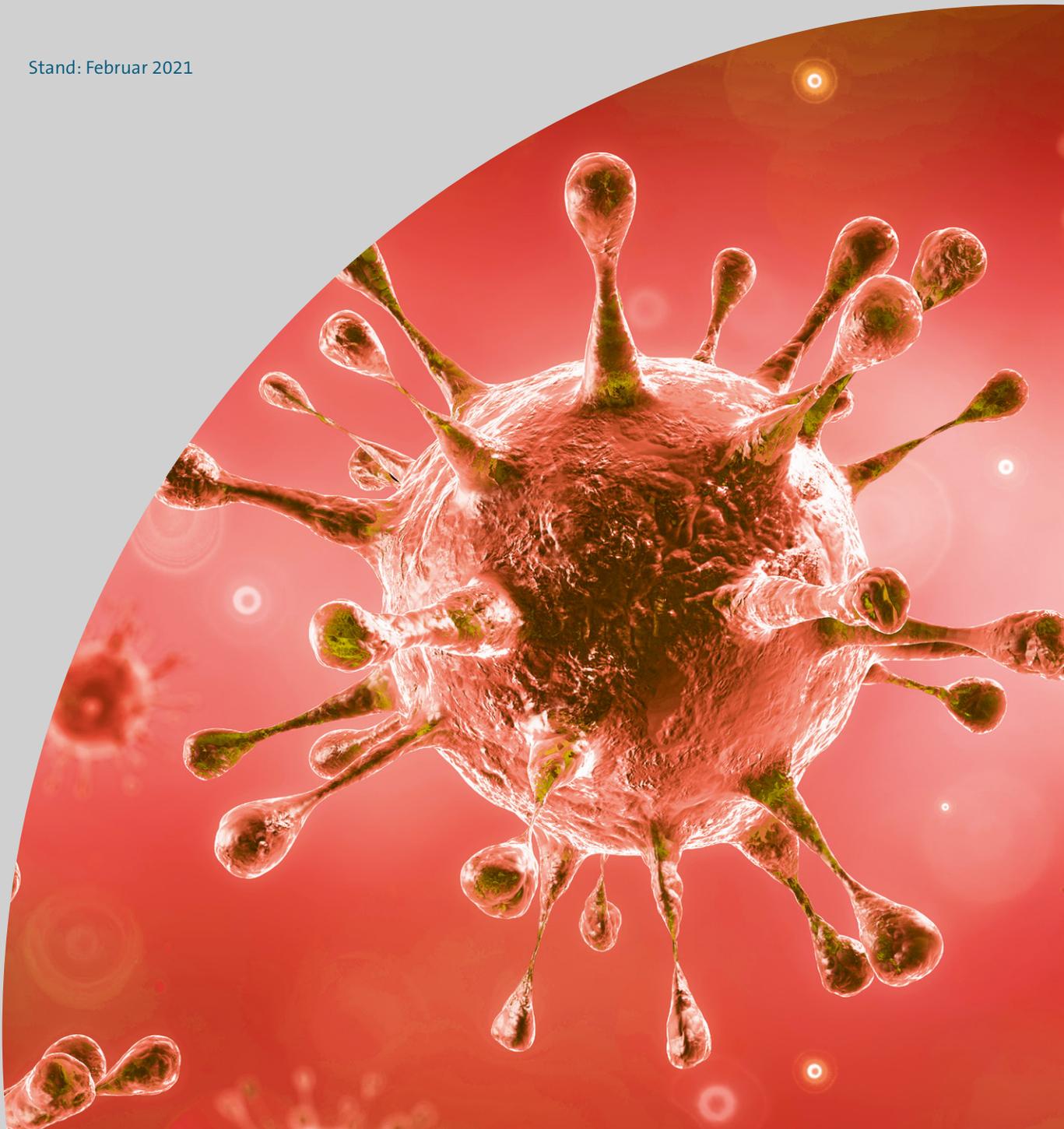


Raumlufttechnische Anlagen in Zeiten von COVID-19

**Bewertung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren
bei unterschiedlichen Lüftungs- und Luftreinigungsverfahren in Räumen**

Stand: Februar 2021



Inhalt

Vorwort	3
1. Einführung	4
2. Abschätzung des absoluten Infektionsrisikos in einer Schulklasse	5
3. Infektionsrisiken in unterschiedlichen Räumen im Vergleich	6
4. Natürliche und maschinelle Lüftungssysteme	10
5. Luftreinigungssysteme und Wirkung von Mund-Nase-Bedeckungen	13
6. Fazit	15
7. Berechnungsprogramm <i>RisiCo</i>	15
Glossar	16
Quellen und Literatur	18
Fachabteilung Klima- und Lüftungstechnik im VDMA	20
Impressum	



Der Inhalt der Broschüre wurde sorgfältig recherchiert und zusammengestellt.

Die Information erhebt weder einen Anspruch auf Vollständigkeit noch auf die exakte Auslegung der bestehenden Rechtsvorschriften. Das Papier darf nicht das Studium der relevanten Richtlinien, Gesetze und Verordnungen sowie Normen und Technischen Regelwerke ersetzen. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit sowie für zwischenzeitliche Änderungen wird keine Gewähr übernommen.

Diese Publikation einschließlich aller Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig (§ 53 UrhG) und strafbar (§ 106 UrhG). Dies gilt insbesondere für das Fotokopieren der Unterlagen, sowie für die Speicherung, Verarbeitung und Verbreitung unter Verwendung elektronischer Systeme.

Vorwort

Diese VDMA-Veröffentlichung basiert auf Inhalten der Studie „Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen“ [1] aus November 2020. Diese ist in Kooperation der Institute

- Lehrstuhl für Gebäude und Raumklimatechnik
- Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, RWTH Aachen
- IBO Innenraumanalytik OG, Wien

mit der

- Heinz Trox Wissenschafts gGmbH, Aachen

entstanden. Die wesentlichen Ergebnisse und Feststellungen der Studie sind nachfolgend zusammengefasst.

Der VDMA Fachverband Allgemeine Lufttechnik und seine Mitglieder danken Herrn Prof. Müller und dem gesamten Team der RWTH Aachen für die Durchführung dieser wichtigen Forschungsarbeit, die nicht nur für die Branche der Lüftungs- und Klimatechnik, sondern vielmehr für Entscheider in der Politik, der öffentlichen Verwaltung, der Wirtschaft und der Gesellschaft insgesamt wegweisende und hilfreiche Erkenntnisse hervorgebracht hat. Die in der Studie gefundenen Zusammenhänge und die gezogenen Schlussfolgerungen können eine Basis für die wissenschaftlich fundierte Risikoabschätzung hinsichtlich der Nutzbarkeit von Gebäuden und Räumen bilden.

Weiterer Dank gebührt den Studienverfassern für ihre Bereitschaft und Einwilligung, die Studienergebnisse in komprimierter Form durch den VDMA Fachverband Allgemeine Lufttechnik in dieser Publikation veröffentlichen zu lassen. Abschließend danken wir Prof. Müller, RWTH Aachen, Prof. Kriegel, Hermann-Rietschel-Institut an der TU Berlin sowie Dr. med. Voshaar vom Krankenhaus Bethanien für die Grafschaft Moers, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Duisburg-Essen für seine fachliche und redaktionelle Unterstützung.

