

# Luftreinigungsgeräte

Bewertung der Situation 22.10.2020

Dr.-Ing. Casimir Katz  
mit Unterstützung durch  
Dr.med. Fritz-Gerrit Kropp



# Corona - Infektionsrisiken

- Tröpfchen (1 mm) durch Atmen/Husten/Sprechen/Singen
  - Reichweite 1 bis maximal 2 m (fallen auf Boden)
  - Gegenmaßnahmen: Abstand, Masken
- Aerosole (1  $\mu\text{m}$ ) durch Atmen/Husten/Sprechen/Singen
  - Verteilen sich im ganzen Raum, verdunsten irgendwann (15 min - Regel)
  - Bakterien 0.3 und 60  $\mu\text{m}$  groß
  - Viren zwischen 0.05 und 0.3  $\mu\text{m}$  groß  
(Influenza 0.120  $\mu\text{m}$ , Corona 0.160  $\mu\text{m}$ ).
  - Gegenmaßnahmen: Lüften oder Luftreiniger
- Schmierinfektion (Infektiosität umstritten, da geringe Virenlast)
  - Gegenmaßnahme: Händewaschen

# klassische Klimatechnik

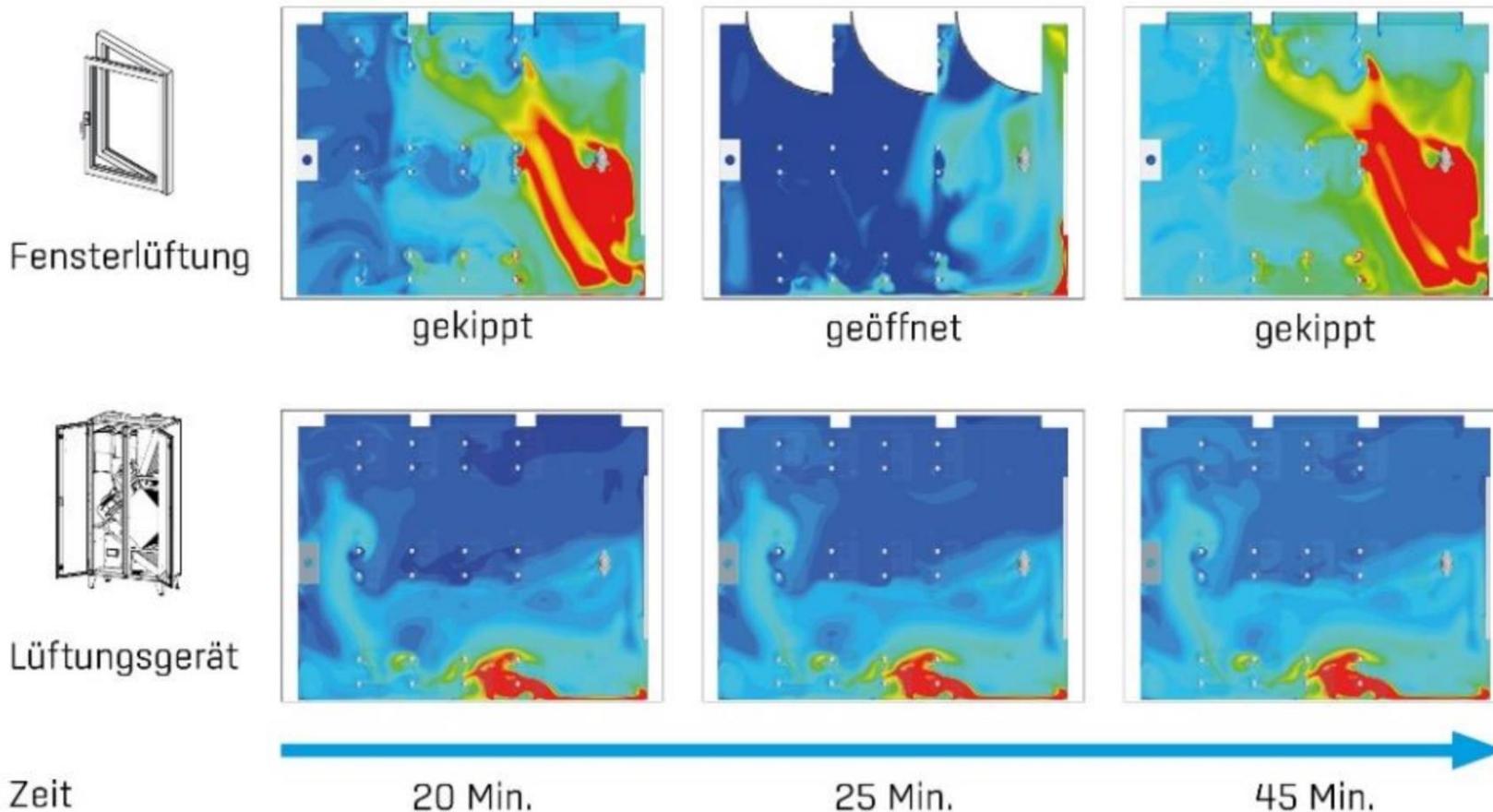
- Optimal von der Luftqualität, weil auch Sauerstoff statt CO<sub>2</sub>
- Raumluftechnische Anlagen (RTL) mit Außenluft statt Umluft
- Filter für Schwebstoffe, aber meist nicht für Viren
- Neuentwicklungen Umluft mit Virenfiltern (HEPA)
- Wärmeverluste durch Wärmerückgewinnung vermeiden
- => Teuerste aber sinnvollste Lösung  
Nachrüstung wird sicher gefördert (aber noch nicht bekannt)

# Lüften zur Vermeidung von Viren

- Lüften muss Durchzug schaffen (Querlüftung), gekippte Fenster reichen dafür nicht.
- Erforderliches Lüftungsvolumen (5 bis 6 x Raumvolumen / h)
- Alternativ erforderliche Luftmenge basierend auf Personen und Beschäftigung ausgerichtet auf einen CO<sub>2</sub>-Gehalt von 800 ppm
- Beispiel Klassenzimmer mit 240 m<sup>3</sup> = 1200 m<sup>3</sup>/h  
alternativ: 24 Schüler + 1 Lehrer = 1127 m<sup>3</sup>/h

# Lüftungsgerät besser als Fenster-Lüftung

## VERGLEICH PARTIKELKONZENTRATION IM KLASSENZIMMER



# Kurze Lüftung (Stoßlüftung)

- Offene Tür mit  $2 \text{ m}^2$  und  $0.5 \text{ m/sec} = 3600 \text{ m}^3/\text{h}$   
( $0.3 \text{ m/sec}$  werden als zugfrei empfunden)
- 5 min Lüften alle 45 min ergäben so  $400 \text{ m}^3/\text{h}$
- 5 min Lüften alle 25 min ergäben so  $720 \text{ m}^3/\text{h}$
- Reale Lüftungen könnten höher sein, könnte man mit einem  $\text{CO}_2$ -Messgerät bewerten. (Nicht ständig, d.h. keine Ampeln!)
- Die fehlenden  $800 \text{ m}^3/\text{h}$  bzw.  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  könnte man durch Luftreiniger mit dieser Leistung ersetzen.

