



# Messung und Bewertung der Keim- und Staubpartikelreduktion in Aufenthaltsräumen durch den Luftreiniger Air Cleaner Compact der Firma BENCHALIST

Gutachten Nr. 0621/17

Erstellt im Auftrag der  
Benchalist  
Freiberger Straße 304  
D-09526 Olbernhau / OT Hallbach

05. Juli 2021



---

Labor für Arbeits- und Umwelthygiene  
Dr. rer. nat. Thomas Missel  
Tiefe Trift 6  
D-30916 Isernhagen / Hannover  
Telefon 05139 / 959 9259  
und 0172 / 515 00 42  
Fax 05139 / 982 4506

## 5 Zusammenfassung der Messergebnisse

### 5.1 Procedere der Leistungskennadatengewinnung

Bei der Beurteilung der Leistungskenndaten des Luftreinigers Air Cleaner Compact in Sachen Reduktion der Luftkeimzahlen war hinsichtlich des Eingabewerts und des Beurteilungsparameters zunächst zu unterscheiden zwischen Mikroorganismen-Emissionen und Mikroorganismen-Immissionen in den Innenräumen. Mikroorganismen -Emissionen in personenfrequentierten Innenräumen sind im Vordergrund Bakterienfreisetzungen vom menschlichen Körper. Hierbei handelt es sich vor allem um Kommensalen, also Bakterien der Hautflora (z.B. diverse Kokken-Typen). Mikroorganismen-Immissionen sind Einträge von außen, zu denen es bei jedem Lüften über Fenster kommt. Bei den mikrobiellen Immissionen handelt es sich weit überwiegend um Pilze und pigmentierte Hefen. Bezüglich partikulärer Immissionen sind im Vordergrund Feinpartikeleinträge mit Partikeldurchmessern kleiner 1,0 µm festzustellen.

Bei der Festlegung von „Erwartungswerten“ an die Leistungskenndaten dieses Luftreinigers im Hinblick auf die Reduktion der Luftkeimzahlen ist folgendes zu berücksichtigen. Bakterienpartikel, die von Menschen in die Luft eines geschlossenen Raumes abgegeben werden, müssen sich erst im Raum verteilen, bevor sie von einem Luftreinigungsgerät erfasst und in dem Filter abgeschieden werden können. Bei dem mikrobiologischen Parameter Gesamtbakterien in Aufenthaltsräumen waren „Nullbelastungen“ durch Luftreinigungsgeräte aufgrund der ständig stattfindenden Bakterienemissionen durch den Menschen deshalb von vorneherein generell *unmöglich* erreichbar.

Demgegenüber unterliegen die Belastungen der maßgeblich von außen in die Klassenräume eingetragenen Pilze und Hefen nach dem Schließen der Fenster erwartungsgemäß einer grundlegend anderen Abklingkinetik im zeitlichen Verlauf der Raumbenutzung.

Infizierte Personen geben infektiöse Viruspartikel laufend in die Umgebung ab. Bakterien werden von allen Menschen, Infizierten und nicht-Infizierten, ständig und unvermeidbar in die Luft abgegeben. Bei dem Versuchsansatz der vorliegenden Expertise wird der Bakterienpool in der Innenraumluft ständig nachgefüllt, wie das bei der Freisetzung von Viruspartikeln bei Anwesenheit infizierter Personen zu erwarten ist. Dieser Ansatz der Nachweisführung bei der Reinigungseffizienzbeurteilung wird als wesentlich realitätsnaher erachtet als Prüfungen, bei denen zur Simulation einer Viruspartikelfreisetzung einmalig zu Versuchsbeginn feinputikuläre künstliche Aerosole vernebelt und der Verlauf der Abklingphase nach dem Emissionsereignis aufgezeichnet wird. Bei Versuchsansätzen wie dem Vorliegenden war deshalb von vorneherein mit geringeren Reinigungseffizienzquoten von Luftreinigern zu rechnen als bei vorgenannten Versuchen mit einmalig eingebrachten Aerosolwolken ganz bestimmter Qualität und Quantität.

