

## SOLUVA® Air V

### Inhalt

1	Allgemeine Informationen .....	2
1	Einführung .....	3
2	Überblick über die Literatur.....	3
2.1	UV-C-Empfindlichkeit von verschiedenen Mikroorganismen.....	5
2.2	Letale Dosis für das Coronavirus SARS-Cov-2, das COVID19 verursacht .....	5
3	Umfang der Arbeit .....	6
4	Methodischer Ansatz.....	6
5	Literaturverzeichnis .....	10

# 1 Allgemeine Informationen

SUBMITTER	
Berechnungsbericht	Soluva Air V
Berichtskordinator(en)	Meghdad Barimani
Team-Mitglieder	Meghdad Barimani, Jochen Grade, Milad Mahabadipour
Labor	Reinraum 51
Verantwortliche Abteilung	EE-OED
Kontaktperson	Meghdad Barimani
Telefon	0176 17841852
-EMail	Meghdad.Barimani@heraeus.com
Erstellungsdatum	10.11.2020
Letzte Speicherung	

ZUSAMMENFASSUNG DER ANALYSE
<b>Hinweis:</b> Dieser Bericht wurde intern erstellt, um die Wirksamkeit der Air V-Lösung für die Busanwendung im Rahmen des Arbeitsumfangs zu untersuchen und zu validieren.

ENTSCHEIDUNG				
Entscheidung	Freigegeben	Genehmigt mit Bedingungen	Abgelehnt	Mehr Infos
Entscheidung Erläuterung				
Genehmigt durch	Meghdad Barimani		Datum	10.11.2020

## 1 Einführung

Die Soluva Air V Lösung bietet eine sehr gute Alternative für die Luftdesinfektion in öffentlichen Verkehrsmitteln.

Es gibt sicherlich viele Ansätze auf dem Markt, die unter sogenannten Standalone-Produkten erworben werden können. Soluva Air V bietet im Gegensatz zu den gängigen Produkten eine "integrierte Lösung".

Mit anderen Worten: Mit einer kleinen Änderung an den vorhandenen Teilen im Fahrzeug kann das Soluva Air V-Gerät gebaut werden.

Basierend auf dem Soluva Air V-Ansatz werden die UV-C-Lampeneinheiten in den Luftkanal des Fahrzeugs montiert. Darüber hinaus ist es möglich, sie entsprechend den spezifischen Kundenanforderungen anzupassen. Das bedeutet, dass je nach Luftkanalgeometrie, Luftmenge und Geschwindigkeit die erforderliche optische Leistung angepasst werden kann.

Die Soluva Air V Einheit besteht aus zwei Teilen. Teil A ist der trennbare Teil und Teil B ist der feste Teil. EVGs (Vorschaltgeräte) und Lampen werden auf dem Teil A montiert, der im Falle einer Wartung oder eines Lampenwechsels nach der Lebensdauer leicht getrennt werden kann.

Für die erste Installation in einem 12m Bus werden z.B. 4 Geräte (2 Lampen pro Gerät) betrachtet, die eine homogene Luftentkeimungsleistung in die Luftkanäle erzeugen.

UV-C-Lampen werden über das Bordnetz an 24V DC mit rund 2A pro EVG angeschlossen und mit einer geeigneten Sicherung versehen.

Die elektrische Leistung kann berechnet und in Kombination mit der gewünschten optischen Leistung eingestellt werden.

Die Anzahl der erforderlichen Lampen kann je nach Betriebsbedingungen angepasst werden.

Um eine höhere Reflexion der UV-C-Strahlung zu erreichen, kann für den inneren Teil des Luftkanals ein Material wie Aluminium gewählt werden.

