**ENTWURF – ENTWURF – ENTWURF**

|  |
| --- |
| **Coronavirus-Pandemie:**  **Wie lassen sich Infektionen durch Aerosole verhindern?**  **Mehr wissen, informiert entscheiden**  **P** |
| **Informationen und Positionen aus der Wissenschaft** |
| Samis HD:Users:sami:Desktop:dfg-balken.png |

**Der bisherige Verlauf der COVID-19-Pandemie hat gezeigt: Aerosole tragen erheblich zum Infektionsgeschehen bei – und ihre Abwehr kann ein Wiederansteigen der Infektionszahlen maßgeblich reduzieren. Darauf wird es spätestens im kommenden Herbst und Winter ankommen. Bislang schützen sich jedoch noch immer nur circa 70 Prozent der Bevölkerung ausreichend gegen infektiöse Aerosole. Vor diesem Hintergrund will dieses Positionspapier aus der Wissenschaft Aufklärung leisten und dazu beitragen, eine weitere Infektionswelle zu verhindern, die durch saisonale Faktoren, gefährliche Virusvarianten, sinkender Immunität nach der Impfung oder mangelnde Impfbereitschaft auftreten kann, wenn keine wirksamen Gegenmaßnahmen umgesetzt werden. Dieses Positionspapier fasst die Erkenntnisse zur Ausbreitung von SARS-CoV-2-Viren durch Aerosole zusammen, soll helfen, Verunsicherungen zu vermeiden und soll konkrete Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger liefern.**

Die Infektion mit Viren über ausgeatmete Aerosolpartikel\* erfolgt grundsätzlich über zwei unterschiedliche Wege, die direkte und die indirekte Infektion.

**Direkte Infektion:** Übertragung durch Aerosolpartikel, die z.B. beim Atmen, Sprechen, Husten, Niesen usw. entstehen und in großer Anzahl über kurze Distanz (geringer als 1,5 m) direkt von Mensch zu Mensch übertragen werden. Die direkte Infektion ist aufgrund der hohen Virenlast bereits möglich, wenn Menschen wenige Minuten miteinander über geringe Abstände interagieren (Unterhaltung) oder beisammen sind (benachbarte Arbeitsplätze in Büros oder Schulen und in öffentlichen Verkehrsmitteln etc.).

**\* zur Definition von Aerosolpartikel:**

In diesem Text wird die technische Definition für „Aerosolpartikel“ nach VDI-Norm verwendet. Danach werden alle luftgetragenen Partikel mit einem Durchmesser von 1 nm bis einigen 100 µm als Aerosolpartikel bezeichnet. Flüssige Schwebeteilchen mit einem Durchmesser größer als 5µm sind nach dieser Definition folglich Aerosolpartikel. In anderen Fachdisziplinen werden flüssige Schwebeteilchen mit einem Durchmesser größer als 5µm häufig als „Tröpfchen“ bezeichnet.

**Indirekte Infektion:** Übertragung mittels Aerosolpartikel, die sich über mehrere Stunden in Innenräumen anreichern können und dann bei ausreichender Virenlast und hinreichend langen Verweilzeiten von Personen in den Räumen (mehr als 15 Minuten) zu Infektionen führen können. Da die Aerosolpartikel mit der Luftbewegung große Strecken zurücklegen und die infektiösen Partikel über mehrere Stunden in der Luft nachweisbar sind, können Menschen sich auch ohne direkten Kontakt zu anderen Personen indirekt im ganzen Raum infizieren.

Diese beiden unterscheidbaren Übertragungswege beeinflussen maßgeblich das daraus resultierende Infektionsrisiko.

**Innerhalb geschlossener Räume** kann es sowohl zu direkten und indirekten Infektionen kommen. Daher sind in Innenräumen umfassende Schutzvorkehrungen zu treffen, um die Menschen vor Infektionen zu schützen.

**Außerhalb geschlossener Räume** (im Freien) kann es praktisch nur zu direkten Infektion kommen, da indirekte Infektionen aufgrund der starken Verdünnung der Virenlast und dem schnellen Abtransport durch Luftströmungen sehr unwahrscheinlich sind. Daher sind im Freien oft geringere Schutzvorkehrungen gerechtfertigt als in Innenräumen.

