

Dipl. Ing. PETER TAPPLER

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
1150 Wien, Stutterheimstr. 16-18/Stg.2/2.Stock/16m
T 0664/3008093, Fax 01/9838080-15
p.tappler@innenraumanalytik.at
<http://tappler.innenraumanalytik.at>



UNTERSUCHUNG VON RÄUMEN AUF RAUMLUFTHYGIENISCHE PARAMETER BEURTEILUNG DES INFEKTIONSRISIKOS

**THEATER LILARUM
GÖLLNERGASSE 8
1030 WIEN**

BEFUND UND GUTACHTEN

Projektnummer: **Y0664**

Auftraggeber: Theater Lilarum
Göllnergasse 8
1030 Wien

Ort der Leistung: Göllnergasse 8
1030 Wien

Aussteller: **Dipl. Ing. Peter Tappler**
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
Reinhaltung der Luft – Belastungen der Innenraumluft
Mikrobiologie – Schimmelbelastungen in Innenräumen
Bauchemie, Baustoffe – Schadstoffgehalt und Emissionen von
Baustoffen

1150 Wien, Stutterheimstr. 16-18/Stg.2/2.Stock/16m
Tel: 0664-300 80 93 Fax: 01-983 80 80-15
e-mail: p.tappler@innenraumanalytik.at
home: <http://tappler.innenraumanalytik.at>

Datum der Ausstellung: 14.09.2020

INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	4
2	Aufgabenstellung und Vorgangsweise	5
3	Befund	5
3.1	Situation vor Ort	5
3.2	Vorgangsweise und Methodik zur Untersuchung des Luftvolumenstroms	6
3.3	Ergebnisse der Untersuchung des Luftvolumenstromes	6
4	Gutachten – Beurteilung der raumlufthygienischen Situation	7
4.1	Beurteilungsgrundlagen zur Abschätzung des Risikos der Virusübertragung.....	7
4.2	Richtwerte zur Bewertung des Außenluft-Volumenstroms	8
4.2.1	Beurteilungsgrundlagen für CO ₂ als Lüftungsparameter.....	8
4.2.2	Rechtliche Grundlagen zur Lüftung von Innenräumen.....	10
4.3	Richtlinien zur aktuellen Corona-Problematik.....	11
4.3.1	Sinnvolle hygienische Maßnahmen gegen die Übertragung von SARS-CoV-2.....	11
4.3.2	Kultur in Zeiten der COVID19-Epidemie in Österreich: Leitfaden für den Kulturbetrieb	12
4.3.3	REHVA COVID-19 Leitfaden.....	12
4.3.4	ISIAQ Webinar: Ventilation Impacts on Indoor Aerosol Transport & Current HVAC Recommendations for Re-Opening Buildings.....	13
4.4	Beurteilung der Lüftungssituation.....	14
4.5	Abschätzung des Risikos einer potentiellen Virusübertragung	14

1 Zusammenfassung

In praktisch allen Fachpublikationen wird auf eine sichere und ausreichende Belüftung von Räumen mit Außenluft hingewiesen, um das Risiko von Virenübertragungen über Aerosole niedrig zu halten und optimale Arbeitsbedingungen für geistiges Arbeiten zu gewährleisten.

Bei der im Zuge einer Veranstaltung nach Angaben des Auftraggebers anzunehmenden maximalen Belegung des Zuschauerraumes/Bühne mit insgesamt 60 Personen wird bei allen Lüftungsstufen der vom österreichischen Leitfaden für den Kulturbetrieb des Zentrums für Public Health der MedUni Wien vorgegebene Mindestwert für den Außenluft-Volumenstrom von 35 m³ pro Stunde deutlich überschritten.

Die vorgefundene Situation in Bezug auf eine mögliche Virusaufnahme durch potenziell infektiöse Aerosole ergab unter Voraussetzung einer dreistündigen Aufenthaltszeit die Einschätzung, dass bei Anwesenheit einer infizierten Person das Risiko einer Virenaufnahme deutlich niedriger liegen würde wie bei der Standardsituation¹. Dies gilt auch bei Anwesenheit einer infizierten Person mit erhöhter Virusabgabe (bspw. Schauspieler, der laut spricht).

Anzumerken ist, dass andere Hygienemaßnahmen wie Abstandhalten und Händehygiene nach wie vor erforderlich sind, um Infektionen über andere Übertragungswege für Viren als Aerosole zu vermeiden.

¹ Standardsituation: Innenraum mit < 100 Personen, 200 m³ Raumvolumen (63 m³ Grundfläche und 3 m Raumhöhe, eine infizierte Person, kumulierte Virenaufnahme nach 8 Stunden

2 Aufgabenstellung und Vorgangsweise

Auf Grund der SARS-CoV-2-Pandemie besteht die Notwendigkeit, im Theater Lilarum den Zuschauerraum und deren raumluftechnische Anlagen in Hinblick auf das bestehende Virusübertragungspotenzial durch Aerosole zu bewerten.

