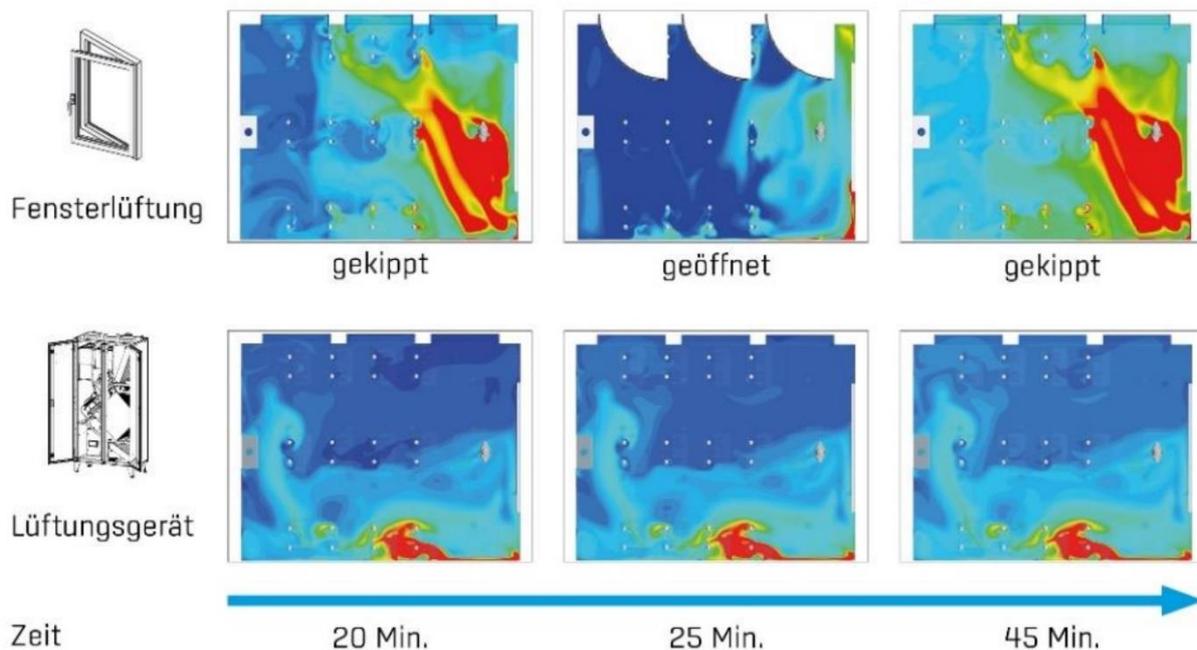


In den letzten Wochen hat das Thema Luftreiniger und Corona eine besondere Dynamik gewonnen. Die beste Lösung ist in jedem Falle eine Lüftung mit Frischluft, allerdings treten dabei Wärmeverluste auf und daher wird eine Kombination von Frischluft und Luftreinigern inzwischen als erstrebenswert angesehen. Versuche an der TU-Berlin (www.wolf.eu/covid-19-studie) haben gezeigt, dass die Luftreiniger auch besser als Stoßlüften sind:

VERGLEICH PARTIKELKONZENTRATION IM KLASSENZIMMER



Der wichtigste Punkt ist, dass Luftreiniger keine 100% Sicherheit bieten. Wenn der Reiniger zwei Meter entfernt steht und die Personen sich direkt anhusten ist er machtlos. Jedes brauchbare Gerät reduziert die Virenlast, aber man kann das konkrete Risiko auch in Zukunft nicht wirklich scharf berechnen. Es ist „nur“ eine zusätzliche Maßnahme, um das Risiko abzusenken.

Wir hätten allerdings auch keine Zeit, alle Fragen mit der letzten Sicherheit zu klären. Auch bei der natürlichen Lüftung ergeben sich Abhängigkeiten von den Wetterbedingungen, die nicht genau erfasst werden können.

Alle Überlegungen können daher nur versuchen, Effekte näherungsweise oder statistisch zu beschreiben. Die Bewertung ist eine interdisziplinäre Aufgabe, bei der Mediziner, Strömungsmechaniker und auch Ökonomen und Psychologen gefragt sind. Dabei muss man davon ausgehen, dass diese sich im Laufe der Zeit auch mal ändern können.

Corona – Infektionsrisiken ergeben sich aus Atmen/Husten/Sprechen oder Singen und sportlicher Betätigung und können in drei Arten unterteilt werden:

- Tröpfchen (1 mm) mit einer Reichweite von ca. 1.5 m
Gegenmaßnahmen: **Abstand, Masken**, versetztes Sitzen
- Aerosole (1 µm) verteilen sich im ganzen Raum, verdunsten irgendwann (**15 min**)
Bakterien sind zwischen 0.3 und 60 µm, Viren zwischen 0.05 und 0.3 µm groß
(Influenza 0.120 µm, Corona 0.160 µm).
Gegenmaßnahmen: **Lüften** oder Luftreiniger, Masken nützen nichts
- Schmierinfektion (Infektiosität umstritten, da geringe Virenlast): **Händewaschen**

Corona-Lüftungskonzept für Schulen und Kindergärten in Oberschleißheim

Inzwischen geht die Fachwelt davon aus, dass die Schmierinfektion eher zu vernachlässigen ist und dass die Aerosolinfektion dominierend ist. Die Aussagen der Politik sind etwas unscharf:

