
Gutachten zur Wirksamkeit des UV-C Desinfektionsgerätes MIKROBEX Cloud der Firma ARTEKO LED-Lighting GmbH

Stand 25.05.2021

Auftraggeber: ARTEKO LED-Lighting GmbH
Brandstücken 23
20549 Hamburg

Durchgeführt von: Prof. Dr.-Ing. Roland Greule
Lichtplanungsbüro Greule (LiG)
Schlehenweg 36
24556 Henstedt-Ulzburg

Auftragsdatum: 09.04.2021

Berichtumfang: 11 Seiten

Aufgabenstellung: Erstellung eines Gutachtens zur Wirksamkeit des UV-C Desinfektionsgerätes MIKROBEX Cloud der Firma ARTEKO LED-Lighting GmbH

1. Einleitung

UV-C (Ultraviolettes Licht) wird seit Jahrzehnten weltweit in der Wasseraufbereitung (Sterilisation) und in RLT-(Raumlufthechnischen Anlagen) zur Desinfektion der Luft z.B. in Operationssälen in Krankenhäusern gegen verschiedenste pathogene Keime erfolgreich eingesetzt.

1.1 UV-Strahlung:

UV-Strahlung ist eine optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm. Der Bereich der ultravioletten Strahlung wird unterteilt in

- UV-A-Strahlung (315 bis 400 nm),
- UV-B-Strahlung (280 bis 315 nm),
- UV-C-Strahlung (100 bis 280 nm).

UV-Strahlung ist visuell nicht wahrnehmbar und dringt in menschliches Gewebe nur oberflächlich ein, die inneren Organe werden nicht erreicht.

Optische Strahlung

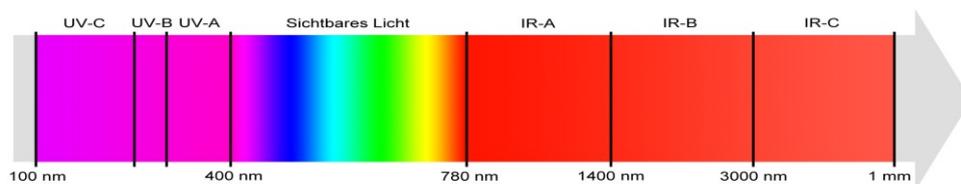


Abb. 1: Definition Optische Strahlung (Quelle: Oeing/Greule)

1.2 Übertragungswege SARS-CoV-2-Virus und Abwehrmaßnahmen

Es gibt nach dem heutigen Stand der Wissenschaft mehrere Übertragungswege des SARS-CoV-2-Virus. Einmal als Schmierinfektion auf Oberflächen. Eine Gegenmaßnahme ist die Desinfektion von Oberflächen mit Desinfektionsmitteln oder Desinfektion durch direkte Bestrahlung mit UV-C-Quellen und natürlich Hände waschen. Bei der Infektion durch die Luft unterscheidet man die Infektion durch Tröpfchen oder Aerosole. Maßnahmen gegen Tröpfcheninfektion sind Mund-Nasen-Schutz, Abstand halten mit 1.5 m Entfernung und genügendes Lüften der Räume. Maßnahmen gegen Infektionen durch mit Viren behaftete Aerosole sind FFP2-Masken oder höher, genügendes Lüften, Luftentkeimung durch Abscheidung der Viren in Luftentkeimern mit innenliegenden HEPA-Filtern, Inaktivierung der Viren durch den Einsatz von mobilen oder festinstallierten Luftreinigern mit innenliegenden UV-C-Quellen oder durch Bestrahlung mit direkter UV-C-Strahlung.

2. Wirkungsweise von UV-C-Strahlung

Direkte natürliche UV-C-Strahlung wird in der Erdatmosphäre absorbiert, so dass UV-C-Strahlung nicht auf der Erdoberfläche ankommt. Aus diesem Grund können Mikroorganismen und Viren keine natürlichen Resistenzen gegen UV-C-Strahlung entwickeln. Die Wirkungsweise

Postanschrift:

Lichtplanungsbüro Greule
Schlehenweg 36
24558 Henstedt-Ulzburg

Telefon: 04193/993660

Telefax: 04193/993661

Mobil: 0172-7210414

Steuernr. 11 067 60208

Deutsche Bank Kaltenkirchen

Konto-Nr. 2303113, BLZ: 20070024

IBAN:DE52 2007 0024 0230 311300

BIC: DEUTDE33HAN

der UV-C-Strahlung auf Mikroorganismen, insbesondere Viren liegt darin, dass diese kurzwellige hochenergetische Strahlung die Hülle (liquid Membran) der Mikroorganismen (Sporen, Pilze, Viren) durchdringen kann und die Zell-Nucleinsäuren (DNA/RNA-Stränge) aufgebrochen werden. Konkret bedeutet dies dass die UV-C-Strahlung von den DNA/RNA-Strängen absorbiert wird. Bei diesem Vorgang trennen sich die Basen Thymin oder Cytosin von ihrem gegenüberliegenden Strang und verbinden sich untereinander (Thymidin-Dimerbildung). Dadurch verändert sich die räumliche Gestalt der DNA/RNA, sodass eine Replikation an diesen Stellen zum Erliegen kommt und damit die Vermehrung der Mikroorganismen, insbesondere der Viren, nicht mehr möglich ist. Sie werden dadurch inaktiviert. Da Viren immer eine Wirtszelle benötigen um sich zu vermehren, verhindert UV-C-Strahlung die weitere Ausbreitung von Viren, sowohl in der Luft als auch auf Oberflächen. Viren sind laut wiss. Erkenntnissen keine Lebewesen. Sie atmen nicht, können sich nicht selbstständig vermehren und betreiben keinerlei Stoffwechsel. Entsprechend kann man Viren nicht abtöten sondern nur inaktivieren.

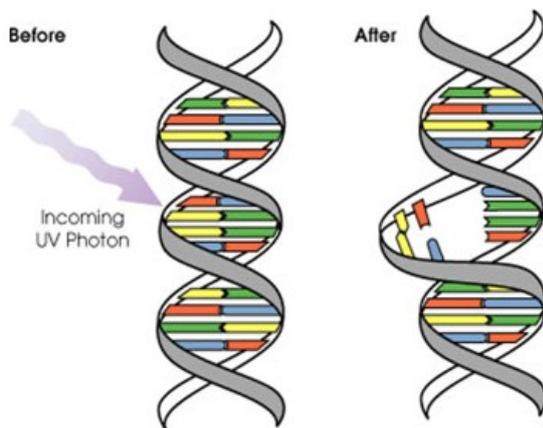


Abb. 2: Inaktivierende Wirkung von UV-C-Licht auf die DNA/RNA von Viren (Quelle: signify)

3. Bestrahlungsstärke und Dosis

Um den DNA/RNA-Strang eines Virus aufzubrechen werden entsprechende Bestrahlungsstärkewerte und Dosiswerte benötigt. Die Bestrahlung und damit Inaktivierung von Viren wird mit dem Begriff der Bestrahlungsstärke in W/m^2 oder mW/m^2 angegeben. Die Wirksamkeit der Bestrahlung wird durch die Dosis (Bestrahlung multipliziert mit der Einwirkungszeit in Sekunden) definiert. Diese Dosis wird in der Einheit J/m^2 angegeben teilweise auch mJ/cm^2 . Zur Inaktivierung von Viren bzw. zur Definition der Keimreduktionsrate gibt es verschiedene log-Stufen, die anzeigen, wie stark die Anzahl der (aktiven) Mikroorganismen reduziert wird. log 1 bedeutet, dass 90 % der Mikroorganismen inaktiviert werden. Bei log 2 sind bereits 99% inaktiviert und bei log 3 sind 99,9 % der Mikroorganismen inaktiviert. Das bedeutet dass bei log 3 von 1.000 in der Luft vorhandenen Viren nur noch 1 Virus aktiv ist.

Aufgrund der in unserer unmittelbaren Umgebung vorhandenen Sporen, Pilze, Viren gibt es eine sehr große Range an Dosisangaben um Mikroorganismen zu inaktivieren. Die Bandbreite der Dosis zu Inaktivierung von Viren liegt zwischen $20 J/m^2$ bis $200 J/m^2$. Nach dem aktuellen Kenntnisstand der nationalen und internationalen Expertengruppen sowie den neuesten

Untersuchungen sollten professionelle UV-C-Desinfektionsgeräte bzw. Luftentkeimer auf jeden Fall eine Minstdosis von 70 J/m² erreichen, um 99 Prozent (log 2) Entkeimungsleistung zu erzielen [2]. Aus früheren Untersuchungen und gerade weltweit mit dem aktuellen SARS-CoV-2-Virus durchgeführten Laboruntersuchungen ist für das Erreichen einer log 3-Stufe ein Dosiswert von mindestens 100 J/m² sinnvoll.

