

## **Problembeschreibung:**

SARS-CoV-2 Infektionen in Innenräumen durch Aerosolpartikel werden gegenwärtig als besonders bedeutend eingeschätzt. Daher besteht die Gefahr, dass die Infektionszahlen im Winter stark zunehmen werden. Es stellt sich folglich die Frage, wie Menschen in geschlossenen Räumen dauerhaft vor einer SARS-CoV-2 Infektionen geschützt werden können. Gerade für Räume mit hoher Personenbelegung wie in Schulen (UBA) [1] ist es wichtig adäquate Lösungen zu finden [1,2,3,4].

### **1.) Frage: Werden mobile Luftreinigungsgeräte für Schulen empfohlen?**

**Antwort:** Ja, Luftreiniger werden für den Betrieb in Schulen empfohlen [2,3,4,14].

### **2.) Frage: Gibt es handelsübliche, mobile Luftreinigungsgeräte die hierfür geeignet sind.**

**Antwort:** Ja, diese Geräte gibt es, sie wurden z.B. von Universität der Bundeswehr München evaluiert und z.T. validiert [2,3,4,14].

### **3.) Frage: Wer empfiehlt mobile Luftreinigungsgeräte?**

**Antwort:** z.B. a) Universität der Bundeswehr, München [2,3,4]  
b) Umweltbundesamt (UBA), Berlin, (flankierend) [1]  
c) Herman Rietschel Institut, TU Berlin [8]

### **4.) Frage: Warum werden mobile Luftreinigungsgeräte empfohlen?**

**Antwort:** Weil nur eine ununterbrochene Quer-Lüftung durch mindestens zwei geöffnete Fenster (Lüftung durch Tür in Flur zu unterlassen [1]) oder Stoßlüftung durch Fenster in Kombination mit mobilen Luftreinigungsgeräten oder geeignete Frischluftzufuhr über raumluftechnischen (RLT) Anlagen die Konzentration von Aerosolpartikeln über die Zeit relevant reduziert [1,2,3,4].

**Begründung:** Indirekte Infektionen können wirksam durch das freie Lüften mit Fenstern oder raumluftechnischen (RLT) Anlagen, die 100% Außenluft in den Raum leiten, verhindert werden, sofern die Luftwechselrate dem sechsfachen des Raumvolumens pro Stunde [2,3,4] entspricht.

### **5.) Frage: Kann im Herbst/Winter mit permanent geöffneten Fenstern gelüftet werden?**

**Antwort:** Nein, weil dadurch das Wohlbefinden und die Gesundheit der Schüler ebenfalls gefährdet wäre und es Energieverschwendung wäre [2,4].

### **6.) Frage: Können raumluftechnische (RLT) Anlagen schützen?**

**Antwort:** RLT-Anlagen sind in den meisten Gebäuden nicht vorhanden oder im Winter nicht mit großem Außenluftanteil betreibbar, da Frost die Anlagen beschädigen könnte. Vielen Anlagen besitzen auch keine oder nicht geeignete Filter oder geeignete Lüftungsführung [2,14].

### **7.) Frage: Kann Stoßlüften alle 45 Minuten das kontinuierliche (Quer-)Lüften ersetzen?**

**Antwort:** Nein, praktisch und theoretisch nicht [2, 10].

**Begründung:** In der Zeit zwischen den Lüftungen steigt die Konzentration von Aerosolpartikeln stetig an. Untersuchungen zeigen, dass diese sich im Klassen-Raum in Minuten komplett verteilen. Für eine Infektion relevante Partikel kämen so mit allen anwesenden Personen in Kontakt [2,7 (Video)].

**Fazit:** D.h. ab dem Schließen der Fenster verschlechtert sich die Luftqualität über 45 Minuten bis auf ein Maximum, zu dem dann ja wieder gelüftet wird. **Graphik1:** [Quelle 2]

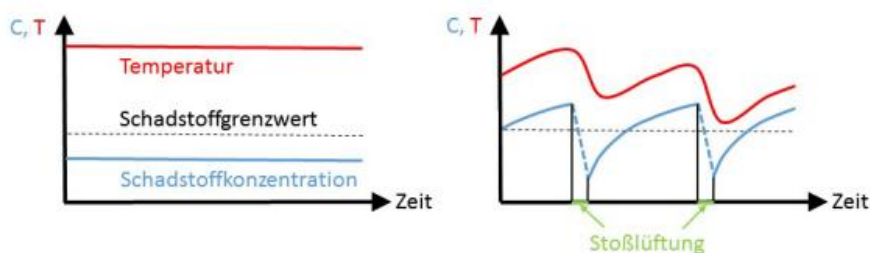


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Schadstoffkonzentration und des Temperaturverlaufes in einem Raum mit RLT Anlage (links) und Stoßlüftung (rechts)

