

Covid-19 Infektionsrisiko über respiratorische Partikel im Nah- und Fernfeld - sind AHA+L Regeln ausreichend ?

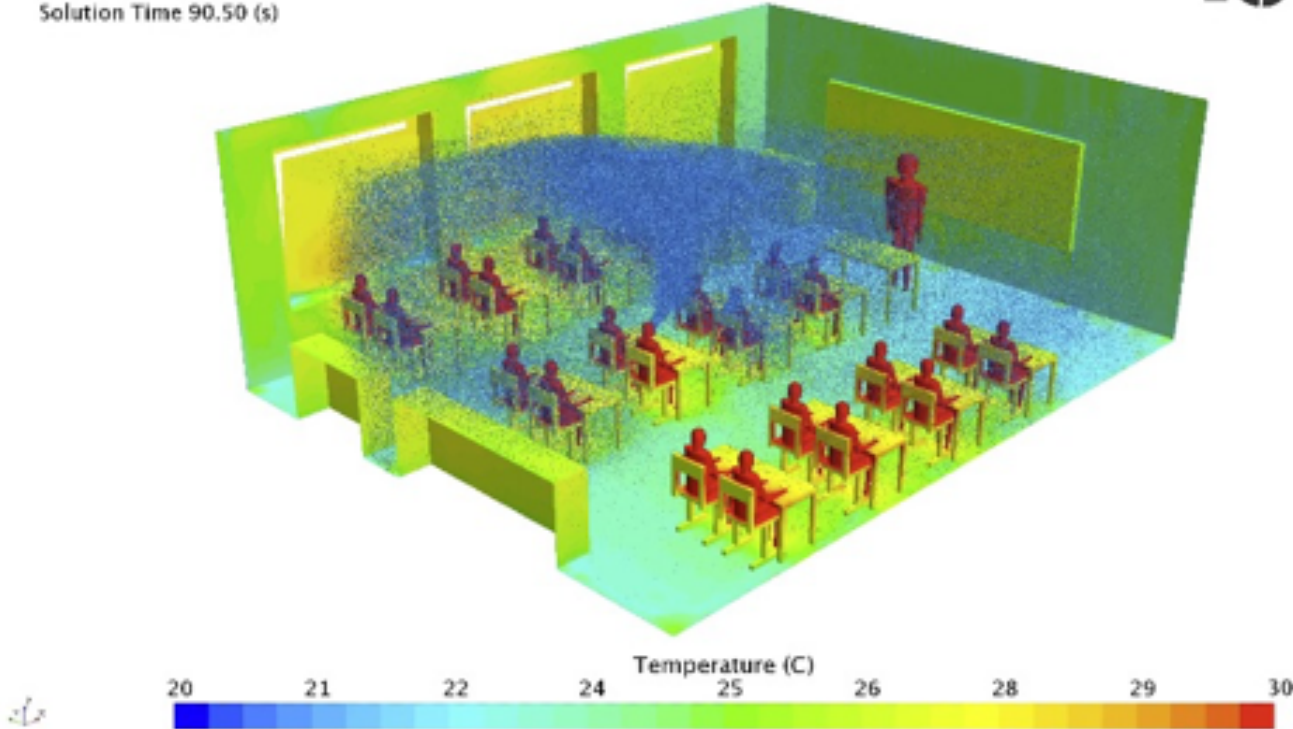
Martin Kriegel

1. WV PM, 01.02.2021



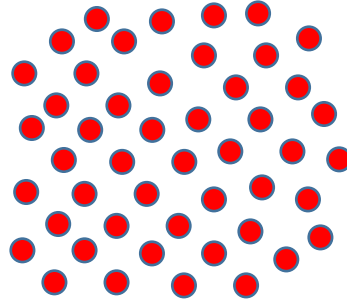
Ausgangssituation

Solution Time 90.50 (s)





