

Ausstattung der 16 Klassenräume der Grundschule Marschweg mit HEPA-basierten Luftfiltern

Ausgangslage

Steigend die Infektionszahlen in der Welt, in Deutschland und auch in Hamburg. Es kann erwartet werden, dass in den kommenden Wochen und Monaten auch einzelne oder auch mehrere Klassen der Grundschule Marschweg in Quarantäne gehen müssen.

Eine Gefahr für die Gesundheit geht nach gegenwärtiger wissenschaftlicher Erkenntnis in erster Linie auf ältere Menschen aus. In Bezug auf das Schulsystem Grundschule sind dies daher:

- Lehrkräfte
- Bedienstete des Schulbetriebs
- Eltern der Grundschüler
- Großeltern der Grundschüler
- Sonstige erwachsene Personen, die in engem Kontakt mit den Grundschülern stehen

Der Großteil der infizierten Kinder im Alter von 6-10 Jahren hat einen sogenannten asymptomatischen Verlauf. Heißt: Das Schulkind ist infiziert, merkt es jedoch nicht. Jedoch könnten Kinder nach gegenwärtigem Stand der Wissenschaft genauso ansteckend sein wie Erwachsene.

Es sollte daher in jedem Fall verhindert werden, dass sich das Virus im Schulbetrieb leicht weiterverbreiten kann.

Und wenn eine Klasse in Quarantäne gehen muss, was bedeutet das?

Das Schulsystem ist noch nicht daraufhin vorbereitet, zu Hause bleibende Schüler angemessen zu unterrichten. Die IT-Infrastruktur ist noch nicht in ausreichendem Maße vorbereitet, und es wird wohl noch eine ganze Weile dauern, bis ein gut funktionierendes und reifes Home-Schooling-Konzept ausgearbeitet werden konnte. Es entsteht der Eindruck, dass die Schule diesbezüglich von der Hansestadt Hamburg relativ allein gelassen wurde. Und eine entsprechende Initiative auf Bundesebene, die wirklich helfen würde, gibt es auch nicht. Die wenigen mittlerweile verfügbaren Tablet-Computer am Marschweg sind zunächst ohne Lern-Software ausgeliefert worden, Gelder für entsprechende Programme stehen nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung.

Mangels eines Projektes mit entsprechenden Ressourcen (Projektmanagern), die sich um diese Dinge kümmern können, sind die Lehrkräfte auch noch nicht geschult worden um zu erlernen, wie „remote-learning“ im Rahmen der Grundschule überhaupt durchgeführt werden sollte.

Home-Schooling kann daher derzeit nur unter erheblicher Einbindung der Eltern und unter großem Engagement der Klassenlehrer einigermaßen gut erfolgen. Ist jedoch nicht zufällig ein Elternteil zu Hause und kann beim Lernen der Kinder zu Hause helfen, bleibt die Schülerin /der Schüler hinsichtlich seiner Lernkurve zwangsläufig auf der Strecke. Zudem brauchen die Kinder für Ihre Entwicklung aus vielerlei Hinsicht den regelmäßigen Kontakt mit gleichaltrigen.

Auf Basis der Erfahrungen aus der Home-Schooling-Phase des Frühjahrs 2020 („erste Welle“), verfolgt der Hamburger Senat nun offensichtlich das Ziel, die Schulen während der Pandemie und auch bei steigenden Fallzahlen möglichst lange offen zu lassen. Es sollte daher probiert werden zu verhindern, dass das Virus in der Schule Bedingungen vorfindet, unter denen es sich leicht verbreiten kann.

Um das Risiko so klein wie möglich zu halten, dass sich Schulkinder und Lehrkräfte an der Schule gegenseitig anstecken, sind seitens der Schulleitung **bereits eine ganze Menge Hygiene-Maßnahmen getroffen worden**. Unter anderem sind die Schüler in verschiedenen Gruppen organisiert (Pausenkonzept, Trennung der Gruppen), es werden auf den Gängen Masken getragen, wo möglich wird probiert Abstände einzuhalten, Hände werden desinfiziert, und vieles mehr. **All das zielt im Kern darauf ab, eine direkte Infektion zu vermeiden.**

Ein wesentlicher Treiber der SARS-CoV-2 Pandemie ist jedoch die sogenannte indirekte Infektion, bei der nach dem Ausatmen einer infektiösen Person infektiöse kleinere Tröpfchen stundenlang in der Luft verbleiben können, und dann von einer dritten Person eingeatmet werden.

Des Weiteren können wir feststellen, dass ein Großteil der Ansteckungen ihren Ursprung in sog. „Superspreading-Events“ hat, bei denen wenige infektiöse Personen eine große Anzahl von anderen Personen anstecken. Die Wahrscheinlichkeit einer solchen Ansteckung ist dabei in geschlossenen Räumen, mit vielen Personen und wenig Abstand zueinander besonders groß. Die Gesundheitsämter versuchen daher zunehmend, Infektionscluster zu identifizieren und betroffene Personen rechtzeitig zu warnen, um Sekundärinfektionen zu vermeiden.