**8.)Frage: Können CO2 Sensoren (CO2-Ampeln) anzeigen wann gelüftet werden muss?**

**Erklärung:** Durch Atmung wird CO2 freigesetzt. Die Menge von CO2 wird hier als Maß genommen wie viel im Klassenraum geatmet und damit potentiell infektiöses Aerosol freigesetzt wurde.

**Antwort:** Nein. Aufgrund der unterschiedlichen Klassenraumgrößen und der unterschiedlichen Anzahl von Schülern können diese Geräte nur einen vagen Hinweis („Anhaltspunkt“ laut UBA) auf die Luftqualität geben. Das Ausreichen der Lüftung kann hingegen gut kontrolliert werden.

**Zitat UBA:** „Die Installation von CO2 -Sensoren bedeutet allerdings nicht, dass eine CO2 -Konzentration kleiner 1000 ppm grundsätzlich vor der Infektion mit SARS-CoV-2 schützt. Umgekehrt weisen aber CO2 -Konzentrationen deutlich oder dauerhaft größer als 1000 ppm in Schulen, aber auch in Büros und Privathaushalten, auf ein unzureichendes Lüftungsmanagement mit potenziell erhöhtem Infektionsrisiko hin.“ [1]

**Fazit:** Vergleicht man die u.a. vom Umweltbundesamt (UBA) veröffentlichten Messungen der CO2 Konzentration in Schulräumen [10,11,12,13] mit der vom UBA empfohlenen Grenzwert (1000 ppm= IDA4 für niedrige Raumluftqualität) so würde dies für eine 45 min Unterrichts-Stunde praktisch bedeuten innerhalb dieser Zeit 1- bis 5-mal zu lüften (siehe Grafik2) .

Das UBA empfiehlt ohnehin auch ex verbis [10] fünfmaliges Lüften mit komplettem Luftaustausch pro Stunde!

**Grafik2:** [Quelle 13] (Presse-Video zu CO2 Ampel unter [9])

Tabelle 1								
Kohlendioxid-Konzentrationen in der Innenraumluft von Schulen während einer Unterrichtsstunde, Untersuchungsobjekt: 10 Erfurter Schulen, Untersuchungszeitraum: Heizperiode 2005/2006								
CO <sub>2</sub> -Konzentration (ppm) in einer Schulstunde	N	5. Perz.	25. Perz.	Median	75. Perz.	95. Perz.	99. Perz.	Max.
Mediane	251	882	1261	1576	2141	3069	3966	4186
95. Perzentile	251	1154	1653	2046	2685	3632	4994	4996

Methoden: Messung während 251 Schulstunden, Wechsel des Klassenraumes und der Klasse nach jeder Stunde, Erfassung von Bau- und Nutzungsmerkmalen, kontinuierliche Messung von Raumtemperatur, Luftfeuchte und CO<sub>2</sub>-Konzentration unter definierten Bedingungen (Fenster während des Unterrichts geschlossen, Lüftung nur in den Pausen), Erhebung der Anzahl an Fehltagen aller Schüler der einbezogenen Schulen. Dargestellt sind jeweils der Median und das 95. Perzentil über die Schulstunde, errechnet aus jeweils 270 Einzelwerten (Dataloggeraufzeichnung der CO<sub>2</sub>-Konzentration im 10-Sekunden-Takt). Das 95. Perzentil stellt ein Maß für den Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration innerhalb einer Schulstunde dar. Die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Außenluft betragen zwischen 330 und 400 ppm [19].

**9. Frage: Besteht eine Korrelation zwischen CO2 Gehalt der Luft und Virenkonzentration?**

**Antwort:** Nein, es besteht keine Korrelation zwischen Virenkonzentration und der CO2 Konzentration [2].

**Fazit:** Die positive Wirkung einfacher CO2 Messgeräte wird überschätzt. Dadurch entsteht das Gefühl einer falschen Sicherheit, was dazu führen kann, dass notwendige weitere Schutzmaßnahmen wie angemessene Belüftung unterbleiben.

