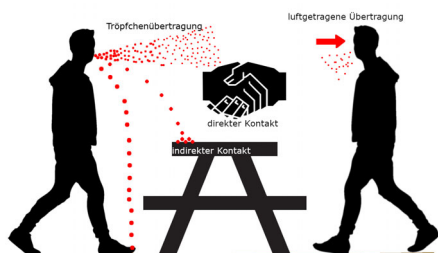


Luftgetragene Ausbreitung von Corona-Viren

Anne Hartmann und Martin Kriegel [et al.], Berlin

Gemäß WHO [WHO2020], Alasadi [Alasadi2020] sowie Drossinos und Stilianakis [Drossinos2020] spielen für die Übertragung von Keimen, Viren und Bakterien drei Übertragungswege eine Rolle: Kontaktübertragung, Tröpfchenübertragung und luftgetragene Übertragung. Eine Kontaktübertragung kann dabei direkt z.B. durch Händeschütteln oder indirekt über sedimentierte Keime geschehen. Bei einer Tröpfchenübertragung erfolgt die Infektion über Tröpfchen $> 20 \mu\text{m}$, welche durch eine turbulente Strömung (z.B. Husten) verteilt werden. Diese Tropfen gelangen direkt auf die Bindehaut oder die Schleimhäute. Die luftgetragene Übertragung hingegen bezeichnet den Transport kleinerer Partikel und deren Inhalation [Drossinos2020].



Für die Übertragung des Corona-Virus ist nach aktuellem Stand der Forschung sowohl die Tröpfchenübertragung als auch die luftgetragene Übertragung entscheidend.

Abbildung 1: Übertragungswege von ausgeatmeten Partikeln sowie daran haftenden Keimen, Bakterien und Viren

Auf das Verhalten in der Luft hat die Größe der Partikel einen signifikanten Einfluss. Je größer ein Partikel ist, umso schneller sinkt es zu Boden und wird dort sedimentiert. Kleinere Partikel folgen dem Luftstrom und können so lange in der Luft verbleiben [Xie2007, Redrow2011].

In verschiedenen Studien wurde die Größenverteilung der abgegebenen Partikel beim Sprechen, Husten und Niesen untersucht. Es wurden Partikel von $0,01 \mu\text{m}$ bis $1500 \mu\text{m}$ gefunden [Duguid1946, Xie2009, Gralton2011]. Der Peak der Größenverteilung lag dabei bei Duguid [Duguid1946] bei $0-10 \mu\text{m}$ und bei Xie et al. [Xie2009] bei $50 \mu\text{m}$. Wobei zu beachten ist, dass Partikel, die aus einer mit Feuchte gesättigten Umgebung (Mund-Rachen-Bereich) in die trockene Umgebung (typische Werte in Innenräumen ($20 - 70 \%$)) gelangen, an Größe verlieren. Dieser Prozess geht sehr schnell und kann zu einer Reduktion des Partikeldurchmessers um 50% führen [Redrow2011]. Partikel mit einem Ausgangsdurchmesser (direkt am Mund) von $> 20 \mu\text{m}$ werden als nahezu sofort sedimentiert betrachtet. Kleine Partikel folgen der Luft deutlich länger [Nicas2005].

Von Clauß [Clauß2015] wurde in verschiedenen Umgebungen die Größenverteilung der Partikel untersucht, die Bakterien bzw. Pilze getragen haben. Für bakterientragende Partikel liegt der Peak in Wohnräumen sowie der Außenluft zwischen 8 und $12 \mu\text{m}$ und in Bürogebäuden sowie öffentlichen Bereichen von Krankenhäusern sowie Krankenzimmern

liegt dieser Peak bei 1-2 μm . Pilztragende Partikel sind meist deutlich kleiner (1 – 5 μm), da sie eher einzeln auftreten, während bakterientragende Partikel eher agglomerieren. In allen Fällen sind dies Partikelgrößen, die eine lange Verweilzeit in der Luft aufweisen und daher ohne Luftaustausch durch z.B. eine Lüftungsanlage auch lange Zeit nach dem Aufenthalt einer erkrankten Person noch zu einer Infektion von Raumnutzern führen können. Zu beachten ist dabei allerdings, dass die Infektiosität der Partikel mit zunehmender Zeit abnimmt.