Aus dieser Klassifizierung ergeben sich folgende Schutzmaßnahmen und Handlungsempfehlungen:

**Für Innenräume: Direkte und indirekte Infektion über Aerosole verhindern**

Die Übertragung der SARS-CoV-2-Viren findet nach gegenwärtigem Stand der Forschung fast ausnahmslos in Innenräumen statt. Das große Infektionsrisiko in Innenräumen hängt damit zusammen, dass hier sowohl direkte als auch indirekte Infektionen stattfinden. **Direkte Infektionen** werden begünstigt, wenn Menschen über kurze Distanz längere Zeit miteinander sprechen ohne sich zu bewegen (Einkaufen, Rezeption, Friseur, Gespräche mit Tischnachbarn in Büro oder Schule,…). **Indirekte Infektionen** erfolgen, wenn Menschen über lange Zeit in einem Raum verweilen (Schule, Kindertageseinrichtung, Restaurant, Büro, Geschäfte oder öffentlicher Nahverkehr) und bei mangelndem Luftaustausch eine hohe Virenbelastung in der Raumluft vorhanden ist. Zusätzlich muss beachtet werden, dass in schlecht belüfteten Innenräumen auch ohne direkte Begegnung eine Ansteckung stattfinden kann, wenn sich zuvor eine infektiöse Person darin länger aufgehalten hat. Daher kann es während der COVID-19-Pandemie in Innenräumen zu „Clusterinfektionen“ kommen, wie in Altenheimen, Wohnheimen, Betreuungseinrichtungen, Sammelunterkünften und Schulen oder auch in Aufzügen. Bei starker Atemaktivität (z.B. bei Chor- und Orchesterproben, schwerer körperlicher Arbeit, Sport im Fitnessstudio) steigt das Risiko einer indirekten Infektion.

*Handlungsempfehlungen zur Verringerung der Infektionsgefahr in Innenräumen:*

Zur Vermeidung indirekter Infektionen sollte die Aufenthaltsdauer von Personen in Innenräumen so kurz wie möglich sein. Dabei sollte der Volumenstrom von raumlufttechnischen Anlagen maximiert werden, wobei diese mit 100% Außenluft betrieben werden sollten. Ein Umluftbetrieb ist zu vermeiden. Sind keine leistungsstarken raumlufttechnischen Anlagen vorhanden, muss ein schneller Luftaustausch durch regelmäßiges Querlüften (6 x pro Stunde, Durchzug durch Öffnen von Fenstern auf gegenüberliegenden Raumseiten, ggf. auch in benachbarten Räumen) oder ebenso häufiges Stoßlüften (durch vollständiges Öffnen aller vorhandenen Fenster in dem genutzten Raum) erzielt werden. Das indirekte Infektionsrisiko kann durch einen Ventilator im Fenster noch weiter reduziert werden. Sind diese Maßnahmen technisch nicht möglich (nicht ausreichend Fenster die geöffnet werden können), physikalisch nicht wirksam (kein Temperaturunterschied zwischen drinnen und draußen, kein ausreichender Wind vor den Fenstern), nicht praktikabel (Unterbrechung von Arbeitsabläufen) oder nicht zumutbar (zu kalt, Zugluft, zu laute Außengeräusche), sollte eine Reduktion der Virenlast mit leistungsstarken mobilen Raumluftreinigern\*\* realisiert werden. Diese Geräte können kurzfristig, einfach und kostengünstig installiert werden, im Gegensatz zu festinstallierten Lüftungsanlagen. Da die Fensterlüftung, raumlufttechnische Anlagen und mobilen Raumluftreiniger nur vor der indirekten Infektion schützen können, aber keinen Schutz vor direkten Infektionen bieten, stellen sie keinen Ersatz für Masken jeglicher Art dar. Aber in Kombination mit Maßnahmen die vor direkten Infektionen schützen, wie Abstand, OP-Masken, guten Mund-Nasen-Bedeckungen oder transparenten Schutzwänden ist ein umfassender Infektionsschutz in Innenräumen möglich. Alternativ können gute und festsitzende partikelfiltrierende FFP2, KN95 oder N95 Masken\*\*\* genutzt werden, die sowohl vor der direkten als auch vor der indirekten Infektion einen sehr guten Schutz bieten und gleichzeitig die Freisetzung großer Mengen Aerosolpartikel in den Raum verhindern. Diese Masken können aber oft nicht über lange Zeiträume getragen werden und daher sind sie in der Regel nicht geeignet für den Schutz über den gesamten Arbeitstag oder Schulbesuch. Diese Masken sollten aber konsequent in Bereichen getragen werden, die anderweitig nicht geschützt werden können (Fahrstuhl, Flure, öffentlicher Nahverkehr, Taxi,…) und von Beschäftigten mit engem Personenkontakt (medizinischer Bereich, Pflegepersonal, Kellner,…). Zur Verringerung des direkten Infektionsrisikos sollten sich die Menschen über Abstände, Masken oder transparente Schutzwände schützen.