Bei den Versuchsbedingungen dieser Raumluftprüfungen an dem Air Cleaner Compact der Firma BENCHALIST können in Sachen bakterielle Emissionen durch sitzende und wenig bewegungsaktive Menschen  $3,0 \times 10^4$  bis  $4,0 \times 10^4$  KBE Bakterien je Mensch und Stunde und bei bewegungsaktiven und viel sprechen Probanden etwa  $2,0 \times 10^5$  KBE Bakterien je Mensch und Stunde angegeben werden. Laufende Bakterienfreisetzungen in diesen Größenordnungen wirkten bei den im Rahmen der vorliegenden Expertise vollzogenen Prüfungen der ständigen Luftentstaubung durch die Luftreiniger entgegen.

Nach Einschätzung des Unterzeichners ist eine möglichst optimale Verteilung der aus einem Luftreiniger austretenden, entkeimten Luft in dem gesamten Raum ein nahezu ebenso wichtiger Faktor bei der real feststellbaren Leistungseffizienz eines Geräts wie die Luftmengen, die das Gerät je Stunde passieren und die Luftwechselrate, die sich in einem Raum bestimmter Größe dadurch ergibt.

Den Ergebnissen der statistischen Datenauswertung der zeit- und ortskombinierten Partikel- und Luftkeimmessungen zufolge sind Bakterien in der Innenraumluft überwiegend mit dem Partikel-Kollektiv im unteren Mikrometerbereich, genauer im Bereich  $1 - 10 \mu\text{m}$  assoziiert. Den Angaben in der Literatur zufolge sind auch wesentliche Teile des infektiösen luftgetragenen Viruspartikelkollektivs in Aufenthaltsräumen in diesem Partikel-Größenfenster zu finden. Insofern können Bakterienpartikel im Größenfenster  $1-10 \mu\text{m}$  befugt als aussagekräftige Ersatzparameter bei der qualifizierten Effektivitätsbeurteilung der Lüftungstechnischen Anlagen im Hinblick auf die Reduzierung des Infektionsdrucks, der durch ständige Ausstöße von Coronaviren durch infizierte Personen auf nicht infizierten Personen lastet, anerkannt werden. Bakterien in der Luft sind wesentlich zuverlässiger und mit höherer Sensitivität und vor allem deutlich schneller und kosteneffizienter in Luft zu erfassen und nachzuweisen als Viren.

Die Vorteile liegen auf der Hand, weil Effektivitätsüberprüfungen von Luftreinigern dadurch schnell und kosteneffizient möglich gemacht werden können.

Kohlendioxid ist kein geeigneter Parameter zur Überprüfung der mikrobiologischen Innenraumluftqualität zumindest bei gleichzeitigem Betrieb von technischen Luftreinigungsmaßnahmen. Korrelationen zwischen Kohlendioxidkonzentrationen und Aerosolpartikel- bzw. Bakterien-Konzentrationen waren bei Betrieb des Luftreiniger nicht darstellbar und auch von vorneherein nicht zu erwarten.

