

RL Raumluftechnik & Raumlufqualität GmbH  
Heideweg 28  
53604 Bad Honnef

2021-04-19

## PRÜFBERICHT / TEST REPORT

Proben-Nr. / <i>sample id number</i> :	SN 31145	More detailed description see next pages
Prüfprodukt / <i>test sample</i> :	proOxion® XIW und / <i>and</i> XOW 30	
Prüfungsnummer / <i>test number</i> :	2021-0173	
Auftraggeber / <i>client</i> :	RL Raumluftechnik & Raumlufqualität GmbH	
Hersteller / <i>manufacturer</i> :	RL Raumluftechnik & Raumlufqualität GmbH	
Auftragsdatum / <i>date of order</i> :	2020-12-07	
Prüfzeitraum / <i>test period</i> :	2021-02-17 ( <i>Coliphage phi X174</i> )	
Prüfmethode / <i>test method</i> :	Wirksamkeit einer Raumluftechnikdekontamination in Bezug auf eine Keimreduktion von aerosolisierten Keimen in der Raumluf / <i>Efficacy of a room air decontamination in relation to a microorganism reduction of aerosolized microorganisms in the room air</i>	
	Umgebungsuntersuchung / <i>Environmental investigation</i> (SOP 11-001)	
	Kultivierung von Bakteriophagen / <i>Cultivation of bacteriophages</i> (SOP 05-022)	
Information / <i>information</i> :	-	

## **Wirksamkeit eines Ionisationsverfahrens auf aerosolierte Keime in der Raumluf – Nachweis des Abbaus von Phagen als Virussurrogat in der Raumluf durch Ionisation der Raumluf mit negativen Kleinionen**

### Zusammenfassung der vorliegenden Ergebnisse

Im Februar 2021 wurden weitere Referenz-Prüfungen auf Basis eines in 12/2020 durchgeführten Prüf-Verfahrens zur Wirksamkeit einer **Raumlufdekontamination unter Einsatz einer Ionisationstechnologie** der Raumluf **mit negativen Kleinionen** im Prüflaboratorium HygCen Germany GmbH durchgeführt (Prüfbericht SN 31145 vom 19.04.2021). Als Booster für das Verfahren wurde zusätzlich, um realistische Raumluf-Verhältnisse zu schaffen, eine Entfeuchtung der Raumluf während des Verfahrens durchgeführt. Die Wirksamkeit wurde gegen Bakteriophagen (als Surrogat für eine Viruswirksamkeit) geprüft.

In einen Prüfraum mit einem Rauminhalt von 75m<sup>3</sup> wurde zunächst unter Verwendung eines Druckluftverneblers Typ Typhoon eine Verneblung des Coliphagen phi X174 (Microviridae, einzelsträngige DNA, 27 Nanometer Capsid-Durchmesser, unbehüllt) vorgenommen.

Die Entwicklung der Keimkonzentration in der Luft wurde dann mittels Impingermethode zu unterschiedlichen Zeiten nach Abschluss der Verneblung des entsprechenden Prüfkeims untersucht. Dazu wurden Luftproben der Raumluf mit einem Luftvolumenstrom von 125l pro 10 Minuten für einen Beprobungszeitraum von 10 Minuten durchgeleitet. Die in den Impingern enthaltene Flüssigkeit wurde dann quantitativ auf das Vorhandensein des Prüfkeims hin untersucht.

Für eine Beurteilung wurden in dem Prüfzeitraum 3 Experimente durchgeführt – **ein Referenzexperiment ohne Ionisierungsverfahren und ohne Entfeuchtung, ein Referenzexperiment ohne Ionisierungsverfahren und mit Entfeuchtung und ein Wirksamkeitstest** bei dem das **Ionisierungsverfahren mit einer zusätzlichen Raumlufentfeuchtung** um die Messungen **unter Raumluf-Realbedingungen – Feuchte, Temperatur durchführen zu können**.

Das Referenzexperiment bildet den Bezugspunkt für die Entwicklung der Keimkonzentration in der Luft.

