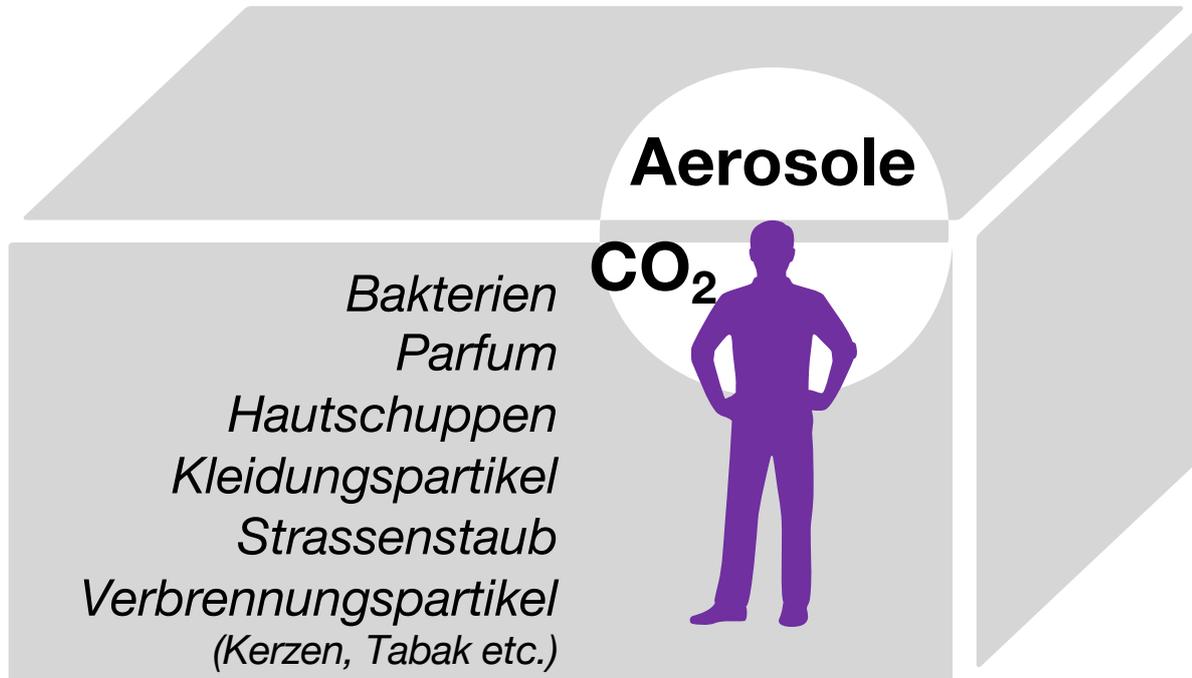


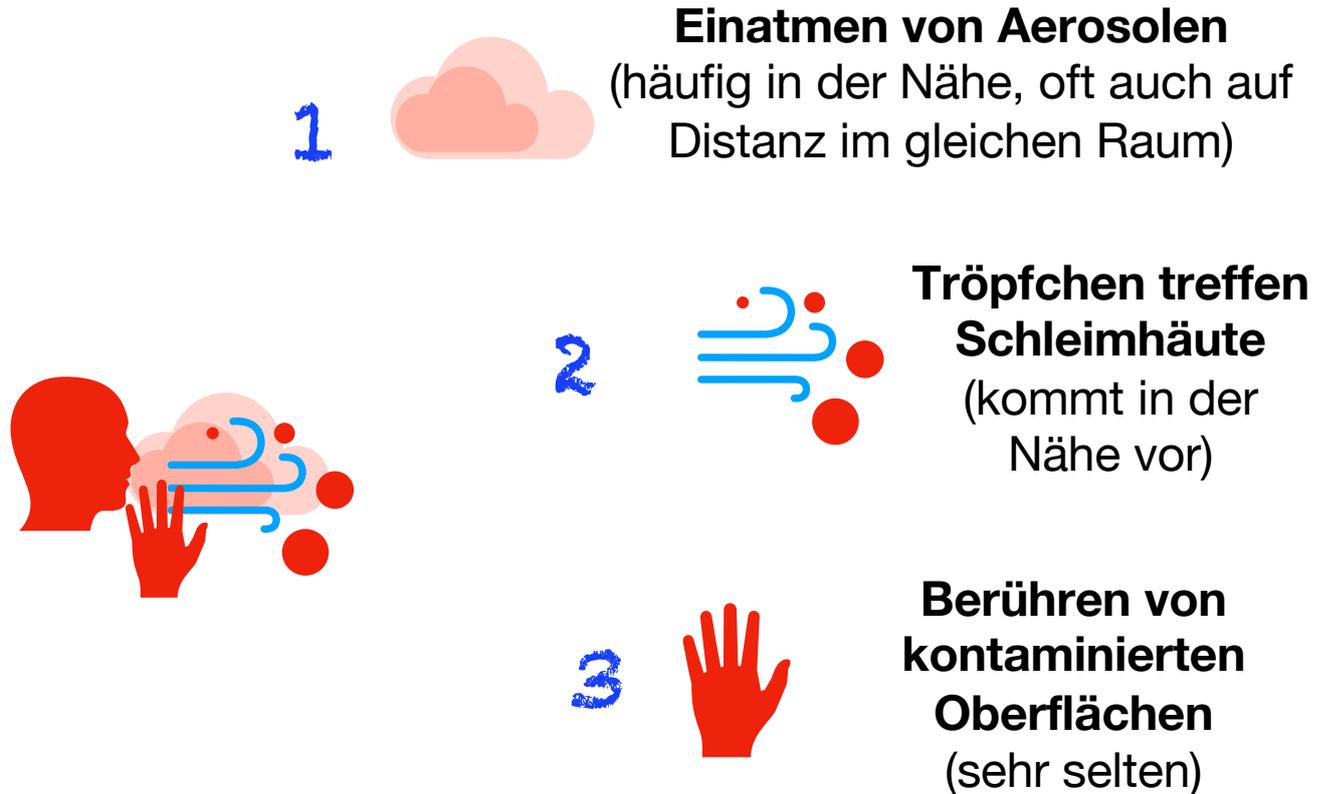


Swiss Centre for Occupational  
and Environmental Health

