

24. Mai 2022
29. WaBoLu-Innenraumtage 2022

Prüfung von Luftreinigern mit Surrogatpartikeln für Viren und exhalierte Tröpfchen unter Labor- und Realbedingungen

K. Staack, A. Caspari, K. Varzandeh, C. Asbach, S. Schumacher

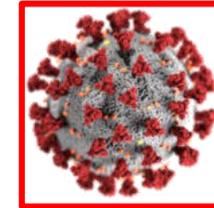
IUTA – Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Telefon: +49 2065 418 223

E-Mail: staack@iuta.de

- **Viren kommen in Partikeln sehr unterschiedlicher Größe vor**

– SARS-CoV-2	0,06 – 0,14 μm	Melanthota <i>et al.</i> J. MRT 83 1623, 2020
– Atmen	0,3 – 0,4 μm	Scheuch J. Aerosol Med. Pulm. Drug Del. 33 230, 2020
– Sprechen u. Singen	1 – 2 μm	Asadi <i>et al.</i> Sci. Rep. 9 1, 2019
– Niesen u. Husten	bis zu 500 μm	Xie <i>et al.</i> J. Royal Soc. Interface 6 703, 2009



Virus



Atmen

- **Große Tropfen sedimentieren relativ schnell zu Boden**

- **Tropfen schrumpfen durch Verdunstung von Flüssigkeit**

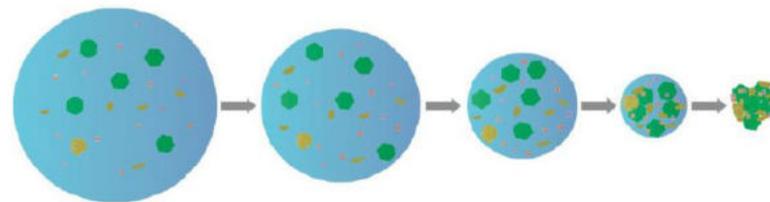
- **Relevanter Partikelgrößenbereich für Luftreiniger < 1 μm**



Sprechen

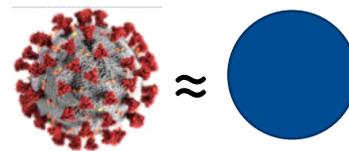
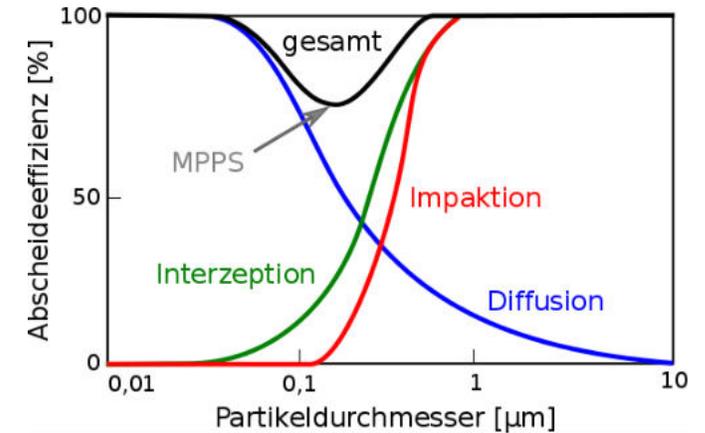


Husten



Zuo *et al.* ACS nano **14** 16502, 2020

- **Abscheidung dominiert durch:**
 - Diffusion
 - Elektrophorese
- **Gilt neben Vliesstofffiltern auch für elektrostatische Abscheider**
- **Beide Mechanismen nur schwach von den Materialeigenschaften abhängig**
- **Partikelgröße als dominierender Faktor für die Abscheidung**
- **Abscheideeffizienz kann mit nicht-biologischen Surrogatpartikeln untersucht werden**



- **Verschiedene nationale Prüfnormen zur Bewertung der Partikelabscheidung**

- China GB/T 18801
- US ANSI/AHAM AC-1
- Japan JEM 1467
- Weitere nationale Prüfnormen