4. Typische UV-C-Strahlungsquellen

4.1 UV-C-Niederdruck-Entladungslampen

Die Erzeugung von UV-C-Strahlung erfolgt zum gegenwärtigen Zeitpunkt überwiegend durch Quecksilber-Niederdruckentladungslampen, die in ihrer Bauform denen von herkömmlichen Leuchtstofflampen in Röhrenform oder als Kompaktversion identisch sind. Diese UV-C-Niederdruck-Entladungslampen emittieren ca. 85 % der Gesamtstrahlung bei der Wellenlänge von 253,7 nm (nm=Nanometer), vereinfacht auch mit 254 nm bezeichnet. Die UVC-Ausbeute (Strahlungsausbeute) liegt bei 30-40 %. Die 254 nm-Strahlung ist sehr effizient bei der Deaktivierung bzw. der Empfindsamkeit/Wirksamkeit von Mikroorganismen gegenüber UVC-Strahlung. Das Absorptionsmaximum der DNA/RNA liegt bei einer Wellenlänge von 265 nm. Entsprechend effektiv sind UV-C-Niederdruck-Entladungslampen mit 254 nm.

4.1.1 Ozonfreie Produkte

Durch die Verwendung von speziellem Glas für Quecksilber-Niederdruckentladungslampen können sogenannte "ozonfreie" Produkte realisiert werden, indem die Emission der 185 nm-Linie absorbiert und somit kein Ozon erzeugt wird.

4.2 UV-C-LED

Eine weitere Möglichkeit UV-C Strahlung zu erzeugen ist die Verwendung von UV-C-LEDs. Typische Wellenlängen liegen hier bei 270-280 nm. Im Moment haben kommerzielle UV-C-LEDs jedoch nur eine Strahlungsausbeute bis ca. fünf Prozent und sind noch sehr teuer, so dass ihre Verwendung in Luftentkeimern im Moment noch gering ist.

5. Nachweis der Wirksamkeit von UV-C-Strahlung bei SARS-CoV-2-Viren

Die Wirksamkeit beim Einsatz von UV-C-Strahlung zur Keimreduzierung vieler pathogener Keime, vor allem bei Influenza-Viren, Tuberkulose- und auch SARS-1-Viren, ist weltweit sowohl in Laboruntersuchungen wie auch Feldversuchen nachgewiesen [1]. Neueste Laboruntersuchungen die mit den aktuellen SARS-CoV-2-Viren durchgeführt wurden, zeigen die Wirksamkeit bzw. Effizienz der Direktstrahlung auch bei den aktuellen Viren [3]. Innerhalb von 4 sec wurden die SARS-CoV-2-Viren durch eine UVC-Direktbestrahlung inaktiviert (wet droplets).

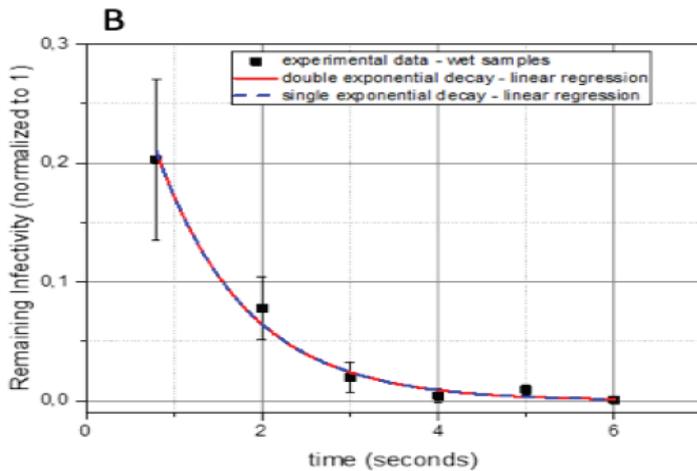


Abb. 3: Inaktivierung SARS-CoV-2-Viren durch UV-C-Strahlung (Quelle: [3])

