

Infektionsschutzgerechtes Lüften – Hinweise und Maßnahmen in Zeiten der SARS-CoV-2-Epidemie

Stefan Voß¹, Anina Gritzki¹, Kersten Bux¹

baua: Fokus

Der Einfluss des Innenraumklimas und damit auch des Lüftens und raumlufttechnischer Anlagen (RLT-Anlagen) auf die Infektionsübertragung von SARS-CoV-2 ist vor dem Hintergrund teilweise hoher Infektionsraten in bestimmten Wirtschaftsbereichen zunehmend in den Fokus gerückt. Gesicherte Erkenntnisse zur Rolle von RLT-Anlagen bei der Infektionsübertragung liegen für die branchenspezifisch sehr unterschiedlichen Lüftungskonzepte und technischen Lösungen derzeit nicht für alle Anwendungsfälle vor. Bewährte Methoden und aktuelle Erkenntnisse zur Lüftung als Schutzmaßnahme sind in die SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel eingeflossen, diese konkretisiert für den Zeitraum der Corona-Epidemie die zusätzlich erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen für den betrieblichen Infektionsschutz. Zur Aufarbeitung des Themengebietes wurde unter Federführung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), begleitet durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) und das Bundeskanzleramt ein Expertenaustausch durchgeführt. Die zentralen Erkenntnisse des Expertenaustauschs sind in der Empfehlung „Infektionsschutzgerechtes Lüften“ der Bundesregierung zusammengefasst. Der vorliegende Beitrag greift die in diesem Kontext relevanten Leitfragen auf, erläutert Hintergründe und Zusammenhänge, gibt zudem Hinweise auf geeignete Maßnahmen zum Infektionsschutz durch sachgerechtes Lüften und zeigt mögliche Handlungsbedarfe auf.

Inhalt

	Seite
1 Einleitung.....	2
2 Lüftungssysteme.....	3
3 Luftströme bei RLT-Anlagen und mögliche Einflüsse auf das Infektionsrisiko.....	6
4 Aktuelle Erkenntnisse zur Übertragung von SARS-CoV-2 durch RLT-Anlagen.....	7
5 Minimierung von Infektionsrisiken beim Umluftbetrieb von RLT-Anlagen.....	8
6 Infektionsschutz durch sachgerechtes freies Lüften.....	11
7 Zusammenfassung.....	11
8 Ausblick.....	14
Literaturverzeichnis.....	15
Anhang 1: Struktur und Verbreitung von RLT-Anlagen in Deutschland.....	19
Anhang 2: Übersicht der Maßnahmen zum Infektionsschutz durch Lüften.....	20
Anhang 3: Weiterführende Informationen/branchenbezogene Handlungshilfen.....	21

¹ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

1 Einleitung

SARS-CoV-2 wird nach aktuellen Erkenntnissen vor allem respiratorisch über den Weg der Tröpfcheninfektion übertragen. Neuere wissenschaftliche Daten deuten darauf hin, dass auch eine Übertragung durch luftgetragene SARS-CoV-2-haltige Aerosole² erfolgen kann. Tröpfchen- und Aerosolübertragung unterscheiden sich sowohl hinsichtlich strömungsmechanischer Transporteigenschaften wie auch in ihrer biologischen Wirksamkeit.

Während die Tröpfcheninfektion in der Fachwelt und seitens der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als gesichert gilt [REHVA_2020-04-03], ist die aerosolgebundene Virenausbreitung in Innenräumen und eine damit einhergehende Infektionsübertragung aktuell noch Gegenstand kontroverser Diskussionen [MORAWSKA_2020, LEDNICKY_et-al_2020, KLEESIEK_DREIER_2009, KLOM-PAS_et-al_2020, DOREMALEN_et-al_2020, MORAWSKA_MILTON_2020]. Die WHO hat im Juli 2020 bekannt gegeben, dass Theorien die Übertragung von SARS-CoV-2 durch Aerosole nahelegen [WHO_2020-07-09].

Hintergrund der derzeit nicht gesicherten Erkenntnislage ist die Tatsache, dass SARS-CoV-2 erst relativ kurze Zeit bekannt ist und bei der Beurteilung der Relevanz der Raumluft als Übertragungsweg sehr vielfältige Aspekte zum Tragen kommen, die in Abhängigkeit der Raumnutzung deutlich variieren können. So ist die Virenkonzentration in der Luft von Bedeutung, welche ihrerseits von der Anzahl und Aufenthaltsdauer von infizierten Personen als Virenausscheidern, deren Ausscheideraten, der Raumgröße und Aerosol-Verteilung (Luftdurchmischung) sowie der Außenluftwechselrate und Lüftungseffektivität (Luftaustausch innerhalb des Raums) abhängt. Weiterhin ist die Stabilität bzw. Infektiosität der Viren im luftgetragenen Zustand von Einfluss. Hierbei spielen das Raumklima (Temperatur, relative Luftfeuchte), die Größenverteilung der Aerosolpartikel, bei Vorhandensein raumlufttechnischer Geräte gegebenenfalls die Luftbehandlungsmethoden (Filterung, Desinfektion) sowie zeitliche Faktoren eine Rolle.

Ein intensives, sachgerechtes Lüften von Innenräumen bewirkt eine Abfuhr und damit Verringerung der Konzentration luftgetragener Viren (Verdünnungseffekt). Es kann auf diese Weise präventiv das Infektionsrisiko in Innenräumen absenken. [MÜLLER_et-al_2020] definieren in diesem Zusammenhang ein relatives Infektionsrisiko und betrachten dabei mit numerischen Methoden unterschiedliche Räume und Nutzungen mit variablen, raumtypischen Luftwechselraten und Personenbelegungen im Vergleich zu einer Referenzumgebung (häusliche Wohnung). Die Ergebnisse des vereinfachten Berechnungsansatzes zeigen, dass für die Mehrzahl der Räume und Nutzungen bei Anwendung entsprechender Lüftungsmaßnahmen (freier oder maschineller Lüftung) ein geringes relatives Infektionsrisiko erreicht werden kann. Sachgerechtes, intensives Lüften stellt daher neben den allgemeinen Regeln wie Abstand, Hygiene und (Atem-)Schutzmasken einen weiteren wichtigen Baustein des Infektionsschutzes dar. Idealerweise ist es mit anderen Schutz- und Hygienemaßnahmen zu kombinieren.

Bewährte Methoden und aktuelle Erkenntnisse zur Lüftung als Schutzmaßnahme sind in die SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel [SARS-CoV-2-Regel_2020] eingeflossen, welche für den Zeitraum der Corona-Epidemie die zusätzlich erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen für den betrieblichen Infektionsschutz für alle Wirtschaftsbereiche³ konkretisiert. Die Schutzmaßnahmen zur Lüftung leiten sich dabei maßgeblich aus der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ ab [ASR-A3.6].

² Die Definition von Aerosolen unterscheidet sich z. T. in verschiedenen Fachdisziplinen und im Bericht wird folgende vereinfachte Betrachtung verwendet: Der Begriff „Aerosol“ umfasst verschiedene Partikelfractionen, die aufgrund ihrer Partikelgröße und -masse der Luftströmung folgen bzw. luftgetragen „schweben“. „Tröpfchen“ hingegen erfahren aufgrund ihrer Partikelgröße und -masse eine Absinkgeschwindigkeit in der Strömung und nehmen keinen dauerhaften Schwebestand ein. Aerosole mit biogenen Bestandteilen (z. B. Viren) werden als Bioaerosole bezeichnet.

³ Für Tätigkeiten, die der Biostoffverordnung (BioStoffV) unterliegen, gelten z. T. gleichwertige oder strengere Regelungen.

Der Bericht „Infektionsschutzgerechtes Lüften – Hinweise und Maßnahmen in Zeiten der SARS-CoV-2-Epidemie“ beschreibt aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse sowie den derzeitigen Stand der Technik zur Lüftung im Kontext der Infektionsübertragung von SARS-CoV-2⁴, welche im Zuge eines von der BAuA durchgeführten Expertengesprächs am 30.07.2020 unter Beteiligung von über 40 Teilnehmern aus Wissenschaft, einschlägigen Industrieverbänden, Bundes- und Länderbehörden sowie nachgeordneten Ressortforschungseinrichtungen zusammengetragen und diskutiert wurden [EXPERTEN_2020-07-30]. Die Bundesregierung hat auf dieser Basis eine Empfehlung „Infektionsschutzgerechtes Lüften“ herausgegeben [BMAS_2020].

Im Bericht werden zunächst, neben den Möglichkeiten und Grenzen der freien Lüftung, Aufbau und Wirkweise der Lufttechnik allgemein dargestellt. Dem schließen sich Informationen zu den einzelnen Luftströmen bei RLT-Anlagen an und welchen Einfluss diese auf das Infektionsrisiko haben können. Besonderer Augenmerk wird auf die verschiedenen Möglichkeiten zur Vermeidung von Infektionsrisiken beim Umluftbetrieb von Raumlufttechnik gelegt. In diesem Zusammenhang werden die Chancen und Limitierungen von Luftfiltern und UV-Desinfektionsmethoden aufgezeigt. Abschließend werden Hinweise zum Infektionsschutz durch sachgerechtes Lüften zusammengefasst. Ergänzend enthalten die Anhänge 1 bis 3 eine Übersicht über Struktur und Verbreitung von RLT-Anlagen in Deutschland, Maßnahmen zum Infektionsschutz durch sachgerechtes Lüften sowie weiterführende Informationen und branchenbezogene Handlungshilfen.

2 Lüftungssysteme

Zur Belüftung von Gebäuden werden Methoden der freien (natürlichen) und erzwungenen (maschinellen) Lüftung angewendet. Der Luftaustausch zwischen Innenraum und äußerer Umgebung stellt sich grundsätzlich als Folge von Druckdifferenzen ein, welche sich bei freier Lüftung aus den witterungsbedingten Temperatur- und Druckverhältnissen ergeben, bei erzwungener Lüftung hingegen mit Hilfe von Ventilatoren maschinell erzeugt werden.

