

Positionspapier zur Lüftung von Schul- und Unterrichtsräumen – SARS-CoV-2

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 Innenraumlufthygien im BMK

Basis von Textteilen: Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt, Kommission Innenraumlufthygiene vom 12.08.2020

Weitere Experten: DI Felix Twrdik

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

Wien, 2020. Stand: 31. August 2020

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 am 12.08.2020 publizierten 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 Bewertungen für das vorliegende Positionspapier verwenden zu dürfen.

Der Originalartikel ist verfügbar unter:

umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/irk_stellungnahme_lueften_sars-cov-2.pdf

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 „Innenraumluft“ 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

- Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (mehrere Teile)
- Wegweiser für eine gesunde Raumluft

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

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

Positionspapier zur Lüftung von Schul- und Unterrichtsräumen – SARS-CoV-2

Das Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumlufthygiene basiert auf einer Empfehlung der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) am deutschen Umweltbundesamt und soll Behörden, Raumnutzern und Gebäudebetreibern helfen, um das Risiko für SARS-CoV-2-Übertragungen in Schul- und Unterrichtsräumen, Kindergärten, sonstigen Bildungseinrichtungen und anderen verwandten Innenräumen und damit auch das Risiko für daraus resultierende Erkrankungen deutlich zu verringern.

Das Positionspapier dient auch im Rahmen der Zuständigkeit des Arbeitskreises Innenraumlufthygiene im BMK zur Präzisierung und Ergänzung des vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung herausgegebenen COVID-19-Hygiene- und Präventionshandbuchs für öffentliche Schulen, Privatschulen mit Öffentlichkeitsrecht und eingegliederte Praxisschulen an den Pädagogischen Hochschulen [1] sowie des Handbuchs für elementarpädagogische Einrichtungen [2] in Bezug auf Lüftungsfragen.

SARS-CoV-2 stellt 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 raumlufthygiene-technischen Anlagen (RLT-Anlagen) deutlich reduziert werden. Es ist allerdings nicht möglich, einen 100-prozentigen Schutz vor Infektionen mit SARS-CoV-2 in Schul- und Unterrichtsräumen zu erreichen.

Wenn sich das private und gesellschaftliche Leben in der kälteren Jahreszeit vermehrt in Innenräume verlagert und der Schulbetrieb unter spezifischen Bedingungen zum

regulären Unterricht in Klassenräumen zurückkehrt, ist daher angesichts der bestehenden SARS-CoV-2-Pandemie auf Übertragungsmöglichkeiten und die Vorsorge in Innenräumen verstärkt zu achten. In der kälteren Jahreszeit ist auch in Vortragsräumen in Universitäten, Hochschulen und privaten Bildungseinrichtungen vermehrt mit Vorlesungen, Versammlungen und Veranstaltungen zu rechnen, wenn diese nicht mehr im Freien stattfinden können.

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 virus-haltigen 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 Tröpfchen-Infektionen. 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 jedoch ein Großteil unseres Tagesablaufs, ca. 80-90%, nicht im Freien, sondern in geschlossenen Räumen ab. Das Raumklima in Schul- und Unterrichtsräumen wird durch die Temperatur, relative Luftfeuchte, Luftbewegungen und den Luftwechsel beeinflusst, die von den Umgebungsbedingungen, wesentlich aber von der vorgesehenen Nutzung abhängen. Die Bewegung von luftgetragenen Partikeln in Schul- und Unterrichtsräumen 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 Partikel. 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, Frischluftanlagen (wie sie mitunter in Schul- und Unterrichtsräumen installiert sind) sind daher in Zeiten der Pandemie als Vorsorge gegen Infektionen anzusehen. Klimaanlage, die mit einem hohen Umluftanteil betrieben werden, können unter bestimmten Umständen eventuell eine Gefahrenquelle darstellen. Bei einem hohen Umluftanteil in Klimaanlage 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].

