

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

Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt

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 µm) bzw. „Aerosole“ (Durchmesser < 5 µm) 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 exhaliierten 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 raumlufttechnischen (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 Schimmelfeul 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>.

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

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 Geräuschentwicklung. 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 Geräuschentwicklungen 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

Einsatz mobiler Luftreiniger als lüftungsunterstützende Maßnahme in Schulen während der SARS-CoV-2 Pandemie

Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) am Umweltbundesamt

Vorbemerkung

Nach Bekanntgabe der Empfehlung der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) zum sachgerechten Lüften und zum Einsatz von Lüftungstechnik in Schulen während der SARS-CoV-2 Pandemie vom 12.8.2020 (IRK 2020-1) ist eine Diskussion darüber entstanden, ob in der kalten Jahreszeit mobile Luftreiniger ergänzend oder auch als Ersatz für das aktive Lüften über Fenster in Unterrichtsräumen eingesetzt werden sollten. Das Umweltbundesamt (UBA) empfiehlt in seiner Handreichung vom 15.10.2020, die auf Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) vom 23.9.2020 verfasst wurde, mobile Luftreiniger nur in Ausnahmefällen und als flankierende Maßnahme einzusetzen (UBA 2020-1). In der ergänzenden Stellungnahme des UBA speziell zum Einsatz mobiler Luftreiniger vom 22.10.2020 wird diese grundsätzliche Haltung nochmals bekräftigt (UBA 2020-2).

Die IRK am Umweltbundesamt hat sich auf ihrer Sitzung am 27. Oktober 2020 ausführlich mit der Thematik des Einsatzes von Luftreinigern beschäftigt und ergänzt hiermit die UBA-Stellungnahme vom 22.10.2020 mit weiteren Detailinformationen.

Der Einsatz von mobilen Luftreinigern kann danach ergänzend sinnvoll sein, jedoch nur wenn ausreichende Lüftung nicht möglich ist. Zudem sind bestimmte Voraussetzungen bei Geräteauswahl und Aufstellbedingungen zu beachten.

Lüftungsanlagen und Lüften an Schulen

Lüftungsanlagen kommen in Schulen bis heute eher selten vor, raumluftechnische (RLT)-Anlagen inkl. Klimatisierungsfunktion so gut wie gar nicht. Grobe Schätzungen besagen, dass nur in etwa einer von zehn Schulen solche Techniken vorhanden sind. Sofern Lüftungsanlagen zentral zur Versorgung des ganzen Gebäudes oder einzelner Etagen bzw. dezentral stationär in einzelnen Räumen (z.B. in Außenwänden oder Außenfenstern eingebaut – einfache Zu- und Abluftanlagen) vorhanden sind, sollten diese Räume während der Dauer der SARS-CoV-2 Pandemie nur mit Außenluft (100% Frischluft von außen) ohne Umluftanteil versorgt werden. Auf diese Weise tragen lüftungstechnische Anlagen grundsätzlich zu einer Reduktion des Infektionsrisikos in Innenräumen über Aerosole bei.

In den meisten Schulen wird ausschließlich über Fenster gelüftet. Lüften ist dabei – unabhängig von Pandemien – notwendig zur Abfuhr von Kohlendioxid, chemischen Stoffen und luftgetragenen Partikeln. Auch Wasserdampf (mit der Gefahr von Schimmelbildung) muss auf diese Weise aus den Unterrichtsräumen abgeführt werden. Die IRK weist an dieser Stelle nochmals darauf hin, dass Kohlendioxidkonzentrationen > 2000 ppm in Innenräumen generell als hygienisch inakzeptabel gelten (Ad hoc AG 2008, UBA 2017) und in einem Klassenraum dem Lernerfolg abträglich sind (Salthammer et al. 2016, Petersen et al. 2016). Anzustreben ist ein CO₂-Wert im Mittel über die Unterrichtseinheit von 1000 ppm (IRK 2008, UBA 2017).

Erfolgt die Lüftung gemäß der UBA-Handreichung vom 15.10.2020¹, kann ein Luftwechsel von 3 pro Stunde und mehr erreicht werden. Das Infektionsrisiko durch mit Viren belastete Aerosole in der Raumluft wird dann im Allgemeinen nur noch als gering eingeschätzt. Genauere Abschätzungen von Infektionsrisiken in verschiedenen Arten von Räumlichkeiten durch Rechenmodelle werden derzeit noch durch die IRK erarbeitet und in Kürze in einer weiteren Stellungnahme vorgestellt (IRK 2020-2).

