

Auftraggeber: Krantz GmbH

Projekt-Nr.: FKA01

Berichts-Nr.: FKA01-2

Bestimmung der Leistungs- und Funktionsparameter des Aerosolfilters Krantz VIRUSPROTECT

Kurzfassung

Der Bericht umfasst 13 Seiten

Aachen, den 23.03.2021



Dipl.-Ing. Bernd Konrath



Dipl.-Ing. Tim Hillmann

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Zusammenfassung	3
3	Aerosolfiltergerätebeschreibung	4
4	Ergebnisse	5
4.1	Elektrische Leistungsaufnahme des Aerosolfilters	5
4.2	Volumenstrombestimmung.....	5
4.3	– Thermische Behaglichkeitsaussage zur Zugluft	6
4.4	Akustische Bewertung	7
4.5	Bestimmung der Partikelabklingkurve.....	9
4.5.1	Messung in einem luftdichten Raum.....	9
4.5.2	Messung in einem üblichen Raum.....	10
4.6	Ausbreitung der gefilterten Luft im Raum.....	12

1 Aufgabenstellung

Die Krantz GmbH als eine der marktführenden Hersteller von Hochleistungsfiltertechniken stellt einen mobilen Aerosolfilter zur hochwirksamen Reinigung der Raumluft von Klassen- und Gastronomieräumen und sonstigen Aufenthaltsbereichen her. Der als VIRUSPROTECT bezeichnete Aerosolfilter ist mit einem Vorfilter und einem **High Efficient Particulate Air (HEPA)** Filterelement der Klasse H14 ausgestattet, die mit einer speziellen patentierten Beschichtung behandelt sind. Aufgrund seiner Größe und durch die 4-stufige VolumenstromEinstellung ist der Aerosolfilter für größere Räume ausgelegt. Der mobile Partikelfilter ist für einen hohen Komfort sowohl hinsichtlich Zugscheinungen im Raum als auch durch eine akustische Belastung ausgelegt.

Das Institut für Industrieaerodynamik GmbH, Institut an der FH Aachen (im Folgenden kurz I.F.I. genannt) wurde am 25.01.20121 von der Krantz GmbH beauftragt, die technischen Leistungs- und Funktionsparameter des Aerosolfilters Krantz VIRUSPROTECT zu bestimmen. Ausdrücklich ausgenommen ist die Bewertung der patentierten Beschichtung der Filterelemente. Grundlage für die Beauftragung war das Angebot Nr. I/6781.0/01.21 vom 06.01.2021.

Die Bestimmung der Parameter beinhaltet folgende Kriterien:

- Elektrische Leistungsaufnahme des Gerätes;
- Volumenstrombestimmung nach DIN EN 12599 der 4-stufigen Leistungsklassen;
- Thermische Behaglichkeitsaussage zur Zugluft nach DIN EN ISO 7730 (draught rate [DR]);
- Akustische Kenndaten des Gerätes bei den 4 unterschiedlichen Volumenströmen nach DIN EN ISO 3741;
- Partikelabklingkurve im Raum über 1 Stunde;
- Zeitliche Ausbreitung der gefilterten Luft im Raum.

2 Zusammenfassung

Die Messung der elektrischen Leistungsaufnahme des Aerosolfilters Krantz VIRUSPROTECT ergab folgende Daten:

Tabelle 2-1: Elektrische Leistungsaufnahme des Krantz VIRUSPROTECT

Ergebnisse der elektrischen Leistungsmessung des Krantz VIRUSPROTECT				
Soll-Volumenstrom [m ³ /h]	250	500	750	1000
Elektrische Leistungsaufnahme [W]	30	65	132	260

Bei der Bestimmung des Volumenstroms zeigte sich, dass der geförderte Volumenstrom stets über der Soll-Wert Einstellung des Filtergerätes liegt. Somit wird ständig mehr Luft gefördert als eingestellt und ist die Filterleistung entsprechend gesichert.

Tabelle 2-2: Volumenstrom des Krantz VIRUSPROTECT

Ergebnisse der Volumenstrommessung des Krantz VIRUSPROTECT				
Soll-Volumenstrom [m ³ /h]	250	500	750	1000
Ist-Volumenstrom [m ³ /h]	281	512	753	1015

Die Akustikmessungen ergaben, dass die Lärmemission des Filtergerätes im Bereich einer normalen Unterhaltung liegt und somit mit keiner großen Geräuschbelastung zu rechnen ist.

Tabelle 2-3: Schalldruckpegel des Krantz VIRUSPROTECT bei einer Raumdämpfung von 8 dB

Ergebnisse der Schalldruckmessung des Krantz VIRUSPROTECT				
Soll-Volumenstrom [m ³ /h]	250	500	750	1000
Schalldruckpegel L _{PA} [dB(A)]	34	41	44	48

Mit dem Aufstellen des Filtergerätes im Raum bleibt der Komfort hinsichtlich Zugerscheinungen bis auf wenigen Ausnahmen gegeben. Erhöhtes Zugluftempfinden liegt vor allem im Bereich eines stehenden Menschen auf Kopfhöhe in einem Abstand zum Gerät von bis zu 1,5 m vor. Alle anderen Bereiche sind als unkritisch zu bewerten und auch bei steigenden Leistungsstufen des Gerätes weisen die lokalen Geschwindigkeiten im Aufstellraum auf eine im Wesentlichen unveränderte Behaglichkeit hin.

