

## Whitepaper.

# Durch Luftentkeimung mittels UVC-Strahlung das Corona Infektionsrisiko verringern.

Wissenschaftliche Hintergründe zur Wirkungsweise von UVC-Strahlung in Bezug auf Entkeimung und speziell bei der Bekämpfung und Inaktivierung von SARS-CoV-2 Erregern.

### Einführung

SARS-CoV-2 ist das Virus, das die Krankheit COVID-19 auslöst und sich rapide weltweit in allen Bevölkerungsschichten ausbreitet. Coronaviren können sowohl Menschen als auch verschiedene Tiere infizieren, darunter Vögel und Säugetiere. Sie verursachen sowohl gewöhnliche Erkältungen, als auch die potenziell tödlich verlaufende Krankheiten MERS und SARS<sup>1</sup>.

2003 wurden in einer in Hong Kong durchgeführten klinischen Studie Coronaviren als Ursache für das Auftreten einer untypisch verlaufenden Lungenentzündung identifiziert. Diese neue Krankheit trat im Jahr zuvor erstmals in der benachbarten chinesischen Provinz Guangdong auf und erhielt die Bezeichnung Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS).<sup>2</sup> Zu den anfangs grippeähnlichen Symptomen zählen Fieber, Kopfschmerz und Schüttelfrost. Später kann Husten, Atemnot und Durchfall hinzukommen. Die Sterblichkeitsrate der Patienten wird auf etwa 11% geschätzt, wobei sie je nach der betroffenen Altersgruppe erheblich schwankt (0% bis 50%).<sup>3</sup>

### COVID-19 – die Coronavirus-Krankheit

Am 31. Dezember 2019 wurde die WHO über Fälle von Lungenentzündung mit unbekannter Ursache in der chinesischen Stadt Wuhan informiert. Daraufhin identifizierten die chinesischen Behörden am 7. Januar 2020 ein neuartiges Coronavirus als Auslöser der Krankheit.<sup>4</sup> Seit dem 11. Februar 2020 trägt das Virus den Namen SARS-CoV-2 (Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2). Die Erkrankung, die das Virus auslöst, wird mit Covid-19 (Corona Virus Disease 2019) bezeichnet.<sup>5</sup>

Obwohl das neue Virus bevorzugt den Atmungstrakt befällt, ist es ein Multiorganvirus, das zahlreiche Organe betreffen kann. Nach Rachen und Lunge können neben Herz, Leber, Gehirn vor allem die Nieren befallen werden.<sup>6</sup>

Viren sind infektiöse Einheiten, die aufgrund ihrer geringen Größe (16 - 300 nm) nur ultrafiltrierbar sind und nicht durch bakteriendichte Filter zurückgehalten werden können. Die krankheitsauslösenden Viruspartikel bestehen aus Proteinen und enthalten entweder DNA oder RNA. Einige Typen sind von einer Hülle (Lipidmembran) umgeben. Viren vermehren sich nicht wie Bakterien durch Teilung, sondern replizieren sich in lebenden Zellen, die sie befallen.<sup>7</sup> Der Replikationszyklus eines Virus beginnt im Allgemeinen, wenn es sich an eine Wirtszelle anheftet und sein Erbmateriale in die Zellinnere bringt. Das Erbmateriale des Virus wird anschließend im Wirtsstoffwechsel mitverarbeitet, wobei sein Nukleinsäurebestandteil vervielfältigt wird und seine Proteinbestandteile anhand der Gene im Virusgenom synthetisiert werden. So können in der Zelle neue Viren gebildet und freigesetzt werden.<sup>8</sup>

### Übertragungswege

Obwohl man davon ausgeht, dass die ursprüngliche Quelle des Virus bei Tieren liegt, verbreitet es sich nun von Mensch zu Mensch. Schätzungen gehen derzeit davon aus, dass im Durchschnitt eine infizierte Person zwei bis drei weitere ansteckt. Die Übertragung scheint hauptsächlich durch Tröpfcheninfektion stattzufinden, indem virushaltige Flüssigkeitspartikel, die beim Atmen, Sprechen, Husten oder Niesen entstehen, in die Atemwege einer in der Nähe befindlichen Person (unter einem Meter Abstand) gelangen. Dies kann zum einen durch Inhalieren der Sekrettröpfchen oder durch die Berührung kontaminierter Oberflächen und anschließendes Anfassen von Augen, Nase oder Mund stattfinden.<sup>9</sup>

