

Klinik für Audiologie und Phoniatrie

Hören – Sprache – Stimme – Musiktherapie

*Klinikdirektor: Prof. Dr. med. Dirk Mürbe***Institut für Hygiene und Umweltmedizin***Institutsdirektorin: Prof. Dr. med. Petra Gastmeier*

Berlin, 04.05.2020

Beurteilung der Ansteckungsgefahr mit SARS-CoV-2-Viren beim Singen

Prof. Dr. med. Dirk Mürbe, Dr. med. Peter Bischoff, Dr.-Ing. Mario Fleischer,
Prof. Dr. med. Petra Gastmeier

Ausgangslage

Die SARS-CoV-2-Pandemie und die damit verbundene Viruserkrankung COVID-19 führt zu erheblichen Einschränkungen des öffentlichen und privaten Lebens. Als hauptsächlicher Übertragungsweg der Erkrankung wird die Infektion durch Tröpfchen aus den Atemwegen angesehen. Die beispielsweise beim Husten oder Niesen in den Atemwegen entstehenden Tröpfchen können SARS-CoV-2-Viren über die Schleimhäute des Mundes und der Nase auf andere Personen übertragen. Des Weiteren wird angenommen, dass in den Atemwegen gebildete Aerosole - sogenannte „Tröpfchenkerne“ mit einem Durchmesser in der Größenordnung von wenigen Mikrometern - SARS-CoV-2-Viren übertragen können. Auch eine Kontaktübertragung, zum Beispiel durch mit Tröpfchen kontaminierte Oberflächen, ist möglich.

Tröpfchen und Aerosole entstehen auch beim Sprechen und Singen und werden von der Mundöffnung an die umgebende Luft abgegeben, sodass eine Übertragung des Virus auch in diesen Situationen erfolgen kann. Aus Sicht der medizinischen Fachgebiete Phoniatrie (Stimm- und Sprachheilkunde) sowie Hygiene und Umweltmedizin soll mit dieser Stellungnahme aktuelles Wissen über eine Übertragungsgefahr des SARS-CoV-2-Virus beim Singen dargestellt werden, um öffentliche Entscheidungsträger und Privatpersonen zu informieren und in ihrer Risikobewertung zu unterstützen. Die Zusammenstellung ersetzt weder in Verbindung mit der Pandemie getroffene behördliche Anordnungen noch allgemeine Hygiene- und Abstandsregeln, sondern beschreibt das mit dem Singen in Zusammenhang stehende Risikoprofil.

Gründe der Risikobewertung für das Singen und besonders betroffene gesellschaftliche Bereiche

Gründe für eine Beurteilung der Ansteckungsgefahr beim Singen liegen einerseits in der damit verbundenen Exposition von Tröpfchen und Aerosolen und andererseits im hohen Stellenwert des Singens im beruflichen und privaten Kontext in verschiedenen

gesellschaftlichen Bereichen. Im professionellen Kultursektor ist Gesang ein zentrales Element in Oper, Musical, Konzert, etc. Im Bereich Bildung wird unter anderem im Musikunterricht an Schulen, im Gesangsunterricht an Musikschulen und bei privaten Anbietern, in verschiedenen Lehramtsstudien und in der Gesangsausbildung an Musik- und Kunsthochschulen gesungen. Im Freizeitbereich ist Ensemblesgesang (Chor, Band etc.) weit verbreitet, wobei bundesweit allein in Verbänden vokalen Musizierens im Amateurbereich über 2 Millionen Mitglieder organisiert sind (1). Im gesamtgesellschaftlichen Kontext ist Musizieren und Musikrezeption neben den wichtigen sozialen Aspekten auch als relevante Gesundheitsressource einzuschätzen. Kognitive Aktivierung und Stressabbau, Unterstützung emotionaler Balance und das Erleben sozialer Gemeinschaft sind wesentliche Komponenten, durch die Singen zur psychosozialen Gesundheit beiträgt.

