

Anlage 3.1.



Gedanken zur Lüftung

Bernd Schwarzfeld

ÖKOPLAN Büro für zeitgemäße Energieanwendung

Energiedesign

Solare Systeme

GebäudeSystemAnalyse

System Simulationen (TRNSYS, modelica, CFD)

- Aufgabe:

Bisher

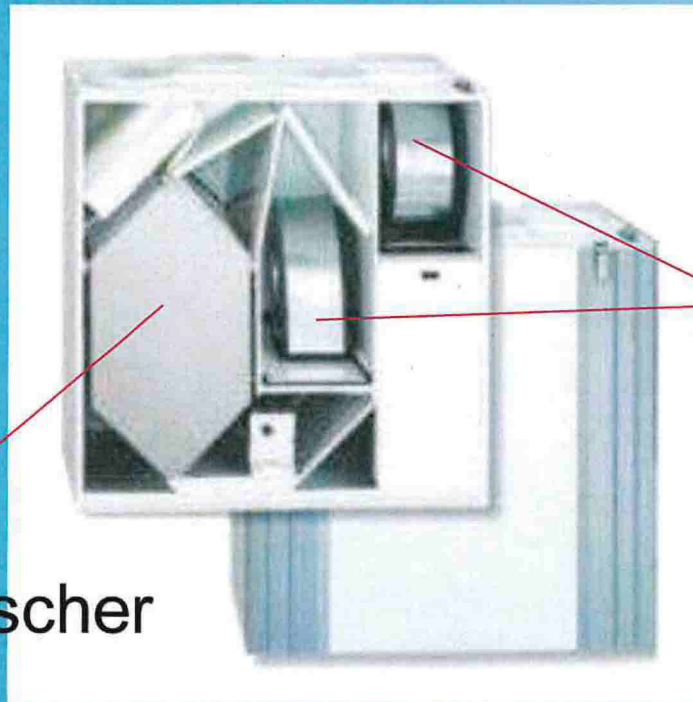
Abführung: CO₂; Stoffwechsel- Produkte

NEU

Vermeidung: von Infektion

Lüftungsgerät

BE Büro für zeitgemäße
Energieanwendung
OKOPLAN



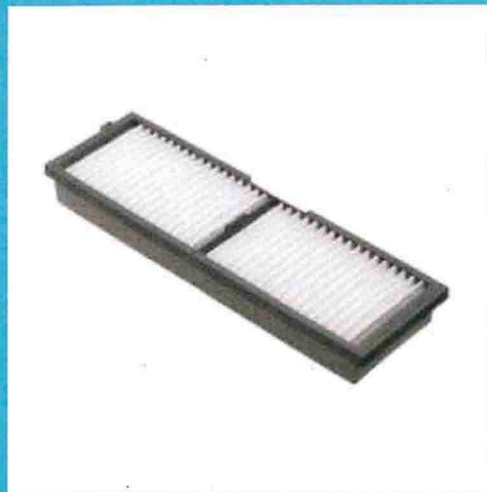
Wärmetauscher

Ventilator

Rohrleitungen und Formteile



Luftfilter !!!!