Die Analyse der Partikelabklingzeit im Raum ergab, dass je nach Raumgröße und Volumenstrom bereits nach ca. 10 Minuten 50% der Partikel aus dem Raum gefiltert und 90% der anfänglich vorhandenen Partikel nach weniger als 30 Minuten entfernt wurden.

Bedingt durch die technische Konstruktion des Aerosolfilters verteilt sich die gefilterte Luft nach kurzer Zeit gleichmäßig im Raum. Anhand der Spurengasmethode konnte festgestellt werden, dass nach weniger als 20 Minuten bei einer Luftwechselrate von 4 jede Stelle im Testraum gleichmäßig mit gefilterter Luft ausgefüllt ist. Mit steigender Filterleistung verkürzt sich diese Zeit sogar deutlich. Bei einer Luftwechselrate von 6 liegt bereits eine komplette Durchmischung der Raumluft nach 12 Minuten vor und bei einer Luftwechselrate von 8 wird dies bereits nach 10 Minuten erzielt.

Trotz der guten Eindringwirkung der gefilterten Luft in den Testraum bei der untersuchten Aufstellung wurden nur sehr geringe Beeinflussungen der thermischen Behaglichkeit festgestellt.

3 Aerosolfiltergerätebeschreibung

Der Krantz VIRUSPROTECT ist ein Aerosolfilter, der über verschiedene hintereinander geschaltete Filtereinheiten verfügt. Als Hauptfilterstufe wird ein inaktivierend beschichtetes HEPA Element der Klasse H14 nach EN 1822 eingesetzt. Ihm vorgeschaltet ist ein ePM10 Filterelement nach ISO 16890 mit einer inaktivierenden Beschichtung, welches als „Grobfilter“ fungiert. Die inaktivierende Beschichtung ist neben den Filterelementen auch noch in der Innenauskleidung aufgebracht und tötet laut Herstellerinformationen zuverlässig mindestens 99,95% aller Viren, Bakterien, Keime und Sporen ab, die mit ihr in Verbindung kommen (siehe dazu die Prüfberichte 2000807 / 10662-1A bis -b der Firma OFI Technologie & innovation GmbH und 2045B-0138-A und -0140-A der Ostthüringische Materiaprüfgesellschaft für Textil und Kunststoffe mbH). Vor und hinter dem eingebauten Ventilator befinden sich jeweils Schalldämmelemente zur Reduzierung der Laufgeräusche. Vor den Auslässen des VIRUSPROTECT ist noch eine Aktivkohlefiltermatte AKS6221 eingebaut, die eventuelle Schadstoffe und Gerüche aus der angesaugten Luft herausfiltert. Der Aerosolfilter besitzt zwei Luftauslässe: Einen Drallauslass am oberen Abschlussdeckel, der die Luft in radialer und horizontaler Richtung verteilt. An der Front des Gerätes befindet sich ein Breitäuflass, der für die Ausbreitung über die Tiefe des Raumes in Richtung „schräg nach oben“ verantwortlich ist.

Bei einer Breite von 680mm und einer Tiefe von 695mm ist das Filtergerät relativ kompakt gebaut. Mit einer Gesamthöhe von 1830 mm kann es dank der eingebauten Rollen im Raum leicht positioniert werden.

Der VIRUSPROTECT Filter verfügt über ein Bedienelement mit Display, worüber die 4 Leistungsstufen des Ventilators eingestellt werden können: 250 m³/h, 500 m³/h; 750 m³/h und 1000 m³/h. Der Ventilator wird

über einen internen Drucksensor geregelt, so dass mit zunehmender Verschmutzung der Filter, die Volumenstromleistung konstant gehalten wird. Weiterhin ist ein CO₂-Sensor verbaut, welcher vor zu hohen Kohlenstoffdioxid-Werten (> 1.000 ppm) in der Umgebungsluft warnt. Neben dieser Warnfunktion wird im Display auch über die Notwendigkeit des Wechsels des Vorfilterelementes und des HEPA-Filters hingewiesen. Über interne Druckmessungen wird die Druckdifferenz vor und hinter den einzelnen Elementen überwacht und beim Erreichen des eingestellten Grenzwertes eine Warnung am Display angezeigt. Nach Erreichen von 5000 Betriebsstunden wird eine Servicemeldung dem Nutzer angezeigt, wo alle Elemente auf ihre Funktion überprüft werden sollten und die Aktivkohlefiltermatte bei Bedarf getauscht werden sollte.

4 Ergebnisse

Für die einzelnen Prüfungen wurden insgesamt zwei identische Geräte des Typs VIRUSPROTECT mit den Seriennummern ES210268-3 und ES210268-56 verwendet, die in Kapitel 3 näher beschrieben sind.

