

Beurteilung von Innenräumen in Hinblick auf die Exposition gegenüber virenbelasteten Aerosolpartikeln

INHALTSVERZEICHNIS

1	Kurzbeschreibung	1
2	Grundsätzliche Zugangsweisen zur Risikoabschätzung	2
2.1	Ermittlung eines absoluten Risikos	2
2.2	Ermittlung eines relativen Risikos	3
3	Die gebäuediagnostische Praxis.....	3
4	Funktionsweise des Programms VIR-SIM	4
4.1	Eingangsparameter und Modellannahmen	4
4.2	Die „Referenzsituation“	7
4.3	Erläuterungen zu den Simulationsergebnissen.....	8
5	Methodische Einschränkungen des Programms VIR-SIM.....	8
6	Kontakt.....	9
7	Literatur (Auswahl)	10

1 Kurzbeschreibung

Das Simulationsprogramm VIR-SIM ist ein für Experten gedachtes Tool zur Risikoeinschätzung gegenüber einem Infektionsrisiko durch Viren (bspw. SARS-CoV-2) in Innenräumen. Das Simulationsprogramm erlaubt die Beurteilung von Innenräumen durch Ermittlung des relativen Risikos R in Hinblick auf durch potenziell infektiöse Aerosolpartikel verursachte Erkrankungen. Der zu beschreibende Innenraum wird modellhaft durch einen Satz von Eingangsparametern beschrieben, die die Raumdimensionen, die Belüftungssituation, die Nutzungsintensität und das Aktivitätsniveau der Raumnutzer abbilden. Das Simulationsprogramm soll Gebäudebetreibern, Veranstaltungsorganisationen, Arbeitgebern und nicht zuletzt öffentlichen Stellen eine Handreichung zur groben Orientierung bieten.

Das Programm wird kostenfrei unter <https://www.corona-rechner.at> mit eingeschränkten Möglichkeiten angeboten. Auf Wunsch können auch komplexere Situationen berechnet und in Form eines Sachverständigen-Gutachtens dargestellt werden.

Wichtige Hinweise zur Beurteilung von Räumen findet man im „Positionspapier zur Bewertung von Innenräumen in Hinblick auf das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2“ des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)¹.

2 Grundsätzliche Zugangsweisen zur Risikoabschätzung

Grundsätzlich sind zwei unterschiedliche Zugangsweisen zur Ermittlung des Risikos von Nutzern von Innenräumen, mit Viren (bspw. SARS-CoV-2) infiziert zu werden, denkbar, wobei beide Zugänge Vor- und Nachteile aufweisen:

- die Ermittlung des absoluten Risikos
- die Berechnung eines relativen Risikos im Vergleich zu einer Referenzsituation

Vergleichbar ist der Unterschied der Zugänge mit den Berechnungen eines Versicherungsmathematikers zur Berechnung der Unfallwahrscheinlichkeit (absolutes Risiko) im Gegensatz zu den Überlegungen eines Konstrukteurs von Airbags für ein neues Automodell, verglichen mit dem Vorgängermodell oder eines festgelegten Mindeststandards (relatives Risiko).

2.1 Ermittlung eines absoluten Risikos

Ein konzentrationsabhängiges, statistisches Risiko für die Aufnahme von anthropogen erzeugten, potenziell infektiösen Partikeln (Aerosolen), das an der jeweils konkret vorliegenden Infektionsrate der Bevölkerung ansetzt, kann mit Hilfe von gebäudebezogenen Faktoren wie den Raummaßen, der Belüftungssituation, der Belegung, aktivitätsbezogener Faktoren wie das Atemvolumen sowie die Aktivität der Nutzer sowie weiterer virusbezogener Parameter abgeschätzt werden. Es gilt bei diesem Ansatz eine Maßzahl zu finden, die das absolute Risiko, auf Grund einer im gegenständlichen Innenraum erlittenen Infektion zu erkranken, abbildet. Basis dazu sind Abschätzungen des Risikos auf Grund der bisher bekannten Fakten (bspw. Buonanno et al. 2020). Problematisch bei diesem Ansatz ist, dass viele der virusbezogenen Parameter wie bspw. die Aerosolabgabe einer infizierten Person, die Beladung der Aerosole mit Viren (Virenlast), die Lebensdauer sowie die Depositions- und Abbaurate der Viren im Aerosol in weiten Bereichen streuen, in der Regel wenig untersucht oder gänzlich unbekannt sind. Vor allem in Zusammenhang mit sich verändernden Parametern wie bspw. die Inzidenz oder die Infektiosität können die berechneten Werte problematisch sein.