## Wirksamkeitstest

Der Prüfraum wurde für den Wirksamkeitstest für 1 Stunde mit dem Ionisierungsverfahren vorkonditioniert. Die Ionen wurden in dem Raum mit der vorliegenden Technik unabhängig vom Ozongehalt der Luft erzeugt. Die Ionisation generiert kein Ozon bzw. Stickoxide. Der Messwert für den Ozongehalt im Raum zum Start der Verneblung der Bakteriophagen lag <0,02 ppm, der Messwert für NO<sub>2</sub> lag unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01ppm. Die Raumfeuchte lag zu Beginn der Verneblung bei 77%, zu Beginn der Beprobung bei 97%, die Temperatur lag bei Start der Verneblung des Phagenaerosols bei 20°C.

Anschließend wurden in diesen vorkonditionierten Raum 750ml Bakteriophagen in gleicher Weise wie in den Referenzversuchen ausgebracht, es fand ein Aliquot derselben Keimsuspension Anwendung wie in den Referenztests.

Nach Abschluss der Verneblung wurde die Konzentration der Bakteriophagen in der Raumluft im Wirksamkeitstest mit 6,40 Ig/m<sup>3</sup> bestimmt.

**Der Keimgehalt bei Ionisation der Raumluft mit negativen Kleinionen nahm schneller ab als in den Referenzexperimenten.**

### *Berechnung der Keimreduktion im Vergleich zu den Referenzversuchen*

Folgende Keimkonzentrationen wurden in der Luft zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten bestimmt und entsprechende Reduktionsfaktoren gegenüber den Referenzversuchen berechnet:

Zeit	phi X174		
	Referenzexperiment ohne Entfeuchtung [PfU/m <sup>3</sup> ]	Wirksamkeitstest mit Ionisierung und Entfeuchtung [PfU/m <sup>3</sup> ]	Reduktionsfaktor* lg
T0	7,72	6,40	1,32
T10	7,72	5,08	2,64
T20	7,72	3,05	4,67
T30	7,72	<2,20	5,52
T60	7,26	<2,20	5,06
T120	6,31	<2,20	4,11

Zeit	phi X174		
	Referenzexperiment mit Entfeuchtung [PfU/m <sup>3</sup> ]	Wirksamkeitstest mit Ionisierung und Entfeuchtung [PfU/m <sup>3</sup> ]	Reduktionsfaktor* lg
T0	6,57	6,40	0,17
T10	6,38	5,08	1,30
T20	5,81	3,05	2,05
T30	4,84	<2,20	>2,64
T60	2,20	<2,20	n.n.
T120	<2,20	<2,20	n.n.

\* Die Nachweisgrenze liegt hier bei 2,20 Ig/m<sup>3</sup> Luft, bei Werten in der Tabelle von <2,20 Ig/m<sup>3</sup> waren keine Prüfkeime mehr aus der Luft isolierbar. N.n. – nicht nachweisbar (in trockener Luft waren die Prüfkeime auch im Referenzexperiment)

## Prüfergebnisse / test results

### A. Referenztest ohne Ionisation und ohne Luftentfeuchter/ reference test without ionization and without dehumidification

Testdatum / test date: 2021-02-16

Prüfphage / test phage: Coliphage *phi X174*

#### **Keimsuspension / microorganism suspension**

Prüfkeim / test microorganism	Medium / medium	PFU/ml / PFU/ml	PFU/ml [lg] / PFU/ml [lg]
Coliphage <i>phi X174</i>	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	3.90x10 <sup>6</sup>	6.59

#### **Ergebnisse der Messung bei dem Referenzversuch (ohne Ionisation und ohne Luftentfeuchter) / results of the measurement in the reference test (without ionization and without dehumidification)**

Zeit / time (min)	Medium / medium	PFU/ml / PFU/ml	PFU/m <sup>3</sup> Luft* / PFU/m <sup>3</sup> air*	PFU/m <sup>3</sup> Luft*[lg] / PFU/m <sup>3</sup> air [lg]
T0	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	3.33x10 <sup>5</sup>	2.28x10 <sup>7</sup>	7.72
10	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	3.33x10 <sup>5</sup>	2.28x10 <sup>7</sup>	7.72
20	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	3.33x10 <sup>5</sup>	2.28x10 <sup>7</sup>	7.72
30	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	3.33x10 <sup>5</sup>	2.28x10 <sup>7</sup>	7.72
60	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	1.14x10 <sup>5</sup>	1.82x10 <sup>7</sup>	7.26
90	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	1.27x10 <sup>5</sup>	2.03x10 <sup>6</sup>	6.31
120	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	4.30x10 <sup>3</sup>	6.88x10 <sup>5</sup>	5.84