**Technischer Lösungsansatz:**

**Zitat:** Universität der Bundeswehr, München: „Technisch lässt sich das Problem mit mobilen Raumluftreinigern oder Entkeimungsgeräten lösen, die die gefährlichen Aerosolpartikel abscheiden oder die Viren durch UV-Strahlung oder durch Kontakt mit Ladungsträgern zuverlässig inaktivieren. Das Potenzial der Geräte ist groß und sie sind sie auch verfügbar, da es in Deutschland zahlreiche Hersteller dieser Geräte gibt.“[14]

**10. Frage: Welche Parameter sind für einen mobilen Raumluftreiniger wichtig?**

**Antwort:** Volumenstrom, Abscheidegrad und Leistungsfähigkeit [2, 14].

**11. Frage: Welche Kriterien müssen erfüllt sein, damit Raumluftreiniger und Entkeimungsgeräte einen wirksamen Schutz vor einer indirekten SARS-CoV-2 Infektion in Innenräumen bieten?**

**Antwort:** Universität der Bundeswehr München, Institut Strömungsmechanik und Aerodynamik [14]:

1. Der Volumenstrom muss mindestens dem sechsfachen des Raumvolumens pro Stunde entsprechen! Für einen 80 m<sup>2</sup> großen Raum mit einem Volumen von 200 m<sup>3</sup> muss das Gerät folglich 1200 m<sup>3</sup>/h leisten oder 300 m<sup>3</sup>/h für einen Raum mit einer Fläche von 20 m<sup>2</sup>.
2. Der Filter muss bei dem benötigten Volumenstrom eine Filterleistung nach der EN 1822 aufweisen, die 99,995% der Aerosolpartikel abscheidet oder die Viren müssen mit dieser Effektivität beim einmaligen Durchlauf durch das Gerät mittels UV-Strahlung oder elektrischen Ladungen inaktiviert werden! Die beim Atmen, Sprechen, Singen und Husten erzeugten Tröpfchen und die sich daraus durch Verdunstung bildenden Tröpfchenkerne sind nur bis zu wenigen Mikrometern groß und daher können sie nur mit wirklich hochwertigen Filtern zuverlässig und effizient abgeschieden werden.
3. Das Gerät muss hinreichend geräuscharm sein, damit es im Betrieb nicht stört! Stört der Lärm, dann besteht die Gefahr, dass das Gerät ganz abgeschaltet oder nicht mit dem erforderlichen Volumenstrom betrieben wird.

**Bewertung:**

Es gibt derzeit kein schlüssiges Konzept, wie Schulen im Herbst/Winter Schüler und Lehrer vor der Übertragung von SARS-CoV-2 Infektionen durch Aerosole im Klassenraum schützen sollen. Lüften nach CO<sub>2</sub> Ampeln wird innerhalb einer Schulstunde zu erhöhtem Lüftungsfrequenzen führen. Das UBA empfiehlt ja ohnehin fünfmaliges Lüften pro Stunde, was den Unterricht erheblich stören oder aufgrund der Witterung nicht angemessen durchführbar sein wird.

Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch, dass mobile Luftreiniger eine geeignete Möglichkeit darstellen, die Aerosolkonzentration in einem Raum innerhalb kurzer Zeit überall auf ein geringes Maß zu reduzieren. Damit stellen Raumluftreiniger mit großem Volumenstrom und hochwertigen Filtern der Klasse H14 eine sehr sinnvolle technische Lösung dar, um in Schulen, die indirekte Infektionsgefahr durch Aerosole stark zu verringern. Sie können/sollen aber auch in Gebäuden mit raumlufttechnischen Anlagen oder auch bei Lüftung durch Fenster unterstützend eingesetzt werden.

Es ist so kein 100%iger Schutz zu garantieren, sehr wohl jedoch eine erhebliche Reduktion des potentiellen Risikos.

Auch die ursprünglich angezweifelte Wirkung des Tragens von Alltagsmasken hat sich in verschiedenen Metastudien alleinig durch Reduktion der Keimzahl bestätigt.

Diese Analogie ist auch hier zu ziehen.

Selbst bei einer nicht optimalen Auslegung des mobilen Luftreinigers bezüglich Leistungsfähigkeit oder Orientierung im Raum, ist durch die Reduktion der infektiösen Partikel von einer erheblichen Reduktion des Infektionsrisikos auszugehen.