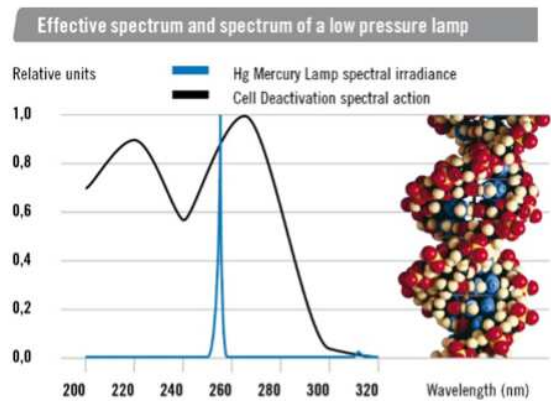
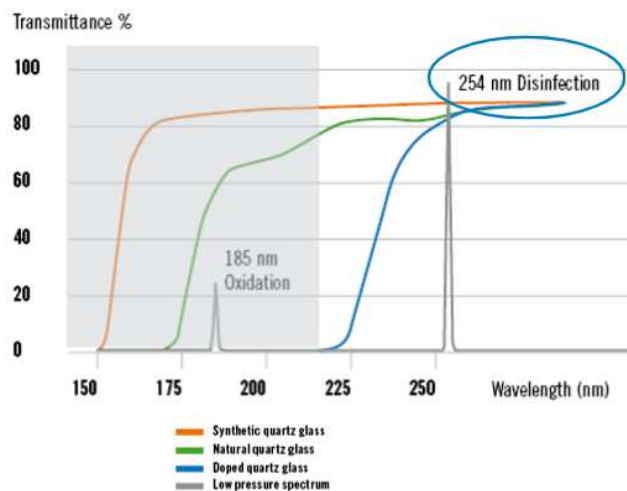
## 2 Überprüfung der Literatur

Wenn UV-Strahlen auf die DNA von Krankheitserregern wie Viren, Bakterien, Schimmelpilzen oder Milben treffen, wird deren Erbgut zerstört. 99,99 % der Keime werden inaktiviert. Das gilt auch für multiresistente Keime - ohne selbst Resistenzen zu bilden. Auch das Sars-Cov2 Virus und seine Mutationen werden sofort inaktiviert.

Die UV-Desinfektion ist bei Wellenlängen von 200 nm bis 300 nm wirksam. Die abgegebene UV-C-Strahlung hat eine starke bakterientötende Wirkung. Sie wird von der DNA absorbiert, zerstört deren Struktur und inaktiviert lebende Zellen.

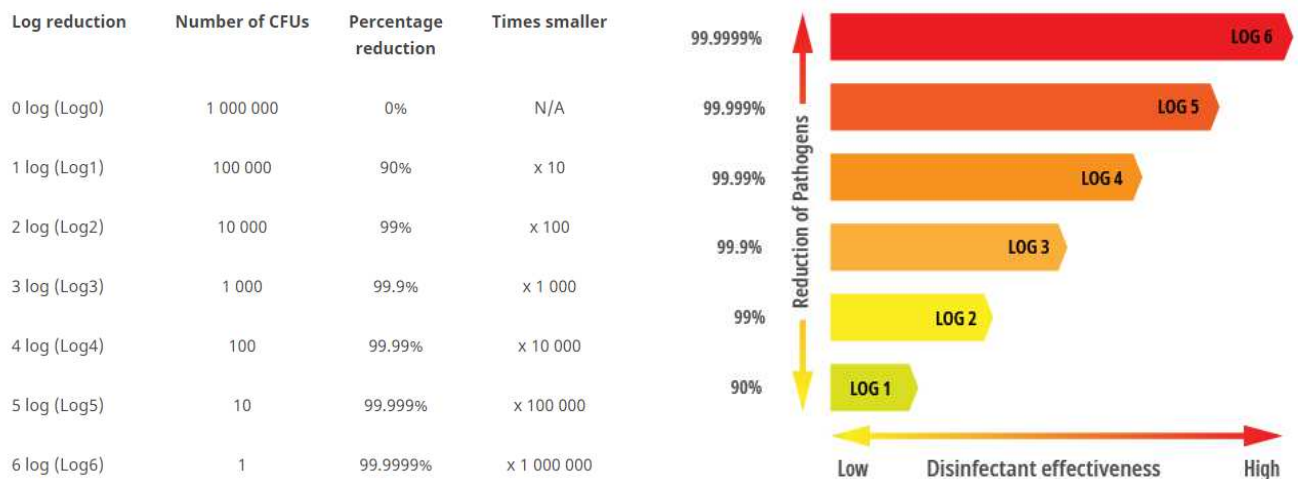
Mikroorganismen wie Viren, Bakterien, Hefen und Pilze werden durch UV-Strahlung innerhalb von Sekunden unschädlich gemacht.