Aktivität
Infektiosität



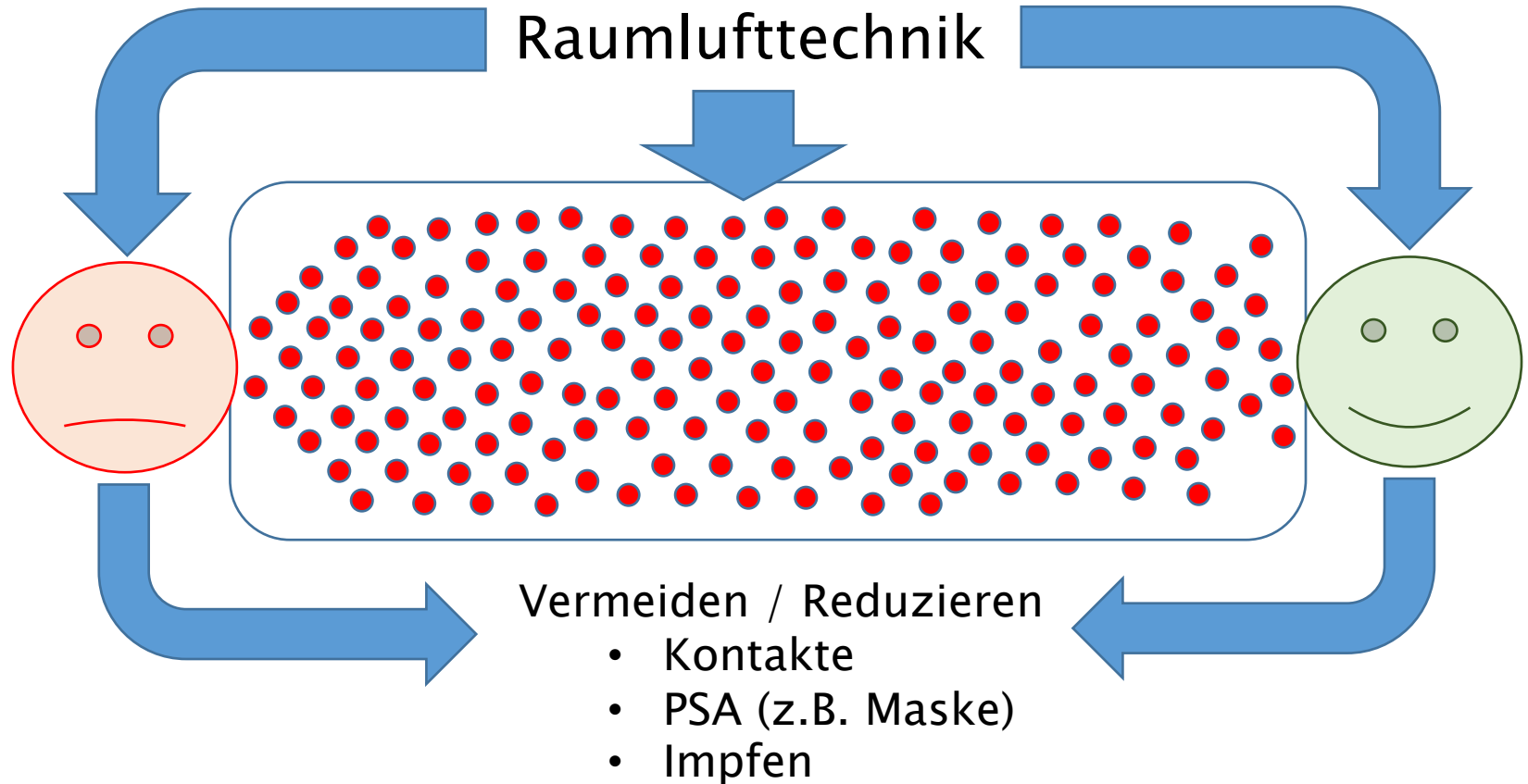
Konzentration
Tenazität



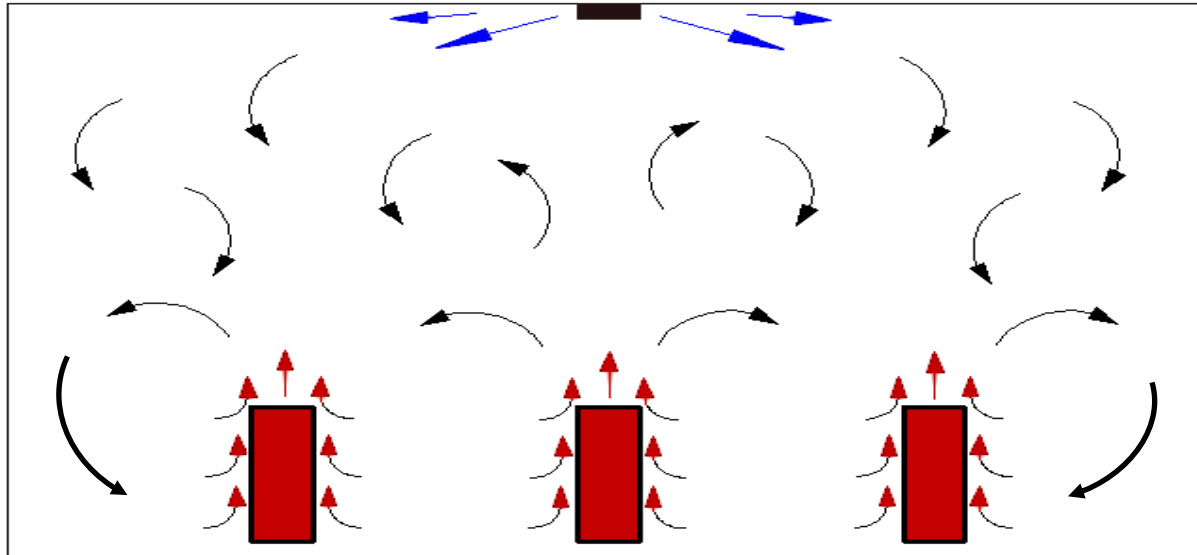
Aktivität
Immunstatus

Auf die inhalierte Dosis kommt es an !

Zero Airborne SARS-CoV-2 ?



Verdünnungslüftung / Mischlüftung



Zur Bewertung des Infektionsrisikos notwendig:

Wie viele reproduzierfähige Viren sind auf Aerosolpartikeln ?

Wie viele reproduzierfähige Viren sind für eine Infektion notwendig?

Messungen aus dem Sputum:

Anzahl Viren auf Aerosolpartikeln: ca. 1–50 pro 100

Anzahl Viren für eine Infektion notwendig: ca. 300 – 3000

Retrospektive Betrachtung von Ausbrüchen:

Wer saß wo?
Wer ist Index-Person?
Wer hat sich angesteckt?

Raumsituation?
Lüftungssituation?

Sehr hoher Aufwand der Erfassung

- Befragungen
- Testungen
- Genom-Bestimmung
- Ggf. Messungen vor Ort

Quantum-Dosis-Wirkungs-Konzept für luftgetragene Ansteckungen

[Wells, Riley 60er Jahre]

Ein Quantum ist die unbekannte Menge an pathogenen Aerosolpartikeln in der Luft, die eine anhaltende Infektion bei 63 % der exponierten Personen verursachen wird.

1 quanta: Emissionsrate in 1 /h

Retrospektive Betrachtung



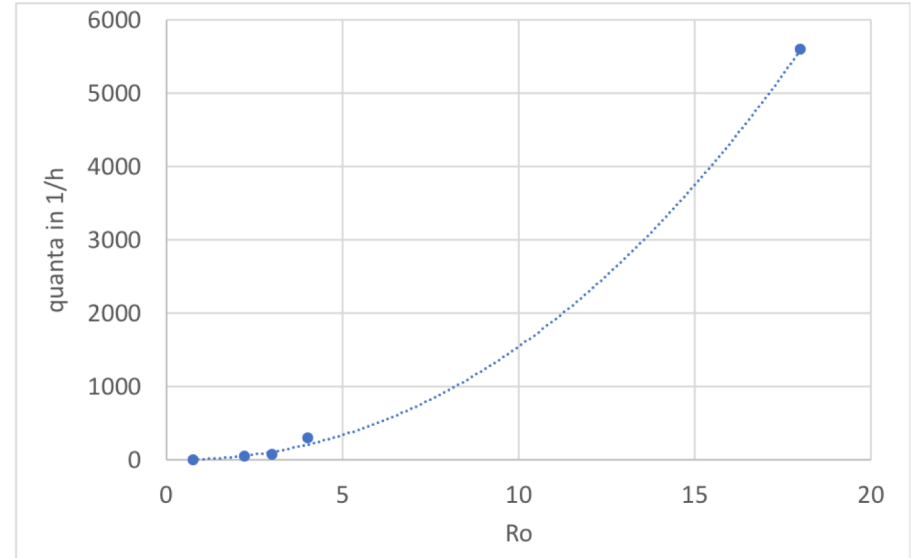
Wert für quanta

Basis quanta korreliert mit Art der Infektionskrankheit und dem Basis R_0

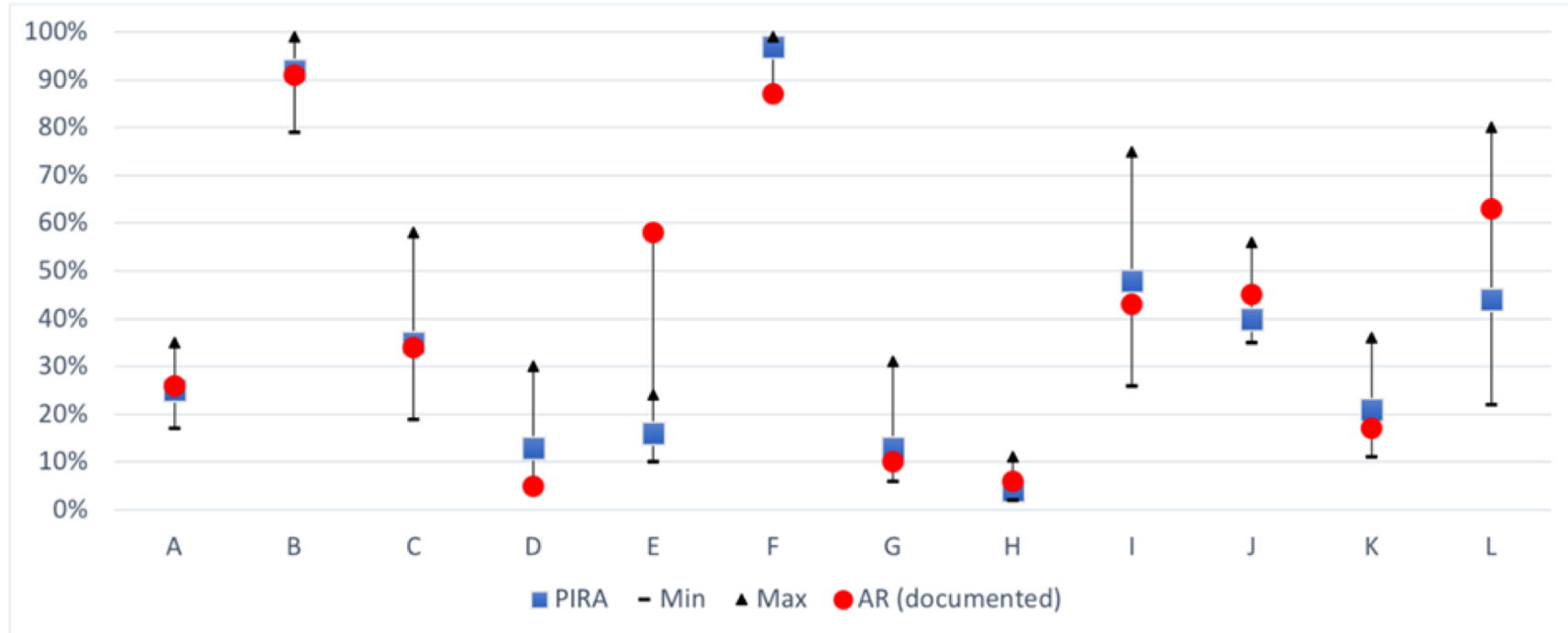
Berücksichtigung

- Aktivität
- Infektiosität
- Tenazität
- PSA

quanta Wert (Quellstärke)

