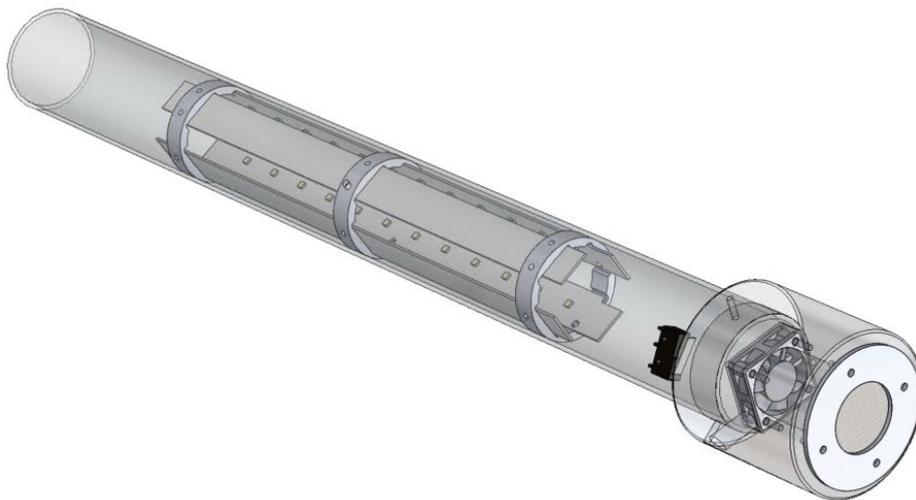


FACT SHEET CAmPUS UV-C, Nr. 19

UV-C-Luftentkeimungsrohr für Virentests

Konstruktion und Umsetzung



Filip Husta, Dr.-Ing. Jan de Boer
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Stuttgart, 29.11.2021

1 Aufgabenstellung

In einem Verbundvorhaben der FhG mit der Universität Tübingen war die Sensitivität unterschiedlicher Virus-Surrogate im Vergleich zu SARS-CoV-2 zu untersuchen. Somit soll z. B. bestimmt werden, welche Inaktivierungsrate von Phi6-Phagen welcher Inaktivierungsrate von SARS-CoV-2 gleichkommt. Die ursprünglich geplante Beistellung einer Virus-inaktivierenden Lüftungstrecke als Teil eines Versuchsaufbaus in einem S3-Labor schlug fehl, so dass mit Rückgriff auf die im CAmPus UV-C aufgebauten Kompetenzen unterstützt wurde.

Aufgabenstellung war es, unter vorgegebenen geometrischen Randbedingungen ein Luftentkeimungsrohr zu bauen in das über einen Generator ein Aerosolgemisch eingeleitet wird. Dieses wird dann in der Lüftungstrecke über einstellbare Strömungsgeschwindigkeit und Strahlungsintensität unterschiedlichen Strahlungsdosen ausgesetzt, die zu einer gezielten Entkeimung führen.



Bild 1: Testkammer des FhG-IGB, an die das UV-C-Luftentkeimungsrohr angeschlossen wird.

2 Konstruktion und Systemauslegung

2.1 Mechanische Konstruktion

Die Konstruktion des Rohres wurde mit SolidWorks durchgeführt.

