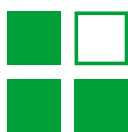


Feinfilterkombinationen in RLT-Anlagen

Wie Feinfilter Aerosolpartikel effizient abscheiden



Effiziente Filtersysteme in raumluftechnischen Anlagen und Geräten sind im Rahmen der Corona-Pandemie für eine saubere und gesunde Raumluf von größter Bedeutung. Zur Abscheidung von Aerosolpartikeln unter Verwendung von Luftfiltern werden HEPA-Filter (High-Efficiency Particulate Air-Arrestance) als die alleinige Lösung angesehen. Untersuchungen verschiedener Feinfilterkombinationen zeigen hingegen, dass auch Feinfilter aerosolgebundene Keime in der Luft reduzieren können.

Anne Hartmann¹,
Julia Lange¹,
Lukas Schumann¹,
Martin Kriegel¹,
Maria Swiderek²,
Christoph Kaup²

¹Hermann-Rietschel-Institut,
TU-Berlin,
²Umwelt-Campus Birkenfeld,
Hochschule Trier

Hintergrund

Aktuell gilt die Übertragung von SARS-CoV-2 über die respiratorische Aufnahme als ein wesentlicher Übertragungsweg [1]. In Untersuchungen des Hermann-Rietschel-Instituts der TU Berlin (HRI) [2,3,4] wurde die Partikelemission während des Atmens, Sprechens, Singens und Hustens gemessen. Mehr als die Hälfte der ermittelten Partikel wiesen eine Größe von $<0,5 \mu\text{m}$ auf und 85 % waren $<1 \mu\text{m}$. Partikel $>3 \mu\text{m}$ wurden bei keiner der Versuchspersonen in einer signifikanten Menge nachgewiesen. Studien anderer Forscher ergaben den Nachweis noch deutlich kleinerer Partikel [5]. Nach aktueller Studienlage hat SARS-CoV-2 eine Größe von 0,08 bis $0,14 \mu\text{m}$ [6]. Da Viren niemals allein auftreten, sondern immer auf Partikeln transportiert werden, sind die in der Luft anzutreffenden Konglomerate aus Viren und Partikeln größer als die ursprüngliche Virengröße [7].

Für HEPA-Filter wird zusätzlich die kritische Partikelgröße MPPS (Most Penetrating Particle

Size) definiert. In Abhängigkeit vom gewählten Material liegt diese zwischen $0,1$ und $0,3 \mu\text{m}$ [8].

In der aktuellen Untersuchung des HRI wurde der Einfluss von zwei hintereinander geschalteten Feinfilterstufen auf die Abscheideleistung sowie den Filterwirkungsgrad im Einbauzustand im RLT-Gerät untersucht und mit den theoretisch zu erwartenden Abscheidegraden nach den Auslegungsdaten gemäß DIN EN ISO 16890 [9] verglichen. Neben der Auswertung der relevanten Partikelgrößenverteilung ePM1 ($0,3$ bis $1 \mu\text{m}$) wurde auch der Abscheidegrad von Partikeln zwischen $0,3 \mu\text{m}$ und $0,5 \mu\text{m}$ sowie zwischen $0,5 \mu\text{m}$ und $1,0 \mu\text{m}$ differenziert ausgewertet. In einer ergänzenden Messung wurde am Institut für Luft- und Klimatechnik (ILK) Dresden die Abscheideleistung von zwei Filterkombinationen im Bereich von $0,1$ bis $0,25 \mu\text{m}$ untersucht.

Luftfilter für die Raumluftechnik werden häufig in Lüftungsanlagen in Gebäuden verwendet. Sie beeinflussen maßgeblich die Luftqualität von Innenräumen und somit auch die Gesundheit der Menschen, da sie die Feinstaubkonzentration der Außenluft verringern. Mit Umluftanlagen können neben der Staubbelastung auch Aerosolpartikel aus dem Raum entfernt werden.

Für die richtige Auswahl der Luftfilter sind klar definierte und allgemein gültige Prüf- und Klassifizierungsverfahren notwendig. Sie bewerten den Abscheidegrad der Luftfilter, vor allem in Bezug auf die Abscheidung von Feinstaub und Partikeln.

Gemäß der Normenreihe ISO 16890 erfolgt im Labor die Bewertung der Luftfilter nach ihrer Fähigkeit, die Aerosolpartikel abzuscheiden, den Abscheidegrad bezeichnen die Werte ePM1, ePM2,5 und ePM10. Die Luftfilterelemente können dann nach den in ISO 16890-1 beschriebenen Verfahren klassifiziert werden. Deren Abscheidegrad wird nach ISO 16890-2 als Funktion der Partikelgröße des unbeladenen und unkonditionierten Filterelements gemessen.