Anmerkung: Beim Einsatz von mobilen Luftreinigern mit Filtration wird z.T. der 6-fache Luftdurchsatz des Raumluftvolumens pro Stunde gefordert, um erfolgreich die Aerosolmenge im Raum zu reduzieren (Kähler et al. 2020). Luftdurchsatz im Sinne der Förderleistung eines Geräts bedeutet etwas anderes als Luftwechsel (Luftaustausch) der Raumluft mit außen. Der Luftdurchsatz eines Gerätes ist nicht direkt mit der Lüftungssituation über Fenster vergleichbar. So wird bei mobilen Luftreinigern die gesamte Luft durch ein einziges Gerät geleitet, während bei Fensterlüftung die Raumluft über deutlich größere Fensteröffnungsflächen ausgetauscht wird.

In den Fällen, in denen die Lüftungsvorgaben durch Fensteröffnen nicht ausreichend umsetzbar sind, können auch geeignete mobile Luftreiniger ergänzend zum Einsatz kommen.

¹ Alle 20 Minuten fünf Minuten lüften (Stoß- bzw. Querlüftung), sowie während der Dauer von Pausen.

Typen mobiler Luftreiniger

Als mobile Luftreiniger werden im Sinne dieser Empfehlung alle Geräte verstanden, bei denen die Raumluft durch ein mobil (d.h. frei) im Raum aufgestelltes Reinigungsgerät geleitet wird.

Folgende Verfahren kommen hauptsächlich zum Einsatz:

- A) Reinigung der Luft über Hochleistungsschwebstofffilter (zur Filtereffizienz siehe Anmerkung unten)
- B) Reinigung über andere Filtertechniken (z.B. Aktivkohlefilter, elektrostatische Filter)
- C) Aufbereitung der Luft durch Einsatz von UV-C-Technik
- D) Luftbehandlung mittels Ozon, Plasma oder Ionisation
- E) Kombination mehrerer Verfahren.

Hochleistungsschwebstofffilter sind in der Lage, auch sehr kleine Partikel, an denen SARS-CoV-2 Viren (Größe ca. 0,1 μm) haften können, effektiv zurückzuhalten. Bei den Filterklassen H 13 und H 14 handelt es sich meist um typische Gewebefilter, deren Wirkung auf mechanischer Partikelabscheidung beruht. Darüber hinaus kann die Filterwirkung von Gewebefiltern durch adsorbierende Materialien oder elektrostatische Eigenschaften weiter funktionalisiert werden. Damit ist bei Luftreinigern mit solchen Filtern von einer prinzipiellen Wirksamkeit auszugehen. Kleine Aerosolpartikel können sich bei bestimmten Umgebungsbedingungen wie z.B. stark erhöhter relativer Luftfeuchte, verstärkt aneinander anlagern. In solchen Fällen sind auch Feinfilter der Filterklassen ISO ePM1 70% oder ISO ePM1 80% in der Lage, mit Viren beladene Partikel zurückzuhalten. Allerdings ist dies nicht die Regelsituation. Zudem ist zu beachten, dass die relative Luftfeuchte in einem Raum als vereinzelt in der Öffentlichkeit diskutierte flankierende Maßnahme nicht beliebig erhöht werden darf, da sonst das Risiko für Schimmelwachstum steigt.

Seitens einiger Hersteller wird gelegentlich die Kombination von Filtern mit UV-C-Bestrahlung (siehe Absatz UV-C Strahlung) empfohlen, um Viren und andere Krankheitserreger, die an den Hochleistungsschwebstoff-Filtern zurückgehalten werden, durch UV-Strahlung abzutöten oder zu inaktivieren, damit die Filter später gefahrlos gewechselt und entsorgt werden können. Alternativ können kontaminierte Filter zur Abtötung von Krankheitserregern auch thermisch behandelt werden. Die so behandelten Filter bleiben jedoch weiterhin mit abgeschiedenen Partikeln behaftet; ein regelmäßiger Filterwechsel bleibt unumgänglich, weil zugesetzte Filter nur noch unzureichend Luft hindurchlassen.