Die Ausbreitung der Mischung aus Partikeln, Wasser und Luft im Raum erfolgt bei niedrigen Umgebungsluftgeschwindigkeiten ($< 0,25 \text{ m/s}$) in zwei Schritten. Zunächst wird durch das Husten/Sprechen/Niesen ein Strahl erzeugt (siehe Abbildung 1), der in die Raumluft eindringt und sich zunehmend mit dieser vermischt. Der Verlauf des eintretenden Strahls ist dabei von verschiedenen Randbedingungen wie der Geschwindigkeit, der Turbulenz, der Temperaturdifferenz zwischen dem Strahl und der Umgebungsluft sowie der Differenz der Luftfeuchtigkeit abhängig. Die Anzahl der Tropfen pro Husten beträgt 3.000, die Geschwindigkeit des Aerosols beim Ausatmen beträgt 1 – 5 m/s sowie beim Husten 6 – 22 m/s [Wei2015].

Nach vollständiger Vermischung des Strahls mit der Raumluft erfolgt eine Verteilung des Aerosols über die Raumluft. Die kleineren Partikel folgen dieser Strömung weitgehend, während größere Partikel sedimentieren.

Die Sedimentationszeit von Partikeln in einem Raum wurde für verschiedene Größenklassen in einer geschlossenen Versuchskammer (ohne Zu- und Abluft) bei verschiedenen gemittelten Luftgeschwindigkeiten innerhalb der Kammer am HRI gemessen. Kleine Partikel (0,5 – 1 μm sowie 1 – 3 μm) sind nach einer Messzeit von 20 min nahezu unverändert in der Luft vorhanden. Ein Trend zur Reduktion der Partikelanzahl dieser Größenklasse durch Deposition ist nicht oder nur geringfügig ersichtlich. Für mittlere Partikel (3 – 5 μm sowie 5 – 10 μm) ist ein klarer Trend erkennbar. Nach einer Messzeit von 20 min sind allerdings noch mehr als 50 % der ursprünglich vorhandenen Partikel in der Luft zu finden. Für große Partikel ($> 10 \mu\text{m}$) ist nach 9 min nur noch die Hälfte der Partikel in der Luft messbar und nach 20 min nur noch 20 % der Ausgangskonzentration.

Die jeweilige Halbwertszeit (bis sich nur noch die Hälfte der Partikel in der Luft befindet) ist dabei nahezu unabhängig von der Raumluftgeschwindigkeit, sofern diese im behaglichen Bereich ($< 0,2 \text{ m/s}$) ist.

Eine weitere Studie am HRI zum Ausbreitungsverhalten von Partikeln zeigt, dass sich selbst größere Partikel ($< 60 \mu\text{m}$) weit im Raum ausbreiten können. Dies ist der Fall, wenn die Partikel im Auftriebsstrom von Wärmequellen (in diesem Fall von einer Person) emittiert werden. Sie steigen auf, verteilen sich horizontal und fangen erst dann an zu sedimentieren. Eventuell horizontale Luftbewegungen verstärken den Verbreitungseffekt beim Sedimentieren. Praktisch wäre dies beim Verwenden von herkömmlichen Masken der Fall, deren Tragen derzeit in vielen geschlossenen Räumen Pflicht ist.

Dass eine Maske keine oder nur sehr wenige Emissionen jeder Partikelgrößenordnung verhindert, hat das HRI bereits Anfang 2019 veröffentlicht. Die durch Atmung oder Husten emittierten Tröpfchen treten an den Undichtigkeiten der Maske direkt in den Auftriebsstrom ein. Einerseits verhindern die Masken die Bildung eines Freistrahls und damit die direkte horizontale Ausbreitung, andererseits fördern sie die räumliche Verteilung der Aerosole indirekt.

Nach dem aktuellen Stand des Wissens sind für eine schwerwiegende Infektion mit SARS-CoV-2 die Dosis und die natürlichen Abwehrmechanismen des Menschen entscheidend. Dafür sind die Verringerung der Personenanzahl pro Grundfläche und eine gute Belüftung mit Außenluft (Verdünnung) notwendig.

Die normalen Hygieneregeln des Bundesministeriums für Gesundheit (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung BzgA, www.infektionsschutz.de) sollten ausreichen.

