

## REHVA COVID-19 Leitfaden, 3. August 2020

(Dieses Dokument aktualisiert die vorhergehenden Versionen vom 3. April und 17. März; Aktualisierungen folgen bei Bedarf.)

*Dieses Dokument wurde von suissetec als Hilfe eigenständig übersetzt und aufbereitet.*

*Offiziell gültig ist das [englische REHVA COVID-19 guidance Dokument vom 3. August 2020](#).*

### **Betrieb und Nutzung von HLK- und anderen Gebäudetechniksystemen zur Verhinderung der Ausbreitung der Coronavirus (SARS-CoV-2)-Krankheit (COVID-19) am Arbeitsplatz**

#### **1 Einführung**

In diesem Dokument fasst REHVA die Ratschläge für den Betrieb und die Nutzung von Gebäudetechniksystemen während einer Coronavirus-Epidemie (COVID-19) zusammen, um die Ausbreitung von COVID-19 in Abhängigkeit von Faktoren, die mit den HLK- und Sanitärbranchen zusammenhängen, zu verhindern. Die nachstehend aufgeführten Ratschläge sollen als *vorläufige* Leitlinien behandelt werden; das Dokument wird durch neue Erkenntnisse und Informationen ergänzt, sobald diese verfügbar sind.

Die nachfolgenden Vorschläge sind als Ergänzung zu den allgemeinen Leitlinien für Arbeitgeber und Gebäudeeigentümer gedacht, die im WHO-Dokument «[Getting workplaces ready for COVID-19](#)» vorgestellt werden. Der untenstehende Text ist in erster Linie für HLKS-Fachleute und Facility Manager gedacht. Er kann aber auch nützlich sein für Fachleute des Arbeits- und Gesundheitswesens sowie andere Personen, die an Entscheidungen über die Nutzung von Gebäuden beteiligt sind.

In diesem Dokument werden die baulichen Vorkehrungen behandelt. Der Geltungsbereich ist auf gewerbliche und öffentliche Gebäude (z. B. Büros, Schulen, Einkaufszonen, Sportstätten usw.) beschränkt, in denen nur gelegentlich mit der Anwesenheit von Infizierten gerechnet wird. Wohngebäude fallen nicht in den Geltungsbereich dieses Dokuments.

Die Anleitung konzentriert sich auf temporäre, leicht zu organisierende Massnahmen, die in bestehenden Gebäuden, die während oder nach einer Epidemie mit normaler oder reduzierter Belegungsrate genutzt werden, umgesetzt werden können.

#### **Haftungsausschluss:**

Dieses Dokument gibt die Ratschläge und Ansichten der REHVA Experten basierend auf den zum Zeitpunkt der Veröffentlichung verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen über COVID-19 wieder. In vielerlei Hinsicht sind jedoch die Informationen über SARS-CoV-2 unvollständig, weshalb für die *Best-Practice*-Empfehlungen Erkenntnisse aus früheren Erfahrungen mit SARS-CoV-1<sup>1</sup> herangezogen wurden. REHVA, die Mitwirkenden sowie alle an der Veröffentlichung beteiligten Personen schliessen jegliche Haftung für direkte, indirekte, zufällige oder sonstige Schäden aus, die aus der Verwendung der in diesem Dokument dargestellten Informationen resultieren oder damit zusammenhängen könnten.

<sup>1</sup> In den letzten zwei Jahrzehnten sind wir mit drei Ausbrüchen der Coronavirus-Krankheit konfrontiert worden: (i) SARS in den Jahren 2002-2003 (SARS-CoV-1), (ii) MERS im Jahr 2012 (MERS-CoV) und COVID-19 in den Jahren 2019-2020 (SARS-CoV-2). Im vorliegenden Dokument konzentrieren wir uns auf den aktuellen Fall der Übertragung von SARS-CoV-2. Wenn wir uns auf den SARS-Ausbruch in den Jahren 2002-2003 beziehen, verwenden wir den Namen des SARS-CoV-1.

## Zusammenfassung

Vor kurzem wurden neue Erkenntnisse zur Übertragung von SARS-CoV-2 über die Luft sowie zur allgemeinen Erkennung der aerosolbasierten Übertragung über grosse Entfernungen gewonnen. Dies hat Lüftungsmassnahmen zu den wichtigsten technischen Werkzeugen in der Infektionskontrolle gemacht. Während *social distancing* wichtig ist, um engen Kontakt zu vermeiden, können angemessene Belüftung und wirksame Luftverteilungslösungen das Risiko einer Aerosolkonzentration und einer Kreuzinfektion ab 1,5 m Entfernung von einer infizierten Person mindern. In einer solchen Situation ist auf mindestens drei Ebenen ein Leitfaden erforderlich: (1) Wie HLK und andere Gebäudetechnik in bestehenden Gebäuden zum jetzigen Zeitpunkt, während einer Epidemie, zu betreiben ist; (2) wie eine Risikobewertung durchgeführt und die Sicherheit verschiedener Gebäude und Räume bewertet werden kann; und (3) was die weiterreichenden Massnahmen wären, um zukünftig die Verbreitung von Viruserkrankungen in Gebäuden mit verbesserten Lüftungssystemen weiter zu reduzieren<sup>2</sup>. Jeder Ort und Betrieb eines Gebäudes ist einzigartig und erfordert eine spezifische Beurteilung. Wir geben 15 Empfehlungen ab, die in bestehenden Gebäuden zu relativ geringen Kosten angewandt werden können, um die Zahl der Kreuzinfektionen in Innenräumen zu reduzieren. Was den Luftvolumenstrom betrifft, so ist mehr Luftvolumen immer besser, aber nicht das einzige Kriterium. Grosse Räume wie z. B. Klassenzimmer, die nach den aktuellen Standards belüftet werden, sind in der Regel einigermaßen sicher. Dagegen weisen kleine Räume, in denen sich ein paar Personen aufhalten, selbst bei guter Belüftung die höchste Infektionswahrscheinlichkeit auf. Auch wenn es viele Möglichkeiten gibt, Lüftungslösungen in Zukunft noch weiter zu verbessern, ist es wichtig zu erkennen, dass der derzeitige Technologie- und Wissensstand heute bereits die Nutzung vieler Räume in Gebäuden während eines COVID-19-Ausbruchs ermöglicht, sofern die Lüftung den geltenden Normen entspricht und eine Risikobewertung durchgeführt wird<sup>3</sup>.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Übertragungswege</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage im Zusammenhang mit COVID-19</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Praktische Empfehlungen für den Betrieb der Gebäudetechnik während einer Epidemie zur Verringerung des Infektionsrisikos</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung der praktischen Massnahmen für den Betrieb der Gebäudetechnik während einer Epidemie</b> .....	<b>16</b>
	<b>Feedback</b> .....	<b>17</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>18</b>

<sup>2</sup> Weitere Informationen zu den Punkten 2 und 3 werden derzeit von der REHVA COVID-19 Task Force erarbeitet.

<sup>3</sup> Wird derzeit von der REHVA COVID-19 Task Force entwickelt.

## 2 Übertragungswege

Bei jeder Epidemie ist es wichtig, die Übertragungswege des Infektionserregers zu verstehen. Für COVID-19 und für viele andere Atemwegsviren sind drei Übertragungswege dominant: (1) kombinierte Tröpfchen- und Luftübertragung im Nahkontaktbereich von 1-2 m durch Tröpfchen und Aerosole, die beim Niesen, Husten, Singen, Schreien, Sprechen und Atmen freigesetzt werden; (2) weiträumige Luftübertragung (auf Aerosolbasis); und (3) Oberflächenkontakt (Infektionserreger) durch Hand-Hand-, Hand-Oberflächenkontakt usw. Die Methoden zum Umgang mit diesen Infektionswegen sind physischer Abstand zur Vermeidung des Nahkontakts, Belüftung zur Vermeidung von Luftübertragung und Handhygiene zur Vermeidung von Oberflächenkontakt. Dieses Dokument konzentriert sich hauptsächlich auf Massnahmen zur Reduktion der Luftübertragung. Auf persönliche Schutzmassnahmen wie das Tragen von Masken wird in diesem Dokument nicht eingegangen. Weitere Übertragungswege, die einige Aufmerksamkeit erlangt haben, sind der fäkal-orale Weg und die Aufwirbelung von SARS-CoV-2.

Die Grösse eines Coronavirus-Partikels beträgt 80-160 Nanometer<sup>4,i</sup> und es bleibt auf Oberflächen für viele Stunden oder ein paar Tage aktiv, wenn keine spezifische Reinigung erfolgt<sup>ii,iii,iv</sup>. In der Raumluft kann SARS-CoV-2 bei üblichen Raumbedingungen bis zu 3 Stunden und auf Raumbooberflächen bis zu 2-3 Tage aktiv bleiben<sup>v</sup>. Ein über die Luft übertragenes Virus ist nicht nackt, sondern befindet sich in ausgestossenen Atemflüssigkeits-Tröpfchen. Grosse Tröpfchen fallen nach unten, aber kleine Tröpfchen bleiben in der Luft und können weite Strecken zurücklegen, indem sie durch Luftströme in den Räumen und Abluftkanäle von Belüftungssystemen sowie durch Versorgungskanäle bei Umluftbetrieb verteilt werden. Anzeichen deuten darauf hin, dass in der Vergangenheit Übertragung über die Luft unter anderem die bestens bekannten Ansteckungen mit SARS-CoV-1 verursacht hat<sup>vi,vii</sup>.

Ausgestossene Atemtröpfchen, die in der Luft schweben (d. h. sich in der Luft befinden), haben einen Durchmesser von weniger als 1 µm (Mikrometer = Mikron) bis hin zu mehr als 100 µm, was die grösste Partikelgrösse ist, die eingeatmet werden kann. Sie werden auch als Aerosole, d. h. in der Luft schwebende Partikel, bezeichnet, da Tröpfchen flüssige Partikel sind. Die wichtigsten Übertragungsmechanismen über die Luft sind in Abbildung 1 dargestellt.