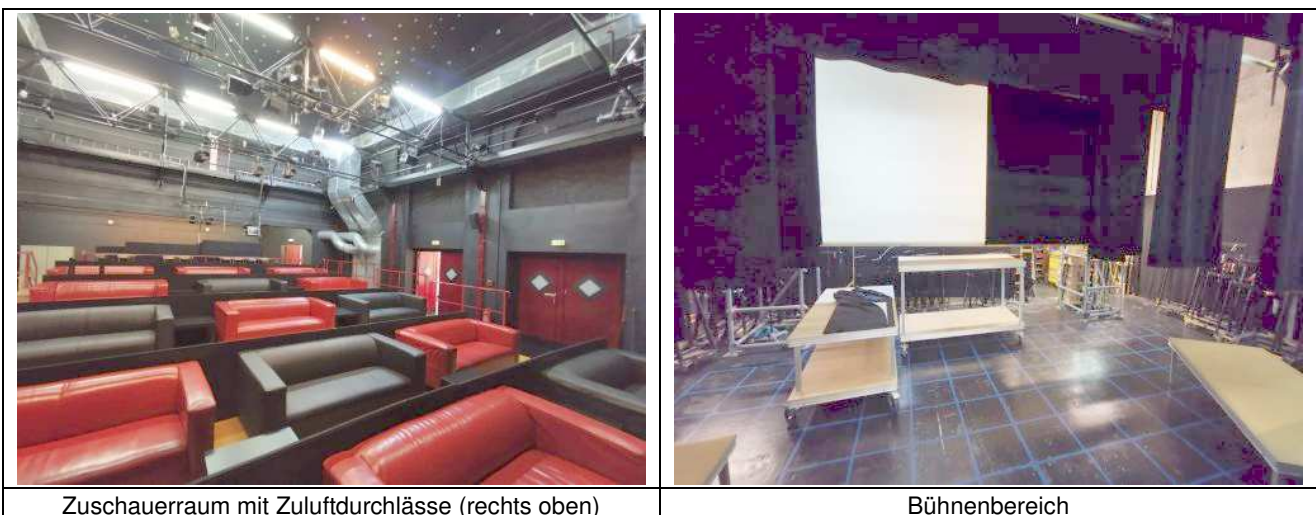
Es sollen Messungen der Luftvolumenströme an der raumluftechnischen Anlage durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Messungen sollen in Hinblick auf bestehende Richt- und Referenzwerte bewertet werden. Weiters soll das Risiko einer Übertragung durch Aerosole abgeschätzt werden, dass bei der vom Auftraggeber angegebene Maximalanzahl an gleichzeitig sich im Raum befindlichen Personen zu erwarten ist.

Anmerkung: auftragsgemäß soll auf Abstandsregelungen und sonstige Hygienevorschriften, die unabhängig von der Reduktion des Virus-Übertragungsrisikos durch Aerosole bestehen, nicht eingegangen werden.

3 Befund

3.1 Situation vor Ort

Bei dem mechanisch belüfteten Zuschauerraum ist von einer Aufenthaltszeiten von 3 Stunden mit kurzer Pause im Foyer auszugehen. Der Zuschauerraum und der damit luftechnisch verbundene Bereich der Bühne werden von einer zweistufig steuerbaren Lüftungsanlage, deren Zuluft einbringung im oberen Bereich des Raumes verläuft, versorgt. Die Raumvolumina laut Auftraggeber betragen: Saal 1234 m³, Bühne 673 m³, Raum hinter Regie 306 m³, Einbauten, Mobilar etc. 109 m³.



3.2 Vorgangsweise und Methodik zur Untersuchung des Luftvolumenstroms

Die Bestimmung des Volumens der zugeführten Außenluft pro Zeiteinheit (Zuluftvolumenstrom) erfolgte nach ÖNORM EN 12599². Das Luftvolumen wurde mit Hilfe der gemessenen Luftgeschwindigkeit in den Rohrleitungen unter Verwendung eines Flügelradsensors [Testo 400] ermittelt. Aus dem gemessenen Luftvolumenstrom kann das zugeführte Luftvolumen pro Person und Zeiteinheit unter Kenntnis der Belegung des Raumes berechnet werden.

Es bestehen folgende Beziehungen:

$$V_P = \frac{V}{P}$$

$$h = \frac{V}{V_R}$$

V_PPersonenbezogener Luftvolumenstrom [m^3/h] PAnzahl der Personen im Raum
 hLuftwechselzahl [h^{-1}] VLuftvolumenstrom [m^3/h] V_RRaumvolumen [m^3]

Das in Innenräume einströmende Luftvolumen besteht unter Betriebsbedingungen zur Gänze aus Außenluft, da nach Angaben des Auftraggebers die Lüftungsanlage mit 100 % Außenluft und nicht mit Umluft betrieben wird.

Die Messprotokolle der Luftgeschwindigkeitsmessungen werden gesondert übermittelt.

3.3 Ergebnisse der Untersuchung des Luftvolumenstromes

Tabelle 3.3.1: Ergebnisse der Untersuchung des Luftvolumenstromes^a

Datum	Raum	Zuluftvolumenstrom [m^3/h] lt. Messung	Raumvolumen gesamt inkl. Bühnenbereich [m^3]	Belegung [P]	Personenbezogener Zuluftvolumenstrom [$\text{m}^3/\text{P}*\text{h}$]
07.09.2020	Zuluft Stufe 1	3.500	2.100	60	58
07.09.2020	Zuluft Stufe 2	5.300	2.100	60	88

^a Ergebnisse auf 2 signifikante Stellen gerundet

² ÖNORM EN 12599: Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen. 2012 12 15

4 Gutachten – Beurteilung der raumlufthygienischen Situation

4.1 Beurteilungsgrundlagen zur Abschätzung des Risikos der Virusübertragung

Der Vergleich der vorgefundenen Situation mit einer Standardsituation in Bezug auf eine mögliche Virusaufnahme durch Aerosole bei Anwesenheit einer infizierten Person wurde mit dem Programm VIR-SIM 1.0³ durchgeführt. Es wird angenommen, dass die kumulierte Aufnahme von Aerosolen und darauf haftenden potenziell infektiösen Viren für eine Infektion als entscheidend angenommen wird und daher das Risiko mit zunehmender Aufenthaltszeit in einem Raum mit einer infizierten Person ansteigt. Der in der Abschätzung berechnete, zeitabhängige Faktor R (relatives Risiko) beschreibt, in welchem Verhältnis die mögliche Virenaufnahme zu der Virenaufnahme einer Person in einem gut und ausreichend gelüfteten Innenraum (z.B. Vortragsraum/Schulraum) nach 8 Stunden Aufenthalt steht (bezeichnet als „Standardsituation“).