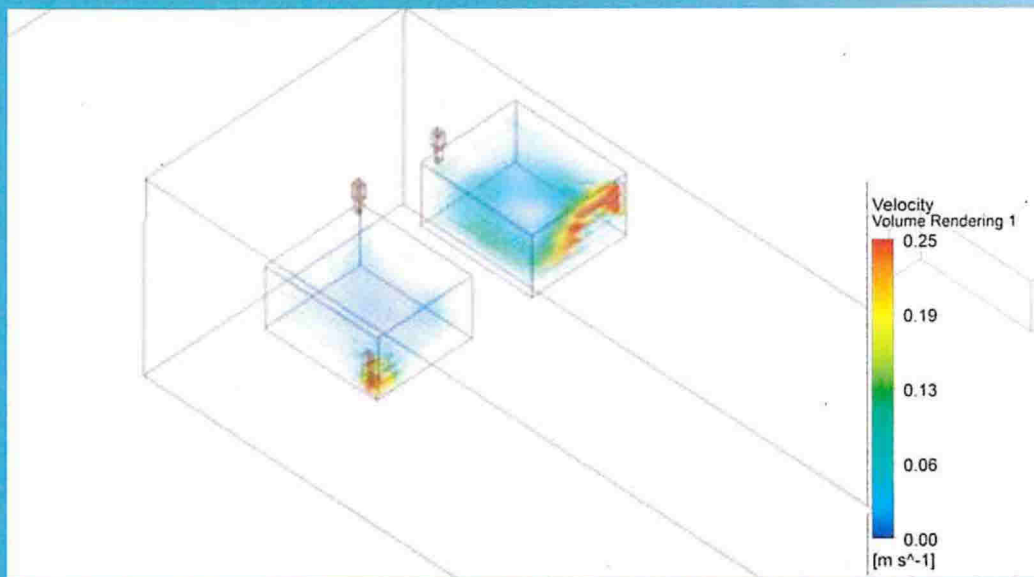


Entscheidend für die Gesamteffizienz der Lüftungsanlage:

- Konzeption (Große Wohn- Nichtwohngebäude, Gleichzeitigkeit, Nutzung)
- Hybridsysteme (Schacht, Fenster)
- Betriebsführung (Monitoring)

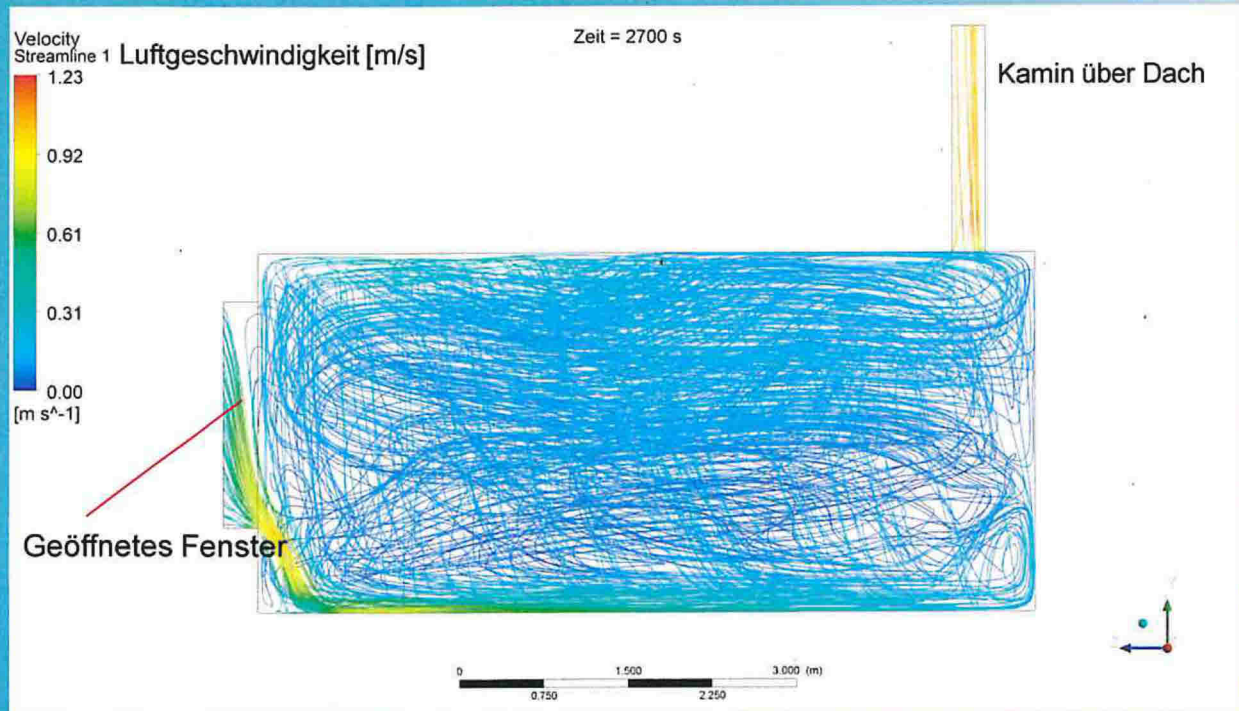
Luftströmung in den Klassenräumen – Schacht über Dach