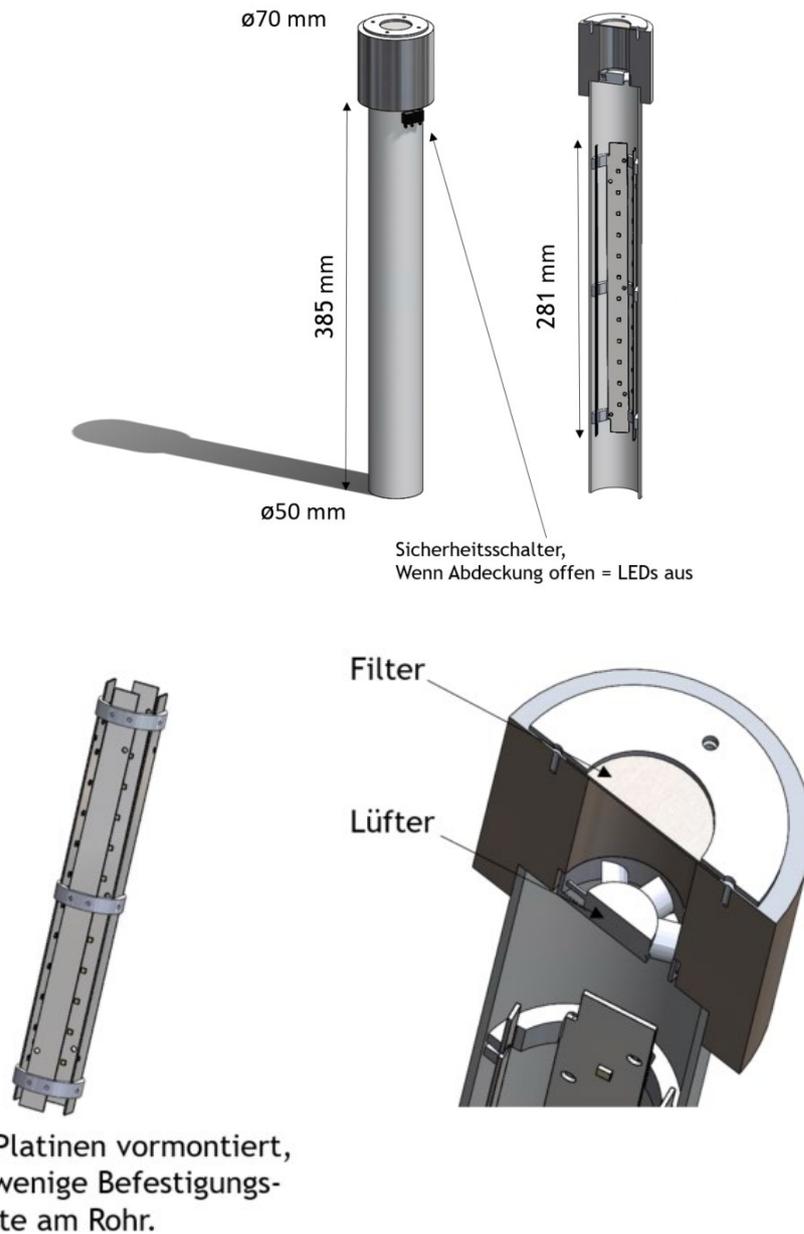


Bild 2: Konstruktion des Systems in SolidWorks. Oben: Abmessungen des Aufbaus. Unten: Detailansicht LED-Halterung und obere Montageeinheit.

Tabelle 1: Anschlussbelegung der einzelnen Adern.

Ader Farbe	Anschluss	
gelb	Lüfter +	(rot)
pink	Lüfter -	(schwarz)
braun	CH 1 -	(schwarz)
grün	CH 1 +	(rot)
grau	CH 2 -	(schwarz)
rot	CH 2 +	(rot)
lila	CH 3 -	(schwarz)
schwarz	CH 3 +	(rot)
blau	CH 4 -	(schwarz)
weiß	CH 4 +	(rot)

2.4 Lüfterauslegung

Der Lüfter wurde nach Tabelle 2 auf die geforderte Volumengeschwindigkeit von 0,2 l/s ausgelegt. Die Verweildauer im Rohr beträgt 4,9 s.

Tabelle 2: Beschaffte Lüfter und Berechnung der Verweildauer.

Spannung	Durchsatz	V	V
V DC	m ³ /h	m ³ /s	l/s
5	6,8	0,001889	1,888889
V	m ³ /s	0,0002	0,2
A	m ²	0,001963	
L	M	0,5	
T	s	4,90625	

3 Begleitende Simulationen

Um abschätzen zu können, ob die verfügbaren LED-Module ausreichen, wurde einige Simulationen mit OpticStudio 12 durchgeführt.

3.1 Annahmen Reflexionsgrade

Für eine realistische Strahlungssimulation sind die lichttechnischen Eigenschaften der verwendeten Oberflächen entscheidend. Zur Näherung wurden die Werte aus Bild 5 verwendet.

Tabelle 4 — Typische Reflexionsgrade (diffus mit Glanzeinschluss), Quelle [Philips, 1992]

Reflektormaterial	Reflexionsgrad
Aluminium: unbehandelte Oberfläche	40-60%
Aluminium: behandelte Oberfläche,	60-89%
Aluminium: gesputtert auf eine Glasoberfläche	75-85%
Edelstahl/Zinnblech	25-30%

Tabelle 5 — Weitere Reflexionsgrade (diffus mit Glanzeinschluss) für die Modellierung

Absorbermaterial	Reflexionsgrad
Absorber, Luftfilter, Stirnseiten der Bestrahlungskammer	0-10%
Lampenkörper	4-15%

Liegen keine verlässlichen Daten zum effektiver Reflexionsgrad der Bestrahlungskammer vor, so ist eine Berechnung der mittleren Dosis nach dieser Methode nicht möglich.

