

Covid-19 Ansteckung über Aerosolpartikel

Vergleichende Bewertung von Innenräumen hinsichtlich des situationsbedingten R-Wertes

¹Martin Kriegel, ¹Anne Hartmann

¹Hermann-Rietschel-Institut, FG Energie, Komfort und Gesundheit in Gebäuden, TU Berlin

DOI: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-11387.2>

Version: 02.03.2021

Einleitung

Für das Infektionsrisiko über Aerosolpartikel in geschlossenen Räumen ist die eingeatmete Dosis entscheidend.

Die Dosis hängt ab von:

- Quellstärke (Emissionsrate)
- Atemaktivität (Quelle und Empfänger)
- Aerosolkonzentration im Raum
- Aufenthaltsdauer im Raum

Mit einer Maske (MNS/MNB) kann der Aerosolausstoß und die eingeatmete Menge etwas reduziert werden. Atmen, Sprechen, Singen etc. hat einen Einfluss auf die ausgestoßene Menge. Die Atemaktivität variiert mit der körperlichen Aktivität und verändert ebenfalls die Ausstoßmenge aber auch die aufgenommene Menge der gesunden Personen. Die Luftzufuhr in den Raum reguliert die Anzahl der Aerosolpartikel in der Luft (Konzentration) und schlussendlich führt die Aufenthaltsdauer zu einer Dosis, die eingeatmet wird.

Vergleichende Bewertung von Innenräumen

Die Beurteilung des absoluten Infektionsrisikos über Aerosolpartikel ist noch nicht ausreichend evidenzbasiert. Die Dosis lässt sich jedoch sehr gut ermitteln. Dafür können bekannte Daten zu Atemvolumenströmen bei verschiedener Aktivität [1-3], Quellstärken [4-8] und aus einschlägigen Normen und Richtlinien [9-11] zur Belüftung von Innenräumen die personenbezogenen Zuluftvolumenströme für Räume unterschiedlicher Nutzung verwendet werden. Für die Aufenthaltszeiten in Innenräumen wurden nutzungstypische Werte angenommen.

Es wird bei dem im Folgenden angestellten Vergleich davon ausgegangen, dass AHA+L Regeln und die Empfehlungen der BAuA und des UBA [12, 13] eingehalten werden.

Das Tragen einer Alltagsmaske MNB oder eines medizinischen MNS von ungeschultem Personal hat eine Gesamtfiltereffizienz in Höhe von ca. 50 % [14]. Sie setzt sich zusammen aus der verringerten Emission bei der infizierten Person und aus der Filterleistung beim Einatmen bei den gesunden Personen. Selbst wenn diese Annahme nicht korrekt sein sollte, so wirkt sich das auf die vergleichende Bewertung nur bei den Fällen aus, bei denen zwischen mit und ohne Maske unterschieden wird.

Bei der folgenden Bewertung wird stets der Fall angenommen, dass eine infizierte Person gemeinsam mit anderen gesunden Personen im Raum ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass überhaupt eine Person im Raum ist, wird nicht berücksichtigt.

Die Abbildung 1 zeigt ausgewählte Nutzungsarten/Innenräume. Es wird jeweils das x-fache des Risikos gegenüber einem situationsbedingten R_s -Wert ≤ 1 angegeben. Die Berechnung des R_s -Wertes kann von [15] abgeleitet werden. Der R_s -Wert bedeutet die Anzahl Angesteckter bei einer gleichzeitig anwesenden infizierten Person. Selbst wenn die Berechnung des R_s -Wertes nicht ausreichend evidenzbasiert ist, so spielt dies für die vergleichende Bewertung keine Rolle. Die dargestellten Balken würden sich lediglich parallel nach links oder rechts verschieben.