UV-C Strahlung ist in der Lage, SARS-CoV-2 Viren zu inaktivieren. Welche Strahlungsdosen beim Einsatz von UV-C in mobilen Luftreinigern ausreichend sind, bedarf weiterer Aufklärung. Die IRK empfiehlt, sich vor Beschaffung und Einsatz mobiler Luftreiniger mit UV-C von den Herstellern überprüfbar Nachweise zur Wirksamkeit auch beim Einsatz unter Realraumbedingungen, wie in Klassenräumen, geben zu lassen; dies gilt insbesondere für die notwendige Bestrahlungsintensität und die Verweildauer der virenbeladenen Partikel innerhalb der bestrahlten Zone. UV-C-Strahlung kann negative gesundheitliche Wirkungen haben. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) rät darum dringend, bei Einsatz mobiler Geräte mit UV-C Technik darauf zu achten, dass diese Geräte keine UV-C-Strahlung – direkt oder diffus – in den Raum abgeben (BfS 2020). Ist dies jedoch der Fall, dürfen solche Geräte nur dann in Betrieb genommen werden, wenn keine Personen im Raum anwesend sind bzw. eine Bestrahlung der Personen ausgeschlossen ist. Die Bestrahlung von Augen und Haut ist unbedingt zu vermeiden. Die IRK und das BfS empfehlen, sich von den Herstellern Angaben zum sicheren Betrieb (Vermeiden des direkten Kontakts mit UV-C-Strahlung) geben zu lassen.

Bei mobilen Geräten, die mit **Ionisation oder Plasma** arbeiten, sieht die IRK deren Wirksamkeit gegenüber Viren und Bakterien bei typischen Raumgegebenheiten und Raumvolumina wie in Schulen üblich, als nicht ausreichend erprobt an. Wird beim Einsatz Ozon gebildet, besteht zudem die Gefahr, dass im Realbetrieb durch chemische Reaktion mit anderen Stoffen gesundheitsschädliche Reaktionsprodukte an die Raumluft abgegeben werden können (Gunschera et al. 2016, Siegel 2016). Die IRK empfiehlt, vor Beschaffung und Einsatz von Gerätschaften mit Ionisations- und Plasmaverfahren sich von den Herstellern neben der Wirksamkeitsprüfung unter Realraumbedingungen auch den Nachweis erbringen zu lassen, dass keine gesundheitsschädigenden Emissionen erzeugt werden.

Die IRK rät vom Gebrauch von Geräten ab, die direkt die Luft im Gerät mit Ozon behandeln und auf diese Weise eine Viren-Inaktivierung erreichen wollen. Das Ozon kann dabei an die Raumluft abgegeben werden. Ozon ist ein starkes Reizgas für den Atemtrakt. Ozon reagiert zudem nachweislich mit anderen Stoffen in der Raumluft; dabei können neue Schadstoffe wie Formaldehyd entstehen (Moriske et al. 1998). Darüber hinaus reagiert Ozon mit vielen Materialien, was oft zur Bildung unerwünschter Sekundärprodukte führt (Poppendieck et al. 2007).

Neben dem Einsatz mobiler Luftreiniger wird zunehmend auch eine Vernebelung von desinfizierend wirkenden Stoffen, direkt in die Raumluft, diskutiert, um Viren zu inaktivieren.

Die IRK rät von der Vernebelung von **Wasserstoffperoxidlösung (H₂O₂)** oder **Natriumhypochloritlösung (NaOCl)** in die Raumluft ab. Beides sind starke Oxidationsmittel und haben konzentrationsabhängig eine akut reizende Wirkung auf Haut und Schleimhäute. Ebenso wird von der Vernebelung anderer Desinfektionsmittel ohne besondere Schutzmaßnahmen und Gefährdungsanalysen abgeraten.

Nutzer dürfen sich keinesfalls während Desinfektionsmaßnahmen im Raum befinden und es muss nach einer Anwendung ausreichend gelüftet werden, um eine Exposition gegenüber den Wirkstoffen zu vermeiden. Falls im Einzelfall bei einer behördlich angeordneten Maßnahme eine Raumdesinfektion in Abwesenheit von Personen erforderlich sein sollte, finden sich die Angaben zur Durchführung unter Ziffer 3.3 in der Liste der vom Robert-Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren (Robert-Koch-Institut 2017).

