

Inkohärente optische Strahlung

Nicht nur die Sonne strahlt

An vielen Arbeitsstätten sind Beschäftigte gegenüber inkohärenter optischer Strahlung exponiert – oft ohne dies zu wissen. Zum Schutz vor den negativen Auswirkungen einer Exposition gibt es eine europäische Arbeitsschutzrichtlinie, eine nationale Verordnung und dazu erläuternde Technische Regeln. Diese sind aber nach den Erfahrungen des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) in der Arbeitsschutzpraxis der Betriebe noch nicht verankert. Welche Gefahren gibt es, wo treten sie auf und wie lassen sie sich verhindern?

Optische Strahlung – was ist das?

In den vergangenen Jahren hat sich nicht nur in der Welt des Arbeitsschutzes, sondern auch in der Allgemeinbevölkerung das Interesse an der Exposition gegenüber der kanzerogenen ultravioletten (UV-) Strahlung der Sonne erheblich verstärkt. Die DGUV hat in Zusammenarbeit mit den Unfallversicherungsträgern dieses Thema deutlich forciert, um die Prävention zu verbessern. Seit der Einführung der Berufskrankheit „Plattenepithelkarzinome oder multiple Aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“ (BK-Nummer 5103, vom 1. Januar 2015), hat sich die Diskussion verschärft – allerdings nur für natürliche UV-Strahlung.

Obwohl dieses Thema von großer Bedeutung ist, stellt die als schädlich erkannte UV-Strahlung nur einen kleinen Teil der optischen Strahlung dar. Auch andere Teile des elektromagnetischen Spektrums, zu dem die optische Strahlung gehört, können gefährdend auf den Menschen einwirken. Die Sonne ist unsere bedeutsamste Quelle für natürliche optische Strahlung.

Schaut man aber auf die Gefährdung, dann wird sie darin durch manch andere Quelle künstlicher optischer Strahlung deutlich übertroffen. Das wird in der Praxis leider oftmals vergessen. Zum einen werden die Strahlungsquellen als solche nicht wahrgenommen. Zum anderen liegt keine Kenntnis über das tatsächliche Ausmaß der Exposition vor.

„Die Sonne ist unsere bedeutsamste Quelle für natürliche optische Strahlung. Schaut man aber auf die Gefährdung, dann wird sie darin durch manch andere Quelle künstlicher optischer Strahlung deutlich übertroffen.“

Als optische Strahlung wird jede elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 Nanometer (nm) bis 1 mm bezeichnet. Sie umfasst die ultraviolette Strahlung („UV“, 100 nm bis 400 nm), die sichtbare Strahlung („Licht“, 400 nm bis

780 nm), sowie die infrarote Strahlung („IR“, 780 nm bis 1 mm). Wir sind optischer Strahlung zu jeder Zeit ausgesetzt, auch im Dunkeln, denn dort erreicht uns noch immer die IR-Strahlung als sogenannte Wärmestrahlung. Bei der Anwendung von Arbeitsmitteln mit Emissionen von künstlicher optischer Strahlung im Arbeitsprozess können prinzipiell zweierlei Fälle unterschieden werden: Auf der einen Seite gibt es Prozesse, bei denen die optische Strahlung für den Prozess benötigt wird (zum Beispiel UV-Kleben, Härten von Lacken, Desinfektion), auf der anderen Seite entsteht sie als Nebenprodukt eines Prozesses (zum Beispiel Schweißlichtbögen, UV-Emission einer Gasflamme).



Autor



Dr. Marc Wittlich

Referat Strahlung
 Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)
 E-Mail: marc.wittlich@dguv.de



Foto: StudiolaMagica/fotolia.com

Metallschmelzen können IR-Strahlung hoher Intensität emittieren.