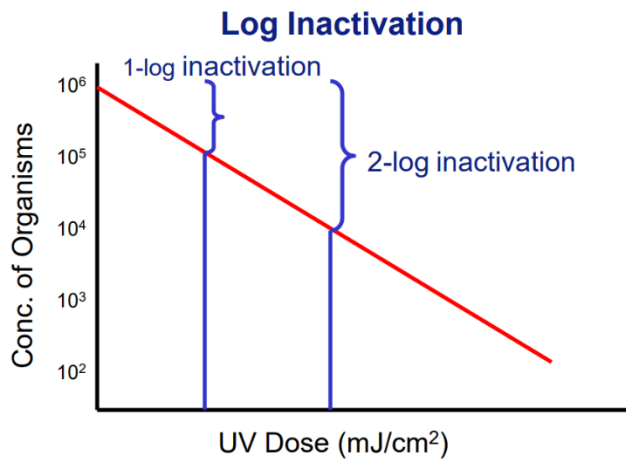
Wenn die Bestrahlungsstärke hoch genug ist, ist die UV-Desinfektion eine zuverlässige und umweltfreundliche Methode, die den Einsatz von Chemikalien überflüssig macht. Außerdem können die Mikroorganismen nicht resistent gegen UV-Strahlung werden.



Eine neue Studie (Ruatalo, Businger, & Schindler, 2020) des Universitätsklinikums Tübingen in Zusammenarbeit mit Heraeus Noblelight bestätigt, dass UV-Licht auch das SARS-CoV-2-Virus, den Erreger der COVID-Pandemie, unschädlich machen kann. Getestet wurde die Flächendesinfektion mit zwei Heraeus Produkten aus der Soluva-Reihe. Das Besondere an der Studie: Es wurde nicht mit ähnlichen Viren, sondern mit dem echten Erreger getestet. Das Ergebnis: 99,99 % Inaktivierung des SARS-CoV-2-Virus. Das Ergebnis gilt auch für die Mutationen.

In Bezug auf die Infektionskontrolle geben die "Log-Reduktionen" an, wie effektiv ein Produkt bei der Reduzierung von Krankheitserregern ist. Eine Zusammenfassung der Log-Reduktionswerte unter Verwendung eines Ausgangspunkts von 1.000.000 Coloni Forming Units (CFU) ist unten dargestellt:





A Typical Lethal Dose Table for a Disinfection of 99.9%

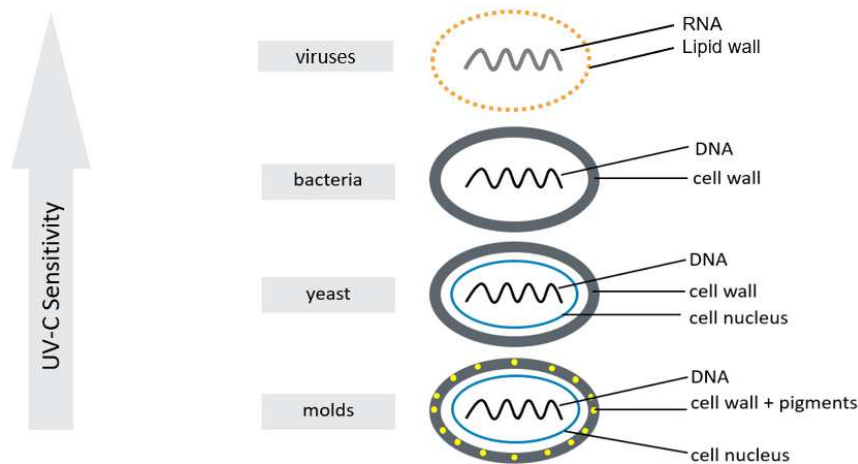
Bakterien			
Bacillus anthracis	13,7	Pseudomonas aeruginosa	16,5
B. Megatherium sp. (veg.)	3,4	Pseudomonas fluorescens	10,5
B. Megatherium sp. (spores)	8,0	S. typhimurium	24,0
B. paratyphosus	9,6	Sarema lutea	59,0
B. subtilis (spores)	36,0	Serratia marcescens	7,2
Corynebacterium diptheriae	10,0	Shigella paradysenteriae	5,2
Eberthella typosa	6,3	Spirillum rubrum	13,0
Escherichia coli	9,0	Staphylococcus albus	5,4
Micrococcus candidus	19,0	Staphylococcus aureus	7,8
Micrococcus sphaeroides	30,0	Staphylococcus hemolyticus	6,6
Neisseria catarrhalis	13,0	Staphylococcus lactis	18,0
Phytomonas tumefaciens	13,0	Staphylococcus viridans	6,0
Proteus vulgaris	7,8		