Nach der Prüfung des Abscheidegrads wird das Luftfilterelement nach den in ISO 16890-4 dargestellten Verfahren

1 Aufbau des Lüftungsgerätes

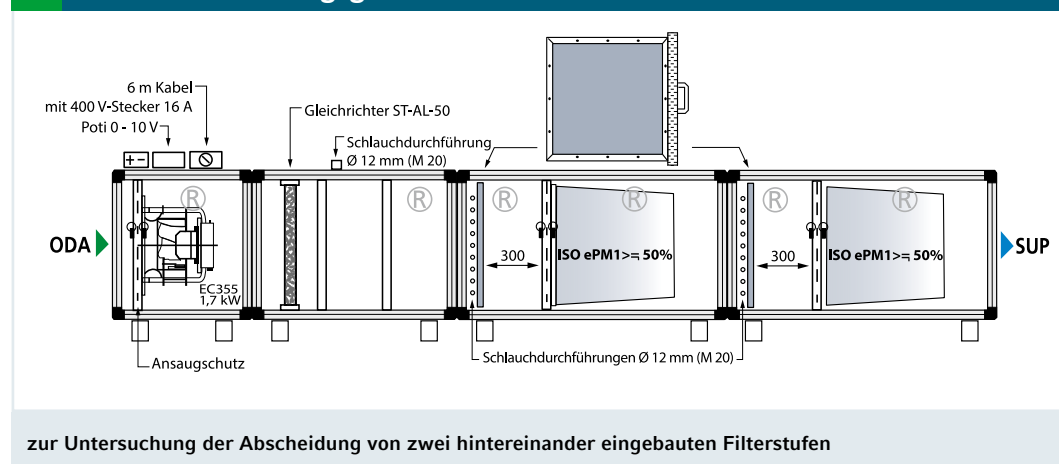


Tabelle 1: Filterklassen [10]

Gruppenbezeichnung	Anforderung			Klassenangabewert
	ePM _{1,min}	ePM _{2,5,min}	ePM ₁₀	
ISO coarse	–	–	< 50 %	gravimetrischer Anfangsabscheidegrad
ISO ePM10	–	–	≥ 50 %	ePM ₁₀
ISO ePM2,5	–	≥ 50 %	–	ePM _{2,5}
ISO ePM1	≥ 50 %	–	–	ePM ₁

konditioniert und der Abscheidegrad an diesem konditionierten (unbeladenen) Filterelement wird erneut ermittelt. Mit diesem Verfahren erhält man Informationen über die Intensität von eventuell vorhandenen elektrostatischen Abscheidemechanismen an dem zu prüfenden Filterelement. Der mittlere Abscheidegrad des Filters wird durch Berechnung des Mittels zwischen Anfangsabscheidegrad und konditioniertem Abscheidegrad für jeden Größenbereich bestimmt.

Klassifizierung der Filter

Die Einordnung eines Filters in eine der vier Gruppen erfolgt entsprechend seinem gravimetrischen Anfangsabscheidegrads sowie der drei Abscheidegradwerte ePM1, ePM2,5 und ePM10, ISO coarse ist die Filterklassengruppe für Grobstaub (Tabelle 1).

Die Filterklassen werden als Klassenangabewerte in Verbindung mit der Bezeichnung der Gruppe angegeben. Bei den ePM-Klassen müssen die Klassenangabewerte auf das nächste Vielfache von 5 % abgerundet werden [11]. Die Abscheideleistung ISO ePM1 hat bei der Reduktion von Aerosolpartikeln eine besondere Bedeutung.

Bei der Auslegung eines Lüftungsgeräts spielen neben der Klassifizierung der Filter auch die tatsächlichen Fraktionsabscheidegrade in Bezug auf die verschiedenen einzelnen Partikeldurchmessergrößen eine wichtige Rolle. In Tabelle 2 sind beispielhaft die Fraktionsabscheidegrade nach DIN EN ISO 16890-1 angegeben. Mit diesen Abscheidegraden kann die Abscheideleistung bei einer bekannten Partikelgrößenverteilung berechnet werden. Besonders relevant ist hier der Größenbereich zwischen 0,3 µm und 1 µm insbesondere i von 1 bis 3.

Messaufbau und Versuchsablauf

Im Rahmen der Aerosolmessungen des HRI wurden sieben verschiedene Filter in drei unterschiedlichen Filter-Bauarten in einem Lüftungsgerät der Firma Howatherm Klimatechnik GmbH untersucht. Dabei wurden die folgenden Filter in verschiedenen Kombinationen untersucht:

Kompaktfilter, Taschenfilter und Paneelfilter, deren Spezifizierung und Kombinationen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Wie Bild 1 zeigt, wurden in der Versuchsanordnung des RLT-Geräts u. a. ein Ventilator (maximaler Volumenstrom 3.750 m³/h) sowie ein Gleichrichter und die Filterstufen angeordnet. Der Aufbau erfolgte im Reinraum des HRI, so dass nahezu keine Hintergrundbelastung an Partikeln vorhanden war. Die jeweilige Luftfeuchtigkeit lag bei den Messungen im Bereich von 30 bis maximal 50 %.

