

Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen durch Einsatz von Luftreinigern zur Covid-19 Prävention und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumluft

Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autorinnen und Autoren: Mitglieder des Arbeitskreises Innenraumlufthygiene im BMK

Basis von Textteilen: Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am deutschen Umweltbundesamt zu Luftreinigern

Weitere Experten: DI Felix Twardik Team Biozide / Umweltbundesamt GmbH: Mag. Christoph Zutz, PhD, Dr. Schindler Peter

Gesamtumsetzung: DI Peter Tappler, Assoz.-Prof. PD DI Dr. Hans-Peter Hutter

Wien, 2021. Stand: 10. März 2021

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMK und der Autoren ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autoren dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Werden Personenbezeichnungen aufgrund der besseren Lesbarkeit lediglich in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

Vorwort

Der vorliegende Text basiert zum Teil auf einem Fachartikel der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des deutschen Umweltbundesamtes. Es wurden gegenüber dem Originaltext einige, vor allem österreichspezifische Ergänzungen, Streichungen sowie Anpassungen durchgeführt. Der Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie dankt dem IRK und den Autoren für die Möglichkeit und Erlaubnis, Textteile und Erkenntnisse für das vorliegende Positionspapier verwenden zu dürfen.

Der Originalartikel ist verfügbar unter:

umweltbundesamt.de/dokument/stellungnahme-irk-luftreiniger

Positionspapiere des Arbeitskreises Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie werden zu aktuellen Themen im Bereich Innenraumklimatologie und -toxikologie ausgearbeitet und stellen das jeweilige Thema kurz und leicht aktualisierbar dar. Sie werden von Fachleuten der Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien, der Bundesländer, der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) und Messtechnik sowie aus Forschungseinrichtungen des Bundes (Umweltbundesamt) und privater Institutionen erstellt und richten sich in erster Linie an Fachleute, aber auch an interessierte Laien, an Behörden, an den Öffentlichen Gesundheitsdienst und Personen aus den einschlägigen Gewerbebereichen.

Der Arbeitskreis Innenraumluft erstellt und veröffentlicht unterschiedliche Typen von Dokumenten: Die einzelnen Teile der „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ werden unter Mitwirkung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erstellt und definieren Richt- und Referenzkonzentrationen für häufig auftretende Schadstoffe in Innenräumen. Beim „Wegweiser für eine gesunde Raumluft“ handelt es sich um eine Konsumentenbroschüre, in der in leicht verständlicher Form Empfehlungen zum Thema „Innenraumluft“ gegeben werden. Zu einzelnen Themen werden Positionspapiere veröffentlicht, die gegebenenfalls durch Leitfäden ergänzt werden, in denen in umfangreicherer Form Informationen bereitgestellt werden.

Leitfäden und Positionspapiere legen prinzipielle Vorgangsweisen für Experten fest und schneiden offene Fachfragen an. Sie spiegeln die Fachmeinung der im Arbeitskreis vertretenen Experten und Expertinnen (Umwelthygiene, Messtechnik, Verwaltung usw.) zu einem aktuellen Problemkreis im Themenbereich „Innenraumlufte“ wider. Sie haben keinen normativen Charakter und können nach einer Evaluierung auch erneut bearbeitet werden.

Zum Zeitpunkt der Drucklegung sind erschienen:

- Leitfaden Gerüche in Innenräumen
- Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“)
- Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung

- Positionspapier zu Luftströmungen in Gebäuden
- Positionspapier zu Schimmel in Innenräumen
- Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Gebäuden
- Positionspapier zu Formaldehyd in Saunaanlagen
- Positionspapier zu technischer Bauteiltrocknung
- Positionspapier zu Verbrennungsprozessen und Feuerstellen in Innenräumen
- Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten
- Positionspapier zur Lüftung von Schul- und Unterrichtsräumen – SARS-CoV-2
- Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen durch Einsatz von Luftreinigern zur Covid-19 Prävention und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumlufte
- Positionspapier zur Bewertung von Innenräumen in Hinblick auf das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2

- Richtlinie zur Bewertung der Innenraumlufte (mehrere Teile)
- Wegweiser für eine gesunde Raumlufte

Alle Publikationen sind auf der Website des BMK zum Download verfügbar:

bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum.html

Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen durch Einsatz von Luftreinigern zur Covid-19 Prävention und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumluft

Das Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft basiert auf einer Empfehlung der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) am deutschen Umweltbundesamt zu Luftreinigern und soll Behörden, Raumnutzern und Gebäudebetreibern helfen, das Risiko für SARS-CoV-2-Übertragungen in Innenräumen und damit auch das Risiko für daraus resultierende Erkrankungen zu verringern. Das Positionspapier dient auch im Rahmen der Zuständigkeit des Arbeitskreises Innenraumluft im BMK zur Präzisierung und Ergänzung der von der Bundesregierung, verschiedenen Bundesministerien und weiteren Institutionen herausgegebenen Empfehlungen (zB. [1],[2]) in Bezug auf Lüftungsfragen und Fragen zur Einbringung (Vernebeln) von desinfizierenden Wirkstoffen in Innenräume in Zusammenhang mit Covid-19 Prävention. Die im Positionspapier getroffenen Aussagen sind sinngemäß auch für andere Fragestellungen in Zusammenhang mit Viren in Innenräumen anwendbar.

SARS-CoV-2 sowie die Krankheit Covid-19 stellen unsere Gesellschaft vor unerwartete und gänzlich neue logistische Herausforderungen. Mittlerweile wurde erkannt, dass vor allem in unzureichend belüfteten Innenräumen das Risiko einer Ansteckung mit SARS-CoV-2 erhöht ist. Mit großer Wahrscheinlichkeit spielen bei der Übertragung des Virus luftgetragene Aerosole, die sich wie ein Nebel im Raum verteilen können, eine nicht zu unterschätzende Rolle [3]. Neben der Beachtung der allgemeinen Hygiene- und Abstandsregeln [4] und dem Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes [5] kann das Infektionsrisiko durch konsequente Lüftung und sachgerechten Einsatz von raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) deutlich reduziert werden. Es ist allerdings nicht möglich, einen 100-prozentigen Schutz vor Infektionen mit SARS-CoV-2 in Innenräumen zu erreichen.

