

Application Note



Desinfektion mit UV-C-LEDs

ANO008 // DOMINIK KOECK

1 Einführung

Diese Application Note gibt einen Überblick, wie die Desinfektion mit UV-C-Licht funktioniert, welche Vorteile UV-C-LEDs bieten und welche Sicherheitsaspekte beim Einsatz von UV-C-LEDs in Anwendungen zu beachten sind.

Durch die jüngste COVID-19-Pandemie ist der Bedarf an Desinfektionstechnologien in die Höhe geschneilt. Eine dieser Technologien ist die Desinfektion mit UV-C-LEDs. Ultraviolette (UV) Strahlung ist elektromagnetische Strahlung, die energiereicher ist als sichtbares Licht. Sie wird nach ihrer Wellenlänge in drei Untergruppen eingeteilt:

- **UV-A** (315-400 nm)
Vor allem verwendet zur Aushärtung und für Horticulture [WL-SUMW](#)
- **UV-B** (280-315 nm)
Vor allem verwendet für Phototherapie und Horticulture
- **UV-C** (100-280 nm)
Verwendung für Desinfektion [WL-SUMW](#)

Die Desinfektionsfähigkeit von UV-Licht ist seit 1877 bekannt ^[1] und fand bereits großes Interesse bei der Bekämpfung von Krankheiten, wie z. B. der Verhinderung der Ausbreitung von Tuberkulose ^[4, 5]. In der Vergangenheit wurden Niederdruck-Quecksilberdampf-Entladungslampen zur Desinfektion eingesetzt, da sie bei der keimtötenden Wellenlänge von 254 nm emittieren und relativ große Strahlungsleistungen besitzen. Bis heute sind sie oft die wirtschaftlichste Lösung für großflächige Desinfektion.

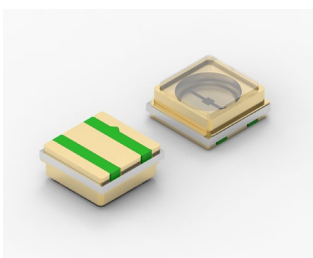


Abbildung 1: Würth Elektronik eiSos WL-SUMW UV-C-LED mit einer Wellenlänge von 275 nm. Die LED 15335327BA250 ist geeignet für kleinere Desinfektionsanwendungen während die LED 15335327BA252 mit einer größeren Leistung für Desinfektion auf einem größeren Maßstab verwendet wird.

UV-C-LEDs haben jedoch deutliche Vorteile. Sie enthalten keine gefährlichen Stoffe wie Quecksilber (Hg), sie haben keine langen Aufwärmzeiten, d.h. sie schalten sofort ein und sind für häufiges Ein- und Ausschalten geeignet. Außerdem sind sie nicht vibrations-/schockempfindlich und im Vergleich zu Gasentladungslampen relativ

klein und können somit in einer Vielzahl von Anwendungen integriert werden.

In den letzten Jahren kam die Forschung so weit, dass nun kommerziell verfügbare UV-C emittierende LEDs auf den Markt erhältlich sind. Obwohl die anfänglichen UV-C-LEDs nur eine geringe Leistung hatten, war im Jahr 2020 - begünstigt durch die COVID-19-Pandemie - ein enormer Anstieg der Strahlungsleistung und ein Rückgang des Produktionspreises zu verzeichnen, was sie zu einer praktikableren Lösung für weit verbreitete Desinfektionsanwendungen macht.

Im Folgenden wird der Funktionsmechanismus der Desinfektion durch UV-C-LEDs dargestellt, die Desinfektionswirkung bei verschiedenen Wellenlängen diskutiert, eine Beispielsimulation zur Desinfektion gezeigt und einige Hinweise zu Sicherheitsaspekten gegeben.

