

Dipl. Ing. PETER TAPPLER

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
1150 Wien, Stutterheimstr. 16-18/Stg.2/2.Stock/16m
T 0664/3008093, Fax 01/9838080-15
p.tappler@innenraumanalytik.at
<http://tappler.innenraumanalytik.at>



BEURTEILUNG DER FUNKTIONALITÄT UND EFFIZIENZ EINER LUFTREINIGUNGSTECHNOLOGIE

**AIRGIRL
CLEANROOM TECHNOLOGY AUSTRIA GMBH**

GUTACHTERLICHE STELLUNGNAHME

Projektnummer: **Z1059**

Auftraggeber: Cleanroom Technology Austria GmbH
IZ-NÖ-Süd, Strasse 10, Objekt 60
A-2355 Wiener Neudorf

Aussteller: **Dipl. Ing. Peter Tappler**
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
Reinhaltung der Luft – Belastungen der Innenraumluft
Mikrobiologie – Schimmelbelastungen in Innenräumen
Bauchemie, Baustoffe – Schadstoffgehalt und Emissionen von Baustoffen

1150 Wien, Stutterheimstr. 16-18/Stg.2/2.Stock/16m
Tel: 0664-300 80 93 Fax: 01-983 80 80-15
e-mail: p.tappler@innenraumanalytik.at
home: <http://tappler.innenraumanalytik.at>

Datum der Ausstellung: 28.11.2021

INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung der Problematik und Ergebnisse der Prüfung.....	3
2	Aufgabenstellung	4
3	Verwendete Unterlagen.....	4
4	Einführung und Hintergrund	4
5	Angaben zum „AirGirl“ Luftreinigungsgerät	6
6	Simulationen und Messungen.....	7
6.1	CFD-Simulationen	7
6.2	Messtechnische Überprüfung der Wirksamkeit.....	9
7	Gutachterliche Einschätzung des Luftreinigungsgerätes „AirGirl“	12

1 Zusammenfassung der Problematik und Ergebnisse der Prüfung

Es ist davon auszugehen, dass sich das Luftreinigungsgerät „AirGirl“ unter Verwendung von Schwebstofffiltern (HEPA-Filter H14 nach EN 1822) auf Grund der zur Verfügung gestellten Unterlagen¹ dazu eignet, in Innenräumen Aerosole im Größenbereich unter 1 µm und darauf haftende/enthaltene Viren, aber auch größere Partikel zu reduzieren.

Vor allem in Hinblick auf die Vermeidung von Übertragungen von aerosolgetragenen Viren (bspw. SARS-CoV-2) oder Bakterien sowie anderen Raumluftinhaltsstoffen wie Allergenen über den Luftweg, kann das Gerät „AirGirl“ unter Verwendung von HEPA-Filtern der Filterklasse H14 – sofern es auf geeignete Weise zur Luftreinigung eingesetzt wird – einen Beitrag zur Infektionsprophylaxe und Erhaltung der Gesundheit liefern.

Die eingesetzte Technologie lässt bei einem geeigneten Verhältnis zwischen Luftleistung und Raumvolumen, sowie einer korrekten Aufstellung des Gerätes, in Folge dessen eine wirkungsvolle Durchströmung des gesamten Raums erreicht wird, eine ausreichende Reinigungswirkung durch eine zu erwartende Abnahme der Aerosolkonzentrationen infolge der Abscheidung auf den Schwebstofffiltern (HEPA-Filter H14 nach EN 1822) erwarten.

Vorteile der angewendeten Technologie gegenüber Geräten mit anderen Reinigungssystemen (z.B. bestimmte UV-Geräte) können sich auf Grund der rein mechanischen Abscheidung der Partikel ergeben. Es ist davon auszugehen, dass die in Diskussion stehende Bildung von Sekundärprodukten bei bestimmten anderen Reinigungssystemen bei Schwebstofffiltern nicht gegeben ist, was vor allem bei Einsatz in Büros bzw. Schul- und Vortragsräumen, in denen sich empfindliche Personen befinden können, von Bedeutung sein kann.

Gegenüber UV-Systemen ist der Strombedarf geringer und die Entsorgung potenziell virenbelasteter Filter kann unter Einhaltung einfacher Hygieneregeln im Hausmüll erfolgen.

¹ Die Richtigkeit und Vollständigkeit der mitgeteilten Unterlagen wurden vom Unterzeichner nicht überprüft

2 Aufgabenstellung

Es soll im Rahmen einer gutachterlichen Stellungnahme die Eignung des Luftreinigungsgerätes „AirGirl“ in Hinblick auf eine Reduktion des Risikos von potenziell krank machenden Luftverunreinigungen wie Partikel (Feinstaub), Viren, Bakterien und Pollen, insbesondere durch die Übertragungen des SARS-CoV-2 Virus abgeklärt werden.

Es soll festgestellt werden, ob sich die Technik grundsätzlich dazu eignen kann, in Räumen ohne ausreichenden Luftwechsel mit Außenluft („Frischlufte“) von möglichen Virenemittern abgegebene virenbeladene Aerosolpartikel zu reduzieren.

3 Verwendete Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden neben der im gegenständlichen Gutachten angeführten Literatur als Grundlage für das vorliegende Gutachten verwendet:

Bezeichnung	Aussteller	Datum
Produktunterlagen	Cleanroom Technology Austria GmbH	17.11.2021
CFD-Simulationen	TU Graz	22.04.2021
Messungen Abklingverhalten VDI-EE 4300 B114	CTA	17.11.2021

4 Einführung und Hintergrund²

Die pandemische Ausbreitung des SARS-CoV-2 hat das private, berufliche und gesellschaftliche Leben massiv beeinflusst und beeinträchtigt. Der mögliche Übertragungsweg von SARS-CoV-2 über Aerosolpartikel in der Luft wurde inzwischen erkannt und beschrieben^{3,4}. Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) weist darauf hin, dass SARS-CoV-2 neben der direkten Tröpfcheninfektion auch über luftgetragene Partikel übertragen werden kann⁵. Als Hauptübertragungsweg für SARS-CoV-2 wird die respiratorische Aufnahme virushaltiger Flüssigkeitspartikel, die beim Atmen, Husten, Sprechen und Niesen entstehen, beschrieben⁶.