# **Aerosol-Check von Gebäuden gegen Viren-Risiken**

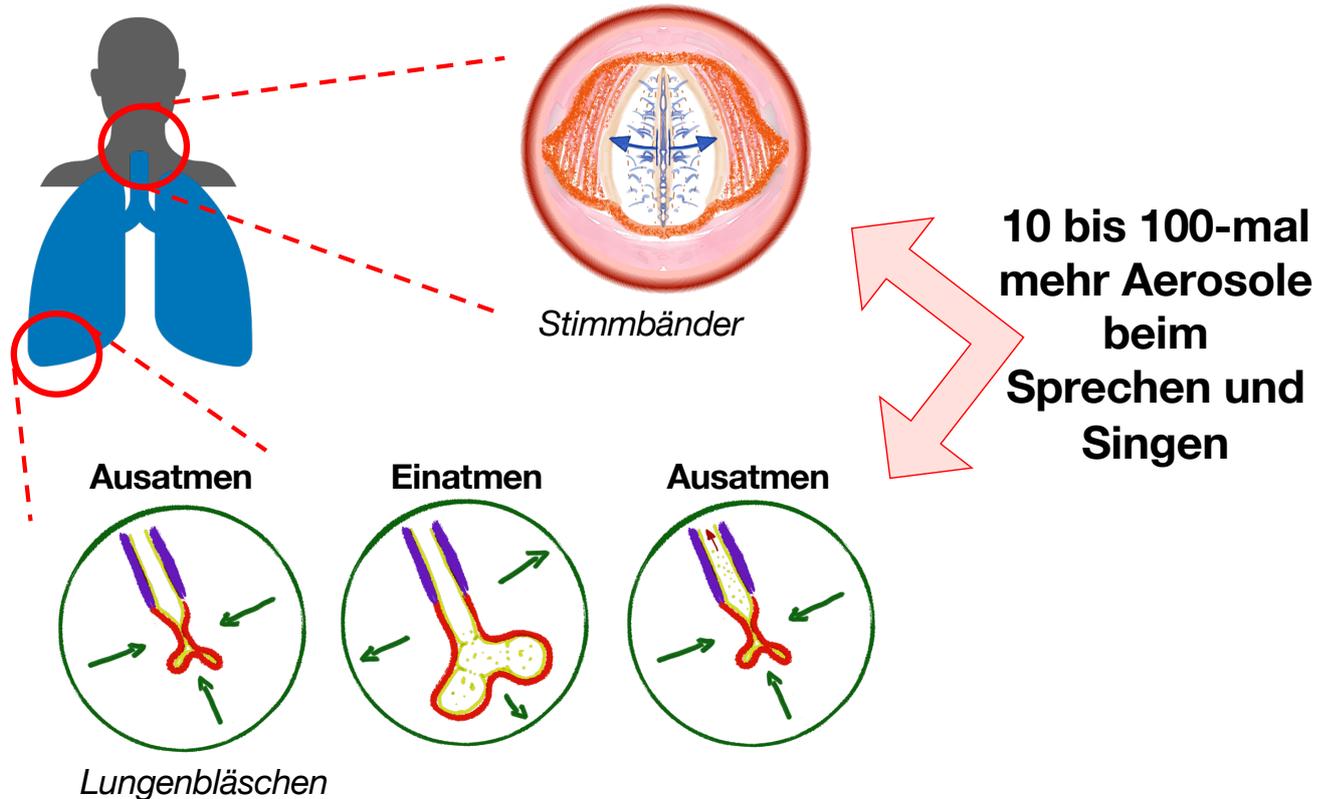
Michael Riediker, Dr.sc.nat.  
Arbeits- und Umwelthygieniker, Direktor