Wirksamkeit von Luftreinigern in Innenräumen

Für einen wirksamen präventiven Infektionsschutz ist die Leistungsfähigkeit eines Luftreinigers unter Praxisbedingungen maßgeblich. Häufig beziehen sich Prüfnachweise jedoch nur auf standardisierte Laborbedingungen. Diese sind nach Ansicht der IRK allein nicht ausreichend, um eine Effektivität der Geräte auch unter Praxisbedingungen zu gewährleisten. Es fehlen derzeit bei vielen Modellen und Gerätetypen hinreichend verlässliche, unter Praxisbedingungen erhobene Daten. Werbeaussagen nennen häufig lediglich den Filterwirkungsgrad des reinen Gewebefilters, z.B. 99,95% für eine Gesamtpartikelanzahl bei Filterklasse H 13. Da ein Luftfiltergerät immer nur einen Teil der Raumluft umwälzt, ist diese Reduktion am Filter nicht gleichbedeutend mit der tatsächlichen Reduktion der Partikelbelastung a) im mobilen Gerät und b) in einem realen Raum.

Aussagen zur Effizienz von mobilen Luftreinigern in Klassenräumen stammen wie beschrieben in der Regel aus Versuchen unter Laborbedingungen. Inzwischen liegen erste Versuchsergebnisse aus unterschiedlichen Untersuchungsansätzen für Modellräume vor (Kähler

et al. 2020, Exner et al. 2020), sowie erste Untersuchungen in realen Klassenräumen (Curtius et al. 2020) vor. Die Ergebnisse liefern kein einheitliches Bild. Teilweise wurde über wirksame Partikelreduktionen berichtet (Kähler et al. 2020, Curtius et al. 2020). Bei anderen Szenarien wurden, in Abhängigkeit zur Aufstellungssituation und der Messpunkte im Raum, wirksame Reduktionen (geprüft mit Bakteriophagen) nur im Nahbereich erzielt, während bei anderen, weiter vom Gerät entfernten Messpunkten, kaum Wirkung nachgewiesen wurde (Exner et al. 2020).

Die IRK ist vor dem Hintergrund der insgesamt noch spärlichen Datenlage der Ansicht, dass die Wirksamkeit der Geräte unter den jeweiligen Praxisbedingungen vor dem Einsatz fachgerecht bewertet werden sollte. Dabei sind nicht nur die Leistungsdaten (insbesondere der Luftdurchsatz – siehe Anmerkung unten, bei Filtern der Abscheidegrad), sondern auch die konkreten Einsatzbedingungen (z.B. Raumverhältnisse, Belegungsdichte, Anordnung des Luftreinigers im Raum, etwaige Strömungshindernisse) zu berücksichtigen.

Anmerkung: Technische Daten sind transparent für Volumenströme anzugeben. Dabei sind für spezifische Volumenströme Schallleistungswerte und die elektrische Leistungsaufnahme auszuweisen. Die Schallleistung ist nach einem normativen Verfahren der Genauigkeitsklasse 1 zu bestimmen (wie z.B. DIN EN ISO 3741). Die Auslegung der Geräte hinsichtlich der Schallkennwerte sollte gemäß der Richtwerte für unterschiedliche Räume nach VDI 2081 erfolgen. Geräte sollten grundsätzlich konform mit der VDI 6022 sein. Partikelfilterklassen sind in der EN ISO 16890 definiert. Der Raum sollte ganzheitlich durchströmt und „Totzonen“ sollten vermieden werden.

Um die Raumluft ganzer Klassenräume hinreichend von Aerosolpartikeln zu befreien, müssen die Geräte entsprechend ausgelegt sein. Ein häufig benutztes Kriterium ist die sogenannte „Clean Air Delivery Rate (CADR)“, d.h. die Förderleistung an gereinigter Luft. Der CADR-Wert gibt an, welches Luftvolumen innerhalb einer vorgegebenen Zeit von Aerosolen im Größenbereich 0,09 µm bis 11 µm gereinigt wird. In Deutschland ist die Angabe des Volumenstroms in Kubikmeter pro Stunde (m³/h) üblich. Die Leistungsfähigkeit der Geräte wird durch den Abscheidegrad der relevanten Partikelgrößenklassen und dem für die Anwendung erforderlichen Volumenstrom charakterisiert (siehe Anmerkung oben). Es gilt zu beachten, dass der CADR-Wert unter standardisierten Laborbedingungen mit definierten Partikeln (Rauch, Staub, Pollen) bei höchster Leistungsstufe ermittelt wird (AHAM AC-1 2019) und keine spezifischen Aussagen zur Wirksamkeit gegenüber Bioaerosolen gestattet.

