

10. Februar 2021  
Philips PR-Stammtisch

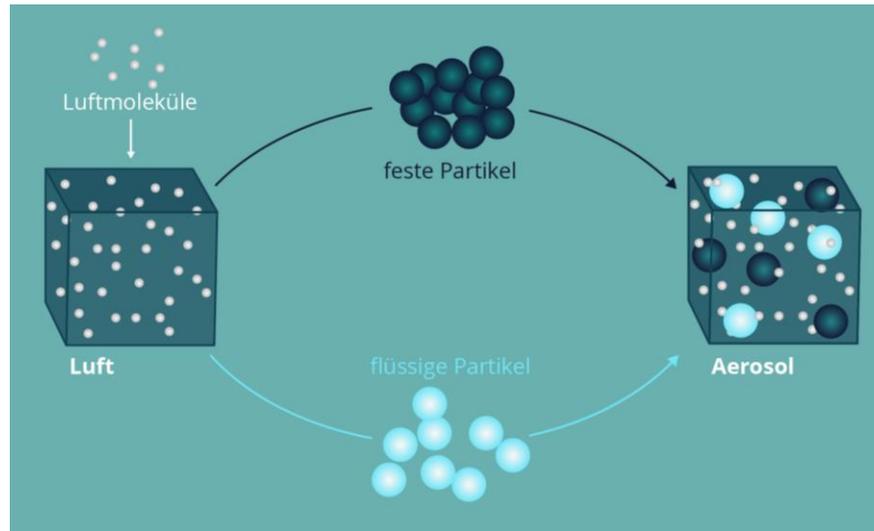
# Mythen, Fakten, Studien: SARS-CoV-2 in Innenräumen

*Dr. Stefan Schumacher*

Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) e. V., Luftreinhaltung & Filtration, Duisburg

# Missverständnis: Aerosole sind kleine Tröpfchen

- viele Fehlinformationen zur Aerosolen und COVID-19
- meist keine Verschwörungstheorien oder Lobbyismus, sondern mangelnde Information
- Beispiel: Begriff **Aerosol** sehr häufig falsch verwendet
- Aerosol = Gemisch aus Gas (meist Luft) und festen/flüssigen Partikeln



[www.info.gaef.de/positionspapier](http://www.info.gaef.de/positionspapier)

- Analogie zu Suspension oder Emulsion
- in den meisten Fällen gemeint: Aerosolpartikel

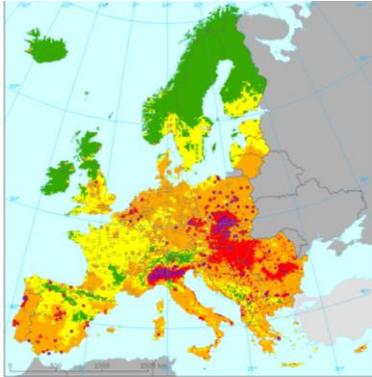


Suspension (Hefeweizen)  
= Partikel in Flüssigkeit



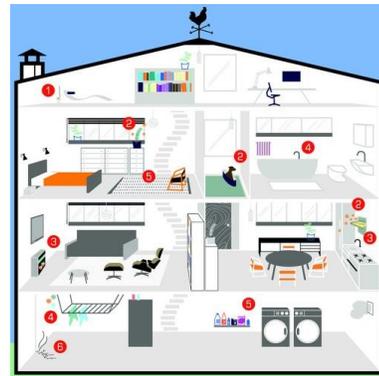
Emulsion (Milch)  
= Tröpfchen in Flüssigkeit

## Außenluft



- Feinstaub
- PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>

## Innenraumluft



- diverse Quellen
- Arbeitsplätze

## Atmosphäre



- Klimawandel
- Wolkenbildung

## Industrie



- Emissionen
- Verfahrenstechnik

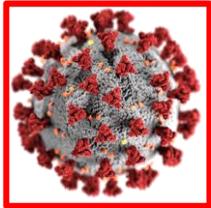
## Gesundheit



- negative Effekte
- Therapiezwecke

- Verständnis der Quellen und Prozesse
- Strategien zur Minderung (z. B. Filtration)
- positive Effekte von Aerosolen nutzen