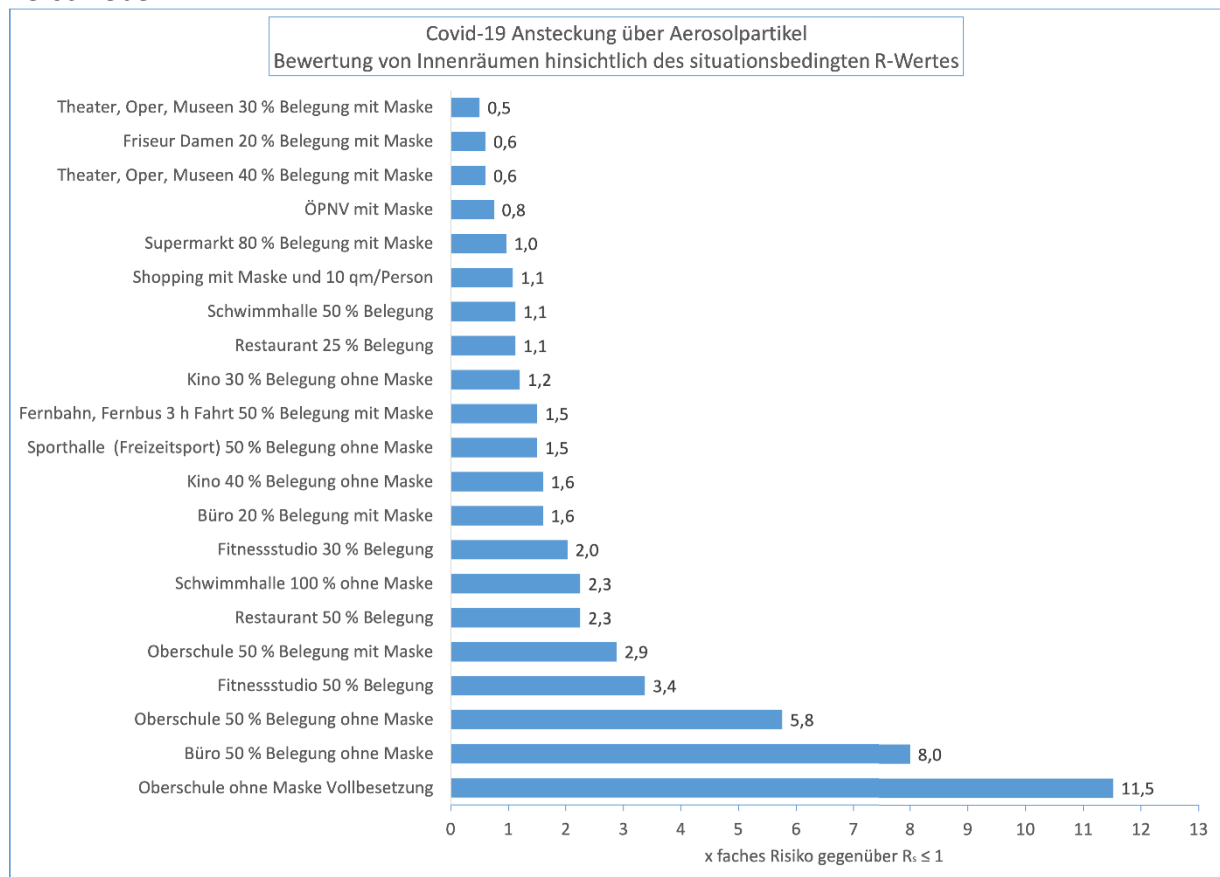


Abbildung 1: Vergleichende Darstellung von typischen Innenraumsituationen

Erläuterungsbeispiel:

Eine Person im Supermarkt mit Maske hat ein Risiko mit dem Wert ≤ 1 . Das bedeutet, dass sich in dieser Situation maximal eine weitere Person anstecken wird. Im Vergleich dazu hat das Mehrpersonenbüro mit einer 50 % reduzierten Belegung, aber ohne das Tragen einer Maske am Arbeitsplatz, einen Wert von 8. Das bedeutet, dass das Risiko in dieser Situation 8-mal höher ist als im Supermarkt.

Hingegen ist ein Theaterbesuch in einer Versammlungsstätte mit 30 % Belegung und mit Tragen einer Maske auch auf dem Sitzplatz nur halb so risikoreich wie im Supermarkt.

Die in Abbildung 1 dargestellten Fälle lassen sich beliebig durch andere erweitern.

Randbedingungen für den angestellten Vergleich in Abbildung 1:

Nutzungsbereich Innenraum	Aufenthaltszeit in Stunden	Spez. Vollast-Zuluftvolumenstrom in m ³ /h/Pers.	Spezifischer Volumenstrom für aktuellen Fall in m ³ /h/Pers.	Aktivitätsgrad: Atemvolumenstrom / Emissionsrate
Büro 50 % Belegung ohne Maske	8	30	60	II
Büro 20 % Belegung mit Maske	8	30	150	II
Oberschule ohne Maske Vollbesetzung	6	25	25	II
Oberschule 50 % Belegung ohne Maske	6	25	50	II
Oberschule 50 % Belegung mit Maske	6	25	50	II
ÖPNV mit Maske	0,5	20	20	II
Supermarkt 80% Belegung mit Maske	1	25	31	III
Friseur Damen mit Maske	2	20	40	II
Shopping mit Maske und 10 qm/Person	2	20	40	III
Restaurant 50 % Belegung	1,5	20	40	II
Restaurant 25 % Belegung	1,5	20	80	II
Theater, Oper, Museen 30 % Belegung mit Maske	2	30	100	II
Theater, Oper, Museen 40 % Belegung mit Maske	2	30	75	II
Kino 30 % Belegung ohne Maske	2	30	100	II
Kino 40 % Belegung ohne Maske	2	30	75	II
Fitnessstudio 50 % Belegung ohne Maske	1,5	40	80	IV
Fitnessstudio 30 % Belegung ohne Maske	1,5	40	135	IV
Sporthalle (Freizeitsport) 50 % Belegung ohne Maske	1	30	60	IV
Schwimmhalle 100% Belegung ohne Maske	2	40	40	IV
Schwimmhalle 50% Belegung ohne Maske	2	40	80	IV
Fernbahn, Fernbus 3 h Fahrt 50 % Belegung mit Maske	3	30	60	II

Tabelle 1: Auszug aus den Randbedingungen für die vergleichende Bewertung von Innenräumen

Aktivitätsgrade als Randbedingung:

Die Aktivität hat neben der Emissionsstärke durch Atmen, Sprechen, Singen, etc. ebenfalls einen Einfluss auf den Atemvolumenstrom und zusammengesehen auf die ausgeatmete Menge an potentiell virenbeladenen Aerosolpartikeln und bei den gesunden Personen auf die eingeatmete und potentiell kontaminierte Luftmenge [1-8, 15].