BE Büro für zeitgemäße
Energieanwendung
OKOPLAN

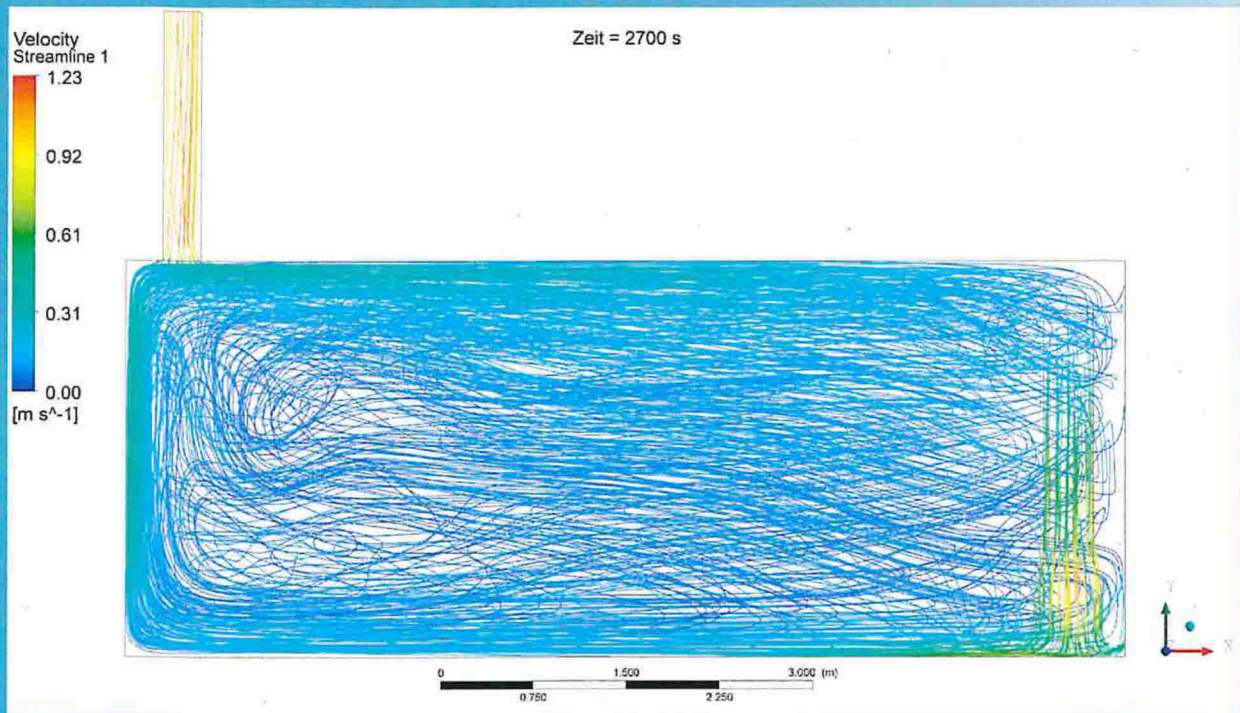