4.1 Elektrische Leistungsaufnahme des Aerosolfilters

Die Leistungsaufnahme des Krantz VIRUSPROTECT wurde für seine 4 Volumenströme bestimmt. Dazu wurde ein Leistungsmessgerät zwischen Netzanschluss und Aerosolfilter geschaltet. Die vom Filtergerät aufgenommene elektrische Leistung konnte dann direkt über die Anzeige des Messgerätes abgelesen werden. Tabelle 4-1 zeigt die Ergebnisse der Messungen.

Tabelle 4-1: Elektrische Leistungsmessung

Ergebnisse der elektrischen Leistungsmessung des Krantz VIRUSPROTECT				
Soll-Volumenstrom [m ³ /h]	250	500	750	1000
Elektrische Leistungsaufnahme [W]	30	65	132	260

4.2 Volumenstrombestimmung

Zur Bestimmung des tatsächlich geförderten Volumenstroms wurde das Kompensationsverfahren nach DIN EN 12599 angewendet. Hierzu wurde der Filter ansaugseitig luftdicht mit einer Zuluftkammer verbunden, welche wiederum über ein Kanalnetz an einen Ventilator angeschlossen ist. Die Luftförderleistung des angeschlossenen Ventilators wurde über eine Einlaufdüse und entsprechender Druckmessung bestimmt. Der Ventilator wird bei diesem Messverfahren so geregelt, dass bei den unterschiedlichen Leistungsstufen des VIRUSPROTECT in der Zuluftkammer eine Druckdifferenz zum Aufstellraum des Filtergerätes von 0 Pascal herrscht. Somit fördert der Zusatzventilator genau so viel Luft, wie der Ventilator im Aerosolfilter liefert, wobei der Zuluftventilator benötigt wird, um die Druckverluste der Volumenstrommesseinrichtung zu überwinden. Tabelle 4-2 beinhaltet die Ergebnisse der Volumenstrommessung bei den unterschiedlichen Leistungsstufen des Filters.

Tabelle 4-2: Ergebnisse Volumenstrommessung

Ergebnisse der Volumenstrommessung des Krantz VIRUSPROTECT				
Soll-Volumenstrom [m ³ /h]	250	500	750	1000
Ist-Volumenstrom [m ³ /h]	281	512	753	1015

Die Ergebnisse zeigen, dass der tatsächlich geförderte Volumenstrom stets über dem Soll-Volumenstrom des Gerätes liegt. Da der eingebaute Ventilator im Aerosolfilter über eine aktive Regelung verfügt, ändert sich auch der geförderte Volumenstrom bei unterschiedlichen Bedingungen im Gerät nicht, zum Beispiel

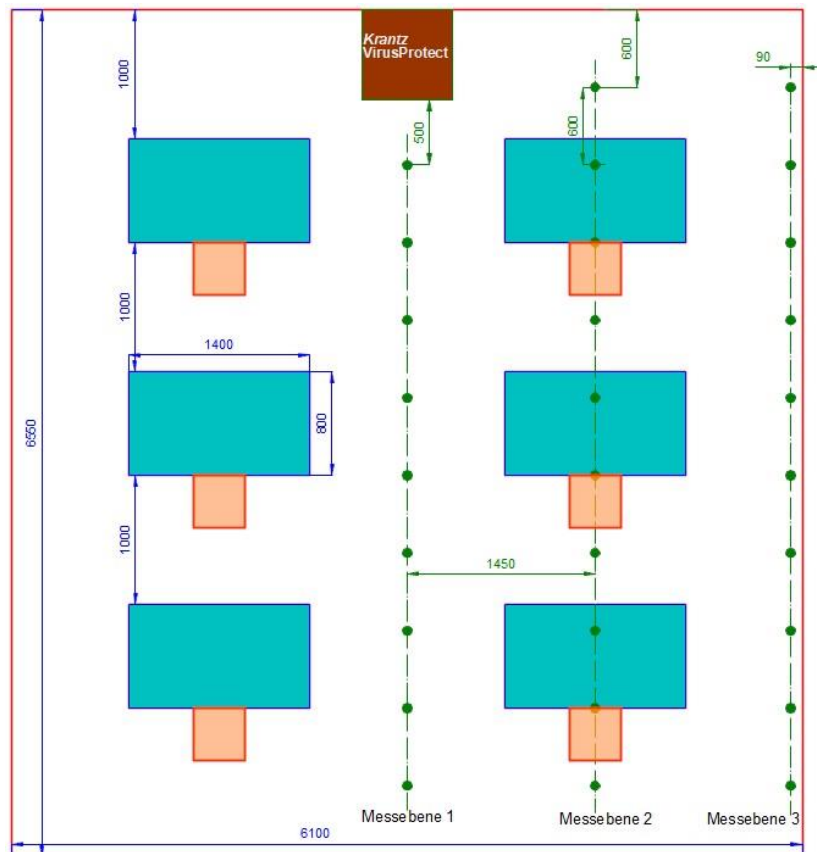
durch die Verschmutzung der eingebauten Filter. Der tatsächlich geförderte Volumenstrom liegt immer über dem Soll-Volumenstrom, so dass hier eine Auslegung des Gerätes auf der sicheren Seite vorliegt.

