

BGIA-Report 3/2007

UV-Strahlenexpositionen
an Arbeitsplätzen

Verfasser: Bert Aengenvoort, Detlef Schwaß
BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen
Unfallversicherung, Sankt Augustin

Redaktion: Zentralbereich des BGIA – Institut für Arbeitsschutz
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
Alte Heerstr. 111, D-53754 Sankt Augustin
Telefon: +49 / 02241 / 231 – 01
Telefax: +49 / 02241 / 231 – 1333
Internet: www.dguv.de

– Oktober 2007 –

ISBN: 978-3-88383-728-8

ISSN: 1869-3491

UV-Strahlenexposition an Arbeitsplätzen

Kurzfassung

Es gibt Arbeitsplätze, an denen für Beschäftigte erhöhte Expositionen gegenüber ultravioletter Strahlung auftreten können. An diesen Arbeitsplätzen wird die UV-Strahlung entweder bewusst verwendet, um einen Effekt zu erzielen wie z. B. die Trocknung von Klebern durch UV-Strahlung, oder die UV-Strahlung tritt als unerwünschte Folge einer Tätigkeit wie z. B. beim Schweißen auf. Das BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung führt seit vielen Jahren Messungen der UV-Strahlung an Arbeitsplätzen durch. Die aus den Ergebnissen dieser Messungen bestimmten UV-Expositionen wurden mit den Expositionsgrenzwerten für künstliche optische Strahlung, die in der Berufsgenossenschaftlichen Information BGI 5006 aufgeführt sind, verglichen. Dabei gelten die Grenzwerte zukünftig auch nach Umsetzung der EU-Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“. An einigen Arbeitsplätzen lagen so hohe UV-Strahlenexpositionen vor, dass die Beschäftigten bereits nach einer Expositionsdauer von wenigen Minuten oder Sekunden einer UV-Bestrahlung in Höhe der Grenzwerte ausgesetzt sein können. Dies betrifft im Einzelnen die folgenden Anwendungen: UV-Trocknung von Lacken und Farben an älteren Geräten (offener Strahlengang), Verarbeitung UV-härtender Kleber, Kopier- und Belichtungsgeräte älterer Bauart mit offenem Strahlengang, Schweißen und Schneiden ohne Schutzschild sowie Entkeimung. An anderen Arbeitsplätzen wurden UV-Strahlenexpositionen festgestellt, die weit unter den Grenzwerten lagen. Dies zeigte sich bei folgenden Anwendungen: UV-Strahlung zur Aushärtung von Lacken, Farben und Klebstoffen in gekapselten Anlagen, bei modernen Kopiergeräten sowie bei Arbeitsplatzbeleuchtungen. Zur Minimierung der UV-Strahlenexposition sollte die Strahlung dauerhaft abgeschirmt sein und die Beschäftigten sollten über die Gefährdung von UV-Strahlung informiert sowie in der Anwendung von Schutzmaßnahmen unterwiesen werden.

UV radiation exposure at workplaces

Abstract

At certain workplaces, employees may be exposed to higher levels of ultraviolet (UV) radiation. Such workplaces include those at which the UV radiation is generated either deliberately for a specific purpose, such as for the drying of adhesives, or as an undesired side-effect of a task, as is the case during welding. The BGIA – Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance has conducted measurements of UV radiation at workplaces for many years. The measured UV exposure values are compared with the exposure limit values for artificial optical radiation stated in BG Information BGI 5006. These limit values will remain in force in the future following transposition of the EU Directive 2006/25/EC “Artificial Optical Radiation”. At some workplaces, exposure levels were so high that the UV radiation to which employees were exposed may have reached the limit values after only a few minutes or even seconds. This is specifically the case in the following applications: UV drying of paints on older devices (open beam path), work involving UV hardening adhesive, copying and exposure devices of older design with open beam path, welding and cutting without a safety shield, and sterilization. At other workplaces, the UV radiation exposure was found to be well below the limit values. These included the following applications: UV radiation for the curing of paints and adhesives in enclosed installations, the use of modern copying devices, and workplace lighting. In order for UV radiation exposure to be reduced to a minimum, the radiation should be permanently shielded and employees should be informed of the hazard presented by UV radiation and instructed in the use of protective measures.

Exposition aux rayonnements UV à des postes de travail

Résumé

Il existe des postes de travail où le personnel peut être soumis à une exposition trop intense à des rayonnements ultraviolets (rayonnements UV) dans le cadre de son activité. À ces postes de travail, les rayonnements UV sont soit utilisés sciemment pour produire certains effets, comme le séchage de colles par ex., soit la conséquence indésirable d'une activité, comme le soudage par ex. Depuis de nombreuses années, le BGIA – Institut pour la Sécurité et la Santé au travail de l'Assurance sociale allemande des accidents de travail et maladies professionnelles procède à la mesure des rayonnements UV à des postes de travail. Les expositions aux UV déterminées à partir des résultats de ces mesures ont été comparées aux valeurs limites d'exposition à des rayonnements optiques émis par des sources artificielles, qui sont mentionnées dans la note d'information BGI 5006. Ces valeurs limites resteront valables après la mise en application de la directive européenne 2006/25/CE sur les rayonnements optiques émis par des sources artificielles. À certains postes de travail, les expositions étaient si intenses que les valeurs limites pouvaient être atteintes au bout de quelques minutes ou secondes. Ceci concerne les applications suivantes : séchage par UV de vernis et peintures avec d'anciens appareils (à sources non confinées), mise en œuvre de colles à durcissement par UV, anciens modèles de machines à photocopier et à tirer des plans à sources non confinées, soudage et découpe sans écran de protection ainsi que stérilisation et désinfection. À d'autres postes de travail, les expositions aux rayonnements UV déterminées étaient nettement inférieures aux valeurs limites. C'est, par ex., le cas pour les applications suivantes : séchage par UV de vernis, peintures et colles dans des installations non confinées, machines à photocopier modernes et éclairage des postes de travail. Pour minimiser l'exposition aux rayonnements UV, il est recommandé de confiner les sources de rayonnements en mettant en place des blindages indémontables, d'informer le personnel des dangers liés aux rayonnements UV et d'initier celui-ci à l'application de mesures de protection.

Exposición laboral a radiación UV

Resumen

Existen actividades laborales en el marco de las cuales los trabajadores pueden estar expuestos a elevados niveles de radiación ultravioleta (radiación UV). Por un lado, se trata de actividades que incluyen la aplicación de dicha radiación a fin de obtener un efecto específico, como, por ejemplo, el secado de pegamento mediante radiación UV, y por otro lado, de consecuencias indeseadas de una actividad específica, como, por ejemplo, la soldadura. Desde hace muchos años, el BGIA – Instituto de Seguridad y Salud Laboral de Seguro Social Alemán de Accidentes de Trabajo lleva a cabo mediciones de la radiación UV en puestos de trabajo. Los niveles de exposición a radiación UV determinados en base a los resultados de las mediciones fueron comparados con los valores límite de exposición para las radiaciones ópticas artificiales, según BGI 5006 (Información BG). Estos valores límite mantendrán su vigencia también con la transposición a la legislación alemana de la Directiva CE 2006/25/CE referente a las radiaciones ópticas artificiales. Algunos puestos de trabajo presentaban niveles de exposición tan elevados, que los trabajadores podrían estar expuestos a irradiación al mismo nivel de los valores límite, ya tras un periodo de exposición de pocos minutos o segundos. Esto fue el caso para las siguientes actividades: secado UV de barniz y pintura en aparatos más antiguos (trayectoria abierta de los rayos), la manipulación de pegamentos que endurecen con radiación UV, modelos más antiguos de fotocopiadoras y de máquinas para la exposición con trayectoria abierta de los rayos, soldar y cortar sin pantalla protectora, así como desgerminar. Para otras actividades laborales se determinaron niveles de exposición a radiación UV considerablemente inferiores a los valores límite de exposición. Esto fue el caso, por ejemplo, para las siguientes aplicaciones: radiación UV para endurecer barniz, pintura y pegamento en instalaciones blindadas, fotocopiadoras modernas y fuentes de iluminación en ambientes laborales. Para minimizar la exposición a radiación UV, se deberá asegurar un apantallamiento duradero contra la radiación. Además, los trabajadores deberán recibir indicaciones referentes a los riesgos que emanen de la radiación UV y a la aplicación de las medidas de protección pertinentes.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Definitionen, Wirkung von UV-Strahlung auf den Menschen und Grenzwerte	11
2.1	Definitionen.....	11
2.2	Wirkung von UV-Strahlung auf den Menschen.....	11
2.3	Grenzwerte.....	12
3	Messungen und Messergebnisse	15
3.1	Messungen.....	15
3.2	Messergebnisse.....	15
4	Untersuchte Arbeitsplätze und Tätigkeiten	19
4.1	UV-Trocknung von Lacken und Farben.....	19
4.2	Verarbeitung UV-härtender Kleber.....	22
4.3	Rissprüfung von Metallteilen.....	24
4.4	Kopier- und Belichtungsgeräte.....	26
4.5	Sichtbarmachung von Markierungen.....	27
4.6	Anwendung von Gasflammen.....	29
4.7	Schweißen und Schneiden ohne Schutzschild.....	30
4.8	Entkeimung.....	32
4.9	Personenbestrahlung mit Therapieleuchten.....	35
4.10	Prüfung von Elektronikbauteilen.....	35
4.11	Arbeitsplatzbeleuchtung.....	35
4.12	Fotooxidation.....	36
4.13	Behandlung von Patienten in einer Zahnarztpraxis.....	38
5	Fazit	40
6	Empfehlungen und Ausblick	42
7	Literatur	44



1 Einleitung

Es gibt in einigen Betrieben Arbeitsplätze, an denen Beschäftigte bei ihrer Tätigkeit einer erhöhten Exposition gegenüber ultravioletter Strahlung (UV-Strahlung) ausgesetzt sein können. An den Arbeitsplätzen mit Expositionen gegenüber künstlichen UV-Strahlenquellen wird die Strahlung entweder bewusst eingesetzt, um bestimmte Effekte zu erzielen, oder sie entsteht als unerwünschte Folge einer Tätigkeit, wie z. B. beim Schweißen. Haut und Augen der Beschäftigten können durch die Einwirkung von UV-Strahlung gefährdet sein [1].

Mit der Veröffentlichung der Richtlinie 2006/25/EG [2] im Amtsblatt der Europäischen Union am 27. April 2006 werden europaweit einheitliche Mindestanforderungen zum Schutz von Arbeitnehmern festgelegt, die an ihrem Arbeitsplatz künstlicher optischer Strahlung ausgesetzt sind. Die Richtlinie nennt auch Grenzwerte für die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber ultravioletter Strahlung. Sie ist von den Mitgliedstaaten bis zum 27. April 2010 in nationales Recht umzusetzen.