Der mögliche Übertragungsweg von SARS-CoV-2 über Aerosole in der Luft wurde inzwischen erkannt und beschrieben [4, 6]. Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) weist darauf hin, dass SARS-CoV-2 neben der direkten Tröpfcheninfektion auch über luftgetragene Partikel übertragen werden kann [7]. Als Hauptübertragungsweg für SARS-CoV-2 wird die respiratorische Aufnahme virushaltiger Flüssigkeitspartikel, die beim Atmen, Husten, Sprechen und Niesen entstehen, beschrieben [8].

Die Zahl und die Durchmesser der von einem Menschen erzeugten, potenziell virushaltigen Partikel hängt stark von der Atemfrequenz und der Aktivität ab [8]. Selbst bei ruhiger Atmung werden (gegebenenfalls virushaltige) Partikel freigesetzt [9]. Das Infektionsrisiko wird durch gleichzeitige Aktivitäten vieler Personen im Gebäude bzw. durch den Aufenthalt vieler Personen auf engem Raum erhöht. Zu den Aktivitäten, die vermehrt Partikel freisetzen, gehören lautes Sprechen, Rufen, Singen, sportliche Aktivität oder auch lautstarke Unterstützung der Akteure bei Sportveranstaltungen. Betroffen davon sind unter anderem Schulen, Sport- und Konzerthallen und diverse Veranstaltungsräume.

Coronaviren selbst haben einen Durchmesser von ca. 0,12-0,16 Mikrometer (μm), werden aber meist als Bestandteil größerer Partikel emittiert. Im medizinischen Sprachgebrauch werden diese Partikel häufig in „Tröpfchen“ (Durchmesser $> 5 \mu\text{m}$) und „Aerosole“ (Durchmesser $\leq 5 \mu\text{m}$) unterschieden – man spricht üblicherweise generell von Tröpfcheninfektionen. Bezüglich ihrer Eigenschaften gibt es jedoch keine scharfe Grenze zwischen „Tröpfchen“ und „Aerosolen“, der Übergang ist fließend. Häufig unbeachtet ist die Tatsache, dass der Mensch nur beim Niesen sehr große Partikel emittiert. Beim normalen Sprechen und Husten werden fast ausschließlich kleine Tröpfchen generiert [9]. Außerdem verändern sich die in die Umgebung freigesetzten Aerosolpartikel je nach Umgebungsbedingungen bezüglich ihrer Größe und Zusammensetzung.

An der Luft schrumpfen die ausgeatmeten Tröpfchen in der Regel 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 Flüssigkeitströpfchen bis zu 3 Stunden nach der Freisetzung nachweisbar waren [10], auch in einem Krankenzimmer wurden mehrere Meter von einer infizierten Person entfernt vermehrungsfähige Viren nachgewiesen [11]. 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%, nicht im Freien, sondern in geschlossenen Räumen ab. Wenn sich das private und gesellschaftliche Leben in der kälteren Jahreszeit vermehrt in Räume verlagert, ist daher angesichts der bestehenden SARS-CoV-2-Pandemie auf Übertragungsmöglichkeiten und die Vorsorge in Innenräumen verstärkt zu achten. Das Raumklima in Innenräumen wird durch die Temperatur, relative Luftfeuchte, Luftbewegungen und den Luftwechsel beeinflusst, die von den Umgebungsbedingungen, wesentlich aber von der gegebenen Nutzung abhängen. Die Bewegung von luftgetragenen Partikeln in Innenräumen wird 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 (Klima- und Lüftungsanlagen), aber auch durch Temperaturunterschiede (Konvektion). Ferner spielen Temperatur und Druckunterschiede zwischen der Innen- und Außenluft eine wichtige Rolle für Luftbewegungen.

Durch Luftbewegungen können Partikel innerhalb kurzer Zeit über mehrere Meter transportiert und so im Innenraum verteilt werden. Das gilt auch für potenziell virushaltige Aerosole. Im Sinne des Infektionsschutzes sollten daher Schul- und Unterrichtsräume mit einem möglichst hohen Luftaustausch und Frischluftanteil versorgt werden. Dies gilt gleichermaßen für freies Lüften über Fenster sowie beim Einsatz von RLT-Anlagen.

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. RLT-Anlagen arbeiten ohne (Lüftungsanlagen) und mit zusätzlicher Klimatisierung wie Raumkühlung, Ent- und Befeuchtung (Klimaanlagen). Mitunter wird bei Klimaanlagen ein Teil der Abluft wieder der Zuluft beigemischt (meist ältere sogenannte „Umluftanlagen“).

Eine möglichst hohe Frischluftzufuhr ist eine der wirksamsten Methoden, potenziell virushaltige Aerosole aus Innenräumen zu entfernen, Lüftungstechnische Anlagen sind daher in Zeiten der Pandemie als Vorsorge gegen Infektionen anzusehen. Klimaanlagen, die mit einem hohen Umluftanteil betrieben werden, können unter bestimmten Umständen eventuell eine Gefahrenquelle darstellen. Bei einem hohen Umluftanteil in Klimaanlagen in Verbindung mit unzureichender Filterung kann es, wenn sich eine oder

mehrere infizierte Personen, die Erreger ausscheiden, im Raum aufhalten, möglicherweise über die Zeit zu einer Anreicherung von infektiösen Aerosolen in der Luft kommen. Es gibt mehrere Hinweise, dass ein SARS-CoV-2- Ausbruch im industriellen Produktionsbereich auf einen hohen Umluftanteil der dortigen RLT-Anlage zurückzuführen war [12].

