

## Analysenbericht über die entkeimende Wirkung des AmbiCube-Luftfilters der Fa. Keller Lufttechnik GmbH gegenüber viralen Luftkontaminationen

Bericht vom 25.02.2021



Auftraggeber:

Fa. Keller Lufttechnik GmbH + Co. KG

Neue Weilheimer Straße 30

73230 Kirchheim unter Teck

Auftragnehmer:

Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft

Abteilung Biologische Abluftreinigung

Bandtäle 2

70569 Stuttgart

Datum des Berichts: 25.02.2021

Version: 1

## 1. Zusammenfassung

Der bereitgestellte AmbiCube-Luftfilter wurde bei Luftvolumenströmen von 550 m<sup>3</sup>/h , 800 m<sup>3</sup>/h sowie 1000 m<sup>3</sup>/h gegenüber dem Testkeim Bakteriophage phi6 als Referenzstamm für SARS-CoV2 hin analysiert und weist folgende Reinigungsleistungen auf.

Spezies	Konzentration unbehandelte Luft (KBE/m <sup>3</sup> , entspricht Zulauf)	Konzentration behandelte Luft (KBE/m <sup>3</sup> , entspricht Ablauf)	Wirkungsgrad Entkeimung (%)
phi6, 550 m <sup>3</sup> /h	3,91 * 10 <sup>2</sup>	0,00 * 10 <sup>0</sup>	100,00
phi6, 550 m <sup>3</sup> /h	3,26 * 10 <sup>2</sup>	1,43 * 10 <sup>0</sup>	99,56
phi6, 550 m <sup>3</sup> /h	2,43 * 10 <sup>2</sup>	7,08 * 10 <sup>-1</sup>	99,71
phi6, 800 m <sup>3</sup> /h	7,80 * 10 <sup>3</sup>	1,38 * 10 <sup>0</sup>	99,98
phi6, 800 m <sup>3</sup> /h	1,46 * 10 <sup>4</sup>	1,57 * 10 <sup>0</sup>	99,99
phi6, 800 m <sup>3</sup> /h	8,85 * 10 <sup>1</sup>	0,00 * 10 <sup>0</sup>	100,00
phi6, 1000 m <sup>3</sup> /h	5,64 * 10 <sup>1</sup>	0,00 * 10 <sup>0</sup>	100,00
phi6, 1000 m <sup>3</sup> /h	3,75 * 10 <sup>2</sup>	7,80 * 10 <sup>-1</sup>	99,79
phi6, 1000 m <sup>3</sup> /h	6,11 * 10 <sup>4</sup>	5,25 * 10 <sup>1</sup>	99,91

## 2. Aufgabenstellung

Der bereitgestellte AmbiCube der Fa. Keller Lufttechnik GmbH sollte auf seine Reinigungseffizienz gegenüber viralen Standardtestkeimen als Referenzsystem für SARS-CoV2 hin geprüft werden. Das Gerät wurde dabei bei den Volumenströmen 550 m<sup>3</sup>/h, 800 m<sup>3</sup>/h sowie 1000 m<sup>3</sup>/h betrieben und die Reinigungsleistung für verschiedene Konzentrationsniveaus an Viren erfasst.

## 3. Versuchsaufbau und Analyseverfahren

Das industrielle Design des vorliegenden AmbiCube-Luftfilters erlaubt einen einfachen Anschluss des Geräts an DN400 Rohrleitungen, die dann eine definierte Einlauf- und Auslaufstrecke erlauben. Lufteintrittsseitig wurde die angesaugte Luft über einen F9-Faltenfilter vorgereinigt, um eine Querkontamination der Luft insbesondere mit Bakterien und Pilzen zu vermeiden (vgl. Abb. 1). Bedingt durch die Geometrie dieses F9-Filters und die damit einhergehenden Druckverluste im System konnte mit dem im AmbiCube installierten Ventilator nur ein Volumenstrom von 550 m<sup>3</sup>/h realisiert werden. Für die Betriebspunkte mit 800 m<sup>3</sup>/h sowie 1000 m<sup>3</sup>/h wurde saugseitig zusätzlich ein Seitenkanalverdichter installiert (vgl. Abb. 2). Die reibungsbedingte Aufheizung der Luftstrom lag bei < 1 °C (500 m<sup>3</sup>/h, entspricht 21 °C), ca. 4 °C (800 m<sup>3</sup>/h, entspricht 25 °C) bzw. ca. 6 °C (1000 m<sup>3</sup>/h, entspricht ca. 27 °C). Die beobachtete Maximaltemperatur von 27 °C stellt bei der beobachteten Kontaktzeit keinen letalen Stressor für den Virus dar.