Die Zahl und die Größe der von einem Menschen erzeugten, potenziell virushaltigen Partikel hängen stark von der Atemfrequenz und der Aktivität ab. Selbst bei ruhiger Atmung werden (gegebenenfalls virushaltige) Partikel freigesetzt⁷. Das Infektionsrisiko wird durch gleichzeitige Anwesenheit vieler

² Text zum Teil entnommen aus Umweltbundesamt (2020): Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren. Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt

³ Robert-Koch-Institut Deutschland (2020): SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19), abgerufen am 06.08.2020

⁴ Morawska L., Milton D. (2020): It is time to address airborne transmission of COVID-19. Clinical Infectious Diseases, <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>

⁵ WHO (2020): Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. 9 July 2020. <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>

⁶ Buonanno, G., Stabile, L., & Morawska, L. (2020): Estimation of airborne viral emission: quantification of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. Environment International, 141, 105794. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105794>

⁷ Hartmann A, Lange J, Rotheudt H, Krieger M (2020): Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten, Preprint, <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10332>

Personen in Gebäuden bzw. durch den Aufenthalt und die Aktivität vieler Personen auf engem Raum erhöht. Zu den Aktivitäten, die vermehrt Aerosolpartikel freisetzen, gehören lautes Sprechen, Rufen, Singen, sportliche Aktivität oder auch lautstarke Unterstützung der Akteure bei Sportveranstaltungen. Betroffen sind diesbezüglich unter anderem Schulen, Sport- und Konzerthallen und diverse Veranstaltungsräume.

Coronaviren selbst haben einen Durchmesser von ca. 0,08-0,16 Mikrometer (μm), werden aber meist als Bestandteil größerer Partikel emittiert. Im medizinischen Sprachgebrauch werden diese Partikel häufig in „Tröpfchen“ (Durchmesser $> 5 \mu\text{m}$) bzw. „Aerosole“ (Durchmesser $< 5 \mu\text{m}$) unterschieden (man spricht üblicherweise generell von Tröpfchen-Infektionen). Bezüglich ihrer Eigenschaften gibt es jedoch keine scharfe Grenze zwischen „Tröpfchen“ bzw. „Aerosolen“, der Übergang ist fließend. Häufig unbeachtet ist die Tatsache, dass der Mensch nur beim Niesen sehr große Partikel emittiert. Beim normalen Sprechen und Husten werden fast ausschließlich kleine Tröpfchen generiert⁸. Außerdem verändern sich die in die Umgebung freigesetzten Aerosolpartikel je nach Umgebungsbedingungen bezüglich ihrer Größe und Zusammensetzung.

Theoretisch würde ein Flüssigkeitströpfchen mit einem Durchmesser von 100 μm , das in Atemhöhe (ca. 1,5 m) den Atemtrakt verlässt, innerhalb von wenigen Sekunden zu Boden sinken. An der Luft schrumpfen die ausgeatmeten Tröpfchen in der Regel jedoch rasch infolge der Verdunstung eines Großteils ihres Wasseranteils. Dabei entstehen kleinere Partikel, die deutlich länger – unter Umständen mehrere Stunden – in der Luft verbleiben können. Unter Laborbedingungen wurde festgestellt, dass vermehrungsfähige Viren in luftgetragenen Partikeln bis zu 3 Stunden nach der Freisetzung nachweisbar waren⁹. Auch in einem Krankenzimmer wurden mehrere Meter von einer infizierten Person vermehrungsfähige Viren nachgewiesen¹⁰.

In Mitteleuropa spielt sich ein Großteil unseres Tagesablaufs, ca. 80-90%, nicht im Freien, sondern in geschlossenen Räumen ab. Die Aufenthaltsorte wechseln dabei von der Wohnung, über Transportmittel (Busse, Bahn, PKW) zum Arbeitsplatz (z.B. Büros) oder Schulen, Universitäten, Einkaufsräumen, Kinos, Theater etc. Nur in den wenigsten Fällen kann in Innenräumen von ruhender Luft ausgegangen werden. Die Bewegung von luftgetragenen Partikeln wird daher weniger durch Deposition (Sedimentationsprozesse) und Diffusion (physikalische Verteilung), sondern vielmehr durch Luftströmungen bestimmt. Strömungen entstehen durch Luftzufuhr und -verteilung beim Öffnen von Fenstern und Türen („freies“ Lüften), über technische Lüftungseinrichtungen (raumluftechnische Anlagen), aber auch durch Temperaturunterschiede (Konvektion). Ferner spielen Temperatur- und Druckunterschiede zwischen der Innen- und Außenluft eine wichtige Rolle für Luftbewegungen. Auch menschliche Bewegung und Tätigkeiten führen zu Luftbewegungen im Innenraum. Daher können Partikel innerhalb kurzer Zeit über mehrere Meter transportiert und im Innenraum verteilt werden. Das gilt auch für potenziell virushaltige Partikel. Im Sinne des Infektionsschutzes sollten daher Innenräume mit einem möglichst hohen Luftaustausch und Frischluftanteil versorgt werden oder auf andere Art von infektiösen Viren gereinigt werden.

⁸ Hartmann A, Lange J, Rotheudt H, Kriegel M (2020): Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten, Preprint, <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10332>

⁹ Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH et al. (2020): Aerosol and surface stability of SARS-CoV-1 as compared with SARS-CoV-2. The New England Journal of Medicine 382, 1564-1567, <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2004973>

¹⁰ Lednitsky JA et al. (2020): Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. medRxiv, Preprint, 04. August 2020 doi: <https://doi.org/10.1101/2020.08.03.20167395>

Der Einsatz von wirkungsvollen Reinigungsprinzipien für Aerosolpartikel kann in Zeiten einer Pandemie vor allem in Räumen, in denen keine adäquate Lüftung durch Zufuhr von Außenluft möglich ist, hilfreich sein, die Aerosolpartikelkonzentration der Innenraumluft zu reduzieren und damit das Infektionsrisiko zu minimieren. Der Einsatz solcher Technologien kann effiziente Lüftungsmaßnahmen unterstützen und kann flankierend in solchen Fällen erfolgen, wo sich eine hohe Anzahl an Personen gleichzeitig im Raum aufhält. Derartige Technologien müssen wirkungsvoll Schwebepartikel (z.B. an Aerosolpartikel anhaftende/enthaltende Viren) aus der Raumluft entfernen.