## 5.2 Leistungskennndaten des Luftreinigers

Die Ergebnisse der Überprüfung der Luftreinigungseffizienz des Luftreinigungsgeräts der Firma BENCHALIST in Innenräumen können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Ausgehend von einer Bakterienbelastung von etwa 800 KBE/m<sup>3</sup> in einem Aufenthaltsraum wurde bei einem Luftwechsel etwas unter 15-fach/h durch den Luftreiniger **ohne anwesende Menschen** und damit ohne weitere Bakterienfreisetzungen (stationäre Bedingungen) innerhalb von 30 Minuten eine Reduktion auf etwa 10 KBE/m<sup>3</sup> aufgezeichnet. Die Bakterienreduktion betrug nach 30 Minuten damit etwa 98% bis 99%.
2. Die Halbwertszeit der Bakterienreduktion, d.h. die Abnahme der Bakterienkonzentration auf die Hälfte des Ausgangswerts vor Inbetriebnahme des Luftreinigers, beträgt bei stationären Bedingungen weniger als 5 Minuten, 25% der Ausgangsbelastung wurden nach etwa 8 Minuten erreicht. Diese Leistungskennwerte entsprechen der unter der Voraussetzung einer optimalen Luftdurchmischung bei einer Luftwechselrate 15-fach logischen Verlaufsprognose ziemlich genau. Die vom Hersteller für die betreffende Geräteeinstellung angegebenen Luftdurchsatzmengen werden damit bestätigt.
3. In demselben Aufenthaltsraum mit **4 ständig anwesenden Personen** wurde ausgehend von einer Bakterienbelastung von etwa 5.000 KBE/m<sup>3</sup> bei einem Luftwechsel von 15-fach/h innerhalb von 30 Minuten eine Reduktion auf etwa 1.500 KBE/m<sup>3</sup> erzielt. Die Bakterienreduktion fiel mit etwa 70% nach 30 Minuten damit deutlich geringer aus als im Versuch ohne ständige anthropogene Bakterienquellen. Bei Einberechnung der (bekannten) laufenden Bakterienfreisetzung durch die Probanden (Kap. 5.1) und unter der Voraussetzung einer optimalen Durchmischung von gereinigter Luft und „verbrauchter“ Luft werden bei diesem Luftwechsel nach 30 Minuten weniger als 10 % bakterielle Restbelastung prognostiziert. Diese Bakterienreduktionsrate wurde verfehlt.
4. Die Abweichung der „wahren“ Keimreduktion von der logisch prognostizierten unter 3. kann befriedigend mit der nicht optimalen Durchmischung von gereinigter Luft und „verbrauchter“ Raumluft erklärt werden. Bei einem auf dem Boden stehenden Luftreiniger mit einem Luftmengen- / Austrittsflächenverhältnis wie dem geprüften Gerät ist eine optimale Verteilung gereinigter Luft im Raum physikalisch nicht möglich. Durch Luftverwirbelungen, die z.B. durch einen sich im Raum bewegendes Probanden hervorgerufen werden, wird insbesondere in der ersten Versuchszeit nach Inbetriebnahme des Reinigers immer wieder und unvermeidbar bakterienpartikelbeladene Luft aus bis dahin nicht erfassten „Toträumen“ in zentralere Raumbereiche „eingemischt“.

5. In einem Hobbyraum mit bewegungsaktivem und stark bakterienemittierendem Spielbetrieb von **4 Personen** wurde ausgehend von einer Bakterienbelastung von etwa 10.000 KBE/m<sup>3</sup> bei einem Luftwechsel 18-fach/h durch den Luftreiniger eine Reduktion auf etwa 1.000 KBE/m<sup>3</sup> erzielt. Die Bakterienreduktion fiel mit etwa 10% trotz der um einen Faktor von 5 höheren Bakterienfreisetzungsrates durch die anwesenden Personen beim Spiel damit deutlich größer aus als bei den Messungen mit 15-fachem Luftwechsel im Aufenthaltsraum.
6. Bei Verwendung der anthropogenen Bakterienfreisetzungsrates, die für den bewegungsaktiven Spielbetrieb ermittelt wurde und Zugrundlegung idealisierter Bedingungen in Sachen Luftdurchmischung im Raum werden bei 18-fachem Luftwechsel durch einen Luftreiniger mit H14-Filter nach 30 Minuten 10 % bakterielle Restbelastung prognostiziert. Die anhand logischer Überlegungen erwartbare Bakterienreduktion wurde bei diesem Versuch damit **erreicht**.
7. In dem Aufenthaltsraum wurde die Partikelbelastung im Partikel-Größenbereich < 1 µm bei 15-fachem Luftwechsel / h innerhalb von 30 Minuten auf Werte zwischen 1% und 2% Restbelastung reduziert. Aerosolpartikel der Größe 1-10 µm werden von den anwesenden Personen in messbarer und gesamthygienisch relevanter Zahl freigesetzt. Die Reduktionsraten bei den Partikeln 1 bis 10 µm fallen deshalb signifikant geringer aus als bei den Partikeln kleiner 1 µm. Partikel im Größenbereich 1 bis 10 µm wurden bei einem 15-fachen Luftwechsel h<sup>-1</sup> innerhalb von 30 Minuten auf etwa 10% Restbelastung reduziert.
8. Im vergleichsweise stark partikelemittierenden **Spielbetrieb im Hobbyraum** wirken laufende Emissionen der Luftentstaubung durch die Luftreiniger wesentlich stärker entgegen als im Aufenthaltsraum. Die Reduktionsrate bei den Feinpartikeln < 1,0 µm betrug bei 18-fachem Luftwechsel h<sup>-1</sup> nach 20 Minuten noch 87%. In der mikrobiologisch relevanten Partikel-Größenfraktion 1 bis 10 µm fällt die Reduktionsrate innerhalb des Zeitfensters der ersten 20 Minuten zwar signifikant geringer aus als bei den Partikeln kleiner 1 µm (etwa 20% Restbelastung). Nach 30 Minuten wurde in der Partikel-Größenfraktion 1 bis 10 µm aber eine Reduktionsrate von etwa 98% verbucht.
9. Die Ergebnisse vorangegangener Prüfungen dieser Art des Labors für Arbeits- und Umwelthygiene ließen erwarten, dass die Keimreduktionsleistung eines leistungsstarken Luftreinigers bis zu einem gewissen Punkt, der noch ermittelt werden müsste, umso höher ausfallen wird, je höher die Ausgangsbelastung direkt vor Inbetriebnahme der Luftreinigungsmaßnahme ausfällt. Dies wurde in der vorliegenden Studie bestätigt: Die Ergebnisse der Bakterien- und Staubpartikelmessungen in dem Hobbyraum belegen, dass die Reinigungsleistung des Luftreinigers (in %) bei den hygienisch relevanten Partikelgrößen (1-10 µm) umso höher ausfällt, je höher die laufende Partikel- bzw. Bakterienfreisetzung während einer Austestung eingestellt ist.