Hinter dem Gleichrichter erfolgte die Freisetzung der Aerosole über einen Aerosolgenerator mit dem für Filterlecktests nach DIN EN ISO 14644-3:2020-08 [13] gängigen Prüfaerosol DEHS (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat). Der Aufbau zur Einbringung ist in Bild 2 zu sehen.

Eine Prallplatte hinter der Aerosoleinbringung bewirkte zusätzlich die gleichmäßige Verteilung, sodass eine gute Durchmischung der Partikel über den Kanalquerschnitt erreicht wurde.

Im Abstand von 30 cm vor dem ersten und dem zweiten Filter sowie am Ende des Geräts wurde jeweils an neun im Raster über den Querschnitt verteilten Messstellen die Partikelanzahl gezählt (Bild 3). Die anderen Messpositionen wurden analog aufgebaut. Die Messung erfolgte mit einem optischen Partikelzähler für die Größenklassen 0,3 bis 0,5 µm sowie 0,5 bis 1,0 µm. Alle 27 Messstellen sowie eine Referenzmessstelle im Versuchsraum wurden im Wechsel mit einem Messintervall von 15 s Zählzeit sowie 3 s Spülzeit zwischen den Messpunkten ermittelt. Die Schläuche hatten einen Innendurchmesser von 8 mm. Um ein Überschreiten der Koinzidenzgrenze zu verhindern, wurde eine Verdünnungsstufe (1/100) eingesetzt.

Über die Drehzahlregelung wurde während der Messungen jeweils der niedrigste Nennvolumenstrom der verwendeten Filter eingestellt, da die Luftgeschwindigkeiten in RLT-Geräten heute tendenziell niedrig sind [14].

Zu Beginn eines jeden Versuchs wurde der Volumenstrom überprüft und anschließend die Aerosolquelle eingeschaltet. Nach einer Wartezeit von etwa 20 min war ein stationärer Zustand erreicht. Die Messung dauerte mindestens 1 Stunde.

Die untersuchten Filterkombinationen mit den Volumenstromangaben sind in Tabelle 3 zu finden.



Positionierung der Ausgänge des Aerosolgenerators mit Gleichrichter



Verteilung der neun Partikelmessstellen über den Querschnitt

**Tabelle 2: Beispielfilterdaten Fraktionsabscheidegrade bei verschiedenen Partikelgrößen [12]
nach DIN EN ISO 16890-1**

i	d_i in μm	d_{i+1} in μm	d_i in μm	$\Delta \ln d_i$	E_i %	$E_{D,i}$ %	$E_{A,i}$ %
1	0,3	0,5	0,39	0,51	66,0	37,0	51,5
2	0,5	0,7	0,59	0,34	78,0	49,0	63,5
3	0,7	1,0	0,84	0,36	86,3	59,0	72,7
4	1,0	1,3	1,14	0,26	92,0	68,0	80,0
5	1,3	1,6	1,44	0,21	95,0	75,0	85,0
6	1,6	2,2	1,88	0,32	96,9	83,0	90,0
7	2,2	3,0	2,57	0,31	98,4	91,0	94,7
8	3,0	4,0	3,46	0,29	99,7	96,5	98,1
9	4,0	5,5	4,69	0,32	100	96,8	99,3
10	5,5	7,0	6,20	0,24	100	100	100
11	7,0	10,0	8,37	0,36	100	100	100

Ergebnisse

Die gemessenen Partikelzahlen wurden jeweils über den Querschnitt der Messebene eines Messpunktes (neun Messstellen) sowie für die Wiederholungen gemittelt. Zur Überprüfung des stationären Zustands und zur Absicherung der Messunsicherheit wurde das Konfidenzintervall gebildet. Als Beispiel ist in Bild 4 die Auswertung für die Messung von zwei Paneelfiltern ISO ePM1 70 % dargestellt. Die Ergebnisse der weiteren Messpunkte und Prüflinge wurden analog ermittelt.

Bei allen Messungen lagen 95 % der Einzelmesswerte in

einem Bereich von ± 15 bis 25 % um den Mittelwert. War dies nicht der Fall, wurden die Messungen wiederholt und die Messdauer entsprechend verlängert, um die Abweichung zu verringern.