5.1 Anmerkungen zur Stellungnahme Kommission Innenraumlufthygiene (IRK)

In der Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) am Bundesamt vom 19.11.20 (Einsatz mobiler Luftreiniger als Lüftungsunterstützende Maßnahme in Schulen während der SARS-CoV-2 Pandemie) [4] führt die Kommission aus. Zitat: "Der Einsatz von mobilen Luftreinigern kann danach ergänzend sinnvoll sein, jedoch nur wenn ausreichende Lüftung nicht möglich ist. Zudem sind bestimmte Voraussetzungen bei Geräteauswahl und Aufstellbedingungen zu beachten". Dies ist schon eine deutlich positivere Empfehlung als ursprünglich vom 15.10.2020 in der mobile Luftreiniger nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden sollten. Wobei es bei dem UV-C-Desinfektionsgerät Cloud der Firma Mikrobex nicht um ein mobiles Gerät handelt, sondern um ein fest in/an der Decke installiertes Gerät.

Auf Seite 3 schreibt die Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) Zitat: "UV-C Strahlung ist in der Lage, SARS-CoV-2 Viren zu inaktivieren. Welche Strahlungsdosen beim Einsatz von UV-C in mobilen Luftreinigern ausreichend sind, bedarf weiterer Aufklärung" Dies ist durch die oben erwähnte Literatur und den aktuellen Labornachweisen sichergestellt (70 J/m² bei log 2, 100 J/m² bei log 3). Zitat: "Die IRK empfiehlt, sich vor Beschaffung und Einsatz mobiler Luftreiniger mit UV-C von den Herstellern überprüfbare Nachweise zur Wirksamkeit auch beim Einsatz unter Realraumbedingungen, wie in Klassenräumen, geben zu lassen" Tests unter Realbedingungen werden gerade weltweit durchgeführt, wobei von Seiten der Schulbehörden dies nicht ausreichend unterstützt wird.

5.2. Inaktivierungseffizienz

Die Wirksamkeit von Luftentkeimern mit innenliegenden UV-C-Lichtquellen kann man durch Untersuchungen vorher/nachher durchführen. Bei dem Einsatz von SARS-CoV-2-Viren kann dies nur in Laboren der Kategorie 3 durchgeführt werden. Als Inaktivierungseffizienz für luftgetragene Viren kann als Surrogat-Virus z.B. die Bakteriophage MS2 verwendet werden. Diese kann als Modellorganismus für RNA-Viren, wie beispielsweise SARS-CoV-2, für die Bestimmung von Inaktivierungsraten germizider Systeme genutzt werden.

Oder noch einfacher der Einsatz von RCS High Flow Touch Luftkeimsammler, die die Verringerung/Reduzierung der Gesamtkeimzahl z.B. von Hefen und Schimmelpilzen (die sich in jedem Raum befinden) durch die UVC Behandlung nachweisen lassen.

6. Luftwechselraten

Um ein Infektionsrisiko durch mit Viren belastete Aerosole in der Raumluft zu vermeiden empfehlen verschiedene Studien und Literaturquellen, unter anderem auch die Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) [4] vom 19.11.20 einen Luftdurchsatz bzw. Luftwechsel von 3 mal pro Stunde und mehr. Berechnet wird das Raumvolumen in m³ durch die Multiplikation der Raumbreite mal Raumlänge mal Raumhöhe. Entsprechend müssen die dafür geplanten oder eingesetzten Luftentkeimer mindestens das 3-fache des Raumvolumens pro Stunde als Luftdurchsatz erreichen. Das in diesem Gutachten betrachtete UV-C-Desinfektionsgerät Cloud der Firma Mikrobex besitzt einen Luftdurchsatz von 150 m³/h. Entsprechend kann damit die Anzahl der notwendigen Geräte berechnet werden. Die Geräte sollten dabei symmetrisch im Raum in Deckenhöhe platziert werden. Unterscheiden muss man dabei zwischen Luftwechsel, d.h. Austausch mit sauerstoffhaltiger Außenluft und Luftdurchsatz das zur Entkeimung dient.

Erwähnt sei an dieser Stelle das „Mikrobex Cloud Prinzip“, da das Desinfektionsgerät Cloud eine aktive Luftführung durch das Gerät ermöglicht und zwar dort wo sich die Aerosole ansammeln, direkt unterhalb der Raumdecke, so dass dies deutlich effizienter ist als beim Einsatz von mobilen Desinfektionsgeräte die im Raum stehen und die Luft in Bodennähe ansaugen.