Autoren

Martin Kriegel (GG), Gerrid Brockmann, Anne Hartmann, Julia Lange, Eugen Lichtner, Ferdinand Pfender, Hansjörg Rotheudt, Benjamin Zielke; Hermann-Rietschel-Institut, Fachgebiet Gebäude-Energie-Systeme, www.hri.tu-berlin.de



Literatur

- [Alasadi2020] Alasadi (2020): Can coronavirus spread through the air? ResearchGate DOI: 10.13140/RG.2.2.32943.28320
- [Clauß2015] Clauß (2015): Particle Size Distribution of Airborne Microorganisms in the Environment – a Review. In: Journal of Applied agricultural and forestry research, 65(2), 77-100, DOI: 10.3220/LBF1444216736000
- [Drossinos2020] Drossinos, Stilianakis (2020): What aerosol physics tells us about airborne pathogen transmission. In: Aerosol Science and Technology, Editorial, DOI: 10.1080/02786826.2020.1751055
- [Duguid1946] Duguid (1946): The Size and the Duration of Air-Carriage of Respiratory Droplets and Droplet-Nuclei. In: The Journal of Hygiene, 44(6), 471-479, DOI: 10.1017/s0022172400019288
- [Gralton2011] Gralton, Tovey, McLaws, Rawlinson (2011): The Role of Particle Size in Aerosolized Pathogen Transmission: A review. In: Journal of Infection, 62, 1-13, DOI: 10.1016/j.jinf.2010.11.010
- [Nicas2005] Nicas, Nazaroff, Hubbard (2005): Toward Understanding the Risk of Secondary Airborne Infection: Emission of Respirable Pathogens. In: Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2:3, 143-154, DOI: 10.1080/15459620590918466

- [Redrow2011] Redrow Mao, Celik, Posada, Feng (2011): Modeling the Evaporation and Dispersion of Airborne Sputum Droplets expelled from a Human Cough. In: Building and Environment, 46, 20422-2051, DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.04.011
- [Wei2015] Wei, Li (2015): Enhanced spread of expiratory droplets by turbulence in a cough jet. In: Building and Environment, 93, 86-96, DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.06.018
- [WHO2020] World Health Organization (2020): Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations, URL: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations> (zuletzt geöffnet am 01.04.2020)
- [Xie2007] Xie, Li, Chwang, Ho, Seto (2007): How far droplets can move in indoor environments - revisiting the Wells evaporation-falling curve. In: Indoor Air, 17(3), 211-225d, DOI: 10.1111/j.1600-0668.2007.00469.x
- [Xie2009] Xie, Li, Sun, Liu (2009): Exhaled Droplets due to Talking and Coughing. In: Journal of the Royal Society Interface, 6, 703-714, DOI: 10.1098/rsif.2009.0388.focus

Copyright © 2020

Gesundheitstechnische Gesellschaft e.V. (GG) – Technisch-wissenschaftliche Vereinigung

Vorstand: Prof. Dipl.-Ing. Katja Biek (V), Dipl.-Ing. Dirk Borrmann, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel, Dipl.-Ing. Gerhard Lorbeer, Prof. Dr.-Ing. Jan Mugele, Dipl.-Ing. Dietrich Wittmer (stellvertretende Vorsitzende), Dr. Klaus Rinkenburger (Schatzmeister) .
Vereinsregister: Amtsgericht Charlottenburg VR 2508 B

IMPRESSUM

Herausgeber/
Geschäftsstelle Gesundheitstechnische Gesellschaft e. V. (GG) – Technisch-wissenschaftliche Vereinigung
Lotzestraße 26, 12205 Berlin, Fon +49(30) 81294527, Fax -28, www.ggberlin.de
Geschäftsführerin: Angelika Bopp, Assessorin d. HLa, mailto:gs@ggberlin.de

Vorsitzende Prof. Dipl.-Ing. Katja Biek, mailto:vs@ggberlin.de
c/o Biek Berlin, Heerstraße 18/20, 14052 Berlin

V.i.S.d.P. Prof. Dr.-Ing. Matthias Kloas,
c/o planungsteam energie + bauen, Auguste-Viktoria-Allee 101, 13403 Berlin
Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht immer die Meinung der Redaktion wieder.

Bezug: Die GG | Nachrichten erscheinen mindestens zehnmal im Jahr und werden an Mitglieder im Rahmen ihrer Mitgliedschaft geliefert. Der Bezugspreis ist im GG-Jahresbeitrag enthalten. Die GG | Nachrichten und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Nachdruck und Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der GG.