Derartige Überlegungen gelten auch für ortsfeste oder mobile Kühlgeräte in Räumen, bei denen ein hoher Luftumsatz entsteht. Erhöhte Sicherheit kann durch Abscheidung und damit Entfernung der Partikel aus einem allfällig vorhandenen Umluftstrom mittels hochabscheidender Schwebstofffilter (HEPA-Filter) der Klassen H 13 und H 14 oder anderen Reinigungstechnologien erreicht werden. Diese finden sich üblicherweise aber nur bei mehrstufigen Filteranlagen wie etwa in OP-Sälen in Krankenhäusern.

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 in Schul- und Unterrichtsräumen entstehen, werden bei höherem Luftwechsel entsprechend schneller entfernt bzw. verdünnt.

Der Luftwechsel ist allerdings nur eine abgeleitete Größe, die in Bezug auf das Risiko einer SARS-CoV-2 Infektion in Zeiten der Pandemie irreführend sein kann. Bestimmend ist vielmehr 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 m³ pro erwachsener Person und Stunde stellt sich nach einer gewissen Zeit eine Kohlenstoffdioxid-Konzentration von rund 1000 ppm (0,1 Vol-%) als Ausgleichskonzentration ein. Neben dem personenbezogenen Zuluftvolumen ist, wie bereits beschrieben, auch die Art der Luftführung (Luftströmungen und -turbulenzen, bei RLT-Anlagen Anteil von Außenluft bzw. Umluft) entscheidend für den Abtransport von Aerosolen aus dem Innenraum.

In natürlich belüfteten Schulklassen herrscht bei geschlossenen Fenstern und Türen meist nur ein geringer Luftwechsel von 0,01 - 0,3 pro Stunde (in älteren Gebäuden etwas mehr). Lüftungsanlagen werden bis heute jedoch noch nicht in allen Schul-Neubauten eingesetzt, obwohl ohne eine solche eine effiziente Lüftung, wie sie auch die bautechnischen Regelungen der Länder vorschreiben, in praktisch allen Praxissituationen nicht möglich ist. Um das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen zu verringern, ist bei ausschließlich natürlich belüfteten Räumen eine intensive zusätzliche Lüftung über die Fenster erforderlich.

Der Arbeitskreis Innenraumluft spricht für die Lüftung in Schul- und Unterrichtsräumen, Kindergärten, sonstigen Bildungseinrichtungen und anderen verwandten Innenräumen in Zusammenhang mit SARS-CoV-2 folgende Empfehlungen aus, die sich am Stand der Technik orientieren. Diese resultieren aus Messungen und praktischen Erfahrungen in den letzten Jahrzehnten im Bereich Wohnungs- und Schullüftung zum Abtransport chemischer und biologischer Kontaminationen [14] und wurden an die Situation einer möglichen SARS-CoV-2 Belastung der Raumluft angepasst [15].

Schulen, Bildungseinrichtungen und ähnliche Innenräume

In zahlreichen Schulen in Österreich ist die Lüftungssituation auf Grund zu geringer zugeführter Außenluftvolumina als unzureichend anzusehen, dies unterstützt unter anderem in Zeiten einer Pandemie die Anreicherung von Viren [16-18], die Problematik betrifft aber auch normale Schnupfen- und Grippeviren vor allem in der kälteren Jahreszeit. Bei Klassen- bzw. Unterrichtsraumgrößen von ca. 60-75 m³ und einer Anzahl von üblicherweise 20-30 Personen pro Raum gilt grundsätzlich, dass so oft wie möglich, aber zumindest in jeder Unterrichtspause bei weit geöffneten Fenstern gelüftet werden soll [1, 19, 20]. Bei Unterrichtseinheiten von mehr als 45 Minuten Dauer, d.h. in Doppel-

stunden 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. Gekippte Fenster tragen signifikant zum Luftwechsel bei, können jedoch vor allem in dichter belegten Unterrichtsräumen alleine die notwendige Außenluftmenge nicht bereitstellen. In Zeiten der Pandemie sollten die Fenster zusätzlich zu Lüftungsepisoden über offene Fensterflügel möglichst lange gekippt bleiben. Bei starkem Außenlärm und niedrigen Außentemperaturen im Winter ist dies jedoch nicht möglich.