# Filteranlagen

- HEPA H14 erforderlich
- Kein Effekt auf CO<sub>2</sub>
- Raumhoch (Wolf, Buschek)
- Mobil (Trotec V+, etc)
- Wartungskosten eher hoch



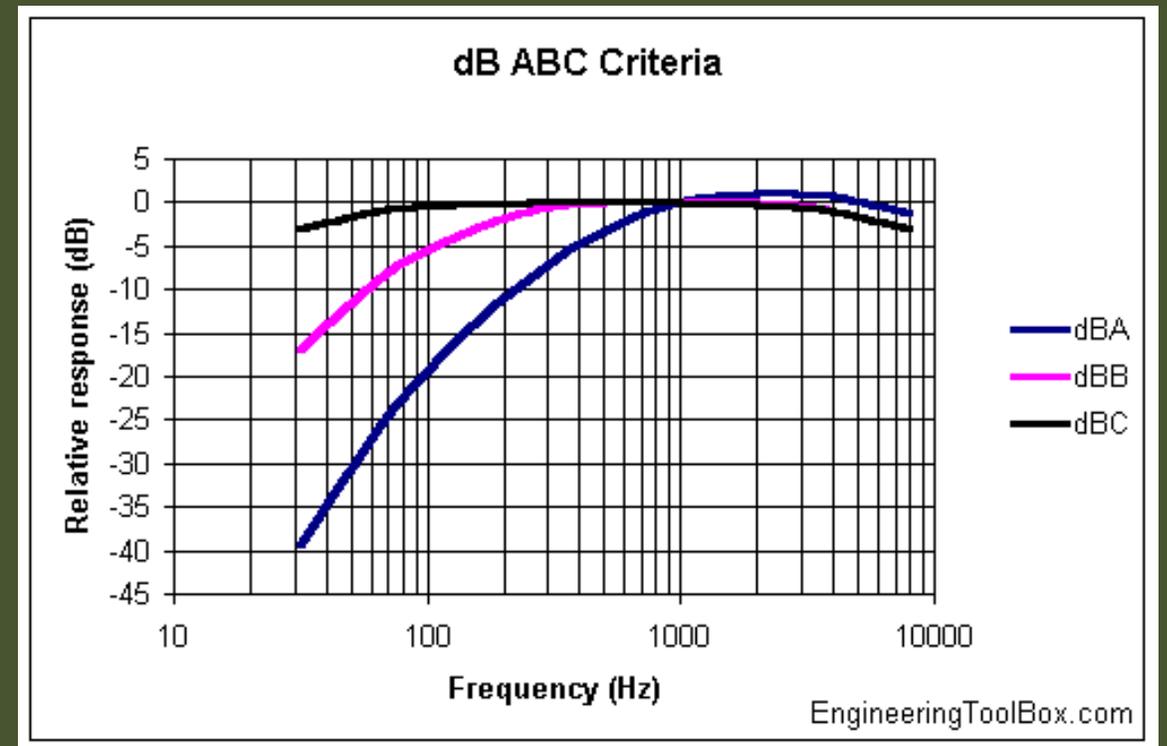
# UV-C

- Inaktivierung von Viren und Bakterien
- UV-Strahlung muss gekapselt sein
- Ozonfreier Betrieb erforderlich
- > 5000 Betriebsstunden



# Kriterium Geräusch

- Mit der Leistung steigt die Lautstärke signifikant an
- Angaben meist in dB
  - 35 dB = normaler Hintergrund
  - 50 dB = normale Unterhaltung
  - +3 dB = doppelt so laut
- Korrektur auf dBA ergibt Abzüge bei tiefen Frequenzen



# Ergebnisse Demonstration in Schule

- Die Lautstärke der Geräte wird in kleineren Räumen deutlicher wahrgenommen. Der direkte Messwert ist aber der gleiche.
- Die 50 dBA werden dann als störend empfunden
- Die 35 dBA würden akzeptiert, zumal der Beamer der Tafel deutlich lauter ist.

# Übersicht

Hersteller Gerät	Technik	Bruttopreis	m³/h	dB	kg
Trotec TAC V+ mit Dekontamination (15 A)	HEPA H14	4286 € (3000 €)	1200 2500	54	89
WOLF Air-Purifier	HEPA H14	3422 €	1300	35	165
Hönle Steriwhite Air	UV-C	1154 €	150	35	15
GAKO - Fagron UVGI-80	UV-C	1800 €	800	55 48(A)	28.5

# Was tun?

- Es gibt keine Wirksamkeitsgarantie oder 100% Sicherheit  
Auch bei den Alltagsmasken gab es zu Beginn Stimmen, die darauf hingewiesen haben, dass diese nicht zuverlässig schützen.
- Umweltbundesamt verweist auf Studien aus dem Jahr 2015, dass die Geräte sinnlos sind. In der Studie stehen aber weitgehend nur Vermutungen.
- Wirksamkeitsstudien UNI-BW (Kähler) und TU Berlin (Kriegel)
- Lüftung mit Aussenluft ist immer nachhaltiger und sinnvoller
- Virenbekämpfung kann zukünftig auch bei Grippe helfen