Hefen		Schimmelpilze	
Saccharomyces ellipsoidens	18,0	Penicillium roqueforti (grün)	39,0
Saccharomyces sp.	24,0	Penicillium expansum (olivgrün)	39,0
Saccharomyces cerevisiae	18,0	Penicillium digitatum (olivgrün)	132,0
Brewing yeast	9,9	Aspergillus glaucus (blaugrün)	132,0
Baking yeast	11,7	Aspergillus flavus (gelblich)	100,0
		Aspergillus niger (schwarz)	396,0
		Rhizopus nigricans (schwarz)	330,0
		Mucor racemosus A (hellgrün)	51,0
		Mucor racemosus B (hellgrün)	51,0
		Oospora lactis (weiß)	15,0

UV-C-Empfindlichkeit von verschiedenen Mikroorganismen

**Dosis (mJ\*/cm2) = Bestrahlungsstärke (mW/cm2) x Belichtungszeit (s)**



Letale Dosisbereiche für 99,9 % (log 3) Inaktivierung

Viren: 2 -  
 Bakterien: 4 - 60 mJ / cm<sup>2</sup>  
 Schimmelpilze: 15 - 400 mJ / cm<sup>2</sup>

## 2.1 Letale Dosis für das Coronavirus SARS-Cov-2, das COVID19 verursacht

Als Referenz für die UVC-Dosis wurden verschiedene Werte herangezogen. Bisherige Erfahrungen und Literaturwerte geben Werte von 2 - 16 mJ / cm<sup>2</sup> für eine 99,9 %ige Inaktivierung von Viren an. Alle Werte sind speziesspezifisch.

Für das neue SARS-CoV-2-Virus gab es zunächst nur Abschätzungen für typische Coronavirus-Stämme: (Kowalski, Walsh, & Petraitis, 2020) Für eine 90 %ige Reduktion ergibt sich ein Mittelwert von 6,7 mJ / cm<sup>2</sup> (LOG1) . Dies stimmt mit anderen Daten von 3,7-10,6 mJ / cm<sup>2</sup> überein (Heßling, Hönes, Vatter, & Lingenfelder, 2020).

Anhand der Messwerte für eine Vielzahl von Mikroben (Adel Haji Malayer1) lässt sich abschätzen, dass für jede weitere LOG-Desinfektionsstufe eine weitere UV-LOG1-Dosis notwendig ist. Daraus ergibt sich eine Dosis von 20,1 mJ / cm<sup>2</sup> (= 6,7x3) für 99,9 % Desinfektion (LOG3).

Erste Messungen am aktuellen SARS-CoV-2-Virus gehen typischerweise von nur 3,7 mJ / cm<sup>2</sup> für eine LOG3-Desinfektion (99,9 % Reduktion) aus; bei sehr starken Viruskonzentrationen (und damit Abschattungen) waren teilweise

UVC-Dosen von  $16,9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  für eine 99,9 %ige Desinfektion (LOG3) notwendig (Andrea Bianco, 2020). Abschätzungen - die Verdeckung der Strahlenquelle durch andere Viren (Kolonien) auf den Nährböden - sind beim Einsatz des B-VIRUS FREE nicht zu erwarten. Viren, die durch den vorgeschalteten Filter gelangen, haften an Aerosolen und sind somit der UVC-Strahlung nahezu ungeschützt ausgesetzt.