2 Funktionsmechanismus der UV-C-Desinfektion

2.1 Prinzip der UV-C-Desinfektion

Die UV-C-Desinfektion beruht auf der Tatsache, dass UV-C-Strahlung die DNA oder RNA beschädigt. Dieses hochenergetische UV-Licht kann die Bildung von Pyrimidin-Dimeren ^[2] und andere Schäden an der DNA induzieren, die die Vermehrung von Zellen wie Bakterien-, Pilz-, Pflanzen- und Tierzellen hemmen können. Mit einem ähnlichen Mechanismus kann das UV-Licht die RNA von Viren schädigen, was zu ihrer Inaktivierung führt.

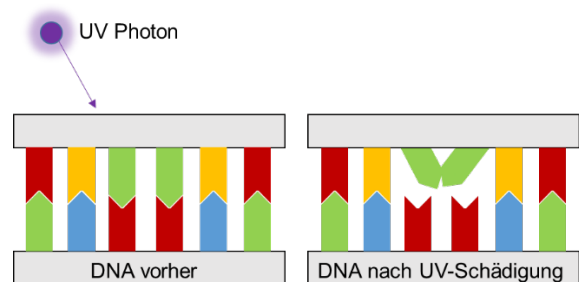


Abbildung 2: Schematische Darstellung von UV-induzierten DNA-Schäden

2.2 Keimtötende Wellenlängen

In Abbildung 3 ist die wellenlängenabhängige RNA-Schädigung ^[3] dargestellt. Je mehr die RNA geschädigt wird, desto weniger ist das Virus in der Lage, andere Organismen zu infizieren. Es ist wichtig zu beachten, dass für ein gutes Sterilisationsergebnis eine Kombination aus der richtigen Wellenlänge und einer hohen Strahlungsmenge erforderlich ist. Für das beste Sterilisationsergebnis müssen also sowohl die Wellenlänge als auch die Strahlungsleistung berücksichtigt werden. Die Wall-Plug-Efficiency (WPE) als Verhältnis der optischen Leistung zur elektrischen Leistung ist eine Kennzahl, die angibt wie effizient die LED elektrische Leistung in optische Leistung umwandeln kann. Die WPE unserer

Application Note



Desinfektion mit UV-C-LEDs

Standard-275-nm-LEDs (PN 15335327BA252), ist höher als andere UV-C emittierende LEDs mit kleineren Wellenlängen. Die optimale Wellenlänge mit der besten Sterilisationseffizienz wird eine LED-Lösung sein, bei der sowohl die WPE als auch die Wellenlänge so ideal wie möglich sind.

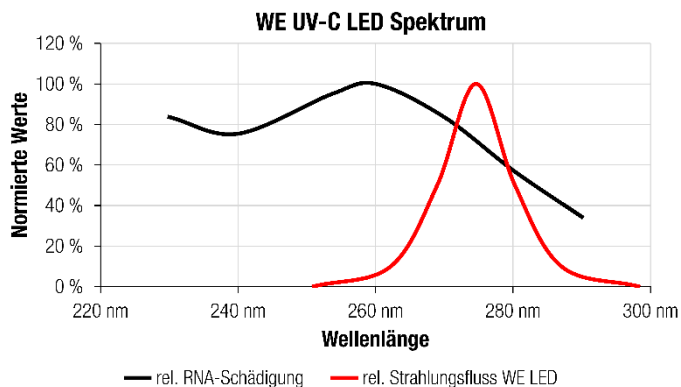


Abbildung 3: Wellenlängenabhängigkeit [3] der RNA-Schädigung und des Strahlungsflusses von Würth Elektronik eiSos LEDs.

Eine Übersicht über die kombinierte Sterilisationseffizienz einiger auf dem Markt erhältlicher LED-Lösungen ist in Abbildung 4 dargestellt. Hier wird die kombinierte Sterilisationseffizienz als Produkt aus der WPE der entsprechenden LEDs sowie der wellenlängenabhängigen RNA-Schädigung berechnet. Für die untersuchten LED-Wellenlängen ist die effizienteste Lösung zur Entkeimung tatsächlich die 275-nm-LED.