Bild 5: Typische Reflexionsgrade für die Auslegung des Rohres (Quelle DIN/TS 67506 Stand 2021-09-01).

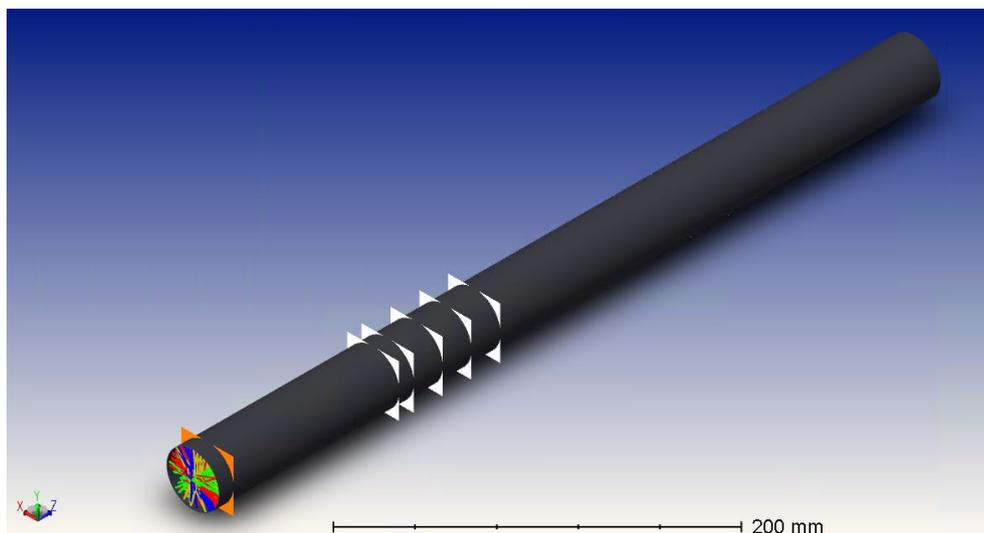


Bild 6: CAD-Darstellung des Rohres in Zemax.

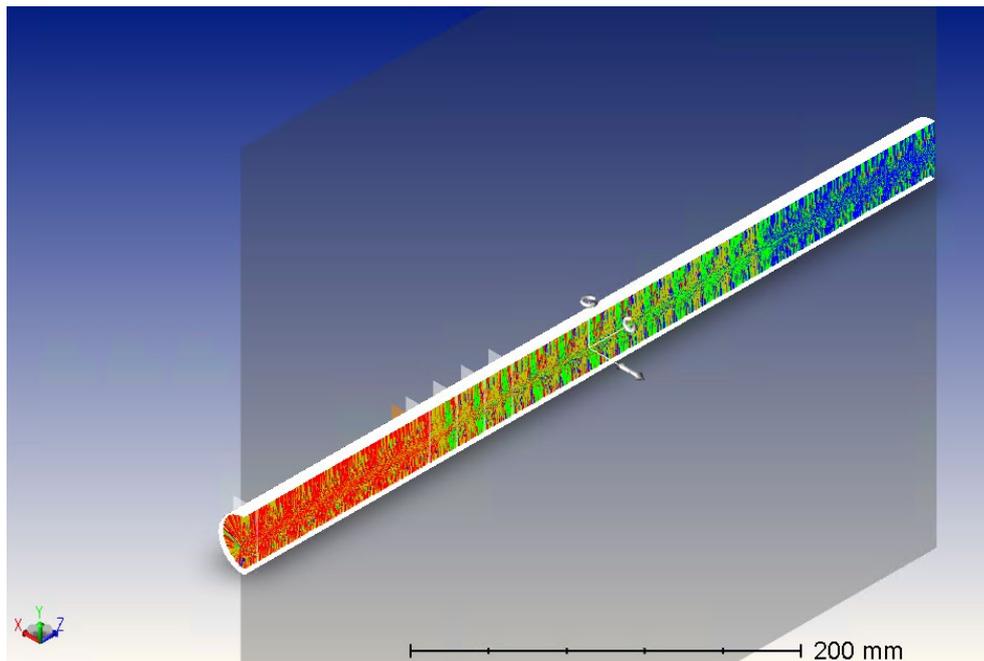


Bild 7: Schnittdarstellung des Rohres mit »Show Rays«.