ISO/IEC 63086

Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Teil 2-1: Partikelabscheidung

Teil 2-3: Abscheidung/Inaktivierung
von Mikroorganismen

- **Maßstab für die Bewertung: Volumenstrom an gereinigter Luft**



Filtereffizienz (%)

x



Volumenstrom (m³/h)

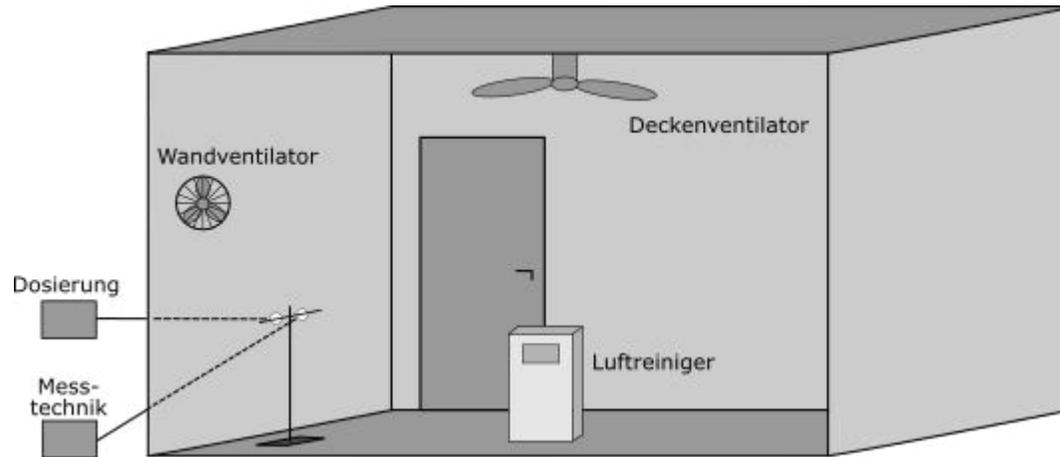
=

Clean Air Delivery Rate (CADR) (m³/h)

CADR

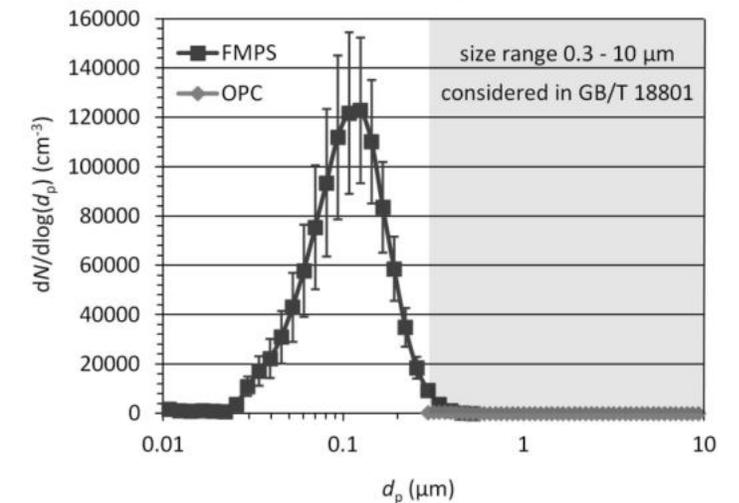
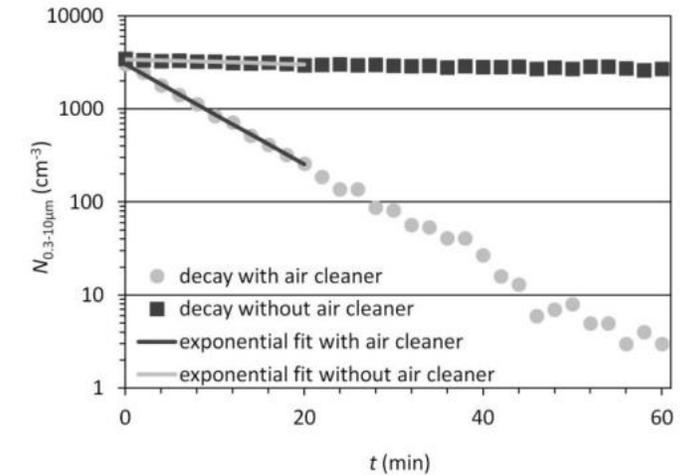
- **Messung der exponentiellen Abklingkurve in normierter Prüfkammer**