Abbildung 1 bietet eine Übersicht gängiger Lüftungstechniken mit Hervorhebung von Anlagengruppen, die aufgrund unterschiedlicher Funktionsweisen bzw. Ausstattungen hinsichtlich des Infektionsschutzes differenziert zu betrachten sind.

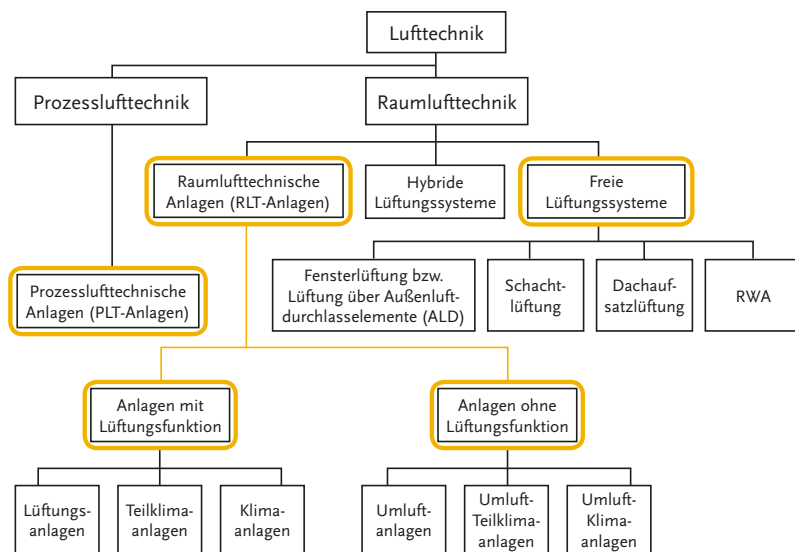


Abb. 1 Einteilung der Lufttechnik nach [RECKNAGEL_2016] mit Hervorhebung von Anlagengruppen, die hinsichtlich des Infektionsschutzes differenziert zu betrachten sind

⁴ z. T. auch übertragbar auf andere Viren und Keime

2.1 Freie Lüftung

Freie Lüftung ist der Austausch von Raumluft durch Außenluft auf Grund von Druckdifferenzen (Δp) mit Hilfe von Zu- und Abluftöffnungen im Raum. Die Druckdifferenzen können durch Winddruck und/oder thermischen Auftrieb hervorgerufen werden. Sie können zudem über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle einen zusätzlichen Luftstrom erzeugen (**Abbildung 2**). Die einfachste Form der freien Lüftung ist die Fensterlüftung. Sie besitzt eine hohe Akzeptanz, sofern die Öffnung der Fenster von den Beschäftigten selbst bestimmt werden kann. Andere Formen der freien Lüftung sind z. B. Schacht-, Dachaufsatz- oder Kaminlüftung. Hinweise zur Auslegung von Größe und Anordnung der Lüftungsöffnungen (z. B. einseitige Lüftung, Querlüftung) und zu verschiedenen Lüftungskonzepten (z. B. Dauerlüftung in Kippstellung oder Stoßlüftung durch kurzzeitiges weites Öffnen der Fenster) enthält die Technische Regel ASR A3.6.

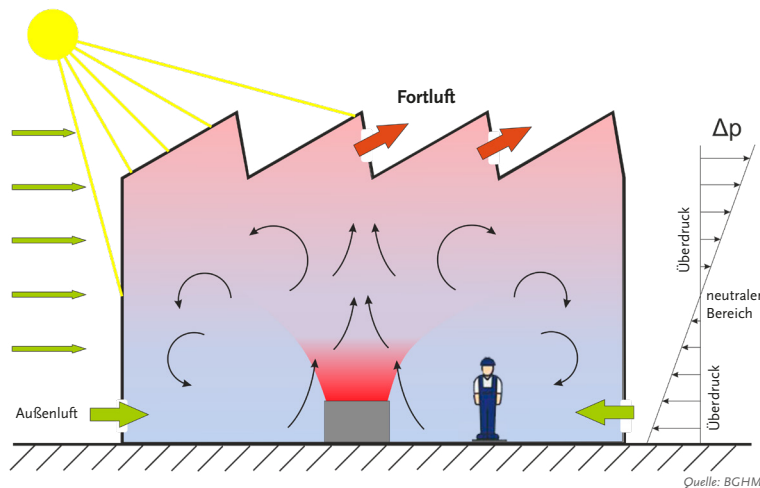


Abb. 2 Prinzip der freien Lüftung mit Darstellung der Druckunterschiede zwischen Innenraum und Umgebung [DGUV-109-002_2020]

Der durch freie Lüftung erreichbare Luftaustausch ist abhängig von Faktoren wie Dichtigkeit des Gebäudes, Wind und Wetter, innere thermische Lasten, Ausführung der Fenster, Türen und Tore sowie ihrer Nutzung. Der Luftaustausch unterliegt starken Schwankungen und ist nur bedingt beeinflussbar, d. h. er ist nicht regelbar. Die freie Lüftung ist daher zur Beseitigung erhöhter Stofflasten im Raum, wie virenhaltiger Aerosole, nur bedingt geeignet.

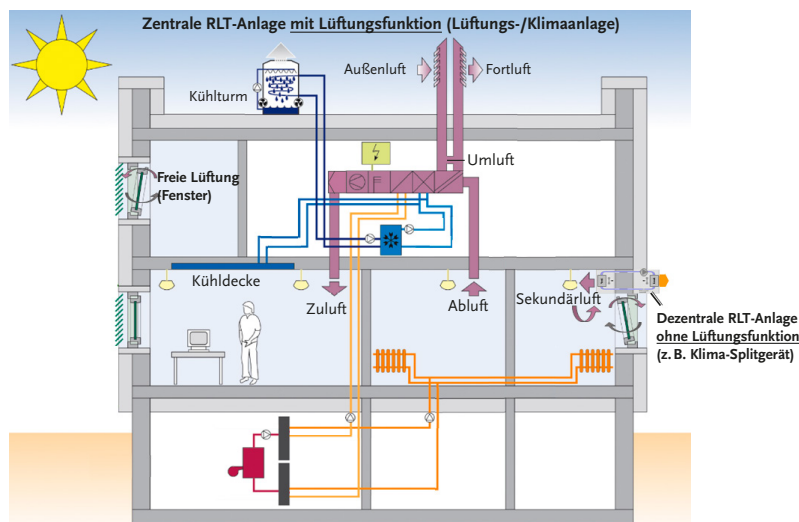
Insbesondere bei sommerlichen Hochdruckgebieten, wenn geringe Temperaturdifferenzen zwischen Raum und Umgebung und zudem niedrige Windgeschwindigkeiten vorherrschen, ist der durch freie Lüftung erreichbare Luftaustausch gering. Eine Steigerung des Luftaustauschs kann mit zusätzlichen technischen Maßnahmen erreicht werden, wie z. B. mit fensterintegrierten maschinellen Lüftungssystemen mit/ohne Wärmerückgewinnung. Auch Stand- oder Tischventilatoren können zur Erhöhung des Luftaustausches beitragen, wenn sie im unmittelbaren Bereich eines weit geöffneten Fensters platziert sind. In diesem speziellen Anwendungsfall müssen die sich natürlicherweise einstellenden Strömungsverhältnisse (temperaturabhängig) beachtet werden, um das Auftreten einer "Kurzschlussströmung" zu vermeiden⁵. Es muss ausdrücklich betont werden, dass die Eignung einer solchen Maßnahme im Einzelfall sorgfältig zu prüfen ist, wobei Aspekte wie Zugluft, Geräuschentwicklung und sommerliche Wärmeeinträge zu berücksichtigen sind.

⁵ Eine Kurzschlussströmung würde bedeuten, dass eintretende Außenluft durch den Ventilator bereits im Fensterbereich wieder nach außen transportiert wird. Bei gegenüber der Raumlufttemperatur niedrigerer Außenlufttemperatur (z. B. am kühlen Morgen) oder geringen Temperaturdifferenzen sollte die Saugseite eines in Fensterbrettnähe angeordneten Ventilators dementsprechend nach außen zeigen (Ventilator bläst nach innen). Umgekehrt sollte bei gegenüber der Raumlufttemperatur deutlich höherer Außenlufttemperatur (z. B. am warmen Nachmittag) die Saugseite des Ventilators nach innen zeigen (Ventilator bläst nach außen).

2.2 Raumluftechnische Anlagen

Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) gibt es mit oder ohne Lüftungsfunktion, d. h. mit oder ohne Außenluftzufuhr. Gemäß ASR A3.6 sind RLT-Anlagen mit maschineller Förderung der Luft, Luftreinigung (Filtern) und mindestens einer thermodynamischen Luftbehandlungsfunktion (Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten) ausgestattet. Damit werden Räume mit einer für den Menschen gesundheitlich zuträglichen und behaglichen Raumlufte versorgt, indem die durch die menschliche Nutzung freigesetzten Stoff-, Wärme- und Feuchtelasten beseitigt werden. Daneben gibt es prozessluftechnische Anlagen (PLT-Anlagen), die z. B. durch einen technologischen Prozess freigesetzte Stoff- oder Energieströme (z. B. Absauganlagen für Gefahrstoffe) erfassen und ableiten oder einen notwendigen Luftzustand herstellen (z. B. Hallenkühlung bei Fleischverarbeitung) [VDMA_2019-01]. PLT-Anlagen können ebenfalls mit oder ohne Lüftungsfunktion ausgeführt sein, wobei PLT-/RLT-Anlagen häufig schwer voneinander zu unterscheiden sind und nicht selten Mischformen auftreten⁶. Zu den Anlagen ohne Lüftungsfunktion zählen auch solche Geräte, die nur der Luftreinigung (sog. Luftreiniger) oder Raumkühlung dienen. **Anhang 1** fasst die Ausgangslage hinsichtlich Struktur und Verbreitung von RLT-Anlagen in Deutschland zusammen, differenziert nach Wohn- und Nichtwohngebäuden.