In Unterrichtsräumen sollte die Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Konzentration im Mittel höchstens 1000 ppm (0,1 Vol-%) betragen, wie es die österreichische „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter“ des BMK empfiehlt [20]. Die Einhaltung des Richtwerts erfordert eine entsprechend intensive Lüftung, die wesentlich zur Reduktion des SARS-CoV-2-Ansteckungsrisikos beiträgt. Die abhängig von der jeweiligen Lüftungs- und Belegungssituation zu erwartende CO₂-Konzentration kann mittels des frei zugänglichen Programms CO₂-SIM (erhältlich auf raumluft.org) abgeschätzt werden.

In zahlreichen Schulen ist eine Fensterlüftung während den Pausen nur unter Aufsicht erlaubt, um Unfälle (Fenstersturz) zu vermeiden. In der Praxis gibt es nicht wenige Schulgebäude, in denen eine effiziente Lüftung über geöffnete Fenster gar nicht möglich ist, da diese permanent verriegelt sind. Es kann in diesen Fällen maximal über Oberlichter gelüftet werden. Es ist daher in solchen Fällen seitens der Schule erforderlich, eine effiziente Pausenlüftung durch organisatorische Maßnahmen (Aufsperrn der verriegelten Fenster, Stellen von Aufsichtspersonen, Belegungsvorschriften) sicher zu stellen.

Sind raumlufttechnische Anlagen in den Schulen oder anderen betroffenen Räumen schon vorhanden, sollen die nachfolgenden Empfehlungen umgesetzt werden [21]:

- Umschalten von Klimaanlage mit Umluft auf 100% Außenluft (sind in Schulen in der Regel nicht vorhanden).
- Belüftung der Unterrichtsräume mit Nenn-Volumenstrom über mindestens eine Stunde vor und während der Nutzungszeit.
- Belüftung mit reduziertem Volumenstrom etwa 1-2 Stunden nach der Nutzungszeit.

- Belüftung mit niedriger Lüftungsrate auch nachts und am Wochenende.
- Zusätzlich ist während der Nutzung wenn möglich die regelmäßige Belüftung über Fenster sicherstellen.

Beim Neubau oder der Sanierung von Schulen ist zum Erreichen einer akzeptablen Raumluftqualität im Unterricht der Einbau von modernen, über CO₂ bedarfsgeregelten Lüftungsanlagen erforderlich [14, 22, 23] und wird auch vom Österreichischen Institut für Schul- und Sportstättenbau empfohlen [24]. Durch die Zuluftführung muss gewährleistet werden, dass keine Zugerscheinungen im Raum auftreten. Generell sollte beim Einsatz von RLT-Anlagen in Schulen immer auch die Öffnung der Fenster möglich sein, schon um die Akzeptanz für eine mechanische Lüftung zu erhöhen (sogenannte „Hybridanlagen“).

Ist in Schul- und Unterrichtsräumen aufgrund der baulichen und technischen Gegebenheiten eine effiziente Lüftung nicht möglich, ist die Nachrüstung mit geeigneten klassenweisen dezentralen Lüftungsgeräten zu empfehlen. Der Einbau derartiger Geräte bedarf keiner aufwändigen Installation, ist wenig kostenintensiv und bei guter Vorplanung innerhalb eines bis weniger Tage umsetzbar.