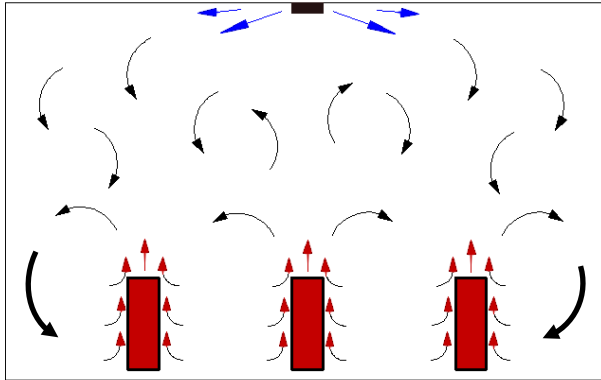


Predicted Infection Risk for Aerosol Transmission of SARS-CoV-2

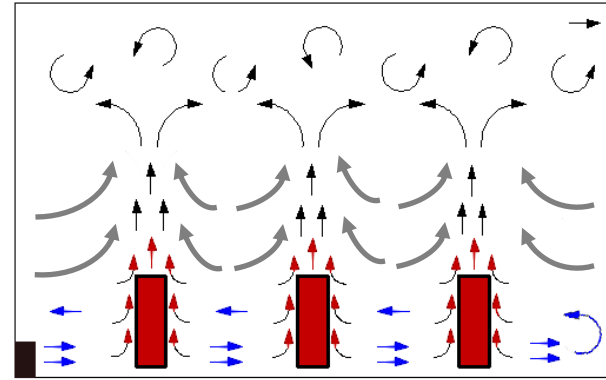


Quelle: (Kriegel et al., 2020)

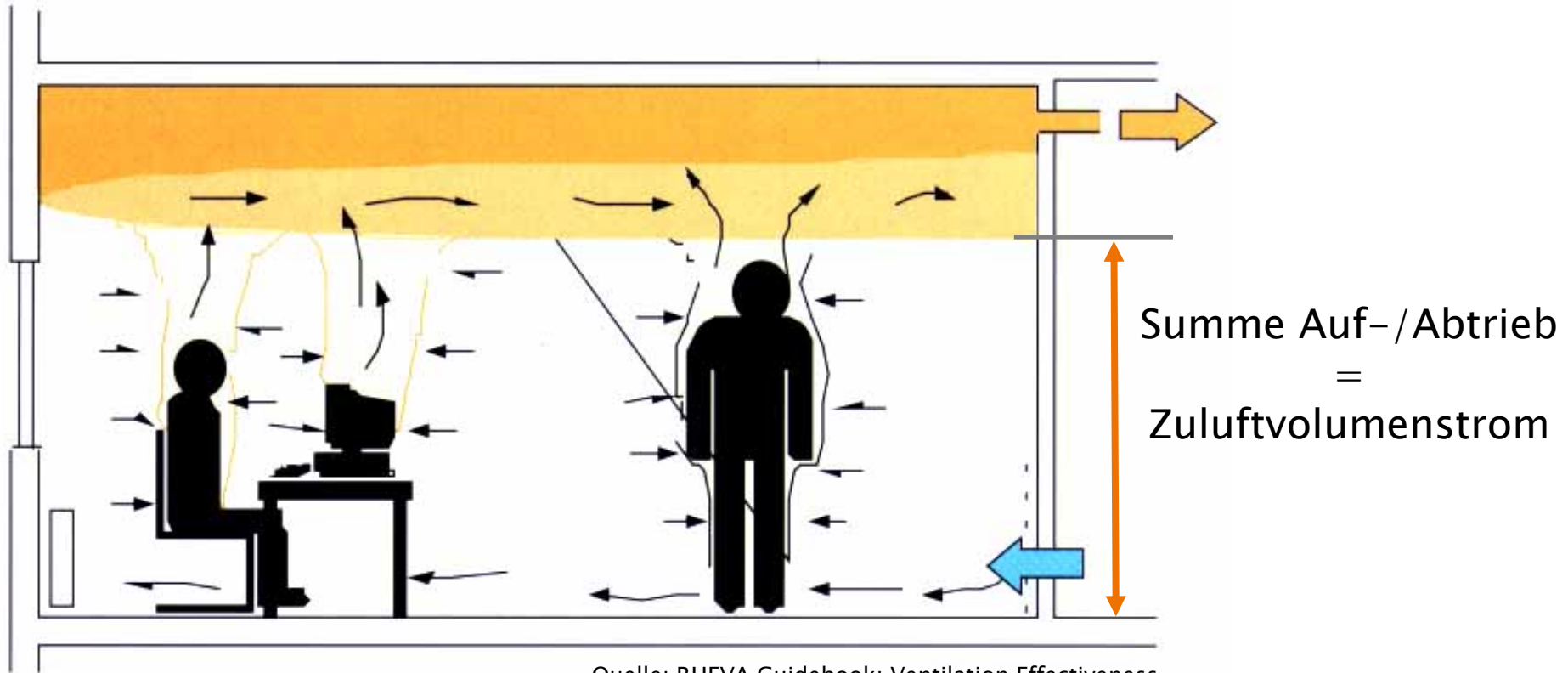
Verdünnung



Schichtung

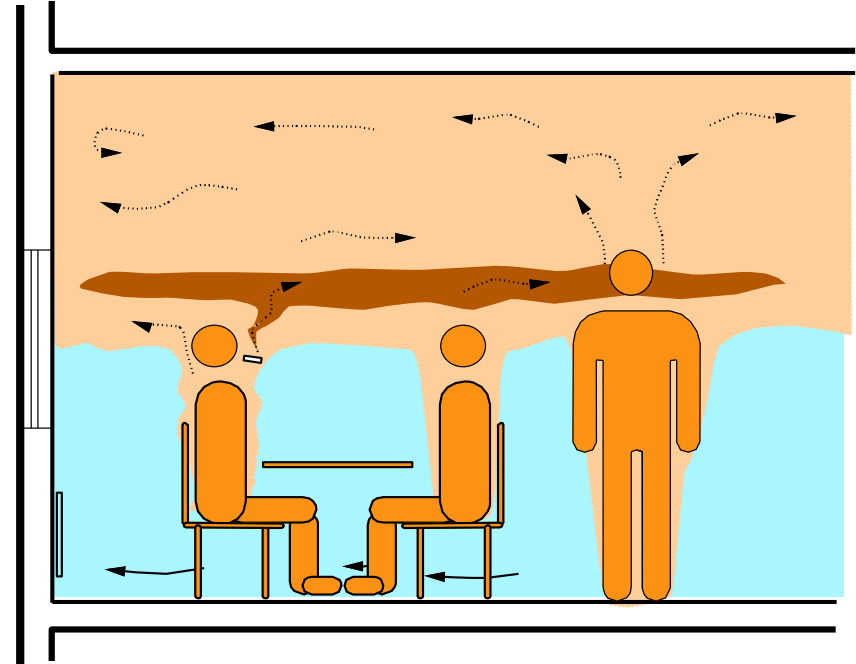
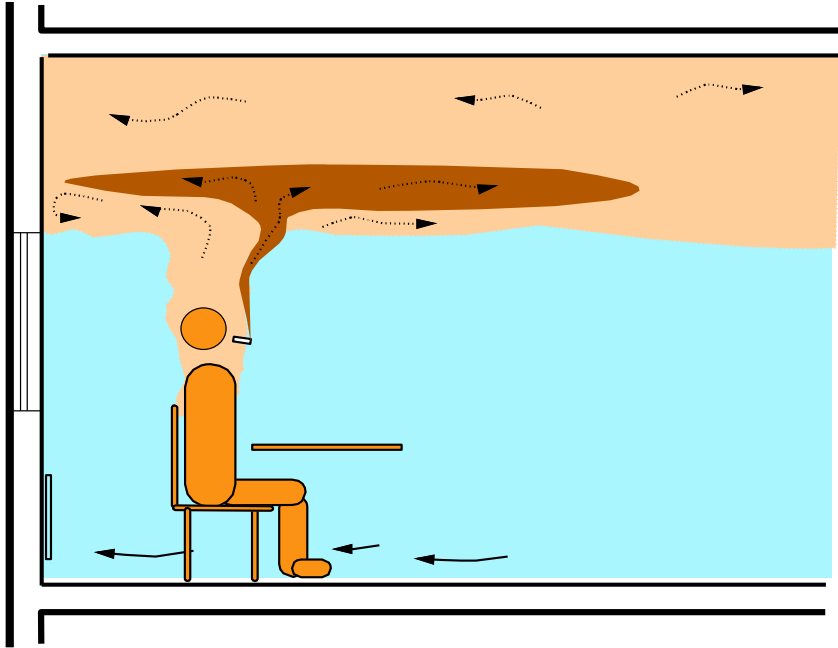