Biologische Wirkung optischer Strahlung

Wie bei anderen physikalischen Einwirkungen gibt es Bereiche der optischen Strahlung, die durch unsere Sinne nicht erfasst werden können. Das führt zum einen dazu, dass wir eine Exposition nicht vor Beginn der Schädigung bemerken. Zum anderen glauben wir nicht an eine (langfristige) Schädigung.

Die Eindringtiefe der optischen Strahlung in den Körper ist wellenlängenabhängig. Sie tritt nur oberflächlich in die Haut ein, innere Organe sind nicht erreichbar. Biologische Effekte sind daher nur auf die Haut und die Augen beschränkt. Ein Schutz

dieser Organe ist also von größter Bedeutung. Aber nicht nur die Eindringtiefe ist wellenlängenabhängig, sondern auch die biologische Wirkung selbst. Durch intensive Forschungsarbeit wurden sogenannte Wirkungsspektren ermittelt, die eine Bewertung der Strahlung gemäß ihres Effektes auf das Zielorgan erlaubt.¹

Augen und Haut können unterschiedlich geschädigt werden, sowohl akut, als auch langfristig. Das am meisten gefährdete Organ beim Umgang mit optischer Strahlung ist aber das Auge. Die vorderen Bereiche können insbesondere durch UV-Strahlung geschädigt werden. Es kann zu einer Hornhaut- oder Bindehautentzündung

kommen. Letztere ist landläufig bekannt als „Schneeblindheit“, „Verblitzen der Augen“ oder „Schweißerblende“. Die Netzhaut ist besonders empfindlich gegenüber zu hohen Bestrahlungsstärken. Sichtbare und Teile der IR-Strahlung können sie erreichen. Eine Schädigung ist irreversibel und kann zu einer (lokalen) permanenten Blindheit führen.

Die Haut ist ein sekundäres Empfangsorgan für optische Strahlung. Sie erfasst keinen optischen Eindruck, der durch die Strahlung vermittelt wird. Sie ist verantwortlich für einen indirekten Eindruck wie das Empfinden von Wärme, die bedingte Aufnahme von UV-Strahlung für

„Wie bei anderen physikalischen Einwirkungen gibt es Bereiche der optischen Strahlung, die durch unsere Sinne nicht erfasst werden können. Das führt zum einen dazu, dass wir eine Exposition nicht vor Beginn der Schädigung bemerken. Zum anderen glauben wir nicht an eine (langfristige) Schädigung.“

die wichtige Vitamin-D-Bildung sowie den strahlungsgebundenen Wärmeaustausch mit der Umgebung zur Regulation unserer Körpertemperatur. UV-Strahlungsexposition kann beispielsweise zu einem akuten Sonnenbrand, chronischer Hautalterung oder auch langfristig zu Hautkrebs führen. Eine zu hohe Exposition gegenüber Licht oder IR-Strahlung kann eine Verbrennung bewirken.

Gesetzliche Regelungen im Arbeitsschutz und Grenzwerte

Seit einigen Jahren gibt es konkrete Regelungen für den Arbeitsschutz. Die Mindestvorschriften zum Schutz der Beschäftigten vor künstlicher optischer Strahlung

sind auf europäischer Ebene durch die EU-Richtlinie 2006/25/EG² geregelt, die im Jahr 2010 auf nationaler Ebene in der Optischen Strahlenverordnung (OStrV)³ umgesetzt worden ist. Technische Regeln zur Konkretisierung helfen dem Unternehmen bei der Umsetzung der Vorschriften und der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung.⁴

Die Expositionsgrenzwerte sind sowohl der EU-Richtlinie, besser aber den Technischen Regeln zu entnehmen und müssen theoretisch bei jeder Quelle optischer Strahlung abgeprüft werden. Da dies aber für Laien in der Messtechnik kaum umsetzbar ist, können zur Gefährdungsbeur-

teilung auch andere adäquate Mittel wie Herstellerinformationen herangezogen werden. Lampen, Lampensysteme und Maschinen sind auch häufig entsprechend einschlägiger Normen klassifiziert und können schon bei der Beschaffung eingestuft werden. Grundsätzlich wäre es wichtig, beim Hersteller eine klare und vollständige Dokumentation über die strahlungsphysikalischen Eigenschaften des Leuchtmittels oder des Gerätes zu verlangen. Die Gefährdungsbeurteilung kann damit erheblich vereinfacht werden oder wird dadurch überhaupt erst durchführbar.