In Räumen mit hoher Personenbelegung, wie z. B. Schulen, können sogenannte Lüftungsampeln, welche die CO₂-Konzentration anzeigen, als grober Anhaltspunkt für eine gute oder schlechte Lüftungssituation dienen. Kohlendioxid (CO₂) gilt seit langem als guter Indikator für die Lüftungseffizienz, eine CO₂-Konzentration von im Mittel 1000 ppm (0,1 Vol-%) zeigt unter normalen Bedingungen einen der Situation entsprechenden hygienisch ausreichenden Luftwechsel an [14, 19, 22]. CO₂-Ampeln können insbesondere zur Reduktion des Infektionsrisikos einen raschen und einfachen Hinweis liefern, ob und wann zusätzliche Lüftung notwendig ist. Lüftungsampeln können auch bei kleineren Kindern gut in den Unterricht integriert werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass CO₂-Konzentrationen von unter 1000 ppm nicht grundsätzlich vor der Infektion mit SARS-CoV-2 schützen. Umgekehrt weisen aber CO₂-Konzentrationen in Schulen, die deutlich oder dauerhaft größer als 1000 ppm sind, auf eine unzureichende Lüftungssituation mit potenziell erhöhtem Infektionsrisiko durch Aerosole hin. Dies gilt nicht nur für Fensterlüftung, sondern auch beim Betrieb von Lüftungsanlagen. Wenn Lüftungsanlagen korrekt dimensioniert und betrieben werden, bieten sie in Hinblick auf eine Risikominimierung wesentliche und klar nachvollziehbare Vorteile [22].

Bei Einführung von Ampelsystemen, durch welche die regionale Gefährdung durch SARS-CoV-2 widergespiegelt werden soll, können die für Schulen und ähnliche Innenräume festgelegten Maßnahmen abhängig von der jeweiligen Lüftungssituation (ausschließlich Lüftung über Fenster oder mechanische Lüftung) differenziert festgelegt werden.

Turnsäle und Sporträume in Bildungseinrichtungen

Vor allem 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 [7]. Daher werden für derartige Räume generell Luftwechselzahlen von 5 pro Stunde oder höher empfohlen [25]. Ein derart hoher Luftwechsel muss in der Regel durch RLT-Anlagen sichergestellt werden. Durch geeignete Zuluftventile kann gewährleistet werden, dass keine Zugerscheinungen im Raum auftreten.

Wenn immer möglich und vor allem, wenn eine effiziente Lüftung von Turnsälen und Sporträumen nicht gegeben ist, sollte die Aktivität ins Freie verlegt werden.

Allgemeines zu Klima- und Lüftungsanlagen

Manchmal hört und liest man, dass Lüftungs- und Klimaanlage „Dreck- und Keimschleudern“ seien. Diese Einschätzung entspricht schon seit langem nicht mehr der Realität. Nur manch alte, schlecht gewartete Klimaanlage ist tatsächlich mit Vorsicht zu genießen. Gute Anlagen mit hochwertigen Filtern bewirken eine deutlich verbesserte Luftqualität – hier ist die Verringerung von Feinstaub und Allergenen aus dem Außenbereich und die verstärkte Abfuhr von CO₂ und flüchtigen Substanzen wie Formaldehyd und Lösungsmitteln aus Innenraumquellen zu nennen. In Zeiten der SARS-CoV-2 Pandemie bewirken Frischluftanlagen auf Grund des kontinuierlichen Abtransports der Partikel eine deutliche Reduktion der Konzentration an Aerosolen und damit auch von Viren in der Raumluft.

Es ist davon auszugehen, dass ein höherer Luftwechsel zu einer geringeren Innenraumluftkonzentration von Krankheitserregern führt und so ein etwaiges Infektionsrisiko bei Anwesenheit von infizierten Personen deutlich vermindert wird [26]. Normgerecht

