



Fachliche Beurteilung von Handlungsoptionen von Lüftungs-/ Luftreinigungsmaßnahmen in Aufenthaltsräumen (insbesondere Klassenräume) vor dem Hintergrund der Vermeidung und Begrenzung der Infektionsübertragung durch Aerosole

Zusammenfassung

- **Mobile Luftreiniger**, die die Abluft in den gleichen Raum entlassen, sind – auch als Ergänzung zu bestehender Belüftung – überwiegend **ungeeignet**.
- **Unzureichend belüftbare Räume sind** als Arbeits-, Aufenthalts- und Klassenräume **ungeeignet** und müssen in erster Linie mit baulichen Veränderungen raumlufttechnisch ertüchtigt werden.
- Mit ventilatorgestützten Fensterlüftungssystemen (Entwicklung des Max-Planck-Instituts für Chemie) können **bauliche Eingriffe auf ein Minimum** reduziert werden. Voraussetzung für den Einsatz sind ein dauerhaft – mindestens leicht - geöffnetes Fenster und die Ausleitung der Abluft in die Atmosphäre.
- Mobile Luftreiniger sollten nur in Einzelfällen und nur **ergänzend** zur bestehenden Belüftung unter Beachtung bestimmter Rahmenbedingungen erwogen werden.
- Als indirekter Indikator für die Keimbelastung der Luft kann hilfsweise die CO₂-Konzentration verwendet werden.

Problemstellung

Zur Vermeidung und Begrenzung der Risiken einer Infektionsübertragung in Aufenthaltsräumen sind aus Vorsorgegründen (abgesehen von einer Umsetzung der AHA-Regeln der anwesenden Personen) Vorkehrungen zur Verringerung der Keimzahl (hier: Mikroorganismen wie z.B. Bakterien, Parasiten, Pilze, Viren u. a., die als Einzelpartikel oder eingebunden in Flüssigkeitströpfchen/Aerosole mit Partikelgrößen < 5 µm vorliegen) in der Raumluft notwendig. Speziell im Hinblick auf die Risiken einer Aerosolübertragung von COVID-19 wird ein Szenario zugrunde gelegt, bei dem mindestens eine Person im Raum kontinuierlich infektiöse Atemluftpartikel emittiert, die von den weiteren Personen im Raum inhaliert werden können. Ohne Vorkehrungen zur Verringerung der Keimzahl steigen die Virenlast in der Raumluft und damit einhergehend das Infektionsrisiko kontinuierlich an. Die Verringerung der Keimzahl in der Raumluft kann auf zwei verschiedenen Wegen erreicht werden. In herkömmlicher Weise erfolgt dies durch regelmäßiges Fensterlüften (einfachste Form einer freien Lüftung). Die Verringerung beruht auf einem Verdünnungseffekt bedingt durch einen Austausch der Raumluft durch Außenluft. Je nach Lüftungsdauer erfolgt ein vollständiger Luftwechsel. Die bezweckte Wirkung kann beim Fensterlüften zumindest vorübergehend durch rein manuelle Eingriffe und ohne Einsatz von Technik erzielt werden. Zur Gewährleistung guter lufthygienischer Verhältnisse in der Raumluft ist das Lüften von Aufenthaltsräumen eine obligatorische Maßnahme. Der Luftaustausch mit Außenluft dient zur Begrenzung des durch menschliche Atmung freigesetzten CO₂ und Wasserdampfes (Feuchte) in der Raumluft. Abgesehen

Stand 14.07.2021

von einer einfachen Fensterlüftung werden auch Raumluf-Technische-Anlagen (RLT-Anlagen) zur Gewährleistung guter Luftqualitäten in Aufenthaltsräumen eingesetzt, bei denen die Fensterlüftung ggf. entfallen kann. Angesichts vergleichbarer Zielstellungen ist zur Begrenzung der Virenlast grundsätzlich ein Rückgriff auf einfache und obligatorisch praktizierte Maßnahmen (Fensterlüftung) sowie ausgereifte und etablierte RLT-Anlagen möglich. Die Ausgestaltung der Maßnahmen und die Betriebsweise der Technik gilt es an den Erfordernissen einer wirksamen Begrenzung der Virenlast auszurichten.

Die zweite Möglichkeit einer Verringerung der Virenlast in der Raumluf besteht darin, dass die in der Raumluf enthaltenen Aerosole in einer Filtervorrichtung abgeschieden oder unter Verwendung eines Luft-Entkeimungsgeräts (hier: Einwirkung durch energieintensive UV-Strahlung (UVC), Ozon, nichtthermische Plasmen u. a.) entfernt werden. Derartige Maßnahmen setzen somit zwingend den Einsatz von Gerätetechnik voraus. Sowohl Hochleistungsabscheider als auch Luftentkeimungsapparate wurden bislang hauptsächlich in gewerblich-industriellen Reinraum-Anwendungen eingesetzt. Ein Einsatz für die Raumlufbehandlung in kleineren Aufenthaltsräumen (Klassenräume, Arztpraxen u. a.) ist vergleichsweise neu und hat erst im Zuge der COVID-19-Pandemie eine höhere Verbreitung (bzgl. Marktangebot und -nachfrage) erfahren. Derartige Geräte werden gemeinhin als (Raum-)Luftreiniger bezeichnet und sind in der Regel für einen reinen Umluftbetrieb ausgelegt, d. h. die Raumluf wird lediglich ohne Zufuhr von Außenluft / ohne Ableitung der Abluft (Fortluft) lediglich umgewälzt.

Entscheidend für die Beurteilung der Wirksamkeit der aufgezeigten möglichen Lüftungs-/Luftreinigungsmaßnahmen ist der zeitliche Verlauf der Massenkonzentration/Anzahl potenziell infektiöser Aerosole in der Raumluf.