Kommt es zum ergänzenden Einsatz von geeigneten mobilen Luftreinigern ist folgendes zu beachten:

- ▶ Der Luftdurchsatz (bzw. die CADR) muss der Größe des Klassenraums und dem natürlichen Luftwechsel im Raum angemessen sein (meist das fünf- bis sechsfache des Raumvolumens pro Stunde (nicht vergleichbar mit dem Luftwechsel über Fenster) und darf keine Zugerscheinungen verursachen. Um eine wirksame Reinigung zu erzielen, ist der Luftdurchsatz i.A. höher anzusetzen als der notwendige Luftaustausch beim Fensterlüften – vgl. Anmerkung unter „Lüftungsanlagen und Lüften an Schulen“.
- ▶ Es muss sichergestellt sein, dass über die Nutzungsdauer möglichst die gesamte Raumluft von den Geräten erfasst wird.
- ▶ Die Geräuschemissionen des jeweiligen Gerätes dürfen weder in der Gesamtheit, noch bei einzelnen Schülerinnen und Schülern oder Lehrkräften zu einer Geräuschbelästigung führen. Die akustischen Daten der Geräte sind für den Nennbetrieb durch den Hersteller anzugeben. Die IRK sieht Geräuschpegel (Dauerschallpegel), die mehr als 40 dB(A) betragen, als störend für die Unterrichtsdurchführung an.

- ▶ Es dürfen keine unerwünschten Sekundärprodukte (Schadstoffe) freigesetzt werden. Die Geräte müssen regelmäßig und fachgerecht gewartet werden.

Luftreiniger können Lüftung und Lüftungsanlagen nicht ersetzen

Die IRK sieht bei Lüftungsmaßnahmen folgende Abstufungen der Prioritäten:

- 1) Regelmäßiges intensives Lüften über Fenster auf Grundlage der IRK-Empfehlungen vom 12.8.2020 sowie der UBA-Handreichung vom 15.10.2020 oder durch Einsatz von zentral oder etagenweise eingebauten Lüftungsanlagen.
- 2) Wenn das Lüften über Fenster nur eingeschränkt möglich ist, soll der Einbau einfacher Zu-/und Abluftanlagen geprüft werden. Solche Anlagen können auch über die Pandemiesituation hinaus vor Ort verbleiben und bei eingeschränkter Lüftungsmöglichkeit dauerhaft zur Verbesserung der Raumluftqualität beitragen.
- 3) Wenn die Maßnahmen unter (1) und (2) nicht realisierbar sind, kann der Einsatz von mobilen Luftreinigern erwogen werden. Diese sollen das Lüften jedoch nicht ersetzen, sondern nur flankieren. Gelüftet werden muss in jedem Fall, selbst wenn in solchen Fällen auch nur eingeschränkt möglich.

Räume, in denen keine Lüftungsmöglichkeit über Fenster vorhanden ist und auch keine Lüftungsanlage zum Einsatz kommt, sind für den Unterricht nicht geeignet.

In den Fällen unter Punkt (3) hält die IRK mobile Luftreiniger, deren Fähigkeit zur Entfernung virushaltiger Partikel in Realräumen experimentell nachgewiesen wurde, als flankierende Maßnahme zur Minderung eines Infektionsrisikos für geeignet. Die IRK betont dabei erneut, dass durch den Einsatz dieser Geräte nicht alle Verunreinigungen aus der Raumluft entfernt (vgl. Anmerkungen unter „Lüftungsanlagen und Lüften in Schulen“). Mobile Luftreiniger wälzen die Raumluft lediglich um und ersetzen nicht die notwendige Zufuhr von Außenluft.

Bereits 2015 hat die IRK grundsätzlich zum Einsatz von Luftreinigern und deren Möglichkeit, Schadstoffe (chemische Stoffe sowie Stäube) aus der Luft zu entfernen, Stellung genommen (IRK 2015). Die Aussagen jener Veröffentlichung gelten nach wie vor.

Alle hier genannten Maßnahmen, Lüftungskonzepte und -techniken sowie ggf. der Einsatz von mobilen Luftreinigern ersetzen nicht die allgemein bekannten Schutzmaßnahmen gegen SARS-CoV-2. Sie bieten zudem keinen wirksamen Schutz gegenüber einer Exposition durch direkten Kontakt bzw. Tröpfcheninfektion auf kurzer Distanz.