Klassenraum

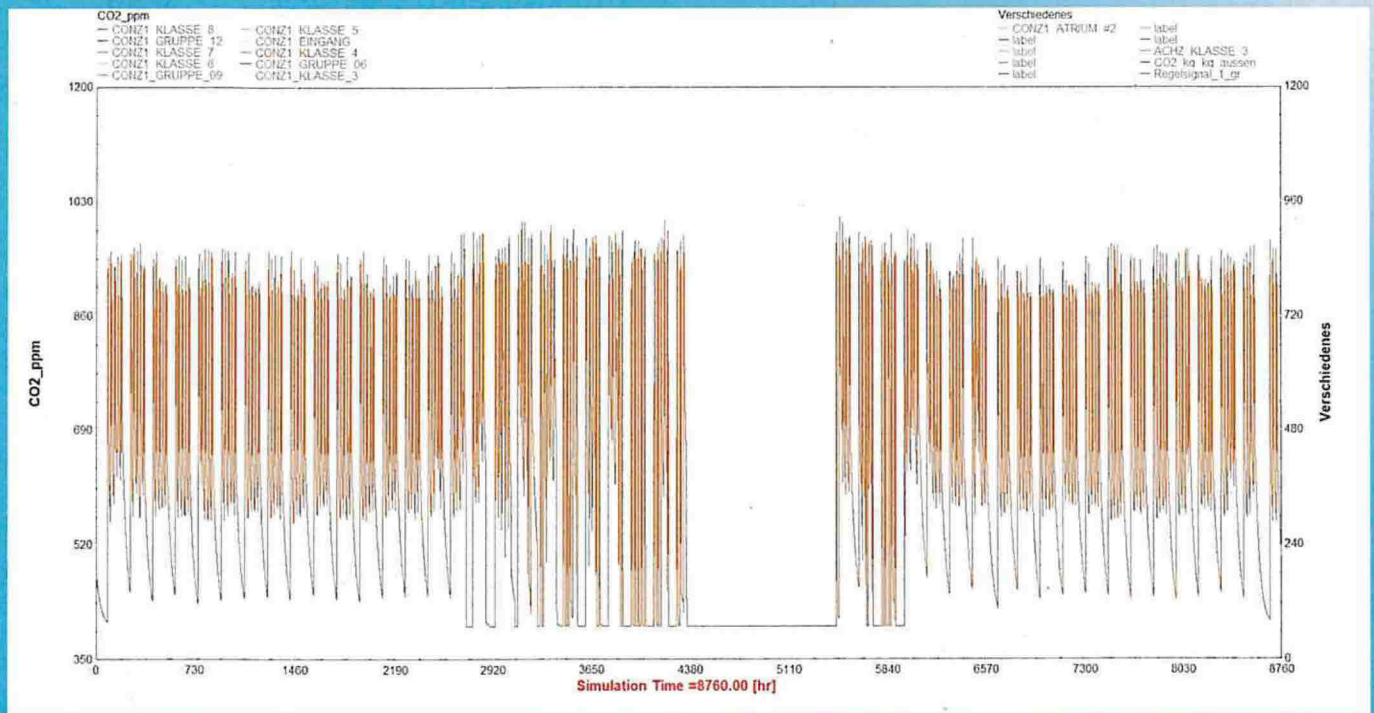
Strömungen im Raum (CFD)



