

MITTEILUNGSVORLAGE

Anlage 5

			Vorlage-Nr.: M 21/0129
42 - Amt für Schule, Sport und Kindertagesstätten			Datum: 11.03.2021
Bearb.:	Gattermann, Sabine	Tel.: -116	öffentlich
Az.:			

Beratungsfolge	Sitzungstermin	Zuständigkeit
Ausschuss für Schule und Sport	17.03.2021	Anhörung

Prüfauftrag "Verminderung der Virenlast in Klassenräumen" des Hauptausschusses vom 22.02.2021

Sachverhalt:

Der Hauptausschuss hat in der Sitzung vom 22.02.21 beschlossen:

„Die Verwaltung wird beauftragt, die technischen Möglichkeiten, die notwendigen Investitionen und mögliche laufende Kosten unter Einbeziehung von Fördermitteln sowie den Zeithorizont für die Installation von

- a) CO2-Ampeln
- b) Luftfiltern mit H14-HEPA-Filtern

In den Schulräumen der städtischen Schulen und den Räumen der städtischen Kitas zu prüfen. Für die Schulen soll das (Zwischen-)ergebnis in der nächsten Sitzung des Ausschusses für Schule und Sport im März auf die Tagesordnung gesetzt werden. Für die Kitas soll das (Zwischen-)ergebnis in der nächsten Sitzung des Jugendhilfeausschusses auf die Tagesordnung gesetzt werden“

Aufgrund dieses Prüfauftrags haben die beiden zuständigen Ämter (Amt für Gebäudewirtschaft und Amt für Schule, Sport und Kindertagesstätten) zunächst die auszustatten Räume ermittelt. Um hier zu einer Vereinfachung zu gelangen, wurden die Räumlichkeiten gemäß der Raumprogrammrichtwerte angesetzt. Sollte es tatsächlich zu einer Umsetzung kommen müssten die Räumlichkeiten jeder einzelnen Schule genau ermittelt werden. Bei den Kitas wurde die Anzahl der Gruppen zu Grunde gelegt.

Um die Kosten überschlagen zu können und aufgrund der Kürze der Zeit, bot sich dieses Verfahren an.

Nicht gelöst ist aktuell folgendes Problem:

Zur Nutzung der Luftfilter im Bereich der Kita-Räume sind uns keine Geräte bekannt, die die Sicherheitsanforderungen für den Betrieb in der Kita erfüllen. Die Geräte haben offene Eingriffsöffnungen und die Bedienelemente sind für die Kinder frei zugänglich. Damit entsprechen die Geräte nicht den Sicherheitsvorschriften für den geregelten Betrieb.

Wir haben dies in den folgenden Berechnungen ignoriert.

Sachbearbeiter/in	Fachbereichsleiter/in	Amtsleiter/in 	mitzeichnendes Amt (bei über-/ außerplanm. Ausgaben: Amt 11)	Stadtrat/Stadträtin 	Oberbürgermeisterin
-------------------	-----------------------	-------------------	--	-------------------------	---------------------

Grundschulen

	2-zügig	3-zügig	4-zügig
Unterrichtsräume / Räume OGGS (Klassenräume, Differenzierungsräume, Fachräume, Räume für OGGS)	25	32	39
Verwaltungsräume	15	15	15
Summe	40	47	54
Anzahl Schulen	5	5	2
Gesamt	200	235	108

Für den Bereich der Grundschulen ergibt sich somit eine Summe in Höhe von 543 Schulräumen.

Gemeinschaftsschulen

	3-zügig	4-zügig
Unterrichtsräume / Räume OGS (Klassenräume, Differenzierungsräume, Fachräume, Räume für OGS)	62	72
Verwaltungsräume	25	26
Summe	87	98
Anzahl Schulen	3	1
Gesamt	261	98

Für den Bereich der Gemeinschaftsschulen ergibt sich somit eine Summe in Höhe von 359 Schulräumen.

Gymnasien

	4-zügig
Unterrichtsräume / Räume OGS (Klassenräume, Differenzierungsräume, Fachräume, Räume für OGS)	72
Verwaltungsräume	30
Summe	102
Anzahl Schulen	4
Gesamt	408

Gesamt

Schulform	Anzahl Schulräume
Grundschule	543
Gemeinschaftsschule	359
Gymnasium	408
Förderzentrum	25
Gesamt	1.335

Umkleideräume Turn- und Sporthallen

Schulform	Anzahl Umkleideräume (im Durchschnitt)	Anzahl Schulen	Summe
Grundschule	5	12	60
Gemeinschaftsschule	8	4	32
Gymnasium	8	4	32
Förderzentrum	0	1	0
Gesamt			124

Städtische Kitas

Einrichtung	Gruppenräume (ggf. + Schlaf- räume)	jeweils ein Funktionsraum	jeweils ein Mit- arbeiteraum	Summe
Tannenhof Siedler- weg	5	1	1	7
Tannenhof Schil- lerstr.	4 + 4	1	1	10
Forstweg	7 + 1	1	1	10
Friedrichsgabe	7 + 3	1	1	12
Storchengang	6 + 2	1	1	10
Wichtelhöhle	6 + 4	1	1	12
Pellworminsel	6 + 1	1	1	9
Hort Pellwormstr.	4	1	1	6
Sternschnuppe	4	1	1	6
Ministerne	3 + 3		1	7
(Buchenweg)	(4 + 4)	(1)	(1)	(10)
Summe				89 (99)

Kosten

Insgesamt

	Durchschnittliche Kosten pro Stück	Anzahl der Räume	Gesamtkosten
Luftfilter mit H14- HEPA-Filtern *	3000 €	1548	4.644.000 €
CO2 Ampel	150 €	1548 minus bereits vorhandene CO2 Ampeln (169) = 1379	206.850 €

* Benötigt wird ein sechsfacher Luftwechsel, für einen Klassenraum bedeutet dies: der Filter muss 165 Kubikmeter (60 qm x 2,75 m Höhe) 6 mal pro Stunde umwälzen um ein akzeptables Ergebnis zu erzielen. Die angenommenen Kosten pro Stück basieren auf einer Internet-Recherche. Die wirklichen Kosten würden sich erst nach einer Ausschreibung ergeben.

Schulen einschließlich Sporthallen

	Durchschnittliche Kosten pro Stück	Anzahl der Räume	Gesamtkosten
Luftfilter mit H14- HEPA-Filtern *	3000 €	1459	4.377.000 €
CO2 Ampel	150 €	minus bereits vor- handene CO2 Am- peln (169) = 1290	193.500 €

Städtische Kitas

	Durchschnittliche Kosten pro Stück	Anzahl der Räume	Gesamtkosten
Luftfilter mit H14- HEPA-Filtern *	3000 €	89	267.000 €
CO2 Ampel	150 €	89	13.350 €

Laufende Kosten für die Luftfilter mit H14-HEPA-Filtern

Für den Betrieb der Geräte sind folgende Betriebskosten zu berücksichtigen:

- Stromverbrauch
- Elektrische Prüfung der Geräte 1x im Jahr
- Wartung, Reinigung und Filtertausch
- Beschädigungen durch unsachgemäßen Gebrauch

Stromverbrauch:

Beispielhaft wurde das Lüftungsgerät der Firma Trotec TAC V+ als Berechnungsgrundlage genommen. Es handelt sich um das Gerät, welches in dem Gutachten Universität der Bundeswehr München als Reverenz Gerät genutzt worden ist.

Der Stromverbrauch des Gerätes wird vom Hersteller mit Thermo-Dekontamination des HEPA Filters mit 0,18 kWh angegeben.