Untersuchungen haben gezeigt, dass SARS-CoV-2 auch nach 72 h noch auf einer Kunststoff- und Edelstahloberfläche nachgewiesen werden kann.<sup>10</sup>

Eine Infektion kann durch die Übertragung mit Tröpfchen (5 – 10 µm) und mit Aerosolen (< 5 µm) stattfinden.<sup>11,12</sup>

Größere Tröpfchen werden meist durch Husten und Niesen ausgestoßen und können so auf Kontaktpersonen übertragen werden. Aus diesem Grund werden ein Abstand zu anderen Personen von einem bis zwei Meter, das Tragen einer Mund-Nasenbedeckung und häufiges Händewaschen als Vorsorgemaßnahmen empfohlen.<sup>13,14</sup>

Weniger bekannt ist die Tatsache, dass schon durch lautes Sprechen Tausende kleiner Tröpfchen pro Sekunde verteilt werden können.<sup>15</sup> Sobald die Tröpfchen ausgeatmet werden fangen sie an zu verdampfen. Sie können dadurch so klein werden, dass sie sich viele Meter weit bewegen<sup>16</sup> und in geschlossenen Räumen über Stunden infektiös bleiben<sup>11</sup>. Die Ausbreitung der Schwebeteilchen ist vergleichbar mit der von Zigarettenrauch; dieser besteht ebenfalls aus mikrometergroßen Partikeln und folgt somit ähnlichen Verteilungsmustern. Der Abstand von einem Raucher, bei dem man den Zigarettenrauch noch riechen kann, zeigt in etwa an, wie weit entfernt von einer coronapositiven Person noch Ansteckungsgefahr besteht.<sup>11</sup> **Die Übertragung von Viren durch Aerosole muss als ein Schlüsselfaktor in der Ausbreitung infektiöser Atemwegserkrankungen anerkannt werden. Es gibt Hinweise darauf, dass sich SARS-CoV-2 unbemerkt in Aerosolen ausbreitet, die von hoch ansteckenden infizierten Personen ohne Symptome ausgeatmet werden.**<sup>11</sup> Zudem können Aerosole aufgrund ihrer geringen Größe zu einem schwereren Verlauf der Krankheit führen, da sie möglicherweise tiefer in die Lungen eindringen.<sup>17</sup>

### **Maßnahmen zur Infektionsvermeidung in geschlossenen Räumen**

Infektionsketten lassen sich durch gezielte Maßnahmen unterbrechen. Auf der persönlichen Ebene spielt sorgfältiges Händewaschen eine entscheidende Rolle; Berührung von Augen, Nase und Mund sollte vermieden werden; auf Einhaltung der Niesetikette (Bedecken von Mund und Nase mit der Armbeuge) ist zu achten. Da es sich schwer feststellen lässt, wer infiziert ist, kommt der sozialen Distanzierung (Mindestabstand zu Personen) eine große Rolle zu.<sup>4</sup>

In geschlossenen Räumen können darüber hinaus auch die Umgebung betreffende Maßnahmen ergriffen werden, um die Ausbreitung von SARS-CoV-2 zu verhindern. So können Oberflächen mit Desinfektionsmitteln gereinigt und der Zugang zu alkoholbasierten Händedesinfektionsmitteln geschaffen werden. Häufiger Luftaustausch, insbesondere die Einleitung von Außenluft, können zu einer Verringerung der Virenlast führen.<sup>18</sup> Nicht immer jedoch ist es möglich durch eine Fensterlüftung oder andere Maßnahmen für einen ausreichenden Luftaustausch zu sorgen. Sei es weil es keine Lüftungsmöglichkeiten gibt, sei es weil die Temperaturschwankungen zu groß sind oder weil andere Hinderungsgründe vorliegen. **In diesem Fall können die vorhandenen Risiken durch den Einsatz von ultravioletter Strahlung (UV) verringert werden.**

### **Luftentkeimung mit UVC-Strahlung**

Ultraviolette Strahlung zählt zum Bereich der optischen Strahlung. Sie umfasst den Wellenlängenbereich von 100 bis 400 nm. Im Gegensatz zur sichtbaren Strahlung, die den Bereich ab 400 bis 800 nm umschließt, ist sie für das menschliche Auge nicht sichtbar. Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) definiert den Bereich zwischen 315 und 400 nm als UVA-Strahlung, zwischen 280 und 315 nm als UVB-Strahlung und zwischen 100 und 280 nm als UVC-Strahlung.<sup>19</sup>

