

# Strahlenschutzaspekte bei der Anwendung von UV-C-Strahlung zu Desinfektionszwecken

## *Radiation protection aspects when using UV-C radiation for disinfection purposes*

### ZUSAMMENFASSUNG

In Zeiten der SARS-CoV-2-Pandemie ist es verständlich, dass große Hoffnungen auf Maßnahmen zur Desinfektion insbesondere von Raumluft und Oberflächen gesetzt werden. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von UV-C-Strahlung. Aus Sicht des Strahlenschutzes ist jedoch Vorsicht geboten. Es bestehen Risiken für die Haut und die Augen. Bei der Verwendung von Desinfektionssystemen mit UV-Strahlung muss daher auf die Anwendungssicherheit geachtet werden. Dies gilt auch für aufkommende UV-C-Desinfektionssysteme, die mit kurzwelliger UV-C-Strahlung (Fern-UVC) arbeiten.

MONIKA ASMUSS,  
SARAH SCHMIDT,  
DANIELA WEISKOPF

### ABSTRACT

*In times of the SARS-CoV-2 pandemic, it is understandable that high hopes are placed on measures for disinfection, especially for indoor air and surfaces. One possibility is the use of UV-C radiation. However, from a radiation protection perspective caution is required. There are risks to the skin and to the eyes. Therefore, when using disinfection systems with UV radiation, attention must be paid to application safety. This also applies to emerging UV-C disinfection systems that use short-wave UV-C radiation (Far-UVC).*

### EINLEITUNG

Mit der SARS-CoV-2 Pandemie rückt die Anwendung von UV-Strahlung, insbesondere von UV-C-Strahlung zu Desinfektionszwecken, in den Fokus. Angeboten werden sowohl professionelle Anlagen beispielsweise zur Raumluftdesinfektion als auch eine Vielzahl von Geräten für den Hausgebrauch. Bei der Anwendung von UV-Strahlung bestehen jedoch Risiken für die Haut und für die Augen. Der Fokus dieses Beitrags liegt auf den mit der Anwendung von UV-Strahlung verbundenen Strahlenschutzaspekten und auf Fragen der Anwendungssicherheit. Die Bewertung derartiger Produkte im Hinblick auf die desinfizierende Wirkung liegt nicht im Aufgabenbereich des BfS. **Das BfS führt keine Produktprüfungen durch und gibt auch keine Empfehlungen ab.**

UV-Strahlung ist der energiereichste Teil der optischen Strahlung. Während UV-A-Strahlung in den sichtbaren Teil der optischen Strahlung („Licht“) übergeht, stellt UV-C-Strahlung den Übergang zur ionisierenden Strahlung dar. Die stärkste natürliche Quelle für UV-Strahlung ist die Sonne. UV-A-Strahlung erreicht fast vollständig die Erdoberfläche. Der größte Anteil der UV-B-Strahlung wird von der Atmosphäre absorbiert. Vor solarer UV-C-Strahlung ist die Erdoberfläche durch die Atmosphäre geschützt. Zur Desinfektion eingesetzte UV-C-Strahlung stammt also immer aus künstlichen Quellen.

Die Aufteilung der UV-Strahlung in Wellenlängenbereiche ist in [TABELLE I](#) dargestellt.



UV-Desinfektionskammer.  
Quelle: LeafenLin/iStock/  
GettyImagesPlus.

## WIE WIRKT UV-STRahlung?

Die gesamte UV-Strahlung inklusive UV-C wurde von der Internationalen Agentur für Krebsforschung in die Gruppe 1 „krebs-erregend beim Menschen“ eingestuft. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Strahlung aus natürlichen oder künstlichen Quellen stammt (IARC 2012). Grundlage dieser Einstufung

ist die schädigende Wirkung von UV-Strahlung auf die Erbsubstanz. Wird die Photonen-Energie der UV-Strahlung direkt vom DNA-Molekül absorbiert, können Doppelbindungen gelöst und Einfachbindungen zwischen benachbarten Basen geknüpft werden. Es entstehen sogenannte Cyclobutan-Pyrimidin-Dimere (CPD). Diese Schäden werden häufig als Endpunkt untersucht, wenn es darum geht, UV-bedingte DNA-Schäden nachzuweisen. Durch UV-A-Strahlung werden über die Bildung reaktiver Sauerstoffverbindungen vorwiegend oxidative Basenschäden verursacht. Werden die Schäden von den Zellen nicht oder nicht korrekt repariert, können bleibende Veränderungen der Erbinformationen (Mutatio-

TABELLE I  
Einteilung der UV-Strahlung nach Wellenlängen.