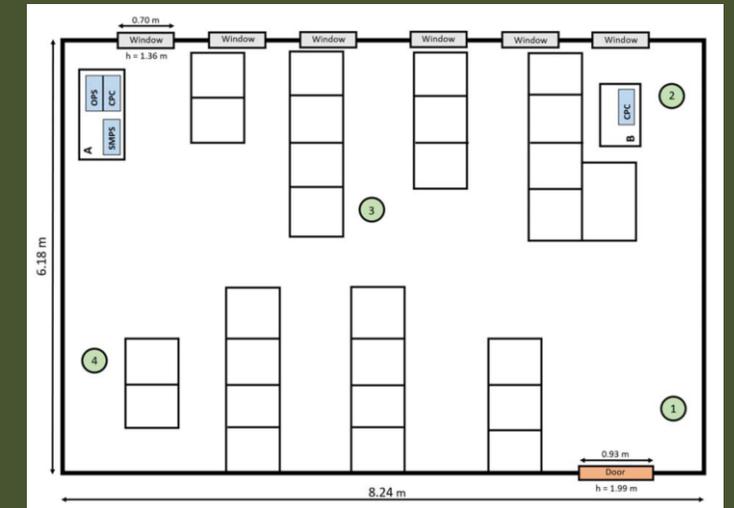
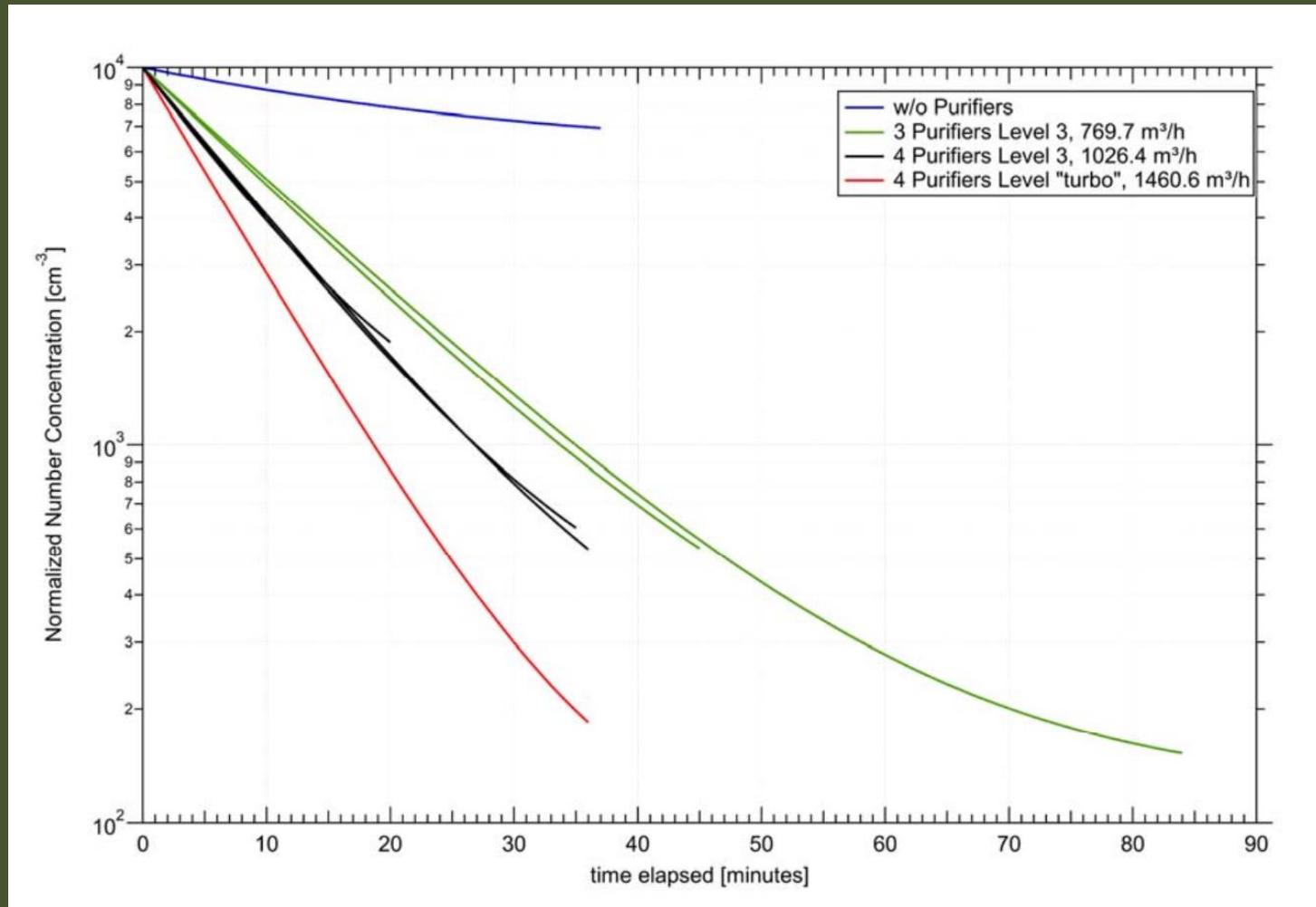
# Typische Bedenken I

- Die Geräte erhöhen die Verteilung der Aerosole insbesondere wenn der Auslass in der Nähe von infizierten Personen ist
  - Die Geräte blasen an der Decke aus
  - Die Geräte blasen gegen die Wand aus
- Um Virenfrei zu werden müssen viel höhere Luftmengen verwendet werden
  - Die Infektiosität hängt wohl linear von der Virenlast ab