Dies deckt sich mit weiteren Untersuchungen von  $5 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  zur LOG2-Reduktion und  $22 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  zur LOG6-Reduktion des SARS-CoV-2-Virus durch UVC-Strahlung (Griffiths, 2020). Rechnet man diese beiden Werte auf eine LOG3-Reduktion um, erhält man Werte für die Inaktivierungsdosen von  $7,5$  und  $11 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ .

### 3 Arbeitsumfang

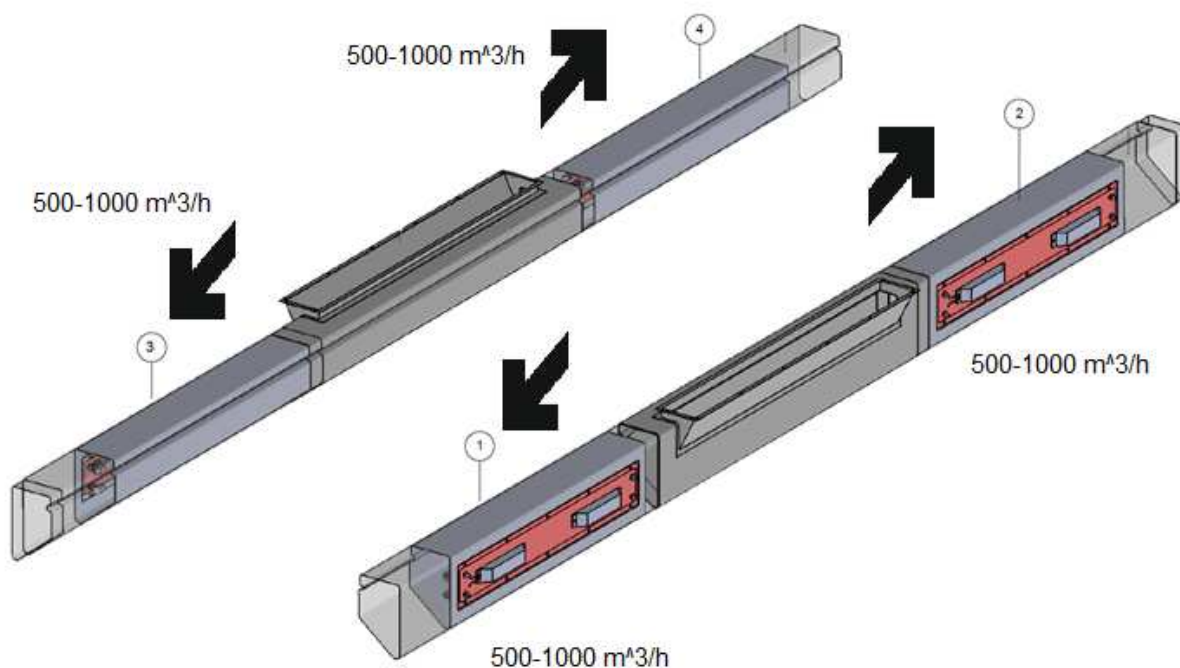
Diese Arbeit konzentriert sich zunächst auf den Solaris-Bus. Solaris hat drei verschiedene Buslängen:

- Trollino 12 (zweiachsiger Solowagen)
- Trollino 15 (dreiachsiger Solowagen)
- Trollino 18 (Gelenkwagen)

Da es sich bei der Soluva Air V-Lösung um ein modulares Konzept handelt, kann sie durch Hinzufügen oder Abziehen der Anzahl von Einheiten mit all diesen Typen kompatibel sein.

Um das Projektziel einzugrenzen, wurden die Stadt Hanau und Trollino 12 als Pilotprojekt ausgewählt.