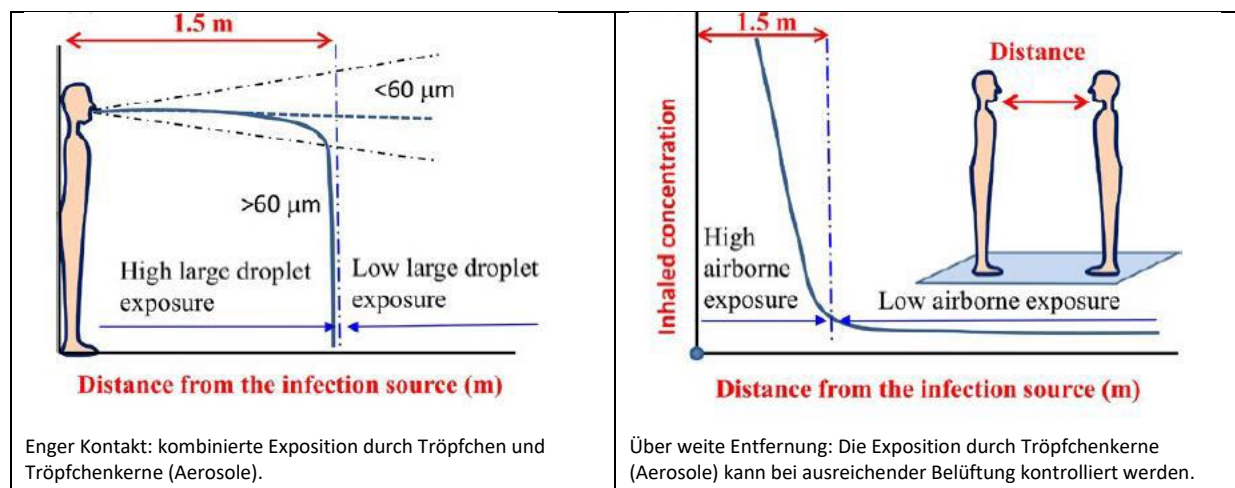


Abbildung 1. Unterscheidung zwischen kombinierter Tröpfchen- und Aerosolübertragung bei engem Kontakt (links) und Aerosolübertragung über weite Entfernung (rechts), die mit Belüftung kontrolliert werden kann, wobei die Viruskonzentration vermindert wird (Abbildung: mit freundlicher Genehmigung L. Liu, Y. Li, P. V. Nielsen et al.<sup>xii</sup>).

Die Übertragung über die Luft hängt von der Tröpfchengrösse<sup>viii,ix,x</sup> ab und wird normalerweise wie folgt in Nahkontakt- und Fernstreckenbereiche unterteilt:

1. Der Bereich der Tröpfchenübertragung über kurze Distanz kann für Nahkontakt-Ereignisse durch die zurückgelegte Entfernung definiert werden, bevor die Tropfen und grossen Tröpfchen (bis zu 2000 µm = 2 mm)

<sup>4</sup> 1 Nanometer = 0,001 Mikrometer

auf Oberflächen fallen. Bei einer anfänglichen Tröpfchengeschwindigkeit von 10 m/s fallen grössere Tröpfchen innerhalb von 1,5 m nach unten. Atmungsaktivitäten entsprechen einer Tröpfchengeschwindigkeit von 1 m/s bei normaler Atmung, 5 m/s beim Sprechen, 10 m/s beim Husten und 20-50 m/s beim Niesen. Ausgestossene Tröpfchen verdampfen und trocknen in der Luft aus, sodass die endgültigen Tröpfchenkerne auf etwa die Hälfte oder ein Drittel des Anfangsdurchmessers schrumpfen<sup>xi</sup>. Tröpfchen mit einem Anfangsdurchmesser von weniger als 60 µm erreichen den Boden nicht, bevor sie vollständig ausgetrocknet sind, und können von Luftströmungen weiter als 1,5 m getragen werden.

2. Für Tröpfchen <50 µm gilt eine weiträumige Übertragung über die Luft über eine Entfernung von mehr als 1,5 m. Die Trocknung der Tröpfchen ist ein schneller Prozess; so trocknen beispielsweise 50 µm-Tröpfchen in etwa zwei Sekunden und 10 µm Tröpfchen in 0,1 s auf Tröpfchenkerne mit etwa der Hälfte des Anfangsdurchmessers<sup>v</sup>. Tröpfchenkerne <10 µm können von Luftströmungen über grosse Entfernungen getragen werden, da die Absetzgeschwindigkeiten für 10 µm- und 5 µm-Partikel (Gleichgewichtsdurchmesser der Tröpfchenkerne) nur 0,3 cm/s bzw. 0,08 cm/s betragen, sodass es etwa 8,3 bzw. 33 Minuten dauert, bis sie 1,5 m tief fallen. Wegen der sofortigen Austrocknung wird der Begriff «Tröpfchen» oft für ausgetrocknete Tröpfchenkerne verwendet, die noch etwas Flüssigkeit enthalten, was erklärt, warum Viren überleben können. Tröpfchenkerne bilden eine Suspension von Partikeln in der Luft, d. h. ein Aerosol. Bei effektiver Mischlüftung ist die Aerosolkonzentration ab 1-1,5 m Entfernung nahezu konstant. Diese Konzentration wird am stärksten durch die Luftwechselraten in ausreichend belüfteten Räumen beeinflusst, wird aber auch durch Ablagerung und Zerfall virusbeladener Partikel reduziert.

Wichtiger als die Entfernung, welche Tröpfchen unterschiedlicher Grösse zurücklegen können, ist die Entfernung von der Quelle oder der infizierten Person, bei der eine nahezu konstante Aerosolkonzentration erreicht wird. Wie in Abbildung 1 rechts zu sehen ist, nimmt die Konzentration der Tröpfchenkerne innerhalb der ersten 1-1,5 Meter von der Ausatmung einer Person rasch ab<sup>xii</sup>. Dieser Effekt ist auf die Aerodynamik der Ausatemungsströmung und der Strömung in der Mikroumgebung um den Menschen (Dunstwolke) zurückzuführen. Die Verteilung der Tröpfchenkerne hängt von der Position der Personen, der Luftwechselrate, der Art des Luftverteilungssystems wie z. B. Durchmischung, Verdrängung oder personenbezogene Belüftung und anderen Luftströmungen im Raum ab<sup>xiii</sup>. Daher führt ein enger Kontakt innerhalb der ersten 1,5 Meter zu einer hohen Exposition sowohl gegenüber grossen Tröpfchen als auch gegenüber Tröpfchenkernen, was durch experimentelle und rechnerische Studien belegt wird<sup>xii</sup>. Aerosolkonzentrationen und Kreuzinfektionen ab 1,5 m oder mehr von einer infizierten Person aus können mit geeigneten Belüftungs- und Luftverteilungslösungen kontrolliert werden. Die Auswirkung der Belüftung ist in Abbildung 2 dargestellt.

---

<sup>5</sup> Die Physik der in der Luft schwebenden Atmungströpfchen zeigt, dass ein Tröpfchen mit einem Anfangsdurchmesser von 20 µm innerhalb von 0,24 Sekunden in Raumluft mit 50 % RH (Relative Humidity) verdampft und gleichzeitig zu einem Tröpfchenkern mit einem Gleichgewichtsdurchmesser von etwa 10 µm schrumpft. Diese Tröpfchenkerne von 10 µm, welche noch immer etwas Flüssigkeit enthalten, brauchen 8,3 Minuten, um in stehender Luft 1,5 m nach unten zu fallen.

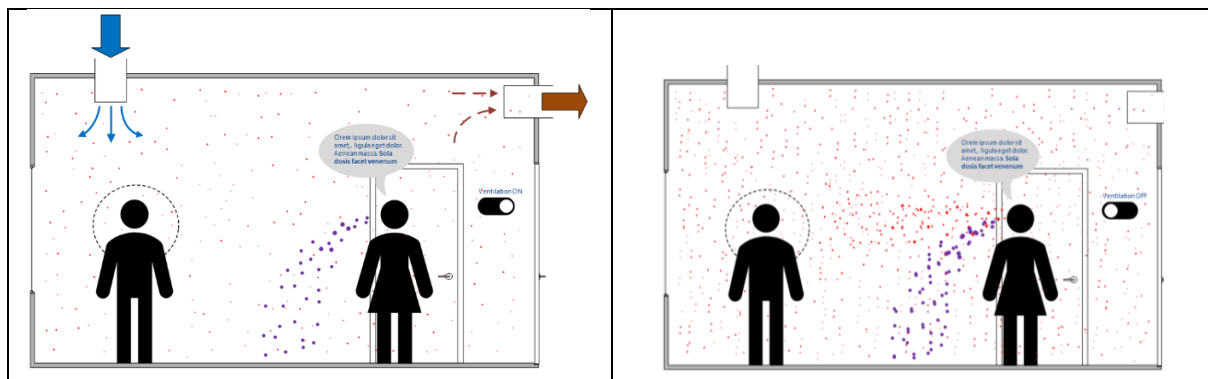


Abbildung 2. Illustration, wie eine infizierte Person (die sprechende Frau auf der rechten Seite) zu einer Aerosolexposition (rote kleine Punkte) in der Atemzone einer anderen Person (in diesem Fall des Mannes auf der linken Seite) führt. Die Ausatmung grosser Tröpfchen ist mit violetten Punkten gekennzeichnet. Wenn der Raum mit einem Mischlüftungssystem gelüftet wird, ist die Menge der virusbeladenen Partikel in der Atemzone viel geringer als bei ausgeschaltetem Lüftungssystem. Linke Abbildung: Belüftungssystem eingeschaltet, rechte Abbildung: Belüftungssystem ausgeschaltet.