10. Eine Ansteckung direkt von Mensch zu Mensch z.B. durch Einatmen von Hustenaerosolen von einem infizierten Mitmenschen in der Nähe kann mit einem konzentrationsverdünnend wirkenden Luftreiniger generell nicht verhindert werden. Es ist anhand der Leistungskenndaten, die in dieser Studie ermittelt wurden, aber mit Sicherheit davon auszugehen, dass Luftreiniger der Firma BENCHALIST das Infektionsrisiko in personenfrequentierten Innenräumen in erheblichem Maße senken können, da der Infektionsdruck durch laufende Entnahme potenziell infektiöser Aerosolpartikel niedrig gehalten wird.
11. So genannte *Schutzfaktoren* für Atemschutzmasken geben das von einer bestimmten Atemschutzgeräteklasse erwartete Maß an Schutz gegen schwebfähige Partikel an. Zum Vergleich der Prüfergebnisse der vorliegenden Expertise im Hinblick auf die prozentuale Bakterienreduktion werden die Schutzfaktoren von partikelfiltrierenden Halbmasken gegen schwebfähige Partikel in der Luft, wie z.B. Schimmelpilze, aufgerufen wie folgt:

| Typ Maske | Schutzfaktor | Reduktion  |
|-----------|--------------|------------|
| FFP1      | 4            | 100% → 25% |
| FFP2      | 10           | 100% → 10% |
| FFP3      | 30           | 100% → 3%  |

Quelle: Beschluss 45/2011 des Ausschusses für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS) vom 05.12.2011: Stellungnahme „Kriterien zur Auswahl der PSA bei Gefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe“

Den Prüfergebnissen zufolge hat der getestete Luftreiniger der Firma BENCHALIST bei ständigem Betrieb gegen anthropogene Bakterien in der Innenraumluft einen Schutzfaktor mindestens analog partikelfiltrierenden FFP2-Atemschutzmasken gegen schwebpartikuläre Gefahrstoffe aufzubieten. Gegen die hier gemessenen Gesamtpartikel - und damit mit großer Wahrscheinlichkeit auch gegen infektiöse Coronaviren - können Schutzfaktoren *mindestens* zwischen FFP2- und FFP3- Atemschutzmasken erwartet werden.

## 6 Kurzzusammenfassung

Zur Quantifizierung der allgemeinen Innenraumluftentkeimung durch einen Luftreiniger der BENCHALIST wurden im Wesentlichen mit Bakterien vom menschlichen Körper und mit Ubiquitärem von außen mikrobiell grundbelastete, ab einem bestimmten Zeitpunkt personenfrequentierte Innenräume einer Luftreinigung unterzogen. Zielsetzung war der Funktionstest des Luftreinigers AIR CLEANER Compact unter uneingeschränkt realen Bedingungen mit Personen / Menschen in geschlossenen Räumen. Die Kinetik der Raumluftentkeimung und Raumluftentstaubung ab Inbetriebnahme des Luftreinigers wurde mit kontinuierlichen Staupartikelmessungen und wiederholten Kurzzeit-Impaktions-Luftkeimmessungen detailliert aufgezeichnet bzw. nachverfolgt. Die wichtigsten Ergebnisse der Messungen sind wie folgt:

- Bakterienpartikel im Größenfenster 1-10 µm können befugt als aussagekräftige Ersatzparameter bei der qualifizierten Effektivitätsbeurteilung der Lüftungstechnischen Anlagen im Hinblick auf die Reduzierung des Infektionsdrucks, der durch ständige Ausstöße von Coronaviren durch infizierte Personen auf nicht infizierte Personen lastet, anerkannt werden.
- Bei einem Luftwechsel von 15-fach/h **ohne anwesende Menschen** wurde durch den Luftreiniger und innerhalb von 30 Minuten eine Bakterienreduktion um etwa 98% bis 99% erreicht.
- Dieser Leistungskennwert entspricht den anhand logischer Zusammenhänge erstellten Verlaufsprognosen ziemlich genau.
- Die vom Gerätehersteller BENCHALIST für die ausgetesteten Geräteeinstellungen angegebenen Luftdurchsatzmengen werden durch einen Vergleich der real gemessenen Bakterien- und Partikelzahlen mit den bei den jeweiligen Betriebs- und Umgebungsbedingungen logischen Belastungsentwicklungen bestätigt.
- In einem Aufenthaltsraum mit 4 **anwesenden Probanden** wurde bei 15-fachem Luftwechsel nach 30 Minuten zwar eine deutlich höhere bakterielle Restbelastung gemessen als logisch erwartbar. Die Gründe hierfür dürften aber lediglich in einer nicht optimalen Verteilung gereinigter Luft im Testraum in der ersten Versuchszeit ab Start des Reinigers liegen. In einem Hobbyraum mit bewegungsaktivem und stark bakterienemittierendem Spielbetrieb von 4 Personen wurde bei einem 18-fachem Luftwechsel / h durch den Luftreiniger die als erforderlich angesehene Reduktion von mindestens 90% erreicht. Die Bakterienelimination durch den Luftreiniger fiel bei hoher Bakterienemission damit deutlich effizienter aus als bei eher niedrigen Bakterienfreisetzungsraten und -konzentrationen.
- Die gegenüber der Geräte-austestung im Aufenthaltsraum deutlich schneller vorstattengehende Durchmischung von gereinigter Luft und „verbrauchter“ Luft durch die wesentlich bewegungsaktiveren Probanden in dem dazu kleineren Hobbyraum (größere RPL) dürften zu diesem Prüfergebnis beigetragen haben.