Wichtiger Hinweis zur Verhinderung von COVID-19-Ausbrüchen

Achten Sie auf die „Drei G“!

- 1. Geschlossene Räume** mit schlechter Belüftung
- 2. Gruppen und Gedänge** mit vielen Menschen an einem Ort
- 3. Gespräche** in lebhafter Atmosphäre und engem Kontakt mit anderen



Das Risiko der Entstehung von Infektionsclustern ist besonders hoch, wenn die „Drei G“ zusammentreffen.

Beherzigen Sie die AHA-Regel:

- Abstand halten
- Hygiene beachten
- Alltagsmaske tragen

infektionsschutz.de
WISSEN, WASS SICH ERGEBT

BZgA Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung

www.infektionsschutz.de/3G
BY-NC-ND
Stand: 31.08.2020

Quelle: infektionsschutz.de

Um die Aerosolkonzentration in den Klassenräumen zu reduzieren, wird nun alle 20 min für 5 min „Stoß-gelüftet“, um das gegenseitige Ansteckungsrisiko einer indirekten Infektion zu reduzieren. Im Sommer konnten einige Fenster in den Klassenräumen regelmäßig offenstehen, um für eine gute Belüftung zu sorgen. In der kalten Jahreszeit mit niedrigen Außentemperaturen jedoch, muss sich darauf beschränkt werden, in den Klassenräumen regelmäßig für wenige Minuten die Fenster aufzureißen.

Reicht das Lüften alle 20min für 3-5 min nun eigentlich während der gegenwärtigen Pandemie aus? Vieles spricht dafür, dass dies nicht der Fall ist.

Es kann hierdurch rechnerisch keine Luftwechselrate von 6 erreicht werden, sondern allenfalls die Hälfte.

Die daher stark kritisierte Empfehlung des Umweltbundesamtes erscheint wie ein pragmatischer Kompromiss im Rahmen des Möglichen. Bei dauerhaft offenstehenden Fenstern im Winter würde es im Klassenraum einfach zu kalt werden.

Richtig lüften im Schulalltag

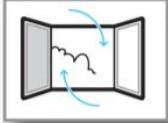
So geht es schnell und effizient!



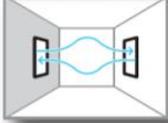
Stoßlüften: Während des Unterrichts alle 20 Minuten mit weit geöffneten Fenstern lüften.



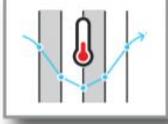
Wie lange wird gelüftet?
Im Winter drei bis fünf Minuten, im Sommer zehn bis zwanzig Minuten.



Nach jeder Unterrichtsstunde von 45 Minuten über die gesamte Pause lüften.



Querlüften: Wenn möglich, gegenüberliegende Fenster gleichzeitig weit öffnen.



Beim Stoß- und Querlüften sinkt die Raumtemperatur nur um wenige Grad ab und steigt nach dem Schließen der Fenster schnell wieder an.

Quelle: Umweltbundesamt

Beispiele Luftwechselraten [\[Bearbeiten | Quelltext bearbeiten \]](#)

Für die Festlegung der Luftwechselrate ist die Art der Raumnutzung zuständig. Empfohlene Luftwechselrate sind zum Beispiel für:

- Büroräume 3- bis 6-fach pro Stunde
- Gasträume, Versammlungsräume 5- bis 10-fach pro Stunde
- Hörsäle 8- bis 10-fach pro Stunde
- Kaufhäuser 4- bis 6-fach pro Stunde
- Kinos, Theater 4- bis 6-fach pro Stunde
- Schwimmhallen 3- bis 4-fach pro Stunde
- Toiletten 4- bis 6-fach pro Stunde
- Laboratorien 8- bis 15-fach pro Stunde
- Küchen 20- bis 30-fach pro Stunde

Unabhängig von der Luftwechselrate ist jedoch dafür Sorge zu tragen, dass in den betroffenen Räumen das gesamte Raumvolumen erfasst und gewechselt wird.

Quelle: Wikipedia

Idee: Wir stellen für die Dauer der Pandemie zusätzlich zu dem bestehenden Belüftungskonzept als ergänzende Maßnahme in allen Klassen- und Fachräumen einen HEPA-basierten Luftreiniger auf.

Ein solcher Luftreiniger funktioniert im Grunde wie eine filter-basierte FFP2/FFP3-Maske, und filtert u.a. einen Großteil der mit Viren belasteten Aerosolen wie ein Sieb aus der Luft.

Trotz einer solchen zusätzlichen Hygiene-Maßnahme würde einer direkten Infektion würde zwar bestehen bleiben, z.B.

- ein Kind steckt seinen Sitznachbarn an
- ein Lehrer steckt einen Schüler an
- ein Kind steckt einen Lehrer an

... jedoch würde das Risiko einer indirekten Infektion dadurch erheblich reduziert werden.