Abbildung 3 verdeutlicht beispielhaft typische Lüftungstechniken, dabei eingesetzte Komponenten und Luftströme. Zentrale RLT-Anlagen übernehmen i. d. R. auch eine Lüftungsfunktion, d. h. sie werden mit einem mehr oder weniger hohen Außenluftanteil betrieben. Die Zuluft (Mischung aus Außen- und ggf. Umluft) muss entsprechend den Anforderungen hinsichtlich der Nutzung der Arbeitsstätte durch Luftfilter nach dem Stand der Technik gereinigt sowie frei von Zugluft in die Räume eingebracht werden.



In Anlehnung an: Wiedergegeben mit Erlaubnis DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum

Abb. 3 Komponenten raumluftechnischer Anlagen mit und ohne Lüftungsfunktion (in Anlehnung an Bild 2 der DIN V 18599-1:2018-09)

Bereits die Technische Regel ASR A3.6 „Lüftung“ legt fest, dass Abluft aus belasteten Räumen grundsätzlich nur dann als Umluft genutzt werden darf, wenn Gesundheitsgefahren und Belästigungen ausgeschlossen werden können. Abluft aus Sanitärräumen, Raucherräumen und Küchen darf der Zuluft nicht beigemischt werden. Für Räume mit überproportional hohen raumklimatischen Anforderungen (wie Labore, Lebensmittelproduktion) oder erhöhten

⁶ Zur Vereinfachung werden Prozessluftechnische Anlagen (PLT), die primär prozesstechnischen Gründen dienen, also z. B. der Abfuhr von Schadstoffen oder Prozesswärme bzw. zur Kühlung (wie in der Lebensmittelverarbeitung), im Weiteren nicht separat aufgeführt. Die Erkenntnisse und Empfehlungen zum Infektionsschutz gelten für diese Anlagen gleichermaßen.

Wärme-/Feuchte-/Stofflasten werden zusätzlich zum Lüftungssystem (frei oder erzwungen) regelmäßig dezentrale, teilweise mobile Geräte ohne Lüftungsfunktion eingesetzt, die nur mit Sekundärluft arbeiten (z. B. mobile Klimageräte).

3 Luftströme bei RLT-Anlagen und mögliche Einflüsse auf das Infektionsrisiko

Raumlufttechnische Anlagen saugen über entsprechende Kanäle Außenluft an, vermischen diese zu einem mehr oder weniger hohen Grad mit abgesaugter Raumluft (Abluft) und bringen die Mischluft nach entsprechender Aufbereitung als Zuluft in den Raum ein (**Abbildung 4**). In Bezug auf ein mögliches Infektionsrisiko durch luftgetragene Viren ist dabei von Bedeutung, wieviel (unbelastete) Außenluft dem Raum zugeführt wird (1), wieviel belastete Abluft als Umluft beigemischt wird (2), in welchem Maße Mischluft bei der Luftbehandlung von Viren gereinigt wird (3) und wie sich gegebenenfalls Viren im Raum ausbreiten und im luftgetragenen Zustand aktivierbar/infektiös bleiben (4).

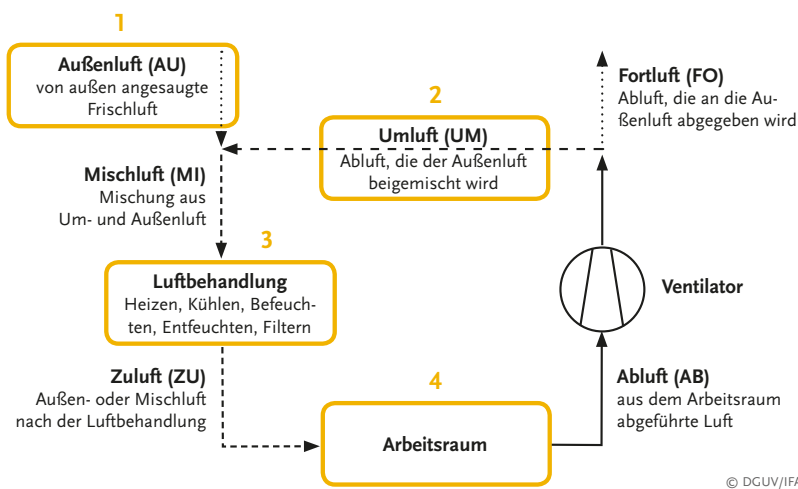


Abb. 4 Vereinfachte Darstellung der Luftströme in RLT-Anlagen nach [DGUV-Report_2013] mit Hervorhebung relevanter Einflussfaktoren

In Bezug zum Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2 kommen dabei folgende Effekte zum Tragen:

1. Ein hoher **Außenluftvolumenstrom** kann beim Vorhandensein von Virenausscheidern die Virenkonzentration in der Raumluft und damit das Infektionsrisiko verringern (Verdünnungseffekt)⁷.
2. Aus energetischen oder technologischen Gründen werden lufttechnische Anlagen oft im **Umluftbetrieb** gefahren, d. h. die Außenluftmenge wird zugunsten eines höheren Anteils an Umluft reduziert. Vorgaben zur Wärmerückgewinnung resultieren u. a. aus der Energieeinsparverordnung. Umluftbetrieb birgt tendenziell ein erhöhtes Risiko zur Übertragung von Viren, insbesondere bei hoher Belastung der Abluft mit Wasserdampf/-tröpfchen oder Staub.
3. Bei einem aus technischen oder technologischen Gründen nicht vermeidbaren **Umluftbetrieb** sollten geeignete **Methoden zur Luftbehandlung** mittels Abscheidung oder Inaktivierung von Viren angewendet werden, damit virenhaltige Aerosole nicht wieder dem Raum zugeführt werden.
4. Die **Ausbreitung von Aerosolen in Innenräumen**, so zeigen numerische wie auch messtechnische Untersuchungen, erfolgt auch ohne den Einfluss raumlufttechnischer Geräte innerhalb kurzer Zeit (wenige Minuten) [GÖHLER_et-al_2017] [KRIEGEL_2020]. Dies

⁷ Dem liegt stets die Annahme zugrunde, dass die Außenluft in Bezug auf SARS-CoV-2 kontaminationsfrei ist.

ist hauptsächlich auf die Wirkung des thermischen Auftriebs durch Wärmeabgabe des menschlichen Körpers zurückzuführen. Der Einfluss ggf. vorhandener Sekundärluftgeräte, wie Ventilatoren, Geräte zur persönlichen Kühlung (z. B. mobile Klimageräte) oder Erwärmung (z. B. Heizlüfter, Warmluftgebläse) auf eine luftgetragene Virenausbreitung im Raum ist vor diesem Hintergrund neu zu bewerten. Solche Geräte führen den Räumen im Allgemeinen keine Außenluft zur Absenkung von Aerosolkonzentrationen zu. Infolge der Raumluftdurchmischung können sie einerseits zu einem Verdünnungseffekt beitragen und so das lokale Infektionsrisiko verringern. Andererseits kann die luftstromlenkende Wirkung dieser Geräte Tröpfchen oder Aerosole mit Viren unter Umständen auf andere Personen lenken und so das Infektionsrisiko steigern.

4 Aktuelle Erkenntnisse zur Übertragung von SARS-CoV-2 durch RLT-Anlagen

Raumlufttechnische Anlagen kommen in zahlreichen Branchen zum Einsatz und unterscheiden sich hinsichtlich der eingesetzten Anlagentechnik, der Lüftungskonzepte sowie der Betriebsweisen. Eine Betrachtung von RLT-Anlagen im Hinblick auf eine mögliche luftgetragene Aerosol-Übertragung von aktivierbaren SARS-CoV-2 ist daher immer branchenspezifisch für die entsprechenden Anforderungen und Belastungen durchzuführen. Es ist davon auszugehen, dass eine sachgerechte Lüftung durch Verringerung der Konzentration luftgetragener Viren zu einer Reduktion des Infektionsrisikos führt. Ein angepasster Einsatz und Betrieb von RLT-Anlagen kann in Kombination mit weiteren Schutzmaßnahmen daher einen wertvollen präventiven Beitrag zum Infektionsschutz leisten.

Das Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 über RLT-Anlagen ist insgesamt als gering einzustufen, wenn diese sachgerecht instandgehalten werden (Inspektion, Reinigung, Filterwechsel usw. [VDI_6022-1]) und einen hohen Außenluftanteil zuführen oder über geeignete Filter bzw. andere Einrichtungen zur Verringerung der Virenkonzentration verfügen. Hinweise zur Übertragung von SARS-CoV-2 durch RLT-Anlagen liegen bislang vor allem aus Lebensmittelbetrieben vor. Dies kann aber nicht undifferenziert auf andere Bereiche wie beispielsweise Bürogebäude übertragen werden, da hier unterschiedliche Systeme und Betriebsweisen zur Anwendung kommen.

In Lebensmittelbetrieben, wie z. B. der Fleischwirtschaft mit besonderen Anforderungen an die Hygiene und eine niedrige Raumlufttemperatur, sind Lüftung und Raumluftkonditionierung häufig zweigeteilt. In der Regel befinden sich eine Reihe dezentraler Sekundärluft-Kühlgeräte (z. B. Klima-Splitgeräte) im Deckenbereich der Räume, um die Raumluft umzuwälzen und zu kühlen. Eine Filterung ist hier wegen der Gefahr der Bildung von Biofilmen und Belägen in den Geräten aus hygienischen Gründen oft nicht möglich, teilweise wird zur Keimfreiheit bereits heute im Inneren der Geräte UV-C-Bestrahlung eingesetzt. Zusätzlich zu den dezentralen Kühlern saugt eine zentrale RLT-Anlage Außenluft an, führt sie dem Raum konditioniert zu und verbraucht Luft ab. Aus Gründen der Energieeffizienz und zur Begrenzung der aufzubringenden Kühlleistung haben diese Anlagen in der Regel einen variablen Umluftbetrieb. Ein Teil der Abluft wird somit als Mischluft aufbereitet dem Raum wieder zugeführt. Sowohl die zentrale RLT-Anlage als auch die dezentralen Kühlgeräte können im Zuge der Luftumwälzung virenhaltige Aerosole im gesamten Raumbereich verteilen [EXPERTEN_2020-07-30].