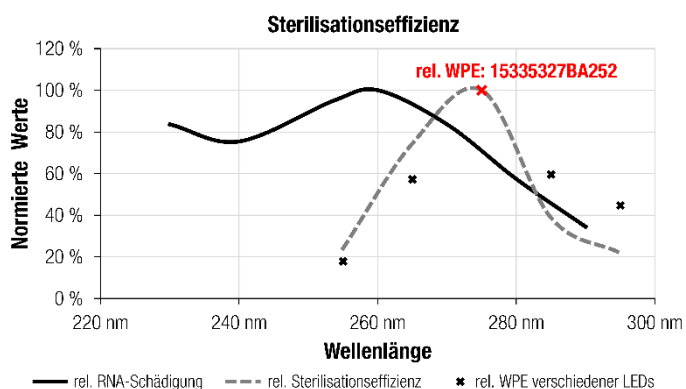


Abbildung 4: Die Sterilisationseffizienz (grau) als Produkt aus RNA-Schaden (schwarz) und WPE (Kreuze) ist in Abhängigkeit von der Wellenlänge dargestellt. Im Vergleich zu anderen auf dem Markt erhältlichen UV-C-LED-Wellenlängen kann eine gute Sterilisationseffizienz mit unserer 275-nm-LED erreicht werden.

2.3 Dosis

Um zu quantifizieren, wie gut die Desinfektion funktioniert, wird der Begriff der log-Reduktion verwendet. Eine log-Reduktion von n bedeutet, dass nur 10^{-n} der vorherigen Keime überlebt haben. Zum Beispiel bedeutet 1 log-Reduktion, dass nur $10^{-1} = 10\%$ der Keime überlebt haben, d.h. 90

% der Keime wurden inaktiviert. Bei 4 log Reduktion überleben $10^{-4} = 0,01\%$, d. h. 99,99 % wurden inaktiviert. Um diese Menge an Keimabtötung zu erreichen, muss eine bestimmte Menge an UV-C-Licht auf die Keime treffen. Diese Menge wird als Dosis (Bestrahlungsstärke x Belichtungszeit) bezeichnet und in J/m^2 gemessen. Für 1 log Reduktion ist die Dosis D90 die Menge an UV-C-Licht die benötigt wird, um 90 % der Keime zu inaktivieren. Für eine 4 log-Reduktion wird die Dosis D99,99 benötigt, um 99,99 % der Keime zu inaktivieren. Um den Wert für die D99,99-Dosis abzuschätzen, kann die D90-Dosis einfach mit 4 multipliziert werden.

Log Reduktion	Prozent der inaktivierten Keime	Entsprechend erforderliche Dosis
1	90 %	D90
2	99 %	D99
3	99.9 %	D99.9
4	99.99 %	D99.99

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen log-Reduktion, Keiminaktivierung und Dosis

Eine Reihe von Studien hat die D90-Dosis für Viren, andere Keime [4] und speziell für das Coronavirus [5] [6] [7] [8] untersucht. Aufgrund unterschiedlicher Versuchsaufbauten variiert diese Dosis stark zwischen den verschiedenen Forschergruppen. Um einen brauchbaren Wert zu erhalten, ist es möglich, einen Medianwert von $37 J/m^2$ [8] zu erhalten, wobei die Ausreißer ausgeschlossen werden. Obwohl diese Studien mit UV-C-Niederdrucklampen durchgeführt wurden, können wir für unsere 275-nm-LED eine ähnliche D90-Dosis annehmen. Abbildung 3 zeigt, dass die Schädigung der RNA für 275 nm, die von Würth Elektronik eiSos LEDs emittiert werden, und die 254 nm, die hauptsächlich von UV-C-Niederdrucklampen emittiert werden, ähnlich ist. Zusätzlich zeigen einige Publikationen, wie z.B. [9], dass die D90-Dosis für Niederdrucklampen (Low Pressure (LP)) ähnlich ist wie für 275-nm-LEDs (siehe folgende Tabelle). Eine Übersicht über die D90-Dosen für einige Keime zeigt die folgende Tabelle:

Application Note



Desinfektion mit UV-C-LEDs

Mikroorganismus Typ	Information zum Krankheitserreger	D90 Dosis (J/m ²)	Art der Lampe
Virus			
Coronaviren [8]	Corona Virus wie SARS-CoV-2	6-117540 Median: 37	LP
Hepatitisviren [10]	Verursacht Hepatitis	40	LP
Influenza [11]	Verursacht Grippe	20	LP
Adenoviren [12]	Verursacht Erkältungen	390	LP
Bakterien			
Salmonella typhimurium [13]	Führt zu Lebensmittelvergiftungen	39	LP
Escherichia coli [9]	Führt zu Lebensmittelvergiftungen	43 (275nm)	LED
		41 (254nm)	LP
Legionella pneumophila [14]	Können sich in Wasserleitungen sammeln	17	LP
Pilze			
Aspergillus niger [15]	Bildet Schwarzsimmel	1160	LP

Tabelle 2: D90 Dosen für einige verbreitete Keime

In einer deutschen Wasserdesinfektionsrichtlinie [16] wird für die Desinfektion mit UV-C-Drucklampen ein Wert von 400 J/m² für die Wasserdesinfektion gefordert. Dieser Wert ist höher als die D90-Dosis für die meisten typischen Keime und kann als Richtwert für die Auslegung von Desinfektionsanlagen angesehen werden. Da allerdings das Desinfektionsergebnis von vielen Bedingungen, wie Oberflächeneigenschaften oder Absorption der UV-C-Strahlung abhängt, müssen für jedes System Studien durchgeführt werden, um die zuverlässige Desinfektion nachzuweisen!

Bei dem Design von Desinfektionsanwendungen ist es wichtig zu verstehen, wie eine bestimmte Dosis erreicht werden kann. Hierfür müssen einige Größen verstanden werden:

- **Strahlungsfluss:**

Der Strahlungsfluss (radiant flux) ist die gesamte abgestrahlte optische Leistung der LED und wird in Watt [W] angegeben. Dieser Wert kann aus dem Datenblatt abgelesen werden.

- **Bestrahlungsstärke:**

Die Bestrahlungsstärke ist die Menge des Strahlungsflusses, die von einer Oberfläche pro bestrahlter Fläche empfangen wird, und wird in der Einheit [W/m²] angegeben. Diese Bestrahlungsstärke kann simuliert (siehe Abschnitt 2.4) oder für verschiedene Konfigurationen von LEDs gemessen werden.

- **Belichtungszeit:**

Die Zeit, die eine Oberfläche der Strahlung ausgesetzt ist.

- **Bestrahlung:**

Die Bestrahlung oder Fluenz ist die Energiemenge, die von einer Oberfläche empfangen wird. Sie errechnet sich aus Bestrahlungsstärke x Belichtungszeit.

- **Dosis DXX:**

Die Dosis ist die Energiemenge pro Oberfläche, die erforderlich ist, um einen bestimmten Prozentsatz der Desinfektion zu erreichen (XX% Inaktivierung). Um ein bestimmtes Maß an Desinfektion zu erreichen, muss die Oberfläche so lange bestrahlt werden, bis sie eine Bestrahlung akkumuliert hat, die der gewünschten Dosis entspricht.

Das bedeutet, dass die Zeit, die für ein gewünschtes Desinfektionsergebnis benötigt wird, abgeschätzt werden kann, wenn man die gewünschte Dosis und die Bestrahlungsstärke des Systems kennt. Ein Beispiel ist im Folgenden dargestellt.