Prämissen (entsprechend der Sondersitzung des Elternrates am 20 Okt 2020)

- Die Geräte sollten für die Dauer der Corona-Pandemie ausgelegt sein
- Sie sollten schnellstmöglich verfügbar sein
- Die Lautstärke sollte für einen Schulbetrieb angemessen sein („nicht zu laut“)
- Die Geräte sollten so dimensioniert sein, dass sie auch wirklich helfen, eine hinreichen große Luftwechselrate ermöglichen, und zusammen mit dem „Alle-20-min-Fenster-auf-Belüftungskonzept“ das Risiko einer indirekten Infektion drastisch reduzieren
- Es werden alle 20 min die Fenster für 3-5 min geöffnet („die Lehrer halten sich an die Vorgabe“)
- Die Luftreiniger werden durchgängig während des Schulbetriebs eingesetzt (verschiedene Betriebsstufen können ausgewählt werden, um den jeweiligen Lernsituationen Rechnung zu tragen)
- Die Filter sollten regelmäßig gewechselt werden
- Es sollen Geräte für die gesamte Schule angeschafft werden (12 Klassenräume, 4 Fachräume)

Finanzierung

Auf der außerordentlichen Besprechung des Elternrates am 20 Okt 2020 wurde die Initiative erörtert und folgende Finanzierung angedacht (Details müssten abgestimmt werden):

- Crowd-Funding-Initiative, ca. 2 Wochen Laufzeit
- Alle Eltern werden gefragt sich zu beteiligen und zu spenden
- Die Spenden sollen Eingehen auf das Konto des Schulvereins mit dem Betreff“ Luftfilter“
- Nach ca. zwei Wochen wird geschaut, welcher Betrag zustande gekommen ist
- Falls erforderlich, wird ein Teilbetrag aus dem Schulverein beigesteuert
- Zu prüfen, ob Fördermittel eingesetzt werden können, um den Schulverein nicht zu stark zu belasten.
- Falls der erforderliche Betrag nicht zustande gekommen ist, und keine weiteren Förderquellen aufgetan werden können, sollen alle Spenden seitens des Schulvereins in voller Höhe zurückerstattet werden
- Eine Spendenquittung kann bei Bedarf ausgestellt werden

Dimensionierung der Luftreinigers / Anforderungen an das Gerät

Nach gegenwärtigem Stand der Wissenschaft, ist für öffentliche Gebäude eine Luftwechselrate von 4-8 sichergestellt werden. Es soll daher eine mittlere Luftwechselrate von 6 angenommen werden. Dabei ist die Luftwechselrate der Anteil an frischer oder gereinigter Luft, der bezogen auf das Raumvolumen pro Stunde zugeführt wird.

Mit dreimaligem Austausch der gesamten Raumluft durch Frischluft pro Stunde, worauf das Stoßlüften alle 20 min abzielt, kann also maximal eine Luftwechselrate von 3 erzielt werden.

Die Wabe in der Grundschule Marschweg hat eine gemessene Seitenlänge von $a = 5,2 \text{ m}$ und hat die Grundform eines 6-Ecks. Die Deckenhöhe liegt im Mittel bei 3,0 m. Daraus ergibt sich die Grundfläche einer Wabe durch die Formel $A_{Wabe} = \frac{3}{2} * a^2 \sqrt{3}$ von $A_{Wabe} = 70,25 \text{ m}^2$.

Der Eingangsraum soll hier nicht gesondert betrachtet werden, da sich die Kinder im Eingangsraum nur kurz aufhalten.

Der Gruppenraum ist hinsichtlich einer indirekten Infektion eher als kritisch zu bewerten, da sich dieser nur über die Tür zum Klassenraum querlüften lässt. Sinnvoll könnte es sein die Tür zum Klassenraum möglichst immer offen stehen zu lassen, den Gruppenraum zudem nur von kleinen Gruppen zu nutzen, und das Fenster des Gruppenraumes bei jedem 20min-Lüftungsintervall und in allen Pausen systematisch zu öffnen.

Mit einer durchschnittlichen Deckenhöhe einer Wabe von 3,0 m ergibt sich ein Raumvolumen von $210,7 \text{ m}^3$. Bei einer Luftwechselrate von 6 müsste demnach pro Stunde insgesamt $1.264,2 \text{ m}^3$ frische oder gereinigte Luft dem Raum zugeführt werden.

Die Lüftungseffizienz des Stoßlüftens im Klassenraum kann nur abgeschätzt werden. Es soll hier angenommen werden, dass sich nach einem jeweiligen Lüftungsintervall von 3-5 min ca. 80% der Raumluft aus Frischluft besteht, und 20% aus verdünnter gebrauchter Luft, was einer Luftwechselrate von 0,8 entspricht. Bei dreimaligem Stoßlüften pro Stunde wird daher eine Luftwechselrate von 2,4 erzielt, was $505,7 \text{ m}^3$ dem Raum zugeführter frischer Luft entspricht. Der Luftreiniger müsste daher die Raumluft zusätzlich pro Stunde 3,6-mal komplett filtern, oder auch $1.264,2 \text{ m}^3 - 505,7 \text{ m}^3 = 758,5 \text{ m}^3$.