7. Gefährdungspotential und Richtlinien

Nach Einschätzung der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) begünstigt UV-Strahlung Hautkrebs. Entsprechend ist die natürliche und künstliche UV-Strahlung in die höchste Krebsrisikostufe eingeordnet worden. Dies ist in Bezug auf UV-C-Strahlung zu ungenau definiert und plakativ. Hier müssen die verschiedenen Wellenlängen unterschieden werden. Nachgewiesen ist, dass vor allem UV-B-Strahlung, das in hoher Menge durch die Atmosphäre auf die Erdoberfläche fällt bei zu hoher Dosis auf der Haut den typischen Sonnenbrand erzeugt, deutlich tiefer in die Haut eindringen kann als z.B. UV-C-Strahlung und dabei Hautkrebs begünstigt. Bei zu hoher Dosis kann es bei dem Auge zu Photokeratitis (Hornhautentzündung), Photokonjunktivitis (Bindehautentzündung) und Katarakt (Grauer Star) kommen. UV-C-Strahlung kann nur in die oberen Schichten der Epidermis und der Hornhaut eindringen und Zellen kaum oder gar nicht schädigen.

Bei der Haut kann eine zu hohe Dosis UV-Strahlung Erythema (Rötung der Haut), Skin cancer (Hautkrebs) und Elastosis (pathologische Degeneration des kollagenen Bindegewebes der Dermis) erzeugen. UV-C-Strahlung kann wohl die Epidermis (Oberhaut) durchdringen, inwieweit UV-C-Licht auch die Dermis (Lederhaut) schädigt ist noch nicht ganz eindeutig geklärt und hängt von der Wellenlänge ab. Je kürzer die Wellenlänge, desto weniger dringt UV-C-Strahlung in die Haut ein.

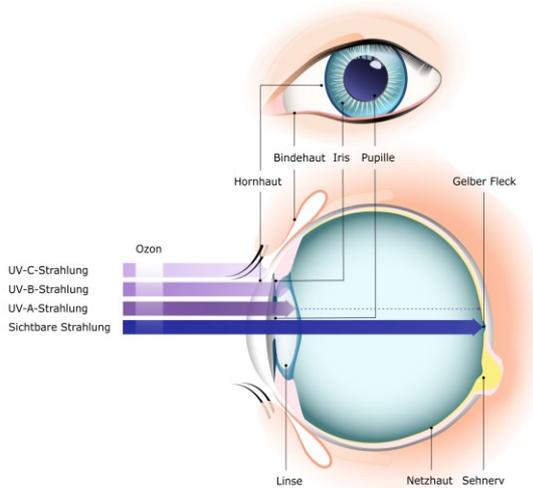


Abb. 4: Eindringtiefe und Schädigungspotentiale von UV-Strahlung und sichtbarem Licht in das Auge und Netzhaut. (Quelle: Oeijing)

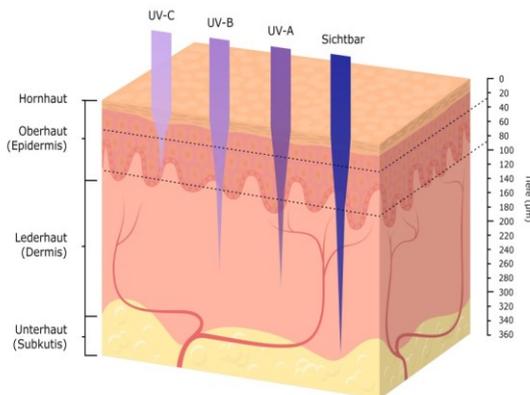


Abb. 5: Eindringtiefe und Schädigungspotentiale von UV-Strahlung und sichtbarem Licht in die Haut. (Quelle: Oeijing)

7.1 EU-Richtlinie 2006/25/EG

Nach der EU-Richtlinie 2006/25/EG ist der Expositionsgrenzwert (Dosis) für Aktinische UV (180 nm-400 nm) auf 30 J/m^2 festgelegt. Entsprechend darf die Bestrahlungsstärke auf den Augen bzw. der Haut nicht höher sein als 1 mW/m^2 . Um dies zu gewährleisten kann mit entsprechenden Messgeräten die Bestrahlungsstärke in Watt pro Quadratmeter bei Luftreinigern mit innenliegenden UVC-Quellen gemessen werden.