BEZEICHNUNG	WELLENLÄNGE
UV-A	400–315 nm
UV-B	315–280 nm
UV-C	280–100 nm

nen) entstehen, die an Tochterzellen weitergegeben werden. Langfristig wird so das Risiko für die Entstehung von Krebszellen erhöht. UV-Strahlung ist der wichtigste Risikofaktor bei der Entstehung von Hautkrebs. Für weitere Informationen zu Wirkungen von UV-Strahlung und zum Schutz insbesondere vor solarer UV-Strahlung siehe [https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv_node.html).

Zwar stellt die Haut das größte Zielorgan für UV-Strahlung dar, es müssen jedoch auch die Wirkungen auf die Augen bedacht werden. Je kurzwelliger die Strahlung ist, desto größer ist der Anteil, der von den vorderen Augenmedien wie Hornhaut und Linse absorbiert wird. Bis zur Netzhaut gelangt nur ein kleiner Teil der UV-A-Strahlung. Akut können bei Überschreitung von Schwellenwerten Photokeratitis und Photokonjunktivitis (Entzündungen von Hornhaut und Bindehaut) auftreten. Im Hinblick auf chronische Wirkungen weisen sowohl tierexperimentelle Studien als auch epidemiologische Untersuchungen auf Zusammenhänge zwischen solarer UV-Strahlung und der Entstehung von Linsentrübung (Katarakt, Grauer Star) hin. Die Assoziation zwischen beruflicher Sonnenexposition und Katarakt stellen Modenese und Gobba in einem systematischen Review dar (Modenese, Gobba 2018).

Ein zentraler Punkt bei der Wirkung von UV-Strahlung ist die Eindringtiefe in den Zielgewebe. Sie bestimmt, welche Strukturen erreicht und gegebenenfalls geschädigt werden. Die Eindringtiefe von UV-C-Strahlung ist deutlich geringer als die von UV-B- und UV-A-Strahlung. Allerdings hängt es nicht nur von den Wellenlängen der UV-Strahlung und von individuellen Bedingungen wie Hauttyp und Dicke der Epidermis ab, welche Zellschichten tatsächlich erreicht werden, sondern auch von der applizierten Dosis. Je höher die Dosis, desto eher können Anteile der Strahlung auch tieferliegende Zellschichten wie die Basalschicht der Epidermis erreichen, in der Stammzellen lokalisiert sind.

## EINSATZ VON UV-C-STRALUNG ZU DESINFIZIERUNGSZWECKEN

UV-C-Strahlung wird bereits seit Jahrzehnten beispielsweise zur Desinfektion von Oberflächen, Trinkwasser oder Raumluft eingesetzt. Auch einige Lebensmittel werden mit Hilfe von UV-C-Strahlung desinfiziert.

Die gleichen Effekte auf die Erbsubstanz, die zur Einstufung der IARC geführt haben, ermöglichen die desinfizierende Wirkung auf Mikroorganismen und Viren. Wird ihre DNA oder RNA ausreichend geschädigt, führt dies zu Abtötung oder Inaktivierung. Nucleinsäuren absorbieren mit ihren Basen im UV-Bereich von circa 180 nm bis 300 nm. Ein Absorptionsmaximum liegt bei circa 260 nm. Zu Desinfektionszwecken wird daher vor allem UV-C-Strahlung mit Wellenlängen von 200 nm bis 280 nm genutzt, derzeit in der Regel Wellenlängen um 254 nm.