5 Angaben zum „AirGirl“ Luftreinigungsgerät

Die Fa. Cleanroom Technology Austria GmbH hat einen steuer- und regelbaren mobilen Luftreiniger mit der Bezeichnung „AirGirl“ entwickelt. Die Geräte sind mit Vorfilter (4 Stück Feinstaubfilter ISO Coarse 70%) und einem Hauptfilter (High-Efficiency Particulate Air Filter mit Composite-Membranmedium, HEPA Filter der Filterklasse H14 nach ÖNORM EN1822: 2019) ausgestattet.

Folgende Geräteeigenschaften wurden angegeben (laut Cleanroom Technology Austria GmbH):

- Nennvolumenstrom 200 m³/h bis 1.600 m³/h
- Schalldruckpegel 33 dB(A) bis 66 dB(A), Boost-Modus 69 dB(A)
- ECO-Modus (Stufe 2 von 5) 580 m³/h bei 47dB(A)
- Betriebsmodus 24/7 möglich

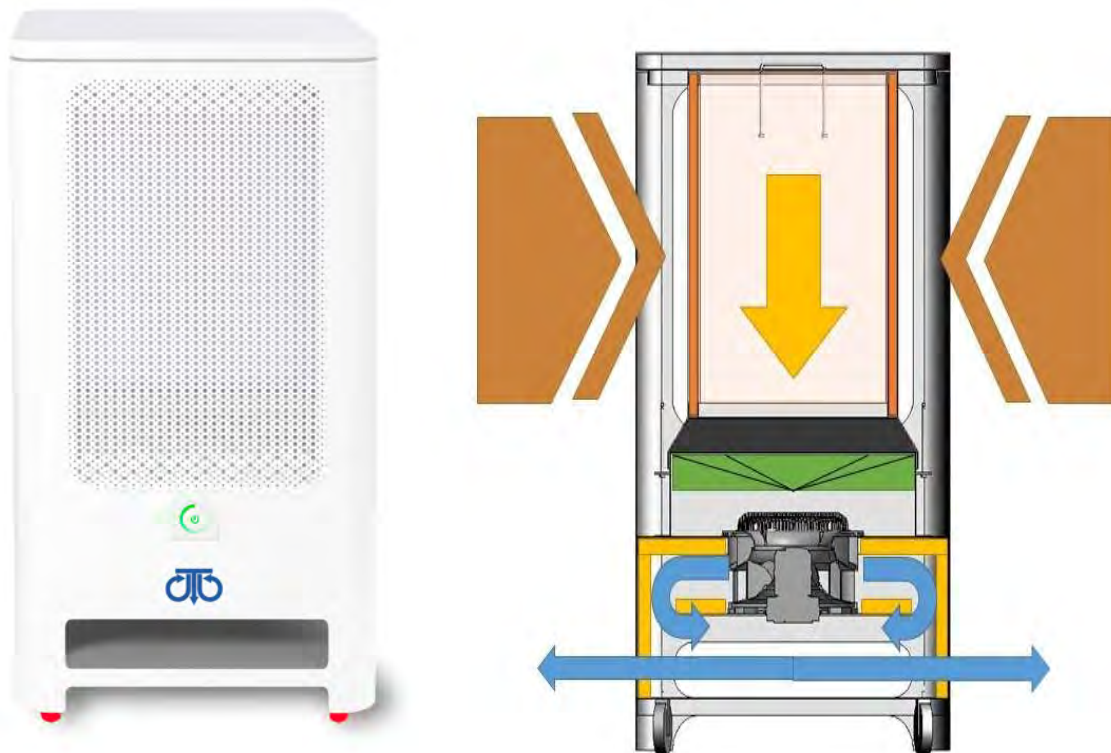


Abb. 1: aus Cleanroom Technology Austria GmbH (2021) – Produktbeschreibung AirGirl

6 Simulationen und Messungen

6.1 CFD-Simulationen

Assoc. Prof. Dr.techn. Dipl.-Ing. Stefan Radl und das Team des Institute of Process and Particle Engineering der TU Graz University of Technology entwickelten in Zusammenarbeit mit den Projektingenieuren der Fa. CTA in mehreren Strömungssimulationen das optimale Strömungskonzept für das AirGirl. Dabei wurde das gleichmäßige Einströmverhalten sowie auch die Ausblasgeschwindigkeit und der Winkel soweit optimiert, um einerseits das gewünschte zweifache Wirkungsprinzip zu erzielen (Virenabsaugung und Luftverdünnung in weiter entfernten Bereichen des Raumes) und andererseits keine Zugerscheinungen für anwesende Personen zu generieren.