Es wurden folgende Randparameter für Schulen angenommen:

- Nutzung im Mittel 6 Stunden pro Tag
- Im Schuljahr 2021 sind an ca. 195 Tagen Schulunterricht.
- Die Stadt zahlt an die Stadtwerke einen Strompreis von 0,33 Euro/kW
- Es sind 1.459 Geräte an den Schulen in Betrieb

$1.459 \times 0,18 \times 6 \times 195 = 307.265,40$ kW Stromverbrauch pro Jahr

$307.265,40 \text{ kW} \times 0,33 \text{ Euro / kW} = \mathbf{101.397.- \text{ Euro pro Jahr}}$

Es wurden folgende Randparameter für die Kitas angenommen:

- Nutzung im Mittel 10 Stunden pro Tag
- Die Kitas sind an ca. 251 Tagen im Jahr geöffnet.
- Die Stadt zahlt an die Stadtwerke einen Strompreis von 0,33 Euro/kW
- Es sind 99 Geräte an den Kitas in Betrieb

$99 \times 0,18 \times 10 \times 251 = 44.728,20$ kW Stromverbrauch pro Jahr

$44.728,20 \text{ kW} \times 0,33 \text{ Euro / kW} = \mathbf{14.760.- \text{ Euro pro Jahr}}$

Gesamtmehrstrombedarf Kita + Schule bei 1548 Raumlufffiltern: **116.157.- Euro**

Elektrische Prüfung der Geräte 1x im Jahr:

Schule: $1.459 \text{ Geräte} \times 3,57 \text{ Euro} = 5.208,63 \text{ Euro pro Jahr}$

Kita: $99 \text{ Geräte} \times 3,57 \text{ Euro} = 353,43 \text{ Euro pro Jahr}$

Gesamtkosten: $5.208,63 + 353,43 = \mathbf{5.562,06 \text{ Euro pro Jahr}}$ für die elektrische Sicherheitsüberprüfung.

Wartung, Reinigung und Filtertausch:

Die Wartungspreise können nur grob geschätzt werden, da diese vom Gerätetyp und Hersteller sehr unterschiedlich sind. Die bei der Stromberechnung zugrunde gelegten Geräte der Firma Trotec müssen 2x jährlich den Vorfilter gewechselt bekommen.

Weiterhin sind folgende Wartungsintervalle zu beachten:

Wartungsintervalle

Wartungs- und Pflegeintervall	vor jeder Inbetriebnahme	bei Bedarf	mindestens alle 4 Wochen	mindestens alle 6 Monate	mindestens jährlich	TAC V+ 4.000 Betriebsstunden / 2-3 Jahre*	TAC M 2.000 Betriebsstunden / 1-2 Jahre**
Luftfilter, Ansaug- und Ausblasöffnungen auf Verschmutzungen und Fremdkörper prüfen, ggf. reinigen	X						
Außen- und Innenreinigung		X			X		
Sichtprüfung des Geräteinneren auf Verschmutzungen		X	X				
H14 Filter austauschen						X	X
H7 Filter austauschen				X			
Auf Beschädigungen prüfen	X						
Sicherheitstemperaturbegrenzer überprüfen					X		
Befestigungsschrauben prüfen		X			X		
Probelauf					X		

* mit Thermodekontamination

** ohne Thermodekontamination

Die Firma Trotec bietet ein Wartungsservice pro Gerät und Jahr für 1.307,81 Euro an. Bei 1.548 Geräten in Norderstedt wird sich der Preis reduzieren. Zur überschläglichen Berechnung der Betriebskosten gehen wir derzeit von ca. 800.- Euro pro Jahr und Gerät aus. Der genaue Preis kann nur durch eine Ausschreibung ermittelt werden.

Wartung, Reinigung und Filtertausch

Schule: 1.459 Geräte x 800.- Euro = 1.167.200.- Euro pro Jahr

Kita: 99 Geräte x 800.- Euro = 79.200.- Euro pro Jahr

Gesamtkosten: 1.167.200 + 79.200 = **1.246.400.- Euro pro Jahr** für Wartung, Reinigung und Filtertausch.

Beschädigungen durch unsachgemäßen Gebrauch

Als Annahme haben wir einmal konservativ festgelegt, das pro Jahr 3 Geräte durch unsachgemäßen Gebrauch beschädigt werden, so dass diese ausgetauscht werden müssen.

3 x 4000 Euro = **12.000 Euro pro Jahr**

Gesamtbetriebskosten pro Jahr:

Stromverbrauch	116.157.- Euro
Elektrische Prüfung der Geräte 1x im Jahr	5.562.- Euro
Wartung, Reinigung und Filtertausch	1.246.400.- Euro
Beschädigungen durch unsachgemäßen Gebrauch	12.000.- Euro

Gesamtbetriebskosten pro Jahr (Schulen + Kita) 1.380.119.- Euro

Stromnetze der Gebäude:

Zu den Stromnetzen in den Gebäuden können keine pauschalen Aussagen getroffen werden. Die Netze sind in den Gebäuden sehr unterschiedlichen Alters. Auch sind die Zuleitungen von den Unterverteilungen in die Klassenräume an jedem Gebäude unterschiedlich aufgebaut. Das bedeutet, dass in den Gebäuden unterschiedlich viele Räume durch die Unterverteilungen versorgt werden.

Es lässt sich jedoch sagen, dass die Schulen für einen Betrieb von zusätzlichen gleichzeitig laufenden Raumluftfiltergeräten nicht ausgelegt sind. Auch wenn die Beleuchtung durch Umstellung auf LED-Betrieb Strom einspart. Sind in den Klassen heute erheblich mehr Verbraucher in Betrieb (Beamer, Leinwände, Lautsprecher, Dokumentenkameras, Lehrer Computer, Schüler Tablets) als zum Zeitpunkt der Auslegung der Stromnetze vorgesehen war.

Durch die unterschiedlichen Gebäude kann hier aber keine belastbare Aussage getroffen werden. Hierzu müsste jede Klasse in jeder Schule einzeln begangen und geprüft werden. Diese Untersuchung kann derzeit personell nicht gewährleistet werden. Eine Untersuchung durch eine Elektrofirma würde mehrere 10.000 Euro kosten und müsste vor Vergabe ausgeschrieben werden.

Wenn diese Untersuchung ausgeschrieben und durchgeführt werden soll, bitten wir um Hinweis durch die Politik. Die Kosten hierfür würde den Bauunterhalt der Gebäude mindern.

Fördermittel

Aktuell sind der Verwaltung keine Fördermittel bekannt, die beantragt werden könnten. Die Antragsfrist für das Hygieneprogramm des Landes ist abgelaufen. Die Stadt aus diesem Programm insgesamt 154.000 € beantragt. Im Zuge der Beantragung wurden alle Schulen nach ihren Bedarfen befragt.

Bisheriges Vorgehen der Verwaltung

Hinsichtlich der Frage der Lüftung der Klassenräume zur Minimierung der Virenlast an den Schulen folgt die Verwaltung der Empfehlung des Bildungsministeriums, welches zur Reduzierung der Virenlast in den Klassenräumen regelmäßiges Lüften als ausreichende Maßnahme vorsieht. Diese Empfehlungen des Bildungsministeriums hinsichtlich der regelmäßigen Lüftung ist für die Schulen bindend. Maßnahmen wie CO₂-Ampeln und mobile Lüftungsanlagen sind lediglich zusätzlich denkbar. Siehe dazu auch die **Anlagen 1 - 3**:

- Empfehlung des Landes Schleswig-Holstein zur Lufthygiene in Unterrichtsräumen in Schulen und vergleichbaren Bildungseinrichtungen während der SARS-CoV-2-Pandemie.
- Empfehlungen des Umweltbundesamtes zum Einsatz von mobilen Luftreinigern als Lüftungsunterstützende Maßnahme bei SARS-CoV-2 in Schulen, Mobile Luftreiniger in Schulen: Nur im Ausnahmefall sinnvoll.
- Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt: Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren

Aktuell ist davon auszugehen, dass folgende Maßnahmen, die Wiederaufnahme des Schul- und Kitabetriebs begleiten werden:

- Hygienepläne der Schulen und Kitas (insbesondere regelmäßiges Lüften),

- verpflichtender medizinischer Mund- und Nasenschutz für Lehrer*innen und Schüler*innen, pädagogisches Personal in den Kitas,
- regelmäßige Testungen,
- vorgezogene Impfung der Beschäftigten in Schulen und Kitas (Prio-Gruppe II).

Anlagen:

- Empfehlung des Landes Schleswig-Holstein zur Lüfthygiene in Unterrichtsräumen in Schulen und vergleichbaren Bildungseinrichtungen während der SARS-CoV-2-Pandemie = Anlage 1
- Empfehlungen des Umweltbundesamtes zum Einsatz von mobilen Luftreinigern als Lüftungsunterstützende Maßnahme bei SARS-CoV-2 in Schulen, Mobile Luftreiniger in Schulen: Nur im Ausnahmefall sinnvoll = Anlage 2
- Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt: Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren = Anlage 3

Empfehlung zur Lüfthygiene in Unterrichtsräumen in Schulen und vergleichbaren Bildungseinrichtungen während der SARS-CoV-2-Pandemie

Vorbemerkung

Aufgrund der in Schleswig-Holstein angeordneten Maßnahmen zur Bekämpfung der Ausbreitung des neuartigen Coronavirus SARS-CoV-2 werden an die Durchführung von Unterricht in Schulen und vergleichbaren Bildungseinrichtungen erhöhte Hygiene- und Verhaltensanforderungen gestellt.