Raumlufttechnische Anlagen anderer Bereiche, in denen nutzungsbedingt keine größeren Stoff-, Feuchte- oder Wärmelasten auftreten (z. B. Bürogebäude, öffentliche Gebäude), werden im Gegensatz dazu häufig ausschließlich oder mit einem hohen Anteil an Außenluft betrieben. Diese Anlagen arbeiten zumeist in Kombination mit wasserführenden Heiz- und

z. T. auch Kühlflächen (z. B. Heizkörper, Fußbodenheizung, Kühldecke) und stellen je nach Nutzungszweck ausreichend hohe Außenluftwechselraten sicher. Insofern kann hier das Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 über RLT-Anlagen als gering eingeschätzt werden. Im Gegensatz zur freien Lüftung können mit Hilfe von RLT-Anlagen witterungs- und nutzerunabhängig definierte Raumklimazustände und Außenluftwechselraten sichergestellt werden.

5 Minimierung von Infektionsrisiken beim Umluftbetrieb von RLT-Anlagen

Zur Minimierung von Infektionsrisiken sollen Innenräume intensiv belüftet werden, z. B. durch Erhöhung des Zuluftvolumenstroms und/oder Außenluftanteils von RLT-Anlagen, d. h. Reduzierung des Umluftanteils. Damit werden Verdünnungseffekte erreicht. RLT-Anlagen sollen deshalb während der Betriebs- oder Arbeitszeiten nicht abgeschaltet werden, da dies zu einer Erhöhung der Konzentration von Viren in der Raumluft und damit zur Erhöhung des Infektionsrisikos führen kann. Sofern RLT-Anlagen nicht dauerhaft betrieben werden, sind deren Betriebszeiten vor und nach der Nutzungszeit der Räume zu verlängern (z. B. bei Büros um ca. 2 Stunden [REHVA_2020-04-03]).

Bei technologisch erforderlichem Umluftbetrieb sollte zur Verringerung der Konzentration infektiöser Viren eine Luftbehandlung mittels Abscheidung und/oder Inaktivierung erfolgen. Insbesondere folgende zwei Methoden können bei sachgerechtem Einsatz zum Infektionsschutz beitragen:

- Einsatz von geeigneten Filtersystemen (z. B. mit HEPA-Filtern nach [DIN EN 1822-1]) unter Berücksichtigung und evtl. Anpassung des Volumenstroms (aufgrund veränderter Druckverhältnisse),
- Geräte zur Desinfektion (z. B. UV-C-Bestrahlung in Kombination mit Feinstaubfilterung).

Bei allen Maßnahmen bestehen je nach Arbeitsstätte bzw. Branche Unterschiede in der Anwendbarkeit und den Betriebsparametern.

5.1 Einsatz von Filtersystemen

Um bei Kontaminationen der Größe des SARS-CoV-2 (ca. 80 – 160 nm) eine effiziente Abscheidung von 99,95 % sicherzustellen, bedarf es einer (zweiten oder dritten) Filterstufe mit hochabscheidendem Schwebstofffilter mindestens der Klasse H13 (HEPA). Schwebstofffilter werden gemäß [DIN EN 1822-1] mit zunehmenden Abscheidegrad in folgende Gruppen unterteilt:

- Gruppe E: EPA-Filter (Hochleistungs-Partikelfilter, en: Efficient Particulate Air Filter)
- Gruppe H: HEPA-Filter (Schwebstofffilter, en: High Efficiency Particulate Air Filter)
- Gruppe U: ULPA-Filter (Hochleistungs-Schwebstofffilter, en: Ultra Low Penetration Air Filter)

Schwebstofffilter in raumlufttechnischen Anlagen dienen der Filtration kleinster Partikel ($< 1 \mu\text{m}$) und werden sowohl für die Zuluft als auch für kontaminierte Abluft oder als Vorfilter für Aktivkohlesysteme verwendet. Schwebstofffilter müssen durch eine Vorfiltrationsstufe vor dem Zusetzen durch größere Partikel ($> 1 \mu\text{m}$) geschützt werden. Hierfür kommen in der Regel Partikelfilter zum Einsatz, mindestens der Klasse ISO ePM10 $> 50 \%$ (vormals M5), besser der Klasse ISO ePM2,5 $\geq 65 \%$ (vormals F7) oder ISO ePM1 $> 80 \%$ (vormals F9). Filter müssen je nach Belastung in regelmäßigen Abständen ersetzt oder (wenn möglich) gereinigt werden. Grundsätzlich gilt – je besser die Vorfiltration, desto länger die Standzeit [VDMA_2019-10] [LUFTFILTERBAU_2019].

HEPA-Filter (Klasse H13/H14) nach DIN EN 1822-1 werden seit vielen Jahren insbesondere im medizinischen Bereich (z. B. bei Operationsräumen, Intensivstationen und Laboratorien) sowie in Reinräumen eingesetzt. In den meisten anderen RLT-Bestandsanlagen können sie zumeist nicht eingesetzt/nachgerüstet werden, da ihr Druckverlust entweder von vornherein zu hoch ist oder infolge der Belastung des Filters (Belag) nach verhältnismäßig kurzer Betriebszeit einen zu hohen Wert annimmt. Ein gegenüber der Anlagenbemessung deutlich erhöhter Differenzdruck bewirkt einen mehr oder weniger starken Rückgang des Luftvolumenstromes und senkt damit den Luftwechsel. Dies würde die angestrebte Abfuhr gegebenenfalls vorhandener luftgetragener Viren aus der Raumluft (Verdünnungseffekt) konterkarieren. Weiterhin kann ein erhöhter Überdruck vor dem HEPA-Filter den Austritt ungefilterter Luft an Undichtigkeiten (Leckagen) in den Lüftungsleitungen begünstigen. Da Viren, wie SARS-CoV-2, im luftgetragenen Zustand auch in Aerosolen auftreten, die von Feinstaubfiltern erfasst werden, kann bereits die Aufrüstung auf eine höhere Filterklasse (z. B. von Filterklasse ePM1 50 % auf ePM1 70 % oder ePM1 80 %) effektiv und zielführend sein.

Im konkreten Anwendungsfall kann in Abhängigkeit der branchenspezifischen Randbedingungen (z. B. Stoff- und Feuchtelasten der Raumluft, daraus resultierende Häufigkeit des Filterwechsels) und der technischen Möglichkeiten (z. B. erforderliche Ventilatorleistung, Platzbedarf) erwogen werden, inwieweit in einer Bestandsanlage die Auf-/Nachrüstung mit Filtern höherer Klassen bis hin zu Schwebstofffiltern erfolgen kann. Luftfilter sind in vielfältigen Bauformen am Markt verfügbar und grundsätzlich auch für den Einsatz in dezentralen oder mobilen Anlagen geeignet.

Es gibt raumluftechnische Geräte, die ausschließlich der Luftreinigung dienen (sog. Luftreiniger). Diese sind zum Teil mit HEPA-Filter ausgestattet und können weitere Methoden der Luftreinigung beinhalten (z. B. Ionisatoren, Plasmafilter, Ozon- oder UV-C-Desinfektion). Die Wirksamkeit von Luftreinigern in Bezug auf die Reduktion einer Virenkonzentration hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie Dimensionierung und Positionierung im Raum (Luftvolumenstrom im Verhältnis zum Raumvolumen, Kurzschlussströmungen). Jedoch können durch Ozon oder UV-induzierte Reaktionen gesundheitsgefährdende Stoffe freigesetzt werden, weshalb von der Anwendung solcher Methoden im nicht-gewerblichen Bereich abgeraten wird [UBA_2020].

Temporär kann für Räume kleinerer und mittlerer Größe der Einsatz mobiler Anlagen mit wirksamen Methoden zur Luftreinigung (insbesondere HEPA-Filter) eine sinnvolle technische Lösung darstellen, sofern diese zweckmäßig bemessen, positioniert und betrieben werden [KÄHLER_2020]. Insbesondere in Räumen mit hoher Belegungsdichte kann dies die notwendigen Lüftungsmaßnahmen (Außenluftzufuhr) jedoch nicht ersetzen, allenfalls flankierend wirken [UBA_2020].

5.2 Möglichkeiten und Grenzen von Desinfektionsgeräten

Vor allem aus dem Bereich der Trink-/Prozess-/Abwasseraufbereitung ist die Verwendung kurzwelliger Ultraviolettstrahlung (UV-C, 100 – 280 nm) zur Desinfektion seit langem bekannt. Hierfür liegen entsprechende Regelwerke vor. Bei RLT-Anlagen wird UV-C-Strahlung bislang v. a. zur Reduktion von Mikroorganismen im Umlaufwasser von Luftwäschern (insbesondere Legionellen) und zur Bekämpfung des Keimwachstums auf Oberflächen von Geräten mit Feuchte- bzw. Kondensatanfall, wie Kühlregistern oder Kondensatwannen, eingesetzt. Oftmals wird UV-C-Bestrahlung ergänzend zu anderen Maßnahmen angewendet, z. B. mit vorgeschalteten Schwebstofffiltern oder in Verbindung mit Ozon als Oxidationsmittel zur Desinfektion längerer Luftverteilnetze oder bei Abluftanlagen. Obwohl am Markt zahlreiche Geräte zur UV-C-Bestrahlung verfügbar sind, fehlt bislang eine spezielle normative Beschreibung der entsprechenden Methoden, Geräteanforderungen und Ausführungsarten zur Luft-

strombehandlung. Allgemeine Anforderungen an die photobiologische Sicherheit von UV-Lampen werden aktuell in der [IEC 62471-6] erarbeitet.

UV-C-Entkeimungsgeräte mit Einhausung, bei denen keine UV-C-Strahlung in den Raum tritt, werden mit Luftkanalanbindung endständig in eine zentrale RLT-Anlage integriert (**Abbildung 5**) oder als separate Geräte direkt im Raum installiert. Sie sind für eine große Bandbreite von Volumenströmen verfügbar. UV-C-Geräte ohne vollständige Einhausung und Ventilator werden dagegen als nach oben gerichtete, offene Strahler zur Desinfektion der Raumluft nahe der Raumdecke montiert (z. B. im klinischen Bereich). Zur dauerhaften Sicherstellung einer ausreichenden Strahlungs-dosis müssen UV-C-Strahler messtechnisch überwacht werden, da sie einer mehr oder weniger starken Alterung mit Abnahme der UV-C-Emissionsleistung unterliegen.