# Typische Bedenken II

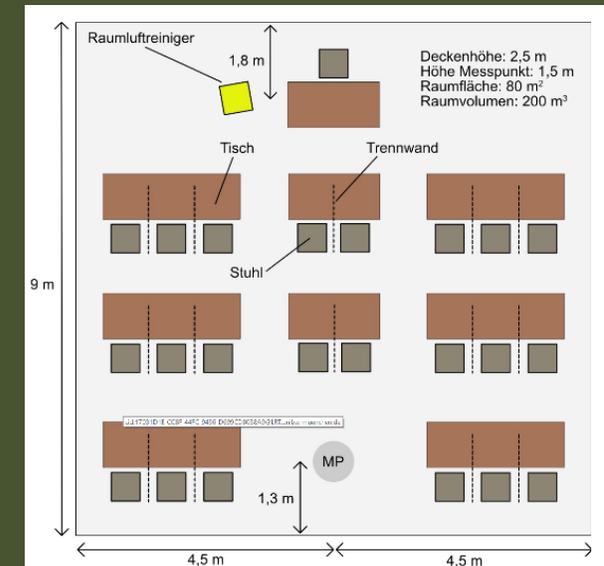
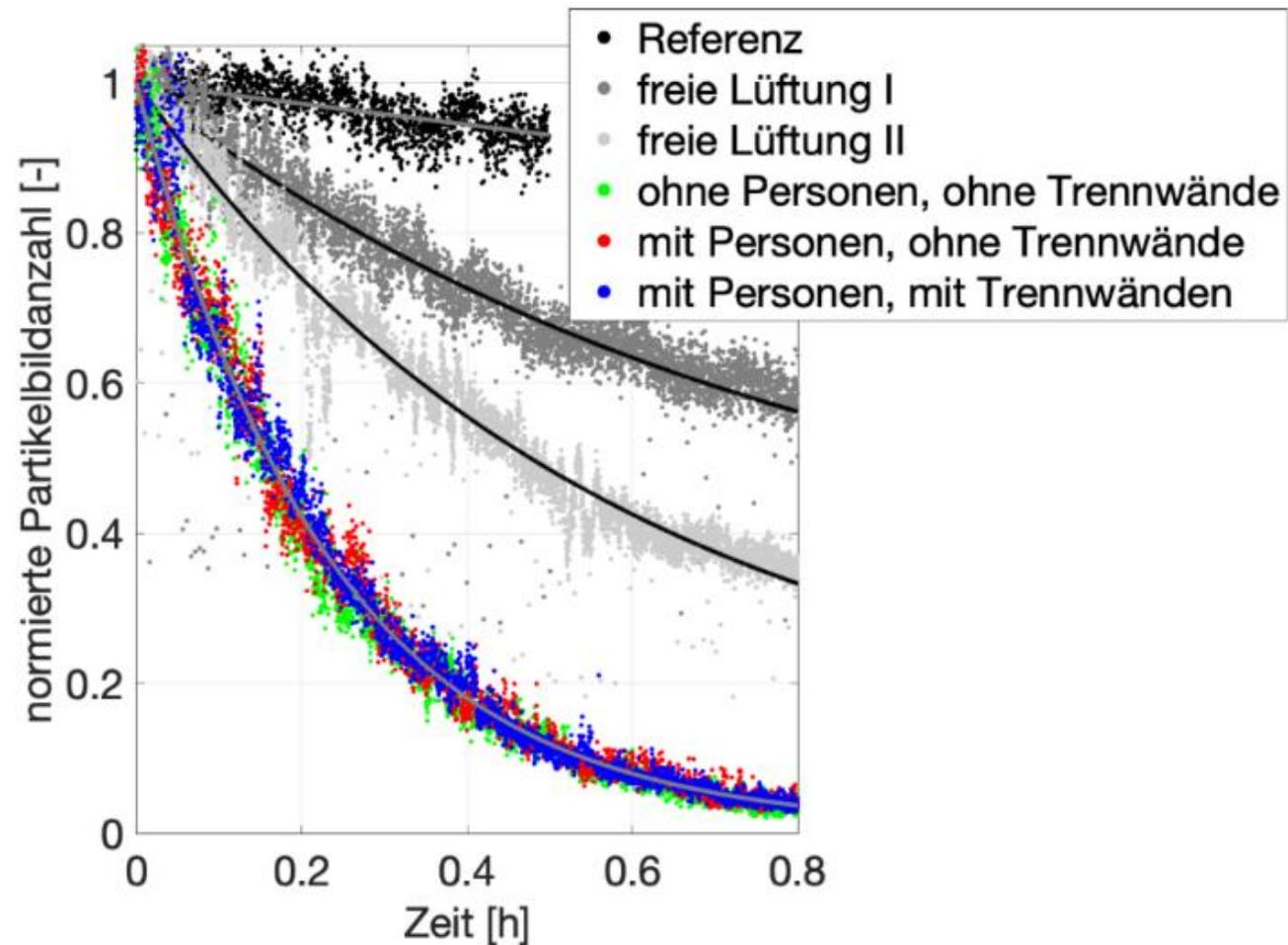
- Es ist noch nichts endgültig bewiesen
  - Die Wirksamkeit von Lüftungsanlagen und UV-C ist nachgewiesen
  - Meine Berechnungen können durch unabhängige Lüftungstechniker geprüft werden. (Angebot liegt vor)
  - Wir können keine Versuche machen derart, dass nur eine Schule ausgerüstet wird und die andere nicht.
- Nach Corona ist das Elektronikschratt, kostet also zu viel
  - Masken und Wärmeverluste kosten auch etwas
  - Diskussion ist immer schwierig, wenn es um Menschenleben geht