Dies ist bewusst eine pragmatische Überschlagsrechnung, da niemals die komplette gebrauchte Luft des Raumes komplett durchgetauscht wird, sondern es vielmehr zu immer neuen Mischungen aus gebrauchter Luft und Frischluft kommt. Auch ist nicht klar ob der Klassenraum abgesehen von den Fenstern komplett luftdicht ist, oder aber zusätzliche Frischluft durch die Tür in den Raum gelangt, wenn eine Person für ein paar Minuten außerhalb der Lüftungsintervalle den Raum verlässt und dann durch die Tür wieder hereinkommt.

Es geht bei diesem Virus nicht darum, bei einer infektiösen Person im Klassenraum kein einziges infektiöses Aerosolpartikel mehr in der Raumluft zu haben, sondern lediglich darum, die Aerosolkonzentration möglichst niedrig zu halten.

Zudem macht es in Hinblick auf den Eintrag der Aerosole einen Unterschied, ob eine erste Klasse mit 19 Schülern im Raum lernt, oder eine vierte Klasse mit 25 Schülern, um einmal zwei Beispiele zu nennen.

Es soll daher hier der Einfachheit halber angenommen werden, dass der Luftreiniger mindestens ein Luftvolumen in der Größenordnung von $750 \text{ m}^3/\text{h}$ filtern können sollte (Clean Air Delivery Rate / Partikel), wobei diese CADR mit einer eingestellten Filterstufe erzielt werden müsste, die hinsichtlich des Geräuschpegels den Unterricht nicht stört. Ein Gerät, das permanent auf der höchsten Stufe laufen muss, um die erforderliche CADR zu erzielen, wäre diesbezüglich im Nachteil gegenüber einem größer dimensionierten Gerät, das nur auf halber Stufe laufen muss.

Bei der Auswahl eines Luftreinigers mit einer CADR $\geq 1.300 \text{ m}^3/\text{h}$ filtern könnte die Gefahr einer indirekten Infektion nahezu eliminiert werden, da mit zunehmender Laufzeit des Gerätes die Aerosolkonzentration immer weiter absinken würde. Um eine gute Konzentrationsfähigkeit der Schüler und Lehrkräfte sicher zu stellen, wäre jedoch regelmäßiges Lüften weiterhin und in jedem Fall erforderlich, um eine hinreichende Sauerstoffzufuhr zu gewährleisten, und die CO_2 -Konzentration im Klassenraum herabzusetzen.

Es soll jedoch noch einmal betont werden, dass einen Luftreiniger mit einem CADR (Partikel) von $500 \text{ m}^3/\text{h}$ zu verwenden, hinsichtlich des SARS-CoV-2 Ansteckungsrisikos immer noch deutlich günstiger wäre, als gar keinen Luftfilter zu verwenden! Letztlich geht es darum, die Aerosolkonzentration im Raum gering zu halten.

Wenn dreimalig pro Stunde gelüftet wird, kann zwar die CO_2 -Konzentration hinreichend herabgesetzt werden. Das Risiko einer indirekten SARS-CoV-2 Infektion durch Aerosole im Falle eines Infizierten im Klassenraum kann jedoch bei weitem nicht ausgeschlossen werden. Diesen Zusammenhang wird sich das Bundes Umweltministerium sicher noch einmal genauer anschauen.

Es soll in Bezug auf die erforderliche Filterklasse noch einmal bemerkt werden, dass beide HEPA-Filterklassen H13 und H14 im Grundsatz dazu geeignet sind, SARS-CoV-2 Viren in Form von Aerosolen herauszufiltern, jedoch wird u.A. von der Universität der Bundeswehr München (Prof. Dr. Christian Kähler) für den Schulbereich ein H14 Filter als erforderlich deklariert.

SARS-CoV-2 ist etwa $0,15 \mu\text{m}$ groß, aber da es entweder über Tröpfchen oder Tröpfchenkerne übertragen wird, sind eher Abscheidegrade im Bereich $0,3 - 1 \mu\text{m}$ zu betrachten.

Schwebstofffilter (Partikel $< 1 \mu\text{m}$) für Klimaanlage, Be- und Entlüftung [\[Bearbeiten | Quelltext bearbeiten \]](#)

für Bakterien, Viren; Tabakrauch; Metalloxidrauch; (ab E12) Öldunst und Ruß im Entstehungszustand; radioaktive Schwebstoffe; (ab H14) Aerosole

Europäische Union [\[Bearbeiten | Quelltext bearbeiten \]](#)

Filterklassen E10 bis U17 nach DIN EN 1822-1,^[21] unterschieden wird zwischen der Gesamteffizienz des Filters und seiner schlechtesten lokalen Stelle:

Filtergruppe	Filterklasse	Abscheidegrad (gesamt)	Abscheidegrad (lokal)	Einsatzbereich
Hochleistungs-Partikelfilter (EPA = Efficient Particulate Air filter)	E10	> 85 %	–	Endfilter für Räume hoher und höchster Anforderungen (z. B. Laboratorien; Produktionsräume in Nahrungsmittel-, Pharma-, Elektroindustrie; in der Medizin)
	E11	> 95 %	–	
	E12	> 99,5 %	–	
Schwebstofffilter (HEPA = High Efficiency Particulate Air filter)	H13	> 99,95 %	> 99,75 %	Abluftfilter in kerntechnischen Anlagen; Endfilter in Zivilschutzanlagen sowie für Reinräume der Klassen ISO 7 und ISO 5
	H14	> 99,995 %	> 99,975 %	Endfilter für Reinräume der Klassen ISO 4 und ISO 3
Hochleistungs-Schwebstofffilter (ULPA = Ultra Low Penetration Air filter)	U15	> 99,9995 %	> 99,9975 %	
	U16	> 99,99995 %	> 99,99975 %	
	U17	> 99,999995 %	> 99,99999 %	

Quelle: Wikipedia

Vergleich der Filterklassen: Von 100.000 Partikeln/Aerosolpartikeln der am schwierigsten abzuschneidenden Größe 0,1–0,3 µm (MPPS) wird die folgende Anzahl nicht zurückgehalten					
Filterstandard, Filterklasse *	Abscheidung	Anzahl der nicht abgeschiedenen Partikel	Geringere Filterleistung als H14 **	Erläuterung	
E10 / –	≥ 85 %	15.000 von 100.000 Partikeln	3.000-fach** geringer als H14	Nur EPA-Klassifizierung, wird jedoch gerne als HEPA ausgewiesen	
E11 / ISO15E	≥ 95 %	5.000 von 100.000 Partikeln	1.000-fach** geringer als H14		
E12 / ISO25E	≥ 99,5 %	500 von 100.000 Partikeln	100-fach** geringer als H14		
H13 / ISO35H ***	≥ 99,95 %	50 von 100.000 Partikeln	10-fach** geringer als H14	Echter HEPA mit Einzelzertifikat	
H14 / ISO45H ***	≥ 99,995 %	5 von 100.000 Partikeln	Referenz	Echter HEPA mit Einzelzertifikat	
Diese höchste HEPA-Filterqualität wird im TAC V+ von TROTEC eingesetzt					
* Gemäß Filterstandard EN1822, Filterklasse ISO29463		*** ACHTUNG: Auf jedem nach EN- oder ISO-Norm zertifizierten HEPA-Filter müssen die Prüfnorm (Filterklasse), Filtereffizienz und max. Luftleistung bei angegebener Filtereffizienz angegeben sein. Zusätzlich muss jedem Filter ein Einzelzertifikat beiliegen, das die individuelle Prüfung des jeweiligen Filters mit Stempel und persönlicher Unterschrift belegt. Alle Antworten auf Fragen zum Thema Luftfilter, Filterqualität und Leistungsunterschiede finden Sie unter de.trotec.com/filterwissen			
** BEISPIEL zur Lesart: Ein E10-Filter hat eine 3.000-fach geringere Filterleistung als ein H14-Filter nach EN 1822.					