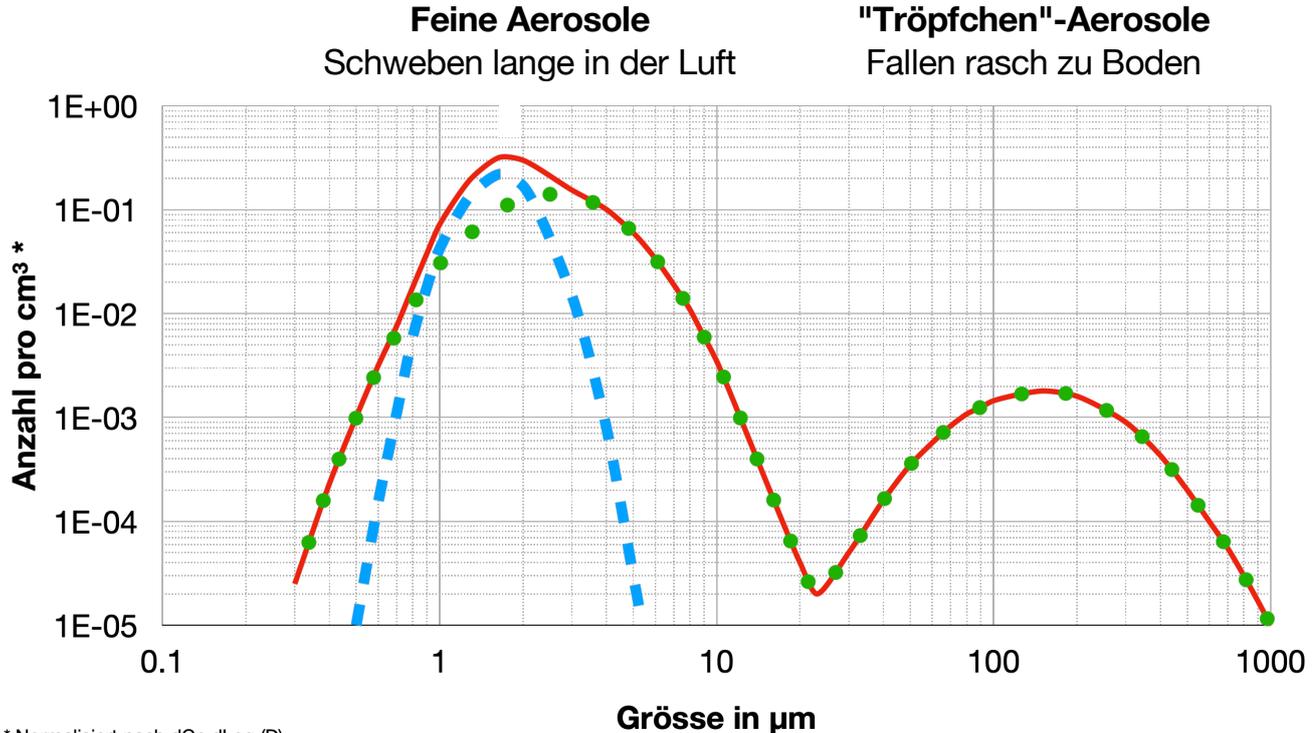


# Woher kommen die Aerosole

*Aerosole = Mikro-Tröpfchen Lungen- und Rachenflüssigkeit*



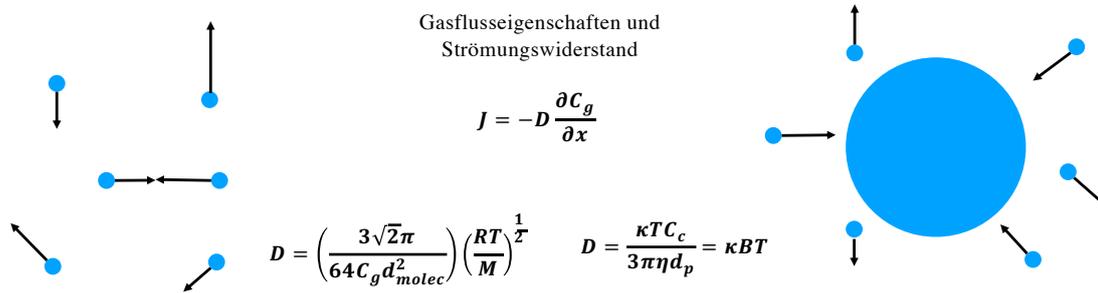
# Feine und grosse Aerosole (Tröpfchen)



\* Normalisiert nach dCn dLog (D)

-- Atmen      • Sprechen      — Kombiniert

# Bewegung von Gasen und Aerosolen



**Gase diffundieren & strömen.**

**Feine Aerosole gehen mit dem Strom.**

	Luftmolekül	0.1 µm Aerosol	1 µm Aerosol	10 µm Aerosol	100 µm Aerosol
Sedimentations-Geschwindigkeit	0	0.00087 mm/sec	0.035 mm/sec	3.1 mm/sec	261 mm/sec
Bremsweg bei 10 m/s Anfangsgeschwindigkeit	$2.5 \cdot 10^{-6}$ mm	0.0088 mm	0.035 mm	2.3 mm	130 mm
Brownsche Diffusion in 10 Sekunden	28 mm	0.12 mm	0.023 mm	0.007 mm	0.002 mm

Berechnet für Luft als Medium bei 20°C, 1013 hPa und kugelfunde, solide Aerosole mit 1g/cm<sup>3</sup> Dichte. Mittlerer Durchmesser Luftmolekül: 0.00037 µm.  
 Quelle: Aerosol Measurement. Principles, Techniques and Application. 3<sup>rd</sup> ed. Kulkarni, Baron and Willeke. John Wiley & Sons Inc. 2011.