Für SARS-CoV-2 wurde der aerosolbasierte Weg über grosse Distanzen mit Ansteckung durch Exposition mit Tröpfchenkernpartikeln von der WHO erstmals für das aerosolerzeugende Verfahren für Krankenhäuser anerkannt und in der Anleitung mit Erhöhung der Luftmenge<sup>xiv</sup> angesprochen. Die japanischen Behörden gehörten zu den ersten, die sich mit der Möglichkeit der Aerosolübertragung unter bestimmten Umständen befassten, z. B. bei Gesprächen unter vielen Personen in kurzer Entfernung in einem geschlossenen Raum und dem damit verbundenen Risiko, die Infektion auch ohne Husten oder Niesen zu verbreiten<sup>xv</sup>. Danach folgten viele andere Behörden, darunter die US CDC, die britische Regierung, die italienische Regierung und die chinesische nationale Gesundheitskommission. Wichtige Erkenntnisse stammten aus einer Studie<sup>v</sup>, die konstatierte, dass die Übertragung durch Aerosole plausibel ist, da das Virus in Aerosolen mehrere Stunden lang überlebensfähig sein kann. Analysen von Superspreader-Events haben erwiesen, dass geschlossene Umgebungen mit minimaler Belüftung stark zu einer charakteristisch hohen Zahl von Sekundärinfektionen<sup>xvi</sup> beigetragen haben. Bekannte Superspreader-Events, die von einer Aerosolübertragung berichten, stammen aus einem Restaurant in Guangzhou<sup>xvii</sup> und einer Chor-Veranstaltung<sup>xviii</sup> im Skagit Valley, wo die Aussenluftmenge<sup>6</sup> nur 1-2 l/s pro Person betrug. Da schnell klare Belege dafür aufgetaucht sind, dass SARS-CoV-2 über Aerosole übertragen wird, musste dies von vielen Wissenschaftlern allgemein anerkannt werden<sup>xix xx</sup>. Bis jetzt wird der Aerosoltransport sowohl vom Europäischen Zentrum für die Prävention und Kontrolle von Krankheiten (*European Centre for Disease Prevention and Control*) in ihrer Beurteilung von HLK-Systemen im Kontext von COVID-19 (*review on HVAC-systems in the context of COVID-19*) als auch vom deutschen Robert-Koch-Institut anerkannt<sup>xxi xxii</sup>. Nachdem sie einen offenen Brief von 239 Wissenschaftlern<sup>xxiii</sup> erhalten hatte, ergänzte schliesslich auch die WHO die Übertragung von Aerosolen in ihrem wissenschaftlichen Bericht zu Übertragungsmodus<sup>xxiv</sup>. Im Allgemeinen impliziert ein Übertragungsmechanismus auf der Basis von Aerosolen über grosse Entfernungen, dass ein Abstand von 1-2 m zu einer infizierten Person nicht ausreicht und eine Konzentrationskontrolle mit Belüftung für eine wirksame Entfernung von Partikeln in Innenräumen erforderlich ist.

Oberflächenkontaktübertragung kann auftreten, wenn ausgestossene grosse Tröpfchen auf nahe gelegene Oberflächen und Gegenstände wie Schreibtische und Tische fallen. Eine Person kann sich mit COVID-19 infizieren, indem sie nach Berührung einer Oberfläche oder eines Gegenstandes, auf dem sich das Virus befindet, ihren Mund, ihre Nase oder allenfalls ihre Augen berührt. Die US CDC kommt jedoch zum Schluss, dass dieser Weg vermutlich nicht der Haupt-Verbreitungsweg ist<sup>xxv</sup>.

Die WHO anerkennt den fäkal-oralen, d. h. den Aerosol/Abwasser-Übertragungsweg für SARS-CoV-2-Infektionen<sup>xxvi</sup>. Die WHO schlägt als Vorsichtsmassnahme vor, Toiletten mit geschlossenem Deckel zu spülen. Darüber hinaus ist es wichtig, ausgetrocknete Abflüsse und Geruchsverschlüsse in Böden und anderen sanitären

<sup>6</sup> Anm. suisselec: CH (SIA) schreibt 3-7x höhere Luftmengen vor.

Einrichtungen durch regelmässiges Nachfüllen von Wasser (je nach Klima alle drei Wochen) zu vermeiden, damit der Geruchsverschluss richtig funktioniert. Dies verhindert die Übertragung von Aerosolen durch das Abwassersystem und steht im Einklang mit Beobachtungen während des SARS-Ausbruchs 2002-2003: Offene Verbindungen mit dem Abwassersystem schienen ein Übertragungsweg in einem Mehrfamilienhaus in Hongkong (Amoy Garden)<sup>xxvii</sup> zu sein. Es ist bekannt, dass Toilettenspülungen aufsteigende Luftströme mit Tröpfchen und Tröpfchenrückständen erzeugen, wenn die Toiletten bei offenem Deckel gespült werden. SARS-CoV-2-Viren wurden in Stuhlproben nachgewiesen (wie in neueren wissenschaftlichen Arbeiten und von den chinesischen Behörden gemeldet)<sup>xxviii xxix xxx</sup>.

### **Schlussfolgerung über den Übertragungsweg von Aerosolen (über die Luft):**

In jüngster Zeit gibt es neue Erkenntnisse und eine allgemeine Anerkennung des aerosolbasierten Übertragungswegs. Als die erste Version dieses Dokuments am 17. März 2020 veröffentlicht wurde, schlug REHVA vor, dem ALARP-Prinzip (*As Low As Reasonably Practicable*) zu folgen und eine Reihe von HLK-Massnahmen anzuwenden, die zur Kontrolle des Aerosol-Weges in Gebäuden beitragen. Bis heute deutet alles auf eine aerosolbasierte Übertragung von SARSCoV-2 hin und dieser Weg ist nun weltweit anerkannt. Der relative Anteil verschiedener Übertragungswege an der Verbreitung von COVID-19 ist noch nicht bekannt. Daher ist es unmöglich zu sagen, ob die aerosolbasierte Übertragung eine grosse oder nur eine signifikante Rolle spielt. Die Übertragungswege hängen auch vom Standort ab. In Krankenhäusern, mit ausgezeichneten 12 ACH (*Air Changes per Hour / Luftwechsel pro Stunde*), ist die Aerosolübertragung weitgehend eliminiert, in schlecht belüfteten Räumen kann sie jedoch dominant sein. Die Übertragungswege bleiben ein wichtiges Forschungsthema, und es wurde bereits berichtet, dass der aerosolbasierte Weg über kurze Distanz die Gefahr einer Atemwegsinfektion bei engem Kontakt dominiert<sup>xxxi</sup>. In der medizinischen Fachliteratur wird über ein neues Paradigma infektiöser Aerosole gesprochen. Man kommt zum Schluss, dass es keine Belege gibt für das Konzept, wonach die meisten Atemwegsinfektionen in erster Linie durch grosse Tröpfchen übertragen werden, und dass Aerosole mit kleinen Partikeln entgegen der derzeitigen Richtlinien eher die Regel als die Ausnahme sind<sup>xxxii</sup>. Im Zusammenhang mit Gebäuden und Innenräumen besteht kein Zweifel daran, dass das Kreuzinfektionsrisiko bis zu einem Abstand von 1,5 m von einer Person mittels körperlicher Distanzierung und über diese Distanz hinaus mit Lüftungslösungen kontrolliert werden kann.

### 3 Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage im Zusammenhang mit COVID-19

Es gibt viele mögliche Massnahmen, die ergriffen werden können, um die Übertragungsrisiken von COVID-19 in Gebäuden zu mindern. Dieses Dokument enthält Empfehlungen für Lüftungslösungen als hauptsächliche «technische Steuerungen» zur Reduktion von umgebungsbedingten Risiken der Übertragung über die Luft, wie in der traditionellen Infektionskontrollhierarchie (Abbildung 3) beschrieben. Gemäss dieser Hierarchie sind Belüftung sowie andere HLK- und Sanitärmassnahmen auf einer höheren Ebene angesiedelt als die Anwendung von Verwaltungskontrollen und persönlicher Schutzausrüstung einschliesslich Masken. Es ist daher sehr wichtig, Belüftungs- und andere gebäudetechnische Systemmassnahmen zum Schutz vor Luftübertragung in Betracht zu ziehen. Diese können in bestehenden Gebäuden zu relativ geringen Kosten angewandt werden, um das Infektionsrisiko in Innenräumen zu verringern.

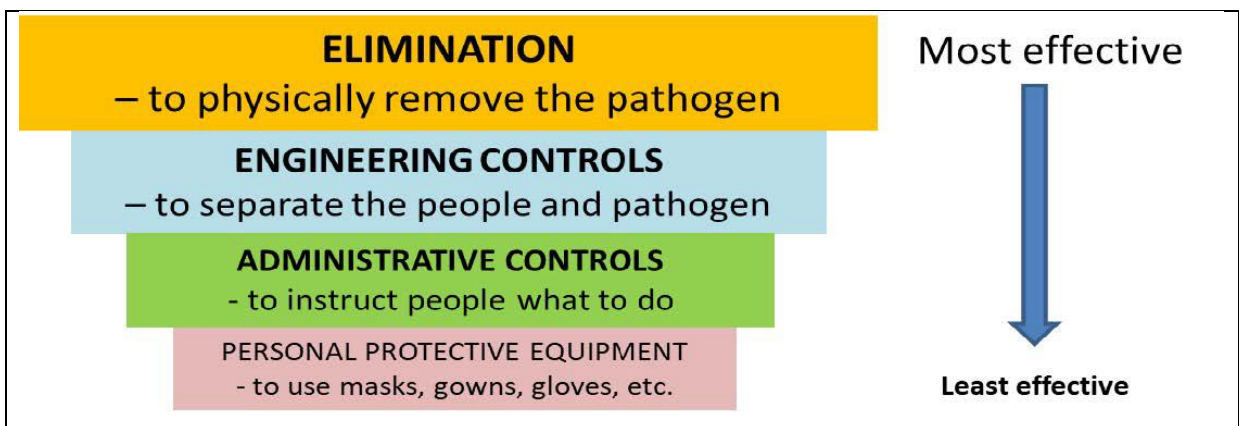


Abbildung 3. Traditionelle Infektionskontrollpyramide nach dem Vorbild der US Centers for Disease Control<sup>xxxiii</sup>.