Abstromseitig des Faltenfilters wurden über einen Vitrocell Nebulizer (p = 4 bar, Vernebelungsvolumen ca. 20 mL/h, Keimkonzentration Vorlage ca. 10<sup>8</sup> KBE/mL) ein mikrobiell kontaminiertes Prüfaerosol generiert. Nach ca. 3 m Einlaufstrecke (entspricht ca. 8fachem Rohrdurchmesser) bzw. ca. 1,5 m vor dem AmbiCube (entspricht ca. 3fachem Rohrdurchmesser) erfolgte die Beprobung der Rohluft. Ablaufseitig wurde die Probenahmestelle ebenfalls nach ca. 3 m Einlaufstrecke lokalisiert (entspricht ca. 8 fachem Rohrdurchmesser). Die Probenahme erfolgte isokinetisch mittels geeigneter Düse und Schwannenhals. Die Probenluft wurde nach ca. 30 cm Transferstrecke jeweils einem Andersen-Kassadenimpaktor mit einem Luftvolumenstrom von 28,3 NL/min zugeführt und virale Aerosole auf den eingelegten Platten niedergeschlagen. Die Vollmediumplatten mit

zusätzlich 5 mM  $MgSO_4$  wurden im Vorfeld mit in Weichagar eingegossenen *Pseudomonas* sp. HER1102 als viralem Rezipienten vorbehandelt. Nach Abscheidung der viralen Partikel erfolgte über Nacht die Inkubation bei 25 °C. Bedingt durch die lytische Wirkung des Virus werden die viralen Partikel indirekt über die Bildung der ‚plaque forming units‘, d.h. ausgebildeten Löchern im Bakterienrasen, quantifiziert. Die ausgezählten PFUs sind gemäß der zugehörigen MPN-Methode in den Stufen 3-6 zu korrigieren. Die summarischen Virenzahlen wurden auf das Probenvolumen bezogen, wodurch eine virale Konzentration in der Probenluft ermittelt werden kann.

Die Beprobungszeit von Roh- und Reingluft orientierte sich am Gesamtvolumenstrom sowie der vorgelegten Virenkonzentration und betrug zwischen 9-12 Minuten im Falle des Rohgases sowie 90 min im Reingas.