Entscheidend für die Wirkung von UV-Strahlung ist jedoch die Dosis. Die Bestrahlungsstärke muss groß genug und die Bestrahlungszeit lang genug sein, um Mikroorganismen und Viren im gewünschten Umfang abtöten oder inaktivieren zu können. Die hierfür erforderlichen Dosen hängen von der Empfindlichkeit der Zielorganismen ab und können sehr unterschiedlich sein. Ausreichende Dosis vorausgesetzt, ist die desinfizierende Wirkung von UV-C-Strahlung jedoch durch zahlreiche Publikationen belegt. Auch die Wirksamkeit gegenüber Corona-Viren wird beschrieben (Darnell et al. 2004; Buonanno et al. 2020). Mittlerweile liegen auch Studien speziell zu SARS-CoV-2 vor (Kitagawa et al. 2020; Heilingloh et al. 2020).

## DESINFIZIERUNGSSYSTEME/ANWENDUNGSSZENARIEN

Im Hinblick auf die bei der Desinfektion mit UV-C-Strahlung eingesetzten Systeme beziehungsweise Anwendungsszenarien ergeben sich bezüglich der Sicherheit folgende Unterscheidungen:

- 1 Geschlossene Systeme, bei denen praktisch keine UV-Strahlung austritt. Hierzu gehören geschlossene Kammern, in denen Gegenstände desinfiziert werden sollen, UV-C-Quellen, die beispielsweise im Inneren von Förderbändern oder Rolltreppen verbaut sind oder Raumluftdesinfektionsgeräte und raumlufttechnische Anlagen, bei denen die Luft durch eine geschlossene Einheit geführt wird, in der sich die UV-C-Quelle befindet. Aus Sicht des Strahlenschutzes sind solche Systeme grundsätzlich unbedenklich. Allerdings sollten seitens des Herstellers möglichst konkrete Informationen über gegebenenfalls austretende Rest-UV-Strahlung bereitgestellt werden. Generell gilt: Die Sicherheit von Produkten liegt in der Verantwortung des Herstellers.
- 2 Systeme, bei denen der Austritt von UV-C-Strahlung beabsichtigt ist, die jedoch nur in Abwesenheit von Personen aktiv sind beziehungsweise sein sollen. Betrachtet man Fälle, bei denen Schäden an Augen oder Haut durch UV-C-Strahlung verursacht wurden, handelt es sich meistens um Unfälle und Unachtsamkeit. Oft wurde nicht bemerkt, dass eine UV-C-Quelle aktiv ist. So erlitten in einem südkoreanischen Geflügelschlachthof 26 Arbeiter Augenschäden, weil eine UV-Desinfektionslampe nicht ordnungsgemäß ausgeschaltet war (Kwon et al. 2016). In einem anderen Fall trugen zwei Personen während ihrer Arbeit an einer Sterilbank im Labor länger anhaltende Entzündungen an Hornhaut und Bindehaut (Photokeratokonjunktivitis) sowie Erytheme davon. Sie hatten nicht bemerkt, dass die

INFOBOX  
UV-C-Lampentypen.