Das Europäische Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (ECDC) hat Leitfäden für die Gesundheitsbehörden in den EU/EWR-Ländern und im Vereinigten Königreich zur Belüftung von Innenräumen im Zusammenhang mit COVID-19<sup>xxi</sup> erstellt. Diese Leitfäden richten sich an Fachleute des öffentlichen Gesundheitswesens und dienen REHVA als Grundlage für die Bereitstellung technischer und systemspezifischer Leitfäden für HLK-Fachleute. Die wichtigsten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen des ECDC lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Übertragung von COVID-19 findet gewöhnlich in geschlossenen Innenräumen statt.
- Derzeit gibt es keinen Beweis für eine Infektion des Menschen mit SARS-CoV-2 durch infektiöse Aerosole, die über die Luftkanäle des Belüftungssystems verteilt werden. Das Risiko wird als sehr gering eingestuft.
- Gut gewartete HLK-Systeme, einschliesslich Klimaanlage, filtern verlässlich grosse Tröpfchen, die SARS-CoV-2 enthalten. COVID-19-Aerosole (kleine Tröpfchen und Tröpfchenkerne) können sich durch HLK-Systeme innerhalb eines Gebäudes oder Fahrzeugs und durch freistehende Klimaanlage ausbreiten, wenn die Luft rezirkuliert wird.
- Der von Klimaanlage erzeugte Luftstrom kann die Ausbreitung von Tröpfchen, die von infizierten Personen ausgeschieden werden, über grössere Entfernungen in Innenräumen begünstigen.
- HLK-Systeme können eine ergänzende Rolle bei der Verringerung der Übertragung in Innenräumen spielen, indem sie die Luftwechselrate erhöhen, die Luftumwälzung verringern und die Nutzung der Aussenluft erhöhen.
- Gebäudeverwalter sollten Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage gemäss den aktuellen Anweisungen des Herstellers warten, insbesondere was die Reinigung und den Wechsel der Filter betrifft. Es gibt keinen Nutzen und keine Notwendigkeit für zusätzliche Wartungszyklen im Zusammenhang mit COVID-19.
- Energiesparende Einstellungen wie z. B. bedarfsgesteuerte Lüftung mittels Zeitschaltuhr oder CO<sub>2</sub>-Detektoren sollten vermieden werden.
- Es sollte in Betracht gezogen werden, die Betriebszeiten von HLK-Systemen vor und nach dem regulären Zeitfenster zu verlängern.

# WIR, DIE GEBÄUDETECHNIKER

- *Der direkte Luftstrom<sup>7</sup> sollte von Personengruppen weggeleitet werden, um eine Streuung und Übertragung des Erregers von infizierten Personen auf Nicht-Infizierte zu vermeiden.*
- *Organisatoren und Verwalter, die für Versammlungen und kritische Infrastruktureinrichtungen verantwortlich sind, sollten mit Unterstützung ihrer Technik-/Wartungsteams Möglichkeiten prüfen, um die Anwendung von Luftumwälzung so weit wie möglich zu vermeiden. Sie sollten erwägen, ihre Verfahren für den Einsatz von Umluft in HLK-Systemen auf der Grundlage der vom Hersteller bereitgestellten Informationen zu überprüfen oder, falls dies nicht möglich ist, den Hersteller um Rat zu bitten.*
- *Die Mindestanzahl der Luftwechsel pro Stunde gemäss den geltenden Bauvorschriften sollte jederzeit sichergestellt sein. Eine Erhöhung der Anzahl der Luftwechsel pro Stunde verringert das Risiko der Übertragung in geschlossenen Räumen. Dies kann je nach Situation durch natürliche oder mechanische Belüftung erreicht werden.*

---

<sup>7</sup> Anm. suissetec: Generell auch auf Luftstrom von Quellen mit u.U. sehr hohen Luftgeschwindigkeiten achten, wie z.B. Tisch-, Steh- und Deckenventilatoren etc.



## 4 Praktische Empfehlungen für den Betrieb der Gebäudetechnik während einer Epidemie zur Verringerung des Infektionsrisikos

Dieser REHVA Leitfaden zum Betrieb der Gebäudetechnik umfasst 15 Hauptpunkte, wie in Abbildung 4 dargestellt:

1. Lüftungsraten
2. Lüftungs-Betriebszeiten
3. Kontinuierlicher Betrieb der Lüftung
4. Fensteröffnung
5. Belüftung der Toilette
6. Fenster in Toiletten
7. Toilettenspülung
8. Rezirkulation
9. Ausrüstung zur Wärmerückgewinnung
10. Gebläsekonvektoren und Induktionseinheiten
11. Heiz-, Kühl- und mögliche Befeuchtungs-Sollwerte
12. Kanalreinigung
13. Aussenluft- und Abluftfilter
14. Wartungsarbeiten
15. IAQ (Raumluft-Qualität) Überwachung

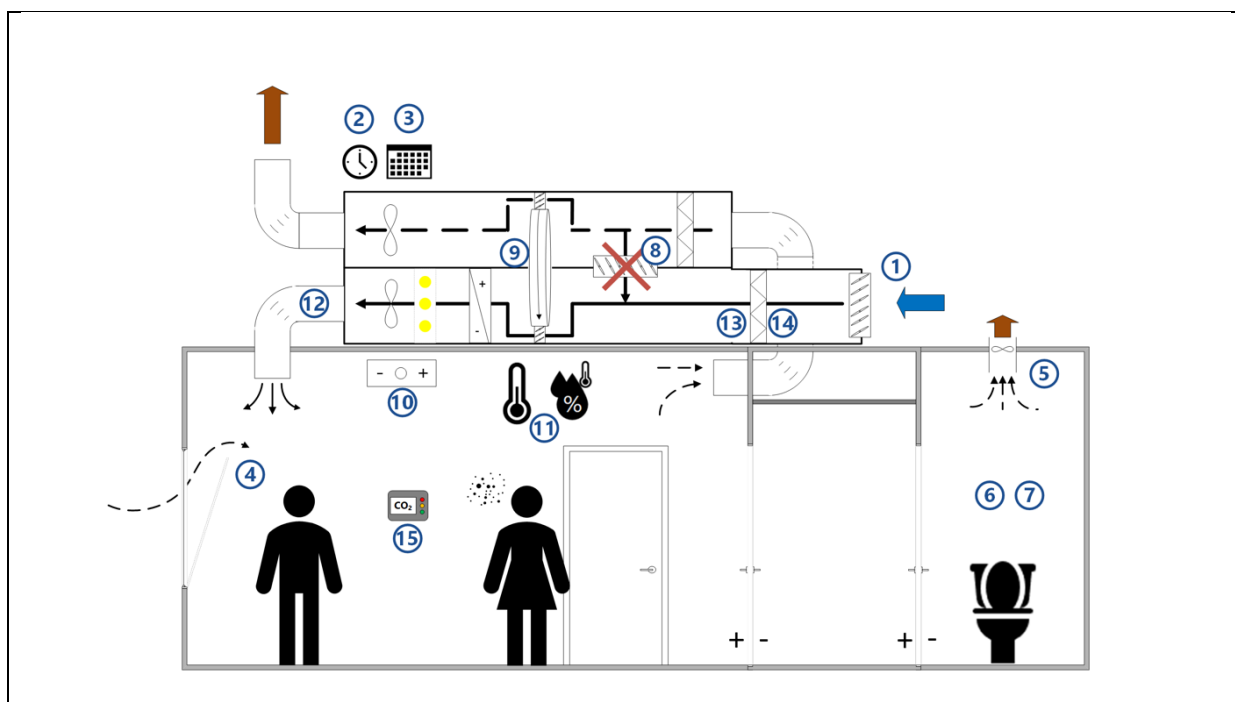


Abbildung 4. Hauptpunkte der REHVA Anleitung für den Betrieb der Gebäudetechnik.

### 4.1 Erhöhung der Zu- und Abluft

In Gebäuden mit mechanischen Belüftungssystemen werden längere Betriebszeiten empfohlen. Ändern Sie die Uhrzeiten der Schaltuhren so, dass die Belüftung mit Nenndrehzahl mindestens 2 Stunden vor der Gebäudeöffnung beginnt und 2 Stunden nach der Gebäudenutzungszeit auf eine niedrigere Drehzahl umgeschaltet wird. Ändern Sie den CO<sub>2</sub>-Sollwert bei bedarfskontrollierten Lüftungssystemen auf einen Wert von 400 ppm, um den Betrieb bei Nenndrehzahl zu gewährleisten. Lassen Sie die Belüftung rund um die Uhr eingeschaltet, mit

reduzierten (aber nicht abgeschalteten) Belüftungsraten bei Abwesenheit von Personen<sup>8</sup>. In Gebäuden, die aufgrund der Pandemie geräumt wurden (Büro- oder Bildungsgebäude), wird nicht empfohlen, die Belüftung auszuschalten. Stattdessen ist die Lüftung während der normalen Betriebszeit kontinuierlich mit reduzierter Geschwindigkeit zu betreiben. In der Übergangszeit mit geringem Heiz- und Kühlbedarf haben die oben genannten Empfehlungen nur begrenzte energetische Nachteile. Gleichzeitig tragen sie dazu bei, Viruspartikel aus dem Gebäude zu entfernen und freigesetzte Viruspartikel von Oberflächen zu entfernen. Im Winter und Sommer muss ein erhöhter Energieverbrauch in Kauf genommen werden, da Lüftungssysteme über genügend Heiz- und Kühlkapazität verfügen, um diese Empfehlungen ohne Beeinträchtigung der thermischen Behaglichkeit zu erfüllen.

Der allgemeine Ratschlag lautet, so viel Aussenluft wie vernünftig möglich zu liefern. Der Schlüsselaspekt ist die Menge der pro Quadratmeter Bodenfläche zugeführten Frischluft. Reduziert sich die Anzahl der sich im Raum befindenden Personen, vermeiden Sie die Konzentration der verbleibenden Personen auf kleinere Bereiche. Stattdessen ist der physische Abstand (mindestens 2-3 m) zwischen ihnen beizubehalten oder zu vergrössern, um den Luftverdünnungseffekt zu fördern. Weitere Informationen über Lüftungsraten und Risiken in verschiedenen Räumen werden in der aktualisierten Version des Dokuments in den folgenden Monaten zur Verfügung gestellt.