Zurzeit gibt es nur in einzelnen Fällen rechtsverbindliche Vorschriften zum Schutz der Arbeitnehmer gegenüber UV-Expositionen. Dies gilt zum Beispiel für den Umgang mit Laserstrahlung, der in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütungsvorschrift BGI 5006 [3] geregelt ist. Weitere Beispiele betreffen das Schweißen sowie Arbeiten an Druck- und Papiermaschinen. Erst durch die Umsetzung der EU-Richtlinie in nationales Recht wird eine umfassende rechtsverbindliche Vorschrift zum Schutz gegenüber UV-Expositionen an Arbeitsplätzen geschaffen. Für die Übergangszeit wird empfohlen, die Berufsgenossenschaftliche Information (BGI) 5006 „Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung“ [4] anzuwenden. Die dort aufgeführten Expositionsgrenzwerte entsprechen weitgehend den Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor Nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) [5; 6]. Darüber hinaus dienen die Empfehlungen der ICNIRP auch als Grundlage für die Expositionsgrenzwerte in der Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“. In diesem Report wird ein Überblick über die Expositionsbedingungen an einigen Arbeitsplätzen gegeben, an denen UV-Expositionen auftreten.



Das BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung führt seit 1981 Messungen der UV-Strahlung an Arbeitsplätzen durch; dies geschieht entweder im Rahmen der Prävention oder bei der Ermittlung einer Berufskrankheit. Ziel der Messungen ist es, unter Berücksichtigung der Expositionsbedingungen die UV-Bestrahlung an den jeweiligen Arbeitsplätzen festzustellen, um ggf. Schutzmaßnahmen für die Beschäftigten empfehlen zu können. Über erste Ergebnisse dieser Messungen wurde bereits in einer früheren Veröffentlichung [7] berichtet. In diesem Report werden die Ergebnisse von UV-Strahlungsmessungen des BGIA an Arbeitsplätzen im Zeitraum ab 1990 vorgestellt. Die Expositionsbedingungen für die Beschäftigten werden beschrieben und die aus den Messungen bestimmte UV-Exposition wird mit den Grenzwerten verglichen.



2 Definitionen, Wirkung von UV-Strahlung auf den Menschen und Grenzwerte

2.1 Definitionen

UV-Strahlung ist ein Teil des elektromagnetischen Wellenspektrums. Ihr Wellenlängenbereich reicht von 100 bis 400 nm und wird in drei Bereiche unterteilt: UV-A von 315 bis 400 nm, UV-B von 280 bis 315 nm und UV-C von 100 bis 280 nm.

UV-C-Strahlung im Bereich von 100 nm bis 180 nm hat in Luft eine sehr geringe Reichweite und wird bei der Ermittlung von Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen üblicherweise nicht berücksichtigt. Beim Auftreffen der UV-Strahlung auf eine Oberfläche liegt bezogen auf eine Flächeneinheit eine bestimmte Strahlungsleistung vor, die als Bestrahlungsstärke E bezeichnet und in der Einheit W/m^2 angegeben wird. Die in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer resultierende Bestrahlung H ergibt sich aus dem Produkt der Bestrahlungsstärke und der Bestrahlungsdauer in der Einheit Ws/m^2 oder J/m^2 .

2.2 Wirkung von UV-Strahlung auf den Menschen

Es sind sowohl positive als auch negative Wirkungen von UV-Strahlenexpositionen bekannt. Welche Wirkungen auftreten, hängt wesentlich von der Wellenlänge der UV-Strahlung und von der Bestrahlung ab, die auf Personen einwirkt [1].

Bei den positiven Wirkungen ist vor allen Dingen die Bildung von Vitamin D3 zu nennen, das zur Vorsorge gegen Rachitis (Knochenweiche) und zur Prävention von verschiedenen anderen Erkrankungen gebraucht wird. Darüber hinaus werden Licht und UV-Strahlung positive Wirkungen bei therapeutischen Anwendungen, z. B. zur Behandlung von Hautkrankheiten, zugeschrieben. Negative Wirkungen können vor allem bei übermäßiger UV-Strahleneinwirkung auftreten. Sie betreffen sowohl die Haut als auch die Augen [1]. Zu den schädlichen Wirkungen auf die Haut zählen:

- Sonnenbrand (Erythem),
- Hautalterung,
- Hautkrebs [8],
- fototoxische Reaktionen und Fotoallergien.



Zu den schädlichen Wirkungen auf die Augen zählen:

- Hornhaut- und Bindehautentzündung,
- Trübung der Augenlinse.

2.3 Grenzwerte

Bereits vor vielen Jahren wurden von der Amerikanischen Konferenz der staatlich-industriellen Hygieniker (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) Grenzwerte für UV-Strahlung [9] empfohlen. Diese Grenzwerte wurden später vom Internationalen Ausschuss für Nichtionisierende Strahlung der Internationalen Strahlenschutzkommission (International Radiation Protection Association IRPA) [10; 11] und von der Internationalen Kommission zum Schutz vor Nichtionisierender Strahlung (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection ICNIRP) [5; 6] übernommen und modifiziert.

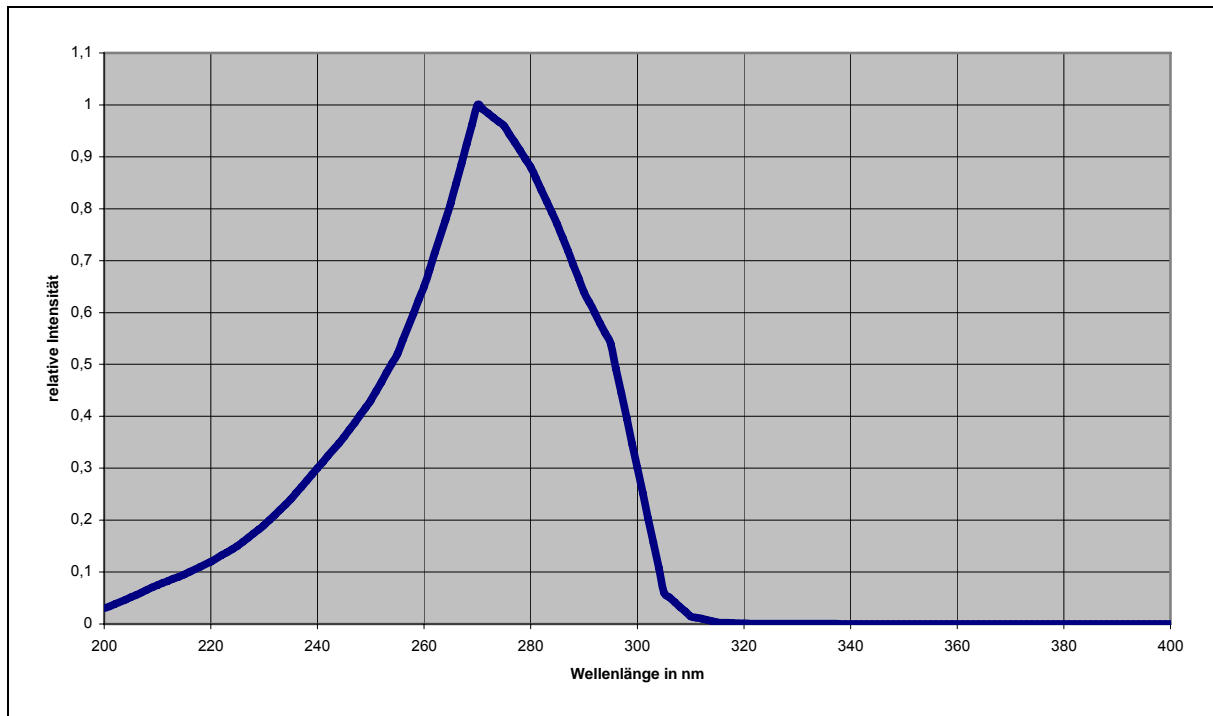
Entsprechend den ICNIRP-Empfehlungen sowie der Richtlinie 2006/25/EG gelten zum Schutz vor Gefährdungen durch UV-Strahlung folgende Expositions-Grenzwerte:

- Zum Schutz vor akuten und langfristigen Schäden der Augen und der Haut durch die mit der spektralen Wichtung $S(\lambda)$ bewertete UV-Strahlung im Wellenlängenbereich von 180 bis 400 nm (UV-A/B/C) während einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden eine effektive Bestrahlung H_{eff} von 30 J/m^2 . Dieser Grenzwert basiert auf einer Wichtung der spektralen Anteile der Strahlung entsprechend der spektralen Bewertungsfunktion $S(\lambda)$ nach ICNIRP [6] in Abbildung 1 (Seite 13). Hierbei beschreibt die spektrale Bewertungsfunktion $S(\lambda)$ die Wirkung der UV-Strahlung für die Augen und die Haut in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Bei einer gleichmäßigen Exposition über 8 Stunden wird der Grenzwert bei einer effektiven Bestrahlungsstärke von $E_{\text{eff}} = 1 \text{ mW/m}^2$ erreicht.
- Zum Schutz vor akuten Schäden der Augen durch die unbewertete UV-Strahlung im Wellenlängenbereich von 315 bis 400 nm (UV-A) während einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden eine Bestrahlung H von $10\,000 \text{ J/m}^2$. Bei einer



gleichmäßigen Exposition über 8 Stunden wird der Grenzwert bei einer Bestrahlungsstärke im UV-A-Bereich von $E = 347 \text{ mW/m}^2$ erreicht.

Abbildung 1:
Spektrale Bewertungsfunktion $S(\lambda)$ nach ICNIRP [6]



Nach BGI 5006 gibt es zum Schutz vor Gefährdungen durch UV-Strahlung darüber hinaus folgenden Jahresexpositionsgrenzwert:

- Zum Schutz vor langfristigen Schäden der Augen und der Haut durch die mit der spektralen Wirksamkeit $S(\lambda)$ bewertete UV-Strahlung im Wellenlängenbereich von 180 bis 400 nm (UV-A/B/C) während aller Arbeitstage eines Jahres eine effektive Bestrahlung H_{eff} von zusammen $4\,000 \text{ J/m}^2$.

Die Grenzwertempfehlungen der ICNIRP werden in Deutschland und in vielen anderen Staaten schon lange bei der Beurteilung von Arbeitsplätzen angewendet [7].



3 Messungen und Messergebnisse

3.1 Messungen

Für die Messung der Bestrahlungsstärke wurden Messgeräte eingesetzt, bei denen die Anpassung der relativen spektralen Detektorempfindlichkeit an die betrachtete spektrale Bewertungsfunktion (siehe z. B. Abbildung 1) mit optischen Filtern realisiert wurde. Folgende Messgeräte wurden verwendet:

- Messung der gewichteten Bestrahlungsstärke E_{eff} im UV-A/B/C-Bereich
 - Radiometer IL 730 A mit Detektor SEE 240/ACT3 (International Light)
 - Radiometer P 9201 mit Detektor UV-3708-1 (Gigahertz-Optik)

- Messung der ungewichteten Bestrahlungsstärke E im UV-A-Bereich
 - Radiometer Centra mit UV-A-Detektor (Osram)
 - UV-Radiometer PRC 206 (Krochmann)
 - Radiometer P 9201 mit UV-A-Detektor UV-3701-1 (Gigahertz-Optik)

Ziel der Messungen war es, die Exposition der Beschäftigten gegenüber UV-Strahlung so umfassend zu bestimmen, dass alle beim üblichen Arbeitsablauf vorkommenden Expositionsbedingungen berücksichtigt wurden. Vor Beginn der Messungen wurde deshalb der Arbeitsablauf, den die Beschäftigten bei ihren Tätigkeiten einhalten, aufgenommen. Dabei wurden insbesondere die Abstände zu den Strahlenquellen und die Expositionsdauer, aber auch weitere Expositionsbedingungen notiert. Anschließend wurden die Detektoren der Messgeräte in den Positionen, in denen sich die Augen und unbedeckte Hautflächen der Beschäftigten bei den üblichen Tätigkeiten befinden, zur Strahlenquelle angeordnet. Das Verfahren entsprach der in DIN EN 14255-1 [12] beschriebenen Vorgehensweise für die Messung und Beurteilung von UV-Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen.