Bei einer Übertragung mittels Tröpfcheninfektion können bei verschiedenen Erregern Aerosole eine Rolle spielen. Aerosole sind Tröpfchenkerne (sehr kleine Partikel < 5 Mikrometer), die längere Zeit in der Luft schweben können.

Grundsätzlich können sich von Menschen abgegebene Partikel im Raum verteilen und auf diese Weise zu Erreger-Übertragungen führen.

In Innenräumen besteht dann ein erhöhtes Risiko einer Aerosolbildung, wenn viele Personen in nicht ausreichend belüfteten Innenräumen zusammenkommen und es verstärkt zur Produktion und Anreicherung von Tröpfchenkernen kommt. Das passiert insbesondere beim Sprechen mit steigender Lautstärke, aber auch beim Singen oder bei sportlicher Aktivität.

Aufgrund der Möglichkeit von Erregerübertragungen im Zusammenhang mit Aerosolbildung ist das **Lüften (Frischlufzufuhr und Luftaustausch) in Innenräumen** eine zentrale Maßnahme zur Minimierung des Infektionsrisikos.

Generell können Aerosole durch folgende Maßnahmen verringert werden:

- regelmäßiges Lüften, bei Fensterlüftung als Querlüftung
- erhöhte Frischlufzufuhr bei raumlufttechnischen Anlagen, ggf. Einsatz von wirksamen Filtern

Umfangreiche Informationen und Hinweise zur Lüftung und zu zentralen Lüftungs- und Klimaanlage zur Reduktion von Aerosolen in Innenräumen gibt die mit dem RKI abgestimmte Stellungnahme der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes

Die notwendige Frischlufzufuhr kann in Schulgebäuden auf unterschiedlichem Weg gewährleistet werden: ausschließlich Fensterlüftung, Fensterlüftung mit Unterstützung einer raumlufttechnischen Anlage (RLT-Anlage) (oder umgekehrt) oder ausschließlich über eine RLT-Anlage. RLT-Anlagen können außerdem mit einer Klimaanlage gekoppelt sein.

Empfehlungen

Zur Sicherstellung einer hygienisch einwandfreien Innenraumluft in Unterrichtsräumen werden folgende Hinweise gegeben:

Empfehlungen an Lehrkräfte, Lernende und sonstige Nutzende von Unterrichtsräumen mit Fensterlüftung:

- Es ist regelmäßig und richtig zu lüften, so dass ein vollständiger Austausch der Innenraumluft stattfindet:
- Hierfür sind die Fenster vollständig zu öffnen, so dass ein Stoß- beziehungsweise Querlüften („Durchzug“) erfolgen kann. Das Lüften kann durch gleichzeitiges Öffnen der Klassenzimmertür noch intensiviert werden. Aus Sicherheitsgründen verschlossene Fenster sollten für das Lüften unter Aufsicht einer Lehrkraft geöffnet werden.
- Die Dauer des Lüftens richtet sich nach der Außentemperatur: Je größer der Temperaturunterschied zwischen innen und außen ist, desto schneller erfolgt der Luftaustausch. Die Lüftungsdauer sollte zwischen 5 und 15 Minuten betragen.
- Ein Lüften über zeitweilig gekippte Fenster ist nicht ausreichend.
- Das Lüften hat im Nutzungszeitraum mehrmals täglich, jedoch mindestens alle 45 Minuten, in jeder Pause und vor jeder Schulstunde zu erfolgen. Je nach Raumbelastung sollte zusätzlich während der Schulstunde ebenfalls gelüftet werden.
- Es hat sich bewährt, für die Durchführung des regelmäßigen Lüftens in jeder Klasse einzelne Personen (zum Beispiel Schülerinnen / Schüler) mit dieser Aufgabe zu betrauen.
- Um einen Indikator für weiteres erforderliches Lüften zu haben, können sogenannte Lüftungsampeln eingesetzt werden. Eine Lüftungsampel misst den Kohlendioxidgehalt der Raumluft. Je nach Funktionsweise zeigt eine Lüftungsampel einen steigenden Kohlendioxidgehalt (CO₂) beispielsweise durch Änderung der Farbe von grün über gelb nach rot an. Spätestens wenn Rot aufleuchtet, sollte gelüftet werden. Dadurch wird nicht nur der CO₂-Gehalt in einem Unterrichtsraum regelmäßig reduziert, sondern auch die Belastung durch Luftfeuchtigkeit und Aerosole.
- Der Einsatz von CO₂-Sensoren zum Erkennen eines Lüftungsbedarfs und das richtige Lüften sind sinnvoller als die Anschaffung mobiler Lüftungsgeräte.
- Durch adäquates Lüftungsverhalten wird eine ausreichende Luftqualität sichergestellt.
- Bezüglich der Schaffung von Bedingungen einer adäquaten Lufthygiene ist die Anlage „Richtig Lüften in der Schule“ zu beachten.

Empfehlungen an Schulträger, Dienstleister und sonstiges Personal in Bildungseinrichtungen mit Raumluftechnischen Anlagen:

Folgende zentrale Aussage der Stellungnahme der Innenraumluftkommission ist zu beachten:

„Der Einsatz von mobilen Luftreinigern mit integrierten HEPA-Filtern in Klassenräumen reicht nach Ansicht der IRK nicht aus, um wirkungsvoll über die gesamte Unterrichtsdauer Schwebepartikel (zum Beispiel Viren) aus der Raumluft zu entfernen. Dazu wäre eine exakte Erfassung der Luftführung und -strömung im Raum ebenso erforderlich, wie eine gezielte Platzierung der mobilen Geräte. Auch die Höhe des Luftdurchsatzes müsste exakt an die örtlichen Gegebenheiten und Raumbelastung angepasst sein.“

- Eine Lüftung im Sinne der Anlage „Richtig Lüften in der Schule“ ist der Anschaffung der mobilen Raumlufreiniger vorzuziehen.

- Der Einsatz mobiler Raumlufreiniger ist als ergänzende Maßnahme unter der Voraussetzung denkbar, dass diese **durch einen Sachverständigen** ausgewählt, korrekt positioniert, auf die örtlichen Umgebungsbedingungen eingestellt und regelmäßig überprüft werden.
- Können aufgrund baulicher Maßnahmen Fenster in einem Raum dauerhaft nicht geöffnet werden, ist zu prüfen, ob und wie dieser Zustand ohne große bauliche Veränderung beseitigt werden kann. Sofern keine Lösung für eine Fensterlüftung erreicht werden kann, ist dieser Raum für einen Unterrichtsbetrieb nicht geeignet, es sei denn, es ist eine effektive und ordnungsgemäß betriebene RLT-Anlage (Lüftungsanlage) vorhanden.
- In diesem Fall ist sicherzustellen, dass die RLT-Anlage nicht als potenzielle Verbreitungsquelle für Viren, Bakterien und Schimmelpilzsporen dienen kann (keine Lüftung im Umlauf, sondern durch Ziehen von Außenluft, regelmäßige Wartung gem. VDI 6022).
- Insbesondere größere raumluftechnische Anlagen sollten hinsichtlich Belastung und Verbreitung von mikrobiologischen Komponenten (zum Beispiel Krankheitserregern in Aerosolen) vor Ort bewertet und Risiken minimiert werden.

Weiterführende Informationen

Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden:

Probleme mit Luftverunreinigungen in Innenräumen von Schulen sind bereits seit vielen Jahren bekannt (siehe Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden des Umweltbundesamtes). Eine mangelhafte Innenraumlufthygiene lässt sich auf viele Ursachen zurückführen, beispielsweise auf Mängel und Fehler in der Lüftungstechnik, im unsachgemäßen Lüftungsverhalten oder durch Verwendung von Bauprodukten, Einrichtungsgegenständen oder Reinigungsprodukten, die chemische Stoffe in die Raumluf abgeben. Daneben können Probleme durch mikrobielle Faktoren auftreten.