$$CADR = (k_{total} - k_{natural}) * V_{Prüfkammer}$$



- **Zigarettenrauch als Prüfaerosol**

- Größenbereich ähnlich wie Viren und exhalierte Tröpfchen
- Es werden nur Partikel > 0,3 µm berücksichtigt
- Keine größenabhängige Messung der CADR

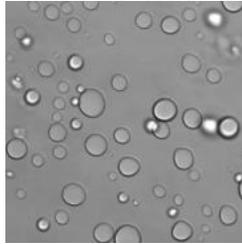


Schumacher *et al.* Chem. Eng. Tech. **41**, 2018

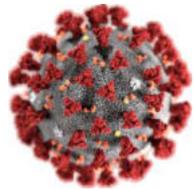
Tropfen



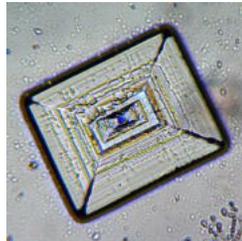
Paraffinöl



SARS-CoV-2



KCl



- **Abdeckung eines breiten Größenbereichs mit zwei verschiedenen Aerosolen**
- **Kombination verschiedener Messmethoden**

Optical Particle Counter (OPC)

- 0,2 – 10 μm
- Bewährte Methode



Palas GmbH

Aerodynamic Particle Sizer (APS)

- 0,5 – 20 μm
- Ideal für geringe Konzentrationen



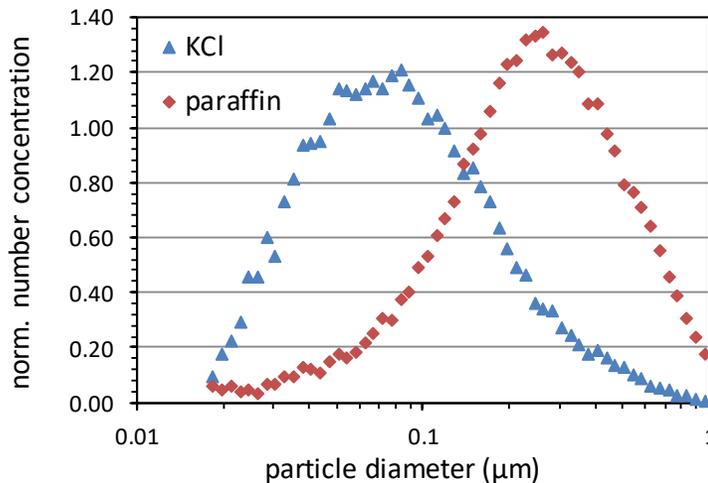
TSI

Differential Mobility Analyzer (DMA) + Condensation Particle Counter (CPC)