Lüftungsart: Quell-/Schichtlüftung



Quelle: RHEVA Guidebook: Ventilation Effectiveness

Lüftungsart: Quell-/Schichtlüftung

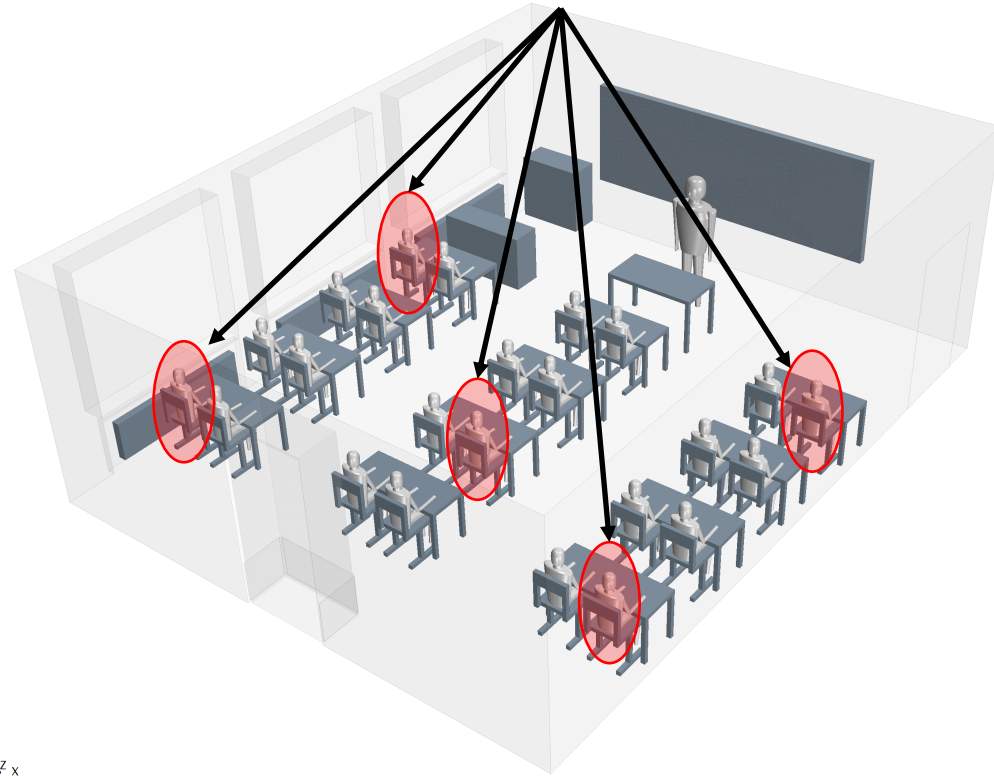


Quelle: RHEVA Guidebook: Ventilation and Smoking

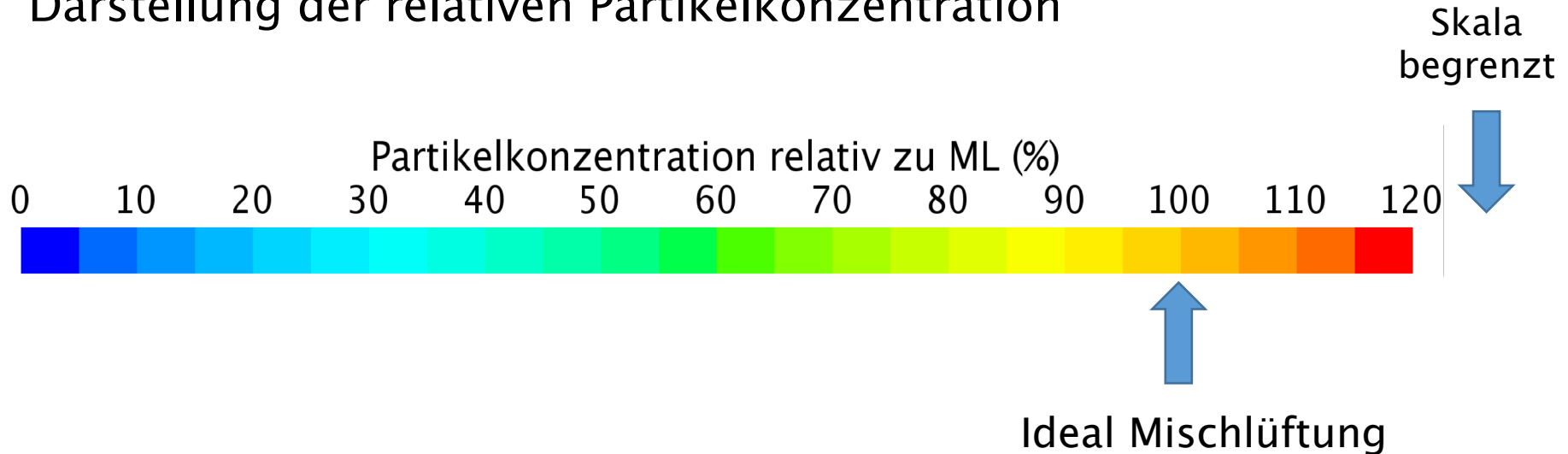
Computational Fluid Dynamics (CFD) Studie

- 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



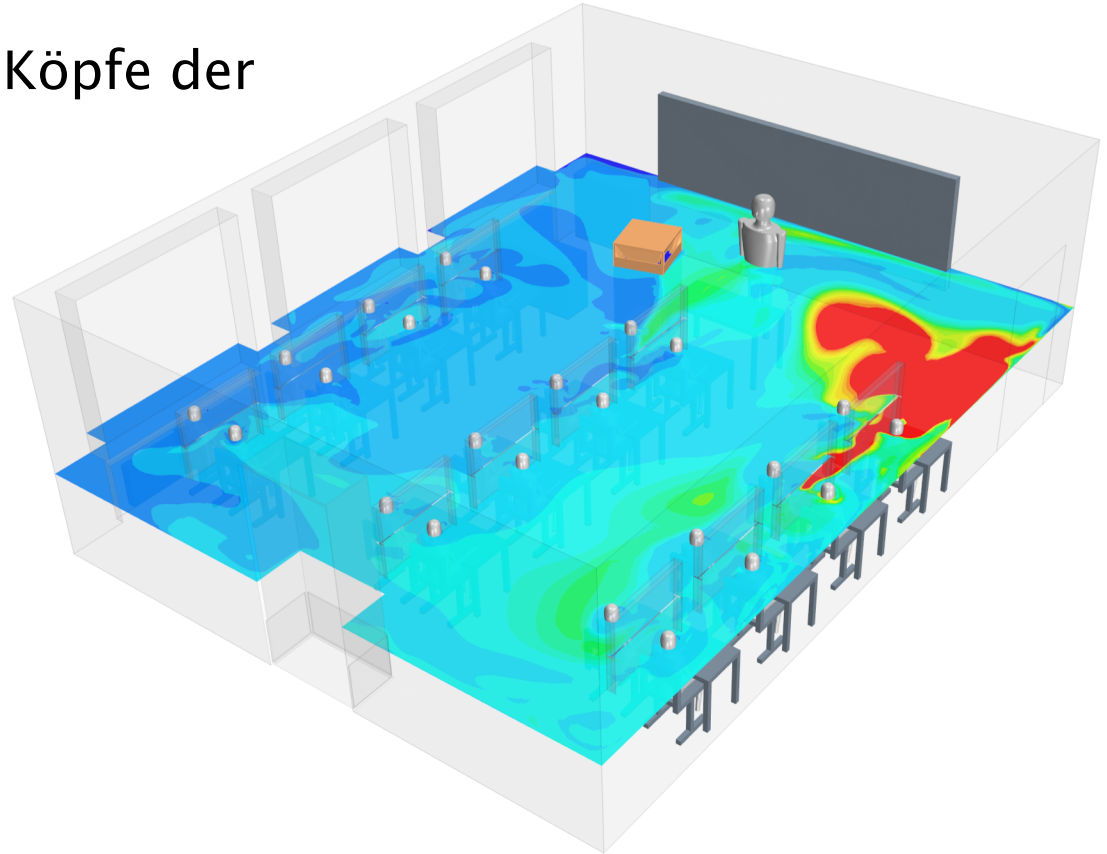
Darstellung der relativen Partikelkonzentration