Maßgebend für die Erneuerung der Luft in einem Raum ist die Luftwechselzahl. Der erforderliche Luftwechsel ist unter anderem abhängig von der Anzahl der sich in einem Raum befindlichen Personen und von der Art der Tätigkeiten, die diese ausüben. Bei einer üblichen Klassenraumbelegung ist ein mehrfacher Luftwechsel pro Stunde erforderlich, um das von den Lehrkräften und Lernenden beim Ausatmen produzierte CO₂ aus der Raumluf in ausreichendem Maße abzuführen.

Zur Bewertung der hygienischen Qualität der Innenraumluf wird häufig der CO₂-Gehalt herangezogen. Eine CO₂-Konzentration unter 1000 ppm (part per million) gilt als unbedenklich. Bei einem Wert zwischen 1000 und 2000 ppm sollten Lüftungsmaßnahmen intensiviert werden. Ein Wert über 2000 ppm gilt als hygienisch inakzeptabel und kann bei den Raumnutzern vor allem erhöhte Müdigkeit und nachlassende Konzentration zur Folge haben.

Der Gehalt an CO₂ in der Raumluf lässt sich mit Hilfe einer CO₂-Ampel während des Unterrichts leicht überwachen, da diese anzeigt, wann spätestens ein gründliches Lüften notwendig ist. Die Bedeutung eines regelmäßigen Luftwechsels in Unterrichtsräumen wird durch Untersuchungen an Schulen belegt, die zeigen, dass je nach Raumbelugung und Lüftungsverhalten der Wert von 1000 ppm schnell überschritten wird, vor allem wenn keine RLT-Anlage vorhanden ist (zum Beispiel in der Studie „Raumlufuntersuchungen in öffentlichen Gebäuden in Schleswig-Holstein“ des Landesamtes für soziale Dienste).

Neben CO₂ erhöht sich durch die Atmung auch die Luftfeuchtigkeit in der Innenraumluf und damit auch der Gehalt an Aerosolen. Ein regelmäßiger Luftaustausch durch vollständiges Öffnen

von Fenstern oder durch den ordnungsgemäßen Betrieb einer RLT-Anlage sorgt also neben der Abfuhr von CO₂ und anderen chemischen Luftbelastungen auch dafür, dass die Luftfeuchtigkeit beziehungsweise der Gehalt an Aerosolen in der Raumluft nicht deutlich ansteigt.

Wird das SARS-CoV-2 über zentrale Lüftungsanlagen oder zentrale Klimaanlage übertragen?

Hierzu äußert sich das Umweltbundesamt wie folgt:

„Es gibt bisher noch keine gesicherten Erkenntnisse, wie lange das neue SARS-Coronavirus-2 in Aerosolen in der Luft infektiös ist. Verwandte Coronaviren sind aber je nach Umweltbedingungen nach einigen Stunden in der Luft noch infektiös. Erste Laboruntersuchungen, die aber nicht mit Praxisbedingungen vergleichbar sind, zeigen dies auch für SARS CoV-2. Daher ist es grundsätzlich denkbar, dass diese Viren über Lüftungsanlagen übertragen werden können. Auch bei dem Ausbruch des SARS-Erregers 2002/2003 wurde in einigen Fällen aufgrund von Modellierungen vermutet, dass er über zentrale Lüftungseinrichtungen im Gebäude verteilt und übertragen wurde.

Bei zentralen Lüftungs- und zentralen Klimaanlage ist die regelmäßige Wartung und Kontrolle der Anlagen sehr wichtig, um beispielsweise Fehlströmungen zu vermeiden. Wenn die Luftführung konsequent getrennt voneinander erfolgt, so dass die in einem Raum abgesaugte Luft nur indirekt mit der Zuluft über einen Wärmeüberträger in Kontakt steht und nicht in andere Räume gelangen kann, besteht kein Risiko der Übertragung von Viren im Gebäude. Durch falsche Planung oder unzureichende Wartung können aber Fehlströmungen auftreten, die dazu führen, dass Abluft aus einem Gebäudebereich als Zuluft in einen anderen Gebäudebereich gelangen kann. In solchen Fällen kann eine Verbreitung von Viren über die Anlage nicht ausgeschlossen werden. Die WHO hält dies aber für SARS CoV-2 für sehr unwahrscheinlich und noch nicht belegt.“

(abgerufen am 29.09.2020)

Hinweise zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.):

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung hat für Innenraumarbeitsplätze Anforderungen an RLT-Anlagen zusammengestellt. Darin wird darauf hingewiesen, dass Anforderungen an Planung, Ausführung, Abnahme, Betrieb und Instandhaltung von RLT-Anlagen zur Sicherung eines hygienisch einwandfreien Zustandes unter anderem in den Normen DIN EN 13779 und DIN EN 12599 sowie in der Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 enthalten sind. So ist eine raumlufttechnische Anlage einschließlich aller Komponenten wie Luftfilter, Luftbefeuchter und ähnliches regelmäßig durch entsprechend geschultes Personal bezüglich Einhaltung der Hygieneanforderungen zu kontrollieren und zu warten. Außerdem ist ein Betriebsbuch mit Dokumentation über hygienische Überprüfung, Reinigung und Desinfektion sowie regelmäßiger Wartung zu führen.

Mobile Luftreiniger in Schulen: Nur im Ausnahmefall sinnvoll

Empfehlungen des Umweltbundesamtes zum Einsatz von mobilen Luftreinigern als Lüftungsunterstützende Maßnahme bei SARS-CoV-2 in Schulen

Anlage 2
zu Vorlage
M 21/0129

1 Ausgangslage

Vor dem Hintergrund einer möglichen Übertragung des SARS-CoV-2-Virus über Aerosole in Klassenräumen werden mobile Luftreinigungsgeräte (d.h. frei im Raum aufstellbare Geräte) derzeit diskutiert als Ergänzung für das Lüften mit Außenluft (über Fenster oder raumluftechnische Anlagen), um virushaltige Aerosolpartikel aus der Luft zu entfernen.

Das Umweltbundesamt steht einem generellen Einsatz mobiler Luftreinigungsgeräte jedoch kritisch gegenüber und hält ihn lediglich in Ausnahmefällen als zusätzliche Maßnahme für gerechtfertigt.

Denn die Wirksamkeit der mobilen Luftreinigungsgeräte in Hinblick auf die Reduzierung von SARS-CoV-2-Viren ist in vielen Fällen bislang nicht eindeutig nachgewiesen. Zudem beseitigen mobile Luftreiniger nicht die in Unterrichtsräumen übliche Anreicherung von Kohlendioxid (CO₂), Luftfeuchte und diversen chemischen, teils geruchsaktiven Substanzen.

2 Priorisierung der Lüftungsmaßnahmen an Schulen aus Sicht des UBA

Das Umweltbundesamt empfiehlt, Lüftungsmaßnahmen an Schulen in folgender Rangfolge zu betrachten.

1. In Schulen mit raumluftechnischen (RLT-)Anlagen sollen für die Dauer der Pandemie die Frischluftzufuhr erhöht werden, und die Betriebszeiten der Anlagen verlängert werden. Arbeitet die Anlage mit Umluft ist der Einbau zusätzlicher Partikelfilter (Hochleistungsschwebstofffilter H 13 oder H 14) zu erwägen.
2. In Schulen ohne RLT-Anlagen (schätzungsweise 90 % der Schulen) soll intervallartig über weit geöffnete Fenster gelüftet werden, wie in der gemeinsam mit der Kultusministerkonferenz (KMK) verfassten UBA-Handreichung zum Lüften in Schulen vom 15.10.2020

beschrieben. Diese Maßnahmen sind rasch und einfach umsetzbar und bieten einen wirksamen Schutz, weil die Außenluft nahezu virenfrei ist. Die im Winter unvermeidliche Abkühlung der Raumluft durch Stoßlüften hält nur für wenige Minuten an und ist aus medizinischer Sicht unbedenklich. CO₂-Sensoren können als Orientierung dienen, ob und wie rasch die Frischluftzufuhr von außen gelingt.

3. Sofern sich Fenster in Klassenräumen nicht genügend öffnen lassen, sollte geprüft werden, ob durch den Einbau einfacher ventilatorgestützter Zu- und Abluftsysteme (z. B. in Fensteröffnungen) eine ausreichende Außenluftzufuhr erreicht werden kann.