Eine höhere Genauigkeit war aufgrund der Messgenauigkeit des optischen Messverfahrens nicht zu erwarten. Nach einer ausreichenden Messdauer konnte ein eindeutiger Mittelwert bestimmt werden.

Bild 4 zeigt das Ergebnis der Kombination zweier Paneelfilter ISO ePM1 70 %, links die Konzentration von Partikeln zwischen 0,3 und 0,5 μm und rechts zwischen 0,5 und 1,0 μm .

Die Punkte stellen jeweils die Mittelwerte und die Antennen das 95 %-Konfidenzintervall dar. Die Reduktion der Partikelkonzentration durch die Filter ist gut zu erkennen. Diese ist bei den größeren Partikeln stärker ausgeprägt als bei den kleineren Partikeln. Die Darstellung ist logarithmisch.

Die zusammenfassende Übersicht der Abscheidungsleistungen aller Filter für die Partikelgröße 0,3 bis 0,5 μm ist in Bild 5 und für die Partikelgröße 0,5 bis 1,0 μm in Bild 6 zu sehen. Dargestellt sind erneut die Mittelwerte als Punkt sowie die Antennen des jeweiligen Konfidenzintervalls.

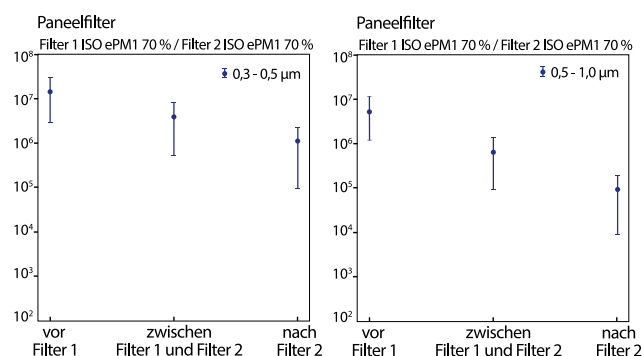
Zur Einordnung der Kombination im Vergleich zu einzelnen Filtern wurde ePM1 nach der DIN EN ISO 16890-1-Gleichung 2 bis 4 berechnet. Das Ergebnis ist in Bild 7 dargestellt.

Ergänzende Untersuchungen mit Aerosolpartikeln unter 0,3 μm

Am ILK Dresden wurde eine Filterkombination ISO ePM1 55 % (1. Filterstufe) und ISO ePM1 70 % (2. Filterstufe) ebenfalls messtechnisch im Einbauszustand untersucht. Hier allerdings im Aerosolbereich von 0,1 bis 0,25 μm .

Es gibt derzeit keine Prüfvorschrift für die Filterabscheidung in Luftreinigungsgeräten. Der Nachweis geprüfter Einzelkomponenten (z.B. HEPA-Filter der Klasse H13 oder H14) kann jedoch nicht eine Gesamtprüfung ersetzen. Oft sind ungünstige Strömungsverhältnisse oder Leckagen im Gerät dafür verantwortlich, dass der Gesamtabseidegrad des Komplettsgeräts geringer ist als erwartet. Daher wurde auch am ILK eine Prüfung des Gesamtabseidegrads mit Aerosolen (Paraffinöl und NaCl-Aerosol) für das Gesamtgerät berücksichtigt. Diese wurde gemäß der Prüfnorm für FFP-Masken in Anlehnung an EN 13274-7 [15] durchgeführt. Ein Aerosolgenerator wurde dazu vorab im Prüflabor kalibriert. Im Prüfraum wurde das Aerosol in die Ansaugöffnung des Luftreinigers eingeleitet. Verglichen wurde dann die Rohluft- mit der Reinluftkonzentration, indem letztere unter Verwendung eines optischen Partikelzählers bestimmt wurde. Beruhend auf dem Messwert für die Reinluftkonzentration und die Hintergrundkonzentration sowie für eine rechnerisch bestimmte Rohluftkonzentration wurde der Abscheidegrad des Luftreinigungsgeräts für Partikel und Tropfen zwischen 0,15 bis 0,25 μm ermittelt.

4 Partikelkonzentration Paneelfilter

Partikelkonzentration in Partikel / m^3


Filter 1: ISO ePM1 70 %, Filter 2: ISO ePM1 70 %, Partikel 0,3 bis 0,5 μm (links), Partikel 0,5 bis 1,0 μm (rechts)