# Was haben Aerosolpartikel mit COVID-19 zu tun?



Virus



Atmen

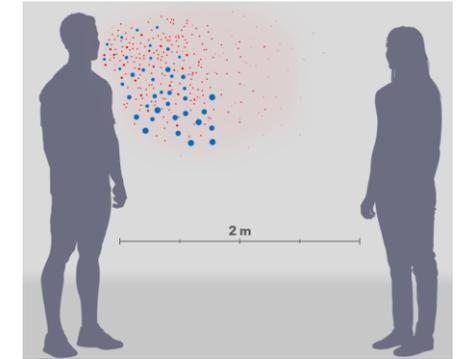


Sprechen

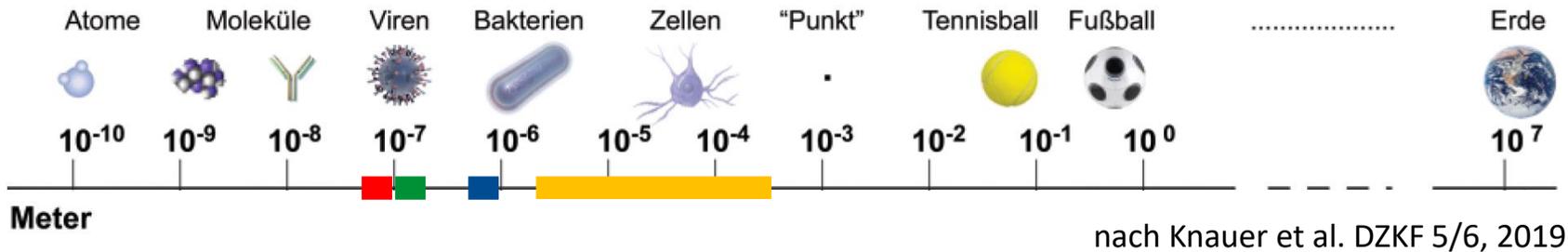


Husten

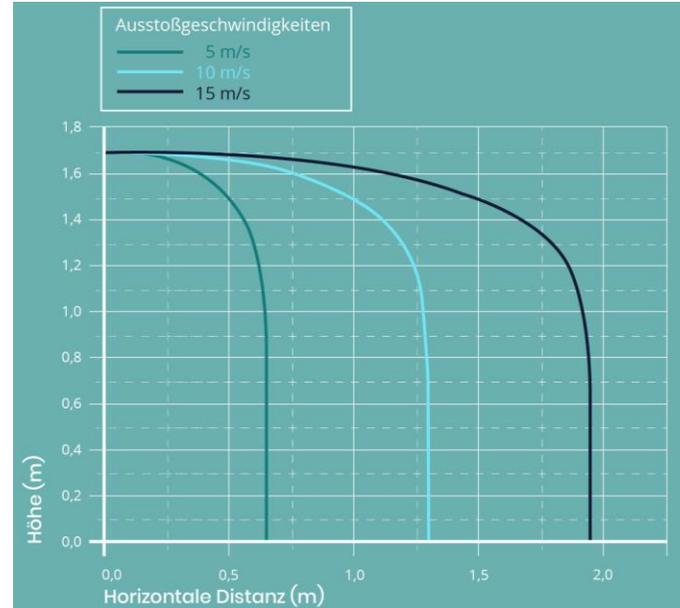
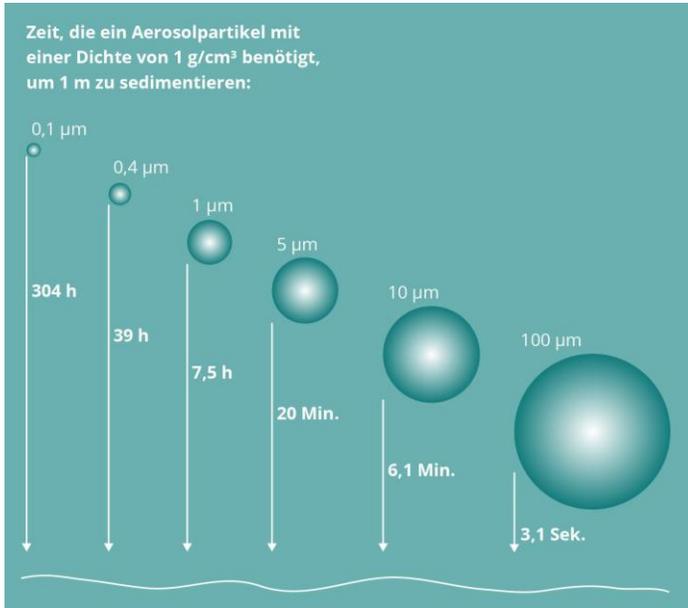
- Größe SARS-CoV-2 Viren: ca. 0,06 – 0,14  $\mu\text{m}$  Melanthota et al. J. MRT **83** 1623, 2020
- alleinige Viren treten luftgetragen kaum auf
- typischerweise von Flüssigkeit umhüllt
  - Niesen und Husten: bis 500  $\mu\text{m}$  Xie et al. J. Royal Soc. Interface **6** 703, 2009
  - Sprechen und Singen: 1 – 2  $\mu\text{m}$  Asadi et al. Sci. Rep. **9** 1, 2019
  - ruhiges Atmen: 0,3 – 0,4  $\mu\text{m}$  Scheuch J. Aerosol Med. Pulm. Drug Del. **33** 230, 2020
- Emissionen nehmen mit Sprechlautstärke zu
- Lungenkrankheiten können zu stark erhöhten Emissionen führen



www.trotec.de



## Sedimentation

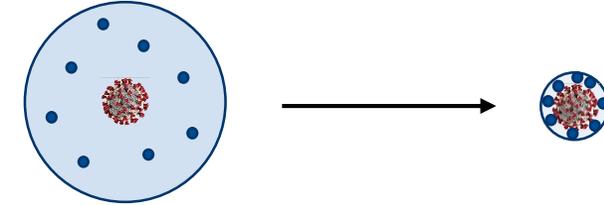


[www.info.gaef.de/positionspapier](http://www.info.gaef.de/positionspapier)

- große Partikel sinken schnell zu Boden  
→ Mindestabstand wichtig, um direkte Tröpfcheninfektion zu vermeiden



## Verdunstung



- Flüssigkeit verdunstet sehr schnell
- abhängig von Größe und Luftfeuchte
- es verbleiben
  - gelöste Bestandteile
  - evtl. Restwasser
  - evtl. Virus
- Partikel bleiben lange luftgetragen
- maßgeblich für Infektionsgeschehen

## Masken



Mund-Nasen-Bedeckungen



Medizinische Gesichtsmasken



Halbmasken (FFP2, KN95, N95)

- dichter Sitz entscheidend



## Lüften



## Lüftungsanlagen



- Verdünnung mit sauberer Luft
- nicht immer möglich/vorhanden
- im Winter oft problematisch

## Luftreiniger



- vielseitig einsetzbar, da mobil
- Wirkung vergleichbar zum Lüften, aber CO<sub>2</sub>-Anreicherung im Raum
- Abwägungen beim Kauf
  - Anschaffungskosten
  - Folgekosten (Strom, Filter)
  - Geräuschemissionen

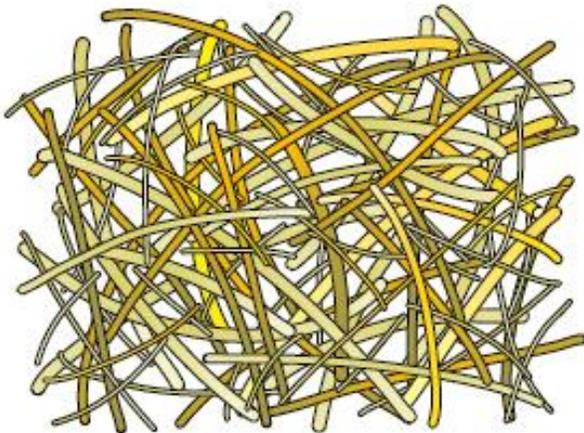
# Missverständnis: „Normale“ Filter scheiden nur Partikel $>0,3 \mu\text{m}$ ab

- Begriff HEPA (High-Efficiency Particulate Air) Filter ist nicht geschützt
- allgemeinere Bezeichnung: Vliesstofffilter oder Schwebstofffilter
- häufig nach US-amerikanischer Norm DOE-STD-3020-97 getestet

>99,97 % Abscheidung bei  $0,3 \mu\text{m}$  Partikelgröße

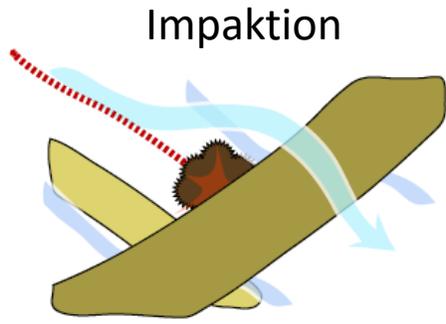
- Werden kleinere Partikel einfach durchgelassen?
- falsche Vorstellung: Filter funktionieren nicht wie Siebe oder Netze!