4.3 – Thermische Behaglichkeitsaussage zur Zugluft

Aufgrund des Ansaug- und Ausblasverhaltens des Filters kann es zu Zuglufterscheinungen im Aufstellraum kommen. Um dieses Phänomen genauer zu untersuchen, wurde die Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung der Luft in einem Aufstellraum gemessen. Die Komfortbeeinträchtigung durch Zugluft, draught rate, kann nach DIN EN ISO 7730 aus den Messergebnissen Geschwindigkeit, Temperatur und Turbulenz bewertet werden. Da der Lüftungskomfort von den Menschen auch bei identischen physikalischen Zuständen sehr unterschiedlich wahrgenommen wird (zu warm, zu kalt, es zieht, die Luft steht, etc.), wird als draught rate (Zugrate) der prozentuale Anteil der Personen bezeichnet, die sich unbehaglich fühlen. Eine Zugrate von 5% sagt z.B. aus, dass 5 von 100 Personen im Raum sich über Zuglufterscheinungen beschweren würden. Dabei ist eine Zugrate von 0% für alle lokalen Geschwindigkeiten kleiner 0,05 m/s anzusetzen.

Da die Geschwindigkeitsverteilung sehr stark von der Raumgröße abhängt, wurde ein relativ kleiner Versuchsraum für diese Bewertung gewählt, da mit zunehmender Raumgröße und Abstand zum Filtergerät die lokalen Geschwindigkeiten abnehmen. Ein kleiner Raum liefert somit die höchsten lokalen Geschwindigkeiten und stellt für diese Bewertung den kritischsten Fall dar, so dass die Ergebnisse für größere Räume auf der sicheren Seite liegen. Die geometrischen Abmessungen des Testraumes betragen: Breite 6,1 m x Länge 6,5 m und eine Höhe von 2,7 m. Dies ergibt eine Grundfläche von ca. 40m² und ein Raumvolumen von 104 m³.

Das Filtergerät wurde mittig an einer der kürzeren Raumseiten positioniert. Gemessen wurden die lokalen Geschwindigkeiten in 4 verschiedenen Höhen über dem Fußboden(0,1 m; 0,5 m; 1,1 m und 1,7 m nach DIN 1946-2) in 3 symmetrisch in einer Raumhälfte angeordneten Ebenen. Neben der Messebene in der Mittelachse wurde die 2. Ebene so gewählt, dass Sie 1/4 der Breite des Raums entspricht. Die letzte Ebene 3 hat einen Abstand von ca. 90 mm zur Wand, so dass eventuelle Rückströmungen hier gut erfasst werden können. Es wird aufgrund der Aufstellung des Gerätes und der symmetrischen Geräteabströmung von einer symmetrischen Geschwindigkeitsverteilung im Raum ausgegangen. Grafik 4-1 zeigt eine Raumskizze mit den jeweiligen Messebenen.



Grafik 4-1: Versuchsaufbau zur Untersuchung zum Thema Zuglufterscheinung

Die Untersuchung erfolgte für 3 Leistungsstufen des Aerosolfilters: $500 \text{ m}^3/\text{h}$; $750 \text{ m}^3/\text{h}$ und $1000 \text{ m}^3/\text{h}$. Dabei wurde bereits mit der kleinsten Lüftungsstufe eine Luftwechselrate von $LW=5$ und mit der Stufe 4 eine Luftwechselrate von $LW=10$ im Testraum erreicht. Um die Wärmefreisetzung von Personen im Raum zu simulieren, wurden zusätzliche Wärmequellen im Raum aufgestellt. Die Messungen wurden bei einer Grundtemperatur im Raum von ca. $23 \text{ }^\circ\text{C}$ durchgeführt. Der Testraum verfügt für die Prüfung weder über ein Be- und Entlüftungssystem, noch über ein aktives Heiz- oder Kühlsystem, noch über eine Fenster- oder Türlüftung.

Für alle 3 Leistungsstufen des Gerätes gilt, dass kaum Zuglufterscheinungen für sitzende Personen im Raum festgestellt wurden. Die lokale Zugluft rate liegt für sitzende Personen unter 5% in Ebenen neben dem Filtergerät. Stehende Personen werden im unmittelbaren Nahbereich (bis ca. 1,5m) des Krantz VIRUSPROTECT mit Zugluft rechnen müssen. Hier handelt es sich aber um einen sehr lokal begrenzten Raum. Im Bereich der Seitenwände ist lokal auch mit höheren Geschwindigkeiten und somit einer höheren Zugluft rate zu rechnen, da hier der Hauptteil der Rückströmung zum Filtergerät erfolgt. Mit einem Wandabstand von 9 cm sind dies jedoch auch Bereiche, die von Personen eher gemieden werden.