PFU / PFU: Plaque forming Units / plaque forming units

\* Berechnung / calculation: PFU/ml x 20ml / Probenvolumen [l] x 1000 [l] / PFU/ml x 20ml / sample volume [l] x 1000 [l]. Die Berechnung der PFU/m<sup>3</sup> basiert auf einem Probenvolumen von 20ml im Impinger und der Probenahmezeit des jeweiligen Versuchsaufbaus (für 10min beträgt das Probenvolumen 125l) / the calculation of the PFU/m<sup>3</sup> is based on a sample volume of 20ml in the impinger and the sampling time of the respective test setup (for 10min the sample volume is 125l)

**Prüfergebnisse / test results**

**B. Wirksamkeitstest mit Ionisation und mit Entfeuchtung / efficacy test with ionization and with dehumidification**

Testdatum / test date: 2021-02-17

Prüfphage / test phage: Coliphage phi X174

**Keimsuspension / microorganism suspension**

Prüfkeim / test microorganism	Medium / medium	PFU/ml / PFU/ml	PFU/ml [lg] / PFU/ml [lg]
Coliphage phi X174	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	3.90x10 <sup>6</sup>	6.59

**Ergebnisse der Messung bei dem Wirksamkeitsversuch mit Ionisation und mit Entfeuchtung / results of the measurement in the efficacy test with ionization and with dehumidification**

Zeit / time (min)	Medium / medium	PFU/ml / PFU/ml	PFU/m <sup>3</sup> Luft* / PFU/m <sup>3</sup> air*	PFU/m <sup>3</sup> Luft*[lg] / PFU/m <sup>3</sup> air [lg]
T0	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	1.57x10 <sup>4</sup>	2.51x10 <sup>6</sup>	6.40
10	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	7.50x10 <sup>3</sup>	1.20x10 <sup>5</sup>	5.08
20	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	7	1.12x10 <sup>3</sup>	3.05
30	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	0	160	<2.20
60	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	0	160	<2.20
90	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	0	160	<2.20
120	CSA / TSA CaCl <sub>2</sub>	0	160	<2.20

**C. Resultierende Reduktionsraten in Bezug auf Referenzversuch ohne Entfeuchtung  
/ resulting reduction factors compared to reference test without dehumidification**

**Berechnung der Reduktionsfaktoren / calculation of the reduction factors**

Zeit / time (min)	Ergebnis Referenztest ohne Entfeuchtung	Ergebnis Wirksamkeitstest mit Ionisation und mit Entfeuchtung	Reduktionsfaktor (RF) / reduction factor (RF)
	PFU/m <sup>3</sup> Luft*[lg] (REF) / PFU/m <sup>3</sup> air* [lg] (REF)	PFU/m <sup>3</sup> Luft*[lg] (Test) PFU/m <sup>3</sup> air* [lg] (test)	
T0	7.72	6.40	1.32
10	7.72	5.08	2.64
20	7.72	3.05	4.67
30	7.72	<2.20	5.52
60	7.36	<2.20	5.06
90	6.31	<2.20	4.11
120	5.84	<2.20	3.64

Legende / legend:

PFU / PFU: Plaque forming Units / plaque forming units

\* Berechnung / calculation:  $PFU/ml \times 20ml / \text{Probenvolumen [l]} \times 1000 [l]$  /  $PFU/ml \times 20ml / \text{sample volume [l]} \times 1000 [l]$ . Die Berechnung der PFU/m<sup>3</sup> basiert auf einem Probenvolumen von 20ml im Impinger und der Probenahmezeit des jeweiligen Versuchsaufbaus (für 10min beträgt das Probenvolumen 125l) / the calculation of the PFU/m<sup>3</sup> is based on a sample volume of 20ml in the impinger and the sampling time of the respective test setup (for 10min the sample volume is 125l)