1. Einführung

Lüftungs- und Luftreinigungstechnik kann einen erheblichen Beitrag zum Infektionsschutz beitragen, da der Hauptübertragungsweg von SARS-COV-2 das Einatmen virushaltiger Partikel ist, die zuvor von einer infektiösen Person beim Atmen oder Sprechen emittiert wurden. Dabei gibt es große Unterschiede zwischen natürlicher Lüftung über Fenster und maschinellen Lüftungs-/Luftreinigungssystemen. Nur maschinelle Systeme können ganzjährig ohne Einschränkung auf Raumnutzung und Komfort eine bestimmte Lufterneuerung und somit Luftreinigungseffektivität garantieren. Natürliche Lüftung über Fenster kann bei ausreichender Verfügbarkeit und solange die Fenster weit geöffnet sind, bei geeigneten Temperaturbedingungen und Windverhältnissen ebenfalls kurzfristig einen hohen Luftwechsel (LW) erreichen. Das schränkt jedoch die Nutzung des Raumes in erheblichem Maß ein und ist mit hohen Wärmeverlusten verbunden.

Durch das unterschiedliche Luftaustauschverhalten der Systeme kommt es folglich zu unterschiedlichen Einflüssen auf das Infektionsrisiko.

Ein Forschungsteam an der RWTH Aachen hat diese Themen intensiv analysiert und die Studie „Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen“ veröffentlicht.

Diese Studie vergleicht das Infektionsrisiko verschiedener Innenraumumgebungen und bewertet anschaulich unterschiedliche Lüftungs- und Luftreinigungsmaßnahmen sowie das Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (MNB). Es ergeben sich große Unterschiede zwischen maschineller und natürlicher Lüftung. Auch die Reduzierung des Infektionsrisikos durch den Einsatz von Sekundärluftreinigungsgeräten (Luftreinigern) kann hiermit bewertet werden.

Dieses Dokument fasst nur die wesentlichen Erkenntnisse zusammen. Details können der veröffentlichten Studie entnommen werden. Generell ist zu beachten, dass die Studie selbst und damit auch diese Zusammenfassung nur die aerosolpartikelverursachten Infektionen über den Luftweg beurteilen.



„Der Hauptübertragungsweg von SARS-COV-2 ist das Einatmen virushaltiger Partikel, die eine infizierte Person beim Atmen, Sprechen oder Singen ausstößt. Je höher die Anzahl virushaltiger Partikel in Räumen ist, desto größer ist auch das Risiko für andere Personen, sich zu infizieren. Wie schwer eine Person nach einer Infektion erkrankt, hängt ebenfalls davon ab, wie hoch die Virendosis während der Infektion war. Mit Lüftung und Luftreinigung kann also nicht nur das Risiko für Infektionen, sondern auch die Anzahl schwerer Krankheitsverläufe reduziert werden.“

Dr. med. Thomas Voshaar
Facharzt für Innere Medizin und Pneumologie; Zusatzbezeichnungen für Allergologie, Umweltmedizin, Schlafmedizin, Physikalische Therapie; Fachkunde OIII Labor
Chefarzt Med. Klinik III, Schwerpunkt Pneumologie, Allergologie, Klinische Immunologie, Zentrum für Schlaf- und Beatmungsmedizin, Lungenzentrum (DKG)
Stiftung Krankenhaus Bethanien für die Grafschaft Moers, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Duisburg-Essen

2. Abschätzung des absoluten Infektionsrisikos in einer Schulklasse

Auch wenn einige medizinische Rahmenbedingungen noch nicht vollständig geklärt sind, wurde im Rahmen der Studie das absolute Infektionsrisiko auf Basis von bekannten Zusammenhängen und vorherigen Studien für eine Schulklasse abgeschätzt. Die dafür erforderlichen Annahmen wurden nach echten bekannten Infektionsereignissen im Zusammenhang mit SARS-COV-2 getroffen.

Folgende Situation wurde bewertet:

- Klassenzimmer mit 200 m³ Raumvolumen
- 1 Schulstunde mit 60 Minuten
- 25 sitzende Personen, von denen 1 spricht
- Kontrollierte maschinelle Lüftung (Außenluftversorgung und Abluftabfuhr)
- Außenluft- und Abluftmenge von 35 m³/h pro anwesende Person (insgesamt 875 m³/h → Luftwechselrate 4,4 h⁻¹)

Auf Basis von wissenschaftlichen Modellen wird für diese Rahmenbedingungen ein absolutes Infektionsrisiko von 1% abgeschätzt, sofern eine der 25 Personen im Raum infiziert ist. Schätzungsweise steckt sich also jede vierte Schulstunde eine weitere Person an.

Kommentar

Die Wissenschaftler haben im Rahmen der Studie dieses Ergebnis mit anderen Berechnungsansätzen verglichen. Dabei ergeben sich absolute Risiken zwischen 0,74% und 6,2%, was nochmals zeigt, dass einige wissenschaftliche Grundlagen noch nicht vollständig geklärt sind. Mutationen werden ebenfalls nicht berücksichtigt. Allerdings ändern sich die relativen Risiken nicht und die wesentlichen Aussagen dieser Analyse bleiben bestehen.

Wichtig ist zu beachten, dass diese Wahrscheinlichkeiten davon ausgehen, dass bereits eine infizierte Person unter den 25 Personen ist, was je nach Infektionsgeschehen in einer bestimmten Region ebenfalls wenig wahrscheinlich ist. Geht man zum Beispiel von 300.000 Infizierten (genauer: Infektiösen) in Deutschland aus, liegt die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine infektiöse Person in dem besagten Klassenraum befindet, bei 8,7%. Die Wahrscheinlichkeit, sich in der beschriebenen Schulklasse zu infizieren, liegt dann bei 300.000 Infizierten in Deutschland gesamtweitlich nur noch bei 0,087%.

3. Infektionsrisiken in unterschiedlichen Räumen im Vergleich

Die Autoren der Studie vergleichen nun weitere Nutzungsszenarien mit der unter 2. für eine Schulklasse beschriebenen Abschätzung des absoluten Infektionsrisikos, immer für den Betrachtungszeitraum einer Stunde.

Dabei werden Unterschiede der Atemvolumenströme bei unterschiedlichen Aktivitäten berücksichtigt, weil erhöhte Atmung auch eine höhere Aerosolemission bedeutet.

Bei einer schweren Anstrengung ist dieser Atemvolumenstrom beispielsweise mehr als 6-mal höher als im Ruhezustand. Auch die Einflüsse des Sprechens werden berücksichtigt. Beim Sprechen wird von einer vielfach höheren Emission als bei normaler Atmung ausgegangen. Verschiedene Quellen sprechen von 20 % bis 30 %.

Bei Betrachtung der unterschiedlichen Räume werden für diese Anwendungen typische Luftwechselraten angenommen. Sekundärluftreinigungsgeräte sind bei den betrachteten Räumen

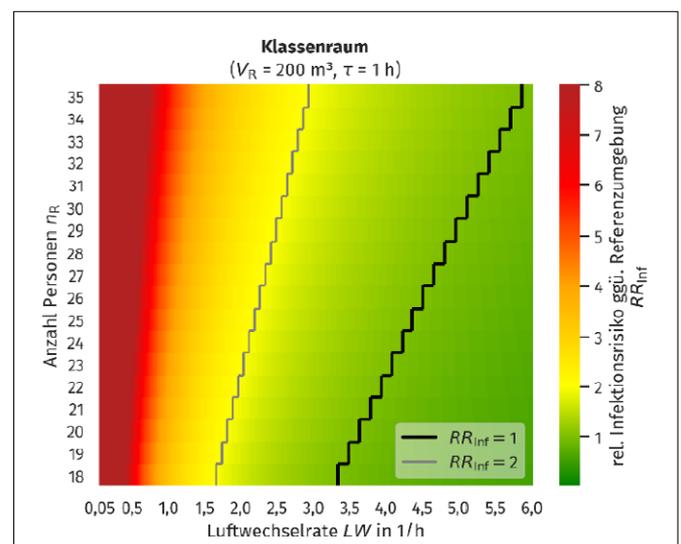
zunächst nicht installiert und nur bei einigen Anwendungen wird das Tragen von Mund-Nase-Bedeckungen angenommen.