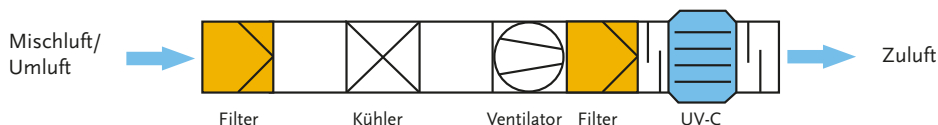


Abb. 5 Luftkanal mit 2 Filterstufen und endständiger UV-C-Bestrahlungskammer

UV-C-Strahlung ist sehr energiereich und in der Lage, irreparable Erbgutschäden und damit eine Inaktivierung von Keimen zu erreichen („254 nm Linie“). In wissenschaftlichen Studien konnte die desinfizierende Wirkung von UV-C-Strahlung für eine Vielzahl von Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen gezeigt werden [KAUP_2000] [MALAYERI_et-al_2016]. Sie ist nachweislich auch gegen Viren auf Flächen wirksam [ENGLER_2009] [VDI-News_2020], der Einsatz im Luftstrom jedoch noch wenig untersucht. Bezüglich der Wirksamkeit von in RLT-Anlagen eingesetzten UV-C-Geräten zur Luftentkeimung liegen derzeit keine Messergebnisse vor, unter welchen Umgebungs- und Betriebsbedingungen die Inaktivierung von SARS-CoV-2 sicher erfolgt. [HEßLING_et-al_2020] analysieren in einer Übersichtsstudie die Ergebnisse von in der Vergangenheit durchgeführten Inaktivierungsexperimenten an verschiedenen Coronaviren (nicht SARS-CoV-2), um daraus auf eine mittlere UV-Bestrahlungsdosis für eine 90%ige Virusreduktion (D90) zu schließen⁸. Die von ihnen ermittelten Strahlungsdosen sind in der Größenordnung vergleichbar mit denen anderer Krankheitserreger, woraus Heßling et al. schlussfolgern, dass etablierte UV-Desinfektionsverfahren SARS-CoV-2 ohne zusätzliche Modifikationen effizient inaktivieren können sollten.

Für ausgewählte Anwendungsfälle kann die Kombination von Filterung und UV-C-Bestrahlung zweckdienlich und praktikabel sein. Je nach Anwendungsgebiet und Rahmenbedingungen bestehen jedoch aufgrund der variierenden Betriebsparameter und Aerosole, die in den jeweiligen Branchen auftreten können, Unterschiede hinsichtlich der Effektivität der keimtötenden Wirkung. Zu untersuchen sind insbesondere die Intensität (Bestrahlungsstärke) und Expositionsdauer der für eine Inaktivierung notwendigen UV-C-Bestrahlung. In diesem Zusammenhang ist auch die noch offene Frage des logarithmischen Entkeimungsgrades festzulegen. Weiterhin ist zu beachten, dass die UV-C-Bestrahlung von Luft die Bildung von Ozon anregen kann. Ozon darf allerdings als giftiges Gas nicht in die Zuluft/Raumluft gelangen. Technische Lösungen sehen hierfür die Ummantelung der UV-C-Strahler mit absorbierendem Glas vor, welches die für die Ozon-Bildung relevanten Wellenlängen (im Bereich von 185 nm) aus der Strahlung herausfiltert. Insbesondere in der Lebensmittelindustrie ist überdies sicherzustellen, dass bei offenen Strahlern (z. B. UV-C-Strahlern auf der Oberseite abgehängter Leuchten) Glasbruch nicht zur Kontamination von Produkten führen kann.

⁸ Hierbei wird die Annahme zugrunde gelegt, dass RNA-Mutationen zwar die Pathogenität eines Virus signifikant beeinflussen können, aber keine größeren strukturellen Unterschiede hervorrufen, insbesondere in Bezug auf die UV-Absorptionseigenschaften, welche die Hauptursache für die antivirale Wirkung von ultravioletter Strahlung sind.

Beim Menschen kann eine UV-Exposition ein Hauterythem (Sonnenbrand), Konjunktivitis (Bindehautentzündung) oder Keratitis (Hornhautentzündung) hervorrufen und mittel- bzw. langfristig zu Hautkrebs führen. Allerdings nimmt die Strahlungsbelastung invers quadratisch mit zunehmender Entfernung von der Strahlungsquelle ab (d. h. bei doppeltem Abstand nur $\frac{1}{4}$ der ursprünglichen UV-Belastung). In Abhängigkeit von der zur Entkeimung benötigten UV-Dosis, dem Abstand eines Beschäftigten zur Quelle und seiner Aufenthaltszeit im Bereich zugänglicher Strahlung (Expositionsdauer), ist die Einhaltung verbindlicher Expositionsgrenzwerte im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, wofür exemplarische Übersichtsmessungen zu empfehlen sind. Diese UV-C-Strahlungsmessungen sind jedoch mit einem hohen messtechnischen Aufwand verbunden. Zum Schutz vor langfristigen Schädigungen durch die kanzerogene Wirkung von UV-Strahlung ist das Minimierungsgebot nach § 7 OStrV [OStrV_2017] besonders zu beachten. Die indirekte Bestrahlung des Zuluftstromes in RLT-Geräten gilt in vielen Fällen als unkritisch (sofern kein Ozon freigesetzt wird), da keine direkten Strahlungsanteile in den zu konditionierenden Raum gelangen können. Das Wartungspersonal kann durch Schutzeinrichtungen (z. B. Türkontaktschalter) oder persönliche Schutzausrüstung vor einer unbeabsichtigten Bestrahlung geschützt werden.

6 Infektionsschutz durch sachgerechtes freies Lüften

Das sachgerechte freie Lüften ist durch die Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ und die SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel geregelt, weitere Hinweise enthalten die FAQ auf der Webseite der BAuA [BAUA-FAQ]. Eine Fensterlüftung muss bei Tätigkeitsaufnahme in den Räumen und dann in regelmäßigen Abständen erfolgen. Die ASR A3.6 empfiehlt einen zeitlichen Abstand zum Lüften beispielsweise von Büroräumen nach 60 Minuten und von Besprechungsräumen nach 20 Minuten. Diese Frequenz ist in der Zeit der Epidemie möglichst zu erhöhen. Am wirkungsvollsten ist dabei die sogenannte Stoßlüftung über die gesamte Öffnungsfläche der Fenster. Die Lüftungsdauer sollte in Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse (insbesondere Außenlufttemperatur und Winddruck) und der lokalen Gegebenheiten mindestens 3 bis 10 Minuten betragen. Ergänzend kann zwischen den Stoßlüftungsphasen eine moderate Dauerlüftung mit Kippstellung der Fenster sinnvoll sein. Bei gleichzeitiger Raumheizung oder -kühlung ist dies energetisch unvorteilhaft, kann in Zeiten der Epidemie aber dazu beitragen, durch kontinuierlichen Luftaustausch ein temporär zu starkes Ansteigen der Virenkonzentration im Raum zu vermeiden. Eine CO₂-Messung (z. B. „CO₂-Ampel“) kann bei freier Lüftung durch Nutzersensibilisierung zur Sicherung einer ausreichenden Lüftung beitragen. Daraus lässt sich zwar nicht unmittelbar auf eine ggf. vorhandene Virenbelastung der Raumluft schließen, jedoch kann die CO₂-Konzentration der Raumluft als Indikator für den Luftaustausch dienen. Eine CO₂-Konzentration bis zu 1.000 ppm ist gemäß ASR A3.6 „Lüftung“ noch akzeptabel, in der Zeit der Epidemie sollte dieser Wert wenn möglich unterschritten werden.

7 Zusammenfassung

Entsprechend der aktuellen Erkenntnislage können unter der Voraussetzung, dass die luftgetragene Virenausbreitung bei SARS-CoV-2 einen relevanten Einfluss auf das Infektionsgeschehen hat, aus Sicht des Infektionsschutzes die nachfolgenden Aussagen für das Lüften (frei oder mit RLT-Anlage) sowie den Betrieb von RLT-Anlagen ohne Lüftungsfunktion getroffen werden.

7.1 Infektionsschutzgerechtes Lüften

Freies Lüften und der sachgerechte Betrieb von RLT-Anlagen stellen einen wichtigen Baustein eines Gesamt-Hygienekonzeptes zur Reduktion von SARS-CoV-2-Infektionen dar. Die verschiedenen Maßnahmen müssen im Rahmen einer betrieblich angepassten Strategie gemeinsam umgesetzt werden, welche zudem beinhaltet, dass z. B. akut erkrankte Personen

dem Betrieb fernbleiben, Abstandsregelungen eingehalten und bei Bedarf Mund-Nase-Bedeckungen getragen werden. Die Rangfolge der Schutzmaßnahmen ergibt sich auch für den betrieblichen Infektionsschutz aus den Grundsätzen des § 4 ArbSchG [ArbSchG]. Demnach haben – dem TOP-Prinzip folgend – technische Maßnahmen Vorrang vor organisatorischen Maßnahmen und diese wiederum Vorrang vor personenbezogenen Maßnahmen. Die verschiedenen Maßnahmen sind sachgerecht miteinander zu verknüpfen. Das öffentlich propagierte Schutzmaßnahmenkonzept (AHA) sollte um den Terminus der Lüftung erweitert werden (AHA+L).