Übergeordneter Entscheidungsrahmen für Handlungsoptionen

Unter Berücksichtigung der aufgezeigten Möglichkeiten von Lüftungs-/Luftreinigungsmaßnahmen können zwei grundverschiedene Positionen im Hinblick auf die Auswahl der anzuwenden Maßnahmen eingenommen werden. Auf der einen Seite steht der Rückgriff auf das rein manuelle, leicht und unverzüglich umsetzbare Fensterlüften in Form einer Stoßlüftung (kurzzeitiger, ca. 3 bis 10-minütiger Luftaustausch bei vollständig geöffneten Fenstern) oder kontinuierlicher Lüftung (dauerhaft geöffnete Fenster z. B. in Kippstellung). Die Wirksamkeit dieser Maßnahme hängt entscheidend von der Akzeptanz und gewissenhaften Umsetzung der Vorgaben (Befolgungsgrad) ab. Hierin besteht der zentrale Schwachpunkt dieser Maßnahme. Selbst bei einer vorausgesetzten hohen Disziplin gelangt die Maßnahme an ihre Praktikabilitätsgrenzen, wenn die notwendigen Lüftungszyklen und -Zeiten (ggf. i.V.m. einem Verlassen des Raums) ein Ausmaß annehmen, sodass entweder nicht tolerierbare Komforteinbußen eintreten (z. B. niedrige Raumluftemperaturen) oder die Zeitintervalle einer ungestörten/unterbrechungsfreien Nutzung als unzureichend anzusehen sind.

Als Gegenpol zur Fensterlüftung stehen auf der anderen Seite vollautomatische RLT-Anlagen, die unter Beachtung der Prämissen einer Begrenzung der Virenlast zu „High-End“-Technologien ausgeführt werden können. Derartige Anlagen bedürfen einer qualifizierten Planung und regelmäßigen Wartung und Instandhaltung durch Fachfirmen, bieten jedoch im

Stand 14.07.2021

Hinblick auf Luftqualität, Infektionsrisiko, Behaglichkeit, Energieeinsparung und Nachhaltigkeit (Einsatzmöglichkeiten außerhalb von Pandemiezeiten) den bestmöglichen Nutzen eines vollautomatischen Innenraumluftversorgungsystems.

Im Spannungsfeld von rein verhaltensabhängigen organisatorischen Maßnahmen und Vorkehrungen mit hohem Technisierungsgrad spielt in Pandemiezeiten der Umsetzungszeitraum für derartige Maßnahmen eine wichtige Rolle. Berücksichtigt man, dass RLT-Anlagen nur in etwa 10 Prozent der Bestandsgebäude von Schulen in Deutschland eingesetzt werden, sind speziell für Bestandsgebäude vereinfachte technische Nachrüstlösungen im Sinne einer „Brückentechnologie“ in die Betrachtung einzubeziehen. Abgesehen von den drei Aspekten (verhaltenspraktikable organisatorische Maßnahmen, Technisierungsgrad, Realisierungszeitraum) sind speziell bei der Auswahl und Beurteilung der Eignung von möglichen Lüftungs-/ Luftreinigungsmaßnahmen für Bestandsgebäude die baulichen Gegebenheiten von besonderer Bedeutung. In Anlehnung an die Klassifikation des Umweltbundesamtes [1] wird die **Beschaffenheit von Aufenthaltsräumen** im Bestand in nachstehende drei Kategorien unterteilt:

Kategorie 1 – mit RLT-Anlage ausgestattete Aufenthaltsräume und/oder Aufenthaltsräume, die über Fenster verfügen, die durch regelmäßiges Stoßlüften (hier: ca. alle 20 Minuten für die Dauer von 5 Minuten in Wintermonaten/kalten Tagen; 15 Minuten in Sommermonaten) die Einhaltung einer CO₂-Konzentration von 1.000 ppm (parts per million = Anzahl Teile pro 1 Mio. Teile) im Innenraum ermöglichen sowie alle sonstigen (freien) Lüftungen, die dieses Kriterium sicherstellen

Kategorie 2 – Aufenthaltsräume mit eingeschränkten Lüftungsmöglichkeiten (z.B. nur kippbare Fenster, Lüftungsöffnungen mit geringem Querschnitt u. a.), die durch regelmäßiges Stoßlüften keine Einhaltung einer CO₂-Konzentration von 1.000 ppm im Innenraum ermöglichen.

Kategorie 3 – nicht zu belüftende Räume

Räume, die über keine vorhandene Möglichkeiten zur Belüftung verfügen, sind für eine Nutzung als Aufenthaltsraum nicht geeignet, sodass die Kategorie 3 von den weitergehenden Betrachtungen ausgenommen werden kann. Für die Räume der Kategorie 1 und Kategorie 2 erfolgt nachfolgend eine Betrachtung, welche grundlegenden Lüftungs-/ Luftreinigungsmaßnahmen für eine Anwendung unter dem Gesichtspunkt der Begrenzung der Aerosolübertragung von COVID-19 in Frage kommen.

Betrachtungen zum Grundtyp „Freie (Fenster-)Lüftung“

Die Fensterlüftung stellt die einfachste Art der freien Lüftung dar. Eine Fensterlüftung ist spätestens zum Zeitpunkt der Aufnahme der Nutzung des Aufenthaltsraums und danach in regelmäßigen Abständen – zwecks Abführung des freigesetzten Kohlendioxid (CO₂), Wasserdampf (Luftfeuchte) und etwaige Gerüche/Ausdünstungen (Möbel, Kosmetika u. a.) an die Atmosphäre – durchzuführen. Die ASR A3.6 [2] empfiehlt aus lufthygienischen Gründen einen zeitlichen Abstand zum Lüften von Besprechungsräumen nach 20 Minuten. Am wirkungsvollsten sind Stoßlüftungen über die gesamten Öffnungsflächen der Fenster. Als Orientierungsgröße für die Lüftungsdauer sollen im Sommer 10 Minuten und im Winter 3 Minuten nicht unterschritten werden. Die unterschiedliche saisonale Lüftungsdauer resultiert aus der

Stand 14.07.2021

Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft. Nach SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel [3] soll die Lüftungshäufigkeit in Zeiten einer Epidemie möglichst erhöht werden. Zudem kann eine kontinuierliche Lüftung über gekippte Fenster als Ergänzung zur Stoßlüftung sinnvoll sein, um einem zu starken zeitlichen Ansteigen einer möglichen Konzentration virenbelasteter Aerosole in der Raumluft vorzubeugen.

