

Empfehlungen für Schutzmaßnahmen gegen die Übertragung von SARS-CoV-2 in der Luft in Innenräumen im Winter auf der Grundlage wissenschaftlicher Ergebnisse

(a) Luftgetragene Übertragung von SARS-CoV-2 über Aerosolpartikel in schlecht belüfteten Innenräumen:

Das neuartige schwere akute respiratorische Syndrom Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) und die daraus resultierende Coronavirus-Krankheit 2019 (COVID-19) wurde erstmals im Dezember 2019 in Wuhan, China, gemeldet. Sie hat die Weltwirtschaft schwer in Mitleidenschaft gezogen und zu einer weltweiten Krise der öffentlichen Gesundheit geführt. Die Weltgesundheitsorganisation erklärte dies am 11. März 2020 zu einer globalen Pandemie. [1]

Studien haben die Rolle von ausgestoßenen Tröpfchen und Aerosolpartikeln bei der Übertragung von SARS-CoV-2, die insbesondere als Luftübertragung bezeichnet wird, impliziert. Die U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) haben anerkannt, dass die Übertragung von SARS-CoV-2 durch Aerosolpartikel aus der Luft unter bestimmten Umständen auftreten kann, z.B. in geschlossenen Räumen mit unzureichender Belüftung. Die Regierungen Kanadas, Belgiens und der Schweiz haben die Übertragung von SARS-CoV-2 über die Luft anerkannt und einige Richtlinien vorgeschlagen. Es gibt viele Faktoren, die die Übertragung über die Luft beeinflussen, wie z.B. Temperatur, Feuchtigkeit und Sonnenlicht. Die Rolle der relativen Luftfeuchtigkeit (RH) bei der luftübertragenen Übertragung des SARS-CoV-2-Virus in Innenräumen wurde auf der Grundlage neuerer experimenteller und Modellstudien nachgewiesen. Die relative Luftfeuchtigkeit in Innenräumen beeinflusst sowohl die Verdunstungskinetik als auch das Partikelwachstum. In trockenen Innenräumen, d.h. bei geringerer Luftfeuchtigkeit (< 40% r.F.), ist die Wahrscheinlichkeit einer luftübertragenen Übertragung von SARS-CoV-2 höher als in feuchten Räumen (d.h. > 90% r.F.). [1]

Nach unseren Erkenntnissen beeinflusst die relative Luftfeuchtigkeit die Verbreitung des Coronavirus in Innenräumen auf drei Arten: (a) das Verhalten der Viren in den Aerosolpartikeln und Tröpfchen, (b) das Überleben oder die Inaktivierung des Virus auf Oberflächen und (c) die Rolle der trockenen Raumluft bei der Übertragung von Viren durch die Luft. Wenn die relative Luftfeuchtigkeit der Raumluft unter 40 Prozent liegt, verdampfen die von den infizierten Personen abgegebenen Tröpfchen im Vergleich zu höheren rF-Werten schneller, da sie nicht mehr sedimentieren. [1, 2] Die Rückstände verbleiben als Aerosolpartikel in der Luft und können von gesunden Menschen eingeatmet werden. Zudem werden bei trockener Luft die Nasenschleimhäute in unseren Nasen trockener und für Viren durchlässiger. [1] Die Überlebenschancen der Viren innerhalb der Aerosolpartikel sind bei niedrigeren RH-Werten am höchsten, d.h. < 40% RH. Dies liegt daran, dass die kumulative Dosis (d.h. das Produkt aus Konzentration des gelösten Stoffes und Zeit) bei niedrigen RH-Werten nicht ausreichend hoch ist, was der entscheidende Faktor für die Abtötung des Virus im Inneren ist. [1, 4] Bei höherer Luftfeuchtigkeit (d.h.

>60 %) verdampfen die Tröpfchen langsamer und können nach einiger Zeit zu Boden sedimentieren (nicht mehr in der Luft), aber die Viruslebensfähigkeit im Inneren der Tröpfchen ist aufgrund niedrigerer Werte der kumulativen Dosis immer noch gegeben. Außerdem nimmt die Virusviabilität zu, wenn die Feuchtigkeitswerte von 60 % auf 80 oder 90 % oder höher erhöht werden. Der Faktor der kumulativen Dosis sollte hoch genug sein, um das Virus zu zerstören, indem die Konzentration des gelösten Stoffes innerhalb der Aerosolpartikel erhöht wird. [1, 4]

(b) Präventivmaßnahmen/Empfehlungen gegen die Übertragung von SARS-CoV-2 über die Luft in schlecht belüfteten Innenräumen:

1. Die mittlere relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 % gilt als am besten für die Zerstörung des Virus in Aerosolpartikeln und für die Immunität der menschlichen Atemwege. Das oben erwähnte Konzept der kumulativen Dosis gilt auch hier, wo die Konzentration des gelösten Stoffes mit der Zeit zunimmt, d.h. die kumulative Dosis hoch wird. Diese kumulative Dosis ist das Maß für die Inaktivierung oder Abtötung des Virus im Inneren der Aerosolpartikel. Bei einem hohen Kumulativdosisfaktor, der sich auf das Virus bezieht, würde das Virus durch die erhöhte Konzentration des gelösten Stoffes in den Aerosolpartikeln abgetötet werden. Basierend auf früherer wissenschaftlicher Literatur bei mittlerer relativer Feuchte, d.h. 40-60 %, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit einer besseren Inaktivierung des Virus einschließlich SARS-CoV-2 innerhalb der Aerosolpartikel [1, 2, 4, 5].
2. Um die Übertragung von SARS-CoV-2 über die Luft in Innenräumen, insbesondere an schlecht belüfteten Orten wie bestimmten Krankenhäusern, Schulen und öffentlichen Gebäuden, zu bekämpfen, empfehlen wir die Verwendung von Luftbefeuchtern, um die Raumluftfeuchtigkeit im Bereich von 40-60 % zu halten und das Risiko einer Atemwegsinfektion zu verringern. Dies sollte mit Bedacht geschehen, da eine Überschreitung der Luftfeuchtigkeitsgrenzen über 60 % zu Schimmelbildung in Innenräumen führt. Außerdem wäre es bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit für die Bewohner der Innenräume zu unangenehm. [1, 2, 3]
3. Um einen weiteren Schutz gegen virale Aerosolpartikel zu gewährleisten, installieren Sie tragbare Luftreiniger mit einer AHAM-zertifizierten Reinluft-Lieferrate (CADR), [7]. Diese tragbaren Luftreiniger tragen dazu bei, die kleinen viralen Aerosolpartikel aus den Innenräumen zu entfernen. [3,7]
4. In der Wintersaison sollten die Innenlufträume über ein adäquates mechanisches Belüftungssystem verfügen, das die ASHRAE-Normen für die Kontrolle des Coronavirus-Ausbruchs in Innenräumen strikt einhält. Darüber hinaus sollte das HVAC-System über Luftfilter mit einer Mindesteffizienz von MERV 13 verfügen. [7] Diese Filter filtern mit Erfolg sehr kleine Partikel aus der Raumluft heraus. [3,7]
5. Hochwertige kalibrierte CO₂-Monitore können zur Überprüfung der CO₂-Konzentration in Innenräumen verwendet werden. CO₂ wird von COVID-19-infizierten Personen in Innenräumen zusammen mit SARS-CoV-2-haltigen Aerosolpartikeln ausgeatmet. Die CO₂-Messungen in Innenräumen bieten die Möglichkeit für ein Monitoring des Übertragungsrisikos von Aerosolpartikeln in Innenräumen für COVID-19 und andere Atemwegserkrankungen. [3,6]

6. Wir empfehlen auch, die Desinfektionstechniken mit UV-C-Licht nicht zu oft anzuwenden. Obwohl bekannt ist, dass sie SARS-CoV-2 zerstört, erhöht sie letztlich die Ozonkonzentrationen in Innenräumen. [3]
7. In Innenräumen sollten einige Desinfektionspraktiken nicht um jeden Preis angewendet werden, wie z.B. das Versprühen von Desinfektionschemikalien in der Luft (wie z.B. Hypochlorige Säure (HOCL), Natriumhypochlorit (NaClO), Wasserstoffperoxid (H₂O₂)). Wenn in einem besetzten Raum diese Chemikalien in die Luft versprüht werden, führt dies zu toxischen chemischen Reaktionen, die weitere Luftschadstoffe erzeugen und das zentrale Nervensystem und die Lungen des Menschen schädigen. [3,9, 10]
8. In schlecht belüfteten Innenräumen mit vielen Personen sollten Masken immer Vorrang haben. Tragen Sie zum besseren Schutz ventilfreie Partikelfiltermasken, so genannte Atemschutzmasken wie z.B. N95 (dicht und leakagefrei getragen). Atemschutzmasken, die über ein Ausatemventil oder eine Entlüftung verfügen, sind für die Quellenkontrolle nicht ausreichend. [3,8]

Prof. Dr. Alfred Wiedensohler / Ajit Ahlawat
 Abteilung Experimentelle Aerosol- und Wolkenmikrophysik
 Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS)

References:

1. Ahlawat, A.; Wiedensohler, A. and Mishra, S.K. (2020). An Overview on the Role of Relative Humidity in Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Indoor Environments. *Aerosol Air Qual. Res.* 20,1856–1861. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.06.0302>
2. <https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/coronavirus-sars-cov-2-breitet-sich-bei-niedriger-luftfeuchtigkeit-in-innenraeumen-staerker-aus>
3. Ahlawat, A.; Mishra, S.K.; Birks, J.W.; Costabile, F.; Wiedensohler, A. (2020) Preventing Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Hospitals and Nursing Homes. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 8553.
4. Lin, K. and Marr, L.C. (2020) Humidity-dependent decay of viruses, but not bacteria, in aerosols and droplets follows disinfection kinetics. *Environ. Sci. Technol.*, 54, 1024–1032.
5. Morris, D. et al. (2020) The effect of temperature and humidity on the stability of SARS-CoV-2 and other enveloped viruses, *bioRxiv* <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.10.16.341883v1.full.pdf>
6. Peng, Z. and Jiminez, J.L. (2020) Exhaled CO₂ as COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities, *medRxiv* <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.09.09.20191676v1.full.pdf>
7. Residential indoor air quality guide, https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/bookstore/previews_2016212_pre.pdf
8. N95 Respirators and Surgical Masks <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2009/10/14/n95/>
9. Zhou, S., et al. (2020) Hydrogen Peroxide Emission and Fate Indoors during Non-bleach Cleaning: A Chamber and Modeling Study. *Environmental Science & Technology*. doi.org/10.1021/acs.est.0c04702; <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/12/201201144048.htm>
10. Chatterjee, A. (2020). Use of Hypochlorite Solution as Disinfectant during COVID-19 Outbreak in India: From the Perspective of Human Health and Atmospheric Chemistry. *Aerosol Air Qual. Res.* 20: 1516–1519. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.05.0253>