Bei den jeweiligen Szenarien wurden außerdem zwei unterschiedliche Personengruppen betrachtet, da sich nicht immer alle Personen in einem Szenario gleich verhalten (beispielsweise sitzende Zuschauer und Sportler in einer Turnhalle oder eine sprechende Lehrkraft mit ruhigen Schülern in einem Klassenraum).

Die in diesem Kapitel enthaltenen Darstellungen zeigen die Ergebnisse immer im Vergleich zu dem Referenzklassenraum bei den betrachteten Anwendungen. Dabei ist auf der Y-Achse die Anzahl der Personen und auf der X-Achse die Luftwechselrate für einen bestimmten Raum aufgeführt. Anhand der Farbgebung (Farbskala rechts neben den Diagrammen) kann dann das Infektionsrisiko im Vergleich zum Referenzklassenraum abgelesen werden. Damit ist auch immer die Ableitung eines absoluten Infektionsrisikos möglich.

Klassenraum

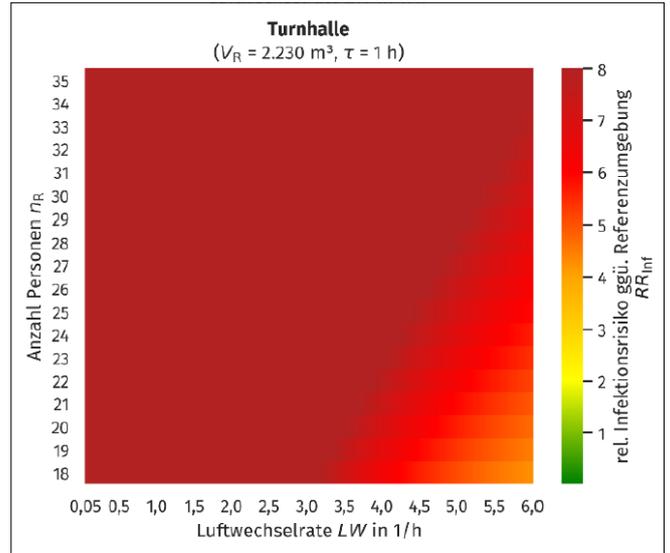
Für einen Klassenraum beschreibt die Kennlinie $RR_{\text{inf}} = 1$ das gleiche Infektionsrisiko wie in der Referenzsituation. Der Punkt bei einer Luftwechselrate von $4,4 \text{ h}^{-1}$ und 26 Personen ist folglich exakt das Referenzszenario. Man sieht deutlich, dass abweichend davon eine geringere Luftwechselrate bei gleicher Personenanzahl zu höheren Infektionsrisiken führt. Die halbe Luftmenge zum Beispiel verdoppelt das Infektionsrisiko. Auch die Personenanzahl nimmt sichtbar Einfluss.



Quelle: RWTH Aachen

Turnhalle

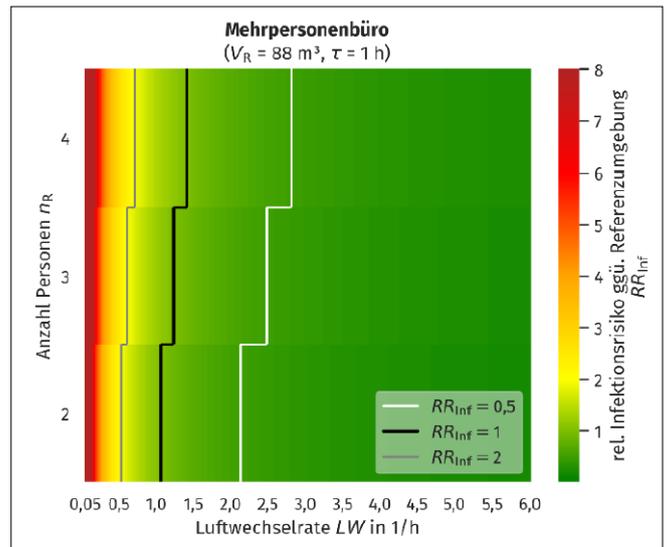
In einer Turnhalle liegt aufgrund der hohen körperlichen Aktivität und des Sprechverhaltens das Infektionsrisiko deutlich über dem Referenzklassenraum. In Sporthallen sollte also bei Betrieb während der Pandemie besondere Vorsicht geboten sein oder die Personenanzahl extrem reduziert werden.



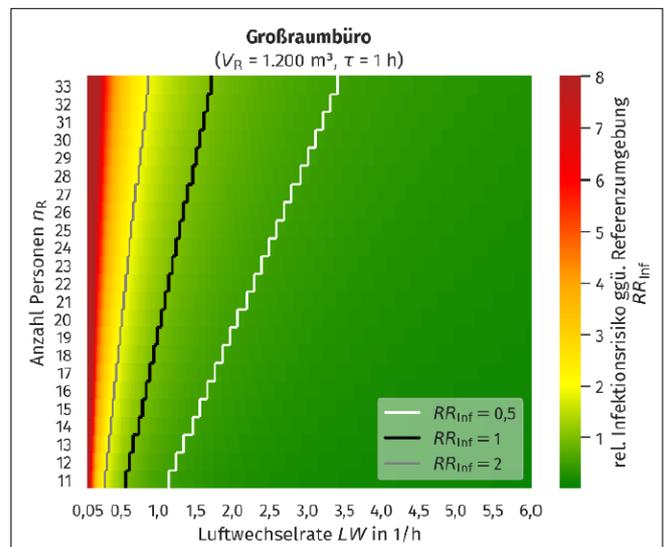
Quelle: RWTH Aachen

Mehrpersonen- und Großraumbüro

Büroräume sind gegenüber der Vergleichssituation in einer Schulklasse bei üblichen Luftwechselraten weniger kritisch. Bereits bei mäßigen Luftwechselraten ergibt sich nur das halbe relative Risiko ($RR_{inf} = 0,5$).



