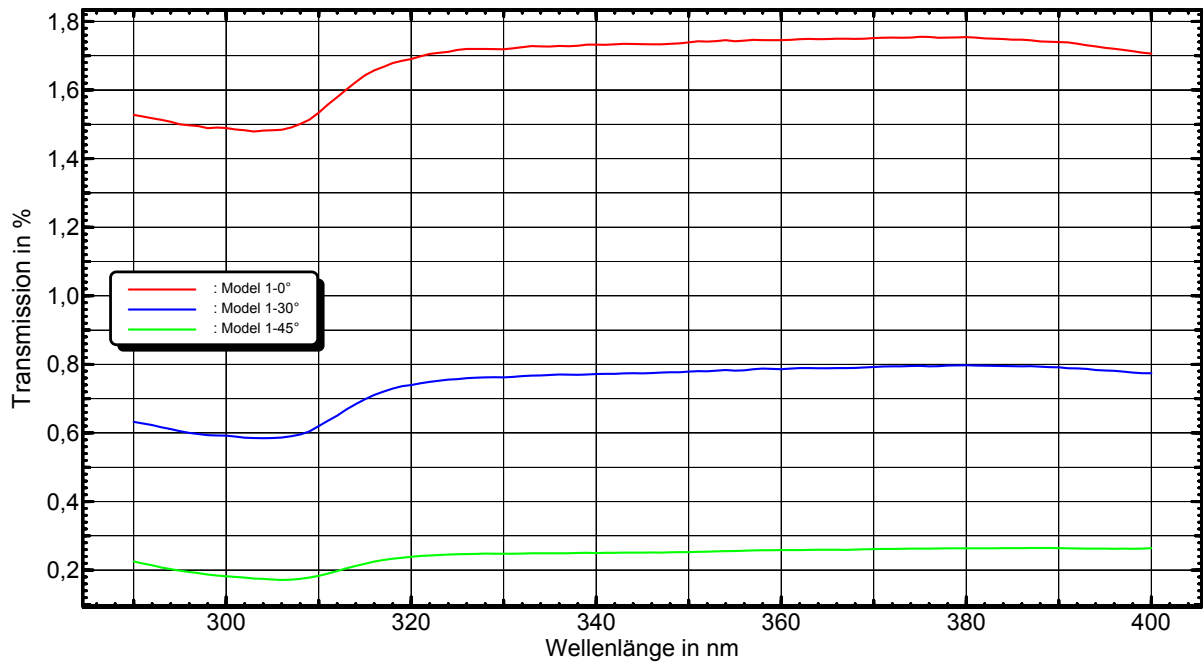


Abb. 8.10 a Transmission von Modell 1 in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels

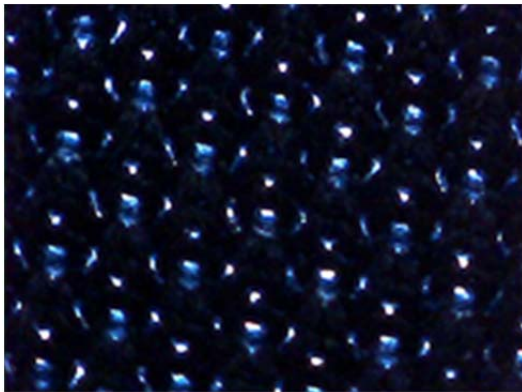


Abb. 8.10 b Modell 1 Durchlichtmodus



Abb. 8.10 c Modell 1 Auflichtmodus

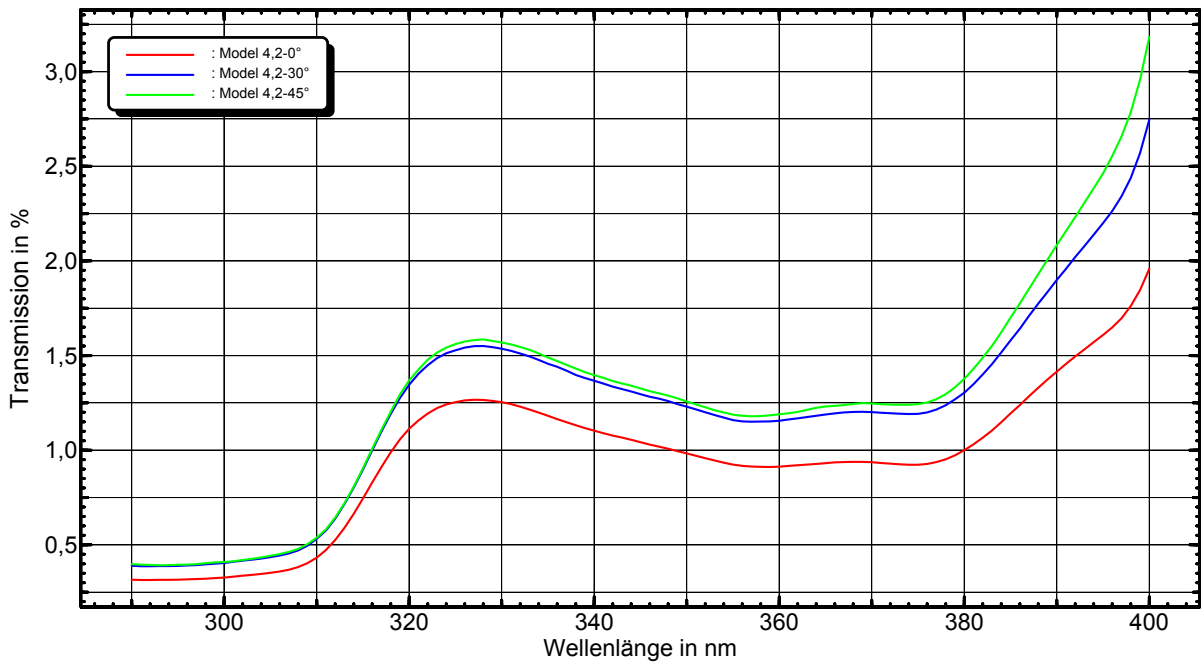


Abb. 8.11 a Transmission von Modell 4.2 in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels

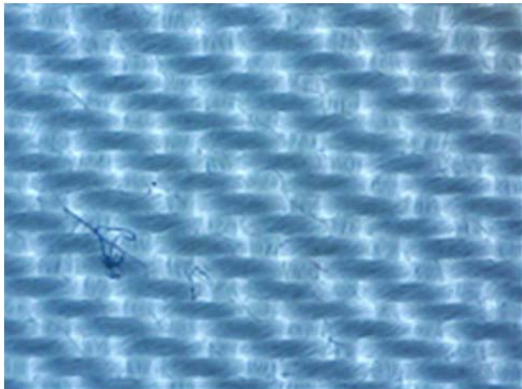


Abb. 8.11 b Modell 4.2 Durchlichtmodus



Abb. 8.11 c Modell 4.2 Auflichtmodus

Diskussion der Messergebnisse:

In der Tabelle 8.6 wird deutlich, dass eine starke Abhängigkeit des UV-Schutzfaktors von dem Einstrahlwinkel auf die Textilmaterialien besteht. Die Ergebnisse zeigen bei einer Vergrößerung des Einstrahlwinkels in den meisten Fällen eine Zunahme des UPF. Dies wird besonders bei Modell 1 deutlich, bei dem bei direkter Einstrahlung (0 Grad) ein UPF von 64,1 bestimmt wurde. Durch eine Verschiebung des Einstrahlwinkels auf 45 Grad steigt der UPF auf 506,3 an, was einer Erhöhung um den Faktor 7,9 entspricht.

Bei den verschiedenen Modellen lagen unterschiedliche Gewebestrukturen vor, die wiederum auch einen bedeutenden Einfluss auf den UPF hatten. Nicht bei allen Proben lag ein so starker Erhöhungsfaktor wie bei Modell 1 vor, tendenziell zeigte sich aber eine ähnliche Abhängigkeit wie bei Modell 1. Dies kann auf die webartbedingte

Maschendichte und Fadenstärke zurückgeführt werden. Bei Modell 4.2 ist aufgrund der Gewebestruktur die Abhängigkeit des UPF vom Einstrahlwinkel nicht stark ausgeprägt.

Die Reproduzierbarkeit der Messungen ist kritisch zu betrachten. Selbst bei gleichen Mess- und Umgebungsbedingungen konnte trotz starker Sorgfalt keine Abweichung unter 20 % erreicht werden. Größere Abweichungen (bis 60 %) traten bei Neufixierung der Probe in der Halterung auf.

Die Proben wurden so eingespannt, dass die Ausrichtung der Gewebestruktur gleich der normalen Ausrichtung beim Tragen des Textils entspricht. Ein gänzlich anderes Verhalten konnte durch das Verdrehen der Probe um 90 Grad beobachtet werden. Beispielsweise wurde bei Modell 1 nach dem Verdrehen bei der Einstrahlung bei 30 Grad ein niedrigerer UV-Schutzfaktor ermittelt als bei senkrechter Einstrahlung.

Schlussfolgerung zum UPF-Bestimmungsverfahren

Anhand der Messergebnisse ist zu prüfen, ob normative Anforderungen hinsichtlich der Winkelabhängigkeit des UV-Schutzfaktors von textilen Bekleidungsstücken notwendig sind.

8.4 UPF-Bestimmungen fabrikneuer Oberbekleidung und nach Nutzung über eine Sommersaison nach UV-Standard 801

Durch das Textilforschungsinstitut Hohenstein erfolgten Messungen der UV-Schutzfaktoren UPF an ausgewählten Oberbekleidungstextilien nach dem UV-Standard 801 (Prüfberichte: Anh. B.4, Abb. 5 a-f und Abb. 6 a-f).

Eine erste Messreihe erfolgte an Textilmaterial im fabrikneuen Zustand von im Handel erhältlichen T-Shirts und Poloshirts (Modelle 1, 2, 5, 6_2, 6_5, 7_2 aus Tab. 8.1). Es handelte sich um Modelle aus Polyester (PES) mit ausgewiesenem UPF (Modell 1, 2) sowie um Modelle aus 100 % Baumwolle (BW: Modelle 5, 6_2) bzw. Mischgeweben mit Viskose (VIS: Modell 6_5) oder mit Polyester (Modell 7_2).

Eine zweite Messreihe wurde an Textilmaterial der T-Shirts und Poloshirts durchgeführt, die über eine Sommersaison regelmäßig von im Freien Beschäftigten im Rahmen des UV-Monitoring an Oberbekleidungstextilien in diesem Forschungsprojekt getragen wurden (Modelle 1, 2, 3, 4_1, 4_2, 5; vgl. Kap. 9).

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 8.7 und 8.8 zusammengefasst.

Tab. 8.7 UPF-Werte (nach UV-Standard 801) von fabrikneuen Oberbekleidungstextilien sowie Material, Flächendichte und Farbe – von typischen Materialien und Modellen, wie am Arbeitsplatz im Freien getragen

		Messwerte nach UV-Standard 801										Textil-Spezifikation					
Modell-Nr.	UPF	AS/NZS	UVA %	UVB %	neu	neu, -feucht-	ge-scheuert	ge-scheuert -feucht-	ge-waschen	ge-waschen -feucht-	UPF (Label)	Material	Flächengewicht in g/m ²	Farbe	Typ	Hersteller (Herst.-Nr.)	
1	30	52.0	2.25	1.88	36.1	44.4	48.2	51.0	43.3	43.8	40+	100% PES	230	dk-blau	Polo -kurz-	Brecht-profashion	
2	10	20.1	5.65	4.85	14.9	16.5	15.4	18.2	14.6	16.4	15+	100% PES	174	dk-blau	T-Shirt -kurz- -Römer-	Brecht-profashion	
5	10	71.9	1.63	1.41	21.5	32.6	13.2	18.6	20.5	28.2	-	100% BW	170	Rot	T-Shirt -kurz-	HAKRO (288)	
6_2	15	43.6	3.18	2.23	23.2	22.6	17.2	16.7	22.4	29.1	-	100% BW	199	Grau	T-Shirt -kurz-	HAKRO (293)	
6_5	10	39.9	3.44	2.36	15.4	16.5	14.8	15.0	15.0	17.1	-	85%BW, 15%Vis	174	Grau	T-Shirt -kurz-	HAKRO 292	
7_2	15	61.2	3.63	1.39	21.3	16.7	24.5	19.1	28.6	20.5	-	85%BW, 15%PES	221	Grau	Polo -lang-	HAKRO 809	

Untersuchungsspezifizierung (UV-Standard 801)

– **Kürzel:**
 UPF niedrigste UPF
 AS/NZS Screening (australisch/neuseeländische Norm AS/NZS 4399:1996)
 UVA % UVA-Transmission [%]
 UVB % UVB-Transmission [%]
 neu neu, gespannt
 neu, feucht neu, gespannt und befeuchtet
 gescheuert scheuerbelastet, gespannt
 gescheuert, feucht scheuerbelastet, gespannt und befeuchtet
 gewaschen gewaschen, gespannt
 gewaschen, feucht gewaschen, gespannt und befeuchtet

Tab. 8.8 UPF-Werte (nach UV-Standard 801) von Oberbekleidungstextilien sowie Material, Flächendichte und Farbe – nach Nutzung über eine Sommersaison am Arbeitsplatz im Freien (im UV-Personenmonitoring mit Oberbekleidungstextilien im Forschungsvorhaben, s. Kap. 9)

Modell-Nr.	Messwerte nach UV-Standard 801										Textil-Spezifikation					
	UPF	AS/NZS	UVA %	UVB %	wie geliefert	wie geliefert, -feucht-	ge-scheuert	ge-scheuert -feucht-	ge-waschen	ge-waschen -feucht-	UPF (Label)	Material	Flächengewicht in g/m ²	Farbe	Typ	Hersteller (Herst.-Nr.)
1	80	>80	0.67	0.51	>80	>80	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	40+	100% PES	230	dk-blau	Polo -kurz-	Brecht-profashion
2	15	22.9	4.95	4.26	15.1	15.9	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	15+	100% PES	174	dk-blau	T-Shirt -kurz- -Römer-	Brecht-profashion
3	80	>80	1.04	0.42	>80	>80	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	40+	100% PES	194	orange	Polo -lang-	TEMPEX
4_1	40	73.8	1.77	1.29	45	50.4	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	40+	100% PES	206	schwarz	Polo -lang-	BP
4_2	80	>80	1.21	0.37	>80	>80	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	60+	100% PES	215	weiß	Polo -lang-	BP
5	30	>80	0.71	0.63	38	>80	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	-	100% BW	170	Rot	T-Shirt -kurz-	HAKRO (288)

Kürzel:

UPF
AS/NZS
UVA %
UVB %
wie geliefert
wie geliefert, feucht
n. d.

Untersuchungsspezifizierung:

niedrigste UPF
Screening (australisch/neuseeländische Norm AS/NZS 4399:1996)
UVA-Transmission [%]
UVB-Transmission [%]
gespannt, im Zustand wie geliefert (nach Nutzung über eine Sommersaison)
gespannt und befeuchtet, im Zustand wie geliefert
no data

8.5 „Quasi-in-vivo“-Untersuchung der UV-Expositionsreduktion durch UV-Funktionstextilien und herkömmliche Textilien mit PSF-Dosimetern als „künstlicher Haut“ am Solarsimulator – in Analogie zur LSF-Bestimmung

Um die tatsächliche UV-Expositionsreduktion durch Textilien an der Haut mit den genormten in-vitro-Untersuchungen vergleichen zu können, sollten dazu in Relation in-vivo-Messungen erfolgen, die in Analogie zur in-vivo-Bestimmung des LSF von Sonnenschutzcremes durchgeführt werden sollten.

Dabei wurde wie bei den genormten Messungen die senkrechte Einstrahlung (Einfallswinkel gegen das Lot 0 Grad) betrachtet. Dieser Zustand wird aber nur im Schulterbereich realisiert. Für diesen Fall liegt das Textilmaterial auf Kontakt mit einem Abstand $d = 0$ mm an der Haut an.

Am Körper, im Rücken und Bauchbereich, fällt die Strahlung je nach Sonnenstand im saisonalen sowie im Tagesgang schräg ein, aber nie unter einem Einfallswinkel von 0 Grad. Deshalb wurde die UV-Expositionsreduktion bei einem Strahleinfallswinkel von 45 Grad als mittlerer Einfallswinkel auf diese Körperareale ebenfalls in die Untersuchung einbezogen.

Typischerweise wird im Sommer selten eng anliegende Kleidung getragen, da das eine geringere Hautdurchlüftung zulässt. Es wird eher eine lockere, luftige Oberbekleidung für körperliche Arbeit im Freien gewählt. Deshalb wurden die Messungen zur UV-Expositionswirkung und deren Reduktion neben einem Abstand $d = 0$ mm auch in einem Abstand $d = 12$ mm gemessen, sowohl bei senkrechtem Einfall von 0° als auch für einen Einfallswinkel von 45° . Es sollten so realitätsnahe Vergleichsdaten gewonnen werden, da die genormten Messdaten nur einem direkten Hautkontakt entsprechen.

Eine weitere typische Situation am Arbeitsplatz im Freien Beschäftigter ist der kurze, intensive Sommerschauer, gefolgt von Sonnenschein. Deshalb wurde durchfeuchtetes Textilmaterial, das direkt an der Haut (klebt) anliegt, in die Untersuchung einbezogen. In der DIN EN 13758-1 ist diese Situation für die UV-Schutzfaktorermittlung nicht vorgesehen. Beim UV-Standard 801 ist die UPF-Bestimmung von feuchtem Textil vorgesehen, da mit diesem Standard auch Badetextilien untersucht werden.

Unter dem o. g. Gesichtspunkt des bei warmem Wetter durch einen Sommerregen durchfeuchteten Oberbekleidungstextil (T-Shirt, Poloshirt usw.), das weiter getragen wird, sollte der UV-Schutzfaktor des durchnässt anliegenden Textils bei senkrechtem Einfall (Schulterbereich als Worst-case-fall) geprüft werden.

Selbst mit dem Sonnenerthemfaktor 7 des Solarsimulators am Dermolum UM und dadurch nur im Mittel 4 Minuten Expositionszeit für 1 MED bei Probanden des Hauttyps II, hätte das bei niedrigeren UPF-Werten von 30 bereits Bestrahlungsdauern von 150 min bedeutet (Die textilgeschützte MED ist mindestens um das 1,3fache zu überschreiten, um entsprechende Ablesungen der MED zu gewährleisten). Noch längere Zeiten unbewegt vor dem Solarsimulatoreingang zu sitzen, ist praktisch unmöglich und einem Probanden nicht zuzumuten.

Um für die Textilien mit höherem UPF quasi in-vivo-Messungen zu ermöglichen, wurde der Polysulfonfilm als „künstliche Haut“ verwandt. Die PSF-Dosimeter vor dem Solarsimulator „waren geduldig“. Begrenzt wurden die UV-Expositionen durch logistische Faktoren, wie Arbeitstagslänge und zur Verfügung stehende Anzahl von Unter-

suchungswochen für diese Messungen. Deshalb wurden Textilien mit sehr hohem UPF nur einmalig mit drei Simultanmesswerten untersucht.

8.5.1 Quantitative UPF-Bewertung mittels PSF-Dosimeter

Mit PSF-Dosimetern am Solarsimulator wurden die in Tabelle 8.1 aufgeführten Oberbekleidungstextilien im trockenen Zustand bei Kontakt ($d = 0$ mm) zwischen Textil und Dosimeterfilm bei senkrechtem Strahlungseinfall und bei Strahlungseinfall unter 45° untersucht. Unter denselben Einstrahlbedingungen erfolgten die Expositionen an PSF-Dosimetern im Abstand von 12 mm hinter dem Textil. Die durchfeuchteten Gewebe mit direktem Kontakt zum PSF wurden senkrecht durchstrahlt.

Die Ergebnisse der daraus ermittelten UV-Schutzfaktoren UPF (\pm STD aus drei bzw. neun Messwerten) wurden in Tabelle 8.9 gemeinsam mit den Textilparametern zusammengefasst.

8.5.2 Visuelle, qualitative UPF-Bewertung am Solarsimulator

Die Durchstrahlung des Textilmaterials der einzelnen Oberbekleidungsstücke am Solarsimulator bei senkrechter Durchstrahlung und unter 45° wies visuell – qualitativ – deutliche Unterschiede auf.

Diese Unterschiede wurden mittels Digitalkamera für eine visuelle, qualitative Einschätzung der Durchlässigkeit der Textilien für optische Strahlung und deren Homogenität erfasst (Anh. A.4, Tab. 1).

Visuell, in der subjektiven Einschätzung durch zwei unabhängige Beobachter (Tab. 8.10), erschienen die gewebten und gewirkten Materialien aus Polyester deutlich homogener in der Durchstrahlung als Baumwollfertigungen. Baumwoll-Mischgewebe mit Polyester zeigte gegenüber reinen Baumwolltextilien eine höhere Homogenität. Gleiches war, jedoch in geringem Maße, für das Mischgewebe mit Viskose festzustellen.

Eine Sortierung der untersuchten Textilien nach Flächendichte und dann nach den Materialien PES – BW/PES – BW/VIS – BW zeigte für diese Abfolge eine absinkende Homogenität. Bemerkenswert ist, dass das Absinken der subjektiv ermittelten Homogenität nicht mit einem parallelen Absinken des UPF gekoppelt ist.

Tab. 8.9 UV-Schutzfaktor UPF für erythem-effektive Strahlung am Solarsimulator mit PSF-Dosimetern als „künstlicher Haut“ aus dem Dosis-Verhältnis H_{PSF} (vor Textil) / H_{PSF} (hinter Textil) für trockenes sowie durchfeuchtetes Material mit 12 mm Abstand und bei Kontakt ohne Abstand, senkrecht durchstrahlt oder unter 45°

Modell	UPF (0°), d= 0 mm, trocken	UPF (0°), d= 12 mm, trocken	UPF (0°), d= 0 mm, durchfeuchtet	UPF (45°), d= 0 mm, trocken	UPF (45°), d= 12 mm, trocken	UPF (Label)	Material	Flächen- gewicht in g/m ²	Farbe	Typ	Hersteller (Herst.-Nr.)
1	192 ± 31					40+	100%PES	230	dk-blau	Polo, kurz	Brecht-profashion
2	55 ± 23	37 ± 8	55 ± 8	68 ± 18	74 ± 25	15+	100%PES	174	dk-blau	T-Shirt kurz, „Römer“	Brecht-profashion
3	281 ± 31					40+	100%PES	194	orange	Polo, lang	TEMPEX
4_1	166 ± 15					40+	100%PES	206	schwarz	Polo, lang	BP
4_2	400 ± 47					60+	100%PES	215	weiß	Polo, lang	BP
5	124 ± 31					-	100%BW	170	rot	T-Shirt kurz	HAKRO (288)
6_1	56 ± 17	56 ± 21		80 ± 16	100 ± 38	-	100%BW	169	blau	T-Shirt kurz	HAKRO (292)
6_2	51 ± 11	51 ± 12	164 ± 41	81 ± 19	103 ± 44	-	100%BW	199	grau	T-Shirt kurz	HAKRO (293)
6_3	289 ± 139					-	100%BW		olive	T-Shirt kurz	HAKRO (292)
6_4	438 ± 80					-	100%BW		weinrot	T-Shirt kurz	HAKRO (293)
6_5	65 ± 15	44 ± 14	50 ± 10	68 ± 12	140 ± 60	-	85%BW, 15%Vis	174	grau	T-Shirt kurz	HAKRO (292)
7_1						-	100%BW		dk-blau	Polo, lang	HAKRO (809)
7_2	56 ± 15	50 ± 12	37 ± 9	73 ± 10	87 ± 16	-	85%BW, 15% PES	221	grau	Polo, lang	HAKRO (809)
7_3	82 ± 7					-	85%BW, 15% PES		grau	Polo, kurz	HAKRO (800)
7_4	469 ± 317					-	100%BW	203	blau	Polo, lang	HAKRO (809)
7_5	370 ± 174					-	100%BW	230	blau	Polo, kurz	HAKRO (800)
8_1	231 ± 66					-	100%PES	174	leucht-orange	kurz, o. Kragen	SIOEN 2666A2MC1
8_2	482 ± 98					-	100%PES	194	leucht-gelb	kurz, o. Kragen	SIOEN 2666A2
9_1	671 ± 294					-	100%PES	206	leucht-orange	Polo, kurz	SIOEN 2669A2
9_2	454 ± 30					-	100%PES	215	leucht-gelb	Polo, kurz	SIOEN 2669A2
10_(+)	128 ± 34	114 ± 24	60 ± 22	413 ± 368	425 ± 545	-	100%BW	170	dk-blau	T-Shirt kurz; langzeit- getragen (Bau)	SHIRTIERIE
10_(-)	112 ± 29	119 ± 26		241 ± 124	372 ± 197						

Anmerkung Die hohen Schwankungen der grau hinterlegten Messungen aus nur drei Werten (s. o.) rühren offensichtlich von den hohen Gewebehomogenitäten her (vgl. unten und Anh. A.4, Tab. 1).