\*\* Nachweisgrenze 160 PFU/m<sup>3</sup> Luft. Die Berechnung basiert auf 1 PFU pro 0.1 ml in 20ml Impinger Lösung /125 l Luft x m<sup>3</sup> / detection limit 160 PFU/m<sup>3</sup> air. The calculation is based on 1 PFU per 0.1ml in 20ml of the impinge solution / 125l air x m<sup>3</sup>

# Bei vorlegen eines desinfizierenden Agens in die Luft bevor das Keimaerosol eingebracht wird erfolgt bereits während der Ausbringphase des Keimaerosols eine Reduktion der Prüfkeime in der Raumluft / if a disinfecting agent is introduced into the air before the microorganism aerosol is introduced, the test microorganisms in the room air are already reduced during the application phase of the microorganism aerosol.

REF Referenz Test / reference test

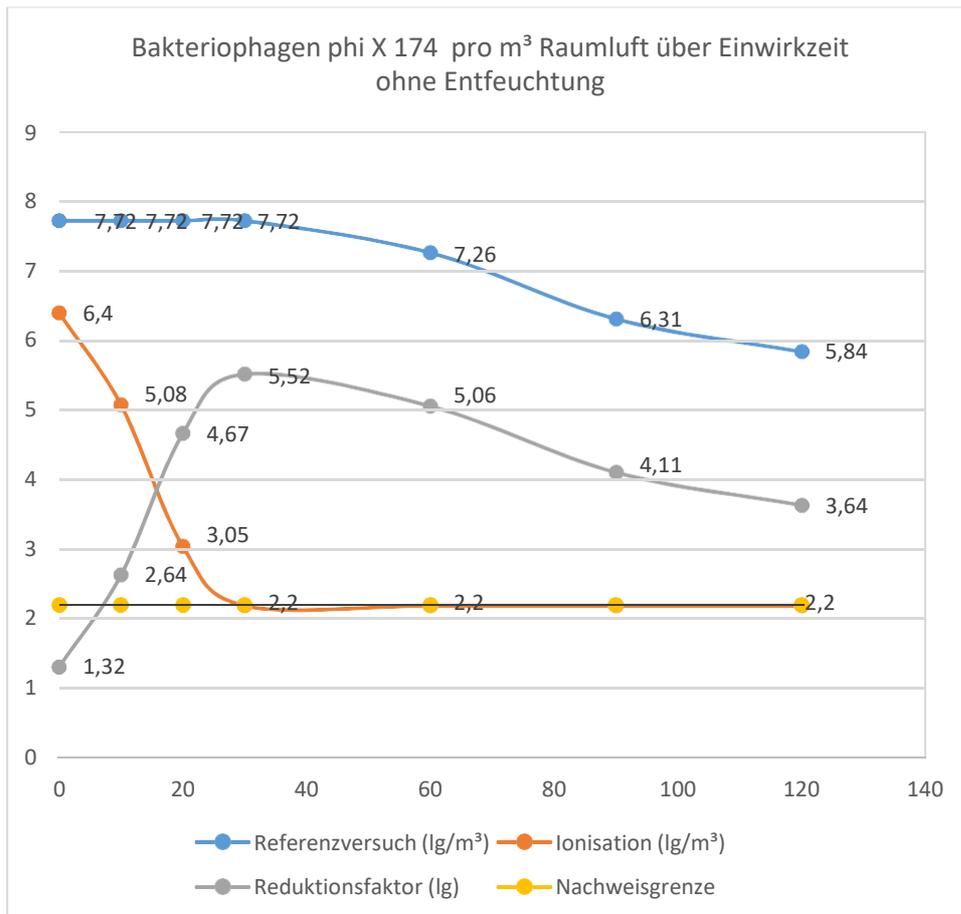
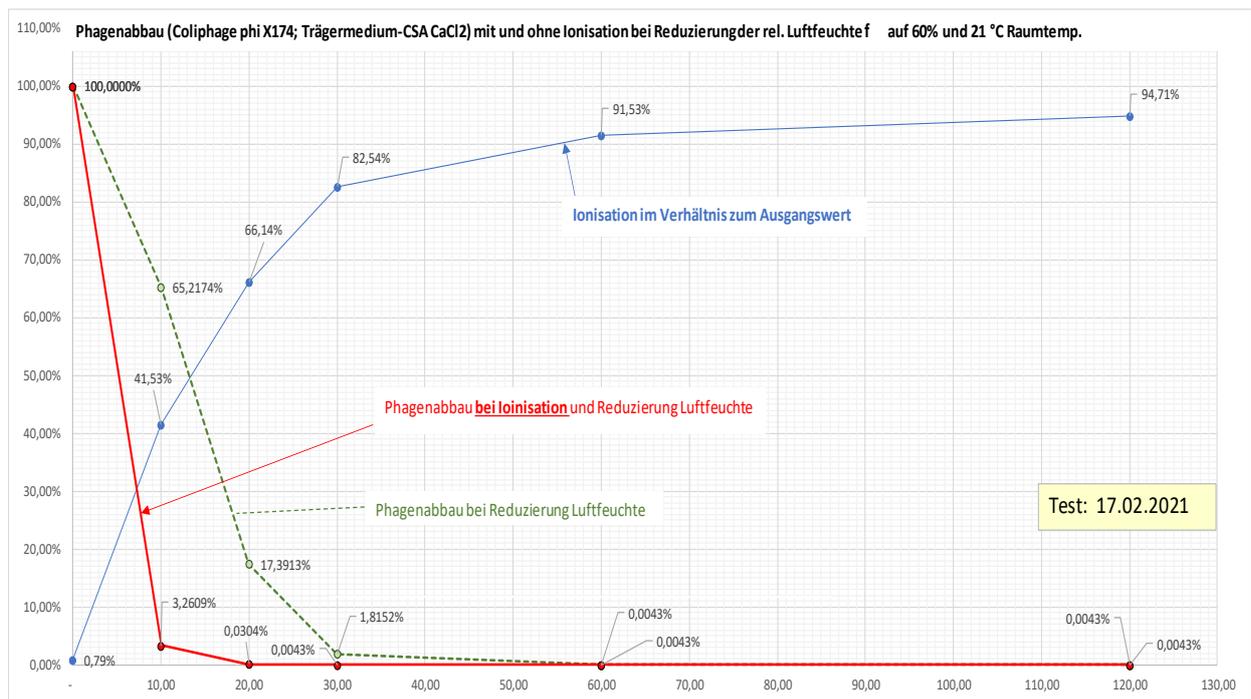