ausgeführte Lüftungs- und Klimaanlage in Gebäuden sind heute so konzipiert, dass auf Grund der definierten Luftströme eine Verbreitung von Viren praktisch gänzlich ausgeschlossen werden kann. Bei Frischluftanlagen, wie sie in der Regel in Schulen eingesetzt werden, stammt die den Räumen zugeführte Luft ausschließlich aus dem Außenbereich und wird nicht mit Raumluft vermischt. Bei derartigen Anlagen sind daher keinerlei Bedenken angebracht. Nur bei Klimaanlage, die vereinzelt in Bildungseinrichtungen eingesetzt wurden, gibt es mitunter einen Umluftanteil. In Zeiten einer Pandemie empfiehlt es sich daher generell, zur Reduzierung des Risikos einer Übertragung von SARS-CoV-2, in Räumen, in denen sich Personen aufhalten, möglichst nur praktisch virenfreie Zuluft von außen (100 % Frischluft) zuzuführen und einen allfälligen Umluftanteil zu reduzieren bzw. eine hochwertige Filtration mittels HEPA-Filter oder anderen geeigneten Filtertechnologien vorzusehen.

RLT-Anlagen müssen bei der Planung so ausgelegt sein, dass im Raum im Mittel über die Dauer einer Unterrichts- oder Vortragseinheit der Wert von 1000 ppm CO₂ auch ohne Fensterlüftung eingehalten wird. RLT-Anlagen mit Befeuchtungsfunktion (z.B. Klimaanlage) sollten so eingestellt werden, dass in den Räumen in der kalten Jahreszeit eine relative Luftfeuchte von etwa 40 % erreicht wird – dies ist aus hygienischer Sicht (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. Zu feuchte Luft (oberhalb von 50-55 % in der kalten Jahreszeit) kann wiederum mittel- und langfristig das Schimmelwachstum in Innenräumen begünstigen [27]. Eine Möglichkeit, die Raumluftfeuchte in der kalten Jahreszeit bei Lüftungsanlagen ohne Befeuchtung nicht zu stark absinken zu lassen, ist der Einbau von speziellen Wärmetauschern mit Feuchterückgewinnung (Enthalpiewärmetauscher).

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass zentrale RLT-Anlagen regelmäßig durch Fachpersonal gewartet und hinsichtlich ihrer korrekten Funktion überprüft werden [28]. Bedarfsgerechte Regelungen berücksichtigen unterschiedliche Belastungssituationen der Raumluft und regeln den Luftvolumenstrom entsprechend [22]. In Zeiten einer Pandemie sollten allerdings, abweichend vom Normalbetrieb, die Anlagen generell mit dem höchstmöglichen Luftvolumenstrom (Nennleistung) betrieben werden.

Durch den Einbau von modernen hochwertigen, bedarfsgeregelten RLT-Anlagen werden gegenüber schlecht gelüfteten Gebäuden zwar mitunter nur wenig bis keine Heizkosten gespart und es entsteht ein zusätzlicher Aufwand bei Errichtung und Wartung. Entgegen weitläufiger Ansicht amortisieren sich gut geplante Anlagen jedoch schon nach kurzer Zeit

alleine durch Leistungssteigerungen bei den Schülern, zusätzlich sind als wesentliche Kosteneinsparungen die schon angesprochene Vermeidung der jährlich in der kälteren Jahreszeit auftretenden Infektionen bei Lehrern und Schülern (grippale Effekte, Influenza) zu nennen. Durch den Einbau moderner Lüftungsgeräte ist auch eine Nachtkühlung möglich, die in Zeiten zunehmender Erderwärmung vor allem in der warmen Jahreszeit immer wichtiger wird und energieintensive Kühlgeräte überflüssig macht. Es gibt daher keine nachvollziehbaren ökonomischen Gründe, den Einbau von RLT-Anlagen zu verzögern oder gar zu verhindern.

Mobile oder ortsfeste Luftreinigungsgeräte

Der Einsatz von mobilen oder stationären Luftreinigern kann in Zeiten einer Pandemie den sogenannten außenluftäquivalenten Luftaustausch erhöhen und damit die Aerosolkonzentration der Innenraumluft reduzieren. Der Einsatz solcher Geräte kann Lüftungsmaßnahmen unterstützen und flankierend in solchen Fällen erfolgen, wo sich eine hohe Anzahl an Schülerinnen und Schülern gleichzeitig im Raum aufhält, kann aber eine effiziente Lüftung mit Außenluft nicht ersetzen.