Ziel ist eine Darstellung des relativen Risikos bei unterschiedlichen Randbedingungen im Raum (Luftwechsel, Raumvolumen, Lüftungsphasen). Daten, die weitgehend unbekannt oder sehr variabel sind (Virusabgabe einer infizierten Person, Beladung von Aerosolen mit Viren, Lebensdauer der Viren, Strömungssituation im Raum), gehen nicht in die Berechnung des relativen Risikos R ein, da die zu prüfende Situation mit einer Standardsituation mit den gleichen Vorgaben verglichen wird.

Die Standardsituation beschreibt einen Innenraum mit einer Belegung von 25 Personen, 200 m³ Raumvolumen (66,7 m³ Grundfläche, 3 m Raumhöhe) und einem Zuluftvolumenstrom von 35 m³/h je Person (Luftwechsel 4,4 h⁻¹), eine infizierte Person, Aufenthaltsdauer 8 Stunden. Der Aufenthalt in diesem gut gelüfteten, mittelgroßen Raum bei Anwesenheit einer infizierten Person liegt an der oberen Grenze des als „mittel“ klassifizierten Risikos. Dies bedeutet unter anderem auch, dass sich bei diesem Zuluftvolumenstrom und bei sitzender Tätigkeit im Raum ein Mittelwert der CO₂-Konzentration von etwa 1000 ppm als Ausgleichskonzentration einstellen würde. Eine solche Expositionssituation wird in der Regel als „akzeptabel“ bezeichnet und entspricht sowohl den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung an Arbeitsplätze⁴ bei mechanisch belüfteten Räumen, den Vorgaben der Klasse 2 der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft als auch den Vorgaben des österreichischen Leitfadens für den Kulturbetrieb⁵ in Pandemiezeiten des Zentrums für Public Health der Medizinischen Universität Wien.

Ergibt die Simulationsrechnung einen Risikowert von $R = 1$ ist für die potenzielle, kumulierte Virusaufnahme (akkumulierte Gesamtmenge) die gleiche Größenordnung wie bei einer Person in der Standardsituation nach 8 Stunden Aufenthalt anzunehmen. Bei Werten von $R \leq 0,5$ ist eine wesentlich geringere Wahrscheinlichkeit, bei Werten von $R \geq 2$ ist eine wesentlich erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Infektion der Nutzer des Raumes über Aerosole gegenüber der Standardsituation zu erwarten – immer unter der Voraussetzung der Anwesenheit zumindest einer infizierten Person im Raum. Bei Räumen mit mehr als 100 Nutzern werden je nach Gesamtzahl mehrere infizierte Personen (eine pro 100 Nutzer) angenommen.

³ <http://raumluft.linux47.webhome.at/innenraum-und-sars-cov-2/>

⁴ Arbeitsstättenverordnung AStV, BGBl. II Nr. 368/1998

⁵ Zentrum für Public Health der Medizinischen Universität Wien, Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin: Kultur in Zeiten der COVID19-Epidemie in Österreich: Leitfaden für Kulturbetrieb (13.05.2020)

Anmerkung: Zusammenfassend kann ausgesagt werden, dass bei der Berechnung des relativen Risikos eine stark vereinfachte Situation zu Grunde gelegt wird. Es wird darauf hingewiesen, dass bei der Berechnung Daten, die in der Regel nicht vollständig bekannt sind (z.B. Dichtheit der Fenster, Aktivität der Raumnutzer) oder Faktoren, die sich mit der Zeit ändern können, abgeschätzt werden, was den Ergebnissen eine nicht zu vermeidende Unschärfe verleiht. Die Abschätzung ist daher als eines der Hilfsmittel zur situativ-integrativen Beurteilung des Infektionsrisikos über Aerosole in einem Innenraum zu bewerten. Die Ergebnisse sind daher als grobe Abschätzung zu betrachten, da zusätzlich zu den Unsicherheiten individuelle Faktoren (z.B. Intensität der individuellen Virenabgabe, Verteilungssituation in einem realen Raum usw.) eine bedeutende Rolle spielen. Weiter wird darauf hingewiesen, dass es auch bei niedrigen Werten des Faktors R nicht möglich ist, einen 100-prozentigen Schutz vor Infektionen mit SARS-CoV-2 in Innenräumen zu erreichen.

4.2 Richtwerte zur Bewertung des Außenluft-Volumenstroms

Allgemeingültige Grenzwerte für den erforderlichen Außenluft-Volumenstrom bei mechanisch belüfteten Gebäuden finden sich in der Arbeitsstättenverordnung⁶. Zu geringe Außenluft-Volumenströme sind aus hygienischen Gesichtspunkten bei bestimmten Situationen als kritisch zu betrachten. Durch zu geringe Außenluftvolumenströme werden anthropogen verursachte Luftverunreinigungen, emittierte Schadstoffe aus Baustoffen und Materialien des Innenausbaus sowie Luftkeime wie Viren und Bakterien in zu geringem Ausmaß abgeführt. Zur Beurteilung einer konkreten Situation in Innenräumen muss der gemessene Außenluft-Volumenstrom herangezogen werden. Der normgerechte (hygienisch wünschenswerte) personenbezogene Außenluftvolumenstrom pro erwachsener Person liegt in klimatisierten Gebäuden bei 20 - 30 m³/h bei geringer körperlicher Aktivität, insbesondere zur Einhaltung des Richtwertes für CO₂ von 0,1 Vol % (Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, ÖNORM H 6000 1988 Teil 3) bzw. bei etwa 35 m³/h bei Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung in Räumen, in denen geistige Tätigkeiten verrichtet werden (bspw. Büros, siehe Vorgaben Arbeitsstättenverordnung).