3.2 Messergebnisse

Nachfolgend werden die Bestrahlungsstärken dargestellt, die bei verschiedenen Anwendungen von UV-Strahlung ermittelt wurden. Die Anzahl der untersuchten Arbeitsplätze je Anwendung war meist gering und die Arbeitsbedingungen zum Teil



sehr verschieden, sodass aus den Messergebnissen keine allgemein gültigen Bewertungen der UV-Strahlenexposition für bestimmte Arbeitsbereiche abgeleitet werden können. Die Ergebnisse zeigen aber, welche Expositionen möglich sind und wo es besonders notwendig sein kann, auf die Einhaltung von Schutzmaßnahmen zu achten. Um die Messwerte mit den genannten Tagesexpositionsgrenzwerten vergleichen zu können, wird die Zeit t_{\max} aufgeführt: Diese Zeit gibt an, nach welcher Expositionsdauer die Bestrahlung der Beschäftigten die empfohlenen Bestrahlungsgrenzwerte erreichen kann.

Die Tabelle zeigt die in den verschiedenen Arbeitsbereichen gemessenen UV- Bestrahlungsstärken aus dem Zeitraum von 1990 bis 2006. Dargestellt ist jeweils der Bereich der Bestrahlungsstärke, der die Beschäftigten bei ihrem üblichen Arbeitsablauf ausgesetzt sein können, wenn keine Persönliche Schutzausrüstung verwendet wird.

Tabelle:
UV-Messungen des BGIA bei verschiedenen Anwendungen

Anwendung	Messungen im Zeitraum von 1990 bis 2006			Anzahl der Messungen
	E_{eff} in mW/m^2 UV-A/B/C	E in W/m^2 UV-A	t_{\max}	
UV-Trocknung von Lacken und Farben	$\leq 0,1$ bis 2 400	$\leq 0,1$ bis 54	12 s bis > 8 h	22
Verarbeitung UV-härtender Kleber	$\leq 0,1$ bis 143	$\leq 0,1$ bis 1 150	9 s bis > 8 h	11
Rissprüfung an Metallteilen	$\leq 0,1$ bis 44	$\leq 0,3$	11 min bis > 8 h	15
Kopier- und Belichtungsgeräte	$\leq 0,1$ bis 2 100	$\leq 0,5$ bis 10	14 s bis > 8 h	8
Sichtbarmachung von Markierungen	$\leq 0,1$ bis 25	$\leq 0,5$ bis 3,4	20 min bis > 8 h	2
Anwendung von Gasflammen	$\leq 0,1$ bis 74	$\leq 0,5$	7 min bis > 8 h	4



Tabelle 1: Fortsetzung

Schweißen und Schneiden ohne Schutzschild	0,4 bis > 30 000	≤ 0,6 bis 70	< 1 s bis > 8 h	5
Entkeimung	0,6 bis 3 890	≤ 0,5	8 s bis > 8 h	5
Personenbe- strahlung mit Therapieleuchte	23 bis 1 800	≤ 0,5 bis 1,2	17 s bis 22 min	1
Prüfung von Elek- tronikbauteilen	≤ 0,1 bis 2 200	≤ 0,5 bis 0,9	14 s bis > 8 h	10
Arbeitsplatz- beleuchtung	≤ 0,1	≤ 0,1 bis 0,2	> 8 h	2
Fotooxidation	≤ 0,1 bis 3,0	≤ 0,1	2,8 h bis > 8 h	5
Behandlung von Patienten in einer Zahnarztpraxis	≤ 0,1 bis 0,2	≤ 0,1	> 8 h	1

4 Untersuchte Arbeitsplätze und Tätigkeiten

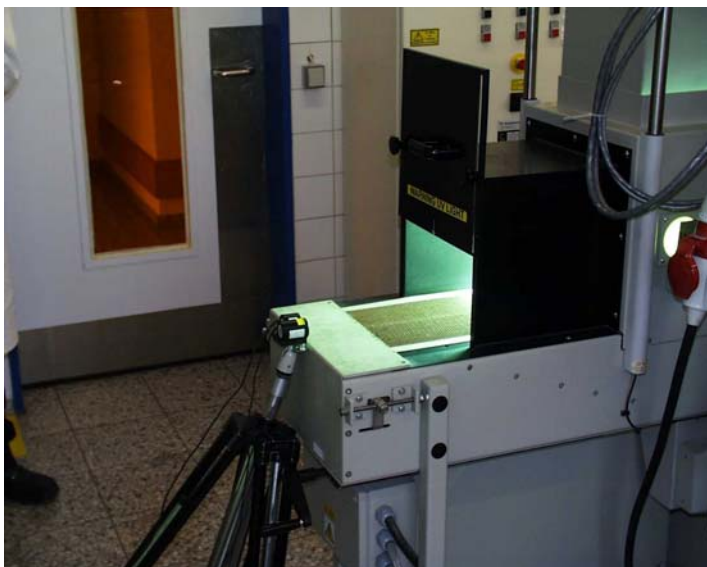
Für die Arbeitsbereiche und Tätigkeiten in der Tabelle werden im Folgenden die Expositionssituationen erläutert. Zum Vergleich mit den Grenzwerten wird entweder die Zeit t_{\max} oder die gemessene Bestrahlung angegeben.

4.1 UV-Trocknung von Lacken und Farben

Im Bereich der Bedruckung und der Beschichtung von Oberflächen werden zunehmend Farben und Lacke eingesetzt, die durch UV-Strahlung getrocknet werden. Dies betrifft z. B. Arbeitsplätze an Druckmaschinen, Bandrocknern und handgeführten UV-Strahlern. Bei diesem Trocknungsverfahren werden spezielle Farben verwendet, deren flüssige Bindemittelbestandteile nach Einwirkung von UV-Strahlung in Sekundenbruchteilen fotochemisch zu einem festen trockenen Farbfilm vernetzen.

Im Gegensatz zu Druckmaschinen, bei denen die Bedruckung/Beschichtung sowie die Trocknung maschinell nacheinander durchgeführt werden, führen die Beschäftigten die bedruckten Gegenstände bei der Verwendung von Bandrocknern auf dessen Einlassseite manuell zur Trocknung zu (Abbildung 2).

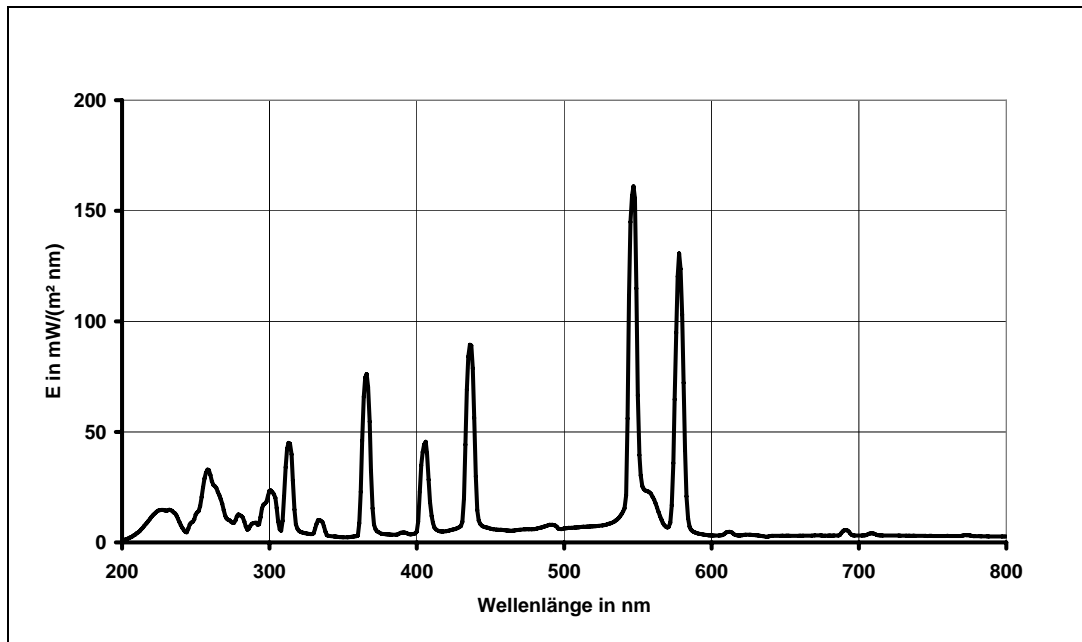
Abbildung 2:
Einlassöffnung eines Bandrockners; hier werden die bedruckten Gegenstände zur Trocknung zugeführt





Nach dem Trocknungsprozess werden die bedruckten und getrockneten Gegenstände auf der Austrittsseite des Bandrockners entnommen. Abbildung 3 zeigt das gemessene Spektrum an einem Bandrockner. Wie zu erkennen ist, emittiert der Bandrockner UV-A-, UV-B- und UV-C-Strahlung sowie sichtbare Strahlung.