- Es kann davon ausgegangen werden, dass Partikel im Größenbereich  $< 1 \mu\text{m}$  mit diesem Luftreiniger bei einem 15-fachen Luftwechsel / h innerhalb von 30 Minuten auf eine Restbelastung zwischen 1% und 2% reduziert werden können. Aerosolpartikel der Größe 1-10  $\mu\text{m}$  werden von in einem Raum anwesenden Personen in messbarer und gesamthygienisch relevanter Zahl freigesetzt. Partikel dieser Größe wurden bei einem 15-fachen Luftwechsel  $\text{h}^{-1}$  von dem Reiniger innerhalb von 30 Minuten auf etwa 10% Restbelastung reduziert.
- Den Prüfergebnissen zufolge kann der getestete Luftreiniger der BENCHALIST bei ständigem Betrieb gegen anthropogene Bakterien in der Innenraumluft auch bei stark humanpartikelemittierender Raumnutzung so lange einen Schutzfaktor *mindestens* analog partikelfiltrierenden FFP2-Atemschutzmasken gegen schwebpartikuläre Gefahrstoffe aufbieten, wie die Luftmengen in einem angemessenen Verhältnis zum Raumvolumen stehen (s.u.).
- Mit einem 6-fachen Luftwechsel, wie er verschiedentlich als ausreichend zur entscheidenden Verringerung des Infektionsrisikos durch luftgetragene Viren propagiert wird, ist bereits bei „*mittlerer Menschendichte*“ (RPL = 0,05 – 0,20) und bei eher geringer körperlicher Aktivität der Anwesenden im Raum allenfalls ein Schutzfaktor-Analog zwischen FFP1- und FFP2-Masken zu erreichen.
- Anhand der Ergebnisse dieser und vorangegangener Geräteauswertungen mit den Verfahren des Labors für Arbeits- und Umwelthygiene kann die Empfehlung ausgesprochen werden, Luftreiniger zur Sicherstellung eines FFP2-analogen Schutzfaktors in Räumen bereits bei „*mittlerer Menschendichte*“ (RPL = 0,05 – 0,20) und bei eher geringer körperlicher Aktivität der Anwesenden mindestens bei einem 10- bis 15-fachen Luftwechsel zu betreiben. In Zeiten mit stärkerer Personenfrequentierung und / oder bei zunehmender körperlicher Aktivität bzw. Partikelfreisetzung sollte die Luftwechselrate angepasst und erhöht werden.
- Der Air Cleaner Compact hat bei Luftmengen gemäß Datenblatt von nominell bis über 2.000  $\text{m}^3/\text{h}$  scheinbar Reserven aufzubieten. Nach unserer Einschätzung sollte mit einem Luftreiniger dieses Typs der Firma BENCHALIST ein FFP2-analoger Schutz (Schutzfaktor 10) gegenüber anthropogenen Aerosolpartikeln der Größe 1-10  $\mu\text{m}$  bei „*mittlerer Menschendichte*“ und eher geringer körperlicher Aktivität bis 130  $\text{m}^3$  Raumluftvolumen gewährleistet werden können (d.h. 15-facher Luftwechsel). Bei „*geringer Menschendichte und -aktivität*“ sollte mit dem getesteten AIR CLEANER compact bei 2.000  $\text{m}^3/\text{h}$  ein FFP2-analoger Schutzfaktor bis Raumvolumen von etwa 130 bis 200  $\text{m}^3$  erreicht werden können (d.h. 10-15-facher Luftwechsel).
- Ein Schutzfaktor-Analog zwischen FFP1 und FFP2 (6-facher Luftwechsel/h) sollte bei einer Geräteleistung von 2.000  $\text{m}^3/\text{h}$  unter der Voraussetzung einer möglichst optimalen Luftverteilung bis zu einer Raumgröße von etwa 300 -350  $\text{m}^3$  erreicht werden können.



- Es wird empfohlen, Luftreiniger dieses Typs möglichst so im Raum zu positionieren, dass eine optimal effiziente Luftverteilung erzielt werden kann.

Isernhagen, 05.07.2021



Dr. Thomas Missel

Öffentlich bestellt und vereidigt als Sachverständiger für Schimmelpilze und Feuchtigkeit in Innenräumen