Tab. 8.10 Subjektiv bewertete Homogenität der Transmission von T-Shirts und Poloshirts, senkrecht durchstrahlt oder unter 45° – mit qualitativem Zusammenhang zu Textilmaterialtyp und Flächendichte und ohne eindeutigen Zusammenhang zu UPF-Messdaten

Modell	Textilparameter			UPF (PSF-Messungen)		Untersucher 1		Untersucher 2	
	Material	Flächen-gewicht in g/m ²	Farbe	UPF (0°), d= 0 mm, trocken	UPF (45°), d= 0 mm, trocken	Homogenität 0°	Homogenität 45°	Homogenität 0°	Homogenität 45°
1	100%PES	230	dk-blau	192 ± 31		-	+	+	+
4_2	100%PES	215	weiß	400 ± 47		+	+	++	++
9_2	100%PES	215	leucht-gelb	454 ± 30		+(+)	++	+	+
4_1	100%PES	206	schwarz	166 ± 15		--	+	-	-
9_1	100%PES	206	leucht-	671 ± 294		+(+)	++	+	+
3	100%PES	194	orange	281 ± 31		+	+	+	+
8_2	100%PES	194	leucht-gelb	482 ± 98		+	++	+	+
2	100%PES	174	dk-blau	55 ± 23	68 ± 18	+	-	+	+
8_1	100%PES	174	leucht-	231 ± 66		++	+	+	+
7_3	85%BW, 15%PES	n. d.	grau	82 ± 7		+	+	-	-
7_2	85%BW, 15%PES	221	grau	56 ± 15	73 ± 10	+	+	-	-
6_5	85%BW, 15%Vis	174	grau	65 ± 15	68 ± 12	-	--	-	-
7_5	100%BW	230	blau	370 ± 174		+	+	--	-
7_4	100%BW	203	blau	469 ± 317		+	+	--	-
6_2	100%BW	199	grau	51 ± 11	81 ± 19	--	--	-	-
5	100%BW	170	rot	124 ± 31		+	--	--	--
10_(+)	100%BW	170	dk-blau	128 ± 34	413 ± 368	-	-	-	-
10_(-)	100%BW	170	dk-blau	112 ± 29	241 ± 124	-	-	-	-
6_1	100%BW	169	blau	56 ± 17	80 ± 16	--	-	--	--
6_3	100%BW	n. d.	olive	289 ± 139		-	--	--	-
6_4	100%BW	n. d.	weinrot	438 ± 80		--	--	--	--
7_1	100%BW	n. d.	dk-blau	n. d.		+	+	--	-

++ sehr homogen; + homogen, - inhomogen, -- sehr inhomogen (vgl. Anh. A.4, Tab. 1)

8.6 „In vivo“-Untersuchung der UV-Expositionsreduktion durch Textilien an der Haut am Solarsimulator – in Analogie zur LSF-Bestimmung DIN EN ISO 24444

Die Untersuchungen zur Bestimmung der UV-Expositionsreduktion durch Textilien an der Haut in vivo waren auf vier Oberbekleidungsmodelle beschränkt. Hintergrund waren die unter Kap. 8.5 bereits genannten „logistischen“ Probleme. Aus den Untersuchungen mit den PSF-Dosimetern lagen die UPF-Werte für die Modelle 1 bis 10 vor. Daraus konnte abgeleitet werden, dass die geplanten in-vivo-Untersuchungen exemplarisch auf die ausgewählten Modelle 2 (100 % PES), 6_2 (100 % BW), 6_5 (85 % BW, 15 % VIS) und 7_2 (85 % BW, 15 % PES) beschränkt bleiben mussten. Erforderten UPF-Werte von 30 bei trockenem Textilmaterial und senkrechter Bestrahlung bereits über 150 min Expositionszeit am Probanden (deshalb wurden bereits nur Probanden des Hauttyps II und keine unempfindlicheren eingeschlossen), so erforderten die Untersuchungen mit Einstrahlung unter 45° auf die textilgeschützte Haut Bestrahlungszeiten bis zu 3 Stunden. Das war die oberste Grenze dessen, was den Probanden zugemutet werden konnte.

Die Ergebnisse mit den Textilparametern sind in Tabelle 8.11 zusammengefasst dargestellt.

Tab. 8.11 Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF an der Haut in vivo – in Analogie zur DIN EN ISO 24444 – für trockenes so- wie durchfeuchtetes Material mit 12 mm Abstand und bei Kontakt ohne Abstand, senkrecht durchstrahlt oder unter 45°

Modell	UPF (0°), d= 0 mm, trocken	UPF (0°), d= 12 mm, trocken	UPF (0°), d= 0 mm, durchfeuchtet	UPF (45°), d= 0 mm, trocken	UPF (45°), d= 12 mm, trocken	UPF (Label)	Material	Flächen- gewicht in g/m ²	Farbe	Typ	Hersteller (Herst.-Nr.)
2	27 ± 10	33 ± 9	18 ± 6	88 ± 24	108 ± 16	15+	100%PES	174	dk-blau	T-Shirt kurz, „Römer“	Brecht- profashion
6_2	35 ± 10	53 ± 19	53 ± 7	86 ± 14	79 ± 10	–	100%BW	199	Grau	T-Shirt kurz	HAKRO (293)
6_5	31 ± 6	52 ± 15	35 ± 17	66 ± 17	102 ± 20	–	85%BW, 15%Vis	174	Grau	T-Shirt kurz	HAKRO (292)
7_2	33 ± 14	42 ± 13	29 ± 5	83 ± 29	82 ± 12	–	85%BW, 15%PES	221	Grau	Polo, lang	HAKRO (809)

8.7 Gesamtbewertung der angewandten Verfahren zur in-vitro- und zur in-vivo-Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF von typischen an Arbeitsplätzen im Freien genutzte Oberbekleidungstextilien

Die Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF nach DIN EN 13758-1 bildet die Situation für fabrikneues, nicht gespanntes Textilmaterial mit direktem Hautkontakt bei senkrechter Durchstrahlung durch die Sonne ab. Der UV-Standard 801 erfasst dieselbe Situation, jedoch wird mit zusätzlichen Untersuchungen für gedehntes Material und für das Material nach Waschzyklen bzw. nach Scheuerbelastung jeweils im trockenen und im feuchten Zustand der Textilprobe eine erhöhte Realitätsnähe simuliert.

Zusätzlich zu diesen standardisierten Laborprüfungen (in einer Euro-Norm bzw. einem prüfgemeinschaftsinternen Standard) zur Bestimmung der UV-Schutzfaktoren wurden die Einflüsse des Einfallswinkels auf das Textilmaterial untersucht. Einerseits ist der senkrechte Sonneneinfall auf das T-Shirt/Poloshirt am Arbeitsplatz die Ausnahme, andererseits zeigten die Voruntersuchungen eine deutliche Anisotropie für die Homogenität der Textiltransmissionen (s. Kap. 8.3.3 und 8.5.2).

In den zusätzlichen quasi-in-vivo- sowie in-vivo-Untersuchungen wurde auch der Einfluss von direktem Hautkontakt des Textils gegenüber einem Abstand von 12 mm zwischen Textil und Haut betrachtet.

Wie auch beim UV-Standard 801 erfolgten auch Messungen zum Einfluss einer Durchfeuchtung des Textils gegenüber dem trockenen Zustand auf das UV-Schutzverhalten. Dabei wurde mit einem Abstand $d = 0$ mm die Situation eines nach Regenguss an der Haut klebenden Textils nachgebildet.

Insgesamt war für den Vergleich aller durchgeführten Bewertungen zur UV-Expositionsreduktion durch textilen Sonnenschutz für die Haut festzustellen, dass es in den Absolutwerten für den UV-Schutzfaktor UPF deutliche Unterschiede gibt (Tab. 8.12 a).

Während bei der Untersuchung nach DIN EN 13758-1 nur die spektrale Transmission von fabrikneuem Material bewertet wurde, wurde bei der Bewertung nach UV-Standard 801 der niedrigste Wert aus allen darin eingeschlossenen Untersuchungen berücksichtigt. Die Untersuchungen nach UV-Standard 801 beinhalten Textilbelastungen wie dehnen, scheuern, waschen. Das erklärt – insbesondere durch das Dehnen des Textils beim Messen – die durchgängig niedrigeren Werte für den UPF beim UV-Standard 801. Da die Homogenität der transmittierten Strahlung deutlich textilmaterialabhängig ist, sind die Relationen für die UPF-Werte zwischen den Textilien auch in gewissem Maße unterschiedlich. So brachten wiederholte Messungen an unverändert eingespanntem Material Schwankungen von ≈ 20 %, Neueinspannungen des Textils bei unveränderter Ausrichtung Messwertänderungen bis zu 60 %.

Diese Tatsache wirkte sich offensichtlich auch zwischen den Textilmaterialien bei den weiter durchgeführten Untersuchungen aus.

Polyester(PES)-Materialien änderten, bei senkrechter Durchstrahlung und gespanntem Zustand verglichen mit Baumwolle (BW)- bzw. BW-Misch-Geweben, den UV-Schutzfaktor in geringerer Form, etwa bis zum halben Wert. Demgegenüber reduziert sich dabei der UV-Schutzfaktor bei 100 % BW auf etwa ein Drittel.

Während bei reinem Baumwollmaterial der UV-Schutzfaktor im feuchten Zustand (möglicherweise durch ein Quellen der Fasern) bis zu 50 % anstieg, führte dieser Zustand bei PES-Material bzw. BW/PES-Mischgewebe zu einem Absinken des UV-Schutzfaktors.

Die UV-Schutzwerte von Oberbekleidungsmaterial ungespannt mittels PSF-Dosimeter bestimmt, lagen absolut betrachtet etwa doppelt so hoch, wie bei an der Haut in vivo bestimmten UV-Schutzfaktoren. Dabei hatten die Probanden die T-Shirts/Poloshirts übergezogen, wodurch eine gewisse Spannung des Materials gegeben war. Im Absolutniveau korrespondieren diese Werte mit denen, die über den UV-Standard 801 bestimmt wurden und ebenfalls Messungen an gedehntem Material beinhalteten.

Auch wenn die Absolutwerte zwischen „quasi-in-vivo“-Messung und in-vivo-Messung sich dem entsprechend unterschieden, so sind die Relationen zwischen den Materialien dieselben.

Gleiches gilt für die Relationen zwischen den UV-Schutzfaktoren, die bei direktem Kontakt an der Haut mit $d = 0$ mm und auf Abstand mit $d = 12$ mm ermittelt wurden. Während auf Abstand für PES-Material und BW/PES-Mischgewebe der UPF-Wert nicht oder bis 20 % höher lag, war der Schutzfaktor bei BW-Material um 50 % höher.

Bei den Untersuchungen zum Einfluss des Einfallswinkels der Strahlung auf das Textilmaterial war zwischen senkrechter Einstrahlung mit 0° und Einstrahlung unter 45° durchgängig eine deutliche bis ums mehrfache ansteigende UV-Schutzwirkung zu verzeichnen (vgl. Kap. 8.3.3). Bei PES kommt es, abhängig ob gewebt oder gewirkt, bei 30° Einfallswinkel der Strahlung zu nur unwesentlicher Erhöhung des UPF bzw. einem moderaten Anstieg.

Erst bei 45° kommt es aber insbesondere bei gewirktem Material zu einem Anstieg. Diese Einflüsse sind aber darüber hinaus azimut-abhängig, was die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Messergebnisse innerhalb und zwischen den Methoden schwierig machte. So kam es bei Modell 1 (PES gewirkt) Drehung der Einspannrichtung um 90° unter einem Einstrahlwinkel von 30° gegenüber senkrechter Einstrahlung zu einem Absinken des UPF (also winkelabhängigen Kanälen durch das Textil).

Diese Einflussfaktoren müssten in der Standardisierung der UV-Schutzfaktoren von Textilien auch Berücksichtigung finden.

Abschließend kann eingeschätzt werden, dass die nach DIN EN 13758 ermittelten UV-Schutzfaktoren an typischen T-Shirts und Poloshirts, wie sie von im Freien Beschäftigten an Arbeitsplätzen getragen werden, mit UPF-Werten von ≥ 50 den in Kapitel 7.3 abgeleiteten Mindest-Schutzkriterien für unsere mitteleuropäische Region entsprechen. Ausgenommen werden muss das PES-T-Shirt mit UPF-Label 15 (Modell 2), das auch keine größeren UV-Schutzwerte auswies.

Für Außenbeschäftigte in Regionen mit deutlich höherer Erythemwirksamkeit der Sonnenstrahlung in Äquatornähe würden langärmelige Oberbekleidungskomponenten in der Art der UV-Schutz-Berufsbekleidung (Modelle 3 und 4) einen entsprechenden Schutz bieten.

Tab. 8.12 a Übersicht zu den UPF-Untersuchungen an Oberbekleidungstextilien in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel (0°, 30°, 45°) bzw. der Einstrahlung auf und durch die Textilien am Arbeitsplatz über 18 Wochen

Modell (Tab. 8.1)	Textilparameter (Kap. 8.1.3)			DIN EN 13758	UV-Standard 801 (UPF 0°) (Kap. 8.4)			18 Wochen Arbeitsplatz (Kap. 9)		„künstliche Haut“ PSF (Kap. 8.5)						an der Haut analog DIN EN ISO 24444 (Kap. 8.6)					
	Material	Flächen- gewicht in g/m ²	Farbe		Typ	NEU		nass	tro- cken	nass	UPF (PSF) vor/hinter Textil	UPF(0°) 0 mm trocken	UPF(0°) 12 mm trocken	UPF(0°) 0 mm nass	UPF(45°) 0 mm trocken	UPF(0°) 0 mm trocken	UPF(0°) 12 mm trocken	UPF(0°) 0 mm nass	UPF(45°) 0 mm trocken	UPF(45°) 12 mm trocken	UPF(45°) 0 mm trocken
1	100%PES	230	dk-blau	Polo, kz	83	43 ± 6	46 ± 4	>80	>80	180±86	192 ± 31	55 ± 23	37 ± 8	55 ± 8	68 ± 18	74 ± 25	27 ± 10	33 ± 9	18 ± 6	88 ± 24	108 ± 16
2	100%PES	174	dk-blau	T-Shirt kz „Römer“	25	15 ± 0	17 ± 1	15.1	15.9	69±42	55 ± 23	37 ± 8	74 ± 25	55 ± 8	68 ± 18	74 ± 25	27 ± 10	33 ± 9	18 ± 6	88 ± 24	108 ± 16
3	100%PES	194	orange	Polo, Ig	103			>80	>80	216±39	281 ± 31										
4_1	100%PES	206	schwarz	Polo, Ig	59			45	50.4	132±26	166 ± 15										
4_2	100%PES	215	weiß	Polo, Ig	156			>80	>80	346±245	400 ± 47										
5	100%BW	170	rot	T-Shirt kz	99	18 ± 5	27 ± 7	38	>80	101±27	124 ± 31										
6_1	100%BW	169	blau	T-Shirt kz	77						56 ± 17	56 ± 21									
6_2	100%BW	199	grau	T-Shirt kz	132	21 ± 3	23 ± 6				51 ± 11	51 ± 12	164 ± 41	181 ± 19	103 ± 44	35 ± 10	53 ± 19	53 ± 7	86 ± 14	79 ± 10	
6_3	100%BW		olive	T-Shirt kz	104						289±139										
6_4	100%BW		weinrot	T-Shirt kz	324						438 ± 80										
6_5	85%BW 15%Vis	174	grau	T-Shirt kz	48	15 ± 0	16 ± 1				55 ± 15	44 ± 14	50 ± 10	68 ± 12	140 ± 60	31 ± 6	52 ± 15	35 ± 17	66 ± 17	102 ± 20	
7_1	100%BW		dk-blau	Polo, Ig	139																
7_2	85%BW 15%PES	221	grau	Polo, Ig	75	25 ± 4	19 ± 2				56 ± 15	50 ± 12	37 ± 9	73 ± 10	87 ± 16						
7_3	85%BW 15%PES		grau	Polo, kz	55						32 ± 7										
7_4	100%BW	203	blau	Polo, Ig	342						469 ± 317										
7_5	100%BW	230	blau	Polo, kz	80						370 ± 174					33 ± 14	42 ± 13	29 ± 5	83 ± 29	82 ± 12	
8_1	100%PES	174	leucht- orange	kz, o. Kragen	154						231 ± 66										
8_2	100%PES	194	leucht- gelb	kz, o. Kragen	152						482 ± 98										
9_1	100%PES	206	leucht- gelb	Polo, kz	121						571 ± 294										
9_2	100%PES	215	leucht- gelb	Polo, kz	161						454 ± 30										
10_(+)				T-Shirt kz;	59						128 ± 34	114 ± 24	60 ± 22	413 ± 368	425 ± 545						
10_(-)	100%BW	170	dk-blau	lang ge- tragen (Bau)							112 ± 29	119 ± 26	241 ± 124	372 ± 197							

Textil: nass = durchfeuchtet; NEU = fabriknneu; 18 Wochen = getragen 18 Wochen bei Arbeit im Freien

Tab. 8.12 b Übersicht zu Untersuchungen des UPF der Oberbekleidungstextilien in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel (0° , 30° , 45°) bzw. der Einstrahlung im Arbeitsalltag aus dem Halbraum auf das Textil und durch das Textil

Modell Tab.8.1	Textilparameter			DIN EN 13758-1 (Kap. 8.3.2)	Solarsimulator + PSF (Kap. 8.5)		Solarsimulator an Haut -analog DIN EN ISO 24444- (Kap. 8.6)		Abhängigkeit vom Einfallswinkel UPF analog DIN EN 13758-1 (Kap. 8.3.3)			UPF aus PSF-Dosimetrie am Textil 18 Wochen Arbeitsplatz
	Material	Flächen- gewicht in g/m ²	Farbe		Typ	UPF(0°)	UPF(45°)	UPF(0°)	UPF(45°)	UPF(0°)	UPF(30°)	
1	100%PES	230	dk-blau	Polo, kz	83	192 ± 31	27 ± 10	88 ± 24	64,1	155,5	506,3	180±86
2	100%PES	174	dk-blau	T-Shirt, kz „Römer“	25	55 ± 23	80 ± 16	88 ± 24	23,5	26,0	46,9	69±42
3	100%PES	194	orange	Polo, lg	103	281 ± 31	81 ± 19		127,5	130,8	246,9	216±39
4_1	100%PES	206	schwarz	Polo, lg	59	166 ± 15			45,8	60,6	252,4	132±26
4_2	100%PES	215	weiß	Polo, lg	156	400 ± 47			176,7	143,7	141,2	346±245
5	100%BW	170	rot	T-Shirt kz	99	124 ± 31			114,2	146,7	410,0	101±27
6_1	100%BW	169	blau	T-Shirt kz	77	56 ± 17	80 ± 16					
6_2	100%BW	199	grau	T-Shirt kz	132	51 ± 11	81 ± 19	86 ± 14				
6_3	100%BW		olive	T-Shirt kz	104	289 ± 139						
6_4	100%BW		weinrot	T-Shirt kz	324	438 ± 80						
6_5	85%BW 15%Vis	174	grau	T-Shirt kz	48	65 ± 15	68 ± 12	66 ± 17				
7_1	100%BW		dk-blau	Polo, lg	139							
7_2	85%BW 15%PES	221	grau	Polo, lg	75	56 ± 15	73 ± 10					
7_3	85%BW 15%PES		grau	Polo, kz	55	82 ± 7						
7_4	100%BW	203	blau	Polo, lg	342	469 ± 317						
7_5	100%BW	230	blau	Polo, kz	80	370 ± 174			33 ± 14			
8_1	100%PES	174	leucht- orange	kz., o. Kragen	154	231 ± 66						
8_2	100%PES	194	leucht- gelb	kz., o. Kragen	152	482 ± 98						
9_1	100%PES	206	leucht- orange	Polo, kz	121	671 ± 294						
9_2	100%PES	215	leucht- gelb	Polo, kz	161	454 ± 30						
10_(+)	100%BW	170	dk-blau	T-Shirt, kz langzeit (Bau)	59	128 ± 34	413 ± 368					
10_(-)						112 ± 29	241 ± 124					

9 Untersuchung der Effektivität individueller Schutzkomponenten zur Reduktion solarer UV-Expositionen von Haut und Augen an Arbeitsplätzen im Freien

Individuelle Schutzkomponenten zur Reduktion solarer UV-Expositionen von Haut und Augen am Arbeitsplatz von Außenbeschäftigten sind notwendig, da mit organisatorischen und technischen Mitteln eine durchgängige Expositionsreduktion kaum gewährleistet werden kann.

Eine konsequente Nutzung von Oberbekleidungstextilien in sonnenintensiver Jahreszeit bietet mit den meisten gängigen T-Shirts und Polo-Shirts bei der Sonnenintensität in unseren geografischen Breiten in Mitteleuropa einen ausreichenden Schutz (vgl. Kap. 7.3 und 8.7).

Wesentlich für den UV-Schutz von Haut und Augen ist aber, dass diese individuellen Schutzkomponenten auch genutzt werden!

Das setzt voraus, dass bei ausreichender UV-Schutzwirkung auch ein Tragekomfort gegeben ist, der die Nutzung auch bei körperlicher Tätigkeit akzeptabel erscheinen lässt. Weiterhin muss der Schutz für Gesicht und Augen durch Kopfbedeckungen sowie Blend- und UV-Schutz am Auge durch Sonnenschutzbrillen sicher gestellt sein.

9.1 Modelle der UV-Schutzbekleidung – Oberbekleidung, Kopfbedeckung, Sonnenschutzbrillen

Es erfolgten Felduntersuchungen zum subjektiven Tragekomfort und zur personendosimetrischen Bewertung der UV-Schutzeffektivität folgender individueller Schutzkomponenten:

- Haut-UV-Schutz am Körper: T-Shirts, Polo-Shirts, langärmelig und kurzärmelig
- Haut- und Augen-UV-Schutz im Kopfbereich ohne Helmpflicht: Mützen, Hüte
- Haut- und Augen-UV-Schutz im Kopfbereich mit Helmpflicht
- UV- und Blendschutz: Sonnenschutzbrillen am Arbeitsplatz.

Oberbekleidung

Für den Test des Tragekomforts mit kurzer Dauer über einen bzw. zehn Tage kamen die T-Shirt- und Polo-Shirt-Modelle 1 bis 9 (siehe Tab. 8.1 und Anh. B.4, Tab. 1 a-v) zum Einsatz.

Eine Langzeituntersuchung zum Tragekomfort und zur personendosimetrisch kontrollierten UV-Schutzeffektivität am Arbeitsplatz über 18 Wochen erfolgte mit den T-Shirt- und Polo-Shirt-Modellen 1 bis 5 (siehe Tab. 8.1 grün markiert und Abb. 9.1).



Abb. 9.1 Palette der individuellen UV-Schutzkomponenten für Beschäftigte an solar exponierten Arbeitsplätzen zur Untersuchung des Tragekomforts und der UV-Schutzeffektivität über 18 Wochen im Sommerhalbjahr 2011 – bestehend aus: Oberbekleidung, Kopfbedeckung und Sonnenschutzbrille

Kopfbedeckung

Ohne Helmpflicht:

Für den Test des Tragekomforts über kurze Nutzungsdauer über einen Tag bzw. zehn Tage sowie für den Langzeittest über 18 Wochen kamen fünf Modelle von Mützen bzw. Hüten (siehe Tab. 9.8) zum Einsatz:

- Fischermütze
- Sun Cap
- Strohhut
- Ranger Hut
- Cricket Hut.

An diesen Modellen erfolgten auch die personendosimetrischen Messungen zur UV-Schutzeffektivität am Arbeitsplatz.

Mit Helmpflicht:

Für die analogen Untersuchungen an Arbeitsplätzen im Freien mit Helmpflicht kamen die folgenden vier Modelle (siehe Tab. 9.9) zum Einsatz:

- Schutzhelm (Standard)
- Schutzhelm mit Nackenschutz Tuch
- Schutzhelm mit aufgesetztem Blendring
- Schutzhelm mit (integriertem) umlaufenden Schutzrand.

Sonnenschutzbrillen

Aus den Untersuchungen zu Sonnenschutzbrillen der BAuA Dortmund (vgl. Kap. 10.3) wurde ein Modell (Fa. Atlas, Dortmund) gewählt. Dieses Modell wurde über die Dauer der Langzeituntersuchung zu den individuellen UV-Schutzkomponenten von den Probanden getragen (s. Abb. 9.1).

Die Auswertung zu den Nutzungseigenschaften und den Tragekomfort wurden in Kapitel 10.4 zusammengefasst.

9.2 Studiendesign

9.2.1 Personendosimetrische Messungen zur Effektivität von UV-Schutzkomponenten am Arbeitsplatz im Freien und Kurzzeituntersuchung zur Tragekomfortbewertung individueller Schutzkomponenten

9.2.1.1 Bewertung des Tragekomforts für Oberbekleidung, Kopfbedeckung und Sonnenschutzbrille

Es erfolgten zwei Querschnittsuntersuchungen zur individuellen Bewertung des Tragekomforts der o. g. Oberbekleidungskomponenten, Kopfbedeckungen und einer Sonnenschutzbrille (s. Kap. 9.1) als personenbezogene UV-Schutzkomponenten für im Freien beschäftigte Arbeitnehmer.

Zur individuellen Bewertung des Tragekomforts erfolgte im August 2010 über eine Testperiode das Tragen von Sonnenschutzbekleidungskomponenten bestehend aus:

- T-Shirt bzw. Poloshirt
- Helm (bei Helmpflicht), sonst Mütze oder Hut
- Sonnenschutzbrille.

Die Tragedauer dieser Kurzzeituntersuchungen betrug

- einen Tag
bzw.
- zehn Tage (T-Shirt); fünf Tage (Mützen/Hüte, Helme).