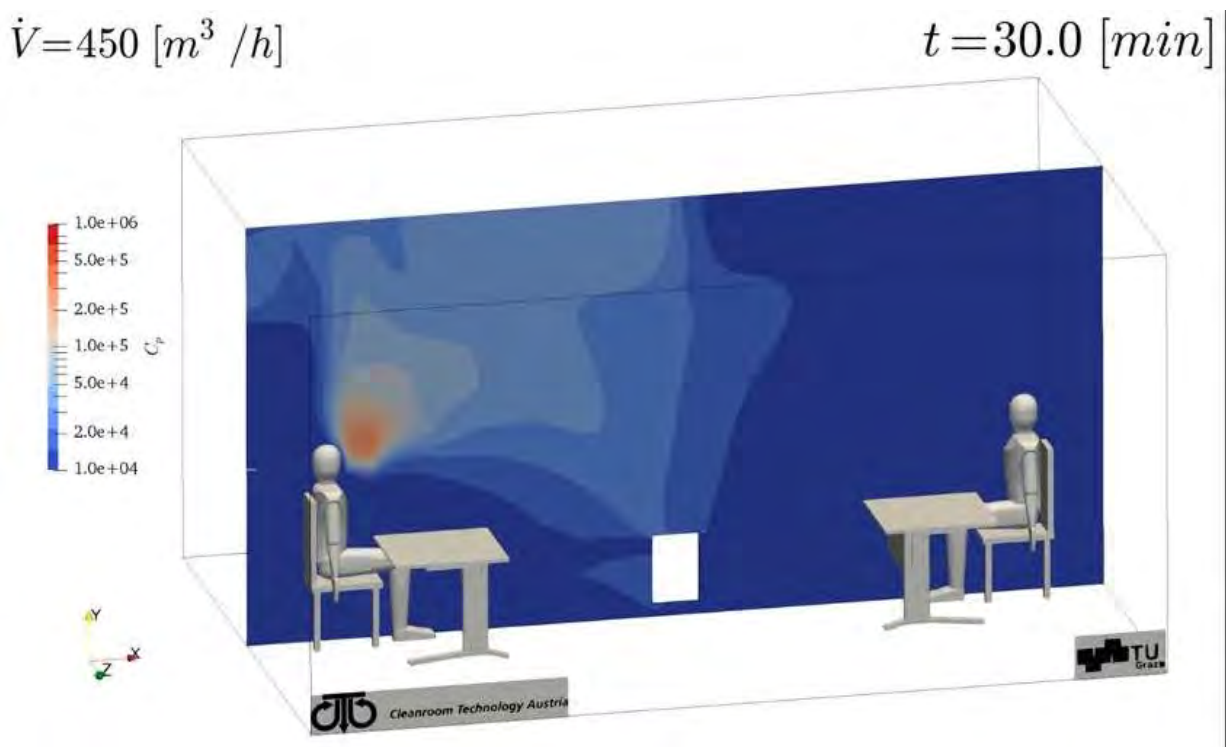


Abb. 2: CFD-Simulation der Wirksamkeit eines Umluftreinigers in einem Raum mit einer infizierten Person

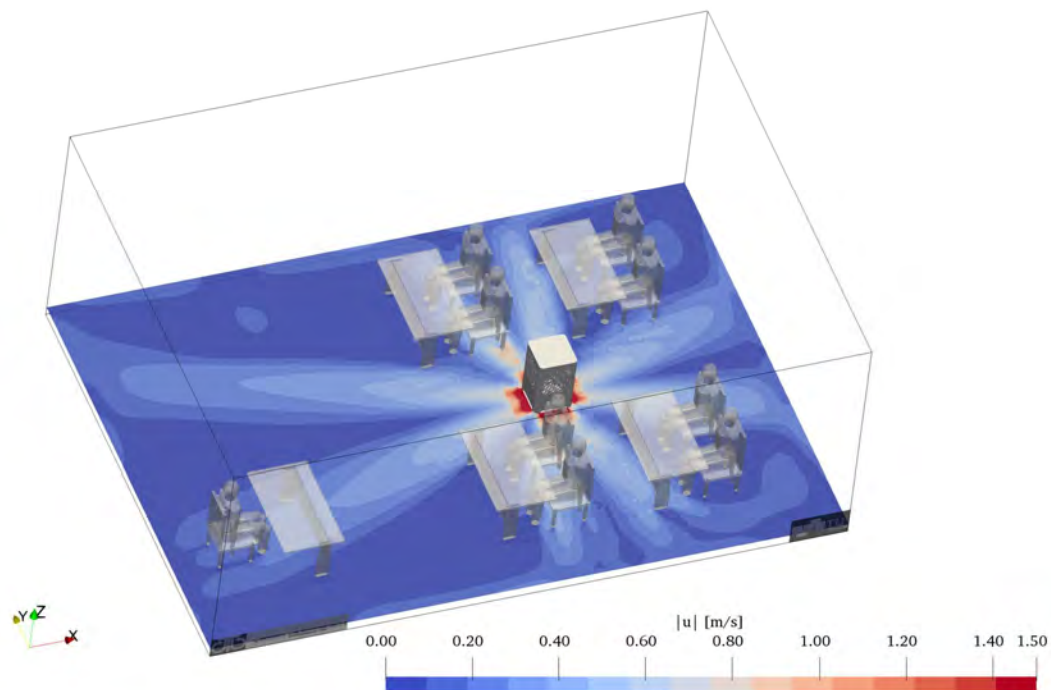


Abb. 3: Verdünnungswirkung der Ausblasung am Beispiel eines Klassenzimmers

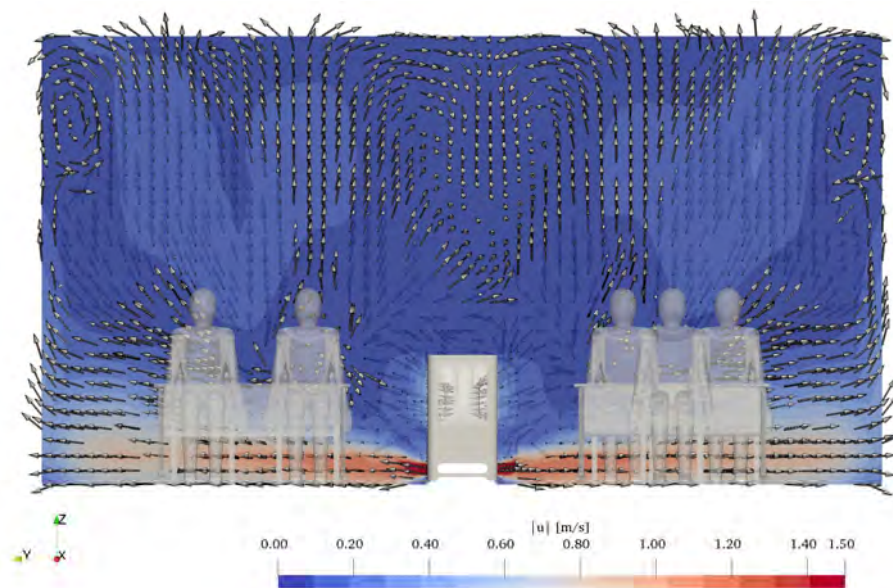


Abb. 4: Ansaug- und Ausblasverhalten am Beispiel eines Klassenzimmers

6.2 Messtechnische Überprüfung der Wirksamkeit

Es wurde dabei die Wirksamkeit sprich „Raumspülverhalten“ des Gerätes nach der VDI-EE 4300 Bl.14 auch im Vergleich mit anderen Geräten überprüft.