Die Luftwechselrate ist definiert als die pro Zeiteinheit mit dem Raumvolumen ausgetauschte Luftmenge. Ein Luftwechsel von 1 pro Stunde (h^{-1}) bedeutet, dass z.B. bei einem Raum von 50 m^3 Volumen pro Stunde 50 m^3 Luft 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 von infizierten Personen freigesetzte Partikel. Intensives Lüften reduziert die Menge potenziell infektiöser Aerosole deutlich. Auch Partikel, die bspw. laufend durch die ruhige Atmung von Personen entstehen, werden bei höherem Luftwechsel entsprechend schneller entfernt bzw. verdünnt.

Bestimmend ist das zugeführte Außenluftvolumen, oft auch als „Frischluft“ bezeichnet. Als Richtschnur ist dem jeweiligen Raum pro im Raum anwesender erwachsener Person und Stunde ein mittleres Außenluftvolumen von etwa 35 m^3 zuzuführen, dies entspricht den in der österreichischen Arbeitsstättenverordnung definierten Anforderungen an Arbeitsplätze für Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung sowie dem österreichischen Leitfaden für den Kulturbetrieb [13] des Zentrums für Public Health der Medizinischen Universität Wien. Bei Kindern sind altersabhängig geringere Werte anzusetzen. Bei einem Außenluftvolumen von 35 m^3 pro erwachsener Person und Stunde stellt sich nach einer gewissen Zeit eine Kohlenstoffdioxid-Konzentration von rund 1000 ppm (0,1 Vol-%) als Ausgleichskonzentration ein.

In natürlich belüfteten Innenräumen herrscht bei geschlossenen Fenstern und Türen meist nur ein geringer Luftwechsel von 0,01 bis 0,3 pro Stunde (in älteren Gebäuden mit einer weniger dichten Gebäudehülle etwas mehr). Lüftungstechnische Anlagen werden bis heute jedoch noch nicht in allen Neubauten eingesetzt, obwohl ohne eine solche eine effiziente Lüftung, wie sie auch die bautechnischen Regelungen der Länder vorschreiben, in vielen Praxissituationen nicht möglich ist (bspw. in Schulklassen). Um das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in nicht privaten Innenräumen zu verringern, in denen sich mehrere Personen aufhalten, ist bei ausschließlich natürlich über die Fenster belüfteten Räumen eine zusätzliche häufigere intensive Lüftung bzw. Öffnen der Fenster erforderlich.

Eine Belastung der Raumluft mit virenbeladenen Aerosolen lässt sich in Situationen, wo nur unzureichender Luftwechsel erzielt werden kann, durch den Einsatz von geeigneten Luftreinigungsgeräten auf relevante Weise reduzieren. Insbesondere in Fällen einer nur schwer umsetzbaren Lüftungsvorgabe durch Öffnen der Fenster werden daher in der kalten Jahreszeit geeignete Luftreiniger als eine Ergänzung für einen prophylaktischen Gesundheitsschutz angesehen, wenn andere Maßnahmen zuvor nicht greifen. Somit stellt sich die Frage, welche Arten von mobilen oder stationären Luftreinigern ergänzend zu aktivem Lüften über Fenster in Innenräumen grundsätzlich geeignet sind und ob es sinnvoll ist, Luftreiniger auch zusätzlich zu Lüftungstechnischen Anlagen einzusetzen.

Der Einsatz von chemischen Substanzen zur Desinfektion von Raumluft ist in der Regel nicht erforderlich. In wenigen und ganz bestimmten Fällen ist eine Desinfektion von Oberflächen notwendig, es werden allerdings neuerdings auch mobile Geräte und fix installierte Vorrichtungen angeboten, die permanent, zum Teil unter Anwesenheit von Personen, Substanzen an die Raumluft abgeben. Es wird behauptet, dass dadurch eine Verringerung des Risikos einer Ansteckung stattfinden soll.

Der Arbeitskreis Innenraumluft spricht für den Einsatz von Luftreinigern in Innenräumen in Zusammenhang mit SARS-CoV-2 und damit assoziierten Themen wie Raumluftreinigung mit chemischen Substanzen, Bioziden oder Ozon nachfolgende Empfehlungen aus, die sich am Stand der Technik orientieren. Diese resultieren aus Messungen und praktischen Erfahrungen in den letzten Jahrzehnten im Bereich Abtransport chemischer und biologischer Kontaminationen [14] und wurden an die Situation einer möglichen SARS-CoV-2 Belastung der Raumluft angepasst [15, 16]. Die im Positionspapier getroffenen Aussagen sind sinngemäß auch für andere Fragestellungen im Zusammenhang mit Viren in Innenräumen anwendbar.

Mobile und stationäre 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. Stationäre Luftreiniger sind fix, mitunter in den einem nicht sichtbaren Lüftungskanal installierte Geräte, bei denen die Luft innerhalb eines Raumes umgewälzt wird. Dabei soll – bei Anwesenheit von möglicherweise mit SARS-CoV-2 Viren infizierten Personen – die angesaugte Raumluft durch geeignete Maßnahmen von Aerosolpartikeln bzw. Viren gereinigt und der Raumluft direkt wieder zugeführt werden.

Folgende Verfahren kommen vor allem zum Einsatz:

- Reinigung der Luft über Hochleistungsschwebstofffilter (HEPA-Filter) oder Hochleistungs-Partikelfilter (EPA-Filter)
- Sterilisation der Luft durch Einsatz der UV-C-Technik
- Reinigung mittels Ionisation
- Luftbehandlung mittels Ozon oder Plasma
- Reinigung über andere Filtertechniken (z.B. Aktivkohlefilter, elektrostatische Filter)
- Kombination mehrerer Verfahren

Seitens der Hersteller wird oft die Kombination von Filtern mit UV-C-Bestrahlung 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 (derartige Gerätetypen werden weiter unten kritisch beleuchtet).