Sind die Maßnahmen unter 1 bis 3 nicht anwendbar, ist ein Raum aus innenraumhygienischer Sicht nicht für den Unterricht geeignet. Sollen solche Räume dennoch zum Unterricht genutzt werden, kann der Einsatz mobiler Luftreinigungsgeräte erwogen werden.

3 Welche mobilen Luftreiniger werden angeboten?

- A) Durchsatzgeräte mit Hochleistungsschwebstofffiltern (HEPA-Filterklassen H13 oder H14)
- B) Durchsatzgeräte mit Aktivkohlefiltern oder elektrostatischen Filtern
- C) Geräte mit Inaktivierung von Viren durch UV-C-Technik
- D) Luftbehandlung mittels Ozon, Plasma oder Ionisation
- E) Kombination mehrerer Verfahren

Die Nutzung von Schwebstofffiltern (A) zur Entfernung von allgemeinen Staubpartikeln ist erprobt. Zuletzt haben Studien gezeigt, dass Geräte mit diesen Filtern H13 und H14 auch Partikel in der Größe, in denen Viren in der Raumluft vorkommen, teilweise entfernen können [1, 2]. Allerdings ist zu beachten, dass Filtergeräte nach dem Umluftprinzip arbeiten und zu jedem Zeitpunkt nur einen Bruchteil der Raumluft reinigen. Im Realraummaßstab hat sich gezeigt, dass Geräte mit Schwebstofffiltern sehr großzügig dimensioniert sein müssen und eine Umsatzrate des fünf- oder mehrfachen Raumvolumens pro Stunde benötigen, um die Partikelkonzentrationen im Raum wirksam zu reduzieren [1, 2]. Dabei steigt jedoch die Geräusentwicklung. Geräte mit Schwebstofffiltern haben den Nachteil, dass sie das in Klassenräumen anfallende CO₂, die Luftfeuchte und geruchsaktive Substanzen sowie andere chemische Schadstoffe nicht aus der Raumluft entfernen. Selbst einfache Filtergeräte erfordern eine fachgerechte Aufstellung und kontinuierliche Wartung. Ein sicherer Austausch und die Entsorgung möglicherweise mit Viren kontaminierter Filter muss gewährleistet sein. Derzeit laufen erste Untersuchungen zur Bestimmung der Wirksamkeit dieser Geräte mit infektiösen Partikeln [Bakteriophagen, 3].

Geräte mit Aktivkohlefiltern (B) entfernen keine Partikel (nur Gase), und eignen sich daher nicht für eine Reduzierung von Viren. Für Geräte mit elektrostatischen Filtern (B) fehlen derzeit Funktionsnachweise für virushaltige Partikel in Realräumen.

Das Gleiche gilt für Geräte mit UV-C Technik (C). Auch hier fehlen verlässliche Daten über die Einsatzbedingungen und Wirksamkeit in Kopplung mit mobilen Geräten. Für mobile Geräte, wie sie an Schulen zum Einsatz kommen sollen, sind bislang keine Funktionsnachweise für Realräume in Verbindung mit Viren vorhanden. Ebenso ist ein Nachweis notwendig, dass die Geräte für einen sicheren Einsatz in belebten Klassenzimmern geeignet sind (Schutz vor schädigendem UV-Licht).

Geräte, die eine Virenreduktion über Luftbehandlung mit Ozon und anderen reaktiven Stoffen vorsehen (D), werden für den Einsatz in Schulen aus gesundheitlichen Gründen abgelehnt, da die Wirkstoffe selbst reizend sind und/oder durch Reaktion mit andere Stoffen in der Raumluft neue Schadstoffe entstehen können. Hier besteht die Möglichkeit, dass neue Gefährdungen entstehen [4].

Bei allen Geräten sind die möglichen Geräuscentwicklungen beim Einsatz in Klassenzimmern zu berücksichtigen.

4 Fazit

Eine verlässliche Reduzierung der SARS-CoV-2-Viren ausschließlich durch mobile Luftreinigungsgeräte in Unterrichtsräumen ist basierend auf dem derzeitigen Kenntnisstand nicht eindeutig nachgewiesen. Das Umweltbundesamt empfiehlt daher weiter auch in der kalten Jahreszeit die Fensterlüftung als prioritäre Maßnahme. Die Kommission für Innenraumhygiene (IRK) am Umweltbundesamt wird sich am 27.10.2020 nochmals detailliert mit dieser Thematik auseinandersetzen und eine kritische Bestandsaufnahme geben.

Langfristige und nachhaltige Ziele

Aus gesundheitlichen und Nachhaltigkeits-Gründen sollten perspektivisch alle dicht belegten Veranstaltungsräume in Schulen und Bildungseinrichtungen mit raumluft-technischen (RLT)-Anlagen ausgerüstet bzw. nachgerüstet werden [5]. Stand der Technik sind Anlagen mit Wärmerückgewinnung, welche die Außenluftenergiesparend mittels der Abluft anwärmen. Als „Komfortlüftung“ werden Systeme bezeichnet, die eine kontrollierte Erwärmung oder auch Abkühlung (Sommer) erlauben.

Quellen

- [1] Kähler, C. J., T. Fuchs, B. Mutsch, R. Hain (2020): Schulunterricht während der SARS-CoV-2 Pandemie – Welches Konzept ist sicher, realisierbar und ökologisch vertretbar? DOI: 10.13140/RG.2.2.11661.56802
- [2] Curtius, J., M. Granzin, J. Schrod (2020): Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2. medRxiv 2020.10.02.20205633; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.10.02.20205633>
- [3] Exner, M. et al. (2020): Zum Einsatz von dezentralen mobilen Luftreinigungsgeräten im Rahmen der Prävention von COVID-19. Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH), Stand 25.9.2020.
- [4] IRK (2015): Stellungnahme der Innenraumlufthygiene-Kommission zu Luftreinigern, Bundesgesundheitsblatt 58, S. 1192
- [5] UBA (2017): Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden. Teil I: Bildungseinrichtungen <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anforderungen-an-lueftungskonzeptionen-in-gebaeuden>

Kontakt bei Rückfragen

Für Schulämter, Schulen und Verwaltung:

Dr. Wolfram Birmili

Leitung Fachgebiet Innenraumhygiene, gesundheitsbezogene Umweltbelastungen
wolfram.birmili@uba.de

Dr.-Ing. Heinz-Jörn Moriske

Leitung Beratungsstelle Umwelthygiene, FB II (BU)
heinz-joern.moriske@uba.de

Für Medien:

Pressestelle Umweltbundesamt
0340 2103 2245
presse@uba.de

Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren

Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt

Anlage 3
zu Vorlage
M 21/0129

Der Herbst naht und das private und gesellschaftliche Leben wird sich wieder vermehrt in Innenräume verlagern. Der Schulbetrieb kehrt - unter länderspezifischen Bedingungen - zum regulären Unterricht in Klassenräumen zurück. Auch in geschlossenen Räumlichkeiten wie Großraumbüros, Hörsälen, Sportstätten, Theatern, Kinos und Restaurants ist vermehrt mit Versammlungen und Veranstaltungen zu rechnen. Angesichts der weiter bestehenden SARS-CoV-2-Pandemie sind in Innenräumen jedoch Vorsichtsmaßnahmen zu treffen. Das sachgerechte Lüften und die sachgerechte Anwendung von Lüftungstechniken (RLT-Anlagen) spielen dabei neben dem Tragen einer Mund-Nasen-Bedeckung und dem Einhalten der Hygiene- und Abstandsregeln eine entscheidende Rolle.

- Die folgenden Empfehlungen der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) am Umweltbundesamt sollen Raumnutzenden und Gebäudebetreibenden helfen, sich richtig zu verhalten, um das Risiko für SARS-CoV-2-Übertragungen und damit auch das Risiko für daraus resultierende Erkrankungen deutlich zu verringern.

Die pandemische Ausbreitung des Virus SARS-CoV-2 hat unser privates, berufliches und gesellschaftliches Leben massiv beeinflusst und beeinträchtigt. Das Robert-Koch-Institut (RKI) hat ebenso wie eine Gruppe internationaler Wissenschaftler*innen den möglichen Übertragungsweg von SARS-CoV-2 über Aerosole in der Luft erkannt und beschrieben [1, 2]. Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) weist darauf hin, dass SARS-CoV-2 neben der direkten Tröpfcheninfektion auch über luftgetragene Partikel übertragen werden kann [3].