# Wirksamkeit



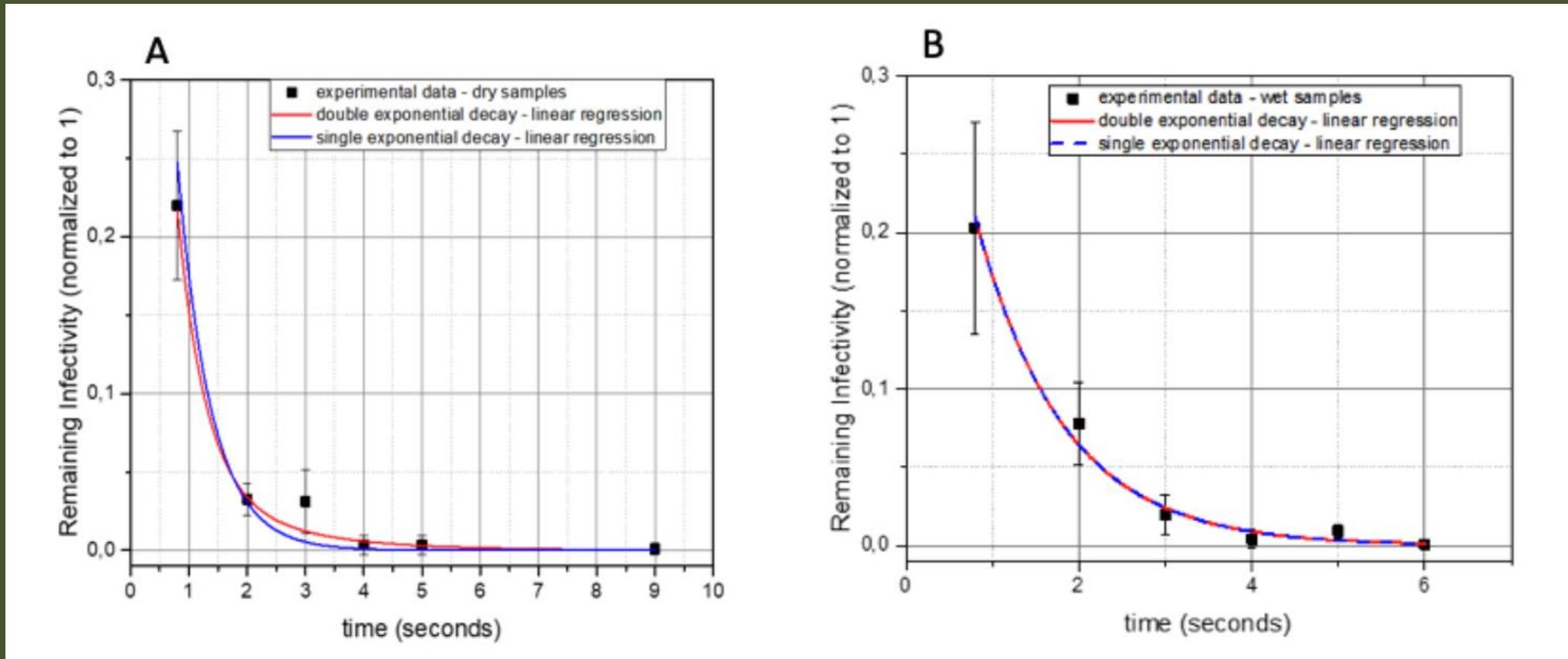
Raumvolumen 150 m<sup>3</sup>  
Preprint Studie Curtius 2020

# Wirksamkeit



Raumvolumen 200 m<sup>3</sup>  
Studie Kähler (UniBW) 2020

# Wirksamkeit UV-C (SARS-CoV-2)



Storm et. al., Rapid and complete inactivation of SARS-COV-2 by ultraviolet-C irradiation, 2009

# Offene Fragen

- Wie bewertet man, dass Kinder weniger Wärme, CO<sub>2</sub> und vermutlich auch weniger Viren produzieren?
  - Sind die Anlagen für Krippen oder Kindergärten erforderlich?
  - Wie hoch sind die Ansteckungsraten in den verschiedenen Einrichtungen?
- Wie bekommt man die Geräte?
  - Lieferzeiten sind bereits hoch
  - Es ist eine herstellerneutrale Ausschreibung erforderlich
- Lohnt es sich?
- Können wir es uns leisten?

# Offene Fragen

- Wie verfährt man, wenn nicht alle Räume ausgestattet werden können?
  - Welche objektiven Kriterien könnte es geben?
  - Wer soll entscheiden wer es bekommt und wer nicht (Triage)?
  - Wie reagieren Eltern und Öffentlichkeit?
- Wird es offizielle Regeln geben, dass (mit welchen Geräten ?) die Lüftungsintervalle vergrößert werden können?
  - Bei einer fest installierten Lüftungsanlage: eher keine Frage!?
  - Traut man sich mit einem Gutachten gegen eine Allgemeinverfügung?

# Kosten für 2 Schulen und 7 Horte

- Große Lösung unter 40 dB 242 T€  
( $>160 \text{ m}^3$  HEPA,  $>80 \text{ m}^3$  UV-C)
- Gute Lösung mit 50 dB 153 T€  
( $>80 \text{ m}^3$  UV-C)
- Minimallösung 12 T€  
(Lüftungsintervalle mit  $\text{CO}_2$ -Messgeräten kontrollieren)
- Förderzusagen Bund 500 Mio, Bayern 50 Mio war noch unklar,  
jetzt nur für Ertüchtigungen bestehender Anlagen, kein UV-C

# Möglichkeiten:

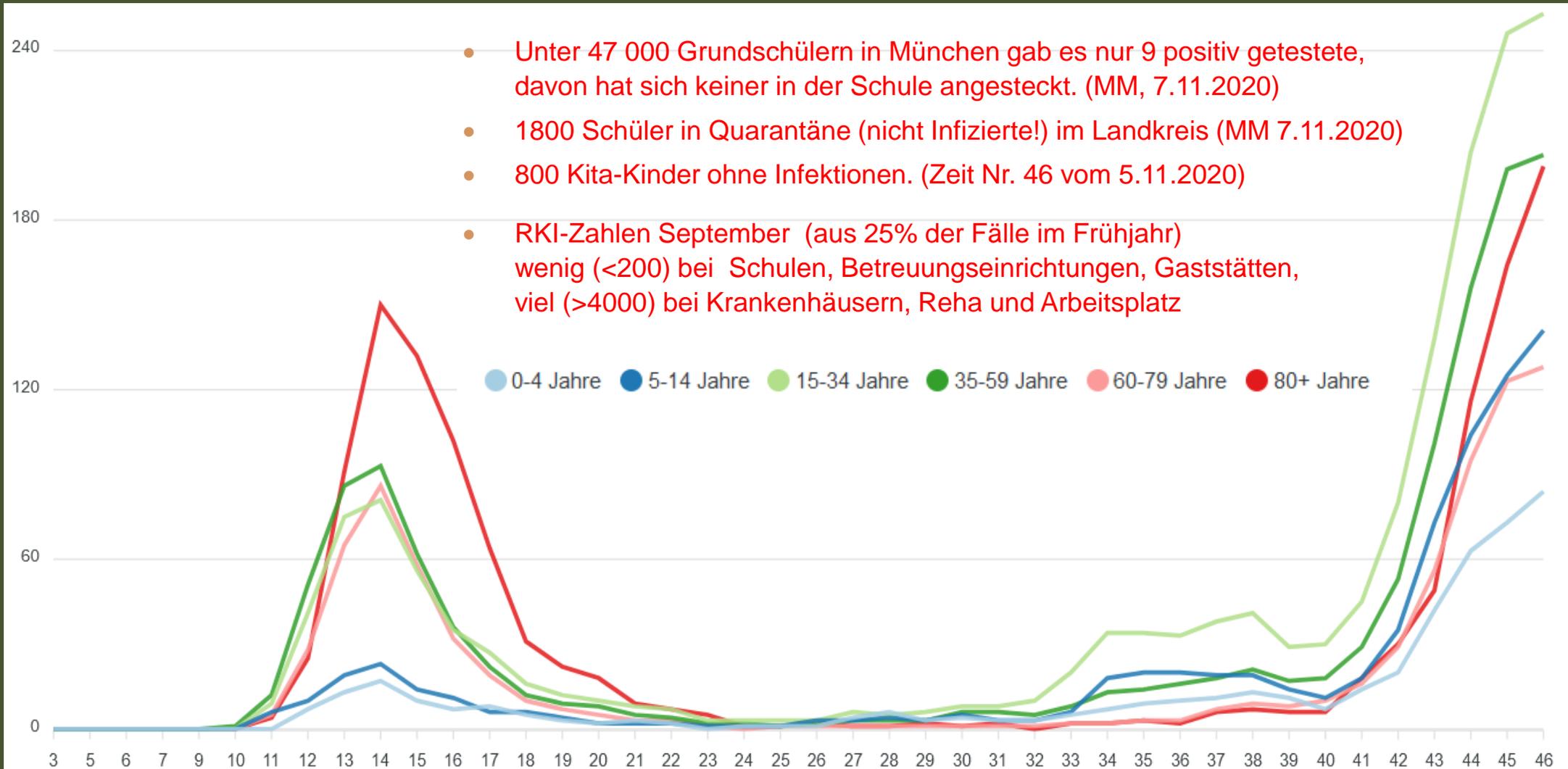
- Kurzfristig: ohne Ausschreibung maximal 25000 €
  - = 7 große Filteranlagen
  - = 13 große UV-C Anlagen
  - = 25 kleine UV-C Anlagen
- Mittelfristig: Ausschreibung und Beschaffung im Frühjahr
- Langfristig: Aufrüstung der bestehenden Lüftungsanlagen mit Fördergeldern.