## 7 Literatur

- (1) ANALYSE DER VERBREITUNG AEROGENER VIREN ÜBER RAUMLUFTTECHNISCHE ANLAGEN UND ENTWICKLUNG VON DESINFEKTIONSMAßNAHME. Forschungsvorhaben S 770. Gefördert durch die Stiftung Industrieforschung (2009). Hrsg.: Institut für Laboratoriums- und Transfusionsmedizin, Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen an der Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum, Georgstraße 11, 32545 Bad Oeynhausen
- (2) JULIAN W. TANG, ANDRE D. NICOLLE, CHRISTIAN A. KLETTNER, JOVAN PANTELIC, LIANGDE WANG, AMIN BIN SUHAIMI, ASHLYNN Y. L. TAN, GARRETT W. X. ONG, RUIKUN SU, CHANDRA SEKHAR, DAVID D. W. CHEONG, KWOK WAI THAM (2013). Airflow Dynamics of Human Jets: Sneezing and Breathing - Potential Sources of Infectious Aerosols. In: PLOS ONE, [www.plosone.org](http://www.plosone.org), 1 April 2013, Volume 8 Issue 4 e59970
- (3) J. P. DUGUID, M.B. THE SIZE AND THE DURATION OF AIR-CARRIAGE OF RESPIRATORY DROPLETS AND DROPLET-NUCLEI. Downloaded from <https://www.cambridge.org/core>. IP address: 46.83.148.101, on 01 May 2020 at 11:31:35, subject to the Cambridge Core terms of use, available at <https://www.cambridge.org/core/terms>. <https://doi.org/10.1017/S0022172400019288>
- (4) LYDIA BOUROUIBA, ELINE DEHANDSCHOEWERCKER AND JOHN W. M. BUSH (2014). Violent expiratory events: on coughing and sneezing. J. Fluid Mech. (2014), vol. 745, pp. 537–563. !c Cambridge University Press 2014 doi:10.1017/jfm.2014.88
- (5) MISSEL, T. UND FELTEN, C. (2006). Wirksamkeitsüberprüfung Technischer Schutzmaßnahmen in der Abfallwirtschaft mit der Korrelierten Partikelzählung. Ergo-Med Nr. 3 06/2006, S. 84-89
- (6) SCHAPPLER-SCHEELE, B., HARTUNG, J., SCHÜRMANN, W., MISSEL, T., BENNING, C. UND WEBER, J. (1998). Untersuchung der gesundheitlichen Gefährdung von Arbeitnehmern der Abfallwirtschaft in Kompostieranlagen (Projekt 04.006). Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - Forschung, 1998.
- (7) MISSEL, T. UND HARTUNG (2005). Partikelzählung zur Erfassung von Schimmelpilzen in der Arbeitsplatzatmosphäre. (Projekt Fb 1043). Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin – Forschung 2005, ISSN 1433-2086, ISBN 3-86509-298-5
- (8) MISSEL, T. (1997). Beurteilung der Wirksamkeit keimemissionsmindernder Maßnahmen in Wertstoffsortieranlagen. BIA - Handbuch 29. Lfg. VII / 97
- (9) MISSEL, T. (1997). Messung von Luftkeimen in Wertstoffsortieranlagen. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 57, Springer - VDI Verlag 1997: S. 311 - 118
- (10) FELTEN, CF., ALBRECHT, A., MISSEL, T. UND WILLER, E. (2006). Schimmelpilzkonzentrationen an Arbeitsplätzen in Kompostierungsanlagen im Vergleich zum technischen Kontrollwert der TRBA 211. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, FB 1081, 2007, ISBN-10: 3-86509-593-3, ISSN 1433-2086

## 8 ANHANG

## BENCHALIST

Benchalist | Freiburger Str. 304 | 09526 Olbernhau

Labor für Arbeits- und Umwelthygiene

Dr. Thomas Missel

Tiefe Trift 6

D-30916 Isernhagen / Hannover

Telefon

+49 37360 72114

Fax

+49 37360 72113

E-Mail

contact@benchalist.com

Web

www.benchalist.com

21.06.2021

## Air Cleaner compact - 2 Ventilatoren ---- Praxistest von Dr. Thomas Missel ----

| Stufe: | Luftmenge<br>[m³/h] | Leistung<br>Ventilatoren in % | Luftgeschwindigkeit<br>Austritt Hepa-<br>Filter in m/s | Leistungs-<br>aufnahme<br>[W] |
|--------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 0      | 0 m³/h              | 0%                            |                                                        | 3 W                           |
| 10     | 400 m³/h            | 28%                           | 0,32                                                   | 17,5 W                        |
| 20     | 540 m³/h            | 32%                           | 0,43                                                   | 24,5 W                        |
| 30     | 702 m³/h            | 36%                           | 0,55                                                   | 34,5 W                        |
| 40     | 865 m³/h            | 40%                           | 0,68                                                   | 48 W                          |
| 50     | 980 m³/h            | 43%                           | 0,77                                                   | 62 W                          |
| 60     | 1170 m³/h           | 47%                           | 0,92                                                   | 82 W                          |
| 70     | 1370 m³/h           | 52%                           | 1,1                                                    | 106 W                         |
| 80     | 1500 m³/h           | 55%                           | 1,18                                                   | 137 W                         |
| 90     | 1660 m³/h           | 58%                           | 1,31                                                   | 169 W                         |
| 100    | 1750 m³/h           | 61%                           | 1,43                                                   | 174 W                         |

Messgerät: Messgerät TESTO 440 + kalibrierte 100mm Flügelradsonde TESTO mit Bluetooth

Messvorgang: Punktuelle Messung an 24 Messstellen an Ausblasseite, im Abstand von 15mm zum HEPA-Filter

Inhaber: GÖRG Möbel Manufaktur  
Freiburger Str. 304  
09526 OlbernhauAmtsgericht Marienberg  
St.-Nr.: 228/224/00608  
UST-IdNr.: DE234235853Volksbank Mittleres Erzgebirge  
IBAN: DE78870690750501092207  
BIC: GENODEF3333