Grafik: Hermann-Rietschel-Institut

Tabelle 3: Zusammenstellung der untersuchten Filterkombinationen

Filter 1	Filter 2	Volumenstrom
Kompaktfilter ISO ePM1 60 %	Kompaktfilter ISO ePM1 60 %	3.400 m³/h
Kompaktfilter ISO ePM1 60 %	Kompaktfilter ISO ePM1 85 %	3.400 m³/h
Kompaktfilter ISO ePM1 85 %	Kompaktfilter ISO ePM1 85 %	3.400 m³/h
Taschenfilter ISO ePM1 60 %	Taschenfilter ISO ePM1 60 %	3.400 m³/h
Taschenfilter ISO ePM1 60 %	Taschenfilter ISO ePM1 85 %	3.400 m³/h
Taschenfilter ISO ePM1 85 %	Taschenfilter ISO ePM1 85 %	3.400 m³/h
Paneelfilter ISO ePM1 55 %	Paneelfilter ISO ePM1 55 %	2.000 m³/h
Paneelfilter ISO ePM1 55 %	Paneelfilter ISO ePM1 70 %	2.000 m³/h
Paneelfilter ISO ePM1 70 %	Paneelfilter ISO ePM1 70 %	2.000 m³/h
Paneelfilter ISO ePM1 55 %	Paneelfilter ISO ePM1 85 %	1.100 m³/h
Paneelfilter ISO ePM1 70 %	Paneelfilter ISO ePM1 85 %	1.100 m³/h
Paneelfilter ISO ePM1 85 %	Paneelfilter ISO ePM1 85 %	1.100 m³/h

Auf die Prüfkammer folgte eine Messstrecke zur Bestimmung des Volumenstroms mittels einer Staudruck-Strömungsmessblende.

Die Bestimmung der Partikelkonzentration erfolgte durch Teilstromentnahme und Analyse über einen optischen Partikelzähler. Diesem war ebenfalls eine Verdünnungsstufe (Verdünnung im Verhältnis 1:100) vorgeschaltet, was eine koinzidenzfreie Messung auch bei hohen Konzentrationen ermöglichte (Tabelle 4).

Die Partikelzählung einer Einzelmessung unterliegt statistischen Schwankungen. Mit zunehmender Zahl der Zählereignisse nimmt das Vertrauensniveau zu. Dieser Umstand wurde durch Verwendung eines 95-%-Vertrauensintervalls einer Poisson-Verteilung derart berücksichtigt (vgl. ISO 29463-5), dass die Berechnung des Abscheidegrades jeweils unter Nutzung des ungünstigeren Grenzwerts des Vertrauensbereichs erfolgte.

Das geprüfte Gerät weist damit für Partikel mit einem Durchmesser von 0,1 bis 0,15 µm einen Abscheidegrad von 87,5 % auf,

Aerosolpartikel mit einer Größe zwischen 0,15 bis 0,20 µm wurden auf demselben Niveau abgeschieden. Die Abscheideleistung für Aerosolpartikel mit einer Größe zwischen 0,20 und 0,25 µm betrug 89,6 %. Der Volumenstrom betrug während der Messung 645 m³/h bezogen auf ein halbes Normfilterelement, also 1.300 m³/h bezogen auf eine vergleichbare Normfiltergröße, die in den Messungen des HRI mit 2.000 m³/h verwendet wurden.

Die analoge Messung am HRI ergab für die vergleichbare

Filterqualität (Paneelfilter) einen Abscheidegrad von 83,1 % (untere Grenze 81,3 bis 84,3 % obere Grenze) im Bereich von 0,3 bis 0,5 µm, jedoch bei einem spezifischen Volumenstrom, der um 54 % über dem Volumenstrom der Messung des ILK lag.

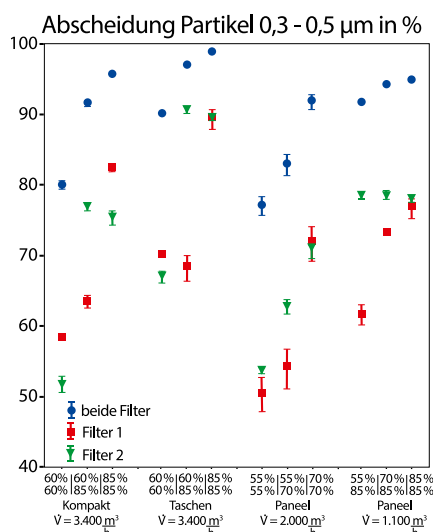
Eine weitere Messung des ILK Dresden mit einer Filterkombination ISO ePM1 55 %-Filter in der ersten Stufe und einem ISO ePM1 80 %-Filter in der zweiten Stufe ergab eine Abscheideleistung von 94 % bezogen auf eine Partikelgröße von 0,15 bis 0,2 µm.

Vergleich der Messergebnisse zu den Auslegungswerten

Auf Basis der DIN EN ISO 16890 werden die Abscheidegrade der Filter für die verschiedenen relevanten Größenklassenbereiche (Tabelle 2) spezifiziert. Mit diesen Daten kann die Abscheideleistung für Aerosolpartikel im Bereich zwischen 0,3 und 1,0 µm berechnet werden.