Das RKI nennt als Hauptübertragungsweg für SARS-CoV-2 die respiratorische Aufnahme virushaltiger Flüssigkeitspartikel, die beim Atmen, Husten, Sprechen und Niesen entstehen [1]. Die Zahl und die Durchmesser der von einem Menschen erzeugten, potenziell virushaltigen Partikel hängt stark von der Atemfrequenz und der Aktivität ab [4]. Selbst bei ruhiger Atmung können virushaltige Partikel freigesetzt werden. Das Infektionsrisiko wird durch gleichzeitige Aktivitäten vieler Personen in Gebäuden bzw. durch den Aufenthalt vieler Personen auf engem Raum begünstigt. Zu den Aktivitäten, die vermehrt Partikel freisetzen, gehören lautes Sprechen, Rufen, Singen, sportliche Aktivität oder auch lautstarke Unterstützung bei Sportveranstaltungen. Betroffen sind unter anderem Schulen, Sport- und Konzerthallen und diverse Veranstaltungsräume.

Coronaviren selbst haben einen Durchmesser von ca. 0,12-0,16 μm (Mikrometer), werden aber meist als Bestandteil größerer Partikel emittiert. Im medizinischen Sprachgebrauch werden diese Partikel häufig in „Tröpfchen“ (Durchmesser $> 5 \mu\text{m}$) bzw. „Aerosole“ (Durchmesser $< 5 \mu\text{m}$) unterschieden (man spricht üblicherweise von Tröpfchen-Infektionen). Bezüglich ihrer Eigenschaften gibt es jedoch keine scharfe Grenze zwischen „Tröpfchen“ bzw. „Aerosolen“, der Übergang ist fließend. Außerdem verändern sich die in die Umgebung freigesetzten Aerosolpartikel je nach Umgebungsbedingungen bezüglich ihrer Größe und Zusammensetzung. Theoretisch würde ein Flüssigkeitströpfchen mit einem Durchmesser von 100 μm , das in Atemhöhe (ca. 1,5 m) den Atemtrakt verlässt, innerhalb von wenigen Sekunden zu Boden sinken. An der Luft schrumpfen die exhalierten Tröpfchen in der Regel jedoch rasch infolge der Verdunstung eines Großteils ihres Wasseranteils. Dabei entstehen kleinere Partikel, die deutlich länger – unter Umständen mehrere Stunden – in der Luft verbleiben können. Unter Laborbedingungen wurde festgestellt, dass vermehrungsfähige Viren in luftgetragenen Partikeln bis zu 3 Stunden nach der Freisetzung nachweisbar sind [5]. In der Außenluft werden potenziell virushaltige Partikel in Verbindung mit den fast immer vorhandenen Luftbewegungen (Wind, Turbulenzen) rasch verdünnt. Dadurch ist das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 durch Aerosole im Außenbereich sehr gering, wenn der Sicherheitsabstand eingehalten wird.

In Mitteleuropa spielt sich ein Großteil unseres Tagesablaufs, ca. 80-90%, jedoch nicht im Freien, sondern in geschlossenen Räumen ab. Die Aufenthaltsorte wechseln dabei von der Wohnung, über Transportmittel (Busse, Bahn, PKW) zum Arbeitsplatz (z.B. Büros), Schulen, Universitäten, Einkaufsräumen, Kinos, Theater etc. Das Raumklima in Innenräumen und Verkehrsmittel-Kabinen wird durch die Temperatur, relative Luftfeuchte, Luftbewegungen und den Luftwechsel beeinflusst, die von den Umgebungsbedingungen, wesentlich aber von der vorgesehenen Nutzung abhängen.

Nur in den wenigsten Fällen kann in Innenräumen von ruhender Luft ausgegangen werden. Die Bewegung von luftgetragenen Partikeln wird daher weniger durch Deposition (Sedimentationsprozesse) und Diffusion (physikalische Verteilung), sondern vielmehr durch Luftströmungen bestimmt. Strömungen entstehen durch Luftzufuhr und -verteilung beim Öffnen von Fenstern und Türen („freies“ Lüften), über technische Lüftungseinrichtungen (RLT-Anlagen), aber auch durch Temperaturunterschiede (Konvektion). Ferner spielen Temperatur- und Druckunterschiede zwischen der Innen- und Außenluft eine wichtige Rolle für Luftbewegungen.

Auch menschliche Bewegung und Tätigkeiten (Kochen, Reinigen) führen zu Luftbewegungen im Innenraum. Daher können Partikel innerhalb kurzer Zeit über mehrere Meter transportiert und im Innenraum verteilt werden. Das gilt auch für potenziell virushaltige Partikel.

- **Im Sinne des Infektionsschutzes sollten Innenräume mit einem möglichst hohen Luftaustausch und Frischluftanteil versorgt werden. Dies gilt gleichermaßen für freies Lüften über Fenster wie beim Einsatz von raumluftechnischen (RLT-) Anlagen.**

Raumlufttechnische (RLT-) Anlagen sollen frische Luft unabhängig von Nutzereinflüssen von außen den Räumen zuführen (Zuluft) und die „verbrauchte“ Luft (Abluft) aus den Räumen nach draußen befördern. Oftmals wird jedoch ein Teil der Abluft wieder der Zuluft beigemischt (Umluft). RLT-Anlagen können ohne und mit zusätzlicher Klimatisierung (Raumkühlung, Erwärmung, Ent- und Befeuchtung) arbeiten.

- ▶ **Eine möglichst hohe Frischluftzufuhr ist eine der wirksamsten Methoden, potenziell virushaltige Aerosole aus Innenräumen zu entfernen.**

Lüftungsanlagen, die mit einem hohen Umluftanteil betrieben werden, stellen unter bestimmten Umständen eine Gefahrenquelle dar. Bei einem hohen Umluftanteil in RLT-Anlagen in Verbindung mit unzureichender Filterung (siehe unten) kann es, wenn sich eine oder mehrere infizierte Personen, die Erreger ausscheiden, im Raum aufhalten, über die Zeit zu einer Anreicherung von infektiösen Aerosolen in der Luft kommen. Es gibt Hinweise, dass ein SARS-CoV-2 Ausbruch im industriellen Produktionsbereich auf einen hohen Umluftanteil der dortigen RLT-Anlage zurückzuführen sein könnte [6]. Erhöhte Sicherheit kann durch Abscheidung und damit Entfernung der Partikel aus dem Umluftstrom mittels hochabscheidender Schwebstofffilter (HEPA-Filter) der Klassen H 13 und H 14 erreicht werden. Diese finden sich üblicherweise aber nur bei dreistufigen Filteranlagen wie etwa in OP-Sälen in Krankenhäusern (siehe Anmerkungen unten).

Die Luftwechselrate ist definiert als die pro Zeiteinheit mit dem Raumvolumen ausgetauschte Luftmenge. Eine Luftwechselzahl von 1 pro Stunde (h^{-1}) bedeutet, dass z.B. bei einem Raum von 50 m^3 Volumen pro Stunde 50 m^3 Luft bei konstantem Druck zu- und abgeführt wird. Theoretischen Betrachtungen zufolge verringert sich die zu einem bestimmten Zeitpunkt im Innenraum freigesetzte Stoffmenge bei einem Luftwechsel von 1 pro Stunde innerhalb einer Stunde um ca. 60%, bei höheren Luftwechselraten entsprechend mehr. Näherungsweise gilt dies auch für z.B. durch Niesen freigesetzte Partikel. Intensives Lüften reduziert die Menge potenziell infektiöser Aerosole deutlich. Auch Partikel, die laufend durch die ruhige Atmung von Personen in Innenräumen entstehen, werden bei höherem Luftwechsel entsprechend schneller entfernt bzw. verdünnt. Neben der Luftwechselrate ist, wie bereits beschrieben, auch die Art der Luftführung (Luftströmungen und -turbulenzen, bei RLT-Anlagen: Anteil von Frischluft bzw. Umluft) entscheidend für den Abtransport von Aerosolen aus dem Innenraum.

In natürlich belüfteten Räumen herrscht bei geschlossenen Fenstern und Türen meist nur ein geringer Luftwechsel von 0,01 - 0,3 pro Stunde (in älteren Gebäuden etwas mehr, in modernen, energieeffizienten Gebäuden ohne Lüftungstechnik eher weniger). Lüftungsanlagen im Wohnungsbau und in Büros sind meist auf einen Luftwechsel von 0,4 - 0,6 pro Stunde eingestellt. RLT-Anlagen im Wohnungsbau sind bis heute jedoch eher selten. Um das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen zu verringern, ist bei natürlich belüfteten Räumen (ohne Lüftungstechnik) eine zusätzliche Lüftung durch die Nutzer*innen erforderlich.

- ▶ **Die folgenden Faustregeln, die aus Messungen und praktischen Erfahrungen in den letzten Jahrzehnten im Bereich Wohnungs- und Schullüftung zum Abtransport chemischer und biologischer Kontaminationen resultieren, können dabei Anwendung finden:**

Wohnungen:

Für den täglichen Gebrauch gilt, dass ein effektiver Luftaustausch in Wohnungen (übliche Größen, relativ geringe Personenbelegung, normale Wohnnutzung ohne Besucher) durch das Lüften über weit geöffnete Fenster (Stoßlüftung) für mindestens 10-15 Minuten (im Sommer 20-30 Minuten, im Winter bei großen Temperaturdifferenzen zwischen Innen und Außen können auch 5 Minuten reichen) erzielt wird. Im Sommer verbessert sich bei hohen Außentemperaturen der Luftaustausch in den frühen Morgen- und späten Abendstunden. Noch effektiver ist das Querstromlüften mittels Öffnens gegenüberliegender Fenster. Dann wird die Luft im Raum meist binnen weniger Minuten vollständig ausgetauscht. Bei Anwesenheit vieler Personen im Raum (z.B. Familienbesuch) empfiehlt sich während der Besuchsdauer zu lüften.

Schulen:

Bei Klassenraumgrößen von ca. 60-75 m³ und einer Schüleranzahl von üblicherweise 20-30 Kindern pro Klasse gilt folgendes. Hier soll in jeder (!) Unterrichtspause intensiv bei weit geöffneten Fenstern gelüftet werden [7], bei Unterrichtseinheiten von mehr als 45 Minuten Dauer, d.h. auch in Doppelstunden oder wenn nur eine kurze Pause (5 Minuten) zwischen den Unterrichtseinheiten vorgesehen ist, auch während des Unterrichtes. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass es durch die Lüftung nicht zu einer Verbreitung potenziell infektiöser Aerosole in andere Räume kommt. Ist z. B. wegen nicht vorhandener Fenster im Flur keine Querlüftung möglich, soll die Tür zum Flur geschlossen bleiben. Sind raumluftechnische Anlagen in den Schulen vorhanden, sollten diese bei der derzeitigen Pandemie möglichst durchgehend laufen (vgl. Anmerkungen zu Lüftungsanlagen weiter unten). CO₂-Sensoren (Erklärung siehe unten) können helfen, die Lüftungsnotwendigkeit rasch zu erkennen.

- ▶ **Kommt es während des Unterrichts bei geschlossenen Fenstern bei einzelnen Personen zu Krankheitssymptomen wie wiederholtes Niesen oder Husten sollte unmittelbar gelüftet werden (Stoßlüftung wie oben beschrieben). Das gilt im Übrigen auch zu Hause oder im Büro.**

Der Einsatz von mobilen Luftreinigern mit integrierten HEPA-Filtern in Klassenräumen reicht nach Ansicht der IRK nicht aus, um wirkungsvoll über die gesamte Unterrichtsdauer Schwebepartikel (z. B. Viren) aus der Raumluft zu entfernen. Dazu wäre eine exakte Erfassung der Luftführung und -strömung im Raum ebenso erforderlich, wie eine gezielte Platzierung der mobilen Geräte. Auch die Höhe des Luftdurchsatzes müsste exakt an die örtlichen Gegebenheiten und Raumbelastung angepasst sein. Der Einsatz solcher Geräte kann Lüftungsmaßnahmen somit nicht ersetzen und sollte allenfalls dazu flankierend in solchen Fällen erfolgen, wo eine besonders hohe Anzahl an Schülerinnen und Schülern (z.B. aufgrund von Zusammenlegungen verschiedener Klassen wegen Erkrankung des Lehrkörpers) sich gleichzeitig im Raum aufhält. Eine Behandlung der Luftinhaltsstoffe mittels Ozon oder UV-Licht wird aus gesundheitlichen ebenso wie aus Sicherheitsgründen von der IRK abgelehnt. Durch Ozonung und UV-induzierte Reaktionen organischer Substanzen können nicht vorhersagbare Sekundärverbindungen in die Raumluft freigesetzt werden [13]. Beim UV-C sind es auch vor allem Sicherheitsaspekte, weshalb der Einsatz im nicht gewerblichen Bereich unterbleiben sollte.

Sporträume:

Auch in Räumen, in denen Menschen gemeinsam sportlich aktiv sind, muss eine effektive Lüftung sichergestellt sein. Schon bei geringer Belastung ist die Atemfrequenz gegenüber der Situation in Ruhe deutlich erhöht. Die Menge an emittierten Partikeln über die Atmung steigt mit der körperlichen Aktivität [3]. Daher werden für derartige Räume generell Luftwechselzahlen von 5 pro Stunde oder höher empfohlen [8]. Allerdings sollten dabei keine Zugerscheinungen im Raum auftreten.

Beim Neubau oder der Sanierung von Schulen empfiehlt das Umweltbundesamt zum Erreichen einer guten Raumluftqualität im Unterricht den Einbau von Lüftungsanlagen [9]. Generell sollte beim Einsatz von RLT-Anlagen in Schulen immer auch die Öffnung der Fenster möglich sein, schon um die Akzeptanz für Lüftungstechniken (einige Menschen haben Beklemmung sich in Räumen aufzuhalten, bei denen sie nicht selbst lüften können) zu erhöhen.

RLT-Anlagen mit Befeuchtungsfunktion sollten so eingestellt werden, dass in den Räumen eine relative Luftfeuchte zwischen 40 und 60 % erreicht wird – dies ist aus hygienischer Sicht (und unabhängig von den Herausforderungen mit SARS-CoV-2) der Idealbereich für den Aufenthalt im Innenraum. Trockenere Luft (unter 20-30 % rel. Feuchte) führt zu einem vermehrten Austrocknen der Atemwege der Nutzer*innen. Zu feuchte Luft (je nach Jahreszeit oberhalb von 50-55 % (Winter) oder 60 % (Sommer)) kann wiederum mittel- und langfristig das Schimmelwachstum in Innenräumen begünstigen [10]. Das gilt in Schulen, Wohnungen und Büros gleichermaßen.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass zentrale Lüftungsanlagen regelmäßig durch Fachpersonal gewartet und hinsichtlich ihrer korrekten Funktion überprüft werden. Durch unzureichende Instandhaltung können beispielsweise Fehlströmungen auftreten, die dazu führen, dass Abluft aus einem Gebäudebereich als Zuluft in einen anderen Gebäudebereich gelangen kann. In solchen Fällen wäre eine Verbreitung von Viren über die Lüftungsanlage theoretisch nicht ausgeschlossen.

Es macht unter Nachhaltigkeitsaspekten (Energieverbrauch, Betriebskosten) keinen Sinn, RLT-Anlagen immer unter Vollast (technisch je nach Anlage höchstmöglicher Luftvolumenstrom) laufen zu lassen. Bedarfsgerechte Regelungen berücksichtigen unterschiedliche Belastungssituationen der Raumluft und regeln den Luftvolumenstrom entsprechend [9].

- ▶ **Zur Reduzierung des Risikos einer Übertragung von SARS-CoV-2 empfiehlt die IRK, in Räumen, in denen sich Personen aufhalten, möglichst entweder nur Zuluft von außen (100 % Frischluft) zuzuführen, oder bei RLT-Anlagen mit Umluftanteil die Anlagen mit zusätzlicher Filterung (HEPA-Filter) zu versehen.**

Dies ist jedoch bei bestehenden Anlagen mit lediglich zwei Filterstufen, wie sie in Büros, Restaurants oder Veranstaltungshallen üblich sind, oft nicht ohne größere technische Eingriffe möglich. Zweitstufige Anlagen reichen zur wirksamen Retention von virushaltigen Partikeln nicht aus. Besonders brisant wirkt sich dies beim Umluftanteil aus. Um infektiöse Partikel wirksam zurückzuhalten, bedarf es einer dritten Filterstufe mit hochabscheidenden Filtern (HEPA), die zudem regelmäßig zu wechseln sind.