Filterfasern

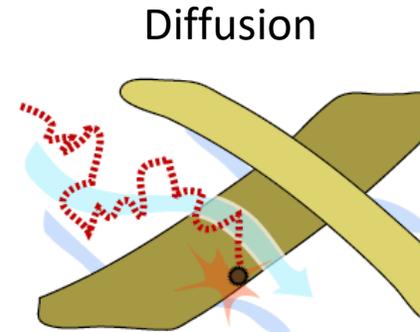
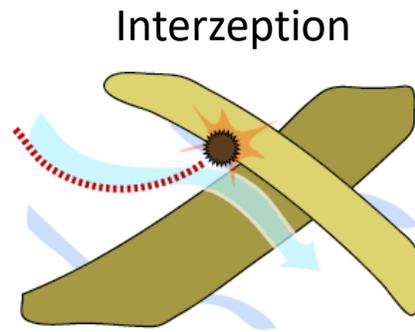


~~HEPA (C)~~

- drei Mechanismen tragen zur mechanischen Abscheidung bei

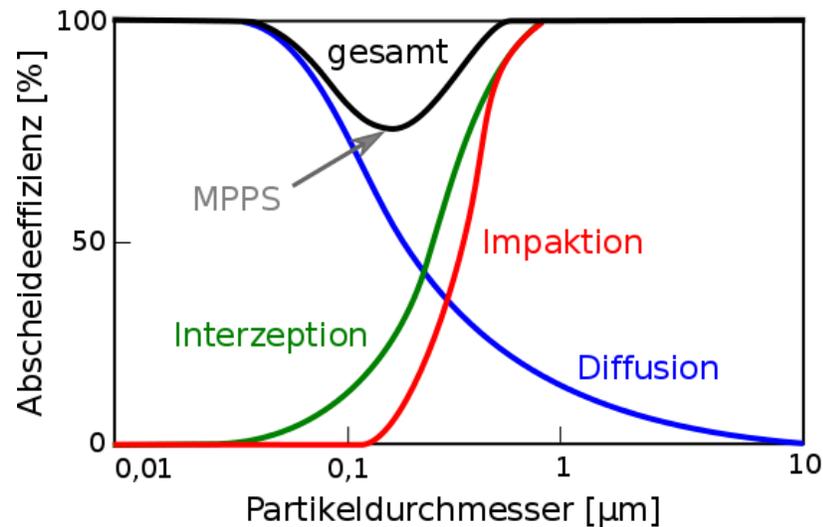


dominant für Partikel  $>1 \mu\text{m}$

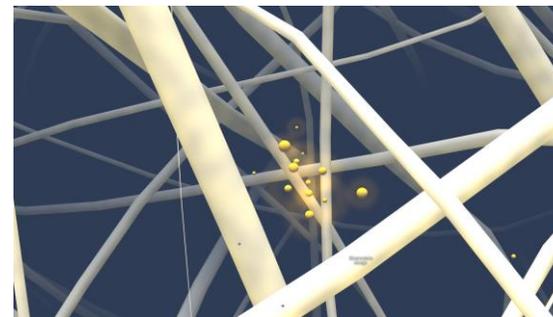


dominant für Partikel  $<0,1 \mu\text{m}$

- geringste Abscheidung (Most Penetrating Particle Size) meist zwischen etwa  $0,1$  bis  $0,3 \mu\text{m}$



- sehr anschauliche Animation



[www.nytimes.com/interactive/2020/10/30/science/wear-mask-covid-particles-ul.html](http://www.nytimes.com/interactive/2020/10/30/science/wear-mask-covid-particles-ul.html)

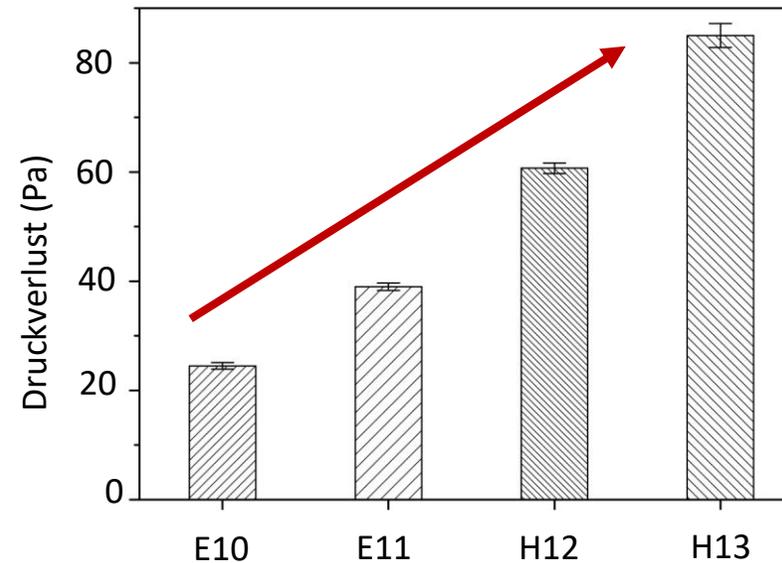
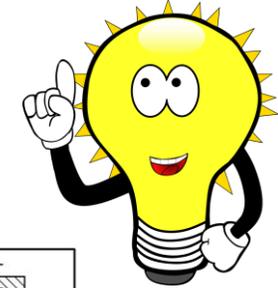
- europäische Prüfnorm EN 1882  
→ Bestimmung der Abscheideeffizienz im MPPS

	Filterklasse	Abscheidegrad
EPA	E10	> 85 %
	E11	> 95 %
	E12	> 99,5 %
HEPA	H13	> 99,95 %
	H14	> 99,995 %
ULPA	U15	> 99,9995 %
	U16	> 99,99995 %
	U17	> 99,999995 %



- ab H13: Zertifizierung jedes einzelnen Filters
- Einsatz typischerweise in Operationsräumen, Reinräumen, Kerntechnik, nicht in Luftreinigern

- Warum nicht immer einfach die höchste Effizienz?  
→ höherer Druckverlust der Filter  
→ höherer Energieverbrauch

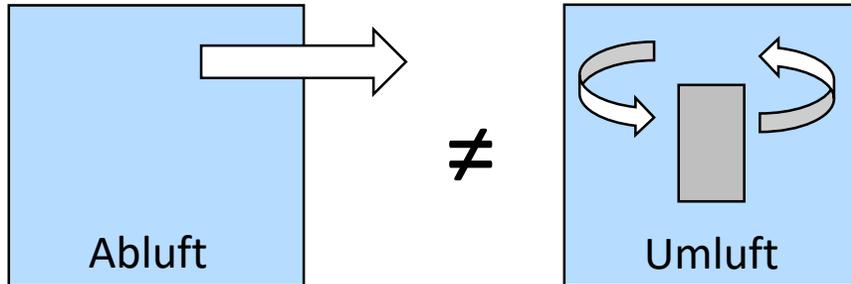


Jeon *et al.* Sci. Technol. Built Environ. 26 (2020) 835

# Missverständnis: Nur die Filtereffizienz ist wichtig

- derzeit wird häufig zum Einsatz zu Filtern der Klassen H13 oder H14 geraten
- Empfehlung ursprünglich für Lüftungsanlagen von Hochsicherheitslaboratorien

Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS), „Technischer Bericht/ Stellungnahme zum Thema Einsatz von HEPA-Filtern in raumluftechnischen Anlagen in Schutz-/Sicherheitsstufe 3 und 4 - Laboratorien und Tierhaltungsbereiche,“ 2010

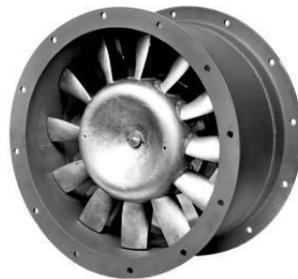


Situationen nicht direkt vergleichbar!

- für Umluftbetrieb entscheidend, wieviel Kubikmeter saubere Luft pro Stunde bereitgestellt werden



Filtereffizienz [%]



Volumenstrom [m<sup>3</sup>/h] =

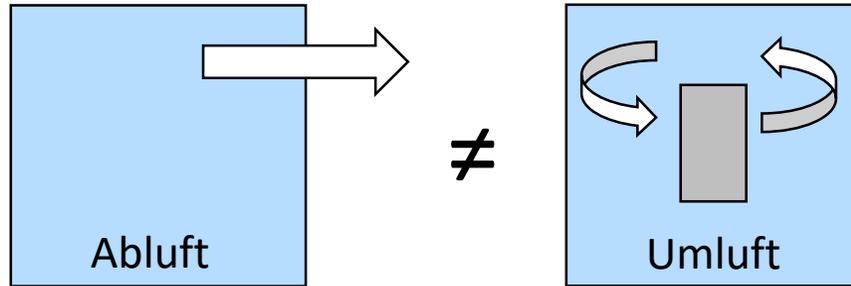
## CADR

Clean Air Delivery Rate (CADR) [m<sup>3</sup>/h]

# Missverständnis: Nur die Filtereffizienz ist wichtig

- derzeit wird häufig zum Einsatz zu Filtern der Klassen H13 oder H14 geraten
- Empfehlung ursprünglich für Lüftungsanlagen von Hochsicherheitslaboratorien

Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS), „Technischer Bericht/ Stellungnahme zum Thema Einsatz von HEPA-Filtern in raumluftechnischen Anlagen in Schutz-/Sicherheitsstufe 3 und 4 - Laboratorien und Tierhaltungsbereiche,“ 2010



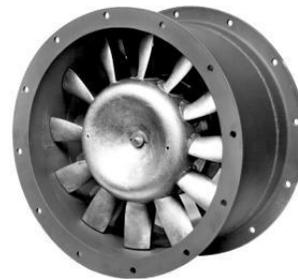
Situationen nicht direkt vergleichbar!

- für Umluftbetrieb entscheidend, wieviel Kubikmeter saubere Luft pro Stunde bereitgestellt werden



100 %

×



0 m<sup>3</sup>/h

=

CADR

0 m<sup>3</sup>/h

# Missverständnis: Gute Luftreiniger brauchen Filter der Klassen H13 oder H14



CADR = 380 m<sup>3</sup>/h

H13-Filter

Filtereffizienz: >99,95 %  
Volumenstrom: 380 m<sup>3</sup>/h  
Druckverlust: 80 Pa

ca. 42 W Leistung

E11-Filter

Filtereffizienz: >95 %  
Volumenstrom: 400 m<sup>3</sup>/h  
Druckverlust: 40 Pa

elektrische Leistung =  
Volumenstrom × Druckverlust  
× Wirkungsgrad (ca. 20%)

ca. 22 W Leistung



höhere Stromkosten

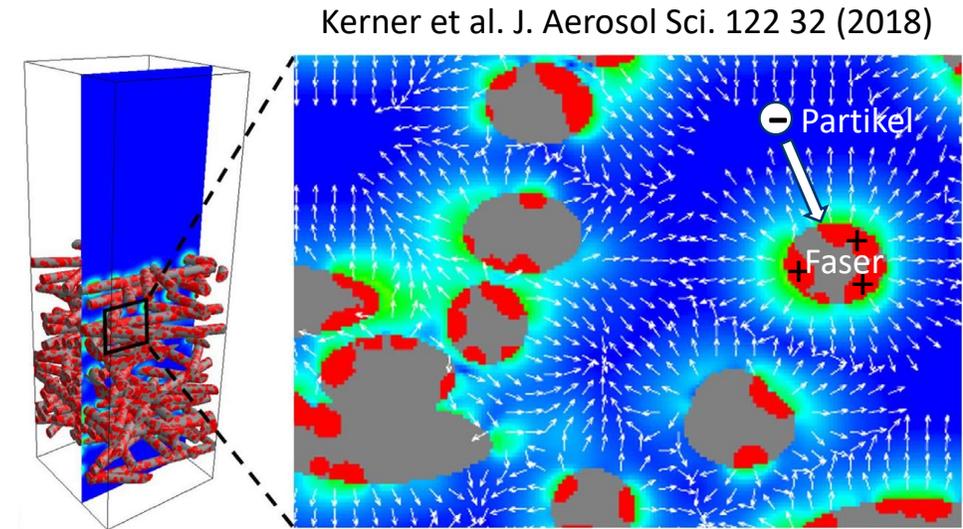


schlecht für Klimaschutz

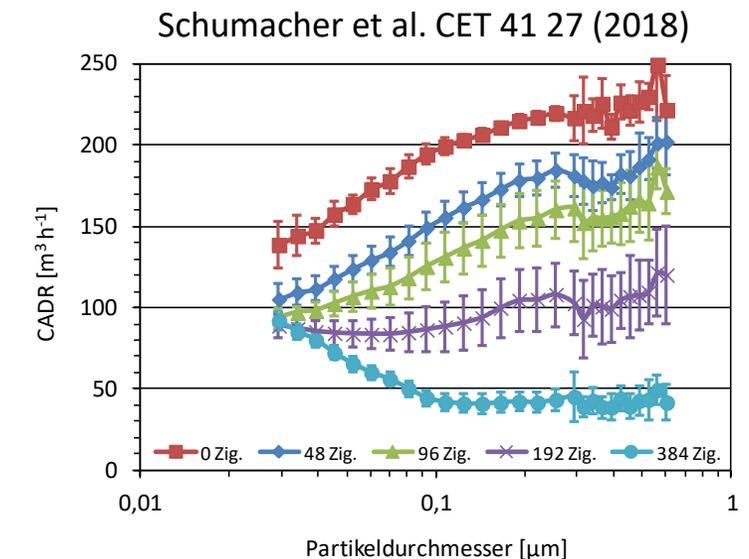


höhere Geräuschemissionen

- Verwendung elektrisch geladener Fasern (Elektretfilter)  
→ bessere Abscheidung bei gleichem Druckverlust
- oft in haushaltsüblichen Luftreinigern eingesetzt
- Problem: Ladung baut sich mit der Zeit ab  
→ regelmäßige Filterwechsel notwendig