UV-C Strahlung ist grundsätzlich in der Lage, SARS-CoV-2 Viren zu inaktivieren. Welche Strahlungsdosen beim Einsatz von UV-C in Luftreinigern ausreichend sind, bedarf weiterer Abklärung. Diesbezüglich wird empfohlen, sich vor Beschaffung und Einsatz von UV-C-Luftreinigern von den Herstellern überprüfbare Nachweise zur Wirksamkeit unter Realraumbedingungen geben zu lassen – insbesondere bezogen auf die Bestrahlungsintensität und Verweildauer der virenbeladenen Partikel innerhalb der bestrahlten Zone.

Zudem kann die Exposition gegenüber UV-C-Strahlung negative gesundheitliche Wirkungen nach sich ziehen, betroffen sind vor allem Haut und Augen. Es wird daher empfohlen, bei Einsatz von Geräten mit UV-C Technik darauf zu achten, dass diese Geräte keine direkte UV-C-Strahlung in den Raum abgeben. Es ist davon auszugehen, dass dies bei

den am Markt befindlichen UV-Geräten gegeben ist, da in modernen Geräten Vorkehrungen getroffen werden, um einen Austritt von UV-C-Strahlung zu vermeiden (bspw. automatische Abschaltung beim Öffnen) – dies ist auch nachzuweisen.

Nicht bei allen am Markt erhältlichen Geräten wird die Wirksamkeit gegenüber Viren und Bakterien als ausreichend erprobt angesehen (bspw. laut deutschem Umweltbundesamt bei Plasmageräten, [17]). Werden beim Einsatz von Geräten etwa reaktive Produkte wie Ozon erzeugt, besteht zudem auch die Gefahr, dass im Realbetrieb gesundheitsschädliche oder geruchsintensive Reaktionsprodukte an die Raumluft abgegeben werden [18, 19].

Einsatzempfehlungen zu Luftreinigern

Die Leistungsdaten des Filters (Abscheidegrad, Luftdurchsatz) spielen eine Rolle, um auf effiziente Weise die Aerosolkonzentration zu senken. Hochleistungsschwebstofffilter (HEPA = High Efficiency Particulate Air Filter, Filterklassen H 13 und H 14) sind in der Lage, mit SARS-CoV-2 beladene Partikel sowie gegebenenfalls auch nicht aerosolgebundene Krankheitserreger effektiv zurückzuhalten. Damit ist bei Luftreinigern mit solchen Filtern von einer prinzipiellen Wirksamkeit auszugehen. Auch Hochleistungs-Partikelfilter (EPA = Efficient Particulate Air Filter) der Klassen E 11 und E 12 sind für eine effiziente Luftreinigung im nichtmedizinischen Bereich geeignet. Kleine Aerosolpartikel können sich bei entsprechenden Umgebungsbedingungen, z.B. bei erhöhter relativer Luftfeuchte, aneinander anlagern. In solchen Einzelfällen sind auch Feinfilter der Filterklassen ISO ePM1 70% oder ISO ePM1 80% nach ÖNORM EN ISO 16890¹ in der Lage, größere virenbeladene Partikel zurückzuhalten.

Partikelfilterklassen für EPA-, HEPA- und ULPA-Filter werden in der ÖNORM EN 1822-1² definiert. Die Verwendung einer möglichst hohen Filterklasse ist aber – im Gegensatz zum Einsatz in Reinräumen oder Krankenanstalten – nicht per se zu empfehlen. Ein Einsatz von H 14-Filtern bringt beispielsweise beim Anwendungsfall „mobiler oder stationärer Luftreiniger in Innenräumen“, abgesehen von höheren Betriebskosten, keinen relevanten hygienischen Vorteil gegenüber der Verwendung von H 13-Filtern (es werden bei jedem

¹ ÖNORM EN ISO 16890-2: Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Teil 2: Ermittlung des Fraktionsabscheidegrades und des Durchflusswiderstandes. 2020 07 15

² ÖNORM EN 1822-1: Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) - Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung. 2019 09 01

Durchlauf lediglich etwa 0,05% mehr Partikel der "Most Penetrating Particle Size" gefiltert). Die Anschaffungs- und Betriebskosten steigen durch die Verwendung von Filter der jeweils höheren Filterklasse signifikant an. Zudem erhöht sich meist der Schallpegel und jedenfalls der Energieverbrauch, da es mehr Leistung erfordert, die benötigten Luftvolumina durch H 14-Filter statt durch H 13- oder EPA-Filter zu bewegen.

Generell muss bereits bei der Ausschreibung bedacht werden, dass die Wartungs- und Energiekosten der Luftreinigungsgeräte gering sein sollten. Verbrauchsmaterialien wie bspw. Filtermaterial oder Leuchten bei UV-C-Geräten soll kostengünstig sein. Außerdem ist es sehr wichtig, dass der Wechsel von Verbrauchsmaterial einfach durchführbar ist. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass eine Kombination von Filtern und UV-Leuchten (außer bei speziellen Anwendungen, bspw. im Krankenhausbereich) keinen relevanten hygienischen Vorteil gegenüber der Verwendung von reinen Filtergeräten liefert, sondern nur zu deutlich höheren Betriebskosten führt. Kontaminierte Filter können nach Gebrauch (meist nach einem Jahr) gefahrlos unter Beachtung der bekannten Vorsichtsmaßnahmen (Mund-Nasenschutz, Handschuhe) auch ohne UV-Desinfektion gewechselt werden.