#### UV-C-LAMPENTYPEN

- Zur Erzeugung von UV-C-Strahlung kommen Niederdruck- und Hochdruck-Quecksilberlampen, gepulste Xenon-Lampen, Excimer-Lampen und zukünftig auch Licht emittierende Dioden (LEDs) zum Einsatz. Je nach Lampentyp können sehr spezifische Wellenlängen im UV-C-Bereich abgestrahlt oder auch zusätzlich Wellenlängen im sichtbaren und infraroten Bereich emittiert werden. Durch den Einsatz von sogenannten optischen Filtern kann bei Bedarf, je nach Einsatzzweck oder Anwendung, der ausgesandte Wellenlängenbereich beschränkt werden.
- Die **Niederdruck-Quecksilberlampe** war bis dato der gebräuchlichste Lampentyp, um UV-C-Strahlung zu erzeugen. Die Hauptemission mit mehr als 90 Prozent liegt hier bei Wellenlängen von 253,7 nm. Zusätzlich werden jedoch auch andere Wellenlängen im ultravioletten, sichtbaren und infraroten Bereich abgegeben.
- **Hochdruck-Quecksilberlampen** sind im Gegensatz zur Niederdruck-Quecksilberlampe keine Linienstrahler, sondern breitbandige UV-C-Strahler. Dieser Lampentyp ist ebenfalls eine sehr intensive Strahlungsquelle. Ihr Einsatzgebiet liegt meist im industriellen Bereich, beispielsweise in der Wasseraufbereitung.
- Bei den gepulsten **Xenon-Lampen** handelt es sich um Lampen, die einen kurzen Impuls mit breitem Spektrum aussenden, das den ultravioletten, sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich umfasst. Durch entsprechende Filterung des Spektrums emittieren diese Lampen hauptsächlich UV-C-Strahlung. Sie werden zum Beispiel in Krankenhäusern eingesetzt, um Oberflächen in Operationssälen oder anderen Räumen zu behandeln.
- Zu den neueren Lampentypen, die zur UV-C-Desinfektion eingesetzt werden, gehört die **Excimer-Lampe**. Diese wird auch als Fern-UV-C-Lampe bezeichnet. Hierbei handelt es sich um quasimonochromatische Lichtquellen, das heißt, es wird in schmalen Bändern UV-C-Strahlung einer bestimmten Wellenlänge emittiert. Bei einer Krypton-Chlor-Excimer-Lampe beispielsweise liegt die Wellenlänge bei 222 nm, bei einer Argon-Chlor-Excimer-Lampe bei 175 nm.
- Im Rahmen eines Programms des Bundesforschungsministeriums (BMBF) „Advanced UV for Life“ werden **UVC-LED** entwickelt, die ebenfalls im Fern-UV-C-Bereich emittieren. Zukünftig ist weiterhin der Einsatz von LEDs zu erwarten, die im Wellenlängenbereich von 265 nm bis 270 nm emittieren.

UV-C-Desinfektionslampe der Sterilbank aktiv war (Zaffina et al. 2012). Derartige Unfälle sollten unbedingt vermieden werden. Einschlägige Vorschriften des Arbeitsschutzes sind zu beachten.

- 3 Systeme, bei denen beabsichtigt ist, dass sich Menschen während der Desinfektion im Raum aufhalten. Ein frühes Beispiel für eine Raumluft-Desinfektion mit UV-C-Strahlung bei Anwesenheit von Personen beschreibt die TUSS-Studie (Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study), die im Zeitraum von 1997–2004 in den USA in Obdachlosenheimen durchgeführt wurde. Ziel war die Eindämmung von Tuberkulose. Vor Installation der UV-C-Lampen wurde berechnet, in welcher Höhe sie angebracht werden müssen und wie hoch ihre Leistung sein darf, damit die im Raum befindlichen Menschen nur mit einer als ungefährlich betrachteten Dosis exponiert werden. Abgefragt wurden in der Studie akute Augen- und Hautsymptome, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontrolle und Exposition festgestellt wurden (Nardell et al. 2008). Allerdings zeigt diese Studie auch, wie wichtig ausreichende Abstände zur Strahlungsquelle sind. Nachdem in einem Raum statt normaler Betten Stockbetten aufgestellt wurden, traten Fälle von Photokeratokonjunktivitis und Photodermatitis auf. Ursache war, dass in den oberen Betten liegende Personen wegen des zu geringen Abstands zur Strahlungsquelle überexponiert wurden (Brickner, Vincent 2013).

Bei dieser Art von Systemen rät das BfS zur Vorsicht. Akute Effekte auf Augen und Haut müssen vermieden und das Risiko für Langzeitwirkungen muss minimiert werden, beispielsweise durch Montage der Strahlungsquelle an hohen Decken. Eine einfache Lösung „von der Stange“ gibt es hier nicht. Installationen müssen fachgerecht und auf die jeweiligen Anforderungen und die Gegebenheiten vor Ort zugeschnitten sein und

es sind Messungen der Bestrahlungsstärke erforderlich, die eine Abschätzung der Risiken für die im Raum befindlichen Personen ermöglichen.