2.4 Beispielsimulation

In Abbildung 5 ist die Bestrahlungsstärkeverteilung für verschiedene Höhen einer Leiterplatte mit 9 WL-SUMW 15335327BA252 LEDs dargestellt.

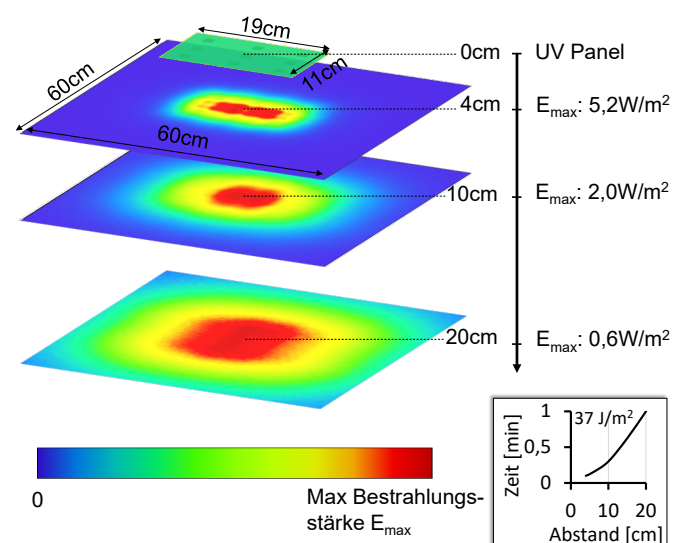


Abbildung 5: Beispielsimulation der Bestrahlungsstärkeverteilung

Mit zunehmender Höhe wird die bestrahlte Fläche größer, jedoch nimmt die maximale Bestrahlungsstärke ab. Dadurch erhöht sich die benötigte Belichtungszeit um eine bestimmte Dosis zu erhalten mit dem Quadrat

Application Note



Desinfektion mit UV-C-LEDs

des Abstandes (Benötigte Belichtungszeit \propto Abstand²) wie in dem Graph für eine Dosis von 37 J/m² gezeigt und hier aus der Tabelle ablesbar:

Abstand	Bestrahlung sstärke	Erforderliche Belichtungszeit für:	
		Dosis 37 (J/m ²)	Dosis 400 (J/m ²)
4 cm	5.2 W/m ²	0.1 min	1.3 min
10 cm	2.0 W/m ²	0.3 min	3.3 min
20 cm	0.6 W/m ²	1.0 min	11.1 min

Tabelle 3: Erforderliche Belichtungszeiten für das Beispiel UV-Panel, um eine bestimmte Dosis zu erreichen, abhängig vom Abstand

Dies gibt einen Hinweis auf die erforderlichen Desinfektionszeiten. Zu beachten gilt, dass dies nur eine Berechnung ist und das Ergebnis von den LEDs und der spezifischen Anwendung abhängt. Die Performance in der Anwendung muss für jedes Produkt separat getestet werden.

3 Materialdegradierung

Es ist bekannt, dass UV-Licht bei Polymeren zu Degradation führt [17], wie zum Beispiel zu einer Farbveränderung oder einer Verringerung der Elastizität und Festigkeit, so dass unter Belastung Risse entstehen können. Bei der Verwendung von UV-C-LEDs muss der Anwender darauf achten, dass er UV-beständige Materialien wie Metalle und UV-beständige Polymere in seinen Anwendungen verwendet. Die UV-Beständigkeit von Materialien kann von offiziellen Labors überprüft werden [18].

Nach BIFMA [19] werden die Materialien mit einer Dosis von 288 kJ/m² getestet, was bei Verwendung von 400 J/m² pro Desinfektionszyklus \sim 720 Desinfektionszyklen oder \sim 15 h Dauerbestrahlung mit der Beispiel-UV-Platte aus Abschnitt 2.4 in 4 cm Abstand entsprechen würde. Bei der Prüfung der Materialien mit dieser Dosis ist bereits eine Schädigung zu beobachten, die je nach Material mehr oder weniger stark ausgeprägt ist [20].