Die zentralen Aussagen für ein infektionsschutzgerechtes Lüften sind:

- Intensives, sachgerechtes Lüften von Innenräumen verfolgt das Ziel einer wirksamen Abfuhr und damit einer Verringerung der Konzentration luftgetragener Viren (Verdünnungseffekt) und soll auf diese Weise präventiv das Infektionsrisiko in Innenräumen senken. Dies erfordert:

Freie Lüftung (z. B. Fenster):

- regelmäßiges Stoßlüften, ggf. Dauerlüften mit Kippstellung der Fenster
- evtl. zusätzliche CO₂-Messung („CO₂-Ampel“) zwecks Nutzersensibilisierung zur Sicherstellung eines ausreichenden Luftaustauschs

Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) mit Lüftungsfunktion:

- Erhöhung des Zuluftvolumenstroms/Außenluftanteils bzw. Reduktion des Umluftanteils
 - keine Abschaltung der RLT während der Betriebs- bzw. Arbeitszeiten, vorzugsweise Dauerbetrieb oder alternativ verlängerte Betriebszeiten
- Regelmäßiges Stoßlüften sorgt bei geringer Personenbelegung und entsprechender Witterung für eine ausreichende Außenluftzufuhr. Die Anwendung einer Dauerlüftung mit gekippten Fenstern ist bei gleichzeitiger Raumheizung oder -kühlung energetisch unvorteilhaft, kann in Zeiten der Epidemie aber dazu beitragen, durch kontinuierlichen Luftaustausch ein temporär zu starkes Ansteigen der Virenkonzentration im Raum zu vermeiden.
 - Der durch freie Lüftung erreichbare Luftaustausch ist abhängig von Witterung und Nutzerverhalten. Bei geringen Temperaturdifferenzen zwischen Raum und äußerer Umgebung sowie niedrigen Windgeschwindigkeiten ist der Luftaustausch eher gering und kann ggf. durch zusätzliche technische Maßnahmen erhöht werden (z. B. Stand- oder Tischventilatoren im unmittelbaren Bereich eines weit geöffneten Fensters). Dabei sind die thermisch induzierten Strömungsverhältnisse (Ausrichtung der Saugseite des Ventilators) zu beachten.
 - Bei Erhöhung des Luftaustauschs sind für alle Lüftungstechniken stets auch Faktoren wie die thermische Behaglichkeit, relative Luftfeuchte, Geräuschentwicklung und Zugluft zu berücksichtigen, insbesondere in der kälteren Jahreszeit.
 - Die Qualität der Lüftung kann durch eine CO₂-Messung überprüft werden. Eine CO₂-Konzentration bis zu 1.000 ppm ist noch akzeptabel, in der Zeit der Epidemie sollte dieser Wert wenn möglich unterschritten werden. Allerdings dient die Messung nur als Indikator für die Lüftungseffektivität und keinesfalls als Messgröße des Infektionsrisikos.
 - Umluftanteile in RLT-Anlagen bergen ein erhöhtes Risiko zur Übertragung von Viren. Bei einem aus technischen oder technologischen Gründen nicht vermeidbaren Umluftbetrieb sollten geeignete Methoden zur Luftbehandlung mittels Abscheidung oder Inaktivierung luftgetragener Viren angewendet werden, damit virenhaltige Aerosole nicht wieder dem Raum zugeführt werden.

- Für die Luftfilterung bei Umluftbetrieb kann die Möglichkeit des Einsatzes höherer Filterklassen/-stufen geprüft werden, z. B. Austausch von Staubfiltern der Klasse M5 mit Filtern der Klassen ISO ePM1 > 70 % (vormals F8) oder ISO ePM1 > 80 % (vormals F9), wenn technisch möglich Einsatz eines HEPA-Filters (Klasse H13 bzw. H14). Dabei sind die technischen Limitierungen (z. B. Ventilatorleistung, Platzbedarf), lokalen Randbedingungen (z. B. Stoff-, Feuchte- und Wärmebelastung der Luft, Häufigkeit der Filterwechsel) und vorhandenen Festlegungen zur Wartung (z. B. VDI 6022 Blatt 1) zu berücksichtigen. Auch können Wartungsintervalle verkürzt werden. Dies ist stets gesamtheitlich zu betrachten.
- Für bestimmte Einsatzbereiche kann die Kombination von Filtration und UV-C-Bestrahlung zur Luftentkeimung zweckdienlich und praktikabel sein. Allerdings besteht diesbezüglich aktuell noch anwendungsbezogener Forschungs- und Regelungsbedarf. Die Randbedingungen (z. B. Vorfilter, Strahlungsdosen, Geräteeigenschaften) für den sachgerechten Einsatz von UV-C-Bestrahlung zur Luftentkeimung sind anwendungsbezogen zu definieren. Hinsichtlich einer Reduktion des Infektionsrisikos für SARS-CoV-2 ist die UV-C-Entkeimung vor allem im Zusammenhang mit Umluft- oder Sekundärluftanlagen in Betracht zu ziehen. Dabei ist auf den Schutz der Beschäftigten vor UV-C-Strahlung zu achten.
- Ältere RLT-Bestandsanlagen, welche hinsichtlich ihrer technischen Ausstattung und Betriebsweise signifikant vom aktuellen Stand der Technik abweichen, sollten im ersten Schritt modernisiert werden, bevor weitergehende Maßnahmen des Infektionsschutzes ergriffen werden.

7.2 Infektionsschutzgerechter Betrieb von RLT-Anlagen ohne Lüftungsfunktion

Reine Umluft- bzw. Sekundärluftanlagen führen den Räumen im Allgemeinen keine Außenluft zu, so dass keine Abfuhr von virenhaltigen Aerosolen erfolgt. Jedoch können sie infolge der Raumluftdurchmischung zu einem Verdünnungseffekt beitragen und so das lokale Infektionsrisiko verringern. Andererseits kann die luftstromlenkende Wirkung dieser Geräte bei falscher Positionierung unter Umständen infektiöse Viren direkt zu anderen Personen im selben Raum leiten und das Risiko erhöhen. Aus Sicht des Infektionsschutzes sind beim Einsatz entsprechender Geräte folgende Aspekte zu beachten:

- Bei Geräten **ohne Luftreinigungsfunktion**, wie Ventilatoren, Geräten zur persönlichen Kühlung oder Erwärmung, sollte für Räume mit Mehrfachbelegung im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung geprüft werden, ob ein erhöhtes Infektionsrisiko resultiert. Dabei sind die spezifischen Randbedingungen zu beachten, wie Raumgeometrie, Arbeitsplatzanordnung, Gerätestandort und Strömungsverhältnisse der Raumluft.
- Geräte **mit wirksamen Methoden zur Luftreinigung** (sog. Luftreiniger) können kurzfristig als ergänzende Maßnahme sinnvoll sein, wenn keine anderen Möglichkeiten zur Verfügung stehen (z. B. Räume kleinerer bis mittlerer Größe mit hoher, ggf. wechselnder Personenbelegung und ohne vorhandene RLT-Anlage). Sie bedürfen jedoch eines sachgerechten Einsatzes unter Berücksichtigung herstellerspezifischer Angaben. Dabei sind verschiedene Randbedingungen zu beachten, insbesondere die Dimensionierung und Positionierung im Raum sowie thermische oder stoffliche Lasten, die durch diese Geräte erzeugt werden können.

7.3 Übersicht der Handlungsempfehlungen

Abbildung 6 fasst die kurz- bis mittelfristig umzusetzenden Handlungsempfehlungen für infektionsschutzgerechtes Lüften und den Betrieb von RLT-Anlagen in Zeiten der Epidemie in einer Übersicht zusammen. Die **Anhänge 1 und 2** geben die Ausgangslage hinsichtlich Struktur und Verbreitung von RLT-Anlagen, differenziert nach dem Gebäudetyp (Wohn-/Nichtwohngebäude), sowie die zugehörigen Maßnahmen zum infektionsschutzgerechten Lüften

(technisch/organisatorisch) in Form einer Matrix wieder. Wohngebäude werden teilweise auch als Arbeitsstätten genutzt (z. B. für Arztpraxen, Einzelhandel oder Büro), sind aber i. d. R. technisch weniger hoch ausgerüstet. **Anhang 3** listet weiterführende Informationen und branchenbezogene Handlungshilfen auf.

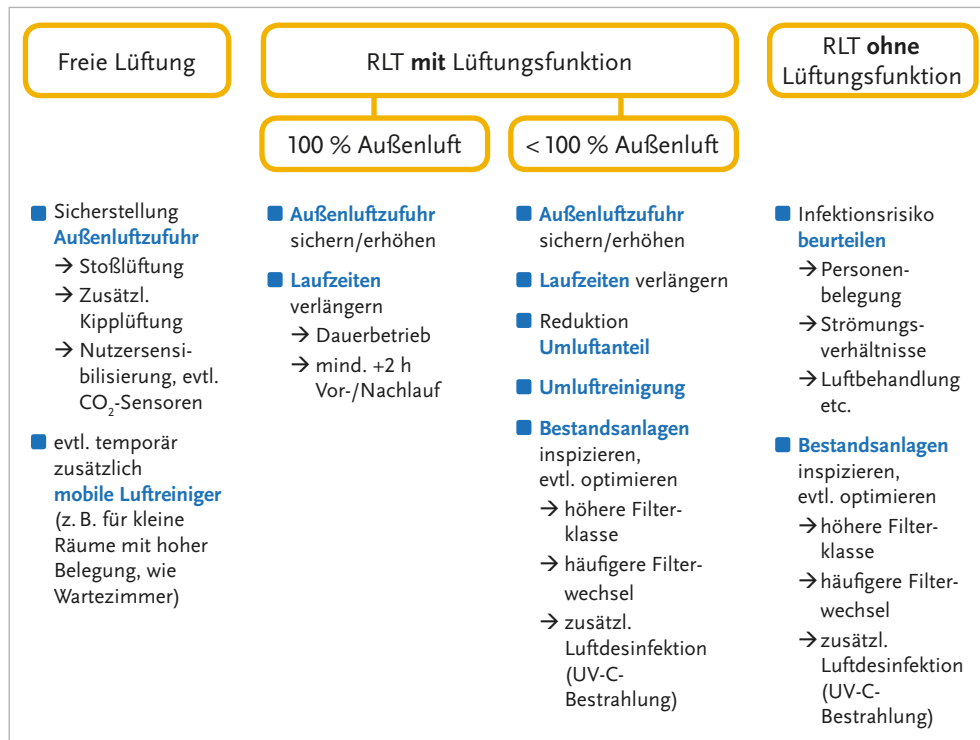


Abb. 6 Zusammenfassung kurz- bis mittelfristig umzusetzender Handlungsempfehlungen

8 Ausblick

Der vorliegende Bericht „Infektionsschutzgerechtes Lüften – Hinweise und Maßnahmen in Zeiten der SARS-CoV-2-Epidemie“ beschreibt die aktuelle wissenschaftliche Erkenntnislage und leitet konkrete Handlungsempfehlungen für das infektionsschutzgerechte Lüften sowie eine angepasste Ausführung und Betriebsweise von RLT-Anlagen ab. Damit bildet er eine allgemeingültige Grundlage für die Erstellung weiterführender Handlungshilfen als Konkretisierung für unterschiedliche Branchen und Bereiche. In der Praxis sind Anlagentechnik, Lüftungskonzepte und Betriebsweisen sehr verschieden und an individuellen Anforderungen ausgerichtet. Eine übergreifende Konkretisierung ist daher nur bedingt möglich. Differenzierte branchenspezifische Beschreibungen (mit Best-Practice-Beispielen, Lessons-Learned usw.) durch Unfallversicherungsträger und weitere Beteiligte können hier zusätzliche Unterstützung geben.