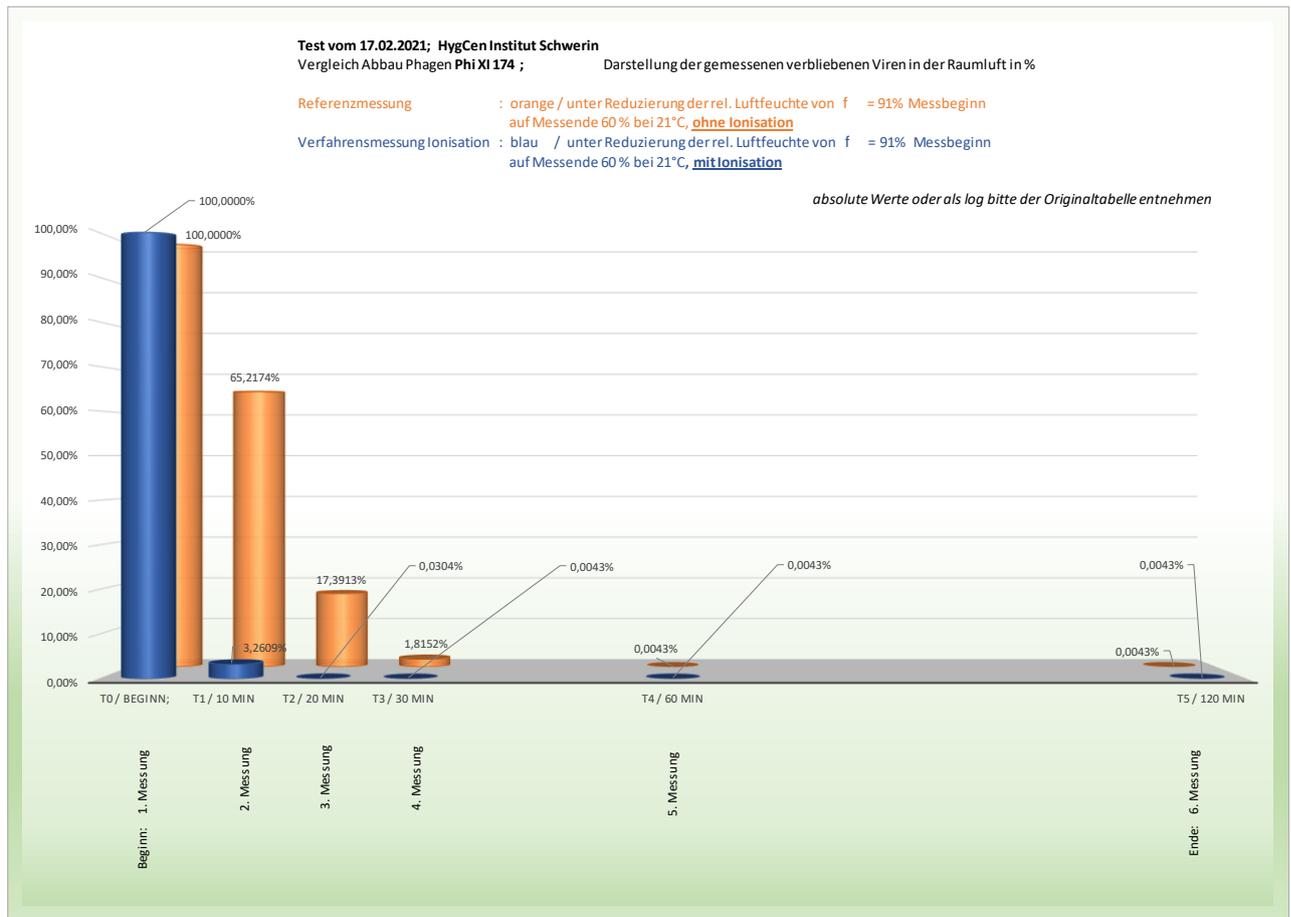
Abbildung 8 / figure 8: Entwicklung der Keimkonzentration von Coliphage phi X174 pro m<sup>3</sup> Raumluft über die Versuchszeit für Referenzversuch ohne Entfeuchtung (blau) und Wirksamkeitstest mit Ionisation und Entfeuchtung (orange) / Development of the germ concentration of Coliphage phi X174 per m<sup>3</sup> room air over the test period for reference test without dehumidification (blue) and efficacy test with ionization and dehumidification (orange).