Diese Regelungen für die optische Strahlung künstlicher Quellen („künstliche optische Strahlung“) erlauben eine Entscheidung darüber, ob Beschäftigte zu stark exponiert sind oder nicht. Leider fehlen diese klaren Kriterien für die natürliche Strahlung, insbesondere die natürliche UV-Strahlung durch die Sonne. Die Forschung muss zeigen, ob Erfahrungen aus dem Bereich der künstlichen Strahlung auf die natürliche Strahlung übertragbar sind.

Hohe Gefährdung verlangt guten Schutz

Auch bei der optischen Strahlung gilt das (S)TOP-Prinzip. Dies lässt sich oft sehr gut umsetzen, wenn man die Gefährdung richtig einschätzt. Schlussendlich lassen sich die Expositionsgrenzwerte spätestens bei der Verwendung von persönlichen Schutzmaßnahmen einhalten. Nur bei sehr wenigen Arbeitsplätzen ist das nicht der Fall. Dennoch muss das Schutzkonzept zwingend zu einer Einhaltung der Expositionsgrenzwerte führen.

Unsere lange Praxis hat uns gelehrt, dass optische Strahlung am Arbeitsplatz in vielen Formen auftritt. Grob kann man diese

i

Wer strahlt überhaupt?

Jeder Körper, jeder Gegenstand strahlt. Alles, was eine Temperatur besitzt – das folgt aus dem Planck'schen Strahlungsgesetz. Entsprechend sind wir ohnehin und immer Strahlung ausgesetzt. Die entscheidende arbeitsschutzrelevante Frage ist die nach dem Ausmaß der Exposition und dem Zeitpunkt, wann diese zur Schädigung führt.

Die „Strahlkraft“ des erwachsenen menschlichen Körpers kann man mit einer 100-W-Birne vergleichen. Das Strahlungsmaximum liegt im Infraroten – und läge damit im Geltungsbereich der OStrV, wenn diese nicht auf künstliche Quellen beschränkt wäre. Nun glaubt natürlich niemand, dass er durch die Strahlung eines anderen Menschen gefährdet ist. Aber es zeigt sehr gut das Dilemma auf: Der Geltungsbereich der OStrV ist derart groß, dass eine fachgerechte Beurteilung von Arbeitsbedingungen komplex ist.

Genau das ist vielen Arbeitgebenden nicht bewusst. Die Durchdringung der Betriebe für die OStrV ist noch zu klein, das Bewusstsein für diesen Aspekt der Gefährdungsbeurteilung kaum vorhanden. Hier sind die Akteure der gesetzlichen Unfallversicherung und der anderen Aufsichtsbehörden gefordert, Aufklärung zu schaffen.

Für strahlende Körper ist es eine Frage der Temperatur: Metall- oder Glasschmelzen mit Temperaturen bis 1700 °C haben ihre wesentlichen Strahlungsanteile im Infraroten. Bei Temperaturen darüber hinaus muss auch die Gefährdung durch UV-Strahlung beachtet werden. Strahlungsquellen dieser Art sind auch gut zu bewerten. Die Expositionsbeurteilung kann auf dem Papier erfolgen, alleine durch das Wissen der Schmelzentemperatur und der Schmelzenfläche.

Etwas anders sieht es bei Strahlungsquellen aus, die Emissionslinien aussenden, wie zum Beispiel Schweißlichtbögen, Gasbrennerflammen, UV-Lampen (Entkeimung, Glaskleben, Rissprüfung), LED, Wärmelampen und viele mehr. Die Masse der Anwendungen ist nicht so einfach kalkulierbar und muss entsprechend in der Gefährdungsbeurteilung beachtet werden.