Abbildung 3:
An einem Bandrockner gemessenes Strahlenspektrum



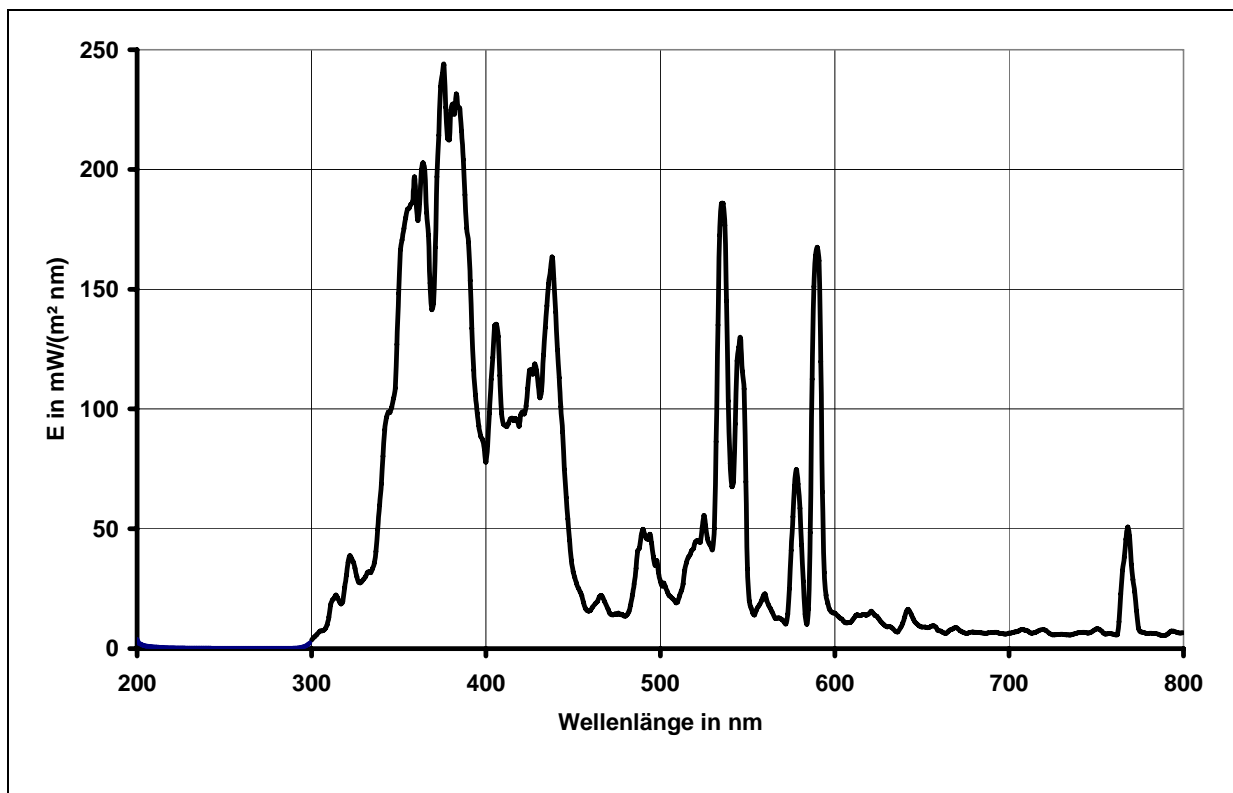
An den Bandrocknern (siehe Abbildung 2) und Druckmaschinen war jeweils eine UV-Trocknungsanlage installiert. Einige dieser Anlagen waren nur unzureichend abgeschirmt. Dadurch gab es in unmittelbarer Nähe der Trocknungsanlagen Bereiche, in denen die Beschäftigten einer UV-Strahlung ausgesetzt sein konnten. An den untersuchten Druckmaschinen hielt sich das Bedienungspersonal üblicherweise an verschiedenen Orten in der Nähe der Maschine auf und war meist nur kurzzeitig in den Bereichen tätig, in denen die Möglichkeit einer UV-Strahlenexposition bestand. Die Exposition war überwiegend gering und die Grenzwerte für die Bestrahlung der Augen und Haut wurden eingehalten. Auch an den Einlass- und Austrittsöffnungen der untersuchten Bandrockner wurden die Grenzwerte für die Augen eingehalten, jedoch wurden hier erhöhte UV-Strahlenexpositionen für die Hände festgestellt. Der Spitzenwert der effektiven Bestrahlungsstärke an der Einlassöffnung eines Bandrockners betrug $2\,400\text{ mW/m}^2$. Für die Beschäftigten wurde hier für die Hände eine



effektive Bestrahlung von $H_{\text{eff}}(\text{UV-A/B/C}) = 38 \text{ J/m}^2$ ermittelt: Der Grenzwert wurde somit überschritten.

Zusätzlich wurde die UV-Strahlenexposition von Beschäftigten bei der Verwendung UV-härtender Farben in der Kfz-Reparaturlackierung bestimmt. Hier werden Lacke verwendet, die unter Einwirkung von UV-Strahlung aushärten. Entscheidend für den Aushärtungsprozess war an diesen Arbeitsplätzen der UV-A-Anteil der Strahlung. Das Wirkungsspektrum des verwendeten UV-Strahlers war dementsprechend angepasst. Abbildung 4 zeigt das Spektrum eines UV-Strahlers zur Kfz-Reparaturlackierung. Zu erkennen ist, dass die Hauptintensität der UV-Strahlung im UV-A-Wellenlängenbereich liegt. Dahingegen sind die Strahlungsintensitäten im UV-B-Bereich klein und im UV-C-Bereich zu vernachlässigen.

Abbildung 4:
Spektrum eines UV-Strahlers zur Kfz-Reparaturlackierung



Während der Trocknung des Reparaturlacks waren die Beschäftigten sowohl der direkten Strahlung der UV-Lampen als auch der von den bestrahlten Werkstücken



reflektierten UV-Strahlung ausgesetzt. Die Grenzwerte zum Schutz der Augen und der Haut der Beschäftigten wurden eingehalten.

4.2 Verarbeitung UV-härtender Kleber

Zur Herstellung von Klebeverbindungen werden vielfach Kleber eingesetzt, die unter Einwirkung von UV-Strahlung aushärten. An drei der untersuchten Arbeitsplätze wurde die UV-Strahlung in einer geschlossenen Box angewendet, sodass die Beschäftigten nur gering exponiert waren. Weitere Messungen erfolgten an Klebeanlagen bei der Herstellung von Spritzen, Glasmöbeln und anderen Glasteilen, die offen betrieben wurden. In einem Fall wurde ein Klebstoff verwendet, der nach Herstellerangabe mit UV-A-Strahlung auszuhärten war. Trotzdem wurden Lampen eingesetzt, die deutliche Anteile im UV-B-Bereich emittierten. Dies führte zu erhöhten Strahlungsexpositionen der Beschäftigten durch die für die Kleberhärtung nicht notwendigen UV-B-Strahlungsanteile. In anderen Fällen wurde festgestellt, dass auch Lampen mit defekten, falschen oder fehlenden Filterscheiben betrieben wurden, wodurch ebenfalls eine erhöhte Emission von UV-B- oder auch UV-C-Strahlung resultieren kann. Wegen der besonders hohen spektralen Wirksamkeit der UV-Strahlung im UV-B- und UV-C-Bereich (siehe Abbildung 1) ist dies bedenklich.

Bei der Herstellung von Klebeverbindungen durchläuft das Werkstück entweder automatisch eine UV-Trocknungsanlage (Abbildung 5, Seite 23) oder die UV-Strahler werden manuell auf das zu bearbeitende Werkstück gerichtet (Abbildung 6, Seite 23). An den untersuchten Arbeitsplätzen wurden die Grenzwerte für die Augen eingehalten. Für die Hände war die Strahlenexposition dagegen stark von der Art der Tätigkeit abhängig. So wurden die höchsten Bestrahlungsstärken bei der Befestigung von Schmucksteinen auf einem Spiegel gemessen. Bei dieser Tätigkeit ist es üblich, dass der Schmuckstein während der Bestrahlung mit der ungeschützten Hand festgehalten wird. Die Hand war dabei in wenigen Zentimetern Abstand zur Lampe der direkten UV-Strahlung einer Lampe ausgesetzt, die auch UV-B-Strahlung emittiert. Die effektive Bestrahlungsstärke (UV-A/B/C) an der Hand betrug hier bis 143 mW/m^2 . Da der Grenzwert bei einer maximalen Expositionsdauer von $t_{\text{max}} = 3,5 \text{ min}$ erreicht wird, die Expositionsdauer jedoch bereits für die Bearbeitung eines Werkstücks 10 min betrug, wurde der UV-A/B/C-Grenzwert an den Händen weit überschritten.



Abbildung 5:
UV-Trocknungsanlage mit integrierten UV-Strahlern. Die zusammenzuklebenden
Glasteile sind auf eine Halterung montiert und mit Klebstoff zusammengefügt. Beim
Durchlaufen der Trocknungsanlage wird der Klebstoff ausgehärtet.

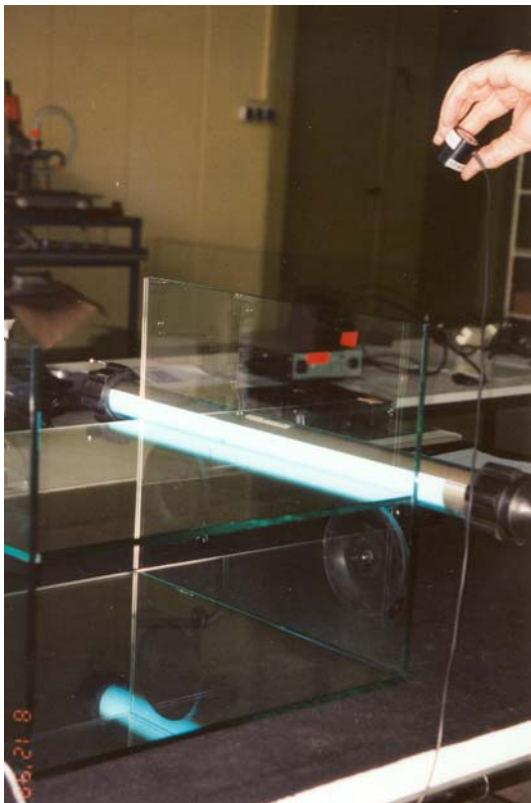
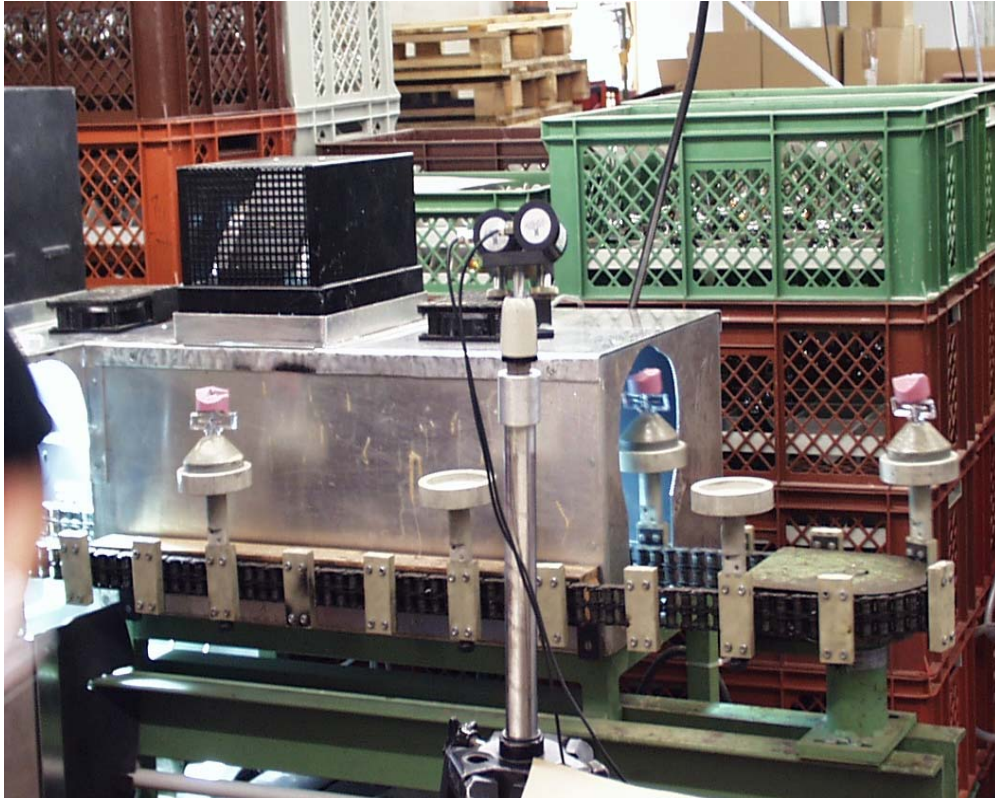


Abbildung 6:
Der Beschäftigte richtet den UV-Strahler
auf die zu trocknenden Glasteile. Durch
die UV-Strahlung wird der Klebstoff aus-
gehärtet.