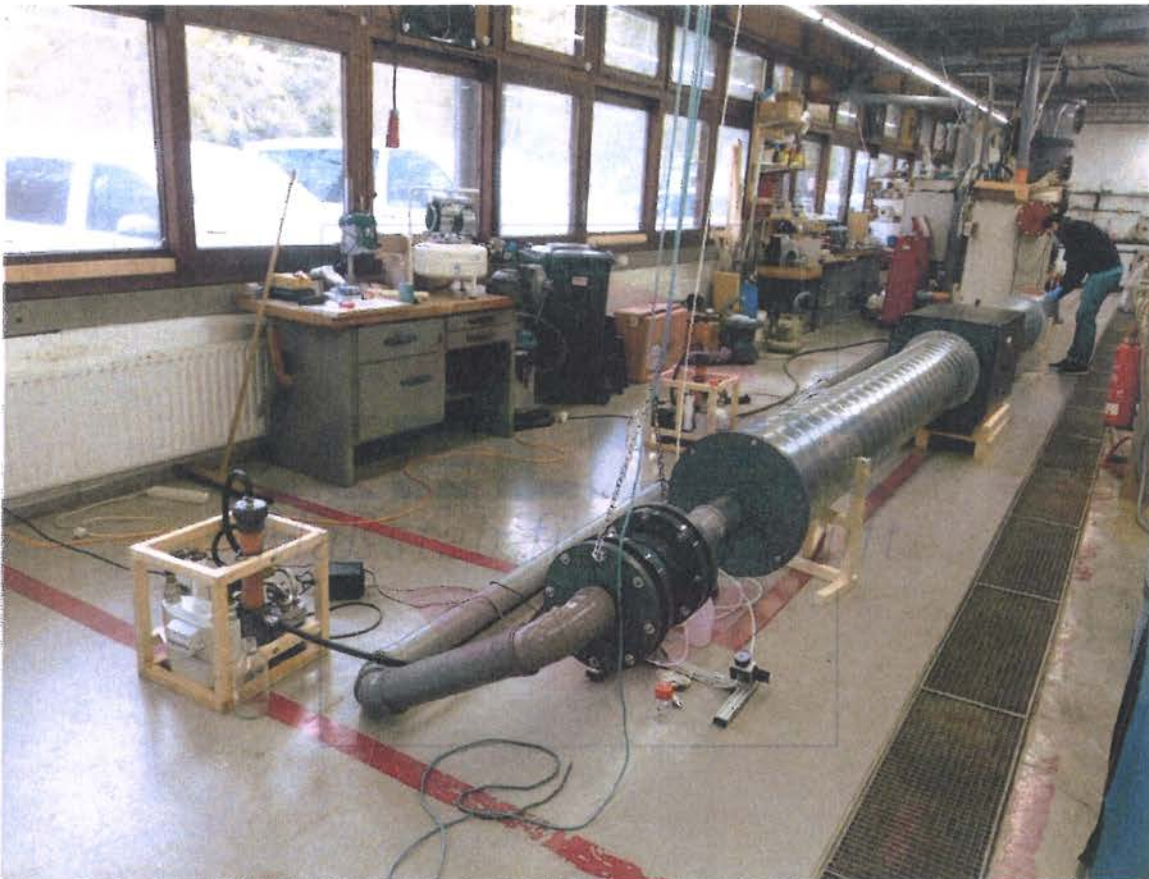


Abb. 1: Versuchsaufbau mit Zuleitung aus vorgeschaltetem Seitenkanalverdichter und F9-Faltenfilter (im Vordergrund) für die Bereitstellung erforderlicher keimarmen Luftbedingungen. Die Dosierung des Prüfaerosols erfolgte unmittelbar nach dem F9-Filter vor Aufweitung des Rohrs auf DN400.



Abb. 2: Probennahmestelle mit Andersen-Kassadenimpaktor und nachgeschalteter Pumpenmimik für Bereitstellung eines gerätespezifischen Luftvolumenstroms von 28,3 NL/min.

#### 4. Ergebnisse der Entkeimungsreihen

Die Entkeimungsergebnisse für den in Abschnitt 3 benannten Testorganismus phi6 sind zusammenfassend in Tabelle 1 dargestellt. Die zugrundeliegenden Messrohdaten können Anhang I entnommen werden.

Tab. 1: Zusammenfassung der auftretenden Roh- und Reingaskonzentration (vor bzw. nach Behandlung durch den AmbiCube-Luftfilter sowie die hierbei nachgewiesenen Entkeimungswirkungsgrade für den Testorganismus phi6 bei verschiedenen Volumenströmen und Partikelkonzentrationen..

Spezies	Konzentration unbehandelte Luft (KBE/m <sup>3</sup> , entspricht Zulauf)	Konzentration behandelte Luft (KBE/m <sup>3</sup> , entspricht Ablauf)	Wirkungsgrad Entkeimung (%)
phi6, 550 m <sup>3</sup> /h	3,91 * 10 <sup>2</sup>	0,00 * 10 <sup>0</sup>	100,00
phi6, 550 m <sup>3</sup> /h	3,26 * 10 <sup>2</sup>	1,43 * 10 <sup>0</sup>	99,56
phi6, 550 m <sup>3</sup> /h	2,43 * 10 <sup>2</sup>	7,08 * 10 <sup>-1</sup>	99,71
phi6, 800 m <sup>3</sup> /h	7,80 * 10 <sup>3</sup>	1,38 * 10 <sup>0</sup>	99,98
phi6, 800 m <sup>3</sup> /h	1,46 * 10 <sup>4</sup>	1,57 * 10 <sup>0</sup>	99,99
phi6, 800 m <sup>3</sup> /h	8,85 * 10 <sup>1</sup>	0,00 * 10 <sup>0</sup>	100,00
phi6, 1000 m <sup>3</sup> /h	5,64 * 10 <sup>1</sup>	0,00 * 10 <sup>0</sup>	100,00
phi6, 1000 m <sup>3</sup> /h	3,75 * 10 <sup>2</sup>	7,80 * 10 <sup>-1</sup>	99,79
phi6, 1000 m <sup>3</sup> /h	6,11 * 10 <sup>4</sup>	5,25 * 10 <sup>1</sup>	99,91