Klassenraum Strömungen im Raum



CO₂-Konzentration und Lüftung. Grenzwert 1.000 ppm



Lüftungsvarianten, Erläuterung

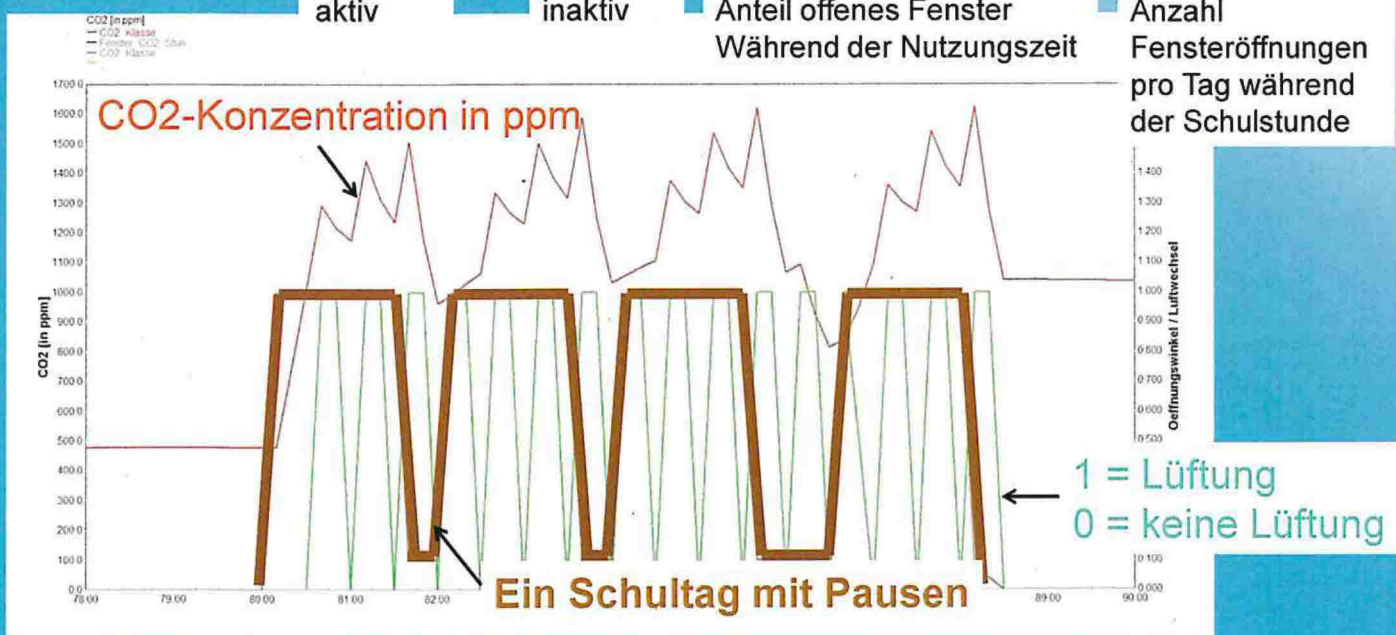
Schacht	Lüftungsflügel	Kippfenster	windangetriebener Ventilator	86 %	10,5
---------	----------------	-------------	------------------------------	------	------

aktiv

inaktiv

Anteil offenes Fenster
Während der Nutzungszeit

Anzahl
Fensteröffnungen
pro Tag während
der Schulstunde



Zeitraum: 12 Stunden

- **Unterschied:**
- Gase; Aerosole und Partikel (Viren)

Quelle



- Der Mensch emittiert in Abhängigkeit seiner Tätigkeit respiratorische Partikel

	Mittelwerte
▪ Atmen:	50 P/s
▪ Sprechen:	200 P/s
▪ Lautes Sprechen:	400 P/s
▪ Singen:	3000 P/s



99 % < 3 μm

→ ideal luftgetragen

Andere Partikelquellen



Atmen/Sprechen: 150 P/s → 540.000 = 0,52 Mio P/h

Hautschuppen & Kleidungsfasern

Ohne Körperbewegung: 5.000 P/s

Kopfbewegung: 10.000 P/s

Armbewegung: 40.000 P/s



72 Mio. P/h
(In der Regel $\gg 5 \mu\text{m}$)

Wirkung von Masken



MNS/MNB

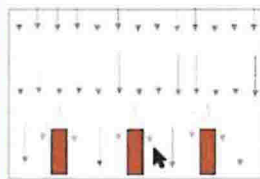


Alltagsmaske (2 lagiger Baumwollstoff)	5 % – 30 %	Gesamtfiltereffizienz Stoff & Leckage
Medizinischer Mundnasenschutz (MNS)	10 % – 60 %	
FFP 1	40 % – 85 %	
FFP 2 ohne Ausatemventil	40 % – 95 %	