Beschäftigter beim Schweißen. Der Schutz insbesondere der Arme ist unzureichend, da schon bei Expositionen im Sekundenbereich Expositionsgrenzwerte überschritten werden.

Arbeitsplätze in drei Gruppen einteilen, egal ob es sich um eine bewusste Erzeugung der optischen Strahlung handelt oder ob diese prozessbegleitend auftritt. Bei der Gruppe mit hoher Exposition, wie zum Beispiel bei allen Varianten des Elektroschweißens, kann eine verkürzte Gefährdungsbeurteilung für die Beschäftigten direkt zu dem Ergebnis führen, dass Schutzmaßnahmen für Augen und Haut

„Notwendig ist die Erarbeitung neuer Beurteilungs- und Messvorschriften, die eine Gefährdungsbeurteilung möglich machen.“

unbedingt verwendet werden müssen. In diesem Beispiel kommt es bereits nach Sekunden zu einer Überschreitung des Expositionsgrenzwertes. Ein vollständiger Schutz der Person ist unumgänglich. Es gibt aber auch Arbeitsplätze, die nach

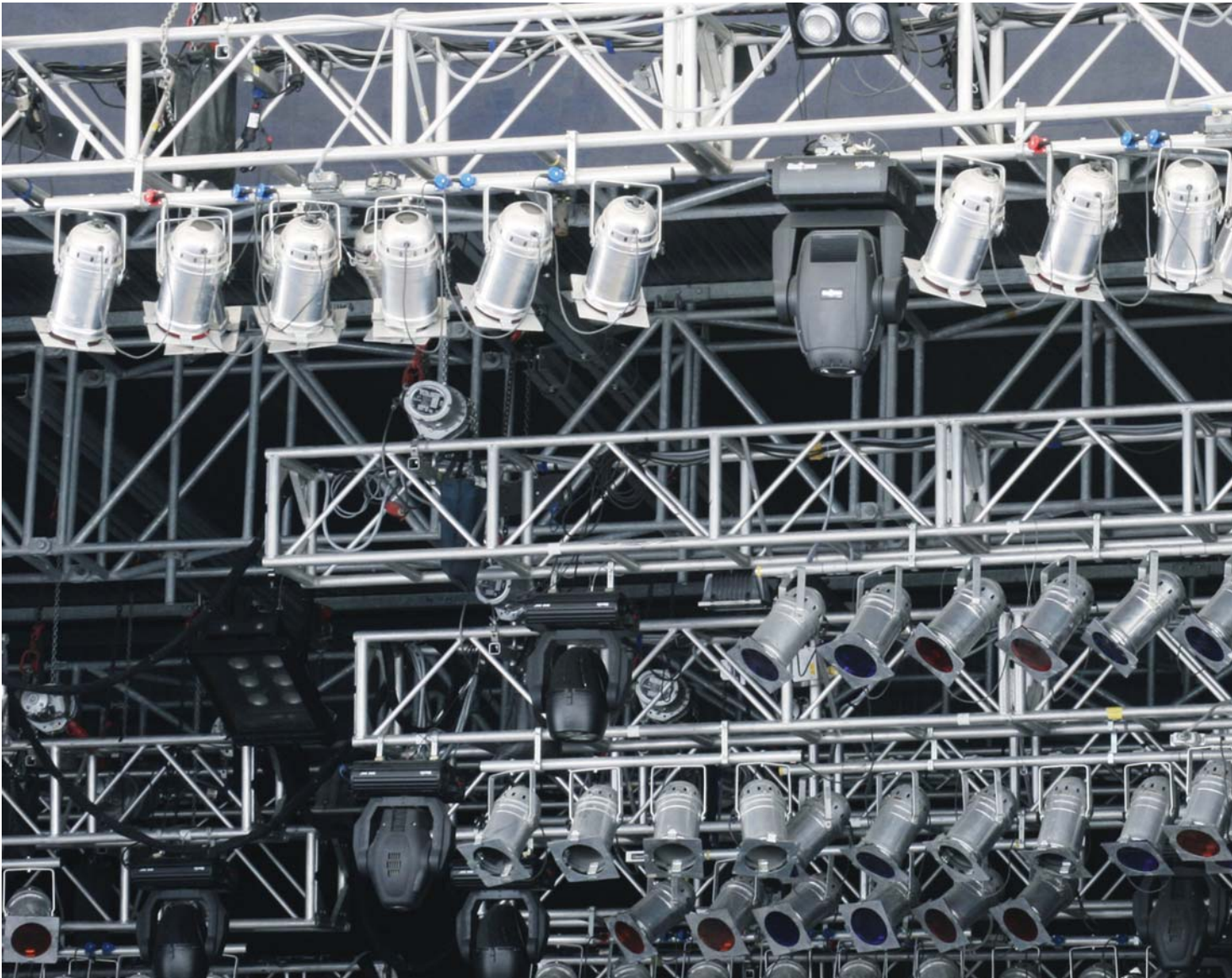
branchenspezifischen Grundsätzen aufgebaut werden sollten, wie zum Beispiel die Rissprüfung mit UV-Strahlung. Berücksichtigt man die Vorgaben in solchen Grundsätzen (an denen zumeist die Unfallversicherung beteiligt ist), kann von einer Einhaltung der Expositionsgrenzwerte ausgegangen werden und eine aufwendige, komplexe Messung ist nicht notwendig. In eine zweite Gruppe sind die Expositionssituationen einzuordnen, bei denen die Sachlage nicht so klar ist und insbesondere die Expositionszeit der entscheidende Faktor ist. Je länger man exponiert ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, den Grenzwert zu erreichen. Hieraus lassen sich aber je nach Arbeitsplatz organisatorische Arbeitsschutzmaßnahmen ableiten, zum Beispiel Abkühlpausen bei zu hoher Exposition durch Wärmestrahlung. Oft müssen aber aufwendige Expositionsmessungen durchgeführt werden, die eine Aussage über die Grenzwerte möglich machen.