4.2.1 Beurteilungsgrundlagen für CO₂ als Lüftungsparameter

CO₂ ist ein guter Indikator für die durch den Menschen verursachte Raumluftbelastung. Bei 0,1 Vol% = 1000 ppm (Pettenkofer-Zahl) empfinden rund 20 % der Personen die Raumluft als unbefriedigend⁷, bei weiter ansteigenden CO₂-Konzentrationen erhöht sich die Zahl der Personen, die die Luft als unbefriedigend empfinden. Erhöhte Konzentrationen entstehen bei hoher Nutzungsintensität und unzureichender Belüftung und wirken sich signifikant negativ auf die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit aus. Bei zunehmender Konzentration an CO₂ steigt auch das Risiko, an Beschwerden des Sick-Building Syndroms zu leiden. Bei höheren Werten erfüllt die Raumluft nach übereinstimmender Expertenmeinung nicht mehr die notwendigen hygienischen Anforderungen an saubere Raumluft.

In einer vom BMK unter Mitarbeit der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden Orientierungswerte für die

⁶ Arbeitsstättenverordnung AStV, BGBl. II Nr. 368/1998

⁷ Luftqualität in Innenräumen (1997) Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schriftenreihe Umwelt Nr. 287

Innenraumluft festgelegt⁸. Aufgrund der Tatsache, dass keine definierten Grenzen für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit beeinträchtigende Konzentrationen vorliegen, sondern steigende Konzentrationen ab etwa 800 ppm kontinuierliche Verschlechterungen der Raumluftqualität anzeigen, werden Kategorien gebildet, die die Luftqualität bezeichnen.

Tabelle 4.2.1 Beispiele für Beurteilungszeiträume für CO₂-Messungen

Innenraum	Interessierender Zeitraum	Typischer Beurteilungszeitraum in Stunden
Schulklassen	Unterrichtszeit von Unterrichtsbeginn bis -ende	6 - 8
	Unterrichtszeit einer Unterrichtseinheit	1 - 2
Arbeitsstätten, Büros	Arbeitszeit von Betriebsbeginn bis Betriebsschluss	8
Vortragssäle, Veranstaltungsräume, Theater	Dauer der Veranstaltung inkl. Pausen	2 - 6
Wohnungen	Nachtsituation im Schlafzimmer	8
	Gesamtsituation bspw. im Wohnzimmer	24
Verkehrsmittel	Situation in Flugzeugen, Nachtsituation z.B. in Liege- und Schlafwagenabteilen von Zügen	1 - 8

Ziel ist, dass in Innenräumen, die zum dauerhaften Aufenthalt von Personen dienen, der arithmetische Mittelwert der Momentanwerte im jeweiligen Beurteilungszeitraum nicht über dem Wert von 800 ppm CO₂ absolut (dies bedeutet gemessene Werte inkl. der Konzentration der Außenluft von etwa 400 ppm) liegt. In Innenräumen, die für den dauerhaften Aufenthalt von Personen vorgesehen sind und in denen geistige Tätigkeiten verrichtet werden bzw. die zur Regeneration dienen (bspw. Schul- und Unterrichtsräume, Vortragsräume, Büros, Schlafräume, Hotelzimmer), sollte der arithmetische Mittelwert der Momentanwerte im jeweiligen Beurteilungszeitraum nicht über dem Wert von 1000 ppm CO₂ absolut liegen. In sonstigen Innenräumen, die für den dauerhaften Aufenthalt von Personen vorgesehen sind (bspw. Wohnräume mit Ausnahme von Schlafräumen, Verkaufsräume, Gasträume von Gastgewerbebetrieben, Arbeitsräume, in denen keine geistige Tätigkeit verrichtet wird) sollte der arithmetische Mittelwert der Momentanwerte im jeweiligen Beurteilungszeitraum nicht über dem Wert von 1400 ppm CO₂ absolut liegen. In Innenräumen mit geringer Nutzungsdauer durch Personen (bspw. Gänge, Nassräume, Nebenräume, selten besuchte Räume) sollte der arithmetische Mittelwert der Momentanwerte im jeweiligen Beurteilungszeitraum nicht über dem Wert von 5000 ppm CO₂ absolut (Zahlenwert entspricht dem Grenzwert als Tagesmittelwert der österreichischen Grenzwertverordnung⁹ – MAK-Wert) liegen. Eine geringe Nutzungsdauer liegt vor, wenn der jeweilige Raum insgesamt nicht mehr als eine Stunde pro Tag von der gleichen Person benutzt wird.

⁸ BMNT (2017): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter. Überarbeitete Fassung, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus unter Mitarbeit der österreichischen Akademie der Wissenschaften. Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), derzeit BMK

⁹ Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz über Grenzwerte für Arbeitsstoffe sowie über krebserzeugende und fortpflanzungsgefährdende (reproduktionstoxische) Arbeitsstoffe (GKV 2018)

Tabelle 4.2.1: Richtwerte und Ziele für die Raumluftqualität nach BMNT/ Österr. Akademie der Wissenschaften