Quelle: Fa.Trotec

Luftwechsel- bzw. Umwälzraten-Empfehlungen* für unterschiedliche Raumgrößen			
Max. Luftvolumenstrom für die jeweilige Filterklasse:		nach DIN EN 1822 zertifizierte Filtereffizienz-Klasse	
mit serienmäßig eingebautem H14-HEPA-Filter			
H14 bis 1.200 m³/h	H13 bis 1.800 m³/h	E12 bis 2.200 m³/h	
mit optionalem Ultra-HighFlow-H14-HEPA-Filter			
H14 bis 2.000 m³/h	H13 bis 2.400 m³/h		
		Empfohlene max. Raumgröße in m³	
		Filterklasse H14	Filterklasse H13
Clean Air Zones bei einer Umwälzrate* von mindestens 12-fach pro Stunde z. B. in Krankenhäusern, Arztpraxen, Wartezimmern Bei hoher Personendichte oder Aktivität ist mind. eine 12- bis 15-fache Umwälzrate* empfohlen.	Serie	100 m³**	Serie 150 m³**
	Ultra-HighFlow	166 m³**	Ultra-HighFlow 200 m³**
Clean Air Zones bei einer Umwälzrate* von mindestens 8-fach pro Stunde z. B. in Therapieräumen, Gymnastikräumen, Bars, Diskotheken, Festzelten, Callcentern Bei hoher Personendichte oder Aktivität ist mind. eine 8- bis 10-fache Umwälzrate* empfohlen.	Serie	150 m³**	Serie 255 m³***
	Ultra-HighFlow	250 m³**	Ultra-HighFlow 300 m³***
Clean Air Zones bei einer Umwälzrate* von mindestens 6-fach pro Stunde z. B. in Besprechungsräumen, Büros, Geschäftsräumen, Schulen, Kitas, Restaurants, Salons, Werkstätten, Fitnessstudios, Chorräumen Bei hoher Personendichte oder Aktivität ist mind. eine 8-fache Umwälzrate* empfohlen.	Serie	200 m³**	Serie 300 m³***
	Ultra-HighFlow	333 m³**	Ultra-HighFlow 400 m³***
SICHERHEITSNIVEAU ↑			
* Luftwechsel ist in der Lüftungstechnik ein etablierter Begriff, der jedoch missverständlich ist, weil die technische und umgangssprachliche Bedeutung nicht übereinstimmen. Der Luftwechsel in der Einheit (l/h) gibt das Vielfache des Raumvolumens an, das an gefilterter oder frischer Luft pro Stunde dem Raum zugeführt wird. Diese Zahl entspricht bei der Verdrängungslüftung (Bsp. Luftpumpe) exakt dem Vielfachen des Raumvolumens, bei der Mischlüftung (Raumlüftreiner, offene Fenster, RLT-Anlage) ist dies jedoch nicht der Fall, da teilweise bereits gefilterte/ausgetauschte Luft erneut gefiltert/ausgetauscht wird. Das bedeutet bzgl. der Virenlast im Raum, dass Raumlüftreiner, die freie Lüftung und raumlüfttechnische Anlagen keine komplett virenfreie Luft im Raum herstellen können, wenn infizierte Personen im Raum dauerhaft Viren ausatmen. Die Virenkonzentration ist aber umso niedriger, je höher die Luftwechsel. Daher sinkt das Infektionsrisiko mit zunehmendem Luftwechsel. Es spielt dabei keine Rolle, ob die Viren durch Raumlüftreiner abgeschieden werden (Luftumwälzung, Umwälzrate) oder durch Fenster oder RLT-Anlagen aus dem Raum herausgeführt werden (Luftwechsel, Luftwechselrate). Raumlüftreiner haben aber den entscheidenden Vorteil, dass sie energetisch günstiger sind und unabhängig von den Wind/Temperaturbedingungen oder der Fenstergröße für einen gleichbleibenden Luftwechsel sorgen. Diese Angaben gelten nicht für Räume, deren Volumen in Relation zur Personenzahl außergewöhnlich groß ist, z.B. Kirchen, Messehallen etc.			
** Bei aktiver Nutzung und hoher Personendichte können diese Werte abweichen. Die hier genannten Angaben basieren auf wissenschaftlichen Empfehlungen aufgrund der gegenwärtigen Infektionssituation. Für Ihre spezielle Raumsituation sind möglicherweise höhere oder auch niedrigere Luftwechselraten im Rahmen Ihres individuellen Hygienekonzeptes notwendig. Wir beraten Sie gerne.			
*** Grundsätzlich empfehlen wir zur sicheren Abscheidung von Viren und Bakterien, insbesondere in Räumen mit hoher Personendichte, den TAC V+ mit dem Serienfilter in den H14-Filterstufen mit maximal 1.200 m³/ Stunde zu betreiben. Nur bei expliziter Freigabe in spezifischen Hygienekonzepten oder zur Schnellabscheidung (Stoßfilterung) in Pausenzeiten kann der Betrieb in den H13-Filterstufen bis maximal 1.800 m³/ Stunde betrieben werden. Die maximale Gesamtluftleistung mit dem Serienfilter liegt bei 2.200 m³/ Stunde bei einer Filtereffizienz der Filterklasse E12. Im Vergleich zum Serienfilter kann mit dem optional erhältlichen Ultra-HighFlow-Filter 66 % mehr H14-Luftvolumen bei 40 % geringerem Stromverbrauch realisiert werden.			

Quelle: Fa.Trotec

Zusammengefasst: Welche Optionen bestehen für die Grundschule Marschweg?

Scenario	SARS-CoV-2 Ansteckungswahrscheinlichkeit durch Aerosole im Klassenraum (indirekte Infektion)	Filterklasse	Clean Air Delivery Rate (Partikel)	Bewertung
<u>Zusätzlich</u> zum Stoß/Querlüften alle 20 min für 3-5 min		<u>Anforderung:</u> möglichst H14, H13 weniger effektiv	<u>Anforderung:</u> mind 750 qm/h	
1 Ein „Profigerät“ pro Klassenraum	Sehr, sehr gering	H14	1.200 bis 2.200 qm/h	Empfohlen / Gerät richtig dimensioniert
2 Drei Haushaltsgeräte pro Klassenraum	Sehr gering	H13	max. 1.500 qm/h bei mittlerer Stufe effektiv eher 750 qm/h	Rückfallposition / Geräte gerade noch richtig dimensioniert Kompliziert im Alltag Erfordert viel Disziplin Könnte störend sein
3 Zwei Haushaltsgeräte pro Klassenraum	Gering	H13	max. 1.000 qm/h bei mittlerer Stufe (sonst zu laut), effektiv eher 500 qm/h	Rückfallposition / Geräte etwas unterdimensioniert insbesondere bei kleinerer Filterstufe Kompliziert im Alltag Erfordert viel Disziplin Könnte störend sein
4 Ein Haushaltsgerät pro Klassenraum	Etwas herabgesetzt	H13	Max. 500 qm/h bei mittlerer Stufe (sonst zu laut), effektiv eher 250 qm/h	Immer noch sinnvoll (besser als gar kein Gerät) / Gerät deutlich unterdimensioniert / müsste auf höchster oder zweithöchster Filterstufe dauerhaft laufen
5 Kein Luftfilter (nur lüften alle 20 min)	Genauso wie in jeder vergleichbaren Sozialsituation			Nicht empfohlen / Kein ausreichender Schutz / Aerosolkonzentration zu hoch insbes. in den 5 Minuten vor dem nächsten Lüften