8. Messprotokoll der Wirksamkeit des UV-C-Desinfektionsgerätes MIKROBEX Cloud der Firma ARTEKO LED-Lighting GmbH

Wie ausgeführt ist für die Wirksamkeit der Entkeimung die Strahlungsdosis wichtig. Diese kann je nach Geräteabmessungen und Strömungsverhältnissen bestimmt werden. D.h. über die Luftgeschwindigkeit in der Leuchtkammer und der ermittelten Länge der Leuchtkammer ist es möglich, die tatsächliche Verweildauer der Aerosole in dem Gerät zu ermitteln und dann aus den bereits erhaltenen Daten auf die entsprechende Log-Stufe zu schließen.

Das in diesem Gutachten besonders betrachte UV-C-Desinfektionsgerät MIKROBEX Cloud wurde in einer Messung an der HAW-HH begutachtet. Ort der Messung: Lichtlabor, HAW-Hamburg, Fakultät DMI, Department Medientechnik. Durchgeführt wurden die Messungen am 19.11.20 von Herrn B.Sc. Fabian Oving (wiss. Mitarbeiter Lichtlabor, HAW-Hamburg). Untersucht wurden die Bestrahlungsstärken innerhalb und außerhalb des Gerätes sowie die Luftgeschwindigkeit in der Leuchtkammer.

Verwendete Messgeräte waren zur Messung der Bestrahlungsstärke: Radiolux 111 inkl. UV-C (Hersteller: PRC Krochmann; Seriennummer: 200814, Messaufsätze: Messaufsatz UV-C) Testo 405i . Zur Messung der Luftgeschwindigkeit: Hersteller: Testo, Seriennummer: 48960479.



Abb. 6: UV-C-Desinfektionsgerät MIKROBEX Cloud der Firma ARTEKO LED-Lighting GmbH (Quelle: ARTEKO LED-Lighting GmbH)

8.1 Messung – innere Strahlung

Gemessen wurde, welche Bestrahlungsstärke im Inneren des Gerätes bei normalem Betrieb erreicht wurde. Hierzu wurde zunächst der Bereich der Leuchtkammer definiert und vermessen. Im Anschluss wurde ein Messraster mit 44 Messpunkten definiert, die gleichmäßig im Bereich der Leuchtkammer verteilt lagen. Diese Messpunkte wurden mit dem Messkopf des Radiolux111 bei offenem Gehäuse mit einem Roboterarm angefahren und die Messwerte aufgenommen. Die 44 Messwerte wurden in 4 Reihen mit jeweils 11 Werten ermittelt. Zunächst wurde aus jeder Reihe der entsprechende Mittelwert gebildet, im Anschluss der gesamte Mittelwert der Bestrahlungsstärke für die Leuchtkammer.

Messreihe 1 - Angaben in W/m²

120,2	153,6	224,7	331,5	449,8	519,5	531,8	516,5	517,0	476,1	404,7
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Messreihe 2 - Angaben in W/m²

176,0	240,5	332,5	495,5	654,3	731,5	727,3	686,7	687,3	646,6	565,3
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Messreihe 3 - Angaben in W/m²

306,9	443,1	562,6	687,8	777,6	779,3	654,2	421,0	423,6	277,6	197,7
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Messreihe 4 - Angaben in W/m²

293,9	423,7	527,6	607,9	681,9	710,5	549,1	292,8	294,3	147,4	93,6
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------

Mittelwerte

Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 4	Gesamt
385,9	540,3	502,9	420,0	462,3

Tab. 1: Messwerte Bestrahlungsstärke Mikrobex Cloud. (Quelle: Oving)

Wie ausgeführt sollte die Dosis zur Inaktivierung von SARS-CoV-2-Virus bei 100 J/m² für Stufe log 3 liegen. Über die so ermittelte Leistung lässt sich somit die notwendige Verweildauer von Aerosolen in der Leuchtammer errechnen. Hierbei wurden die Zeiten errechnet für die Messreihe mit der niedrigsten mittleren Bestrahlungsstärke, für die Messreihe mit der höchsten mittleren Bestrahlungsstärke und für die in Summe mittlere Bestrahlungsstärke.

log4	Niedrigster Wert	Höchster Wert	Mittelwert
Bestrahlstärke	385,9 W/m ²	540,3 W/m ²	462,3 W/m ²
Zeit	0,39 s	0,28 s	0,32 s

log3	Niedrigster Wert	Höchster Wert	Mittelwert
Bestrahlstärke	385,9 W/m ²	540,3 W/m ²	462,3 W/m ²
Zeit	0,26 s	0,19 s	0,22 s

Tab. 2: Messwerte log 4, log 3 und entsprechende Zeiten für die Mikrobex Cloud. (Quelle: Oving)

Über die Luftgeschwindigkeit in der Leuchtammer und der ermittelten Länge der Leuchtammer ist es möglich, die tatsächliche Verweildauer der Aerosole in dem Gerät zu ermitteln und dann aus den bereits erhaltenen Daten auf die entsprechende log-Stufe zu schließen.