**Diagramm 1:** Testreihe mit Ionisationsstärkeverlauf, Phagenabbau mit Ionisation und Lufttrocknung, Phagenabbau nur mit Lufttrocknung, Luftfeuchteverlauf bei Phagenabbau mit Ionisation und Lufttrocknung als **Liniendiagramm im prozentualen Vergleich**

17.2.2021      Datenbasis; Wertetabelle HYGECEN Germany GmbH Schwerin, vom Test v. 17.2.2021  
 Reduzierung Luftfeuchte; Werte T0 und T1 bei 90% Luftfeuchte; Wert T6 bei 60% rel. Luftfeuchte

Rel. Luftfeuchte f      :      91% bis max. 60%  
 Temp. Im Raum      :      21°C bis 23°C  
 Taupunkt      :      J=21°C/f=91% -- **19,47°C** ; J= 23°C/f=60% -- **14,81 °C**  
**DJ**      :      **1,53 °K bis 8,19 °K**



**Diagramm 2:** Testreihe, Phagenabbau mit Ionisation und Lufttrocknung, Phagenabbau nur mit Lufttrocknung, **Balkendiagramm Darstellung in %**

17.2.2021 Datenbasis; Wertetabelle HYGECEN Germany GmbH Schwerin, vom Test v. 17.2.2021 Reduzierung Luftfeuchte; Werte T0 und T1 bei 90% Luftfeuchte; Wert T6 bei 60% rel. Luftfeuchte

Rel. Luftfeuchte  $f$  : 91% bis max. 60%  
 Temp. Im Raum : 21°C bis 23°C  
 Taupunkt :  $J=21^\circ\text{C}/f=91\% \text{ -- } 19,47^\circ\text{C}$  ;  $J=23^\circ\text{C}/f=60\% \text{ -- } 14,81^\circ\text{C}$   
 DJ : 1,53 °K bis 8,19 °K

Der Test wird als entscheidend für die Funktion und den praktischen Einsatz seitens des Herstellers bewertet, da er unter Laborbedingungen den Realbedingungen im Raum nahekann.