Eine Abschätzung des absoluten Infektionsrisikos kann allerdings zur Einschätzung notwendiger Maßnahmen bspw. für Überlegungen auf politischer Ebene hilfreich sein. Was eine derartige Berechnung aus methodischen Gründen nicht aussagen kann, ist das konkrete Risiko einer Ansteckung, wenn sich trotz statistisch geringer Wahrscheinlichkeit infizierte Personen in einem konkreten Raum befinden.

¹ http://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html

2.2 Ermittlung eines relativen Risikos

Um einige Schwierigkeiten und Unsicherheiten der Berechnung des „absoluten Risikos“ zu umgehen, kann das relative Risiko im Verhältnis zu einer Referenzsituation betrachtet werden. In diesem Fall wirken sich einzelne virusbezogene und zum Teil noch weitgehend unbestimmte Parameter auf das Ergebnis nicht aus, da diese sowohl in der Simulation der konkreten Raumsituation als auch in der Berechnung der Referenzsituation gleich angenommen werden.

Beim gegenständlichen Simulationsprogramm wird ein „anlassbezogener“ Zugang gewählt, der das Risiko für die Aufnahme von anthropogen erzeugten, potenziell infektiösen Partikeln (Aerosolen) in einem konkreten Raum im **Vergleich zu einer standardisierten Referenzsituation** darstellt. Dieses Risiko wird über die **kumulierte Aufnahme (Dosis)** der von den infizierten Personen abgegebenen Aerosolpartikel definiert. Um die Zeitabhängigkeit des Risikos abzubilden, wird ein **instationärer Ansatz** (alle Personen betreten zugleich den Raum und bleiben bis zum Ende des Beurteilungszeitraumes in diesem) gewählt.

Basis für derartige Berechnungen sind quantitative Abschätzungen des Atemvolumens und der Atemaktivität (Morawska et al. 2009). Bezieht man auch hier das Risiko auf eine standardisierte Referenzsituation, ergibt sich ein zeitabhängiger relativer Risikofaktor R , dessen Wert sich je nach den gewählten Randparametern verändern kann. Eine derartige Berechnung kann für den Gebäudebetreiber oder Anwender im konkreten Fall hilfreich sein, um gezielte und in ihrer Wirkung kontrollierbare Maßnahmen zu ergreifen (z.B. Definition der notwendigen Fensterlüftungsintervalle, maximale Aufenthaltszeiten oder maximale Anzahl an Arbeitsplätzen in einem Raum, Erhöhung des außenluftäquivalenten Luftwechsels durch geeignete Luftreiniger).

3 Die gebäuediagnostische Praxis

In der gebäuediagnostischen Praxis ist es vor allem in Zeiten erhöhter Viruskonzentrationen (Pandemie, Grippezeit) erforderlich, konkrete Räume schnell und dennoch belastbar in Hinblick auf ein mögliches Infektionsrisiko einzuschätzen. Nur in den wenigsten Fällen kann auf Details wie Art der Zuluft einbringung, Luftströmungen im Raum (die sich mit unterschiedlicher Belegung signifikant ändern können) oder Einbauten wie Möbel eingegangen werden. In der Regel sind derartige Berechnungen mittels numerischer Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics, CFD) möglich, jedoch sehr aufwändig. Vielfach ist es in der Praxis auf Grund der zahlreichen Unsicherheiten in Bezug auf wesentliche virenbezogene Parameter wie beispielsweise die individuelle Aerosolabgabe zu einem bestimmten Zeitpunkt, der Anzahl bzw. Dichte der Viren auf den luftgetragenen Partikeln, die individuelle Viren-Aufnahmemenge durch die Atmung, auch nicht möglich, statistisch abgeleitete absolute Risikoberechnungen durchzuführen.