Im Mittelpunkt der weltweiten Maßnahmen gegen eine unkontrollierte Ausbreitung des SARS-CoV-2-Virus stehen die Einschränkungen des physischen Kontakts. Sie haben erhebliche Konsequenzen für nahezu alle mit dem Singen verbundenen Bereiche. Die Schließungen von Opern- und Konzerthäusern und Bildungseinrichtungen sind nicht nur mit den aktuell erlebbaren Einschränkungen verbunden, sondern auch mit der Sorge um den zukünftigen Erhalt dieser systemrelevanten kulturellen und edukativen Ressourcen aufgrund der prekären wirtschaftlichen Situation, insbesondere der in diesem Bereich freischaffenden Akteure. Eine wissenschaftliche Abschätzung der mit dem Singen verbundenen Risiken hat daher einen wichtigen Stellenwert für die Planungen der Wiederaufnahme der Tätigkeiten in den genannten Bereichen.

Wie entstehen beim Singen Tröpfchen und Aerosole?

Stimmklang entsteht durch das Zusammenspiel der drei Hauptkomponenten (I) Atmung, (II) Phonation (Klangentstehung im Kehlkopf) und (III) Artikulation (Klangformung im Vokaltrakt). Diese Gliederung des stimmbildenden Systems ist auch für die aktuell diskutierte Infektionsgefährdung beim Singen von Bedeutung, weil auf allen drei Ebenen Aerosole und Tröpfchen generiert werden können.

Die Atemfunktion dient bei der Stimmgebung dazu, den für die Anregung der Stimmlippenschwingung erforderlichen Luftdruck zu erzeugen. Durch diesen Anblasedruck werden die im Kehlkopf aufgespannten Stimmlippen zum Schwingen gebracht. Der dabei entstehende primäre Stimmklang breitet sich vom Kehlkopf durch den Vokaltrakt (die luftgefüllten Räume des Rachens bis zur Mundöffnung) aus und wird durch die Artikulation (die Einstellung dieser luftgefüllten Räume) in bestimmten Bereichen akustisch verstärkt oder gedämpft. Das bestimmt die Bildung der verschiedenen Vokale, trägt zum individuellen Timbre der Stimme bei und prägt die klanglichen Besonderheiten von professionellen Stimmen. Der Stimmklang wird dabei nicht durch den Atemstrom transportiert, sondern breitet sich durch Verdichtung und Verdünnung der Luft aufgrund der schwingenden Luftmoleküle aus.

Bereits in der Lunge werden Mikroaerosole gebildet, die beim Singen nach außen getragen werden. Auch durch die Berührungen der schwingenden Stimmlippen entstehen annehmbar Aerosole, die vom Atemstrom aufgenommen werden. Größere Partikel können aber insbesondere bei der Artikulation von Konsonanten im Bereich des Vokaltraktes entstehen. Während stimmlose Konsonanten durch die strömende Atemluft an Hemmstellen im Vokaltrakt gebildet werden, sind bei stimmhaften Konsonanten zudem im Kehlkopf erzeugte Klanganteile eingebunden. Entsprechend dem Mechanismus der Bildung von Konsonanten werden verschiedene Lautgruppen unterschieden. Beispielhaft seien Reibelauten (Frikative), wie /f/, oder Verschlusslauten (Plosive), wie /p/ und /t/, genannt. Anhand dieser Mechanismen ist auch die Bildung größerer Tröpfchen plausibel, die verbunden mit stärkerer Ausbreitung beim Sprechen zu „feuchter Aussprache“ führen können.

Aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse

Fragestellungen zur Verteilung von Tröpfchen und Aerosolen beim Singen mit Abschätzung der Übertragungsgefahr von Viruserkrankungen wurden bislang wissenschaftlich kaum thematisiert und rücken jetzt aufgrund der gravierenden Auswirkungen der aktuellen Pandemie in den Forschungsfokus.

Dabei ist einerseits die Ausbreitung der Partikel von der Mundöffnung in den Raum von Interesse. Hier können Partikel in einem Bioaerosol aerodynamische Durchmesser im Größenbereich von 0,01 bis mehreren hundert Mikrometer annehmen (2). Auch wenn keine einheitliche Nomenklatur und keine Größengrenze für eine Unterteilung der Partikel in Tröpfchen und Aerosole vorliegt, ist eine solche Differenzierung der Partikel auch hinsichtlich ihrer Beeinflussung durch die Schwerkraft sinnvoll. Tröpfchen mit einem Durchmesser von mehr als 5 Mikrometer sinken rasch zu Boden und werden nur bis zu einer Distanz von ca. 1 bis 1,5 Meter übertragen (3). Zu den Infektionskrankheiten, die von Tröpfchen mit einer Größe von 5 bis 10 Mikrometer übertragen werden, zählen Diphtherie, Keuchhusten oder Scharlach (4). Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 5 Mikrometer werden als Aerosole bezeichnet. Bei der aerogenen Übertragung verdunstet die Wasserhülle der erregerehaltigen Tröpfchen zunehmend, so dass sie leichter werden, in der Luft schweben und dementsprechend durch Luftströmungen und Diffusion weiterverbreitet werden können.

