

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

Institutsleitung

Prof. Dr. Philip Leistner
Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

IBP-Bericht Nr. UHS-065/2020

Effizienz des Kompakt-Raumluftreinigers von Oxytec (Freshair) auf die Reduktion und Inaktivierung von luftgetragenen Viren

Durchgeführt im Auftrag der
Oxytec AG
Herrn Dr. Christian Haverkamp
Bahnhofstr. 52
8001 Zürich
Schweiz

Der Bericht umfasst:
10 Seiten Text
3 Bilder
2 Tabellen

Valley, 15. Dezember 2020

Stv. Abteilungsleiterin:
Dr.-rer. nat. Andrea Burdack-Freitag

Gruppenleiterin:
M.Sc. Sabine Johann

Inhalt

1	Untersuchungsgegenstand	3
2	Methode	4
3	Ergebnisse	5
4	Zusammenfassung der Untersuchung der Effizienz des Kompakt-Raumluftreinigers von Oxytec (Freshair) auf die Reduktion und Inaktivierung von luftgetragenen Viren	7
5	Literatur	9

1 Untersuchungsgegenstand

Ziel der Untersuchung war die Testung der Reduktion und die Inaktivierung luftgetragener Surrogat-Viren (behüllte Phi6-Bakteriophage mit vergleichbarer Struktur, Partikelgröße und Umweltstabilität zu SARS-CoV-2 [1], [2], [3], [4], [5]) durch das Luftreinigungsgerät (Gerätespezifikationen siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Gerätespezifikation

Gerätename	FreshAir
Hersteller	Oxytec air & water purification system
Eingang des Gerätes	6. Oktober 2020
Funktionsprinzip	UV-C/Ozon-Umluftreinigungsverfahren (1 x 8 Watt)
Gerätedimension	L 380 cm x D 130 cm
Raumgröße	bis 50 m ³
IBP interne Prüfnummer	E3413
Messzeitraum	KW 45

Die Untersuchungen bezogen sich ausschließlich auf Aerosole in der Luft. Die natürliche Halbwertszeit der Viren (Phi6-Bakteriophage) muss bei der Berechnung der Effizienz des Gerätes mitberücksichtigt werden.

Der Aufbau erfolgte in Anlehnung an die DIN ISO 16000-36 [6] für die Untersuchung luftgetragener Bakterien, realitätsnah angepasst an die spezifischen Anforderungen von Viren. Die Viren wurden aus der Raumluft analog zu DIN-ISO 16000-16 [7] gesammelt, die Filter in Anlehnung an DIN ISO 16000-17 [8] aufgearbeitet. Die Anzahl aktiver Viren („Virulenz“) wurde im Labor mittels der Methode des Plaque Assays bestimmt ([9], [10]).

Anmerkung: Untersuchungen der Virenaktivität auf Oberflächen bedürfen einer anderen Methode, da hier die Stabilität von Viren in Flüssigkeiten („Schmierinfektion“) betrachtet werden muss.

2 Methode

Die Versuche fanden in einem temperatur- und feuchtegeregelten Testbüro (Raumgröße: 45 m³) ohne zusätzlichen Luftaustausch statt.

Das Luftreinigungsgerät wurde in der Raummitte in zwei Metern Höhe platziert (siehe Bild 1). Die Viren wurden im Abstand von 45 Zentimetern vor dem Einlass des Gerätes in den Raum eingebracht. Die Dosierung erfolgte zunächst ohne Einschalten des Gerätes, um eine hohe Virenlast im Raum zu erreichen. Danach wurde die Dosierung abgestellt und das Luftreinigungsgerät über eine Gesamtlaufzeit von 24 Stunden betrieben. Über die gesamte Laufzeit wurde die Partikelverteilung im Raum, die Temperatur und Feuchte sowie der Ozongehalt gemessen.



Bild 1: Aufbau des FreshAir-Luftreinigungsgerätes im Testbüro mit Dosiergerät und Luftkeimsammler.