Quelle: RWTH Aachen

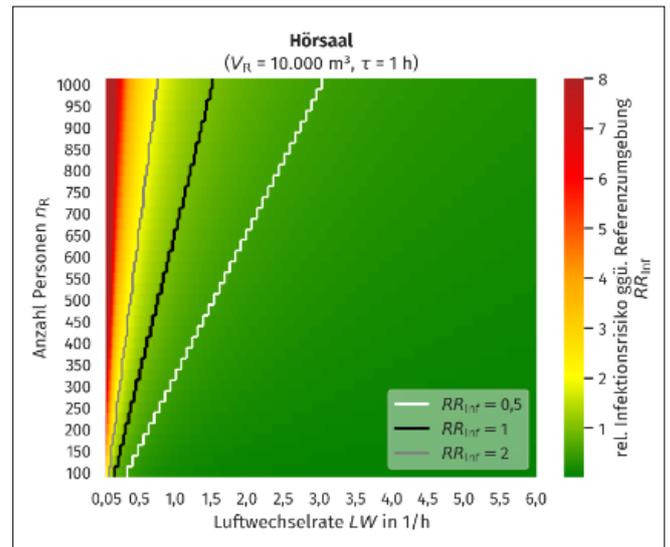


Quelle: RWTH Aachen

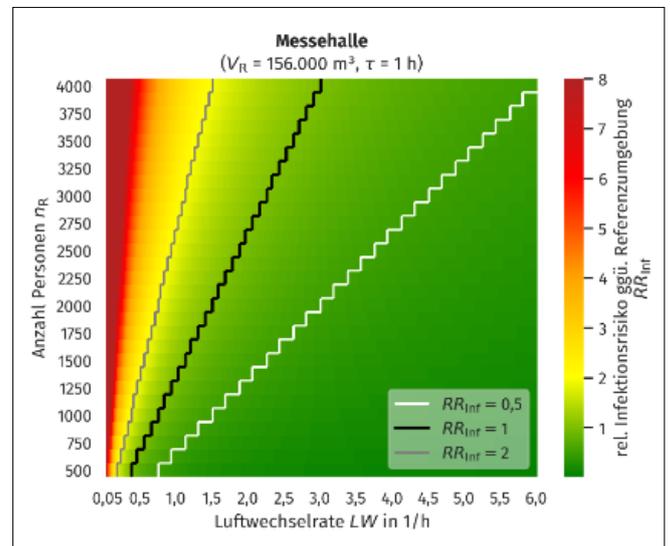
Hörsaal und Messehalle

Auch bei Anwendungen wie einem Hörsaal oder einer Messehalle wird deutlich, dass es mit einer gut dimensionierten Lüftungsanlage zu vergleichsweise geringen Infektionsrisiken kommt. Bei dem betrachteten Hörsaal hätte bei einer Vollbesetzung mit 1.000 Personen schon bei einem 1,5-fachen Luftwechsel des Referenzklassenraum bestanden.

Bei einer Messehalle mit einer Vollaustlastung durch 4.000 Personen wäre eine Luftwechselrate von 3 h^{-1} erforderlich. Gerade bei diesen Anwendungsbeispielen wird klar, dass pauschale Schließungen nicht zwingend notwendig wären, wenn stattdessen auch eine Reduktion der Belegungsdichte möglich ist.



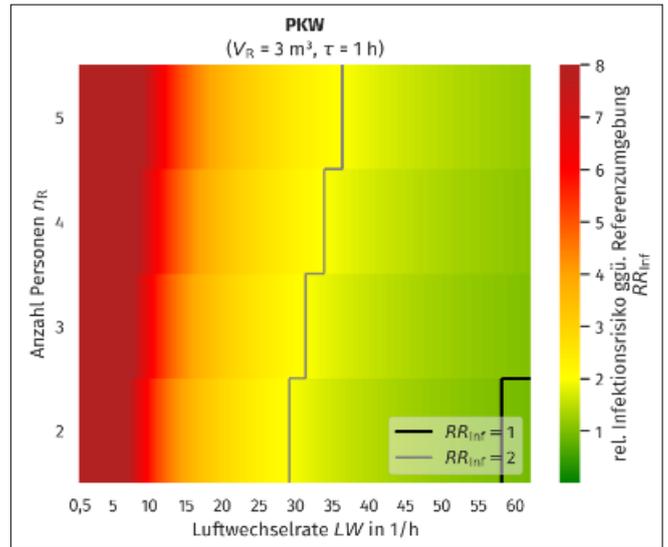
Quelle: RWTH Aachen



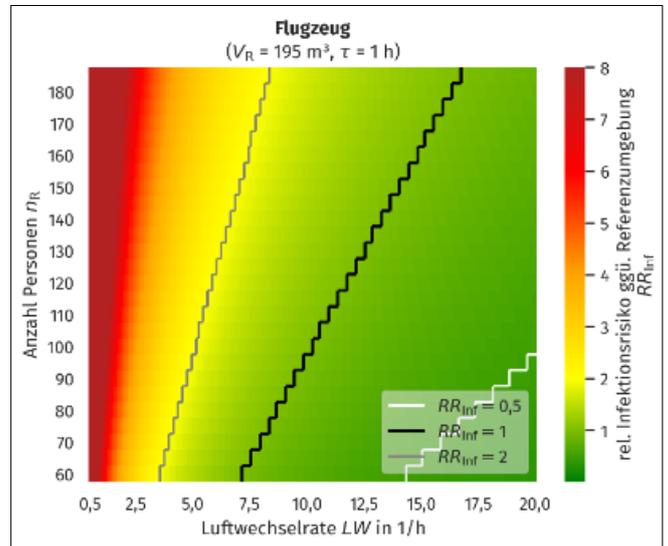
Quelle: RWTH Aachen

Verkehrsmittel PKW und Flugzeug

Zuletzt werden in der Studie die Verkehrsmittel PKW und Flugzeug betrachtet. Aufgrund vieler Personen in einem kleinen Raumvolumen werden hier sehr hohe Luftwechselraten benötigt, um das gleiche oder ein noch geringeres Infektionsrisiko wie im Referenzklassenraum zu erreichen.



Quelle: RWTH Aachen



Quelle: RWTH Aachen

Zusammengefasst wird bei allen Darstellungen deutlich, dass ein hoher Luftaustausch erheblich zur Reduktion des Infektionsrisikos beitragen kann. Oftmals sind moderne raumluftechnische Anlagen bereits angemessen dimensioniert, um einen ausreichenden Infektionsschutz über den

Luftweg zu bieten. Da der personenbezogene Volumenstrom ausschlaggebend ist, kann bei Gebäuden mit zu klein dimensionierter raumluftechnischer Anlage mit Reduktion der Belegungsdichte ein vergleichbarer Infektionsschutz wie im Referenzszenario hergestellt werden.

4. Natürliche und maschinelle Lüftungssysteme

Maschinelle Lüftungsanlagen führen die Luft den Räumen ganzjährig zu und sorgen für ein Innenraumklima, das sich positiv auf das Immunsystem auswirkt (optimierte Raumluftfeuchte und -temperatur, kein Zugverhalten usw.). Mit einer natürlichen Lüftung über Fenster kann dies nicht erreicht werden, da diese immer von den Fenstern, den Temperaturverhältnissen und von den Windverhältnissen abhängig ist. In der Studie werden als natürliche Lüftung Quer- und Stoßlüftung nach den Empfehlungen des Umweltbundesamtes (UBA) [2] betrachtet. Bei der Stoßlüftung nimmt man einen Luftwechsel von 6 h^{-1} an. Das basiert auf der Annahme von 15 Grad Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, vier Fenstern mit voll geöffneten Drehflügelfenstern sowie geöffneten Oberlichtern.

Die betrachtete Querlüftung geht von einem Luftwechsel von 20 h^{-1} aus, was zusätzlich zu den für Stoßlüftung genannten Punkten offene Türen zu den Fluren erfordert. Schon die Stoß-, aber erst recht die Querlüftung über Fenster stellen also eine Art ideale Lüftungsmöglichkeit dar, die in den meisten Klassenräumen nicht gegeben sein dürfte.

Ein garantierter Luftaustausch kann aufgrund der beschriebenen Einflüsse bei Fensterlüftung daher nur mit einem maschinellen System ganzjährig garantiert werden. Luftaustausch führt in Räumen sowohl zur Reduktion von CO_2 als auch den vom Menschen erzeugten Aerosolen, die beim Atmen, Sprechen oder Singen ausgestoßen werden und die möglicherweise Viren enthalten können.

Nach dem Stand der Technik sind diese vom Menschen produzierten Aerosole in der Raumluft nicht einfach messbar. CO_2 hingegen ist in der Raumluft einfach messbar und ein gutes Maß für den aktuellen Luftaustausch. Seit Jahren gibt es umfangreiche Erkenntnisse zur Emission von CO_2 durch den Menschen, welche auch aktivitätsabhängig ist.