# Feine und grosse Aerosole (Tröpfchen)

SCOEH

**Nebel**



**Spray**



**Ziel: Keine kritische **Dosis** bei der Nutzung!**

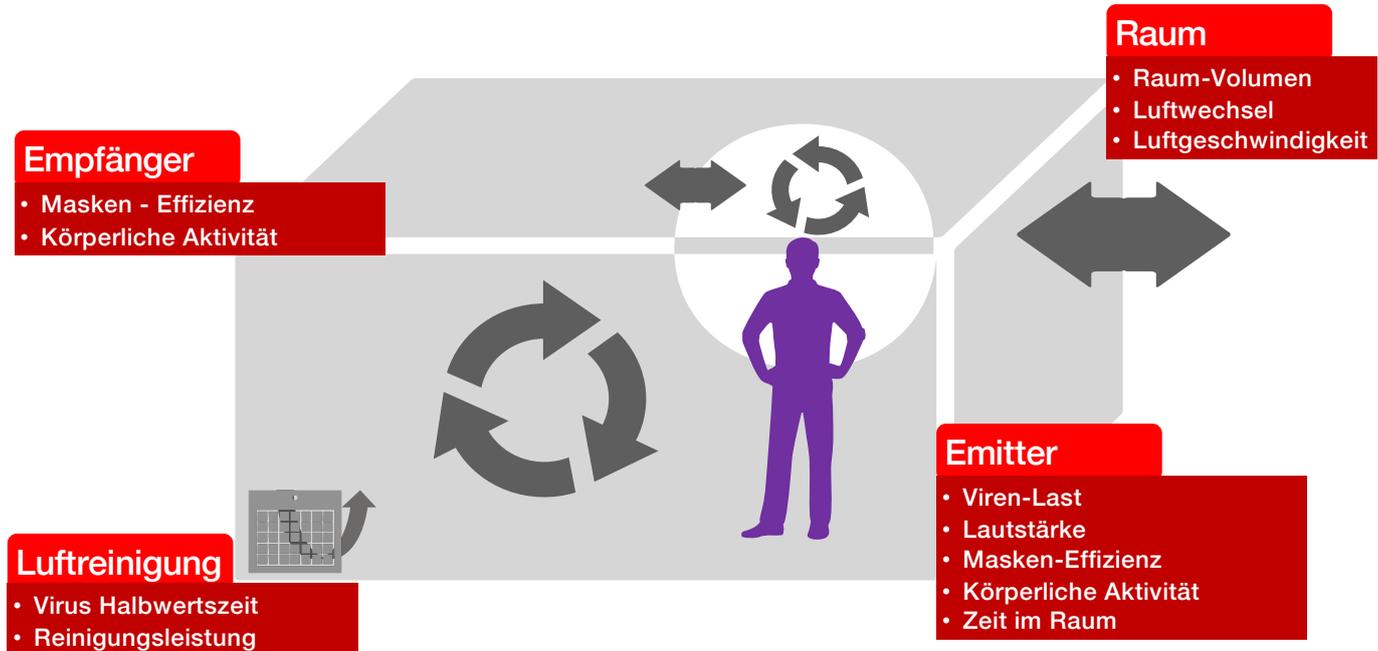
## **Fragen zur Nutzung:**

- Was sind die typischen Nutzungen?
- Hat der Raum viele Nutzer?

## **Fragen zu den Räumen:**

- (Wie) gibt es eine Ausbreitung zu anderen Nutzern?
- Ist der Raum gut durchmischt?
  - Hat es Querströmungen?
  - Sind die Querströmungen langsam oder schnell?  
*(wenn schnell: Auch an Tröpfchen denken)*

# Dosis in gut gemischten Räumen



# Formeln für Raumsimulation

## Raum

- Volume  $V_R$
- Luftwechselrate AER  
(Aussenluft + Umluft als CADR)
- Luftgeschwindigkeit  $v_w$

## Emitter

- Emmitter 1..i
- Sprachaktivität, % ES 1..j
- Maskeneffizienz, exhal. ME
- Atemvolumen, % RV 1..a
- Zeit im Raum  $t_R$

## Empfänger

- Maskeneffizienz, inhal. MI
- Atemvolumen

## Konstanten

- Virus Halbwertszeit  $t_{1/2}$
- Nahfeld-Radius & Vol.  $r_{NF}$   $V_{NF}$

$$k_{tot} = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} + AER \quad F_{IZ} = 2 * \pi * r_{NF}^2 * v_w$$

$$S_{tot} = \sum[(1 - ME_i) \sum(\%RV_{ai} * RV_{ai}) * \sum(ES_{ji} * \%ES_{ji})]$$

$$c_{FF}(t) = \begin{cases} \frac{S_{tot}}{V_R * k_{tot}} * (1 - e^{-k_{tot}t}) & , \quad t \leq t_R \\ \frac{S_{tot}}{V_R * k_{tot}} * (1 - e^{-k_{tot}t_R}) * e^{-k_{tot}(t-t_R)} & , \quad t > t_R \end{cases}$$

$$dose_{FFi} = MI_i * \sum(\%RV_{ai} * RV_{ai}) \int_0^{t_R} c_{FF}(t)$$

$$c_{NF}(t) = \begin{cases} c_{FF}(t) + \frac{S_i}{F_{IZ}} * (1 - e^{-\frac{F_{IZ} * t}{V_{NF}}}), & t \leq t_R \\ c_{FF}(t) & , \quad t > t_R \end{cases}$$