Werte kleiner 100 % → besser belüftet → starke Verdünnung

Werte größer 100 % → besser belüftet → starke Verdünnung

Schnittebene durch die Köpfe der
sitzenden Personen



Mischlüftung

Quelllüftung

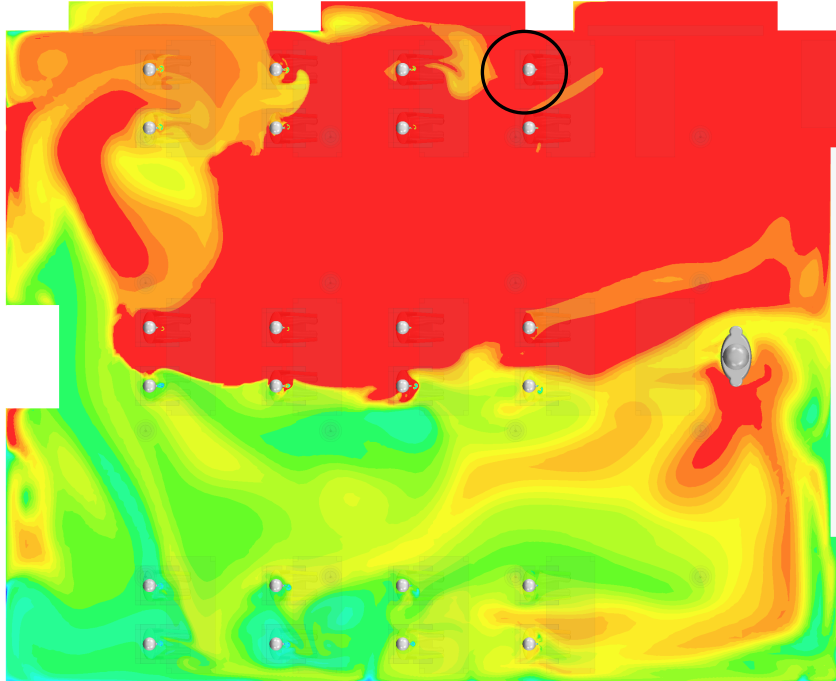
Luftreinigungsgerät



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

Beispiel Mischlüftung

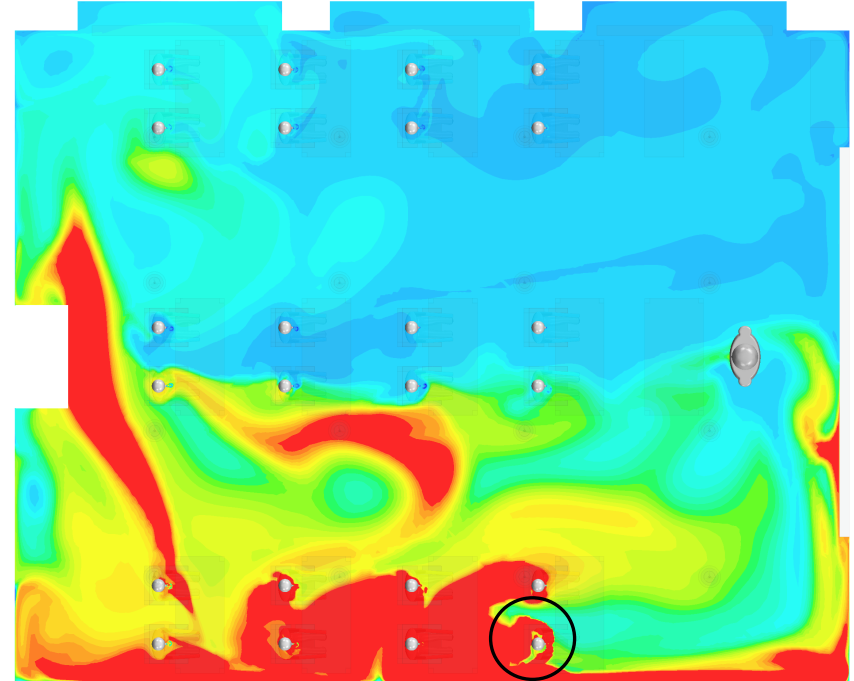
Zeit (min): 45.00



Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

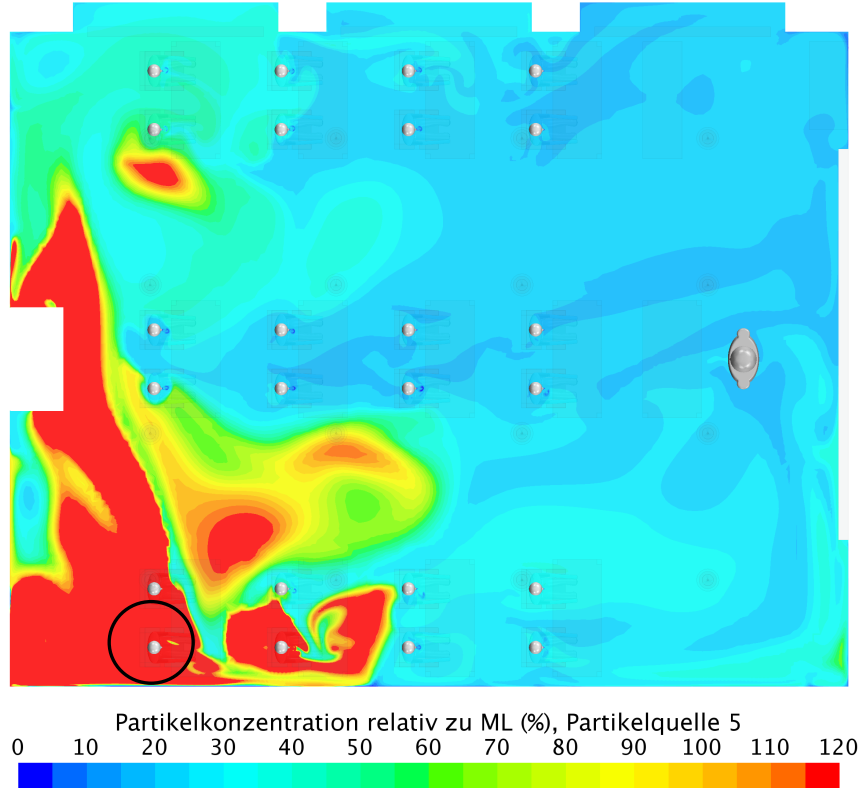
Zeit (min): 45.00



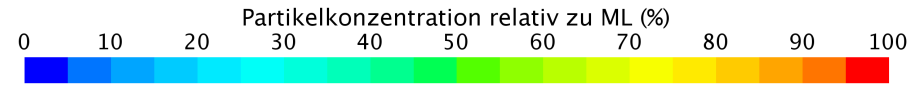
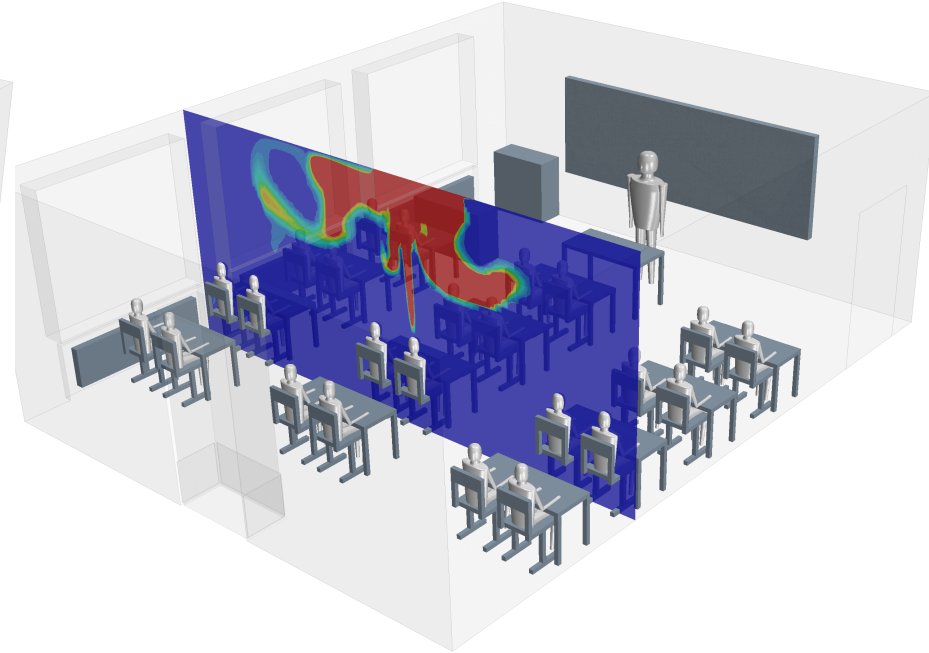
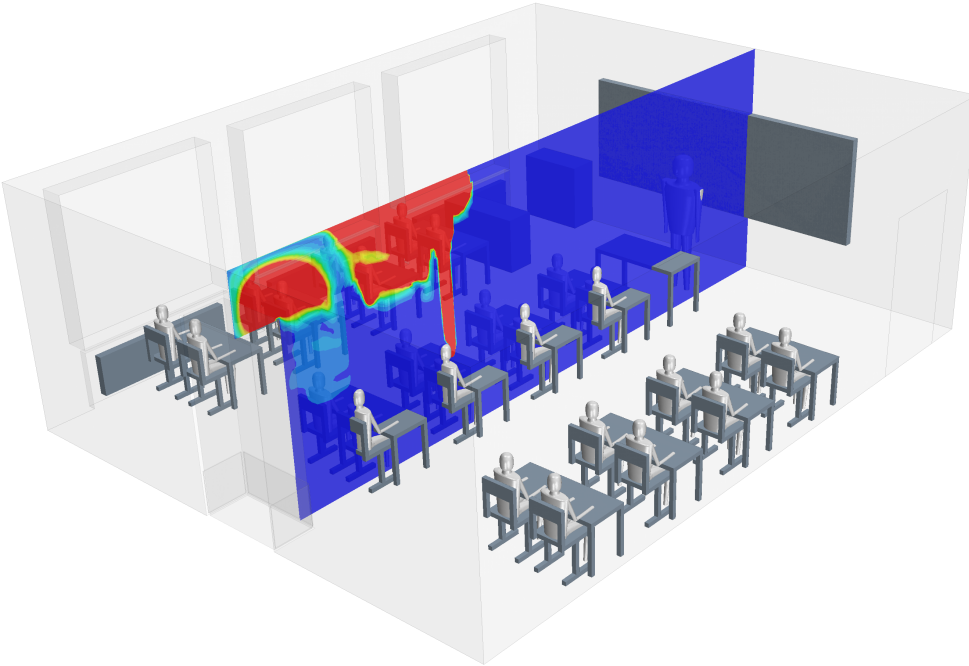
Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 2