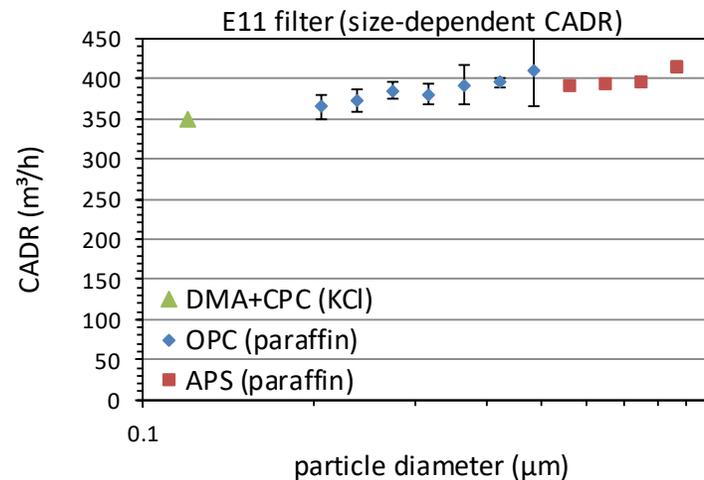
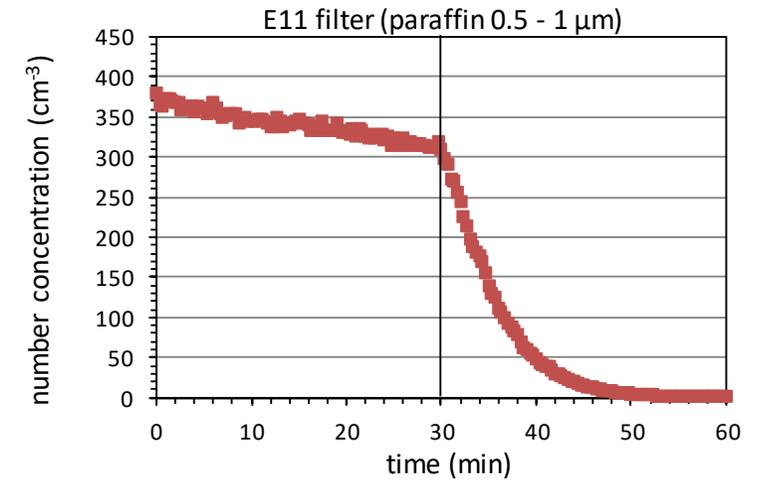
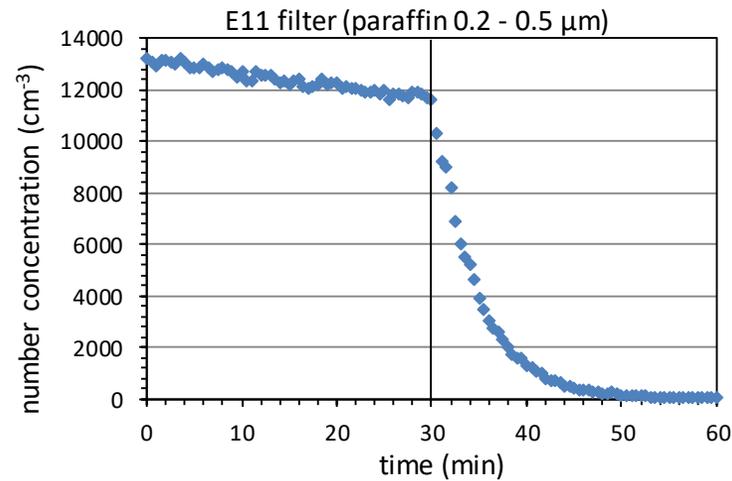
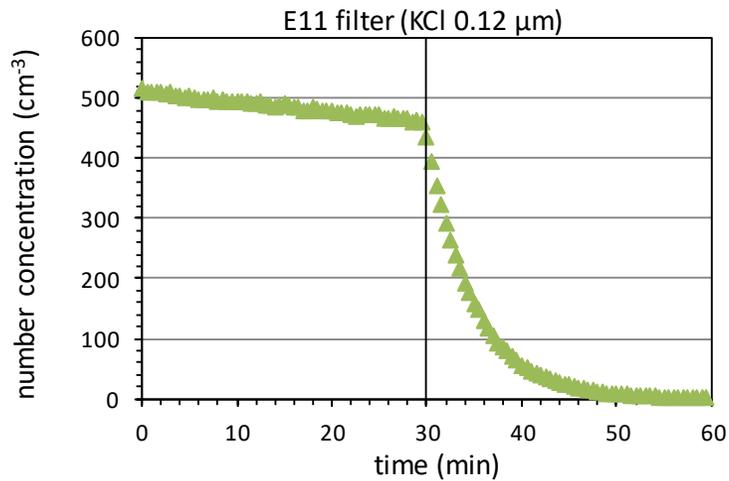
- Feste Zuordnung bei 0,12 μm
(Größenordnung von Viren)