Bei Räumen (ohne Luftreinigungsgeräte) kann CO_2 daher als zu den vom Menschen ausgestoßenen Aerosolen korrelierend betrachtet werden. Bei Räumen mit einem Luftreinigungsgerät muss der CO_2 -Zielwert angepasst (erhöht) werden.

Kommentar

Luftreinigungsgeräte haben keinen Einfluss auf den CO_2 -Wert (siehe 5.).

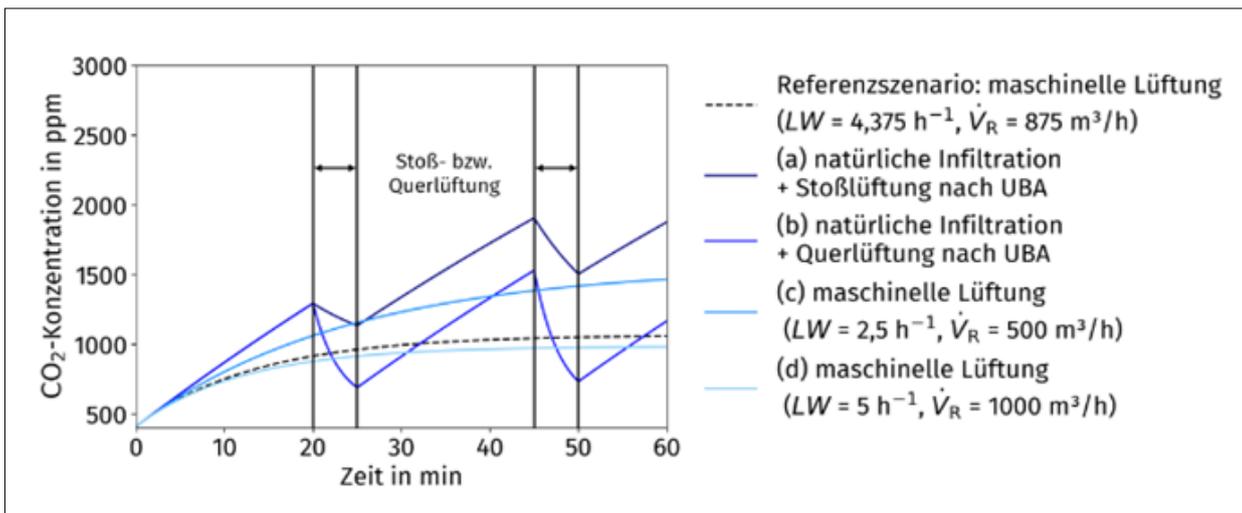


Diagramm 1

RWTH Aachen

In der Studie der RWTH Aachen werden die CO_2 -Verläufe für das Referenzklassenzimmer und andere Szenarien betrachtet. Obenstehendes Diagramm zeigt die Verläufe für eine Stunde.

Beim Referenzklassenraum mit maschineller Lüftung erreicht die CO_2 -Konzentration einen stationären Endwert um 1.000 ppm. In dieser Betrachtung stellt sich ein Gleichgewicht ein, da die Luft kontinuierlich ausgetauscht wird und die Emission der Menschen ebenfalls als konstant betrachtet wird. Die Graphen c und d in Diagramm 1 zeigen, dass der sich einstellende Endwert von der Luftmenge abhängt und durch eine Erhöhung dieser weiter reduziert werden kann.

Die Graphen a und b in Diagramm 1 zeigen die Verläufe bei einer jeweils 5-minütigen Stoß- bzw. Querlüftung nach 20 Minuten Unterricht mit geschlossenen Fenstern.

Die Graphen zeigen sehr deutlich, dass dieses Lüften in Intervallen nicht zu einem Gleichgewichtszustand führt und sich stattdessen Hoch- und Tiefpunkte ergeben. Sowohl beim Quer- als auch beim Stoßlüften ergeben sich Spitzenkonzentrationen, die über den Maximalwerten bei maschineller Lüftung liegen, zum Teil sehr deutlich. Selbst bei dem selten realisierbaren Querlüften liegt der Mittelwert oberhalb des Referenzklassenraums.

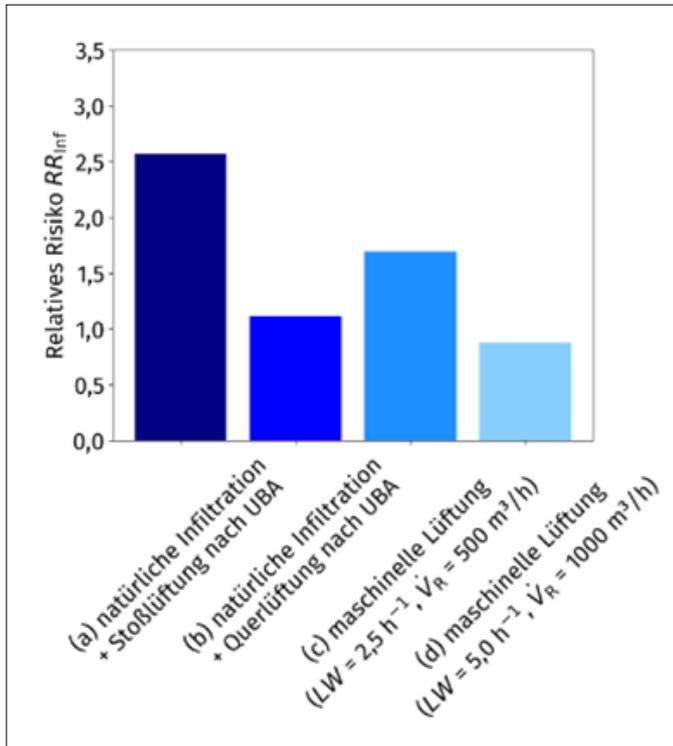


Diagramm 2

Quelle: RWTH Aachen

Betrachtet man jetzt wieder das relative Infektionsrisiko im Vergleich zum Referenzklassenraum, ergibt sich das obenstehende Diagramm 2.

Das Infektionsrisiko mit Stoßlüftung (alle 20 Minuten für 5 Minuten) ist also ca. 2,5x höher als im Referenzklassenraum mit typisch dimensionierter, maschineller Lüftungsanlage. Selbst das Querlüften führt noch zu einem geringfügig höheren Risiko. Auffällig ist auch, dass schon eine eher unterdimensionierte maschinelle Lüftung mit $500 \text{ m}^3/\text{h}$ zu einem geringeren Infektionsrisiko als das Stoßlüften führt.

Wichtig ist zu beachten, dass die maschinellen Lüftungsanlagen, anders als das Stoß- und Querlüften, nicht von weiteren Einflüssen wie beispielsweise Temperatur, Wind und Fensteröffnungswinkeln abhängig sind, sondern die Luft ohne Zugluft und ohne Abkühlung des Raumes austauschen. Dabei werden die Wärmeverluste und somit der Heizbedarf in den Räumen durch Einsatz einer Wärmerückgewinnung erheblich reduziert.