**\*\* zur Leistung von Raumluftreinigern:**

Die mobilen Raumluftreiniger sollten bei mittleren Raumgrößen (ca. 60‒100 m²) und einer maximalen Personenbelegung wie in Klassenräumen in der Lage sein, mindestens das 6-Fache des Raumvolumens pro Stunde zu filtern. Bei kleineren Räumen müssen aufgrund des geringeren Raumvolumens höhere Luftwechselraten sichergestellt sein. Bei großen Räumen (Kirchen, großen Geschäften) sind geringere Luftwechselraten ausreichend. Mobile Raumluftreiniger sollten über Filter der Klasse H13 oder H14 verfügen und leiser sein als der natürliche Lärmpegel im Raum (möglichst leiser als 50 dB(A) beim erforderlichen Volumenstrom entsprechend der Raumgröße), damit sie einen ausreichenden Schutz bieten und nicht abgeschaltet werden. Es ist oft sinnvoll ein Gerät mit höherer Leistung auf niedrigerer Stufe zu betreiben als ein kleines Gerät auf maximaler Leistung.

**\*\*\* zum Tragen von Masken:**

Dichtsitzende zertifizierte Masken (z.B. FFP2, KN95, N95) sind zur Vermeidung indirekter Infektionen am besten geeignet. Der Dichtsitz der Maske ist für ihre Effektivität mindestens genauso wichtig, wie die Abscheideeffizienz des Materials, da die Viren beim Atmen primär den Weg des geringsten Widerstands folgen (Spalte am Maskenrand). Vor der indirekten Infektion bieten FFP2, KN95 und N95 Masken einen sehr guten Fremd- und Selbstschutz. OP-Masken und Mund-Nasen-Bedeckungen hingegen bieten weder einen Fremd- noch einen Selbstschutz vor indirekten Infektionen, weil die Aerosolpartikel am Maskenrand ungehindert ein und ausströmen. Diese Masken bieten nur einen gewissen Fremdschutz vor direkten Infektionen.

**Im Außenbereich: Direkte Infektion über Aerosole verhindern**

Übertragungen im Freien sind äußerst selten, daher sind „Clusterinfektionen“, wie sie in Innenräumen beobachtet wurden, nicht zu erwarten. Dafür gibt es drei wesentliche Gründe:

1. Im Freien gibt es kein abgeschlossenes Raumvolumen in dem sich die Virenkonzentration mit der Zeit anreichern kann. Daher gibt es im Freien auch kein nennenswertes indirektes Infektionsrisiko.
2. Die freigesetzten Viren werden aufgrund von Luftströmungen oder der Bewegung der Personen sehr schnell verdünnt und wegtransportiert.
3. Draußen gehen die Menschen gewöhnlich anderen Aktivitäten nach als drinnen und verweilen i.d.R. nicht über lange Zeit dicht beieinander wie z.B. in der Schule. Draußen sind die Kontaktzeiten in der Regel auch eher kurz (Begegnungen in Fußgängerzonen beim Vorbeigehen oder beim Spazierengehen, Joggen oder Radfahren).