Prüfnormen zum Alterungsverhalten  
z.B. GB/T 18801 (Zigarettenrauch)  
→ Cumulative Clean Mass (CCM)



- Betrachtung eines typischen Szenarios: Schulklasse oder Besprechungsraum

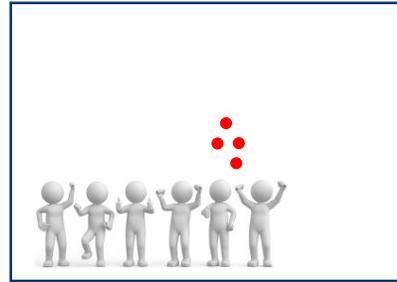
45 min Belegung



15 min Pause

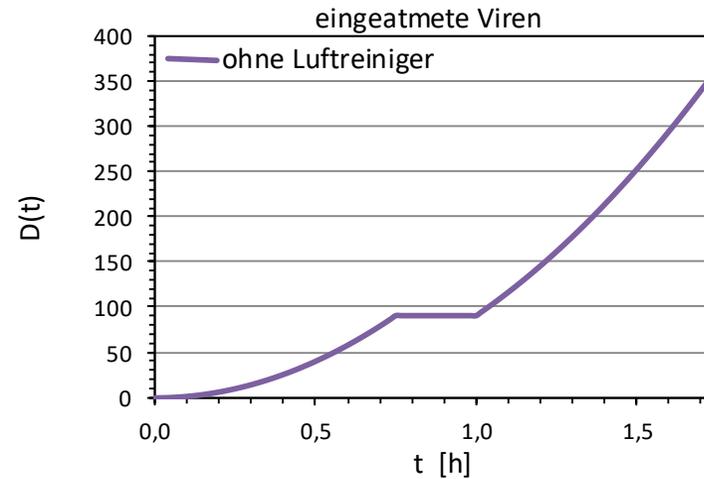
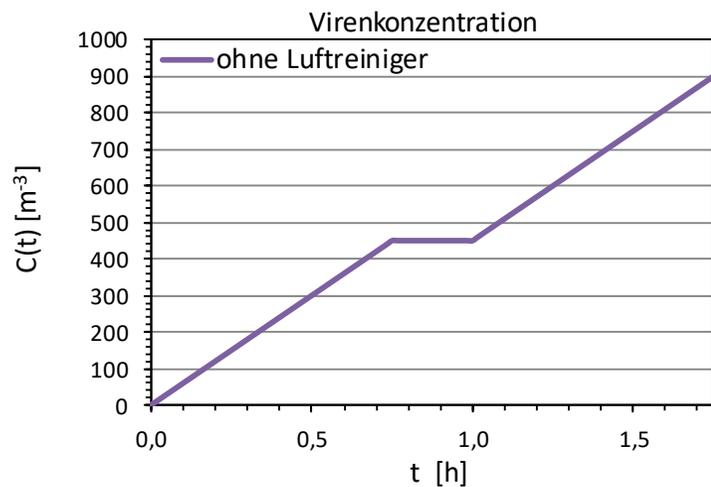
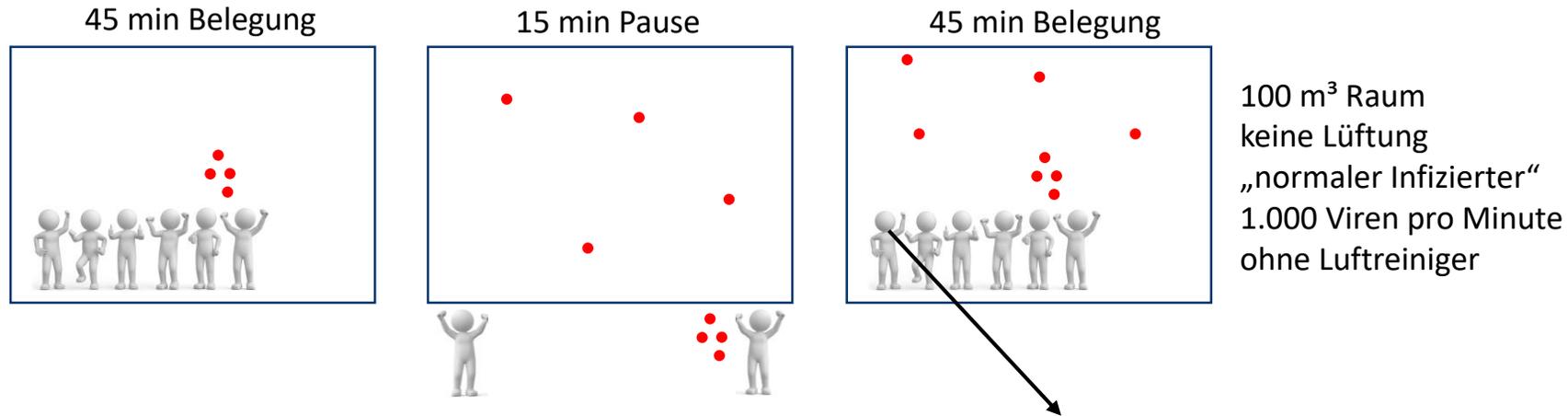


45 min Belegung



100 m<sup>3</sup> Raum  
keine Lüftung  
„normaler Infizierter“  
1.000 Viren pro Minute  
ohne Luftreiniger