Vorhandene Trollino 12 erzeugen durch 4 Gebläse maximal  $4000 \text{ m}^3/\text{h}$  Luftmenge (im Normalbetrieb ca.  $2000 \text{ m}^3$ ).



Umgebungstemperatur im Luftkanal:  $20-35 \text{ C}^\circ$

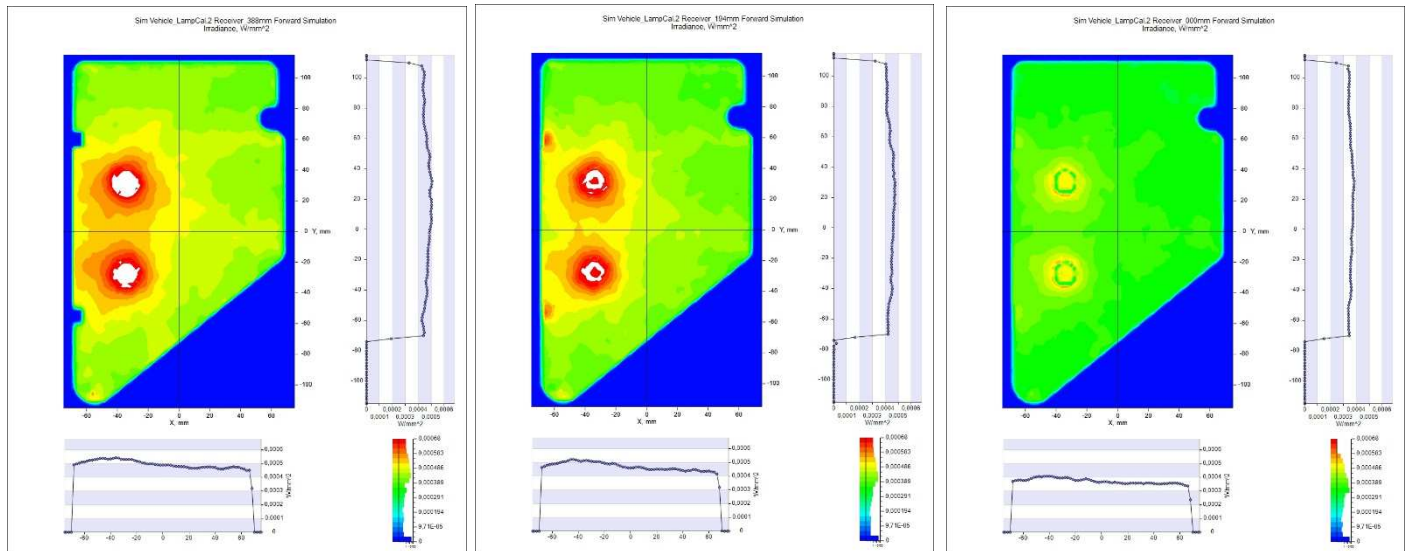
### 4 Methodischer Ansatz

Simulationsmodelle werden als Entscheidungshilfe eingesetzt. In der modernen Prozessentwicklung ist die numerische Simulation (Computer Aided Engineering - CAE) eine Schlüsseltechnologie. Produktionsanlagen werden mit Hilfe von virtuellen Produktdatenmodellen analysiert und optimiert. Bereits in einer sehr frühen Phase des Produktentwicklungsprozesses eingesetzt, bietet CAE praxiserprobte Methoden, um Entwicklungszeiten und -kosten innerhalb der Projekte zu reduzieren.

Im Projekt Soluva Air V werden zwei Simulationssoftwares eingesetzt:

**Simec-Tools Raytracing-Simulation:** um die Berechnung von präzisen Informationen über die Bestrahlungsstärke zu ermöglichen.