Bei der Sterilisation mit UV-C-Licht kann es zu Bedenken hinsichtlich der Ozonbildung kommen. Für die 275-nm-LED von Würth Elektronik eiSos ist dies jedoch nicht relevant, da sie weit oberhalb der Schwelle zur Ozonbildung emittieren. Die Erzeugung von Ozon wird erst bei Wellenlängen unter 240 nm relevant. Bei der Desinfektion von Wasser mit 275-nm-LEDs wird das Licht von Keimen absorbiert oder entweicht aus dem Wasser. Das UV-C-Licht wird nicht im Wasser gespeichert, so dass es nach dem Desinfektionsprozess keinen Schaden anrichten kann. Das bedeutet, dass das mit UV-C desinfizierte Wasser für den Konsum unbedenklich ist, hat aber auch den Nachteil, dass sich nach dem Desinfektionsprozess wieder Krankheitserreger im Wasser vermehren können.

4 Sicherheit

UV-C-Licht ist besonders wirksam, die DNA aller Zellen, einschließlich der von Menschen, Tieren und Pflanzen zu schädigen. Natürlicherweise wird die UV-C-Strahlung durch die Ozonschicht blockiert und erreicht nicht die Erdoberfläche. Aus diesem Grund haben die Lebewesen auf der Erde keine Reparaturmechanismen für die durch das UV-C-Licht verursachten Schäden entwickelt. Aus diesem Grund ist UV-C so wirksam bei der Keimtötung. Das bedeutet allerdings auch, dass es besonders gefährlich für unsere Augen und die Haut ist und auch noch lange Zeit nach der Bestrahlung Langzeitschäden wie Hautkrebs verursachen kann [21]. Beim Einsatz von UV-C-Licht in Anwendungen ist große Vorsicht geboten. Demnach darf die maximal zulässige Dosis pro 8-h-Arbeitstag nicht höher als 30 J/m² sein. Bei kontinuierlicher Exposition bedeutet dies, dass die Bestrahlungsstärke nicht mehr als 0,001 W/m² betragen sollte.



Abbildung 6: UV-Warnsymbol nach IEC 60417-6040.

Geeignete persönliche Schutzausrüstung und Abschirmung müssen verwendet werden, um die Produktsicherheit zu gewährleisten. Das folgende Beispiel gibt eine Vorstellung davon, wie die Anforderungen an die Abschirmung aussehen.

4.1 Beispielberechnung für Abschirmungsmaterialien:

Für das oben gezeigte Beispiel-UV-Panel beträgt die maximale Bestrahlungsstärke in einem Abstand von 20 cm 0,6 W/m². Um unter die maximal zulässige Bestrahlungsstärke von 0,001 W/m² zu kommen, muss eine Abschirmung eine Transmission von weniger als $\sim 10^{-3}$ haben, unter Annahme von Langzeitbelichtung. Es wird jedoch dringend empfohlen, die Transmission des Abschirmmaterials noch weiter zu reduzieren, da die Schädigung durch UV-C-Strahlung über eine lange Zeit kumulativ ist [21]. Zusätzlich ist zu beachten, dass die Bestrahlungsstärke stark vom Abstand zur UV-C-Quelle abhängig ist. Wenn in unserem Beispiel der Abstand zwischen UV-Panel und Haut/Augen 4 cm beträgt, sollte die Transmission eines Abschirmmaterials bereits kleiner als $\sim 10^{-4}$ sein. Bei 1 cm Abstand sollte die Transmission schon unter $\sim 10^{-5}$ liegen.