TSI



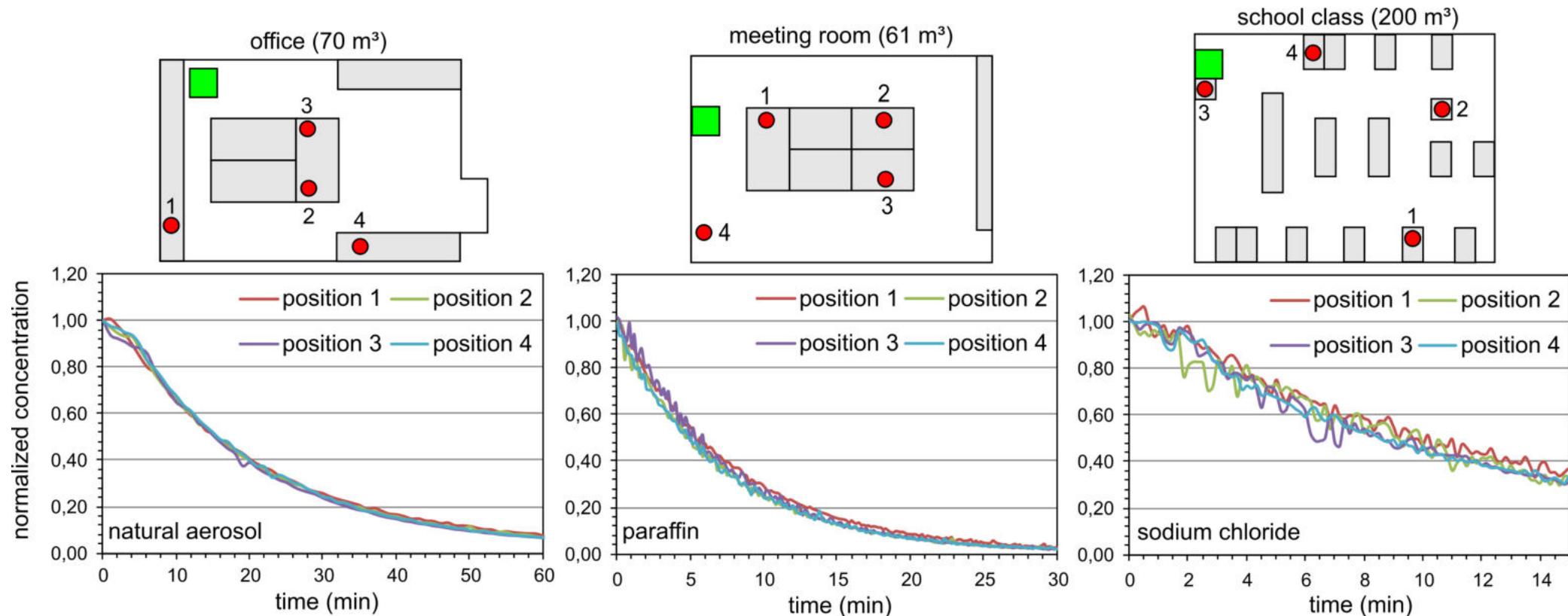
- Luftreiniger Abscheideeffizienz im Größenbereich von Viren und exhalieren Tröpfchen



Schumacher *et al.* Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft **81** 16-28, 2021