5. Luftreinigungssysteme und Wirkung von Mund-Nase-Bedeckungen

Zuletzt beurteilt die Studie die Wirkung von Mund-Nase-Bedeckungen und Luftreinigungssystemen. Dabei wird bei Mund-Nase-Bedeckung vereinfacht davon ausgegangen, dass 50% der Partikel abgeschieden werden, was aus einer Analyse 15 verschiedener Stoffmasken hervorgeht. Bei dem Sekundärluftreinigungsgerät wird davon ausgegangen, dass dieses 500 m³/h an Sekundärluft im Raum vollständig von Viren befreit. Diese Annahme ist, basierend auf dem aktuellen Stand der Technik, eher pessimistisch. Es existieren Sekundärluftreinigungsgeräte im Markt, die überdies höhere Luftmengen bei für Schulklassen geeignetem Schallpegel reinigen können.

Wie oben schon angedeutet, eignet sich die Betrachtung von CO₂-Verläufen für die Einordnung von Mund-Nase-Bedeckungen und Luftreinigungssystemen nicht, da beide den CO₂-Gehalt in der Raumluft nicht reduzieren, jedoch trotzdem die vom Menschen erzeugten Aerosole im Raum beeinflussen. Daher stellt

die RWTH für diese Betrachtungen stattdessen die relative Aerosolbelastung in der Raumluft in Diagramm 3 dar.

Darin werden vier Szenarien aufgeführt:

- Stoßlüftung allein
- Stoßlüftung mit zusätzlichen Mund-Nase-Bedeckungen
- Stoßlüftung mit zusätzlichem Sekundärluftreinigungsgerät
- Stoßlüftung mit Sekundärluftreinigungsgerät und Mund-Nase-Bedeckung.

In Diagramm 3 werden nun auch die Effekte von Sekundärluftreinigungsgeräten (Luftreinigen) und Mund-Nase-Bedeckungen (MNB) sichtbar. Die Mund-Nase-Bedeckung führt aufgrund der angenommenen Wirkung von 50% zu einer Halbierung der Aerosolbelastung. Das Sekundärluftreinigungsgerät mit der Luftmenge von 500 m³/h reduziert in Kombination mit Stoßlüftung die Aerosolbelastung um ca. 75% und stellt damit eine größere Verbesserung als die Mund-Nase-Bedeckung dar. Die geringste Belastung ergibt sich erwartungsgemäß, wenn beide Maßnahmen umgesetzt werden.

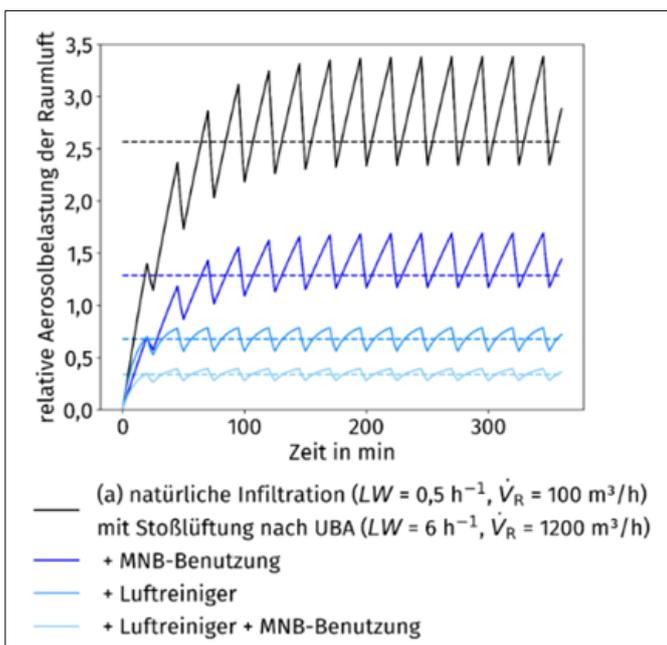


Diagramm 3

Quelle: RWTH Aachen

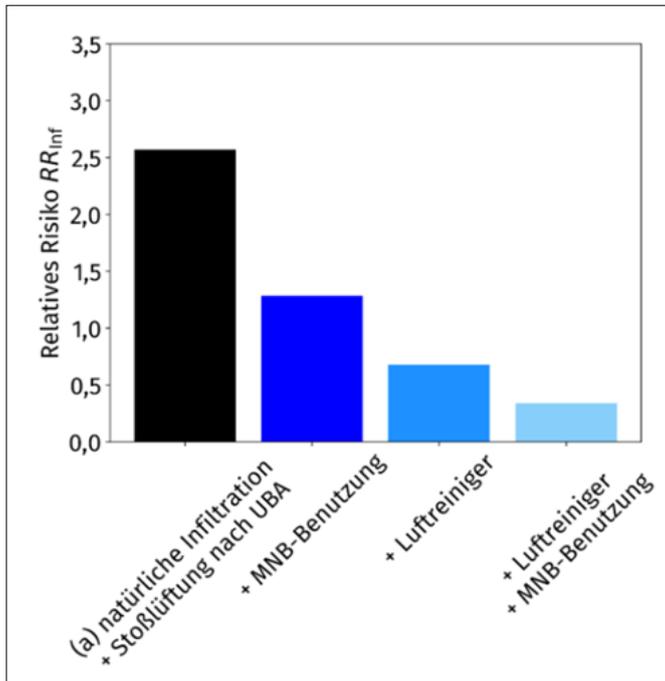


Diagramm 4

Quelle: RWTH Aachen

Vergleicht man die resultierenden Infektionsrisiken mit dem Referenzklassenraum, so ergibt sich Diagramm 4.

Es wird deutlich, dass die Ergänzung der Stoßlüftung mit der Mund-Nase-Bedeckung hinsichtlich des Infektionsrisikos immer schlechter ist als der betrachtete Referenzklassenraum mit typisch ausgelegter maschineller Lüftung. Nur wenn man die Stoßlüftung um ein Sekundärluftreinigungsgerät ergänzt, wird ein geringeres Infektionsrisiko als im Referenzklassenraum erreicht.

Die Studie enthält weitere Diagramme, die zum Beispiel den Effekt von zusätzlicher Mund-Nase-Bedeckung oder einem zusätzlichen Sekundärluftreinigungsgerät bei Querlüftung oder maschineller Lüftung darstellen, die aber in der Zusammenfassung hier nicht weiter aufgeführt werden.

6. Fazit

Zusammenfassend lassen sich für luftgetragene Infektionen folgende Punkte festhalten:

1. Die Infektionsrisiken durch Aerosole hängen stark von der Versorgung des Raumes mit „virusfreier“ Luft und der Anzahl und Aktivität anwesender Menschen ab. Daher müssen Räume individuell beurteilt werden. Pauschale Schließungen von Aufenthaltsräumen könnten in vielen Fällen vermieden werden.
2. Ausschließlich maschinelle Lüftungsanlagen sorgen für einen ganzjährig garantierten Luftaustausch und reduzieren bei ausreichender Dimensionierung das Infektionsrisiko deutlich. Dabei sind Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnungssystemen (WRG) energieeffizient und ohne Einfluss auf das Wohlbefinden der Menschen in Räumen.
3. Stoß- und Querlüftung erreichen einen vergleichbaren Infektionsschutz wie gut dimensionierte, maschinelle Lüftungsanlagen nur unter idealen Annahmen, mit deutlich erhöhtem Energiebedarf (insbesondere Heizkosten) und mit Einschränkung auf das Wohlbefinden der Menschen in Räumen.
4. Ausreichend dimensionierte Sekundärluftreinigungsgeschichten reduzieren das Infektionsrisiko in Räumen deutlich und eignen sich als zusätzliche Maßnahme zur Stoß- und Querlüftung.