Entsprechend den Vorgaben des Umweltbundesamtes wird beim Einsatz von ozonproduzierenden Luftreinigungsverfahren (UV-C, Plasmatechnologie; Ozon Direktinjektion) die Bestimmung von entstehenden Beiprodukten im Betrieb gefordert [11]. Diese Probenahme erfolgte auf entsprechenden Adsorptionsröhrchen zur Detektion von VVOC und VOC, analysiert mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie [12], sowie auf DNPH-Kartuschen zur Bestimmung ausgewählter Ketone und Aldehyde, analysiert mittels Hochleistungsflüssigchromatographie-Diodenarray-Verfahren [13].

Zu bestimmten Zeitpunkten wurden die Viren auf einen Luftkeimsammler (MBASS30 Version 3 adaptiert für Filterbetrieb von Firma Umwelanalytik Holbach GmbH, Wadern, Deutschland) gezogen und zur mikrobiellen Analyse im Labor einem Plaque-Assay Test unterzogen (siehe Bild 2).



Bild 2: Mikrobielle Analyse.

3 Ergebnisse

Das Luftreinigungsgerät zog die virenbelastete Luft durch den Filterkanal. Innerhalb des Gerätes wurden Viren durch die Wirkung von UV-Strahlung und gebildetem Ozon inaktiviert. Die Maximalkonzentration des Ozons im Raum selbst blieb gering (max. 6 ppb, entspricht $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Bild 3 zeigt die Verteilung der Viren im Raum über den Messzeitraum und die Probenahmezeiten wurde auf den Dosierungsbeginn normiert:

- **P1:** 1 – 2 h, Blindwert vor Beginn der Virendosierung
- **P2:** 2,33 – 3,33 h, Dosierung der Viren
- **P3:** 4 – 5 h, entspricht 15 min bis 75 min nach Beendigung der Virendosierung und Einschalten des Gerätes
- **P4:** 5 – 6 h, entspricht 75 min – 135 min nach Beendigung der Virendosierung und Einschalten des Gerätes
- **P5:** 6 – 7 h, entspricht 135 min – 195 min nach Beendigung der Virendosierung und Einschalten des Gerätes

Die beiden Kurven spiegeln die Messbereiche der Partikelmessgeräte (p-Trak/TSI und Fidas Frog/Pallas) wider. Der p-Trak umfasst den nanoskaligen Bereich von 20 bis 1000 nm, deckt daher vor allem den Bereich einzelner Viren (Virengröße

(ca. 100 nm) in der Luft ab. Der Fidas Frog umfasst einen gröberskaligen Bereich von 0,2 bis 20 μm und erfasst somit Aerosol gebundene Viren (ca. 1 bis 3 μm).