Die Schallemissionen des jeweiligen Gerätes dürfen zu keiner Beeinträchtigung der Tätigkeiten im Raum führen (z.B. Büroarbeit, Schulunterricht). Die Schalleistung ist nach einem genormten Verfahren zu bestimmen (wie z.B. ÖNORM EN ISO 3741³). Die akustischen Daten der Geräte sind durch den Hersteller für den Nennbetrieb für spezifische Volumenströme anzugeben.

Es dürfen bei Betrieb des Geräts keine unerwünschten Sekundärprodukte (Schadstoffe) freigesetzt werden. Es wird empfohlen, vor Beschaffung und Einsatz von Geräten mit Verfahren, bei denen eine Bildung von Sekundärprodukte möglich ist, sich von den Herstellern neben der Wirksamkeitsprüfung unter Realraumbedingungen auch den Nachweis erbringen zu lassen, dass keine gesundheitsgefährdenden Emissionen und Gerüche erzeugt werden. Durch das Gerät sollen im Aufenthaltsbereich auch keine Einschränkungen hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit entstehen.

Technische Daten sind generell transparent für unterschiedliche Volumenströme anzugeben. Dabei ist die elektrische Leistungsaufnahme für spezifische Volumenströme

³ ÖNORM EN ISO 3741: Akustik - Bestimmung der Schalleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen - Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1. 2011 01 01

auszuweisen. Abhängig vom Gerätetyp muss eine regelmäßige Wartung erfolgen. Geräte sollten grundsätzlich konform mit der ÖNORM H 6021 und VDI 6022⁴ sein.

Dimensionierung von Luftreinigern

Der Dimensionierung von Luftreinigern kommt eine entscheidende Bedeutung zu, wenn das Infektionsrisiko in Innenräumen auf relevante Weise gesenkt werden soll. Aussagen zur Effizienz von Luftreinigern in Innenräumen stammen zum Teil aus Versuchen unter Laborbedingungen, die nicht immer auf den praktischen Betrieb umgelegt werden können. Inzwischen liegen Versuche mit unterschiedlichen Untersuchungsansätzen und -ergebnissen aus Modellräumen [20, 21] sowie erste Untersuchungen in realen Klassenräumen von Schulen [22] vor. Die Ergebnisse sind nicht immer einheitlich.

Vor dem Hintergrund der insgesamt noch nicht vollständigen Datenlage ist zu empfehlen, die Wirksamkeit der Geräte unter den jeweiligen Praxisbedingungen vor dem Einsatz fachgerecht zu bewerten. Dabei sind die konkreten Einsatzbedingungen (z.B. Raumverhältnisse, Belegungsdichte, Anordnung des Luftreinigers im Raum, etwaige Strömungshindernisse) zu berücksichtigen.

Um die Raumluft hinreichend von Aerosolpartikeln zu befreien, müssen die Geräte entsprechend ausgelegt sein. Ein häufig benutztes Kriterium ist die sogenannte „Clean Air Delivery Rate (CADR)“. Der CADR-Wert gibt an, welches Luftvolumen innerhalb einer vorgegebenen Zeit von Aerosolen im Größenbereich 0,09 µm bis 11 µm gereinigt wird. Es 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. Der CADR-Wert wird unter standardisierten Laborbedingungen mit definierten Partikeln (Rauch, Staub, Pollen) bei höchster Leistungsstufe ermittelt [23].

Der Luftdurchsatz (bzw. die CADR) muss der Größe des Raums und dem natürlichen Luftwechsel im Raum angemessen sein und darf keine Zugerscheinungen verursachen. Die Förderleistung des Einzelgerätes oder der Summe mehrerer Geräte (außenluftäquivalenter Luftwechsel, Angabe in m³ pro Stunde) sollte so ausgelegt sein, dass das jeweils

⁴ Vor allem VDI 6022 Blatt 1: Raumlufttechnik, Raumluftqualität - Hygieneanforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln). 2018 01

zu betrachtende Raumvolumen mindestens einem dreifachen Luftwechsel pro Stunde unterzogen wird. Es muss sichergestellt sein, dass über die Nutzungsdauer möglichst die gesamte Raumluft von der Reinigung erfasst wird und dass es zu keinem Kurzschlussvolumenstrom im Umfeld des Luftreinigers kommt.

Stationäre Simulationsprogramme dienen dazu, grundsätzliche Unterschiede zwischen verschiedenen Raumtypen und Belegungsdichten zu ermöglichen [24]. Um im konkreten Fall die resultierende Risikosenkung unter den jeweils gegebenen Praxisbedingungen abschätzen zu können, empfiehlt sich auch die Verwendung von geeigneten instationären Simulationsprogrammen (bspw. das Programm VIR-SIM des Arbeitskreises Innenraumluft im BMK⁵). Dieser Zugang erlaubt eine Risikoabschätzung unter Verwendung der bekannten bzw. angenommenen Randparameter „Belegung des Raumes“, „Luftwechsel“, „Sprach- und Atemaktivität“ sowie der Eingabe von Lüftungsphasen und zeigt die Abnahme des Risikos bei unterschiedlichem außenluftäquivalentem Luftwechsel durch einen Luftreiniger.

Luftbehandlung mittels Ozon oder „Kaltplasma“

Bei mobilen Geräten, die mit sogenanntem „Kaltplasma“ arbeiten, wird deren Wirksamkeit gegenüber Viren und Bakterien bei typischen Raumgegebenheiten und Raumvolumina wie in Innenräumen üblich, als nicht ausreichend erprobt angesehen (17).

Bei Geräten, welche die Luft direkt im Gerät mit Ozon behandeln, kann Ozon zumindest zum Teil 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 (17). Darüber hinaus reagiert Ozon mit vielen Materialien, was oft zur Bildung unerwünschter Sekundärprodukte führt (30).