Die CO₂-Konzentration stellt einen messbaren Indikator/Marker für die Innenraumluftqualität dar. Als CO₂-Leitwert für eine hinreichend gute/unbedenkliche Luftqualität gilt eine Konzentration von 1000 ppm (Pettenkofer-Zahl) in der Raumluft. Wenn die Unterschreitung dieses Wertes dauerhaft sichergestellt wird, sind nach derzeitigem Kenntnisstand auch potenziell virenbelastete Aerosole hinreichend verdünnt (Vermutungswirkung), sodass das Übertragungsrisiko für COVID-19 über die Raumluft als gering einzustufen ist [4].

Für die Überwachung des CO₂-Gehalts in der Innenraumluft sind vergleichsweise preisgünstige (ab ca. 100 Euro) CO₂-Sensoren verfügbar. Diese sogenannten CO₂-Ampeln zeigen über die Ampelfarben grün (bis 1000 ppm) – gelb (bis 1400 ppm) – rot (> 2000 ppm) die Luftqualität in den Innenräumen an und signalisieren somit in einfach verständlicher Form das Erfordernis zu Lüften sowie den Zeitpunkt der optionalen Einstellung dieser Maßnahme.

Handlungsempfehlung 1

Ausgehend von ASR A3.6 [2] wird ein regelmäßiges Stoßlüften in Zeitabständen von 20 Minuten für die Dauer von 5 Minuten in den Wintermonaten/kalten Tagen und 15 Minuten in den Sommermonaten als Beurteilungsgrundlage für einen Aufenthaltsraum der Kategorie 1 herangezogen. Unter Beachtung von Raumvolumen, Personenbelegung und körperlicher Aktivität können diese Werte auf der Basis von Berechnungen [mittels BGN-Lüftungsrechner, CO₂-App der DGUV] mit den Berechnungsergebnissen für die notwendigen Fensterlüftungsintervalle zur Einhaltung des CO₂-Leitwertes von 1000 ppm abgeglichen werden. Bei einer weitgehenden Übereinstimmung mit den 20 Minuten-Lüftungsintervallzeiträumen können die betreffenden Aufenthaltsräume der Kategorie 1 zugeordnet werden. Für derartige Aufenthaltsräume wird die Anwendung der AHA-Regel zuzüglich regelmäßiges Fensterlüften als ausreichende Vorsorgemaßnahmen gegen die Aerosolübertragung von COVID-19 erachtet. Eine zusätzliche Anwendung von weiteren unterstützenden Lüftungsvorrichtungen/-reinigern ist von untergeordneter Priorität.

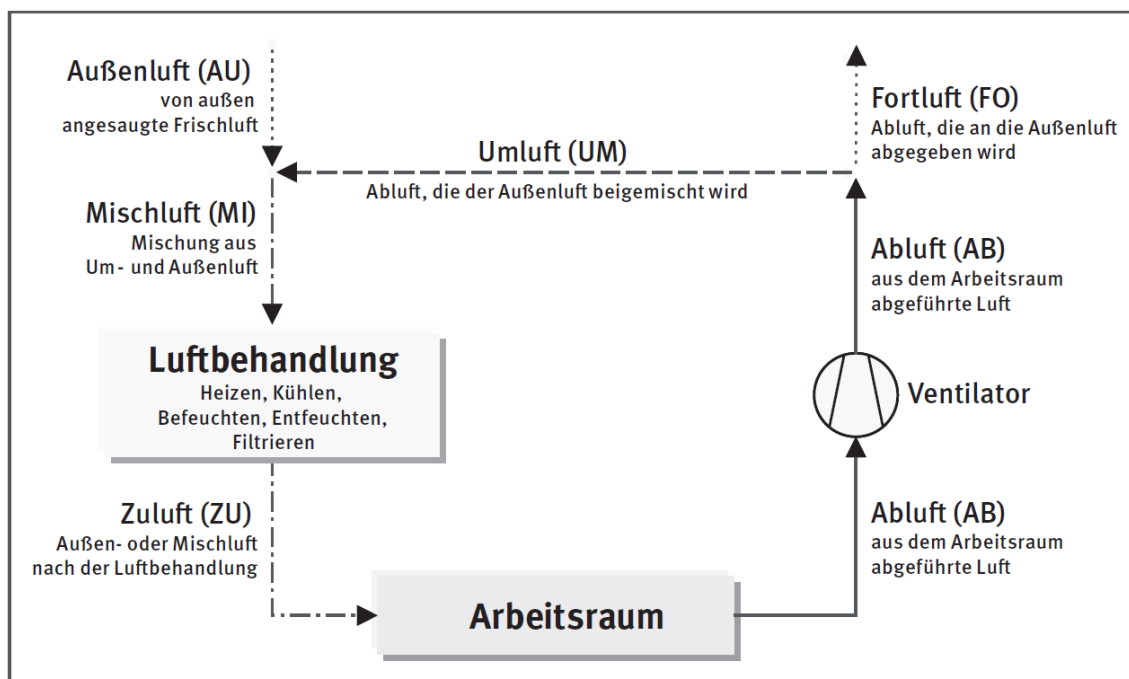
Zur Überwachung der Einhaltung des CO₂-Leitwertes von 1000 ppm sollten generell in allen Aufenthaltsräumen (insbesondere Klassenräumen) zumindest einfache CO₂-Sensoren (CO₂-Ampeln) flächendeckend zum Einsatz kommen.