Aufgrund des Drallauslasses oben am Gerät und des Breitflächerauslasses an der Vorderseite wird die Luft auf einer großen Fläche gleichmäßig verteilt, so dass keine hohen lokalen Geschwindigkeiten im Raum auftreten. Der geförderte Luftstrom wird somit breit verteilt ohne große Zuglufterscheinungen zu verursachen. Wie bereits erwähnt, reduzieren sich mit zunehmender Raumgröße auch noch die lokalen Geschwindigkeiten, so dass die Gefahr eines Empfindens von Unbehaglichkeit bei größeren Räumen weiter reduziert wird.

4.4 Akustische Bewertung

Der Aerosolfilter VIRUSPROTECT verfügt über Luft Ein- und Auslässe, über die sich die Ventilatorgeräusche überwiegend im Raum ausbreiten. Diese Geräusche beeinflussen das Lärmempfinden. Die Ermittlung der

akustischen Kenndaten des Aerosolfilters erfolgte nach DIN EN ISO 3741. Hierzu wurde das Gerät in einem Hallraum der Klasse 1 aufgestellt und bei seinen 4 unterschiedlichen Leistungsstufen vermessen. Ermittelt wurde jeweils der Schallleistungspegel aus der Schalldruckmessung im Hallraum entsprechend den Vorgaben der Norm. Der Schallleistungspegel, angegeben in dB(A) stellt dabei die gesamte vom Filtergerät emittierte Schallleistung dar. Bild 4-1 zeigt den Versuchsaufbau im Hallraum.



Bild 4-1: Versuchsaufbau zur Schalldruckmessung nach DIN EN ISO 3741

Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 4-3 dargestellt.

Tabelle 4-3: Schallleistungspegel bei unterschiedlichem Volumenstrom

Ergebnisse der Schalldruckmessung des Krantz VIRUSPROTECT				
Soll-Volumenstrom [m ³ /h]	250	500	750	1000
Schallleistungspegel L _{WA} [dB(A)]	42	49	52	56

Aus den ermittelten Schallleistungspegeln kann der vom Menschen wahrgenommene Schalldruckpegel über die Raumdämpfung bestimmt werden, die in dem Raum vorliegt, in dem sich das Gerät und der Mensch befinden. Geht man von einer durchschnittlichen Raumdämpfung bei Klassen- oder Gastronomieräumen von ca. 8 dB aus, so ergeben sich die folgenden Werte für den Schalldruckpegel im Aufstellraum:

Tabelle 4-4: Errechneter Schalldruckpegel bei unterschiedlichen Volumenströmen

Errechnete Schalldruckpegel des Krantz VIRUSPROTECT				
Soll-Volumenstrom [m ³ /h]	250	500	750	1000
Schalldruckpegel L _{PA} [dB(A)]	34	41	44	48

Die Geräuschentwicklung des Filters liegt somit in einem Bereich der Geräusche, die bei einer Unterhaltung entstehen. 40 dB(A) entsprechen einer leisen Unterhaltung bei einem Abstand von 1 m und 50 dB(A) z.B. einer normalen Unterhaltung oder Vogelgezwitscher.

4.5 Bestimmung der Partikelabklingkurve

Um eine Aussage über die Wirksamkeit des Aerosolfilters Krantz VIRUSPROTECT tätigen zu können, wurde über einen gewissen Zeitraum in festgelegten Zeitabständen die Anzahl der Partikel in einem Testraum gemessen. Dabei werden alle Aerosole (heterogenes Gemisch aus festen oder flüssigen Schwebeteilchen in einem Gas) hier vereinfacht als Partikel bezeichnet. Bei eingeschaltetem Filter wurde in einem Abstand von je 1 Minute die mittlere Partikelanzahl in der Luft während einer Messdauer von ca. 1 Minute gezählt. Über die Abnahme der Partikelkonzentration mit der Zeit kann eine Filterwirksamkeit bestimmt werden.

4.5.1 Messung in einem luftdichten Raum

Um eine definitive Aussage über die Partikelabklingkurve tätigen zu können wurde ein luftdichter Raum gewählt, so dass keine Fremdpartikel über irgendwelche Undichtigkeiten in den Raum eingetragen werden können. Für die Untersuchung wurde der Hallraum genutzt, der bereits bei der Bestimmung der Akustik verwendet wurde.

Die Messung der Partikelanzahl über der Zeit wurde bei einem Volumenstrom von 1000 m³/h durchgeführt, was bei einem Raumvolumen von 200 m³, einer Luftwechselrate von 5 entspricht. Der Aerosolfilter wurde am gegenüberliegenden Raumende der Messgeräte positioniert, so dass ein maximaler Abstand im Raum von 5 m eingehalten wurde. Die Messung erfolgte mit 2 unterschiedlichen Partikelmessgeräten der Firma Lighthouse, die unterschiedliche Messbereiche und somit auch unterschiedliche Empfindlichkeiten aufweisen. Das Solair 1100 hat einen Messbereich von 0,1 µm bis 5 µm und das Solair 3100 einen Bereich von 0,3 µm bis 5 µm.