Application Note



Desinfektion mit UV-C-LEDs

4.2 Sicherheitsaspekte

Mehrere Dokumente befassen sich mit der Sicherheit im Zusammenhang mit UV-C-Strahlung, wie z. B. [22], [23], [24], [25] und [26]. Um einen kurzen Überblick und Tipps für die Arbeit mit UV-C-LEDs zu geben, werden hier einige wichtige Punkte zusammengefasst:

- Die Exposition des Endanwenders (Augen und Haut) muss so gering wie möglich gehalten werden. Der Grenzwert liegt bei weniger als 30 J/m² pro 8-h-Arbeitstag.
- Produkte, die UV-C verwenden, müssen mit entsprechenden Warnschildern gekennzeichnet sein, und es muss eine angemessene Gebrauchs- und Schutzanweisung enthalten sein.
- Die Degradierung von Materialien, die UV-C-Licht ausgesetzt sind, muss berücksichtigt werden.
- Wenn zu viel UV-C-Licht die Anwendung verlässt, wie z.B. bei Handlampen, müssen alle Personen, die potenziell der Strahlung ausgesetzt sind, angemessen geschult werden und eine ausreichende persönliche Schutzausrüstung wie Gesichtsschutz, Handschuhe und Schutzkleidung tragen.

5 Zusammenfassung

UV-C-LEDs sind eine spannende neue Technologie für Desinfektionszwecke, wie die Inaktivierung von Coronaviren. Allerdings werden sie auch weiterhin eine große Rolle bei der Verhinderung zukünftiger Pandemien und der Bewältigung von Gesundheitsproblemen wie multiresistenten Keimen spielen. Auch für die allgemeine Keimreduzierung in vielen Verbraucheranwendungen, in Luftfiltrationssystemen, in der Wasserversorgung und in der Lebensmittelindustrie werden die UV-C-LEDs noch lange nach der Pandemie stark gefragt sein.

Die Application Note erklärt die Wirkungsweise der Entkeimung mit UV-C und gibt Hinweise auf die erforderlichen Strahlungsdosen für verschiedene Keime, die aus verschiedenen Publikationen stammen. Darüber hinaus gibt sie ein Berechnungsbeispiel mit UV-C LEDs von Würth Elektronik eiSos und auch einige Tipps und Hinweise zur UV-C-Sicherheit in Ihrer Anwendung.