Luftqualitäts-Klasse	Beschreibung	Beurteilungswert als CO ₂ -Konzentration (absolut) [ppm]
Klasse 1	Zielwert für Innenräume, in denen sich dauerhaft Personen aufhalten	Arithmetischer Mittelwert der Momentanwerte ≤ 800
Klasse 2	Richtwert für Innenräume für den dauerhaften Aufenthalt von Personen, in denen geistige Tätigkeiten verrichtet werden bzw. die zur Regeneration dienen	Arithmetischer Mittelwert der Momentanwerte ≤ 1000
Klasse 3	Allgemeiner Richtwert für Innenräume für den dauerhaften Aufenthalt von Personen	Arithmetischer Mittelwert der Momentanwerte ≤ 1400
Klasse 4	Richtwert für Innenräume mit geringer Nutzungsdauer durch Personen	Arithmetischer Mittelwert der Momentanwerte ≤ 5000
Außerhalb der Klassen	Für die Nutzung durch Personen nicht akzeptabel	Arithmetischer Mittelwert der Momentanwerte > 5000

4.2.2 Rechtliche Grundlagen zur Lüftung von Innenräumen

Die Arbeitsstättenverordnung definiert folgende Anforderungen an Arbeitsplätze¹⁰ (Auszug):

§ 26. (1) Als Arbeitsräume dürfen nur Räume verwendet werden, denen ausreichend frische, von Verunreinigungen möglichst freie Luft zugeführt und aus denen verbrauchte Luft abgeführt wird. Die Lüftung hat so zu erfolgen, dass die Räume möglichst gleichmäßig be- und entlüftet werden.

§ 27. (2) Arbeitsräume sind mechanisch zu be- und entlüften, wenn die natürliche Lüftung nicht ausreicht, insbesondere wenn:

3. trotz Einhaltung der erforderlichen Lüftungsquerschnitte

a) eine ausreichend gute Luftqualität nicht gewährleistet werden kann (z.B. bei erschwerenden Bedingungen wie erhöhter Wärme-, Rauch- oder Dampfeinwirkung, Belastung der Raumluft durch gefährliche Stoffe)

3) Wird ein Arbeitsraum ausschließlich mechanisch be- und entlüftet, gilt folgendes:

1. Pro anwesender Person und Stunde ist mindestens folgendes Außenluftvolumen zuzuführen:

a) 35 m³, wenn in dem Raum nur Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung durchgeführt werden

b) 50 m³, wenn in dem Raum Arbeiten mit normaler körperlicher Belastung durchgeführt werden;

c) 70 m³, wenn in dem Raum Arbeiten mit hoher körperlicher Belastung durchgeführt werden.

2. Der dem Raum zugeführte Luftvolumenstrom muss dem Abluftstrom entsprechen, sofern die Nutzungsart des Raumes dem nicht entgegensteht.

¹⁰ Arbeitsstättenverordnung AStV, BGBl. II Nr. 368/1998

3. Bei erschwerenden Bedingungen wie erhöhter Wärme-, Rauch- oder Dampfeinwirkung, sind die Werte nach Z 1 mindestens um ein Drittel zu erhöhen.

4. Bei Umluftbetrieb darf der Anteil des in der Stunde zugeführten Außenluftvolumens bei Außentemperaturen zwischen 26 °C und 32 °C und zwischen 0 °C und -12 °C bis auf einen Wert von 50% linear verringert werden.

(4) Wird ein Arbeitsraum sowohl natürlich als auch mechanisch be- und entlüftet, ist die mechanische Be- und Entlüftung so auszulegen, dass unter Berücksichtigung der natürlichen Lüftung ausreichend Außenluft zugeführt werden kann.

Das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz definiert folgende Anforderungen an Arbeitsplätze¹¹ (Auszug):

§ 66. (2) Arbeitgeber haben die Arbeitsvorgänge und Arbeitsplätze entsprechend zu gestalten und alle geeigneten Maßnahmen zu treffen, damit die Arbeitnehmer keinen erheblichen Beeinträchtigungen durch blendendes Licht, Wärmestrahlung, Zugluft, üblen Geruch, Hitze, Kälte, Nässe, Feuchtigkeit oder vergleichbare Einwirkungen ausgesetzt sind oder diese Einwirkungen möglichst gering gehalten werden.

4.3 Richtlinien zur aktuellen Corona-Problematik

Zur Beantwortung der Fragestellungen in Hinblick auf die aktuelle COVID-19-Problematik in Zusammenhang mit raumlufttechnischen Anlagen wird auf aktuelle und zur Zeit der Gutachtenausstellung verfügbare Dokumente, die auf dem derzeitigen Wissensstand basieren, zurückgegriffen. Im Folgenden werden ausgewählte nationale und internationale Richtlinien zusammengefasst bzw. auszugsweise wiedergegebenen.

4.3.1 Sinnvolle hygienische Maßnahmen gegen die Übertragung von SARS-CoV-2

In dieser Veröffentlichung¹² der Österreichischen Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Präventivmedizin (ÖGHMP) wird ausgeführt, dass beim Infektionserreger SARS-CoV-2 die Übertragung nach bisherigen Erkenntnissen vor allem über Tröpfchen und Aerosole (feine Tröpfchen) in der Einatemluft geschieht. Eine Kontaktübertragung durch Atemwegssekrete scheint deutlich seltener zu sein und unbelebte Oberflächen dürften eine sehr geringe Rolle spielen (allenfalls dann, wenn sie deutlich mit Nasen-Rachensekret von Virus-Ausscheidern kontaminiert wurden und diese Kontamination kurz darauf über Finger oder Gegenstände mit den Schleimhäuten einer empfänglichen Person in Berührung kommt).