- I liegen, atmen
- II sitzen, stehen, atmen, sprechen
- III leichte körperliche Tätigkeit, gehen, atmen, wenig sprechen
- IV schwere körperliche Tätigkeit, Sport, wenig lautes sprechen

Zusammenfassung:

Auf Basis des Infektionsrisikomodells [15] lassen sich situationsbedingte R_S-Werte für den gemeinsamen Aufenthalt in Innenräumen voraussagen. Aufgrund der Dynamik der wissenschaftlichen Erkenntnis in Bezug auf die Ansteckungswahrscheinlichkeit, insbesondere

von Mutanten, ist eine vergleichende Bewertung von Räumlichkeiten unter Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen eine Möglichkeit, Alltagssituationen zu bewerten. Die Balken in der Abbildung 1 verschieben sich lediglich parallel nach links oder rechts, wenn sich die medizinische Bewertung hinsichtlich der Ansteckungsfähigkeit ändert.

Literaturquellen:

- [1] A. Córdova and I. Latasa, "Respiratory flows as a method for safely preventing the coronavirus transmission (COVID-19)," *Apunts Sports Medicine*, vol. 55, pp. 81-85, 2020.
- [2] J. Jiang, R. Hanna, M. Willey and A. Rieves, "The measurement of airflow using Singing helmet that allows free movement of the jaw," *Journal of Voice*, vol. 30, no. 6, pp. 641-648, 2016.
- [3] R. Dumond, S. Gastinger, H. Rahman, A. Le Faucheur, P. Quinton, H. Kang and J. Prioux, "Estimation of respiratory volume from thoracoabdominal breathing distances: comparison of two models of machine learning," *European Journal of Applied Physiology*, vol. 117, pp. 1533-1555, 2017.
- [4] Asadi, S.; Wexler, A.S.; Cappa, C.D.; Santiago Barreda, S.; Bouvier, N.M.; Ristenpart, W.D. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci. Rep.* 2019, 9, 2348
- [5] Asadi, S.; Wexler, A. S.; Cappa, C. D.; Barreda, S.; Bouvier, N. M.; Ristenpart, W. D. Effect of voicing and articulation manner on aerosol particle emission during human speech, *PLOSOne* 15(1), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227699>
- [6] Hartmann, A.; Lange, J.; Rotheudt, H.; Kriegel, M. Emission rate and particle size of bioaerosols during breathing, speaking and coughing, PrePrint 10.14279/depositonce-10331
- [7] Morawska, L.; Johnson, G.R.; Ristovski, Z.D.; Hargreaves, M.; Mengersen, K.; Corbett, S.; Chao, C.Y.H.; Li, Y.; Katoshevski, D. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *J. Aerosol Sci.* 2009, 40, 256–269.
- [8] Gregson, F. K. A.; Watson, N. A.; Orton, C. M.; Haddrell, A. E.; McCarthy, L. P.; Finnie, T. J. R.; Gent, N.; Donaldson, G. C.; Shah, P. L.; Calder, J. D.; Bzdek, B. R.; Costello, D.; Reid, J. P. Comparing the Respirable Aerosol Concentrations and Particle Size Distributions Generated by Singing, Speaking and Breathing, Preprint, ChemRXiv,
- [9] DIN V 18599-10 Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
- [10] EN 13779 Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme

[11] Technische Regeln für Arbeitsstätten, ASR 3.6 Lüftung

[12] Umweltbundesamt: Lüften in Schulen, Empfehlungen des Umweltbundesamtes zu Luftaustausch und effizientem Lüften zur Reduzierung des Infektionsrisikos durch virushaltige Aerosole in Schulen

[13] BAuA, Hrsg., 2020. Infektionsschutzgerechtes Lüften - Hinweise und Maßnahmen in Zeiten der SARS-CoV-2- Epidemie.

[14] Schumann, L.; Lange, J.;Rotheudt, H.; Hartmann, A.; Kriegel, M.; Experimentelle Untersuchung der Leckage und Abscheideleistung von typischen Mund-Nasen-Schutz und Mund-Nasen-Bedeckungen zum Schutz vor luftgetragenen Krankheitserregern, PrePrint 10.14279/depositonce-10857

[15] Kriegel, M.; Buchholz, U.; Gastmeier, P.; Bischoff, P.; Abdelgawad, I. Hartmann, A.; Predicted Infection Risk for Aerosol Transmission of SARS-CoV-2; PrePrint 10.1101/2020.10.08.20209106