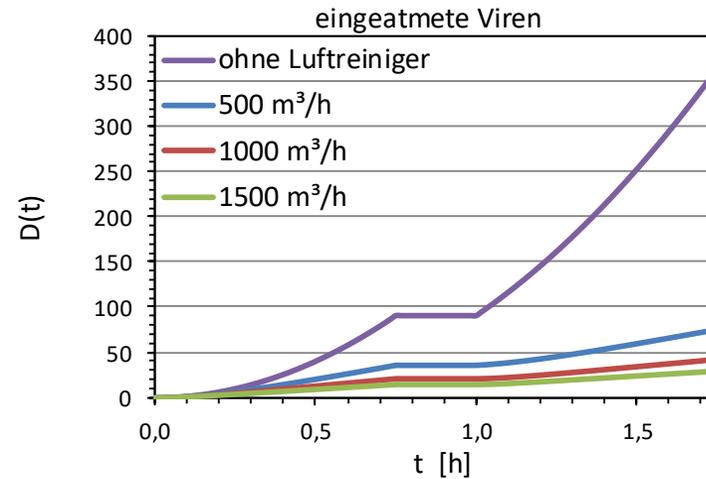
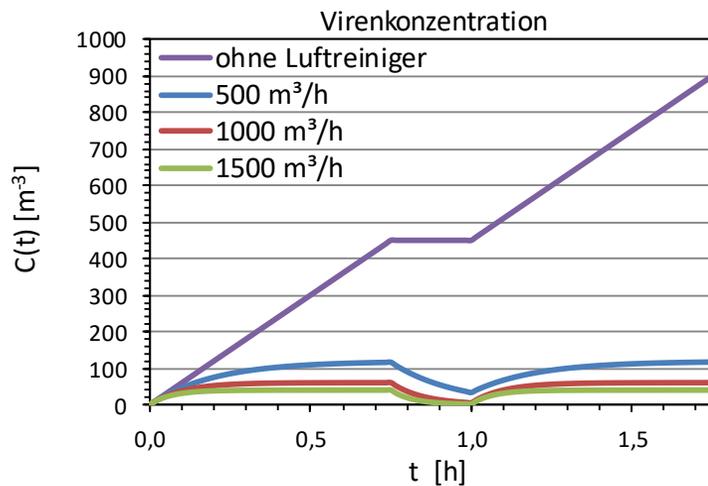
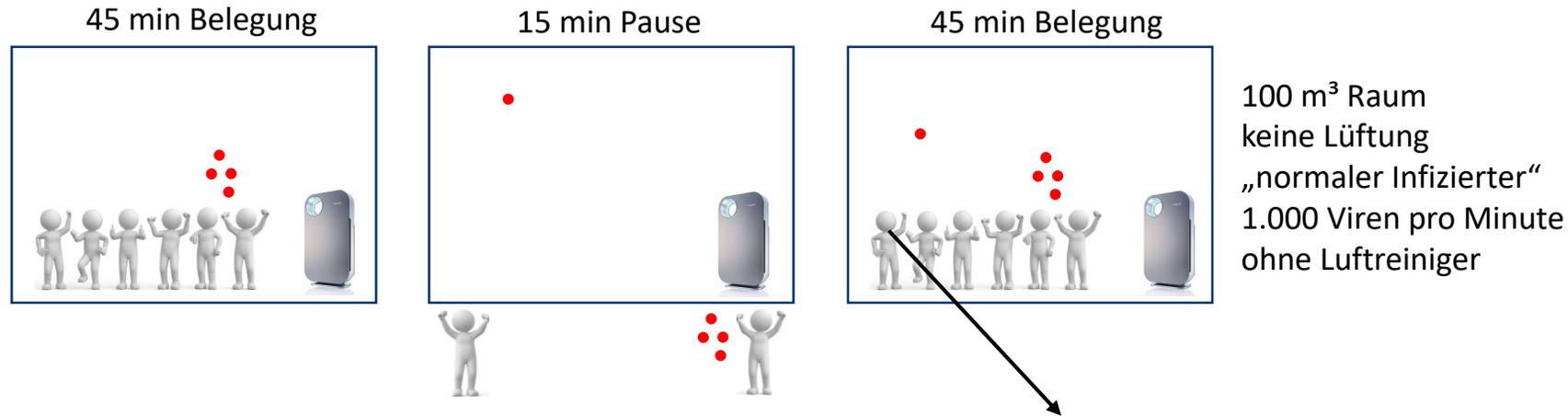
- Betrachtung eines typischen Szenarios: Schulklasse oder Besprechungsraum



- 50% Wahrscheinlichkeit für Infektion in der Größenordnung von 500 Viren (noch unsicher)

Schumacher et al. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81 16-28 (2021)

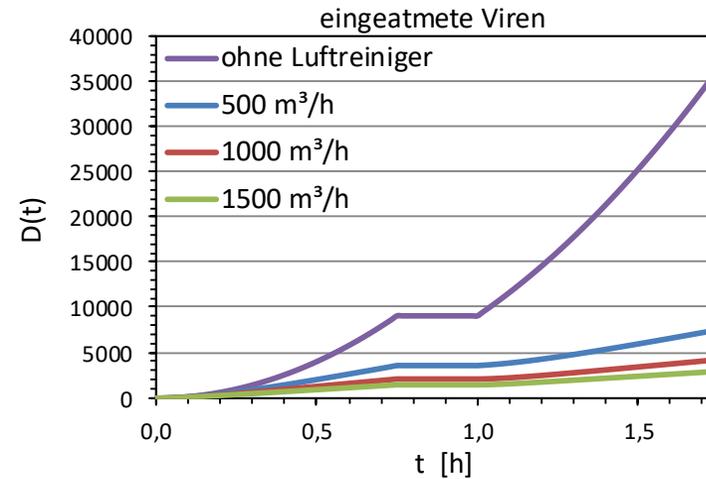
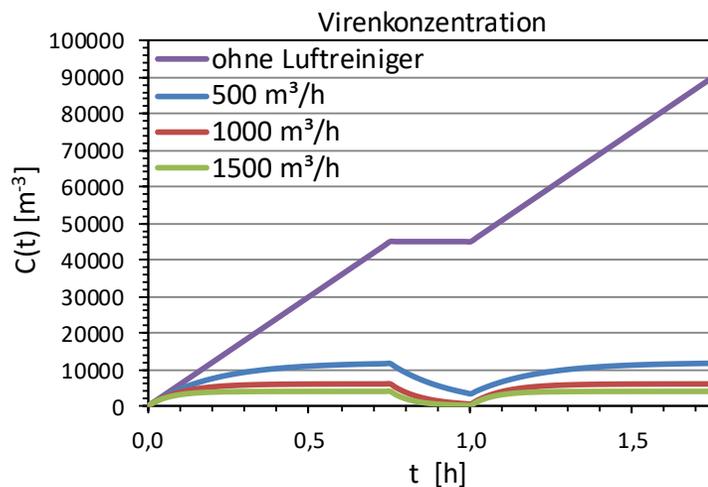
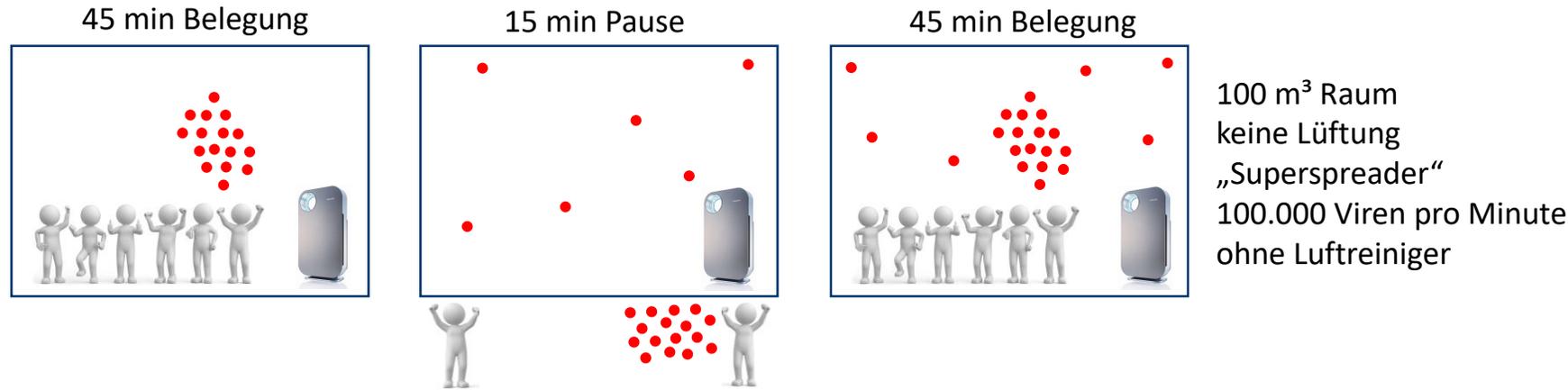
- Betrachtung eines typischen Szenarios: Schulklasse oder Besprechungsraum