In einer Kurzzeituntersuchung testeten die Probanden über **je einen Tag** pro Bekleidungsvariante den Tragekomfort von

- drei verschiedenen Oberteilen
- fünf verschiedenen Kopfbedeckungen (ohne Helmpflicht)
bzw.
zwei Helmvarianten bei Helmpflicht
- einem ausgewählten Modell einer Sonnenschutzbrille (s. Kap. 9.1).

In einer Kurzzeituntersuchung über **zehn Tage** (Oberbekleidungsteil) und über **5 Tage** (Kopfbedeckung) testeten die Probanden den Tragekomfort

- eines T-Shirts/Polo-Shirts
- einer(s) Mütze/Hutes (ohne Helmpflicht)
bzw.
einer Helmvariante bei Helmpflicht
- eines ausgewählten Modells einer Sonnenschutzbrille.

Testperiode:

- August 2010
- keine tägliche Durchführung möglich, da meteorologisch keine durchgängig sommerlichen Bedingungen vorlagen; Messdauer bis in erste Septemberwoche.

Einbezogene **Branchen bzw. Tätigkeitsfelder** (in Abstimmung mit BAuA Dortmund):

- Hochbau (Fa. Dressler Bau)
- Straßen- und Tiefbau (STRABAG AG; Fa. Hausdorf)
- Dachdecker (Fa. Mattheus Dachdecker)
- Gartenbau (Botanischer Garten / TU Dresden).

Modell- und Probandenumfang (Kurzzeituntersuchung 1-2 Tage je Komponente):

- drei Oberbekleidungsmodelle (aus Modell 1 bis 9, s. Tab. 8.1) je Proband
n = 36 Probanden
- fünf Kopfbedeckungsmodelle (aus fünf Mützen/Hüten, s. Tab. 9.8) je Proband
n = 24 Probanden
- zwei Helmvarianten (aus vier Modellen, s. Tab. 9.9) je Proband
n = 12 Probanden^{*)}.

Modell- und Probandenumfang (Kurzzeituntersuchung 5 Tage bzw. 10 Tage)

- ein Oberbekleidungsteil (aus Modell 1 bis 5)
n = 36 Probanden
- eine Kopfbedeckung (aus fünf Modellen)
n = 24 Probanden
- eine Helmvariante (von vier Varianten)
n = 12 Probanden^{*)}.

^{*)}Wegen mangelnder Compliance der Probanden zur Untersuchung der Helmvarianten wurde die Untersuchung im Jahr 2011 wiederholt.

Erfassung der individuellen Bewertung mittels „Fragebogen Praxiserhebung Schutzmaßnahmen“

- Kategorie: Bekleidung/Kopfbedeckung – Allgemeiner Teil (s. Anh. B.5, Abb. 1)
- Kategorie: Sonnenbrille – Allgemeiner Teil (s. Anh. B.5, Abb. 2)
- Kategorie: Bekleidung – Spezieller Teil (s. Anh. B.5, Abb. 3 a-b)
- Kategorie: Kopfbedeckung – Spezieller Teil (s. Anh. B.5, Abb. 4 a-b)
- Kategorie: Sonnenbrille – Spezieller Teil (s. Anh. B.5, Abb. 5 a-b)

Für die Fragebögen wurde mit der AUVA / A und der Seibersdorf Labor GmbH / A eine Übernahme der Fragebogenformulare aus AUVA 2007 in Struktur und Inhalt vereinbart. Es besteht das Ziel einer gemeinsamen Auswertung der Ergebnisse der Befragungen unter den österreichischen und den deutschen Außenbeschäftigten.

Die Auswertung der Befragung zu den Sonnenbrillen erfolgt in Kapitel 10, das den Schwerpunkt Sonnenschutzbrillen behandelt.

9.2.1.2 Personendosimetrische Messungen zur Effektivität des UV-Schutzes durch Kopfbedeckungen und textile Oberbekleidung am Arbeitsplatz im Freien Beschäftigter

Für die unter Kapitel 9.1 genannten Kopfbedeckungen wurden der UV-Schutz von Gesichts-, Hals- und Nackenhaut sowie der UV- und Blendschutz der Augen personendosimetrisch untersucht.

Gleichzeitig wurden personendosimetrische Messungen an den in Abbildung 9.1 gezeigten Oberbekleidungsstücken zur simultanen Messung in Brustposition mit Bezug zu den Messungen an der Kopfbedeckung durchgeführt.

Weiterhin wurden die körperverteilten Messungen zur Bestimmung der Textiltransmission unter werktäglichen Arbeitsbedingungen im Freien simuliert. Neben dem Messdosimeter in Brustposition auf dem Textil wurden an weiteren Stellen auf und korrespondierend unter dem Textil, in eingenähten Taschen Dosimetergehäuse getragen. Dieser Test diente der Vorbereitung entsprechender personendosimetrischer Messungen über 18 Wochen im Folgesommer.

Messdesign:

UV-Personendosimeter:	Polysulfonfilm(PSF)-Dosimeter (Dermatologie/TU Dresden)
Messgröße:	erythem-effektive Bestrahlung H_{er} in J/m^2 , PSF-Dosimeterauswertung siehe Kapitel 8.2.2
PSF-Befestigungsposition:	Oberbekleidung (s. Abb. 9.2 a, b): - Brust - Nacken - Handgelenk links außen - Handgelenk rechts außen Kopfbedeckung (s. Bilder Tab. 9.2 a, b): - Stirn - Kopf oben (unter Kopfbedeckung)

- Kopf hinten (unter Kopfbedeckung)
- Ohr links (unter Kopfbedeckung)
- Ohr rechts (unter Kopfbedeckung)
- über Stirn (auf Kopfbedeckung)
- oben (auf Kopfbedeckung)
- hinten (auf Kopfbedeckung)
- über Ohr links (auf Kopfbedeckung)
- über Ohr rechts (auf Kopfbedeckung)

- Tragezeitraum: - sonnige Tage zwischen 04.08.10 und 03.09.10
(jeweils witterungsbedingt kurzfristige Festlegung der Messtage)
- Tragedauer: - Arbeitsschicht
- Referenzmessung: - UV-Messstation Dermatologie/TU Dresden,
UV-Messgerät von Robertson-Berger-Typ (RB-Meter)
- Anzahl der Expositionstage: Kopfbedeckung (Mütze/Hut bzw. Helm):
- n = 3 bis 5 Tage
Oberbekleidung:
- n = 9 bzw. 10 Tage

Weiterhin wurden die personendosimetrischen Messungen an vier Positionen des Oberkörpers zur Bestimmung der Textiltransmission unter werktäglichen Arbeitsbedingungen im Freien simuliert. Dazu wurden mit Klettverschlüssen und Innentaschen präparierte T-Shirts bzw. Poloshirts (vgl. Kap. 9.2.2) mit leeren PSF-Gehäusen bestückt. Dieser Test zur Machbarkeit diente der Vorbereitung entsprechender personendosimetrischer Messungen über 18 Wochen im Folgesommer.



Abb. 9.2 a Verteilung der PSF-Dosimeter im Kopfbereich und außen an der Kopfbedeckung sowie an der Oberbekleidung zur personendosimetrischen Ermittlung der Effektivität der individuellen UV-Schutzkomponenten
(a) an Arbeitsplätzen im Freien ohne Helmpflicht



Abb. 9.2 b (b) an Arbeitsplätzen im Freien mit Helmpflicht

9.2.2 Personendosimetrische Messung zur Effektivität von Oberbekleidung und Langzeituntersuchung des Tragekomforts individueller Schutzkomponenten über 18 Wochen im Sommer an Arbeitsplätzen im Freien

Für die unter Kapitel 9.1 genannten T-Shirt- und Poloshirt-Modelle 1 bis 5 wurde die UV-Schutzeffektivität der Textilien für die Haut personendosimetrisch untersucht.

An vier Körperpositionen wurden außen PSF-Dosimeter mittels Klettverschluss fixiert. Unmittelbar benachbart zu diesen Positionen, jedoch auf der Textilinnenseite, wurden weiter vier PSF-Dosimeter platziert. Dazu waren Taschen in Dosimetergröße eingenäht worden.

Jeder Proband erhielt von dem Modell, das er für 18 Wochen trug, vier Exemplare. Typischerweise wechseln die Außenbeschäftigten täglich die Oberbekleidung, die dann gewaschen wird.

Weiterhin erhielt jeder Proband acht Dosimetergehäuse. Mit Aufklebern auf der Gehäuserückwand wurde die vorgesehene Einsatzposition des jeweiligen Gehäuses gekennzeichnet.

Bei jedem (täglichen) Wäschewechsel waren die PSF-Dosimeter an der zugeordneten Position des frisch gewaschenen T-Shirts/Poloshirts zu positionieren.

Die PSF-Dosimeterfilme für die Textilinnenseite wurden über die vollen 18 Wochen eingesetzt, ohne getauscht zu werden. Die geringe Transmission der Textilien erforderte die lange Expositionszeit.

Demgegenüber wurden die Dosimeterfilme in den Dosimetergehäusen auf dem Textil regelmäßig alle zwei Arbeitswochen ausgetauscht.

Es wurden die Aufenthaltszeiten im Freien, der Bekleidungsstatus und LSF von verwendeter Sonnenschutzcreme sowie die Freizeitaktivitäten erfasst (Anh. B.5, Abb. 7a, b). Die Erfassung stand den Probanden wahlweise ein online-Portal (Anh. B.5, Abb. 6a, b) oder das herkömmliche Papierformular zur Verfügung.

Messdesign:

UV-Personendosimeter:	PSF-Dosimeter (Dermatologie/TU Dresden)
Messgröße:	erythem-effektive Bestrahlung H_{er} in J/m^2 , PSF-Dosimeterauswertung siehe Kapitel 8.2.2
PSF-Befestigungsposition:	Oberbekleidung (s. Abb. 9.2 a, b): - Brust außen Brust innen - Oberarm außen Oberarm innen - Schulterblatt außen Schulterblatt innen - Rücken unten, außen Rücken unten, innen
Tragezeitraum: (Sonnenhöhenwinkel γ_s)	- 09.05.11 bis 09.09.11 von KW 19 mit $\gamma_s = 47.5^\circ$, über KW 25 mit $\gamma_s = 62.5^\circ$, bis KW 36 mit $\gamma_s = 47.5^\circ$)
Tragedauer:	- Arbeitsschicht
Referenzmessung:	- UV-Messstation Dermatologie/TU Dresden, UV-Messgerät von Robertson-Berger-Typ (RB-Meter)
Oberbekleidung:	Modell 1 bis 5 - Modell 1: n = 6 Probanden - Modell 2: n = 6 Probanden - Modell 3: n = 4 Probanden - Modell 4: n = 4 Probanden - Modell 5: n = 10 Probanden je Proband: 4 Stück des Modells (Wechseln, Waschen).

Ständige Nutzung von personenbezogenen UV-Schutzkomponenten ein Sommerhalbjahr – Langzeituntersuchung zum Tragekomfort am Arbeitsplatz

Zur individuellen Bewertung des Tragekomforts erfolgte im Jahr 2011 ein Langzeit-test zu Sonnenschutzbekleidungskomponenten bestehend aus:

- T-Shirt bzw. Poloshirt (Modell 1, 2, 3, 4 oder 5)
- Helm (bei Helmpflicht), sonst Mütze oder Hut
- Sonnenschutzbrille.

Die Tragedauer und Tragezeiten dieser Langzeituntersuchungen waren

- 18 Wochen
- an Werktagen
- während der Arbeitszeit.

Einbezogene **Branchen bzw. Tätigkeitsfelder:**

- Hochbau (Fa. Züblin)
- Straßen- und Tiefbau (STRABAG AG; Fa. Hausdorf)
- Gartenbau (Botanischer Garten / TU Dresden; Abt. Grünanlagenunterhaltung*)

^{*)} Regiebetrieb Zentrale Techn. Dienstleistungen der Landeshauptstadt Dresden.

Befragungsumfang:

- verwendete Fragebögen: „Fragebogen Praxiserhebung Schutzmaßnahmen“ (siehe Kapitel 9.2.1.1 und Anh. B.5, Abb. 1 bis Abb. 5 a, b)
- Ausgabe der Fragebögen an 30 Probanden
- Rücklauf: 30 Fragebögen.

9.3 Monitoring der UV-Schutzwirkung für Haut und Augen durch Oberbekleidung und Kopfbedeckung mittels PSF-Personendosimetern unter realen solaren Arbeitsbedingungen

9.3.1 UV-Schutzwirkung von T-Shirts und Poloshirts über eine Sommersaison

Die Ergebnisse des textilen Schutzvermögens gegen die solare UV-Strahlung durch Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF mit verschiedenen standardisierten Labormessmethoden sowie experimentelle Bestimmungsmethoden wurden in den Kapiteln 8.3 bis 8.6 beschrieben. Mit einer weiteren experimentellen Methode sollten die im Labor bestimmten UV-Schutzfaktoren unter Arbeitsbedingungen von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern bestätigt werden.

Wie unter Kapitel 9.2.2 beschrieben, erfolgte das für die T-Shirt- und Poloshirt-Modelle 1 bis 5, wobei Modell 4 (s. Abb. 9.1) aus einem Material mit hohem UPF (Modell 4.1, schwarz) unterhalb des Brustbereiches und einem Material mit sehr hohem UPF (Modell 4.2, weiß) im oberen Bereich bestand.

Bestimmt wurde die durchtretende erythem-wirksame UV-Dosis in Relation zu der an der Textiloberfläche auftreffenden solaren UV-Strahlung. Die Messungen erfolgten an den vier Körperstellen: Brust, Rücken (unten), Oberarm (außen), Schulter(-blatt).

Zur Messung kamen PSF-Personendosimeter zum Einsatz, die an den genannten Körperstellen auf dem Textil und dazu unmittelbar benachbart unter dem Textil fixiert waren.

Es wurde der UV-Schutzfaktor der Textilien für jede Körperposition bestimmt. Das Textilmaterial wird im angezogenen Zustand unterschiedlich gedehnt. Weiterhin wird es im Arbeitsprozess an den einzelnen Körperpositionen darüber hinaus unterschiedlich beansprucht.

Diese Effekte sollten mit der Langzeitmessung über 18 Wochen mit 30 Probanden und für fünf Modelle erfasst werden und mit den Ergebnissen der Labormethoden verglichen werden.

Für den gesamten Messzeitraum (09.05.-09.09.2011) ist in Abbildung 9.3 der Verlauf der erythem-effektiven Bestrahlung H_{er} in SED/d durch die gesamte solare UV-Exposition dargestellt. Die Messwerte sind Mittelwerte aus jeweils zwei Kalenderwochen in der Untersuchungszeit, gemessen mit dem Robertson-Berger-Typ-Meter (RBM) der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden.

Die Probanden trugen in den 18 Wochen außen auf der Oberbekleidung je gemessener Körperposition über je zwei Kalenderwochen einen Dosimeterfilm. Neben den RBM-Werten der Solarstrahlung auf der rechten Y-Achse (Abb. 9.3), zeigt die linke

Y-Achse dazu in Relation die personendosimetrischen Werte je Körperposition und ebenfalls pro Zweiwochenintervall in SED/d.

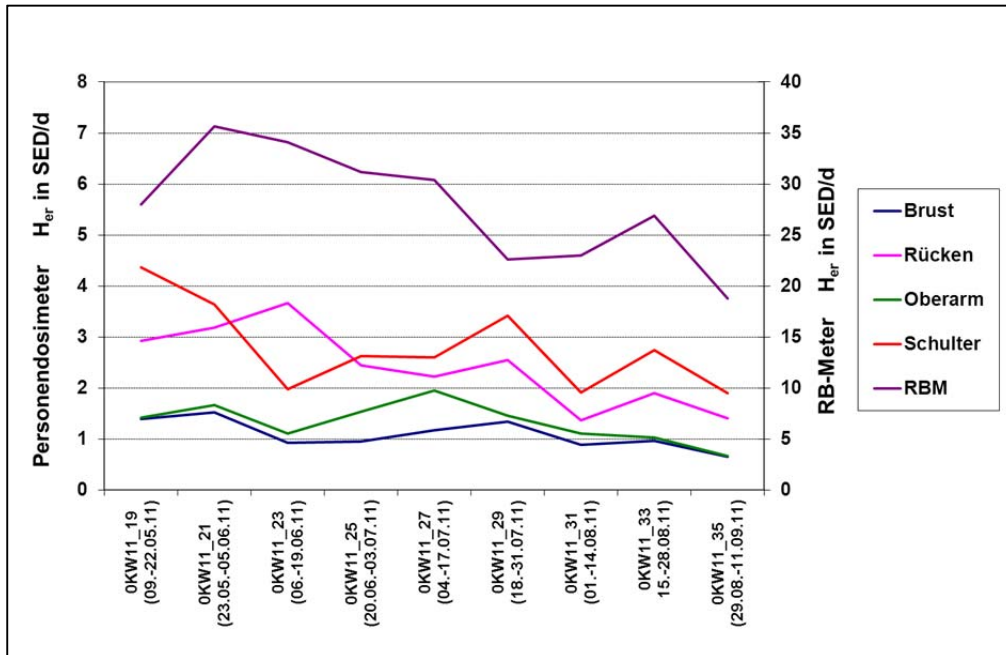


Abb. 9.3 Verlauf des Mittelwertes der Körperverteilung der solaren UV-Exposition am T-Shirt von fünf Beschäftigten im Gartenbau (Rücken, Brust, Schulter, Oberarm) über das Sommerhalbjahr 2011 (0KW11_19: KW 19 bis KW 20 im Jahr 2011) in Relation zur erythem-effektiven Globalstrahlung der Sonne gemessen mit einem RB-Meter

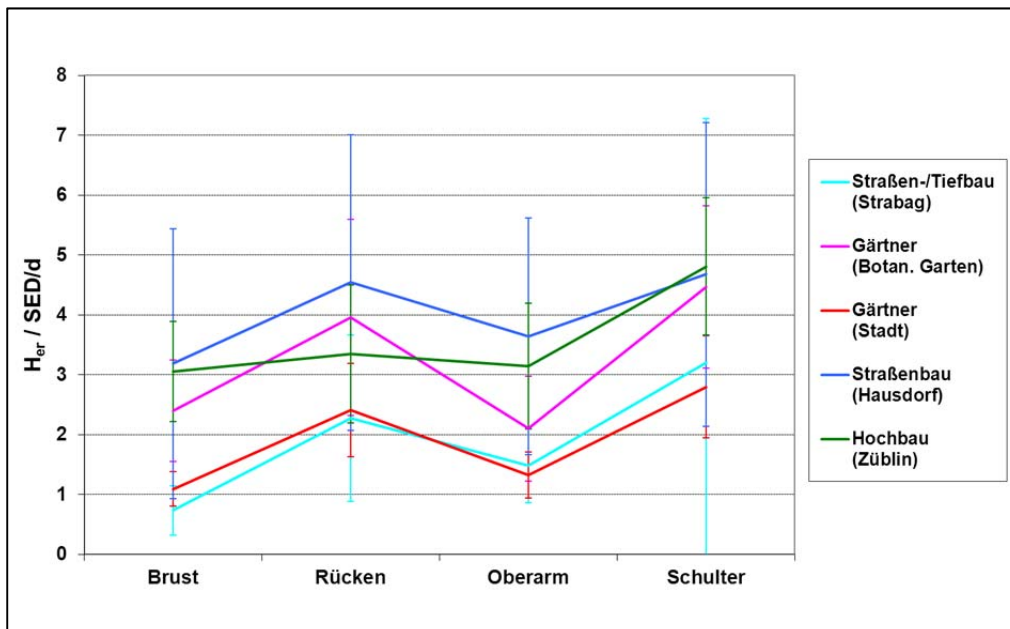


Abb. 9.4 Körperverteilung der mittleren, solaren, erythem-effektiven UV-Exposition auf der Oberbekleidung von Außenbeschäftigten verschiedener Tätigkeitsgruppen über den Zeitraum 09.05-09.09.2011

Die personendosimetrischen Daten basieren auf den Mittelwerten der Personendosimeter, die außen auf der Kleidung getragen wurde, in diesem Beispiel von fünf Gärtnern (Abt. Grünanlagenunterhaltung, Regiebetrieb Landeshauptstadt Dresden) der insgesamt 30 außenbeschäftigten Freiwilligen. Die Relationen der solaren UV-Expositionen zwischen den Körperregionen angegeben als Mittelwert über die 18 Wochen in SED pro Tag, wie sie auf die T-Shirts/Poloshirts außen eingewirkt haben, ist in Abbildung 9.4 dargestellt.

Die personendosimetrisch ermittelten UV-Schutzeigenschaften während körperlicher Arbeit für herkömmliche Kleidung (Modell 5), Alltagskleidung mit ausgewiesenem UPF (Modell 1 und Modell 2) im Vergleich zu professioneller Berufsbekleidung mit hohen Schutzeigenschaften gegen solare UV-Expositionen (Modell 3 und Modell 4) wurden in Tabelle 9.1 a-f zusammengestellt.

Tab. 9.1 a-f Ergebnisse Personendosimetrie unter Arbeitsbedingungen im Sommerhalbjahr 2011

(a) Modell 1: UV-Schutzfaktor		
	MW	± STD
Gesamt MW / ± STD	180	86
Schutzfaktor Brust	169	105
Schutzfaktor Rücken	126	42
Schutzfaktor Oberarm	197	118
Schutzfaktor Schulter	150	70

(b) Modell 2: UV-Schutzfaktor		
	MW	± STD
Gesamt MW / ± STD	69	42
Schutzfaktor Brust	71	39
Schutzfaktor Rücken	63	41
Schutzfaktor Oberarm	71	58
Schutzfaktor Schulter	62	66

(c) Modell 3: UV-Schutzfaktor		
	MW	± STD
Gesamt MW / ± STD	216	39
Schutzfaktor Brust	273	107
Schutzfaktor Rücken	254	85
Schutzfaktor Oberarm	161	57
Schutzfaktor Schulter	175	26

(d) Modell 4.1: UV-Schutzfaktor		
	MW	± STD
Gesamt MW / ± STD	132	26
Schutzfaktor Rücken	132	26

(e) Modell 4.2: UV-Schutzfaktor		
	MW	± STD
Gesamt MW / ± STD	346	245
Schutzfaktor Brust	195	48
Schutzfaktor Oberarm	336	370
Schutzfaktor Schulter	504	318

(f) Modell 5: UV-Schutzfaktor		
	MW	± STD
Gesamt MW / ± STD	101	27
Schutzfaktor Brust	97	24
Schutzfaktor Rücken	109	75
Schutzfaktor Oberarm	68	31
Schutzfaktor Schulter	131	49

Fazit:

Die UV-Schutzfaktoren, die sich aus den personendosimetrischen Messungen an den fünf untersuchten Oberbekleidungsmodellen ergaben, stimmen gut mit den Daten aus den Laborbestimmungen überein.

Der Vergleich der Messdaten für jeweils die vier Körperregionen zeigte unter den Belastungen im Arbeitsprozess keine herausgehobene Körperstelle, für die z. B. durch Dehnung ein niedrigerer UV-Schutzfaktor deutlich ersichtlich wäre.

9.3.2 UV-Schutzwirkung von Kopfbedeckungen für Augen sowie Haut im Kopf-, Hals- und Nackenbereich

9.3.2.1 Solar exponierte Arbeitsplätze ohne Helmpflicht

Für Arbeitsplätze ohne Helmpflicht wurden fünf verschiedene Modelle von Kopfbedeckungen (Tab. 9.2, Tab. 9.8) personendosimetrisch auf die Effektivität des UV-Schutzes für die Augen und die Haut im Kopf-, Hals und Nackenbereich untersucht. Basierend auf den Erkenntnissen zur Akzeptanz von Kopfbedeckungen bei Beschäftigten an Arbeitsplätzen im Freien, die im Rahmen des AUVA-Forschungsprojektes „Studie zur UV-Belastung beim Arbeiten im Freien“ [AUVA 2007] gewonnen wurden, wurde sich auf die Modelle mit besserem Zuspruch begrenzt.

Tab. 9.2 Untersuchte Kopfbedeckungen für Außenarbeitsplätze ohne Helmpflicht

Modell	Beschreibung	Material	UPF	Farbe	Hersteller
Fischermütze	Krempe – 5 cm breit	100 % Nylon	40+	sand	Meru
Sun Cap	Nackenschutz; Stirnblende – 7 cm tief	71 % Nylon, 29 % PES	40+	schlamm	Stetson
Strohhut	flache Krempe – 7,5 cm breit	87 % Papier, 13 % PES	50+	natural	Columbia
Ranger Hut	Krempe – 7,5 cm breit	100 % Nylon	30+	newtaupgreen	The North Face
Cricket Hut	Krempe – 7 cm breit	71 % Nylon, 29 % PES	40+	stein	Stetson

Tab. 9.3 Abschattungsverhältnis im Kopfbereich durch Kopfbedeckung – Schutzfaktor aus: Erythemdosis auf Kopfbedeckung zu Erythemdosis am Kopf

Modell	nomineller UPF	Beschreibung	Stirn	Kopf oben	Kopf hinten / Nacken	Ohr links	Ohr rechts
Fischermütze	40+	5 cm breite Krempe	19 ± 10	629 ± 115	18 ± 18	31 ± 14	33 ± 22
Sun Cap	40+	Stirnblende 7 cm breit; Nackenschutz	27 ± 12	510 ± 346	48 ± 77	22 ± 34	10 ± 12
Strohhut	50+	7,5 cm flache Krempe	15 ± 11	175 ± 46	32 ± 28	20 ± 20	18 ± 15
Ranger Hut	30+	7,5 cm breite Krempe	34 ± 20	152 ± 59	13 ± 5.8	13 ± 1.7	12 ± 8.6
Cricket Hut	40+	7 cm breite Krempe	21 ± 18	190 ± 63	17 ± 4.7	8.4 ± 6.1	22 ± 12

Aus dem unter Kapitel 9.2.1.2 beschriebenen personendosimetrischen Messverfahren wurde aus dem Verhältnis von PSF-Messwert auf der Kopfbedeckung zu dem Messwert des Dosimeters an der Haut im Kopfbereich unter der Kopfbedeckung ein UV-Schutzfaktor für die jeweilige Position ermittelt (Tab. 9.3).