4.3 Rissprüfung von Metallteilen

Im Rahmen der Qualitätskontrolle von hoch belasteten Metallteilen, z. B. größere Schrauben, Kurbelwellen oder Pleuelstangen, wird an sogenannten Fluxarbeitsplätzen untersucht, ob diese Teile Haarrisse aufweisen. Die zu untersuchenden Teile werden dazu mit einem fluoreszierenden Mittel besprüht, das sich in den Rissen ablagert. Bei der Beobachtung der so behandelten Teile unter UV-Strahlung werden die Risse sichtbar. Die Beschäftigten, die diese Prüfungen vornehmen, sitzen meist vor einer UV-Leuchte, in deren Strahlenbereich die zu untersuchenden Metallteile mit der Hand gehalten werden (Abbildung 7). Bei größeren Werkstücken kommt es auch vor, dass sie mit einer UV-Handlampe bestrahlt werden. An den meisten Arbeitsplätzen war die UV-Leuchte so aufgehängt, dass die Unterkante der Leuchte unter der Augenhöhe angeordnet war. In diesen Fällen war die UV-Strahlenexposition im Gesicht gering (Abbildung 7).

Abbildung 7:

Zu untersuchende Werkstücke in einer Haltevorrichtung an einer Rissprüfanlage (im Bereich der Hände) eingespannt; Strahlenaustrittsöffnung der UV-Leuchte ist nach unten auf die eingespannten Werkstücke gerichtet





In einem Fall, in dem sich der Strahlenausstritt oberhalb der Augen befand, betrug dagegen die UV-A-Bestrahlungsstärke an den Augen bis zu 146 mW/m^2 und die effektive Bestrahlungsstärke (UV-A/B/C) bis zu 44 mW/m^2 . Der UV-A-Grenzwert für die Augen war mit einer Bestrahlung von $H(\text{UV-A}) = 3\,031 \text{ J/m}^2$ eingehalten. Der Grenzwert für die effektive UV-A/B/C-Bestrahlung wurde an der Kopfoberseite mit einem Wert von $H_{\text{eff}}(\text{UV-A/B/C}) = 806 \text{ J/m}^2$ überschritten. An den Augen war der UV-A/B/C-Grenzwert mit $H_{\text{eff}}(\text{UV-A/B/C}) \leq 2,3 \text{ J/m}^2$ eingehalten. Zur Reduzierung der UV-Strahlenbelastung im Bereich des Kopfes wurde als Schutzmaßnahme empfohlen, die UV-Leuchten so aufzuhängen, dass die Beschäftigten keiner direkten Strahlung von den UV-Leuchten ausgesetzt sind.

Im Bereich der Hände und Unterarme wurden effektive Bestrahlungsstärken von bis zu $8,1 \text{ mW/m}^2$ gemessen. Jedoch traten keine UV-Expositionen auf, da die Beschäftigten Handschuhe und langärmelige Kleidung trugen und somit dort keine Hautpartien freilagen. Handschuhe und langärmelige Kleidung sind von Bedeutung, da sich die Hände meist während der gesamten Prüftätigkeit im Strahlungsbereich der Leuchte befinden. Ohne diese Schutzmaßnahme wäre der Grenzwert ab einer Expositionsdauer von einer Stunde überschritten.

4.4 Kopier- und Belichtungsgeräte

Bei der Herstellung von Druck- oder Leiterplatten werden Vorlagen auf Platten kopiert. Hierzu werden verschiedene Kopier- oder Belichtungsgeräte eingesetzt, mit denen eine Vorlage auf einer fotoempfindlichen Druck- oder Leiterplatte abgebildet wird. In diesen Geräten werden Lampen eingesetzt, die neben sichtbarem Licht auch UV-Strahlung emittieren.

Der überwiegende Teil der untersuchten Geräte war neuerer Bauart und vollständig gekapselt. Die UV-Strahlung war an diesen Geräten so gut abgeschirmt, dass eine Exposition der Beschäftigten nahezu ausgeschlossen werden konnte. Es wurden aber auch Geräte vorgefunden, die mit offenem Strahlengang betrieben wurden (Abbildung 8, Seite 26) oder bei denen aus einem Spalt UV-Strahlung austrat. Die höchste gemessene effektive Bestrahlungsstärke (UV-A/B/C) von $2\,100 \text{ mW/m}^2$ wurde am Spalt eines älteren Gerätes gemessen, an dem das Gesicht der Beschäftigten UV-Strahlung ausgesetzt war. Ab einer Expositionsdauer von 14 Sekunden wurde



der Grenzwert für die effektive Bestrahlung im Bereich der Augen und des Gesichts überschritten. Da die übliche Expositionsdauer an diesem Arbeitsplatz pro Arbeitstag bei maximal 0,5 Stunden lag, waren Schädigungen im Bereich der Augen und des Gesichts durch UV-Strahlung nicht auszuschließen. Als Schutzmaßnahme wurde empfohlen, durch eine geeignete Abdeckung des Lichtspaltes die UV-Strahlenexposition so weit zu reduzieren, dass der UV-A/B/C-Grenzwert an den Augen und im Gesicht eingehalten wird.



Abbildung 8:
Belichtungsgerät älterer Bauart
mit offenem Strahlengang

Heutzutage werden Geräte dieser Art jedoch immer weniger eingesetzt. Stattdessen kommen z. B. gekapselte Druckplattenbelichter (CTP) zum Einsatz, in denen Laser (z. B. Nd YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 532 nm) verwendet werden.

4.5 Sichtbarmachung von Markierungen

Fluoreszierende Substanzen werden in verschiedenen Bereichen eingesetzt, um Farben oder andere Stoffe so zu markieren, dass die Markierung nur während einer UV-Bestrahlung sichtbar wird. Beim Einsatz der dazu notwendigen UV-Lampen können die Beschäftigten gegenüber UV-Strahlung exponiert sein. An einem untersuchten Arbeitsplatz wurde die Lage von Ziernähten auf Stoffen mit einer fluoreszie-



renden Substanz vorgezeichnet. Die Ziernähte wurden anschließend an einer Nähmaschine, an der eine UV-Lampe zur Bestrahlung der Farbe installiert war, hergestellt (Abbildung 9).

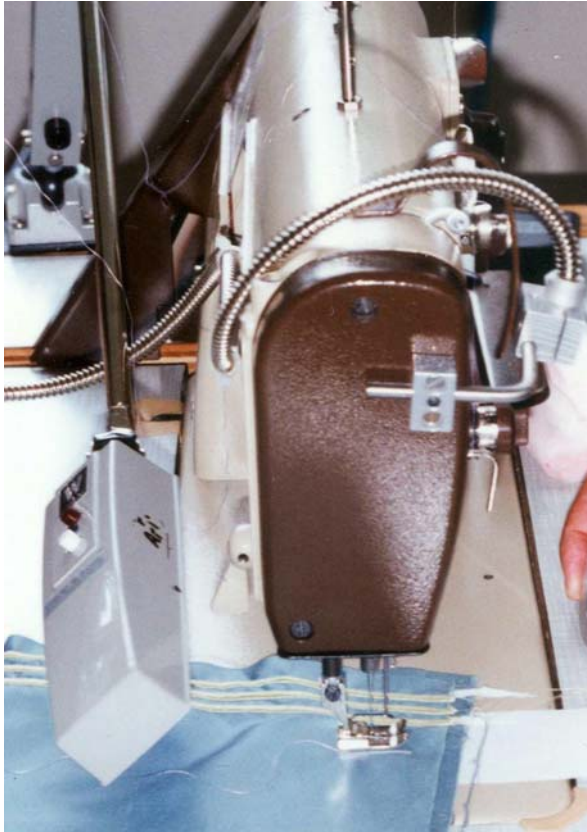


Abbildung 9:
Verwendung einer UV-Lampe
an einer Nähmaschine

Wegen der für Näharbeiten generell notwendigen hohen Beleuchtungsstärke war der Arbeitsplatz unmittelbar neben einem Fenster angeordnet. Damit war er zwar sehr gut beleuchtet, die Fluoreszenzstrahlung der vorgezeichneten Naht konnte die Näherin aber wegen der hohen Umgebungshelligkeit kaum noch wahrnehmen. Unter diesen Bedingungen sie Näherin gezwungen, die UV-Lampe in unmittelbarer Nähe der Nähnadel anzuordnen. Dadurch betrug die effektive Bestrahlungsstärke an den Händen bei den Näharbeiten bis zu 25 mW/m^2 . Da die Expositionszeit mit zwei Stunden größer war als die Expositionsdauer, bei der der UV-A/B/C-Grenzwert erreicht wurde ($t_{\text{max}} = 20 \text{ min}$), wurde hier der Grenzwert für die UV-A/B/C-Bestrahlung im Bereich der Hände überschritten. Die hohe Exposition der Hände war insbesondere dadurch bedingt, dass die Beleuchtung der Arbeitsplätze durch die Fensternähe sehr stark war. Zur Reduktion der Exposition wurde empfohlen, für Näharbeiten geeignete Handschuhe zu verwenden, die für UV-Strahlung undurchlässig sind. Alternativ wurde empfohlen, den Kontrast zwischen den Markierungen auf dem Stoff und der

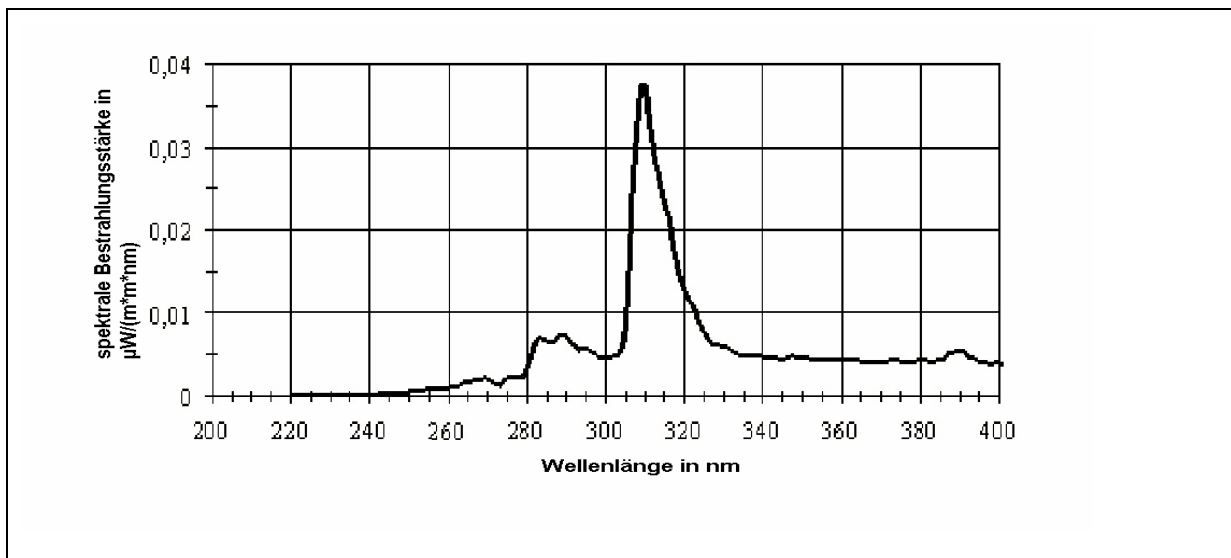
Umgebungshelligkeit durch Verminderung der Umgebungshelligkeit und/ oder durch eine andere Mischung der Markierungslösung zu vergrößern. Hierdurch konnte die Leuchte in einem größeren Abstand zum Stoff angeordnet und die Strahlenexposition der Hände vermindert werden.