- Unter 47 000 Grundschulern in München gab es nur 9 positiv getestete, davon hat sich keiner in der Schule angesteckt. (MM, 7.11.2020)
- 1800 Schüler in Quarantäne (nicht Infizierte!) im Landkreis (MM 7.11.2020)
- 800 Kita-Kinder ohne Infektionen. (Zeit Nr. 46 vom 5.11.2020)
- Zahlen des RKI vom September basierend auf 25% der gemeldeten Fälle:

Infektionsumfeld	Fälle	Infektionen/Ausbruch
Betreuungseinrichtungen	168	5.1
Schulen	150	4.8
Gaststätten	273	7.2
Arbeitsplatz	4107	10.2
Krankenhäuser	5824	14.1
Privates Umfeld	12315	3.2

Quelle: RKI-Bulletin 38-20

Zur Infektiosität gibt es eine Veröffentlichung: (<https://doi.org/10.1155/2014/859090>)
Influenza Virus Aerosols in the Air and their Infectiousness

Danach sind bei Influenza A 2000 bis 3000 Virenpartikel für eine Infektion erforderlich. Dort steht auch, dass nicht alle Viren notwendigerweise infektiös sind. Ähnliche Zahlen sind auch schon für COVID vermutet worden.

Es gibt auch Veröffentlichungen über erzeugten Virenpartikel:

A. Hartmann, J. Lange, H. Rotheudt, M. Kriegel /Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten:

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)

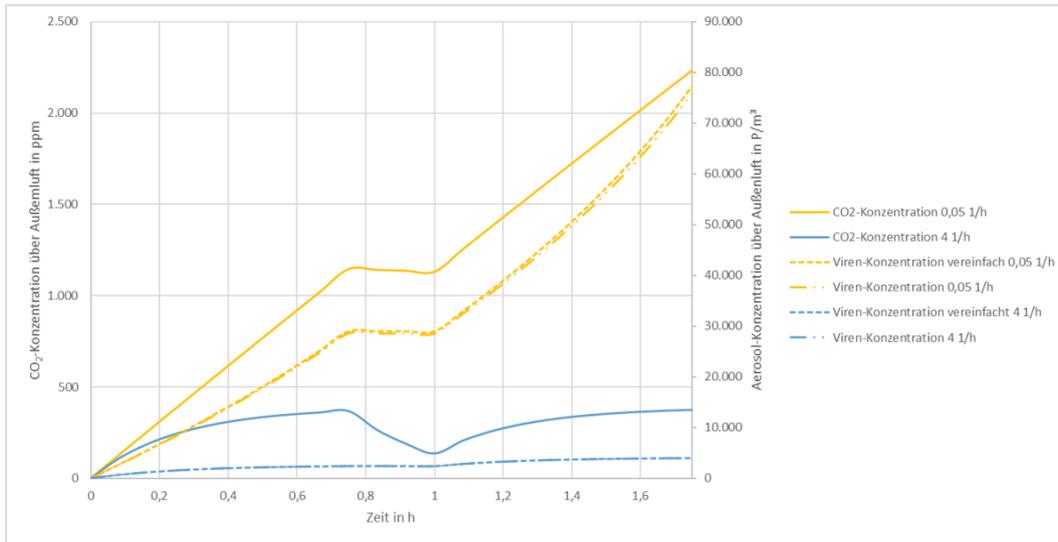
„Die gängige Meinung, dass beim Atmen, Sprechen und Husten viele große Tröpfchen ($> 20 \mu\text{m}$) emittiert werden, die aufgrund ihrer Schwerkraft schnell zu Boden sinken, konnte widerlegt werden. Partikel $< 5 \mu\text{m}$ gelten als ideal luftgetragen. Selbst Partikel mit einer Größe von $10 \mu\text{m}$ haben lediglich eine Sinkgeschwindigkeit von etwa 3 mm/s und verweilen in der Regel sehr lange in der Raumluft und werden mit der Luftströmung nahezu überall im Raum verteilt.“

„Auffallend ist, dass einige Probanden deutlich mehr und einige Probanden deutlich weniger Bioaerosole über die Atemwege abgeben als andere. Der gebildete Mittelwert repräsentiert somit Probanden, die wenig und Probanden, die mehr emittieren. Es könnte von Low-Emittern und HighEmittern gesprochen werden. Darüber hinaus existieren auch Probanden, die überproportional viel emittieren. Diese könnten dann Super-Emitter genannt werden. Sie emittieren zwischen 10 bis 20 mal mehr Bioaerosole als der aus den Nicht-Super-Emittern berechnete Mittelwert.,“

Überschlägig erzeugt eine infizierte Person in 45 min also ca. 400 000 Virenpartikel, die durch Maßnahmen um den Faktor 200 reduziert werden sollten, um eine Infektion auszuschließen, also eine Reinigungsrate von 99.5 %.

Corona-Lüftungskonzept für Schulen und Kindergärten in Oberschleißheim

Ein Bemessungsansatz findet man bei Hartmann/Kriegel: Risikobewertung von virenbeladenen Aerosolen anhand der CO₂-Konzentration. Für einen Raum mit 180 m³ und 25 Kindern:



Für den CO₂-Gehalt sind klare Vorgaben der erforderlichen Luftmengen vorhanden:

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

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

Bei einer Immissionsrate von 140 Viren/s würde man mit 1000 ppm gerade so erreichen. Zum Schutz vor Infektionen sollte die Kategorie IDA 1 mit einem Grenzwert von 800 ppm verwendet werden. Das wird auch dort in einer Grafik belegt:

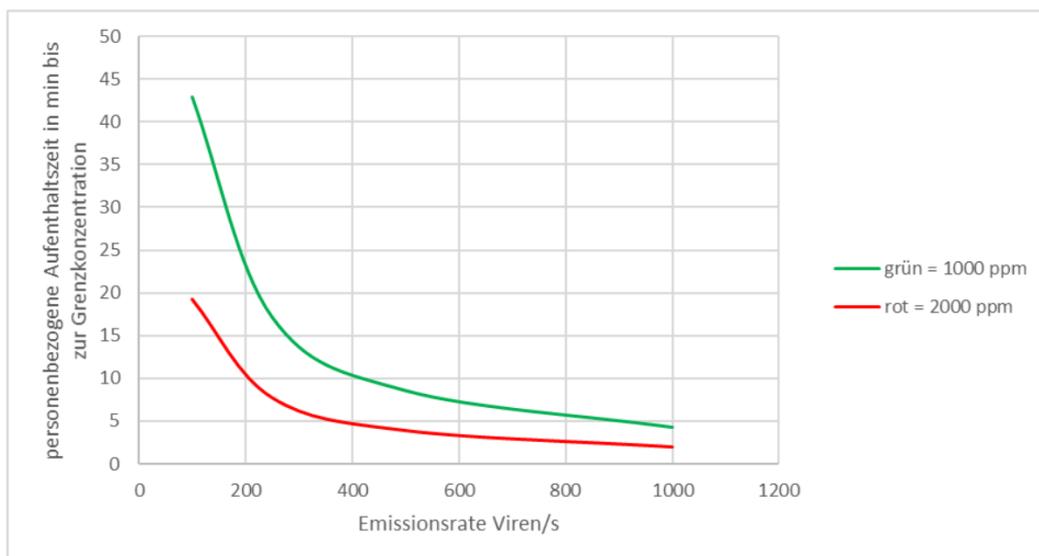


Abbildung 3: maximale Aufenthaltsdauer einer Person in einem Raum mit einer infizierten Person

Nach meinen Untersuchungen der möglichen Technik bei Luftreinigern ergeben sich folgende Einsichten:

- Es gibt keine Tests an echten Corona-Viren, das wäre viel zu gefährlich, also sind die Tests mit anderen Viren oder anderen Aerosolen gemacht worden. Es ist aber davon auszugehen, dass die Werte vergleichbar sind.
- HEPA-Filter sind keine Norm, es muss schon H13 oder besser H14 sein. Unterschiede sind in den gefilterten Partikelgrößen. Bakterien sind 0.3 und 60 µm groß, Viren zwischen 0.05 und 0.3 µm groß (Influenza 0.120 µm, Corona 0.160 µm). Diese Größe gehört zu der „most penetrating partikel size“ und ist besonders schwierig. H13 Filter sind da meist überfordert.

Schwebstoff-Filterklassen nach EN 1822-1:2009

	Filterklasse	Abscheidegrad (gesamt)	Abscheidegrad (lokal)
EPA	E10	> 85 %	—
	E11	> 95 %	—
	E12	> 99,5 %	—
HEPA	H13	> 99,95 %	> 99,75 %
	H14	> 99,995 %	> 99,975 %
ULPA	U15	> 99,9995 %	> 99,9975 %
	U16	> 99,99995 %	> 99,99975 %
	U17	> 99,999995 %	> 99,9999 %

- Damit HEPA Filter wirksam bleiben, müssen größere Partikel herausgefiltert werden, diese Filter sind zu warten, die Angaben zu den Intervallen und Kosten schwanken stark. Zusatzkosten von einigen Hundert Euro pro Jahr erscheinen aber plausibel.
- UV-C arbeitet ohne Filter, ist aber auch für Menschen ungesund und muss daher zuverlässig abgeschirmt werden. Dort arbeitet man mit Abtötungsraten z.B. von 99.99 %
- Angaben zu den Reinigungsgeräten sollten grundsätzlich in m³/h vorliegen. Angaben wie viele m² belüftet werden können beruhen auf meist undokumentierten Annahmen über die erforderliche Luftwechsel pro Stunde.
- Einzelgeräte mit großer Leistung sind im Regelfall sehr laut (50 bis über 60 dB) oder groß.

Für die Auslegung der Geräte gegen Aerosole gibt es zwei Kriterien:

- Ein Volumenstrom der zwischen dem fünf- und dem sechsfachen Raumvolumen liegt. Für 200 m³ (80 m² mit 2.5 m Raumhöhe) wären das also 1000 bis 1200 m³/h.
- Ein äquivalentes Lüftungsvolumen abhängig von der Anzahl der Personen im Raum und deren Tätigkeit bezogen auf CO₂ gemäß einer Tabelle 1 der Berufsgenossenschaft mit geringfügig höheren Werten, dabei wird die zweite Spalte mit 800 ppm empfohlen.

Da Frischluft wegen der Sauerstoffzufuhr in jedem Falle erforderlich ist, besteht der Sinn der Raumlufthereiniger vor allem darin, diese hohen Luftwechselraten zu reduzieren. Die Auslegung richtet sich danach, eine ähnlich hohe Lüftungsleistung zu erreichen. Die Kontrolle der natürlichen Lüftung lässt sich bequem über die Messung des CO₂-Gehalts im Raum erreichen. Dabei sollte der CO₂-Gehalt aber meiner Meinung nach auch nicht über 1200 ppm ansteigen.

Anforderungen aus dem medizinischen Bereich (z.B. Operationssälen) oder für Reinräume sollten nicht zugrunde gelegt werden.