9.3.2.2 Solar exponierte Arbeitsplätze mit Helmpflicht

Für Arbeitsplätze mit Helmpflicht wurden vier verschiedene Helm-Modelle (Tab. 9.4, Tab. 9.9) personendosimetrisch auf die Effektivität des UV-Schutzes für die Augen und die Haut im Kopf-, Hals und Nackenbereich untersucht. Neben dem Standard-Helm mit kurzer Sonnenblende wurde dieser Helmtyp ergänzt mit einem Nackenschutz Tuch untersucht. Die Nackenschutztücher wiesen einen UPF 40+ auf (Textilmaterial der Poloshirts Modell 4.1, vgl. Tab. 8.12.). Für Standard-Helme werden aufsteckbare Blendringe für einen Rundum-Sonnenschutz mit 8 cm Breite angeboten. Diese Helmvariante wurde mit einem Industrie-Helm-Modell mit integriertem, umlaufenden Schutzrand von 5 cm Breite vergleichend untersucht.

Aus dem unter Kapitel 9.2.1.2 beschriebenen personendosimetrischen Messverfahren wurde aus dem Verhältnis von PSF-Messwert auf dem Helm zu den Messwerten der Dosimeter an der Haut im Kopfbereich ein UV-Schutzfaktor für die jeweilige Position ermittelt (Tab. 9.4).

Tab. 9.4 Abschattungsverhältnisse im Kopfbereich der untersuchten Helm-Varianten – Schutzfaktor aus: Erythemdosis auf dem Helm zur Erythemdosis am Kopf

Modell	Beschreibung	Stirn	Kopf oben	Kopf hinten / Nacken	Ohr links	Ohr rechts
Helm	Standard-Helm	49 ± 28	>>	16 ± 19	1.7 ± 0.7	2.7 ± 1.5
Helm mit Nackentuch	Nackentuch UPF 40+	13 ± 4.4	>>	144 ± 139	8.7 ± 2.6	13 ± 5.5
Helm mit aufgesetztem Blendring ^{*)}	aufgesetzter Blendring 8 cm breit	262	>>	62	146	73
Helm mit integriertem Schutzrand	mit umlaufenden Schutzrand 5 cm breit	48 ± 21	>>	6.0 ± 0.3	10 ± 5.2	11 ± 5.3

^{*)} aufsetzbarer Blendring nur ein Exemplar verfügbar

9.4 Individuelle Bewertung des Tragekomforts von Sonnenschutzbekleidungskombinationen bei Testperioden unterschiedlicher Dauer

Zur individuellen Bewertung des Tragekomforts von Sonnenschutzbekleidungskombinationen bestehend aus Oberbekleidung (T-Shirt/Polo-Shirt, langärmlig/kurzärmlig), Kopfbedeckung (Mütze/Hut bzw. Helm) und Sonnenschutzbrille wurden diese für Sofortbewertungen nach kurzzeitigen Tragedauern von ein bzw. zehn Arbeitstagen verteilt (s. Kap. 9.2.1.1). Für eine Langzeitbewertung trugen Probanden jeweils eine festgelegte Sonnenschutzbekleidungskombination über 18 Wochen eines Sommerhalbjahres (s. Kap. 9.2.2).

9.4.1 Befragungsunterlagen

Es sollte die Möglichkeit bestehen, analoge Befragungen von Außenbeschäftigten zur Akzeptanz von Sonnenschutzbekleidungskombinationen in Österreich und in Deutschland durchzuführen und miteinander vergleichend auswerten zu können. Dazu wurde zwischen BAuA / Dermatologie/TU Dresden und AUVA (A) / Seibersdorf Labor GmbH (A) vereinbart, den im Rahmen des AUVA-Forschungsprojektes „Studie zur UV-Belastung beim Arbeiten im Freien“ [AUVA 2007] entwickelten Fragebogen-satz „Fragebogen Praxiserhebung Schutzmaßnahmen“ (Anh. B.5, Abb. 1 bis Abb. 5 a, b) im BAuA-Forschungsprojekt F 2036 gleichermaßen zu benutzen.

9.4.2 Einschätzung zum Tragekomfort von Oberbekleidung

Die Befragten konnten zur persönlichen Bedeutung von Eigenschaften für den Tragekomfort von Oberbekleidung bzw. von Kopfbedeckungen zwischen „sehr wichtig“, „wichtig“, „eher unwichtig“ bzw. „unwichtig“ entscheiden. Diese Bewertung der Eigenschaften ist bedeutsam für die individuelle Akzeptanz bei Nutzung von Bekleidung als Schutzkomponente gegen solare UV-Expositionen.

In Abbildung 9.5 a-g sind die Fragebogenergebnisse zur Beurteilung von Tragekomfortkriterien für Oberbekleidung und Kopfbedeckung aus dem Kurzzeittest im Jahr 2010 und dem Langzeittest über 18 Wochen im Sommer 2011 zusammengestellt. Einbezogen wurden die Fragebögen von 30 Probanden.

Zusätzlich wurde befragt, ob und wenn wie oft mit freiem Oberkörper gearbeitet wurde. Dabei gaben rund 80 % der Befragten an, selten oder nie mit freiem Oberkörper zu arbeiten (Abb. 9.5 h).

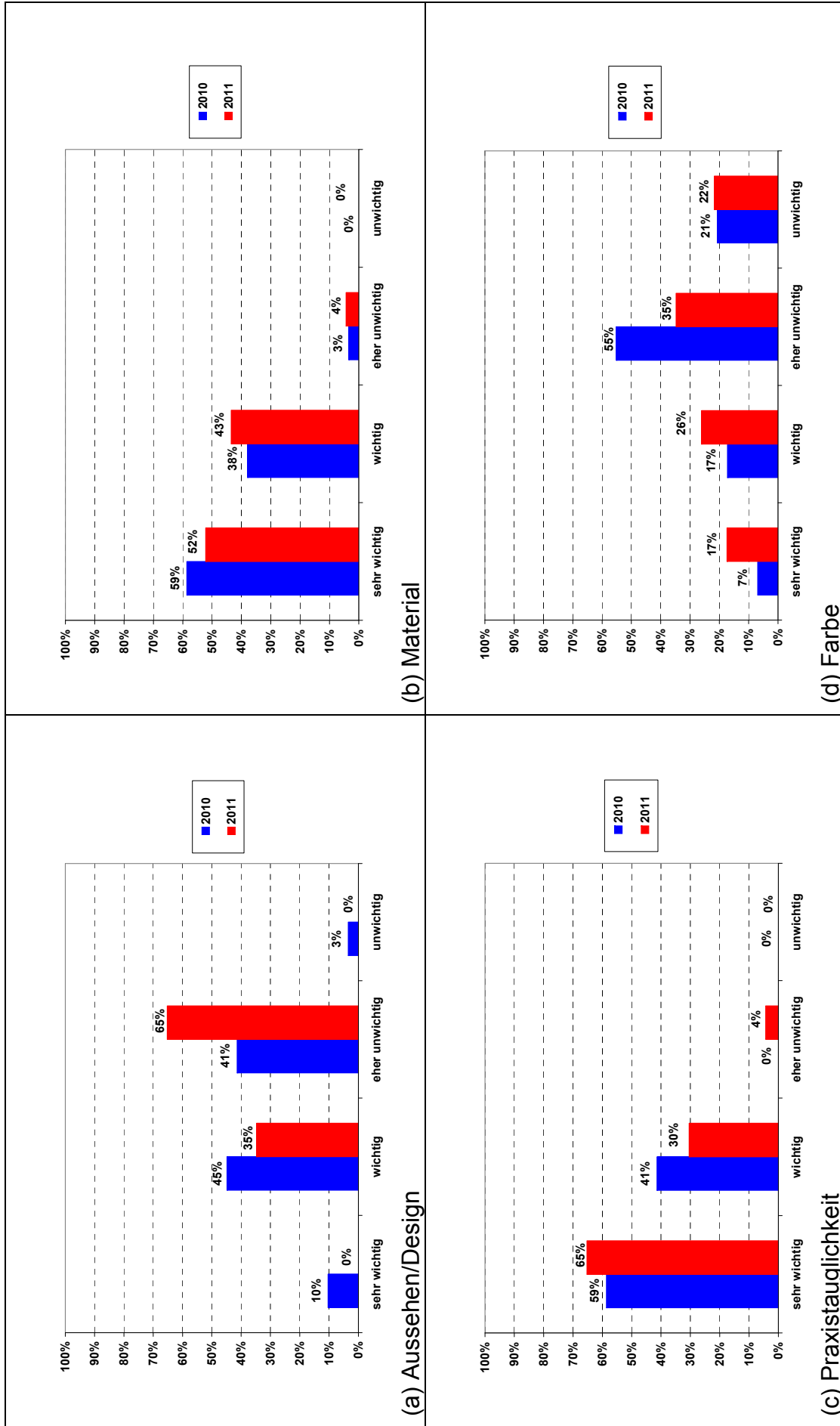


Abb. 9.5 a-d Beurteilung von Tragekomfortkriterien Oberbekleidung/Kopfbedeckung (nach Kurzzeittest 2010; nach Langzeittest 2011)

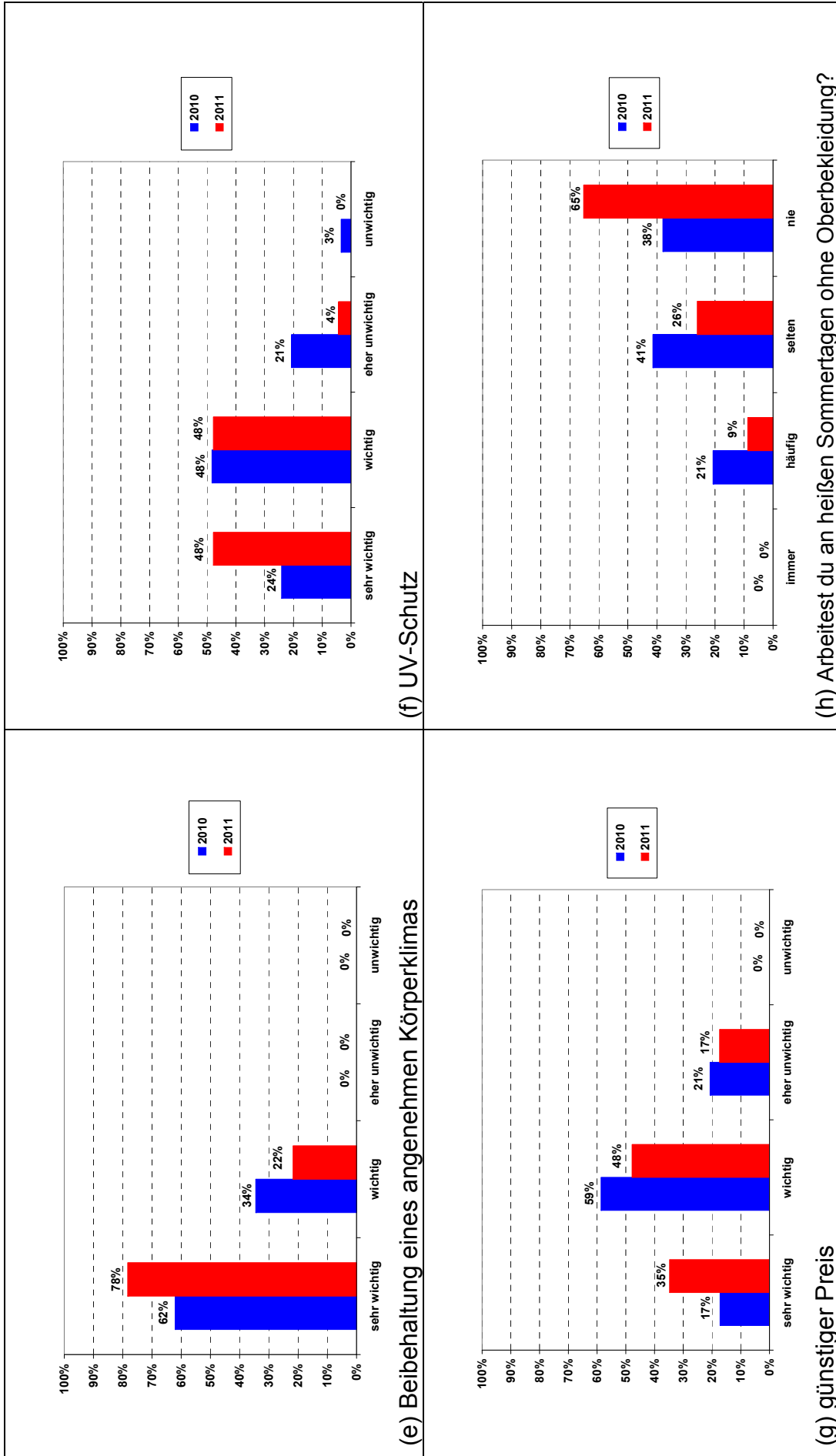


Abb. 9.5 e-g Beurteilung von Tragekomfortkriterien Oberbekleidung/Kopfbedeckung (nach Kurzzeittest 2010; nach Langzeittest 2011)
Abb. 9.5 h Häufigkeit von Arbeiten ohne Oberbekleidung durch die befragten Außenbeschäftigten






Es wurden 9 Modelle aus Polyester, Baumwolle oder Baumwoll-Mischgewebe auf den Tragekomfort getestet.

Die Bekleidung aus Baumwolle wird leicht bevorzugt gegenüber der Bekleidung aus Polyester, da die Modelle 5, 6 und 7 sehr luftdurchlässig waren, gute Passform hatten und der Schweiß schnell verdunstet war. Die Modelle 1 und 2 hatten ein sehr unangenehmes Tragegefühl, waren nicht atmungsaktiv, klebten beim Schwitzen am Körper und hatten durch den Schweiß einen unangenehmen Geruch. Die Modelle 3 und 4 sind von den Eigenschaften mit den Modellen 1 und 2 vergleichbar und sind vom Material zu warm, da sie langärmelig waren. Kurzärmelige Bekleidung wird gegenüber langärmeligen T-Shirts der Vorzug gegeben. Ein passender Schnitt ist sehr wichtig. Hellere Farben wie z. B. rot werden bevorzugt. Nackenschutz als Kragen wird akzeptiert.

Beim Kurzzeittest von einem Tag von Modell 1 bis 5 lagen alle Modelle im Bereich gut und bei 10 Tagen Tragen der Modelle lagen nur noch Modell 3 und 5 im Bereich gut und Modelle 1, 2 und 4 lagen im Bereich befriedigend. Bei 18 Wochen Tragen der Bekleidung lag nur noch Modell 5 im Bereich gut und Modell 3 und 4 lagen im Bereich befriedigend und Modell 1 und 2 waren nur noch im Bereich ausreichend.

Die Ergebnisse sind in der Tab. 9.5 zusammengestellt.

Tab. 9.5 Oberbekleidung: Ergebnis der Einschätzung des Tragekomforts

Spezifikation					Noten		
Modell	Material	Typ	UPF		Kurzzeittest		Langzeittest
					1 Tag	10 Tage	18 Wo.
Modell 1	100 % PES	Polo kurz	40+		2,5	2,6	3,8
Modell 2	100 % PES	T-Shirt kurz; rundhals	15+		2,5	3,0	4,0
Modell 3	100 % PES	Polo lang	40+		2,0	2,3	2,7
Modell 4	100 % PES	Polo lang	40+/60+		2,3	2,9	3,0
Modell 5	100 % BW	T-Shirt kurz	- ohne - lt. Händler 10+		1,8	2,3	2,1
Modell 6	100 % BW	T-Shirt kurz	ohne		1,4		
Modell 7	85 % BW, 15 % PES	Polo kurz	ohne		1,8		
Modell 8	100 % PES	T-Shirt kurz	ohne		1,0		
Modell 9	100 % PES	Polo kurz	ohne		1,0		

9.4.3 Einschätzung zum Tragekomfort von Kopfbedeckungen und Helmen

Die Kopfbedeckungen aus Polyester werden bevorzugt gegenüber der Kopfbedeckung aus Stroh, da der Polyester den Schweiß besser aufsaugt und dadurch eine Irritation der Augen durch Schweiß verhindert. Das Modell Strohhut kratzt und ist lästig. Der Nackenschutz (Modell Sun Cap) wird akzeptiert, solange das Design der Kopfbedeckung dadurch nicht so auffällig ausfällt. Eine Kopfbedeckung mit variabel verstellbarer Größe (Modell Ranger Hut) kommt in der Praxis sehr gut an, da sich diese an die individuelle Kopfform sehr gut anpassen lässt. Das Modell Cricket Hut sitzt sehr straff und klebt dadurch beim Schwitzen am Kopf. Das Modell Fischermütze hat eine gute Passform und hat ein gutes Design und eine ansprechende Farbe. Beim Testen der Kopfbedeckungen über 5 Tage bekam das Sun Cap und der Ranger Hut das Urteil gut und die Fischermütze eine Bewertung von 2,6 und der Strohhut und der Cricket Hut eine Bewertung von befriedigend. Die Ergebnisse sind in Tab. 9.6 dargestellt.

Weiterhin wurden 4 verschiedene Helmtypen bezüglich der Abschattungswirksamkeit für Augen und Haut im Kopfbereich getestet. Einbezogen waren der Standard-Helme, ein Standard-Helme ergänzt mit Nackenschutz aus einem Stoff mit UPF 40+, ein Standard-Helme mit aufsteckbaren, umlaufenden Blendring und Industrie-Helme mit integriertem, umlaufenden Schutzrand von 5 cm Breite.

Der Schutzhelm mit Nackenschutz wurde als wenig angenehm empfunden, da der Nackenschutz als störend bei Bewegungen empfunden wurde (Sehfeld rechts und links begrenzt). Durch den Nackenschutz kam es zu schnellem Schwitzen (wenig Frischluft unter dem Helm) und der Nackenschutz klebte am Nacken. Der Helm mit Blendring wurde als sehr unangenehm empfunden, da der Blendring sehr störend war. Beim Industrie-Helm mit integriertem Schutzrand wurde das Trageverhalten als sehr unangenehm bewertet, da der Helm sehr schwer war.






Der Schutzhelm mit Nackenschutz (2,8) und der Schutzhelm mit Blendring (3,0) bekamen ein Urteil von befriedigend und der Schutzhelm mit breiten Ring bekam die Beurteilung von ausreichend (3,7).

Die Ergebnisse sind in Tab. 9.7 dargestellt.

Tab. 9.6 Kopfbedeckungen (keine Helmpflicht) mit Schutzfaktor aus UV-Exposition auf Kopfbedeckung zu UV-Exposition an der Haut sowie individuell bewerteter Tragekomfort nach 5 Tagen

Modell / Material / UPF	Note Tragekomfort (5 Tage)		Abschattung	UV-Schutzfaktor (gemessen)		
				Stirn	Hals / Nacken	Ohren
Fischemütze 100% Nylon 40+	2,6		Krempe 5 cm	20	20	30
Sun Cap 71% Nylon / 29% PES 40+	2,1		Stimblende 7 cm; Nackenschutz	30	50	10 – 20
Strohhut 87% Papier, 13% PES 50+	3,2		Krempe 7,5 cm	20	20	10 – 20
Ranger Hut 100% Nylon 30+	2,3		Krempe 7,5 cm	15	30	20
Cricket Hut 71% Nylon, 29% PES 40+	2,9		Krempe 7 cm	30	10	10

Tab. 9.7 Kopfbedeckungen (Helmpflicht) mit Schutzfaktor aus UV-Exposition auf dem Helm zu UV-Exposition an der Haut sowie individuell bewerteter Tragekomfort nach 5 Tagen

Modell / Material / UPF	Note Tragekomfort (3 Tage)		Abschattung	UV-Schutzfaktor (gemessen)		
				Stirn	Hals / Nacken	Ohren
Standard-Schutzhelm			Stimblende 4 cm;	15-50	2	2
Standard-Schutzhelm mit Nackentuch	2,8		Stimblende 4 cm; Nackenschutz	15-50	150	10-15
Standard-Schutzhelm mit aufsteckbarem Blending	3,0		Blending 8 cm	250	60	70-100
Industrie-Schutzhelm mit integriertem, umlaufenden Schutzrand	3,7		Krempe 5 cm	50	5	10

10 Augenschutz gegen solare UV-Strahlung und vor Blendung durch UV-Schutzbrillen und Sonnenbrillen

10.1 Gefährdung der Augen durch solare UV-Strahlung

Beim Schutz vor solarer UV-Strahlung wird der Schutz der Augen noch zu wenig beachtet. Bei intensiver Sonnenstrahlung wird die Verwendung von Sonnenschutzbrillen empfohlen. Dabei sollen zum einen die Sonnenbrillen die Blendung durch die direkte oder reflektierte Sonnenstrahlung verringern und zum anderen die schädigende UV-Strahlung von den Augen fernhalten.

Bei den schädigenden biologischen Wirkungen am Auge ist zwischen den akuten und chronischen Schädigungen zu unterscheiden. Generell gilt für die UV-Strahlung eine kumulative Wirkung der Strahlung, d. h. dass auch geringe Strahlungsanteile nach wiederholter Einwirkung zu einer Schädigung führen können. Am Auge kann als akute Schädigung eine Entzündung der Hornhaut (Photokeratitis) und Bindehaut (Photokonjunktivitis) entstehen, die auch als Verblitzen der Augen, Schweißerblende oder Schneeblindheit bezeichnet werden. Die Symptome treten erst 5 bis 10 Stunden nach der Bestrahlung auf und reichen von leichten Augenreizungen bis hin zu starken Augenschmerzen. Die Entzündungen sind gut behandelbar und nach 1 bis 3 Tagen wieder abgeklungen. Durch reflektierende Flächen wie Schnee (ca. 80 %) und Wasseroberflächen (ca. 10 %) kann die Wirkung verstärkt werden.

Nach langjähriger Einwirkung von UV-A-Strahlung kann ein Katarakt (Grauer Star) als chronische Schädigung entstehen, da die Wirkung der UV-A-Strahlung sich über Jahrzehnte kumuliert. Bei dieser Erkrankung handelt es sich um eine Trübung der Augenlinse. Die Linse kann sich im Gegensatz zu anderem menschlichen Gewebe nicht erneuern. Der Katarakt ist die häufigste Ursache von Erblindung weltweit und kann nur operativ behandelt werden, indem die Augenlinse durch eine künstliche Linse ersetzt wird. In Deutschland werden pro Jahr ca. 600.000 Staroperationen durchgeführt.

10.2 UV-Schutzbrillen und Sonnenbrillen - normative Anforderungen

Für den betrieblichen und für den allgemeinen Gebrauch (Privatbereich) gibt es unterschiedliche normative Anforderungen. Diese sind für Sonnenbrillen und -schutzfilter für den gewerblichen Bereich in der DIN EN 172 [DIN EN 172], für den allgemeinen Gebrauch in der DIN EN ISO 12312-1 [DIN EN ISO 12312] festgelegt.

10.2.1 DIN EN 172 für den gewerblichen Bereich

Die Norm DIN EN 172 legt Schutzstufen fest und enthält ergänzende Anforderungen zur DIN EN 166 „Persönlicher Augenschutz“ [DIN EN 166] u. a. zum zulässigen Transmissionsgrad für den ultravioletten, sichtbaren und infraroten Spektralbereich.

Tab. 10.1 Zulässige Transmissionsgrade und Verwendungshinweise von Sonnenschutzbrillen für den gewerblichen Bereich nach DIN EN 172; Filter mit der Vorzahl 6 besitzen einen IR-Schutz

Schutzstufe	Ultravioletter Spektralbereich			Sichtbarer Spektralbereich		Verwendung
	spektraler Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$			Bereich für den Lichttransmissionsgrad $\tau(\lambda)$		
	Maximaler Wert		Maximaler MW			
	280 nm bis 315 nm	> 315 nm bis 350 nm	315 nm bis 380 nm	von %	bis über %	
5-1,1 6-1,1	0,1• τ_v	τ_v	τ_v	100	80,0	gilt nur für bestimmte fototrope Sonnenschutzfilter im hellen Zustand und für den Bereich hoher Lichttransmission von Verlauffiltern
5-1,4 6-1,4				80,0	58,1	sehr helles Filter
5-1,7 6-1,7				58,1	43,2	helles Filter
5-2 6-2				43,2	29,1	empfohlenes Universalfilter, meist gut verwendbar
5-2,5 6-2,5				29,1	17,8	meist gebräuchlich in Mitteleuropa
5-3,1 6-3,1	0,01• τ_v	0,5• τ_v	0,5• τ_v	17,8	8,0	sehr dunkel, in den Tropen und Subtropen, für Himmelsbeobachtungen, im Hochgebirge, bei Schneeflächen, hellen Wasserflächen, Sandflächen, Kalk- und Kreidebrüchen, für den Straßenverkehr nicht zu empfehlen
5-4,1 6-4,1				8,0	3,0	extrem dunkel, nur bei extremen Bestrahlungsstärken, nicht für den Straßenverkehr geeignet

Die Norm DIN EN 172 ist nur auf Sonnenschutzfilter anzuwenden und gilt nicht für Strahlung aus künstlichen Strahlungsquellen. Für die Schutzstufen 5-1,1 bis 5-3,1 bzw. 6-1,1 bis 6-3,1 sind für die Anwendung im Straßenverkehr und für bestimmte berufliche Situationen Anforderungen an die Erkennbarkeit der Signallichter Rot,

Gelb, Grün und Blau festgelegt. Filter der Schutzstufe 5-4,1 bzw. 6-4,1 sind so dunkel getönt, dass die visuelle Wahrnehmung stark verringert wird, sodass z. B. Radfahrer und Fußgänger in der Dämmerung oder im Schatten von Bäumen nicht mehr erkannt werden können. Diese Filter müssen mit der Aufschrift „Nicht verkehrstauglich“ oder mit einem anerkannten Symbol gekennzeichnet sein.