Denn neben der individuellen Konstitution und Gesundheit ist die Anzahl infektiöser Partikel ausschlaggebend für eine Infektion oder Nicht-Infektion.

Erste, gute Ansätze und Betrachtungen für ein mögliches Konzept finden sich bei Kähler et al. [14].

Quellen:

- [1] Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren, Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt.  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/irk\\_stellungnahme\\_lueften\\_sars-cov-2\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/irk_stellungnahme_lueften_sars-cov-2_0.pdf)
- [2] Kähler CJ, Fuchs T, Hain R (2020) Können mobile Raumluftreiniger eine indirekte SARS-CoV-2 Infektionsgefahr durch Aerosole wirksam reduzieren? DOI: 10.13140/RG.2.2.27503.46243  
<https://www.unibw.de/lrt7/raumluftreiniger.pdf> , <https://youtu.be/3Y3KEIUdFFU>
- [3] Kähler CJ, Fuchs T, Hain R (2020) Quantifizierung eines Viomed Klinik Akut V 500 Entkeimungsgerätes zur Reduzierung der indirekten SARS-CoV-2 Infektionsgefahr durch Aerosolpartikel.  
<https://www.unibw.de/lrt7/entkeimungsgeraet.pdf>
- [4] Kähler CJ, Fuchs T, Mutsch B, Hain R (2020) Schulunterricht während der SARS-CoV-2 Pandemie – Welches Konzept ist sicher, realisierbar und ökologisch vertretbar?  
<https://www.unibw.de/lrt7/schulbetrieb-waehrend-der-pandemie.pdf>
- [5] Technische Regeln für Arbeitsstätten, Lüftung, ASR A3.6, Januar 2012
- [6] Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, Umweltbundesamt, Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, August 2008
- [7] Coronavirus: Richtig lüften will gelernt sein.  
<https://www.tu-berlin/ueber-die-tu-berlin/profil/pressemitteilungen-nachrichten/2020/august/coronavirus-richtig-lueften-will-gelernt-sein/>
- [8] Hartmann A , Kriegel M , Hermann-Rietschel-Institut der TU Berlin, Parameterstudie zur Risikobewertung in Innenräumen durch virenbeladene Aerosole  
[https://blogs.tu-berlin.de/hri\\_sars-cov-2/wp-content/uploads/sites/154/2020/07/hartmann\\_kriegel\\_2020\\_parameterstudie.pdf](https://blogs.tu-berlin.de/hri_sars-cov-2/wp-content/uploads/sites/154/2020/07/hartmann_kriegel_2020_parameterstudie.pdf)
- [9] <https://www.ardmediathek.de/ndr/video/hamburg-journal/wie-co2-messgeraete-in-schulen-vor-corona-schuetzen/ndr-hamburg/Y3JpZDovL25kci5kZS8yOWJlZTc4OC02MWMwLTQyNWQtODUzMC00MTEwNmNiMzA0OTk/>
- [10] <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/richtiges-lueften-reduziert-risiko-der-sars-cov-2>
- [11] Gesunde Luft in Schulen – Teil 2 Beurteilung der CO<sub>2</sub>-Konzentration und der thermischen Behaglichkeit in Klassenräumen 57 Prävention in NRW Prävention in NRW | 57 Gesunde Luft in Schulen – Teil 2  
[https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/praevention\\_in\\_nrw/PIN\\_57\\_Gesunde\\_Luft\\_in\\_Schulen\\_II.pdf](https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/praevention_in_nrw/PIN_57_Gesunde_Luft_in_Schulen_II.pdf)
- [12] 151 Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 75 (2015) Nr. 4 - April Innenraumluft Methode zur Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in Klassenräumen anhand empirisch ermittelter Daten und Vorschläge für Lüftungsmaßnahmen  
[https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/PDF\\_2015/CO2-Abschaetzung.pdf](https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/PDF_2015/CO2-Abschaetzung.pdf)
- [13] Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2008 · 51:1358–1369 DOI 10.1007/s00103-008-0707-2  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kohlendioxid\\_2008.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kohlendioxid_2008.pdf)
- [14] Entkeimungsgeräte für Innenräume worauf ist bei der Anschaffung zu achten?  
<https://www.unibw.de/home/news/entkeimungsgeraete-fuer-innenraeume>