

Empfehlungen und Grundregeln für den Infektionsschutz gegen die Übertragung von SARS-CoV-2/COVID-19 in Schulen

6. Januar 2022, Version 1.1

Erstellt von (in alphabetischer Reihenfolge): Gerry Foitik, Nikolaus Forgo, Christina J. Hopfe, Ulrich Pöschl, Andrea E. Schmidt, Barbara Schober, Uwe Siebert, Michael Wagner

Unterstützt durch (in alphabetischer Reihenfolge): Arne Bathke, Andreas Bergthaler, Julius Brennecke, Thomas Czypionka, Ulrich Elling, Margaretha Gansterer, Peter Klimek, Christian Korunka, Sylvia Kritzinger, Claus Lamm, Thomas Müller, Herwig Ostermann, Niki Popper, Andrea Siebenhofer-Kroitzsch, Tanja Stamm, Christian Witt, Johannes Zuber

Ein zuverlässiges und sicheres **Aufrechterhalten des Präsenzunterrichts in Schulen muss in Anbetracht der evidenten psychosozialen und bildungsbezogenen Folgen** von Schulschließungen (und auch der anhaltenden Unsicherheit darüber) eines der prioren Ziele sein. Nach derzeitigem Kenntnisstand und im Hinblick auf die Ausbreitung der Omikron-Variante ist dies **MEHR DENN JE** nur durch eine Kombination von Infektionsschutzmaßnahmen zu erreichen (Bündelstrategie). Es braucht die **konsequente Implementierung eines MaßnahmenPAKETs aus Maskentragen, Abstand, Lüften, Testen, Hygiene und Impfen. Dabei ist mit Blick auf die Teststrategie die 3malige PCR-Testung pro Woche dringend soweit als möglich umzusetzen.** Zur allgemeinen Hygiene und zur Immunisierung durch Impfen gibt es entsprechende Empfehlungen der zuständigen Stellen.

Die vorliegende Stellungnahme ergänzt und aktualisiert bisherige Expert Opinions der FUOP zum Thema "Schutzschirm für Schulen" (<https://futureoperations.at/expert-opinions/>). Es beinhaltet **erweiterte wissenschaftlich fundierte Orientierung und Empfehlungen zur Nutzung und Wirkung von Masken, Abstandhalten, Lüften und Testen zur Reduktion der Übertragung von SARS-CoV-2 bzw. COVID-19 in Schulen.** Aktuelle wissenschaftliche Studien und Stellungnahmen zeigen, dass konsequentes Tragen von Masken, intensives Lüften und regelmäßiges Testen das Risiko bzw. die Wahrscheinlichkeit von Infektionen wirksam reduzieren können, je nach Art, Kombination und Einhaltung der Schutzmaßnahmen um Faktoren von etwa 2 bis 100.

Die vorliegenden Empfehlungen referenzieren explizit zwar die Schulen, jedoch braucht es **dringend auch für die Kindergärten ein entsprechendes Maßnahmenpaket.** Im Zentrum muss dabei **Lüften und PCR-Testen (mit Speicheltests)** stehen, da konsequentes Maskentragen und Abstandhalten für diese Altersgruppe unrealistisch sind und Impfen noch nicht möglich ist.

1. Masken tragen und Abstand halten

1.1. Masken sollten von allen Personen in der Schule durchgehend getragen werden, d.h. während des Unterrichts und auch bei Kontakten in der Schule außerhalb der Unterrichtsstunden. Die Masken müssen korrekt getragen werden, also Mund und Nase vollständig bedecken und möglichst dicht sitzen.

Spielerische, altersadäquate und positiv konnotierte Anweisungen seitens des Schulpersonals könnten dazu beitragen, die Compliance zu erhöhen.

1.2. Als Mindeststandard gilt ein **medizinischer Mund-Nasen-Schutz (MNS)** bzw. OP-Masken oder gleichwertige Stoffmasken. Hochwertige und **dichtsitzende FFP2/FFP3-Masken** sind besonders wirksam - am besten mit Gummidichtung im Nasenbereich. Wo immer möglich, sollten diese zum Einsatz kommen.

1.3. Masken wirken weiterhin sowohl gegen **direkte Infektionen (Nahübertragung) durch Tröpfchen** als auch gegen **indirekte Infektionen (Fernübertragung) durch Atemluftaerosol-Schwebeteilchen**. Andere Maßnahmen wie Lüftung oder Luftreinigung können das Tragen von Masken während der Pandemie nicht ersetzen; sie sind ergänzend zum Schutz vor indirekten Infektionen gedacht.

1.4. Besonders wichtig ist das Maskentragen für **Lehrkräfte**, da diese häufig und laut sprechen, was einen besonders großen Anteil am Ausstoß potentiell infektiöser Tröpfchen und Atemluftaerosole bedingt. Um den Unterrichtsablauf nicht zu sehr zu beeinträchtigen, könnten Lehrpersonen je nach Bedarf und geltenden Regelungen evtl. **MNS und FFP2-Masken im Wechsel** tragen bzw. um die Verständlichkeit der Sprache zu erhöhen, mit Mikrofon und Verstärker sprechen (siehe Touristguides).