Zusammenfassend besteht die Gefahr, dass im Realbetrieb durch chemische Reaktion mit anderen Stoffen geruchsintensive und zum Teil gesundheitsschädliche Reaktionsprodukte an die Raumluft abgegeben werden (18; 19). Der Nachweis Seitens der Hersteller, dass keine gesundheitsschädigenden Emissionen erzeugt werden, ist auf Grund der Flüchtigkeit bzw. mangelhaften analytischen Fassbarkeit der Reaktionsprodukte erschwert bzw. mit

⁵ VIR-SIM unter corona-rechner.at

Ausnahme von Ozon grundsätzlich nicht möglich. Vom Gebrauch von Geräten, die mit sogenanntem „Kaltplasma“ arbeiten oder die Luft direkt im Gerät mit Ozon behandeln und auf diese Weise eine Viren-Inaktivierung erreichen wollen, wird daher aus Vorsorgegründen abgeraten. Dies auch deswegen, da robuste, erprobte Verfahren wie bspw. Filtergeräte ohne derartige unkalkulierbare Risiken verfügbar sind.

Grenzen des Einsatzes von Luftreinigern in Innenräumen

Durch mobile oder fest installierte Luftreiniger können grundsätzlich nicht alle Verunreinigungen aus der Raumluft entfernt werden, wie dies bei Zufuhr von Außenluft stattfindet. Dies trifft vor allem für Kohlendioxid, aber auch für eine Reihe chemischer Stoffe in der Raumluft zu, die nicht von allen Luftreinigern erfasst werden. Auch erhöhte Luftfeuchte (die unter bestimmten Umständen zur Gefahr von Schimmelbildung führen kann) kann auf diese Weise nicht abgeführt werden. Geräte, die keine Gewebefilter oder wirksame elektrostatische Filter verwenden, entfernen zudem keinen Staub aus der Raumluft.

Mobile oder auch fest installierte Geräte dieser Art wälzen die Raumluft lediglich um und ersetzen nicht die Zufuhr von Außenluft. Es wird daher ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Betrieb und Einsatz von Luftreinigern eine ausreichende hygienische Lüftung nicht ersetzen können.

Es sind folgende Prioritäten zu setzen:

- Intensiveres Lüften über Fenster oder durch Einsatz von zentral oder etagenweise eingebauten raumluftechnischen Anlagen.
- Wenn der Einbau von raumluftechnischen Anlagen nicht realisierbar ist, sollte durch Verringerung der Anzahl der Nutzer des Raumes die Risikosituation verbessert werden.
- Wenn die vorher genannten Punkte nicht realisierbar sind, können Luftreiniger eingesetzt werden, die das eingeschränkte Lüften in Bezug auf eine Risikominimierung in Pandemiezeiten ergänzen, jedoch nicht ersetzen.

Es wird an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass erhöhte Kohlendioxidkonzentrationen in Innenräumen generell hygienisch inakzeptabel und der Leistungsfähigkeit abträglich sind [25, 26]. Laut der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft des

BMK ist in Räumen, in denen geistige Tätigkeiten verrichtet werden oder die zur Regeneration dienen ein mittlerer CO₂-Wert von 1000 ppm einzuhalten [27].

Alle hier genannten Maßnahmen, Lüftungskonzepte und -techniken sowie ggf. der Einsatz von 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, Mund-/Nasenschutz) sind daher unabhängig von den obigen Maßnahmen weiterhin zu beachten.

Vernebelung oder direkte Abgabe von Substanzen in die Raumluft

Von der Vernebelung von Wasserstoffperoxidlösung (H₂O₂) oder Natriumhypochloritlösung (NaOCl) zur Desinfektion der Raumluft wird vom deutschen Umweltbundesamt dringend abgeraten [17]. Diese Empfehlung gilt auch für den Einsatz als fix installierte Systeme, bei denen Desinfektionsmittel dem Zuluftstrom einer Lüftungstechnischen Anlage, zum Teil bei Anwesenheit von Personen, zudosiert wird, um entweder Oberflächen oder Raumluft zu behandeln. Derartige Systeme zeigen keine relevanten Vorteile gegenüber einer klassischen mechanischen Reinigung von Lüftungsanlagen, Risiken sind dabei allerdings nicht ausgeschlossen.

Beide Substanzen sind starke Oxidationsmittel und haben konzentrationsabhängig eine gesundheitsschädigende Wirkung. Desinfektionsmittel können z.B. Reizungen von Haut und Schleimhaut, Ekzeme, Allergien oder auch Vergiftungen auslösen – vor allem dann, wenn sie in zu hoher Dosierung verwendet werden – auch Materialschäden sind möglich. Aber auch eine Unterdosierung ist als kritisch anzusehen, weil damit keine ausreichende Wirksamkeit gegeben ist und die Bildung von Resistenzen gegenüber bestimmten Wirkstoffen gefördert werden kann [28]. Die Anwendung von zu niedrigen Konzentrationen eines Wirkstoffes, bei der keine akute Gefährdung von anwesenden Personen angenommen werden kann, ist daher nicht zielführend.

Die Substanzen wirken antimikrobiell, allerdings ist die Wirksamkeit gegenüber luftgetragenen Viren unter Praxisbedingungen bisher nicht ausreichend belegt. Ebenso wird von der Vernebelung anderer Desinfektionsmittel ohne besondere Schutzmaßnahmen und Gefährdungsanalysen abgeraten [17]. Diese Einschätzung wird auch von der Österreichischen Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Präventivmedizin (ÖGHMP) geteilt

[29]. Raumdesinfektionsverfahren haben laut ÖGHMP im Zusammenhang mit der Covid-19-Prävention aus fachlicher Sicht praktisch keine Bedeutung. Ausnahmen davon sind streng kontrollierte und gezielt angewendete Desinfektionsverfahren für gut überprüfbare Räume, z.B. bei der Herstellung bestimmter steriler Güter, in Einrichtungen für die medizinische Behandlung gefährlicher Infektionen oder in diagnostischen Hochsicherheitslabors. Diese speziellen Desinfektionsanwendungen sind begrenzt auf definierte und qualitätsgesicherte Prozesse, und sie geschehen in aller Regel nur in Abwesenheit von Menschen. Ergänzend werden vor Ort Evaluierungen durchgeführt, um eine Wirksamkeit gewährleisten zu können