Im Falle einer signifikanten Unterschreitung der 20 Minuten-Lüftungsintervallzeiträume sind die betreffenden Aufenthaltsräume der Kategorie 2 zuzuordnen. Sofern ein entsprechender Bedarf für die Nutzung als Aufenthaltsraum besteht (z. B. mangelnde Ausweichalternativen auf Räume der Kategorie 1) sind zusätzliche Lüftungsgeräte/Luftreiniger in Betracht zu ziehen. Bei der Gewährung etwaiger Fördermittel für die Anschaffung dieser Geräte sollte ein entsprechender Bedarfsnachweis (rechnerischer Nachweis der unzureichenden Lüftungsverhältnisse (Einstufung in Kategorie 2) bzw. Angaben zum Aufenthaltsraum, die eine Berechnung ermöglichen) vorgelegt werden.

Stand 14.07.2021

Betrachtungen zum Grundtyp „RLT-Anlage“

Der typische schematische Aufbau einer RLT-Anlage (mit Lüftungsfunktion) geht aus der nachstehenden Abbildung hervor.



[Bildrechte DGUV](#)

Bei RLT-Anlagen wird die Zuluft (Außenluft/Umluft) vor der Zuführung in die zu lüftenden Räume durch Luftfilter gereinigt und je nach Ausführung ggf. konditioniert (beheizt/gekühlt, befeuchtet/entfeuchtet). Häufig verfügen RLT-Anlagen hinsichtlich der Luftführung über einen Umluftbetrieb. Der zuzuführende Außenluftvolumenstrom ist dabei so auszulegen, dass Lasten (Stoff-, Feuchte-, Wärmelasten) zuverlässig abgeführt werden und die CO₂-Konzentration im Aufenthaltsraum zuverlässig den Leitwert von 1000 ppm unterschreitet. Nach ASR3.6 darf die Abluft aus Räumen nur dann als Umluft genutzt werden, wenn Gesundheitsgefahren und Belästigungen ausgeschlossen werden können.

Vor dem Hintergrund der Vermeidung einer Aerosolübertragung von COVID-19 in Aufenthaltsräumen bedürfen bestehende RLT-Anlagen in der Regel einer Änderung der Betriebs-einstellungen und/oder des Einbaus von zusätzlichen Filtereinrichtungen. Bei Verzicht auf einen Umluftbetrieb von RLT-Anlagen wird ausgeschlossen, dass virenbelastete Aerosole dem Raum wieder zugeführt werden. Nach SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel [3] ist das Übertragungsrisiko von COVID-19 als gering einzustufen, sofern RLT-Anlagen sachgerecht eingerichtet, betrieben und instandgehalten werden (Reinigung, Filterwechsel usw.) und

- dem Raum ein ausreichend hoher Außenluftanteil zugeführt wird, sodass die CO₂-Konzentration der Raumluft einen Gehalt von 1000 ppm sicher unterschreitet oder
- anderenfalls über geeignete Filter oder andere Einrichtungen zur Verringerung einer möglichen Virenkonzentration aus der Umluft der RLT-Anlage verfügen.

Stand 14.07.2021

Als geeignete Filter zur Abscheidung von Viren und virenbelasteten Aerosolen werden dabei Schwebstofffilter der Klasse H13 oder H14 (HEPA-Filter) nach DIN EN 1822-1:2019 bzw. Feinstaubfilter der Gruppe ISO ePM₁ > 70 % (vormals F8) oder ISO ePM₁ > 80 % (vormals F9) angesehen.

Handlungsempfehlung 2

In der Vergangenheit ist es versäumt worden, die Ausrüstung von Schulen und sonstige Verwaltungsgebäude mit RLT-Anlagen sowohl für Neubauten als auch im Bereich der Bestandsgebäude auszuweiten. Die Notwendigkeit von RLT-Anlagen wurde im Bundesgesundheitsblatt „Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I: Bildungseinrichtungen“ [Bundesgesundheitsbl 2018 · 61:239–248] begründet. Nicht nur die COVID-19-Pandemie, sondern auch Aspekte wie der Klimawandel verdeutlichen, dass es sich zunehmend schwieriger gestaltet die Qualität des Raumklimas allein durch natürliche Lüftung sicherzustellen. Hier bieten sich RLT-Anlagen an, deren Verbreitung durch entsprechende Initiativen gestärkt werden sollte.

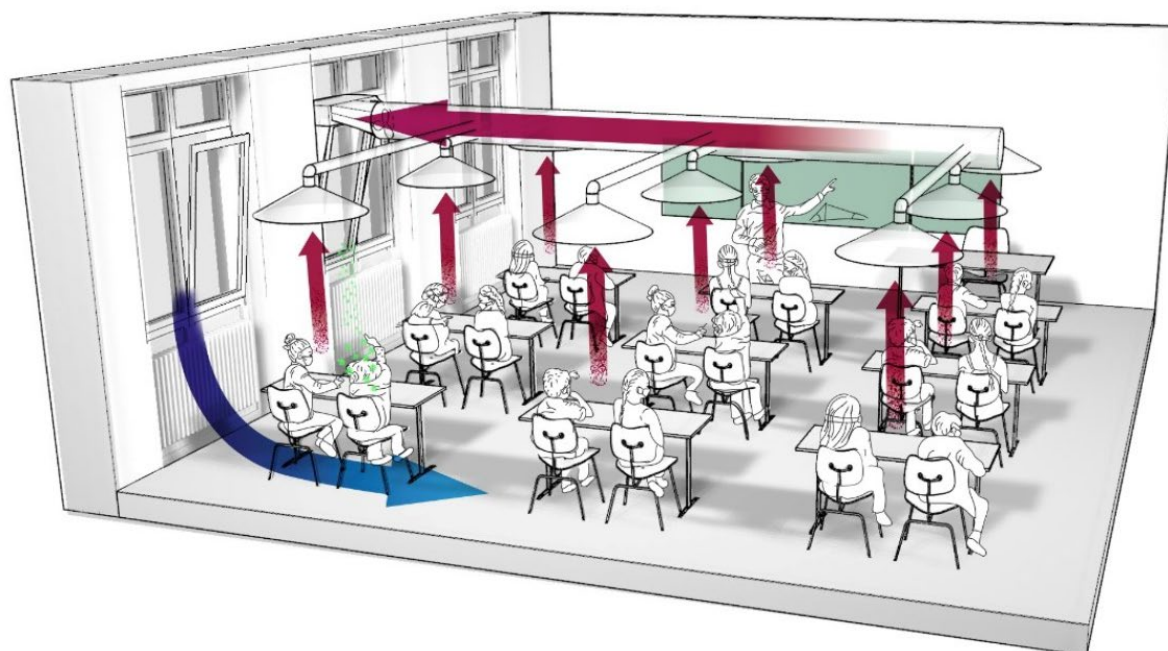
Die Um- bzw. Nachrüstung der im Bestand befindlichen RLT-Anlagen unter den aufgezeigten Prämissen einer Verringerung der Keimzahl in Arbeitsräumen sollte ebenfalls gefördert werden. Die modulartige Bauweise dieser Anlagen mit teilweiser Lufrückführung eröffnet in der Regel günstige Möglichkeiten für einen nachträglichen Einbau von beispielsweise HEPA-Filtervorrichtungen in den Abluftstrom. Der Vorteil gegenüber mobilen Luftreinigungsgeräten zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass sich die Vorrichtungen zur Luft-/Abluftbehandlung außerhalb des Aufenthaltsraums befinden, wodurch etwaige unerwünschten Begleiterscheinungen (Abwärme, Einwirkungen durch Geräusche, elektromagnetische Felder u. a.) vermieden werden.