Prüfablauf: Der Luftinhalt des Reinraums wird zuerst auf die Reinraumklasse ISO 5 at rest gereinigt. Danach mittels eines Aerosolgenerators und Ventilators DEHS-Aerosole im Raum verteilt, um eine gleichmäßige Belastung des Raumes auf etwa 1.7 Mio Partikel der Größe $0,5\mu\text{m}/\text{ft}^3$ zu erreichen. Sodann wird der Prüfling aktiviert und die Zeit gestoppt, die der Prüfling benötigt, um 10% der ursprünglichen Belastung zu erreichen.

Die 0,5 µm-Partikel werden an drei Messtellen im Raum in unterschiedlichen Abständen und Höhen vom Prüfling mittels eines Laser-Partikelzählers über die gesamte Messzeit mitgeloggt und danach ein Mittelwert gebildet. Die im Vorfeld ermittelten natürlichen Verluste der DEHS-Aerosole im Raum über die Messzeit von einer Stunde werden bei den gemessenen Werten berücksichtigt.

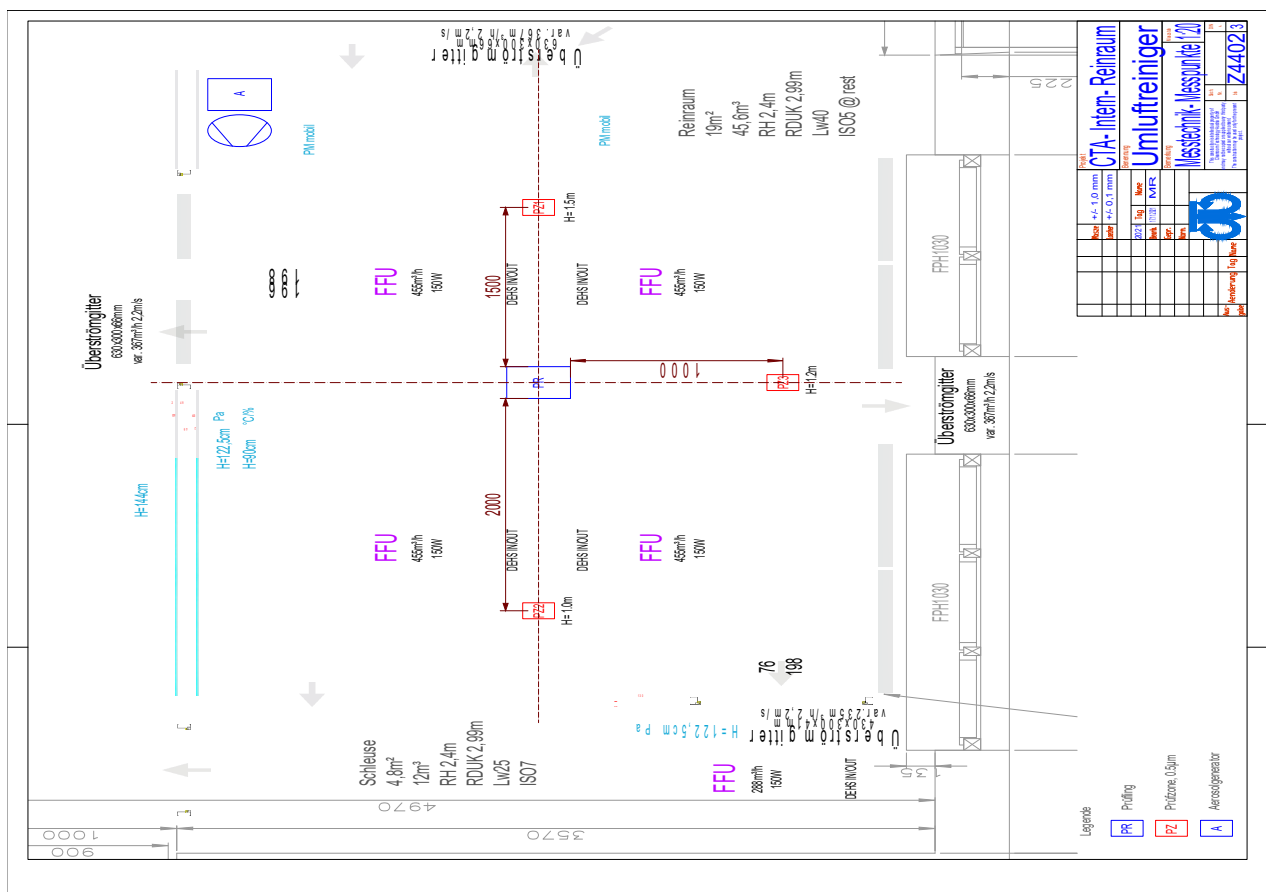


Abb. 5: Prüfaufbau Reinraum CTA nach VDI-EE 4300 Bl.14

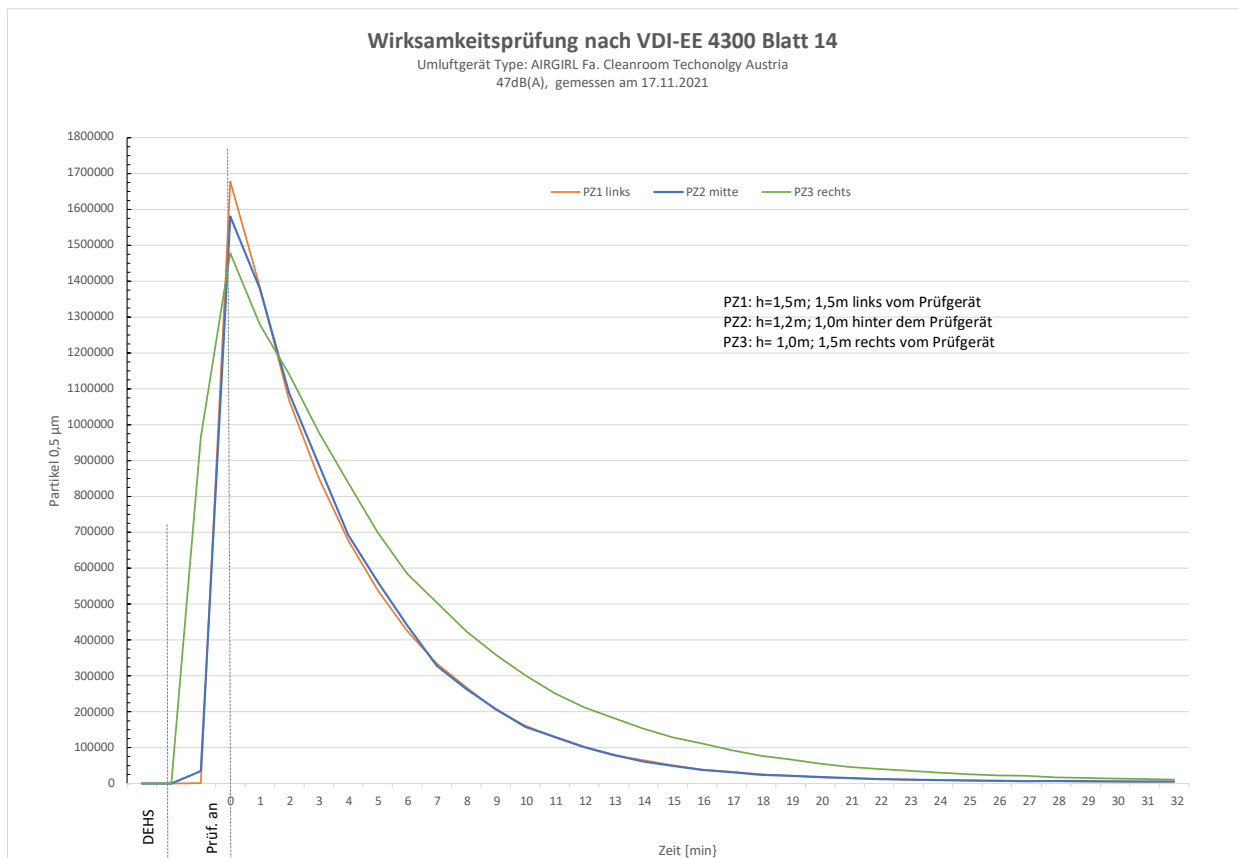


Abb. 6: Messung bei 47dB(A) – Referenzmessung Airgirl

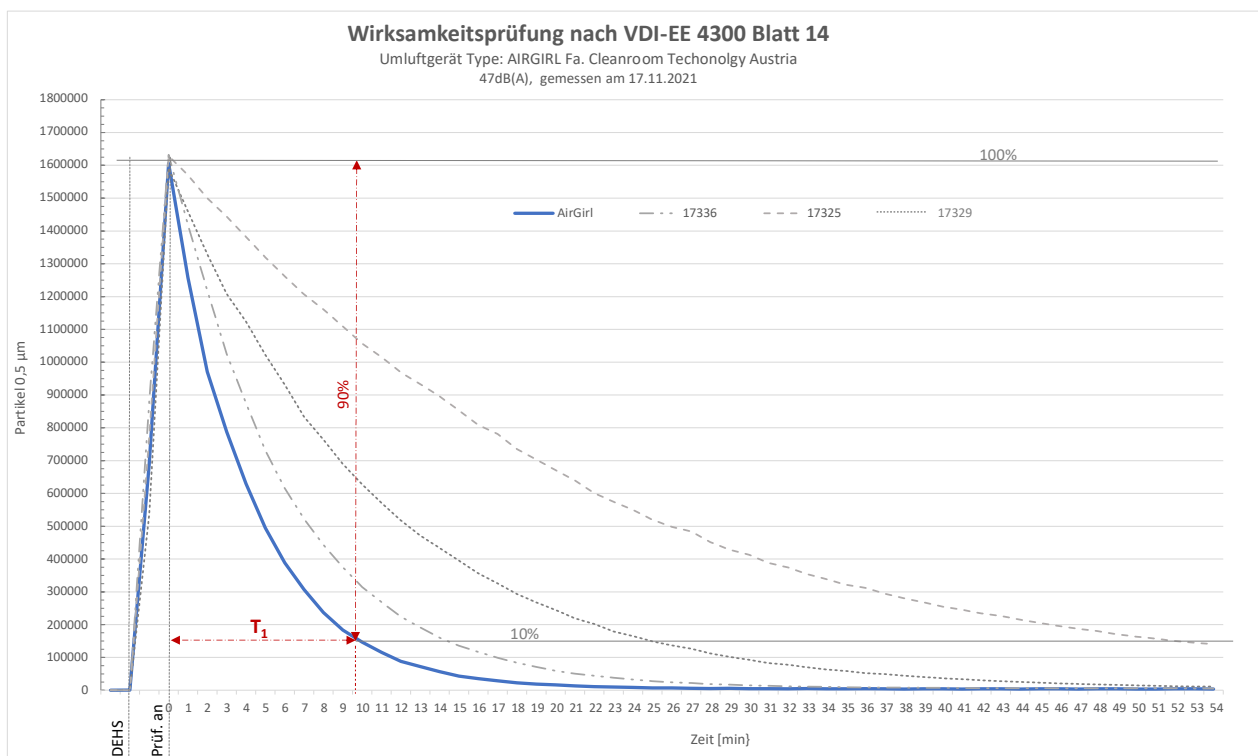


Abb. 7: Messung bei 47dB(A) im Vergleich zu anderen Raumlufteinigern

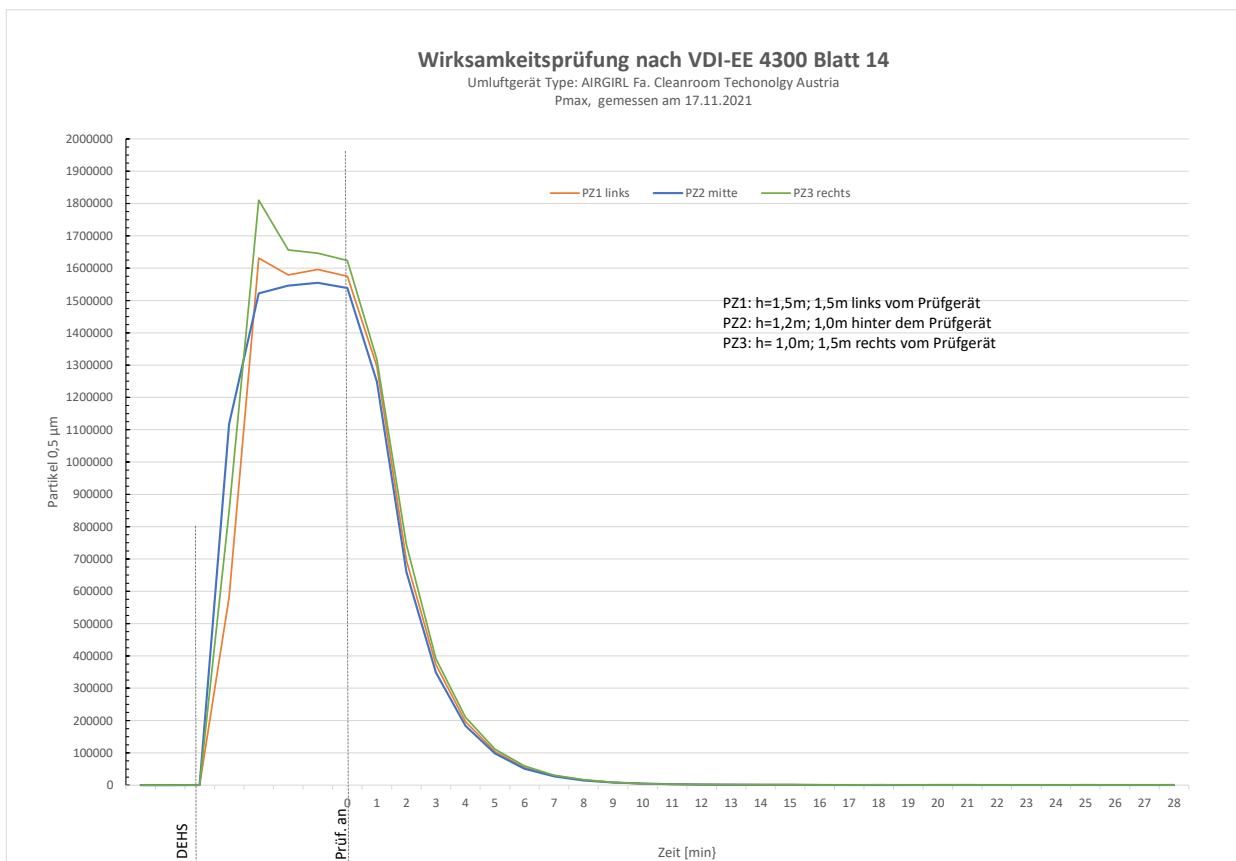