4.6 Anwendung von Gasflammen

Bei der Glas- und Metallverarbeitung werden in vielfältiger Weise Gasflammen zur Erhitzung der Werkstoffe eingesetzt, wobei in vielen Fällen Persönliche Schutzausrüstung getragen wird. Zunächst wurde die zu vermutende Belastung durch Wärmestrahlung (Infrarot(IR)-Strahlung) untersucht. Anschließend wurde auch die UV-Strahlung gemessen, nachdem Beschäftigte in der Glasverarbeitung über Hautrötungen im Gesicht berichteten.

An einem Arbeitsplatz wurden Glasaugen für Puppen hergestellt. Dabei saßen die Beschäftigten vor einem mit Erdgas betriebenen Gasbrenner, mit dem das Glas erwärmt wurde. Die Messungen ergaben, dass die Gasflamme neben IR-Strahlung auch UV-Strahlung emittiert. Deutlich wird dies in deren Strahlenspektrum, wonach sie die Strahlung sowohl im UV-A- als auch im UV-B- und UV-C-Bereich emittiert (Abbildung 10).

Abbildung 10:
UV-Strahlenspektrum einer Erdgasflamme
zur Erwärmung von Werkstücken aus Glas





Die effektive Bestrahlungsstärke (UV-A/B/C) für die Beschäftigten betrug 13 mW/m^2 im Bereich des Gesichtes und bis zu 74 mW/m^2 in dem der Hände. Da der Grenzwert bei einer maximalen Expositionsdauer $t_{\text{max}} = 6,7 \text{ min}$ erreicht wird, die Expositionsdauer jedoch pro Arbeitsschicht bis zu 8 Stunden beträgt, wurde der UV-A/B/C-Grenzwert im Bereich des Gesichts sowie an den Händen überschritten. Als Schutzmaßnahme wurde empfohlen, eine UV-undurchlässige Schutzscheibe zu verwenden, die Gesicht und Augen schützt. Zum Schutz der Hände wurde empfohlen, UV-undurchlässige Handschuhe zu tragen.

An zwei anderen Arbeitsplätzen wurden Gasflammen zur Flammhärtung von Metallteilen verwendet. Die Messungen der UV-Expositionen ergaben hier, dass die Grenzwerte zum Schutz der Augen und Haut der Beschäftigten eingehalten waren.

4.7 Schweißen und Schneiden ohne Schutzschild

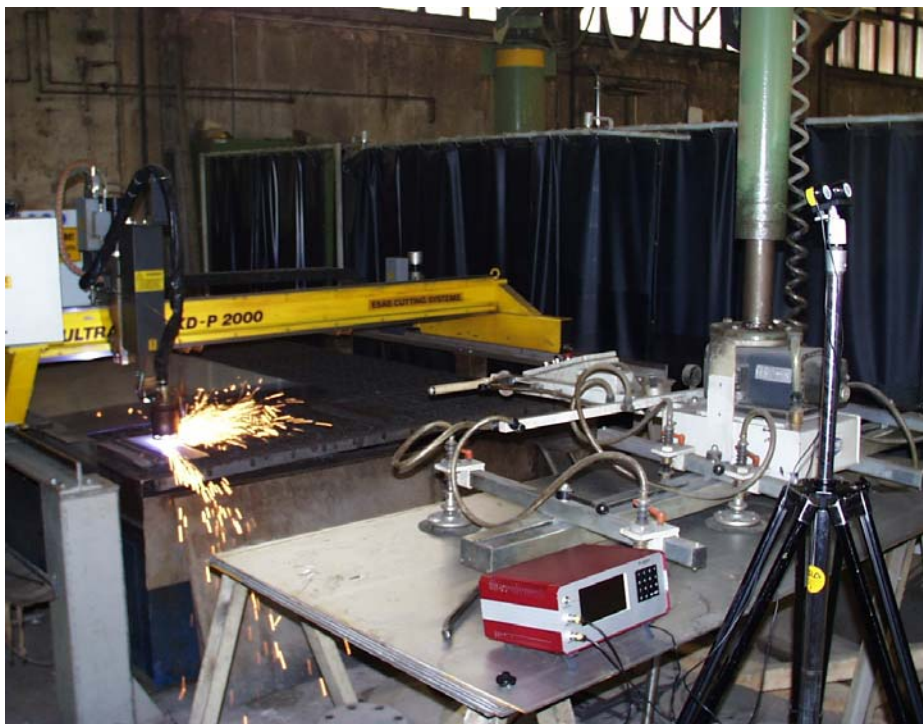
Dass beim Elektroschweißen hohe UV-Bestrahlungsstärken auftreten, ist bekannt und wurde bereits früher ausführlich untersucht [13]. Eine Exposition der Schweißer gegenüber UV-Strahlung liegt aber üblicherweise nicht vor, da sie sich mit geeigneter Kleidung, Schutzhandschuhen und einem Schweißerschutzschirm vor der UV-Strahlung schützen. Es kommt aber vor, dass der Schweißerschutzschirm bei Heftarbeiten (kurzzeitige Schweißvorgänge zur Fixierung von Bauteilen) oder beim Bolzenschweißen nicht verwendet wird. An zwei Arbeitsplätzen, an denen Heftarbeiten ohne Schweißerschutzschirm erfolgten, wurde die UV-Strahlung gemessen. Die Heftarbeiten wurden zu einem hohen zeitlichen Anteil (Lichtbogen-Brenndauer ca. 2 bis 6 min je Schicht) generell ohne Schutzschirm ausgeübt. Während in einem Fall zumindest die Augen mit einer Schweißerschutzbrille mit einer Schutzstufe von 1,7 gemäß DIN EN 169 [14] geschützt waren, waren die Augen in einem anderen Fall nicht geschützt. Die Gesichtshaut war der Strahlung in beiden Fällen ungeschützt ausgesetzt, wobei aber teilweise eine UV-Schutzcreme auf die Haut aufgetragen wurde. Beim anschließenden Schweißen der zuvor gehefteten Bauteile wurde zwar ein Schutzschirm verwendet, aber nicht immer dicht vor das Gesicht gehalten. Dies führte zu einer weiteren Exposition der Gesichtshaut durch die UV-Strahlung anderer Schweißarbeiten, die in Abständen von teilweise nur ca. einem Meter stattfanden. An den beiden Arbeitsplätzen wurde das MAG-Schweißverfahren (MAG, Metall-



Aktiv-Gasschweißen) bei Schweißströmen von bis zu 400 A eingesetzt. Bei diesem Verfahren wurden im Abstand von einem halben Meter zum Lichtbogen Spitzenwerte der effektiven Bestrahlungsstärken (UV-A/B/C) von $> 30\,000\text{ mW/m}^2$ gemessen. Bei einer solchen Bestrahlungsstärke wäre der UV-A/B/C-Grenzwert bereits bei einer Expositionsdauer von $t_{\max} \leq 1\text{ s}$ erreicht. Als Schutzmaßnahmen wurde empfohlen, den für Schweißarbeiten üblichen Augen- und Gesichtsschutz zu verwenden.

An einem Arbeitsplatz wurden mithilfe einer Plasmaschneideanlage aus großen Stahlplatten kleine Teile ausgeschnitten (Abbildung 11). Von dem beim Schneidvorgang vorhandenen Lichtbogen am Schneidkopf wurde UV-Strahlung emittiert. Während der Expositionsdauer war der Bediener der Anlage nur im Kopfbereich der Strahlung ausgesetzt. Unter Berücksichtigung einer Expositionsdauer von maximal einer Stunde pro Arbeitsschicht wurden die Grenzwerte zum Schutz der Augen und Haut eingehalten. Da der Arbeitsplatz nicht allseitig mit einem Vorhang abgeschirmt war (Abbildung 11), hätten beim Schneidvorgang unbeteiligte Personen der Strahlung des Lichtbogens ausgesetzt sein können, wenn sie den an dem Arbeitsplatz vorbeiführenden Transportweg benutzten.

Abbildung 11:
Plasmaschneideanlage an einem innerbetrieblichen Transportweg





Für diese Personen wurden neben der Anlage eine UV-A-Bestrahlungsstärke von 127 mW/m^2 und eine effektive Bestrahlungsstärke von 94 mW/m^2 gemessen. Die mögliche Bestrahlung unbeteiligter Personen bei einem Aufenthalt in der Nähe der Anlage konnte wegen der nicht bekannten Aufenthaltsdauer während einer Arbeitsschicht nicht angegeben werden. Aus den gemessenen Bestrahlungsstärken folgt jedoch, dass bei einem Aufenthalt in der Nähe der Anlage nach einer Expositionsdauer von mehr als 5 min je Arbeitsschicht mit einer Überschreitung des Grenzwertes für die effektive Bestrahlung zu rechnen war. Zum Schutz unbeteiligter Personen vor der UV-Strahlung des Lichtbogens wurde empfohlen, den Arbeitsplatz mit einem Schweißerschutzvorhang von dem innerbetrieblichen Transportweg abzuschirmen.

4.8 Entkeimung

Zur Entkeimung werden in verschiedenen Bereichen UV-Lampen eingesetzt, die UV-C-Strahlung emittieren. Es wurden Messungen an UV-C-Strahlern durchgeführt, die zur Entkeimung der Raumluft sowie im Bereich der Lebensmittelverarbeitung verwendet werden. Solche UV-C-Lampen kommen auch in Wertstoffsortieranlagen, in denen Verpackungsmüll (Grüner Punkt) nach Sorten getrennt wird, zum Einsatz. Die Exposition der Beschäftigten wurde in vier Wertstoffsortieranlagen untersucht. In den Sortierkabinen waren mehrere UV-Lampen an den Raumwänden installiert, deren Strahlung auf die Raumdecke gerichtet war. In zwei der Anlagen befand sich eine weitere UV-Lampe über dem Förderband, auf dem die zu sortierenden Verpackungen in die Kabine transportiert wurden. Deren Strahlung war auf das Förderband gerichtet. Außerhalb der Sortierkabinen waren auch Entkeimungslampen über den Türen zur Sortierkabine, zum Waschraum (Abbildung 12, Seite 32) und zur Kantine installiert. Die Strahlung dieser Lampen war entweder nach oben zur Raumdecke oder nach unten auf den Fußboden gerichtet.