¹¹ ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – AschG und Änderung des Allgemeinen Sozialversicherungsgesetzes, des Arbeitsvertragsrechts-Anpassungsgesetzes, des Arbeitsverfassungsgesetzes, des Berggesetzes 1975, des Bauern-Sozialversicherungsgesetzes, des Arbeitsmarktförderungsgesetzes, des Arbeitslosenversicherungsgesetzes 1977 und des Ausländerbeschäftigungsgesetzes, BGBl.Nr. 450/1994 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 159/2001

¹² Österreichische Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Präventivmedizin (ÖGHMP): Sinnvolle hygienische Maßnahmen gegen die Übertragung von SARS-CoV-2 (11.05.2020)

Aus diesem Grund werden folgende allgemeine Maßnahmen als wirksam und sinnvoll, um die Übertragung von SARS-CoV-2 zu verhindern, formuliert:

- Abstand halten
- Husten- und Niesetikette
- Mund/Nasenschutz (zum Schutz anderer Menschen)
- Gesichtsmaske (zum Eigenschutz)
- Richtige Händehygiene
- **Regelmäßiges Lüften der Räume (ausreichender Luftwechsel)**
- Allgemeine Reinlichkeit

4.3.2 Kultur in Zeiten der COVID19-Epidemie in Österreich: Leitfaden für den Kulturbetrieb

In diesem österreichischen Leitfaden für den Kulturbetrieb¹³ des Zentrums für Public Health der Medizinischen Universität Wien werden Empfehlungen und Maßnahmen in den Bereichen Museum/Ausstellungen, Kino und Live Performances (Sprechtheater, Oper, Musical, etc.) in Pandemiezeiten formuliert. Speziell werden Empfehlungen und Maßnahmen für Veranstaltungen in Innenräumen ausgesprochen, da davon auszugehen ist, dass die Verdünnung des Atemaerosols im Innenraum, insbesondere bei geringem Luftwechsel, langsamer erfolgt als im Freien. Neben den allgemeinen Begleitmaßnahmen (Begrenzung der maximalen Besucheranzahl, Mund-Nasenschutz und Hygienevorschriften), werden folgende Punkte in Hinblick auf Lüftungsmaßnahmen und Innenraumklima ausgeführt:

- **Der Luftwechsel, insbesondere das personenbezogene Zu- bzw. Abluftvolumen, haben Einfluss auf das Infektionsrisiko.**
- **Der Gesamtvolumenstrom raumlufttechnischer Anlagen ist im Betrieb auch mit reduzierter Besucherbelastung einzuhalten.**
- **In jedem Fall ist dem jeweiligen Raum pro im Raum anwesender Person und Stunde ein Außenluftvolumen von mindestens 35 m³ zuzuführen, dies entspricht den in der österreichischen Arbeitsstättenverordnung¹⁴ definierten Anforderungen an Arbeitsplätze für Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung.**
- Umluftanlagen oder raumbezogene Klimageräte, bei denen die Luft mit Ventilatoren in einem Gebäude bzw. innerhalb des Raumes im Kreis transportiert wird, sind zu vermeiden.

4.3.3 REHVA COVID-19 Leitfaden

Dieser internationale Leitfaden der Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA)¹⁵ fasst Ratschläge für den Betrieb und die Nutzung der Gebäudetechnik zur Verhinderung der Ausbreitung des Coronavirus am Arbeitsplatz zusammen. Es werden zwei Expositionsmechanismen über die Luft beschrieben. Zum einen die Kontaktübertragung durch große Tröpfchen (> 10 µm), welche durch Husten und Niesen gebildet werden und Personen im Umkreis von etwa 1-2 m direkt infizieren können bzw. auf Oberflächen fallen, von

¹³ Zentrum für Public Health der Medizinischen Universität Wien, Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin: Kultur in Zeiten der COVID19-Epidemie in Österreich: Leitfaden für Kulturbetrieb (13.05.2020)

¹⁴ Arbeitsstättenverordnung AStV, BGBl. II Nr. 368/1998 idgF.

¹⁵ Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA): REHVA COVID-19 Leitfaden (03.04.2020)

wo sie durch Oberflächenkontakt eine Infektion auslösen können. Zum anderen die Luftübertragung durch kleine Partikel ($< 5 \mu\text{m}$), die stundenlang in der Luft bleiben und über weite Strecken transportiert werden können und durch Husten, Niesen und Sprechen erzeugt werden. Es wird ausgeführt, dass SARS-CoV-2 wahrscheinlich bis zu 3 Stunden in der Raumluft und auf Raumboflächen 2-3 Tage bei üblichen Raumbedingungen aktiv (infektiös) bleibt¹⁶. Ein weiterer von der WHO anerkannter Übertragungsweg ist der fäkal-orale Weg, wobei als Vorsichtsmaßnahme vorgeschlagen wird, Toiletten mit geschlossenem Deckel zu spülen. Auf diesen Übertragungsweg wird im Rahmen dieses Gutachtens nicht näher eingegangen.

Auf Basis dieser Übertragungswege wurden folgende praktische Empfehlungen/ Ratschläge für den Betrieb der Gebäudetechnik ausgesprochen:

- **Sichere und ausreichende Belüftung von Räumen mit Außenluft.**
- **Belüftung des Gebäudes mit Nenn-Volumenstrom mind. 2 Stunden vor der Nutzungszeit und Belüftung mit reduziertem Volumenstrom etwa 2 Stunden nach der Nutzungszeit.**
- Belüftung mit niedrigem Volumenstrom auch nachts und am Wochenende.
- Regelmäßige und ausreichende Belüftung über Fenster (vor allem in Räumen ohne raumluftechnische Anlage).
- **Umschalten von Lüftungsanlagen mit Umluft auf 100% Außenluft.**
- Überprüfung der Wärmerückgewinnungsanlagen (insbesondere Rotationswärmetauscher), um sicherzustellen, dass die Leckraten im Bereich von 1-2% liegen.
- Gebläsekonvektoren entweder ausschalten oder so arbeiten, dass die Ventilatoren ständig eingeschaltet sind.
- Heiz-, Kühl- und mögliche Befeuchter-Sollwerte (i.d.R. 25-30% relative Luftfeuchte) nicht verändern.
- Änderungen der normalen Luftleitungsreinigungs- und Wartungsverfahren sind nicht erforderlich. Dies beinhaltet auch einen Austausch der zentralen Außen- und Abluftfilter gemäß dem Wartungsplan mit üblichen Schutzmaßnahmen einschließlich Atemschutz.