Für die in Tabelle 3 aufgeführten Filter wurden auch die theoretisch zu erwartenden Abscheidegrade berechnet und mit den gemessenen Werten

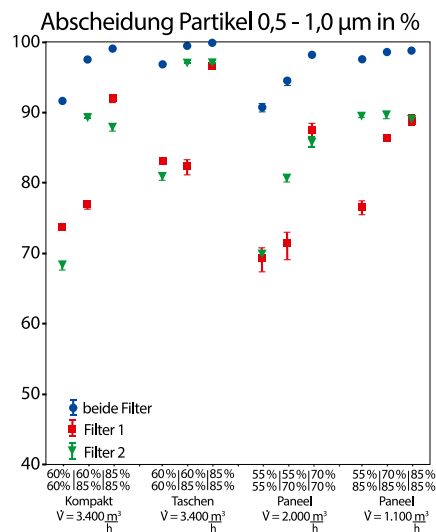
5 Abscheidungsleistung



von Partikelgröße 0,3 bis 0,5 µm für alle untersuchten Kombinationen

Grafik: Hermann-Rietschel-Institut

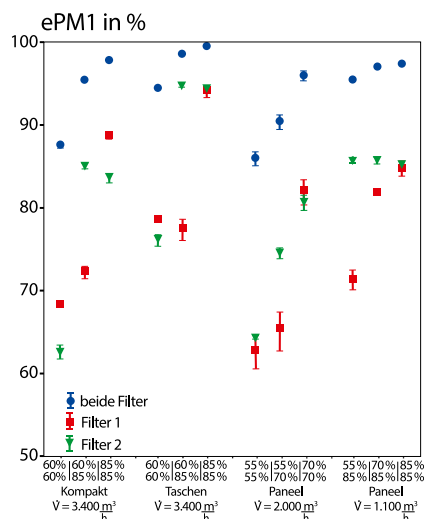
6 Abscheidungsleistung



von Partikelgröße 0,5 bis 1,0 µm für alle untersuchten Kombinationen

Grafik: Hermann-Rietschel-Institut

7 Berechnung von ePM1



nach der DIN EN ISO 16890-1-Gleichung 2 bis 4 für die untersuchten Filterkombinationen

verglichen. Dabei wurden die mittleren Abscheidegrade zur Auslegung herangezogen.

Bild 8 zeigt für den Vergleich der Kompaktfilterkombination eine relativ gute Übereinstimmung der zu erwartenden Werte mit der Messung.

Dagegen zeigt Bild 9 für den Vergleich der Taschenfilterkombination keine gute Übereinstimmung der zu erwartenden Werte mit der Messung. In diesem Fall

liegen die berechneten Werte unter den gemessenen Werten.

Der Unterschied ist durch das Material der Filter erklärbar, da die Kompaktfilter aus Glasfaser und die Taschenfilter aus Kunststofffasern hergestellt sind. Synthetische Filtermaterialien sind im Neuzustand elektrostatisch geladen, sodass die Abscheidung während der Messung am HRI dadurch erhöht war. Werden zum Vergleich mit der Messung die

Anfangsabscheidewerte (mit elektrostatischer Ladung) herangezogen, ergibt sich für Taschenfilter folgende Darstellung (Bild 10).

Insbesondere bei kleinen Partikeln im Bereich zwischen 0,3 und 0,5 μm wird der Einfluss der elektrostatischen Ladung deutlich (vergleiche Bild 9 mit Bild 10).

Auswertung und Diskussion

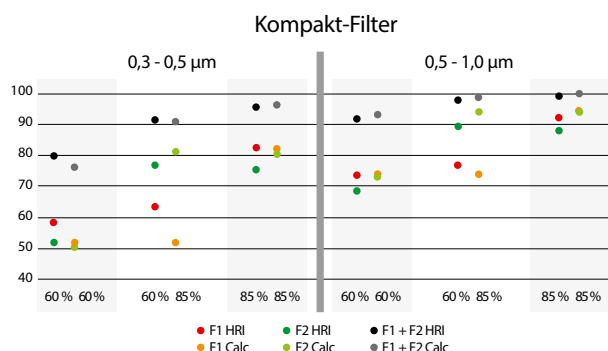
Sämtliche untersuchten Filter scheiden auch in der kritischen Größenklasse von 0,3 bis 0,5 μm mindestens 50 % der Partikel ab (Bild 5). Werden zwei gleiche Filter desselben Typs hintereinander verwendet, ist die Abscheideleistung des zweiten Filters in den meisten Fällen sehr ähnlich der ersten Filterstufe (Taschenfilter ISO ePM1 85 %, Paneelfilter ISO ePM1 70 %, Paneelfilter ISO ePM1 85 %) oder um 5 bis 10 % schlechter (Kompakt ISO ePM1 60 %, Kompakt ISO ePM1 85 %, Taschenfilter ISO ePM1 60 %). Werden unterschiedliche Filter eingesetzt, ist die Abscheidung der zweiten und besseren Filterstufe erwartungsgemäß höher. In Kombination erreichen alle Filterpaare mindestens eine Abscheidung kleiner Partikel (0,3 bis 1,0 μm) von 75 % (zwei Kompaktfilter ISO ePM1 60 %, zwei Paneelfilter ISO ePM1 55 %). Die höchsten gemessenen Werte lagen bei knapp 99 % (zwei Taschenfilter ISO ePM1 85 %).