7. Berechnungsprogramm RisiCo

Das an der RWTH Aachen entwickelte und im Internet frei zugängliche Berechnungsprogramm RisiCo kann dazu beitragen, das relative Infektionsrisiko über Aerosole in Innenräumen vorauszusagen. Dabei ist eine Bewertung der Wirksamkeit von infektionshemmenden Maßnahmen, wie Luftwechsel, Mund-Nase-Bedeckungen und Luftreinigern möglich. Die Berücksichtigung des Tragens einer Maske basiert auf einer vereinfachten Abschätzung aus aktuellen Studienergebnissen. Die Ergebnisse der Berechnung können in übersichtlichen Grafiken dargestellt werden. Das der Berechnung zugrundeliegende Modell wurde in den

zuvor erschienenen Veröffentlichungen “Vereinfachte Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen“ [3] und “Empfehlung zum erforderlichen Luftwechsel in Schulen, Großraumbüros, Hörsälen und Turnhallen zur Reduzierung eines aerosolgebundenen Infektionsrisikos“ [4] vorgestellt.

RisiCo ist unter <http://risico.eonerc.rwth-aachen.de/> abrufbar.

Glossar

Luftreiniger

Elektrisches Gerät, das im Prinzip aus einem Ventilator und weiteren Bauteilen besteht, die über die Fähigkeit verfügen, luftverunreinigende Stoffe zurückzuhalten und/oder (teilweise oder ganz) zu zerstören.

[Quelldokument: DIN ISO 16000-36:2019-07]

Einrichtung zur Entfernung von Schmutzstoffen aus der Luft in einem Lüftungssystem oder umschlossenen Raum.

[Quelldokument: DIN EN ISO 29464:2020-09]

Vorrichtungen zur Reinigung der Innenraumluft von Schadstoffen.

[Quelldokument: DIN EN ISO 9999:2017-03]

Anmerkung: Der fachlich korrekte Begriff für „Luftreiniger“ (umgangssprachlich) lautet „Sekundärluftreinigungsgeräte“. „Sekundärluft“ und „Sekundärluftreinigungsgerät“.

Mund-Nase-Bedeckung

In der Regel eine Stoffmaske, die sehr vielseitig in ihrem Aussehen sein kann, Mund und Nase vollständig überdeckt, möglichst dicht anliegend zu tragen ist, die weder zur Kategorie der Medizinprodukte noch zu der persönlichen Schutzausrüstung zählt und für die zur Filterleistung keine Anforderungen in Gesetzen oder technischen Normen existieren, die sie erfüllen müssen.

Natürliche Infiltration

Unkontrolliertes (oder ungeplantes) Einströmen von Luft in einen Raum durch Undichtheiten in der Hüllkonstruktion des Raumes.

[Quelldokument: DIN EN 12792 Berichtigung 1:2004-05 und DIN EN 12792:2004-01]

Anmerkung: Natürliche Infiltration wird durch Differenzdruck an der Fassade von Gebäuden verursacht.

Sekundärluft

Luftstrom, der einem Raum entnommen und nach Behandlung demselben Raum wieder zugeführt wird.

[Quelldokument: DIN 1946-4:2018-09]

Anmerkung: Umgangssprachlich auch als Umluft bezeichnet.

Sekundärluftreinigungsgerät

Gerät der Raumluf- und Prozesslufttechnik, in dem Sekundärluft konditioniert/gereinigt wird. Hierzu zählen insbesondere die Abscheidung von Aerosolen und partikulären Luftbestandteilen über Filtersysteme, einschließlich Gasphasenfiltration, sowie die Inaktivierung und/oder Abtötung von Viren und Mikroorganismen (insbesondere Bakterien, Keime und Pilze) durch Bestrahlung mit UV-Strahlung. Luftfilter und/oder UV-Strahler zählen gemeinsam mit der Luftfördereinrichtung (Ventilator), Einrichtungen der MSR-Technik und der Schalldämmung zu den zentralen Komponenten, die üblicherweise in einem Sekundärluftreinigungsgerät verbaut sind.

Anmerkung 1: Sekundärluftreinigungsgeräte finden in Fällen von unzureichender natürlicher und/oder mechanischer Belüftung ergänzend Verwendung, um in von Menschen, Tieren und anderen Lebewesen frequentierten Räumen, diesen Individuen der Gesundheit zuträgliche, vor Infektionen schützende und/oder das Risiko von Infektionen minimierende (Raum)Luftverhältnisse zur Verfügung zu stellen und/oder diese dauerhaft oder periodisch aufrecht zu erhalten.

Anmerkung 2: Sekundärluftreinigungsgeräte sind dafür vorgesehen, in spezifischen Anwendungen der Humanklimatisierung und für konkrete Anwendungen erforderlich definierte (Raum) Luftzustände zur Verfügung zu stellen und/oder diese dauerhaft oder periodisch aufrecht zu erhalten. Diese ergänzende Maßnahme unterstützt im industriellen/gewerblichen Kontext (Prozesstechnik, Fertigung etc.), in definierten Anwendungen des Gesundheitswesens sowie in weiteren sensiblen Anwendungen.

Anmerkung 3: Sekundärluftreinigungsgeräte bilden gemeinsam mit dezentralen und zentralen Raumluftechnischen Geräten die Hauptgruppe der Raumluftechnischen Geräte, kurz RLT-Geräte.

Anmerkung 4: Sekundärluftreinigungsgeräte werden umgangssprachlich als Luftreiniger oder Luftreinigungsgeräte bezeichnet.

Quellen und Literatur

- [1] **Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen**
D. Müller; K. Rewitz; D. Derwein; T. M. Burgholz; M. Schweiker; J. Bardey; P. Tappler, White Paper, RWTH-EBC 2020-005, Aachen, 2020, DOI: 10.18154/RWTH-2020-11340
Kostenloser Download unter <https://publications.rwth-aachen.de/record/807414>
- [2] **Lüften in Schulen – Empfehlungen des Umweltbundesamtes zu Luftaustausch und effizientem Lüften zur Reduzierung des Infektionsrisikos durch virushaltige Aerosole in Schulen**
Dr.-Ing. Heinz-Jörn Moriske, Umweltbundesamt, 15. Oktober 2020
Kostenloser Download unter <https://www.umweltbundesamt.de/richtig-lueften-in-schulen#warum-ist-ein-regelmassiger-luftaustausch-in-klassenzimmern-wichtig>
- [3] **Vereinfachte Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen**
D. Müller; K. Rewitz; D. Derwein; T. M. Burgholz; White Paper, RWTH-EBC 2020-003, Aachen, 2020, 10.18154/RWTH-2020-08332
Kostenloser Download unter <https://publications.rwth-aachen.de/record/795437>
- [4] **Empfehlung zum erforderlichen Luftwechsel in Schulen, Großraumbüros, Hörsälen und Turnhallen zur Reduzierung eines aerosolgebundenen Infektionsrisikos**
D. Müller; K. Rewitz; D. Derwein; T. M. Burgholz; M. Schweiker; J. Bardey; P. Tappler
RWTH-EBC 2020-004, Aachen, 2020, DOI: 10.18154/RWTH-2020-1036
Kostenloser Download unter <https://publications.rwth-aachen.de/record/804543>

Folgende weitere Schriften sind im Kontext dieser Veröffentlichung von Interesse:

SARS-CoV-2-Arbeitsschutzverordnung (Corona-ArbSchV)

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), 21. Januar 2021

Kostenloser Download unter <https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/sars-cov-2-arbeitsschutzverordnung.html;jsessionid=7112F810C844F99722AC3150991E84AD.delivery1-master>

- **SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel**

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) erstellt gemeinsam von den Arbeitsschutzausschüssen beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), 20. August 2020

Kostenloser Download unter <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/AR-CoV-2/AR-CoV-2.html>