# **Ergänzungen und Schlussfolgerungen**

24. November 2020

# Infektionsrisiko



# Risiko Quantifizieren

- Virenproduktion

Tabelle 1: Gemessene Emissionsraten der Testpersonen bei verschiedenen Aktivitäten

	Atmen durch die Nase	Atmen durch den Mund	Sprechen	Husten
Mittelwert	23 P/s	134 P/s	195 P/s	13.709 P/Husten
Minimalwert	0 P/s	7 P/s	17 P/s	181 P/Husten
Maximalwert	296 P/s	1018 P/s	626 P/s	287.697 P/Husten
Probandenanzahl	10 (4 w/6 m)	18 (8 w/10 m)	17 (8 w/9 m)	8 (4 w/4 m)

- Infektiosität  
2000 bis 3000 Virenpartikel
- Maßnahmen bewerten (Nutzen und Kosten)

# Primäre Maßnahme: Lüften !

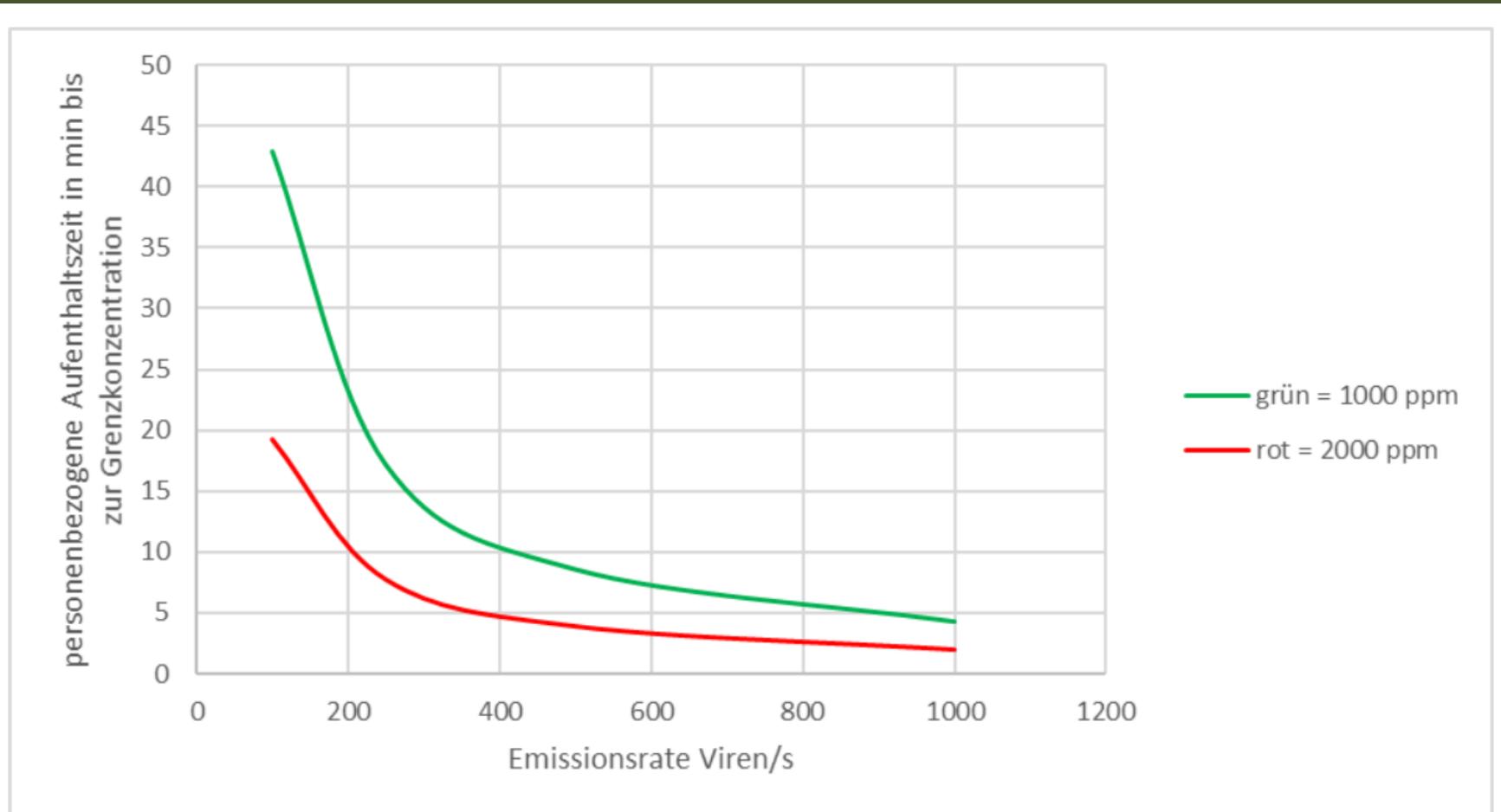


Abbildung 3: maximale Aufenthaltsdauer einer Person in einem Raum mit einer infizierten Person