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

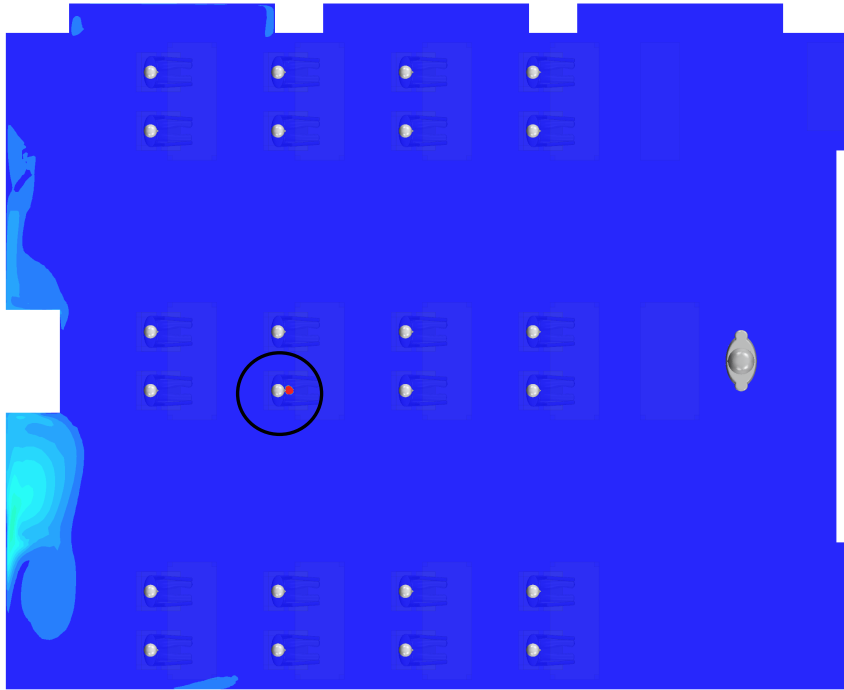
Zeit (min): 45.00



Beispiel Quelllüftung



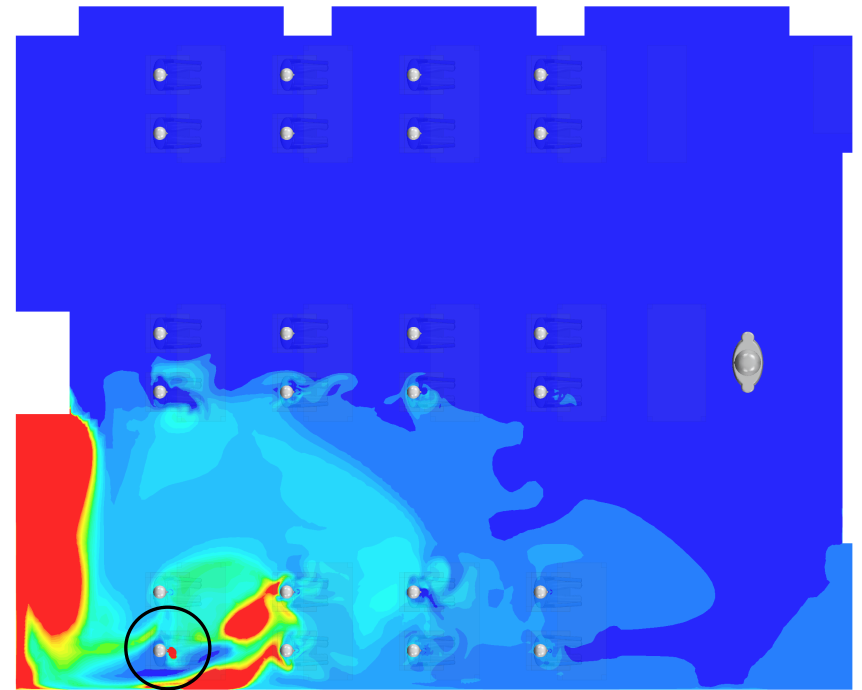
Zeit (min): 45.00



Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 3

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

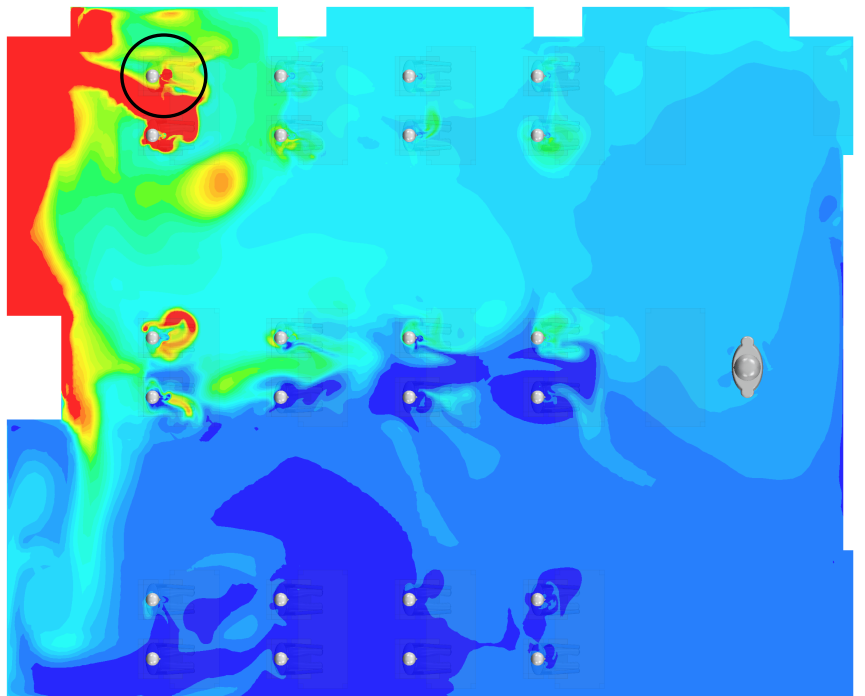
Zeit (min): 45.00



Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 5

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

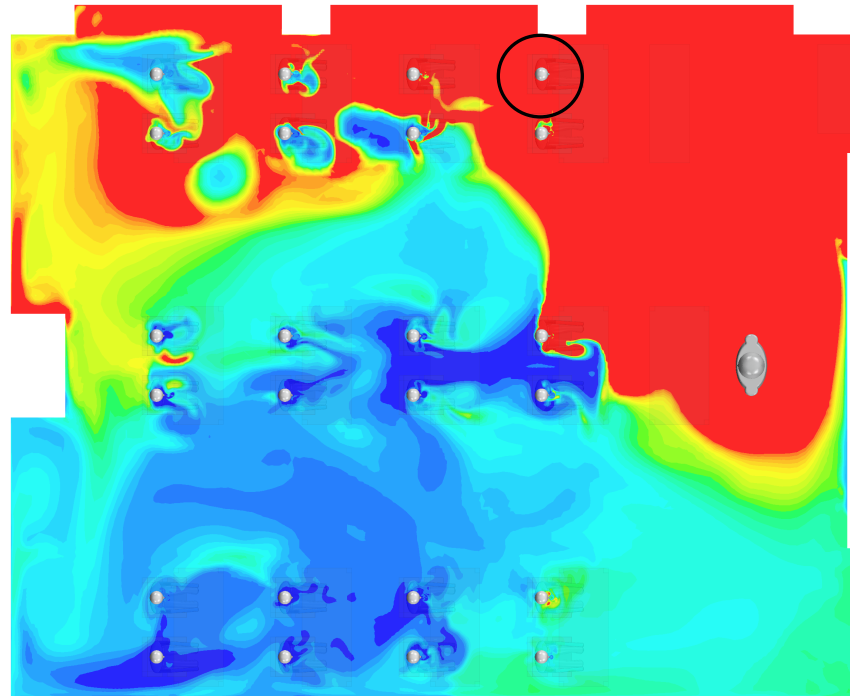