Betrachtungen zum Grundtyp „dezentrale (raumweise) Lüftungsgeräte“

Dezentrale Lüftungsgeräte werden raumweise angeordnet und sind entweder als Fassadenlüftungsgeräte oder Wand-, Decken- und Standgeräte ausgeführt. Da diese Geräte mit Außenluft versorgt werden, müssen bauseitig Verbindungen (Durchbrüche durch Wandungen etc.) zur Außenluft geschaffen werden. Die Durchführung der Maßnahmen ist somit mit einem weitergehenden baulichen Eingriff in die Gebäude verbunden. Zum Einsatz kommen überwiegend Kompaktgeräte, in denen die Zuluft- und Abluftöffnungen versetzt im Gerätegehäuse angeordnet sind. Bedingt durch den vergleichsweise geringen Abstand der Öffnungen können bei ungünstigen Bedingungen Kurzschlussstromeffekte (hier: Zuluft gelangt ohne den Raum zu durchströmen direkt in die Abluftöffnung) auftreten. Zur besseren Verteilung der Zuluft und Vermeidung von unzumutbarer Zugluft sowie der Begrenzung von Geräuscheinwirkungen wird der Außenluftgesamtbedarf mitunter über mehrere, an den Raumwandungen verteilt angeordnete Geräte im Parallelbetrieb sichergestellt. Zur Gewährleistung eines impulsarmen Zulufteintrags sind Anordnungen/Gerätetypen in Fußbodennähe zu bevorzugen (hier: die Zuluft verdrängt die durch den thermischen Auftrieb zur Decke strömende Abluft – Quelllufteffekt). Je nach Dimensionierung der Lüftungsgeräte ist ein ausreichender Luftwechsel auch ohne zusätzliche Fensterlüftung gewährleistet.

Stand 14.07.2021

Als Alternative zu herkömmlichen dezentralen Lüftungsgeräten hat das Max-Planck-Institut für Chemie (MPIC) ventilatorgestützte Fensterlüftungssysteme (FLS) entwickelt (vgl. nachstehende Abbildung).



[Bildrechte Andrea Koppenborg](#)

FLS sind als klassische Brückentechnologie einzustufen. Bezweckt wird eine Verbesserung der Lüftungseffizienz der freien Raumlüftung in Bestandsräumen bei gleichzeitiger Beschränkung der baulichen Eingriffe auf ein notwendiges Minimum. In der einfachsten technischen Ausführung wird ein Abluftventilator möglichst hoch in ein Fenster oder in die Außenwand eingebaut. Die Frischluftzufuhr erfolgt durch ein anderes geöffnetes Fenster. Mit Hilfe von schweren Vorhängen oder transparenten Leitwerken wird für eine Einströmung in Bodennähe (Quelllufteffekt) gesorgt. In einer weiteren Ausbaustufe wird der Abluftventilator mit einer zentral im Raum angeordneten Sammelleitung verbunden. Schließlich kann die Effizienz der Ablufferfassung in einer Endausbaustufe dadurch gesteigert werden, dass an das Zentralrohr quer verlaufende Leitungen mit angeschlossenen Abzugshauben angebunden werden (vgl. Abbildung). Bei den benötigten Bauteilen ist ein Rückgriff auf sehr preisgünstige, leichte und transparente Materialien möglich. In einer aktuellen Studie [5] konnte aufgezeigt werden, dass FLS selbst in der einfachsten Ausführung gleich gut oder besser gegenüber marktüblichen dezentralen Lüftungsgeräten abschneiden.

Handlungsempfehlung 3

Für Räume der Kategorie 1 ist eine Auf- bzw. Nachrüstung mit dezentralen Lüftungsgeräten nicht angezeigt. Räume der Kategorie 2 zeichnen sich durch bestehende Innenraumluftqualitätsprobleme aus. Hier besteht – losgelöst von den notwendigen Vorkehrungen zur Begrenzung des Infektionsrisikos durch Aerosolübertragung von COVID-19 – dringender Handlungsbedarf für raumluftechnische Ertüchtigungsmaßnahmen, sofern diese Räume weiterhin