Es ist daher zielführend und aus pragmatischen Gründen auch notwendig, bei der Risikoabschätzung mit vereinfachenden Verfahren zu arbeiten und diese allgemein verständlich darzustellen, wie dies in Müller et al. (2020) und Kriegel & Hartmann (2021) beschrieben wird. In der Realität spielen zusätzlich zu den lüftungsabhängigen Parametern zahlreiche weitere Faktoren wie beispielsweise die bereits genannte individuelle Aerosolabgabe zu einem bestimmten Zeitpunkt oder die konkrete Verteilung der Aerosole in einem realen Raum eine bedeutende Rolle – Faktoren, die in der Gebäude diagnostischen Praxis meist unbekannt und/oder sehr variabel sind. Diese Faktoren können daher, will man das abgeschätzte Risiko praxisgerecht beurteilen, **nicht** in die Betrachtung aufgenommen werden.

In diesem Sinne müssen auch jene in mathematischen Modellen grundsätzlich erfassbare Parameter wie die Verteilung von Aerosolen ausgehend von einer Person vereinfacht werden. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass von einer homogenen Verteilung der zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Raumluft vorhandenen Aerosole ausgegangen wird (siehe dazu Schnieders 2003).

Für praxisgerechte Aussagen ist es hingegen zwingend erforderlich, die konkreten Emissionssituationen wie „Atmen“, „Sprechen“, „Laut sprechen/Singen“ (oder deren Kombination) zu quantifizieren und als Eingangsparameter in die Simulation aufzunehmen. Wie aus der Fachliteratur (Morawska et al. 2009) hervorgeht, beeinflussen diese Faktoren, aber auch die körperliche Aktivität der Raumnutzer (Ruhen, Sitzen, Stehen, sportliche Aktivität) die Emissionssituation von Aerosolpartikel stark. Auch die Verwendung eines Mund-Nasenschutzes kann in diesem Zusammenhang in Hinblick auf das Risiko eine bedeutende Rolle spielen.

Aufgrund der gegebenen Praxisanforderungen erscheint es wichtig, ein **vereinfachtes dynamisches, instationäres Modell** mit der Möglichkeit der Simulation von Phasen mit unterschiedlicher Lüftungsintensität, Raumbelegung und Aktivitäten ins Auge zu fassen.

4 Funktionsweise des Programms VIR-SIM

4.1 Eingangsparameter und Modellannahmen

VIR-SIM ist ein anwenderorientiertes, vereinfachtes Simulationsprogramm für die Gebäudepraxis. Es erfolgt ein Vergleich der gegenständlichen, angenommenen Situation(en) mit einer Referenzsituation in Bezug auf eine mögliche Virusaufnahme durch die Einatmung von Aerosolen bei Anwesenheit von infizierten Personen. Abgeleitet wird dabei ein relatives Risiko. Es handelt sich um eine instationäre Berechnung mit der Möglichkeit der zeitabhängigen Veränderung der Randparameter über einen gewünschten Beurteilungszeitraum.

Vor allem einzelne virusbezogene Parameter, die weitgehend unbekannt oder sehr variabel sind, gehen **nicht** in die Berechnung des relativen Risikos R ein, da im Modell die Dimension dieser Faktoren sowohl in der zu prüfenden Situation als auch in der Referenzsituation als gleich angenommen werden.

Ziel ist eine Darstellung des relativen Risikos bei vorgegebenen Randbedingungen im Raum. Berücksichtigt werden folgende Parameter, die die individuelle Situation im betrachteten Innenraum abbilden:

- Luftwechsel bzw. Zuluftvolumenstrom
- Raumvolumen
- Lüftungsphasen mit unterschiedlicher Lüftungseffizienz (nach Richter et al. 2003)
- Anzahl der Personen im Raum, wobei alle Personen den Raum zugleich betreten ($t=0$)
- Arten der Atemaktivität (Ruhen, Sitzen, Stehen, leichte Anstrengung usw.)
- Arten der Sprachaktivität (nur atmen, Sprechen, laut Sprechen/Singen)
- keine Maskenregelung oder Pflicht zum Tragen eines Mund-Nasenschutzes (Maske)