Die dargestellten Ergebnisse verdeutlichen eine keimspezifische Reinigungseffizienz von 99,56 – 100,00 % bei einer medialen Abscheideleistung von 99,982 %, die sich aufgrund des physikalischen Wirkprinzips des verbauten H14-Filters als nahezu volumenstromunabhängig zeigt



### 5. Anhang: Messrohdaten

Bezeichnung Volumenstrom Anlage (m³/h)	Lauf 1		Lauf 2		Lauf 3		Lauf 4		Lauf 5		Lauf 8	
	Unbeh. Luft	Beh. Luft	Unbeh. Luft	Beh. Luft	Unbeh. Luft	Beh. Luft	Unbeh. Luft	Beh. Luft	Unbeh. Luft	Beh. Luft	Unbeh. Luft	Beh. Luft
1	2	0	3	1	2	0	53	0	31	0	0	0
2	2	0	2	0	2	0	78	1	42	1	0	0
3	1	0	3	3	3	0	19	0	175	0	0	0
4	10	0	11	0	11	1	675	2	2427	2	9	0
5	70	0	60	0	44	1	1050	0	1565	1	17	0
6	48	0	31	0	19	0	963	1	752	0	4	0
Summe (KBE)	133	0	110	4	81	2	2838	4	4992	4	30	0
Gasuhr Start (m³)	26,717	31,016	27,057	33,802	27,394	36,600	27,728	39,424	28,092	42,328	29,113	49,986
Gasuhr Stop (m³)	27,057	33,802	27,394	36,600	27,728	39,424	28,092	42,328	28,435	44,877	29,452	52,483
Volumenstrom (m³/h)	0,340	2,786	0,337	2,798	0,334	2,824	0,364	2,904	0,343	2,549	0,339	2,497
Zeitintervall (min)	12	90	12	90	12	90	12	90	12	88	12	90
Konzentration (KBE/m³)	391	0	326	1	243	1	7797	1	14554	2	88	0
Konzentration (KBE/m³)	3,91*10 <sup>2</sup>	0,00*10 <sup>0</sup>	3,26*10 <sup>2</sup>	1,43*10 <sup>0</sup>	2,43*10 <sup>2</sup>	7,08*10 <sup>-1</sup>	7,80*10 <sup>3</sup>	1,38*10 <sup>0</sup>	1,46*10 <sup>4</sup>	1,57*10 <sup>0</sup>	8,85*10 <sup>1</sup>	0,00*10 <sup>0</sup>
Wirkungsgrad	100,00%		99,56%		99,71%		99,98%		99,99%		100,00%	
Vol spez. Median	99,708%											99,989%

Bezeichnung Volumenstrom Anlage (m <sup>3</sup> /h)	Lauf 6			Lauf 7			Lauf 9		
	1000			1000			1000		
	Unbeh. Luft	Beh. Luft		Unbeh. Luft	Beh. Luft		Unbeh. Luft	Beh. Luft	
1	3	0		26	0		196	0	
2	5	0		6	0		118	0	
3	0	0		1	0		3528	3	
4	3	0		18	1		5766	4	
5	4	0		50	0		3427	111	
6	4	0		27	1		2427	16	
Summe (KBE)	19	0		128	2		15462	134	
Gasuhr Start (m <sup>3</sup> )	28,435	44,877		28,772	47,430		29,452	52,483	
Gasuhr Stop (m <sup>3</sup> )	28,772	47,430		29,113	49,986		29,705	55,038	
Volumenstrom (m <sup>3</sup> /h)	0,337	2,553		0,341	2,556		0,253	2,555	
Zeitintervall (min)	12	90		12	90		9	90	
Konzentration (KBE/m <sup>3</sup> )	56	0		375	1		6115	52	
Konzentration (KBE/m <sup>3</sup> )	5,64*10 <sup>1</sup>	0,00*10 <sup>0</sup>		3,75*10 <sup>2</sup>	7,80*10 <sup>-1</sup>		6,11*10 <sup>4</sup>	5,25*10 <sup>1</sup>	
Wirkungsgrad	100,00%			99,79%			99,91%		
Median volumenspez.				99,914%					
Median gesamt				99,982%					
Mittelwert gesamt				99,883%					

Wir hoffen, dass die ausgeführten Arbeiten Ihren Vorstellungen entsprechen und würden uns über eine weitere Zusammenarbeit freuen.



PD Dr.-Ing. habil. D. Dobslaw



Prof. Dr. K.-H. Engesser