Stand 14.07.2021

als Aufenthaltsräume (insbesondere Klassenräume) genutzt werden sollen. Es wird empfohlen, dass für benötigte Klassenräume der Kategorie 2 unverzüglich die Planungen für die Ausrüstung mit dezentralen Lüftungsgeräten aufgenommen werden. Das Hauptaugenmerk der Planungen ist dabei auf die sichere Unterschreitung der CO₂-Konzentration von 1000 ppm in der Innenraumluft auszurichten. Mit der sicheren Unterschreitung der CO₂-Leitwertkonzentration sind gleichzeitig die notwendigen zusätzlichen Vorsorgemaßnahmen gegen die Aerosolübertragung von COVID.19 als erfüllt anzusehen. Einige der angebotenen dezentralen Lüftungsgeräte verfügen über integrierte HEPA-Filter, die insofern eine effiziente Aerosolabscheidung ermöglichen. Da die Unterschreitung des CO₂-Gehalts von 1000 ppm in der Innenraumluft bereits als ausreichende Vorsorgemaßnahme erachtet wird, sollte dem Vorhandensein eines integrierten HEPA-Filters bei der Lüftungsgeräteausswahl keine besondere Bedeutung beigemessen werden. Mit einem integrierten HEPA-Filter steigen vielmehr der Planungsaufwand und die notwendigen regelmäßigen Wartungsaufwendungen durch eine Fachfirma (Filterwechsel u. a.) an. Aufgrund der Reihenschaltung bedingen Störungen am HEPA-Filter (Verstopfungen u. dgl.) somit gleichzeitig eine Beeinträchtigung der Lüftungsfunktion. Wesentlicher bedeutender als das Vorhandensein eines HEPA-Filters ist die Ausgestaltung der Luftführung (hier: keine Zugluft, möglichst Quellluftwirkung (Hinweis: dies trägt dazu bei, dass virenbelastete Atemluft bedingt durch den thermischen Auftrieb vorrangig zur Decke strömt, wodurch Horizontalströmungen in Richtung der benachbarten Personen entgegengewirkt wird), keine Kurzschlussströme) des geplanten dezentralen Lüftungssystems. Neben dem Einsatz von marktüblichen Lüftungsgeräten sollten die Anwendungsmöglichkeiten ventilatorgestützte Fensterlüftungssysteme bei der Auswahlentscheidung geprüft werden. Bei der Planung und der Geräte- bzw. Systemauswahl sollte ein Fachunternehmen einbezogen werden.

Betrachtungen zum Grundtyp „(mobile) Luftreiniger“

Bei einem geplanten Einsatz von mobilen Luftreinigern gilt es zunächst zu beachten, dass diese Geräte die Funktion der Außenluftzufuhr durch freie Lüftung bzw. den Betrieb von RLT-Anlagen nicht ersetzen können. Da die Anreicherung von CO₂, Luftfeuchte und ggf. weitere freigesetzte Substanzen in der Raumlufte weder durch partikelfilternde Geräte noch durch Entkeimungsgeräte beseitigt werden können, ist weiterhin die Sicherstellung einer ausreichenden Lüftung erforderlich. Aufenthaltsräume, die über keine Möglichkeit zur Außenluftversorgung verfügen, können generell nicht mit Luftreinigern nutzbar gemacht werden.

Angesichts dieser Einschränkungen wird in [4] empfohlen, dass vor einem Einsatz von Luftreinigern überprüft werden sollte, ob ein ausreichender Infektionsschutz nicht besser durch

- Verringerung der Personenzahl
- konsequente Fensterlüftung
- Ausweichen auf geeignetere Aufenthaltsräume
- Optimierung einer vorhandenen RLT-Anlage oder
- die Nachrüstung eines dezentralen Lüftungsgerätes für die raumweise Versorgung mit Außenluft

erreicht werden kann. In der Prioritätenfolge denkbarer organisatorischer und technischer Maßnahmen steht hiernach der Einsatz von mobilen Luftreinigern an letzter Stelle.

Stand 14.07.2021

Demgegenüber gibt es im öffentlichen Diskurs des Einsatzes von mobilen Luftreinigern in Klassenräumen zur Begrenzung des Infektionsrisikos durch COVID-19 zahlreiche Befürworter. Zu dieser Haltung tragen mutmaßlich die schnellen Umsetzungsmöglichkeiten bei. Mobile Luftreiniger sind als anschlussfertige Kompaktgeräte ausgeführt, kommen ohne bauliche Maßnahmen aus (allenfalls einfache Montagearbeiten zur Gerätebefestigung an Wänden/Decken) und sind nach Aufstellung an ihrer Verwendungsstelle somit sofort betriebsbereit. Diese Eigenschaften eröffnen eine flächendeckende Versorgung innerhalb kurzer Zeiten und damit eine schnelle Abhilfe des Problems.

Bei einem geplanten Einsatz von mobilen Luftreinigern sind allerdings nach SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel [3] nachstehende Mindestanforderungen an die Beschaffenheit und den Betrieb dieser Geräte einzuhalten:

1. ausschließlicher Einsatz als Ergänzung zu Lüftungsmaßnahmen
2. Gewährleistung einer sachgerechten Aufstellung, eines bestimmungsgemäßen Betriebs und einer sachgerechten regelmäßigen Wartung/Instandhaltung (Reinigung, Dichtsitzprüfung, Filterwechsel usw.) durch zu beteiligende Fachfirmen
3. Sicherstellung bestimmter technischer Produktspezifikationen (z. B. Verwendung von Hepa-Filtern in Geräten, deren Wirkungsweise auf einer reinen Aerosolabscheidung beruhen)
4. Gewährleistung, dass durch den Betrieb der Geräte keine gesundheitsgefährdenden Stoffe oder Reaktionsprodukte (Sekundäremissionen) in nennenswerten, die Innenraumluftqualität beeinträchtigenden Mengen, freigesetzt werden

Unter Beachtung dieser Mindestanforderungen wird der Einsatz der derzeit verfügbaren (mobilen) Luftreinigungsgeräten nach weiteren Kriterien beurteilt.