Corona-Lüftungskonzept für Schulen und Kindergärten in Oberschleißheim

Daher stehen drei Schutzkonzepte zur Auswahl:

- Nur natürliche Lüftung mit einer Kontrolle über ein CO₂-Messgerät, dabei ist der Grenzwert von 800 ppm einzuhalten.
- Natürliche Lüftung zur Einhaltung eines CO₂-Wertes von 1200 ppm, unterstützt mit Luftreinigungsgeräten, um die Virenlast zu reduzieren. Für diesen Fall folgen die Auslegungen der Räume in Schulen und Betreuungseinrichtungen insgesamt für den Grenzwert von 1000 ppm.
- Stationäre Lüftungsanlagen mit Außenluft und mit Wärmerückgewinnung

Tabelle 1 Außenluftvolumenstrom in Abhängigkeit vom Aktivitätsgrad

Aktivität	Notwendiger Außenluftvolumenstrom für 1000 ppm ¹ \dot{V}_{1000} [m ³ /h/Person]	Notwendiger Außenluftvolumenstrom für 800 ppm ¹ \dot{V}_{800} [m ³ /h/Person]
Entspanntes Sitzen	29	44
Entspanntes Stehen	35	53
Leichte, überwiegend sitzende Tätigkeit	35	53
Stehende Tätigkeit I: Geschäft, Labor, Leichtindustrie	47	71
Stehende Tätigkeit II: Verkäufer, Haus- und Maschinenarbeit	58	88
Mittelschwere Tätigkeit: Schwerarbeit an Maschinen, Werkstattarbeit	82	123
Körperlich schwere Arbeit, Sport	145	221

Nach der Tabelle 1 könnte man also 24 Schüler mit 35 m³/h und einem Lehrer mit 47 m³/h zu einem ähnlichen Bedarf von 1127 m³/h für den 200 m³-Raum kommen. Ein Klassenzimmer mit 233 m³ würde bei „nur“ 5 Luftwechseln auf 1165 m³/h kommen.

Für die Lüftungsleistung einer offenen Türe mit 2 m² Fläche gilt eine Windgeschwindigkeit unter 0.3 m/sec als „zugfrei“. Eine mäßige Lüftung mit 0.5 m/sec würde dann 3600 m³/h bringen. 20 min Lüften pro Stunde reichen also rechnerisch aus, um die empfohlenen hohen Lüftungsleistungen zu erreichen, mit 5 min Lüften / 45 min Schulstunde wären 400 m³/h erreicht. Für die Auslegung der Anlage wären dann noch 800 m³/h erforderlich. Bei den Klassenzimmern mit 233 m³ wären nach der Raumgröße von 1165 bis 1398 m³/h erforderlich.

Für Schulen erscheint die Lautstärke der Filter ein wesentliches Kriterium. Man hat da auch die Wahl, die großen Anlagen mit niedrigerer Leistung zu fahren. 35 dB sind ein normaler Hintergrund Geräuschpegel, eine normale Unterhaltung oder Radiosendung liegt bei 50 dB, das ist auch der Grenzwert, der für Krankenhäuser eingehalten werden muss. Bei tiefen Frequenzen könnte durch die Filterung auf dB(A) jedoch um die 10 dB weniger anzusetzen sein. Für die Geräuschentwicklung werden teilweise dB, teilweise bewertete dB(A) angegeben, in verschiedenen Abständen und in der Regel für unterschiedliche Leistungen. Ein einziger Wert ist bei veränderlicher Leistung grundsätzlich zu hinterfragen.

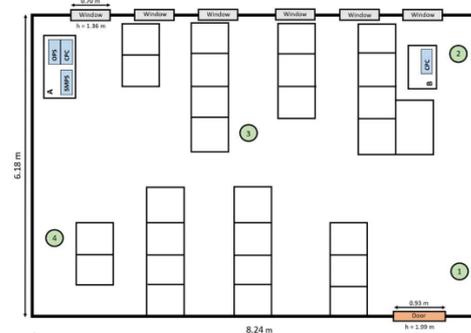
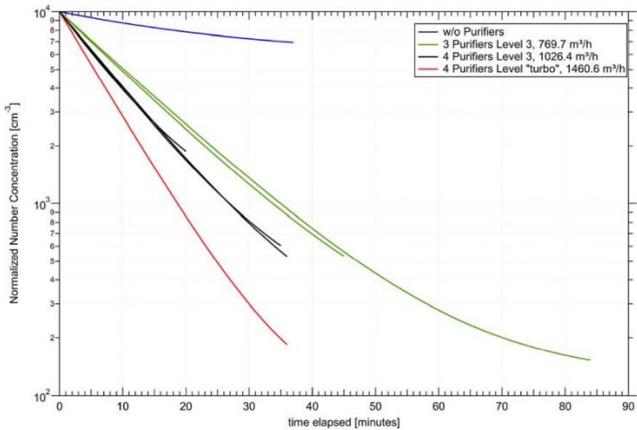
Bei den Richtlinien zur Förderung durch den Bund für die Aufrüstung raumfester Anlagen sind strenge Kriterien einzuhalten. Neue Anlagen werden nicht gefördert.

Bei den Richtlinien zur Förderung durch das Land werden mobile Geräte nur an den Stellen gefördert, wo eine natürliche Lüftung nicht erfolgen kann. Die energetisch optimierte Kombination von Frischluft und Luftreinigern wird also nicht gefördert. Die Förderung von UV-Geräten ist ausgeschlossen.

Bei größeren Auftragssummen muss ausgeschrieben werden.