- 50% Wahrscheinlichkeit für Infektion in der Größenordnung von 500 Viren (noch unsicher)
- Senkung des Infektionsrisikos durch Einsatz des Luftreinigers

Schumacher et al. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81 16-28 (2021)

- Betrachtung eines typischen Szenarios: Schulklasse oder Besprechungsraum



- 50% Wahrscheinlichkeit für Infektion in der Größenordnung von 500 Viren (noch unsicher)
- Senkung des Infektionsrisikos durch Einsatz des Luftreinigers
- mit Superspreader relativer Effekt gleich, aber höhere Konzentrationen  
→ zusätzliche Maßnahmen notwendig

Schumacher et al. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81 16-28 (2021)

# Wie sollte der Luftreiniger dimensioniert sein?

- Kompromiss zwischen Wirkung und Kosten, Lärm, Platz, Behaglichkeit
- typische Empfehlung: 4 bis 6 Luftwechsel pro Stunde

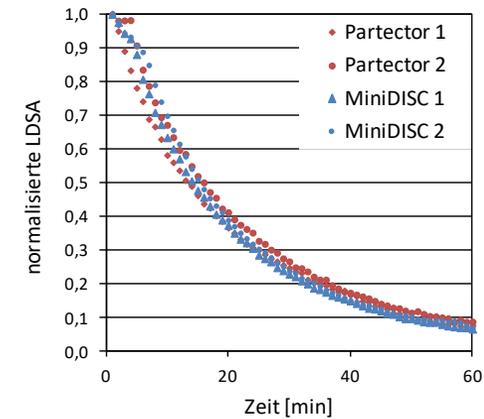
$$CADR \approx (4 - 6) \cdot \text{Volumen}$$

- Bezug auf Grundfläche bei 2,50 m Deckenhöhe

$$100 - 150 \text{ m}^3/\text{h pro } 10 \text{ m}^2 \text{ Fläche}$$

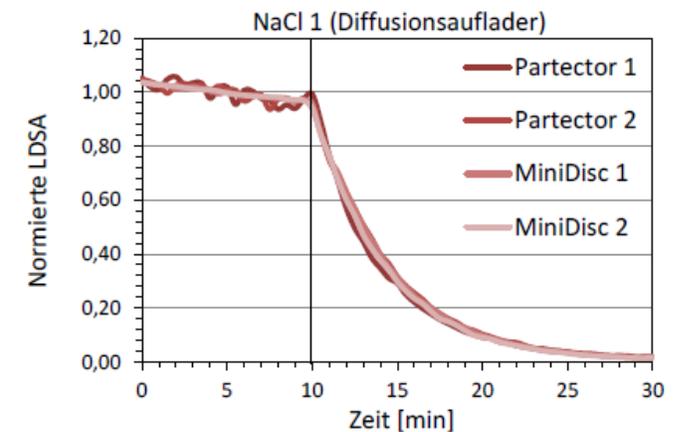
- Positionierung: freie An- und Abströmung (z. B. nicht unter Tisch)
  - genaue Position für übliche Räume weniger entscheidend
  - Kombination mehrerer Luftreiniger möglich
- auf gute Verteilung im Raum achten

70 m<sup>3</sup> Büro, natürliche Aerosolpartikel



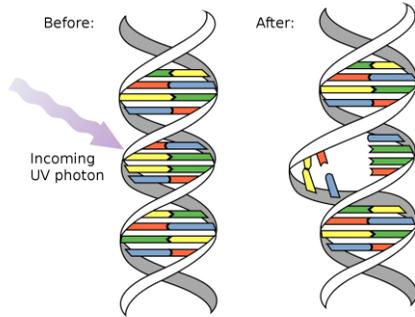
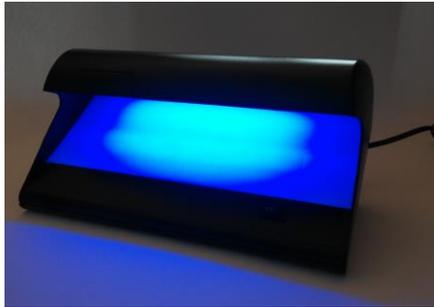
Küpper et al. AAQR 19: 1655–1665, 2019

200 m<sup>3</sup> Besprechungsraum, Kochsalz



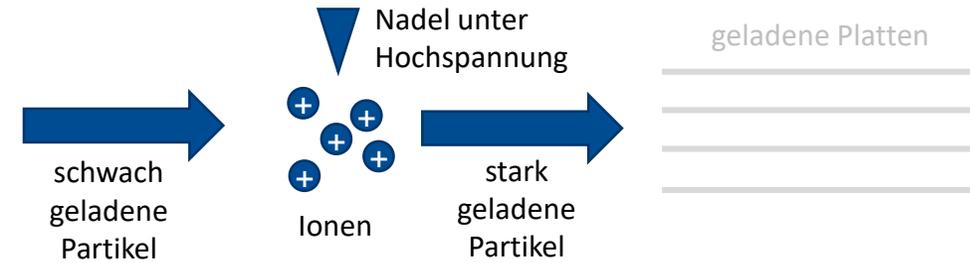
aktuelle Messungen des IUTA

## Bestrahlung mit UV-Licht



- Abtötung von Keimen prinzipiell bekannt, aber
  - Reichen die Verweilzeiten im Luftreiniger?
  - keine Vermehrung ohne Wirtszellen
  - Viren haften stark an Fasern
- mögliche Nachteile
  - Ozonemissionen
  - Sicherheitsaspekte