**Solide Arbeit:** zur Berechnung des Luftstroms und möglicher Druckverluste innerhalb verschiedener Geometrien.



#### Geometrie:

- Fläche des Luftkanals: 0.0250 m<sup>2</sup>
- Länge der Lampe: 0,8 m
- Die Kanallänge wurde für die Simulation mit 1 m angenommen, beträgt aber in der endgültigen Version 1,3 m (positiver Effekt)

#### Leistung

- Elektrische Leistung: 2x 38W (pro Gerät)
- Optische Leistung 254nm: 2x 18,52W (pro Gerät)
- Luftstrom: 500m<sup>3</sup> / h (Normalbetrieb) (pro Gerät)

#### Materialien / Annahmen:

- Hellgrau: blankes Aluminium, 90 % Reflexion
- Beige: Keramiksockel, 50% diffuse Reflexion

#### Detektor:

- 150 x 230 mm
- Pixelgröße 2 x 2 mm

**Definition Normalbetrieb: 500m<sup>3</sup> / h oder 2000m<sup>3</sup> / h pro Bus**

**Maximale Betriebsdefinition: 1000m<sup>3</sup> / h oder 4000m<sup>3</sup> / h pro Bus**

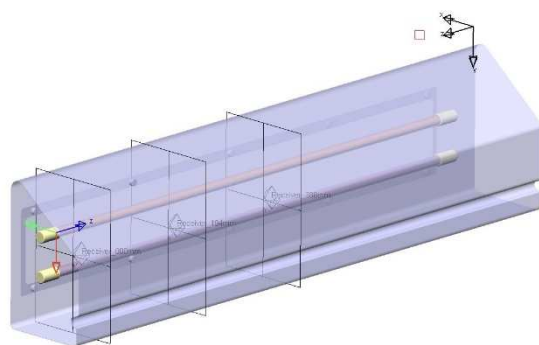
#### Ergebnis:

Die mittlere Fließgeschwindigkeit im Kanal bei 500m<sup>3</sup> / h beträgt 5,55 m / s.

Daraus ergibt sich eine Expositionszeit für die Viren pro Kanal (0,8m) = 0,15sec--(wenn die Kanallänge 1,3 m beträgt, dann t=0,234)

Die abgegebene Strahlung entspricht also dem Volumen der durchströmten Luft.

$$37,04\text{W} \times 0,15\text{sec} = 5,33\text{J}$$



Bei einer durchschnittlichen Bestrahlung von  $0,0004\text{W} / \text{mm}^2$  (siehe Pfad in den Bildern).

Hinweis zur Berechnung:

- Ein  $\text{mW}/\text{cm}^2 = 10\text{ W}/\text{m}^2$  und  $1\text{ mJ}/\text{cm}^2 = 10\text{ J}/\text{m}^2$
- $1\text{ mm}^2 = 0,01\text{ cm}^2$
- $\text{W} / \text{mm}^2 = 100000\text{ mW} / \text{cm}^2$

Intensitätsergebnis:  $0,0004\text{W} / \text{mm}^2 = 0,0004\text{W} / (0,01\text{ cm}^2) = 0,04\text{W} / (\text{cm}^2) = 40\text{ mW} / (\text{cm}^2)$

Dosisberechnung=  $40\text{ mW} / (\text{cm}^2) \times 0,15\text{sec} = 6\text{ mJ} / (\text{cm}^2)$

	Theoretische Intensität ( $\text{W} / \text{mm}^2$ )	Belichtungszeit(S)	Umrechnungsfaktor 1	Umrechnungsfaktor 2	Umrechnungsfaktor 3	Umrechnungsfaktor 3	Dosis $\text{mJ} / (\text{cm}^2)$	Bus-Volumen ( $\text{m}^3$ )	Lüfter Luftstrom $\text{m}^3/\text{h}$	1 Zykluszeit (min)	Anzahl der Zyklen zum Erreichen von LOG3	Anzahl der Zyklen zum Erreichen von LOG4	Zeit bis zum Erreichen von Log3(min)	Zeit bis zum Erreichen von Log4(min)
Normalbetrieb (2000)	0,0004	0,15	0,85	1,1	1	0,85	4,7685	70	2000	2,1	1,57	2,4	3,30	4,95
Maximaler Betrieb (4000)	0,0004	0,075	0,85	1,2	1	0,65	1,989	70	4000	1,05	3,77	5,7	3,96	5,94

Umrechnungsfaktor 1 = Schrumpfschlauch (Transparenz zu UVC)