Die Vorzahl 5 kennzeichnet Sonnenschutzfilter, die keine Anforderungen für den Infrarotschutz erfüllen. Bei Filtern mit der Vorzahl 6 darf der maximale Wert des Infrarotgrades nicht größer sein, als der für die Schutzstufe angegebene Lichttransmissionsgrad. Es wird der Hinweis gegeben, dass die infraroten Anteile der Sonnenstrahlung keine Gefährdung darstellen.

Es ist zu beachten, dass selbst die sehr dunkel getönten Sonnenschutzbrillen nicht für den direkten Blick in die Sonne geeignet sind. Ein solcher Schutz zum Betrachten einer Sonnenfinsternis kann z. B. nur von Schweißerschutzfiltern der Schutzstufen 12 bis 16 erreicht werden.

Anforderungen zur Kennzeichnung sind in der DIN EN 166 festgelegt. Auf der Sonnenschutzbrille sollten die dort geforderten Angaben und zusätzlich das CE-Zeichen angebracht sein. Dadurch kennzeichnet der Hersteller, dass sein Produkt den in Europa gültigen Qualitäts-Mindestanforderungen entspricht. Wichtige Hinweise sind auch in der BG-Regel BGR 192 "Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz" [BGR 192] enthalten. Angaben zu den Schutzstufen, Anforderungen an die Transmissionsgrade und Verwendungshinweise sind in Tabelle 10.1 dargestellt.

10.2.2 DIN EN ISO 12312-1 für den allgemeinen Gebrauch

Die Anforderungen an die Sonnenbrillen und -schutzfilter für den allgemeinen Gebrauch sind in der DIN EN ISO 12312-1 festgelegt (Tab. 10.2). Diese Norm gilt für den privaten Bereich und schließt die aktive Teilnahme am Straßenverkehr, z. B. Autofahren mit ein. Die europäische Norm enthält umfassende Anforderungen zu Sonnenschutzfiltern, vollständigen Sonnenbrillen (Fassungen mit Filtern), Prüfverfahren zur Kennzeichnung sowie Anhänge mit vielen nützlichen Hinweisen u. a. zu Anwendungsbereichen der Sonnenschutzbrillen.

Ein bestimmendes Merkmal bei Sonnenbrillen ist ihre Lichtdurchlässigkeit, die sich auch in der Tönung der Filter, von leicht bis sehr dunkel, zeigt. Danach sind die Sonnenschutzfilter in 5 Kategorien von 0 bis 4 eingeteilt. Die Höhe der Filterkategorie gibt an, wie stark die Augen vor Blendung geschützt werden. Der Lichttransmissionsgrad ist zudem die ausschlaggebende Größe für die zulässige Transmission im ultravioletten Spektralbereich. Für Filter der Kategorien null bis zwei gelten die gleichen Anforderungen für den UV-Schutz. Bei den höheren Filterkategorien 2, 3 und 4 muss die UV-Strahlung durch die Filter stärker herausgefiltert werden.

Die Auswahl der geeigneten Filterkategorie richtet sich nach der individuellen Lichtempfindlichkeit und dem Anwendungsgebiet. Für die meisten Anwendungen in unseren Breitengraden sind mittelstark bis dunkel getönte Filter der Kategorie zwei und drei zu empfehlen. Die Filterkategorie 3 ist z. B. für Sportanwendungen (Skifahren, Wassersport), Strand, Tropen und für das Hochgebirge geeignet. Die höchste Kategorie vier ist für extreme Bedingungen z. B. für den Einsatz bei stark UV-reflektierender Schneefläche oder Gletscher zweckdienlich.

Problematisch sind u. U. modisch gefärbte Sonnenschutzfilter, die eine Farberkennung erschweren. Die sehr dunkel getönten Sonnenschutzfilter der Kategorie 4 (ge-

gebenenfalls auch Filterkategorie 3) sind wegen der zu geringen Transmission im sichtbaren Spektralbereich nicht für den Straßenverkehr geeignet.

Tab. 10.2 Zulässige Transmissionsgrade und Verwendungshinweise von Sonnenschutzbrillen für den allgemeine Gebrauch nach DIN EN ISO 12312-1

	Ultravioletter Spektralbereich		Sichtbarer Spektralbereich	
Filterkategorie	solarer Transmissionsgrad		Bereich für den Lichttransmissionsgrad $\tau(\lambda)$	Verwendung
	Maximaler UV-B Wert τ_{SUVB}	Maximaler UV-A Wert τ_{UVA}		
	280 nm bis 315 nm	315 nm bis 380 nm	τ_v 380 nm bis 780 nm	
0	0,05• τ_v	τ_v	$\tau_v > 80 \%$	geringer Sonnenschutz
1			$43 \% < \tau_v \leq 80 \%$	leichter Sonnenschutz
2	1 % oder 0,05• τ_v^*	0,5• τ_v	$18 \% < \tau_v \leq 43 \%$	Guter UV-Schutz gut verwendbar in Mitteleuropa
3	1 % absolut		$8 \% < \tau_v \leq 18 \%$	Hoher UV-Schutz Tropen, Subtropen, Hochgebirge
4		1 % Absolut oder 0,25• τ_v^*	$3 \% < \tau_v \leq 8 \%$	nur bei extremen Bedingungen; Schneeflächen, Gletscher Für den Straßenverkehr nicht geeignet.

*je nachdem, welcher Wert größer ist

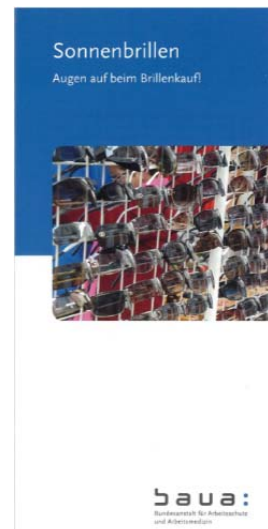
10.3 Prüfstand-Messungen für UV-Schutzbrillen und Sonnenbrillen

10.3.1 Aktion zur Überprüfung von Sonnenbrillen

In einer gemeinsamen Aktion mit der Marktüberwachung der Bezirksregierung Arnsberg, dem Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin wurden im Jahr 2009 über 300 Sonnenbrillen aus dem Fachhandel, von Discountern und Modeboutiquen überprüft. Nur etwas mehr als die Hälfte aller Sonnenbrillen (53 Prozent) waren ohne Mangel. Der häufigste Mangel war, dass Hersteller die Tönung der Gläser und die UV-Filterung nicht ermittelt oder fehlerhaft angegeben hatten. Für den Verbraucher wichtigstes Ergebnis der Studie: Die meisten Sonnenbrillen bieten einen ausreichenden Schutz vor UV-Strahlung. Wenn die Brille ordentlich gekennzeichnet ist und der Hersteller seine Kontaktdaten und Sicherheitshinweise zur Benutzung der Brille beigefügt hat, dann weist das auf eine sichere Sonnenbrille hin.

Exemplarisch wurden auch Filter aus dem Fachhandel für Arbeitsschutzkleidung untersucht. Diese Filter zeigten bei der Überprüfung der optischen Eigenschaften wie auch hinsichtlich der Kennzeichnung keine Mängel.

Beim Kauf einer Sonnenbrille ist der Kunde bei der Auswahl für den vorgesehenen Verwendungszweck oft auf sich allein gestellt und die Fachberatung zeigte durchgehend starke Defizite auf. Häufig fehlte das Wissen zur Filterkategorie und zur Beratung, welche Brille für welchen Einsatz geeignet ist. Alle wichtigen Tipps zum Sonnenbrillenkauf hat die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Zusammenarbeit mit dem Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen und dem Augenoptikerverband das Faltblatt "Sonnenbrillen - Augen auf beim Brillenkauf" zusammengefasst [Faltblatt]. Das Faltblatt ist eine Hilfestellung beim Einkauf einer sicheren Sonnenbrille und enthält auch wichtige Informationen für den Händler. In einer stichprobenartigen Aktion zur Evaluierung im Folgejahr konnte ein verbessertes Beratungsverhalten festgestellt werden.



Nachstehende Checkliste sollte beim Einkauf einer sicheren Sonnenbrille für den allgemeinen Bereich nach DIN EN ISO 12312-1 beachtet werden:

- Ist die CE-Kennzeichnung vorhanden?
- Sind Name und Anschrift des Herstellers oder eines anderen Produktverantwortlichen mit Sitz in der EU angegeben?
- Ist die Filterkategorie nach DIN EN ISO 12312-1 (Kategorie 0, 1, 2, 3 oder 4) angegeben?
- Falls die Sonnenbrille Gläser der Kategorie 4 besitzt: Ist die Warnung „Nicht verkehrstauglich“ oder ein entsprechendes Symbol vorhanden?
- Ist der Warnhinweis „Nicht für den direkten Blick in die Sonne“ vorhanden?
- Existieren Hinweise zur Pflege und Reinigung der Sonnenbrille?

Die Informationen sollten direkt an der Brille angebracht oder in der Verpackung vorhanden sein.

10.3.2 Sonnenbrillenprüfstand

Für die Aktion zur Überprüfung von Sonnenbrillen kam ein mobiler Brillenprüfstand SP-J1023-UV der Firma CMS Ing. Dr. Schreder GmbH zum Einsatz. Dieser Brillenprüfstand besteht aus einem abgedunkelten Gehäuse, indem ein Lampengehäuse und ein Miniatur Spektrometer mit CCD-Array Detektor eingebaut ist. Das Gerät ist im Spektralbereich 280 nm bis 800 nm empfindlich, mit einer spektralen Bandbreite von 1 nm. Zur Minimierung der Falschlichtanteile wird ein kombiniertes Lampengehäuse bestehend aus einer Deuterium- und Halogenlampe eingesetzt. Die Lampen sind umschaltbar, so dass nur die jeweiligen Strahlungsanteile im Strahlengang sind. Für den UV-Bereich wird eine Deuteriumlampe verwendet, deren Strahlungsanteile auf diesen Spektralbereich begrenzt sind. Für die Transmissionsmessungen im sichtbaren Spektralbereich wird die Halogenlampe eingesetzt. In Abbildung 10.1 ist der Brillenprüfstand mit seinen wesentlichen Komponenten dargestellt.

In der DIN EN ISO 12312-1 sind die Anforderungen zur Prüfung von Sonnenschutzbrillen festgelegt. Für die Überprüfung der Eignung wurde ein Zweikanal UV-VIS-NIR-Spektrometer, Cary 5000 der Firma Varian verwendet, das aufgrund der hohen Präzision auch in Prüfstellen zum Augenschutz eingesetzt wird. Mit diesem Gerät sind Transmissionsmessungen mit einer Absolutgenauigkeit von 0,3 % erreichbar. Ein Vergleich mit dem Cary 5000 zeigte der mobile Brillenprüfstand SP-J1023-UV eine Absolutabweichung von ca. 2 %. Diese Genauigkeit ist für orientierende Übersichtsmessungen hinreichend. In Grenzfällen zwischen zwei Filterkategorien wurde die Fehlermöglichkeit berücksichtigt bzw. in Zweifelsfällen im Labor mit dem Cary 5000 überprüft.

Zur Ermittlung der Daten wurde die Standardsoftware eingesetzt und durch einfaches Drag & Drop in die Auswertsoftware Hypra Data verwendet. In Hypra Data wurde eine Maske erstellt, in der automatisch Daten generiert werden, die für die Prüfung nach DIN EN ISO 12312-1 benötigt werden. Neben dem Transmissionsspektrum mit einer einfachen Erkennung der ermittelten Schutzstufe werden folgende Daten dargestellt:

- Transmission für den Bereich 280 nm - 315 nm
- Transmission für den Bereich 315 nm - 350 nm
- UV-A Transmission solar bewertet
- Lichttransmissionsgrad und die ermittelte Schutzstufe.

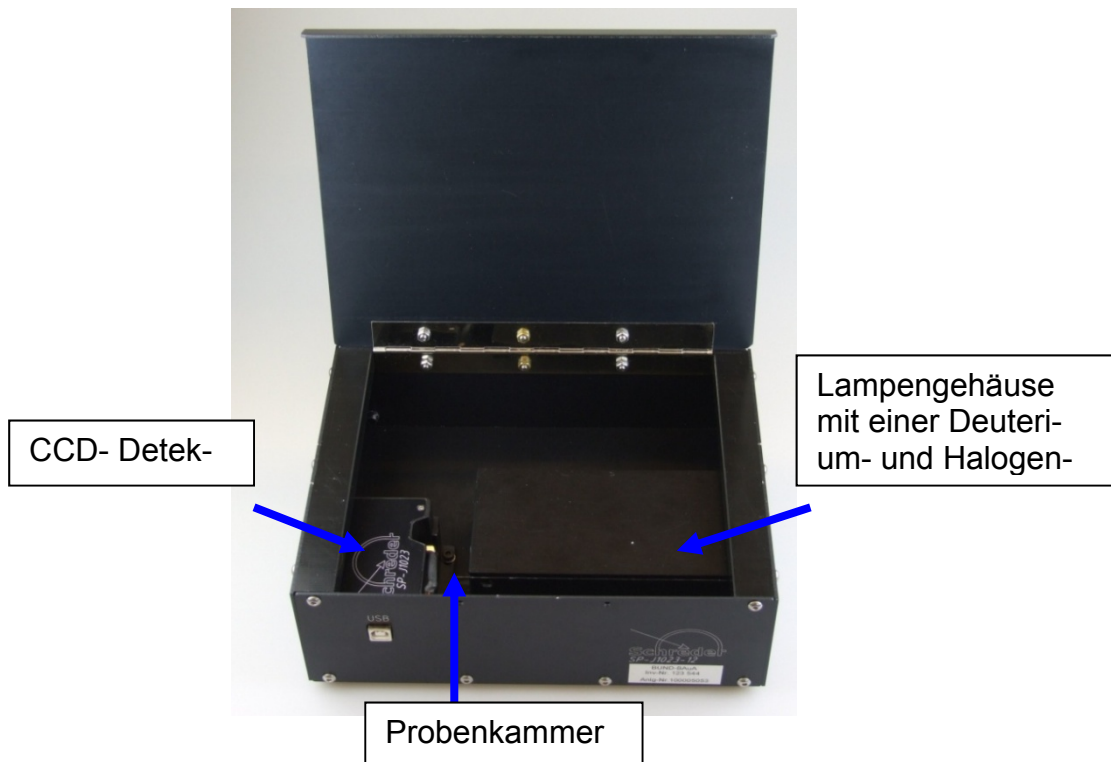


Abb. 10.1 Brillenprüfstand SP-J1023-UV der Firma Schreder

10.3.3 Ergebnisse aus den Brillenprüfstand-Messungen

In den Abbildungen 10.2 und 10.3 sind beispielhaft die Auswertungen für Filter mit guten und schlechten Eigenschaften dargestellt. Das Filter in Abb. 10.2 hat einen Lichttransmissionsgrad von 7,1 % und wird nach DIN EN ISO 12312-1 in die Kategorie 4 eingestuft. Die geforderten Transmissionsdaten werden in allen Punkten erfüllt und in der Darstellung mit einem „OK“ quittiert. In dem Diagramm wird deutlich, dass eine Öffnung des Filters erst oberhalb von 400 nm erfolgt und die UV-Strahlung vorbildlich absorbiert wird. Eine weitere gute Eigenschaft zeigt das Filter im sichtbaren Bereich. Der nahezu gleichmäßige Transmissionsverlauf in diesem Bereich führt zu einer farbneutralen visuellen Bewertung. Auffallend bei nahezu allen Filtern ist die Öffnung bei ca. 650 nm im langwelligeren (roten) sichtbaren Bereich. Es folgt ein starker Anstieg der Transmission. Dies hat zur Folge, dass diese Filter nahezu keinen IR Schutz bieten. Bei dem Filter in Abb. 10.2 ist die Transmission auf 60 % im IR-Bereich begrenzt.

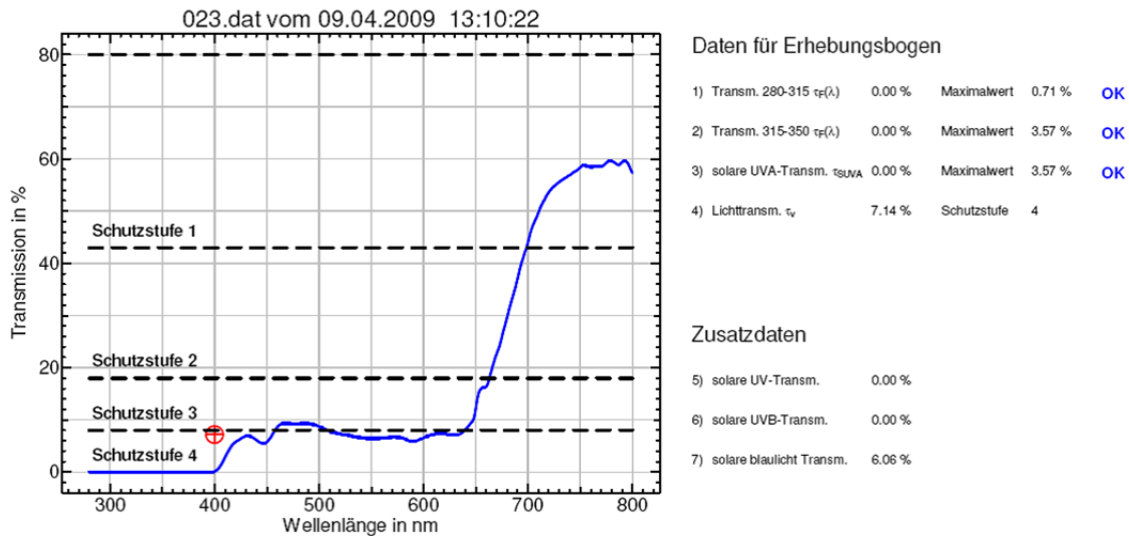


Abb. 10.2 Filter mit guten Eigenschaften

Das Filter in Abb. 10.3 hat einen Lichttransmissionsgrad von 7,2 % und wird nach DIN EN ISO 12312-1 in die Kategorie 4 eingestuft. Die geforderten Transmissionsdaten werden in allen Punkten **nicht** erfüllt und in der Darstellung mit einem „**Achtung**“ quittiert. In dem Diagramm wird deutlich, dass sehr schlechte Eigenschaften bei diesem Filter vorliegen. Das Filter lässt hohe Strahlungsanteile im UV-Bereich und blauem Spektralbereich zu. Der ungleichmäßige Transmissionsverlauf im sichtbaren Bereich führt zu einer farbverfälschenden visuellen Bewertung.

Durch die hohe Durchlässigkeit im UV-Bereich, können akute Schädigungen an der Hornhaut und bei langjähriger Verwendung eine Trübung der Augenlinse nicht ausgeschlossen werden. Die dunkle Tönung des Filters führt zu einer Öffnung der Pupille. Dies hat zur Folge, dass höhere Strahlungsanteile auf die Netzhaut treffen. Besonders kritisch ist dies bei der Blaulichtbewertung des Filters. Erhöhte Blaulichtanteile können eine photochemische Netzhautschädigung hervorrufen.

Auch bei diesem Filter ist ein starker Anstieg der Transmission bei ca. 650 nm im langwelligen (roten) sichtbaren Bereich erkennbar. Die Transmission steigt auf ca. 80 % und somit liegt nur ein geringer IR Schutz vor.

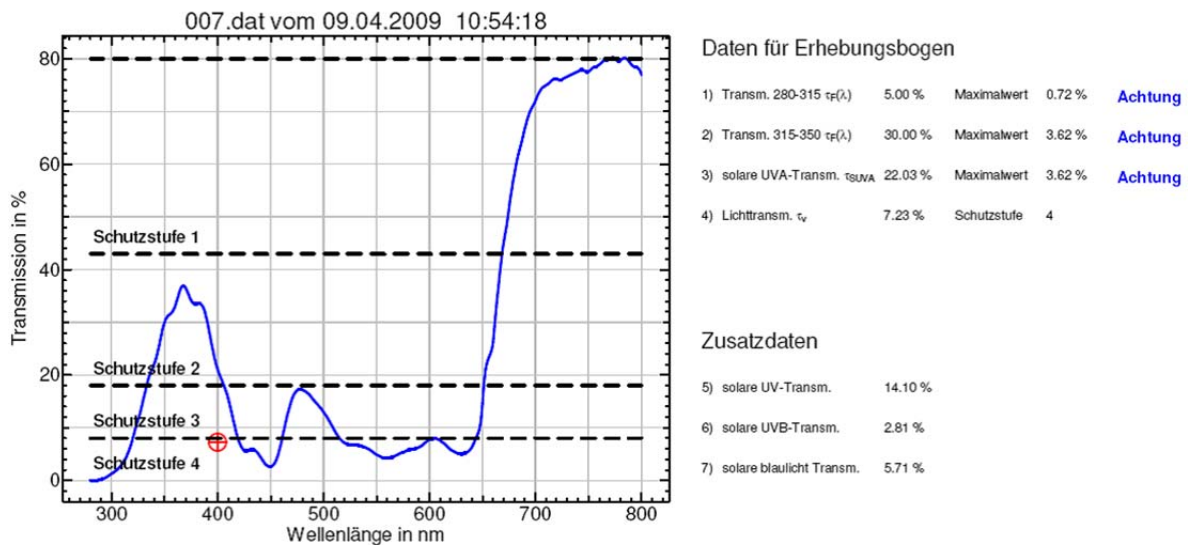


Abb. 10.3 Filter mit schlechten Eigenschaften

10.4 Einschätzung der Praxistauglichkeit und des Tragekomforts von Sonnenschutzbrillen an Außenarbeitsplätzen

In den Abbildungen 10.4 a-g sind die Ergebnisse aus den Fragebögen zur Beurteilung der Tragekomfortkriterien für die Sonnenbrille (Anhang B.5, Abb. 2, 5a-b) zusammengefasst. In Abbildung 10.4 h ist die derzeitige Häufigkeit der Nutzung von Sonnenschutzbrillen durch die befragten Außenbeschäftigten dargestellt. Einbezogen wurden die Fragebögen von 29 Probanden.

Die getestete Sonnenbrille hatte eine sehr gute Passform (kein rutschen auf der Nase), einen guten Tragekomfort, einen guten UV-Schutz, einen guten Rundumschutz, ist leicht, aber man schwitzt unter der Brille (Brille läuft von innen an; Schweißstau am Brillenrand) und sie ist staub- und kratzempfindlich. Die Sonnenbrille verfälscht Höhen bzw. Blickwinkel bei manchen Tätigkeiten (Straßenbau z. B. teeren) und bei ungünstigen Lichtverhältnissen spiegelt sie. Die Sonnenbrille bekam die Bewertung gut.

Fazit:

Ein gut gewähltes Modell einer Sonnenschutzbrille am Arbeitsplatz im Freien Beschäftigter findet im Arbeitsalltag gute Akzeptanz. Das hier getestete Modell lag beim Einkauf als größerer Posten bei einem Stückpreis von 5 € (2010).

Wichtig beim Einkauf / bei der Beschaffung ist es, auf die eingangs unter Kapitel 10.1.2 genannten Hinweise zu qualitativ guten Produkten zu berücksichtigen.