Folgende kritische Punkte werden genannt [nach 29]:

- Diese Anwendungsart (Vernebeln) von Desinfektionsmitteln behandelt Luft und Oberflächen gleich, ohne Rücksichtnahme auf die tatsächlich erreichte Durchmischung im Raum oder die Aufbringung auf Flächen, auf die Beschaffenheit einzelner Gegenstände oder Oberflächen (glatt oder rau, trocken oder feucht ...) oder auf deren tatsächliche Bedeutung für die Übertragung der in Frage kommenden Erreger.
- Das Erreichen aller Luftkompartimente und Oberflächen, in/auf denen sich Erreger befinden, ist ungewiss.
- Die an den Erregern erreichte Wirk(stoff)konzentration ist auch dann ungewiss, wenn genügend Wirkstoff anströmt: Da die Applikation ohne mechanische Unterstützung (= ohne Wischen) geschieht, werden Wirkstoffe in größeren Anschmutzungen absorbiert und inaktiviert, bevor die Erreger erreicht werden.
- Die Desinfektionswirkung ist nicht sicher kontrollierbar.
- Chemikalien werden in der Atemluft und auf Kontaktflächen angereichert, dadurch ist eine gesundheitliche Schädigung der Nutzer des Raumes durch Einatmen oder/und Kontakt möglich.
- Wegen des geringen bis fehlenden Nutzen sind Risiken und Aufwand unverhältnismäßig hoch.
- Andere Hygienetechniken sind gezielter anwendbar und wirksamer. Diese machen daher im Regelfall eine Raumdesinfektion entbehrlich.

Zusammenfassend kann daher ausgesagt werden, dass Verfahren, die Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Natriumhypochlorit ($NaOCl$) oder Ozon zur Desinfektion der Raumluft beimischen, in Innenräumen außer in speziellen, fachlich begleiteten Fällen nicht eingesetzt werden sollen. Dies gilt auch für andere Desinfektionsmittel wie bspw. Hypochlorige Säure oder

Chlordioxid sowie für das sogenannte „Kaltplasmaverfahren“. Ein besonders kritischer Punkt ist, dass Nutzer bei der Anwendung wirkungsloser bzw. nicht ausreichend kontrollierbarer Verfahren der Meinung sind, dass andere wirksame Schutzmaßnahmen gegenüber SARS-CoV-2 wie verstärkte Lüftung, Händehygiene, Abstand oder Mund-Nasenschutz nicht erforderlich wären. Dadurch kann die Situation entstehen, dass auf Grund eines falschen Sicherheitsgefühls das Risiko von Infektionen zunimmt.

Es wird darauf hingewiesen, dass bei Betreten eines Raumes durch eine infizierte Person die davor stattgefundenen Desinfektionsbemühungen in Hinblick auf Aerosolpartikel keine relevante Wirkung mehr haben. Wegen des geringen bis fehlenden Nutzen werden daher die mit Vernebelungen verbundenen Risiken und der Aufwand als unverhältnismäßig hoch eingeschätzt. Dies gilt sinngemäß auch für UV-Desinfektionsmaßnahmen mit offenen Leuchten (Ausnahmen auch hier spezielle Anwendungen).

Falls im Einzelfall bei einer behördlich angeordneten Maßnahme eine Raumdesinfektion erforderlich sein sollte, ist zu beachten, dass sich Nutzer während der Desinfektionsmaßnahmen keinesfalls im Raum befinden dürfen. Nach einer Anwendung von Desinfektionsmittel muss ausreichend gelüftet werden, um eine Exposition gegenüber der verbleibenden Restkonzentration der Wirkstoffe zu vermeiden.

Es dürfen nur Desinfektionsmittel und -verfahren eingesetzt werden, die für die jeweilige Anwendung geprüft und anerkannt sind. Hierfür kann bspw. auch auf die von der Stadt Wien gemeinsam mit der AUVA und dem BMK erstellte Desinfektionsmittel-Datenbank „WIDES“⁶ zurückgegriffen werden. Diese Datenbank bietet eine gute Orientierungshilfe, um bei der Beschaffung wirksamer Desinfektionsmittel auch die Gesundheit der Anwender und den Schutz der Umwelt zu berücksichtigen.

Es ist zu beachten, dass für Oberflächendesinfektion zugelassene Präparate nicht automatisch eine Wirksamkeit auf luftgetragene Viren aufweisen – hier ist ein gesonderter Wirksamkeits-Nachweis unter Praxisbedingungen (im Vergleich zu reinem Befeuchten der

⁶ Desinfektionsmittel-Datenbank WIDES. [wides.at](https://www.wides.at)

Luft) erforderlich. Anzumerken ist, dass sich eine Prüfung nach ÖNORM EN 17272⁷ auf die Wirksamkeit einer Oberflächendesinfektion durch Vernebelung bezieht, jedoch nicht automatisch auch auf eine Wirkung auf partikelgebundene Viren in der Raumluft.