Die Einhaltung der AHA-Regeln (Abstand, Hygiene/Händewaschen, Alltagsmasken) sind daher unabhängig von den obigen Maßnahmen weiterhin zu beachten (AHA+L)!

Für einzelfallbezogene Szenarien erarbeitet die IRK derzeit eine weitere Empfehlung, bei der – basierend auf Rechenmodellen – eine Vorhersage für das relative Infektionsrisiko beim Aufenthalt in Klassenräumen, aber auch in Schulsporthallen und Hörsälen gegeben werden kann (IRK 2020-2).

Literatur

Ad hoc AG, 2008. Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsblatt 51, 1358-1369.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kohlendioxid_2008.pdf

AHAM AC-1, 2019. Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners. Association of Home Appliance Manufacturers, Washington, DC, United States.

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), 2020. Desinfektion mit UV-C-Strahlung.

<https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-alltag-technik/uv/uv-c-strahlung/uv-c-desinfektion.html?nn=12011418> (zuletzt abgerufen: 04.11.2020)

Curtius, J., Granzin, M., Schrod, J., 2020. Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2. medRxiv, Version: October 6, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.10.02.20205633>

Exner, M., Walger, P., Gebel, J., Schmithausen, R., Kramer, A., Engelhart, S., 2020. Zum Einsatz von dezentralen mobilen Luftreinigungsgeräten im Rahmen der Prävention von COVID-19. Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DKKH). Bonn, September 2020.

https://www.krankenhaushygiene.de/pdfdata/2020_09_03_DGKH_Stellungnahme_Zum_Einsatz_von_dezentralen_Luftreinigern_zur_Praevention.pdf

Gunschera, J., Markewitz, D., Bansen, B., Salthammer, T., Ding, H., 2016. Portable photocatalytic air cleaners: efficiencies and by-product generation. Environ Sci Pollut Res 23, 7482-7493.

<https://doi.org/10.1007/s11356-015-5992-3>

Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK), 2008. Leitfaden für die Innenraumthygiene in Schulgebäuden. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3689.pdf>

Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK), 2015. Stellungnahme der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) zu Luftreinigern. Bundesgesundheitsblatt 58, 1192.

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00103-015-2228-0.pdf>

Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK), 2020-1. Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren. Stellungnahme der Kommission Innenraumluftthygiene, 12.08.2020.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/irk_stellungnahme_lueften_sars-cov-2_0.pdf

Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK), 2020-2: Empfehlung der Kommission Innenraumluftthygiene (IRK) zum erforderlichen Luftwechsel in Klassenräumen, Großraumbüros, Hörsälen und Turnhallen zur Reduzierung eines aerosolgebundenen Infektionsrisikos. Dessau-Roßlau 2020 (in Bearbeitung)

Kähler, C. J., Fuchs, T., Mutsch, B., Hain, R., 2020: Schulunterricht während der SARS-CoV-2 Pandemie – Welches Konzept ist sicher, realisierbar und ökologisch vertretbar? DOI:

10.13140/RG.2.2.11661.56802. <https://www.unibw.de/lrt7/schulbetrieb-waehrend-der-pandemie.pdf>

Moriske, H-J., Ebert, G., Konieczny, L., Menk, G., Schöndube, M., 1998: Untersuchungen zum Abbauverhalten von Ozon aus der Außenluft in Innenräumen. Gesundheits-Ingenieur 119, 1998, S. 90-97.

Petersen, S., Jensen, K.L., Pedersen, A.L.S., Rasmussen, H.S., 2016. The effect of increased classroom ventilation rate indicated by reduced CO₂ concentration on the performance of schoolwork by children. Indoor Air 26, 366-379. <https://doi.org/10.1111/ina.12210>

Poppendieck, D., Hubbard, H., Ward, M., Weschler, C., Corsi, R.L., 2007. Ozone reactions with indoor materials during building disinfection. Atmospheric Environment 41, 3166-3176. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.06.060>

Robert-Koch-Institut (RKI), 2017. Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren. Bundesgesundheitsblatt 60, 1274-1297. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Downloads/BGBl_60_2017_Vorwort_Liste.pdf

Salthammer, T., Uhde, E., Schripp, T., Schieweck, A., Morawska, L., Mazaheri, M., Clifford, S., He, C., Buonanno, G., Querol, X., Viana, M., Kumar, P., 2016. Children's well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution. Environment International 94, 196-210. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.009>

Siegel, J.A., 2016. Primary and secondary consequences of indoor air cleaners. Indoor Air 26, 88-96. <https://doi.org/10.1111/ina.12194>