Kurze Marktanalyse Luftfiltergeräte

Die untenstehende Auflistung zeigt einige auf dem Markt erhältliche Geräte auf Basis einer kurzen Internetrecherche.

Generelle Einschätzung: Der Markt teilt sich in zwei Bereiche auf:

1. Geräte für den Privatbereich kosten meist zwischen 150 bis 600 €, sind für kleinere Räume mit wenigen Personen gut geeignet. Die CADR (Partikel) liegt meist zwischen 200 und 500 m³/h, und sind oft laut Hersteller HEPA-Filtern ausgestattet. Dies würde unterstellen, sie hätten entweder einen H13 oder H14 Filter eingebaut. Wenn jedoch lediglich die Bezeichnung HEPA seitens des Herstellers ausgewiesen wird, muss davon ausgegangen werden, dass es sich um einen H13 Filter handelt.
2. Geräte für den gewerblichen Bereich, öffentliche Gebäude, etc. Diese kosten zwischen 3.000 und 5.000€, und erfüllen in der Regel alle erforderlichen Kriterien (H14 Filter, CADR (Partikel) zwischen 1.200 bis 2.200 m³/h)

Es gibt einige teilweise neue Anbieter auf dem Markt. Geräte aus den USA, wie beispielsweise von Honeywell, sind derzeit Corona bedingt kaum zu beschaffen. Dies macht jedoch nichts, da das Wirkprinzip der HEPA-basierten Luftreiniger der verschiedenen Anbieter kaum unterscheidet.

Nach Analyse des Marktes erscheinen folgende Geräte u.a. als geeignet

	Platz 1	Platz 2	Platz 3
		 Raumluftreiniger TAC V+ in basaltgrau/schwarz + Schallschutzhaube	
Produktbeschreibung/ PDF des Herstellers	 AirPurifier	 TACV+	 ac4236_10
Hersteller	WOLFF GmbH	TROTEC GmbH	Philips
Modellbezeichnung	Air Purifier	TAC V+	AC 4236/10
Anschaffungspreis	3.422 € (2.950 € + MwSt)	3.000 € inkl. MwSt. (Schulpreis inkl. Schalldämpfer und Filtern)	3 Geräte: 1.556,75 €
Filterkosten / Jahr	300 € / a	526 € / a (= 155 €/a + 371 €/a) Vorfilter H7 100€ + MwSt alle 6-12 Monate	3 Geräte: 263,16 € (empfohlen ist ein Wechsel nach 36 Monaten, Prämisse

		Hauptfilter H14 400€ + MwSt alle 12-18 Monate	wir wechseln einmal pro Jahr)
Lieferfähigkeit (Stand Ende Okt 2020)	2 Wochen nach Bestelleingang	4 Wochen nach Bestelleingang	3-5 Wochen nach Bestellung (feedback von Philips steht immer noch aus)
CADR (Partikel)	bis 1.300 m ³ /h	2.200 m ³ /h	Pro Gerät: max 500 m ³ /h
Lautstärke (dB(A))	35 db (A)	44 dB(A) bei 800 qm/h 47 dB(A) bei 1.000 qm/h 50 dB (A) bei 1.200 qm/h	Pro Gerät: 70 dB(A) bei max 500 qm/h Keine Herstellerangabe für geringeren Volumenstrom / untere Stufen
Abmessung BxTxH in mm	712 x 508 x 2350	690 x 610 x 1.300 mm (inkl. Räder und Handgriff)	306 * 306 * 705
Stromverbrauch in KW	0,3 bei 1.300 qm/h	0,14 2,5 (nur bei Dekontaminier-Thermofunktion)	0,06 pro Gerät 3 Geräte: 0,18
Besonderheiten / Einschätzung	<p>Bewegungsmelder: Gerät springt automatisch an sowie im Raum sich Personen befinden</p> <p>30min Nachlauf nachdem die Klasse geschlossen wird</p> <p>3 Stufen: AUS, Präsenzfühler (Standard), Boost (z.B. bei Bedarf in der Pause)</p> <p>Einmaliges Einstellen des Gerätes auf die erforderliche Raumgröße (Filterstufe 1 bis 5) als für den Präsenzfühlerbetrieb</p>	<p>Um den reduzierten Schulpreis von 3.000€ für ein komplettes Gerät erhalten, muss der Rechnungsempfänger eine öffentliche Bildungseinrichtung sein</p> <p>HEPA Filter H14 kostet 400€ + MwSt, hält 4.000 Betriebs-h oder auch 12-18 Monate</p> <p>Vorfilter H7 (Feinfilter) kostet 100€ + MwSt, und hält 6-12 Monate</p> <p>Thermo-Dekontaminations-Funktion kann täglich genutzt werden, dabei wird der Filter auf</p>	<p>Ein Gerät allein ist zu klein dimensioniert, es müsste auf höchster Stufe laufen, und wäre dann relativ laut</p> <p>Es müssten mind. zwei Geräte pro Klassenraum aufgestellt werden, besser drei, die mindestens auf mittlerer Stufe laufen müssten</p> <p>Das Gerät würde technisch seinen Zweck tun in den kommenden Monaten, es wäre jedoch fraglich, ob ein solches Gerät für den langfristigen</p>