Andererseits ist zu beurteilen, in welchem Ausmaß SARS-CoV-2-Viren durch die während des Singens erzeugten Tröpfchen und Aerosole überhaupt in erkrankungsrelevantem Ausmaß übertragen werden können. Während der Weg einer Tröpfcheninfektion als gesichert gilt, ist laut aktueller Einschätzung des Robert-Koch-Institutes eine abschließende Bewertung einer Übertragung von SARS-CoV-2-Viren über Aerosole aufgrund der geringen Datenbasis noch nicht möglich (5).

Im Vergleich zum Husten wurden für das Sprechen ähnliche mittlere Tröpfchendurchmesser beschrieben (6). Für die neben größeren Tröpfchen beim Sprechen entstehenden sehr viel kleineren Partikel im Mikrometerbereich wird angegeben, dass einige Personen sehr viel mehr dieser Bioaerosole verbreiten als andere (7). Anhand theoretischer Überlegungen ist anzunehmen, dass unterschiedliche Arten der Stimmgebung, zum Beispiel Singen versus Sprechen, aber auch verschiedene Stimmintensitäten zu unterschiedlicher Größe und Dichte der Tröpfchen und Aerosole führen.

In einer Untersuchung der Anzahl und Größenverteilung von Aerosolen bei verschiedenen Sprechbeispielen (Aufnahme gehaltener Vokale, Lesen einer Textpassage in verschiedenen Sprachen) wurde gezeigt, dass die Emissionsrate der Aerosole in der Atemluft mit der Lautstärke steigt (8). Die Größenverteilung der Partikel war jedoch unabhängig von Lautstärke und gewählter Sprache. Es konnten wiederum Sprecher identifiziert werden, die ohne erkennbare Gründe eine deutliche erhöhte Emissionsrate als andere aufwiesen und damit als sogenannte speech superemitters in Frage kommen. In einer weiteren Untersuchung konnten mithilfe eines Laser-Messverfahrens beim Sprechen erzeugte Tröpfchen und ihre Flugbahnen dargestellt werden (9). Beim Sprechen des Testsatzes „Stay healthy“ wurden Tröpfchengrößen zwischen 20 und 500 Mikrometer gefunden. Auch hier erhöhte sich die Tröpfchendichte bei steigender Stimmstärke. Die Anzahl der Tröpfchen unterschied sich auch für die verschiedenen Laute und war am höchsten beim /th/.

Für eine Beurteilung des Erkrankungsrisikos ist auch der Zusammenhang zwischen der Größe der inhalierten Tröpfchen und Aerosole und der Eindringtiefe in die Atemwege des infektionsgefährdeten Empfängers von Bedeutung. Größere Tröpfchen schlagen sich in Mund und Nase, den oberen Bereichen der Atemwege, nieder, wo sie durch Nasenschleim ggf. nach außen abtransportiert oder auch geschluckt werden können. Im Gegensatz dazu dringen Aerosole in tiefere Bereiche der Atemwege und unter Umständen bis in tiefe Lungenabschnitte vor, wo sie in den Alveolen abgelagert werden können (7). Abgesehen

vom individuellen Risikoprofil des Empfängers, wie z.B. Immunstatus, Vorerkrankungen, Alter, etc, werden der Eintrittsort und die Anzahl der Viren („Viruslast“) als wichtige Faktoren für den Krankheitsverlauf angesehen.