Zeit (min): 45.00



Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 4

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

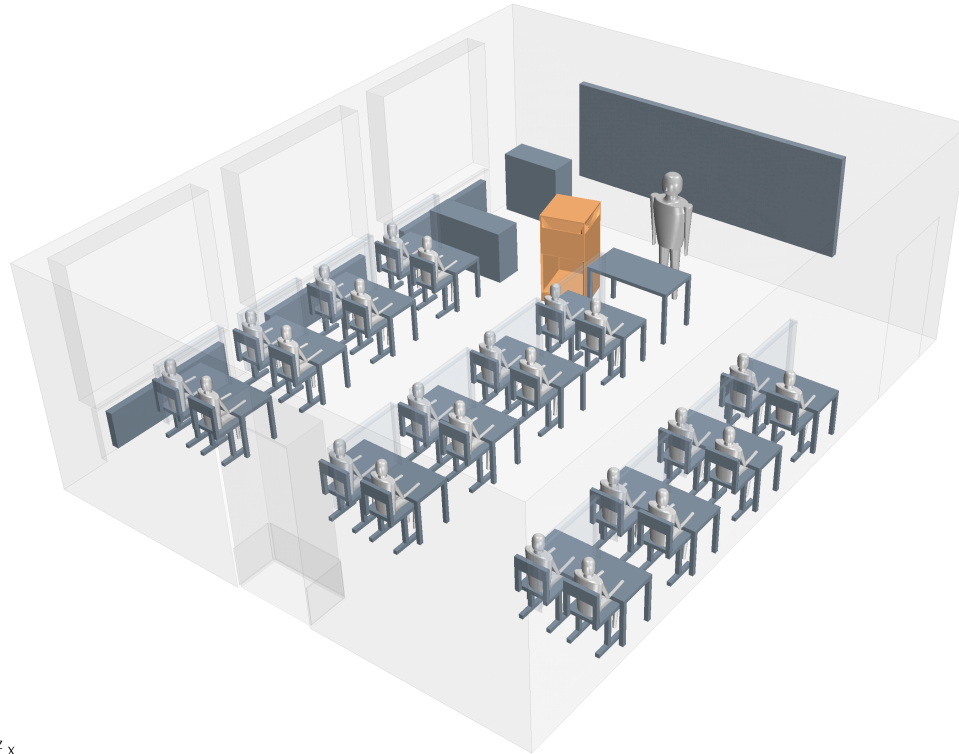
Zeit (min): 45.00



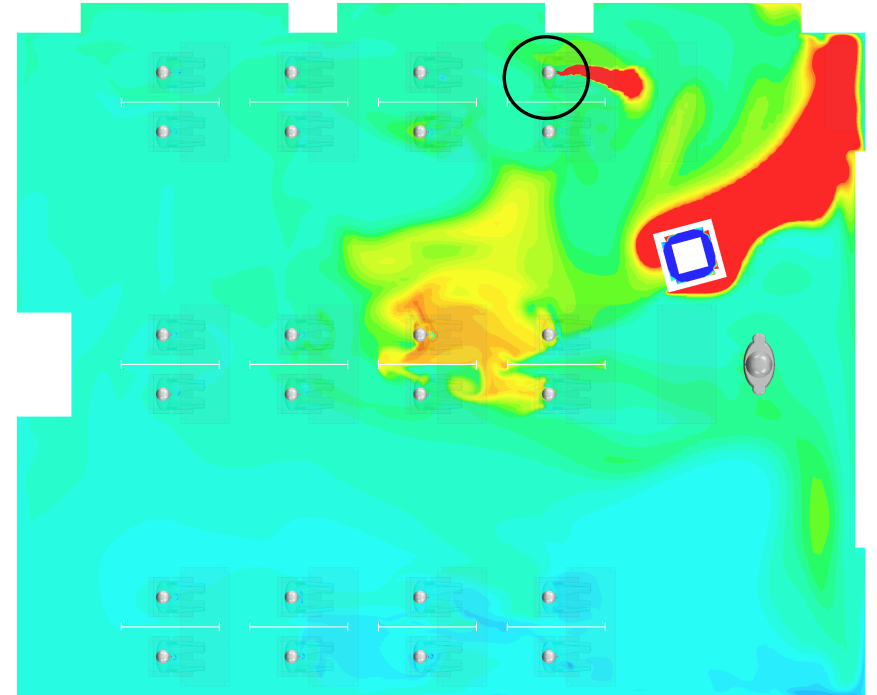
Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

Beispiel Luftreiniger



Zeit (min): 45.00



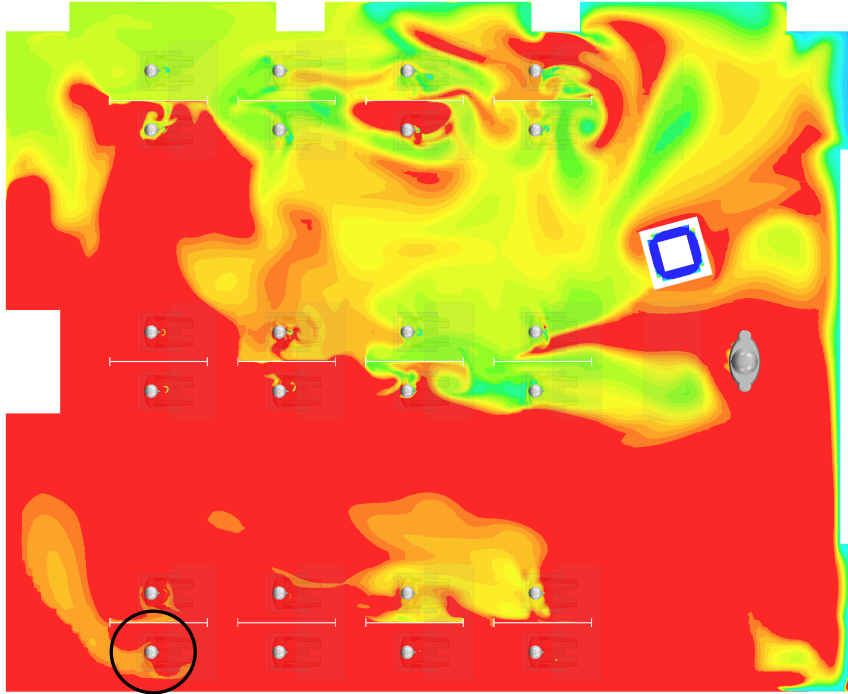
Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

A horizontal color scale bar corresponding to the particle concentration values, ranging from blue (0) to red (120).