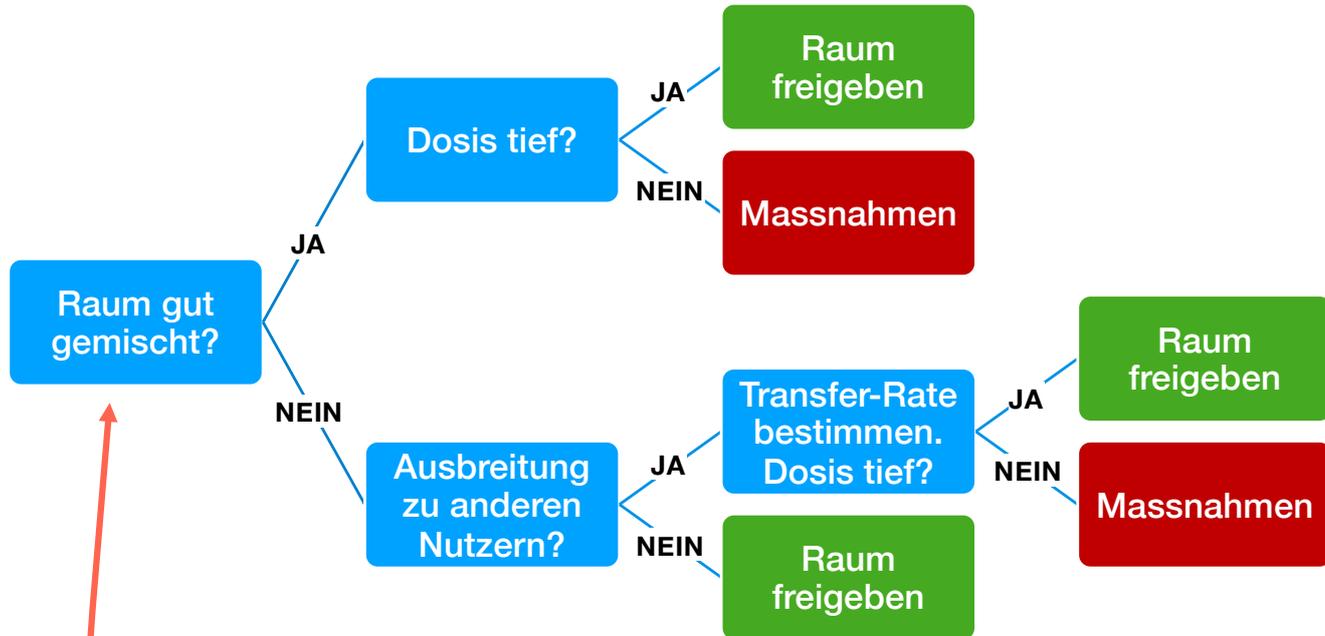
$$dose_{NF_i} = MI_i * \sum(\%RV_{ai} * RV_{ai}) \int_0^{t_R} c_{NF}(t)$$

# Aerosole bei inhomogener Lüftung

SCOEH

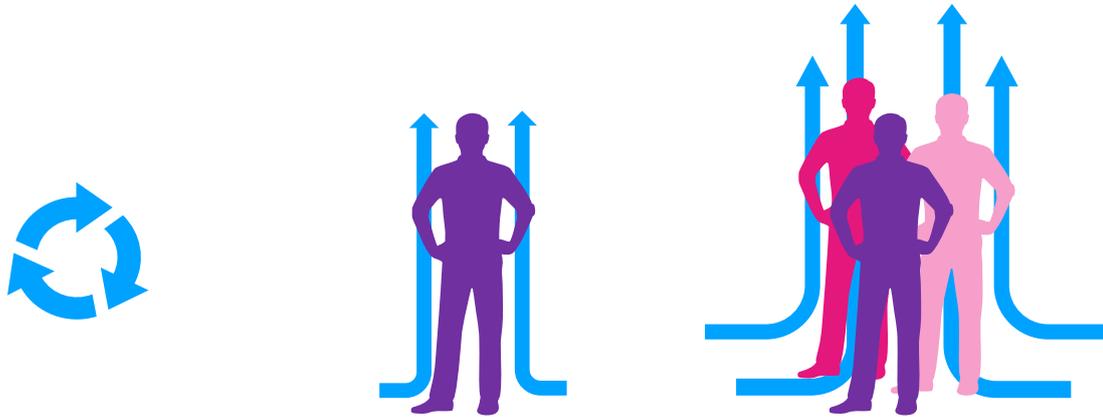


# Strategie zur Analyse von Innenräumen



Bei vielen Nutzern immer mit Aerosol testen!