## Ionisatoren



- Aufladung der luftgetragenen Partikel  
→ bessere Abscheidung auf Filter / Wänden
- oft in Verbindung mit elektrostatischen Abscheider  
→ niedriger Druckverlust, keine Filterwechsel
- Ozonemissionen müssen vermieden werden  
→ Aktivkohlefilter mit zusätzlichem Druckverlust
- kaum Studien zur Inaktivierung von Viren

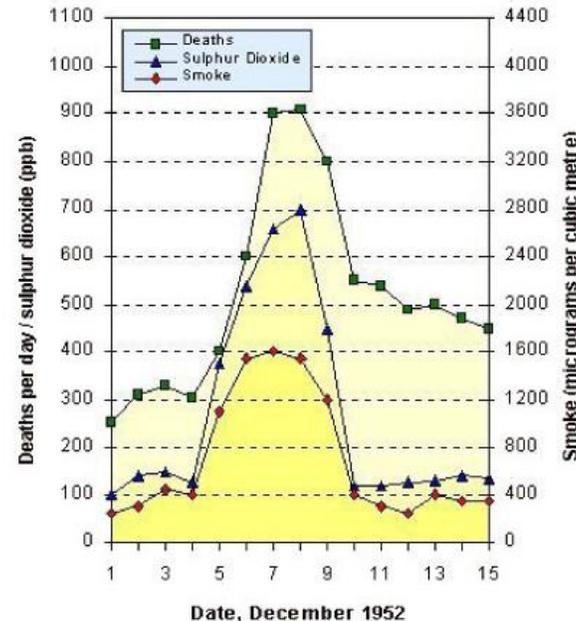
- Luftverschmutzung in geringen Konzentrationen nicht wahrnehmbar
  - dennoch negative Gesundheitseffekte umfassend wissenschaftlich belegt
  - kein unterer Schwellwert für Gesundheitseffekte bekannt
- Reduktion der Partikelkonzentrationen immer sinnvoll

- Allergien (z.B. Pollen, Tierhaare)



**MORTALITY IN THE LONDON FOG  
INCIDENT, 1952**

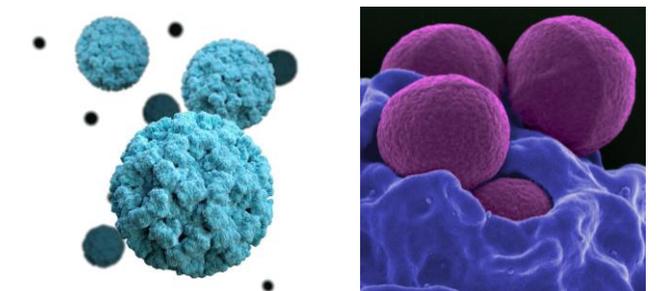
W. P. D. LOGAN  
M.D. Glasg., Ph.D. Lond.

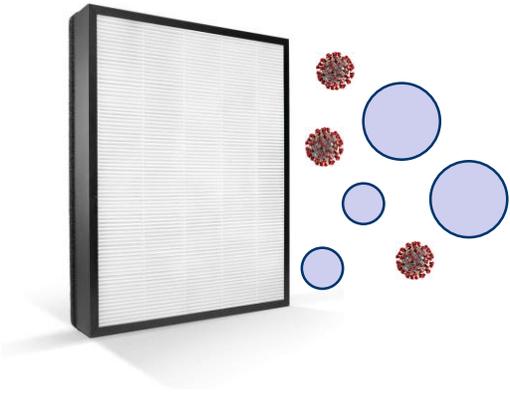


The relationship between smoke, sulphur dioxide (in parts per billion – ppb) and number of deaths during the Great London Smog, December 1952. (After Wilkins, 1954, p. 170)

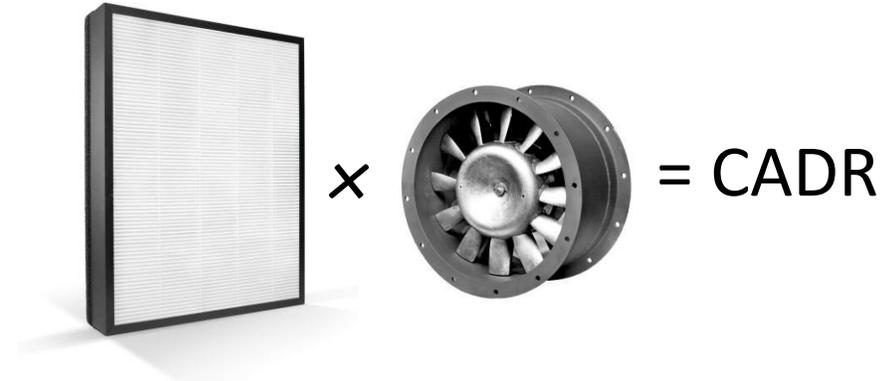


- andere Keime (z.B. Noroviren, MSRA, SARS-CoV-2-Mutationen)

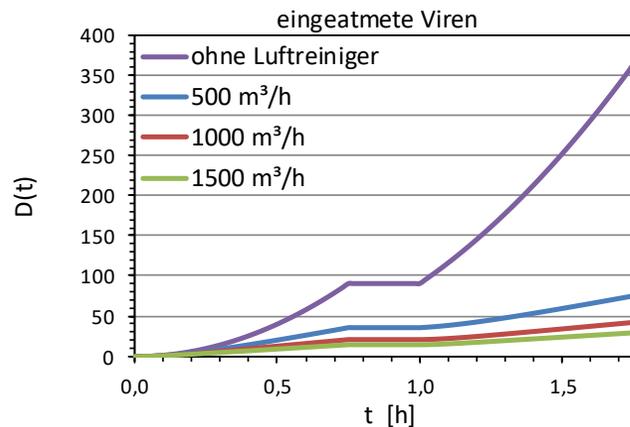




Vliesstofffilter funktionieren auch für Viren und virenbeladene Tröpfchen



Kombination auf Filtereffizienz und Volumenstrom entscheidend



Minimierung des Infektionsrisikos, mit anderen Maßnahmen kombinieren



ausreichende Dimensionierung (4 bis 6 Luftwechsel pro Stunde)