Seit den 1930 Jahren gibt es Untersuchungen zur erfolgreichen Abtötung von in der Luft befindlicher Pathogene. W.F. Wells war der erste, der verkeimte Aerosole mit UVC bestrahlte und ein rasches Absterben der Bakterien beobachtete.<sup>20</sup>

Die Absorption von Strahlung im UVC-Bereich durch die DNA bzw. RNA führt zu einer Inaktivierung oder einem Absterben der Mikroorganismen. **Es hat sich erwiesen, dass Niederdruck-**

**Entladungslampen mit einer abgestrahlten Wellenlänge von 253,7 nm eine sehr effektive Methode zur Bekämpfung von Bakterien und Viren darstellen.<sup>21</sup>**

Der Einsatz von UVC-Strahlung ist mittlerweile ein etabliertes Verfahren zur Entkeimung und kann die Verbreitung von Krankheiten unterbinden. Luftentkeimung kann durch verschiedene Vorgehensweisen erreicht werden: Bestrahlung ausschließlich der oberen Raumluft, Bestrahlung des gesamten Raumes (nur bei leerem Raum oder Personen dürfen nur mit Schutzkleidung anwesend sein) und Bestrahlung von Luft, welche an einem UVC-Strahler vorbeigeführt wird (Klimaanlagen, Luftentkeimungsgeräte).<sup>22</sup>

Das neue Coronavirus ähnelt in seiner Struktur dem seit 2003 bekannten und erforschten Virus SARS-CoV. Bei beiden Virus-Arten handelt es sich um behüllte Viren mit einzelsträngiger RNA (ssRNA)<sup>23</sup>. Die Bestückung der Hülle mit kleinen Fortsätzen (Spikes) und das daraus resultierende kränzförmige Aussehen führte zu der Namensgebung dieser Virenfamilie (corona: lat. für Kranz).

Untersuchungen an ssRNA-Viren haben dargelegt, dass gerade diese besonders gut auf eine Inaktivierung mit UVC-Strahlung reagieren.<sup>24</sup> Derzeit liegt nur eine begrenzte Anzahl von Daten vor, um die Reaktion von SARS-CoV-2 auf UV-Strahlung genau zu bestimmen. Jedoch ist es wahrscheinlich, dass das neue Coronavirus ein ähnliches UV-Dosis-Wirkungsverhalten wie das SARS-Virus zeigt, obwohl dies noch nicht bewiesen ist.<sup>23</sup>

**Erfahrungen aus der Bekämpfung von SARS-CoV<sup>25</sup> und neuste Untersuchungen an SARS-CoV-2<sup>26</sup> lassen erkennen, dass eine effektive Inaktivierung des Virus in geschlossenen Räumen durch eine relativ moderate Bestrahlung mit UVC erreicht werden kann.** So wurde von A. Bianco et al. aufgezeigt, dass bei einer Viruskonzentration, wie sie im Fall einer Infektion vorliegt, bereits 3,7mJ/cm<sup>2</sup> zu einer 99,9% Inaktivierung führen.<sup>27</sup>

---

<sup>1</sup> Robert Koch Institut (15.05.20): Was sind Coronaviren.

[https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/NCOV2019/FAQ\\_Liste.html](https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/NCOV2019/FAQ_Liste.html) [abgerufen am 30.09.2020]

<sup>2</sup> Peiris JS, Lai ST, Poon LL, et al. Coronavirus as a possible cause of severe acute respiratory syndrome. Lancet (London, England). 2003 Apr;361(9366):1319-1325. DOI: 10.1016/s0140-6736(03)13077-2.

<sup>3</sup> Robert Koch Institut (23.10.2003): Krankheitsbeschreibung von SARS.

<https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/S/SARS/Klinik.html> [abgerufen am 30.09.2020]

<sup>4</sup> WHO, Regionalbüro Europa (2020): Pandemie der Coronavirus-Krankheit.

<https://www.euro.who.int/de/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/novel-coronavirus-2019-ncov>. [abgerufen am 30.09.2020]

<sup>5</sup> Deutsche Bundesregierung (09.09.2020): Informationen über das Virus.