Bei UV-Strahlung emittierenden Anlagen an Arbeitsplätzen müssen Anforderungen des Arbeitsschutzes beachtet und eingehalten werden.

In der 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) ist der Emissionsgrenzwert für UV-Strahlung im Wellenlängenbereich von 180–400 nm festgelegt. Der Grenzwert für die effektive Bestrahlung  $H_{\text{eff}}$  liegt bei 30 J m<sup>-2</sup> (Tageswert 8 Stunden). Dieser Wert ist als Expositionsgrenzwert in der Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung – OStrV verankert (OStrV 2010). Er beruht auf Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP 2010). Bei einer Gefährdungsbeurteilung müssen auch die Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit von Beschäftigten, die besonders gefährdeten Gruppen angehören, berücksichtigt werden. Das Thema UV-C-Desinfektionsgeräte wird derzeit auch im Bereich der Normung diskutiert.

Für Fragen zum Thema „Sichere Anwendung von UV-Bestrahlungsgeräten im beruflichen Umfeld“ sind die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) oder die Berufsgenossenschaften geeignete Ansprechpartner.

Zum Thema Raumluftdesinfektion siehe zum Beispiel:

- o Umweltbundesamt (UBA) Kommission Innenraumluftthygiene: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/kommission-innenraumluftthygiene>

- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): Antworten auf häufig gestellte Fragen zur Lüftung: [https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Coronavirus/FAQ/03-FAQ\\_node.html](https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Coronavirus/FAQ/03-FAQ_node.html)

## IST KURZWELIGE UV-C-STRAHLUNG („FERN-UV-C“) SICHER?

Angesichts der SARS-CoV-2-Pandemie gewinnt die Vorstellung einer durchgehenden Raumluftdesinfektion mit UV-C-Strahlung bei Anwesenheit von Personen an Attraktivität. Dabei wird nicht nur an Krankenhäuser, Hotels und Restaurants, Flughafen-terminals, Bahnhöfe, öffentliche Gebäude, öffentliche Verkehrsmittel oder industriell genutzte Räume wie Fabrikhallen gedacht, sondern auch an Schulen und Kindertagesstätten. Allerdings sind die gesundheitlichen Risiken, die mit UV-C-Strahlung verbunden sein können, bekannt. Dass Wellenlängen um 254 nm nicht harmlos sind, sondern DNA-Schäden in der Epidermis der Versuchstiere verursachen, belegen aktuelle tierexperimentelle Studien (Buonanno et al. 2016, 2017; Narita et al. 2018). Wie also könnten desinfizierende Wirkungen auf Mikroorganismen und Viren einerseits und Sicherheit für Menschen – oder zumindest Risikominderung – andererseits verbunden werden? Die Hoffnung ruht hier auf Lampen, die kurzwellige UV-C-Strahlung im Bereich um 222 nm („Fern-UV-C“) abgeben. Postuliert wird, dass die Eindringtiefe in der Haut und den Augen so gering ist, dass praktisch keine Schäden in lebenden Zellen entstehen, während die desinfizierende Wirkung auf Bakterien und Viren, die sehr viel kleiner als menschliche Zellen sind, weiterhin gegeben ist. Die desinfizierende Wirkung von Fern-UV-C-Strahlung bestätigen mehrere Arbeiten (Buonanno et al. 2017, 2020; Welch et al. 2018; Kitagawa et al. 2020; Narita et al. 2020).

Aktuelle Studien zur Sicherheit – überwiegend tierexperimentelle Untersuchungen an Nacktmäusen – belegen tatsächlich die Unterschiede zur herkömmlichen 254-nm-Strahlung an der Haut (u. a. Buonanno 2016, 2017; Narita 2018; Yamano 2020). Meistens wurden akute Effekte wie DNA-Schäden (Induktion von CPD) untersucht. Es wurde gezeigt, dass bei der Exposition mit kurzwelligem UV-C – abhängig von der Dosis – keine oder nur wenige Schäden in der Epidermis entstehen. Die Ergebnisse einer in der Arbeitsgruppe Brenner an der Columbia-Universität laufenden tierexperimentellen Langzeitstudie zum Endpunkt Hautkrebs stehen zum aktuellen Zeitpunkt noch aus.