3.2 Ergebnis Simulation

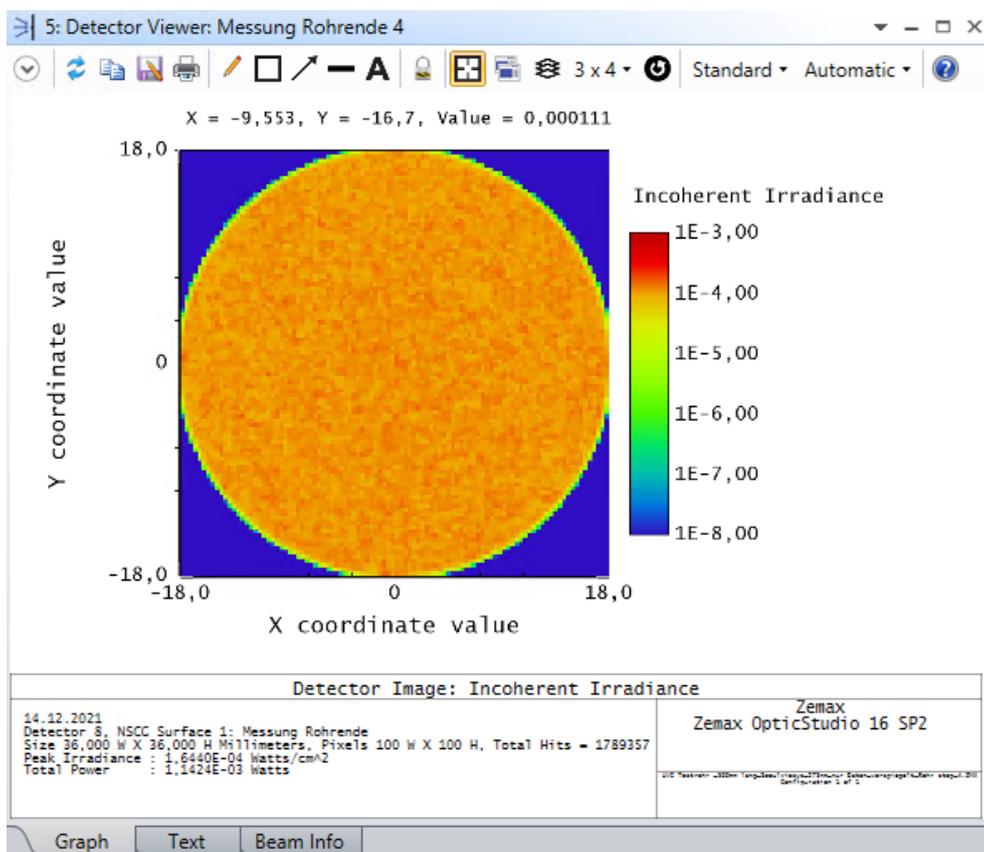


Bild 8: Auswertung eines Detektors am Rohrende. Position entspricht der realen Messung.

Aus der Simulation ergibt sich eine Bestrahlungsstärke von $1,12 \text{ W/m}^2$, was der tatsächlichen gemessenen Strahlungsleistung, vgl. Kapitel 5, sehr nahekommt.

Tabelle 3: Ergebnis der Simulation.

Radius Rohr innen	0,018 m
Fläche Rohr	0,001017876 m ²
Bestrahlungsstärke	1,12 W/m ²

4 Fertigung

Alle Konstruktionsteile wurden aus Aluminium bei einem Lohnfertiger hergestellt, vgl. Bild 9.



Bild 9: Gesamtaufbau des Rohres inkl. Steuereinheit und Strahlungsmessgerät.



Bild 10: Frontansicht Steuereinheit.

Das System verfügt über einen Schukostecker und ein Steckernetzteil, welche beide eingesteckt sein müssen. Der Lüfter wird über den Drehregler eingestellt. Befindet sich dieser auf »9 Uhr«, ist der Lüfter aus und kann stufenlos bis auf 100 % im Uhrzeigersinn geregelt werden.

UV-LEDs: Die LEDs lassen sich über den Schalter ein- und ausschalten und über den Poti dimmen. Hier ist ebenfalls auf »9 Uhr« auf 0 % gedimmt und, im Uhrzeigersinn auf Anschlag gestellt, 100 % (Das Dimmen funktioniert aktuell nicht, da wahrscheinlich die Treiber defekt sind. Hier werden neue zugeschickt und bei Gelegenheit ausgetauscht).