# Grenzwert versus Zielwert

- 1000 ppm / 3 x Luftwechsel
  - Auslegung für RLT =
  - Nach Förderrichtlinien und Umweltbundesamt ausreichend
- 800 ppm / 5 x Luftwechsel
  - Höhere Luftqualität IDA 1
  - Für Corona empfohlen
  - Zielwert für Oberschleißheim ?

Tabelle 1: Außenluftbedarf nach DIN EN 16798-1 [6] (genutzte Werte fett gedruckt)

	CO <sub>2</sub> -Konzentrationszuwachs gegenüber Außenluft (450 ppm) in ppm	Volumenstrom in m <sup>3</sup> /(hPer) (schadstoffarmes Gebäude, 10m <sup>2</sup> pro Person)	Volumenstrom zur Einhaltung der CO <sub>2</sub> -Konzentration in m <sup>3</sup> /(hPer)	Ampelfarbe
IDA 1	350	<b>72</b>	43	grün
IDA 2	550	<b>32,2</b>	27	grün
IDA 3	1050	<b>18,4</b>	14	gelb
IDA 4	1550	<b>14,4</b>	10	rot

# Maßnahme Lüften

- CO<sub>2</sub> Messgeräte für allen Klassenzimmer wurden bestellt  
Hoher Förderungsbeitrag gegeben.
- Rahmenhygieneplan des Kultusministeriums 13.11.

## Absatz 4.3.2

Mindestens alle 45 min ist eine Stoßlüftung bzw. Querlüftung durch vollständig geöffnete Fenster über mehrere Minuten (mindestens 5 min) vorzunehmen, wenn möglich auch öfters während des Unterrichts, sog. CO<sub>2</sub>-Ampeln tragen dazu bei, den richtigen Zeitpunkt für eine Notwendigkeit des Lüftens zu bestimmen.

- Protokoll über CO<sub>2</sub> Konzentration und Lüftungsintervalle

# CO<sub>2</sub> Messgerät

- Misst auch Temperatur & Feuchtigkeit
- Verlauf wird angezeigt und eine Woche lang gespeichert
- Grenzwerte einstellbar  
Default: 800 / 1200 ppm
- Stromversorgung über USB
- Schnelle Kalibrierung