Der letzte Punkt ist dafür verantwortlich, dass nicht nur das indirekte Infektionsrisiko, sondern auch das direkte Infektionsrisiko im Außenbereich sehr gering ist. Direkte Infektionen können nämlich nur dann auftreten, wenn sich Menschen über kurze Abstände länger miteinander von Angesicht zu Angesicht unterhalten oder lange dicht beisammen sitzen (z.B. im Biergarten, im Wartebereich des Nahverkehrs,...), oder beisammen stehen (Bushaltestelle, Warteschlange, Open Air Veranstaltungen, Demonstrationen,…) so dass die freigesetzten Viren **direkt** über Aerosolpartikel von Mensch zu Mensch gelangen.

*Handlungsempfehlungen zur Verringerung der Ansteckungsgefahr im Außenbereich:*

Da im Außenbereich praktisch keine indirekten Infektionen auftreten, ist das Infektionsrisiko grundsätzlich deutlich niedriger als im Innenbereich. Dennoch sind direkte Infektionen zu vermeiden z.B. durch ausreichende Abstände. Können diese nicht eingehalten werden (z.B.an einer Bushaltestelle, in einer Warteschlange), sind auch im Außenbereich Masken\*\*\* zu tragen.

Grundsätzlich ist wichtig, gemäß den Vorgaben des RKI, Treffen in Innenräumen ohne effiziente Schutzmaßnahmen zu unterlassen und die Menschen zu sensibilisieren, dass im Innenbereich die größte Infektionsgefahr besteht. In Wohnungen mit Gästen, in Büros, in Klassenräumen, in Kindertageseinrichtungen, in Wohnanlagen und in Betreuungseinrichtungen müssen effiziente Maßnahmen ergriffen werden, die sowohl das direkte als auch das indirekte Infektionsrisiko minimieren. Die Prävention von Infektionen wird langfristig bedeutsam bleiben, da die Pandemie weder schnell noch einfach überwunden werden kann. Zudem wirken sich Schutzmaßnahmen gegen die Ausbreitung von Aerosolen grundsätzlich positiv auf die Gesundheit der Bevölkerung aus, da auch Infektionen mit anderen über die Luft übertragenen Erregern (z.B. Grippeviren) und allergische Reaktionen durch Pollen oder gesundheitliche Belastungen durch Feinstaub massiv reduziert werden.

Das bedeutet, dass für den Infektionsschutz in Innenräumen viel mehr getan werden muss als es aktuell der Fall ist. Technische Lösungen hierfür stehen zur Verfügung und werden ständig weiterentwickelt.

**Konkrete Handlungsempfehlungen**

1. Nur mit möglichst wenigen Menschen außerhalb des eigenen Haushaltes in Innenräumen treffen und die Aufenthaltsdauer so kurz wie möglich gestalten. An Risikoeinstufung durch das RKI gekoppelte Vorgaben strikt einhalten.
2. Durch häufiges Stoß- oder Querlüften möglichst Bedingungen wie im Freien schaffen.
3. Leistungsstarke mobile Raumluftreiniger\*\* installieren, wo Menschen sich länger in geschlossenen Räumen aufhalten müssen und sowohl mechanische Lüftung mit ausreichend Außenluft als auch häufiges Stoß- und Querlüften technisch nicht möglich, physikalisch nicht effizient oder nicht zumutbar ist.
4. Zur Vermeidung direkter Infektionen Abstände wahren, wirksame Masken tragen (am besten FFP2, KN95 oder N95 Masken\*\*) oder transparente Schutzwände nutzen, wenn Abstände oder Masken nicht möglich oder nicht zumutbar sind.
5. Zur Vermeidung indirekter Infektionen in Innenräumen bieten nur dichtsitzende zertifizierte Masken (FFP2, KN95, N95\*\*) nachweislich einen hervorragenden Schutz, wenn durch Lüften, raumlufttechnische Anlagen oder mobile Raumluftreiniger kein ausreichender Schutz erwartet werden kann.
6. Auch wenn das Infektionsgeschehen größere Veranstaltungen zulässt (Theater, Konzerte, Gottesdienste) möglichst große, gut gelüftete Hallen nutzen oder ins Freie ausweichen. An Engstellen mit hoher Personendichte wie Ein- und Ausgängen und sanitären Einrichtungen FFP2, KN95 oder N95 Masken\*\*\* tragen und verlässliche Lüftungs- oder Luftreinigungskonzepte realisieren.
7. Wiederholt verständlich kommunizieren, dass COVID-19 im Wesentlichen durch Aerosole übertragen wird. Grafische Darstellungen wählen, auf denen gezeigt wird, wie z.B. durch Maskentragen, Lüften oder mobile Luftreiniger eine Infektion durch Aerosole verhindert werden kann und damit die geltenden Schutzmaßnahmen legitimieren.
8. Grundsätzlich sollte immer die Kombination aus Maßnahmen zur Verhinderung von direk-ten Infektionen (Kontaktvermeidung, Abstandsregeln, Masken, Schutzwände) und indirekten Infektionen (Lüften, mobile Raumluftreiniger, raumlufttechnische Anlagen, FFP2, KN95 oder N95 Masken) zur Anwendung kommen, um eine hohe Sicherheit bei möglichst geringen Komforteinschränkungen zu erreichen.
9. Auch bei niedrigen Inzidenzen sollten die Maßnahmen gemäß Vorgabe des RKI strikt eingehalten werden, da ein umfassender Schutz der Bevölkerung vor Infektionen auf absehbare Zeit nicht erreicht werden wird (z.B. keine Impfempfehlung für Kinder, nachlassender Impfschutz mit der Zeit oder aufgrund mutierter Virusvarianten, kein oder schlechter Impfschutz bei bestimmten Erkrankungen, mangelnde Impfbereitschaft in den nächsten Jahren) und die Ansteckungsgefahr schnell zu neuen lokalen Ausbrüchen führen kann.

Disclaimer:

Dieses Papier entstand auf Anregung der Kommission für interdisziplinäre Pandemieforschung der DFG unter Einbeziehung externer Autoren; es wird in seinen Inhalten und Schlussfolgerungen von der Kommission vollumfänglich mitgetragen.

**Verfasser:**

**Christof Asbach** istPräsident der Gesellschaft für Aerosolforschung e.V. (GAeF)

**Cornelia Betsch** ist Heisenberg-Professorin für Gesundheitskommunikation an der Universität Erfurt.

**Eva Grill** ist Professorin für Epidemiologie am Institut für Medizinische Informationsverarbeitung Biometrie und Epidemiologie an der Ludwig-Maximilians-Universität in München

**Christian Kähler** ist Professor für Strömungsmechanik und Aerodynamik an der Universität der Bundeswehr München

**Stephan Ludwig** ist Professor für Molekulare Virologie am Zentrum für Molekularbiologie der Entzündung an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

**Gerhard Scheuch** ist ehemaliger Präsident der International Society for Aerosols in Medicine

**Michael Schlüter** ist Professor für Mehrphasenströmungen an der Technischen Universität Hamburg

**Conelia Betsch, Eva Grill, Stephan Ludwig und Michael Schlüter sind Mitglieder der interdisziplinären Kommission für Pandemieforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).**

**Dieses Dokument wird unterstützt von:**

**Eberhard Bodenschatz** ist Direktor am Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen

**Gunnar Grün** ist stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer-​Instituts für Bauphysik in Holzkirchen

**Detlef Lohse** ist Professor für Fluiddynamik an der University Twente und Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften, Leopoldina

**Markus Raffel** ist Professor für Aerodynamik an der Leibniz Universität Hannover und Abteilungsleiter am Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Göttingen

**Jana Schroeder** ist Chefärztin des Instituts für Krankenhaushygiene und Mikrobiologie der Stiftung Mathias-Spital Rheine

**Cameron Tropea** ist Professor für Strömungsmechanik und Aerodynamik (im Ruhestand) und Mitglied der wissenschaftlichen Kommission des Wissenschaftsrates

**RKI?**

**GAeF ?**

**MAK ?**

**DPG?**

**Redaktioneller Stand: 16. Juni 2021**

Weitere Informationen auch auf der Internetpräsenz der Kommission für Pandemieforschung

<https://www.dfg.de/foerderung/corona_informationen/pandemie_kommission/index.html>