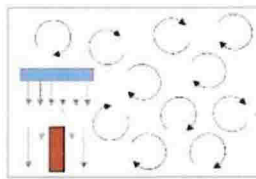
Raumbelüftungsarten



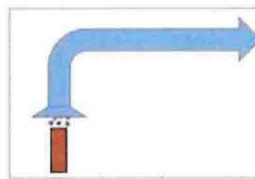
Verdrängung



Lokale Verdrängung



Lokale Absaugung



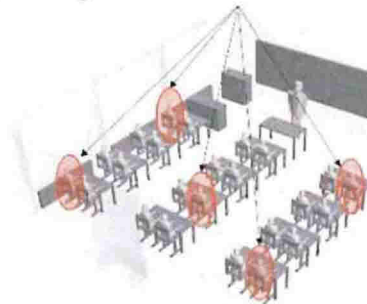
Beispiele zur Lüftungseffektivität



Computational Fluid Dynamics (CFD) Studie

- Raumgröße 60 m²; 180 m³
- Bei allen Berechnungen 1000 m³/h
 - 40 m³/h pro Person
- Berechnung des Strömungs- und Temperaturfelds
- Ausbreitungsverhalten von luftgetragenen Partikeln in Abhängigkeit von Position

Mögliche Position der infizierten Person



3 Szenarien



Mischlüftung

Quelllüftung

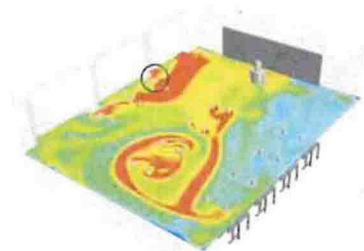
Luftreinigungsgerät

Gleicher virenfreier
Zuluftvolumenstrom
 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$

Ergebnisse Mischlüftung

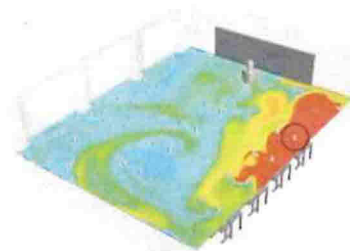
TU HRI
HERMANN-RIETSCHEL-INSTITUT

Zeit (min): 45:00



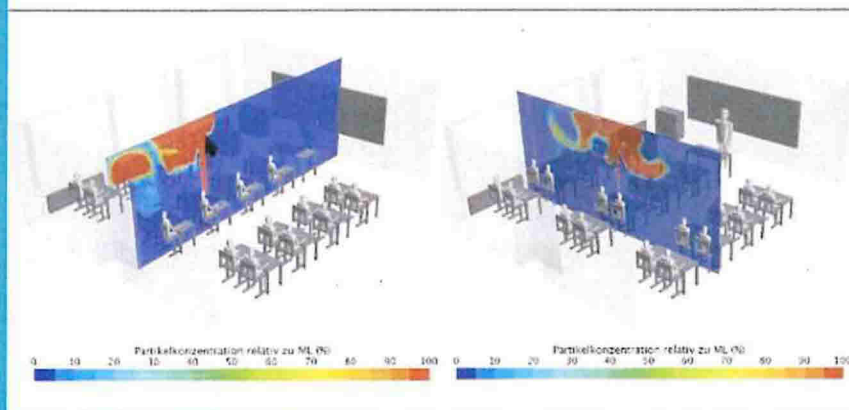
Partikelkonzentration relativ zu ML 50, Partikelquelle 1
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Zeit (min): 45:00