Das Büro, der Monitor und die Raumbeleuchtung

Bei der dritten Gruppe der Expositionssituationen ist mit keinerlei Überschreitung der Expositionsgrenzwerte zu rechnen. Sie sind strahlungsphysikalisch sicher. Viele Beschäftigte sind in Büros und ähnlichen Arbeitsplätzen tätig. Doch wie steht es mit der Bestrahlung von der Deckenbeleuchtung? Oder mit den Computermonitoren? Diese Fragen werden uns oft gestellt. Es gibt zahlreiche Messungen, die belegen, dass die normale Raumbeleuchtung bei bestimmungsgemäßer Verwendung keinerlei Gefährdung durch optische Strahlung darstellt. Sie fällt nicht einmal in den Geltungsbereich der OStrV. Viel wichtiger ist

i

Weitere Informationen, insbesondere zu laufenden Projekten, findet man unter: www.dguv.de/ifa/fachinfos/strahlung



dabei, dass auf die notwendige Beleuchtung für die täglich anstehenden Sehaufgaben geachtet wird. Die Arbeitsstättenregel ASR 3.4 beschreibt die notwendige Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit vom Arbeitsplatz.⁵

Etwas anders verhält es sich bei der Bühnenbeleuchtung etwa in Theater- oder Opernhäusern. Dort werden Strahler hoher Leistung verwendet, um eine Szene oder eine Person zu bestrahlen („Spotlight“). Neben der blendenden Beleuchtung, die ein Hineinblicken oft unerträglich macht, kann es vereinzelt zu einer Überschreitung der Expositionsgrenzwerte für die Blaulichtgefährdung kommen. Dieses Thema untersucht derzeit ein Verbund von Forscherinnen und Forschern. Eine Exposition

durch UV-Strahlung tritt nur dann ein, wenn entsprechende Lampen nach einem Schaden nicht sachgerecht instand gesetzt wurden und die schützende Filterscheibe fehlt oder schadhaft ist.