Entlüftungssysteme für Toiletten sollten rund um die Uhr in ähnlicher Weise betrieben werden wie das Hauptlüftungssystem. Sie sollten mindestens 2 Stunden vor der Gebäudeöffnungszeit auf die Nenndrehzahl geschaltet werden und können 2 Stunden nach der Gebäudenutzungszeit auf eine niedrigere Drehzahl umgeschaltet werden. Wenn es nicht möglich ist, die Ventilatorgeschwindigkeit zu steuern, sollte die Toilettenbelüftung rund um die Uhr mit voller Geschwindigkeit betrieben werden.

#### 4.2 Mehr Fensterlüftung betreiben

Die allgemeine Empfehlung lautet, sich von überfüllten und schlecht belüfteten Räumen fernzuhalten. In Gebäuden ohne mechanische Belüftungssysteme wird empfohlen, häufig die Fenster zu öffnen um zu lüften (viel mehr als normalerweise, auch wenn dies eine gewisse thermische Unbehaglichkeit verursacht). Die Fensterlüftung ist in diesem Fall die einzige Möglichkeit, die Luftwechselrate zu erhöhen. Die Fenster sollten beim Betreten des Raumes etwa 15 Minuten lang geöffnet bleiben (insbesondere, wenn der Raum zuvor von anderen Personen besetzt war). Ebenso kann die Fensterlüftung in Gebäuden mit mechanischer Lüftung zur weiteren Steigerung der Lüftung eingesetzt werden.

Geöffnete Fenster in Toiletten mit «Natürlichem Abzug»<sup>9</sup> oder mechanischen Abluftsystemen können einen kontaminierten Luftstrom von der Toilette in andere Räume verursachen, was bedeutet, dass die Belüftung in umgekehrter Richtung verläuft. Geöffnete Toilettenfenster sollten in diesem Fall vermieden werden. Wenn es keine ausreichende Abluft aus den Toiletten gibt und eine Fensterlüftung in den Toiletten nicht vermieden werden kann, ist es wichtig, die Fenster auch in anderen Räumen offen zu halten, um Querströmungen im gesamten Gebäude zu erreichen.

#### 4.3 Befeuchtung und Klimatisierung haben keine praktische Wirkung

Die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur tragen zur Überlebensfähigkeit von Viren, zur Bildung von Tröpfchenkernen und zur Anfälligkeit der Schleimhäute der Nutzer bei. Die Übertragung einiger Viren in Gebäuden kann verändert werden, indem die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit so angepasst werden, dass die Überlebensfähigkeit des Virus verringert wird. Im Fall von SARS-CoV-2 ist dies leider keine Option, da Coronaviren recht resistent gegenüber Umweltveränderungen sind und nur bei einer sehr hohen relativen Luftfeuchtigkeit von über 80 % und einer Temperatur von über 30 °C<sup>ii,iii,iv</sup> anfällig sind. Dies ist in Gebäuden aus Gründen wie thermischer Behaglichkeit und der Vermeidung mikrobiellen Wachstums nicht realisierbar und akzeptabel. SARS-CoV-2 überlebt 14 Tage bei einer Temperatur von 4°C, einen Tag bei 37 °C und 30 Minuten bei 56 °C<sup>xxxiv</sup>.

<sup>8</sup> Während unbesetzter Zeiten kann die Lüftung periodisch betrieben werden, sodass die in EN 16798-1:2019 empfohlene Mindestaussenluftfrate von 0,15 l/s pro m<sup>2</sup> Bodenfläche eingehalten würde.

<sup>9</sup> Anm. suissetec: CH nicht üblich.

Die Stabilität (Lebensfähigkeit) von SARS-CoV-2 wurde bei einer typischen Innentemperatur von 21-23 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65 % getestet, mit einer sehr hohen Virusstabilität bei dieser Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit<sup>xxxv</sup>. Zusammen mit früheren Nachweisen zu MERS-CoV ist gut dokumentiert, dass eine Befeuchtung von bis zu 65 % nur eine sehr begrenzte oder gar keine Auswirkung auf die Stabilität des SARS-CoV-2-Virus haben kann. Bisherige Erkenntnisse stützen nicht die Ansicht, dass mässige Feuchtigkeit (rel. Luftfeuchte von 40-60 %) zur Reduktion der Lebensfähigkeit von SARS-CoV-2 nützlich sein wird und deshalb ist Luftbefeuchtung KEINE Methode um die Lebensfähigkeit von SARS-CoV-2 zu reduzieren.

Kleine Tröpfchen (0,5 - 50 µm) verdampfen bei jeder relativen Luftfeuchtigkeit schneller<sup>xxxvi</sup>. Das Nasensystem und die Schleimhäute sind bei einer sehr niedrigen relativen Luftfeuchtigkeit von 10-20 % anfälliger für Infektionen<sup>xxxvii</sup><sup>xxxviii</sup>. Aus diesem Grund wird manchmal eine gewisse Luftbefeuchtung im Winter empfohlen (auf ein Niveau von 20-30 %), obwohl der Einsatz von Luftbefeuchtern<sup>10</sup> mit einer höheren Gesamtanzahl an Krankschreibungen und einer höheren Anzahl kurzfristiger Krankheitsausfälle in Verbindung gebracht wurde<sup>xxxix</sup>.

In Gebäuden, die mit einer zentralen Befeuchtung ausgestattet sind, müssen die Sollwerte der Befeuchtungssysteme (in der Regel 25 oder 30 %<sup>xi</sup>) nicht geändert werden. Normalerweise ist eine Anpassung der Sollwerte für Heiz- oder Kühlsysteme nicht erforderlich und die Systeme können normal betrieben werden, da es keine direkten Auswirkungen auf das Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 gibt.

#### 4.4 Sichere Nutzung der Wärmerückgewinnungsabschnitte

Die Übertragung von Viruspartikeln über Wärmerückgewinnungsgeräte ist kein Problem, wenn ein HLK-System mit einem Wärmetauscher oder einem anderen Wärmerückgewinnungsgerät ausgestattet ist, das eine 100%-ige Lufttrennung zwischen dem Abluft- und Zuluftsystem<sup>xii</sup> gewährleistet.

Einige Wärmerückgewinnungsgeräte können Partikel- und Gasphasenschadstoffe über Lecks von der Abluftseite auf die Zuluftseite übertragen. Rotierende Luft-Luft-Wärmetauscher (auch Rotationswärmetauscher genannt) können bei schlechter Konstruktion und Wartung erhebliche Leckagen aufweisen. Bei ordnungsgemäss arbeitenden Rotationswärmetauschern, die mit Spülsektoren ausgestattet und korrekt aufgestellt sind, sind die Leckraten sehr gering und liegen im Bereich von 1-2 %, was in der Praxis unbedeutend ist. Bei bestehenden Systemen sollte die Leckage unter 5 % liegen und gemäss EN 16798-3:2017 durch eine Erhöhung der Aussenluftventilation ausgeglichen werden. Viele Rotationswärmetauscher sind jedoch möglicherweise nicht ordnungsgemäss installiert. Der häufigste Fehler ist, dass die Ventilatoren so montiert wurden, dass abluftseitig ein höherer Druck entsteht. Dies führt zu einer Leckage von der Abluft in die Zuluft. Der Grad der unkontrollierten Übertragung von belasteter Abluft kann in diesen Fällen in der Grössenordnung von 20 %<sup>xiii</sup> liegen, was nicht akzeptabel ist.

Es hat sich gezeigt, dass Rotationswärmetauscher, die ordnungsgemäss konstruiert, installiert und gewartet werden, nahezu keine Übertragung von partikelgebundenen Schadstoffen (einschliesslich luftübertragener Bakterien, Viren und Pilze) aufweisen und sich die Übertragung auf gasförmige Schadstoffe wie Tabakrauch und andere Gerüche beschränkt<sup>xiiii</sup>. Daher gibt es keine Hinweise darauf, dass virusbeladene Partikel, die grösser als etwa 0,2 µm sind, über den Rotor übertragen werden. Da die Leckrate nicht von der Rotationsgeschwindigkeit des Rotors abhängt, ist es nicht erforderlich, die Rotoren abzuschalten. Der normale Betrieb der Rotoren erleichtert es, die Belüftungsraten höher zu halten. Es ist bekannt, dass die Verschleppungsleckage bei geringem Luftstrom am grössten ist, daher sollten höhere Belüftungsraten verwendet werden, wie in Abschnitt 4.1 empfohlen.

Wenn kritische Leckagen in den Bereichen der Wärmerückgewinnung festgestellt werden, kann eine Druckanpassung oder ein Bypass (einige Systeme können mit einem Bypass ausgestattet sein) eine Option sein, um eine Situation zu vermeiden, in der ein höherer Druck auf der Abluftseite eine Leckage auf der Zuluftseite verursacht. Druckdifferenzen können durch Luftklappen oder andere sinnvolle Vorkehrungen korrigiert werden. Zusammenfassend empfehlen wir die Inspektion der Wärmerückgewinnung einschliesslich der

---

<sup>10</sup> Anm. suissetec: Zur Vermeidung von Infektionen und Krankheiten sind Hygienemassnahmen nicht nur bei Luftaufbereitungsgeräten essenziell, sondern generell zu beachten.

Druckdifferenzmessung und der Abschätzung der Leckage auf Basis der Temperaturmessung (siehe [Spezifische Anleitung: Begrenzung der internen Luftleckagen über den rotierenden Wärmetauscher](#)).

#### 4.5 Keine Verwendung von zentraler Rezirkulation

Virales Material in Abluft-(Rückführungs-)Kanälen kann auch wieder in ein Gebäude zurück gelangen, wenn zentrale Lüftungsgeräte mit Umluftbereichen ausgestattet sind. Um eine zentrale Rezirkulation während SARS-CoV-2-Vorfällen zu vermeiden lautet die allgemeine Empfehlung: Schliessen Sie die Umluftklappen entweder über das Gebäudeleitsystem (*Building Management System*) oder manuell.