Die Geräte sollten über die gesamte Unterrichtsdauer wirkungsvoll Schwebepartikel (z.B. an Aerosol anhaftende Viren) aus der Raumluft entfernen oder andere wirksame Prinzipien der Verringerung von Keimen bereitstellen. Vor dem Einsatz derartiger Geräte muss daher die Wirksamkeit der angewendeten Prinzipien zur Verringerung von Keimen sowie die Unbedenklichkeit für die Nutzer der Räume gesichert, dies bedeutet von unabhängigen Stellen überprüft und dokumentiert sein.

Für einen Betrieb in Schulräumen ist eine exakte Erfassung der Luftführung und -strömung im Raum ebenso erforderlich wie eine gezielte Platzierung von mobilen Geräten. Auch die Höhe des Luftdurchsatzes muss an die örtlichen Gegebenheiten und Raumbelagung angepasst werden. Eine direkte Behandlung der Luftinhaltsstoffe mittels Ozon oder UV-Strahlung wird aus gesundheitlichen ebenso wie aus Sicherheitsgründen – vor allem ohne vorhergehende Prüfung – abgelehnt. Durch Ozonung und UV-induzierte Reaktionen organischer Substanzen können nicht vorhersagbare Sekundärverbindungen in die Raumluft freigesetzt werden [29]. Beim UV-C sind es auch vor allem Sicherheitsaspekte, weshalb der offene Einsatz im nicht gewerblichen Bereich unterbleiben muss.

Mund-Nasen-Schutz

Inzwischen wurde wissenschaftlich belegt, dass das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes die Freisetzung infektiöser Aerosole reduziert bzw. verzögert [30]. Die konsequente Verwendung des Mund-Nasen-Schutzes kann Bestandteil einer Strategie sein, die Ausbreitung von SARS-CoV-2 zu verlangsamen [31, 32]. Der Abscheidegrad der meisten Mund-Nasen-Schutz-Masken nimmt mit der Partikelgröße der ausgeatmeten Partikel zu. Kleinere Partikel werden weniger gut zurückgehalten als größere.

Das Tragen eines geeigneten Mund-Nasen-Schutzes und die Einhaltung der Hygiene- und Abstandsregeln in Innenräumen sind nur dann ausreichend wirksam, wenn gleichzeitig für einen angemessenen Luftaustausch über RLT-Anlagen und Fensterlüftung im Raum gesorgt wird. Angemessen bedeutet in der derzeitigen Situation einer Pandemie für eine möglichst hohe Zuführung von Frischluft zu sorgen, welche eine Innenraumluftqualität möglichst annähernd an die Außenluft herstellt.

Desinfektion, Vernebeln von Wirkstoffen

Das Vernebeln von Wirkstoffen wie z.B. Wasserstoffperoxid in Räumen, in denen sich infizierte Personen aufgehalten haben, ist außerhalb von Krankenanstalten nur in Einzelfällen erforderlich und bringt in der Regel keine merkbare Verbesserung der Situation [4]. Vom permanenten Vernebeln von Wirkstoffen in Räumen, in denen sich Menschen aufhalten, wird dringend abgeraten, da solche Produkte für die Atemwege schädlich sein können und keinen zusätzlichen Nutzen bringen. Im Allgemeinen ist die Anwendung von Desinfektionsmitteln in Schulen nicht erforderlich.

Die einfachen, seit Jahrzehnten von Medizinern und Hygienefachkräften empfohlenen Hygienemaßnahmen wie Händewaschen und übliche Maßnahmen der Alltagshygiene (Reinigung der Oberflächen mit sanften Reinigungsmitteln) sowie eine wirkungsvolle Lüftung von Räumen sind effiziente und wirkungsvolle Maßnahmen zur Minimierung von gesundheitlichen Risiken.