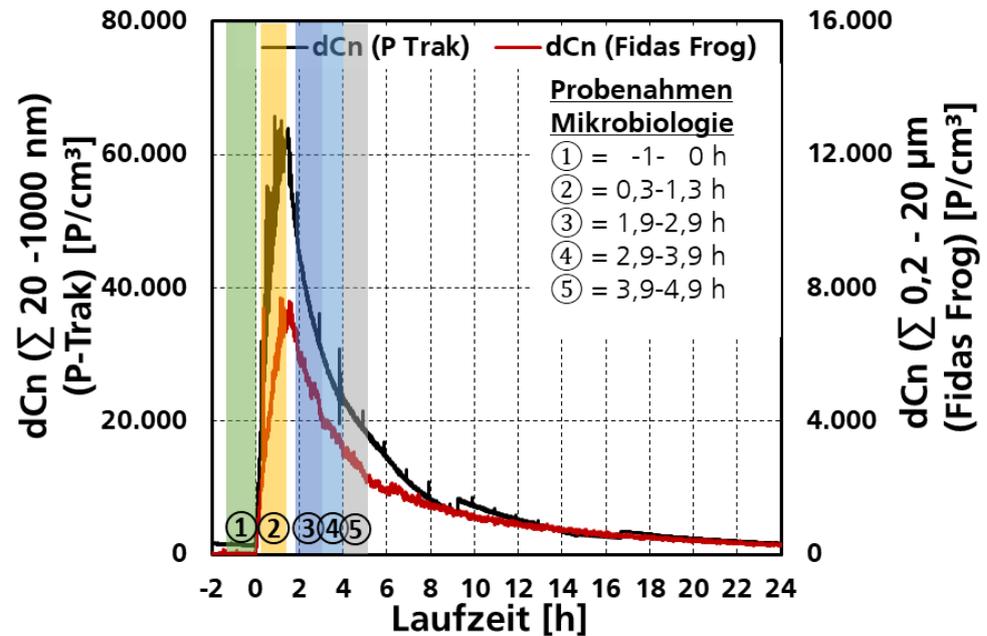


Bild 3: Verteilung der Virenpartikel im Raum und Zeitpunkte der Probenahmen.

Die Laboruntersuchungen auf durch UV-C Einwirkung (aufgrund gebildeten Ozons) entstehende Substanzen zeigten, dass keine Beiprodukte nachgewiesen werden konnten. Die gebildeten Beiprodukte werden im Richtwertempfehlungen des AIR [14] abgeglichen. Der Richtwert I (RW I) beschreibt hierbei die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumlufte, bei der bei einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch dann keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist. Dieser RW I wird für alle gebildeten Beiprodukte eingehalten. Somit wurde kein Beiprodukt in kritischer Konzentration gebildet.

Die Anzahl der Viren aus der Luft nahm entlang der Kurve (zeitlicher Verlauf) durch Sedimentation („Ablagerung“) ab. Da der Raumlufreiniger auf dem Prinzip der Inaktivierung von Viren basiert, wurde die Höhe der Inaktivierung bzw. die zeitliche Dauer der Inaktivierung bestimmt.

Die Zeiträume der Probenahme für die Viren in der Luft sind im Diagramm markiert. Deren im Labor gemessene Aktivität, d.h. inwieweit die Viren potentiell vermehrungsfähig sind, wird in Tabelle 1 berechnet. In die Berechnung gingen die Sedimentation und die ermittelte natürliche Halbwertszeit der Viren in der Luft bei den Versuchen mit ein [1-3]. Für den Referenzwert zur Berechnung der Reduktion wurde einerseits der Aktivitätsverlust in der Suspension in Abhängig-

keit der Zeit (bekannt aus eigenen Messungen) und die Abklingkurve des Partikelmessgerätes (P-Trak) herangezogen. In Bezug auf die mikrobiologischen Probenahmen mit Dauer von jeweils einer Stunde, wurden alle Daten der Partikelmessung in diesem Zeitraum gemittelt.

Tabelle 2: Messung der Virenaktivität

Zeitpunkt der Probenahme	Gemessene Reduktion der Virenaktivität (reine Messdaten) [%]	Berechnete Reduktionsrate R ohne Einbezug der Sedimentation */**	Berechnete Reduktionsrate R mit Einbezug der Sedimentation */**
P1	- ***	-	-
P2	0	-	-
P3	57,94	0,5387	0,3535
P4	99,91 ****	0,9962 ****	0,9925 ****
P5	99,91 ****	0,9958 ****	0,9891 ****

*Reduktionsrate $R = 1 - C_t/C_i$ (C_i Ohne Inbetriebnahme des Luftreinigers und C_t mit laufendem Luftreiniger).

** unter Berücksichtigung der natürlichen Halbwertszeit der Viren in der Raumluft (laut Literatur [2]), Sedimentationsfaktor wurde anhand der Abklingkurve Bild 3 berechnet.