Diagramm 4-1 zeigt den Verlauf der Partikelanzahl in der Raumluft über einen Zeitraum von 1 Stunde. Gemessen wurden die Partikel der Größe PM_{0,3}. Die Definition der Partikelgrößen geht zurück auf den im Jahr 1987 eingeführten *National Air Quality*-Standard for Particulate Matter (kurz als PM-Standard bezeichnet) der US-amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA ([Environmental Protection Agency](https://www.epa.gov/)) und berücksichtigt auch die Unschärfen bei der Partikelmessung. PM_{0,3} besagt, dass die Unschärfegrenze mit 50% erfasster Partikel bei 0,3 µm liegt, während 100% der Partikel <0,1 µm und 0% der Partikel >1 µm mitgezählt werden. Umgangssprachlich wird diese Definition als „alle Partikel <0,3 µm“ bezeichnet. Als Feinstaub werden Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser <10 µm (PM₁₀) und Lungengängiger Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser <2,5 µm (PM_{2,5}) bezeichnet.

Um nicht schwer zu bewertende absolute Partikelanzahlen pro cm³ oder m³ zu verwenden und damit Bewertungen von „hoher“ oder „geringer“ Partikelanzahl zu Beginn der Messungen vornehmen zu müssen, wurde die zu Beginn der Messungen ermittelte Partikelanzahl pro Volumeneinheit

(=Konzentration) als 1 (=100%) definiert. Die weiteren Messwerte wurden jeweils durch die Ausgangskonzentration geteilt und als zeitlicher Kurvenverlauf im Diagramm dargestellt.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Partikelkonzentration bereits nach wenigen Minuten deutlich abfällt. So sind bereits nach 8 Minuten 50% der Partikel in der betrachteten Größe aus dem Raum gefiltert. Nach 25 Minuten sind bereits 90% der Partikel gefiltert. Dies bedeutet, dass der Filter weniger als eine halbe Luftwechselrate braucht, um 90% der vorhandenen Partikel aus dem Raum zu filtern.