Was ist mit lichtemittierenden Dioden (LED)?

LED und OLED (organische LED) nehmen einen immer größeren Anteil an der Menge der verwendeten Strahlungsquellen ein. Sie unterscheiden sich im technischen Aufbau (zum Beispiel mit und ohne Optik, als Einzelquelle oder Array) und sind damit enorm schwer hinsichtlich ihrer Strahlungsparameter zu untersuchen. Die im Arbeitsschutz bislang verwendeten Normen stoßen dabei an ihre Grenzen und können zum Teil nicht mehr angewendet

werden. Notwendig ist die Erarbeitung neuer Beurteilungs- und Messvorschriften, die eine Gefährdungsbeurteilung möglich machen. Besonders in diesen Fällen sind die Herstellerangaben von großer Bedeutung. Spezialisierte Messdienste müssen zum Teil erheblichen Aufwand treiben, um eine sachgerechte Beurteilung dieser Strahlungsquellen vornehmen zu können. Möglicherweise wird auch eine Anpassung des staatlichen Regelwerkes notwendig, um den Arbeitgebenden die Beurteilung neuer Lampensysteme zu ermöglichen und zu erleichtern.

Bedarf an Forschung noch nicht gedeckt

Optische Strahlung umfasst ein weites Feld, von der UV-Lampe zur Entkeimung

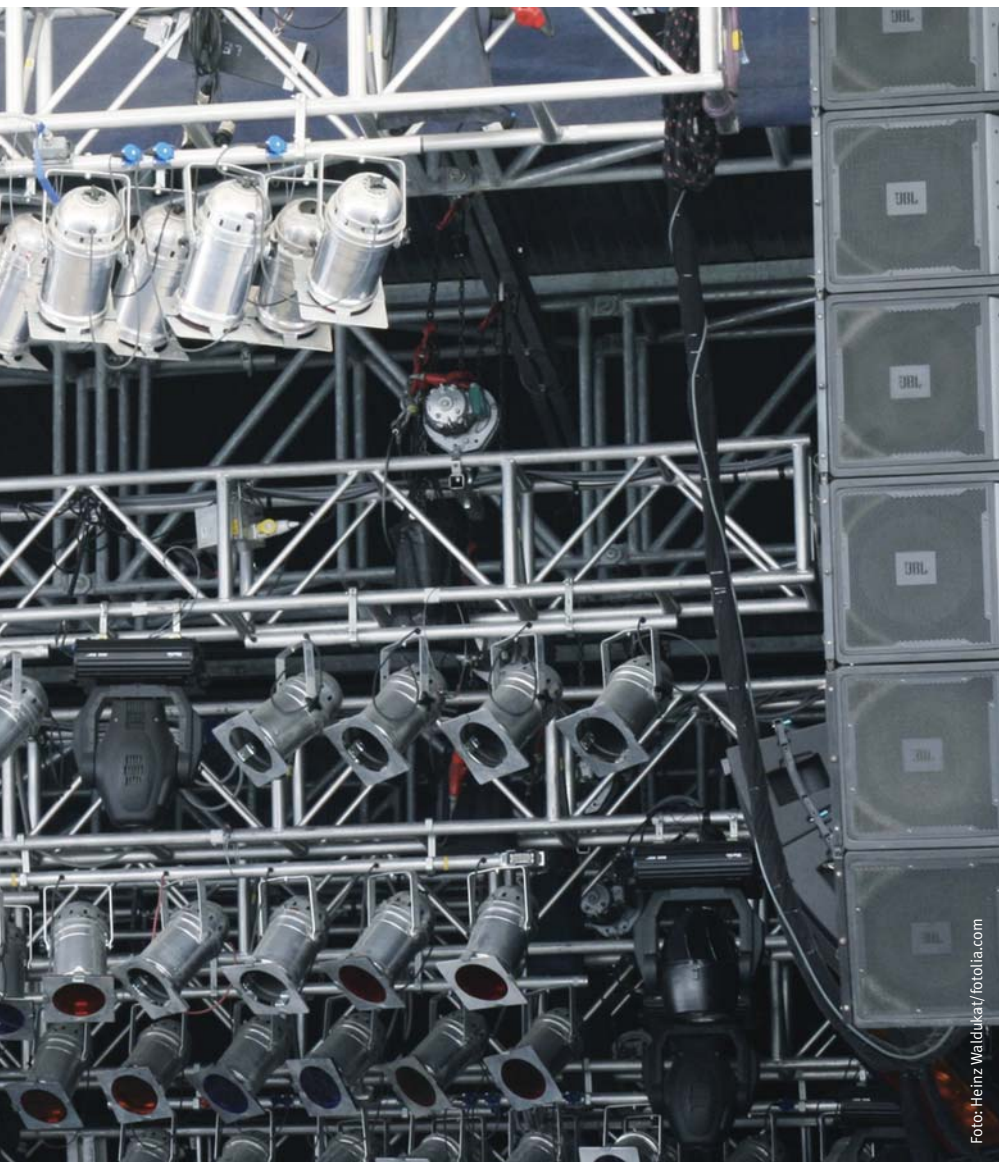


Foto: Heinz Waldukat/forotola.com

bis hin zum sogenannten „Nacktschanner“ am Flughafen zur Personenkontrolle. Die Expositionsgrenzwerte decken aber nur einen kleinen Teil des Gültigkeitsbereichs der Optischen Strahlenverordnung ab, sodass man einige Anwendungen nur schwer beurteilen kann. Es besteht also noch eine Wissenslücke sowohl über die biologische Wirkung einiger Wellenlängenbereiche, insbesondere im fernen Infrarot, als auch über die daraus abzuleitenden physikalischen Wirkungsgrößen bei der Expositionsermittlung. Zudem muss das Wissen über mögliche Langzeitschädigungen weiter ausgebaut werden, um wirksam vorbeugen zu können.