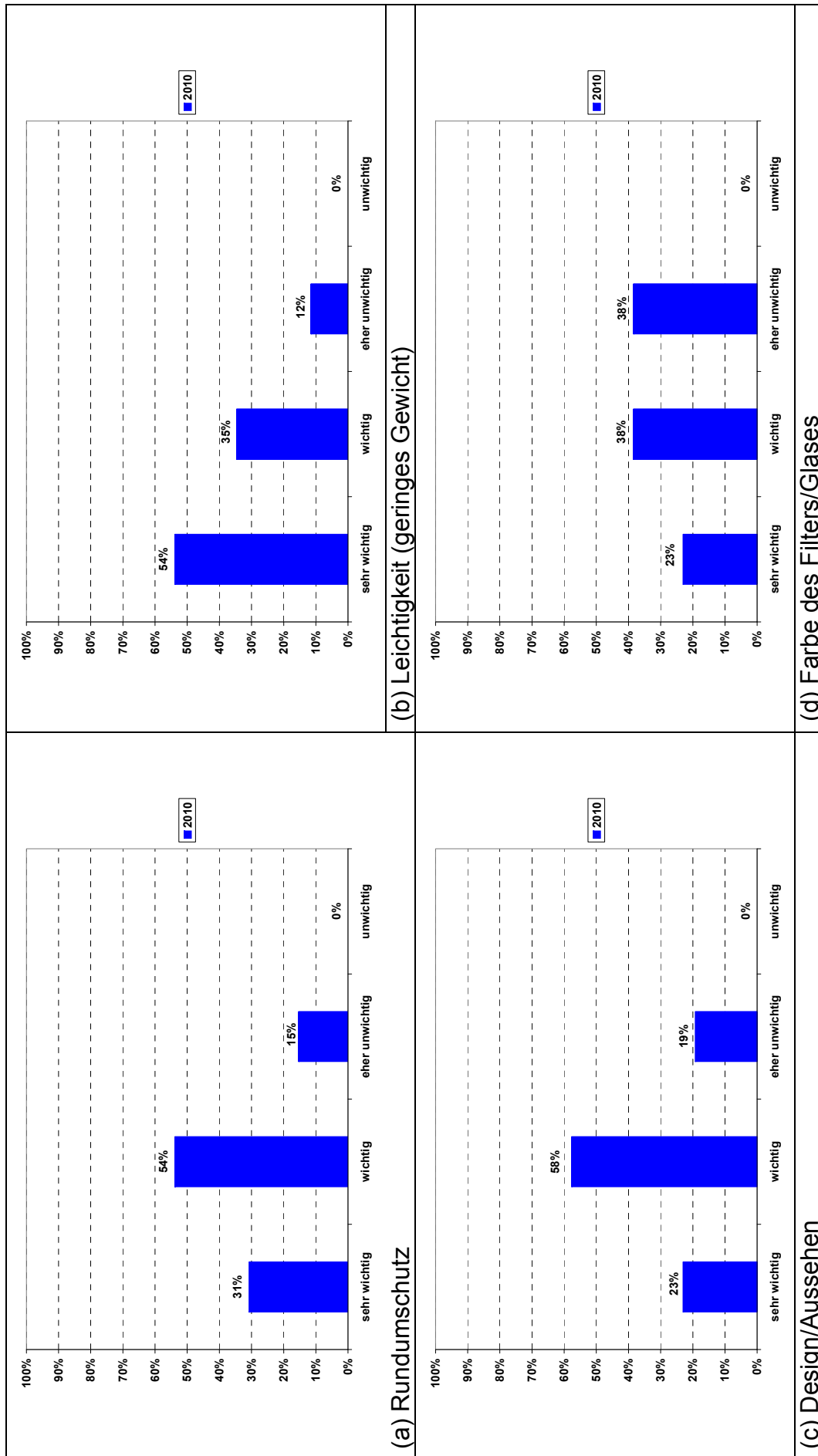


Abb. 10.4 a-d Beurteilung von Tragekomfortkriterien von Sonnenbrillen

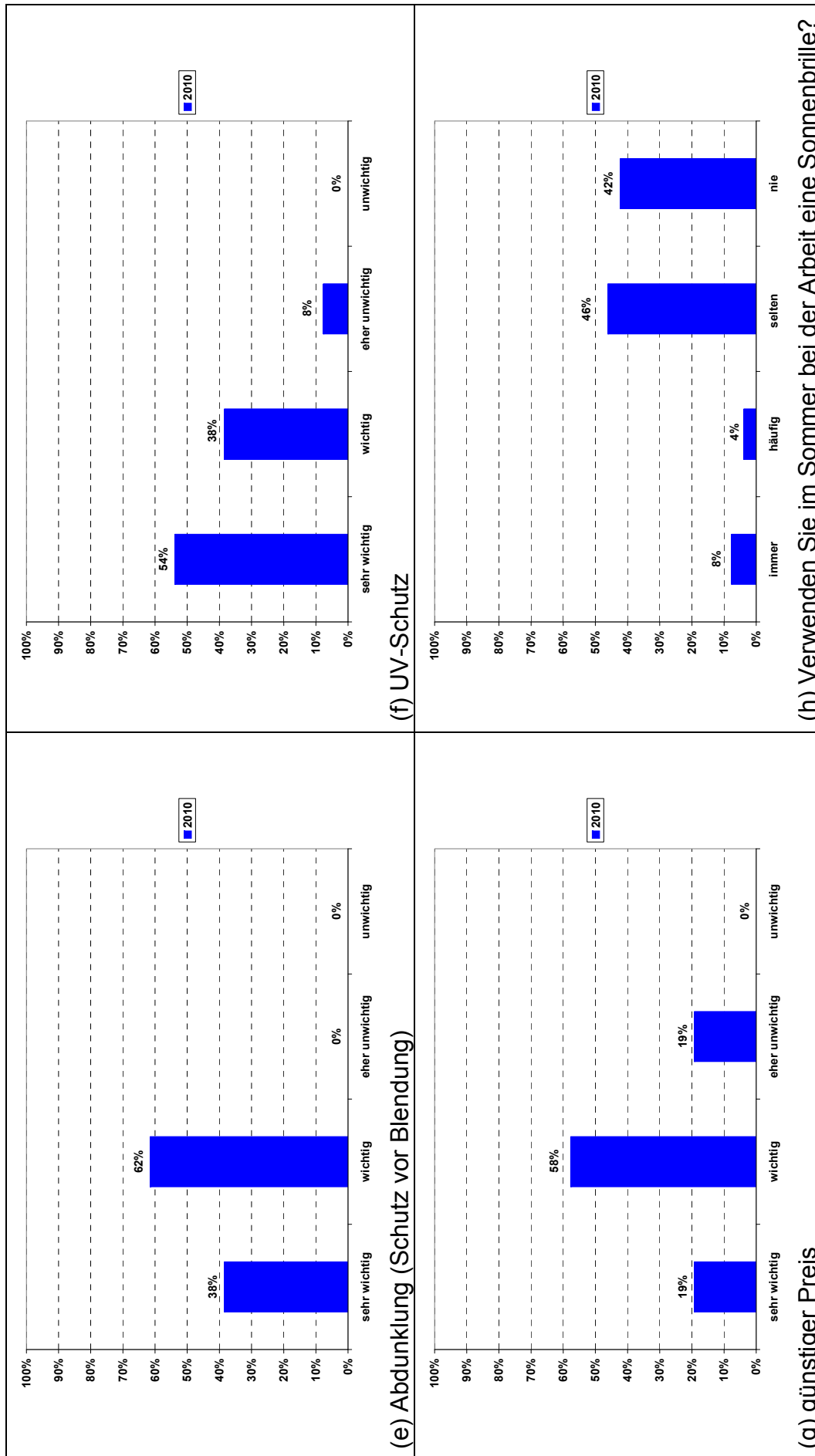


Abb. 10.4 e-g

Beurteilung von Tragekomfortkriterien von Sonnenbrillen

Abb. 10.4 h

Derzeitige Häufigkeit der Nutzung von Sonnenschutzbrillen durch die befragten Außenbeschäftigten

11 Umsetzung der Ergebnisse

11.1 Nutzungsmöglichkeiten der Projektergebnisse

Die erhöhten arbeitstäglichen Belastungen an Arbeitsplätzen mit solaren UV-Expositionen von im Freien Beschäftigten gegenüber Innenbeschäftigten und der praktisch zu vernachlässigende natürliche UV-Eigenschutz der Haut erfordert:

- technische Maßnahmen
- organisatorische Maßnahmen
- persönliche Schutzausrüstungen

Die einzelnen Schutzkomponenten, die in diesem Forschungsprojekt untersucht werden sollen, werden in ihrer Effektivität dokumentiert. Je nach erforderlichem Anwendungsfall können die in einem Stufenplan nutzbaren UV-Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Damit können nachhaltig die Überexpositionen von Haut und Augen für die Gruppe im Freien beschäftigter Arbeitnehmer gesenkt werden.

Für die Komponenten der „persönlichen Schutzausrüstung“ Bekleidung, Kopfbedeckung/Schutzhelm und Sonnen(schutz)brille werden die Ergebnisse bezüglich der Praxistauglichkeit und des Tragekomforts über Publikationen den Herstellern und den gesundheitsschutzrelevanten Nutzern und Institutionen zugänglich gemacht.

11.2 Erstellung von Handlungshilfen mit praxisorientierten, modellhaften Lösungen

In dieser Handlungshilfe sind die wesentlichen Punkte zum Schutz vor solarer UV-Strahlung als Ratgeber für Beschäftigte, die im Freien arbeiten exemplarisch zusammengestellt.

Sie enthält wichtige Informationen für Unternehmer, Führungskräfte, Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Betriebs- und Personalräte, Sicherheitsbeauftragte, Aufsichtspersonen der Berufsgenossenschaften, Gewerbeaufsichtsbeamte und Arbeitnehmer.

Die Informationen sind zielgruppengerecht aufzubereiten. Dabei ist es sinnvoll, aufgrund der Informationstiefe zwei unterschiedliche Versionen zu erstellen:

- Version für Arbeitgeber, Sicherheitsingenieure, Aufsichtsbeamte
- Version für Arbeitnehmer.

Folgende Inhalte sollten in einer Handlungsanleitung zum Schutz vor solarer UV-Strahlung bei beiden Versionen enthalten sein:

- Gefährdungen durch solare UV-Strahlung
- physikalische Grundlagen
- biologische Wirkungen auf Auge und Haut
- gesetzliche Grundlagen zum Schutz der Arbeitnehmer vor solarer UV-Strahlung

- Gefährdungsbeurteilung/UV-Index
- Schutzmaßnahmen/Unterweisung.

Zu den Inhalten sollten die aufgeführten Hinweise berücksichtigt werden.

Gesellschaftliche Bedeutung des Schutzes vor solarer UV-Strahlung:

- Hohes Belastungspotenzial für ca. 3 Millionen Beschäftigte mit Tätigkeiten überwiegend bzw. zeitweise im Freien
- jährlich erkranken in Deutschland etwa 225.000 Menschen an Hautkrebs
- Unterschätzung der Gefahr durch Sonnenstrahlung.

Physikalische Grundlagen:

- Typisches Sonnenspektrum
- Strahlungsanteile des Sonnenspektrums
- Filterfunktion der Ozonschicht.

Biologische Wirkungen auf Auge und Haut:

Mögliche Hautschädigungen:

- Akute Schäden (Sofortreaktionen): Sonnenbrand (UV-Erythem), photoallergische und phototoxische Reaktionen
- chronische Schäden (Spätfolgen): Hautalterung, Hautkrebs (Plattenepithelkarzinom, Basaliom, malignes Melanom)

Mögliche Augenschäden:

- Akute Schäden (Sofortreaktionen): Entzündung der Hornhaut und der Bindehaut, Verbrennung der Netzhaut
- chronische Schäden (Spätfolgen): Trübung der Augenlinse (Grauer Star).

Gesetzliche Grundlagen zum Schutz der Arbeitnehmer vor solarer UV-Strahlung:

Es gelten die Verpflichtungen des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG):

- Zur Gefährdungsbeurteilung (Expositionsermittlung und -bewertung)
- zur Festlegung und Anwendung von Schutzmaßnahmen
- zur Unterweisung
- zur arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Gefährdungsbeurteilung/UV-Index:

- Gefährdungsbeurteilung nach ArbSchG durchführen
- für eine Abschätzung des gesundheitlichen Risikos durch solare UV-Strahlung ist der UV-Index sehr hilfreich, der den Tagesspitzenwert der erythemwirksamen (sonnenbrand-wirksamen) UV-Strahlung angibt
- Die WHO empfiehlt ab einem UV-Index von drei Schutzmaßnahmen zu ergreifen (Tab. 11.1).

Der UV-Index (UVI) mit Werten zwischen 0 und 12 ist ein einfaches Maß für die Sonnenbrandwirksamkeit bei Sonnenstrahlung. Die Sonnenbrandwirksamkeit wird hauptsächlich vom Sonnenstand (Jahreszeit, Tageszeit, geographischer Breitengrad) und der Bewölkung bestimmt, weiterhin auch von der Höhenlage (pro 1000 Höhenmeter nimmt die UV-Strahlung um ca. 18 % zu) und der momentanen Ozonschichtdicke.

Die UVI-Vorhersage gibt an, welcher Höchstwert der Sonnenbrandwirksamkeit für den Tag zu erwarten ist. In Deutschland kann im Sommer ein UV-Index von bis zu UVI 8 erreicht werden (Tab. 11.2).

Tab. 11.1 UV-Index mit Empfehlungen

UV-Index	Strahlungsstärke	Sonnenbrand möglich (mittlere Hautempfindlichkeit)	Schutzmaßnahmen
1-2	schwach	nach 1 h und länger	nicht erforderlich
3-5	mittel	ab 30 min	Empfehlenswert
6-7	hoch	ab 20 min	Erforderlich
8-10	sehr hoch	in weniger als 20 min	unbedingt erforderlich
11+	extrem	ab 5 min	unbedingt erforderlich

Beispieleiten für Angaben zum UV-Index im Internet:

<http://www.wetter.com/gesundheit/mysuncheck/>

<http://www.wetteronline.de/uv/uv.htm>

http://www.bfs.de/de/uv/uv2/uv_messnetz/uvi

Planung der Arbeitswoche:

Wetterprognose und UVI-Prognose für die Folgetage einholen (Zeitung, TV, Internet) u. a.: <http://www.suvmonet.de/index.html>

Tab. 11.2 Jahreskalender zur UV-Belastung für Deutschland (8-Std.-Arbeitsstag)

Datum	Kalenderwo- che KW	Tageszeit (MESZ)	UV- Index	Im Mittel oder Sonnig
10. Okt.-10. Mrz.	KW 42-KW 10	ganztägig	< 3	auch bei Sonne
28. Sep.-22. Mrz.	KW 40-KW 12	ganztägig	< 3	im Mittel
23. Mrz.-27. Sep.	KW 13-39KW	11:30 bis 14:30 Uhr	≥ 3	im Mittel
11. Mrz.-09. Okt.	KW 11-KW 41	9:30 bis 16:30 Uhr	≥ 3	bei Sonne
22. Apr.-02. Sep.	KW 17-KW 36	12 bis 14 Uhr	≥ 5	im Mittel
16. Apr.-12. Sep.	KW 16-KW 37	10:30 bis 15:30 Uhr	≥ 5	bei Sonne

MEZ/MESZ: Mitteleuropäische Zeit/Sommerzeit

im Mittel: wird in diesem Tages- und Jahreszeitraum im langjährigen Mittel regelmäßig erreicht

bei Sonne: wird in diesem Tages- und Jahreszeitraum im langjährigen Mittel bei sonnigen Tagesabschnitten erreicht

Allgemeine Informationen:

- Sonnenbrand UVI 3: nach 2-3 Stunden an Gesicht/Körper (im Liegen nach einer Stunde)
 UVI 5: nach 1-1,5 Stunden an Gesicht/Körper (im Liegen nach 0,5 Stunden)
- Abschätzung der UV-Gefährdung ohne Messgerät durch die Schattenregel:
 - ist die Schattenlänge größer als die Körperhöhe, sind keine Schutzmaßnahmen notwendig
 - ist die Schattenlänge kleiner als die Körperhöhe, sind Schutzmaßnahmen erforderlich (UVI ist ≥3)
- Gesicht, Nacken, Rücken und Bauch weisen eine höhere Sonnenbrandempfindlichkeit auf:
 - 2x höher gegenüber Oberarm/Unterarm
 - 4x höher gegenüber Händen/Oberschenkel/Unterschenkel.

Schutzmaßnahmen und Unterweisung:

Technische Maßnahmen

- Abschattende Maßnahmen wie:
 - Überdachungen für ständige Arbeitsplätze im Freien, wie z. B. Kassenarbeitsplätze auf Parkplätzen
 - Verwendung von Sonnenschirmen oder Sonnensegeln z. B. für Kindertensspielplätze
- Verwendung von UV-absorbierenden Scheiben bei Fahrzeugen, wie z. B. Bahnen, Bussen, Gabelstaplern, Traktoren, Baggern, Kranen, Flugzeugen
- Gerüste mit Gazenetzen abhängen (insbesondere Südseiten)
- Räume oder Unterstellmöglichkeiten z. B. für den Zeitraum der Pausen.

Organisatorische Schutzmaßnahmen:

- Unterweisung der Beschäftigten über mögliche Gefährdungen durch die Sonnenstrahlung und über angepasste Schutzmaßnahmen
- Vorbereitungsarbeiten generell in den Schatten verlegen (Bereitstellungsarbeiten, Anpassen von Materialien usw.)
- Expositionsdauer gegenüber Sonnenstrahlung nach den Möglichkeiten der Arbeitsorganisation beschränken, z. B. durch einen früheren Arbeitsbeginn
- körperlich anstrengende Arbeiten in die weniger sonnigen und kühleren Morgenstunden verlegen
- weniger dringliche Arbeiten in eine sonnenärmere und kühlere Witterungsperiode verschieben
- bei intensiver Sonnenstrahlung und Hitze auf Überstunden verzichten
- in den Mittagsstunden den Aufenthalt in der Sonne minimieren, nach Möglichkeit Arbeiten in abgeschattete Bereiche verlegen. Die Mittagssonne sollte im Sommer möglichst vermieden werden, da die Sonnenstrahlung im Zeitraum von 11 bis 15 Uhr (mitteleuropäische Sommerzeit MESZ) besonders intensiv ist. Auf diesen Zeitraum entfallen 50 % der solaren UV-Einstrahlung pro Tag.

Hinweis:

An den wenigen Tagen im Jahr mit höchster solarer UV-Strahlung ($UVI \geq 7$) körperlich anstrengende Arbeiten meiden und möglichst auf weniger sonnige Tage verlegen. Trinkwasser oder andere alkoholfreie Getränke in ausreichender Menge zu sich nehmen!

Pausengestaltung:

- Sonnengeschützter Pausenaufenthaltort z. B. im Gebäude, Container, Bauwagen
- Mittagspause in den Zeitraum höchster Sonnenintensivität legen (vornehmlich gegen 13:00 MESZ)
- bei Verwendung von offenen Unterständen (Dach, Zelt, Pavillon) können bis zu 50 % der diffusen solaren UV-Strahlung über die Seiten wirksam sein!

Geeignete persönliche Schutzmaßnahmen:

- Die Verwendung von geeigneter körperbedeckender Kleidung. Die Textilien sollten über einen ausreichenden UV-Schutz (UPF) verfügen
- das Tragen von Kopfbedeckungen. Die Kopfbedeckungen sollten über Krempe und ggf. Nackentücher verfügen, die eine ausreichende Abschattung für Augen und die Haut im Kopfbereich gewährleisten
- die Benutzung von Sonnenschutzcremes mit einem geeigneten Lichtschutzfaktor (LSF, engl.: SPF). Dabei sollte auf eine sachgerechte Anwendung geachtet werden (gleichmäßiger und ausreichend dicker Auftrag, der ggf. zu wiederholen ist; bei nicht ausreichender Auftragung kann der Schutzfaktor bis auf ein Viertel abfallen)
- die Gefährdungen für die Augen werden häufig unterschätzt. Bei intensiver Sonnenstrahlung sollte eine geeignete Sonnenschutzbrille getragen werden. Der direkte Blick in die Sonne ist zu vermeiden. Der Schutz der Augen ist insbesondere in größeren Höhenlagen und bei Reflexion der UV-Strahlung durch Sand oder Schnee erforderlich. Anforderungen an die Sonnenschutzfilter für den gewerblichen Bereich sind in der DIN EN 172 und für den allgemeinen Gebrauch in der DIN EN ISO 12312-1 festgelegt.

Hinweis:

Bei Arbeitnehmern kann an Arbeitsplätzen bei Anwendung von bestimmten Stoffen z. B. durch Teer, Pech, bestimmten pflanzlichen Stoffen oder durch die Einnahme von Medikamenten eine höhere Empfindlichkeit gegenüber UV-Strahlung auftreten (s. Empfehlung der Strahlenschutzkommission - SSK 1998).

Unterweisung:

Die Unterweisung dient dazu, die Beschäftigten über die Gefährdungen ihrer Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz zu informieren. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung und die Festlegung der zu treffenden Maßnahmen zur Verringerung der Gefährdungen zur Minderung der Exposition gegenüber solarer optischer Strahlung sind Gegenstand der Unterweisung.

Folgende Inhalte sind im Rahmen der Unterweisung zu behandeln:

- Die Art der Gefährdung und Möglichkeit der Schädigungen von Haut und Augen durch solare UV-Strahlung

- die Ergebnisse der Expositionsermittlung zusammen mit einer Erläuterung ihrer Bedeutung und der Bewertung der damit verbundenen möglichen Gefährdungen und gesundheitlichen Folgen
- die festgelegten Maßnahmen zur Beseitigung oder zur Minimierung der Gefährdung unter Berücksichtigung der Arbeitsplatzbedingungen
- die bestimmungsgemäße Verwendung der persönlichen Schutzausrüstungen und ggf. anderer individueller Maßnahmen, erforderlichenfalls ergänzt durch eine Schulung in der Benutzung
- die Voraussetzungen, unter denen die Beschäftigten Anspruch auf arbeitsmedizinische Vorsorge haben, und deren Zweck
- Hinweise zur Erkennung und Meldung möglicher Gesundheitsschäden
- Hinweise zu Wirkungen (z. B. fotosensibilisierende Effekte) von Medikamenten, Kosmetika und Gefahrstoffen.

Die konsequente Berücksichtigung einfacher Verhaltensregeln kann einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Gesundheit vor Schädigungen durch UV-Strahlung leisten. Unterweisungen sollen insbesondere auf die Selbstbeobachtung von Hautveränderungen hinweisen, da durch eine Früherkennung von Hautkrebserkrankungen die Therapieerfolge erheblich verbessert werden können.

12 Zusammenfassung

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Effektivität von Schutzkomponenten zur Reduzierung solarer UV-Expositionen für Arbeitnehmer im Freien zu untersuchen. Dies war notwendig, weil im Freien Beschäftigte erhöhte kumulative UV-Jahresdosen ausgesetzt sind. Im BAuA-Forschungsvorhaben F 1777 [KNUSCHKE et al., 2007] wurde nachgewiesen, dass Beschäftigtengruppen mit ständiger Tätigkeit im Freien im Jahr zwei- bis dreifach höheren solaren UV-Expositionen ausgesetzt sind als Innenbeschäftigte. Diese Erkenntnisse haben dazu geführt, dass seit Januar 2015 das Plattenepithelkarzinom bzw. multiple aktinische Keratosen durch solare UV-Expositionen bei im Freien Beschäftigten in der Berufskrankheiten-Liste der Berufskrankheiten-Verordnung [BKV 2014] aufgeführt sind. Diese neue Berufskrankheit hat die Notwendigkeit von effektiven Präventionsmaßnahmen in den Blickpunkt gerückt.

Untersuchungen zur klimatischen Situation und zur solaren UV-Immission haben gezeigt, dass von der Küste bis an den Alpenrand die Bedingungen nicht grundlegend unterschiedlich sind. Die im Projekt erzielten Ergebnisse sind somit deutschlandweit gültig.

Der UV-Index (UVI) ist ein geeignetes Maß zur Einschätzung der Sonnenwirksamkeit. Basierend auf Empfehlungen von WHO und ICNIRP sind ab einem $UVI \geq 3$ Schutzmaßnahmen anzuwenden. Datenanalysen der Messwerte aus dem bundesweiten solaren UV-Monitoring-Netz (sUVMoNet) für die Jahre 2000 bis 2008 ergaben, dass in Deutschland an 135 bis 165 Tagen im Jahr ein $UVI \geq 3$ erreicht wird und somit Maßnahmen zu treffen sind. Von diesen Tagen wird an 60 bis 90 im Jahr ein UV-Index von 5 überschritten, womit erhöhte UV-Schutzmaßnahmen angezeigt sind.

Mit einer Übersichtsbefragung bei Arbeitgebern und Beschäftigten wurde ermittelt, welche Schutzmaßnahmen gegen solare UV-Expositionen vor allem an Arbeitsplätzen, aber auch in der Freizeit und im Urlaub gegenwärtig zur Anwendung kommen.

Dabei zeigte sich, dass technische Maßnahmen für den Schutz von großflächigen Arbeitsbereichen nur schwierig in den Arbeitsablauf integriert werden können. Bei den organisatorischen Maßnahmen muss insbesondere durch zielgruppenspezifisches Informations- und Schulungsmaterial die Qualität der Unterweisungen verbessert werden. Pausenzeiten werden schon weitgehend in Bereichen verbracht, die vor UV-Strahlung geschützt sind. Eine Bereitstellung von persönlichen Schutzkomponenten durch den Arbeitgeber erfolgt, wenn überhaupt, nur in größeren Firmen. Ein deutlicher Informationsbedarf besteht hinsichtlich der Wirksamkeit von möglichen Schutzkomponenten.

Im Rahmen des Projektes wurde für solar exponierte Arbeitsplätze ein Konzept für mindesterforderliche UV-Schutzfaktoren für die Haut entwickelt. Einfließende Faktoren waren die maximal möglichen solaren UV-Expositionen an Außenarbeitsplätzen über eine Arbeitsschicht in Deutschland. Weiterhin wurden dabei die Körperverteilung der solaren UV-Exposition und die unterschiedlichen UV-Empfindlichkeiten der Haut für die verschiedenen Körperregionen berücksichtigt. Dieses Konzept beschreibt Anforderungen an Schutzkleidung und welcher Schutzfaktor für Sonnenschutzcreme erforderlich ist. Dabei wird deutlich, dass für die unterschiedlichen Körperbereiche verschieden hohe Schutzfaktoren notwendig sind, dem Nacken-/Schulterbereich mit Schutzfaktoren > 50 besondere Beachtung zukommen muss.