Der in der Abschätzung berechnete, zeitabhängige Faktor R (relatives Risiko) beschreibt, in welchem Verhältnis die Aufnahme infektiöser Aerosolpartikel (Dosis) nach einer bestimmten Aufenthaltszeit (Beurteilungszeitraum) in einem interessierenden Raum zu der Aerosolaufnahme einer Person in einem definierten Innenraum im gleichen Zeitraum (bezeichnet als „Referenzsituation“) steht. Basis der Berechnungen ist eine Publikation von Müller et al. (white paper) „Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen. Report. RWTH-EBC 2020-005, Aachen“.

Bei der Modellrechnung wird eine **durchschnittliche Anwesenheitswahrscheinlichkeit infektiöser Personen** angenommen sowie, dass die übrigen Personen für eine Infektion über die Atmung empfänglich sind. Dies entspricht dem Muster von „Superspreading-Ereignissen“. Es wird weiters angenommen, dass die **kumulierte Aufnahme von potenziell virusbeladenen, infektiösen Aerosolen für eine Infektion entscheidend ist** und daher das Risiko mit zunehmender Dosis von infektiösen Aerosolen und daher abhängig von der Aufenthaltszeit in einem Raum ansteigt. Weiters wird angenommen, dass alle Personen zum Zeitpunkt $t = 0$ den Raum zugleich betreten (instationäre Annahme).

Die unterschiedliche potentielle Aerosolabgabe bei **verschiedenen Arten der Atem- und Sprachaktivität wird durch Faktoren berücksichtigt**, die aus der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur (Müller et al. 2020; Morawska et al. 2009; Buonanno et al. 2020) entnommen werden.

Folgende Parametereinstellungsmöglichkeiten sind im Programm vorgesehen:

Tabelle 4.1.1 Parametereinstellungsmöglichkeiten – Grundluftwechsel durch Außenluft über Fugenlüftung

Situation im Raum	Luftwechselzahl [h-1]	Anmerkungen
„Sehr dichte (neue) Fenster“	0,05	Im Fall einer mechanischen Raumlüftung (RLT-Anlage) wird der tatsächliche Grundluftwechsel über den realen Zuluft-Volumenstrom [m³/h] errechnet Werte sind Annahmen
„Eher dichte Fenster“	0,10	
„Durchschnittlich dichte Fenster“	0,20	
„Eher undichte Fenster“	0,35	
„Sehr undichte Fenster“	0,50	

Tabelle 4.1.2 Parametereinstellungsmöglichkeiten – Atemaktivität

Situation im Raum	Aktivitätsfaktor [1]	Anmerkungen
„Schlafend“	0,80	Abgeschätzte Werte, Annahmen
„Ruhend“	1,00	
„Sitzend“	1,20	
„Stehend“	1,59	
„Leichte Bewegung“	2,10	
„Leichte Anstrengung“	2,61	
„Moderate Anstrengung“	4,80	
„Schwere Anstrengung“	6,73	

Tabelle 4.1.3 Parametereinstellungsmöglichkeiten – Sprachaktivität

Situation im Raum	Aktivitätsfaktor [1]	Anmerkungen
„Singen“	30,45	Abgeschätzte Werte, Annahmen
„Sprechen“	4,76	
„Atmen“	1,00	

Tabelle 4.1.4 Parametereinstellungsmöglichkeiten – Luftwechsel bei Lüftungsvorgängen

Situation im Raum	Luftwechselzahl [h-1]	Anmerkungen
„1 von 3 Fenstern gekippt“	1,0	Typische, angenommene Werte aus der Praxis
„Alle Fenster gekippt“	2,0	
„Alle Fenster gekippt – querlüften“	3,0	
„Alle Fenster vollständig geöffnet“	10,0	
„Alle Fenster vollständig geöffnet – querlüften“	20,0	

Tabelle 4.1.5 Parametereinstellungsmöglichkeiten – Mund-Nasenschutz, „Kinderfaktor“