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/informationen-zum-coronavirus-1734932#>, [abgerufen am 30.09.2020]

<sup>6</sup> Puelles VG, Lütgehetmann M, Lindenmeyer MT, et al. Multiorgan and Renal Tropism of SARS-CoV-2. N Engl J Med. 2020;383(6):590-592. doi:10.1056/NEJMc2011400

<sup>7</sup> Modrow S., Falke D., Truyen U., Schätzl H. (2010) Viren: Definition, Aufbau, Einteilung. In: Molekulare Virologie. Spektrum Akademischer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2241-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2241-5_2)

<sup>8</sup> UK NRW (2009): Glossar Viren.

<https://www.infektionsschutz.gesundheitsdienstportal.de/glossar/viren.htm#viren> [abgerufen am 30.09.2020]

<sup>9</sup> European Centre for Disease Prevention and Control (25.09.2020): Q&A on COVID-19: Basic facts.

<https://www.ecdc.europa.eu/en/all-topics-z/coronavirus/threats-and-outbreaks/covid-19/facts/q-covid-19/q-covid-19-basic-facts> [abgerufen am 30.09.2020]

<sup>10</sup> van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. The New England journal of medicine. 2020.

<sup>11</sup> Kimberly A. Prather, Chia C. Wang, Robert T. Schooley Reducing transmission of SARS-CoV-2. Science 368 (6498). 1422-1424.

<sup>12</sup> WHO (09.07.2020): What do we know about aerosol transmission?

<https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-how-is-covid-19-transmitted> [abgerufen am 30.09.2020]

<sup>13</sup> WHO (04.04.2020): Protect yourself and others from COVID-19.

---

<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public> [abgerufen am 30.09.2020]

- <sup>14</sup> Chu DK, Akl EA, Duda S, et al. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2020;395(10242):1973-1987. doi:10.1016/S0140-6736(20)31142-9
- <sup>15</sup> Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020 Jun 2;117(22):11875-11877. doi: 10.1073/pnas.2006874117. Epub 2020 May 13. PMID: 32404416; PMCID: PMC7275719.
- <sup>16</sup> Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environ Int*. 2020;139:105730. doi:10.1016/j.envint.2020.105730
- <sup>17</sup> Chong, Kai Leong & Ng, Chong Shen & Hori, Naoki & Yang, Rui & Lohse, D.. (2020). Extended lifetime of respiratory droplets in a turbulent vapour puff and its implications on airborne disease transmission. 10.1101/2020.08.04.20168468. Preprint
- <sup>18</sup> Dietz L, Horve PF, Coil DA, Fretz M, Eisen JA, Van Den Wymelenberg K. 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations To Reduce Transmission [published correction appears in *mSystems*. 2020 May 5;5(3):]. *mSystems*. 2020;5(2):e00245-20. Published 2020 Apr 7. doi:10.1128/mSystems.00245-20
- <sup>19</sup> CIE 155:2003 S.3
- <sup>20</sup> Wells WF, Fair MG. Viability of *B. coli* exposed to ultra-violet radiation in air. *Science* 1935;82:280-1.
- <sup>21</sup> CIE 155:2003 S.11ff
- <sup>22</sup> Reed N. G. (2010). The history of ultraviolet germicidal irradiation for air disinfection. *Public health reports* (Washington, D.C. : 1974), 125(1), 15–27. <https://doi.org/10.1177/003335491012500105>
- <sup>23</sup> Ernest R. Blatchley III, Brian Petri, Wenjun Sun, Lee A. Rieth, SARS-CoV-2 UV Dose –Response Behavior <https://iuva.org/resources/covid-19/SARS%20CoV2%20Dose%20Response%20White%20Paper.pdf>
- <sup>24</sup> Tseng, Chun-Chieh & Li, Chih-Shan. (2005). Inactivation of Virus-Containing Aerosols by Ultraviolet Germicidal Irradiation. *Aerosol Science and Technology - AEROSOL SCI TECH*. 39. 1136-1142. 10.1080/02786820500428575.
- <sup>25</sup> Darnell, Miriam & Subbarao, Kanta & Feinstone, Stephen & Taylor, Deborah. (2004). Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *Journal of virological methods*. 121. 85-91. 10.1016/j.jviromet.2004.06.006.
- <sup>26</sup> Kowalski, Wladyslaw & Walsh, Thomas & Petraitis, Vidmantas. (2020). 2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility. <https://www.researchgate.net/publication/339887436>
- <sup>27</sup> Bianco A, M Biasin, G Pareschi et al. (2020). UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication. medRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.06.05.20123463> (unreviewed preprint)