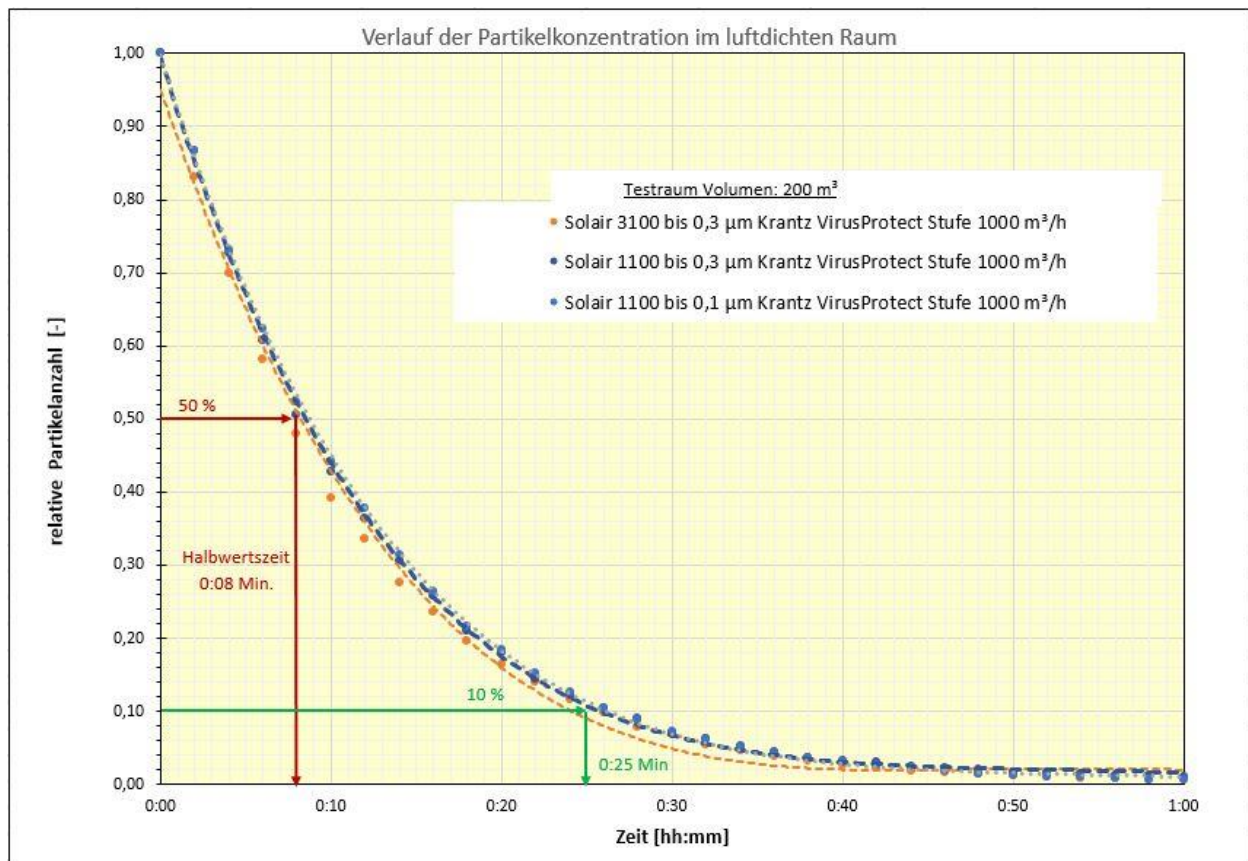


Diagramm 4-1: Ergebnisse der Partikelmessung im luftdichten Raum

4.5.2 Messung in einem üblichen Raum

Um einen Vergleich, beziehungsweise eine Aussage über die Filterleistung in einem üblichen Raum treffen zu können, wurde ein zweiter Versuch durchgeführt. Hierbei handelte es sich um einen Besprechungsraum, der über eine Fensterfassade verfügt und eine normale Tür, über die ein geringer Luftaustausch mit der Umgebung erfolgt. Der Raum hat eine Größe von 8,5 m x 9,4 m und eine Deckenhöhe von 3,3 m. Dies ergibt ein Raumvolumen von ca. 250 m³. Dieser Raum entspricht somit auch eher dem Einsatzgebiet des Krantz VIRUSPROTECT als der luftdichte Hallraum, der bei der ersten Messung verwendet wurde und zwar vom Volumen ähnlich ist, jedoch aufgrund seiner Höhe von 5,5 m nicht mit einem Standard-Raum übereinstimmt. Da der Besprechungsraum über eine luftdurchlässige abgehängte Decke verfügt, wurde das zusätzliche Raumvolumen von ca. 85 m³ bei den Versuchen mitberücksichtigt.

Aufgrund des höheren Gesamtvolumens von 325 m³ wurden 2 Aerosolfilter im Raum aufgestellt und eine Geräteleistung von 1000 m³/h an jedem Filter eingestellt. Dies entspricht einer 6-fachen Luftwechselrate bezogen auf das gesamte Raumvolumen. Der Abstand zum Filtergerät betrug auch hier wieder 5 m, um einen Vergleich der Messung mit dem luftdichten Raum zu ermöglichen. Es wurden auch hier die gleichen Messgeräte eingesetzt wie beim vorherigen Versuch. Bild 4-2 zeigt den Versuchsaufbau im Besprechungsraum.

In Diagramm 4-2 sind die Ergebnisse der Versuchsreihe dargestellt. Der Verlauf der Partikelkonzentration ist analog zum luftdichten Raum. In einem kurzen Zeitrahmen werden bereits viele Partikel aus der Luft herausgefiltert. So sind bereits nach 5:30 Min 50% der anfänglich vorhandenen Partikel gefiltert worden. Eine Filterung von 90% ist nach 16 Minuten erreicht. Aufgrund der höheren Filterleistung, bezogen auf das Raumvolumen, fallen die Zeiten zum Erreichen einer gewissen Partikelkonzentration im Besprechungsraum geringer aus. Die Leckagen im Raum, durch Fenster oder Türen, haben einen kaum messbaren Einfluss auf die Filterleistung des VIRUSPROTECT.