Für SARS-CoV-2 ist die Relevanz der aerosolgebundenen Ausbreitung und Infektionsübertragung in Innenräumen in der Fachwelt international derzeit noch in der Diskussion, da zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden müssen. Für eine evidente Aussage bedarf es der Erstellung systematischer Studien unter Beteiligung mehrerer Fachdisziplinen, die auch arbeitsschutzrelevante Informationen beinhalten sollten (z. B. experimentelle Laboruntersuchungen, Feldstudien und numerische Simulationen) und im Nachgang in zielgruppenorientierte praxisgerechte Empfehlungen überführt werden müssen.

Für alle lufttechnischen Lösungen zur Verringerung der Konzentration und Infektiosität luftgetragener Viren in Innenräumen sind grundsätzlich Zieldefinitionen auf Basis der zu entfernenden relevanten Größenverteilung von Partikeln erforderlich, um konkrete technische

Maßnahmen ableiten und bewerten zu können. Die zu bewältigenden Luftbelastungen (z. B. Aerosolgehalt und -zusammensetzung, relative Luftfeuchte) sind hierfür zu definieren.

Zur Etablierung technischer Lösungen mit Kombination von Filtersystemen und UV-C-Entkeimungsgeräten, welche eine Alternative zur Umrüstung auf HEPA-Filter sein können, bedarf es entsprechender normativer Beschreibungen (Stand der Technik), dabei sind auch die Anforderungen des Arbeitsschutzes zu beachten. Die Normungsgremien im Bereich der Lüftung und Luftfilterung sind aufgefordert, in dieser Hinsicht aktiv zu werden. In dem Zusammenhang muss geprüft werden, unter welchen Bedingungen UV-C-Geräte eine ausreichende Inaktivierung umhüllter Viren, wie SARS-CoV-2, sicherstellen können.

Danksagung

Für die redaktionelle Mitwirkung gilt der Dank Frau Kerstin Ziegenbalg und Frau Ines Hepper. Weiterhin gilt unser Dank Herrn Dr. Andreas Richter und Matthias Karl für die zahlreichen Kommentare und Unterstützung bei der Erstellung des Berichtes. Den Teilnehmern der Expertenrunde danken wir für ihre Unterstützung des fachlichen Austauschs und die Bereitstellung weiterführender Unterlagen/Studien. Insbesondere gilt unser Dank Herrn Stefan Grund (Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe BGN) für seinen Vortrag zum Einfluss von raumlufttechnischen Anlagen in Bezug zur Infektionsübertragung von SARS-CoV-2 in der Lebensmittelindustrie. Für die fachliche Durchsicht danken wir Herrn Dr. Thomas Alexander und Herrn Dr. Stefan Bauer (Kapitel 5.2).

Literaturverzeichnis

[ArbSchG] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG). BGBl. I S. 1246, 1996, zuletzt geändert durch Art. 293 V v. 19.6.2020, BGBl. I S. 1328

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

[BAUA-FAQ] Antworten auf häufig gestellte Fragen zur Lüftung: https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Coronavirus/FAQ/03-FAQ_node.html

[BMAS_2020] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS): Empfehlung zum infektionsschutzgerechten Lüften. Lüften als ergänzende Maßnahme gegen Corona (16.09.2020). <https://www.bmas.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/empfehlungen-zum-infektionsschutzgerechten-lueften.html>

[DGUV-109-002_2020] DGUV Regel 109-002: Arbeitsplatzlüftung - Lufttechnische Maßnahmen. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, April 2020

[DGUV-Report_2013] DGUV-Report Innenraumarbeitsplätze - Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld. Report der gewerblichen Berufsgenossenschaften, der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand und des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), September 2013

[DIN EN 1822-1] DIN EN 1822-1:2019-01 Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung. Beuth Verlag Berlin, Oktober 2019

[DOREMALEN_et-al_2020] van DOREMALEN, N. et al.: Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1 (April 16, 2020). In: The New England Journal of Medicine. <https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMc2004973>

[ENGLER_2009] ENGLER, Hartmut: Lüfthygiene. UV-C-Entkeimung für RLT-Anlagen. In: TGA-Fachplaner, Magazin für Technische Gebäudeausrüstung, Ausgabe 10-2009, Gentner Verlag Stuttgart

[EXPERTEN_2020-07-30] Expertengespräch zum Einfluss von raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) in Bezug zur Infektionsübertragung von SARS-CoV-2 am 30.07.2020

[GÖHLER_et-al_2017] GÖHLER, Daniel, STINTZ, Michael, GRITZKI, Ralf, RÖSLER, Markus, FELSMANN, Clemens: Ausbreitungsmodellierung zur Expositionsabschätzung anhand von Freisetzungsdaten nanostrukturierter Materialien. Abschlussbericht TU Dresden, Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e. V., März 2017

[HEßLING_et-al_2020] HEßLING, Martin, HÖNES, Katharina, VATTER, Petra, LINGENFELDER, Christian: Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation – review and analysis of coronavirus photoinactivation studies (May 2020). Review Article. In: GMS Hygiene and Infection Control 2020, Vol. 15, ISSN 2196-5226. <https://www.egms.de/static/pdf/journals/dgkh/2020-15/dgkh000343.pdf>

[IEC 62471-6] IEC 62471-6: Photobiological Safety of Ultraviolet Lamp Products. In Bearbeitung (Status Committee Draft)

[KÄHLER_2020] KÄHLER, Christian J., FUCHS, Thomas, HAIN, Rainer: Können mobile Raumlufreiniger eine indirekte SARS-CoV-2 Infektionsgefahr durch Aerosole wirksam reduzieren? (05.08.2020) Universität der Bundeswehr München. <https://www.unibw.de/lrt7/raumlufreiniger.pdf>

[KAUP_2000] KAUP, Christoph: Ultraviolettstrahlung zur Luftdesinfektion in RLT-Geräten. In: HLH Bd. 51 (2000) Heft 7, Seite 24-31, Springer-VDI-Verlag Düsseldorf, Juli 2000

[KAUP_KAMPEIS_2013] KAUP, Christoph, KAMPEIS, Percy: Studie zum Beitrag und zum Anteil der Wärmerückgewinnung aus zentralen Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) in Nicht-Wohngebäuden. Eine Studie im Auftrag des Fachverband Gebäude-Klima e. V. (FGK), Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, 2013

[KLEESIEK_DREIER_2009] KLEESIEK, Knut, DREIER, Jens: Analyse der Verbreitung aerogener Viren über Raumluftechnische Anlagen und Entwicklung von Desinfektionsmaßnahmen. Forschungsvorhaben S 770, gefördert durch die Stiftung Industrieforschung, Ruhr-Universität Bochum, 2009

[KLOMPAS_et-al_2020] KLOMPAS, Michael, BAKER, Meghan A., RHEE, Chanu.: Airborne Transmission of SARS-CoV-2. Theoretical Considerations and Available Evidence (July 13, 2020). Journal of the American Medical Association (JAMA). <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2768396>

[KRIEGEL_2020] KRIEGEL, Martin: Ansteckungsgefahr liegt in der Luft. Wie breitet sich das SARS-CoV-2-Virus in der Raumluf aus? Technische Universität Berlin, Medieninformation Nr. 81/2020 (18.05.2020)

[LEDNICKY_et-al_2020] LEDNICKY, John A., LAUZARDO, Michael, FAN, Z. Hugh et al.: Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients (Aug 03, 2020).

<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.08.03.20167395v1>

[LUFTFILTERBAU_2019] HS-Luftfilterbau GmbH: Grundlagen der Filtertechnik.

Fachinformation, Rev. 23. Kiel, Mai 2019. https://www.luftfilterbau.de/cms/upload/produkte/Grundlagen/PDF/Filtertechnik_0100.pdf (letzter Aufruf: 14.09.2020)

[LUNGENÄRZTE_2020] LUNGENÄRZTE im Netz: Warum die Corona-Gefahr in

Innenräumen wächst (24.08.2020). https://www.luftfilterbau.de/cms/upload/produkte/Grundlagen/PDF/Filtertechnik_0100.pdf

[MALAYERI_et-al_2016] A. H. Malayeri, M. Mohseni, B. Cairns, J. R. Bolton, G. Chevreffs, E. Caron, B. Barbeau, H. Wright, K. G. Linden. 2016. Fluence (UV Dose) Required to Achieve Incremental Log Inactivation of Bacteria, Protozoa, Viruses and Algae

[MORAWSKA_2020] MORAWSKA, Lidia, TANG, Julian W. et al.: How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? Journal Environment International, Volume 142, September 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>

[MORAWSKA_MILTON_2020] MORAWSKA, Lidia, MILTON, Donald K.: It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. Oxford University Press for the Infectious Diseases Society of America (06 July 2020). <https://academic.oup.com/cid/advance-article/doi/10.1093/cid/ciaa939/5867798>

[MÜLLER_et-al_2020] MÜLLER, Dirk, REWITZ, Kai, DERWEIN, Dennis, BURGOLZ, Tobias Maria: Vereinfachte Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen. White Paper, RWTH-EBC 2020-003, Aachen, 2020, DOI: 10.18154/RTWH-2020-08332