Die Frage, die im Zusammenhang mit der künstlichen UV-Strahlung immer wieder

gestellt wird, ist die BK-Reife. Es wird noch viel Forschungsarbeit zu leisten sein, bis diese Frage medizinisch und juristisch beantwortet werden kann. Die biologische Wirksamkeit der vom Sonnenspektrum deutlich abweichenden Strahlungsspektren muss noch genauer untersucht werden, da die aktuellen Wirkungskurven unzureichend sind. Zudem muss der Einfluss der sich unterscheidenden Expositionsszenarien (im Freien eher konstante Exposition, gegenüber künstlichen Quellen eher intermittierend) in jedem Fall von Grund auf studiert werden. Aufgrund der geringen Fallzahlen ist auch eine epidemiologische Näherung an das Thema schwierig. Es ist also wichtig, die Forschung auf diesem Gebiet in den kommenden Jahren zu gestalten. ●

◀ Die Beurteilung von Bühnenbeleuchtungen ist sehr komplex und bedarf noch zusätzlicher, neuer Messverfahren.



Fußnoten

- [1] DIN 5031-10:2016-11 (Entwurf) „Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik – Teil 10: Photobiologisch wirksame Strahlung, Größen, Kurzzeichen und Wirkungsspektren“, Beuth Verlag
- [2] Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG), Amtsblatt der Europäischen Union, L 114/38 – L 114/60
- [3] Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960)
- [4] www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TROS/TROS.html#doc8686874bodyText1 (zuletzt besucht am 29. August 2017)
- [5] www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A3-4.html (zuletzt besucht am 29. August 2017)