Manchmal sind Lüftungsgeräte und Umluftbereiche mit Abluftfiltern ausgestattet. Dies sollte kein Grund sein, Umluftklappen offen zu halten, da diese Filter normalerweise kein wirksames Herausfiltern von viralem Material ermöglichen, da sie grobe oder mittlere Filterwirkungsgrade (*coarse or medium filter efficiencies*) aufweisen (Filterklasse G4/M5 oder ISO coarse/ePM10).

In Luftsystemen und Luft- und Wassersystemen, in denen eine zentrale Umluftführung wegen begrenzter Kühl- oder Heizleistung nicht vermieden werden kann, muss der Aussenluftanteil so weit wie möglich erhöht und es müssen zusätzliche Massnahmen zur Rückluftfilterung getroffen werden. Um Partikel und Viren vollständig aus der Rückluft zu entfernen, wären HEPA-Filter erforderlich. Aufgrund eines höheren Druckabfalls und speziell erforderlicher Filterrahmen können HEPA-Filter jedoch in der Regel nicht einfach in bestehende Systeme eingebaut werden. Alternativ kann die Kanalmontage von Desinfektionsgeräten, wie z. B. ultraviolette keimtötende Bestrahlung (UVGI), auch keimtötende Ultraviolettstrahlung (GUV) genannt, verwendet werden. Es ist wichtig, dass diese Geräte richtig dimensioniert und installiert sind<sup>11</sup>. Wenn technisch möglich, ist es vorzuziehen, einen Filter höherer Klasse in vorhandene Rahmen einzubauen und den Druck des Abluftventilators zu erhöhen, ohne den Luftdurchsatz zu verringern. Eine minimale Verbesserung ist der Ersatz vorhandener Rückluftfilter mit niedrigem Wirkungsgrad durch ePM1 80% (früher F8) Filter. Die Filter der früheren F8-Klasse haben einen angemessenen Abscheidegrad für virusbeladene Partikel (Abscheidegrad 65-90% für PM1).

#### 4.6 Zirkulation auf Raumebene: Gebläsekonvektoren, Split- und Induktionsgeräte

In Räumen mit reinen Gebläsekonvektoren oder Split-Einheiten (Vollwasser- oder Direktverdampfungssysteme) hat die Erzielung einer ausreichenden Aussenluftventilation oberste Priorität. In solchen Systemen ist die mechanische Belüftung in der Regel unabhängig von den Gebläsekonvektoren oder Split-Einheiten und es gibt zwei Möglichkeiten, die Belüftung zu erreichen:

1. Aktive Betätigung der Fensteröffnung zusammen mit der Installation von CO<sub>2</sub>-Monitoren als Indikatoren für die Belüftung mit Aussenluft.
2. Installation eines eigenständigen mechanischen Lüftungssystems (entweder lokal oder zentral, je nach technischer Machbarkeit). Nur so kann jederzeit eine ausreichende Aussenluftzufuhr in den Räumen gewährleistet werden.

Wenn Option 1 verwendet wird, sind CO<sub>2</sub>-Monitore wichtig, da Gebläsekonvektoren und Splitgeräte mit Kühl- oder Heizfunktion den thermischen Komfort verbessern, und es zu lange dauern kann, bis die Nutzer schlechte Luftqualität und mangelnde Belüftung wahrnehmen<sup>xiv</sup>. Ein Beispiel für einen CO<sub>2</sub>-Monitor findet sich im [Spezifischen Leitfaden für Schulgebäude](#).

Gebläsekonvektor-Einheiten verfügen über Grobfilter, die kleinere Partikel praktisch nicht filtern, aber dennoch potenziell kontaminierte Partikel auffangen können, die dann bei Inbetriebnahme der Ventilatoren freigesetzt werden können. Bei Gebläsekonvektoren und Induktionsgeräten sind möglicherweise folgende zusätzlichen Massnahmen<sup>12</sup> erforderlich:

<sup>11</sup> Wird derzeit von der REHVA COVID-19 Task Force entwickelt.

<sup>12</sup> Anm. suissetec: Weitere Massnahmen zur Verbesserung der Behaglichkeit und Steigerung der Raumluftqualität sowie zur Reduktion von viraler Belastung, Feinstaub, Lärm etc. sind: Nachrüstung von (Lüftungs-)Systemen und speziellen Filtern → Fragen Sie Ihren Gebäudetechniker.

1. Gebläsekonvektoren, Kühlkonvektoren und andere Induktionsgeräte, die mit primärer Aussenluftzufuhr (Luft- und Wassersysteme) ausgestattet sind und Aussenluft liefern, benötigen keine besonderen Massnahmen, ausser die Aussenluftventilationsrate so weit wie möglich zu erhöhen.
2. Nur Gebläsekonvektoren und Split-Einheiten in einzelnen Büroräumen und Wohnungen benötigen ausser einer regelmässigen Zufuhr von Aussenluft in den Raum keine weiteren Massnahmen.
3. Nur Gebläsekonvektoren und Split-Einheiten in Gemeinschaftsräumen (grössere Räume mit Gebläsekonvektoren oder Split-Einheiten, die von vielen Personen belegt sind) können entweder ausserhalb der Nutzungszeit kontinuierlich mit niedriger Drehzahl betrieben werden oder eine Stunde nach der Nutzungszeit ausgeschaltet und eine Stunde vor Nutzung bei offenen Fenstern wieder eingeschaltet werden – abhängig davon, welche dieser Massnahmen im spezifischen Fall besser geeignet und weniger energieaufwendig ist. Lassen Sie während der Nutzungszeit die Fenster teilweise geöffnet (sofern sie geöffnet werden können), um den Belüftungsgrad zu erhöhen.

#### 4.7 Kanalreinigung hat keine praktische Wirkung

Es gab einige überreagierende Aussagen, welche die Reinigung von Lüftungskanälen empfohlen haben, um eine Übertragung von SARS-CoV-2 über Lüftungssysteme zu vermeiden. Die Kanalreinigung ist nicht wirksam gegen eine Raum-zu-Raum-Infektion, da das Lüftungssystem keine Kontaminationsquelle darstellt, wenn die obigen Hinweise zur Wärmerückgewinnung und Rezirkulation befolgt werden. Viren, die sich an kleinen Partikeln anlagern, können sich nicht leicht in den Lüftungskanälen ablagern und werden normalerweise ohnehin durch den Luftstrom ausgeführt<sup>xiv</sup>. Daher sind keine Änderungen der normalen Kanalreinigungs- und Wartungsverfahren erforderlich. Viel wichtiger ist es, die Frischluftzufuhr zu erhöhen und die Rezirkulation der Luft gemäss den oben genannten Empfehlungen zu vermeiden.

#### 4.8 Ein Wechsel der Aussenluftfilter ist nicht erforderlich

Im Zusammenhang mit COVID-19 wurden Fragen zum Austausch von Filtern und der Schutzwirkung bei sehr seltenen Fällen von Viruskontamination im Freien gestellt, z. B. wenn sich die Luftauslässe in der Nähe der Lufterlässe befinden. Moderne Lüftungsanlagen (RLT-Geräte) sind direkt nach dem Aussenlufteinlass mit feinen Aussenluftfiltern (Filterklasse F7 oder F8<sup>13</sup> oder ISO ePM2,5 oder ePM1) ausgestattet, welche Feinstaub aus der Aussenluft gut filtern. Die Grösse der kleinsten Viruspartikel in Atemaerosolen ist etwa 0,2 µm (PM0,2) und damit kleiner als die Abscheidefläche von F8-Filtern (Abscheidegrad 65-90% für PM1). Dennoch befindet sich der grösste Teil des Virusmaterials bereits innerhalb der Abscheidefläche von Filtern. Dies bedeutet, dass in seltenen Fällen von viruskontaminierter Aussenluft Standard-Feinfilter für Aussenluft einen angemessenen Schutz für eine niedrige Konzentration und gelegentliches Auftreten Viren in der Aussenluft bieten.

Wärmerückgewinnungs- und Umluftbereiche sind mit weniger wirksamen mittleren oder groben Abluftfiltern (G4/M5 oder ISO coarse/ePM10) ausgestattet, deren Aufgabe es ist, die Geräte vor Staub zu schützen. Diese Filter haben einen sehr niedrigen Abscheidegrad für virales Material (siehe Abschnitt 4.4 für Wärmerückgewinnung und 4.5 für Rezirkulation).

Hinsichtlich des Filterwechsels können die normalen Wartungsprozeduren verwendet werden. Verstopfte Filter sind in diesem Zusammenhang keine Kontaminationsquelle, aber sie reduzieren den Zuluftstrom, was sich negativ auf die Reduzierung des Kontaminationsgrades in Innenräumen auswirkt. Daher müssen die Filter bei Überschreitung von Druck- oder Zeitgrenzen nach den normalen Prozeduren oder gemäss der planmässigen Wartung ausgetauscht werden. Schlussendlich ist es nicht empfehlenswert, bestehende Aussenluftfilter auszuwechseln und durch andere Filtertypen zu ersetzen, noch sie früher als üblich zu wechseln.

<sup>13</sup> Eine veraltete Filterklassifizierung der EN779:2012, die ersetzt wird durch die EN ISO 16890-1:2016, Luftfilter für die allgemeine Belüftung - Teil 1: Technische Spezifikationen, Anforderungen und Klassifizierungssystem auf der Grundlage der Partikelmasse-Effizienz (ePM) (*Air filters for general ventilation - Part 1: Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM)*).

## 4.9 Sicherheitsverfahren für Wartungspersonal

Das HLK-Wartungspersonal kann bei der Durchführung der planmässigen Wartung, Inspektion oder dem Austausch von Filtern (insbesondere Abluftfiltern) gefährdet sein, wenn die Standard-Sicherheitsverfahren nicht befolgt werden. Gehen Sie zur Sicherheit immer davon aus, dass sich auf Filtern, Abluftkanälen und Wärmerückgewinnungsgeräten aktives mikrobiologisches Material, einschliesslich lebensfähiger Viren, befinden kann. Dies ist besonders in jedem Gebäude wichtig, in dem kürzlich eine Infektion stattgefunden hat. Die Filter sollten bei ausgeschaltetem System und mit Handschuhen und Atemschutz gewechselt und in einem versiegelten Beutel entsorgt werden.