Im Test [siehe Balkendiagramm] ist deutlich ersichtlich, dass trotz noch vorhandener hoher Luftfeuchte, die beim ersten Messwert nach 10 min noch dem Ausgangswert entsprach, eine Phagenreduktion von 96,74% gegenüber dem Ausgangswert stattfand.

## **Zusammenfassung**

Wirksamkeit gegen Coliphage phi X174

Die Durchführung des Wirksamkeitsnachweises unter Anwendung des Wirkverfahrens Ionisierung in Verbindung mit Luftentfeuchtung zeigte folgende Wirksamkeiten:

In Bezug auf eine Referenz ohne Luftentfeuchtung konnte bereits nach 10 Minuten eine Keimreduktion um mehr als 2lg Stufen pro m<sup>3</sup> Raumluf erreicht werden. Nach 20 Minuten wurden bereits mehr als 4lg Stufen Reduktion erreicht. Die höchste Keimreduktion wurde nach 30 Minuten nachgewiesen. Es waren zudem nach 30 Minuten keine Prüfkeime in dem Wirksamkeitsexperiment mehr in der Raumluf nachweisbar.

## **Beurteilung**

Das geprüfte Verfahren unter Einsatz von proOxion® XIW-Elektroden in Verbindung mit einem Raumlufentfeuchter kann wirksam die Prüfkeime in der Raumluf inaktivieren. Nach 30 Minuten konnten während des Wirksamkeitsexperimentes mit Ionisierung und mit Entfeuchtung keine Prüfkeime mehr in der Raumluf nachgewiesen werden (vgl. Referenzexperiment ohne Entfeuchtung nach 120 Minuten 5,84lg pro m<sup>3</sup> bzw. nach 30 Minuten in Referenzexperiment mit Entfeuchtung 4,84lg pro m<sup>3</sup>)

Eine zusätzliche Entfeuchtung der Luft wirkt als Booster für die Wirksamkeit des Ionisierungsverfahrens.

Die vorliegenden Ergebnisse in Bezug auf phiX174 lassen auf vergleichbare Reduktionsraten des Verfahrens auch in Bezug auf andere Viren (mindestens behüllte Viren, inkl. Coronaviren) schließen.



Der Einsatz von Ionisationsanlagen (geregelt Ionisation, keine Siemens-Röhren) bringt Ihnen im Kampf gegen COVID-19 folgende **sofortige** Vorteile und Ergebnisse:

1. Senkung der Feinstpartikel und Feinstaerosole  $< 2,5 \mu\text{m}$  (dazu gehört COVID-19 mit 120 nm) in der Raumluf bis zu 99,98% – somit sind die traditionellen Übertragungswege nahezu gekappt!
2. Damit verbunden Reduzierung der Ansteckungsgefahr durch Tröpfcheninfektion
3. Abbau der auf Flächen abgelagerten Bakterien und Viren (COVID-19)
4. Natürliches Desinfektionsverfahren – keine Chemie mit evtl. Nebenwirkungen
5. Sofort wirkendes Verfahren – Ergebnisse sofort messbar !
6. Die Geräte und Anlagen lassen sich in bestehende Lüftungsanlagen nachrüsten – keine Umbau der Lüftungsanlagen notwendig. Die Systeme arbeiten vollkommen autark – es wird nur eine 230 V-Steckdose in der Nähe benötigt.
7. Die Nachrüstung erfolgt schnell – im günstigsten Fall max. 1 h ohne Betriebsunterbrechung
8. Geringer Stromverbrauch – eine nachgerüstete Anlage für 50.000 m<sup>3</sup>/h Zuluft benötigt ca. 260 W , das sind bei 5 Ct./kWh = 0,19 €/50.000 m<sup>3</sup>/h
9. Außerordentlich sicher und robust – lange Standzeit, wenig Wartung
10. Lange Erfahrung (ca. 20 Jahre mit mehreren hundert Anlagen weltweit)