Die UV-LEDs sind nur aktiv, wenn die blaue und grüne Status-LED leuchten:

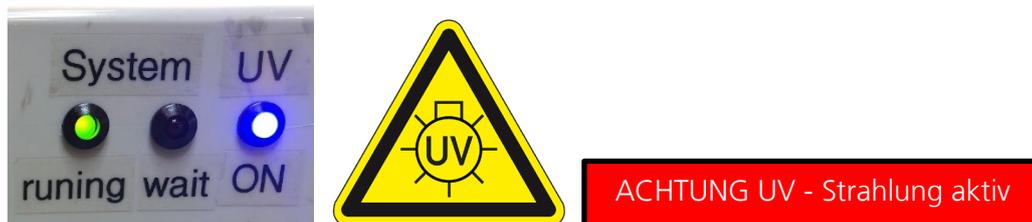


Bild 11: Ausschnitt Frontansicht Steuereinheit, System running, LED und UV-LED leuchten.

Leuchtet die grüne LED, ist das System bereit (intern DALI-Sensor, gerade nicht benötigt):



Bild 12: Ausschnitt Frontansicht Steuereinheit, System running, LED leuchtet.

Rote und blaue LED an, System noch nicht bereit (< 10 s), aber LEDs eingeschaltet:



Bild 13: Ausschnitt Frontansicht Steuereinheit, System wait, LED und UV-LED leuchten.

5 Validierung

Die Strahlungsintensität wurde am Ende des Rohres mit einem X1-Optometer der Firma Gigahertz-Optik gemessen und beträgt $1,37 \text{ W/m}^2$ bei 275 nm. Der gemessene Wert kommt der simulierten Strahlung sehr nah, vgl. Kapitel 3.

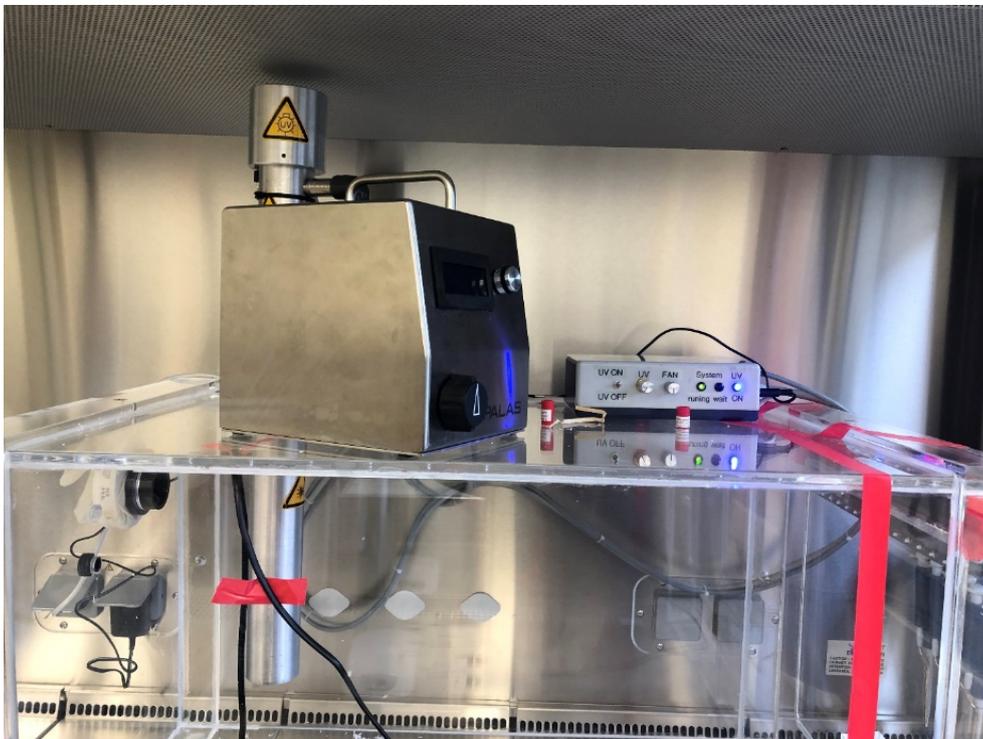


Bild 14: UV-C-Rohr verbaut am IGB mit Aerosolgenerator.

6 Bearbeiter, Ansprechpartner

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Kontakt:
Filip Husta

filip.husta@ibp.fraunhofer.de