Die in den Sortierkabinen tätigen Personen sortierten die Verpackungen üblicherweise stehend am Förderband (Abbildung 13, Seite 32). Die Messungen zeigten, dass sie dabei teilweise der direkten Strahlung der Entkeimungslampen ausgesetzt waren. Die auf die Raumdecke oder auf das Förderband gerichtete UV-Strahlung wurde aber auch reflektiert und führte dann zu einer weiteren UV-Strahlenexposition



der Beschäftigten. Die effektive Bestrahlungsstärke (UV-A/B/C) betrug am Förderband bis zu 8,5 mW/m². Der UV-A/B/C-Grenzwert wurde hier nach ca. einer Stunde erreicht. Da die Expositionsdauer sieben Stunden pro Arbeitsschicht betrug, wurde der UV-A/B/C-Grenzwert überschritten.

Abbildung 12:
UV-Entkeimungslampe über der
Tür in einer Wertstoffsortieranlage



Abbildung 13:
UV-Entkeimungslampe in der Nähe des
Förderbands einer Wertstoffsortieranlage



Die höchsten Strahlenexpositionen wurden jedoch außerhalb der Sortierkabinen an den Entkeimungslampen gemessen, deren Strahlung oberhalb von Türen auf den Fußboden gerichtet war. Beim Durchgang durch diese Türen waren die Beschäftigten der direkten UV-C-Strahlung bei effektiven Bestrahlungsstärken (UV-A/B/C) von bis zu 3 900 mW/m² ausgesetzt. Da die Expositionszeit bei dieser Bestrahlungsstärke mit zwölf Sekunden größer war als die Expositionsdauer, bei der der UV-A/B/C-Grenzwert erreicht wird ($t_{\max} = 8 \text{ s}$), war eine Überschreitung des Grenzwertes für die effektive Bestrahlung möglich. Voraussetzung dafür war jedoch, dass die nicht



abgeschirmte Haut von der Strahlung getroffen wird. Dies war beim Passieren der Tür bevorzugt die Kopfoberseite.

Als Schutzmaßnahme wurde empfohlen, UV-Entkeimungsanlagen nur dort einzusetzen, wo sie zur Reduzierung der Keimbelastung zwingend erforderlich sind. Sofern auf die Entkeimungsanlagen nicht verzichtet werden kann, sollten die Beschäftigten durch geeignete Abschirmungen vor der UV-Strahlung der UV-Entkeimungsanlagen geschützt werden. Den Beschäftigten sollte untersagt werden, sich längere Zeit im Bereich der Türen aufzuhalten. Zusätzlich sollten entsprechende Hinweisschilder angebracht werden.

Im Bereich der Lebensmittelverarbeitung wurden Messungen an einem Förderband vorgenommen. Auf dem Förderband wurden Teile geschlachteter Tiere transportiert. Diese wurden von den Beschäftigten auf ihre Arbeitsplatten, die sich direkt neben dem Förderband befanden, gezogen. Auf den Arbeitsplatten trennten die Beschäftigten anschließend die Knochen vom Gewebe.

An dem Förderband waren zwei UV-C-Strahler montiert, deren Strahlenaustrittsöffnungen auf das Förderband gerichtet waren und deren emittierte Strahlung das Förderband entkeimten. Im Bereich der Beine, an denen die Beschäftigten der Strahlung ausgesetzt waren, betrug die maximale effektive Bestrahlungsstärke 15 mW/m^2 . Hier wäre der UV-A/B/C-Grenzwert nach einer Expositionsdauer von $t_{\text{max}} = 33 \text{ min}$ erreicht. Die Beschäftigten sind üblicherweise mit Schuhen und langen Hosen bekleidet. Unter der Annahme, dass die getragene Arbeitskleidung für UV-Strahlung undurchlässig ist, wurde der Grenzwert für die effektive UV-A/B/C-Bestrahlung eingehalten. Als Schutzmaßnahme wurde empfohlen, die Strahlung so abzuschirmen, dass eine Exposition der Beschäftigten durch direkte UV-Strahlung verhindert wird. Ferner sollten die Beschäftigten auf eine mögliche Gefährdung durch UV-Strahlung hingewiesen werden und es sollte darauf geachtet werden, dass die Arbeitskleidung insbesondere im Bereich der Beine die Haut der Beschäftigten vollständig abdeckt. Da ein Warnhinweis vor UV-Strahlung an dem Förderband nicht vorhanden war, wurde darüber hinaus empfohlen, an dem Arbeitsplatz in direkter Nähe der UV-Strahler deutlich sichtbar auf eine mögliche Gefährdung durch UV-Strahlung hinzuweisen.



4.9 Personenbestrahlung mit Therapieleuchten

Bei der Bestrahlung von Personen zur Behandlung von Hautkrankheiten kann es vorkommen, dass sich medizinisches Personal in der Nähe der Strahlenquelle aufhält und dadurch einer UV-Strahlung ausgesetzt ist [7]. Aus Anlass der Augenkrankung einer Arzhelferin wurde unter anderem die UV-Strahlenexposition in einer Arztpraxis untersucht. Hierfür wurden die Expositionsbedingungen so nachgestellt, wie sie in früheren Jahren (1952 bis 1965) üblich waren. Bei diesen Untersuchungen, die in [15] ausführlich beschrieben sind, wurden effektive Bestrahlungsstärken von bis zu 1 800 mW/m² gemessen.

4.10 Prüfung von Elektronikbauteilen

Für die Prüfung von Elektronikbauteilen wurden in einem Betrieb zehn verschiedene gekapselte Geräte eingesetzt, in denen UV-Strahler eingebaut waren. Durch den Austritt von UV-Strahlung aus den Gerätegehäusen war eine Strahlenexposition der Beschäftigten nicht auszuschließen. Die Messungen ergaben bei neun der untersuchten Geräte im zugänglichen Bereich eine effektive Bestrahlungsstärke von maximal 0,8 mW/m². Nur an einem Gerät lag im Bereich der Hände eine effektive Bestrahlungsstärke von 2 200 mW/m² vor. Wegen dieser hohen Bestrahlungsstärke, die bereits nach 14 s zu einer Grenzwertüberschreitung führen konnte, waren Schädigungen an den Händen bei einer täglichen Expositionsdauer von einer Stunde nicht auszuschließen. Um diese zu vermeiden, wurde empfohlen, die Abschirmung so zu verbessern, dass eine Strahlenexposition an den Händen verhindert wird. Sollte diese technische Schutzmaßnahme nicht realisierbar sein, wurde das Tragen von UV-undurchlässigen Handschuhen empfohlen.

4.11 Arbeitsplatzbeleuchtung

In zwei Fällen, in denen bei Beschäftigten eine Hauterkrankung aufgetreten war, wurde die Vermutung geäußert, dass die Erkrankung auf UV-Strahlung in der Arbeitsplatzbeleuchtung zurückzuführen sei. In einem der Fälle handelte es sich um eine Fertigungshalle, die durch handelsübliche Leuchtstofflampen, die auch im Büroräumen Verwendung finden, beleuchtet wurde. Der andere Arbeitsplatz war eine Lagerhalle, die mit verschiedenen Gasentladungslampen beleuchtet wurde. An



beiden Arbeitsplätzen wurden so geringe Bestrahlungsstärken im UV-A- und im bewerteten UV-A/B/C-Bereich gemessen, dass die Grenzwerte für Augen und Haut eingehalten wurden.

Aus Lampen, die zur Beleuchtung verwendet werden, kann neben der gewünschten sichtbaren Strahlung auch UV-Strahlung austreten. Dies gilt zum Beispiel für Halogenlampen sowie für Gasentladungslampen (Leuchtstofflampen). Heutzutage sind viele dieser Lampen im Gegensatz zu früher mit einem UV-Schutz ausgestattet, so dass die UV-Emission dieser Lampen so gering ist, dass die Grenzwerte zum Schutz der Augen und Haut eingehalten werden.

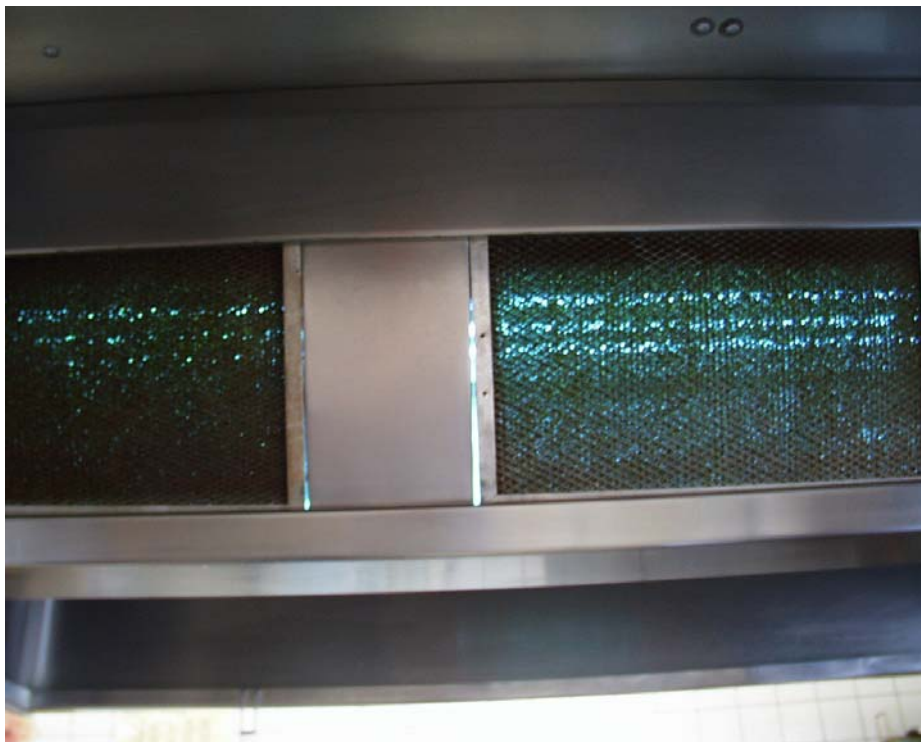
4.12 Fotooxidation

In der chemischen Industrie werden für fotochemische Reaktionen Quecksilber-Hochdrucklampen verwendet, die UV-A-, UV-B- und UV-C-Strahlung emittieren. An einem Arbeitsplatz in der Herstellung von Duft- und Aromastoffen wurde die Exposition der Beschäftigten gegenüber der UV-Strahlung dieser Lampen gemessen. Der Arbeitsplatz befand sich in einer Halle, in der in mehreren zylindrischen Glasbehältern mit einem Durchmesser von ca. 0,6 bis 1 m jeweils drei bis sechs Tauchlampen mit einer elektrischen Leistung von je 7,5 kW eingebaut waren. Die Glasbehälter waren mit der Flüssigkeit gefüllt, in der die gewünschte fotochemische Reaktion stattfinden sollte. Durch die Glaswand der Behälter und durch die Flüssigkeit in den Behältern war die UV-Strahlung so gut abgeschirmt, dass die Grenzwerte zum Schutz der Augen und Haut eingehalten waren.