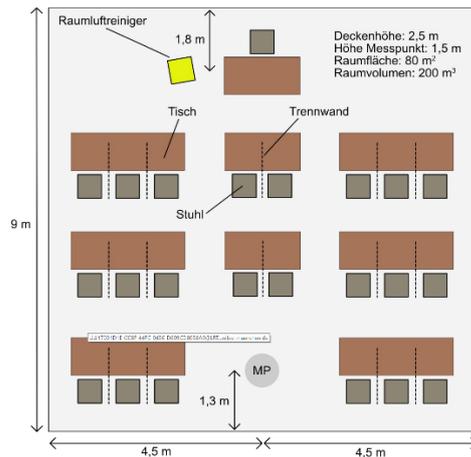
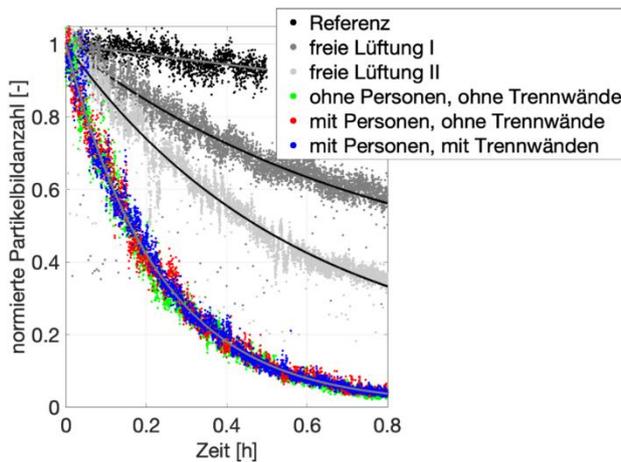
Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der Luftreiniger wurde in einigen Studien untersucht:



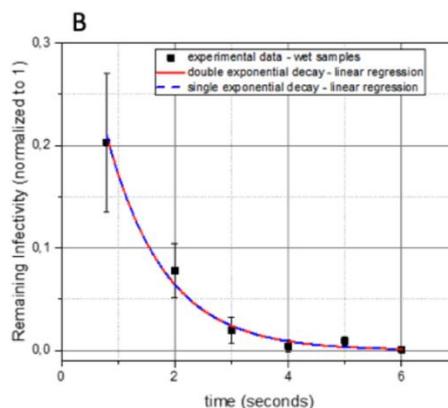
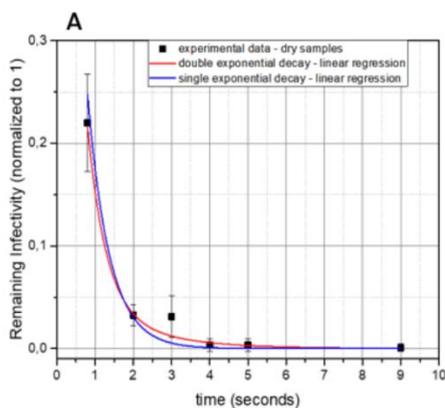
J. Curtius, M. Granzin, J. Schrod Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2 medRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.10.02.20205633>

Oder:



Christian J. Kähler, Thomas Fuchs, Benedikt Mutsch, Rainer Hain / Schulunterricht während der SARS-CoV-2 Pandemie – Welches Konzept ist sicher, realisierbar und ökologisch vertretbar?

Auch die Wirksamkeit von UV-C Strahlen wurde schon früher nachgewiesen:



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

Corona-Lüftungskonzept für Schulen und Kindergärten in Oberschleißheim

Die folgende Tabelle stellt einige Geräte im Vergleich dar:

Hersteller Gerät	Technik	Bruttopreis	m³/h	dB	kg
IQAir Healthpro 100 (keine Viren)	HEPA H13	1049 €	50-470	22-67	
Trotec TAC T500 (für Baustellen)	HEPA H13	1297 €	1000	61	
Trotec TAC V+ (Bild1) mit Dekontamination (15 A)	HEPA H14	4286 € (3000 €)	1200 2500	54	89
Mann-Hummel OurAir TK 2500 (Bild 2)	HEPA H14	3350 € (bei 50 St.)	1000 2000	50(A) 60(A)	170
WOLF Air-Purifier (Bild 3)	HEPA H14	3422 €	1300	35(A)	165
Aermotix HV v+	HEPA H14	2000 €	1600	>51(A)	46
buschek	HEPA H14	3000 - 4600 €	2000	>41(A)	100?
PLR-Silent	HEPA+UVC	2200 €	1062	44-69	22
Fuco-Care	H13+UV-C	3200 €	481	40-63	17.5
AERAMAX PRO III	True-HEPA	1400 €	374	38-67	9
AERAMAX PRO IV	True-HEPA	2000 €	748	42-68	15
Sanificia Aria 30	UV-C	380 €	30	40	3.5
Caero core	UV-C	625 €	50	25	3
Hönle Steriwhite Air (Bild 4 o.) 10% Rabatt bei 50 Stück	UV-C	1154 €	150	35	15
Hönle Steri Compact (Bild 4 m.) (Deckenmontage, nicht f. Schule)	UV-C	1364 €	150	50	
Hönle Steri Max (Bild 4 u.) (Deckenmontage, aber zu laut)	UV-C	3000 €	400	60	
GAKO-Fagron UVGI-80 (Bild 5) Volumenrabatte auf Nachfrage	UV-C	1800 €	800	55 48(A)	28.5



Bild 1



Bild 2



Bild 3

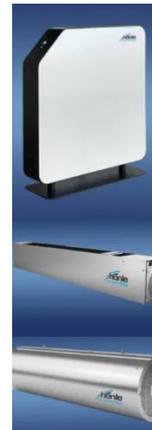


Bild 4

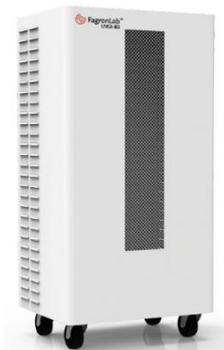


Bild 5

Wartungskosten sind stark schwankend, bei UV-C sind es ca 200 € alle 4000 bis 16 000 h. Bei den Filtern sind 1000 h bzw. mindestens jährlich Austausch mit Entsorgung mit ca. 300 € anzusetzen. Es sind jedoch auch deutlich höhere Angebote genannt worden.