Von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung eines Ansteckungsrisikos beim Singen ist zudem die Frage, in welchem Ausmaß SARS-CoV-2-Viren durch die mit der Atemluft nach außen getragenen Aerosole transportiert werden und überlebensfähig sind. Experimentell produzierte Aerosole, die SARS-CoV-2-Viren enthielten, blieben mit einer nur geringen Reduktion der Infektiosität über drei Stunden infektiös (10). Die Autoren schlossen daraus, dass die Aerosole von infizierten Personen auch bei beträchtlichen Abständen in geschlossenen Räumen gefährlich sein könnten, insbesondere bei schlechter Belüftung. Die Übertragbarkeit dieser experimentellen Ergebnisse auf den Menschen als Aerosolemittent wurde jedoch in Folge von vielen Wissenschaftlern in Frage gestellt.

Grundlegendes Interesse besteht auch hinsichtlich der Wirksamkeit von Gesichtsmasken. Eine aktuelle Publikation untersuchte das Vorkommen von Viren des respiratorischen Systems in der Ausatemluft bei Nutzung einer chirurgischen Gesichtsmaske. Influenza-Viren konnten dabei durch die Maske bei der Verbreitung in Tröpfchen, aber nicht in der Verbreitung durch Aerosole gestoppt werden (11). In dieser Studie wurden auch Corona-Viren (allerdings nicht SARS-CoV-2-Viren) untersucht, welche durch die Maske sowohl im Bereich der Tröpfchen als auch der Aerosole reduziert wurden. Anfinrud et al. zeigten, dass beim Tragen einer Maske die Tröpfchen fast vollständig abgefangen wurden. In dieser Untersuchung wurde jedoch keine Aussage über den Virengehalt der Tröpfchen gemacht (9).

Prinzipielle Maßnahmen zur Verringerung der Infektionsgefahr beim Singen

- Händehygiene:** Waschen Sie Ihre Hände regelmäßig und gründlich mindestens 20 Sekunden lang mit Wasser und Seife. Alternativ ist eine hygienische Händedesinfektion mit einem handelsüblichen Desinfektionsmittel mit nachgewiesener, mindestens begrenzt viruzider Wirksamkeit denkbar.
- Hustenetikette:** Halten Sie beim Husten oder Niesen größtmöglichen Abstand zu anderen und drehen Sie sich am besten weg. Niesen und husten Sie in die Armbeuge oder in ein Papiertaschentuch, das Sie danach entsorgen.
- Abstandsregeln:** Halten Sie einen Abstand von mindestens 1,5 Metern zu anderen Menschen ein und verzichten Sie auf Berührungen wie z.B. Begrüßung durch Händeschütteln.
- Raumgröße:** So groß wie möglich wählen in Bezug auf die darin befindliche Personenzahl und in Bezug auf Abstandsgebote.
- Lüftung:** Öffentliche bzw. private Räume regelmäßig intensiv lüften. Hier stoßweise Querlüftung bevorzugen (waagrecht geöffnete, gegenüberliegende Fenster bzw. Türen), eine Fensterlüftung in Kippstellung ist weniger effektiv.
- Lüftungsanlagen, einschließlich ihrer Umluft- und Filtertechnik, müssen generell nach den aktuell gültigen Regeln der Technik betrieben und gewartet werden.
- Mund-Nasen-Schutz:** Achten Sie beim Aufsetzen darauf, dass Nase und Mund bis zum Kinn abgedeckt sind und die Mund-Nasen-Bedeckung an den Rändern möglichst eng anliegt. Wechseln Sie die Mund-Nasen-Bedeckung spätestens dann, wenn sie durch die Atemluft durchfeuchtet ist. Berühren Sie beim Abnehmen der Mund-Nasen-Bedeckung möglichst

nicht die Außenseiten, da sich hier Erreger befinden können. Greifen Sie die seitlichen Laschen oder Schnüre und legen Sie die Mund-Nasen-Bedeckung vorsichtig ab. Waschen Sie sich nach dem Abnehmen der Mund-Nasen-Bedeckung gründlich die Hände (mindestens 20 Sekunden mit Seife). Weiterführende Information: <https://www.infektionsschutz.de/fileadmin/infektionsschutz.de/Downloads/Merkblatt-Mund-Nasen-Bedeckung.pdf>

Spritz- und Spuckschutz: Diese Maßnahmen dienen dem Tröpfchenschutz. Mögliche Umsetzung als Plexiglasaufsteller/-aufhänger. Gemeinsam genutzte Räume müssen so umgestaltet werden, dass Personen einen Mindestabstand von 1,5 m einhalten können. Wo dieser Mindestabstand nicht möglich ist, können Trennwände (Spritz- und Spuckschutz) helfen.