4.3.4 ISIAQ Webinar: Ventilation Impacts on Indoor Aerosol Transport & Current HVAC Recommendations for Re-Opening Buildings

In einem Webinar¹⁷ der *International Society of Indoor Air Quality and Climate* (ISIAQ) wurden die Auswirkungen der Belüftung in Hinblick auf den Aerosoltransport in Innenräumen beleuchtet und entsprechende Empfehlungen ausgesprochen:

- **Erhöhung der Außenlufttrate.**
- **Vermeidung von Rezirkulation.**
- SARS-CoV-2-Aerosole haben 2 Größenmaxima: $0,25 - 1 \mu\text{m}$ und $> 2,5 \mu\text{m}$; die Effizienz von HEPA-Filtern liegt bei $> 95 \%$ für Aerosole im Bereich von $0,25 - 1 \mu\text{m}$ und bei fast 100% für Aerosole mit einem aerodynamischen Durchmesser von $> 2,5 \mu\text{m}$.
- Einstellung des Sollwertes für die Befeuchtung auf $40 - 60 \%$ relative Luftfeuchtigkeit, allerdings ist die Befeuchtung keine Methode, um die Lebensfähigkeit von SARS-CoV-2 zu reduzieren.

¹⁶ Die in dieser Publikation angegebenen Zeiträume werden kontroversiell diskutiert, es werden auch deutlich niedrigere Zeiträume für die Infektiosität angegeben

¹⁷ ISIAQ Webinar vom 19.05.2020: Ventilation Impacts on Indoor Aerosol Transport & Current HVAC Recommendations for Re-Opening Buildings

4.4 Beurteilung der Lüftungssituation

Im Zuschauerraum lag der gemessene personenbezogene Außenluft-Volumenstrom bei in Betrieb befindlicher Lüftungsanlage (Stufe 1) und einer maximalen Belegung von 60 Personen mit einem Wert von 55 m³/h (88 m³ bei Stufe 2) in einem überdurchschnittlichen Bereich (≥ 35 m³/Person*Stunde).

Unter Berücksichtigung des österreichischen Leitfadens für den Kulturbetrieb¹⁸ des Zentrums für Public Health der Medizinischen Universität Wien, in dem für Pandemiezeiten Empfehlungen und Maßnahmen ausgesprochen werden und vorgegeben wird, dass dem jeweiligen Raum pro im Raum anwesender Person und Stunde ein Außenluftvolumen von mindestens 35 m³ zuzuführen ist, ist festzustellen, dass dieser Wert überschritten wird.

4.5 Abschätzung des Risikos einer potentiellen Virusübertragung

Bitte in türkis unterlegte Felder eingeben! Orange Felder sind berechnete Werte.
Die Werte können in "Detaillierte Eingabe" in Minutenintervallen verändert werden

Raum- und Lüftungparameter	Einheit	Wert
Fläche des Raumes	m ²	170,0
Höhe des Raumes	m	13
Geschätzte Einbauten (Möbel etc.)	m ³	108
Berechnetes Raumvolumen	m ³	2102
Luftwechsel [h⁻¹]	Grundluftwechsel 1,67	Mechanische Raumlüftung
Belegung, Aktivität		
Betrachtungseinheit Anfang	hh:min	00:00
Raumbelegung mit Personen	-	60
Aktivität der Personen im Raum	Aktivität (Beginn) 1,2	Sitzende Aktivität
Außenluftäquiv. Luftzufuhr zB. Luftreiniger	m ³ /h	0
Angenommene Anzahl Virenemittenten	Anzahl	1,0
Aktivitätsfaktor Virenemittent	Aktivität (Beginn) 1	Kein oder leises Sprechen
Detaillierter Lüftungszustand	Gehe zu:	"Detaillierte Eingabe"
Personenbez. Außenluftvol. Grundlüftung	m ³ *P ⁻¹ *h ⁻¹	58,5

Abbildung. 4.5.1: Eingabedaten VIR-SIM 1.0¹⁹

¹⁸ Zentrum für Public Health der Medizinischen Universität Wien, Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin: Kultur in Zeiten der COVID19-Epidemie in Österreich: Leitfaden für Kulturbetrieb (13.05.2020)