Lieferzeiten derzeit meist 30 Tage, Anstieg sicher zu erwarten.

Alternative UV-Lampen

Von Signify werden jetzt neue Lampen basierend auf UV-C Lampen von Philipps angeboten, die im oberen Raumbereich > 2.30 an der Wand installiert werden und in diesem Bereich alle Viren zuverlässig abtöten. Die Aerosole breiten sich durch Auftrieb und Diffusion gleichmäßig im Raum aus. Dadurch ist nach etwa 2 h der gesamte Raum als keimfrei anzusehen.

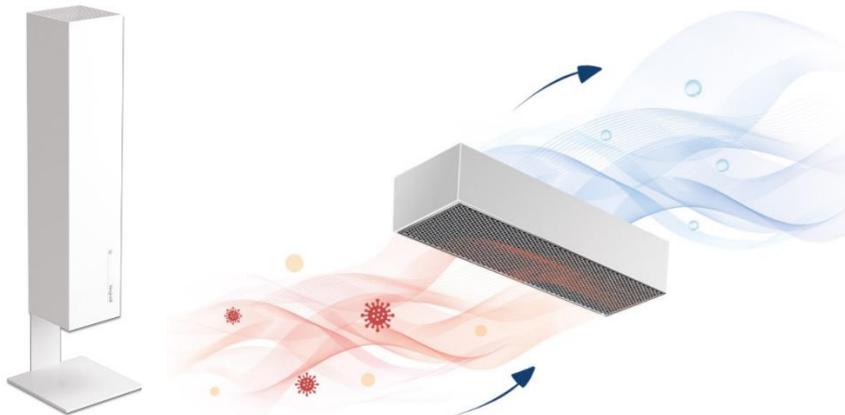


Da diese Lampen im Gegensatz zu den obigen UV-C Geräten nicht geschützt sind, ist unbedingt zu vermeiden, dass Personen in den Strahlungsbereich dieser Lampen geraten. Daher sind besondere Warnhinweise und ein optionaler Bewegungsmelder zur Abschaltung der Geräte unbedingt erforderlich. Darüber hinaus dürfen diese Geräte nur von zertifizierten Betrieben installiert werden und es sind auch umfangreiche Abnahmen vor Inbetriebnahme erforderlich. Mit diesem Aufwand sind die Geräte aber als sicher einzustufen.

Nach unseren Informationen ist mit einem Preis von 800 bis 1000 € pro Lampe auszugehen und pro Raum würden ca. 2 bis 4 Lampen benötigt. Diese Lampen müssen von Signify berechnet und von einem zertifizierten Fachbetrieb installiert und mit einem Messprogramm abgenommen werden.

Alternative UV-Kleingeräte

Außer der Hönle mit 150 m³/h sind auch zwei Kleinstgeräte mit 30 (Sanificia) und 50 m³ (caero) in der Tabelle aufgenommen. Diese kommen für kleine Räume in Frage, die schlecht belüftet werden können, wie z.B. innenliegende Gänge mit Brandabschnittstüren.



Diese Geräte würden sich daher für eine Absenkung der Virenlast eignen, wenn entsprechend viele Geräte z.B. neben oder über jedem Schreibtisch angeordnet werden. Wenn man davon ausgeht, dass sich die Aerosole zuerst nach oben ausbreiten, wäre ein Einsatz an der Decke vermutlich auch in größeren Räumen sinnvoll. Als Standgeräte in den Gängen kann ich den Einsatz nicht empfehlen. Für das Sanificia wurde eine logarithmische Reduktion von 2.5 angegeben (=99.7%) die sogar etwas besser ist als die der reinen Lampe (Reduktion 2.0).

Alternative Filter-Geräte mit Decken und Wandmontage

Am besten ist es sicher, die Aerosole im oberen Bereich der Räume abzusaugen. Außer den Kleinstgeräten sind da die folgenden Geräte aufgefallen:

Ein Gerät von Fuco-Care (HEPA H13), das strömungstechnisch optimal an der Decke in ein bestehendes Deckenraster eingebaut werden kann:

ABMESSUNGEN VISIONAIR 2 MICROBEFREE GLOBAL			
Abmessungen L x B x H	630 x 620 x 290 mm	Abmessungen L x B x H	630 x 1050 x 290 mm
Einbauhöhe	210 mm	Einbauhöhe	210 mm
Gewicht (netto)	16,5 kg	Gewicht (netto)	32,5 kg

Dieses Gerät ist zusätzlich mit einer Silberionen-Matte, einem Aktivkohle-Filter und UV-C Lampen ausgerüstet.