Stand der Technik (Reifegrad)

Luftreiniger, deren Wirkprinzip auf einer filternden Abscheidung beruht, sind als Stand der Technik anzusehen. Für die Bewertung der Eigenschaften der Filter und die Durchführung von Qualitätsprüfverfahren (Abscheideleistung u. a.) gibt es standardisierte technische Regelwerke (Normen). Zur Abscheidung von Viren und virenbelasteten Aerosolen eignen sich Schwebstofffilter der Klasse H13 oder H14 (HEPA-Filter) nach DIN EN 1822-1:2019 bzw. Feinstaubfilter der Gruppe ISO ePM1 > 70 % (vormals F8) oder ISO ePM1 > 80 % (vormals F9). Die Beurteilung der Geräte und damit die Geräteauswahl kann auf Grundlage dieser Eigenschaften vorgenommen werden.

Für den Einsatz von Luftreinigern in Klassenräumen u. a., deren Wirkprinzip auf einer Entkeimung beruht, gibt es bislang keine vergleichbaren Regelwerke. Von Seiten des VDI wird gegenwärtig eine Richtlinie für (mobile) Luftreiniger erarbeitet. Am Markt werden hauptsächlich Luftreiniger auf Basis von UVC-Entkeimungstechniken angeboten.

Möglichkeiten der Gerätesteuerung, Überwachung des Behandlungserfolgs

Der Behandlungserfolg von Luftreinigern lässt sich nicht bestimmen. Die zeitliche Änderung der Virenlast in einem Innenraum ist keine messtechnisch direkt zugängliche Größe (d.h.

Stand 14.07.2021

keine kontinuierliche Messungen möglich!). Ein sehr hoher Filterabscheidegrad (> 99%) gestattet diesbezüglich ebenfalls keine Einschätzung. Gegenüber der Beurteilung von Lüftungsmaßnahmen, die anhand der Leitgröße CO₂-Gehalt im Raum kontinuierlich überwacht werden können, gibt es keine vergleichbaren Leitparameter für die Überwachung des Behandlungserfolgs bei Luftreinigern. Einen Schwachpunkt von Luftreinigern stellen somit die beschränkten Möglichkeiten einer Gerätesteuerung dar, da sie mit voreingestelltem Luftdurchsatz und sonstigen voreingestellten Parametern (Entkeimungsgeräte) betrieben werden. Ggf. werden Möglichkeiten der Veränderung der Einstellung des Luftdurchsatzes angeboten, die sich an einfachen Ersatzsteuergrößen (z. B. Personenanzahl im Raum) orientieren.

Risiken bei nicht sachgerechten/bestimmungsgemäßen Betrieb, unerwünschte Begleiterscheinungen

Zum Verfahrensmerkmal von mobilen Luftreinigern gehört, dass sich diese Geräte direkt im Raum befinden, in denen sich Personen aufhalten. Bei nicht sachgemäßem Betrieb der Geräte (Planungsfehler, Fehlfunktionen, Bedienfehler) sind die Personen im Raum somit unerwünschten Begleiterscheinungen unmittelbar ausgesetzt. Hierzu zählen – in Analogie zum Betrieb von dezentralen Lüftungsgeräten – Zugluft und Einwirkungen durch Wärme (Abwärme der Geräte) und erhöhte Geräuscheinwirkungen. Bei Entkeimungsgeräten kann es zudem zu einer Freisetzung von luftverunreinigenden Stoffen wie Ozon oder Stickstoffoxiden kommen. Es ist zu beachten, dass die Reaktionsprozesse nicht selektiv verlaufen. So können unter Einwirkung energieintensiver UV-Strahlung und vor allem durch elektrische Entladungen (Ozonerzeuger) aus den Luftbestandteilen Sauerstoff und Stickstoff die gesundheitsbedenklichen Stoffe Ozon und Stickstoffverbindungen als Reaktionsprodukte entstehen. Bei fehlender Gegenwart von infektiösen Aerosolen, der eigentlich wünschenswerten Situation, verbrauchen die Geräte lediglich Luftsauerstoff und setzen dabei unerwünschte Sekundäremissionen (Ozon, NO_x) frei. In dieser Hinsicht macht sich der Nachteil fehlender Steuerungsmöglichkeiten besonders bemerkbar. Beim für mobile Luftreiniger kennzeichnenden Umluftbetrieb werden diese Sekundäremissionen in den Innenraum abgeleitet. Daher sollten beim Betrieb dieser Geräte entsprechende Vorkehrungen (Ableitung an die Außenluft, Ozonzerlegung z.B. durch nachgeschaltete Feststofffilter) getroffen werden.

Bei filternden Gerätereinigern ist zu berücksichtigen, dass infektiöse Aerosolpartikel lediglich an einem Filtermedium abgeschieden/angereichert werden und sich somit noch im Raum befinden. Erfahrungen über eine mögliche Freisetzung und erneute Verteilung (z. B. bei ausgeschalteten Gerät) im Raum – sogenannte Resuspension – liegen nicht vor. Bei fachgerechter Wartung der Geräte (Reinigung, Filterwechsel) wird eingeschätzt, dass keine erhöhten Risiken bestehen. Ungünstiger stellen sich hingegen in dezentralen Lüftungsgeräten integrierte Luftfilter dar. Da etwaige Störungen in der Filtereinheit (z. B. durch Verstopfungen) die zwingend benötigte Lüftungsfunktion des Geräts beeinträchtigen, wird im Sinne einer Risikobegrenzung ein ergänzender Solobetrieb des Luftreinigers einer Gerätekombination mit einem dezentralen Lüftungsgerät vorgezogen.

Fehlverhalten wird in Bezug auf den Einsatz von mobilen Luftreinigern dadurch begünstigt, dass die Geräte in der Regel direkt zugänglich sind und sowohl die Aufstellung/Anordnung im Raum als auch die Geräteeinstellungen von den anwesenden Personen in nachteiliger

Stand 14.07.2021

Weise verändert werden können. Zudem kann das Sicherheitsempfinden der Personen dazu beitragen, dass die eigentlichen Kernmaßnahmen (regelmäßiges Lüften) zurückgestellt werden.

Nachhaltigkeit, Nutzungsmöglichkeiten (außerhalb Pandemiezeiten)

Die Nutzungsmöglichkeiten von mobilen Luftreinigern beschränken sich im Wesentlichen auf eine ergänzende Maßnahme zur Begrenzung der Infektionsrisiken in Innenräumen während Pandemie-/Epidemiezeiten.