Weiterführende finden Sie unter <https://www.infektionsschutz.de/coronavirus>.

Resümee und Bewertung von typischen Konstellationen im Bereich des Laien- und Profisingens

Aufgrund der „Doppelnutzung“ der Atemwege, einerseits für die Sauerstoffversorgung und andererseits für die Stimmproduktion ist es prinzipiell plausibel, dass SARS-CoV-2 als ein Virus des respiratorischen Systems auch beim Singen übertragen werden kann. Die Mechanismen zur Entstehung von Stimmklang mit der Produktion von Tröpfchen und Aerosolen in den Atemwegen konkretisieren diese Übertragungsoptionen, die auch für andere Viren belegt sind. Anhand des aktuellen Wissensstandes ist eine Ansteckung mit SARS-CoV-2-Viren beim Singen möglich, das Übertragungsrisiko erscheint aufgrund der großen Heterogenität der Rahmenbedingungen beim Singen (räumlich, personell, professioneller Status etc.) aber sehr unterschiedlich.

Die Kenntnis dieser Zusammenhänge und des Potentials der Maßnahmen zur Verringerung der Infektionsgefahr beim Singen soll öffentliche und private Entscheidungsträger bei den Planungen der Wiederaufnahme von mit Singen verbundenen Tätigkeiten unterstützen, um in Abhängigkeit der aktuellen Entwicklungen der Pandemie eine bestmögliche Balance von Infektionsschutz und gesellschaftlicher Teilhabe in den Bereichen Kultur und Bildung zu ermöglichen.

Auch wenn jede Gefährdungssituation und jedes Schutzkonzept individuell beurteilt werden muss, sollen für nachfolgende typische mit dem Singen verbundene Konstellationen Bewertungshilfen gegeben werden, die beim gegenwärtigen Stand der Pandemie gerechtfertigt erscheinen.

Einzelunterricht Gesang

Zahlreiche Maßnahmen zur Verringerung der Infektionsgefahr sind beim Einzelunterricht gegeben oder lassen sich in großem Umfang ausschöpfen, um unter optimierten Bedingungen Unterricht zu ermöglichen. Praktikable Maßnahmen sind insbesondere:

- Begrenzung auf zwei im Raum befindliche Personen
- Auswahl des größtmöglichen Unterrichtsraumes
- Konsequenter Abstand zum Lehrenden von mindestens 3 Metern
- Ggf. Einsatz eines Spritz- und Spuckschutzes = Tröpfchenschutz (Plexiglasaufsteller/-aufhänger)

- permanente oder häufige Lüftung bzw. Reduktion/Unterbrechung der Unterrichtszeit
- Mund-Nasen-Schutz des Lehrenden
- so wenig Kontakt wie möglich zu Oberflächen

In der typischen Situation zahlreicher aufeinander folgender Studierender ist eine Zwischen-desinfektion möglicherweise kontaminierter Flächen, z. B. Türklinke, und Händehygiene zu empfehlen.

Gemeinsames Singen im öffentlichen Raum (Beispiel Gottesdienst)

Behördliche Entscheidungen zur Durchführbarkeit von Veranstaltungen im öffentlichen Raum sind aktuell in der Regel an konkrete Teilnehmerzahlen und Abstandsgebote gebunden. Für den Beispielfall eines genehmigten Gottesdienstes erscheint der Einbezug von Gesang in üblichem Umfang insbesondere bei nachfolgenden Rahmenbedingungen vertretbar:

- Vergleichsweise großes Raumvolumen
- Ggf. zusätzliche Lüftung
- Mund-Nasen-Schutz der mit Abstand platzierten Gemeindemitglieder
- so wenig Kontakt wie möglich zu Oberflächen

Der zeitliche Umfang des Singens im Vergleich zur Gesamtdauer ist vergleichsweise gering, eine deutliche Begrenzung möglicher artikulatorisch bedingter Tröpfchen durch das Tragen einer Maske realistisch.