In umfangreichen Laboruntersuchungen und Feldversuchen wurde die Anwendbarkeit von technischen Maßnahmen zur Abschattung des Arbeitsplatzes untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Betrachtung der Arbeitsabläufe, z. B. häufiges Verlassen des Schutzbereiches, von besonderer Bedeutung für die Effektivität der Schutzmaßnahme ist. Die alleinige messtechnische Bestimmung des Schutzfaktors der jeweiligen Schutzkomponente kann zu einer Unterschätzung des Risikos führen.

Wo technische Maßnahmen nicht ausreichen, sind für den präventiven Schutz gegen solare UV-Expositionen am Arbeitsplatz individuelle Schutzkomponenten erforderlich. Die Effektivität von individuellen Maßnahmen wurde messtechnisch bestimmt sowie der Tragekomfort und damit die Akzeptanz am Arbeitsplatz in Kurzzeittests von ein bis zehn Tagen sowie in 18 Wochen über eine Sommersaison ermittelt. Damit konnte gezeigt werden, dass in Deutschland und Mitteleuropa der textile UV-Schutz typischer Oberbekleidung ausreichend ist. Spezielle berufliche UV-Schutzkleidung ist aber bei Arbeitsaufenthalten in äquatornäheren Regionen angezeigt. Individuelle Sonnenschutzkomponenten, bestehend aus Oberbekleidung, Hosen, Kopfbedeckung sowie Sonnenschutzbrille können kostengünstig sein und sind bei konsequenter Anwendung durchaus effektiv.

Der vorliegende Bericht erläutert detailliert die Effektivität technischer, organisatorischer und persönlicher Schutzkomponenten zur Reduzierung der Gefährdung durch solare UV-Expositionen bei der Arbeit. Durch die zusätzliche Betrachtung von Praxisauglichkeit und Akzeptanz und vor allem durch die erarbeitete Handlungshilfe werden Arbeitgeber und Akteure des Arbeitsschutzes bei der Auswahl der richtigen Schutzkomponenten unterstützt.

Sonnenschutz muss nicht teuer sein. Aber er muss konsequent angewendet werden. Dies muss im Bewusstsein von Arbeitgebern und Arbeitnehmern noch mehr zur Selbstverständlichkeit werden. Wichtige Grundlagen zur Erreichung dieses Ziels liefert der vorliegende Bericht.

13 Ausblick

Eine wichtige Aufgabe ist es, das Risikobewusstsein sowohl von Arbeitgebern, als auch von Arbeitnehmern zu schärfen, um das langfristige Risiko durch die erhöhten solaren UV-Expositionen für Beschäftigte im Freien zu verinnerlichen.

Ein Ziel des Forschungsvorhabens war es, quantifiziertes Datenmaterial zur solaren UV-Strahlenbelastung und zu den verschiedenen effizienten Möglichkeiten der Reduktion dieser Expositionen bereitzustellen.

Dieses Datenmaterial gibt die Möglichkeit Konzepte für Schulungsmaterialien in Berufsausbildung, Meisterkursen, aber auch für die regelmäßigen Unterweisungen in den Firmen, zu erarbeiten.

Mit der Aufnahme der Berufskrankheit (BK) „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“ in die BK-Liste der Berufskrankheiten-Verordnung besteht insbesondere von Arbeitgeberseite eine gestiegene Aufmerksamkeit gegenüber den Präventionsaufgaben an solar UV-exponierten Arbeitsplätzen.

Auch wenn die EU-Richtlinie 2006/25/EG bzw. die OStrV sich auf optische Strahlung aus künstlichen Quellen beschränken und damit auch keine Grenzwerte für solare UV-Strahlung am Arbeitsplatz existieren, ist der Arbeitgeber aus arbeitsschutzrechtlicher Sicht verantwortlich für:

- die Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung für Arbeitsplätze im Freien
- den präventiven Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.

Die Erkenntnisse aus dem BAuA-Forschungsvorhaben F 2036 „Schutzkomponenten zur Reduzierung solarer UV-Expositionen bei Arbeitnehmern im Freien“ tragen dazu bei, die Chancen, die eine adäquate Prävention sowohl für akute Schädigungen wie Sonnenbrand als auch für chronische Effekte mit einer möglichen Berufskrankheit Hautkrebs am Ende bietet zu verdeutlichen. Damit leisten sie einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit im Freien.

Literaturverzeichnis

- ArbSchG** Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG), vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), zuletzt durch Artikel 15 Absatz 89 des Gesetzes vom 5. Februar 2009 (BGBl. I S. 160) geändert
- ArbStättV** Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV) vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179); zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960) geändert
- AS/NZS 4399** AS/NZS 4399:1996: Sun protective clothing – Evaluation and classification
- AUVA 2000** M. Schwaiger, K. Schulmeister, H. Schön, H. Brusl, Solare UV-Strahlungsbelastung von Arbeitern im Straßenbau - Teil A, AUVA - Report Nummer 34, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Wien, 2000
https://www.sozialversicherung.at/mediaDB/MMDB110113_R34.pdf
- AUVA 2007a** Weber, M., Schulmeister, K., Kitz, E., Brusl, H.: Studie zur UV-Belastung beim Arbeiten im Freien - Teil 1, AUVA - Report Nummer 49, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (2007) Wien,
https://www.sozialversicherung.at/mediaDB/555789_R49.pdf
- AUVA 2007b** Weber M, Schulmeister K, Graber F, Uller A, Kitz E, Brusl H. Studie zur UV-Belastung bei Arbeiten im Freien – Teil 2: Datenkatalog
- AUVA 2008** UV-Strahlung und Arbeiten im Freien – Ein Ratgeber für Outdoor-Worker. Herausgeber und Hersteller: Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, HUB – M 013 – 1. Auflage 2008
- BARTH et al., 1990** Barth Ch, Knuschke P, Barth J. UV-Strahlenbelastung in der Umgebung von Schweißarbeitsplätzen. Z. Ges. Hyg. 36 (1990) 654-655
- BAUER et al., 2011** Bauer, A., Diepgen, TL., 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: 612-625 2011
- BAUER et al., 2013** Bauer A, Hault K, Püschel A, Rönsch H, Knuschke P; Beisert St. Acceptance and Usability of Different Sunscreen Formulations among Outdoor Workers: A Randomized, Single-blind, Cross-over Study. Acta Derm Venereol 94 (2013) 152–156
- BGV A1** Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ BGV A1, <http://www.bgw-online.de>
- BKV 2014** Berufskrankheiten-Verordnung vom 31. Oktober 1997 (BGBl. I S. 2623), zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2397) geändert

- BMAS 2013** Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bek. v. 1.7.13. Berufskrankheiten-Verordnung; Wissenschaftliche Stellungnahme des Ärztlichen Sachverständigenbeirats „Berufskrankheiten“. GMBI-Ausgabe-2013-35 671-693, ISSN 0939-4729
- BGR 192** BGR 192 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“, Juli 2001
- CIE S007** CIE S 007/E:1998 / ISO 17166 1999: Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose
- DGUV 2013 a** DGUV Forschungsprojekt FF-FB0170 "Durch UV-Strahlung induzierte bösartige Hauttumore - Erarbeitung und Evaluation von versicherungsrechtlich relevanten Abgrenzungskriterien beruflich gegenüber nicht beruflicher Verursachung"
http://www.dguv.de/ifa/Forschung/Projektverzeichnis/FF-FB_0170.jsp
- DGUV 2013 b** DGUV-Arbeitshilfe "Hautkrebs durch UV-Strahlung", Stand 25.09.2013,
http://www.dguv.de/dguv/medien/inhalt/versicherung/dokum/dguv_arbeitshilfe_hautkrebs.pdf
- DIN 5031** Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik – Teil 10: Photobiologisch wirksame Strahlung, Größen, Kurzzeichen und Wirkungsspektren.
- DIN 67501** DIN 67501:2010-07, Experimentelle in vivo-Bewertung des Erythem-schutzes von externen Sonnenschutzmitteln für die menschliche Haut.
- DIN EN 13758-1** DIN EN 13758-1:2007-03: Textilien – Schutzeigenschaften gegen ultraviolette Sonnenstrahlung - Teil 1: Prüfverfahren für Bekleidungstextilien
- DIN EN 13758-2** DIN EN 13758-2:2007-03: Textilien – Schutzeigenschaften gegen ultraviolette Sonnenstrahlung - Teil 2: Klassifizierung und Kennzeichnung von Bekleidung
- DIN EN 172** DIN EN 172 Persönlicher Augenschutz - Sonnenschutzfilter für den betrieblichen Gebrauch (enthält Änderungen A1:2000 und A2:2001); Deutsche Fassung EN 172:1994 + A1:2000 + A2:2001, Ausgabedatum: 2002-02
- DIN EN 166** DIN EN 166 Persönlicher Augenschutz - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 166:2001, Ausgabedatum: 2002-04
- DIN EN ISO 12312** DIN EN ISO 12312-1:2014-04: Augen- und Gesichtsschutz – Sonnenbrillen und ähnlicher Augenschutz – Teil 1: Sonnenbrillen für den allgemeinen Gebrauch; (ISO 12312-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 12312–1: 2013
- DIN EN ISO 24444** DIN EN ISO 24444:2011-03: Kosmetik – Untersuchungsverfahren für Sonnenschutzmittel – In-vivo-Bestimmung des Sonnenschutzfaktors (SSF) (ISO 24444:2010)
- EU 2006** Bericht über den vom Vermittlungsausschuss gebilligten gemeinsamen Entwurf einer Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates betreffend Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (optische Strahlung aus künstlichen Quellen) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG), Europäisches Parlament, Plenarsitzungsdokument, A6-0026/2006 vom 6.2.2006

- Faltblatt** Faltblatt Sonnenbrillen - Augen auf beim Brillenkauf!, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, April 2010
www.baua.de/de/Publikationen/Faltblaetter/F9.html
- ICNIRP 2004** International Commission for Nonionizing Radiation Protection: Guidelines on limits to exposure of Ultraviolet radiation of wavelength between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Physics* 87:171-186
- ICNIRP 2007** Protecting workers from ultraviolet radiation. Editors: Vecchia P, Hietanen M, Stuck BE, van Deventer E, Niu S. ICNIRP14, ISBN 978-3-934994-07-2: pp.19
- IFA 2013** IFA der DGUV; Technische Information zur Ermittlung in Berufskrankheits(BK-)fällen "Hautkrebs durch natürliche UV-Strahlung", Stand 5/2014, http://www.dguv.de/dguv/medien/ifa/de/fac/strahl/pdf/bk_natuerliche_strahlung.pdf
- IRAC 2012** IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Radiation. Vol 100D. International Agency for Research on Cancer, Lyon 2012
- JUNG et al., 1971** Jung, E. G., Anton-Lamprecht, I.: Untersuchung über Albinismus. *Arch. Derm. Forsch.* 240 (1971), 123-137
- KNUSCHKE et al., 1996a** Knuschke, P., Pinzer, B.: Prospective Documentation of UV-Exposure in Phototherapy. Environmental UV-Radiation, Risk of Skin Cancer and Primary Prevention, Hamburg, 6.-8.5.1996. In: Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Band 34, Environmental UV-Radiation, Risk of Skin Cancer and Primary Prevention, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm, 1996, Gustav Fischer, 376
- KNUSCHKE et al., 1996b** Knuschke P, Barth J. Biologically weighted personal UV dosimetry. *J.Photochem.Photobiol.* 36(1996) 77-83
- KNUSCHKE et al., 2000** Knuschke, P., Krins, A.: UV-Personendosimetrie Teil B: Mit Verwendung des Polysulfonfilms als UV-Sensor. Hannover: Universitätsbibliothek und Technische Informationsbibliothek 2000. (F00B1544). Schlussbericht BMBF-Vorhaben 07UVB54B (2000)
- KNUSCHKE et al., 2004** Knuschke, P., Kurpiers, M., Koch, R., Kuhlisch, W., Witte, K. : Mittlere UV-Expositionen der Bevölkerung. Hannover: Technische Informationsbibliothek 2004. (F05B898). Schlussbericht BMBF-Vorhaben 07UV-B54C/3
- KNUSCHKE et al., 2005** Knuschke, P., Unverricht, I., Koch, E., Popp, A., Ott, G.: Monitoring des natürlichen Lichtschutzes der Haut. Optische Strahlung - EU-Richtlinie und aktuelle Forschungsergebnisse, Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Dortmund. (2005), 32-37
- KNUSCHKE et al., 2006** Knuschke, P.: Personal UV monitoring in health prevention and risk analysis. Helsinki: Picaset 2006, ISSN 1456-2537, UV News8, 62-63
- KNUSCHKE et al., 2007** Knuschke, P., Unverricht, I., Ott, G., Janßen, M.: Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien. Dortmund/Berlin/Dresden: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2007, Forschung F 1777; ISBN 978-3-88261-060-4
- KNUSCHKE et al., 2008** Knuschke, P., Janßen, M., Ott, G.: Referenzbasis solarer UV-Expositionen zur Bewertung der Expositionslevel in der Bevölkerung und an Arbeitsplätzen im Freien. In: Licht und Gesundheit, Hrg.: Kaase, H., Serick, F., Berlin (2008) 24-29, ISBN3-9807635-0-3

- KNUSCHKE et al., 2010** Knuschke, P., Unverricht, I., Aschoff, R., Cuevas, M, Janßen, M., Koch, E., Krüger, A., Ott, G., Thiele, A.: Untersuchung des Eigenschutzes der Haut gegen solare UV-Strahlung bei Arbeitnehmern im Freien. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschung, F 1986; Dortmund/Berlin/Dresden 2010; ISBN 978-3-88261-121-2
- KNUSCHKE 2011:** Knuschke, P.: Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der beruflichen solaren UV-Expositionen. *Dermatol Beruf Umwelt* 59 (2011) 78-83
- KNUSCHKE 2012:** Knuschke, P.: UV-exposure. In: Kanerva's Occupational Dermatology, Second Edition, Editors: Rustemeyer T, Elsner P, John S M, Maibach H I. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London (2012) 859-884, ISBN 978-3-642-02034-6
- KRINS et al., 2000a** Krins, A., Bolsée, D., Dörsche, B., Gillotay, D., Knuschke, P.: Angular dependence of the efficiency of the UV sensor polysulphone film. *Radiat. Prot. Dosimetry* 87 (2000) 261-266
- KRINS et al., 2000b** Krins, A.: Untersuchungen der physikalischen Eigenschaften von Polysulfonfilm zur Anwendung in der UV-Dosimetrie. Dissertation, Technische Universität Dresden 2000
- KRINS et al., 2001** Krins A, Dörschel B, Knuschke P, Seidlitz H K, Thiel S. Determination of the calibration factor of polysulphone film UV dosimeters for terrestrial solar radiation. *Radiat. Prot. Dosimetry* 95 (2001) 345-352
- OLSON et al., 1966** Olson, R. L., Sayre, R. M., Everett, M. A.: Effect of anatomic location and time on the ultraviolet erythema. *Arch. Dermatol.* 93 (1966), 211-215
- Leitfaden Sonnenstrahlung 2012:** Jutta Brix, Martin Brose, Manige Fartasch, Werner Horak, Hermann Jossen, Emmerich Kitz, Peter Knuschke, Günter Ott, Jörg Reichrath, Hans-Dieter Reidenbach, Heinz R. Schmid, Harald Siekmann, Manfred Steinmetz, Thomas Völker. Leitfaden „Sonnenstrahlung“. Arbeitskreis "Nicht-ionisierende Strahlung" (AKNIR) des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. (FS), FS-2012-156-AKNIR
- OTT et al., 2011** Ott, G., Knuschke, P., Janßen, M., Janßen, W., Romanus, Erik: MUVI – Ein mobiles Gerät zur Beurteilung der Gefährdung durch solare UV-Strahlung. *Technische Sicherheit* Bd. 1 (2011) Nr. 5, 50-53
- OTT et al., 2013** Günter Ott, Marco Janßen, Dennis Nowack, Peter Knuschke: Schutz vor solarer UV-Exposition. sicher ist sicher – Arbeitsschutz aktuell 7–8 (2013) 2-4
- REIDENBACH et al., 2012** Reidenbach H.-D., Brose M., Ott G., Siekmann H., Praxis-Handbuch optische Strahlung, Erich Schmidt Verlag, ISBN: 978-3-503-13822-7, Berlin 2012
- 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. Nr. L 114 vom 27.4.2006, S. 38–59

- 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, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (Abl.) 1989, Nr. L 183, S. 1) zuletzt geändert durch Artikel 1 der Richtlinie 2007/30/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2007, Amtsblatt der Europäischen Union (Abl.) 2007, Nr. L 165, S. 23
- SCHMITT et al., 2011** Schmitt, J., Seidler, A., Diepgen, TL., Bauer, A.,: Br J Dermatol 2011 164(2):291-307)
- SSK 2015** Schutz des Menschen vor den Gefahren solarer UV-Strahlung und UV-Strahlung in Solarien (Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Überarbeitung in Vorbereitung)
- UNVERRICHT und KNUSCHKE, 2007** Unverricht, I., Knuschke, P.: Verhalten von im Freien Beschäftigten gegenüber solarer UV-Strahlung in Beruf und Alltag. Dermatol. Beruf Umwelt 55 (2007), 159-166
- WEBER et al., 2005** Weber, M., Schwaiger M, Schulmeister K, Brusl, H, Kindl P, Knuschke, P.: Examination of Solar Ultraviolet Radiation Exposure of Road Construction Workers in Austria, Book of Abstracts, European Society for Photobiology 2005, Aix-les-Bains, 78 (2005)
- WEBER et al., 2007** Weber, M., Uller, A., Schulmeister, K., Brusl, H., Hann, H., Kindl, P.: Outdoor Workers Acceptance of Personal Protective Measures against Solar Ultraviolet Radiation. Photochem. Photobiol. 283 (2007) 1471-1480
- WEBER et al., 2008** Weber, M., Schulmeister, K., Graber, F., Uller, A., Kitz, E., Brustl, H., Hann, H., Knuschke, P.: UV-Belastung bei Arbeitnehmern im Freien, Licht und Gesundheit, Berlin (2008) 30-55, ISBN3-9807635-0-3
- WHO 2002** Global Solar UV Index – A Practical Guide. A joint recommendation of WHO, WMO, UN Environment Programme and ICNIRP (ISBN 92 4 159007 6, NLM classification: QT 162.U4, Marketing and Dissemination, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Genf 27, Schweiz (2002)
- WIEDEMANN et al., 2009** Wiedemann P M, Schütz H, Börner F, Walter G, Claus F, Sucker K. Ansatzpunkte für die Verbesserung der Risikokommunikation im Bereich UV. Abschlussbericht BfS-StSch 4507, BfS-RESFOR-04/09, Salzgitter 2009

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AG	Arbeitsgemeinschaft
AKNIR	Arbeitskreis „Nichtionisierende Strahlung“
AN	Arbeitnehmer
ARC	Austrian Research Center
AUVA	Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
b.w.	bitte wenden
BA	Berufsakademie
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BG	Berufsgenossenschaft
BGFA	Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin
BMAS	Bundesministerium für Soziales und Arbeit
BO/DO	Bochum/Dortmund
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
DD	Dresden
Derma	Dermatologie
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DWD	Deutscher Wetterdienst
E	East
Fa	Firma
FM	Mittel der Windstärke
FTH	Faktor zur Berechnung der tatsächlichen Bestrahlung aus der horizontalen Bestrahlung
FX	Maximum der Windgeschwindigkeit
GaLaBau	Garten- und Landschaftsbau
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GS	Globalstrahlung
hED	halbstündliche erythem-effektive Bestrahlung
HH	Hamburg
Hochgeb.	Hochgebirge
HT	Hauttyp (HT II: Hauttyp 2 usw.)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung)
ID	Identifikation
IG-Bau	Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt
Inet	Internet
K	Karlsruhe
KW	Kalenderwoche
LiBg	Lindenberg
LSF	Lichtschutzfaktor
LT	Lichttest
M	München
MAX.	Maximalwert
MED	mittlere Erythemdosis

Median	Zentralwert, Mittelwert einer Verteilung
MESZ	Mitteleuropäische Sommerzeit
MEZ	Mitteleuropäische Zeit
MF	Medizinische Fakultät
MIN.	Minimalwert
Mo	Montag
MUVI	mobiles UV-Index Messgerät
MW	Mittelwert
N	Nord
n	Anzahl der Werte
NM	Mittel des Bedeckungsgrades
NO	Nordost
Nr.	Nummer
NW	Nordrhein Westfalen
NW	Nordwest
O	Ost
PES	Polyester
PM	Mittel des Luftdruckes
PN	Personennummer
PSA	persönliche Schutzausrüstung
PSF	Polysulfonfilm
RB-Meter	Robertson-Berger-Meter (zur Messung der erythem-effektiven solaren Globalstrahlung)
RBM	Robertson-Berger-Meter
RFM	Mittel der relativen Feuchte
RR	Niederschlagshöhe
SN	Sachsen
So	Sommer
So	Sonntag
SO	Sonnenscheindauer
SO	Südost
SPF	Sun Protection Factor
SSR	solar simulated radiation
STD	Standardabweichung
SW	Südwest
TM	Temperaturmittel
TN	Temperaturminimum
TU	Technische Universität
TX	Temperaturmaximum
UBA	Umweltbundesamt
UNEP	United Nations Environment Programme (Umweltprogramm der Vereinten Nationen)
UPF	Ultraviolet Protection Factor
UV	Ultraviolet
UVI	UV-Index
Vis	Viskose
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)
WMO	World Meteorological Organization (Weltorganisation für Meteorologie)
Wi	Winter
ZB	Zwischenbericht

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1 a	Außenbeschäftigte – Körperverteilung der solaren UV-Exposition	17
Tab. 3.1 b	Innenbeschäftigte – Körperverteilung der solaren UV-Exposition	18
Tab. 5.1	Empfohlenes UVI-Schutzschema der WHO/WMO/ICNIRP mit Angaben über Zeiten zum Auftreten eines Erythems (bei Hauttyp II)	29
Tab. 5.2	Zeitraum im Jahr mit Tageshöchstwert für den $UVI \geq 3$	30
Tab. 5.3	Tageszeiten, zu welchen der maximale UV-Wert $E_{er,max}$ auf 50 % abgefallen ist	30
Tab. 5.4	UV-Stufenkalender für Schutzmaßnahmen auf Basis des UV-Index (Erythemwirksamkeit) für den Arbeitstag an solar exponierten Arbeitsplätzen in Deutschland (s. 5.1.1)	31
Tab. 5.5 a	Mittlere Körperverteilung der solaren UV-Exposition von im Freien Beschäftigten für das Sommerhalbjahr bezogen auf den Kopf (oben)	32
Tab. 5.5 b	Mittlere Körperverteilung der solaren UV-Exposition von im Freien Beschäftigten für das Sommerhalbjahr als Körperstellenfaktor $f_{Körp}$ bezogen auf die Brustposition	33
Tab. 5.6	Regionale Verteilung der meteorologischen Messstationen und der UV-Messstationen in Deutschland für die Analysen	36
Tab. 5.7	Zusammenfassung aus den Analysen zu den Tagesverläufen der meteorologischen Größen	38
Tab. 5.8	Jahreszeitfaktoren f_{JZ} aus mittlerem monatlichem Verlauf der erythem-wirksamen Globalstrahlung in Deutschland	49
Tab. 5.9 a	Tageszeitfaktoren f_{TZ} für das Sommerhalbjahr April-August	51
Tab. 5.9 b	Tageszeitfaktoren f_{TZ} für das Winterhalbjahr September/Oktober (MESZ) und Oktober-März (MEZ)	51
Tab. 5.9 c	Tageszeitfaktoren f_{TZ} für das Winterhalbjahr September - März (nur MEZ)	52
Tab. 5.10	Häufigkeit der UV-Indexstufen in einem Jahr für sieben UV-Messstationen in Deutschland von Nord nach Süd und Ost nach West in den Jahren 2000 bis 2008	53
Tab. 5.11	UV-Indexstufen (aus Messungen ermittelt) und zugeordnete UV-Tagesdosis H_{er} (in J/m^2 pro Tag) von der UV-Messstation BAuA Dortmund aus den Jahren 2000 bis 2008 mit der Häufigkeit n für das Auftreten der UVI-Stufe in den Jahren	56
Tab. 5.12	Anzahl der Tage pro Jahr (2000 – 2008) mit erythem-effektiven UV-Bestrahlungsdosen H_{er} (in J/m^2) von ≥ 1 MED für die Gesichtsregion pro Arbeitsschicht	60