Situation im Raum	Faktor [1]	Anmerkung
Mund-Nasenschutz vorhanden: „Nein“	1,0	Werte, die an die konkrete Situation angepasst werden können
Mund-Nasenschutz vorhanden: „Ja“ ²	0,5	
„Kinder/Jugendliche“	0,56 ... 1,0 (je nach Alter zwischen 6 und 18 Jahren)	

Zur Aerosolabscheidung und damit auch zur Reduktion von potenziell virusbelasteten Partikeln geeignete **Luftreinigungsgeräte** können, obschon sie die aus hygienischen Gründen notwendige Lüftung mit Außenluft (Frischluft) nicht ersetzen, dazu beitragen, die Virenkonzentration in einem Raum signifikant zu senken (siehe dazu „Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen durch Einsatz von Luftreinigern zur Covid-19 Prävention und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumluft“ des BMK³). Dies gilt auch für Geräte, die Viren inaktivieren.

Im Programm VIR-SIM besteht dementsprechend die Möglichkeit, einen außenluftäquivalenten Luftwechsel durch geeignete virenabscheidende oder virenzerstörende Luftreiniger zu simulieren. Dies unter der generell vereinfachten **Annahme einer vollständigen Durchströmung und Durchmischung** im Raum. Da von geeigneten Geräten nahezu sämtliche Partikel abgefiltert bzw. nahezu alle Viren abgetötet werden, wurde für die vereinfachten Berechnungen von VIR-SIM ein Abscheidegrad von 100% angenommen.

² Visiere gelten nicht als Mund-Nasenschutz

³ http://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html

4.2 Die „Referenzsituation“

Zur Berechnung des relativen Risikos wird auf eine standardisierte Referenzsituation zurückgegriffen. Das relative Risiko für den Aufenthalt unter den Bedingungen einer Referenzsituation hat per Definition den Zahlenwert $R = 1$.

Diese Referenzsituation beschreibt einen Innenraum mit folgenden Parametern (nach Müller et al. 2020):

- 25 erwachsene Personen als Raumbelugung
- 200 m³ Raumvolumen (66,7 m² Grundfläche, 3 m Raumhöhe)
- Außenluftvolumenstrom 35 m³/h je Person über RLT-Anlage (Luftwechsel 4,375 h⁻¹)
- Stationäre Situation: Die Personen befinden sich zu Beginn des Beurteilungszeitraumes seit längerer Zeit im Raum und bleiben dort bis zum Ende (aerosolgebundene Viren ab Beginn in Ausgleichskonzentration)
- Atemaktivität: 24 sitzende Personen (Faktor von 1,1 gegenüber „Ruhend“), eine stehende Person (Faktor von 1,59 gegenüber „Ruhend“)
- Sprachaktivität: die stehende Person spricht (Faktor von 4,76 gegenüber „Atmen“), während 24 Personen nur atmen
- Keine zusätzliche Lüftung über Fenster oder Türen
- Kein Mund-Nasenschutz (Maske)

Bei dem für die Referenzsituation gewählten Zuluftvolumenstrom von 35 m³/h je erwachsener Person stellt sich im Raum eine CO₂-Gleichgewichts-Konzentration von etwa 1000 ppm ein, wenn mit Ausnahme einer Person, die steht, Tätigkeiten mit geringer körperlicher Belastung durchgeführt werden (z.B. sitzende Tätigkeit). Eine solche Expositionssituation kann in Bezug auf die Raumluftqualität und zur Beurteilung des Lüftungsverhaltens als „mittel“ bezeichnet werden und entspricht dem derzeitigen Stand der Technik in Bezug auf Lüftungstechnische Erfordernisse⁴. Diese Situation entspricht weiter sowohl den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung an Arbeitsplätze⁵ bei mechanisch belüfteten Räumen, den Vorgaben der Klasse 2 der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft⁶ als auch den Vorgaben des österreichischen Leitfadens für den Kulturbetrieb in Pandemiezeiten des Zentrums für Public Health der Medizinischen Universität Wien.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Einschätzung, ob ein bestimmtes Risiko oder bspw. die Referenzsituation als „akzeptabel“ bezeichnet werden kann, individuell und nach Kenntnis der Infektiosität der jeweils vorhandenen Keime von medizinischem Fachpersonal getroffen werden muss.