⁷ ÖNORM EN 17272: Chemische Desinfektionsmittel und Antiseptika – Verfahren zur luftübertragenen Raumdesinfektion durch automatisierte Verfahren – Bestimmung der bakteriziden, mycobakteriziden, sporiziden, fungiziden, levuroziden, viruziden, tuberkuloziden und Phagen-Wirksamkeit. 2020 06 01

Literatur

1. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2020): COVID-19-Hygiene- und Präventionshandbuch für öffentliche Schulen, Privatschulen mit Öffentlichkeitsrecht und eingegliederte Praxisschulen an den Pädagogischen Hochschulen. bmbwf.gv.at/Ministerium/Informationspflicht/corona/corona_schutz.html
2. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2020): COVID-19-Hygiene- und Präventionshandbuch für elementarpädagogische Einrichtungen. bmbwf.gv.at/Ministerium/Informationspflicht/corona/corona_schutz.html
3. Morawska L, Cao J (2020): Airborne transmission of SARS-CoV-2: the world should face the reality. Environ. Int. 105730. doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730
4. Österreichische Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Präventivmedizin (ÖGHMP): Sinnvolle hygienische Maßnahmen gegen die Übertragung von SARS-CoV-2 vom 18.05.2020
5. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ on behalf of the COVID-19 Systematic Urgent Review Group Effort (SURGE) study authors (2020): Physical distancing, face masks and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. The Lancet 395(10242):1973-1987
6. Morawska L, Milton D (2020): It is time to address airborne transmission of COVID-19. Clinical Infectious Diseases. doi.org/10.1093/cid/ciaa939
7. WHO (2020): Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. 9 July 2020. [who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions](https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions)
8. Buonanno G., Stabile L, & Morawska L (2020): Estimation of airborne viral emission: quantifying emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. Environment International 141, 105794. doi.org/10.1016/j.envint.2020.105794
9. Hartmann A, Lange J, Rotheudt H, Kriegel M (2020): Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten, Preprint. dx.doi.org/10.14279/depositonce-10332

10. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH 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. [nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2004973](https://doi.org/10.1056/nejmc2004973)
11. Lednitsky JA et al. (2020): Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. medRxiv, Preprint, 04. August 2020. doi.org/10.1101/2020.08.03.20167395
12. Günther T, Czech-Sioli M, Indenbirken D et al. (2020): Investigation of a super-spreading event preceding the largest meat processing plant-related SARS-Coronavirus2 outbreak in Germany. papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3654517
13. Zentrum für Public Health der Medizinischen Universität Wien, Abteilung für Umwelt-hygiene und Umweltmedizin (2020): Kultur in Zeiten der COVID19-Epidemie in Österreich: Leitfaden für den Kulturbetrieb (13.05.2020)
14. Wallner P, Muñoz-Czerny U, Tappler P, Wanka A, Kundi M, Shelton JF, Hutter H-P (2015): Indoor environmental quality in mechanically ventilated, energy-efficient buildings vs. conventional buildings. International Journal of Environmental Research and Public Health 2015(11):14132-14147
15. BMK (2020): Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Gebäuden. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html
16. BMK (2020): Positionspapier zur Lüftung von Schul- und Unterrichtsräumen – SARS-CoV-2. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html
17. UBA (2020): Einsatz mobiler Luftreiniger als Lüftungsunterstützende Maßnahme in Schulen während der SARS-CoV-2 Pandemie. Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) am Umweltbundesamt. Umweltbundesamt Deutschland Dessau-Roßlau
18. Gunschera J, Markewitz D, Bansen B, Salthammer T, Ding H (2016): Portable photocatalytic air cleaners: efficiencies and by-product generation. Environmental Science and Pollution Research 23, 7482-7493

19. Siegel JA (2016): Primary and secondary consequences of indoor air cleaners. *Indoor Air* 26, 88-96
20. Kähler CJ, Fuchs T, Mutsch B, Hain R (2020): Schulunterricht während der SARS-CoV-2 Pandemie – Welches Konzept ist sicher, realisierbar und ökologisch vertretbar? unibw.de/lrt7/schulbetrieb-waehrend-der-pandemie.pdf
21. Zacharias N, Haag A, Brang-Lamprecht R, Gebel J, Essert SM, Kistemann T, Exner M, Mutters NT, Engelhart S (2020): Air filtration as a tool for the reduction of viral aerosols. Institute for Hygiene and Public Health, University Hospital Bonn, Venusberg-Campus 1, 53127 Bonn, Deutschland (white paper).
22. 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, doi.org/10.1101/2020.10.02.20205633
23. AHAM AC-1 (2019): Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners. Association of Home Appliance Manufacturers, Washington, DC, United States
- 24 Müller D, Rewitz K, Derwein D, Burgholz TM, Schweiker M, Barday J, Tappler P (2020): Empfehlung zum erforderlichen Luftwechsel in Schulen, Großraumbüros, Hörsälen und Turnhallen zur Reduzierung eines aerosolgebundenen Infektionsrisikos. Report (white paper). doi.org/10.18154/RWTH-2020-10366
25. 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
26. Petersen S, Jensen KL, Pedersen ALS Rasmussen HS (2016): The effect of increased class-room ventilation rate indicated by reduced CO₂ concentration on the performance of schoolwork by children. *Indoor Air* 26, 366-379
27. BMNT (2017): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter. Überarbeitete Fassung, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (derzeit BMK) unter Mitarbeit der österreichischen Akademie der Wissenschaften. Blau-Weiße Reihe

28. ÖGHMP (2020): Ergänzende Information zur Desinfektion, zu Desinfektionsverfahren und im Speziellen zur Raumdesinfektion. Österreichische Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Präventivmedizin.

oeghmp.at/media/ergaenzende_informationen_zur_desinfektion_update_29_05_2020.pdf

29. ÖGHMP (2020): Grundsätzliche Information zur Raumdesinfektion. Österreichische Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Präventivmedizin.

oeghmp.at/media/grundlegende_ueberlegungen_zur_raumdesinfektion_update_29.05.2020.pdf

30. Poppendieck D, Hubbard H Ward M, Weschler C, Corsi RL (2007): Ozone reactions with indoor materials during building disinfection. Atmospheric Environment 41, 3166-3176

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie**

Abteilung VII/11, Stubenbastei 5, 1010 Wien

+43 1 711 00-612119

vii@bmk.gv.at

bmk.gv.at