# Thermische Effekte bedenken



**Während normaler Nutzung testen oder Wärmelasten simulieren.**

## Technische Massnahmen

- Mehr Lüften (CO<sub>2</sub> Messungen)
- Besser Lüften (Automatik, Quell-Lüftung)
- Luft reinigen (Filter, UV)

## Organisatorische Massnahmen

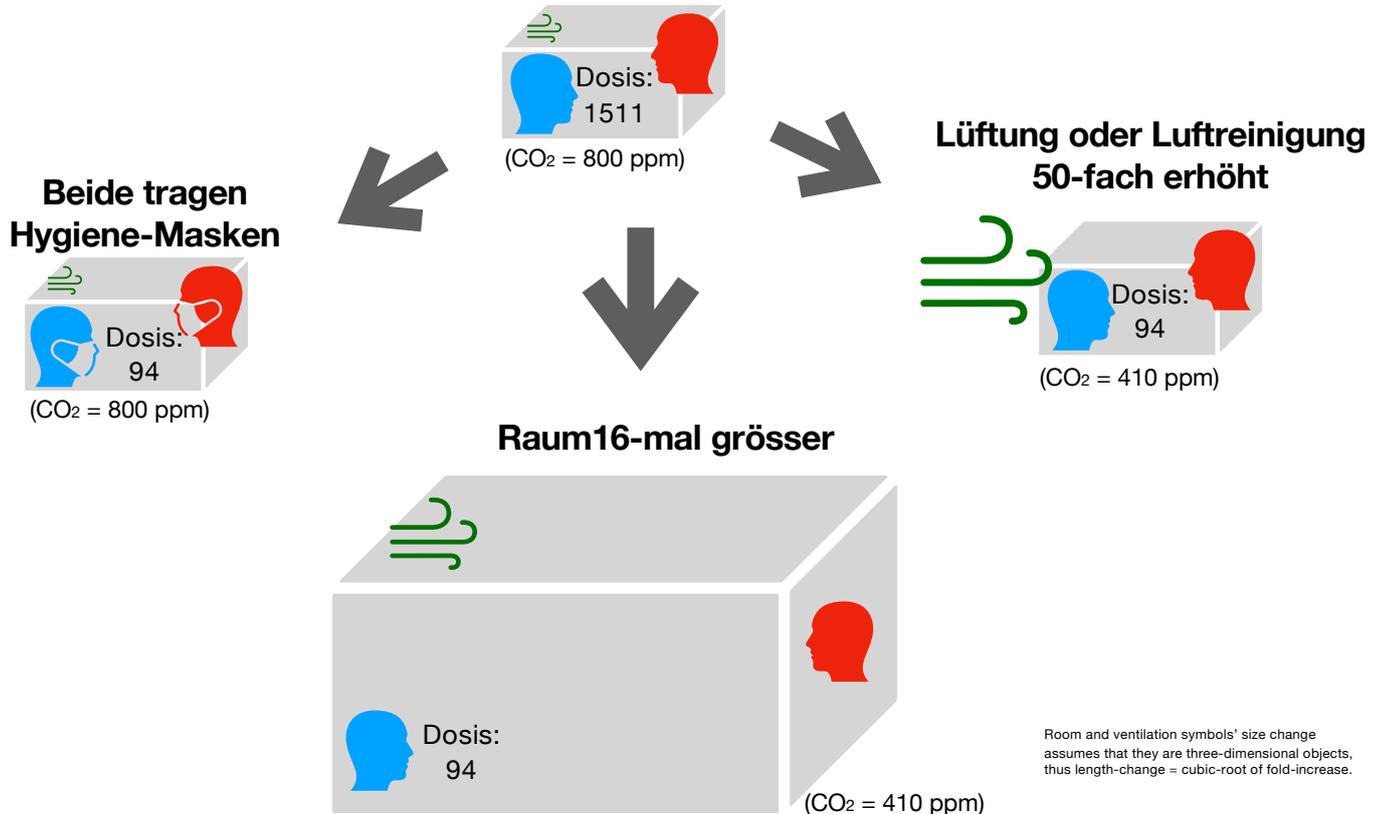
- Online-Meetings
- Einzelraum für Vielsprecher
- Singen im Freien

## Persönliche Massnahmen

- Masken (Hygiene-Masken, FFP2)
- Ruhig sein (wenig und leise sprechen)

# Vergleich von Massnahmen

Annahme: 1 Stunde mit einem Super-Emitter, der 10% der Zeit ruhig spricht. Raum ist 50 m<sup>3</sup> gross und hat 1 Luftwechsel pro Stunde (ACH). Die Dosis gibt die Anzahl inhalierter Viren-Kopien (RNA).



Room and ventilation symbols' size change assumes that they are three-dimensional objects, thus length-change = cubic-root of fold-increase.

**Vielen Dank!**

Für Fragen: [michael.riediker@scoeh.ch](mailto:michael.riediker@scoeh.ch)