⁴ Siehe dazu auch <http://www.komfortlüftung.at>

⁵ Arbeitsstättenverordnung AStV, BGBl. II Nr. 368/1998 idgF.

⁶ http://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum.html

4.3 Erläuterungen zu den Simulationsergebnissen

Ergibt die Simulationsrechnung für einen Raum bei den vorgegebenen Randparameter nach einer gewissen Zeitspanne (Beurteilungszeitraum) ein relatives Risiko von $R = 1$, ist für die potenzielle, kumulierte Virusaufnahme (Dosis = akkumulierte Gesamtmenge an über die Atmung aufgenommenen aerosolgetragenen Viren) die gleiche Größenordnung anzunehmen wie bei einer Person in der Referenzsituation nach der gleichen Zeitspanne.

Tabelle 4.3.1 Verbale Beurteilung des Risikos

Relatives Risiko R [1]	Verbale Beurteilung	Anmerkungen
$\leq 0,5$	Geringes Risiko	Die verbale Beurteilung ist eine relative Annahme und sagt nichts darüber aus, ob ein bestimmtes Risiko als akzeptabel anzusehen ist
$0,5 < R \leq 1$	Mittleres Risiko	
$1 < R \leq 2$	Erhöhtes Risiko	
$2 < R \leq 5$	Stark erhöhtes Risiko	
> 5	Sehr stark erhöhtes Risiko	

Bei Werten von $R \leq 0,5$ wird bspw. ein wesentlich geringeres Risiko, bei Werten von $R \geq 2$ wird ein stark erhöhtes Risiko für eine Infektion der Nutzer des Raumes über potenziell virusbelastete Aerosolpartikel gegenüber der Referenzsituation angenommen bzw. ist zu erwarten. Errechnet sich beispielsweise der Risikofaktor R von 0,7, bedeutet dies aufgrund der Modellannahmen, dass ein Nutzer eines Raumes zu diesem Zeitpunkt 70% der Menge an (potenziell infektiösen) Aerosolpartikel aufgenommen hat wie ein Nutzer unter Referenzbedingungen.

5 Methodische Einschränkungen des Programms VIR-SIM

Bei der Berechnung des relativen Risikos mit dem Programm VIR-SIM wird aus pragmatischen Gründen eine **stark vereinfachte Situation** zu Grunde gelegt (siehe dazu Müller et al., 2020). Da einzelne Parameter, die in der Regel nicht vollständig bekannt sind oder Faktoren, die sich mit der Zeit ändern können, abgeschätzt werden, führt dies bei den Ergebnissen zu einer nicht zu vermeidenden Unschärfe. Sämtliche möglichen lokalen Effekte im direkten Nahbereich eines Virenemittenten werden bei der Simulation nicht berücksichtigt. Das bedeutet beispielsweise, dass klassische Tröpfcheninfektionen, die durch Husten oder Niesen im Nahbereich verursacht werden können, vom Simulationsprogramm nicht berücksichtigt werden. Situationen, bei denen Nahbereichseffekte gegenüber Effekten der Aerosolinfektion überwiegen, wie wenn beispielsweise der Sicherheitsabstand zwischen Personen nicht eingehalten wird wie beim „in der Schlange stehen“ oder beim engen nebeneinander Sitzen, müssen andere Methoden zur Risikoabschätzung dieser Effekte herangezogen werden.

Es wird im Rahmen der Vereinfachungen des Simulationsmodells angenommen, dass das Konzentrationsfeld im Raum „homogen“ ist, d. h. die Aerosol-Konzentration zu einem bestimmten Zeitpunkt überall im Raum gleich groß ist. Die Risikoabschätzung basiert also auf zeitabhängigen Werten. Die individuellen Positionen der exponierten Personen im Raum, die in der Praxis einen großen Einfluss auf die Virenaufnahme haben können, werden nicht berücksichtigt. Räume mit ausgeprägten Luftströmungen im Raum müssen daher mit anderen Methoden detaillierter betrachtet werden. Als weitere Konsequenz des homogenen Konzentrationsfeldes folgt, dass die reale Situation

in sehr großen Räumen nicht präzise abgebildet wird. Hier ist im individuellen Fall die Eignung des Simulationsprogramms VIR-SIM zu prüfen.