Chor-/ Ensemblegesang

Gemeinsames Singen im Chor/Ensemble ist weiter kritisch zu beurteilen. Einerseits ist aufgrund der Mitgliederzahl häufig eine Umsetzung des Abstandsgebotes nicht möglich. Die kumulative Zeit des Singens im Rahmen der Gesamtdauer einer Chorprobe ist hoch, die Raumgröße und Lüftungsmöglichkeiten im Probenbereich sind in Bezug zur Teilnehmerzahl oft unbefriedigend. Im professionellen, aber auch semiprofessionellen Bereich ist eher von einer erhöhten artikulatorischen Aktivität beim Singen auszugehen. Eine Reduktion von Tröpfchen und Aerosolen durch Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes wäre prinzipiell möglich. Trotz geringer akustischer Konsequenzen ist aber die Praktikabilität im künstlerischen Kontext fraglich. Zudem erhöht sich durch Dauer und Intensität des Singens die Gefahr, dass die Maske durchfeuchtet wird und ihre Schutzfunktion abnimmt.

Bühnensituation im professionellen Bereich

Limitierende Faktoren im professionellen Bereich von Oper und Konzert sind insbesondere die in der Regel kritisch geringen Abstände aufgrund der typischerweise gegebenen räumlichen und personellen Bedingungen (Solisten/Chor/Bühnenpersonal). Die Annahme, dass im solistischen Bereich aufgrund höherer Stimmstärken das Risiko einer Verbreitung steigt, erscheint pauschal nicht gerechtfertigt. Gerade im professionellen Gesang ist durch eine hohe Effizienz der Stimmlippenschwingungen der „Luftverbrauch“ im Vergleich zur Stimmstärke gering. Trotz hohem deklamatorischem Anspruch kann im solistischen Bereich zudem von einer professionellen Kontrolle der artikulatorischen Aktivität ausgegangen werden. Die szenischen Optionen sind wegen des Abstandsgebots erheblich eingeschränkt.

Literatur

- (1) Deutsche Musikinformationszentrum des Deutschen Musikrats: Mitglieder in Verbänden des Amateurmusizierens. <http://www.miz.org/downloads/statistik/49/49-Amateurmusizierenstatistik.pdf>. (letzter Zugriff 30.04.2020)
- (2) Wolfgang Mücke, Christa Lemmen: Bioaerosole und Gesundheit. Wirkungen biologischer Luftinhaltsstoffe und praktische Konsequenzen ecomed Medizin, 2008.
- (3) Andreas Widmer, Andreas Tietz: Praktische Hygiene in der Arztpraxis. In: Schweizer Medizinisches Forum. Nr. 5, 2005, S. 660–666, doi:10.4414/smf.2005.05581
- (4) Markus Dettenkofer, Uwe Frank, Heinz-Michael Just, Sebastian Lemmen, Martin Scherrer: Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz. 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 2018, S. 114
- (5) Robert-Koch Institut: SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19). https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html (letzter Zugriff 30.04.2020)
- (6) Chao CY, Wan MP, Morawska L, et al. Characterization of expiration air jets and droplet size distributions immediately at the mouth opening. Aerosol Science 2009; 40: 122 –133
- (7) Meselson M. Droplets and Aerosols in the Transmission of SARS-CoV-2 New England Journal of Medicine, 2020 Apr 15. doi: 10.1056/NEJMc2009324. [Epub ahead of print]
- (8) Asadi S, Wexler AS, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart WD. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. Scientific Reports 2019; 9: 2348
- (9) Anfinrud P, Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A. Visualizing Speech-Generated Oral Fluid Droplets with Laser Light Scattering. New England Journal of Medicine 2020 Apr 15. doi: 10.1056/NEJMc2007800. [Epub ahead of print]
- (10) van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. New England Journal of Medicine 2020; 382(16): 1564-1567
- (11) Leung NH, Chu DW, Shiu EY, et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. Nature Medicine 2020 <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0843-2>

Das Dokument ist zum Download verfügbar unter: <https://audiologie-phoniatrie.charite.de>

Prof. Dr. med. Dirk Mürbe, Dr.-Ing. Mario Fleischer
Klinik für Audiologie und Phoniatrie

Prof. Dr. med. Petra Gastmeier, Dr. med. Peter Bischoff
Institut für Hygiene und Umweltmedizin