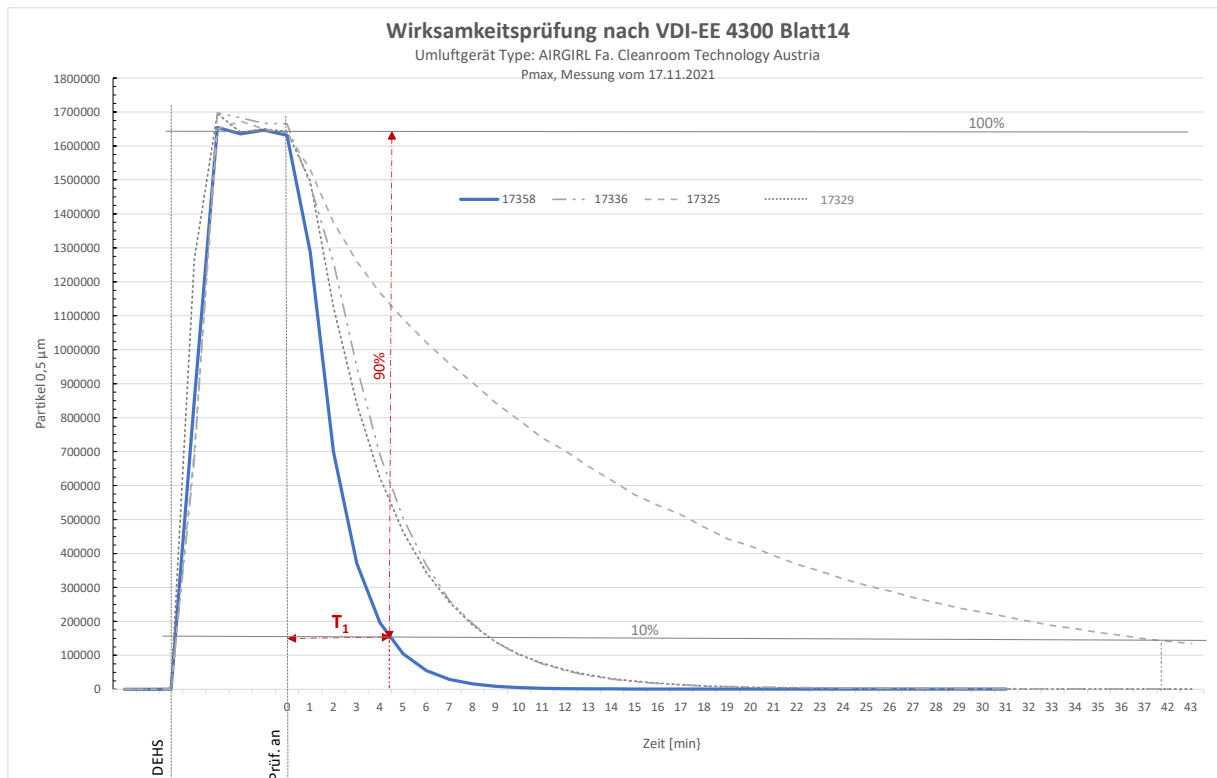
Abb. 8: Messung bei Volllast 1.600m³/h – Referenzmessung Airgirl

Abb. 9: Messung bei Volllast im Vergleich zu anderen Raumluftreinigern

7 Gutachterliche Einschätzung des Luftreinigungsgerätes „AirGirl“

Es wird darauf hingewiesen, dass bei der Einschätzung auf die übermittelten Unterlagen zugegriffen wurde, deren Richtigkeit und Vollständigkeit vom Unterzeichner nicht geprüft wurde. Es wurde allerdings eine Einschätzung der Plausibilität durchgeführt, wobei vor allem Empfehlungen¹¹ unabhängiger Stellen zur EPA-Filtration berücksichtigt wurden.