Die gemessene Luftgeschwindigkeit beträgt im Mittel 1,91 m/s, die Länge der Leuchtammer beträgt 0,61m, die daraus resultierende Verweildauer innerhalb der Leuchtammer beträgt 0,31 Sekunden. Aus den gemessenen und im Anschluss errechneten Werten lässt sich formulieren, dass das Gerät eine Stufe log 3 sicher erreicht und die Werte sehr knapp unterhalb der Grenze zu log 4 liegen.

8.2 Messung – äußere Strahlung

Das UV-C-Desinfektionsgerät Cloud besteht aus einem pulverbeschichteten und mit Lichtfallen versehenen Stahlblechgehäuse, das das Austreten von UV-C Strahlung behindert. Gemessen wurde die Bestrahlungsstärke an den Lufteinlass- und Luftauslassöffnungen. Die Bestrahlungsstärkewerte, die hierbei auftraten lagen in einem Bereich von 1 - 4 mW/m². Diese Werte wurden unmittelbar an dem Gehäuse gemessen, als Worst Case Fall. Der in der EU-Richtlinie 2006/25/EG aufgeführte Grenzwert von max. 1 mW/m² in Augenhöhe bzw. auf der Haut wird mit Sicherheit nicht erreicht, da das Desinfektionsgerät an der Decke montiert ist und somit ausreichend Abstand gewährleistet ist und damit sicher ist.

9. Fazit

Ausgehend von den vorliegenden Literaturhinweisen, den wiss. Untersuchungen sowie dem vorliegenden Messprotokoll besitzt das UV-C-Desinfektionsgerät Cloud der Firma Mikrobex eine ausreichende log 3-Stufe zur Inaktivierung von 99,9 % pathogener Keime. Der Einsatz in Schulräumen ist gerade wegen der Bedenken der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) mehr als sinnvoll und eine zusätzliche Maßnahme zu den AHA-L-Regeln, da insbesondere in den Frühlings- und Sommermonaten der Luftaustausch durch die nicht mehr so gravierenden Temperaturunterschied zwischen Außenluft und Innenluft in Schulräumen nicht mehr so effizient ist. Damit steht einer ganztägigen Beschulung von Schülerinnen nicht mehr im Wege und dient auch dem Wohl der Schülerinnen wieder in der Schule zu sein und mit gleichaltrigen Schülerinnen zu lernen.



Prof. Dr.-Ing. Roland Greule
Professor für Licht- und Beleuchtungstechnik, HAW-Hamburg
Henstedt, den 25.05.2021

10. Literatur:

[1] "Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook; UVGI for Air and Surface Disinfection; Wladyslaw Kowalski, 2009," [Online].

[2] M. Heßling, K. Hönes, P. Vatter, Ch. Lingenfelder Ultraviolette Bestrahlungsdosen für die Inaktivierung von Coronaviren – Review und Analyse von Coronavirusinaktivierungsstudien, GMS Hygiene and Infection Control 2020, Vol. 15, ISSN 2196-5226

[3] Nadia Storm, L. G. A. McKay, S. N. Downs, R. I. Johnson, D. Birru, M. deSamber, W. Willaert, G. Cennini & A. Griffiths; Rapid and complete inactivation of SARS-CoV-2 by ultraviolet-C irradiation, nature resorts, Scientific Reports (2020) 10:22421

[4] Einsatz mobiler Luftreiniger als Lüftungsunterstützende Maßnahme in Schulen während der SARS-CoV-2 Pandemie, Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) am Bundesamt, 19.11.2020 (online)

[5] Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV); Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitsschutzverordnungen, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 38, Bonn, 26. Juli 2010

[6] Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) (EU-Richtlinie 2006/25/EG), 5. April 2006

[7] Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS)