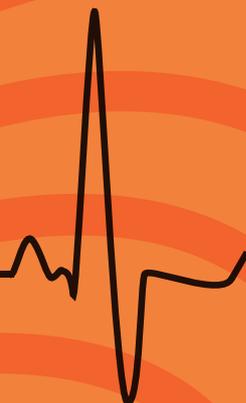


# GRUNDLAGEN für das Musizieren unter Pandemie- bedingungen

Version 1.6  
19.08.2021





# Grundlagen für das Musizieren unter Pandemiebedingungen

Kompetenznetzwerk  
**NEUSTART AMATEURMUSIK**

Version 1.6  
19. August 2021

NEUSTART AMATEURMUSIK ist ein Förderprogramm zur Erhaltung und Wiederbelebung der Amateurmusik in Pandemiezeiten im Rahmen von NEUSTART KULTUR

Gefördert durch:



Die Beauftragte der Bundesregierung  
für Kultur und Medien



**Nadja Bader** (Evangelischer Posaunendienst in Deutschland e. V.,  
Bund Deutscher Blasmusikverbände e. V.)  
**Rolf Bareis** (Evangelischer Posaunendienst in Deutschland e. V./ Leitender Obmann)  
**Judith Bock** (Verband Deutscher KonzertChöre e. V.)  
**Annalena Groß** (Bund Deutscher Blasmusikverbände e. V.)  
**Joachim Gutmann** (Bund Deutscher Blasmusikverbände e. V.)  
**Christoph Karle** (Bund Deutscher Blasmusikverbände e. V./ Geschäftsführender Präsident)  
**Franziska Luther** (Allgemeiner Cäcilien-Verband für Deutschland)  
**Dr. Saskia Meißner** (Bund Deutscher Blasmusikverbände e. V.)  
**Lorenz Overbeck** (Bundesmusikverband Chor & Orchester e. V./ Geschäftsführung)  
**Srdjan Tošić** (Deutscher Chorverband e. V.)  
**Marcus von Amsberg** (Chorverband in der Evangelischen Kirche in Deutschland e. V.)  
**Dr. Joachim Werz** (Allgemeiner Cäcilien-Verband für Deutschland)  
**Kontakt:** [grundlagen@bundesmusikverband.de](mailto:grundlagen@bundesmusikverband.de)

## Vorwort

Der Amateurmusikbereich ist von den Auswirkungen der SARS-CoV-2-Pandemie stark betroffen. Laut einer **Studie** des Musikinformationszentrums (miz) musizieren in Deutschland 14,3 Millionen Menschen in ihrer Freizeit. Seit Beginn der Pandemie in Deutschland hat ein Großteil der Amateurmusikensembles seine Aktivitäten eingestellt bzw. auf digitalen Wegen fortgeführt. Einer Umfrage des Bundesmusikverbandes Chor & Orchester zufolge sind rund 90 Prozent aller Konzerte im Jahr 2020 ausgefallen. Die andauernde Unterbrechung des Probenbetriebs könnte laut Deutschem Musikrat auch die Zukunftschancen und die Wettbewerbsfähigkeit junger Musikschaffender dauerhaft schädigen.

Als Reaktion auf die Auswirkungen der Pandemie wurde durch die Förderung der Staatsministerin für Kultur und Medien und im Rahmen des Rettungs- und Zukunftsprogramms NEUSTART KULTUR ein Kompetenznetzwerk zur Sicherung und Wiederbelebung der Amateurmusik in Deutschland ins Leben gerufen. Als Kooperation von 15 Musikverbänden und unter der Federführung des Bundesmusikverbandes Chor & Orchester bietet das Kompetenznetzwerk NEUSTART AMATEURMUSIK Beratung für Ensembles und Musikvereine und erarbeitet Handreichungen, Empfehlungen sowie kreative Lösungen zur Wiederbelebung der Amateurmusik in Deutschland. Das gebündelte Wissen rund um das Musizieren wird unter anderem auch auf der Wissensplattform <http://frag.amu.de> dauerhaft zur Verfügung gestellt.

Das Kompetenznetzwerk mit seinem wissenschaftlichen Gremium steht im engen Kontakt mit den Vertreter\*innen der Wissenschaft und erarbeitet Handlungsempfehlungen für das Spannungsfeld sicheres Musizieren unter Pandemiebedingungen. Dieses Papier stellt Informationen auf Basis aktueller Forschungsergebnisse zu diesem Thema zusammen und bietet damit eine Grundlage für die Erarbeitung von Hygienekonzepten sowie für kulturpolitische Entscheidungen.

Die ersten Seiten bieten eine kurze Übersicht für Handlungsempfehlungen. Sie dienen als allgemeinverständliche Grundlage für Hygienekonzepte, die das gemeinsame Musizieren unter Pandemiebedingungen (COVID-19) wieder ermöglichen. Die einzelnen Punkte werden mit wissenschaftlichem Hintergrund und Empfehlungen anderer Einrichtungen auf darauffolgenden Seiten im Detail erläutert.

Die Einhaltung der aktuellen, regional gültigen Corona-Verordnung hat stets Vorrang, sodass nicht sämtliche hier aufgeführten Maßnahmen zwingend notwendig sind. Je nach den konkreten Umständen vor Ort reduzieren bereits eine Auswahl dieser Maßnahmen deutlich das Infektionsrisiko beim Musizieren. Grundsätzlich haftet niemand für eine Infektion. Auch der Veranstaltende von Proben und Konzerten kann nicht für eine Infektion haftbar gemacht werden, sofern die geltenden Regeln erfüllt sind. Mehr hierzu, insbesondere zum Sorgfaltsmaßstab auf <https://frag-amu.de/wiki/haftung-bei-infektionen/>.

Die Anwendung der Maßnahmen kann das Infektionsrisiko zwar nicht völlig ausschließen, jedoch deutlich reduzieren und wieder Proben und Veranstaltungen im Amateurmusikbereich ermöglichen. Dieses Dokument wird laufend aktualisiert, sodass vorherige Versionen durch die aktuelle Ausgabe abgelöst werden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Empfehlungen als Grundlage für Hygienekonzepte</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Wissenschaftliche Grundlagen zum SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen</b>	<b>9</b>
2.1	Indirekte Übertragung und Stabilität von SARS-CoV-2 . . . . .	10
2.2	Die Rolle der Aerosole im SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen . . . . .	10
2.3	Entwicklung des SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Coronatests &amp; Impfen</b>	<b>14</b>
3.1	Coronatests . . . . .	14
3.2	Übersicht über die aktuellen Testverfahren . . . . .	16
3.3	Impfen . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Teilnehmende &amp; Kontaktdaten</b>	<b>20</b>
4.1	Geregelter Teilnehmenden- und Besucher*innenverkehr . . . . .	20
4.2	Kontaktdatenerfassung . . . . .	21
4.3	Maßnahmen beim Auftreten von Symptomen . . . . .	22
<b>5</b>	<b>Einhaltung der Abstands- &amp; Hygieneregeln</b>	<b>23</b>
5.1	Abstandsregeln . . . . .	23
5.2	Hygiene . . . . .	24
<b>6</b>	<b>Tragen von Masken</b>	<b>25</b>
6.1	Schutzwirkung von Masken . . . . .	25
6.2	Maskentypen . . . . .	26
<b>7</b>	<b>Trennwände</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Aerosol-Adsorber</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Lüften &amp; Lüftungstechnik</b>	<b>30</b>
9.1	Lüften . . . . .	31
9.2	Raumlufttechnische Anlagen . . . . .	31
9.3	RLT-Anlagen im Umluftbetrieb & Mobile Luftreinigungsgeräte . . . . .	32
9.4	Beispiele für Luftreiniger <sup>1</sup> . . . . .	33

<sup>1</sup>Die angeführte Produktauswahl dient als Beispiel und stellt keine Empfehlung oder Aufforderung zum Kauf dar. Die Gültigkeit der Informationen ist auf den Zeitpunkt der Erstellung dieser Unterlagen beschränkt und kann sich je nach Marktentwicklung jederzeit und ohne vorherige Ankündigung ändern.

<b>10 CO<sub>2</sub>-Messung</b>	<b>36</b>
10.1 CO <sub>2</sub> -Konzentration als Maß für die Raumluftqualität . . . . .	36
10.2 Rechtzeitiges und wirksames Lüften durch CO <sub>2</sub> -Messungen . . . . .	37
10.3 Beispiele für CO <sub>2</sub> -Messgeräte <sup>2</sup> . . . . .	38
<b>11 Parameter des Veranstaltungsorts (In- &amp; Outdoor)</b>	<b>41</b>
11.1 Indoor/Raumgröße . . . . .	41
11.2 Outdoor . . . . .	42
11.3 Modellrechner zur Risikoeinschätzung für Innenräume . . . . .	43
<b>12 Versionsverlauf</b>	<b>45</b>
<b>Literatur</b>	<b>47</b>

---

<sup>2</sup>Die angeführte Produktauswahl dient als Beispiel und stellt keine Empfehlung oder Aufforderung zum Kauf dar. Die Gültigkeit der Informationen ist auf den Zeitpunkt der Erstellung dieser Unterlagen beschränkt und kann sich je nach Marktentwicklung jederzeit und ohne vorherige Ankündigung ändern.

## 1 Empfehlungen als Grundlage für Hygienekonzepte

Die einzelnen Punkte werden mit wissenschaftlichem Hintergrund und Empfehlungen anderer Einrichtungen auf darauffolgenden Seiten im Detail erläutert.

Die Einhaltung der aktuellen, regional gültigen Corona-Verordnung hat stets Vorrang, sodass nicht sämtliche hier aufgeführten Maßnahmen zwingend notwendig sind. Je nach den konkreten Umständen vor Ort reduzieren bereits eine Auswahl dieser Maßnahmen deutlich das Infektionsrisiko beim Musizieren. Grundsätzlich haftet niemand für eine Infektion. Auch der Veranstaltende von Proben und Konzerten kann nicht für eine Infektion haftbar gemacht werden, sofern die geltenden Regeln erfüllt sind. Mehr hierzu, insbesondere zum Sorgfaltsmaßstab auf <https://frag-amu.de/wiki/haftung-bei-infektionen/>.

Die Anwendung der Maßnahmen kann das Infektionsrisiko zwar nicht völlig ausschließen, jedoch deutlich reduzieren und wieder Proben und Veranstaltungen im Amateurmusikbereich ermöglichen.

### Coronatests & Impfen

- Antigentests (Schnell- und Selbsttests) sind ein einfacher und schneller Test auf Ansteckungsfähigkeit. Die Tests erkennen vor allem hohe Viruslast, also die aktuell Ansteckenden.
  - negativ = eher nicht ansteckend, weiterhin AHA+L-Regeln beachten.
  - positiv = vermutlich ansteckend, sich isolieren und durch PCR-Labortest überprüfen lassen.
- Die Aussagekraft eines negativen Testergebnisses ist zeitlich beschränkt (maximal 48 h). Für höhere Sicherheit sollten die Tests erst kurz vor dem gemeinsamen Musizieren durchgeführt werden.
- Die Impfung bietet einen guten individuellen Schutz, nicht schwer an COVID-19 zu erkranken. Im Falle der neuen Virusvarianten bieten Coronatests auch bei geimpften Personen mehr Sicherheit, um Ansteckungen zu vermeiden.

### Teilnehmende & Kontaktdaten

- Die verantwortungsbewusste Teilnahme wird durch persönliche Kontaktanalyse der vorangegangenen 5–6 Tage sowie durch persönliche Kontrolle möglicher Krankheitssymptome von allen Teilnehmenden gewährleistet. Zusätzlich können Coronatests, ein Nachweis über ein Testergebnis oder ggf. Impfbescheinigungen verwendet werden.
- Zur Einhaltung des Abstands sollte auf einen kontaktlosen Einlass, getrennte Ein- und Ausgänge, markierte Wege mit Richtungsangaben (Pfeile), das Vermeiden von Warteschlangen und die Dokumentation fester Sitzplätze geachtet werden.
- Die Erfassung der Kontaktdaten (DSGVO-konform) aller Teilnehmer\*innen zur evtl. Rückverfolgung und Meldung an das Gesundheitsamt wird empfohlen. Aufgenommen werden sollten Vorname, Familienname, Anschrift, Telefonnummer, das Datum und der zeitliche Rahmen des Zusammentreffens.

- Die Kontaktdatenerfassung ist auch per App (Abschnitt 4.2) bzw. digitaler Anwesenheitsliste beim Probenbetrieb (wie „Konzertmeister“) möglich. Beachtet werden sollten dabei evtl. datenschutzrechtliche Lücken der jeweiligen Software.

### **Einhaltung der Abstands- & Hygieneregeln**

- Allgemein: Abstand, Hygiene, Alltag mit Maske und Lüften (AHA+L-Regeln).
- Ein Mindestabstand von 1,5 Metern ist als Schutz vor Infektionen über Tröpfchen zu empfehlen. Beim Musizieren ohne Maske am festen Platz sind 1,5 Meter seitlich und 2 Meter nach vorne sicherer. Für Bewegungsfreiheit beim Musizieren sind 2 Metern empfehlenswert.
- Versetzte Aufstellung der Musizierenden und des Publikums (Schachbrettmuster).
- Musizierende müssen ihr Kondenswasser aus dem Instrument auffangen und sicher entsorgen.
- Gemeinsame Nutzung von Instrumenten und Gegenständen vermeiden (bei Austausch fachgerecht reinigen/desinfizieren).

### **Tragen von Masken**

- Bei Kontakt mit Personen aus anderen Haushalten sollten Schutzmasken möglichst durchgehend und korrekt sitzend (eng anliegend, ohne Lücken/Leckagen) getragen werden.
- OP-Masken sind ein guter Tröpfchenschutz und dicht anliegende FFP-Masken schützen zusätzlich vor der Ansteckung über Aerosole in geschlossenen Räumen.
- Masken mit Ausatemventil sollten grundsätzlich nicht getragen werden und bieten nur einen Eigenschutz.
- Vor bzw. nach dem Auf- und Absetzen der Maske sollten die Hände gewaschen oder desinfiziert werden. Die Maske sollte nur an den dafür vorgesehenen Bändchen angefasst werden.
- Gesichtsvisiere bieten lediglich einen ergänzenden Tröpfchenschutz und sind allein nicht ausreichend.

### **Trennwände**

- Einen sehr guten Tröpfchenschutz bieten Scheiben, Schutzwände (wie Visiere). Schutzwände verhindern aber nicht, dass sich die ausgeatmeten, eventuell virenbelasteten Aerosole weiter im Raum anreichern, da sie nicht adsorbiert werden, sodass weitere Maßnahmen wie Masken, Lüften oder Aerosol-Adsorber nötig sind.

### **Aerosol-Adsorber**

- In Entwicklung sind Aerosol-Adsorber (Masken) für Blasmusikinstrumente sowie spezielle Lüftungsanlagen zur Absaugung der ausgeatmeten Aerosole möglichst nahe ihrer Quelle.

### Lüften & Lüftungstechnik

- Ab einem Austausch der Raumluft von etwa 50 – 75 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person ist von einer ausreichenden Entfernung der potentiell infektiösen Aerosole auszugehen (sehr gute Belüftung).
- Kontrolliertes Lüften: Häufigkeit und Dauer sollte durch Überwachung der Raumluftqualität mittels CO<sub>2</sub>-Messungen erfolgen.
  - Freies Lüften ist mit dem Prinzip des Stoß- und Querlüften (alle Fenster und Türen öffnen) am effektivsten.
  - Raumlufttechnische Anlagen sollten mit dem Prinzip der Quell-Lüftung und 100 Prozent Frischluftzufuhr betrieben werden (sehr gute Belüftung möglich).
  - Raumlufttechnische Anlagen im Umluftbetrieb sollten möglichst vermieden werden. Falls nicht anders möglich sollten z. B. die Kombination der Filtervliese F7 und F9 nach DIN EN 779:2012 eingesetzt werden.
  - Luftreiniger können ergänzend zum freien Lüften genutzt werden, für Räume mit schlechter Lüftungsmöglichkeit.

### CO<sub>2</sub>-Messung

- Da CO<sub>2</sub> genauso durch die menschliche Atmung entsteht wie eventuell virenbelastete Aerosolpartikel, kann die CO<sub>2</sub>-Konzentration als Indikator für die Konzentration ausgeatmeter Aerosolpartikel angenommen werden. Kontinuierliche CO<sub>2</sub>-Messungen und daraus abgeleitete Lüftungs- und Pausenregelungen sind deshalb eine gute Möglichkeit, um das Infektionsrisiko in Verbindung mit anderen Maßnahmen deutlich zu reduzieren.
- Als Grenzwert wird eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von 800 ppm empfohlen.
- Ausreichend genaue CO<sub>2</sub>-Monitore (auch als CO<sub>2</sub>-Ampeln bekannt) sind im Handel relativ kostengünstig erhältlich (Abschnitt 10.3).

### Parameter des Veranstaltungsorts (In- & Outdoor)

- Große Räume (z. B. Kirche, Halle) bevorzugt nutzen.
- Lüftungskonzept für den jeweiligen Raum erstellen (Kapitel 9, Kapitel 10)
- Maximale Raumbelegung und Aufenthaltszeit reduzieren, feste Sitzplätze (Schachbrettanordnung)
- Veranstaltungen im Freien sollten, aufgrund des geringeren Infektionsrisikos (optimale Belüftung, Inaktivierung der Viren durch UV-Strahlung), bevorzugt werden.
- Die Maske kann im Freien und in geschlossenen Räumen bei sehr guter Lüftung am zugewiesenen Sitzplatz abgenommen werden.
- Modellrechner (Abschnitt 11.3) zur Risikoeinschätzung können als Ergänzung zu Hygienekonzepten genutzt werden (Achtung: nur theoretische Annahmen).

## 2 Wissenschaftliche Grundlagen zum SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen

Die Übertragung von SARS-CoV-2 findet laut RKI [[RKI21i](#); [RKI21l](#)] beim Atmen, Sprechen, Schreien, Husten, Singen, Musizieren, etc., hauptsächlich über Tröpfchen und ausgeatmete Lungenaerosolpartikel (LAP) als Träger der Viren statt, wobei das Virus selbst etwa 80–140 nm groß ist. Die Viren sind nur ein kleiner Anteil der LAP, die sich aus Wasser, Salzen, Proteinen und weiteren Bestandteilen zusammensetzen. Entscheidend bei der Ansteckung sind die lungengängigen Aerosole [[Bec+04](#)], eine Größe der Feinstaubkategorie PM<sub>2,5</sub> also Partikel kleiner 2,5 µm.

Eine Messung der ausgeatmeten LAP ist nicht direkt möglich, da weitere Umwelteinflüsse (Hausstaub, Pollenflug, Reifenabrieb, Industrie, etc.) bereits Aerosole und Feinstaub in der Luft erzeugen. Die Ausbreitung der LAP im Raum, die Korrelation zwischen den Konzentrationen von ausgeatmetem CO<sub>2</sub> sowie LAP, als auch die kritische Konzentration an Viren für eine Infektion sind aktueller Gegenstand der Forschung.

Ein Abstand von 1,5 Metern sollte ohne Masken auf jeden Fall eingehalten werden, um das Risiko durch Tröpfcheninfektion im Freien und in Räumen zu vermeiden. Falls der Abstand nicht eingehalten werden kann, bieten Masken je nach Typ der Maske einen Fremd- oder auch Eigenschutz ([Kapitel 6](#)).

Eine deutliche Reduktion der Infektionsgefahr über LAP in Räumen kann durch Lüften, Lüftungsanlagen, Luftreiniger erreicht werden ([Kapitel 9](#)), um die Anreicherung von LAP im Raum zu reduzieren. Dabei sollten turbulente Luftbewegungen vermieden werden und die LAP gezielt nach außen transportiert werden. Aktuell werden auch Aerosol-Adsorber für Blasmusikinstrumente sowie spezielle Lüftungsanlagen (aktive und passive Aerosol-Adsorber) entwickelt ([Kapitel 8](#)). Mit dieser Kombination soll risikoarmes Proben wieder möglich sein.

Veranstaltungen und Zusammentreffen im Freien sind deutlich sicherer, da dort keine Anreicherung von Aerosolen entsteht, wie es auch in einem offenen Brief der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF) hervorgehoben wird [[Asb+21](#); [GAe20](#)]. Dies ist eine Erklärung dazu, dass Cluster-Infektionen fast ausschließlich in Räumen stattfinden [[Qia+20](#)]. Es ist auch bereits nachgewiesen, dass die Viren durch UV-Strahlung inaktiviert werden können [[Sch+20b](#); [RBS20](#); [Buo+20](#)].

Eine Kontaktübertragung (Schmierinfektion) von SARS-CoV-2 über kontaminierte Oberflächen ist laut [[Dor+20](#)] nicht ganz auszuschließen, kann aber durch einfache Hygienemaßnahmen ([Kapitel 5](#)) deutlich reduziert werden.

Ein Blick in die Zukunft der COVID-19-Pandemie in Europa wird in einer Expertenbefragung bereit gestellt [[Ift+21](#); [Pri+21](#)].

## 2.1 Indirekte Übertragung und Stabilität von SARS-CoV-2

Die Tröpfchen oder LAP als Träger der Viren werden auch auf Oberflächen abgeschieden. Es ist laut van Doremalen et al. [Dor+20] und Chin et al. [Chi+20] bereits bekannt, dass Viren auf verschiedenen Oberflächen einige Tage (auf Edelstahl und Plastik bis zu 7 Tage) infektiös bleiben können. Beim Kontakt mit der Oberfläche können diese Viren wieder aufgenommen werden und zu einer Infektion führen. Durch Einhaltung der Hände-Hygiene oder Desinfektion kann dieser Weg einer Infektion deutlich reduziert werden (Kapitel 5).

SARS-CoV-2-haltige Aerosole aus künstlichem Speichel und aus Zellkulturmedium wurden in einem Laborexperiment generiert und simuliertem Sonnenlicht (UV-A- und UV-B-Spektrum) ausgesetzt (vergleichbar mit direktem Sommersonnenlicht im Freien). Die Viren wurden im Durchschnitt innerhalb von 8 Minuten bis zu 90 Prozent inaktiviert, ohne den Einfluss von simuliertem Sonnenlicht (Innenraumbedingungen) wurden sie erst nach 286 Minuten zu 90 Prozent inaktiviert [Sch+20b].

Ein Laborexperiment von Buonanno et al. [Buo+20] mit virenbeladenen Aerosolen verwendet Far-UVC-Strahlung (Wellenlänge von 222 nm) mit einer Dosis von etwa  $2 \text{ mJ/cm}^2 = 20 \text{ J/m}^2$  und erreicht eine Inaktivierung von 95 Prozent der Viren nach ca. 8 Minuten und 99,9 Prozent nach ca. 25 Minuten Belichtung. Die Lampe war im Abstand von 22 Zentimetern zur Aerosoltestkammer aufgestellt, bei 66 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit und  $24^\circ\text{C}$ .

Thermisch können die Viren bereits nach 5 min bei einer Temperatur von  $70^\circ\text{C}$  inaktiviert werden [Chi+20].

## 2.2 Die Rolle der Aerosole im SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen

Aerosole sind nach Beschreibung der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAef) [GAe20] ein Gemisch aus Luft und festen oder flüssigen Partikeln, Schwebeteilchen (1 nm bis  $100 \mu\text{m}$  Durchmesser). Größere Partikel oder Tröpfchen fallen schon nach knapp 1–2 Metern zu Boden (ballistische Ausbreitung aus einer Höhe von 1,7 Metern). Ein Abstand von 1,5 Metern sollte auf jeden Fall eingehalten werden. Partikel kleiner als  $0,1 \mu\text{m}$  werden durch eine diffusive Bewegung aufgrund der Brownschen Molekularbewegung beschrieben und verteilen sich mit der Zeit gleichmäßig im Raum. Diese kleinen Partikel steigen durch Thermik (Körperwärme) in der Regel sofort auf. Je höher der Raum umso weiter entfernt sind auch mögliche Ansammlungen. Diese Partikel können mehrere Stunden bis zu 12 Tage als Aerosol bestehen, bevor sie am Boden oder einer Oberfläche abgeschieden werden. Bei hoher Luftfeuchtigkeit werden die Partikel größer und fallen schneller zu Boden. Bei trockener Luft werden Partikel durch Verdunstung sogar noch kleiner.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft [DFG21] empfiehlt u. a. in ihrem wissenschaftlichen Positionspapier, Abstände im Freien und in Räumen einzuhalten und ggf. Masken zu tragen sowie geschlossene Räume regelmäßig zu lüften oder Raumluftreiniger ergänzend zum Lüften zu nutzen, oder raumlufttechnische Anlagen zu nutzen, um Infektionen durch Tröpfchen und Aerosole zu verhindern.

### Ausbreitung der Aerosole

Die Ausbreitung der Aerosole im Raum hängt laut Dittler et al. [Dit+20] davon ab, wie sich die Luftströmung im Raum verhält und wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, sodass lokal auch höhere

Konzentrationen auftreten können: Thermische Strömung z. B. durch Körperwärme der Personen, Strömung durch Bewegung der Personen im Raum, Strömung durch Luftaustausch beim Lüften oder durch RLT-Anlagen. Gegenstände im Raum sind Strömungshindernisse und bewirken eine Umlenkung der Luftströmung. Hier sind weitere Untersuchungen nötig.

Die LAP können wie andere Aerosole elektrostatisch geladen sein [GAe20]. Elektretfilter (häufig auch in Atemschutzmasken, Staubsaugern) mit elektrisch geladenen Fasern sind somit sehr effizient für diese kleinen Partikel, da diese im Filter polarisiert werden und an der Filteroberfläche adsorbiert werden. Adsorbieren bedeutet, dass sich die Partikel an der Oberfläche anlagern und nicht wieder an die Raumluft abgegeben werden.

### LAP Ausstoß beim Musizieren und Singen

Beim Musizieren oder Singen werden laut Dittler et al. [Dit+20] deutlich mehr LAP ausgeatmet als beim Sprechen oder beim Atmen (Ruhezustand). Beim Singen und lauten Sprechen werden fast identisch viele Lungenaerosolpartikel ausgestoßen. Laute Töne produzieren mehr LAP als leise Töne und hohe Töne (Sopran, Alt) mehr als tiefe Töne (Tenor, Bass) [Mür+20a]. Jugendliche oder Kinder atmen hingegen weniger LAP beim Sprechen, Singen und Schreien aus als Erwachsene [Mür+21]. Laut Edwards et al. [Edw+21] nimmt der Ausstoß mit zunehmendem Alter zu. Außerdem haben mit SARS-CoV-2 infizierte Personen eine deutlich erhöhte LAP-Produktion.

Beim Musizieren mit der Flöte (alle Kanten- und Schneiden-Tonerzeuger) ist laut Bodenschatz und Müller [BM21] bereits bekannt, dass etwa die Menge an Aerosolen wie bei der Ruheatmung oder Sprache ausgeatmet werden. Hier sind die Tröpfchen das „größere“ Problem, da sie ballistisch etwa 1–2 Meter weit fliegen können. Bei den weiteren Holz- und Blechblasinstrumenten ist die Anzahl der ausgeatmeten LAP meist deutlich größer (bei Klarinetten ist bisher der größte Ausstoß an LAP bekannt). Größere Tröpfchen kondensieren meist schon im Instrument und müssen nur gezielt aufgefangen werden.

Es werden spezielle Masken für Instrumente, sogenannte Aerosol-Adsorber sowie Luftreiniger zur Absaugung der LAP nahe ihrer Quelle entwickelt [BM21] (Kapitel 8).

Im Rahmen der „Aerosol-Studie mit dem Chor des BR“ [Ech+20] und der „Aerosol-Studie mit dem Symphonieorchester des BR“ [Gan+21] wurde bereits aufgezeigt, dass ein seitlicher Abstand zwischen den Musizierenden im Chor und Orchester von mindestens 1,5 Metern bereits ausreichend ist. Nach vorne ist ein Abstand von 2 Metern sicherer (für Querflöten wurde ein größerer Abstand empfohlen). Die Untersuchung wurde anhand der sichtbaren Aerosole durch Inhalation der Basissubstanz von E-Zigaretten durchgeführt und nicht die tatsächlich ausgeatmeten LAP gemessen. Dieser Dampf ist prinzipiell auch ein Aerosol, aber verhält sich nicht genau wie die ausgeatmeten LAP, sodass hier keine Aussage über die Menge der LAP getroffen werden kann.

Eine Studie mit den Bamberger Symphonikern zeigt, welche Luftbewegungen beim Musizieren mit Blasinstrumenten [Spa+20] und beim Singen [Ric+21] entstehen. Da Aerosole luftgetragene Partikel sind, werden sie bei der Ausbreitung im Raum auch durch diese Strömungen beeinflusst. Hier wird bestätigt, dass ein Mindestabstand beim Singen und Musizieren von 1,5 Meter seitlich schon ausreichend ist und nach vorne besser 2 Meter Abstand gehalten werden sollte (vor allem bei Querflöten und im Chor).

Messungen der Luftbewegung der Bauhaus-Universität Weimar [BGV20] mit Hilfe eines Schlieren-

spiegels beim Spielen von Blasinstrumenten und beim Singen liefern ein vergleichbares Ergebnis wie die Messungen mit den Bamberger Symphonikern. Mit Hilfe eines einfachen Tröpfchenschutzes kann die Luftbewegung auf einen Radius von kleiner als einem Meter eingeschränkt werden [Bec+20]. Die tatsächliche Ausbreitung der Aerosole wird hier aber nicht betrachtet.

### **Messung der LAP**

Eine indirekte Bestimmung der Anzahl von virenbeladenen LAP im Raum ist, wie z. B. an der TU Berlin [Kri20], mit sogenannten Luftkeimsammlern und einer speziellen Laborauswertung möglich. Des Weiteren kann mit Hilfe eines Laser-Partikel-Zählers die Größe und Anzahl der Partikel im Raum bestimmt werden, aber nicht separat die Anzahl der ausgeatmeten LAP, da bereits Partikel durch weitere Umwelteinflüsse (Hausstaub, Pollenflug, Reifenabrieb, Industrie, etc.) in der Luft vorhanden sind. Unter Laborbedingungen, z. B. im Reinraum ohne externe Umwelteinflüsse, kann damit auch die Anzahl der ausgeatmeten LAP bestimmt werden.

Eine Angabe von Schwellenwerten oder Grenzkonzentrationen an virenbeladenen LAP für die Übertragung einer Infektion ist laut Dittler [Dit+20] noch nicht möglich.

### **Hinweis**

Eine andere Methode, die im Allgemeinen zur Bestimmung der Raumluftqualität herangezogen wird, ist die Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration. Mit einem bestimmten Grenzwert kann diese als Orientierung zum Lüften dienen (Kapitel 10), da beim Atmen, Singen, etc. sowohl LAP als auch CO<sub>2</sub> ausgeatmet wird. Damit ist keine Bestimmung der tatsächlichen Virenlast im Raum möglich, da die Korrelation zwischen CO<sub>2</sub> und Aerosol-Emission im Zusammenhang von SARS-CoV-2 noch nicht hinreichend bekannt ist [Dit+20]. Für einen Grenzwert müssen auch weitere Einflüsse wie z. B. das Infektionsgeschehen berücksichtigt werden.

## **2.3 Entwicklung des SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen**

Ein Blick in die Zukunft der COVID-19-Pandemie in Europa wird in einer Expertenbefragung bereitgestellt [Ift+21; Pri+21]. Wie wird sich die Pandemie in den kommenden Monaten und Jahren entwickeln? Die Experten beschäftigen sich unter anderem mit den Fortschritten der nationalen und globalen Impfprogramme, der Ausbreitung besorgniserregender Varianten und den Reaktionen der Öffentlichkeit auf nichtpharmazeutische Maßnahmen im Zusammenhang mit der Pandemie. Das RKI gibt bereits zur Vorbereitung auf den Herbst/Winter 2021/22 eine Empfehlungen und Prävention ab [RKI21m] und zeigt auf, dass zeitnah noch keine vollständige Aufhebung der Maßnahmen möglich ist.

Im Folgenden gibt es einen kleinen Überblick, wie die Pandemie in Zahlen gefasst werden kann. Dazu werden z. B. die SARS-CoV-2 Reproduktionszahlen innerhalb Deutschlands vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt [DLR21] dargestellt: „In der hier veröffentlichten Visualisierung werden die Inzidenzwerte der dem Robert Koch-Institut gemeldeten Fälle pro 7 Tage und 100.000 Einwohner [RKI20b] und die aktuelle Reproduktionszahl in den einzelnen Landkreisen angezeigt. Die Reproduktionszahl gibt an, wie viele Menschen unter den aktuellen Maßnahmen von einer infektiösen Person durchschnittlich angesteckt werden. Eine Untersuchung dieser Größe auf Landkreisebene bekommt durch das Auftreten einer Virusvariante mit deutlich erhöhter Übertragbarkeit eine neue Bedeutung,

denn eine auffällig erhöhte lokale Reproduktionszahl könnte auf einen Einfluss dieser Virusvariante hindeuten. Deren Reproduktionszahl ist nach Untersuchungen des Imperial College London [Vol+21] deutlich höher und sie kann daher zu einer beschleunigten lokalen Ausbreitung führen.“ Nicht zu verwechseln mit der Basisreproduktionszahl  $R_0$ , die angibt wie viele Menschen ohne weitere Maßnahmen von einer infektiösen Person durchschnittlich angesteckt werden.

Wie gut die Kennzahlen den Pandemieverlauf abbilden, wird in einem Artikel von Gross [Gro21] vorgestellt und betont, dass nicht nur eine Kennzahl, wie die Sieben-Tage-Inzidenz betrachtet werden sollte, sondern u. a. auch die Belastung des Gesundheitswesens (Auslastung der Intensivbetten), die Impfquote und die Anzahl schwerer Krankheitsverläufe (Hospitalisierungen). Eine Vorhersage des Verlaufs der Pandemie kann mit verschiedenen Modellen [BG+20] berechnet werden. Die Vielfalt der Modelle zeigt aber deutlich, dass sehr viele Faktoren eine Rolle spielen und somit bisher keine langfristige Vorhersage getroffen werden kann.

Die aktuelle Situation der Pandemie wird z. B. von der LMU München in den regelmäßigen Berichten zum Infektionsgeschehen und der Sterblichkeit von COVID-19 [LMU20] mit dem Fokus auf Deutschland bereit gestellt. Im Vergleich zu den häufigsten Todesursachen verschiedener Lebensbereiche kann das Ausmaß der Pandemie besser eingeordnet werden [TO21]. Ob wirklich mehr Menschen als sonst sterben kann mit dem Indikator, der Übersterblichkeit, bestimmt werden. Sie gibt an, ob die Anzahl der Todesfälle in einem Jahr über dem durchschnittlichen Wert aus mehreren vergangenen Jahren liegt, was für Deutschland in 2020/21 insgesamt auch zutrifft.

### 3 Coronatests & Impfen

Coronatests werden in vielen Bereichen, wie auch bei Kulturmodellprojekten [Pet21], bereits erfolgreich eingesetzt. Die Antigentests (Schnell- und Selbsttests) sind einfach anzuwenden und liefern bereits innerhalb von Minuten ein Testergebnis. Diese Schnelltests werden in Apotheken und Testzentren angeboten und im Rahmen der Bürgertests (bis 11. Oktober 2021) steht jeder Person pro Woche mindestens ein kostenloser Test zu. Bescheinigte Tests werden auch von den Schulen und Arbeitgebern sowie weiteren Dienstleistern ausgestellt. Selbsttests können mithilfe der detaillierten Gebrauchsanleitung eigenständig durchgeführt werden. Im Vergleich zu den sehr zuverlässigen PCR-Tests mit zeitaufwendiger Auswertung im Labor, erkennen die Antigentests laut RKI [RKI21b] und <https://rapidtests.de/> hauptsächlich hohe Viruslast, wie sie bei akut ansteckenden Personen vorliegt. Eine geringe Viruslast, die noch unterhalb der Nachweisgrenze liegt, kann vor allem zu Beginn der Infektion innerhalb von Stunden deutlich ansteigen. Aus diesem Grund ist die Aussagekraft eines Testergebnisses zeitlich beschränkt. Das heißt, bei einem negativen Testergebnis besteht für die nächsten Stunden ein niedriges Risiko, ansteckend zu sein. Durch die Beachtung der AHA+L-Regeln (Kapitel 5) kann das bestehende Restrisiko weiter reduziert werden. Ein positives Testergebnis deutet auf eine Infektion hin und weitere Kontakte sollten vermieden werden. Um ein falsch positives Ergebnis auszuschließen, ist die Überprüfung mit einem PCR-Test im Labor nötig. Der Einsatz von Coronatests ist eine gute Schutzmaßnahme zur Risikominimierung. Jedoch müssen die Grenzen der Antigentests bekannt sein, also die beschränkte Empfindlichkeit und die zeitlich abnehmende Aussagekraft. Kein Test bietet eine 100-prozentige Sicherheit - ein persönliches Restrisiko bleibt bestehen und muss von jedem Einzelnen abgewogen werden.

Die Impfung bietet einen guten individuellen Schutz, nicht schwer an COVID-19 zu erkranken. Der bestmögliche Impfschutz ist spätestens 15 Tage nach der vollständigen Impfung aufgebaut. Laut RKI [RKI21f] ist auf Basis aktueller Daten das Risiko der Virusübertragung durch geimpfte und genesene Personen stark vermindert.

#### 3.1 Coronatests

Antigentests (Schnell- und Selbsttests) sind ein wichtiger Baustein zur Risikominimierung. Die Tests sind eine schnelle und einfache Möglichkeit, um die Infektiosität (Ansteckungsfähigkeit) zu prüfen. In vielen Bereichen, wo Menschen zusammenkommen (Kindergarten, Schule, Arbeitsplatz) werden sie bereits erfolgreich eingesetzt. Bei Öffnungsperspektiven im Handel und der Gastronomie sowie bei Modellkulturprojekten [Pet21] dienen tagesaktuelle Tests als Zugangskontrolle.

Das Ergebnis eines Antigentests ist immer nur eine Momentaufnahme und somit ist die Aussagekraft zeitlich begrenzt. Die Mehrzahl der Ergebnisse der Schnell- bzw. Selbsttests ist richtig, aber sie sind weniger sensitiv als ein PCR-Test mit zeitaufwendiger Auswertung im Labor. Jedoch wird vor allem eine hohe Viruslast erkannt, wie sie bei hochansteckenden Personen vorkommt. Dadurch, dass das

Testergebnis bei den Antigentests bereits innerhalb von Minuten vorliegt, können weitere Kontakte vermieden werden und so die Infektionskette gestoppt werden [RKI21b; BB21].

Die Qualität der Tests wird durch die Sensitivität und Spezifität angegeben. Die von der WHO empfohlenen Mindestkriterien für Antigentests sind eine  $\geq 80$  Prozent Sensitivität und  $\geq 97$  Prozent Spezifität, im Vergleich zu PCR-Labortests. Die Sensitivität ist der Anteil der Personen mit positivem Testergebnis unter den Infizierten. Die Spezifität ist der Anteil der Personen mit negativem Testergebnis unter den Nicht-Infizierten [BB21; KWM21].

Auch beim Einsatz von Schnelltests kann dies nur eine zusätzlich Maßnahme in einem ganzen Schutzmaßnahmenpaket sein, um das Risiko einer Ansteckung zu senken. Das heißt, auch bei einem negativen Testergebnis müssen die Abstands- und Hygieneregeln (Kapitel 5) sowie das regelmäßige Lüften (Kapitel 9) weiterhin beachtet werden. Denn man könnte sich zum Testzeitpunkt kurz vor der ansteckenden Phase befinden, sodass die Viruslast noch unterhalb der Nachweisgrenze liegt. In diesem Fall würde die Viruslast nach dem Testzeitpunkt exponentiell ansteigen und damit auch die Infektiosität der betroffenen Person. Ein negatives Testergebnis gibt somit lediglich für einen Zeitraum von Stunden an, dass man mit großer Wahrscheinlichkeit nicht ansteckend ist. Gleichzeitig ist ein positives Testergebnis ein Verdacht auf eine Infektion und sollte durch einen PCR-Test überprüft werden. Vorsichtshalber sollte sich die positiv getestete Person so lange in häusliche Isolation begeben und Kontakte vermeiden, bis das Ergebnis vorliegt [BB21; KWM21]. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein negatives Schnelltest-Ergebnis auch wirklich negativ ist, hängt auch von den vorangegangenen Kontakten und dem Infektionsgeschehen in der eigenen Region ab. Um diese Wahrscheinlichkeit bestimmen zu können, wurden Rechenprogramme entwickelt, wie z. B. <http://schnelltestrechner.de>.

Antigentests sind sehr wirkungsvoll, wenn eine Testung regelmäßig (mind. 2 mal pro Woche) stattfindet [MPL20]. Eine weitere Risikominimierung kann mit den Antigentests erreicht werden, wenn die Tests möglichst direkt vor der Veranstaltung durchgeführt werden, idealerweise maximal 2 Stunden davor. So kann sichergestellt werden, dass auch am Ende der Veranstaltung der Testzeitpunkt erst wenige Stunden zurückliegt. Für das Testen können Antigen-Selbsttests verwendet werden. Diese können unter Anleitung einer geeigneten Person oder eigenständig durchgeführt werden. Die Antigentests zur Selbstanwendung werden bei Apotheken, Discountern und Drogerien für unter 1 € verkauft. Die Lagerung und Anwendung der Tests muss entsprechend der Anleitung erfolgen, um verlässliche Testergebnisse zu erhalten. In einer Studie der Charité Berlin und Uniklinik Heidelberg [Lin+21] konnte gezeigt werden, dass ein durch Laien durchgeführter Selbsttest mit einfachem Nasenabstrich ähnlich gute Ergebnisse wie ein durch Fachpersonal durchgeführter Schnelltest liefert. Eine weitere Möglichkeit ist, dass das Ensemble Testtermine bei einer Apotheke/Testzentrum vor Ort bucht. Jeder Person steht noch bis zum 11. Oktober 2021 mindestens ein kostenloser Schnelltest, die sogenannten Bürgertests [BB21], pro Woche zu. Um die Testkosten für eine Veranstaltung zu minimieren, kann auf diese kostenlosen Bürgertests zurückgegriffen werden. Auch von den Schulen und Arbeitgebern sowie weiteren Dienstleistern werden Testbescheinigungen ausgestellt.

Da die Richtigkeit eines negativen Antigentests auch von den vorangegangenen Kontakten abhängt, sollten mögliche Infektionen in den eigenen Kontakten aufmerksam verfolgt werden. Falls man in den vergangenen 5–6 Tagen Kontakt zu Personen hatte, die inzwischen ein positives Testergebnis erhalten haben, sollte man zum Schutz des Ensembles nicht an einer Veranstaltung teilnehmen (Kapitel 9). Für

die Veranstaltung in der nächsten Woche sollte man darauf achten, ob man Symptome entwickelt. Treten keine Symptome auf, sind Testungen einmal im Laufe der Woche und einmal direkt vor der nächsten Veranstaltung eine gute Option [RKI21a]. Wenn beide Tests negativ ausfallen, ist es sehr wahrscheinlich, dass man nicht ansteckend ist.

Die Cornatests (Antigentests und PCR-Tests) zeigen an, wie groß die Virenlast ist und können somit auch bei geimpften Personen ansprechen, wenn die Virenlast groß genug ist [PEI21]. Bei geimpften Personen ist die Virenlast jedoch im Falle einer Infektion meist deutlich kleiner als bei Personen ohne Impfung [LT+21], sodass auch die Übertragung des Virus durch geimpfte Personen reduziert wird.

### 3.2 Übersicht über die aktuellen Testverfahren

Folgende Übersicht basiert auf der Information der BZgA [BZg21a], dem RKI [RKI21j] und dem Bundesministerium für Gesundheit [BB21] sowie einem Artikel der Apotheken Umschau „Corona-Selbsttests: Erklärung und Tipps“ [KWM21]:

#### Antigen-Schnelltest

- Probenentnahme durch geschultes Personal aus dem Nasen-Rachenraum
- Nachweis von Proteinen (Eiweißfragmente) aus der Hülle des Virus
- Ergebnis in ca. 15-30 min, kostengünstig, ungenauer als PCR
- Testergebnis gültig für mehrere Stunden, digitaler oder schriftlicher Nachweis
- Verwendung als vorbeugende Testung/Fremdschutz: kein Verdacht, keine Symptome, nach Kontakt zu COVID-19-Infizierten, zusätzliche Sicherheit etwa bei privaten Treffen oder Freizeitaktivität

#### Antigen-Selbsttest

- Probenentnahme und -auswertung eigenständig entsprechend der Gebrauchsanleitung, richtige Anwendung und Lagerung beachten
- Frei verkäuflich zur Anwendung durch Privatpersonen, Tests mit geprüfter Qualität tragen eine CE-Kennzeichnung oder Sonderzulassungsnummer des BfArM (aktuell in Deutschland zugelassene Tests siehe [BfA21], eine Übersicht über Studien zur Bewertung der verschiedenen Antigen-tests siehe [UKH21]).
- Methoden zur Probenentnahme:
  - Stäbchentest für einen Abstrich im vorderen Nasenbereich
  - Gurgeltest
  - Spucktest
  - Lollitest/Lutschertest
- Nachweis von Proteinen (Eiweißfragmente) aus der Hülle des Virus
- Ergebnis in ca. 15–30 Minuten, Anwendung einfach und schnell, kostengünstig (schon für unter 1 € erhältlich), ungenauer als PCR
- Testergebnis gültig für mehrere Stunden
- Verwendung als vorbeugende Testung, Fremdschutz: kein Verdacht, keine Symptome; zusätzliche Sicherheit etwa bei privaten Treffen oder Freizeitaktivität

### PCR-Labortest

- Probenentnahme durch geschultes Personal im Nasen-Rachenraum
- Nachweis des Viruserbegutes im Labor mit der Polymerasekettenreaktion (PCR)
- Ergebnis nach ca. einem Tag, sehr zuverlässiges Verfahren
- Digitaler oder schriftlicher Nachweis
- Verwendung zur Diagnostik: bei corona-typischen Symptomen, im Verdachtsfall, zur Überprüfung eines positiven Selbst- oder Schnelltest-Ergebnisses
- Ein Termin für einen PCR-Test kann bei Hausärzt\*innen, unter 116 117 oder in Impfzentren online vereinbart werden.

### 3.3 Impfen

Die Impfstrategie ist ein sehr wichtiger Bestandteil [SR20; Ter21], um die Pandemie zu überwinden, wie es z. B. eine Studie aus Israel [Haa+21] bereits deutlich macht. Durch eine Impfung wird genauso wie bei einer überstandenen Infektion eine Immunität aufgebaut. Mit steigender Impfquote/Immunität verringert sich so die Anzahl der Menschen, die sich noch anstecken und das Virus weitergeben können. Die sogenannte Herdenimmunität [FC20; FEH11] gibt an, wie viele Menschen immun sein müssen, damit die Virusausbreitung ausgebremst wird und die Infektionszahlen sinken. Jedoch ist unklar, wann genau die Herdenimmunität erreicht ist, da mehrere Faktoren darauf einen Einfluss haben. Entscheidend ist das Infektionsgeschehen und wie viele Personen sich ohne die aktuellen Hygiene- und Schutzmaßnahmen bei einer infizierten Person anstecken (sogenannte Basisreproduktionszahl  $R_0$ ). Hinzu kommt das Impftempo, die Impfeffizienz und wie lange die Immunität anhält. Aber auch weitere Faktoren wie die Anzahl der bereits Immunen, die Größe der betrachteten Bevölkerung und der Einfluss von Super-Spreading-Events spielen eine Rolle. Außerdem können auch nicht alle Menschen geimpft werden.

Folgende Informationen basieren auf Angaben des BMG, der BZgA [BB21; BZg21b] und dem RKI [RKI21e; RKI21f; RKI21d]: Die Impfung bietet einen guten individuellen Schutz, nicht schwer an COVID-19 zu erkranken und wird bereits ab 12 Jahren empfohlen [STI21]. Nach vollständiger Impfserie haben die in der EU zugelassenen Impfstoffe gegen COVID-19 laut RKI eine Effektivität zwischen 67 und 94 Prozent. Der bestmögliche Impfschutz ist erst einige Zeit nach der vollständigen Impfung aufgebaut, laut RKI [RKI21f] spätestens nach 15 Tagen. Jedoch gewährt kein Impfstoff eine 100-prozentige Sicherheit. Trotz Impfung ist eine Infektion mit SARS-CoV-2 möglich und kann durch einen Coronatest nachgewiesen werden. Die Erkrankung verläuft dann in der Regel mit milden oder sogar ohne Krankheitssymptome. Laut Levine-Tiefenbrun [LT+21] ist das Ansteckungsrisiko durch geimpfte Personen vermindert, da bei Geimpften im Fall einer Infektion die nachgewiesene Viruslast reduziert ist. Um das verbleibende Restrisiko einer Virusübertragung zu verringern, empfiehlt die Ständige Impfkommission (STIKO), dass auch Geimpfte weiterhin Abstand halten, Hygiene beachten und Maske tragen. Für geimpfte und genesene Personen gelten bereits Erleichterungen, wie z.B. Lockerungen bei den Kontaktbeschränkungen [Bun21b], da auch im Falle einer Infektion schwere Verläufe sehr unwahrscheinlich sind. Die Definition und benötigten Nachweise für geimpfte und genesene Personen kann in § 2

der COVID-19-Schutzmaßnahmen-Ausnahmenverordnung vom 8. Mai 2021 (BAnz AT 08.05.2021 V1) [[Bun21a](#)] nachgelesen werden.

Inzwischen existieren neben dem Ursprungsvirus auch weitere ansteckendere SARS-CoV-2-Varianten: B.1.1.7 (Alpha), B.1.351 (Beta), P.1 (Gamma) und B.1.617.2 (Delta) [[RKI21c](#)]. Aufgrund von Mutationen am Spike-Protein kann das Virus leichter an menschlichen Zellen andocken und in sie eindringen. Dadurch haben diese Varianten eine höhere Übertragbarkeit und verbreiten sich um 30 bis 120 Prozent schneller. Im Gegensatz zur Alpha-Variante haben die Virusvarianten Beta, Gamma und Delta eine sogenannte Escape-Mutation. Dadurch kann das Virus die Immunantwort teilweise umgehen und die nach Impfung oder überstandener Infektion gebildeter Antikörper haben eine geringere Wirksamkeit. Im Falle der Delta Variante wurde bereits in Wisconsin [[Rie+21](#)] und Texas [[Mus+21](#)] gezeigt, dass die Virenlast von geimpften Personen mit Infektion nahezu identisch wie ohne Impfung ist, sodass die Ausbreitung dieser Mutation auch über geimpfte Personen stattfinden kann. Es gibt aber erste Hinweise darauf, dass Geimpfte bei einer Infektion wahrscheinlich kürzer ansteckend sind [[Chi+21](#)]. Sobald ein Großteil der Bevölkerung immun ist, sind diese Varianten bei der Ausbreitung im Vorteil. Die Impfstoffe schützen auch sehr gut gegen die Alpha-Variante und verhindern schwere Krankheitsverläufe bei einer Infektion mit den anderen Virusvarianten [[Bro+21](#)]. Die Impfstoffe werden bereits an die Virusvarianten angepasst, sodass durch eine Auffrischung der Impfung der Impfschutz wieder verstärkt werden kann. Unklar ist im Moment noch, wie lange die Immunität gegen COVID-19 nach der Impfung oder nach natürlicher Infektion anhält. Nach aktuellen Erkenntnissen nimmt die Immunität mit der Zeit ab. Zudem reagiert das Immunsystem bei älteren, immunsupprimierten Menschen und teilweise auch bei Krebspatienten laut Forscher\*innen der Berliner Charité weniger effizient auf die Corona-Impfungen. Für diese Personengruppen sind Auffrischungsimpfungen sinnvoll [[Cal21](#); [Kam+21](#)].

In Bezug auf die Virusvarianten ist bisher nicht jeder Impfstoff gleichermaßen geeignet, um das Infektionsgeschehen effektiv einzudämmen, da je nach Impfstoff auch geimpfte Personen das Virus weiterhin übertragen können [[Bro+21](#)]. Bisher sind die mRNA-Impfstoffe am effektivsten [[GH21](#); [LT+21](#)]. Das Ziel der Herdenimmunität kann möglicherweise nur schwer erreicht werden, falls die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Virus deutlich zunimmt. Maßnahmen wie beispielsweise Masken, Abstands- und Hygieneregeln sowie Kontaktbeschränkungen werden weiterhin notwendig sein. Im Falle der neuen Virusvarianten bieten Coronatests auch bei geimpften Personen mehr Sicherheit, um Ansteckungen zu vermeiden. Werden bei einem niedrigen Infektionsgeschehen zu früh (bei zu niedriger Impfquote) Lockerungen der Schutzmaßnahmen ermöglicht, könnte sich das Virus wieder leichter verbreiten. Das könnte z. B. zu hohen Neuinfektionen bei der jüngeren und (noch) ungeimpften Bevölkerung führen [[LBA21](#); [Mon+21](#)] und hätte ebenfalls medizinische und wirtschaftliche Auswirkungen.

Laut COVID-19-Familienstudie Baden-Württemberg [[Ren+21](#)] verläuft bei Kindern eine Coronainfektion jedoch häufig nur mit milden oder sogar ohne Krankheitszeichen. Im Gegensatz zu Erwachsenen weisen bei Kindern nur Geschmacksstörungen deutlich auf eine Erkrankung hin. Husten und Fieber im Zusammenhang mit einer Corona-Infektionen traten erst bei älteren Kindern ab etwa zwölf Jahren auf. Gleichzeitig entwickeln von COVID-19 genesene Kinder eine starke und anhaltenden Immunantwort und das unabhängig davon, ob Krankheitssymptome auftraten oder nicht. Die kindlichen Antikörper sind zudem sehr wirksam gegenüber den Virusvarianten. Somit sollten genesene Kinder auch ohne Krankheitssymptome vor einer neuen Coronavirus-Infektion geschützt sein.

Das RKI hat für Deutschland den Impfeffekt im Zeitraum von Januar bis Juli 2021 analysiert [[RKI21h](#)]. Die mathematische Modellierung des Pandemieverlaufs in der 3. Welle mit bzw. ohne Impfkampagne zeigt deutlich, dass die Impfungen sehr viele Infektionen, stationäre Behandlungen und Sterbefälle verhindert haben. Diese Daten weisen auf den großen Nutzen der COVID-19-Impfung hin. Auch für die im Herbst/Winter auftretende 4. Welle hat das RKI mathematische Modellszenarien berechnet. Die Entwicklung des Infektionsgeschehens ist vor allem von der Anzahl der Kontakte und Wahrscheinlichkeit der Virusübertragung pro Kontakt abhängig. Im Modell wurde auch der Effekt unterschiedlicher Impfquoten abgeschätzt und eine Zielimpfquote von 85% (vollständige Impfung) bei den 12-59-Jährigen und 90% bei den über 60-Jährigen empfohlen, damit eine ausgeprägte 4. Welle im kommenden Herbst/Winter wahrscheinlich ausbleibt [[RKI21g](#)].

Der Weg aus der Pandemie ist möglicherweise noch lang und mühsam. Das Ziel müssen global niedrige Fallzahlen und ein hohes Impftempo sein [[Ift+21](#); [Pri+21](#)]. Denn bei niedrigem Infektionsgeschehen treten auch neue Mutationen seltener auf, gegen die Impfungen und vorherigen Infektionen weniger bis gar nicht schützen. Um das Risiko für Mutationen zu senken, muss die Ausbreitung des Virus weltweit eingedämmt werden. So wird SARS-CoV-2 langfristig zu den saisonal auftretenden Erkältungsviren zählen und bei einer Infektion in jungen Jahren nur zu milden Symptomen führen.

## 4 Teilnehmende & Kontaktdaten

Für die sichere Durchführung von Proben, Konzerten und sonstigen Veranstaltungen trägt nach Spahn und Richter [SR20] neben der Kombination verschiedener Schutz- und Hygienemaßnahmen (Kapitel 5) auch ein geregelter Teilnehmenden- und Besucher\*innenverkehr zur Risikominimierung bei. Dazu gehören eine Zugangskontrolle, eine durchdachte Raumnutzung während der Veranstaltung und die Kontaktdatenerfassung, um mögliche Ansteckungswege nachvollziehen zu können.

Zur Zugangskontrolle gehört die individuelle Kontaktanalyse der vorangegangenen 5–6 Tage und der Ausschluss von typischen Symptomen für SARS-CoV-2 (z. B. Fieber, Atemwegsbeschwerden, Verlust von Geruchs- oder Geschmacksfunktion) bei allen Teilnehmenden. Zusätzlich tragen Coronatests und/oder evtl. Impfbescheinigungen zur weiteren Risikominimierung bei (Kapitel 3).

Bei der Veranstaltung ist auf einen kontaktlosen Einlass wie z. B. mit „ticketmaster“ [Zem+76], das Vermeiden von Warteschlangen und Begegnungsverkehr sowie auf die Dokumentation der festen Sitzplätze zu achten. Das Risiko, sich mit SARS-CoV-2 zu infizieren, kann so minimiert, wenn auch niemals ausgeschlossen werden.

Zusätzlich ist eine DSGVO [GSH20] (Datenschutz-Grundverordnung)-konforme Erfassung der Kontaktdaten aller Teilnehmenden mit vollem Namen, Anschrift und Telefonnummer sowie Datum und Uhrzeit zu gewährleisten. Um auf eine analoge Mitschrift verzichten zu können, gibt es inzwischen diverse Apps oder Software [Sch21] wie beispielsweise "Corona-Warn-App", „Luca“ oder „pass4all“, die dabei helfen, der aktuell gesetzlich geforderten Pflicht nachzukommen, im Infektionsfall dem zuständigen Gesundheitsamt die Daten bereitzustellen. Allerdings sind diese nicht grundsätzlich Datenschutzkonform.

Sollten trotz aller Schutz- und Hygienemaßnahmen bei Personen typische Symptome für SARS-CoV-2 laut RKI [RKI21i] (z. B. Fieber, Atemwegsbeschwerden, Verlust von Geruchs- oder Geschmacksfunktion) auftreten, sollte telefonischer Kontakt zu Hausärzt\*innen oder dem Gesundheitsamt aufgenommen werden und sich entsprechend den Anweisungen verhalten werden. Es folgt in der Regel ein PCR-Test auf das Coronavirus und häusliche Isolation bzw. Quarantäne. Alle Kontaktpersonen ab zwei Tage vor Symptombeginn müssen dokumentiert werden (RKI Kontaktpersonen-Nachverfolgung [RKI21i]).

### 4.1 Geregelter Teilnehmenden- und Besucher\*innenverkehr

#### Zugangskontrolle

Neben den allgemeinen Hygiene- und Abstandsregeln und dem Tragen einer Maske gehört zur Risikominimierung bei Menschenansammlungen ein geregelter Teilnehmenden- und Besucher\*innenverkehr [SR20]. Dieser beginnt mit der sogenannten Zugangskontrolle, also den Überlegungen und Handlungen, die im Vorhinein einer Veranstaltung oder Probe absolviert werden müssen:

- persönliche Einschätzung des Risikos aufgrund von Vorerkrankungen und Alter (größere Gewichtung des Alters) und Übernahme der Verantwortung für sich selbst

- persönliche Kontaktanalyse der vorangegangenen 5–6 Tage
- Nutzung von Apps, Software [Sch21] zur Kontaktdatenerfassung bzw. Nachvollziehung von Begegnungen (Corona-Warn-App, Luca, pass4all, 2FDZ, BEVENTIO, bomocha, CheckInCode, CoronaAssist:presence, corona-kontakte.de, darfichrein.de, Digital Waiter, einfachbesuchen, Event-Logger, EvoCount, e-guest, GastIdent, etc.)
- Temperaturmessung vor dem Musizieren mit anderen (keine Garantie)
- Coronatests (Selbsttest, Schnelltests, PCR-Tests) und/oder Impfung
- bei Symptomen (z. B. Fieber, Atemwegsbeschwerden, Verlust von Geruchs-/Geschmacksfunktion) Kontakte vermeiden
- bei nachgewiesener Infektion, Einreise aus einem anderen Land und dem Kontakt mit einer infizierten Person müssen gültige Vorschriften eingehalten werden (Kontaktvermeidung, Kontakt zu Hausarzt\*innen)

Es müssen immer möglichst viele der genannten Punkte in Kombination miteinander beachtet werden, niemals darf man sich nur auf einzelne Punkte verlassen. Mit dieser Einschätzung und Überprüfung im Vorhinein kann das Risiko zur Ansteckung mit SARS-CoV-2 zwar stark minimiert, aber nicht ausgeschlossen werden.

### **Raumnutzung**

Bei der Erstellung eines fundierten und individuellen Hygienekonzeptes in Abstimmung mit den Behörden bezüglich des Teilnehmendenmanagements von Proben und Konzerten ist außerdem Folgendes zu beachten:

- kontaktloser Einlass, Vermeidung von Warteschlangen
- möglichst keine Barzahlung
- getrennte Ein- und Ausgänge, um Begegnungsverkehr zu vermeiden
- markierte Wege mit Pfeilen, in welche Richtung jeweils gegangen werden darf
- bei Begegnungen außerhalb des Probe- oder Veranstaltungsraums (beispielsweise Flur- oder Eingangsbereich) auf Abstände hinweisen
- feste Sitzplätze in entsprechenden Abständen und deren Dokumentation
- Veranstaltungen, Proben möglichst im Freien durchführen

## **4.2 Kontaktdatenerfassung**

Um im Nachhinein einer Probe oder Veranstaltung mögliche Ansteckungswege nachvollziehen zu können bzw. um darüber zu informieren, sollte eine anwesende Person mit dem Coronavirus infiziert sein, ist die Erfassung der Kontaktdaten aller teilnehmenden Personen zu empfehlen. In einem bestehenden Ensemble bzw. Verein sind die Kontaktdaten in der Regel vorhanden, auf die Teilnahme sollte trotzdem geachtet werden.

Um auf eine analoge Mitschrift verzichten zu können, gibt es inzwischen diverse Apps oder Software wie beispielsweise die „Corona-Warn-App“, „Luca“ oder „pass4all“, die eine solche Erfassung von Begegnungen leisten. Weitere Beispiele für Programme dieser Art finden sich unter <https://www.wirfuerdigitalisierung.de/ber-uns>.

Wer kein Smartphone besitzt, kann seine Daten zum Beispiel bei der App „Luca“ mit Hilfe eines Schlüsselanhängers weitergeben, seine Begegnung mit den anderen Teilnehmer\*innen/Musiker\*innen allerdings selbst nicht registrieren. Auch über die App „Konzertmeister“, welche zur Terminfindung dient, kann eingesehen werden, wer an einer Probe teilgenommen hat und wer nicht. Die meisten dieser Apps können kostenlos genutzt werden, jedoch ist der datenschutzrechtliche Aspekt häufig stark umstritten. Stets muss darauf geachtet werden, welche Apps in der entsprechenden Region an das Gesundheitsamt angebunden sind und nicht nur die Kontakte dokumentieren. Im ersten Fall können die Daten bei Einverständnis auch automatisch weitergegeben und bürokratische Vorgänge verkürzt und erleichtert werden.

Personenbezogene Daten (sowie nach konkreter Einwilligung auch Gesundheitsdaten) von Teilnehmer\*innen und Besucher\*innen können erhoben, verarbeitet und gespeichert werden, um festzustellen, ob diese

- „selbst infiziert sind oder im Kontakt mit einer nachweislich infizierten Person standen
- sich im relevanten Zeitraum in einem vom RKI als Risikogebiet eingestuften Gebiet aufgehalten haben.“ [\[RKI21I\]](#)

Die Datenerfassung muss konform zur Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) [\[GSH20\]](#) sein. Das RKI [\[RKI21k\]](#) empfiehlt die Erfassung von: Vorname, Familienname, Anschrift, Telefonnummer, Datum, zeitlicher Rahmen des Zusammentreffens. Die Daten müssen vertraulich behandelt und in der Regel vier Wochen aufbewahrt und dem zuständigen Gesundheitsamt bei Nachfrage vorgelegt werden. Spätestens vier Wochen nach dem letzten Kontakt mit den betreffenden Teilnehmer\*innen der Probe oder Veranstaltung müssen die Daten laut DSGVO [\[GSH20\]](#) gelöscht/vernichtet werden (wenn es sich nicht um eine regelmäßige Probe eines Ensembles oder Vereins handelt, wobei die Daten in der Regel sowieso dauerhaft erfasst werden). Auch bei Apps wie zum Beispiel "Luca" werden die persönlichen Daten, die durch das Einchecken bei einem Gastgeber verschlüsselt hinterlegt werden, nach vier Wochen automatisch gelöscht.

### **4.3 Maßnahmen beim Auftreten von Symptomen**

Typische Symptome einer Infektion mit SARS-CoV-2 sind laut RKI [\[RKI21i\]](#) Husten, Fieber, Schnupfen und eine Störung des Geruchs- und/oder Geschmackssinns. Außerdem können Halsschmerzen, Atemnot, Kopf- und Gliederschmerzen, Appetitlosigkeit, Gewichtsverlust, Übelkeit, Bauchschmerzen, Erbrechen, Durchfall, Bindehautentzündung, Hautausschlag, Lymphknotenschwellung, Apathie oder Bewusstseinsstörungen auftreten. Sollten mehrere solche Symptome festgestellt werden, ist sofort telefonischer Kontakt zum zuständigen Gesundheitsamt bzw. Hausarzt\*in aufzunehmen. Es folgt ein PCR-Test auf SARS-CoV-2. Die Anweisungen des Gesundheitsamtes, wie beispielsweise die Quarantäne bzw. häusliche Isolation, müssen eingehalten werden sowie laut RKI [\[RKI21k\]](#) alle Kontaktpersonen ab zwei Tagen vor Symptombeginn dokumentiert werden.

## 5 Einhaltung der Abstands- & Hygieneregeln

Allgemein gelten die üblichen Hygieneregeln: Hände waschen mit Seife für mindestens 20 Sekunden lang, Husten- und Niesetikette, Abstand von mindestens 1,5 Metern auch außerhalb der Proben- und Veranstaltungsräume. Personen aus einem Haushalt müssen untereinander den Abstand nicht einhalten, aber zu allen weiteren Personen.

Sowohl in Chören als auch in Instrumentalensembles sollte ein seitlicher Abstand von mindestens 1,5 Metern, der von Nasenspitze zu Nasenspitze gemessen wird, eingehalten werden. In Sing- bzw. Spielrichtung ist ein Abstand von mindestens 2 Metern sicherer, so wird u. a. auch die Bewegungsfreiheit beim Musizieren berücksichtigt [SR20]. Der Mindestabstand reduziert das Infektionsrisiko deutlich, weitere Details werden im [Kapitel 2](#) aufgeführt. Im optimalen Fall sollte der Abstand zur Decke des Raums größtmöglich sein ([Kapitel 11](#)). Darüber hinaus empfiehlt sich eine versetzte Aufstellung der Musizierenden (Schachbrettmuster).

Bei Holzblasinstrumenten empfiehlt sich zusätzlich eine Positionierung in die vorderste Reihe, um die Tröpfchenausbreitung im Ensemble zu verhindern. Zudem sind Regeln für Bläser\*innen zum Auffangen und Entsorgen vom Kondenswasser zu beachten.

Die Abstandsregeln sind auch auf dem Weg durch den Proben- oder Konzertraum und in Pausen zu beachten. Dabei sollten außerdem entsprechende Masken ([Kapitel 6](#)) getragen werden. Die Abstands- und Hygieneregeln sind außerdem in Kombination mit anderen Maßnahmen umzusetzen.

### 5.1 Abstandsregeln

Die Einhaltung von Abstandsregelungen ist eine unbedingt und im Zusammenspiel mit anderen Mitteln umzusetzende Maßnahme zur Risikominimierung einer SARS-CoV-2-Ansteckung, auch im musikalischen Bereich.

Abstände müssen immer in Relation zu weiteren Maßnahmen gesehen werden und können nicht als einzelner Faktor stehen. Die Einhaltung der Abstände zielt in erster Linie darauf ab, eine Infektion über Tröpfchen zu vermeiden. Was eine Ansteckung durch Aerosole ([Kapitel 2](#)) angeht, müssen weitere Maßnahmen in Räumen – vor allem der Luftaustausch – stattfinden ([Kapitel 9](#)).

Obwohl das Risiko einer Ansteckung im Freien als viel geringer gilt ([Kapitel 11](#)), sollten auch Outdoor die vorgegebenen Abstände eingehalten werden, da die Einhaltung der Abstände darauf abzielt, eine Infektion über Tröpfchen zu vermeiden. Verschiedene Studien [[Ech+20](#); [Gan+21](#); [SR20](#); [Spa+20](#); [Ric+21](#); [BGV20](#)] bestätigen, dass ein Mindestabstand beim Singen und Musizieren von 1,5 Meter seitlich schon ausreichend ist und nach vorne besser 2 Meter Abstand gehalten werden sollte, vor allem bei Querflöten und im Chor ([Kapitel 2](#)). In Bezug auf die Ansteckung über Aerosole im Raum ([Kapitel 2](#)), sollten hohe Räume bevorzugt werden ([Kapitel 11](#)) und ein gezielter Luftaustausch umgesetzt werden ([Kapitel 9](#)).

In einem Chor sowie in Orchestern mit Blasinstrumenten empfehlen Mürbe et al. [[Mür+20b](#)] und Kähler et al. [[KH20](#)] eine versetzte Aufstellung der Musizierenden (Schachbrettmuster), um sich vor ei-

ner Tröpfcheninfektion zu schützen. Bei Querflöten ist auch zu beachten, dass bei der Tonerzeugung am Mundstück Tröpfchen direkt im Raum versprüht werden und sich nicht wie bei den anderen Instrumenten bereits im Instrument niederschlagen oder kondensieren. Aus diesen Gesichtspunkten empfiehlt Kähler et al. [KH20] "die Flöten bei Proben oder Konzerten in der vordersten Reihe zu positionieren und Maßnahmen zur Eindämmung der Tröpfchenausbreitung zu nutzen." Eine weitere Möglichkeit bieten Aerosol-Adsorber für Instrumente und Sänger\*innen, welche außer den Tröpfchen auch die Aerosole adsorbieren (Kapitel 8). Zudem gilt die Verpflichtung der Bläser\*innen, ihr Kondenswasser selbst aufzufangen, sicher zu entsorgen und dafür einen Lappen oder ein Gefäß mit zu Probe oder Konzert zu bringen.

Betrachtet man Konzertsituationen, sind zudem die Abstandsregeln für das Publikum zu beachten. Hier muss der von der Örtlichkeit (bzw. vom Bundesland) vorgegebene Mindestabstand zu Grunde liegen, der wiederum von Körpermitte zu Körpermitte gemessen wird. Ebenso wie bei der Aufstellung der Musizierenden empfiehlt es sich bei der Platzierung des Publikums, ein Schachbrettmuster anzuwenden. Personen aus dem gleichen Haushalt – sowohl Chor- und Orchestermitglieder als auch Zuschauer\*innen – dürfen dabei auch ohne Mindestabstand zusammensitzen, wenn dies die Landesverordnung erlaubt.

Die Einhaltung der Abstandsregeln ersetzt nicht das regelmäßige Lüften und die zeitliche Verringerung der Proben- und Konzertdauer. Die Abstandsregeln sind auch auf dem Weg durch den Proben- oder Konzertraum und in Pausen zu beachten. Außerhalb des festgesetzten Platzes sollten in Pausen und vor und nach der Probe Masken getragen werden. Abstandsregeln müssen immer in Relation zu weiteren Maßnahmen betrachtet werden und diese ergänzen.

## 5.2 Hygiene

Prinzipielle Maßnahmen zur Verringerung der Infektionsgefahr beim Musizieren und Singen sind laut Kähler [KH20]:

- **Händehygiene:** Regelmäßiges und gründliches Händewaschen mindestens 20 Sekunden lang mit Wasser und Seife. Alternativ ist eine hygienische Händedesinfektion mit einem handelsüblichen Desinfektionsmittel mit nachgewiesener, mindestens begrenzt viruzider Wirksamkeit möglich (laut Liste der zugelassenen Desinfektionsmittel des RKI [RKI20a]).
- **Hustenetikette:** Größtmöglichen Abstand beim Husten oder Niesen zu anderen Menschen halten. Niesen und Husten möglichst in die Armbeuge oder in ein Papiertaschentuch, das danach zu entsorgen ist.
- Weitere Maßnahmen im Schutzkonzept sind Masken (Kapitel 6), Tröpfchenschutz (Kapitel 7), Aerosol-Adsorber (Kapitel 8) sowie kontrolliertes Lüften (Kapitel 8).

## 6 Tragen von Masken

Das Tragen einer Maske ist bei der Begegnung mit anderen Personen Teil des umfangreichen Schutzkonzeptes zur Verminderung der Infektionsgefahr mit SARS-CoV-2. Pöschl und Witt [PW21] zeigen dass laut Cheng [Che+21] Masken ein einfaches und wirksames Mittel gegen eine Virusübertragung durch die Luft sind.

Unterschieden wird zwischen partikelfiltrierenden Halbmasken (z. B. FFP2, KN95, N95), medizinischen Gesichtsmasken (OP-Masken) und Alltagsmasken (Mund-Nasen-Bedeckungen, Community-Masken). Die FFP- und OP-Masken sollten möglichst nur einmalig genutzt oder nach den Empfehlungen der FH Münster [FMWM21] aufbereitet werden. Es ist darauf zu achten, dass die aktuell zugelassenen Masken (FFP- und OP-Masken) konsequent und korrekt (eng am Gesicht anliegend ohne Lücken/Leckagen, Mund- und Nase bedeckend) ab einem Alter von 6 Jahren [BZg21c] getragen werden. Außerdem ist auf Masken mit Ausatemventil zu verzichten. Als nachhaltige Alternative gibt es wiederverwendbare Masken (z. B. von Livinguard oder Casada), die als medizinische bzw. als FFP2-Maske zertifiziert sind.

Die Masken sollten im Veranstaltungsraum, in den Nebenräumen und auf allen Wegen durchgehend getragen werden. Wenn sichergestellt ist dass der entsprechende Mindestabstand (Kapitel 5) durchgehend eingehalten werden kann und der Raum sehr gut belüftet ist (Kapitel 9), sind z. B. beim gemeinsamen Musizieren im Chor und Orchester am festen Platz keine Masken nötig. Besonders im Freien kann bei entsprechendem Abstand auf das Tragen von Masken verzichtet werden.

Der aktuellste Informationsstand zum Thema Masken ist beim Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) [BfA20] zu finden.

### 6.1 Schutzwirkung von Masken

Um die Ansteckungsgefahr mit dem SARS-CoV-2 über Aerosole (ausgeatmete Lungenaerosolpartikel, LAP) und auch über die größeren Tröpfchen möglichst gering zu halten, sollte bei Begegnungen mit Menschen, die nicht im eigenen Haushalt wohnen, eine Maske getragen werden. Zusätzlich sollte eine Kombination der weiteren bekannten Maßnahmen angewandt werden, wie z. B. Abstand halten und auf Hygiene achten (Kapitel 5) sowie ein effizientes Lüften von Innenräumen durchgeführt werden (Kapitel 9). Masken bieten grundsätzlich einen Schutz vor der Übertragung von Krankheitserregern durch Aerosolpartikel und größere Tröpfchen in der Atemluft, einerseits für die Personen mit Maske und andererseits auch für die Menschen in deren Umgebung. Das Infektionsrisiko ist kleiner, desto besser die Maske ist. Das Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 kann durch eine einfache OP-Maske oder eine gute Stoffmaske um einen Faktor von ca. 2–4 verringert werden. Beim Tragen einer FFP2-Maske, die an den Rändern gut abschließt, wird das Risiko sogar um den Faktor 10 oder größer reduziert [PW21]. Tragen alle Maske, also die infizierten und die zu schützenden Personen, ist die Schutzwirkung noch größer. Das Infektionsgeschehen wird zunehmend von infektiöseren Varianten von SARS-CoV-2 bestimmt und deshalb sollten auch bei steigender Impfquote die Masken weiterhin genutzt werden, um

die Infektionszahlen niedrig zu halten. Die Masken haben eine hohe Schutzwirkung gegen SARS-CoV-2-Infektionen und sollten in Innenräumen und in Menschenmengen weiter aufgesetzt werden.

Das Tragen von Masken allein ist nicht ausreichend, sondern nur Teil eines umfangreichen Schutzkonzeptes. Wenn sicher gestellt ist, dass der Abstand von mind. 1,5 Metern durchgehend eingehalten werden kann, ist es möglich auf das Tragen von Masken zu verzichten.

Es gibt unterschiedliche Arten von Masken, die sich optisch und in ihrer Schutzwirkung unterscheiden. Das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) [BfA20] teilt auf in partikelfiltrierende Halbmasken (FFP1, FFP2, FFP3 und Halbmasken wie KN95, N95), medizinischen Gesichtsmasken (OP-Masken) und Mund-Nasen-Bedeckungen (Alltags-, Stoff-, Community-Masken). „Bund und Länder weisen in ihrem Beschluss vom 19.01.2021 entsprechend darauf hin, dass OP-Masken wie auch Masken der Standards KN95/N95 oder FFP2 eine höhere medizinische Schutzwirkung haben als Alltagsmasken, die keiner Normierung in Hinblick auf ihre Schutzwirkung unterliegen.“ [BfA20]. Häufig werden in einem Atemzug mit den oben aufgezählten Masken auch die sogenannten Gesichtsvisiere genannt. Diese bieten in erster Linie einen zusätzlichen Tröpfchenschutz, z. B. für die Augen, lassen sich aber mit der filtrierenden Wirkung von Masken nicht vergleichen und sind deshalb maximal als zusätzliche Schutzmaßnahme zu empfehlen (Kapitel 8). Für schlecht belüftete und dicht besetzte Innenräume sind FFP2-Masken zu empfehlen. In anderen Bereichen, wie bei engen Kontakten im Freien, können auch einfache OP-Masken oder Stoffmasken ausreichenden Schutz bieten, da die großen Tröpfchen effektiv zurückgehalten werden [PW21].

Voraussetzung für einen möglichst umfassenden Schutz ist in jedem Fall die dichte Passform der Maske [Mor+21]. Beim Tragen muss die Maske eng anliegen und es dürfen keine Leckagen/Lücken an den Seiten oder am oberen und unteren Rand entstehen, aus denen sonst Partikel entweichen könnten. Nach dem Auf- und Absetzen sollten die Hände gründlich mit Seife gewaschen bzw. desinfiziert werden und die Maske sollte beim Abnehmen nur an den dafür vorgesehenen Bändern, nicht auf ihrer Oberfläche berührt werden. Sollte die Maske durchfeuchtet sein, ist sie zu wechseln.

## 6.2 Maskentypen

### Partikelfiltrierende Halbmasken

Die partikelfiltrierenden Halbmasken (FFP1, FFP2, FFP3 und Halbmasken wie KN95, N95) bieten bei korrektem Sitz verhältnismäßig guten Eigen- und Fremdschutz. Für die Effektivität der Maske ist neben der Abscheideeffizienz des Materials auch der Dichtsitz (keine Spalte am Maskenrand) entscheidend [DFG21].

FFP-Masken werden als Einwegprodukte hergestellt, sodass sie regelmäßig gewechselt und entsorgt werden sollten [BfA20]. Eine Wiederverwendung im privaten Gebrauch ist möglich und sollte verantwortungsbewusst laut Maßnahmen der Fachhochschule Münster [FMWM21] durchgeführt werden. FFP-Masken unterliegen technischen Normen und Gesetzen (DIN-Norm EN 149:2001, Verordnung (EU) 2016/425) [DFG21]. Um diese zu erfüllen, wird beispielsweise die Filterleistung mit Aerosolen getestet – FFP2-Masken müssen hierbei mindestens 94 Prozent der Partikel (einer Größe von 0,08 und 0,37 µm [GAe20]) filtern.

Weitere Informationen und Testergebnisse sind bei Stiftung Warentest [Tes21] zu finden. FFP-Masken

mit Ausatemventil sollten nicht getragen werden, da die ausgeatmeten Aerosole nicht gefiltert werden und somit kein Fremdschutz gegeben ist.

### **Medizinische Gesichtsmasken**

Medizinische Gesichtsmasken (OP-Masken) schützen vor allem das Gegenüber, dienen also einem ausgeprägten Fremd- und nur begrenzt dem Selbstschutz. Die Filterleistung für feine Partikel, zu denen auch Viren gehören, ist häufig geringer als bei FFP-Masken, sodass die medizinischen Gesichtsmasken in erster Linie vor größeren Tröpfchen ( $> 1 \mu\text{m}$ ) mit einer Effizienz von 95–98 Prozent (Typ I, II, IIR) schützen [GAe20]. Außerdem entstehen hier oft Lücken an den Rändern, sodass die Schutzleistung verringert wird. Medizinische Gesichtsmasken gehören zu den Medizinprodukten, unterliegen also auch gesetzlichen Anforderungen. Sie müssen die europäische Norm EN 14683:2019-10 erfüllen und ebenso ein CE-Zeichen aufgedruckt bekommen. Sie werden als Einwegprodukte verkauft und sollten dementsprechend nach einmaliger Verwendung entsorgt werden.

### **Alltagsmasken**

Die einfachen Mund-Nasen-Bedeckungen, laut BfArM [BfA20] auch als Alltags- oder Community-Masken bezeichnet, bestehen aus unterschiedlichsten handelsüblichen Stoffen und werden oft auch selbst genäht. Sie unterliegen keiner gesetzlichen Norm.

Alltagsmasken bieten meist weniger Schutz als OP- oder FFP-Masken, sind aber trotzdem besser als keine Masken. Gerade große Tröpfchen werden auch von den einfachen Stoffmasken abgefangen, welche überwiegend Fremdschutz bieten. Im Freien, wenn die Mindestabstände nicht eingehalten werden können, bieten laut DFG [DFG21] Alltagsmasken bereits einen guten Schutz, da dort ohnehin keine Anreicherung von Aerosolen stattfindet. Die Alltagsmasken sind wiederverwendbar, wenn sie regelmäßig bei mindestens 70 Grad Celsius gewaschen und vollständig getrocknet werden.

### **Besondere Masken**

Eine nachhaltige Alternative zu den Einmalmasken sind die wiederverwendbaren Stoffmaske (von z. B. Livinguard und Casada), die durch ihre innovativen Technologien vor den SARS-CoV-2-Viren schützen. Beide Masken entsprechen den aktuellen Corona-Vorgaben. Die ProMask von Livinguard <https://livinguard.com/promask/> ist als medizinische Gesichtsmaske zugelassen und die Nano-Maske von Casada <https://www.casada.de> ist als FFP2-Maske zertifiziert.

## 7 Trennwände

Einen sehr guten Schutz vor Tröpfcheninfektionen durch SARS-CoV-2 bieten Scheiben, Schutzwände [Käh21] (oder Visiere). Mit diesem Schutz kann der Mindestabstand auch verringert werden. Schutzwände verhindern aber nicht, dass sich die ausgeatmeten Lungenaerosolpartikel (LAP) weiterhin im Raum anreichern, da sie nicht adsorbiert werden. Zur Reduktion der Infektionswahrscheinlichkeit sind weitere Maßnahmen wie Lüften (Kapitel 9) oder Masken (Kapitel 6) und Aerosol-Adsorber nötig.

## 8 Aerosol-Adsorber

Der Blasmusikerverband Nordrhein-Westfalen (BVN), unter Führung des neu gegründeten Instituts für Musik & Aerosole, entwickelt in enger Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation (MPI) [BM21] Aerosol-Adsorber (Masken) für Blasmusikinstrumente sowie spezielle Lüftungsanlagen. Mit dieser Kombination soll risikoarmes Proben auch unter Pandemiebedingungen wieder möglich sein, da die Aerosole direkt an der Quelle adsorbiert werden und sich nicht im Raum anreichern.

Adsorbieren bedeutet, dass sich die Partikel an der Oberfläche der Filter oder Adsorber anreichern. Aerosolpartikel sind laut [GAe20] teilweise elektrostatisch geladen oder lassen sich im elektrischen Feld von Filtern polarisieren, sodass sie effizient im Elektretfilter abgeschieden werden. Geeignet sind zum Beispiel Filtervliese, wie in FFP2-Masken, mit elektrostatischer Aufladung (Elektretfilter).

### **Blechblasinstrumente**

Im Falle der Blechblasinstrumente wird das vom MPI & BVN zertifizierte Filtervlies über den Trichtern befestigt. Der Test unter Laborbedingungen hat bereits gezeigt, dass 99,98 Prozent der Lungenaerosolpartikel (LAP) durch das Filtervlies adsorbiert werden. Das bedeutet, diese speziellen Masken für Instrumente sind genauso wirksam wie entsprechende, eng anliegend getragene partikelfiltrierende Halbmasken (FFP2).

### **Holzblasinstrumente**

Bei Holzblasinstrumenten treten aus allen „Löchern“ LAP aus. Die Lösung ist eine Umhüllung des Instrumentes mit dem vom MPI & BVN zertifizierten Filtervlies. Auch bei den Holzblasinstrumente werden 99,98 Prozent der LAP durch die Filter adsorbiert.

Flöten (Querflöten und andere Schneiden-, Kant-Tonerzeuger) können ohne Adsorber spielen, da der Ausstoß an LAP deutlich geringer ist (vergleichbar mit Ruheatmung und Sprechen) (Kapitel 2). Kritisch sind nur noch die Tröpfchen bei der Tonerzeugung am Mundstück, sodass der Abstand nach vorne von mindestens 2 Metern eingehalten werden sollte oder ein Tröpfchenschutz verwendet werden kann (Kapitel 6). Auch das Auftragen von Lippenbalsam auf den Lippen reduziert die Tröpfchenbildung (Vortrag 12/2020: Prof. Bodenschatz „Humane Tröpfchen und Aerosole“ <https://www.youtube.com/watch?v=RH1RBcvf3mM>).

### **Luftreiniger**

Des Weiteren sind spezielle Luftreiniger in Entwicklung, welche die Möglichkeit bieten, die LAP möglichst nahe ihrer Quelle direkt bei den Musizierenden gezielt abzusaugen [BM21].

## 9 Lüften & Lüftungstechnik

Durch regelmäßiges und gründliches Lüften kann in Innenräumen das Infektionsrisiko gesenkt werden. Wichtig ist ein hoher Luftaustausch mit Frischluft, um die potenziell infektiösen Lungenaerosolpartikel (LAP) (Kapitel 2) in der Raumluft möglichst zu entfernen. Bei einem Luftaustausch von etwa 50 – 75 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person werden die Aerosole ausreichend verdünnt. Lüften ersetzt aber nicht die AHA-Regeln (Kapitel 5), sie gelten weiterhin zur Vermeidung von Infektionen über Tröpfchen oder direkten Kontakt.

Die effektivsten Arten des freien Lüftens sind das Stoß- und Querlüften. Dafür sollten regelmäßig alle Fenster und Türen weit geöffnet werden. Wie häufig und wie lange gelüftet werden muss, ist abhängig von der Raumnutzung und Größe. Somit ist eine Zeitangabe zu ungenau und das Lüften sollte durch Messungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration (Kapitel 10) in der Raumluft kontrolliert werden.

Im Vergleich zur Fensterlüftung besitzen Lüftungsanlagen deutlich größere Luftwechselraten. Beim Betrieb von raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) wird das Prinzip der Quell- oder Schichtlüftung mit 100 Prozent Frischluftzufuhr empfohlen, sowie die Kontrolle der Raumluftqualität durch CO<sub>2</sub>-Messungen. Bei diesem Verfahren wird frische kühle Luft in Bodennähe eingebracht und die verbrauchte warme Luft an der Decke nach außen abgeführt, also passend dazu, dass LAP durch Thermik aufsteigen und sich zunächst an der Decke anreichern (Kapitel 2).

Luftreiniger oder RLT-Anlagen im Umluftbetrieb sind mit Vorsicht zu behandeln. Hierbei wird die Luft lediglich umgewälzt und die LAP nicht nach außen abgeführt. Um die Viren aus der Raumluft zu entfernen, müssen effiziente Filter verwendet werden. Dafür sollten, wie bei mobilen Luftreinigungsgeräten, zum Beispiel die Kombination der Filtervliese F7 und F9 nach DIN EN 779:2012 mit elektrostatischer Aufladung verwendet werden [GAe20]. Außerdem arbeiten viele mobile Luftreiniger entgegen der Ausbreitung der Aerosole. Verbrauchte Luft wird am Boden abgesaugt und an der Decke die gereinigte Luft (und Frischluft) wieder eingebracht.

Eine grobe Abschätzung, ob die RLT-Anlage für den entsprechenden Raum geeignet ist, kann mit Hilfe der Angaben der Luftvolumenströme, des Raumvolumens und der Raumbelegung bestimmt werden. Zur Reduktion der Lärmbelastung sollte die Anlage nicht dauerhaft auf höchster Leistungsstufe laufen müssen. Das bestehende Restrisiko steigt mit der Aufenthaltsdauer im Raum und je mehr Personen sich gleichzeitig im Raum befinden.

Außerdem werden Aerosol-Adsorber entwickelt, welche direkt am Instrument oder bei den Musizierenden angebracht werden können, sodass die Aerosole direkt an der Quelle adsorbiert werden und sich nicht im Raum ausbreiten (Kapitel 8).

Veranstaltungen im Freien sollten bevorzugt werden, da im Freien der beste Luftaustausch stattfindet.

## 9.1 Lüften

Wichtig ist bei den Lüftungsmaßnahmen ein hoher Luftwechsel mit Frischluft, eine geringe Verwirbelung der Luft und ein schneller Abtransport der Atemluft. Eine einfache Möglichkeit ist das regelmäßige und gründliche Lüften durch geöffnete Fenster und Türen (freie Lüftung).

### Bei der freien Lüftung ist das Stoß- und Querlüften die effektivste Art

nach Kähler et al. [KH20], Dittler et al. [Dit+20], Moriske et al. [Mor+21]:

- Alle Fenster weit öffnen (Kippen reicht nicht aus).
- Die Häufigkeit und Lüftungsdauer ist abhängig von der Raumgröße, der Personenanzahl, der Aktivität im Raum und der Größe der Fenster.
- Zur groben Abschätzung können Modellrechner (Abschnitt 11.3) eingesetzt werden.
- Um den Zeitpunkt des Lüftens zu bestimmen und die Wirkung der Lüftung zu kontrollieren, eignen sich genaue CO<sub>2</sub>-Messungen (Kapitel 10).

Die Effizienz der Fensterlüftung ist jedoch beschränkt und zusätzlich abhängig von der Witterung. Ein guter Luftaustausch wird bei starkem Wind vor den Fenstern und niedrigen Außentemperaturen erreicht. Durch den Temperaturunterschied breitet sich die kalte und damit schwere Frischluft auf dem Boden des Raumes aus und die warme Raumluft mit den Aerosolpartikeln wird nach oben und aus den Fenstern verdrängt.

Für Räume mit schlechter Lüftungsmöglichkeit empfehlen z. B. Moriske et al. [Mor+21], das Umweltbundesamt [Mor20] und Dittler et al. [Dit+20], die Anzahl der Anwesenden zu reduzieren und sich nur für die Dauer der Veranstaltung im Gebäude aufzuhalten (mehr dazu in Kapitel 11).

Ein sehr effizientes Lüften ist vor allem in hohen Räumen gegeben, die über Oberlichter oder Fenster weit oben im Raum belüftet werden können.

Bereits einfache und kostengünstige Unterstützung durch Ventilatoren oder Ablufthauben [MPI21; HKP21] bieten eine gute Ergänzung zum Lüften. Die Verwendung von raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) erlaubt jedoch einen wesentlich effizienteren Luftaustausch.

## 9.2 Raumlufttechnische Anlagen

Bei der Verwendung von raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) wird von Moriske et al. [Mor+21] und Dittler et al. [Dit+21] empfohlen, diese mit dem Prinzip der Quell-Lüftung und 100 Prozent Frischluftzufuhr zu betreiben. Im Umluftbetrieb ohne effiziente Filterung der potenziellen Virenlast kann eine RLT-Anlage ansonsten zu einer Anreicherung der aerosolpartikelgetragenen SARS-CoV-2-Viren in der Raumluft führen.

Optimal ist die Quell- oder Schichtlüftung, die insbesondere bei großen Räumen eingesetzt wird. Dabei wird kalte Zuluft in Bodennähe eingebracht, die erwärmte Raumluft oder Atemluft steigt mit den Verunreinigungen und LAP nach oben und wird dort durch Abluftöffnungen abgeführt.

Moriske et al. [Mor+21] und Dittler et al. [Dit+21] empfehlen bei Lüftungsanlagen Frischluftvolumenströme von etwa 50 – 75 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person, um das Infektionsrisiko deutlich zu reduzieren. Dieser Wert kann anhand des Raumvolumens auch als Luftwechselrate, die Anzahl der Luftwechsel pro Stunde in einem Raum, angegeben werden.

Um die vorhandenen Aerosolpartikel in der Raumluft zu reduzieren, sollte die RLT-Anlage bereits vor der Veranstaltung (ca. 1 Stunde) und im Anschluss daran (ca. weitere 2 Stunden) in Betrieb sein. Die Qualität der Raumluft kann durch die Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration (Kapitel 10) im Raum ermittelt werden und zur Prüfung der effektiven Wirkung der RLT-Anlage dienen.

Zur Reduktion der Lärmbelastung sollte die Anlage nicht dauerhaft auf höchster Leistungsstufe laufen müssen.

### Ein Beispiel

für den Aufbau einer Lüftungsanlage ist das Pilotprojekt RLT-Anlage des Sängerbund Dehrn/Hessen <http://www.saengerbund-dehrn.de/aktuelles>: Aufbau einer Vertikallüftung (Luftschleier). Die Luftschleier vom Boden zur Decke trennen die jeweiligen Sitzreihen im Saal für Chorproben. Die Frischluft wird am Boden eingebracht und an der Decke abgesaugt und nach außen abtransportiert.

### Weitere Studien

in verschiedenen Konzerthäusern wurden von Dittler et al. [Dit+21] betrachtet: Es handelt sich dabei um wissenschaftliche Untersuchungen im Zuschauerraum von Spielstätten (Konzerthaus Dortmund/ Fraunhofer-Institut Goslar, Bayerische Staatsoper/TU München, Staatstheater Nürnberg/ Universität Erlangen), um das Hygienekonzept der Salzburger Festspiele, das sich in der Praxis als pandemietauglich bewährt hat und um das „Hygienerahmenkonzept für Kultureinrichtungen im Land Berlin“ (September 2020). Bei sehr guter Belüftung wurden auch kleinere Sitzabstände (Kapitel 5) als sicher eingestuft. Die aktuellen Ergebnisse können aber bisher nicht ohne Weiteres auf andere Räume übertragen werden.

In der Studie im Konzerthaus Dortmund [Sch+21] wurde zum Beispiel gezeigt, dass außerhalb des Umkreises von 1,5 Metern einer Person ohne Maske im Publikumsraum keine Anreicherung von Aerosolen oder CO<sub>2</sub> stattfindet, wenn der Raum mit dem Prinzip der Quell-Lüftung und einer Luftwechselrate von drei mal pro Stunde, einem Luftvolumenstrom von 51 m<sup>3</sup> pro Stunde und pro Person, belüftet wird.

## 9.3 RLT-Anlagen im Umluftbetrieb & Mobile Luftreinigungsgeräte

Können RLT-Anlagen nicht sofort auf 100 Prozent Frischluftzufuhr umgestellt werden, müssen für den Umluftanteil effektive Filter zur Reduzierung der potenziellen Virenlast eingesetzt werden. Dazu geeignet sind zum Beispiel die Kombination der Filtervliese F7 und F9 nach DIN EN 779:2012 mit elektrostatischer Aufladung [GAe20; BM21]. Hochleistungsschwebstoff-Filter (HEPA-Filter) der Klasse H13 oder H14 wurden zwar von Moriske [Mor+21] vorgeschlagen, da sie (wie im Reinraum) nahezu alle Partikel aus der Luft entfernen. Elektretfilter sind eine effektive und kostengünstige Alternative, da sie einen deutlich höheren Luftdurchsatz aufweisen und geringere Wartungskosten verursachen. Eine Übersicht zur Klassifizierung der Filter gibt es zum Beispiel bei EMW Filtertechnik [EMW21] oder <https://de.wikipedia.org/wiki/Partikelfilterklassen>.

Elektretfilter (häufig auch in Atemschutzmasken/Staubsaugern) mit elektrisch geladenen Fasern sind sehr effizient für kleine Partikel, da diese im Filter polarisiert werden und somit an der Filteroberfläche adsorbiert werden (Kapitel 2). Die elektrische Ladung – und damit die Effizienz des Filters – lässt

aber nach einer gewissen Zeit nach und bei hoher Luftfeuchte noch schneller. Es sind regelmäßige Filterwechsel nötig [GAe20]. Diese Filter sind aber bisher zu relativ niedrigen Preisen erhältlich im Vergleich zu den HEPA-Filtern, welche ebenfalls regelmäßig getauscht werden müssen. Ein weiterer Vorteil der Elektretfilter ist, dass sie die potentiell virenbeladenen Partikel aufgrund ihrer elektrostatischen Ladung adsorbieren und nicht wieder an die Umgebung abgeben.

Bei der Filterung der Umluft durch Luftreinigungsgeräte oder Lüftungsanlagen im Umluftbetrieb werden der Luft zwar Feinstaub und Aerosolpartikel, nicht aber das CO<sub>2</sub>, entnommen. Bei der Kontrolle der Raumluftqualität mittels CO<sub>2</sub>-Messgerät würde tendenziell zu häufig gelüftet, was zwar energetisch ungünstig sein kann, aber das Risiko einer Infektion zusätzlich senkt. Problematisch ist bei diesen Geräten aber die Wartung der Filter, die möglicherweise stark mit Viren kontaminiert sind (vor dem Tausch z. B. mit UV-Strahlung neutralisieren bzw. Handschuhe, Schutzbrille und Maske tragen).

Alternativ gibt es auch Geräte, welche die Umluft mittels UV-Licht behandeln. Die Strahlendosis zur Inaktivierung von SARS-CoV-2 wird in Kapitel 2 angeführt. Der Einsatz von Strahlungsquellen als offene UV-C Lampe und auch in mobilen Luftreinigern wird vom Umweltbundesamt [BM20] für den nicht gewerblichen Einsatz als kritisch betrachtet. Der Nachweis der Gerätesicherheit und der Nachweis der Wirksamkeit zur Desinfektion ist notwendig.

Mobile Luftreiniger sind nur ergänzend zum Lüften zu verwenden, sind aber wirksamer als Stoßlüftung mit offenen Fenstern oder Türen allein [BOZ21]. Es gibt zwei Ansätze wie die Luft effektiv gereinigt wird:

1. Eine möglichst homogene Durchmischung und somit Verdünnung der verunreinigten Luft mit gereinigter Luft. Aktuelle Studien bestätigen z.B., dass TAC-Hochleistungsluftreiniger die aerogene SARS-CoV-2-Infektionsgefahr in Innenräumen wirksam reduzieren [KFH20]. Hier sind recht große Luftvolumenströme nötig, die eventuell auch als unangenehm oder Zugluft im Raum empfunden werden.
2. Ein weiterer Ansatz für die Funktionsweise ist wie beim Prinzip der Schichtlüftung: die verunreinigte Luft wird an der Decke ansaugt und die gereinigte Luft am Boden wieder ausgeblasen, um turbulente Vermischung der Raumluft zu vermeiden und die thermische Luftströmung im Raum zu nutzen, um Zugluft zu vermeiden. Dieses Konzept wurde vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt [DLR20] im Auftrag der OHB System AG, der HT Group und DASTEX getestet und bestätigt die Effizienz des untersuchten Lüftungssystems im Vergleich zu einer Fensterlüftung.

## 9.4 Beispiele für Luftreiniger<sup>1</sup>

Das Umweltbundesamt [Umw21a] stellt detaillierte Vorgaben zu den Prüf- und Einsatzbedingungen mobiler Luftreinigungsgeräte zur Verfügung und hat ergänzend dazu eine Sonder-Arbeitsgruppe des VDI unter Vorsitz des UBA erarbeitet. Die Ergebnisse beinhalten unter anderem Vorgaben zu Filtern, Lärmentwicklung, Luftdurchsatz und Leistungsüberprüfung. Die folgenden Aspekte werden in der VDI-

<sup>1</sup>Die angeführte Produktauswahl dient als Beispiel und stellt keine Empfehlung oder Aufforderung zum Kauf dar. Die Gültigkeit der Informationen ist auf den Zeitpunkt der Erstellung dieser Unterlagen beschränkt und kann sich je nach Marktentwicklung jederzeit und ohne vorherige Ankündigung ändern.

Richtlinie EE 4300 [[And21a](#); [And21b](#)] im Besonderen betrachtet:

- Aufstellpositionen im Raum sollen entsprechend der Anweisungen der Hersteller erfolgen
- Filterklassen wie HEPA H13 (nach EN 1822 plus Vorfilterung z. B. ISO ePM10 50 % nach ISO 16890), Kombinationen von ISO ePM<sub>1</sub> 50% und ISO ePM<sub>1</sub> 80% nach ISO 16890 (ehemals F7 + F9) oder gleichwertig bei Geräten mit Filtern; Filter der Klasse H14 sind für die eingangs erwähnten Räumlichkeiten nicht erforderlich
- Sicherheit und Schutz vor Vandalismus
- bei UVC-Luftentkeimern: Vermeidung von UV-Strahlung außerhalb des Gerätes
- Luftvolumenstrom, der mindestens dem 4-fachen Luftwechsel pro Stunde entspricht; Dadurch wird ein Luftdurchsatz erreicht, der ausreichend hoch ist, um die gesamte Raumluft binnen hinreichend kurzer Zeit durch die Geräte zu leiten.
- Geräusentwicklung bei dem geforderten Luftvolumenstrom (Schalldruckpegel) nach ASR 3.7 (z.B. für Schulen Schalldruckpegel  $\leq 35$  dB(A))
- Behaglichkeitsaspekte (Vermeiden von Zugluft)
- Reinigungsleistung bei Filtergeräten (Effizienz der Filterung  $> 90$  %, Prüfung im Labor unter realraumähnlichen Bedingungen)
- Mindestdosis bei UVC-Luftentkeimern bei Einmalpassage  $\geq 70$  J/m<sup>2</sup>
- Vermeidung unerwünschter Nebenprodukte (vor allem Ozon bei Verfahren mit Ionisation/Plasma, UV-C); der Resteintrag von Ozon in die Raumluft soll unter  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen.

#### **AEROSorp3700 - Edition "Event"**

- Der AEROSorp3700 kann über InoxAir GmbH (Tel: 0209/38620280, Anspr. Carsten Wille, email: [c.wille@inoxair.de](mailto:c.wille@inoxair.de)) erworben werden. Für alle Amateurmusiker (BMCO) gilt ein Vorzugspreis von 1.600 € zzgl. Fracht und Umsatzsteuer (UVP des Herstellers 3.150 € zzgl. Fracht und Umsatzsteuer).
- Der Luftreiniger ist ein von Prof. Bodenschatz geprüftes Serienprodukt nach dem Modell laut dem Vortrag 12/2020: „Humane Tröpfchen und Aerosole“ <https://www.youtube.com/watch?v=RH1RBcvf3mM>. Technisch ist der AEROSorp3700 mit Filtern der Klasse F7 und F9 ausgestattet.
- Der AEROSorp Edition "Event" ist so konzipiert, dass er mit einem maximalen Luftvolumenstrom von  $1650 \text{ m}^3$  pro Stunde in einem geschlossenen Raum von  $190 \text{ m}^3$  Raumvolumen (z. B. Klassenraum) die gesamte Luft entsprechend 8 mal pro Stunde reinigt.
- Bei einer Installation in der Nähe von Musikinstrumenten kann der AEROSorp wie folgt aufgestellt werden:
  - Für Instrumente mit Ausblas nach unten "Ansaugung unten, Ausblasung nach oben"
  - Für Instrumente mit Ausblas nach oben "Ansaugung oben, Ausblasung nach unten"
- Grundsätzlich ist ausreichend Frischluft zu gewährleisten, unterstützt durch CO<sub>2</sub>-Messungen ([Kapitel 10](#)) als Kontrolle der Raumluftqualität.
- Der maximale Schalldruckpegel ist kleiner als 40 dB(A) in 4 Meter Abstand.

#### **youvee® <https://youvee.de>**

- kostet etwa 1999 € zzgl. Fracht und Umsatzsteuer (mit CO<sub>2</sub>-Sensor +125 €)
- UVC-Leuchtstoffröhren und ein hocheffizienter UVC-Strahlungsreflektor sorgt für eine Eliminie-

rung von 99,9% der Corona-Viren in der Luft die den Reiniger durchströmt. Gleichzeitig stellt der Aufbau der Desinfektionszone sicher, dass die UVC-Strahlung nicht nach außen dringen kann.

- Mit einem maximalen Luftvolumenstrom von 835 m<sup>3</sup> pro Stunde wird die Luft eines geschlossenen Raums von 100 m<sup>3</sup> entsprechend 8 mal pro Stunde gereinigt.
- Im Deckenbereich, wohin ausgeatmete Luft aufsteigt, wird sie abgesaugt, von Corona- und Grippe-Viren gereinigt und am Boden wieder verteilt.
- Ein CO<sub>2</sub>-Sensor misst kontinuierlich die Luftqualität und zeigt an, wenn es Zeit wird durchzulüften. Durch einstellbare obere und untere Grenzwerte der CO<sub>2</sub>-Konzentration und Lüfterleistung passt sich der Betrieb des youvee® in diesem Modus an die aktuelle CO<sub>2</sub>-Konzentration an.
- Der maximale Schalldruckpegel beträgt 57 dB(A).

**sasoo** <https://www.sasoo-aircleaner.com/>

- kostet etwa 3.390 € zzgl. Fracht und Umsatzsteuer (inklusive CO<sub>2</sub>-Sensor, auch Mietkauf oder Leasing)
- Der Luftreiniger sasoo entfernt Aerosole, Viren, Pollen und andere kleinste Partikel mit einem H14-HEPA-Filter aus der Luft, die den Reiniger durchströmt. Der zusätzliche Aktivkohlefilter entfernt eventuell auftretende Gerüche aus der virenbefreiten Luft.
- Mit einem Luftvolumenstrom von 1500 m<sup>3</sup> pro Stunde wird die Luft eines geschlossenen Raums von 188 m<sup>3</sup> entsprechend 8 mal pro Stunde gereinigt.
- Die mit Virenpartikeln belastete Luft wird auf Gesichtshöhe angesaugt. Die saubere Atemluft wird an der Unterseite des Luftreinigers zugfrei in den Raum zurückgeführt.
- Ein CO<sub>2</sub>-Sensor misst kontinuierlich die Luftqualität und zeigt an, wenn es Zeit wird durchzulüften.
- Der Schalldruckpegel im Normalbetrieb beträgt 52 dB(A).

**Selbstgebaute Luftreinigungsanlagen**

- Von selbstgebauten Be- und Entlüftungsanlagen ist abzuraten, da Größe der Zuluftfilter und Leistung des Abluftventilators (z. B. im Fenster zur Unterstützung der freien Lüftung) zwingend aufeinander abgestimmt sein müssen, um Reinigungsleistungen der Filter zu gewährleisten und fehlergerichtete Luftströmungen zu vermeiden.
- Sollten dennoch Selbstbausätze zum Einsatz kommen, müssen diese geprüft werden. Diese Prüfung kann nur in einem zertifizierten Labor unter Einsatz geeichter und wissenschaftlich zulässiger Messgeräte erfolgen.

**Hinweis**

Es gibt derzeit eine Bundesförderung [BAF20] für coronagerechte Um- und Aufrüstung von raumlufttechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden und Versammlungsstätten.

Ein zertifiziertes Prüfverfahren für RLT-Anlagen als Infektionsschutz vor SARS-CoV-2 wird aktuell in einem Forschungsprojekt erarbeitet [BW21]. Es gibt auch eine Initiative, ein Forschungs- und Beratungsprogramm zur gesunden Raumlufte, von der Fraunhofer Gesellschaft [FG21].

## 10 CO<sub>2</sub>-Messung

Die Übertragung von SARS-CoV-2 Viren (Ansteckung) erfolgt vor allem über zwei Wege: Über eine direkte Tröpfchenübertragung und durch Übertragung über Aerosolpartikel in der Luft. Während die direkte Tröpfchenübertragung durch geeignete Hygienemaßnahmen (AHA-Regel, [Kapitel 5](#)) relativ gut reduziert werden kann, ist die Übertragung über Aerosolpartikel problematischer, da sich kleine Aerosolpartikel, und damit auch darin eventuell enthaltene Viren, über längere Zeit in der Luft halten und verteilen können ([Kapitel 2](#)).

Ein effektiver Prozess zur Verringerung der Partikelkonzentration in einem Raum – und damit in analoger Weise der Konzentration von virenhaltigen Aerosolpartikeln – ist die Verdünnung mit sauberer, partikelärmerer, d.h. virenfreier Frischluft. Im Außenbereich findet Verdünnung ständig durch natürliche Luftbewegungen statt. Im Innenbereich kann eine Verdünnung durch effizientes Lüften erreicht werden ([Kapitel 9](#)). Insbesondere durch Querlüften oder über Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) kann das Risiko einer Infektion mit SARS-CoV-2 deutlich reduziert werden [[Dit+20](#); [Umw21b](#)].

### 10.1 CO<sub>2</sub>-Konzentration als Maß für die Raumluftqualität

Die Kohlendioxidkonzentration (CO<sub>2</sub>-Konzentration) gilt allgemein als Maß für die Beurteilung der Raumluftqualität. In Innenräumen ist der Mensch die bedeutendste Quelle für CO<sub>2</sub>. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration ist neben der Konzentration in der Außenluft stark von der Belegung des Raumes, der Raumgröße und der Belüftungssituation abhängig. Eine CO<sub>2</sub>-Konzentration im Innenraum kleiner 1000 ppm (0,1 Vol-%) (sogenannte Pettenkofer-Zahl; benannt nach dem Hygieniker Max von Pettenkofer) zeigt unter normalen Bedingungen einen hygienisch ausreichenden Luftwechsel an [[Umw20](#)]. Bei unzureichenden Lüftungsverhältnissen oder unter Raumnutzungsbedingungen mit hoher Personenbelegung kann die CO<sub>2</sub>-Konzentration laut Boos [[Boo+06](#)] in Innenräumen allein durch die von den Personen ausgeatmeten Mengen bis zu einer Größenordnung von 10000 ppm (18300 mg / m<sup>3</sup>) ansteigen. Die CO<sub>2</sub>-Emission hängt nicht nur von der Anzahl der Personen, sondern auch von deren Aktivität ab: Je stärker die körperliche Aktivität, desto mehr CO<sub>2</sub> wird freigesetzt. Eine erwachsene Person emittiert bei einer leichten Aktivität (z. B. Sitzen am Schreibtisch) etwa 20 l/h. Bei anstrengenden Tätigkeiten (z. B. Sport oder körperlich anstrengender Arbeit) kann der CO<sub>2</sub>-Ausstoß über 70 l/h liegen. Die Ergebnisse aus einer Studie von Nusseck et al. [[Nus+20](#)] zeigen, dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoß beim Musizieren im Bereich der mäßigen Aktivitäten liegt. Die gemessene CO<sub>2</sub>-Emission lag zwischen 28 l/h und 39 l/h. Blasinstrumente hatten die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen, Sänger zeigten niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionsraten.

CO<sub>2</sub> wird ebenso bei der menschlichen Atmung ausgeschieden wie eventuell virenbelastete Aerosolpartikel. Eine Korrelation zwischen dem ausgeatmeten CO<sub>2</sub> und den ausgeatmeten Aerosolpartikeln liegt nahe, ist aber nach derzeitigem wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht direkt nachgewiesen. Hartmann und Kriegl [[HK20](#)] zeigen mit einer Modellrechnung, wie man aus der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf eine wahrscheinliche Aerosolkonzentration schließen kann. Das Modell zeigt, dass eine unbedenkliche

Konzentration der eventuell virenbelasteten Aerosole für CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Bereich von 800 – 1000 ppm herrscht. Es ist bereits bekannt, dass es auch bei der Emission von Aerosolpartikeln Unterschiede zwischen den Instrumentengruppen gibt. Ähnlich wie bei der CO<sub>2</sub>-Emission ist auch die Produktion von Aerosolpartikeln beim Spielen von Blasinstrumenten höher als beim Singen.

## 10.2 Rechtzeitiges und wirksames Lüften durch CO<sub>2</sub>-Messungen

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration kann als Indikator für die Konzentration exhalierter Aerosolpartikel angenommen werden. Durch die Unterschiede bei den CO<sub>2</sub>-Emissionsraten zwischen den (musikalischen) Aktivitäten, bei dem jeweils vorliegenden Raumvolumen und weiteren Parametern wird offensichtlich, dass eine allgemeine Empfehlung für Lüftungspausen (z. B. nach 30 Minuten) nicht plausibel ist. Die Frequenz und Dauer der Lüftungspausen sollte die spezifischen Verhältnisse berücksichtigen. Dies kann durch eine kontinuierliche Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration geschehen. So kann die Leistung und Funktionsfähigkeit einer ggf. vorhandenen RLT-Anlage oder die Notwendigkeit des Lüftens überwacht werden. Mit einem hohen Luftwechsel können sowohl niedrige CO<sub>2</sub>-Konzentrationen als auch niedrige Aerosolkonzentrationen erreicht werden.

Wenn eine aktive Filterung der Innenraumluft, z. B. mit Luftreinigern oder Lüftungsanlagen im Umluftbetrieb vorgenommen wird, werden der Luft zwar Aerosolpartikel, nicht aber das CO<sub>2</sub> entnommen. Dies würde bedeuten, dass bei einer Kopplung der Lüftung an die CO<sub>2</sub>-Messung tendenziell zu häufig gelüftet würde, was zwar energetisch ungünstig sein kann, aber das Risiko einer Infektion eher senkt.

### Vorteile einer CO<sub>2</sub>-Messung

- Die CO<sub>2</sub>-Messung spiegelt permanent den aktuellen Status der Luftqualität, auch bei sich zeitlich verändernden Parametern wie Personenanzahl, Altersstruktur, Atemfrequenzen und körperliche Belastungsgrade.
- Die CO<sub>2</sub>-Messung spiegelt die tatsächliche Ist-Situation im Gegensatz zu Modellrechnern, die die Gegebenheiten vor Ort immer nur näherungsweise abbilden können.
- Die CO<sub>2</sub>-Messung spiegelt die Wirkung der ggf. eingebauten Lüftungssysteme inklusive der Frischluft- und Umluftanteile.
- Die CO<sub>2</sub>-Messung übererfüllt die Risikoeinschätzung, wenn zusätzlich Raumluftreiniger vorhanden sind bzw. Filtersysteme in RLT-Anlagen mit Umluft eingebaut sind.

CO<sub>2</sub>-Messungen und daraus abgeleitete Lüftungs- und Pausenregelungen sind eine gute Möglichkeit, um das Infektionsrisiko in Verbindung mit anderen Maßnahmen wie das Tragen von Masken ([Kapitel 6](#)) und das Einhalten von Abständen ([Kapitel 5](#)) deutlich zu reduzieren.

Ab welcher CO<sub>2</sub>-Konzentration gelüftet werden soll, ist Gegenstand aktueller Diskussion. Um ein hohes Maß an Sicherheit zu gewährleisten, empfehlen wir einen Wert, der noch deutlich unter der Pettenkofer-Zahl liegt. Nach der Europäischen Norm für Innenräume (EN 13779) liegt die höchste Stufe der Luftqualität (IDA 1: Hohe Raumluftqualität) bei einer CO<sub>2</sub>-Konzentration unter 800 ppm. Bei diesem Grenzwert sollte die musikalische Tätigkeit unterbrochen und gelüftet werden. Dieser Wert orientiert sich an der Empfehlung des Freiburger Instituts für Musikermedizin (FIM) [[SR20](#)]. Die Lüftungspause sollte so lange dauern, bis wieder eine CO<sub>2</sub>-Konzentration zwischen 400 und 500 ppm erreicht ist. Aus-

reichend genaue CO<sub>2</sub>-Monitore (auch als CO<sub>2</sub>-Ampeln bekannt) sind im Handel relativ kostengünstig erhältlich.

### 10.3 Beispiele für CO<sub>2</sub>-Messgeräte<sup>1</sup>

#### Anforderung an CO<sub>2</sub>-Messung und Messgeräte

- Anzahl der Messstellen: min. 1 Messsonde pro 100 m<sup>2</sup>
- Platzierung der Messsonden: in Kopfhöhe; nicht im Bereich der Luftströmung zwischen Fenstern oder zwischen Tür und Fenster
- Messgenauigkeit:  $\pm 80$  ppm
- Auflösung: 10 ppm
- Messbereich: 0 – 2000 ppm
- Messintervall:  $\leq 5$  min.
- Datenspeicherung: ja
- Alarmierung bei Grenzwertüberschreitung: ja
- Zentrale Alarmierung beim Einsatz mehrerer Messstellen: wünschenswert

---

<sup>1</sup>Die angeführte Produktauswahl dient als Beispiel und stellt keine Empfehlung oder Aufforderung zum Kauf dar. Die Gültigkeit der Informationen ist auf den Zeitpunkt der Erstellung dieser Unterlagen beschränkt und kann sich je nach Marktentwicklung jederzeit und ohne vorherige Ankündigung ändern.

**Alle mit mindestens "gut" bewerteten Geräte aus einem Vergleichstest der Stiftung Warentest (02/2021)**

Gerät	Mittlerer Onlinepreis (Euro)	Qualitätsurteil	Stärken (bezogen auf die konkreten Anforderungen)	Schwächen (bezogen auf die konkreten Anforderungen)
<b>Technoline WL 1030</b>	89	GUT (1,9)	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel) + Optischer und akustischer Alarm + Alarmgrenzwerte einstellbar	- Keine Vernetzung und keine zentrale Alarmierung beim Einsatz von mehreren Geräten - Keine Speicherung der Messwerte
<b>TFA Dostmann AirCO2ntrol Life</b>	167	GUT (2,0)	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel) + Akustischer Alarm	- Grenzwerte nicht einstellbar - Keine Vernetzung und keine zentrale Alarmierung beim Einsatz von mehreren Geräten - Keine Speicherung der Messwerte
<b>TFA Dostmann AirCO2ntrol Mini</b>	92	GUT (2,0)	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel)	- Grenzwerte nicht einstellbar - Kein akustischer Alarm - Keine Vernetzung und keine zentrale Alarmierung beim Einsatz von mehreren Geräten - Keine Speicherung der Messwerte
<b>Chauvin Arnoux C.A 1510</b>	415	GUT (2,3)	+ Optische Anzeige (Ampelähnlich) + Akustischer Alarm + Speicherung der Messwerte + Vernetzung mit PC/Notebook über USB und Bluetooth (Onlinebetrieb) + Batteriebetrieb möglich	- Grenzwerte nicht einstellbar
<b>Rotronic CO2 Display</b>	460	GUT (2,4)	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel) + Grenzwerte einstellbar + Speicherung der Messwerte	- Kein akustischer Alarm - Keine Vernetzung und keine zentrale Alarmierung beim Einsatz von mehreren Geräten
<b>Netatmo Smarter Raumluftsensor</b> (kein Display, Anzeige nur in der App)	100	GUT (2,4)	+ Vernetzung über WLAN mit Smartphone und Steuerung auch mehrerer Sensoren über eine kostenlose App und "Netatmo-Konto" + Speicherung der Messwerte + Alarmierung über App	- Grenzwerte nicht einstellbar
<b>Renz Air2Color</b> (Ampel ohne Display)	239	GUT (2,0)	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel) + Akustischer Alarm	- Grenzwerte nicht einstellbar - keine Anzeige von Messwerten

### Weitere Geräte

Gerät	Preis (Euro)	Stärken (bezogen auf die konkreten Anforderungen)	Schwächen (bezogen auf die konkreten Anforderungen)
<b>Testo</b> <b>testo160 IAQ</b>	ca. 500	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel) + Grenzwerte einstellbar + Alarmierung über E-Mail/SMS + Speicherung der Messwerte + Vernetzung über WLAN und zentrale Alarmierung beim Einsatz von mehreren Geräten (über "testo-Cloud") + Batteriebetrieb möglich (mit Einschränkung der Funktionen)	- Messintervall $\geq$ 15 Min. (kleinere Messintervalle sind möglich, dann entstehen laufende Lizenzkosten von 13-18 €/Jahr je nach Laufzeit)
<b>SAF Tehnika</b> <b>Aranet4 Home</b>	ca. 200	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel) + Akustischer Alarm + Grenzwerte einstellbar + Speicherung der Messwerte + Vernetzung über Bluetooth mit Smartphone und Steuerung auch mehrerer Geräte über eine kostenlose App + speziell als mobiles Gerät konzipiert (Batteriebetrieb)	
<b>kaiterra</b> <b>Laser Egg+ CO2</b>	ca. 190	+ Akustischer Alarm + Grenzwerte einstellbar + Speicherung der Messwerte + Vernetzung über WLAN-Internetanbindung und App + Alarmierung über Push-Nachricht + speziell als mobiles Gerät konzipiert (Batteriebetrieb)	
<b>ISIS IC</b> <b>CO2-Ampel CONNY</b> (Ampel ohne Display, Anzeige nur in der App))	ca. 300	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel) + Akustischer Alarm + Grenzwerte einstellbar + Speicherung der Messwerte + Vernetzung über WLAN-Internetanbindung und App + Alarmierung über Push-Nachricht	
<b>Trotec</b> <b>BZ30 CO2-</b> <b>Luftqualitätsmonitor</b>	ca. 200	+ Optische Anzeige (Smileys) + Akustischer Alarm + Grenzwerte einstellbar + Speicherung der Messwerte + USB-Schnittstelle und Analysesoftware für den PC	- Keine Vernetzung und keine zentrale Alarmierung beim Einsatz von mehreren Geräten
<b>FA Dostmann</b> <b>AirCO2ntrol 5000</b>	ca. 135	+ Optische Anzeige (CO <sub>2</sub> -Ampel) + Akustischer Alarm + Grenzwerte einstellbar + Speicherung der Messwerte (auf Micro-SD-Karte) und Auswertung auf PC	- Keine Vernetzung und keine zentrale Alarmierung beim Einsatz von mehreren Geräten

## 11 Parameter des Veranstaltungsorts (In- & Outdoor)

In einem größeren und höheren Raum verteilen sich potenziell infektiöse Aerosole zunächst in einer niedrigeren Konzentration im ganzen Raum und steigen durch Thermik auf, womit die Gefahr geringer ist, sich anzustecken. Aus diesem Grund sollten für musikalische Veranstaltungen vermehrt sehr große und hohe Räume (Kirchen, Stadthallen, etc.) auch als solche Probenräume angeboten und genutzt werden.

Es gibt Modellrechner, die nach der Größe des Raumes und weiteren Parametern sowie der Annahme einer infizierten Person im Raum errechnen, wie hoch das Ansteckungsrisiko ist. Diese Modellrechner können zur Ergänzung von Hygienekonzepten verwendet werden. Außerdem dienen CO<sub>2</sub>-Messungen als Indikator für die Raumluftqualität ([Kapitel 10](#)), um durch kontrolliertes Lüften das Risiko einer Infektion zu minimieren.

Ist ein Proben im Freien möglich, sollte dies aktuell dem Indoor-Proben vorgezogen werden. Im Außenbereich werden Aerosolpartikel, die möglicherweise mit SARS-CoV-2-Viren beladen sind, schneller abtransportiert und reichern sich somit mit einer geringeren Chance an. Zudem wird der Inaktivierungsvorgang der Erreger durch UV-Strahlung stark beschleunigt. Dadurch wird die für eine Infektion erforderliche Menge an SARS-CoV-2-Viren in der Regel nicht mehr erreicht und in der Gesamtwirkung dadurch das Ansteckungsrisiko viel geringer. Im Freien (oder in sehr gut belüfteten Räumen) kann am festen Sitzplatz mit entsprechendem Abstand ([Kapitel 5](#)) die Maske abgenommen werden.

### 11.1 Indoor/Raumgröße

Die Raumbeschaffenheit geschlossener Räume ist ein wichtiger Parameter, der bei der Risikominimierung zu beachten ist. Außer der Infektion durch Tröpfchen, die mit entsprechendem Abstand ([Kapitel 5](#)) und Masken ([Kapitel 6](#)) deutlich verringert wird, ist auch die Anreicherung der ausgeatmeten LAP im Raum zu beachten ([Kapitel 2](#)). Große Räume, vor allem in Bezug auf die Raumhöhe, sind von Vorteil, da die Aerosole zunächst durch Thermik (z. B. durch die Körperwärme) aufsteigen und sich nicht unmittelbar bei den Personen im Raum anreichern. Kontrolliertes, regelmäßiges Lüften oder ein kontinuierlicher Luftaustausch mittels RLT-Anlagen ist unbedingt nötig ([Kapitel 9](#)).

Die Nutzung großer Räume wie Kirchen, Konzertsäle oder Stadthallen sollte auch für Proben vermehrt ermöglicht und wahrgenommen werden. Diese Raumsituation ist besonders günstig und wird auch als 'Kathedral-Situation' bezeichnet [[SR20](#)].

Wenn möglich sollte immer mit den gleichen Gruppen in den Räumen geprobt und bei einer Belegung durch verschiedene Ensembles ein zeitlicher Mindestabstand von 15 Minuten eingeplant werden, um den Raum ausgiebig zu lüften und keine Begegnungen unterschiedlicher Gruppen vor dem Raum zu forcieren. Hierzu gehört auch ein geregelter Teilnehmenden- und Besucher\*innen-Verkehr ([Kapitel 4](#)). Regelmäßiges Lüften ([Kapitel 9](#)) ist ein Faktor, der immer bedacht und in Abhängigkeit von Raumgröße, Belegung und möglichen technischen Hilfsmitteln umgesetzt werden muss.

"Da sich die physikalischen Eigenschaften des Virus nach aktuellem Stand der Wissenschaft bei keiner der neuen Varianten verändern, gelten die gleichen Übertragungswege und Schutzmechanismen wie für die bisher bekannten Varianten des SARS-CoV-2 auch für die neuen Varianten. Es ist allerdings davon auszugehen, dass infolge der höheren Infektiosität der Varianten eine geringere Menge an Viren für eine Infektion hinreichend sein könnte. Insofern ist eine noch stringendere Einhaltung der bereits etablierten Schutzmaßnahmen erforderlich." [Dit+21].

Um eine Risikoeinschätzung bestimmter Raumsituationen vornehmen zu können, haben verschiedene Institute Programme entwickelt (Abschnitt 11.3), die durch das Eingeben unterschiedlicher Parameter errechnen, wie lange es bei der angegebenen "Konstellation" im Innenraum sicher ist, wenn sich mindestens eine infizierte Person im Raum befindet. Dies sind z. B. die Modellrechnung des Hermann-Rietschel-Instituts der TU Berlin, die Risikoberechnung des Max-Planck-Instituts Göttingen und der COVID-19 INDOOR SAFETY GUIDE des Massachusetts Institute of Technology (MIT). Die größte Auswahl an Parametern bietet der COVID-19 INDOOR SAFETY GUIDE des MIT. Wichtig ist, dass es sich bei diesen Modellrechnern lediglich um theoretische Risikoeinschätzungen handelt.

## 11.2 Outdoor

Ist ein Proben im Freien möglich, sollte dies z. B. laut Spahn [SR20] unbedingt dem Indoor-Proben vorgezogen werden. Die Gefahr einer Ansteckung im Freien gilt als sehr gering. Vor allem sogenannte Cluster- oder Gruppeninfektionen finden hauptsächlich in Innenräumen statt, wie im offenen Brief und der Stellungnahme der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF) hervorgehoben wird [Asb+21; GAe20]. Im Außenbereich werden Aerosolpartikel, die möglicherweise mit SARS-CoV-2-Viren beladen sind, schneller abtransportiert, sodass eine Anreicherung bei den Ensemblemitgliedern sehr unwahrscheinlich ist. Zudem wird der Inaktivierungsvorgang der Erreger durch UV-Strahlung stark beschleunigt. Dadurch wird die für eine Infektion erforderliche Menge an SARS-CoV-2-Viren in der Regel nicht mehr erreicht und in der Gesamtwirkung dadurch das Ansteckungsrisiko viel geringer. Es ist trotzdem von großer Bedeutung, dass Abstände eingehalten werden und keine direkten Begegnungen ohne Maske oder Abstand geschehen. Sitz- und Stehplätze müssen zugewiesen werden. Personen eines Haushalts können ohne Mindestabstand zusammen sitzen.

Als eine Art Zwischenlösung könnten Veranstaltungszelte eingesetzt werden. In Zelten muss jedoch wie in geschlossenen Räumen beachtet werden, dass sich Aerosole anreichern können. Es ist zum Beispiel sinnvoll, keine Planen als Wände anzubringen, um einen möglichst großen Luftaustausch unter dem Zeltdach zu erreichen.

## 11.3 Modellrechner zur Risikoeinschätzung für Innenräume

### COVID-19 Indoor Safety Guideline

Kasim Khan, John W. M. Bush, and Martin Z. Bazant, <https://indoor-covid-safety.herokuapp.com>

- Diese App verwendet das theoretische Modell von Bazant et al. [BB20], um möglichst sichere Expositionszeiten und Belegungsgrade für Innenräume zu berechnen. Durch Anpassen der Raumspezifikationen, der Belüftungs- und Filterraten, der Verwendung von Gesichtsmasken, der Atmungsaktivitäten und der Risikotoleranz (in den anderen Registerkarten) kann berechnet werden, welche Situation im Raum sicher sein sollte in Bezug auf die Anzahl von Personen und die gemeinsame Aufenthaltszeit.
- Auf Deutsch, Englisch, Französisch, Hindi und Schwedisch verfügbar. Es kann eine Auswahl zwischen SARS-CoV-2 (ursprgl. Corona-Virus) und SARS-CoV-2 B 1.1.7. (Mutation aus GB) getroffen werden. Insgesamt ist eine recht große Auswahl an Parametern möglich (u.a. als Aktivität „Singen“ und Raum „Kirche“).
- Raumgröße unbegrenzt

### COVID-19 Infektionsrisiko durch Aerosole

Hermann-Rietschel-Institut TU Berlin, <https://hri-pira.github.io/>

- Modellrechnung von Kriegel et al. [Kri+20] zur Risikobewertung von virusbeladenen Aerosolen in geschlossenen Räumen.
- bis zu einem Raumvolumen von 500 m<sup>3</sup>, auswählbare Aktivitäten: Sitzen, Stehen oder Sprechen, Singen, Physische Arbeit, Sport
- Für die Berechnung mit der neuartigen Mutation SARS-CoV-2 B.1.1.7 liegt ein um 0,65 erhöhter R-Wert zugrunde.

### HEADS – Human Emission of Aerosol and Droplet Statistics

Max-Planck-Institut Göttingen, <https://aerosol.ds.mpg.de/de/>

- Risikoberechnung für Infektionen auf Basis verschiedener Parameter (Raumvolumen, Anzahl und Alter der Personen, Anzahl infizierter Personen, Aufenthaltsdauer, Tätigkeit, etc.) mit einem vorläufigen einfachen Modell, welches mit dem Source-Sink-Modell und Dosis-Wirkungsmodell von Nordsiek et al. [NBB21], mit der Inaktivierungsrate für SARS-CoV-2 von etwa 0,64 hr<sup>-1</sup> nach Doremalen et al. [Dor+20] und von Schlenczek et al. [Sch+20a] implementiert ist.
- Ergebnis als geschätzte Wahrscheinlichkeit, dass mindestens eine Person infiziert ist und als Risiko für jede einzelne nicht infizierte Person, infiziert zu werden.
- (Derzeit) bis zu einer Raumfläche von 100 m<sup>2</sup>. Es ist eine vereinfachte Ansicht und erweiterte Ansicht mit zusätzlichen Informationen und Einstellungsmöglichkeiten vorhanden.

### COVID 19 Aerosol Transmission Risk Calculator (MPIC)

Max-Planck-Institut für Chemie (MPIC), <https://www.mpic.de/4747361/risk-calculator>

- Berechnung der Ansteckungsgefahr mit COVID-19 in Innenbereichen über Aerosole als Träger der SARS-CoV-2-Viren.
- Die Eigenschaft der infizierten Person, des Raumes, Veranstaltungsdetails, Aerosol-Eigenschaften und Viruseigenschaften können eingegeben werden. Es gibt aber auch Beispiele zum Überneh-

men und anklicken, sowie Schnellsetzen von Optionen wie Maskentyp, Luftaustausch, Virusvariante, Superspreader und der Wechsel zwischen quasi-stationären und transienten Bedingungen.

- Die Berechnungen zur Abschätzung von Infektionsrisiken basieren auf dem Artikel von Lelieveld et al. [Lel+20]: Quasi-stationäre Bedingungen unter der Annahme, dass eine hochinfektiöse Person (Viruseigenschaften) schon einige Zeit vor der Veranstaltung im Raum war (>3 h): 9.9% Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Teilnehmer infiziert wird. 92% Wahrscheinlichkeit, dass mindestens ein Teilnehmer infiziert wird.

### **CO2 Timer (App)**

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.,

<https://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/innenraumarbeitsplaetze/raumluftqualitaet/co2-app/index.jsp>

- Mit der App lässt sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration in Räumen berechnen und sie schlägt den Zeitpunkt zum Lüften vor.
- Es muss die Art des Raums aus vorgegebenen Vorschlägen ausgewählt werden, keine Aktivität anzugeben. Der Rechner basiert auf den Ergebnissen einer Studie von Neumann [Neu18], in der die CO<sub>2</sub>-Konzentration während 720 Unterrichtsstunden in 111 Schulen gemessen wurde. Die Datenbasis ermöglicht für die Primär- und Sekundarstufe im Schulbereich jeweils eine Berechnung für die Sommerzeit (April bis Oktober) und die Winterzeit (November bis März).



NEUSTART  
AMATEURMUSIK

## 12 Versionsverlauf

Version	Datum	Änderung zur vorherigen Version
1.0	21.04.21	
1.1	07.05.21	Redaktionelle Änderungen am Text und Layout Kapitel Wissenschaftliche Grundlagen: Mindestabstand beim Musizieren Kapitel Coronatests & Impfen: mehr Freiheit für Geimpfte Kapitel Lüften & Lüftungstechnik: konkrete Beispiele für verschiedene Luftreiniger
1.2	21.05.21	Weitere Angaben zur Literatur. Kapitel wissenschaftliche Grundlagen zum SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen: - Luftbewegungen beim Musizieren und Singen mit den Bamberger Symphonikern - Luftbewegungen beim Musizieren und Singen der Bauhausuniversität Weimar Kapitel CO <sub>2</sub> -Messung: CO <sub>2</sub> -Ausstoß beim Musizieren und Singen
1.3	28.05.21	Redaktionelle Änderungen am Text und Layout
1.4	02.06.21	Kapitel Coronatests & Impfen: Lockerungen für genesene und geimpfte Personen
1.5	28.06.21	Kapitel Tragen von Masken wurde redaktionell aktualisiert Kapitel Coronatests & Impfen: Impfstrategie zur Überwindung der Pandemie
1.6	19.08.21	Kapitel Empfehlungen: Coronatests für geimpfte Personen Kapitel wissenschaftliche Grundlagen zum SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen: - wissenschaftliches Positionspapier Deutsche Forschungsgemeinschaft - Entwicklung des Infektionsgeschehens Kapitel Tragen von Masken: Redaktionelle Änderungen und wiederverwendbare Masken Kapitel Coronatests & Impfen: Test-, Impfstrategie und Delta-Variante Kapitel Lüften & Lüftungstechnik: Anforderungen an Raumlufreiniger

## Literatur

- [Asb+21] Dr. Christof Asbach u. a. *Ansteckungsgefahren aus Aerosolwissenschaftlicher Perspektive*. 2021. URL: <https://www.info.gaef.de/positionspapier> (besucht am 11. 04. 2021) (siehe S. 9, 42).
- [BAF20] BAFA. *Bundesförderung Corona-gerechte Um- und Aufrüstung von raumluftechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden und Versammlungsstätten*. 2020. URL: [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Raumluftechnische\\_Anlagen/raumluftechnische\\_anlagen\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Raumluftechnische_Anlagen/raumluftechnische_anlagen_node.html) (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 35).
- [BB20] Martin Z Bazant und John W M Bush. "Beyond Six Feet: A Guideline to Limit Indoor Airborne Transmission of COVID-19". In: *medRxiv* (2020). DOI: 10.1101/2020.08.26.20182824. URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/11/03/2020.08.26.20182824> (siehe S. 43).
- [BB21] BMG und BZgA. *Zusammen gegen Corona*. 2021. URL: <https://www.zusammengegencorona.de> (besucht am 13. 03. 2021) (siehe S. 15–17).
- [Bec+04] Johannes Beckers u. a. "Großes Netzwerk für kleine Teilchen - Aerosolforschung in der GSF". In: *GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Mitglied der Helmholtzgemeinschaft* (2004). URL: <https://www.yumpu.com/de/document/view/7017304/pdf-aerosolforschung-in-der-gsf-helmholtz-zentrum-munchen> (siehe S. 9).
- [Bec+20] Lia Becher u. a. "Einsatz von Filtern zur Reduktion der Ausbreitung der Atemluft beim Spielen von Blasinstrumenten und beim Singen während der COVID-19 Pandemie". In: *Bauhaus-Universität Weimar* (2020). URL: [https://www.uni-weimar.de/fileadmin/user/fak/bauing/professuren\\_institute/Bauphysik/00\\_Aktuelles/Einsatz\\_von\\_Filtern\\_zur\\_Reduktion\\_der\\_Ausbreitung\\_der\\_Atemluft.pdf](https://www.uni-weimar.de/fileadmin/user/fak/bauing/professuren_institute/Bauphysik/00_Aktuelles/Einsatz_von_Filtern_zur_Reduktion_der_Ausbreitung_der_Atemluft.pdf) (siehe S. 12).
- [BfA20] BfArM. *Hinweise des BfArM zur Verwendung von Mund-Nasen-Bedeckungen, medizinischen Gesichtsmasken sowie partikelfiltrierenden Halbmasken (FFP-Masken)*. 2020. URL: <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Medizinprodukte/DE/schutzmasken.html> (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 25–27).
- [BfA21] BfArM. *Liste zugelassener Selbsttests*. 2021. URL: [https://www.bfarm.de/DE/Medizinprodukte/Antigentests/\\_node.html](https://www.bfarm.de/DE/Medizinprodukte/Antigentests/_node.html) (besucht am 16. 03. 2021) (siehe S. 16).
- [BGV20] Lia Becher, Amayu Wakoya Gena und Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker. "Risikoeinschätzung zur Ausbreitung der Atemluft bei Blasinstrumenten und Sängern während der COVID-19 Pandemie". In: *Bauhaus-Universität Weimar* (2020). URL: [https://www.uni-weimar.de/fileadmin/user/fak/bauing/professuren\\_institute/Bauphysik/00\\_Aktuelles/Risikoeinschaetzung\\_zur\\_Ausbreitung\\_der\\_Atemluft.pdf](https://www.uni-weimar.de/fileadmin/user/fak/bauing/professuren_institute/Bauphysik/00_Aktuelles/Risikoeinschaetzung_zur_Ausbreitung_der_Atemluft.pdf) (siehe S. 11, 23).

- [BG+20] BIOCUMSC-Gompertz u. a. *European Covid-19 Forecast Hub*. 2020. URL: <https://covid19forecasthub.eu/visualisation.html> (besucht am 13. 08. 2021) (siehe S. 13).
- [BM20] Dr. Wolfram Birmili und Dr.-Ing. Heinz-Jörn Moriske. "Mobile Luftreiniger in Schulen: Nur im Ausnahmefall sinnvoll". In: *Umweltbundesamt* (2020). URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/mobile-luftreiniger-in-schulen-nur-im-ausnahmefall> (siehe S. 33).
- [BM21] Prof. Dr. Dr. h.c. Bodenschatz und Rudolf Müller. *LAP-Adsorber*. 2021. URL: <https://blasmusik-nrw.de/aktuelles/forschungsorchester> (besucht am 16. 04. 2021) (siehe S. 11, 29, 32).
- [Boo+06] Dipl.-Ing. Dr. Rolf Boos u. a. "Bewertung Der Innenraumluf Physikalische Faktoren Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter". In: (2006) (siehe S. 36).
- [BOZ21] Philomena M Bluysen, Marco Ortiz und Dadi Zhang. "The effect of a mobile HEPA filter system on 'infectious' aerosols, sound and air velocity in the SenseLab". In: *Building and Environment* 188 (2021), S. 107475. ISSN: 0360-1323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107475>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320308428> (siehe S. 33).
- [Bro+21] Catherine M. Brown u. a. "Outbreak of SARS-CoV-2 Infections, Including COVID-19 Vaccine Breakthrough Infections, Associated with Large Public Gatherings — Barnstable County, Massachusetts, July 2021". In: *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 70.31 (2021), S. 1059–1062. URL: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7031e2> (siehe S. 18).
- [Bun21a] Bundesregierung. "COVID-19-Schutzmaßnahmen-Ausnahmenverordnung - SchAusnahmV". In: *BAnz AT 08.05.2021 V1* (2021). URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/schAusnahmV/SchAusnahmV.pdf> (siehe S. 18).
- [Bun21b] Bundesregierung. *Verordnung zur Regelung von Erleichterungen und Ausnahmen von Schutzmaßnahmen zur Verhinderung der Verbreitung von COVID-19*. 2021. URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/erleichterungen-geimpfte-1910886> (besucht am 09. 05. 2021) (siehe S. 17).
- [Buo+20] Manuela Buonanno u. a. "Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses". In: *Scientific Reports* 10.1 (2020), S. 10285. ISSN: 2045-2322. DOI: [10.1038/s41598-020-67211-2](https://doi.org/10.1038/s41598-020-67211-2). URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67211-2> (siehe S. 9, 10).
- [BW21] BW. *Das Land BW fördert ein Forschungsprojekt zur Aerosolausbreitung und Luftreinigung mit 1,6 Millionen Euro*. 2021. URL: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-foerdert-forschungsprojekt-luftreinigung-und-aerosole-1/> (besucht am 16. 03. 2021) (siehe S. 35).
- [BZg21a] BZgA. *Antigen-Test: Schnelltest durch geschulte Personen*. 2021. URL: <https://www.infektionsschutz.de/coronavirus/tests-auf-sars-cov-2/antigen-test.html> (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 16).

- [BZg21b] BZgA. *Corona-Schutzimpfung: Antworten auf häufig gestellte Fragen*. 2021. URL: <https://www.infektionsschutz.de/coronavirus/schutzimpfung/fragen-und-antworten/#faq4706> (besucht am 12. 04. 2021) (siehe S. 17).
- [BZg21c] BZgA. *Mund-Nasen-Schutz für Kinder*. 2021. URL: <https://www.kindergesundheit-info.de/themen/risiken-vorbeugen/coronavirus-sars-cov-2-elterninformationen/corona-zeiten-mund-nasen-schutz/> (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 25).
- [Cal21] Ewen Callaway. “COVID vaccine boosters: the most important questions”. In: *Nature* 596 (2021), S. 178–180. URL: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02158-6> (siehe S. 18).
- [Che+21] Yafang Cheng u. a. “Face masks effectively limit the probability of SARS-CoV-2 transmission”. In: *Science* 372.6549 (2021), 1439 LP –1443. DOI: [10.1126/science.abg6296](https://doi.org/10.1126/science.abg6296). URL: <http://science.sciencemag.org/content/372/6549/1439.abstract> (siehe S. 25).
- [Chi+20] Alex W H Chin u. a. “Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions”. In: *Elsevier Ltd.* (2020). DOI: [10.1016/S2666-5247\(20\)30093-8](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30093-8). URL: [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30093-8](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30093-8) (siehe S. 10).
- [Chi+21] Po Ying Chia u. a. “Virological and serological kinetics of SARS-CoV-2 Delta variant vaccine-breakthrough infections: a multi-center cohort study”. In: *medRxiv* (2021), S. 2021.07.28.21261295. DOI: [10.1101/2021.07.28.21261295](https://doi.org/10.1101/2021.07.28.21261295). URL: <http://medrxiv.org/content/early/2021/07/31/2021.07.28.21261295.abstract> (siehe S. 18).
- [DFG21] DFG. “Coronavirus-Pandemie: Wie lassen sich Infektionen durch Aerosole verhindern?” In: *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (2021). URL: [https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/corona\\_infos/positionspapier\\_aerosole.pdf](https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/corona_infos/positionspapier_aerosole.pdf) (siehe S. 10, 26, 27).
- [Dit+20] Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler u. a. “Stellungnahme des Expertenkreis Aerosole der Landesregierung Baden-Württemberg”. In: (2020). URL: [https://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mwk/intern/dateien/Anlagen\\_PM/20201204\\_Stellungnahme\\_Aerosole\\_SARS\\_CoV2.pdf](https://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mwk/intern/dateien/Anlagen_PM/20201204_Stellungnahme_Aerosole_SARS_CoV2.pdf) (siehe S. 10–12, 31, 36).
- [Dit+21] Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler u. a. “2. Stellungnahme Expertenkreis Aerosole der Landesregierung Baden-Württemberg”. In: (2021). URL: [https://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mwk/intern/dateien/pdf/Expertenkreis\\_Aerosole\\_-\\_2.\\_Stellungnahme\\_02.pdf](https://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mwk/intern/dateien/pdf/Expertenkreis_Aerosole_-_2._Stellungnahme_02.pdf) (siehe S. 31, 32, 42).
- [DLR20] DLR. *DLR testet Filtersystem zur Verringerung der Virenlast in Räumen*. 2020. URL: [https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/04/20201103\\_dlr-testet-filtersystem-zur-verringderung-der-virenlast-in-raeumen.html](https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/04/20201103_dlr-testet-filtersystem-zur-verringderung-der-virenlast-in-raeumen.html) (besucht am 03. 11. 2020) (siehe S. 33).
- [DLR21] DLR. *SARS-CoV-2 Reproduktionszahlen innerhalb Deutschlands*. 2021. URL: <https://hpcvscorona.dlr.de/#/> (besucht am 13. 08. 2021) (siehe S. 12).
- [Dor+20] Neeltje van Doremalen u. a. “Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1”. In: *New England Journal of Medicine* 382.16 (2020), S. 1564–1567. DOI: [10.1056/NEJMc2004973](https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973). URL: <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973> (siehe S. 9, 10, 43).

- [Ech+20] Matthias Echternach u. a. “Impulse dispersion of aerosols during singing and speaking”. In: *medRxiv* (2020). DOI: [10.1101/2020.07.21.20158832](https://doi.org/10.1101/2020.07.21.20158832). URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/07/24/2020.07.21.20158832> (siehe S. 11, 23).
- [Edw+21] David A Edwards u. a. “Exhaled aerosol increases with COVID-19 infection, age, and obesity”. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118.8 (2021). ISSN: 0027-8424. DOI: [10.1073/pnas.2021830118](https://doi.org/10.1073/pnas.2021830118). URL: <https://www.pnas.org/content/118/8/e2021830118> (siehe S. 11).
- [EMW21] EMW. *Filterklassen gemäß EN 779 und EN 1822*. 2021. URL: <https://www.emw.de/de/filter-campus/filterklassen.html> (besucht am 31. 03. 2021) (siehe S. 32).
- [FC20] Arnaud Fontanet und Simon Cauchemez. “COVID-19 herd immunity: where are we?” eng. In: *Nature reviews. Immunology* 20.10 (2020), S. 583–584. ISSN: 1474-1741. DOI: [10.1038/s41577-020-00451-5](https://doi.org/10.1038/s41577-020-00451-5). URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32908300https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7480627/> (siehe S. 17).
- [FEH11] Paul Fine, Ken Eames und David L Heymann. ““Herd Immunity”: A Rough Guide”. In: *Clinical Infectious Diseases* 52.7 (2011), S. 911–916. ISSN: 1058-4838. DOI: [10.1093/cid/cir007](https://doi.org/10.1093/cid/cir007). URL: <https://doi.org/10.1093/cid/cir007> (siehe S. 17).
- [FG21] Fraunhofer-Gesellschaft. *Healthy Air Initiative*. 2021. URL: <https://www.initiative-gesunde-raumluft.de> (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 35).
- [FMWM21] FH-Münster und WWU-Münster. *Möglichkeiten und Grenzen der eigenverantwortlichen Wiederverwendung von FFP2- Masken für den Privatgebrauch*. 2021. URL: <https://www.fh-muenster.de/gesundheitsforschung/forschungsprojekte/moeglichkeiten-und-grenzen-der-eigenverantwortlichen-wiederverwendung-von-ffp2-masken-im-privatgebrauch/index.php> (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 25, 26).
- [GAe20] GAeF. “Positionspapier der Gesellschaft für Aerosolforschung zum Verständnis der Rolle von Aerosolpartikeln beim SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen”. Köln, 2020. URL: <https://www.info.gaef.de/positionspapier> (siehe S. 9–11, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 42).
- [Gan+21] Sophia Gantner u. a. “Impulse dispersion of aerosols during playing wind instruments”. In: *medRxiv* (2021). DOI: [10.1101/2021.01.25.20248984](https://doi.org/10.1101/2021.01.25.20248984). URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2021/01/26/2021.01.25.20248984> (siehe S. 11, 23).
- [GH21] Alastair Grant und Paul R Hunter. “Immunisation, asymptomatic infection, herd immunity and the new variants of COVID 19”. In: *medRxiv* (2021), S. 2021.01.16.21249946. DOI: [10.1101/2021.01.16.21249946](https://doi.org/10.1101/2021.01.16.21249946). URL: <http://medrxiv.org/content/early/2021/01/20/2021.01.16.21249946.abstract> (siehe S. 18).
- [Gro21] Gisela Gross. *Wie gut die Kennzahlen den Pandemie-Verlauf abbilden*. 2021. URL: <https://www.forschung-und-lehre.de/politik/wie-gut-die-kennzahlen-den-pandemie-verlauf-abbilden-3681/> (besucht am 29. 04. 2021) (siehe S. 13).

- [GSH20] Oliver Garcia und Dr. Alfons Schulze-Hagen. *Art. 13 Informationspflicht bei Erhebung von personenbezogenen Daten bei der betroffenen Person*. 2020. URL: <https://www.datenschutzkanzlei.de/speicherung-von-besucherdaten-in-corona-zeiten/> (besucht am 24. 03. 2021) (siehe S. 20, 22).
- [Haa+21] Eric J Haas u. a. “Impact and effectiveness of mRNA BNT162b2 vaccine against SARS-CoV-2 infections and COVID-19 cases, hospitalisations, and deaths following a nationwide vaccination campaign in Israel: an observational study using national surveillance data”. In: *The Lancet* 397.10287 (2021), S. 1819–1829. ISSN: 0140-6736. DOI: [10.1016/S0140-6736\(21\)00947-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00947-8). URL: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00947-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00947-8) (siehe S. 17).
- [HK20] Anne Hartmann und Martin Kriegel. “Risikobewertung von virenbeladenen Aerosolen anhand der CO<sub>2</sub>-Konzentration”. 2020. URL: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10361.3> (siehe S. 36).
- [HKP21] Frank Helleis, Thomas Klimach und Ulrich Pöschl. “Vergleich von Fensterlüftungssystemen und anderen Lüftungs- bzw. Luftreinigungsansätzen gegen die Aerosolübertragung von COVID-19 und für erhöhte Luftqualität in Klassenräumen”. In: (2021). DOI: [10.5281/ZENODO.5154017](https://doi.org/10.5281/ZENODO.5154017). URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5154017#.YR-X8xxW9Sg.mendeley> (siehe S. 31).
- [Ift+21] Emil N. Iftexhar u. a. *Ein Blick in die Zukunft der COVID-19-Pandemie in Europa: Eine Expertenbefragung*. 2021. URL: <https://www.containcovid-pan.eu/statement/delphi/German> (besucht am 16. 08. 2021) (siehe S. 9, 12, 19).
- [Kam+21] Nassim Kamar u. a. “Three Doses of an mRNA Covid-19 Vaccine in Solid-Organ Transplant Recipients”. In: *New England Journal of Medicine* 385.7 (2021), S. 661–662. ISSN: 0028-4793. DOI: [10.1056/NEJMc2108861](https://doi.org/10.1056/NEJMc2108861). URL: <https://doi.org/10.1056/NEJMc2108861> (siehe S. 18).
- [KFH20] Christian J. Kähler, Thomas Fuchs und Rainer Hain. *Können mobile Raumlufreiniger eine indirekte SARS-CoV-2 Infektionsgefahr durch Aerosole wirksam reduzieren?* Techn. Ber. 2020. URL: <https://www.unibw.de/lrt7/raumlufreiniger> (siehe S. 33).
- [KH20] Christian J. Kähler und Rainer Hain. “Musizieren während der Pandemie - was rät die Wissenschaft?” München, 2020. URL: <https://youtu.be/0JmcjRhV-rs> (siehe S. 23, 24, 31).
- [Kri20] Martin Kriegel. *FAQ zu Aerosolen in Bezug auf Sars-CoV-2*. 2020. URL: <https://www.tu-berlin/forschen/themenportal-forschen/2020/august/faq-zu-aersolen-in-bezug-auf-sars-cov-2/> (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 12).
- [Kri+20] Martin Kriegel u. a. “Predicted Infection Risk for Aerosol Transmission of SARS-CoV-2”. In: *medRxiv* (2020). DOI: [10.1101/2020.10.08.20209106](https://doi.org/10.1101/2020.10.08.20209106). URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/11/05/2020.10.08.20209106> (siehe S. 43).
- [KWM21] von Dres. K. Kremser, L. Weisenburger und R. Mühlbauer. *Corona-Selbsttests: Erklärung und Tipps*. 2021. URL: <https://www.apotheken-umschau.de/krankheiten-symptome/infektionskrankheiten/coronavirus/corona-selbsttests-erklaerung-und-tipps-723707.html> (besucht am 16. 03. 2021) (siehe S. 15, 16).

- [Käh21] Christian J. Kähler. “Trendwende durch Trennwände – Schutzscheiben vermindern das Risiko von Corona-Infektionen”. In: *PHYSIKKonkret* Nr. 56 (2021). URL: [www.physikkonkret.de](http://www.physikkonkret.de) (siehe S. 28).
- [LBA21] Jennie S Lavine, Ottar N Bjornstad und Rustom Antia. “Immunological characteristics govern the transition of COVID-19 to endemicity”. In: *Science* 371.6530 (2021), 741 LP – 745. DOI: [10.1126/science.abe6522](https://doi.org/10.1126/science.abe6522). URL: <http://science.sciencemag.org/content/371/6530/741.abstract> (siehe S. 18).
- [Lel+20] Jos Lelieveld u. a. “Model Calculations of Aerosol Transmission and Infection Risk of COVID-19 in Indoor Environments”. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17.21 (2020). ISSN: 1660-4601. DOI: [10.3390/ijerph17218114](https://doi.org/10.3390/ijerph17218114). URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/21/8114> (siehe S. 44).
- [Lin+21] Andreas K Lindner u. a. “SARS-CoV-2 patient self-testing with an antigen-detecting rapid test: a head-to-head comparison with professional testing”. In: *medRxiv* (2021). DOI: [10.1101/2021.01.06.20249009](https://doi.org/10.1101/2021.01.06.20249009). URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2021/01/08/2021.01.06.20249009> (siehe S. 15).
- [LMU20] LMU. *Berichte zum Infektionsgeschehen und der Sterblichkeit von COVID-19*. 2020. URL: <https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/newsletter/index.html> (besucht am 13. 08. 2021) (siehe S. 13).
- [LT+21] Matan Levine-Tiefenbrun u. a. “Initial report of decreased SARS-CoV-2 viral load after inoculation with the BNT162b2 vaccine”. In: *Nature Medicine* 27.5 (2021), S. 790–792. ISSN: 1546-170X. DOI: [10.1038/s41591-021-01316-7](https://doi.org/10.1038/s41591-021-01316-7). URL: <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01316-7> (siehe S. 16–18).
- [Mon+21] Mélodie Monod u. a. “Age groups that sustain resurging COVID-19 epidemics in the United States”. In: *Science* 371.6536 (2021), eabe8372. DOI: [10.1126/science.abe8372](https://doi.org/10.1126/science.abe8372). URL: <http://science.sciencemag.org/content/371/6536/eabe8372.abstract> (siehe S. 18).
- [Mor20] Dr.-Ing. H.-J. Moriske. “Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren”. In: *Umweltbundesamt* (2020). URL: <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/stellungnahme-kommission-innenraumlufthygiene-zu> (siehe S. 31).
- [Mor+21] Dr. Heinz-Jörn Moriske u. a. “Eckpunkte zur Durchführung von Kulturveranstaltungen (Theater, Konzerthäuser, Kinos) unter Pandemiebedingungen”. 2021. URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/moriske\\_et\\_al\\_eckpunkte\\_zur\\_durchfuehrung\\_von\\_kulturveranstaltungen\\_-\\_theater\\_konzerthaeuser\\_kinos\\_-\\_unter\\_pandemiebedingungen\\_3.3.2021.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/moriske_et_al_eckpunkte_zur_durchfuehrung_von_kulturveranstaltungen_-_theater_konzerthaeuser_kinos_-_unter_pandemiebedingungen_3.3.2021.pdf) (siehe S. 26, 31, 32).
- [MPI21] MPIC. *Fensterlüftungssystem für Klassenräume entwickelt am Max-Planck-Institut für Chemie*. 2021. URL: <https://www.ventilation-mainz.de/> (besucht am 07. 08. 2021) (siehe S. 31).

- [MPL20] Michael J Mina, Roy Parker und Daniel B Larremore. “Rethinking Covid-19 Test Sensitivity — A Strategy for Containment”. In: *New England Journal of Medicine* 383.22 (2020), e120. DOI: [10.1056/NEJMp2025631](https://doi.org/10.1056/NEJMp2025631). URL: <https://doi.org/10.1056/NEJMp2025631> (siehe S. 15).
- [Mus+21] James M Musser u. a. “Delta variants of SARS-CoV-2 cause significantly increased vaccine breakthrough COVID-19 cases in Houston, Texas”. In: *medRxiv* (2021), S. 2021.07.19.21260808. DOI: [10.1101/2021.07.19.21260808](https://doi.org/10.1101/2021.07.19.21260808). URL: <http://medrxiv.org/content/early/2021/08/01/2021.07.19.21260808.abstract> (siehe S. 18).
- [Mür+20a] Dirk Mürbe u. a. “Erhöhung der Aerosolbildung beim professionellen Singen”. 2020. URL: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10374> (siehe S. 11).
- [Mür+20b] Prof. Dr. med. Dirk Mürbe u. a. “Beurteilung der Ansteckungsgefahr mit SARS-CoV-2-Viren beim Singen”. 2020. URL: <https://audiologie-phoniatrie.charite.de/> (siehe S. 23).
- [Mür+21] Dirk Mürbe u. a. “Aerosol emission of adolescents voices during speaking, singing and shouting”. In: *PLoS ONE* 16 (2021), S. 2. DOI: [10.1371](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246819). URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246819> (siehe S. 11).
- [NBB21] Freja Nordsiek, Eberhard Bodenschatz und Gholamhossein Bagheri. “Risk assessment for airborne disease transmission by poly-pathogen aerosols”. In: *arXiv* (2021). arXiv: [arXiv: 2011.14118v2\[q-bio.QM\]](https://arxiv.org/abs/2011.14118). URL: <https://arxiv.org/abs/2011.14118> (siehe S. 43).
- [Neu18] Dr.-Ing. Heinz-Dieter Neumann. “Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in Räumen anhand empirisch gewonnener Daten – Update des Rechners und Erweiterung des Anwendungsbereichs”. In: *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* (2018). URL: <https://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/innenraumarbeitsplaetze/raumlftqualitaet/co2-app/index.jsp> (siehe S. 44).
- [Nus+20] Manfred Nusseck u. a. “CO<sub>2</sub> measurements in instrumental and vocal closed room settings as a risk reducing measure for a Coronavirus infection”. In: *medRxiv* (2020). DOI: [10.1101/2020.10.26.20218354](https://doi.org/10.1101/2020.10.26.20218354). URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/10/27/2020.10.26.20218354> (siehe S. 36).
- [PEI21] Paul-Ehrlich-Institut. *FAQ - Häufig gestellte Fragen Coronavirus SARS-CoV-2 / COVID-19*. 2021. URL: <https://www.pei.de/DE/service/faq/faq-coronavirus-inhalt2.html> (besucht am 19. 08. 2021) (siehe S. 16).
- [Pet21] Kirill Petrenko. *Pilotprojekt: Konzert vor Publikum*. 2021. URL: <https://www.berliner-philharmoniker.de/titelgeschichten/20202021/pilotprojekt/> (besucht am 20. 03. 2021) (siehe S. 14).
- [Pri+21] Viola Priesemann u. a. “An action plan for pan-European defence against new SARS-CoV-2 variants”. In: *The Lancet* 397.10273 (2021), S. 469–470. URL: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00150-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00150-1) (siehe S. 9, 12, 19).

- [PW21] Prof. Dr. Ulrich Pöschl und Prof. Dr. med. Christian Witt. *Stellungnahme zur Wirksamkeit und Nutzung von Gesichtsmasken gegen COVID-19*. 2021. URL: [https://www.mpic.de/4972349/poschl Witt\\_stellungnahme gesichtsmasken\\_2021-06-28\\_final.pdf](https://www.mpic.de/4972349/poschl Witt_stellungnahme gesichtsmasken_2021-06-28_final.pdf) (besucht am 28.06.2021) (siehe S. 25, 26).
- [Qia+20] Hua Qian u. a. "Indoor transmission of SARS-CoV-2". In: *medRxiv* (2020). DOI: [10.1101/2020.04.04.20053058](https://doi.org/10.1101/2020.04.04.20053058). URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/04/07/2020.04.04.20053058> (siehe S. 9).
- [RBS20] Natalia Ruetalo, Ramona Businger und Michael Schindler. "Rapid and efficient inactivation of surface dried SARS-CoV-2 by UV-C irradiation". In: *bioRxiv* (2020). DOI: [10.1101/2020.09.22.308098](https://doi.org/10.1101/2020.09.22.308098). URL: <https://www.biorxiv.org/content/early/2020/09/22/2020.09.22.308098> (siehe S. 9).
- [Ren+21] Hanna Renk u. a. "Typically asymptomatic but with robust antibody formation: Children's unique humoral immune response to SARS-CoV-2". In: *medRxiv* (2021), S. 2021.07.20.21260863. DOI: [10.1101/2021.07.20.21260863](https://doi.org/10.1101/2021.07.20.21260863). URL: <http://medrxiv.org/content/early/2021/07/22/2021.07.20.21260863.abstract> (siehe S. 18).
- [Ric+21] Bernhard Richter u. a. "From classic to rap: Airborne transmission of different singing styles, with respect to risk assessment of a SARS-CoV-2 infection". In: *medRxiv* (2021). DOI: [10.1101/2021.03.25.21253694](https://doi.org/10.1101/2021.03.25.21253694). URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2021/03/26/2021.03.25.21253694> (siehe S. 11, 23).
- [Rie+21] Kasen K Riemersma u. a. "Shedding of Infectious SARS-CoV-2 Despite Vaccination when the Delta Variant is Prevalent - Wisconsin, July 2021". In: *medRxiv* (2021), S. 2021.07.31.21261387. DOI: [10.1101/2021.07.31.21261387](https://doi.org/10.1101/2021.07.31.21261387). URL: <http://medrxiv.org/content/early/2021/08/11/2021.07.31.21261387.1.abstract> (siehe S. 18).
- [RKI20a] RKI. *Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren*. 2020. URL: [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Desinfektionsmittellist/Desinfektionsmittelliste\\_node.html](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Desinfektionsmittellist/Desinfektionsmittelliste_node.html) (besucht am 03.05.2021) (siehe S. 24).
- [RKI20b] RKI. *Robert Koch-Institut gemeldeten Fälle pro 7 Tage und 100.000 Einwohner*. 2020. URL: <https://experience.arcgis.com/experience/478220a4c454480e823b17327b2bf1d4> (besucht am 13.08.2021) (siehe S. 12).
- [RKI21a] RKI. "Antigentests als ergänzendes Instrument in der Pandemiebekämpfung". In: *Robert Koch Institut* 17 (2021). URL: [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/17\\_21.pdf](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/17_21.pdf) (siehe S. 16).
- [RKI21b] RKI. "Antigentests zur Eigenanwendung". In: *Epidemiologisches Bulletin, Robert Koch Institut* 8 (2021). URL: [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/08\\_21.pdf](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/08_21.pdf) (siehe S. 14, 15).
- [RKI21c] RKI. "Bericht zu Virusvarianten von SARS-CoV-2 in Deutschland". In: *Robert Koch Institut* (2021). URL: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/DESH/Bericht\\_VOC\\_2021-06-23.pdf](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/DESH/Bericht_VOC_2021-06-23.pdf) (siehe S. 18).

- [RKI21d] RKI. “COVID-19-Impfung”. In: *Epidemiologisches Bulletin, Robert Koch Institut* 19 (2021). URL: [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/19/Art\\_01.html](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/19/Art_01.html) (siehe S. 17).
- [RKI21e] RKI. *COVID-19 und Impfen: Antworten auf häufig gestellte Fragen (FAQ)*. 2021. URL: <https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/COVID-Impfen/gesamt.html> (besucht am 12. 04. 2021) (siehe S. 17).
- [RKI21f] RKI. *COVID-19 und Impfen*. 2021. URL: <https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Impfen/ImpfungenAZ/COVID-19/COVID-19.html> (besucht am 04. 04. 2021) (siehe S. 14, 17).
- [RKI21g] RKI. “COVID-19-Zielimpfquote | STIKO: 8. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung | VRE-Jahresbericht”. In: *Epidemiologisches Bulletin, Robert Koch Institut* 27 (2021). URL: [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/27\\_21.pdf](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/27_21.pdf) (siehe S. 19).
- [RKI21h] RKI. “Die Impfung gegen COVID-19 in Deutschland zeigt eine hohe Wirksamkeit gegen SARS-CoV-2-Infektionen, Krankheitslast und Sterbefälle Analyse der Impfeffekte im Zeitraum Januar bis Juli 2021”. In: *Epidemiologisches Bulletin, Robert Koch Institut* 35 (2021) (siehe S. 19).
- [RKI21i] RKI. *Epidemiologischer Steckbrief zu SARS-CoV-2 und COVID-19*. 2021. URL: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Steckbrief.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html) (besucht am 25. 02. 2021) (siehe S. 9, 20, 22).
- [RKI21j] RKI. *Infografik: Corona-Schnelltest-Ergebnisse verstehen*. 2021. URL: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Infografik\\_Antigentest\\_Tab.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Infografik_Antigentest_Tab.html) (besucht am 25. 02. 2021) (siehe S. 16).
- [RKI21k] RKI. *Kontaktpersonen-Nachverfolgung bei SARS-CoV-2-Infektionen*. 2021. URL: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Kontaktperson/Management.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Kontaktperson/Management.html) (besucht am 05. 03. 2021) (siehe S. 22).
- [RKI21l] RKI. *SARS-CoV-2: Virologische Basisdaten sowie Virusvarianten*. 2021. URL: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Virologische\\_Basisdaten.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Virologische_Basisdaten.html) (besucht am 23. 02. 2021) (siehe S. 9, 20, 22).
- [RKI21m] RKI. “Vorbereitung auf den Herbst/Winter 2021/22”. In: *Robert Koch Institut* (2021). URL: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Downloads/Vorbereitung-Herbst-Winter.pdf](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Downloads/Vorbereitung-Herbst-Winter.pdf) (siehe S. 12).
- [Sch21] Jan Kus Tim Schneider. *Wir für Digitalisierung*. 2021. URL: <https://www.wirfuerdigitalisierung.de/ber-uns> (besucht am 24. 03. 2021) (siehe S. 20, 21).
- [Sch+20a] Dr. Oliver Schlenczek u. a. *HEADS – Human Emission of Aerosol and Droplet Statistics*. 2020. URL: <https://aerosol.ds.mpg.de/de/> (besucht am 23. 03. 2021) (siehe S. 43).
- [Sch+20b] Michael Schuit u. a. “Airborne SARS-CoV-2 Is Rapidly Inactivated by Simulated Sunlight”. In: *J Infect Dis*. 222(4) (2020), S. 564–571. DOI: [10.1093/infdis/jiaa334](https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa334) (siehe S. 9, 10).

- [Sch+21] Wolfgang Schade u. a. “Experimental Investigation of Aerosol and CO<sub>2</sub> Dispersion for Evaluation of COVID-19 Infection Risk in a Concert Hall”. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18.6 (2021). ISSN: 1660-4601. DOI: [10.3390/ijerph18063037](https://doi.org/10.3390/ijerph18063037). URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/6/3037> (siehe S. 32).
- [Spa+20] Claudia Spahn u. a. “Airflow and air velocity measurements while playing wind instruments, with respect to risk assessment of a SARS-CoV-2 infection”. In: *medRxiv* (2020). DOI: [10.1101/2020.12.17.20248234](https://doi.org/10.1101/2020.12.17.20248234). URL: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/12/23/2020.12.17.20248234> (siehe S. 11, 23).
- [SR20] Claudia Spahn und Bernhard Richter. “Risikoeinschätzung einer Coronavirus-Infektion im Bereich Musik”. 2020. URL: <https://www.mh-freiburg.de/hochschule/covid-19-corona/risikoeinschaetzung> (siehe S. 17, 20, 23, 37, 41, 42).
- [STI21] STIKO. *Mitteilung der STIKO zur Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung für Kinder und Jugendliche*. 2021. URL: [https://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/STIKO/Empfehlungen/PM\\_2021-08-16.html](https://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/STIKO/Empfehlungen/PM_2021-08-16.html) (besucht am 16. 08. 2021) (siehe S. 17).
- [Ter21] Mathias Tertilt. *Herdenimmunität, Wann die Corona-Pandemie endet*. 2021. URL: <https://www.quarks.de/gesundheit/medizin/warum-ein-impfstoff-die-pandemie-auch-2021-nicht-beendet/> (besucht am 28. 06. 2021) (siehe S. 17).
- [Tes21] Test. *FFP2-Masken im Test*. 2021. URL: <https://www.test.de/Masken-Welcher-Mund-Nasen-Schutz-hilft-am-besten-gegen-Corona-5692592-0/> (besucht am 19. 07. 2021) (siehe S. 26).
- [TO21] Mathias Tertilt und Christopher Ophoven. *Wie viele Menschen sterben an Corona?* 2021. URL: <https://www.quarks.de/gesundheit/medizin/wie-viele-menschen-sterben-an-corona/> (besucht am 15. 03. 2021) (siehe S. 13).
- [UKH21] UKHD. *Rapid antigen tests for the diagnosis of a SARS-CoV-2 infection*. 2021. URL: <https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/diagnostics-global-health> (besucht am 02. 06. 2021) (siehe S. 16).
- [Umw20] Umweltbundesamt. „*Richtiges Lüften reduziert Risiko der SARS-CoV-2-Infektion*“. 2020. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/richtiges-lueften-reduziert-risiko-der-sars-cov-2> (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 36).
- [Umw21a] Umweltbundesamt. *Anforderungen an mobile Luftreiniger an Schulen*. 2021. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/anforderungen-an-mobile-luftreiniger-an-schulen> (besucht am 27. 07. 2021) (siehe S. 33).
- [Umw21b] Umweltbundesamt. *Infektiöse Aerosole in Innenräumen*. 2021. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/innenraumluft/infektoese-aerosole-in-innenraeumen#verwendete-quellen> (besucht am 17. 03. 2021) (siehe S. 36).

- [Vol+21] Erik Volz u. a. "Transmission of SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in England: Insights from linking epidemiological and genetic data". In: *medRxiv* (2021), S. 2020.12.30.20249034. DOI: [10.1101/2020.12.30.20249034](https://doi.org/10.1101/2020.12.30.20249034). URL: <http://medrxiv.org/content/early/2021/01/04/2020.12.30.20249034.1.abstract> (siehe S. 13).
- [Zem+76] Klaus Zemke u. a. *ticketmaster*. 1976. URL: <https://business.ticketmaster.de/news/datenerfassung-besucher-corona-zeitfenster-online-ticketing/> (siehe S. 20).
- [And21a] Andreas Kirchner. "Anforderungen an mobile Luftreiniger". In: *VDI-Richtlinie EE 4300-14* (2021). URL: [https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi\\_de/redakteure/vor\\_ort/bv/hamburger-bv/dateien/Welche\\_Anforderungen\\_muessen\\_mobile\\_Luftreiniger\\_erfuellen\\_\\_\\_VDI.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/vor_ort/bv/hamburger-bv/dateien/Welche_Anforderungen_muessen_mobile_Luftreiniger_erfuellen___VDI.pdf) (siehe S. 34).
- [And21b] Andreas Kirchner. "Prüfkriterien für mobile Luftreiniger". In: *VDI EE 4300 Blatt 14* (2021). URL: [https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi\\_de/redakteure/ueber\\_uns/fachgesellschaften/KRDL/dateien/Pruefkriterien\\_fuer\\_Luftreiniger\\_\\_2021-07-23\\_\\_VDI\\_AG\\_Kurzfassung.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/ueber_uns/fachgesellschaften/KRDL/dateien/Pruefkriterien_fuer_Luftreiniger__2021-07-23__VDI_AG_Kurzfassung.pdf) (siehe S. 34).