Handlungsempfehlung 4

Bei den Diskussionen um mobile Luftreiniger wird vielfach verkannt, dass diese Geräte keine Solitärlösung zur Begrenzung einer Aerosolübertragung von COVID-19 darstellen, sondern stets in Kombination mit Lüftungsmaßnahmen zur Anwendung kommen müssen. Sie haben somit in der Innenraumhygiene grundsätzlich den Status ergänzender Technologien. In Räumen der Kategorie 1 besteht kein Erfordernis für die Vorhaltung ergänzender mobiler Luftreiniger. Ihr Einsatz kann dann angezeigt sein, wenn in Räumen mit RLT-Anlagen sowohl ein Umluftbetrieb als auch eine Nachrüstung mit Filtervorrichtungen aus technischen oder technologischen Gründen nicht möglich ist (vgl. Ausführungen in Abschnitt 4.2.3 der SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel [3]). Sie können weiterhin gewisse Kompensationseffekte leisten, sofern der Befolgungsgrad der Hauptmaßnahmen (regelmäßige Fensterlüftung, AHA-Regeln) unzureichend ist. Für derartige Zwecke sollten ausschließlich mobile Luftreiniger auf Basis von Filtertechnologien (Hepa-Filter) eingesetzt werden. Eine qualifizierte Planung und regelmäßige Wartungs-/Instandhaltungsmaßnahmen (Filterwechsel, Reinigung) durch befähigte Personen sind notwendig, damit von den Geräten keine negative Begleiterscheinungen (Geräusche, Zugluft u. a.) ausgehen und sie nicht selbst zur Quelle für Mikroorganismen werden. Angesichts der beschränkten Steuerungsmöglichkeiten, der unzureichenden Langzeitbetriebserfahrungen für derartige Anwendungsfälle und der Risiken (Sekundäremissionen luftverunreinigender Stoffe) wird der Einsatz von mobilen Luftreinigern nach dem Entkeimungsprinzip derzeit nicht empfohlen.

In Räumen der Kategorie 2 hat die Ertüchtigung der Räume und Ausstattung mit Techniken zur Be-/Entlüftung (sichere Einhaltung CO₂-Leitwert von 1000 ppm) absoluter Vorrang gegenüber der Anwendung von Ergänzungsmaßnahmen wie der Einsatz mobiler Luftreiniger. Der Einsatz von mobilen Luftreinigern ist somit insgesamt Einzelfällen vorbehalten.

Empfehlungen für einen Handlungsmaßnahmenplan in Schulen

Ausgehend von den vorhergehenden Betrachtungen von Handlungsoptionen für Lüftungs-Luftreinigungsmaßnahmen von Aufenthaltsräumen wird speziell für die Schulen in Sachsen-Anhalt folgender Handlungsmaßnahmenplan vorgeschlagen:

1. Beurteilung aller Klassenräume auf Grundlage einer einfachen Raumkategorisierung unter Anwendung einfacher Raumberechnungsverfahren, flankierende Unterstützung anhand einfacher Leitfäden
2. Ermittlung der Räume der Kategorie 2 und Abgleich mit dem Raumbedarf; Feststellung einer etwaigen Unterversorgung geeigneter Räume

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt Fachgebiet 31

Stand 14.07.2021

3. Ausstattung aller Klassenräume mit CO₂-Sensoren zzgl. Vorhaltung eines leistungsstärkeren (digitalen) CO₂-Messgerätes für Detailanalysen (mind. 1 Gerät je Schule)
4. Aktualisierung der Gefährdungsanalysen für Klassenräume in Schulen; Ausrichtung der Beurteilung auf die sichere Einhaltung des CO₂-Leitwertes von 1000 ppm
5. Entwicklung eines Planungskonzepts für die Ertüchtigung der Räume der Kategorie 2 (möglichst unter Einbindung von Fachplanern); Berücksichtigung von Änderungen im Rahmen einer Klimaanpassungsstrategie (hier: Zunahme des Anteils warmer/heißer Tage die Möglichkeiten freier Fensterlüftungen stark einschränken)
6. Ertüchtigung der Räume der Kategorie 2 mit dezentraler/zentraler Lüftungstechnik unter Beteiligung von Fachplanern; Sicherstellung der ordnungsgemäßen Instandhaltung/Wartung der Technik (Verträge!)
7. Strategiepläne unter Einbindung der Räume der Kategorie 1; Identifizierung notwendiger Vorkehrungen im Zuge Klimaanpassung (Sicherstellung Anforderungen an Innenraumluftqualität unter Einbeziehung der Raumtemperatur!); Ermittlung notwendiger Maßnahmen für Ausbau technisierter Lüftungsmaßnahmen/Raumklimatisierung (Zeitplan!)

Referenzen

[1] Lüftung, Lüftungsanlagen und mobile Luftreiniger an Schulen, Umweltbundesamt, 09.07.2021

[2] ASR A3.6, Technische Regeln für Arbeitsstätten, Ausgabe: Januar 2012, zuletzt geänd.: GMBI 2018, S. 474

[3] SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel, Arbeitsschutzausschüsse beim BMAS, GMBI 2020, S. 484-495 (Nr. 24/2020 v. 20.08.2020), zuletzt geänd.: GMBI 2021 S. 622-628 (Nr. 27/2021 v. 07.05.2021)

[4] Gritzki, A. et al, Erweiterter Infektionsschutz durch mobile Raumluftreiniger?, baua: Fokus | DOI: 10.21934/baua:fokus20210223 | März 2021

[5] Helleis, F. Klimach, T. Pöschl, U.: Vergleich von Fensterlüftungssystemen und anderen Lüftungs- bzw. Luftreinigungsansätzen gegen die Aerosolübertragung von COVID-19 und für erhöhte Luftqualität in Klassenräumen, Kurzbericht, Max-Planck-Institut für Chemie, Version 1.0, 6. Juli 2021