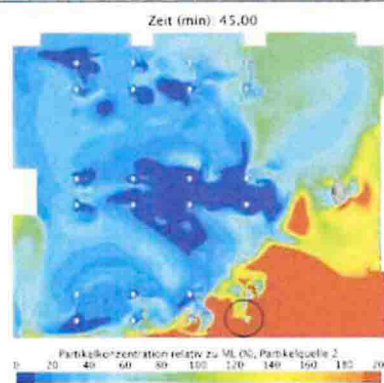
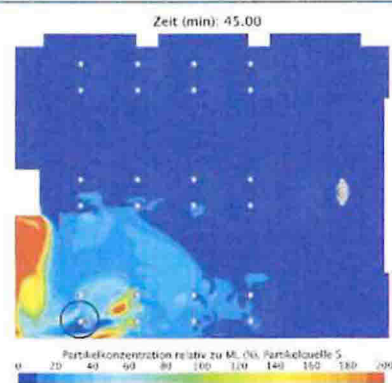
Partikelkonzentration relativ zu ML 50, Partikelquelle 2
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

Beispiel Quelllüftung



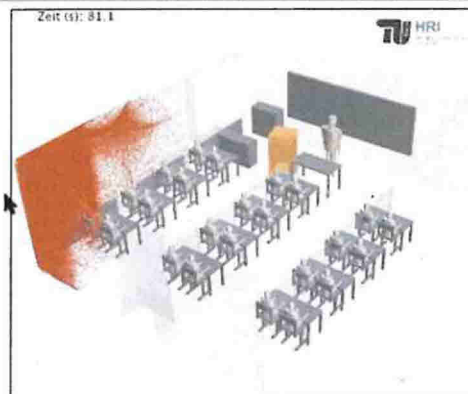
Ergebnisse Quelllüftung

HRI
Hermann-Rietschel-Institut
TU Berlin



Ergebnisse Luftreiniger

TV HRI
Technische Universität
Hamburg

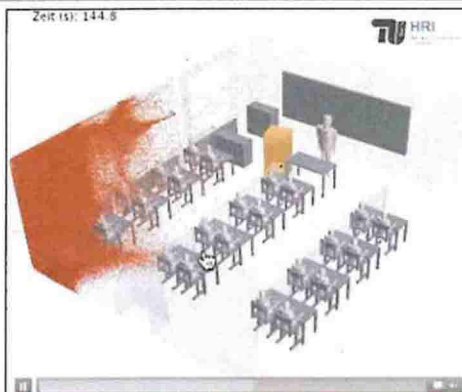


Chapter 2: QTRK-1-01-04-1031

35

Ergebnisse Luftreiniger

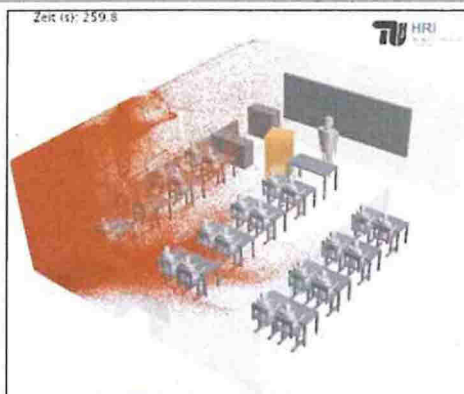
TU HRI
Technische Universität
Hannover



Ergebnisse Luftreiniger



Zeit (s): 259.8



Luftfilter in Lüftungsgeräten!!!!

Kumulierte Virenlast



Fazit:

- Es gibt **keine** validierte umsetzbare **technische** Maßnahme, in Schulen, zur Vermeidung von Infektionen im Gebäude.
- „Luftreiniger“ können kontraproduktiv wirken, bei unbekannter Position der Quelle im Raum.
- Real empfehlenswert sind ausschließlich die bekannten Hygienemaßnahmen sowie wiederholende Impfung oder Akzeptanz des endemischen, mutierenden Virus.
- COVID-19 wird mittelfristig endemisch und wird uns für immer begleiten. Es handelt sich bei COVID-19 nicht um eine sterile Immunität, nach jetzigen wissenschaftlichen Erkenntnissen.