Bei größeren Partikeln (0,5 bis 1,0 μm) liegt die minimale Abscheidung einzelner Filter bei knapp 70 % und damit etwa bei 20 % über dem Wert kleinerer Partikel (0,3 bis 0,5 μm). Die höhere Abscheidung bei größeren Partikeln war aufgrund der Filtercharakteristik zu erwarten.

Die ermittelten ePM1-Werte für den ersten Filter lagen jeweils über den aus der Filterklasse resultierenden Mindestanforderungen. Wie auch bei den Abscheideleistungen in den einzelnen Größenklassen ist die Abscheidung für den zweiten Filter meist entweder gleich gut oder leicht schlechter, aber dennoch in keinem Fall unter den für die Filterklasse geforderten Abscheideraten. Die Kombination ergab ePM1-Werte zwischen 87 % (zwei Kompaktfilter ISO ePM1 60 %) und 99,6 % (zwei Taschenfilter ISO ePM1 85 %).

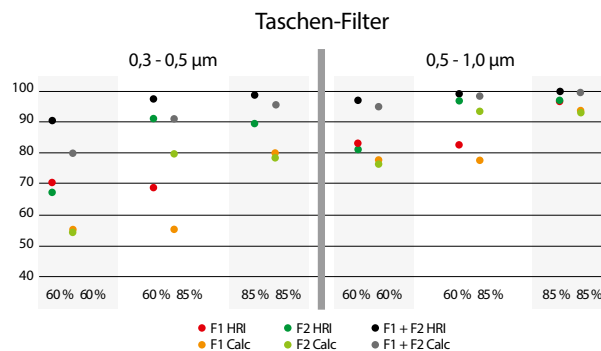
Mit zwei hintereinander verwendeten Filtern kann eine deutliche Reduktion der Partikelkonzentration auch in der für virenbeladene Aerosolpartikel kritischen Größenklasse von 0,3 bis 0,5 μm erreicht werden. Diese liegt im ungünstigsten Fall von zwei Filtern mit der Klasse ISO ePM1 55 oder 60 % bei mindestens 75 bis 80 %.

8 Vergleich der Kompaktfilterkombinationen



Berechnung (Calc) im Verhältnis zur Messung (HRI)

9 Vergleich der Taschenfilterkombinationen



Berechnung (Calc) im Verhältnis zur Messung (HRI)

Tabelle 4: Bestimmung der Abscheidegrade der Kombination ISO ePM 1 55 % und ISO ePM1 70 % im Einbauzustand¹⁶

Partikelgröße		0,10 – 0,15 µm	0,15 – 0,20 µm	0,20 – 0,25 µm
Volumenstrom	m³/h	645	645	645
Absaugvolumen/Hintergrund	m³	0,1132727	0,1132727	0,1132727
Absaugvolumen/Reingas	m³	0,1132632	0,1132657	0,1132657
Rohgaskonzentration	#/m³	118.147.744	68.555.647	47.178.649
Verdünnung	–	100	100	100
Hintergrund Zählereignisse	#	7.025	2.541	1.406
Hintergrund/lower coincidence level	#	6.861	2.442	1.333
Hintergrund/concentration	#/m³	6.056.819	2.156.036	1.176.370
Reingas Zählereignisse	#	23.319	11.910	6.745
Reingas/upper coincidence level	#	2.3618	12.124	6.906
Reingas/concentration	#/m³	20.852.583	10.703.947	6.097.142
Abscheidegrad	%	87,48	87,53	89,57

In den Messungen am HRI wurden nur Partikel 0,3 bis 1,0 µm untersucht. Ausgeatmete Aerosolpartikel verringern aufgrund von Verdunstung ihre Größe und können deshalb unter Umständen auch kleiner als 0,3 µm werden. Eine MPPS, also die kritische Partikelgröße, ist nur für HEPA-Filter definiert und für die untersuchten Filter kann, im Gegensatz zu HEPA-Filtern, im Bereich <0,3 µm nur eine orientierende Aussage gemacht werden. Laut den Messungen am ILK in Dresden wurden Abscheidegrade in einer ähnlichen Größenordnung im Bereich von 0,1 bis 0,25 µm ermittelt.