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 11.05.2020
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
8. 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. 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](https://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 (16):1564-1567. nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2004973
11. Lednitzky 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 superspreading 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 Umwelthygiene 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. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2020: Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Gebäuden.
bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html
16. Hohenblum P, Kundi M, Gundacker C, Hutter HP, Jansson M, Moosmann L, Scharf S, Tappler P, Uhl M (2008): LUKI – LUft und Klinder. Einfluss der Innenraumluft auf die Gesundheit von Kindern in Ganztagschulen. Report REP-0182. Umweltbundesamt Wien
17. Hutter H-P, Haluza D, Piegler K, Hohenblum P, Fröhlich M, Scharf S, Uhl M, Damberger B, Tappler P, Kundi M, Wallner P, Moshhammer H (2013): Semivolatile compounds in schools and their influence on cognitive performance of children. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 26(4):1-8

18. Wallner P, Kundi M, Moshhammer H, Piegler K, Hohenblum P, Scharf S, Fröhlich M, Damberger B, Tappler P, Kociper K, Hutter H-P (2012): Indoor air in schools and lung function of Austrian school children. *Journal of Environmental Monitoring* 14(7):1976-1982
19. Umweltbundesamt (2008): Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden. Dessau-Roßlau 2008.
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3689.pdf>
20. BMNT (2017): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter. Überarbeitete Fassung, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (derzeit Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, BMK) unter Mitarbeit der österreichischen Akademie der Wissenschaften
21. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA): REHVA COVID-19 Leitfaden (03.04.2020)
22. Umweltbundesamt (2017): Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden, Teil I. Bildungseinrichtungen. Dessau-Roßlau 2017.
umweltbundesamt.de/publikationen/anforderungen-an-lueftungskonzeptionen-in-gebaeuden
23. Greml A, Blümel E, Gössler A, Kapferer R, Leitzinger W, Suschek-Berger J, Tappler P (2008): Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens. *Berichte aus Energie- und Umweltforschung* 14/2008.
innenraumanalytik.at/pdfs/gremletal_2008.pdf
24. ÖISS (2016): ÖISS Richtlinien für den Schulbau. Heizungs-, Klima-, Lüftungs- und Sanitäreanlagen
25. Salonen H, Salthammer T, Morawska L (2020): Human exposure to air contaminants in indoor sports environments. *Indoor Air*. doi.org/10.1111/ina.12718
26. Aggarwal S, Aggarwal S, Aggarwal A, Jain K, Minhas S (2020): High Viral Load and Poor Ventilation: Cause of High Mortality From COVID-19. *Asian Pacific Journal of Public Health*. online first. doi.org/10.1177/1010539520944725

27. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2019): Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden. Wien 2019.
bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html
28. Twardik F, Tappler P (2013): Zukunftstaugliche Komfortlüftungssysteme – aktuelle Untersuchungen zu Hygiene und Reinigungsmöglichkeit kontrollierter Wohnraumlüftungen. In: Umwelt, Gebäude & Gesundheit: Schadstoffe, Gerüche und Sanierung; Ergebnisse des 10. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 24.-25.10.2013 in Nürnberg. 242-249
29. Innenraumlufthygiene-Kommission (2015): Stellungnahme der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) zu Luftreinigern. Bundesgesundheitsblatt 58(10):1192,
doi.org/10.1007/s00103-015-2228-0
30. Prather, K.A., Wang, C.C., Schooley, R.T. (2020): Reducing transmission of SARS-CoV-2. Science 368(6498):1422-1424. doi.org/10.1126/science.abc6197
31. Stellungnahme der Ad-hoc-Kommission SARS-CoV-2 der Gesellschaft für Virologie (2020): SARS-CoV-2-Präventionsmassnahmen bei Schulbeginn nach den Sommerferien, 06.08.2020. g-f-v.org/node/1326
32. Robert-Koch-Institut Deutschland: SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19). rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html

**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