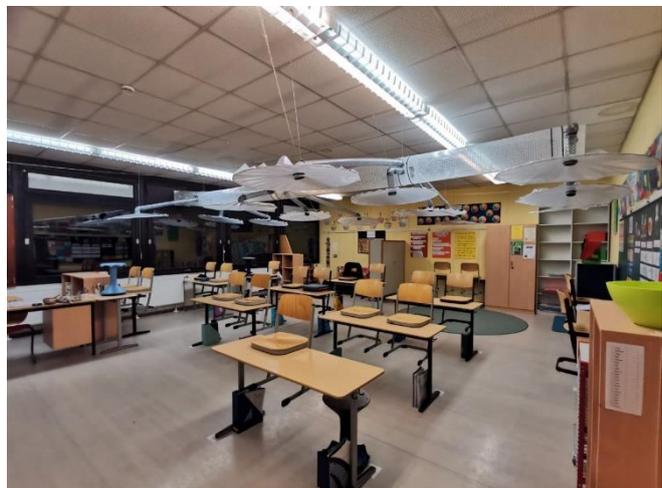
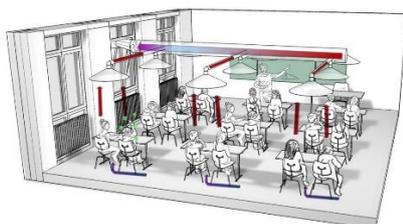
Außer diesem Gerät gibt es auch Wandgeräte, die für eine Montage im oberen Bereich geeignet sind, wie die AERAMAX PRO IV (65-100 m²) bzw. PRO III (30-55 m²) bei 3 Luftwechseln/h.



Bei den technischen Angaben dieser Geräte wird nach einer anderen Norm mit „True-HEPA“ gearbeitet, die einen Reinigungsgrad von 99.97 % bei 0.3 µm angibt.

Interessant, aber in der Umsetzung nicht ganz so einfach ist der Do-it-Yourself-Ansatz des MPI in Mainz. Die Wärmeverluste dürften aber mit gekipptem Fenster doch eher hoch sein.

<https://www.sueddeutsche.de/panorama/schule-corona-filteranlage-max-planck-institut-1.5118309>



https://www.mpic.de/4782901/doku_lueftung_mpic_10112020.pdf

Alternative Lüftung mit Frischluft

Die Lösung, die bei der Parksiedlung von EURA-Ingenieure vorgeschlagen wurde, beruht auf einer dezentralen Lüftungsanlage vom Typ Zehnder Confo-Air Q. Dies ist ein kleines Lüftungsgerät mit einer Leistung von 600 m³/h, das eine Wärmerückgewinnung hat:



Dieses Gerät ist eine nachhaltige Lösung, die auch in den Zeiten nach Corona eingesetzt werden soll, insbesondere zur Kühlung in den Sommernächten.

Die Auslegung sollte sich deshalb nicht an den erhöhten Corona-Grenzwerten, sondern an einem normalen Grenzwert von 1000 ppm bzw. einem 2.5-fachen Luftwechsel orientieren.

Damit ist dieses Gerät für einen Raum von 240 m³ ausreichend. Dieses Limit wird von allen Klassenzimmern eingehalten. Auch nach dem CO₂ Gehalt für 1 Lehrer und 25 Schüler mit einem Bedarf von 20 m³/h nach DIN kann damit bedient werden.

Ein solches Gerät wird vorab in der Parksiedlung in einem Klassenzimmer installiert. Die Messung der CO₂-Entwicklung verglichen mit den übrigen Räumen wird dann zeigen, ob dieses Gerät in allen anderen Räumen auch eingebaut werden kann.

Preis liegt inklusiver der erforderlichen Leitungen und Auslässen bei ca. 10000 € pro Klassenzimmer. Das Probegerät ist etwas billiger.

Beispiel Mensa Bergwald

Die Lüftungsanlage in der Mensa der Bergwaldschule wurde ausgelegt, um ein sehr schadstoffarmes Gebäude ausreichend zu belüften und hat eine Leistung von 3000 m³/h. Allerdings muss sie Küche und Mensa bedienen und hat auch eine Umluft. Für die Mensa stehen 2200 m³/h zur Verfügung. Damit hat man folgende Luftmengen pro Person im Vergleich:

Grenzwert	DIN 16798 schadstoffarm	Mensa = sehr schadstoffarm	entspanntes Sitzen	sitzende Tätigkeiten.
800 ppm			44.0	53
450+550 ppm	32.2	36.0		
450+1050 ppm	18.4	22.5	29.0	35

Die Anlage ist für 60 Personen mit 36 m³/sec ausgelegt. Für die jetzt empfohlenen 53 m³/sec wären das dann 1020 m³/h zusätzlich. Dies wird durch eine Wolf-Anlage problemlos erbracht. Ein Anteil der Umluft von 600 m³/h, der aus den Messprotokollen erkennbar wird, kann und sollte unter Einhaltung des kleineren Grenzwertes vollständig entfallen.

Geschätzter Bedarf in Oberschleißheim

Für Schulen und Betreuungseinrichtungen wurden die Räume in fünf Kategorien eingeteilt:

- Kleine Räume unter 80 m³ mit mindestens 2 m² Fensterfläche
In diesen ist ein Lüftungsintervall von 45 min ausreichend, um den fünffachen Luftwechsel zu garantieren. **Es werden keine zusätzlichen Maßnahmen empfohlen.**
- Mittlere Räume zwischen 80 und 160 m³ mit mindestens 2 m² Fensterfläche
In diesen Räumen sollte der Lüftungsbedarf mit CO₂-Meßgeräten kontrolliert werden, sollten die Lüftungsintervalle von 45 min nicht ausreichend sein, wäre eine mittlere Anlage mit 400 m³/h ausreichend. **Empfehlung: CO₂-Meßgeräte anschaffen.**
- Große Räume zwischen 160 und 240 m³ mit mindestens 4 m² Fensterfläche
In diesen Räumen sollte der Lüftungsbedarf mit CO₂-Meßgeräten kontrolliert werden, sollten die Lüftungsintervalle von 45 min nicht ausreichend sein, wäre eine größere Anlage mit 600 bis 800 m³/h ausreichend. **Empfehlung: CO₂-Meßgeräte anschaffen.**
- Besondere Räume mit mehr als 240 m³ sollten einzeln betrachtet werden
- Gänge ohne Fenster sollten zumindest **UV-Luftreiniger an der Decke** bekommen.