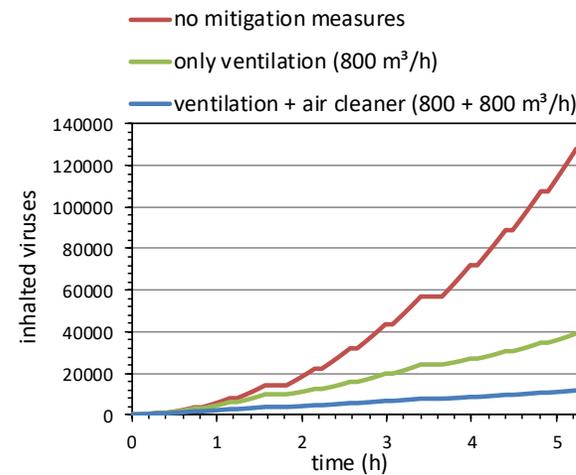
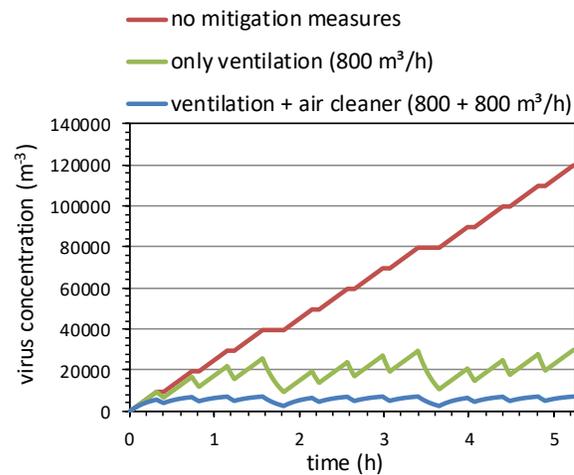
➤ Größenabhängige CADR

- VDI-EE 4300 Blatt 14 fordert realitätsnahe Räume (z. B. 200 m³ für Klassenräume)
- Ergebnisse aus 30 m³ Prüfkammer auf größere Räume übertragbar?



Küpper *et al.* AAQR 19 1655, 2019

- **Szenario: Schultag mit 6 Unterrichtsstunden und Pausen, eine ansteckende Person im Raum**
- **Empfehlung: alle 20 min Lüften für 5 min**
- **Annahme: Lüftung bewirkt viermaligen Luftaustausch pro Stunde**
- **Zusätzlicher Raumlüftreiniger mit gleicher CADR**



31 %
9 %



weitere 71 %



Superspreader ohne Maske
100.000 Viren/min
9 l/min Atemflussrate
Fenster und/oder Luftreiniger

Model nach Schumacher *et al.* Gefahrstoffe –
Reinhaltung der Luft 81 16, 2021

- **Zusätzlicher Raumlüftreiniger verringert die Zahl der eingeatmeten Viren um weitere 71 %**
- **Raumlüftreiniger sind eine sinnvolle Ergänzung zum Lüften, aber kein Ersatz**

- **Zwei mögliche Mechanismen der Alterung:**

- Anstieg des Druckverlustes durch Beladung mit Partikeln
- Reduktion der Filtereffizienz durch Entladung



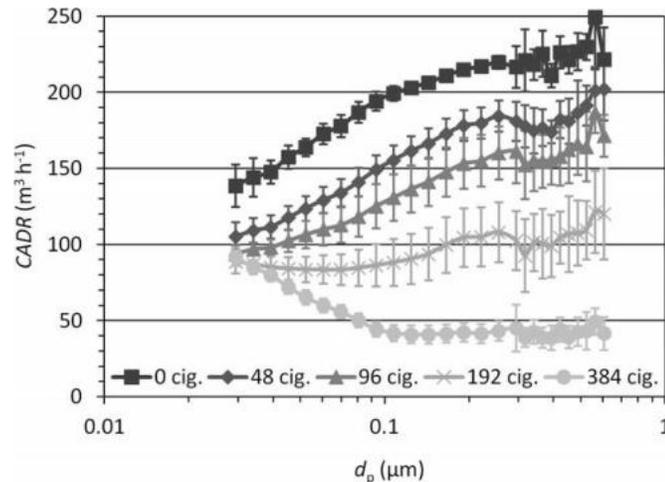
Reduzierung der CADR

- **Anstieg des Druckverlustes in Innenräumen vernachlässigbar**
- **Entladung kann über verschiedene Methoden erfolgen**