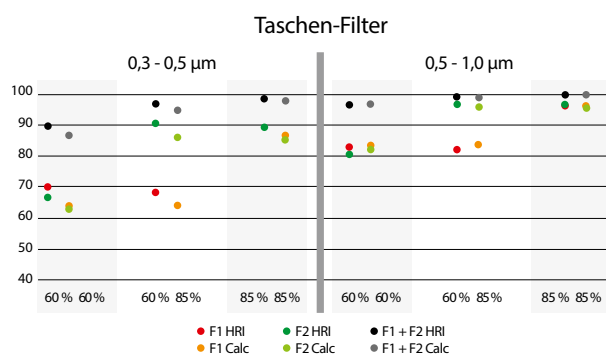
Die neue DIN EN ISO 16890 liefert zudem eine gute Basis, um RLT-Geräte mit Filtern abgestimmt auf eine zu erwartende Aerosolbelastung auslegen zu können. Die Beispiele zeigen, dass die Partikelverteilung einen großen Einfluss auf die Auswahl der Filtermedien hat. Es wird deutlich, dass auch mit Feinfiltern eine nennenswerte Abscheidung von Aerosolen erreicht werden kann.

Mit einem Filter-Upgrade, wie es in der Förderrichtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) vom 13. Oktober 2020 beschrieben wird, lässt sich demnach ein effektiver Beitrag zur Minderung des Infektionsrisikos über Aerosole erreichen.

Quellen

- [1] Robert-Koch-Institut (2020): SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19), https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText1, letzter Zugriff: 5. November 2020, 17:00 Uhr
- [2] Hartmann, A., Lange, J., Rotheudt, H., Kriegel, M. (2020): Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten. In: Preprint. DOI: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10332>
- [3] Mürbe, D., Fleischer, M., Lange, J., Rotheudt, H., Kriegel, M. (2020): Erhöhung der Aerosolbildung beim professionellen Singen, In: Preprint, <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10374.2>
- [4] Mürbe, D., Kriegel, M., Lange, J., Schumann, L., Hartmann, A., Fleischer, M.: Aerosol emission of child voices during speaking, singing and shouting, medRxiv, <https://doi.org/10.1101/2020.09.17.20196733>
- [5] Holmgren, H., Ljungström, E., Almstrand, A.-C., Bake, B., Olin, A.-C. (2010): Size distribution of exhaled particles in the range from 0.01 to 2.0 µm, Journal of Aerosol Science 41, p. 439–446
- [6] Robert-Koch-Institut (2020): Virologische Basis-Daten SARS-CoV-2, https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Virologische_Basisdaten.html, letzter Zugriff: 13. November 2020, 15:30 Uhr
- [7] Clauß, M. (2015): Particle size distribution of airborne microorganisms in the environment – a review, Landbaufrosch 2 (65), p. 77–100, DOI: 10.3220/LBF1444216736000
- [8] DIN EN 1822-1: 2019-10 Schwebstofffilter (EPA, HEPA, ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung
- [9] Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik – Teil 1 bis 4: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem, basierend auf dem Feinstaubabscheidegrad (ePM) (ISO 16890:2016); Deutsche Fassung EN ISO 16890:2016
- [10] Ebenda
- [11] Ebenda
- [12] Ebenda
- [13] DIN EN ISO 14644-3:2020-08 Reinräume und zugehörige Reinraumbe-reiche – Teil 3: Prüfverfahren (ISO 14644-3:2019, korrigierte Fassung 2020-06); Deutsche Fassung EN ISO 14644-3:2019
- [14] Kaup, C., Entwicklung der Wärmerückgewinnung in Deutschland, Springer-VDI-Verlag, HLH, 10/2018
- [15] EN 13274-7: 2019-09 Atemschutzgeräte – Prüfverfahren – Teil 7: Bestimmung des Durchlasses von Partikelfiltern
- [16] Krause, R., Heidenreich, R., Rosenbaum, H., Grüttner, R., Technische Lösungen für Gebäude in Zeiten der CORONA-Pandemie – Untersuchung eines Gerätes zur Reinigung der Luft in geschlossenen Räumen im Rahmen einer laufenden Versuchsreihe, ILK Dresden im Rahmen der Schetter-Studie, 2020

10 Vergleich der Taschenfilterkombinationen



Berechnung (Calc) im Verhältnis zur Messung (HRI) mit Anfangsabscheidegraden aufgrund elektrostatischer Ladung

Grafik: Hermann-Rietschel-Institut