*** P1 Blindwert vor Virendosierung, keine Funde im Raum.

**** unterhalb stat. Nachweisgrenze von 12%. Reduktionsrate R größer 0,88 bzw. Reduktion größer als 88%.

4 Zusammenfassung der Untersuchung der Effizienz des Kompakt-Raumluftreinigers von Oxytec (Freshair) auf die Reduktion und Inaktivierung von luftgetragenen Viren

Ein Testbüro mit einem Raumvolumen von 45 m³ wurde für 1 Stunde mit Surrogat-Viren (behüllte Phi6-Bakteriophage mit vergleichbarer Struktur, Partikelgröße und Umweltstabilität zu SARS-CoV-2) beaufschlagt. Danach wurde das Luftreinigungsgerät FreshAir (Oxytec air & water purification system) eingeschaltet. **Bereits nach weniger als 2 Stunden Gerätebetrieb wurde die Virenkonzentration im Raum um über 99 % reduziert.**

Es konnte belegt werden, dass durch das Luftreinigungsgerät keine Beiprodukte (VOC und Aldehyde und Ketone) gebildet wurden.

Bei der Untersuchung wurde eine Ozonkonzentration in der Luft von maximal $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Dies entspricht 10 % des gesetzlich festgelegten Grenzwerts. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz legt bis zu $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als unbedenkliche Obergrenze (maximaler Zielwert) fest. [15]

5 Literatur

- [1] Carvallo, N.A. de, Stachler, E.N., Cimabue, N., Bibby, K. (2017): Evaluation of Phi6 Persistence and Suitability as an Enveloped Virus Surrogate. *Environmental Science & Technology* 51: 8692-8700.
- [2] Prussin, A.J., Schwake, D.O., Lin, K., Gallagher, D.L., Buttling, L., Marr, L.C. (2018): Survival of the Enveloped Virus Phi6 in Droplets as a Function of Relative Humidity, Absolute Humidity, and Temperature. *Applied and Environmental Microbiology* 84(12).
- [3] Whitworth, C., Mu, Y., Houston, H., Martinez-Smith, M., Noble-Wang, J., Coulliette-Salmond, A., Rose, L. (2020): Persistence of bacteriophage Phi 6 on Porous and Nonporous Surfaces and the Potential for Its Use as an Ebola Virus or Coronavirus Surrogate. *Applied and Environmental Microbiology* 86(17): 1-11.
- [4] Casanova, L.M. & Waka, B. (2013): Survival of a Surrogate Virus on N95 Respirator Material. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 34(12): 1334-1335.
- [5] Turgeon, N., Toulouse, M.-J., Martel, B., Molneau, S., Duchaine, C. (2014): Comparison of Five Bacteriophages as Models for Viral Aerosol Studies. *Applied and Environmental Microbiology* 80(14): 4242-4250.
- [6] DIN ISO 16000-36:2019-07, Innenraumluftverunreinigungen – Teil 36: Prüfkammer-Verfahren zur Bestimmung der Minderungsrate luftgetragener, kultivierbarer Bakterien durch Luftreiniger mit einer Prüfkammer.
- [7] DIN ISO 16000-16:2009-12, Innenraumluftverunreinigungen - Teil 16: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen - Probenahme durch Filtration.
- [8] DIN ISO 16000-17:2010-06 Innenraumluftverunreinigungen - Teil 17: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Kultivierungsverfahren.
- [9] Baer, A. & Kehn-Hall, K. (2014): Viral Concentration Determination Through Plaque Assaya: Using Traditional and Novel Overlay Systems. *Journal of Visualized Experiments* 93: 1-10.
- [10] Dulbecco, R. 1952. Production of plaques in monolayer tissue cultures by single particles of an animal virus. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 38:747–752.
- [11] Umweltbundesamt, Stellungnahme der Kommission Innenraumluftthygiene (IRK), Einsatz mobiler Luftreiniger als lüftungsunterstützende Maßnahme in Schulen während der SARS-CoV-2 Pandemie (Stand: 16. November 2020)
- [12] DIN ISO 16000-6:2012-11 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf

Tenax TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS-FID.

[13] DIN ISO 16000-3:2013-01 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen in der Innenraumluft und in Prüfkammern – Probenahme mit einer Pumpe.

[14] Richtwertempfehlungen des AIR; Stand Oktober 2020

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-vormals-ad-hoc#hygienische-leitwerte-fur-die-innenraumluft>

[15] 39. BImSchV. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen. Anlage 7 (zu §9) Zielwerte und langfristige Ziele für Ozon.