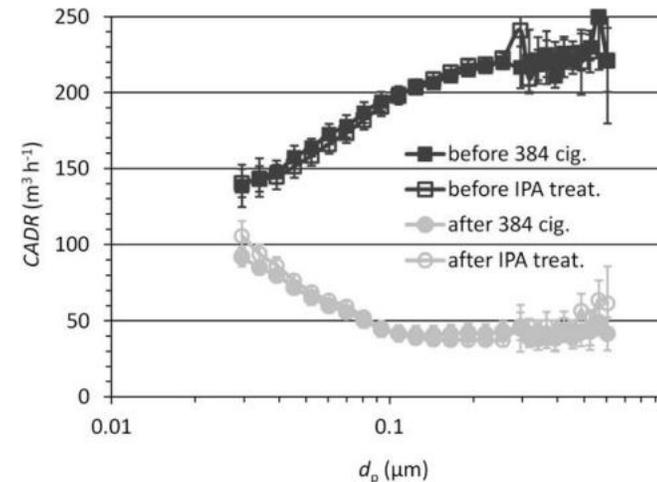
Beladung mit Zigarettenrauch nach GB/T 18801



Kammer nach GB/T 18801

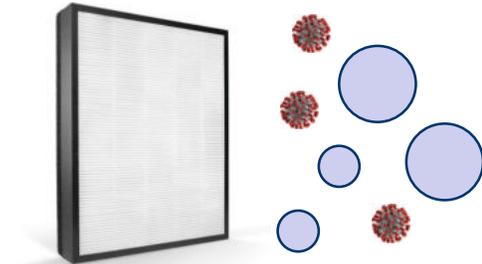


Entladung mit Isopropanol nach ISO 16890-4

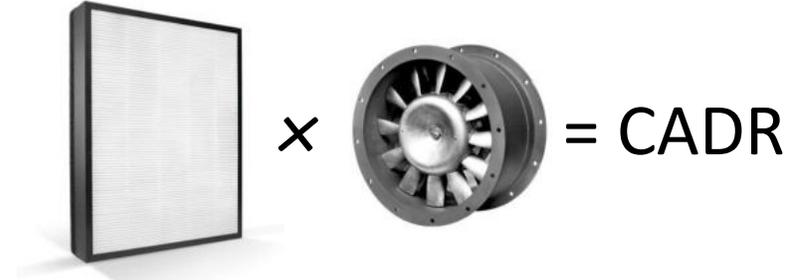


Topas DC 584

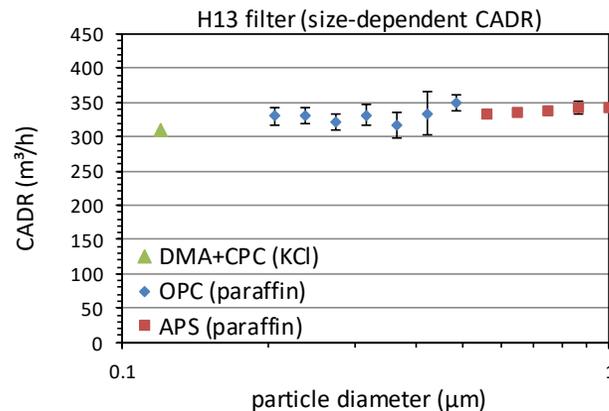
Schumacher *et al.* Chem. Eng. Tech. **41** 27, 2018



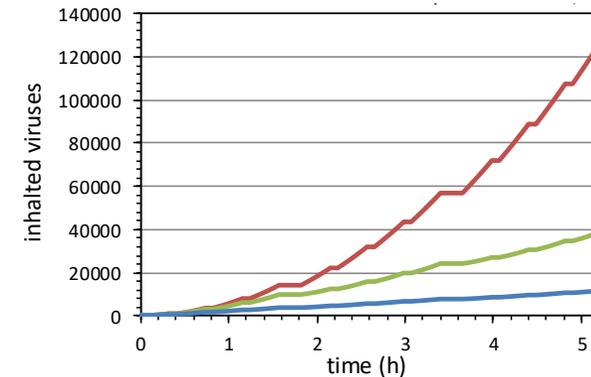
Luftreiniger auch mit Viren und exhalieren
Tröpfchen geeignet



Kombination von Filtrationseffizienz und
Volumenstrom entscheidend



Testmethode zur Bestimmung der Reinigungs-
effizienz über einen breiten Größenbereich



Verringerung des Infektionsrisikos,
in Kombination mit anderen Maßnahmen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!