Tab. 5.13 a	Häufigkeit der Tage pro Jahr je UV-Indexstufe, bei denen die Sonnenbrandschwellldosis $H_{er} > 750 \text{ J/m}^2$ für eine nichtadaptierte Haut überschritten wird	60
Tab. 5.13 b	Häufigkeit der Tage pro Jahr je UV-Indexstufe, bei denen die Sonnenbrandschwellldosis $H_{er} > 1500 \text{ J/m}^2$ für eine adaptierte Haut überschritten wird	61
Tab. 5.14 a	Häufigkeit des Sonnenbrandrisikos mit einfacher Erythemschwellldosis am Arbeitsplatz im Freien ($H_{er}(1 \text{ MED}) = 750 \text{ J/m}^2$) sowie Häufigkeiten mehrfacher Schwellwertdosen: 8-Stunden-Normalschicht (07:00-15:30 MESZ)	62
Tab. 5.14 b	Häufigkeit des Sonnenbrandrisikos mit einfacher Erythemschwellldosis am Arbeitsplatz im Freien ($H_{er}(1 \text{ MED}) = 750 \text{ J/m}^2$) sowie Häufigkeiten mehrfacher Schwellwertdosen: 12-Stunden-Schicht (06:00-18:30 MESZ)	63
Tab. 5.14 c	Häufigkeit des Sonnenbrandrisikos mit einfacher Erythemschwellldosis am Arbeitsplatz im Freien ($H_{er}(1 \text{ MED}) = 750 \text{ J/m}^2$) sowie Häufigkeiten mehrfacher Schwellwertdosen: 8-Stunden-Spätschicht (14:00-22:00 MESZ)	64
Tab. 5.15	Halbstundenerythemdosis hED und Uhrzeit bei Sonnenhöhenwinkel $\gamma = 45^\circ$ an sonnigem Tag	67
Tab. 5.16	Sonnenhöhenwinkel γ und Uhrzeit bei UV-Index 3 an sonnigem Tag	68
Tab. 5.17	Sonnenhöhenwinkel γ und Uhrzeit bei UV-Index 6 an sonnigem Tag	69
Tab. 5.18	Daten zur Abschätzung der Schattenlänge (Sonnenhöhenwinkel γ_s) unter Zuhilfenahme des Verhältnisses aus Körperhöhe und Schuhlänge (Fußlänge)	70
Tab. 5.19	Tatsächlicher Sonnenhöhenwinkel γ_s bei Schattenlänge = 10x Schuhlänge (a) Frauen, (b) Männer (= Orientierung für UVI 3)	71
Tab. 5.20	Tatsächlicher Sonnenhöhenwinkel γ_s bei Schattenlänge = 10x Schuhlängen (a) Frauen, (b) Männer (= Orientierung für UVI 6)	72
Tab. 5.21	Abgestimmte Branchenstruktur, Zielumfang Befragungsstudie und realisierte Befragungen über Fragebogen Firma (FB Fa), Arbeitnehmer (FB AN) und Sonnenverhalten der AN (FB V)	73
Tab. 6.1	Protokollierte MUVI-Anzeige im Botanischen Garten im Vergleich zur UV-Indexbestimmung aus den Daten des Robertson-Berger-Meters (RBM) der UV-Messstation der Dermatologie/TU Dresden	91
Tab. 6.2	Einschätzung zum Einsatz eines mobilen UV-Index-Messgerät (MUVI) und zur UV-Index-Informationskarte durch Gärtner des Botanischen Gartens	92
Tab. 6.3	Differenzierung der Zeiten pro Arbeitsschicht nach Aufenthalt im Freien, Aufenthalt im Freien in abgeschatteten Bereichen und Aufenthalt in Gebäuden	97

Tab. 6.4	Reduktion der erythem-effektiven UV-Bestrahlung H_{er} eines gärtnerischen Arbeitsplatzes mit baldachinartiger Zeltabschattung über 5 Tage im Vergleich zu gärtnerischen Arbeitsplätzen ohne Abschattung	99
Tab. 6.5	Schutznetze – Transmissionsmessung ($d = 90$ cm bzw. $d = 170$ cm) am Solarsimulator des Dermolum UM mittels breitbandigem Präzisionsoptometer P 9710 mit Erythemsensor und Bestimmung des UV-Schutzfaktors	101
Tab. 6.6	Schutzfaktoren bei technischen Schutzmaßnahmen	103
Tab. 7.1	Mindest-erforderliche UV-Schutzfaktoren am Arbeitsplatz im Freien zur Reduzierung der Risiken für die Haut bezüglich akuter oder chronischer Schädigungen durch solare UV-Strahlung in Deutschland und mittleren geografischen Breiten	107
Tab. 8.1	Einbezogene Modelle von T-Shirts und Poloshirts zur UPF Bestimmung in vitro und in vivo sowie grün unterlegt: Modelle zum Einsatz in den Studien im Arbeitsalltag (Kap. 9.3)	113
Tab. 8.2	Dokumentation des Rötungsgrades zur MED-Bestimmung. Individuell anpassbare Bestrahlung H_{ges} (Thermopile) bzw. zugeordnete erythem-effektive Bestrahlung H_{er} für die sechs bzw. vier Expositionsfelder bei senkrechter Einstrahlung (0°) bzw. 45° Einstrahlung je mit 20%iger geometrischer Dosisprogression bei SSR-LT	128
Tab. 8.3	Gewebebeschreibung für weißes Textilmaterial aus 100 % Baumwolle mit unterschiedlicher Flächendichte	129
Tab. 8.4	UV-Schutzfaktor UPF in Abhängigkeit von der Textilfarbe bei gleichem Material aus 65 % Polyester und 35 % Baumwolle bei einer Flächendichte von 215 g/m^2	131
Tab. 8.5	UPF-Werte (nach DIN EN 13758-1) der gemessenen Modelle von Oberbekleidungstextilien mit Material, Flächendichte und Farbe	133
Tab. 8.6	Abhängigkeit des UPF vom Einstrahlwinkel für die Textilmaterialien der Modelle 1 bis 5	134
Tab. 8.7	UPF-Werte (nach UV-Standard 801) von fabrikneuen Oberbekleidungstextilien sowie Material, Flächendichte und Farbe – von typischen Materialien und Modellen, wie am Arbeitsplatz im Freien getragen	138
Tab. 8.8	UPF-Werte (nach UV-Standard 801) von Oberbekleidungstextilien sowie Material, Flächendichte und Farbe – nach Nutzung über eine Sommersaison am Arbeitsplatz im Freien (im UV-Personenmonitoring mit Oberbekleidungstextilien im Forschungsvorhaben, s. Kap. 9)	139
Tab. 8.9	UV-Schutzfaktor UPF für erythem-effektive Strahlung am Solarsimulator mit PSF-Dosimetern als „künstlicher Haut“ aus dem Dosis-Verhältnis $H_{PSF}(\text{vor Textil}) / H_{PSF}(\text{hinter Textil})$ für trockenes sowie durchfeuchtetes Material mit 12 mm Abstand und bei Kontakt ohne Abstand, senkrecht durchstrahlt oder unter 45°	142

Tab. 8.10	Subjektiv bewertete Homogenität der Transmission von T-Shirts und Poloshirts, senkrecht durchstrahlt oder unter 45° – mit qualitativem Zusammenhang zu Textilmaterialtyp und Flächendichte und ohne eindeutigen Zusammenhang zu UPF-Messdaten	143
Tab. 8.11	Bestimmung des UV-Schutzfaktors UPF an der Haut in vivo – in Analogie zur DIN EN ISO 24444 – für trockenes sowie durchfeuchtetes Material mit 12 mm Abstand und bei Kontakt ohne Abstand, senkrecht durchstrahlt oder unter 45°	145
Tab. 8.12 a	Übersicht zu den UPF-Untersuchungen an Oberbekleidungstextilien in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel (0°, 30°, 45°) bzw. der Einstrahlung auf und durch die Textilien am Arbeitsplatz über 18 Wochen	148
Tab. 8.12 b	Übersicht zu Untersuchungen des UPF der Oberbekleidungstextilien in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel (0°, 30°, 45°) bzw. der Einstrahlung im Arbeitsalltag aus dem Halbraum auf das Textil und durch das Textil	149
Tab. 9.1 a-f	Ergebnisse Personendosimetrie unter Arbeitsbedingungen im Sommerhalbjahr 2011	160
Tab. 9.2	Untersuchte Kopfbedeckungen für Außenarbeitsplätze ohne Helmpflicht	162
Tab. 9.3	Abschattungsverhältnis im Kopfbereich durch Kopfbedeckung – Schutzfaktor aus: Erythemdosis auf Kopfbedeckung zu Erythemdosis am Kopf	162
Tab. 9.4	Abschattungsverhältnisse im Kopfbereich der untersuchten Helm-Varianten – Schutzfaktor aus: Erythemdosis auf dem Helm zur Erythemdosis am Kopf	163
Tab. 9.5	Oberbekleidung: Ergebnis der Einschätzung des Tragekomforts	168
Tab. 9.6	Kopfbedeckungen (keine Helmpflicht) mit Schutzfaktor aus UV-Exposition auf Kopfbedeckung zu UV-Exposition an der Haut sowie individuell bewerteter Tragekomfort nach 5 Tagen	170
Tab. 9.7	Kopfbedeckungen (Helmpflicht) mit Schutzfaktor aus UV-Exposition auf dem Helm zu UV-Exposition an der Haut sowie individuell bewerteter Tragekomfort nach 5 Tagen	170
Tab. 10.1	Zulässige Transmissionsgrade und Verwendungshinweise von Sonnenschutzbrillen für den gewerblichen Bereich nach DIN EN 172; Filter mit der Vorzahl 6 besitzen einen IR-Schutz	172
Tab. 10.2	Zulässige Transmissionsgrade und Verwendungshinweise von Sonnenschutzbrillen für den allgemeine Gebrauch nach DIN EN ISO 12312-1	174
Tab. 11.1	UV-Index mit Empfehlungen	184
Tab. 11.2	Jahreskalender zur UV-Belastung für Deutschland (8-Std.-Arbeitstag)	185

Abbildungsverzeichnis

Abb. 5.1 a, b	(a) Positionen der UV-Messstationen des sUVMoNet in Deutschland (b) Meteorologische Regionen (Bewölkung) für die UVI-Prognosen	40
Abb. 5.1 c-e	UVI-Dreitagesprognose nach Regionen (siehe (b)) für Deutschland im Sommerhalbjahr (http://www.bfs.de/uv/uv2/uv_messnetz/uvi/prognose.html)	41
Abb. 5.2 a	Jahrestabelle der Halbstunden-Erythemdosen hED – hier: Mittelwert von 2000 – 2008 je Halbstundenintervall im Jahr	45
Abb. 5.2 b	Jahrestabelle der Halbstunden-Erythemdosen hED mit variabler Schwellenwertdiskriminierung hier: wie Abb. 5.2 a Mittelwert (2000 – 2008) mit Schwellendosis hED $\geq 135 \text{ J/m}^2$, entspricht UVI ≥ 3	46
Abb. 5.3	Kalenderwochenbezogene Tagesgänge der Halbstunden-Erythemdosen hED ohne und mit wählbarer Schwellendosisdiskriminierung	47
Abb. 5.4	Tageszeitfaktoren f_{TZ} im saisonalen Verlauf zeigen bis zu 400 % Abweichungen in einzelnen Stundenintervallen	50
Abb. 5.5 a	Gemessene UVI-Stufe und zugeordnete erythem-effektive solare UV-Tagesdosis H_{er} (in J/m^2 pro Tag) im Jahresverlauf, alle Werte	57
Abb. 5.5 b	Median: Der Median ist ein Maß für den Mittelwert, das im Vergleich zum arithmetischen Mittel (Durchschnitt) weniger anfällig auf Ausreißer nach oben oder unten reagiert.	58
Abb. 5.5 c	Maximalwerte	58
Abb. 5.6	Schattenregel zur Abschätzung der UV-Strahlenbelastung	65
Abb. 6.1	Baldachinartige Zelte als Schattenspender für Freifelder	85
Abb. 6.2	Netz zum Schutz vor Staubbelastungen mit repräsentativer Abbildung mit gleichzeitig abschattender Wirkung an Gerüst Arbeitsplätzen	85
Abb. 6.3	UVI-Checkkarte mit Informationen zu empfohlenen Schutzmaßnahmen	88
Abb. 6.4 a, b	Einsatz des MUVI im Botanischen Garten der TU Dresden zur Information der Freilandmitarbeiter über den momentanen UV-Index	90
Abb. 6.5	UV-Personendosimeter-Kombination zur Messung der erythem-effektiven Bestrahlung H_{er} am Arbeitsplatz mit zeitaufgelöst messendem Datenlogger-Dosimeter X2000-4 und kumulativ messenden Polysulfonfilm-Dosimeter	95
Abb. 6.6 a,b	Abschattung des Arbeitsplatzes durch einen zeltartigen Baldachin bei längerer Tätigkeit an derselben Stelle (b) in Relation zur Freilandarbeit (a)	96

Abb. 6.7 a,b	Rasenmäher (a) ohne Kabine sowie (b) mit Kabine als Kleinmaschinen ohne und mit Abschattung des Arbeitsplatzes	96
Abb. 6.8 a-b	Bestimmung der Abschattungswirkung von Staubschutznetzen an Baugerüsten durch Messung der UV-Exposition vor dem Netz (a) und an der Gerüstinnenseite (b) und der resultierende Schutzfaktor durch das Netz	98
Abb. 6.9	Beschäftigte auf Rasenmäher mit Kabine (Dosimeter-Nr. 2856) sowie auf Rasenmäher ohne Kabine (Dosimeter-Nr. 2858) – erythem-effektive Bestrahlungsstärke im Zeitverlauf (22.08.-24.08.11) im Vergleich zur solaren erythem-effektiven Globalstrahlung gemessen mit RB-Meter	99
Abb. 6.10	Erythem-effektive Bestrahlungsstärke E_{er} über drei Tage gemessen vor einem Staubschutznetz (Dosimeter-Nr. 2858 und 2861) an einem Gerüst sowie an der Innenseite des Gerüsts – Messrichtung aller Dosimeter senkrecht von der Gebäudewand weg	100
Abb. 6.11	Spektrale Transmission $T_{\lambda}(\lambda)$ von typischen Schutznetzen	102
Abb. 6.12	(a) Sonnensegel, das seinen Zweck erfüllt und (b) Sonnensegel, das auf Grund der geometrischen Ausführung (Dreieck über kreisrundem Sandkasten), Größe und Neigung nur wenig Schatten bietet	103
Abb. 7.1	Variation der minimalen Erythemdosis MED für die Haut an den verschiedenen Körperregionen – untersucht mit UV-Strahlung von 297 nm (nach OLSON et al., 1966)	106
Abb. 8.1	Messaufbau zur Bestimmung des UV-Schutzfaktors von Textilien bei unterschiedlichen Einstrahlwinkeln	116
Abb. 8.2	Relative Cosinus-Empfindlichkeit der Eingangsoptik	117
Abb. 8.3	Solarsimulatorengang am Dermolum UM bei senkrechter Strahlungsapplikation: SSR-LT(0°) - für großflächige Probenbestrahlung	121
Abb. 8.4	Solarsimulatorengang am Dermolum UM bei Strahlungsapplikation unter 45 Grad Einfallswinkel: SSR-LT(45°) – mit Neunlochblende (je 16 mm Durchmesser) für Probandenbestrahlung	121
Abb. 8.5	Photodiagnostische MED-Bestimmung am DERMOLUM UM (9 Spots bei Patientendiagnostik)	126
Abb. 8.6	MED-Bestimmung 24 h nach SSR-Exposition senkrecht bzw. unter 45 Grad bei ungeschützter und textilgeschützter Haut	127
Abb. 8.7	Spektrale Transmissionskurven von weißen Textilproben (100 % BW) mit unterschiedlicher Flächendichte	130
Abb. 8.8	UV-Schutzfaktor UPF in Abhängigkeit der Flächendichte für weißes Textilmaterial (100 % BW)	130

Abb. 8.9	Spektrale Transmission in Abhängigkeit von der Textilfarbe bei gleichem Textilmaterial aus 65 % Polyester und 35 % Baumwolle bei einer Flächendichte von 215 g/m ²	131
Abb. 8.10 a	Transmission von Modell 1 in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels	135
Abb. 8.10 b	Modell 1 Durchlichtmodus	135
Abb. 8.10 c	Modell 1 Auflichtmodus	
Abb. 8.11 a	Transmission von Modell 4.2 in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels	136
Abb. 8.11 b	Modell 4.2 Durchlichtmodus	136
Abb. 8.11 c	Modell 4.2 Auflichtmodus	
Abb. 9.1	Palette der individuellen UV-Schutzkomponenten für Beschäftigte an solar exponierten Arbeitsplätzen zur Untersuchung des Tragekomforts und der UV-Schutzeffektivität über 18 Wochen im Sommerhalbjahr 2011 – bestehend aus: Oberbekleidung, Kopfbedeckung und Sonnenschutzbrille	151
Abb. 9.2 a	Verteilung der PSF-Dosimeter im Kopfbereich und außen an der Kopfbedeckung sowie an der Oberbekleidung zur personendosimetrischen Ermittlung der Effektivität der individuellen UV-Schutzkomponenten	155
Abb. 9.2 b	(b) an Arbeitsplätzen im Freien mit Helmpflicht	156
Abb. 9.3	Verlauf des Mittelwertes der Körperverteilung der solaren UV-Exposition am T-Shirt von fünf Beschäftigten im Gartenbau (Rücken, Brust, Schulter, Oberarm) über das Sommerhalbjahr 2011 (OKW11_19: KW 19 bis KW 20 im Jahr 2011) in Relation zur erythem-effektiven Globalstrahlung der Sonne gemessen mit einem RB-Meter	159
Abb. 9.4	Körperverteilung der mittleren, solaren, erythem-effektiven UV-Exposition auf der Oberbekleidung von Außenbeschäftigten verschiedener Tätigkeitsgruppen über den Zeitraum 09.05-09.09.2011	159
Abb. 9.5 a-d	Beurteilung von Tragekomfortkriterien Oberbekleidung/Kopfbedeckung (nach Kurzzeittest 2010; nach Langzeittest 2011)	165
Abb. 9.5 e-g	Beurteilung von Tragekomfortkriterien Oberbekleidung/Kopfbedeckung (nach Kurzzeittest 2010; nach Langzeittest 2011)	166
Abb. 9.5 h	Häufigkeit von Arbeiten ohne Oberbekleidung durch die befragten Außenbeschäftigten	166
Abb. 10.1	Brillenprüfstand SP-J1023-UV der Firma Schreder	177
Abb. 10.2	Filter mit guten Eigenschaften	178
Abb. 10.3	Filter mit schlechten Eigenschaften	179
Abb. 10.4 a-d	Beurteilung von Tragekomfortkriterien von Sonnenbrillen	180
Abb. 10.4 e-g	Beurteilung von Tragekomfortkriterien von Sonnenbrillen	181
Abb. 10.4 h	Derzeitige Häufigkeit der Nutzung von Sonnenschutzbrillen durch die befragten Außenbeschäftigten	181

Anhänge A und B zum Abschlussbericht des Forschungsvorhabens F 2036:

Die Tabellen- und Abbildungsverzeichnisse zu den Anhängen A und B sind nicht in der Druckversion des Abschlussberichtes enthalten. Anhang A enthält im Wesentlichen ausgewählte Projektergebnisse und Ergebnisse zu der Befragung von Firmen mit Arbeitsplätzen im Freien und Arbeitnehmern über das Verhalten gegenüber Sonnenstrahlung bei der Arbeit, in Freizeit und Urlaub. Der Anhang B enthält schwerpunktmäßig detailliertere Messdaten zu den Untersuchungen und Dokumente zum Untersuchungsdesign.

Die Anhänge A und B, auf die im Dokument verwiesen wird, sind auf der Homepage der BAuA zum Download bereitgestellt unter:

www.baua.de/dok/6964350

Darin sind Detaildaten zu folgenden Inhalten nachschlagbar:

- | | |
|------------|--|
| Anhang A.1 | Ergebnisse zur meteorologischen Situation in Deutschland (Zusammenfassung) |
| Anhang A.2 | Ergebnisse der Befragungen über den derzeitigen Stand zum Sonnenschutz für im Freien beschäftigte Arbeitnehmer |
| Anhang A.3 | Schutz vor hohen solaren UV-Expositionen am Arbeitsplatz:
Handblatt für Unterweisungen zu solaren UV-Expositionen an Arbeitsplätzen im Freien |
| Anhang A.4 | Untersuchte Oberbekleidungsmodelle 1 – 10: visuelle, qualitative Durchlässigkeitseinschätzungen für optische Strahlung durch die Textilien
Untersuchte Muster von Staubschutznetzen für Gerüste sowie Sonnenschutznetzen für Kindergärten bzw. Gewächshäuser |
| Anhang B.1 | Klimadaten ausgewählter deutscher meteorologischer Messstationen aus langjährigem Mittel (Grafische Auswertungen) |
| Anhang B.2 | Auswertung Firmen-Antworten auf Fragebogen Fa zu derzeitigen Schutzmaßen gegen zu hohe solare UV-Expositionen am Arbeitsplatz
Auswertung Antworten von im Freien beschäftigten Arbeitnehmern auf Fragebogen AN zu derzeitigen Schutzmaßen gegen zu hohe solare UV-Expositionen am Arbeitsplatz und auf Fragebogen V zum persönlichen Verhalten gegenüber solarer UV-Expositionen in Freizeit und Urlaub |
| Anhang B.4 | UPF-Messwerte der eingesetzten Messverfahren für die einbezogenen T-Shirts und Prüfberichte |
| Anhang B.5 | Fragebögen zur Beurteilung des Tragekomforts der Oberbekleidung, Kopfbedeckung und Sonnenbrille
Protokolle über die zugehörigen Aufenthaltszeiten im Freien (online-Eingabe-Version und Papier-Alternative) |
| Anhang B.6 | Votum der Ethikkommission, Probandeninformation und Einwilligungserklärung |

Danksagung

Die Autoren danken dem Forschungsbegleitkreis mit Prof. Dr. med. Manigé Fartasch (IPA-DGUV), Susanne Bonnemann (BGETEM), Dr. Harald Siekmann (IFA), Stephan Gabriel (BAuA Dresden) für die Anregungen und fachlichen Beiträge zum Projekt. Dennis Nowak für die messtechnische Unterstützung, Dr. Erik Romanus (BAuA Dortmund) für die hilfreiche Diskussion und Dipl.-Ing. W. Janßen (BAuA) für die Hinweise zur praxisrelevanten Ergebnisaufarbeitung.

Der Klinik und Poliklinik für Dermatologie, Prof. Dr. Michael Meurer, Prof. Dr. Gottfried Wozel, Prof. Dr. Stefan Beisert für die Förderung des Forschungsprojektes. Prof. Dr. Andrea Bauer und Dr. Ute Boashie übernahmen die Durchführung der Hautchecks und dermatologische Betreuung der Probanden.

Dipl.-Ing. René Stemmler (BA Glauchau) erstellte unter Betreuung von Dipl.-Inf. Thomas Kugel (TU Dresden) im Rahmen seines Studiums die Online-Portale zur Erfassung der relevanten Angaben der Probanden. Einen großen Anteil am Gelingen der Untersuchungen und der Auswertungen hatten die studentischen Hilfskräfte Barbara Singh, Robert Pelz und Herr Robert Selent. Bei der Erstellung des Schlussberichtes unterstützten Dipl.-Bibl. Anita Fetter (TU Dresden), Carla Kniewel und Nils Kowalewski (BAuA Dortmund).

Das Bundesamt für Strahlenschutz, insbesondere Dr. Manfred Steinmetz und Dipl.-Ing. Ingo Mayer, stellte Daten des solaren UV-Monitoringmessnetzes zur Verfügung.

In Zusammenarbeit mit der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (Wien), Dr. Emerich Kitz und der Seibersdorf Labor GmbH, Dipl.-Phys. Marco Weber, wurden Erfahrungen aus dem Projekt „UV-Belastung beim Arbeiten im Freien“ genutzt.

Die für die Untersuchungen an den UV-Schutzkomponenten benötigten Polysulfonfilme für die Dosimeter wurden am Lehrstuhl für Polymerchemie (Prof. Dr. Rainer Jordan) der TU Dresden in sehr hoher Qualität (Matthias Kluge) hergestellt.

Dr. Jan Beringer sei für die Konsultationen im Bekleidungsphysiologischen Institut Hohenstein e. V. sowie den Kontakt zum parallel laufenden AiF-Projekt „UV-Schutztextilien“ gedankt. Über die gute Zusammenarbeit mit den Firmen Bierbaum-Proenen GmbH, Dascha Strohmeier und Tempex, Elke Bißdorf, erfolgte die Bereitstellung von UV-Schutzshirts basierend auf den Prototypen des AiF-Projekts.

Der Stickerei Pia Jung Dank für die Spezialnäharbeiten zur Dosimeterapplikation.

Für die Bereitstellung von Gerüstschutznetzen und Sonnenschutznetzen zur Messung und Bewertung derer Schutzeffektivität danken wir den Firmen Morio & Co. GmbH Gerüstschutz + Planen sowie der Manfred Huck GmbH Netz und Seilfabrik.

Dank gilt den Firmenleitungen und Institutionen, die den Probandenstudien bei Mitarbeitern am Arbeitsplatz zustimmten: Dem Botanischen Garten der TU Dresden, Institut für Botanik (Dr. Barbara Ditsch, Dipl.-Ing. Matthias Bartusch); der Dressler-Bau GmbH (Jörg Muschiol); der Ed. Züblin AG (Dipl.-Ing. Rüdiger Manz); der Mattheus Dachdecker GmbH; dem Regiebetrieb Zentrale Technische Dienstleistungen, Dresden (Dana Rackwitz und Ulrike Lembcke); dem Steinsetz- und Straßenbaubetrieb Dietmar Hausdorf sowie der Strabag AG Direktion Sachsen (Dipl.-Ing. Erik Manfroni und Dipl.-Ing. Andreas Hermann).

Der **größte Dank** der Autoren gilt **allen freiwilligen Studienteilnehmern** für die zuverlässige Zusammenarbeit.