- ▶ **Können RLT-Anlagen nicht nachgerüstet werden, bleibt kurzfristig nur das zusätzliche Lüften bei Bedarf über die Fenster und mittelfristig der Umbau der Anlagentechnik.**

In Räumen mit hoher Personenbelegung, wie z. B. Schulen, können sogenannte **CO₂-Ampeln** als grober Anhaltspunkt für gute oder schlechte Lüftung dienen. Kohlendioxid (CO₂) gilt seit langem als guter Indikator für den Luftwechsel, eine CO₂-Konzentration von höchstens 1000 ppm (0,1 Vol-%) zeigt unter normalen Bedingungen einen hygienisch ausreichenden Luftwechsel an [7, 9]. CO₂-Ampeln können somit einen raschen und einfachen Hinweis liefern, ob und wann Lüftung notwendig ist. Der Einsatz von CO₂-Ampeln ist besonders für Schulen zu empfehlen, da die wenigsten Schulen bis heute über RLT-Anlagen verfügen. Dabei sollten die RLT-Anlagen bereits bei der Planung so ausgelegt sein, dass sie im Mittel über die Dauer einer Unterrichtseinheit 1000 ppm CO₂ einhalten. An diesem Wert sollten sich auch die CO₂-Ampeln orientieren.

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. Dies gilt nicht nur für Fensterlüftung, sondern auch beim Betrieb von Lüftungsanlagen, die, wenn sie korrekt eingestellt und dimensioniert sind, Vorteile bieten [9].

Inzwischen wurde wissenschaftlich belegt, dass das Tragen einer Mund-Nasen-Bedeckung die Freisetzung infektiöser Aerosole reduziert bzw. verzögert [11]. Die konsequente Verwendung von Mund-Nasen-Bedeckungen kann Bestandteil einer Strategie sein, die Ausbreitung von SARS-CoV-2 zu verlangsamen [1;12]. Der Wirkungsgrad dieser Mund-Nasen-Bedeckung nimmt mit der Partikelgröße der ausgeatmeten Partikel zu. Kleinere Partikel werden weniger gut zurückgehalten als größere.

- **Die IRK macht deutlich, dass das Tragen einer Mund-Nasen-Bedeckung und die Einhaltung der Hygiene- und Abstandsregeln in Innenräumen nur dann ausreichend wirksam sind, wenn gleichzeitig für einen angemessenen Luftaustausch über Fensterlüftung oder Lüftungstechnik im Raum gesorgt wird.**

Angemessen bedeutet in der derzeitigen Situation für eine möglichst hohe Zuführung von Frischluft zu sorgen, welche eine Innenraumluftqualität möglichst annähernd an die Außenluft herstellt.

SARS-CoV-2 stellt unsere Gesellschaft vor unerwartete und gänzlich neue logistische Herausforderungen. Mittlerweile haben wir erkannt, dass in unzureichend belüfteten Innenräumen das Risiko einer Ansteckung mit SARS-CoV-2 erhöht sein kann. Neben der Beachtung der allgemeinen Hygiene- und Abstandsregeln [1] und dem Tragen einer Mund-Nasen-Bedeckung kann dieses Risiko durch konsequente Lüftung und sachgerechten Einsatz von Lüftungstechniken in Innenräumen deutlich reduziert werden, auch wenn dadurch kein 100 prozentiger Schutz vor Infektionen mit SARS-CoV-2 in Innenräumen erreicht werden kann.

Mitwirkende

Dr. rer. nat. Wolfram Birmili

Umweltbundesamt

FG II 1.3 – Innenraumhygiene,
gesundheitsbezogene Umweltbelastungen

Postfach 1406

06819 Dessau-Roßlau

Prof. Dr. rer. nat. Melanie M. Brinkmann

Technische Universität Braunschweig

Institute of Genetics – Biozentrum

Spielmannstr. 7

38106 Braunschweig

Dr. Daniel de Graaf

FG III 1.4 – Stoffbezogene Produktfragen

Postfach 1406

06813 Dessau-Roßlau

Prof. Dr. med. Caroline Herr

Fachärztin für Hygiene und Umweltmedizin

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und
Lebensmittelsicherheit

Pfarrstr. 3

80538 München

Dr.-Ing. Heinz-Jörn Moriske, DirProf

Umweltbundesamt

Beratung Umwelthygiene FB II (BU)

Postfach 1406

06813 Dessau-Roßlau

Dr. Friederike Neisel

Bundesinstitut für Risikobewertung

Fachgruppe Chemikalienexposition und
Transport gefährlicher Güter

Abteilung Exposition

Max-Dohrn-Straße 8–10, 10589 Berlin

Dr. Wolfgang Plehn, DirProf

Umweltbundesamt

FG III 1.4 – Stoffbezogene Produktfragen

Postfach 1406, 06813 Dessau-Roßlau

PD Dr. rer. nat. Hans-Christoph Selinka

Umweltbundesamt

FG II 1.4 – Mikrobiologische Risiken

Postfach 1406

06819 Dessau-Roßlau

Dr.-Ing. Christian Scherer

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Abt. Umwelt, Hygiene und Sensorik

Fraunhoferstr. 10

83626 Valley

Dr. med. Wolfgang Straff

Umweltbundesamt

FG II 1.5 – Umweltmedizin und
gesundheitliche Bewertung

Postfach 1406

06813 Dessau-Roßlau

Dr. rer. nat. Regine Szewzyk

Umweltbundesamt

FG II 1.4 – Mikrobiologische Risiken

Postfach 1406

06819 Dessau-Roßlau

Prof. Dr. rer. nat. Tunga Salthammer

Fraunhofer Institut für Holzforschung

Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)

Bienroder Weg 54E

38108 Braunschweig

Dipl. Chem. Jörg Thumulla

anbus analytik GmbH

Gesellschaft für Gebäuediagnostik,

Umweltanalytik und

Umweltkommunikation

Mathildenstr. 48

90762 Fürth

Literatur

1. Robert-Koch-Institut: SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19), abgerufen am 06.08.2020.
2. Morawska L., Milton D. (2020) It is time to address airborne transmission of COVID-19. *Clinical Infectious Diseases*, <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>.
3. [WHO] Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. 9 July 2020. <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>.
4. Buonanno, G., Stabile, L., & Morawska, L. (2020). Estimation of airborne viral emission: quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environment International*, 141, 105794. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105794>
5. Van Doremalen N., Bushmaker T., Morris D.H. et al. (2020) Aerosol and surface stability of SARS-CoV-1 as compared with SARS-CoV-2. *The New England Journal of Medicine* 382, 1564-1567, <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2004973>.
6. Günther T., Czech-Sioli M., Daniela Indenbirken D. et al. (2020) Investigation of a superspreading event preceding the largest meat processing plant-related SARS-Coronavirus 2 outbreak in Germany. Available online: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3654517.
7. Umweltbundesamt: Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden. Dessau-Roßlau 2009. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-fuer-innenraumhygiene-in-schulgebaeuden>.
8. Salonen H., Salthammer T., Morawska L. (2020) Human exposure to air contaminants in indoor sports environments. *Indoor Air*, <https://doi.org/10.1111/ina.12718>
9. Umweltbundesamt: Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden, Teil I. Bildungseinrichtungen (2017) Dessau-Roßlau 2017, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anforderungen-an-lueftungskonzeptionen-in-gebaeuden>
10. Umweltbundesamt: Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelfall in Gebäuden. Dessau-Roßlau 2017, <https://www.umweltbundesamt.de/www.umweltbundesamt.de/schimmelleitfaden>.
11. Prather, K.A., Wang, C.C., Schooley, R.T. (2020). Reducing transmission of SARS-CoV-2. *Science*, 368, 1422-1424, <https://doi.org/10.1126/science.abc6197>
12. Stellungnahme der Ad-hoc-Kommission SARS-CoV-2 der Gesellschaft für Virologie: SARS-CoV-2-Präventionsmassnahmen bei Schulbeginn nach den Sommerferien, 06.08.2020, https://www.g-f-v.org/sites/default/files/Stellungnahme%20GfV_Bildungseinrichtungen_20200806_final_sent.pdf
13. Innenraumlufthygiene-Kommission, 2015. Stellungnahme der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) zu Luftreinigern. *Bundesgesundheitsblatt* 58, 1192, <https://doi.org/10.1007/s00103-015-2228-0>.