An Arbeitsplätzen in Großküchen wurden vier UV-Messungen durchgeführt. Hier war in einer Höhe von ca. einem Meter oberhalb des Bodens eine Arbeitsplatte angebracht, an der die Beschäftigten ihrer Tätigkeit nachgingen. Über der Arbeitsplatte war in einer Höhe von ca. 2,5 Metern zum Boden eine Ablufthaube zur Abführung von Luftverunreinigungen installiert. In der Ablufthaube waren Filter zur Fettabscheidung eingebaut. Hinter diesen Filtern befanden sich UV-C-Strahler, die im laufenden Betrieb die Abluft reinigten. Bei den UV-Messungen wurden zwei verschiedene Arten von Fettfiltern vorgefunden. Beim ersten Typ handelte es sich um sogenannte Lammellenfilter; die Messungen an diesen Filtern ergaben, dass sie die UV-Strahlung gut abschirmten und die Grenzwerte zum Schutz der Augen und Haut

eingehalten wurden. Der zweite Typ von Fettfilter waren sogenannte Gestrickfilter (Abbildung 14). Diese ließen beim Betrieb der UV-Strahler einen hohen Anteil der Strahlung durch. Darüber hinaus trat auch durch die Spalte zwischen den Gestrickfiltern Streustrahlung aus (Abbildung 14). Am Spalt zwischen zwei Gestrickfiltern betrug die maximale effektive Bestrahlungsstärke im Bereich des Kopfes der Beschäftigten $3,0 \text{ mW/m}^2$. Die effektive Bestrahlungsstärke hatte bei Einwirkung der UV-Strahlung durch die Gestrickfilter am Kopf einen Wert von $1,6 \text{ mW/m}^2$. Die UV-A/B/C-Bestrahlung lag im Bereich des Kopfes mit einem Wert von $H_{\text{eff}}(\text{UV-A/B/C}) = 97,2 \text{ J/m}^2$ an der Spaltöffnung und maximal $51,8 \text{ J/m}^2$ hinter dem Gestrickfilter über dem Grenzwert. Der Grenzwert für UV-A-Strahlung wurde jedoch eingehalten. Als Schutzmaßnahme wurde empfohlen, die Gestrickfilter gegen Filter mit geringerer UV-Transmission, z. B. Lamellenfilter, auszutauschen. Darüber hinaus sollten die Filter so installiert werden, dass keine Spalten und Fugen entstehen, durch die beschäftigte Personen der direkten UV-Strahlung ausgesetzt sind.

Abbildung 14:
Streustrahlung und direkte UV-Strahlung aus der Abluftanlage einer Großküche bei Verwendung von Gestrickfiltern





4.13 Behandlung von Patienten in einer Zahnarztpraxis

Die UV-Strahlenexposition eines Zahnarztes, bei dem an beiden Augen Grauer Star festgestellt worden war, wurde untersucht. Eine mögliche berufsbedingte Exposition des Zahnarztes könnte sich sowohl durch die Strahlung der OP-Leuchte, mit der der Mund des Patienten beleuchtet wird, als auch durch die UV-Strahlung von Handleuchten, die bei der Aushärtung von Kunststoff-Zahnfüllungen eingesetzt werden, ergeben. Bei üblichen Arbeitsbedingungen während der Tätigkeiten mit der OP-Leuchte und den UV-Handlampen wurden so geringe UV-Bestrahlungsstärken gemessen, dass die Grenzwerte zum Schutz der Augen auch bei einer Expositionsdauer von acht Stunden pro Arbeitstag eingehalten wurden.



5 Fazit

Die vom BGIA im Zeitraum von 1990 bis 2006 durchgeführten UV-Strahlungsmessungen (siehe Tabelle, Seite 16) erfolgten in der Mehrzahl im Bereich der UV-Trocknung und -Härtung sowie Rissprüfung. An einigen Arbeitsplätzen lagen so hohe UV-Strahlenexpositionen vor, dass die Beschäftigten bereits nach einer Expositionsdauer von wenigen Minuten oder Sekunden einer UV-Bestrahlung in Höhe der Grenzwerte ausgesetzt sein können. Dies betrifft im Einzelnen folgende Anwendungen:

- UV-Trocknung von Lacken und Farben an älteren Geräten (offener Strahlengang),
- Verarbeitung UV-härtender Kleber,
- Kopier- und Belichtungsgeräte älterer Bauart mit offenem Strahlengang,
- Schweißen und Schneiden ohne Schutzschild sowie
- Entkeimung.

Im Bereich der UV-Trocknung von Lacken und Farben sowie an Kopier- und Belichtungsgeräten wurden früher hohe UV-Expositionen gemessen [7]. Diese waren vorrangig darauf zurückzuführen, dass die Anlagen und Geräte nicht oder nicht ausreichend gekapselt waren. Heutzutage sind diese Anlagen und Geräte in vielen Fällen gekapselt, sodass die Grenzwerte für UV-Strahlung eingehalten werden. Auch bei der Anwendung „Verarbeitung UV-härtender Kleber“ besteht der Trend, die Anlagen so einzuhausen, dass die Grenzwerte für UV-Exposition eingehalten werden. Erhöhte Expositionen von Beschäftigten traten auch bei Anwendungen auf, bei denen die Anlage nicht vollständig eingehaust war oder bei der eine Einhausung nicht möglich war, wie z. B. bei der Rissprüfung oder beim Schweißen.

Erhöhte Strahlenexpositionen waren z. B. durch folgende Ursachen bedingt:

- unzureichende Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz, z. B. unvollständige Abschirmungen an Maschinen,



-
- Nichtverwendung Persönlicher Schutzausrüstungen, z. B. Schweißen ohne Schutzschirm,
 - Verwendung nicht ausreichender Bekleidung, z. B. kurzärmelige Kleidung bei der UV-Rissprüfung,
 - Verwendung von Strahlenquellen, die Strahlung im nicht benötigten Wellenlängenbereich emittieren, z. B. Emission von UV-B/C- Strahlung bei Anwendungen im UV-A-Bereich,
 - Wartungs- und Einrichtungsarbeiten in der Nähe eingeschalteter UV-Strahlenquellen, z. B. beim Nachfüllen von Farbe an Druckmaschinen,
 - unzureichende Kenntnis der Beschäftigten über die der Gefährdungen durch UV-Strahlung.



6 Empfehlungen und Ausblick

Im Hinblick auf eine Minimierung der Strahlenexposition und Einhaltung der Grenzwerte sollte die UV-Strahlung an Arbeitsplätzen nach Möglichkeit dauerhaft abgeschirmt sein. Darüber hinaus sollten die Beschäftigten über die Gefährdung durch UV-Strahlung informiert und in der Anwendung von Schutzmaßnahmen unterwiesen werden. Arbeitsplätze, an denen eine Gefährdung durch UV-Strahlung besteht, sollten entsprechend gekennzeichnet werden. Zu empfehlen ist eine Kennzeichnung entsprechend Bild 3 in DIN EN 12198-1 [16] und ein Hinweis auf eine Gefährdung durch UV-Strahlung.

Wie im Abschnitt 2.3 dargelegt, gelten die Grenzwerte, die nach der BGI 5006 bisher angewendet wurden, auch zukünftig nach Umsetzung der EU-Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“. Zwar ist in der BGI 5006 darüber hinaus ein Jahresexpositionsgrenzwert für die effektive Bestrahlung festgelegt, jedoch wurde die Einhaltung dieses Grenzwertes praktisch nicht geprüft. Sofern die in der Richtlinie genannten Mindestanforderungen zum Schutz der Arbeitnehmer in nationales Recht ohne weiterführende Schutzanforderungen umgesetzt werden, wird sich in der Praxis zukünftig für die Messung und Bewertung von UV-Strahlenexposition an Arbeitsplätzen nichts ändern.

Durch die Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“ werden erstmals umfassend rechtsverbindliche Grenzwerte für optische Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen festgelegt. Falls Arbeitnehmer einer künstlichen optischen Strahlung, z. B. UV-Strahlung, ausgesetzt sind, ist vom Arbeitgeber zu prüfen, ob für die Arbeitnehmer die in der EU-Richtlinie angegebenen Expositionsgrenzwerte eingehalten werden. Bei Überschreitung der Grenzwerte sind vom Arbeitgeber entsprechende Maßnahmen zu treffen, um die Strahlenexposition zu vermeiden oder zu verringern, sodass diese Grenzwerte eingehalten werden. Zur Anwendung der in nationales Recht umgesetzten EU-Richtlinie werden Fachkenntnisse in folgenden Bereichen benötigt:

- Abschätzung und Messung der UV-Strahlenexposition,
- Bewertung der UV-Strahlenexposition,



- Anwendung von Schutzmaßnahmen zur Reduzierung der UV-Strahlenexposition.

Die Betriebe werden hiermit in der Regel überfordert sein. Sie können sich aber sogenannter befähigter Personen oder Dienste bedienen. Es ist abzusehen, dass zukünftig ein erhöhter Bedarf bestehen wird, Experten auf dem Gebiet optischer Strahlenexpositionen auszubilden. Hier kommt eine neue Aufgabe auf die Unfallversicherungsträger zu.



7 Literatur

- [1] Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung“ – Ultraviolettstrahlung künstlicher Quellen – FS 05-131-AKNIR. Hrsg.: Deutsch-Schweizerischer Fachverband für Strahlenschutz, 2005
- [2] Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG). ABl. EU (2006) Nr. L 114, S. 38-44
- [3] Berufsgenossenschaftliche Vorschrift: Laserstrahlung (BGV B2). Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik. Carl Heymanns, Köln 1997
- [4] Berufsgenossenschaftliche Information: Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung (BGI 5006). Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik. Carl Heymanns, Köln 2004
- [5] ICNIRP: Guidelines on UV radiation exposure limits. Health Physics 71 (1996) Nr. 6, S. 978
- [6] ICNIRP: Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Health Physics 87 (2004) Nr. 2, S. 171-186
- [7] *Siekman, H.*: Gefährdung durch ultraviolette Strahlung an Arbeitsplätzen. Die BG (1985), S. 178-183
- [8] Die blauen Ratgeber 5: Hautkrebs; Vermeidung, Früherkennung, Behandlung. Hrsg.: Deutsche Krebshilfe, Bonn 2005
- [9] TLV's: Threshold Limit Values adopted by ACGIH for 1982. Hrsg.: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati



- [10] IRPA/INIRC: Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm. Health Physics 49 (1985) Nr. 2, S. 331-340
- [11] IRPA/INIRC: Proposed change to the IRPA 1985 guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation. Health Physics 56 (1989) Nr. 6, S. 971-972
- [12] DIN EN 14255-1: Inkohärente optische Strahlung, Teil 1: Messung und Beurteilung von Strahlungsexpositionen durch künstliche UV-Quellen am Arbeitsplatz (Ausg. 6/05). Beuth, Berlin 2005
- [13] *Sliney, D.; Wolbarsht, M.*: Safety with lasers and other optical sources. Plenum Press, New York 1980
- [14] DIN EN 169: Filter für das Schweißen und verwandte Techniken – Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung (Ausg. 2/2003). Beuth, Berlin 2003
- [15] *Siekmann, H.; Hockwin, O.; Müller-Breitenkamp, U.*: Grauer Star durch UV-Strahleneinwirkung. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 32 (1997) Nr. 10, S. 385-393
- [16] DIN EN 12198-1: Sicherheit von Maschinen, Bewertung und Verminderung des Risikos der von Maschinen emittierten Strahlung; Teil 1: Allgemeine Leitsätze (Ausg. 10/2000). Beuth, Berlin 2000