In einer Probandenstudie erfolgte die Exposition mit Dosen von 500–5000 J/m<sup>2</sup> (222 nm-UV-C), ohne dass Erytheme (Hautrötungen) auftraten. Nur bei der höchsten Dosis fand sich eine zwar geringe, aber signifikante Zunahme von DNA-Schäden (CPD) verglichen mit nicht-bestrahlter Haut (Fukui et al. 2020). In einer Pilotstudie an Probanden hingegen wurden in Stanzbiopsien DNA-Schäden (CPD) nach Exposition mit einer 222-nm-Quelle nachgewiesen, bei zwei Probanden auch in der Basalschicht der Epidermis. Die Autoren führen diese Effekte allerdings auf die längerwelligen Anteile des von der Lampe emittierten Spektrums zurück (Woods 2014). Auch in anderen Untersuchungen wird auf die Bedeutung des abgegebenen UV-Spektrums hingewiesen, beziehungsweise auf die Notwendigkeit, längerwellige Anteile herauszufiltern.

Nur wenige Untersuchungen befassen sich mit Wirkungen von 222 nm UV-C auf die Augen. In tierexperimentellen Untersuchungen wurden bei Exposition mit 222 nm – anders als bei 254 nm – keine Hinweise auf akute Effekte wie Keratitis oder Schäden an der Hornhaut gefunden (Kaidzu et al. 2019; Yamano et al. 2020).

Insgesamt lassen die vorliegenden Ergebnisse dennoch derzeit keine befriedigende Einschätzung der Risiken für die Allgemeinbevölkerung zu. Sie ermöglichen beispielsweise keine belastbaren Erkenntnisse über

Wirkungen regelmäßiger oder chronischer Exposition an verletzter oder geschädigter Haut oder auf empfindliche Personengruppen wie Kinder. Die Ergebnisse einer laufenden Langzeituntersuchung bleiben abzuwarten. Zudem spielt das abgegebene Spektrum der Desinfektionslampen eine wichtige Rolle. In den meisten der aktuellen Studien wurden UV-C-Quellen verwendet, bei denen die längerwelligen Anteile des UV-C-Spektrums konsequent herausgefiltert wurden. Ist dies nicht der Fall, muss davon ausgegangen werden, dass zumindest die längerwelligen Anteile der UV-C-Strahlung Schäden setzen können. Das BfS rät daher auch bei Geräten, die mit „Fern-UV-C“-Quellen arbeiten, zur Vorsicht. Selbstverständlich müssen auch bei diesen Wellenlängen die Anforderungen des Arbeitsschutzes eingehalten werden.

## ANWENDUNGEN VON KURZWELLEMIGEM UV-C IN DER MEDIZIN

Auch in der Medizin ruhen Hoffnungen auf den neuen „Fern-UV-C“-Quellen, beispielsweise bei der Bekämpfung multiresistenter Keime direkt am Patienten. Anders als bei der Exposition der Allgemeinbevölkerung wird hier jedoch durch die behandelnde Ärztin oder den behandelnden Arzt im Einzelfall eine Abwägung von Vorteilen und Risiken vorgenommen. Das ist ein entscheidender Unterschied gegenüber Szenarien, bei denen die Allgemeinbevölkerung exponiert wird. Anwendungsfelder werden beispielsweise in der Dermatologie, der Chirurgie und der Krankenhaushygiene gesehen. Mit der Entwicklung geeigneter UV-C-LED-Lampen und der Untersuchung von Wirkungen der Fern-UV-C-Exposition in der Haut befasst sich das vom Bundesforschungsministerium (BMBF) geförderte Projekt „VIMRE – Verhinderung der Infektion mit multiresistenten Erregern über in-vivo UVC-Bestrahlung (<https://www.innovation-strukturwandel.de/de/mit-uvc-licht-gegen-krankheitserre->

[ger-2755.html](https://www.innovation-strukturwandel.de/de/mit-uvc-licht-gegen-krankheitserreger-2755.html)). Tierversuche zur Verhinderung einer Infektion von oberflächlichen Wunden mit Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus Bakterien (MRSA) wurden bereits mit positiven Ergebnissen durchgeführt (Ponnaya et al. 2018).