## 4.10 Raumluftreiniger und UVGI können in bestimmten Situationen nützlich sein

Raumluftreiniger entfernen Partikel aus der Luft, was eine ähnliche Wirkung wie die Aussenbelüftung hat. Um effektiv zu sein, müssen Luftreiniger eine HEPA-Filter-Effizienz aufweisen, d. h. sie müssen als letzten Schritt einen HEPA-Filter haben. Leider sind die meisten preislich attraktiven Raumluftreiniger nicht effektiv genug. Geräte, die das Prinzip der elektrostatischen Filterung anstelle von HEPA-Filtern anwenden (ist nicht dasselbe wie Raumionisatoren!), funktionieren oft mit ähnlicher Effizienz. Da der Luftstrom durch die Luftreiniger begrenzt ist, ist die Bodenfläche, die sie bedienen können, in der Regel recht klein. Um die richtige Grösse des Luftreinigers auszuwählen, muss die Luftwechselrate des Geräts (bei einem akzeptablen Geräuschpegel) mindestens 2 ACH betragen und wird sich bis 5 ACH<sup>xlvi</sup> positiv auswirken (berechnen Sie die Luftströmungsrate durch den Luftreiniger in m<sup>3</sup>/h, indem Sie das Raumvolumen mit 2 oder 5 multiplizieren). Wenn Luftreiniger in grossen Räumen eingesetzt werden, müssen sie in der Nähe von Personen in einem Raum platziert werden und sollten nicht in der Ecke und ausser Sichtweite platziert werden. Spezielle UVGI-Desinfektionsgeräte können in Rückluftkanälen in Systemen mit Umluft oder in Räumen installiert werden, um Viren und Bakterien zu inaktivieren<sup>14</sup>. Solche Geräte, die meist in Gesundheitseinrichtungen verwendet werden, müssen richtig dimensioniert, installiert und gewartet werden. Daher sind Luftreiniger eine einfach anzuwendende kurzfristige Massnahme zur Eindämmung, längerfristig sind jedoch Verbesserungen des Belüftungssystems erforderlich, um angemessene Aussenluft-Belüftungsraten zu erreichen.

## 4.11 Gebrauchsanweisung für den Toilettendeckel

Wenn Toilettensitze mit Deckeln ausgestattet sind, wird empfohlen, die Toiletten bei geschlossenem Deckel zu spülen, um die Freisetzung von Tröpfchen und Tröpfchenrückständen aus Luftströmen zu minimieren<sup>xlvii,xxvi</sup>. Die Benutzer des Gebäudes sollten klar angewiesen werden, die Deckel zu benutzen. Abwassersiphone müssen jederzeit funktionieren<sup>xxvii</sup>. Überprüfen Sie die Abwassersiphone (Abflüsse und Geruchsverschlüsse) regelmässig und fügen Sie bei Bedarf Wasser hinzu, mindestens alle drei Wochen.

## 4.12 Legionellose-Risiko nach Betriebspause

Während der gesamten Dauer der SARS-CoV-2 (COVID-19)-Epidemie wurden viele Gebäude über längere Zeiträume hinweg weniger genutzt oder vollständig geschlossen. Dazu gehören z. B. Hotels/Resorts, Schulen, Sportanlagen, Fitnessstudios, Schwimmbäder, Badehäuser und viele andere Arten von Gebäuden und Einrichtungen, die mit HLK- und Wassersystemen ausgestattet sind.

Abhängig von einer Vielzahl von Faktoren, einschliesslich Systemlayout und -design, kann ein längerer reduzierter (oder kein) Betrieb zu einer Stagnation des Wassers in Teilen der HLK- und Wassersysteme führen, wodurch das Risiko eines Ausbruchs der Legionärskrankheit (Legionellose) bei Wiederaufnahme des vollen Betriebs erhöht wird.

Vor der Wiederinbetriebnahme des Systems sollte eine gründliche Risikoanalyse durchgeführt werden, um eventuelle Legionellose-Risiken einzuschätzen. Mehrere relevante Behörden stellen Informationen über die damit verbundene Risikobewertung und die Verfahren zur Wiederinbetriebnahme zur Verfügung, darunter<sup>xlviii, xlix, l, li, lii</sup>

## 4.13 IAQ/RLQ-Überwachung

Das Risiko einer Kreuzkontamination in Innenräumen durch Aerosole ist sehr hoch, wenn die Räume nicht gut belüftet sind. Wenn die Lüftungssteuerung Handlungen von Bewohnern erfordert (hybride oder natürliche

<sup>14</sup> Weitere Informationen über UVGI-Geräte werden derzeit von der REHVA COVID-19 Task Force entwickelt.

Lüftungssysteme) oder wenn es im Gebäude kein eigenes Lüftungssystem gibt, wird empfohlen CO<sub>2</sub>-Sensoren in der Aufenthaltszone zu installieren, welche insbesondere in Räumen, die häufig eine Stunde oder länger von Personengruppen genutzt werden, wie z. B. Klassenzimmer, Sitzungszimmer, Restaurants, vor zu niedriger Belüftung warnen. Während einer Epidemie wird empfohlen, die Standardeinstellungen der Ampelanzeige vorübergehend so zu ändern, dass das gelb/orangefarbene Licht (oder die Warnung) auf 800 ppm und das rote Licht (oder der Alarm) auf bis zu 1000 ppm eingestellt wird, um auch in Situationen mit reduzierter Belegung sofortige Massnahmen zur Erzielung einer ausreichenden Belüftung auszulösen. In einigen Fällen können freistehende CO<sub>2</sub>-Sensoren oder «CO<sub>2</sub>-Ampeln» verwendet werden, siehe ein Beispiel im Spezifischen [Leitfaden für Schulgebäude](#). Manchmal kann es besser sein, CO<sub>2</sub>-Sensoren zu verwenden, die Teil eines webbasierten Sensornetzwerks sind. Die Signale dieser Sensoren können verwendet werden, um die Gebäudenutzer zu warnen, damit sie offenbare Fenster und mechanische Lüftungssysteme mit mehreren Einstellungen in der richtigen Weise bedienen. Man kann die Daten auch speichern und diese den Gebäudemanagern wöchentlich oder monatlich zur Verfügung stellen, damit sie wissen, was in ihrem Gebäude und in den Räumen mit hoher Konzentration vor sich geht und infolgedessen das Infektionsrisiko erkennen.

## 5 Zusammenfassung der praktischen Massnahmen für den Betrieb der Gebäudetechnik während einer Epidemie

1. Sorgen Sie für angemessene Belüftung von Räumen mit Aussenluft.
2. Schalten Sie die Belüftung mindestens 2 Stunden vor der Gebäudeöffnungszeit auf der Standardstufe (*nominal speed*) ein und stellen Sie sie 2 Stunden nach der Nutzungszeit des Gebäudes auf eine niedrigere Stufe um.
3. Schalten Sie nachts und am Wochenende die Belüftung nicht aus, sondern lassen Sie die Systeme mit geringerer Stufe laufen.
4. Öffnen Sie regelmässig die Fenster (auch in mechanisch belüfteten Gebäuden).
5. Halten Sie Toilettenbelüftungen rund um die Uhr in Betrieb.
6. Vermeiden Sie offene Fenster in Toiletten, um die richtige Lüftungsrichtung zu beizubehalten.
7. Weisen Sie die Gebäudebenutzer an, die Toiletten bei geschlossenem Deckel zu spülen.
8. Schalten Sie Lüftungsgeräte mit Umluft auf 100 % Aussenluft um.
9. Überprüfen Sie die Wärmerückgewinnungsanlagen, um sicherzustellen, dass die Leckagen unter Kontrolle sind.
10. Passen Sie die Einstellungen von Gebläsekonvektoren so an, dass die Ventilatoren ständig eingeschaltet sind.
11. Verändern Sie die Heiz-, Kühl- und möglichen Befeuchtungs-Sollwerte nicht.
12. Führen Sie geplante Kanalreinigungen wie gewohnt durch (eine zusätzliche Reinigung ist nicht erforderlich).
13. Ersetzen Sie die zentralen Aussenluft- und Abluftfilter wie üblich gemäss Wartungsplan.
14. Regelmässige Filterwechsel und Wartungsarbeiten sind mit üblichen Schutzmassnahmen, einschliesslich Atemschutz, durchzuführen.
15. Führen Sie ein IAQ-Sensornetzwerks, mit dem Gebäudenutzer und Facility Manager überwachen können, dass die Lüftung angemessen funktioniert.



## Feedback

Wenn Sie auf die in diesem Dokument behandelten Themen spezialisiert sind und Bemerkungen oder Verbesserungsvorschläge haben, können Sie sich gerne über [info@rehva.eu](mailto:info@rehva.eu) an uns wenden. Bitte erwähnen Sie «COVID-19 interim document» als Betreff, wenn Sie uns eine E-Mail schicken.