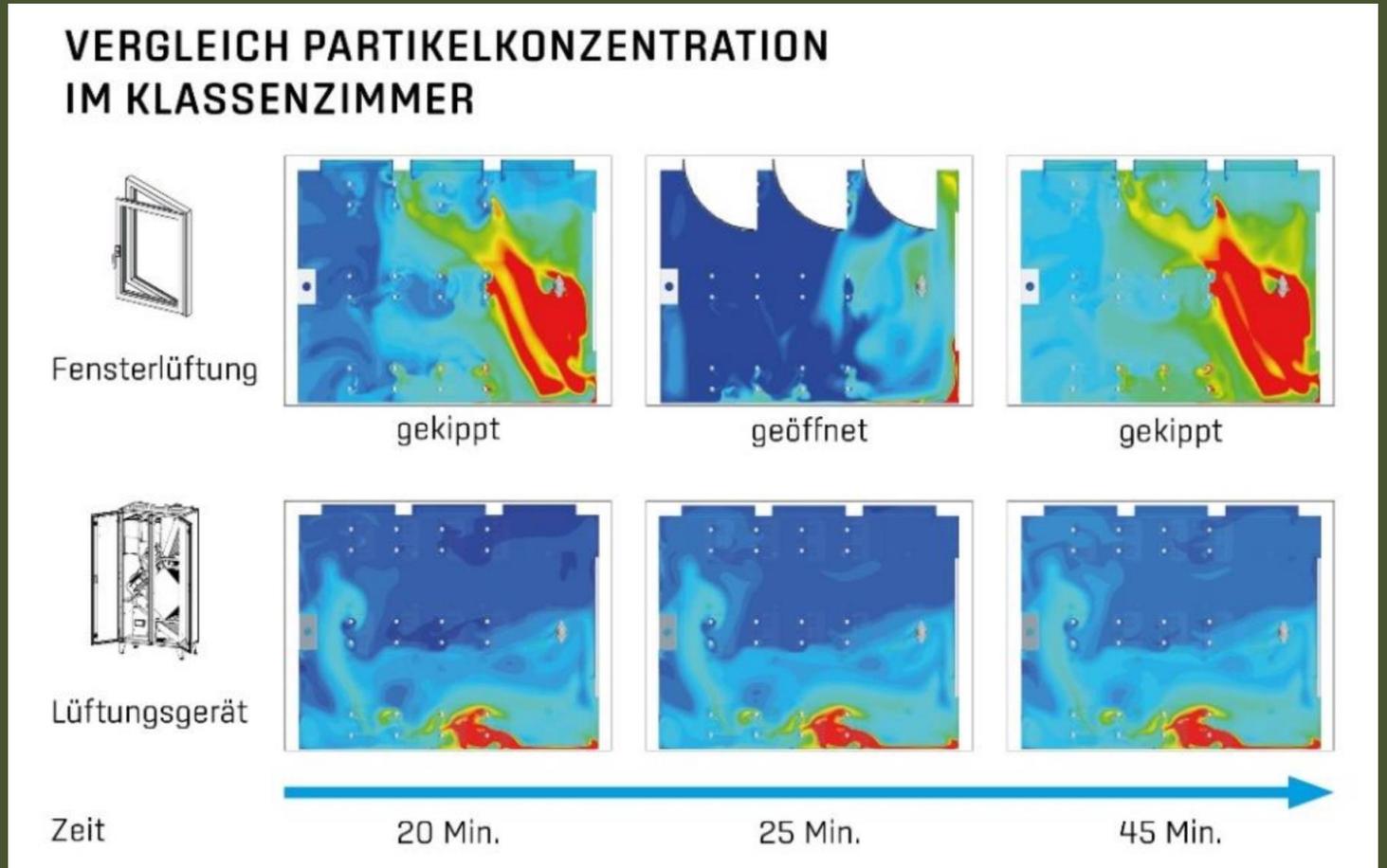
# Unterstützung durch Luftreiniger

- Beispiel: Mensa Berglwaldschule
  - Lüftung für 1000 ppm ausgelegt = ausreichend nach Richtlinie
  - gewünscht 800 ppm, da besonders viele Kinder aus unterschiedlichen Klassen
  - Lüftung mit Türen hätte zu hohe Wärmeverluste
  - Erhöhter Bedarf um auf 800 ppm zu kommen, kann mit einer Luftreinigungsanlage gedeckt werden.



# Lüftungsgerät besser als Fenster-Lüftung

- Die Lüftung hat die bessere Reinigungswirkung
- Aber das Gerät schafft eine gleichmäßigere Absenkung

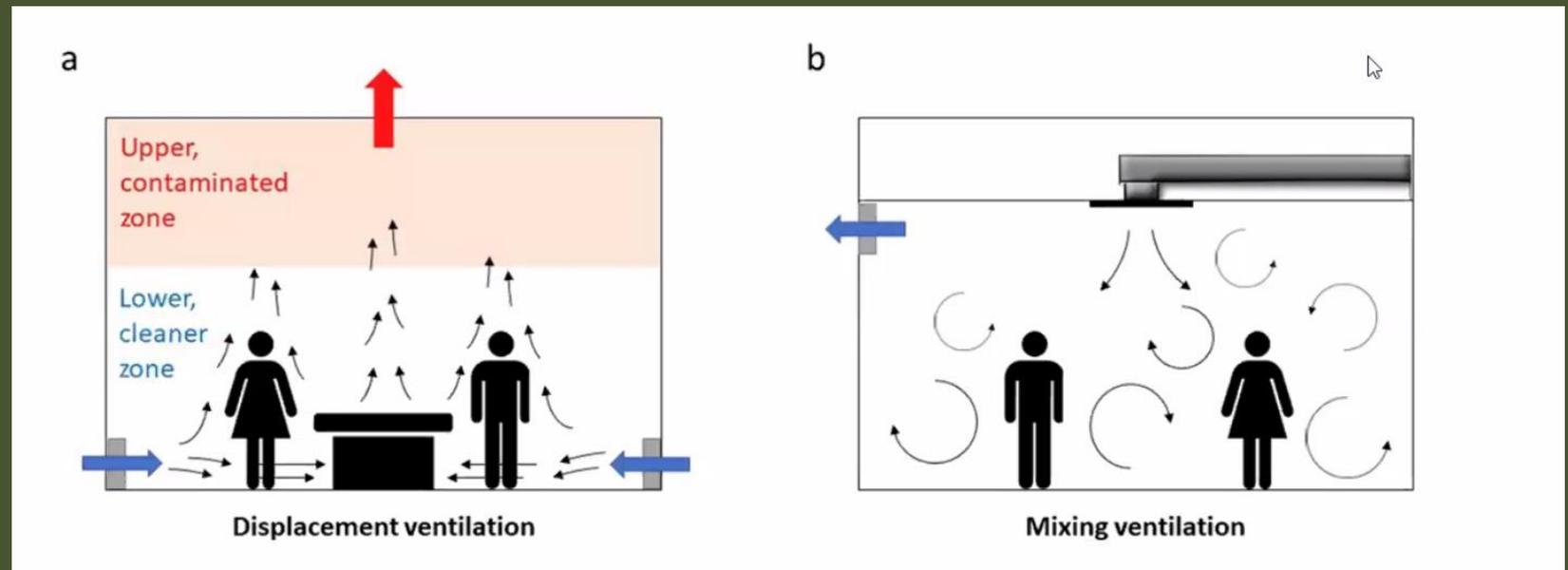


# Problemfälle ?

- Förderung nur für Aufenthaltsräume, in denen sich die 1000 ppm nicht mit natürlicher Lüftung erreichen lässt:  
=> vermutlich keine in Oberschleißheim
- Ausnahmen und Freiwillige Problemfälle
  - Gänge in der Schule Parksiedlung, Schloßkinder etc. ?
  - Gangbereich im Mäusenest, 800 ppm sind kaum einzuhalten
  - Sonstige Bereiche, Einstufung über CO<sub>2</sub>-Messungen!  
Individuelle Bewertung der Situation im Einzelfall

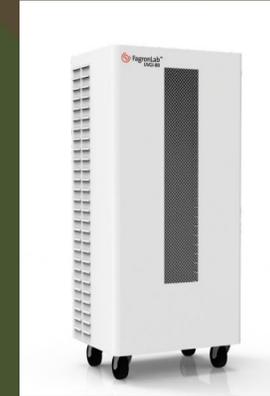
# Ankauf von Geräten

- UV-C oder HEPA, Lüftungsmengen 150 bis 1200 m<sup>3</sup>/h
- Geräuschpegel bei dieser Leistung < 42 dB(A)
- Verfügungsrahmen für Verwaltung mit X - Euro
- Strömung optimieren ?  
= Absaugen an der Decke



# Möglichkeiten

- Filter als leise Schrankgeräte (Wolf, 3800 €)
- Mobile Filter /UV-C für Problempunkte (Standgeräte, UV-C ist etwas leiser, 1000-3000 €)
- Filter/UV-C an Decken oder Wänden



# Lohnt es sich?

- Die Höhe des Risikos ist letztlich unbekannt.
- Lüftung gibt es klare Regeln und Messverfahren
- Die Wirksamkeit von Luftreinigern im Einzelnen lässt sich weder garantieren noch nachweisen. Eine Verbesserung sollte aber quantifizierbar sein.
- Wenn die Schulen doch geschlossen werden, sind Investitionen sinnlos. Bislang gab es wenig Anzeichen für situationsangepasste Regeln.