Die Abschätzung ist zusammenfassend als ein Hilfsmittel zur situativen Beurteilung des Infektionsrisikos über potenziell virenbelastete Aerosole in einem Innenraum zu bezeichnen. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass zusätzlich zu den Unsicherheiten individuelle Faktoren (z.B. Intensität der im individuellen, realen Fall gegebenen Virenabgabe, tatsächliche Verteilung der Aerosole ausgehend von einer oder mehreren infizierten Personen in einem realen Raum, usw.) eine bedeutende Rolle spielen.

Die verbale Beurteilung ist eine relative Annahme und sagt nichts darüber aus, ob ein bestimmtes Risiko als akzeptabel anzusehen ist. Es wird darauf hingewiesen, dass es auch bei niedrigen Werten des Faktors R nicht möglich ist, einen 100-prozentigen Schutz vor Infektionen mit Viren (bspw. SARS-CoV-2) in Innenräumen zu erreichen.

6 Kontakt

IBO Innenraumanalytik OG
Tel.: ++43 (0)1 9838080
Stutterheimstraße 16-18/2
A-1150 Wien
email: office@innenraumanalytik.at
www.innenraumanalytik.at/

Es besteht die Möglichkeit, das Risiko in konkreten Räumen in Form eines Sachverständigengutachtens darzustellen. Wenden Sie sich dazu bitte an:

DI Peter Tappler
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
Mobil: ++43 (0)664 3008093
email: p.tappler@innenraumanalytik.at

7 Literatur (Auswahl)

BMNT (2017): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter. Überarbeitete Fassung, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (derzeit Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, BMK) unter Mitarbeit der österreichischen Akademie der Wissenschaften.

https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/rl_luftqualitaet.html

BMK (2021): Positionspapier zur Bewertung von Innenräumen in Hinblick auf das Infektionsrisikos durch SARS-CoV-2. Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html

BMK (2021): Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen durch Einsatz von Luftreinigern zur Covid-19 Prävention und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumluft. Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html

Buonanno et al. (2020): Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications. *Environment International* Volume 145.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106112>

CO₂-SIM 4.2. Simulationsprogramm zur Berechnung der zu erwartenden CO₂-Konzentrationen in Innenräumen.

<http://www.raumluft.org/rit-anlagen/co2-rechner/>

Curtius J et al. (2020): Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2. medRxiv preprint. <https://doi.org/10.1101/2020.10.02.20205633>

Kriegel M, Hartmann A (2021): Covid-19 Ansteckung über Aerosolpartikel. Vergleichende Bewertung von Innenräumen hinsichtlich des situationsbedingten R-Wertes (white paper). <https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/12578>

Müller D, Rewitz K, Derwein D, Burgholz TM, Schweiker M, Barday J, Tappler P (2020): Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen. Report (white paper). RWTH-EBC 2020-005, Aachen, 2020. <https://doi.org/10.18154/RWTH-2020-11340>

Morawska L. et al. (2009): Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science* Volume 40, Issue 3, March 2009, 256-269.

Richter W, Seifert J, Gritzki R, Rösler M (2003): Bestimmung des realen Luftwechsels bei Fensterlüftung aus energetischer und bauphysikalischer Sicht. Abschlussbericht. Bau- und Wohnforschung, Band F 2425

Schnieders J. (2003): Wirkung von Position und Art der Lüftungsöffnungen auf den Schadstoffabtransport. Protokollband Nr. 23 Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III. Hrsg. Passivhaus Institut Darmstadt

Zentrum für Public Health der Medizinischen Universität Wien, Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin (2020): Kultur in Zeiten der COVID19-Epidemie in Österreich: Leitfaden für den Kulturbetrieb (13.05.2020)