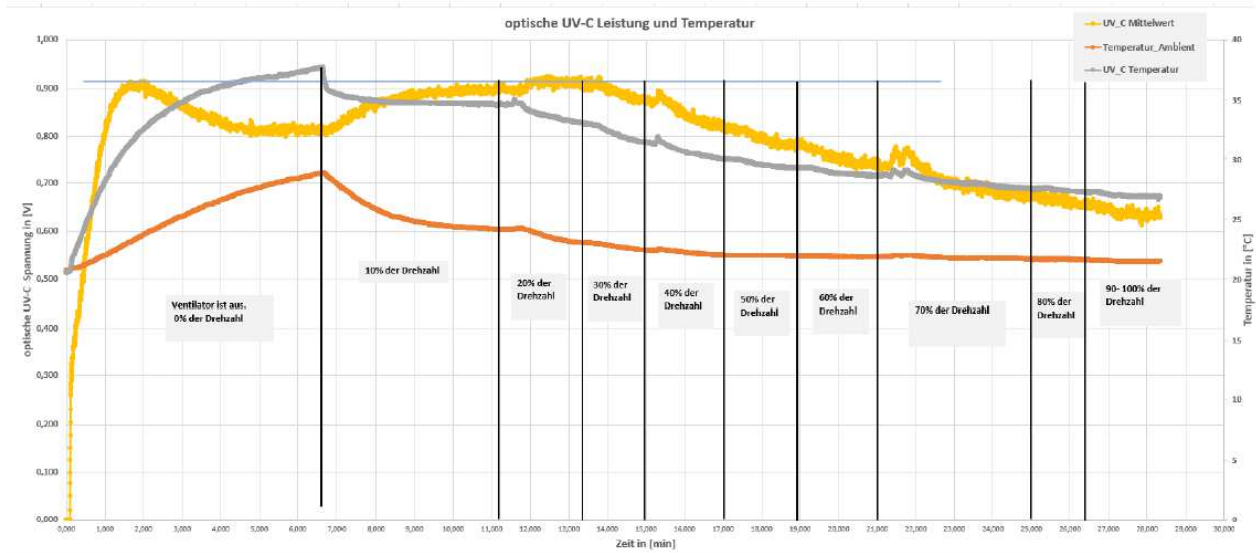
Umrechnungsfaktor 2 = Lichtfalle

Umrechnungsfaktor 3 = Kanallänge (im Vergleich zur Lampe)

Umrechnungsfaktor 4 = Temperaturkoeffizient, der aus dem Messprotokoll ersichtlich ist.

Hinweis: Die Inaktivierungsdosis für LOG3 wird berücksichtigt:  $7,5\text{ mJ} / \text{cm}^2$ .





Bericht\_UV\_Messung\_Fahrzeug.pdf

## 5 Bibliografie

- Adel Haji Malayer<sup>1</sup>, M. M. (kein Datum). *Erforderliche Fluenz (UV-Dosis) zum Erreichen einer inkrementellen Log-Inaktivierung von Bakterien, Protozoen, Viren und Algen*. Von iuva. abgerufen
- Andrea Bianco, M. B. (2020). *UV-C-Bestrahlung ist hochwirksam bei der Inaktivierung und Hemmung der SARS-CoV-2-Replikation*. medrxiv.
- Griffiths. (2020). NEIDL, Boston University.
- Heßling, M., Hönes, K., Vatter, P., & Lingenfelder, C. (2020). Ultraviolette Bestrahlungsdosen zur Coronavirus-Inaktivierung - Übersicht und Analyse von Coronavirus-Photoinaktivierungsstudien. *GMS Hyg Infect Control*.
- Kowalski, W. J., Walsh, T. J., & Petraitis, V. (2020). *2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolett-Empfindlichkeit*. PurpleSun.
- Rueta, N., Businger, R., & Schindler, M. (2020). *Schnelle und effiziente Inaktivierung von oberflächengetrocknetem SARS-CoV-2 durch UV-C-Bestrahlung*. Universitätsklinikum Tübingen.