## ANWENDUNGEN VON UV-C-STRAHLUNGSQUELLEN IM PRIVATEN BEREICH

Verstärkt durch die Corona-Pandemie expandiert das Marktangebot an UV-C-Entkeimungslampen als Heim-Geräte für Jedermann. Verkauft werden beispielsweise Desinfektionsstäbe zur Oberflächendesinfektion, Desinfektionskammern für Gegenstände wie Mobiltelefone sowie die unterschiedlichsten Geräte zur Raumluftdesinfektion in praktisch allen Preisklassen. Sofern es sich nicht um geschlossene Systeme handelt, aus denen keine UV-Strahlung austritt, gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten:

- 1 Das Gerät emittiert tatsächlich UV-Strahlung (meist mit der Hauptemission bei 254 nm) mit einer zu Desinfektionszwecken ausreichenden Bestrahlungsstärke. Dann bestehen Risiken für die Augen und die Haut.
- 2 Das Gerät ist unwirksam, weil es nur wenig oder gar keine UV-Strahlung emittiert. Dann besteht das Risiko darin, dass sich die Anwendenden unter Umständen in falscher Sicherheit wiegen und auf wirksame Methoden des Infektionsschutzes verzichten.

Leider ist es für Laien kaum möglich, eins vom anderen zu unterscheiden. Aus Sicht des Strahlenschutzes sollten Verbraucherinnen und Verbraucher jedoch davon ausgehen, dass tatsächlich UV-Strahlung emittiert wird. Das führt zu folgenden Empfehlungen:

## EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE

- Schützen Sie sich selbst und Dritte vor schädlicher UV-Strahlung. Setzen Sie UV-Strahlung nicht am Körper ein. Bestrahlen Sie weder die Augen noch die Haut.
- Nutzen Sie offene Geräte, also Geräte, die UV-Strahlung in den Raum abgeben, vorsorglich nur dann, wenn sich keine Personen im Raum aufhalten.
- Richten Sie bei der Desinfektion von Oberflächen frei bewegliche Geräte nur auf die zu desinfizierende Fläche.
- Für die Sicherheit seiner Produkte ist der Hersteller verantwortlich. Beachten Sie die Herstelleranweisungen zur sicheren Handhabung.
- **UV-Bestrahlungsgeräte sind kein Spielzeug. Sie gehören nicht in Kinderhände.**

Weitere Hinweise zum Thema finden Sie unter <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-alltag-technik/uv/uv-c-strahlung/uv-c-desinfektion.html?nn=12011418> und <https://www.bfs.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BfS/DE/2020/0414-uv-corona.html>. ●

## LITERATUR

Brickner PW, Vincent RL (2013): Ultraviolet Germicidal Irradiation Safety Concerns: A Lesson from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study - Murphy's Law Affirmed. *Photochemistry and Photobiology* 88: 819–821. DOI: 10.1111/php.12034.

Buonanno M, Stanislaukas M, Ponnaiya B et al. (2016): 207-nm UV Light – A Promising Tool for Safe Low-cost Reduction of Surgical Site Infections. II: In vivo Safety Studies. *PLOS ONE* 11 (6): e0138418. DOI: 10.1371/journal.pone.0138418.

Buonanno M, Ponnaiya B, Welch D et al. (2017): Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222-nm UV Light. *Rad Res* 187: 493–501. DOI: 10.1667/RR0010CC.1.

Buonanno M, Welch D, Shuryak I et al. (2020): Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Sci Rep* 10: 10285. DOI: 10.1038/s441598-020-67211-2.

Darnell MER, Subbarao K, Feinstone SM et al. (2004): Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *Journal of Virological Methods* 121: 85–91. DOI: 10.1016/j.jviromet.2004.06.006.

Fukui T, Niikura T, Oda T et al. (2020): Exploratory clinical trial on the safety and bactericidal effect of 222-nm ultraviolet C irradiation in healthy humans. *PLOS One* 15(8): e0235948. DOI: 10.1371/journal.pone.0235948.