In allen Räumen der ersten drei Kategorien sind Fenster vorhanden, die sich vollständig öffnen lassen. Fenster in den Gängen sind teilweise mit einem Schloss versehen und können nur vom Hausmeister geöffnet werden. Eine Querlüftung über den innenliegenden Gang ist in der Parksiedlung nicht möglich.

Einrichtung	> 240 m ³	> 160 m ³	> 80 m ³	< 80 m ³
Berglwaldschule	2	21	1	3
Schule Parksiedlung	1+(1)	18	7	1
Kinderhort Jahnstr. (1 x Querlüftung)			2	8
Regenbogenhaus			4	
Mäusenest			3	3
Schlosskinder			6	
NBH Mittagsbetreuung	1		6	1
Hort Parksiedlung		5	4	
Kindergarten Maja		4	4	
Summe		48	37	16

Besondere Räume:

- Turnhalle in der Grundschule in der Parksiedlung (1600 m³)
Aufgrund der Größe und der Aktivität in der Halle ist ein Betrieb nur mit Querlüftung über hintere Notausgangstüre sinnvoll.
- Gymnastikraum in der Grundschule in der Parksiedlung (395 m³)
Aufgrund der Größe 385 m³ und der Aktivität müssen kürzere Lüftungsintervalle angesetzt werden. Der Einsatz eines relativ lauten Gerätes ist jedoch möglich. (z.B. PLR-Silent)
- Aula/Musiksaal in der Berglwaldschule (470 m³)
Mit 470 m³ und der höheren Produktion an Aerosolen beim Singen oder Musizieren sowie der wechselnden Belegung wird die Installation einer großen **WOLF-Anlage** empfohlen um die Lüftung zu unterstützen
- Mensa Berglwaldschule (535 m³)
Da hier viele Klassen hereinkommen und beim Essen keine Masken getragen werden, wird hier ein hoher Bedarf angesehen. Es stehen zwar ausreichend Öffnungen zur Verfügung, das wird im Winter aber zu kalt. Es ist eine Raumluftanlage installiert mit 2200 m³/h vorhanden. Zur Unterstützung wird eine große **WOLF-Anlage** dringend empfohlen.

Bei der Aufstellung von Lüftungsgeräten ist jedoch darauf zu achten, dass die gereinigte Luft nicht gleich wieder als Abluft nach außen geblasen wird. In der Mensa der Bergwaldschule sind die Auslässe an der Decke in der Mitte des Raums. Ich würde empfehlen, die Auslässe unmittelbar in der Richtung des Auslassstroms der Wolf gegebenenfalls abzudecken.

Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen:

- Bestellung von 100 CO₂ Messgeräten, diese müssen eine Anzeige des Messwertes und eine kleine Ampel aufweisen, die bei den Stufen 800 und 1200 ppm schaltet. Die Vorgaben der Staatsregierung mit 1000 ppm sind nicht sachgerecht. (Kosten max. 135 € / Gerät)
- Lüftung aller Zimmer alle 45 min bzw. gemäß der Anzeige ab 800 ppm solange bis der Wert auf 600 besser jedoch darunter gesunken ist.
- Wenn möglich Aufzeichnung in einigen Räumen über die CO₂-Gehalte und Dauer der Lüftungsintervalle (Die Geräte registrieren die Werte über einen Tag hinaus)
- Lassen sich die Werte von 800 ppm nicht einhalten, ist in diesem Winter entsprechend mehr zu lüften. Aufgrund der Aufzeichnungen können dann für den nächsten Winter entsprechende Ertüchtigungen der Lüftung oder zusätzliche Luftreiniger geplant werden.
- Für die zwei großen Räume in der Bergwaldschule werden je ein WOLF Air-Purifier bestellt. Auch dort sollten die CO₂ Werte durch Messungen überprüft werden, dort ist dann aber die Grenze von 1000 ppm als Sollwert anzusetzen und nur Überschreitungen der 1200 ppm relevant.
- Für die Gänge der Schule in der Parksiedlung sowie in den Betreuungseinrichtungen könnten kleine Luftreiniger auf UV-Basis im oberen Bereich der Decke installiert werden. Die Geräuschpegel würden dann nicht so stören. Für stärker genutzte Räume wäre z.B. eine Hönle oder ein Wandgerät möglich.

Danksagung:

Diese Zusammenstellung ist in der Diskussion mit vielen Fach-Kollegen und durchaus unterschiedlichen Meinungen entstanden. Ich bedanke mich insbesondere bei:

- Dr. med. Fritz-Gerrit Kropp, Gemeinderat
- Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Gaggermeier, HLS
- Dipl.-Ing. (FH) Reinhardt Fuchs, Versorgungstechnik/TGA
- Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Schmid, Eura-Ingenieure München (HLS)
- Prof. Dr.-Ing. Christian Kähler, UNIBW Neubiberg
- Henk Krüss, Ingenieur für Verfahrens- und Strömungstechnik, London
- Stefan Siebachmeyer, Fa. Hönle, München
- Timo Normann, Fa. Gako, München
- Dipl.-Ing. Torsten Hünermund, Signify
- Dipl.-Ing. (FH) Heinz Szuggar, Gemeinde Oberschleißheim
- u.v.a.