- **Vorabversion der geänderten Fassung der SARS-CoV-2-Arbeitsschutzregel**

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) erstellt gemeinsam von den Arbeitsschutzausschüssen beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), 18. Dezember 2020

Kostenloser Download unter <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/AR-CoV-2/AR-CoV-2.html>

- **BAuA Fokus Infektionsschutzgerechtes Lüften – Hinweise und Maßnahmen in Zeiten der SARS-CoV-2-Epidemie, Empfehlung der Bundesregierung**
 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) basierend auf den Ergebnissen eines Expertenaustausches unter der 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, 18. September 2020
 Kostenloser Download unter <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fokus/Lueftung.html>
- **Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten**
 Hermann-Rietschel-Institut – TU Berlin, A. Hartmann; J. Lange; H. Rotheudt; M. Kriegel
 Kostenloser Download unter <https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/11451>
 Online Rechner unter <https://hri-pira.github.io/>
- **Anzahl der mit SARS-CoV-2 beladenen Partikel in der Raumluft und deren eingeatmete Menge, sowie die Bewertung des Infektionsrisikos, sich darüber mit Covid-19 anzustecken**
 Hermann-Rietschel-Institut – TU Berlin, Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel, 07. Dezember 2020, (Version 4)
 Kostenloser Download unter <https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/11767.4>
- **Ausbreitung von virenbeladenen Aerosolen in Räumen**
 Hermann-Rietschel-Institut – TU Berlin, A. Hartmann; J. Lange; L. Schumann; M. Kriegel
 erschienen in Contamination Control Report 2/2020
 Lesbar unter https://issuu.com/sigwerbgmbh/docs/ccr_2_2020_web
- **Beispielhafte Risikobewertung für verschiedene Alltagssituationen**
 Hermann-Rietschel-Institut – TU Berlin, A. Hartmann; M. Kriegel
 Kostenloser Download unter <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10714.2>
- **Predicted Infection Risk for Aerosol Transmission of SARS-CoV-2**
 M. Kriegel; U. Buchholz; P. Gastmeier; P. Bischoff; I. Abdelgawad; A. Hartmann
 Kostenloser Download unter <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.10.08.20209106v5>
- **VDI 6040 Blatt 1 Raumlufttechnik – Schulen – Anforderungen**
 Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik
 (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien)

In der VDMA-Reihe **Raumlufttechnische Anlagen in Zeiten von COVID-19** sind bisher folgende Ausgaben erschienen:

- **Grundlagen zum Betrieb und zur Nutzung**, Dezember 2020
- **Empfehlungen für das Gesundheitswesen**, April 2020
- **Anforderungen an Lüftung und Luftreinigung zur Reduktion des Infektionsrisikos über den Luftweg – AHA + Lüftung**, Februar 2021

Fachabteilung Klima- und Lüftungstechnik im VDMA

Die Fachabteilung betreut mehr als 80 namhafte Hersteller von Lüftungstechnischen Anlagen, Komponenten und Bauelementen für häusliche, gewerbliche und industrielle Anwendungen. Sie führt die folgenden Gremien

- **Geschäftsführer Erfahrungsaustausch Industrieventilatoren (GF Erfä IVent)**
- **Arbeitskreis Luftfilter**
- **Arbeitskreis Sekundärluftreinigungsgeräte und -systeme (Luftreiniger)**
- **Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG)**

Führende deutsche Hersteller der Klima- und Lüftungstechnik arbeiten unter dem Dach des VDMA in oben genannten Gremien der Fachabteilung zusammen. Ungeachtet ihrer Rolle als Wettbewerber am Markt, greifen die Mitgliedsunternehmen aktuelle und langfristige Probleme und Themen auf, diskutieren diese und erarbeiten Lösungen und Hilfestellungen. Diese tragen sie in verschiedenen Formaten, darunter Informationsschriften und Lieferverzeichnisse, in die Öffentlichkeit. Ein traditioneller Schwerpunkt liegt in der Erstellung von VDMA-Einheitsblättern als Technische Regel. Wirtschafts- und Statistikdaten sind wichtige Informationspakete, die durch eigene Fachstatistiken zu spezifischen Komponenten, u.a. Ventilatoren und Luftfilter, wirkungsvoll ergänzt werden.

Die Unternehmen präsentieren sich fallweise im Rahmen von VDMA-Gemeinschaftsständen auf Fachmessen und bereichern Kongresse und Symposien mit Fachvorträgen. Der Fachverband Allgemeine Lufttechnik, und über ihn die Mitgliedsunternehmen aus der Klima- und Lüftungstechnik, ist Mitglied im europäischen Sektorverband Eurovent Association – Europe's Industry Association for Indoor Climate, Process Cooling, and Food Cold Chain Technologies. Die Fachabteilung Klima- und Lüftungstechnik unterhält

ein Netzwerk zu Bundesministerien und deren Unterbehörden, dem DIN und VDI, anderen Verbänden und Interessensgruppen.

Im **DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)** führt die Fachabteilung die DIN-Arbeitsausschüsse

- **Ventilatoren** (NA 060-09-11 AA)
unter anderem als Spiegelausschuss zu **CEN/TC 156/WG 17 Fans** und **ISO/TC 117 Fans**
- **Luftfilter** (NA 060-09-21 AA)
unter anderem als Spiegelausschuss zu **CEN/TC 195 Cleaning equipment for air and other gases** und **ISO/TC 142 Cleaning equipment for air and other gases**
- **Luftbehandlungsgeräte** (NA 060-09-31 AA)
unter anderem als Spiegelausschuss zu **CEN/TC 156/WG 5 Air handling units**
- **Sekundärluftreinigungsgeräte und -systeme (Luftreiniger)** (NA 060-09-32 AA)
unter anderem als Spiegelausschuss zu **ISO/TC 142/WG 2 UV-C technology** und **ISO/TC 142/JWG 11 Joint ISO/TC 142 – IEC/TC 59 WG: Portable room air cleaners for comfort applications**

Innerhalb des DIN erfolgen zu spezifischen Projekten Kooperationen mit anderen DIN-Normenausschüssen, darunter beispielsweise den DIN-Normenausschüssen Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS) und Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG).

In ISO und CEN führt die Geschäftsstelle, mit deutschen Experten als Vorsitzende, die Sekretariate mehrerer Arbeitsgruppen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Damm
Telefon +49 69 6603-1279
E-Mail thomas.damm@vdma.org

Impressum

Herausgeber

VDMA e. V.
Allgemeine Lufttechnik
Klima- und Lüftungstechnik

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

Redaktion

Wolf Hartmann
LTG Aktiengesellschaft

Udo Jung
TROX GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Martin Lenz
Trox GmbH

Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller
Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimotechnik
RWTH Aachen

Andreas von Thun
BerlinerLuft. Technik GmbH

Dipl.-Ing. Ralf Wagner
LTG Aktiengesellschaft

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Damm
VDMA e. V.

Dr. Thomas Schröder
VDMA e. V.

Layout und Satz

VDMA DesignStudio, Frankfurt am Main

Bildnachweise

Titelbild Romolo Tavani/adobe.stock.com
Seite 2 Compassionate Eye Foundation, gettyimages
Seite 4 Stiftung Krankenhaus Bethanien
für die Grafschaft Moers

Stand

Februar 2021
© Copyright by
Allgemeine Lufttechnik

VDMA e.V.

Allgemeine Lufttechnik

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6603-1227

Fax +49 69 6603-2227

E-Mail thomas.schraeder@vdma.org

Internet alt.vdma.org



alt.vdma.org