Heilingloh CS, Aufderhorst UW, Schipper L et al. (2020): Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation. *American Journal of Infection Control* 48: 1273–1275. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.07.031.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP (2010): Statement on Protection of workers against ultraviolet radiation. *Health Physics* 99(1): 66–87. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181d85908.

International Agency for Research on Cancer (IARC) (2012): IARC Monograph Radiation Volume 100D, A review of human carcinogens. ISBN 978 92 832 1321.

Kaidzu S, Sugihara K, Sasaki M et al. (2019): Evaluation of acute corneal damage induced by 222-nm and 254-nm ultraviolet light in Sprague-Dawley rats. *Free Radic Res* 53(6): 611–617. DOI: 10.1080/10715762.2019.1603378.

Kitagawa H, Nomura T, Nazmu T et al. (2020): Effectiveness of 222-nm ultraviolet light on disinfecting SARS-CoV-2. *American Journal of Infection Control* S0196-6553(20) 30809-9. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.08.022.

Kwon DH, Moon JD, Park WJ et al. (2016): Case series of keratitis in poultry abattoir workers induced by exposure to the ultraviolet disinfection lamp. *Annals of Occupational and Environmental Medicine* 28: 3. DOI 10.1186/s40557-015-0087-7.

Modenese A, Gobba F (2018): Cataract frequency and subtypes involved in workers assessed for their solar radiation exposure: a systematic review. *Acta Ophthalmol* 96: 779–788. DOI: 10.1111/aos.13734.

Nardell EA, Bucher SJ, Brickner PW et al. (2008): Safety of Upper-Room Ultraviolet Germicidal Air Disinfection for Room Occupants: Results from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study. *Public Health Report* 123(1): 52–60. DOI: 10.1177/003335490812300108.

Narita K, Asano K, Morimoto Y et al. (2018): Chronic irradiation with 222-nm UVC light induces neither DNA damage nor epidermal lesions in mouse skin, even at high doses. *PLOS ONE* 13(7): e0201259. DOI: 10.1371/journal.pone.0201259.

Narita K, Asano K, Naito K et al. (2020): Ultraviolet C light with wavelength of 222 nm inactivates a wide spectrum of microbial pathogens. *Journal of Hospital Infection* 105: 459–467. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.03.030.

Ponnaiya B, Buonanno M, Welch D et al. (2018): Far-UVC light prevents MRSA infection of superficial wounds in vivo. *PLOS ONE* 13(2): e0192053. DOI: 10.1371/journal.pone.0192053.

OStrV-Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - OStrV) vom 19.07.2010 (BGBl. I Nr. 38 vom 26.07.2010, 960-967).

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). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0025> (Zugriff am: 01.02.2021).

Welch D, Buonanno M, Grilj V et al. (2018): Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Scientific Reports* 8: 2752–2758. DOI: 10.1038/s41598-018-21058.

Woods JA, Evans E, Forbes PD et al. (2014): The effect of 222-nm UVC phototesting on healthy volunteer skin: a pilot study. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 31: 159–166. DOI: 10.1111/phpp.12156.

Yamano N, Kunisada M, Kaidzu S et al. (2020): Long-term Effects of 222-nm ultraviolet radiation C Sterilizing Lamps on Mice Susceptible to Ultraviolet Radiation. *Photochemistry and Photobiology* 96: 853–862. DOI: 10.1111/php.13269.

Zaffina S, Camisa V, Lembo M et al. (2012): Accidental Exposure to UV Radiation Produced by Germicidal Lamp: Case Report and Risk Assessment. *Photochemistry and Photobiology* 88(4): 1001–1004. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2012.01151.x.

## KONTAKT

Dr. Monika Asmuß  
Bundesamt für Strahlenschutz  
Fachgebiet WR 4 – Optische Strahlung  
Ingolstädter Landstraße 1  
85764 Oberschleißheim  
E-Mail: [masmuss\[at\]bfs.de](mailto:masmuss@bfs.de)

[BfS]