Bild 4-2: Versuchsaufbau im Besprechungsraum

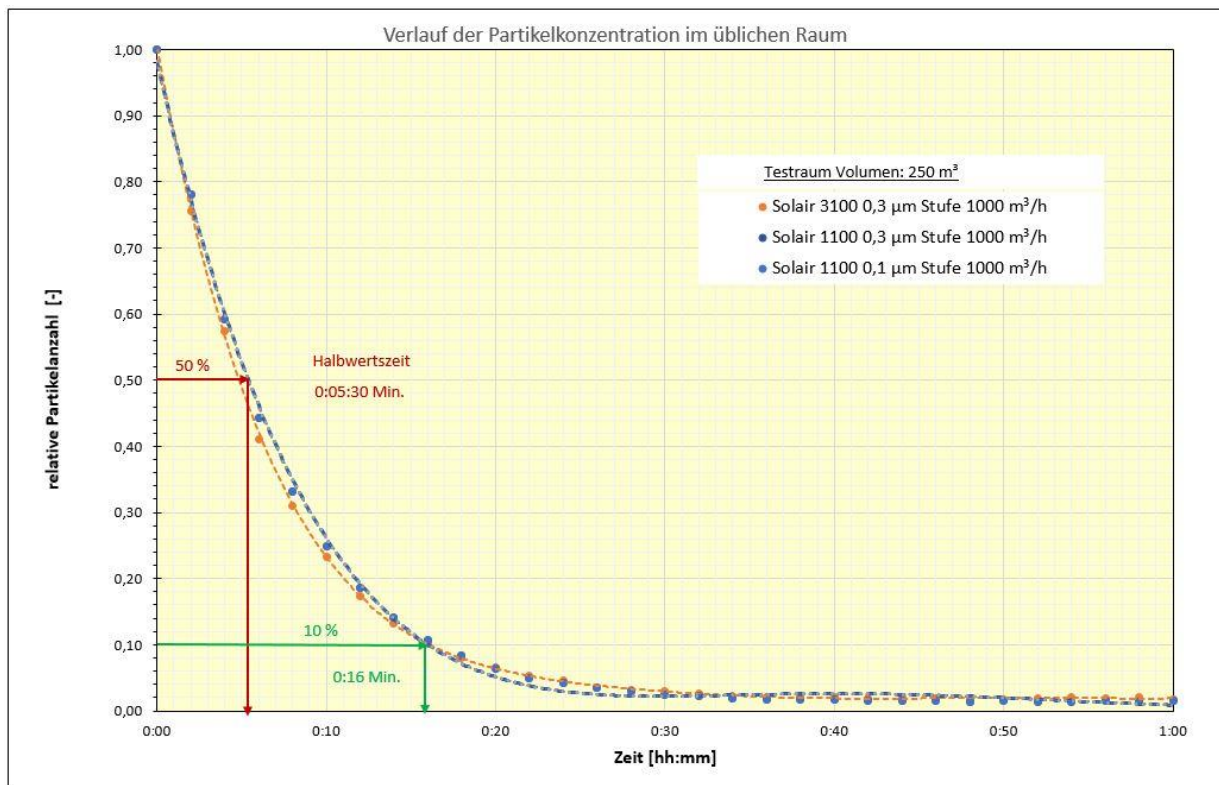


Diagramm 4-2: Ergebnisse der Partikelmessung im Besprechungsraum

4.6 Ausbreitung der gefilterten Luft im Raum

Mit entscheidend für die Wirksamkeit des Aerosolfilters ist die Verteilung der gefilterten und somit gereinigten Luft im Raum. Gibt es zum Beispiel Bereiche im Raum, die nicht mit gefilterter Luft versorgt werden und somit dort kein Luftaustausch stattfindet? Um dieser Frage nachzugehen, wurde die Ausbreitung der Filterluft mittels Spurengas untersucht. Hierbei wird der Luft, die aus dem Filter austritt, ein Gas beigemischt, das sich über ein entsprechendes Messgerät an verschiedenen Stellen im Raum detektieren lässt (Tracergas). In der durchgeführten Untersuchung wurde dazu Propan genutzt, welches mit einem Flammenionisationsdetektor FID an 14 Stellen im Raum gemessen wurde. Bild 4-3 zeigt den Versuchsaufbau und die verschiedenen Messpositionen im Raum, welcher auch bereits bei der Bestimmung der Partikelabklingzeit genutzt wurde. Die Folie wurde ausgelegt, um eine Beeinflussung der Partikelmessungen durch den unterhalb der Folie befindlichen Teppich auszuschließen. Auf die Gasmessungen haben weder der Teppich noch die Folie eine negative Auswirkung.



Bild 4-3: Messaufbau und Positionen der Messstellen

Gemessen wurde die Gaskonzentration auf einer Höhe von 1,1 m, was einer sitzenden Person entspricht. Die Versuche wurden bei verschiedenen Leistungsstufen ($500 \text{ m}^3/\text{h}$, $750 \text{ m}^3/\text{h}$ und $1000 \text{ m}^3/\text{h}$) pro Gerät durchgeführt. Die Gaskonzentration wurde so gewählt, dass am Auslass des Filters eine Propankonzentration von 1200 ppm (parts per million) vorliegt. Die Einspülzeit des Propan wurde so eingestellt, dass bei einem Raumvolumen von 250 m^3 und einer völligen Durchmischung des Raumes eine theoretische Konzentration von 40 ppm erreicht werden sollte. Aufgrund der symmetrischen Anordnung der zwei Filtergeräte im Raum wurde bei nur einem Filter Propan in der Ansaugluft beigemischt. Ein weiterer Grund für die einseitige Einmischung des Tracergases ist, dass so die Beeinflussung der beiden Filtergeräte untereinander sichtbar gemacht werden kann.

Die Bereiche mit hohen ppm-Konzentrationen werden sehr früh und sehr schnell mit gefilterter Luft versorgt. Dies sind natürlich die Bereiche, die sich sehr nah am Filtergerät selber befinden. Jedoch wurde auch festgestellt, dass selbst bei der niedrigen Filterleistung von $500 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Gerät nach 5 Minuten die Tracergaskonzentration bereits über 20 ppm im gesamten Raum liegt, was bedeutet, dass hier bereits überall Teile der gefilterten Luft ankommen. Wie bereits erwähnt, ist beim Erreichen von 40 ppm oder mehr die Luft an dieser Stelle komplett gefiltert. Bezogen auf eine Luftwechselrate von 4, was einem Gesamtvolumenstrom der Aerosolfilter von $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ entspricht, ist bereits nach 18 Minuten die Luft im Raum komplett durch den Luftfilter gefiltert worden. Mit zunehmender Luftwechselrate verkürzt sich dieser Zeitraum, so dass bei einer Luftwechselrate von 6 bereits nach 12 Minuten eine komplette Durchmischung und bei einer Luftwechselrate von 8 bereits nach 10 Minuten eine komplette Durchmischung stattgefunden hat. Die beiden Filtergeräte stören sich folglich nicht in der Luftverteilung gegenseitig beziehungsweise es findet keine einseitige Verteilung der gefilterten Luft im Raum statt.