Umweltbundesamt (UBA), Arbeitskreis Lüftung, 2017. Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden. Teil 1: Bildungseinrichtungen, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anforderungen-an-lueftungskonzeptionen-in-gebaeuden>

Umweltbundesamt (UBA), 2020-1. Lüften in Schulen. Dessau-Roßlau. Empfehlung vom 15.10.2020. <https://www.umweltbundesamt.de/richtig-lueften-in-schulen>

Umweltbundesamt (UBA), 2020-2. Mobile Luftreiniger in Schulen: Nur im Ausnahmefall sinnvoll. Dessau-Roßlau. Empfehlung vom 22.10.2020. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/mobile-luftreiniger-in-schulen-nur-im-ausnahmefall>

Mitwirkende

Dr. rer. nat. Cornelia Baldermann
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS),
Neuherberg

Dr. rer. nat. Wolfram Birmili
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Innenraumhygiene

Prof. Dr. rer. nat. Melanie M. Brinkmann
Technische Universität Braunschweig
Institute of Genetics – Biozentrum,
Braunschweig

Dr. Rolf Buschmann
Bund für Umwelt und Naturschutz
Deutschland (BUND), Berlin

Dipl. Chem. Reto Coutalides
Coutalides Consulting, Schaffhausen
(Schweiz)

Dipl. Biomath. Anja Daniels
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Innenraumhygiene

Madlen David
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Toxikologie, gesundheitsbezogene
Umweltbeobachtung

Dr. rer. nat. Kerstin Etzenbach-Effers
Verbraucherzentrale NRW, Düsseldorf

Prof. emeritus Dr. med. Dr. h.c. Martin Exner
Universitätsklinikum Bonn
Institut für Hygiene und Öffentliche
Gesundheit

Dr. Astrid Gräff
Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt),
Berlin

Dr. rer. biol. hum. Ina Gümperlein
Institut für Arbeits-, Sozial- und
Umweltmedizin
Klinikum der Universität München

Prof. Dr. med. Caroline Herr
Bayerisches Landesamt für Gesundheit
und Lebensmittelsicherheit, München

Dr. rer. nat. Charlotte Herrstadt
Umwelt- und Innenraumanalytik, Kassel

Dr. Oliver Jann, DirProf.
Bundesanstalt für Materialforschung und -
prüfung (BAM), Berlin

Dr. rer. nat. Frank Kuebart
Eco-INSTITUT Germany GmbH, Köln

Dipl. Chem. Wolfgang Misch, Berlin

Prof. Dr.-Ing. habil. Birgit Müller
Hochschule für Technik und Wirtschaft,
Berlin

Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller
RWTH Aachen University
E.ON Energy Research Center
Institute for Energy, Efficient Buildings and
Indoor Climate, Aachen

Dr.-Ing. Heinz-Jörn Moriske, DirProf.
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Beratung Umwelthygiene

Dr. Wolfgang Plehn, DirProf.
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Stoffbezogene Produktfragen

Dipl. Biol. Nicole Richardson
Sachverständigenbüro Richardson, Witten

Prof. Dr. rer. nat. Tunga Salthammer
Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut
(WKI), Braunschweig

Dr.-Ing. Christian Scherer
Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Valley
Dipl.-Ing. Heidemarie Schütz
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und
Raumforschung (BBSR), Berlin

Dr. rer. nat. Regine Szewzyk
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Mikrobiologische Risiken

PD Dr. rer. nat. Hans-Christoph Selinka
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Mikrobiologische Risiken

Dr. med. Wolfgang Straff
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Umweltmedizin und gesundheitliche
Bewertung

Dipl.-Ing. Peter Tappler
Bundesministerium für Nachhaltigkeit und
Tourismus, Wien, Österreich

Dipl.-Ing. Marc Thanheiser
Robert Koch-Institut, Berlin
Angewandte Infektions- und
Krankenhaushygiene

Dipl. Chem. Jörg Thumulla
Anbus analytik GmbH, Fürth

Myriam Tobollik
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Umweltmedizin und gesundheitliche
Bewertung

Dipl.-Phys. Alfred Trukenmüller
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Grundsatzfragen der Luftreinhaltung

Dr. rer. nat. Norbert Weis
Bremer Umweltinstitut GmbH

Dipl. Chem. Martin Wesselmann
Gebäuediagnostik Wesselmann, Hamburg