Beispiel Luftreiniger

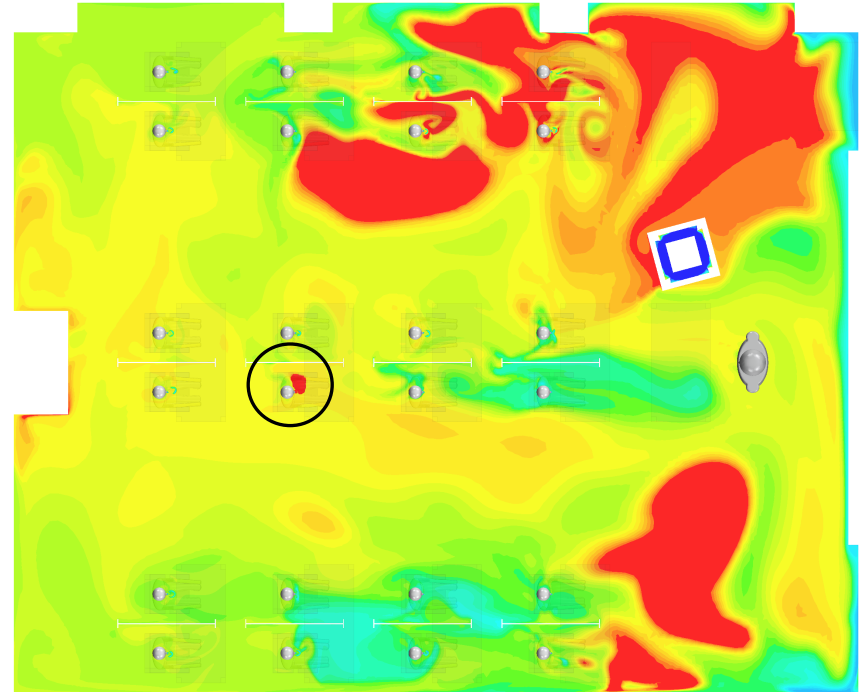
Zeit (min): 45.00



Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 5

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

Zeit (min): 45.00



Partikelkonzentration relativ zu ML (%), Partikelquelle 3

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

- **Raumluftströmung** sind instationär und 3-dimensional

- Sie werden beeinflusst durch
 - Raumumschließungsflächen
 - Einbauten (Mobiliar)
 - Thermische Kräfte (Personen, sonstige Wärmequellen, kalte Flächen)
 - Erzwungene Kräfte (Art und Ort der Auslässe, Zuluftgeschwindigkeiten)

- Effektivität der **Abfuhr von Schadstoffen** hängt ab von:
 - Raumluchtströmung
 - Ort der Quelle
 - Position Zu- und Abluft
- Virenbeladene Partikelkonzentration im Raum:
 - **Virenfreier Zuluftvolumenstrom bestimmt das Maß der Verdünnung**
 - **Lüftungseffektivität führt zu unterschiedlichen Zonen**
- **Quellluftprinzip bietet große Vorteile, aber keine Sicherheit**

Für Wiedereröffnungsstrategien

$$P_{max} = \frac{\dot{V}_{zu}}{f_L \cdot f_M \cdot f_{inst.} \cdot 75 \frac{m^3}{h \cdot Pers. \cdot h_A} \cdot t_A}$$

P_{max} maximal mögliche Personenanzahl

f_L Faktor für die Art der Lüftung, Mischlüftung/Quelllüftung

f_M Faktor für die Art der Maske

$f_{inst.}$ Korrekturfaktor stationär / instationär

$\dot{V}_{zu}$ Zuluftvolumenstrom

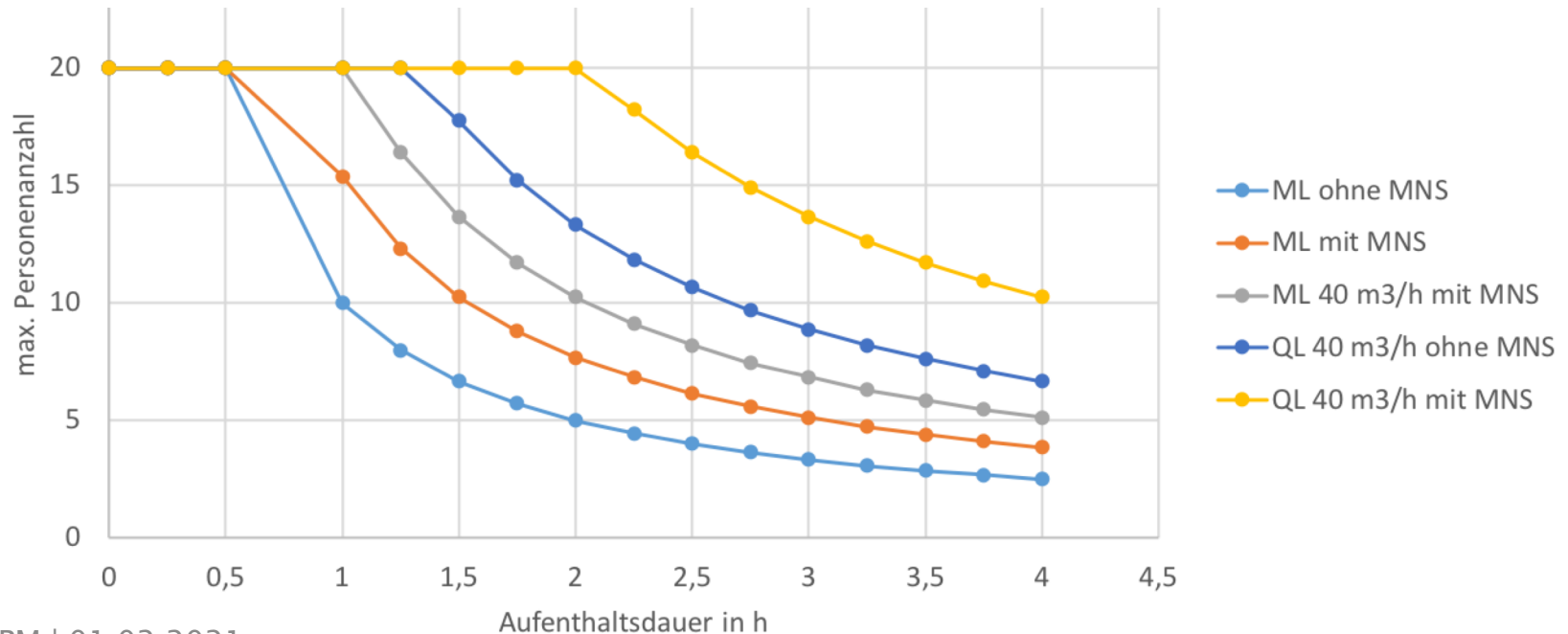
t_A Dauer des Aufenthalts

Quelle: (Kriegel et al., 2020)

Besprechungsraum:

50 m² → 150 m³ für 20 Personen

Frischluftzufuhr: 30 m³/(h Pers.) → 600 m³/h oder 800 m³/h



Sind bestehende AHA-L Regeln ausreichend ?

Abstand	>> 1,5 m
Hygieneregeln	
Alltagsmaske	Schulung zum Tragen
Lüftung	maximieren
Kontaktanzahl	reduzieren
Gemeinsame Kontaktzeit	reduzieren



Welche Fragen haben Sie ?

https://blogs.tu-berlin.de/hri_sars-cov-2/

Univ. Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel

kontakt@tu-berlin.de

www.hri.tu-berlin.de