### Impressum

Dieses Dokument wurde von der COVID-19 Task Force des REHVA Ausschusses für Technologie und Forschung auf der Grundlage der ersten Version des Leitfadens erstellt, der im Zeitraum vom 6. bis 15. März 2020 von REHVA Freiwilligen entwickelt wurde. Mitglieder der Task Force sind:

**Prof. Jarek Kurnitski**, Vorsitzender der REHVA COVID-19 Task Force, Technische Universität Tallinn, Vorsitzender des REHVA Ausschusses für Technologie und Forschung

**Dr. Atze Boerstra**, REHVA Vizepräsident, Geschäftsführer bba binnenmilieu

**Dr. Benoit Sicre**, Hochschule für Technik und Architektur Luzern

**Dr. Francesco Franchimon**, Geschäftsführer Franchimon ICM

**Francesco Scuderi**, Stellvertretender Generalsekretär des Verbandes Eurovent

**Frank Hovorka**, REHVA Präsident, Direktor Technologie und Innovation FPI, Paris

**Henk Kranenberg**, Vizepräsident von Eurovent, Senior Manager bei Daikin Europe NV

**Hywel Davies**, Technischer Direktor von CIBSE

**Igor Sikonczyk**, Senior Technical and Regulatory Affairs Manager bei Eurovent

**Ir. Froukje van Dijken**, Spezialist für gesundes Bauen bei bba binnenmilieu

**Jaap Hogeling**, Leiter Internationale Projekte bei der ISSO

**Juan Travesi Cabetas**, REHVA Vizepräsident, Vizepräsident von ATECYR

**Kemal Gani Bayraktar**, REHVA Vizepräsident, Marketing-Direktor bei Izocam

**Mikael Borjesson**, Vizepräsident des Eurovent-Verbandes, Kompetenzleiter Swegon Group

**Prof. Catalin Lungu**, REHVA Vizepräsidentin, Vizepräsidentin von AIIR

**Prof. Dr. Marija S. Todorovic**, Universität Belgrad Serbien

**Prof. em. Francis Allard**, Universität La Rochelle

**Prof. em. Olli Seppänen**, Universität Aalto

**Prof. Guangyu Cao**, Norwegische Universität für Wissenschaft und Technik (NTNU)

**Prof. Ivo Martinac**, REHVA Vizepräsident, KTH Königliche Technische Hochschule

**Prof. Livio Mazzarella**, Polytechnische Universität Mailand

**Prof. Manuel Gameiro da Silva**, REHVA Vizepräsident, Universität Coimbra

Dieses Dokument wurde von Prof. Yuguo Li von der Universität Hongkong, Prof. Shelly Miller von der University of Colorado Boulder, Prof. Pawel Wargocki von der Technischen Universität Dänemark, Prof. Lidia Morawska von der Technischen Universität Queensland und Dr. Jovan Pantelic von der University of California Berkeley geprüft.

## Literatur

- <sup>i</sup> Monto, 1974. Medical reviews. Coronaviruses. The Yale Journal of Biology and Medicine 47(4): 234–251.
- <sup>ii</sup> Doremalen et al, 2013. Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions. European communicable disease bulletin 18(38): 1-4.
- <sup>iii</sup> Ijaz et al, 1985. Survival Characteristics of Airborne Human Coronavirus 229E. Journal of General Virology 66(12): 2743-2748.
- <sup>iv</sup> Casanova et al, 2010. Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces. Applied and Environmental Microbiology 76(9): 2712–2717
- <sup>v</sup> Doremalen et al, 2020. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med 2020; 382:1564-1567. DOI: 10.1056/NEJMc2004973
- <sup>vi</sup> Li et al, 2005a. Role of air distribution in SARS transmission during the largest nosocomial outbreak in Hong Kong. Indoor Air 15(2): 83-95.
- <sup>vii</sup> Li et al, 2005b. Multi-zone modeling of probable SARS virus transmission by airflow between flats in Block E, Amoy Gardens. Indoor Air 15(2): 96-111.
- <sup>viii</sup> Luongo et al, 2016. Role of mechanical ventilation in the airborne transmission of infectious agents in buildings. Indoor Air 25(6): 666-678.
- <sup>ix</sup> Li et al, 2007. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review. Indoor Air 17(1): 2-18.
- <sup>x</sup> Xie et al, 2007. How far droplets can move in indoor environments – revisiting the Wells evaporation–falling curve. Indoor Air 2007; 17: 211–225.
- <sup>xi</sup> Nicas et al, 2005. Toward Understanding the Risk of Secondary Airborne Infection: Emission of Respirable Pathogens. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2: 143–154.
- <sup>xii</sup> Liu et al, 2017. Short-range airborne transmission of expiratory droplets between two people. Indoor Air 2017; 27: 452–462, <https://doi.org/10.1111/ina.12314>
- <sup>xiii</sup> Nielsen V. P., et al. 2008. Contaminant flow in the microenvironment between people under different ventilation conditions. SL-08-064, ASHRAE Transactions, 632-638.
- <sup>xiv</sup> WHO, COVID-19 technical guidance: Guidance for schools, workplaces & institutions
- <sup>xv</sup> Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare. Q & A on novel coronavirus (for general public)
- <sup>xvi</sup> Nishiura et al, 2020. medRxiv, <https://doi.org/10.1101/2020.02.28.20029272>
- <sup>xvii</sup> Li et al, 2020. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. Preprint, <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>
- <sup>xviii</sup> Miller et al, 2020. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. Preprint <https://doi.org/10.1101/2020.06.15.20132027>
- <sup>xix</sup> Allen and Marr, 2020. Re-thinking Potential for Airborne Transmission of SARS-CoV-2. Preprints 2020, 2020050126 (doi: 10.20944/preprints202005.0126.v1)
- <sup>xx</sup> Morawska et al, 2020. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? Environment International, 142. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
- <sup>xxi</sup> ECDC 2020a. Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19. European Centre for Disease Prevention and Control, Technical report, 22 June 2020. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/heating-ventilation-air-conditioning-systems-covid-19>
- <sup>xxii</sup> Robert-Koch-Institut, 2020. [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Steckbrief.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html)
- <sup>xxiii</sup> Morawska and Milton, et al, 2020. It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. Clinical Infectious Diseases.10.1093/cid/ciaa939. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>
- <sup>xxiv</sup> WHO, 2020d. 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>
- <sup>xxv</sup> US CDS press release: <https://www.cdc.gov/media/releases/2020/s0522-cdc-updates-covid-transmission.html>

- <sup>xxvi</sup> WHO, 2020b. Water, sanitation, hygiene and waste management for COVID-19. World Health Organization, Geneva.
- <sup>xxvii</sup> Hung, 2003. The SARS epidemic in Hong Kong: what lessons have we learned? *Journal of the Royal Society of Medicine* 96(8): 374-378.
- <sup>xxviii</sup> WHO, 2020a. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). World Health Organization, Geneva.
- <sup>xxix</sup> Zhang et al, 2020. Molecular and serological investigation of 2019- nCoV infected patients: implication of multiple shedding routes. *Emerging Microbes & Infections* 9(1): 386-389.
- <sup>xxx</sup> Guan W-J et al, 2020. Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China. *I J Med.* 2020 Apr 30;382(18):1708-1720. doi: 10.1056/NEJMoa2002032.
- <sup>xxxi</sup> Wenzhao et al, 2020. Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact. *Building and Environment* 176 (2020) 106859.
- <sup>xxxii</sup> Fennelly KP, 2020. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *Lancet Respir Med* 2020. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30323-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30323-4)
- <sup>xxxiii</sup> US CDS 2015. Hierarchy of Controls. Centers for Disease Control and Prevention.
- <sup>xxxiv</sup> Chin et al, 2020. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe.* [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)
- <sup>xxxv</sup> Doremalen et al, 2020. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020; 382:1564-1567. DOI: 10.1056/NEJMc2004973
- <sup>xxxvi</sup> Morawska, 2006. Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? *Indoor Air* 16(2): 335-347.
- <sup>xxxvii</sup> Salah et al, 1988. Nasal mucociliary transport in healthy subjects is slower when breathing dry air. *European Respiratory Journal* 1(9): 852-855.
- <sup>xxxviii</sup> Kudo et al, 2019. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection. *PNAS:* 1-6
- <sup>xxxix</sup> Milton et al, 2001. Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints. *Indoor Air* 2001. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2000.010004212.x>
- <sup>xl</sup> ISO 17772-1:2017 and EN 16798-1:2019
- <sup>xli</sup> Han et al, 2005. An Experimental Study on Air Leakage and Heat Transfer Characteristics of a Rotary-type Heat Recovery Ventilator. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration* 13(2): 83-88.
- <sup>xlii</sup> Carlsson et al, 1995. State of the art Investigation of rotary air-to-air heat exchangers. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Energiteknik (Energy Engineering) SP RAPPORT 1995:24.
- <sup>xliiii</sup> Ruud, 1993. Transfer of Pollutants in Rotary Air-to-air Heat Exchangers, A Literature Study/ State-of-the-art Review. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (The Swedish National Testing and Research Institute) Energiteknik (Energy Engineering) SP RAPPORT 1993:03
- <sup>xliv</sup> Wargocki, P., & Faria Da Silva, N. A. (2012). Use of CO<sub>2</sub> feedback as a retrofit solution for improving air quality in naturally ventilated classrooms. *Healthy Buildings, Brisbane, Australia.*
- <sup>xliv</sup> Sipolla MR, Nazaroff WW, 2003. Modelling particle loss in ventilation ducts. *Atmospheric Environment.* 37(39-40): 5597-5609.
- <sup>xlvi</sup> Fisk et al, 2002. Performance and costs of particle air filtration technologies. *Indoor Air* 12(4): 223-234. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2002.01136.x>
- <sup>xlvii</sup> Best et al, 2012. Potential for aerosolization of *Clostridium difficile* after flushing toilets: the role of toilet lids in reducing environmental contamination risk. *The Journal of hospital infection* 80(1):1-5.
- <sup>xlviii</sup> La Mura et al, 2013. Legionellosis Prevention in Building Water and HVAC Systems. REHVA GB 18.
- <sup>xliv</sup> <https://www.hse.gov.uk/coronavirus/legionella-risks-during-coronavirus-outbreak.htm>
- <sup>l</sup> CIBSE 2020, <https://www.cibse.org/coronavirus-covid-19/emerging-from-lockdown>
- <sup>li</sup> ECDC 2020b, <https://www.ecdc.europa.eu/en/legionnaires-disease>
- <sup>lii</sup> ESCMID 2017, [https://www.escmid.org/fileadmin/src/media/PDFs/3Research\\_Projects/ESGLI/ESGLI\\_European\\_Technical\\_Guidelines\\_for\\_the\\_Prevention\\_Control\\_and\\_Investigation\\_of\\_Infections\\_Caused\\_by\\_Legionella\\_species\\_June\\_2017.pdf](https://www.escmid.org/fileadmin/src/media/PDFs/3Research_Projects/ESGLI/ESGLI_European_Technical_Guidelines_for_the_Prevention_Control_and_Investigation_of_Infections_Caused_by_Legionella_species_June_2017.pdf)