	<p>Filterwechsel relativ einfach, große Klappe öffnen, alter Filter rausziehen, neuen Filter reinschieben.</p> <p>Vorfilter 1x pro Jahr austauschen</p> <p>Hauptfilter (H14) alle 2 Jahre</p> <p>Getrennte Anzeige für beide Filter wann Filterwechsel ansteht (Filter-differenzdruck)</p> <p>Stromanschlusskabel mit 3 m Länge</p> <p>Sicher: Kippsicherheit durch vorbereitete Wandbefestigung</p> <p>Speziell für Klassenräume entwickelt</p> <p>VDI 6022 konform: Stand der Technik bezüglich der Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte</p>	<p>100°C aufgeheizt, um Viren und Bakterien abzutöten.</p> <p>Der Filter muss mit vier Schrauben gewechselt werden (keine Gefahr, dass Schüler am ggf. noch infektiösen Filtermaterial herumspielen)</p> <p>Das Wechseln des Filters und empfohlenen desinfizieren der Flächen im Innenraum des Gerätes dauert nur wenige Minuten, 10-30min pro Gerät</p> <p>Lieferzeit derzeit 4 Wochen nach Bestelleingang, jedoch fördern mehrere Bundesländer mittlerweile mobile Luftreiniger, was zu erhöhtem Bestellvolumen kommen kann.</p> <p>Produktionskapazitäten werden derzeit stark erhöht.</p>	<p>Einsatz in einer Schule geeignet ist</p> <p>Falls wir nicht genug Spenden sammeln können, um ein leistungsstärkeres Gerät anzuschaffen, wäre es eine Alternative (Rückfallposition)</p>
<p>Begründung für die Reihenfolge</p>	<p>Sehr solides und gutes Gerät mit ausreichend Filterleistung für den Klassenraum</p> <p>35 dB (A) flüsterleise für die Schule (einziges Gerät, das quasi nicht stört)</p> <p>Für den Schulbetrieb entwickelt und</p>	<p>Sehr solides und gutes Gerät mit hervorragender Filterleistung</p> <p>Die Schule wäre vorbereitet für eine mögliche neue Pandemie</p> <p>Könnte man nach der Pandemie außerhalb</p>	<p>Bei drei Geräten könnte es klappen pragmatisch den Winter 2020/2021 zu schaffen ohne Infektionen im Klassenraum</p> <p>Bei höherer Stufe und drei Geräten pro Klassenraum etwas laut</p>

	<p>ausgelegt (Lehrer muss quasi nichts tun)</p> <p>Die Schule wäre vorbereitet für eine mögliche spätere Pandemie</p> <p>Würde vom Konzept nach der Pandemie im Klassenzimmer stehen bleiben können aber wohl auch müssen (170 kg)</p> <p>Benötigt einen festen Platz (wie ein Schrank)</p>	<p>des Klassenzimmers lagern (rollbar).</p> <p>47 dB (A) ggf. etwas laut für die Schule</p> <p>Teuer im Unterhalt (Filterkosten)</p>	<p>Kabelsalat im Klassenraum</p> <p>Höherer Aufwand für die Lehrer (hoch- und runterstellen der Filterstufe, wenn temporär zu laut)</p>
--	---	--	---

Fazit:

Dreimaliges Stoßlüften reicht nicht aus, um eine Luftwechselrate von 6 zu erzielen.

Wenn wir die Klassenräume mit Luftfiltern ausstatten wollen, benötigt die Schule entweder große Spendensummen und/oder größere Förderbeiträge der öffentlichen Hand.

Der Filterschrank Airpurifier der Fa. Wolf erscheint für die Schule am geeignetsten, insbesondere durch die geringe Lautstärke. Er würde das SARS-CoV-2 Ansteckungsrisiko im Klassenraum durch indirekte Infektion nahezu eliminieren.

Letztlich müsste abgewogen werden, was uns unsere Gesundheit wert ist.

Hinweis

Diese Kurzstudie erhebt nicht den Anspruch einer wissenschaftlichen Arbeit.