¹⁹ <http://raumluft.linux47.webhome.at/innenraum-und-sars-cov-2/>

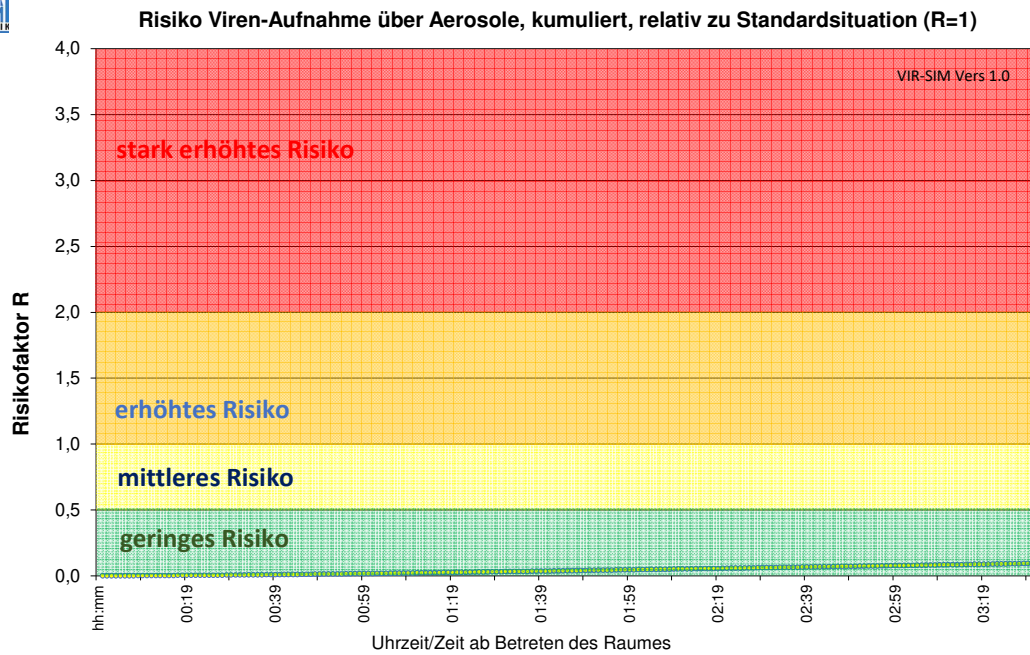


Abbildung. 4.5.2: Zu erwartendes Risiko der Virenaufnahme im Verhältnis zu Standardsituation bei Anwesenheit einer infizierten Person im Zuschauerraum oder der Bühne bei Lüftungsstufe 1 (VIR-SIM 1.0)

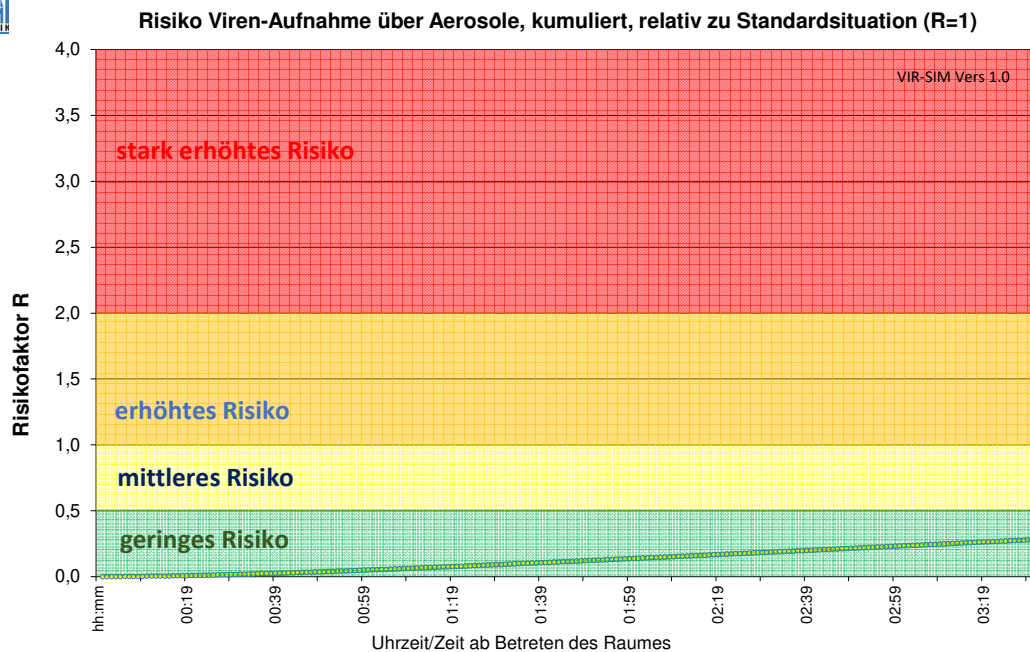


Abbildung. 4.5.3: Zu erwartendes Risiko der Virenaufnahme im Verhältnis zu Standardsituation bei Anwesenheit einer infizierten Person im Zuschauerraum oder der Bühne mit erhöhter Virusabgabe (3x so hoch wie bei leisem Sprechen) bei Lüftungsstufe 1 (VIR-SIM 1.0)

Der Vergleich der vorgefundenen Situation mit einer Standardsituation in Bezug auf eine mögliche kumulierte Virusaufnahme durch Aerosole mit dem Programm VIR-SIM 1.0 ergab die Einschätzung, dass über den Verlauf von 3 Stunden Aufenthalt im Theater bei Lüftungsstufe 1 ein sehr geringes Risiko einer Virenaufnahme gegeben ist (Abb. 3.5.2). Auch unter Voraussetzung der erhöhten Virusabgabe bspw. von einem der Schauspieler beim lauten Sprechen wäre ein geringes Risiko gegeben (Abb. 3.5.3). Da bei Lüftungsstufe 2 höhere Mengen Außenluft als bei Stufe 1 eingebracht werden, gilt die Aussage auch für dieses Szenario.



Dipl. Ing. Peter Tappler

Dieses Schriftstück besteht aus 16 Seiten einschließlich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird es auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung des Autors einzuholen. Die Ergebnisse und daraus abgeleitete Folgerungen beziehen sich ausschließlich auf den Untersuchungszeitraum und die zur Zeit der Untersuchung herrschenden Bedingungen. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernimmt der Aussteller keinerlei Haftung oder Schadenersatz. Wird dieser Schriftsatz in einem Gerichtsverfahren als Beweismittel verwendet und werden der Unterzeichner oder einer seiner Erfüllungsgehilfen als Zeuge geladen (wird als Auftragsverweiterung gewertet) oder wird der Auftrag generell erweitert, z.B. aufgrund ergänzender Fragestellungen, wird der Aufwand mit € 240,- netto je Stunde zuzüglich Fahrtkosten (oder gegebenenfalls zu den ursprünglich vereinbarten Konditionen) dem Auftraggeber des Gutachtens in Rechnung gestellt.