In Hinblick auf die Effektivität der im Gerät „AirGirl“ eingesetzten Luftfilter zur Filtration von biologischen Partikel, Bakterien und Viren ist zunächst anzumerken, dass Luftfilter grundsätzlich nicht nach verschiedenen Partikel-Arten (organisch, anorganisch, metallisch) unterscheiden können, sondern lediglich entsprechend der Partikelgröße Filterwirkung zeigen. Damit lassen sich die Ergebnisse der Reinigungsleistung auch auf die Effektivität gegen Bakterien und Viren übertragen und umlegen, die selbst und deren allfällige Träger (Aerosole) sich von der Partikelgröße her ebenso in diesem Größenspektren befinden. Mit einem Durchmesser von 80-160 nm¹² würden auch Corona-Viren selbst ohne Träger in den Reinigungsbereich des eingesetzten Filtersystems fallen¹³.

Die Partikelfilterklassen für EPA-, HEPA- und ULPA-Filter werden in der ÖNORM EN 1822-1¹⁴ definiert. Aufgrund der vorliegenden Daten (Schwebstoff-Filterklasse H14, Abscheidegrad 99,995% bei der sog. "Most Penetrating Particle Size" (MPPS) je nach Filterkonfiguration zwischen 0,1 und 0,3 µm) kann daher davon ausgegangen werden, dass sich das Gerät auch zur Filtration von unterschiedlich großen Partikeln geeignet ist, die bei Menschen Krankheiten erregen können. Dies ist anzunehmen bzw. zutreffend für Pollen (10-70 µm), die Allergien erzeugen können und von Ihrer Größe her als PM10 oder größer klassifiziert werden können, für Bakterien, die der Klasse PM 2,5 zugeordnet und ebenso für Viren, die bzw. deren Träger der Klasse Feinststaub (< 1 µm) zugeordnet werden können. Auf Grund dieser Überlegungen kann auch von ausreichender Effektivität gegen das derzeit in Diskussion stehende Träger (Aerosolpartikel) des Virus SARS-CoV-2 ausgegangen werden.

Vorteile der angewendeten Technologie gegenüber Geräten mit anderen Reinigungssystemen (z.B. UV-Geräte) können sich auf Grund der ausschließlich mechanischen Abscheidung der Partikel ergeben. Es ist davon auszugehen, dass die bei anderen Reinigungssystemen in Diskussion stehende Bildung von Sekundärprodukten bei Schwebstofffiltern nicht gegeben ist, was vor allem bei Einsatz in Büros bzw. Schul- und Vortragsräumen, in denen sich empfindliche Personen befinden können, von entscheidender Bedeutung sein kann. Ohne Verwendung von UV-Leuchten ist weiters der Strombedarf geringer und die Entsorgung kann im Hausmüll erfolgen.

Anzumerken ist, dass ein Filterwechsel bei Luftreinigern unter Beachtung der üblichen Sicherheitsvorkehrungen als unkritisch anzusehen ist.

¹¹ Empfehlungen des deutschen Umweltbundesamtes zu Luftreinigern. 2020 (in Erarbeitung)

¹² Kaniyala Melanthota et al. (2020): Kaniyala Melanthota, S., Banik, S., Chakraborty, I., Pallen, S., Gopal, D., Chakrabarti, S., and Mazumder, N. (2020). Elucidating the microscopic and computational techniques to study the structure and pathology of SARS-CoVs. Microsc Res Tech. Nach https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Virologische_Basisdaten.html

¹³ Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen durch Einsatz von Luftreinigern zur Covid-19 Prävention und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumluft. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). 2020

¹⁴ ÖNORM EN 1822-1: Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) - Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung. 2019 09 01

Das Luftreinigungsgerät „AirGirl“ eignet sich zusammenfassend auf Grund der zur Verfügung gestellten Unterlagen¹⁵ dafür, vor allem Aerosolpartikel im Größenbereich unter 1 µm (aber auch größere Partikel) in der Raumluft zu reduzieren. Es ist davon auszugehen, dass eine effiziente Filtration der Raumluft in realen Innenraum-Situationen erfolgt, wenn das Verhältnis Luftleistung zu Raumvolumen und die Aufstellung des Gerätes korrekt erfolgt ist, sodass eine ausreichende Durchmischung der Luft im gesamten Raum erreicht wird. Vor allem in Hinblick auf die Vermeidung von Übertragungen von aerosolgetragenen Viren (bspw. SARS-CoV-2) über den Luftweg kann das Gerät (unter Voraussetzung der Richtigkeit der Angaben der Herstellerfirma) einen Beitrag zur Infektionsprophylaxe liefern.



Dipl. Ing. Peter Tappler



Dieses Schriftstück besteht aus 13 Seiten einschließlich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird es auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung des Autors einzuholen. Die Ergebnisse und daraus abgeleitete Folgerungen beziehen sich ausschließlich auf den Untersuchungszeitraum und die zur Zeit der Untersuchung herrschenden Bedingungen. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernimmt der Aussteller keinerlei Haftung oder Schadenersatz.

Wird dieser Schriftsatz in einem Gerichtsverfahren als Beweismittel verwendet und werden der Unterzeichner oder einer seiner Erfüllungsgehilfen als Zeuge geladen (wird als Auftragserweiterung gewertet) oder wird der Auftrag generell erweitert, z.B. aufgrund ergänzender Fragestellungen, wird der Aufwand mit € 240,- netto je Stunde zuzüglich Fahrtkosten (oder gegebenenfalls zu den ursprünglich vereinbarten Konditionen) dem Auftraggeber des Gutachtens in Rechnung gestellt.

¹⁵ Die Richtigkeit und Vollständigkeit der mitgeteilten Unterlagen wurden vom Unterzeichner nicht überprüft