Application Note



Desinfektion mit UV-C-LEDs

A. Anhang

A.1. Literatur

- [1] "Researches on the Effect of Light upon Bacteria and other Organisms.," in *Researches on the Effect of Light upon Bacteria and other Organisms.*, Proceedings of the Royal Society of London, 1877, p. 488.
- [2] R. P. Rastogi, Richa, A. Kumar, M. B. Tyagi and R. P. Sinha, "Molecular Mechanisms of Ultraviolet Radiation-Induced DNA Damage and Repair," *Journal of Nucleic Acids*, 2010.
- [3] S. E. Beck, R. A. Rodriguez, M. A. Hawkins, T. M. Hargy, T. C. Larason and K. G. Linden, "Comparison of UV-Induced Inactivation and RNA Damage in MS2 Phage across the Germicidal UV Spectrum," *Applied and Environmental Microbiology*, 16 02 2016.
- [4] A. H. Malayeri, M. Mohseni, B. Cairns, J. R. Bolton, G. Chevretils and E. Caron, "Fluence (UV Dose) Required to Achieve Incremental Log Inactivation of Bacteria, Protozoa, Viruses and Algae," *IUVA News*, pp. 4-6, 2016.
- [5] W. J. Kowalski, V. Petraitis and T. J. W. Walsh, "2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility," *purplesun*, 2020.
- [6] N. Storm, L. G. McKay, G. Cennini and A. Griffiths, "Rapid and complete inactivation of SARS-CoV-2 by ultraviolet-C irradiation," *Nature*, 2020.
- [7] C. S. H. e. al., "Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation," *American Journal of Infection Control*, p. 1273–1275, 2020.
- [8] M. Heßling, K. Hönes, P. Vatter and C. Lingenfelder, "Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation – review and analysis of coronavirus photoinactivation," *GMS Hyg Infect Control.*, 2020.
- [9] C. Bowker, A. Sain, M. Shatalov and J. and Ducoste, "Microbial UV fluence-response assessment using a novel UV-LED collimated beam system," *Water Research*, pp. 2011-2019, 2011.
- [10] D. Battigelli, M. Sobsey and Lobe, "The inactivation of hepatitis A virus and other model viruses by UV irradiation," *Water Sci. Technol.*, p. 339–342, 1993.
- [11] G. Abraham, "The effect of ultraviolet radiation on the primary transcription of Influenza virus messenger RNAs," *Virology*, 1979.
- [12] R. Rodríguez, S. Bounty and K. Linden, "Long-range quantitative PCR for determining inactivation of adenovirus 2 by ultraviolet light," *Journal of Applied Microbiology*, p. 1854–1865, 2013.
- [13] X. Hu, S. Geng, X. Wang and C. and Hu, "Inactivation and photorepair of enteric pathogenic microorganisms with ultraviolet irradiation,," *Environmental Engineering Science*, p. 549–553, 2012.
- [14] S. Cervero-Aragó, R. Sommer and R. and Araujo, "Effect of UV irradiation (253.7 nm) on free Legionella and Legionella associated with its amoebae hosts," *Water Research*, p. 299–309, 2014.
- [15] M. Clauß, "Higher effectiveness of photoinactivation of bacterial spores, UV resistant vegetative bacteria and mold spores with 222 nm compared to 254 nm wavelength," *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, p. 525–532, 2006.
- [16] "Zur Sicherung eines regelkonformen Betriebs von UV-Desinfektionsgeräten nach DVGW-Arbeitsblatt W 294," DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., 2012.
- [17] S. Lampman, *Characterization and Failure Analysis of Plastics*, ASM International, 2003.
- [18] "VDE Prüfung + Zertifizierung - UV-C Beständigkeitsprüfung beim VDE-Institut," VDE, [Online]. Available: <https://www.vde.com/tic-de/news/2019-1/uv-c-bestaendigkeitspruefung>. [Accessed 03 05 2021].
- [19] "HEALTH CARE FURNITURE DESIGN - GUIDELINES FOR CLEANABILITY," *BIFMA*, 06 10 2014.
- [20] P. Teska, R. Dayton, X. Li, J. Lamb and P. Strader, "Damage to Common Healthcare Polymer Surfaces from UV Exposure," *Nano LIFE*, 2020.

Application Note

Desinfektion mit UV-C-LEDs



- [21] "UVM RISK MANAGEMENT AND SAFETY - Hazards of Ultraviolet Radiation," The University of Vermont, [Online]. Available: <https://www.uvm.edu/riskmanagement/hazards-ultraviolet-radiation>. [Accessed 03 05 2021].
- [22] "DIRECTIVE 2006/25/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL," *Official Journal of the European Union*, 05 04 2006.
- [23] "DIN EN 62471 Photobiological safety of lamps and lamp systems," 2009.
- [24] "Position Statement on Germicidal UV-C Irradiation - UV-C SAFETY GUIDELINES," Global Lighting Association 2020, 2020.
- [25] "IEC 60335-1:2010/AMD2:2016 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke," 2016.
- [26] "ISO 15858:2016: UV-C Devices — Safety information — Permissible human exposure," 2016.

Application Note



Desinfektion mit UV-C-LEDs

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht. Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden hierdurch weder eingeräumt noch

ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes

www.we-online.de/app-notes



REDEXPERT Design Plattform

www.we-online.de/redexpert



Toolbox

www.we-online.de/toolbox



Produkt Katalog

www.we-online.de/produkte

KONTAKTINFORMATION

appnotes@we-online.de

Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg · Germany

www.we-online.de