[OStrV_2017] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - OStrV). Bundesgesetzblatt 38, 960-967, 2010. Zuletzt geändert durch Artikel 5 Abs. 6 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (Bundesgesetzblatt 69, 3584-3995, 2017)

[RECKNAGEL_2016] RECKNAGEL: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Trinkwasser- und Kältetechnik sowie Energiekonzepte. Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Karl-Josef Albers Hochschule Esslingen. 78. Auflage, DIV Deutscher Industrieverlag GmbH, 2016

[REHVA_2020-04-03] REHVA: COVID-19 guidance document. How to operate and use building services in order to prevent the spread of the coronavirus disease (COVID-19) virus (SARS-CoV-2) in workplaces (April 3, 2020). https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_ver2_20200403_1.pdf

[SARS-CoV-2-Regel_2020] SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel (Fassung 10.08.2020). GMBI 2020 S. 484-495 (Nr. 24/2020 v. 20.8.2020). https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/AR-CoV-2/pdf/AR-CoV-2.pdf?__blob=publicationFile&v=4

[SCHEUCH_2020] SCHEUCH, Gerhard: Breathing Is Enough: For the Spread of Influenza Virus and SARS-CoV-2 by Breathing Only. In: Journal of aerosol medicine and pulmonary drug delivery (28 Jul 2020), <https://doi.org/10.1089/jamp.2020.1616>

[SCHILLER_et-al_2013] SCHILLER, Heiko, MAI, Ronny, HÄNDEL, Claus: Chancen der Energetischen Inspektion für Gesetzgeber, Anlagenbetreiber und die Branche. Abschlussbericht F 2888, gefördert vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart, 2014

[UBA_2020] Umweltbundesamt: Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren. Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt, August 2020.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/irk_stellungnahme_lueften_sars-cov-2_0.pdf

[VDI-News_2020] VDI-News Raumluftechnik: Viren aus der Luft filtern (02.07.2020).
<https://www.vdi.de/news/detail/viren-aus-der-luft-filtern>

[VDI_6022-1] VDI 6022 Blatt 1:2018-01 Raumluftechnik, Raumlufqualität – Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln). Beuth Verlag Berlin, Januar 2018

[VDMA_2019-10] VDMA Luftfilterinformation (2019-10): Filterklassen der Raumluft- und Entstaubungstechnik im Überblick. <https://klt.vdma.org/viewer/-/v2article/render/44917378>

[VDMA_2019-01] VDMA Lufttechnikinformation (2019-01): Abgrenzung Prozesslufttechnik (PLT)/-Raumluftechnik (RLT). <https://lr.vdma.org/documents/105915/32447990/Abgrenzung-Prozesslufttechnik-vs.-Raumluftechnik/620e92a4-72c6-e35f-4f96-2887ef25c173?t=93550.324>

[WHO_2020-07-09] World Health Organization WHO: Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. Scientific brief (9 July 2020).
<https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>

Anhang 1: Struktur und Verbreitung von RLT-Anlagen in Deutschland

	Wohngebäude ⁹	Nichtwohngebäude
Zuordnung	<ul style="list-style-type: none"> dienen überwiegend (mindestens 50 % der Gesamtnutzfläche) Wohnzwecken keine einheitliche Festlegung für Gemeinschaftsunterkünfte und Gebäude mit anteilig gewerblicher Nutzung 	<ul style="list-style-type: none"> dienen zu mehr als der Hälfte Nichtwohnzwecken Klassifikation gemäß Bauwerkszuordnungskatalog (BWZK) der Bauministerkonferenz
Gebäudebestand	<ul style="list-style-type: none"> ca. 18,2 Mio. Wohngebäude ca. 50 % des Flächenbestandes ca. 37 % des Raumvolumens → relevant für Lüftung ca. 75 % vor 1975 errichtet 	<ul style="list-style-type: none"> ca. 1,7 Mio. Nichtwohngebäude (NWG) ca. 50 % des Flächenbestandes ca. 63 % des Raumvolumens → relevant für Lüftung; davon ca. 15 % Industrie, 19 % Lager, 12 % sonstige NWG (Bildung/Sport/Versammlung), 3 % Büro ca. 75 % vor 1965 errichtet
Technische Ausrüstung/Lüftungskonzept	<ul style="list-style-type: none"> freie Lüftung (Fensterlüftung) dominiert, ca. 25 % der Gebäude mit mechanischer Lüftung Zu-/Abluftanlagen mit 100 % Außenluftbetrieb oder nur Abluftanlagen Umluftbetrieb bei Wohnungslüftung unbedeutend, außer (sehr selten) bei ausgewählten Luftheizungssystemen 	<ul style="list-style-type: none"> ca. 40 % der NWG mit mechanischer Lüftung, teilweise in Kombination mit freier Lüftung (Fenster); ca. 60 % freie Lüftung (z. B. Bildungseinrichtungen, Büros) ca. 700.000 Bestandsanlagen, davon < 10 % reine PLT-Anlagen (ohne Personenaufenthalt, z. B. Rechenzentren) mittlere Größe der RLT-Zentralgeräte ca. 14.000 m³/h bei einem Absatz von ca. 43.000 Einheiten/Jahr ca. 40...50 % der Anlagen arbeiten mit Umluft (Anlagen mit Kühlfunktion anteilig etwas häufiger) mittleren Lebensdauer der RLT-Anlagen 25...30 Jahre (nominelle Nutzungsdauer ca. 20 Jahre) Durchschnittsalter der RLT-Anlagen (Marktumfrage) ca. 28 Jahre

Verwendete Quellen: [SCHILLER_et-a_2013], [KAUP_KAMPEIS_2013]

⁹ Die Einteilung von Gebäuden nach ihrer Nutzung ist in Deutschland nicht einheitlich geregelt und im Kontext der einzelnen Regelwerke/Verordnungen unterschiedlich definiert. Einer ersten Einordnung nach sind Wohngebäude Gebäude, die nach ihrer Zweckbestimmung überwiegend, das heißt zu mindestens 50 % der Gesamtnutzfläche, dem Wohnen dienen. Nicht selten werden (v. a. größere) Wohngebäude teilweise auch als Arbeitsstätte genutzt (z. B. für Arztpraxen, Einzelhandel, Büro).

Anhang 2: Übersicht der Maßnahmen zum Infektionsschutz durch Lüften

	Wohngebäude	Nichtwohngebäude
Organisatorische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ■ intensives und fachgerechtes Lüften ■ Anpassung der Betriebsweise von RLT-Anlagen <ul style="list-style-type: none"> • Dauerbetrieb oder Verlängerung der Betriebszeiten • Erhöhung des Außenluftvolumenstroms ■ Prüfung aller RLT-Anlagen auf ordnungsgemäße Funktionstüchtigkeit, Durchführung erforderlicher Reparatur- und Wartungsarbeiten 	<ul style="list-style-type: none"> ■ intensives und fachgerechtes Lüften ■ Anpassung der Betriebsweise von RLT-Anlagen <ul style="list-style-type: none"> • Dauerbetrieb oder Verlängerung der Betriebszeiten • Erhöhung des Außenluftvolumenstroms • ggf. Reduktion des Umluftanteils ■ Prüfung aller RLT-Anlagen auf ordnungsgemäße Funktionstüchtigkeit, Durchführung erforderlicher Reparatur- und Wartungsarbeiten
Technische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ■ nicht erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modernisierung oder Aufrüstung hierfür prädestinierter Bestandsanlagen (höhere Filter-/Desinfektionsstufen) ■ Zielgruppe/Kriterien: Gebäude/Anlagen mit <ul style="list-style-type: none"> • hoher Belegungsdichte, evtl. wechselndem Publikum, Risikogruppen (z. B. Praxen, Lebensmittelverarbeitung, Veranstaltungsräume) • technologisch erforderlichem Umluftbetrieb (zur Abfuhr erhöhter Wärme-/Stoff-/Feuchtelasten) • hohem Baualter (>25 Jahre)/niedrigen Filterstufen ■ Installation von CO₂-Messgeräten in Innenräumen mit hoher Belegungsdichte (z. B. Schulen) zwecks Sensibilisierung für ein sachgerechtes Lüftungsverhalten

Anhang 3: Weiterführende Informationen/branchenbezogene Handlungshilfen

(in alphabetischer Reihenfolge)

BGHM (Berufsgenossenschaft Holz und Metall): Coronavirus - Handlungshilfe für Lüftungstechnische Maßnahmen (27.08.2020). https://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Coronavirus/Coronavirus-BGHM-Handlungshilfe-Lueftungstechnik.pdf

Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e. V. (BTGA), Fachverband Gebäude-Klima e. V. (FGK), RLT-Herstellerverband e. V.: Betrieb Raumlufttechnischer Anlagen unter den Randbedingungen der aktuellen Covid-19-Pandemie (26.03.2020). https://www.kka-online.info/download/1550881/2020_03_26_empfehlungen_btga_fgk_rlt_betrieb_rlt_anlagen_covid_19_pandemie.pdf

DGUV Fachbereich AKTUELL (FBVW-502): SARS-CoV-2: Empfehlungen zum Lüftungsverhalten an Innenraumarbeitsplätzen (2020.09). <https://publikationen.dguv.de/detail/index/sArticle/3932>

European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC): Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19. Guidance on ventilation of indoor spaces (22 June 2020). <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Ventilation-in-the-context-of-COVID-19.pdf>

Herz- und Diabeteszentrum NRW (HDZ NRW): Analyse der Verbreitung aerogener Viren über Raumlufttechnische Anlagen und Entwicklung von Desinfektionsmaßnahmen (28.04.2020)

REHVA COVID-19 guidance document: How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces (August 3, 2020). https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf

Umweltbundesamt: Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I Bildungseinrichtungen (November 2017). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anforderungen-an-lueftungskonzeptionen-in-gebaeuden>

VDI: Raumlufttechnische Anlagen in Corona-Zeiten. Die Konzentration an Viren reduzieren (20.03.2020)

VDMA: Raumlufttechnische Anlagen in Zeiten von COVID-19 – Grundlagen zum Betrieb und zur Nutzung (29.04.2020). <https://klt.vdma.org/viewer/-/v2article/render/48582833>