1.5. In den **Unterrichtspausen** können die Masken abgenommen werden, wenn der Raum dabei gut gelüftet ist und ausreichend Abstand gehalten wird (ca. 2 m). Wenn der Schutzfaktor Abstand in der Pause nicht eingehalten werden kann, erhöht sich dadurch unweigerlich das Infektionsrisiko, aber wenn möglichst viele andere Maßnahmen möglichst gut eingehalten werden, bleibt das Risiko immer noch viel geringer als ohne Maßnahmen. In Allgemeinflächen sowie in Waschräumen und sonstigen engen Innenräumen sollte weiterhin Maskenpflicht gelten. Im Freien - z.B. auf dem Schulhof - ist das Tragen von **Masken nicht erforderlich, wenn ausreichend Abstand gehalten wird (ca. 2 m)**. Bei geringem Abstand sollte jedoch auch im Außenraum Masken getragen werden, um direkte Infektionen zu vermeiden; dafür reichen im Freien auch einfache Mund-Nase-Bedeckungen.

2. Lüften

2.1. Fensterlüften kann die Belastung mit potentiell infektiösen Atemluftaerosolen wirksam reduzieren. **Intervallartiges Stoßlüften** in den Klassenräumen wird während der Pausen und in der Mitte jeder Unterrichtsstunde für ca. 5 Minuten empfohlen um mindestens 3-4 Luftwechsel pro Stunde zu erreichen. Die für einen wirksamen Luftaustausch erforderliche Lüftungsdauer und notwendige Anzahl bzw. Größe der geöffneten Fenster hängt stark von den baulichen Gegebenheiten sowie von der **Außentemperatur** ab. Bei kalten Wetterlagen (< 10 °C) reicht üblicherweise eine kurze Zeit für einen weitgehend vollständigen Luftaustausch (ca. 2-3 Minuten). Bei warmen Wetterlagen mit ähnlich hohen Innen- und Außentemperaturen kann eine Verlängerung der Stoßlüftungszeiten bis hin zum Dauerlüften erforderlich sein. Alternativ oder zusätzlich zum Stoßlüften kann **Dauerlüften durch Kipfenster** oder spaltbreit geöffnete Drehfenster zur Verringerung der Atemluftaerosolbelastung beitragen, was besonders bei kalten Wetterlagen sehr effektiv ist. Bei vollbesetzten Klassen und ausreichender Heizleistung ist zu erwarten, dass die Raumtemperatur bei ausreichendem Lüften im Mittel auch bei kalten Wetterlagen nicht unter ca. 19-20 °C sinkt.

2.2. CO₂-Messgeräte sollten **in jedem Klassenraum** eingesetzt werden, um den Lüftungserfolg zu überprüfen und ggf. die Lüftungsintensität zu regulieren. Sie erfassen die Kohlendioxid- bzw. CO₂-Konzentration als Indikator für verbrauchte Luft und sollen mit einer Messwertanzeige in „parts per million“ (ppm) ausgestattet sein, ggf. ergänzt durch Farbsignale (CO₂-Ampel). Die Geräte sollten im Atemhöhenbereich, also etwa zwischen Tisch- und Kopfhöhe (ca. 1,5 m) einigermaßen frei zugänglich im Raum aufgestellt sein (z.B. am Lehrerpult oder an einem Computer/Medien- oder Ablage-Tisch). Aus Sicht der Innenraumlufthygiene sollte im Mittel über eine Unterrichtsstunde ein **CO₂-Konzentrationswert von 1000 ppm nicht überschritten** werden. Das kann beispielsweise erreicht werden durch Stoßlüften beim Überschreiten von ca. 1200 ppm CO₂ bis mindestens zum Unterschreiten

von ca. 800 ppm CO₂. Je weniger die CO₂-Konzentration in der Klasse über dem **Außenluftwert** von **ca. 400-450 ppm** liegt, desto geringer sind Atemluftaerosolbelastung und damit verbundene Infektionsrisiken. CO₂-Messgeräte können in jedem Raum der Überprüfung und ggf. auch der Regulierung des Lüftens dienen, sowohl beim freien Fensterlüften (Dauerlüften, Stoßlüften) als auch bei Verwendung von Abluftventilatoren und raumluftechnischen Anlagen.

2.3 Lüftungs- bzw. Luftreinigungsgeräte:

a) Abluftventilatoren können potentiell infektiöse Atemluftaerosole **mit besonders hoher Wirksamkeit** entfernen. Sie sind seit vielen Jahren als **Stand der Technik** zur Unterstützung für das freie Fensterlüften etabliert, sollten zur Eindämmung der Pandemie genutzt werden, und können auch einer nachhaltigen Verbesserung der Luftqualität in Klassenräumen dienen. Abluftventilatoren sind **kurzfristig, kostengünstig und mit geringem Aufwand nachrüstbar** und werden auf einer Seite der Fensterfront unterhalb der Raumdecke eingebaut (z. B. in einem Oberlicht). Sie saugen die belastete Raumluft aktiv ab, während gleichzeitig frische Außenluft passiv nach strömt (z.B. durch ein geöffnetes Kippfenster). Nach Bedarf können Abluftventilatoren intervallartig oder dauerhaft betrieben werden. Sie sind **flexibel mit weiteren Hilfsmitteln kombinierbar**: mit einer boden- und heizungsnahen Außenluftzufuhr sowie mit Abluftleitungen oder Abzugshauben zur Verstärkung der Lüftungseffizienz.

b) Raumluftechnische Anlagen (RLT) sind in manchen Schulen bzw. Räumen fest installiert und ermöglichen eine kontinuierliche Zufuhr von Außenluft, die mit Filtern und Wärmetauschern konditioniert und mit intern zirkulierter Umluft vermischt werden kann. Während der Pandemie sollte der Luftdurchsatz mindestens 25 m³/h/Person betragen (ISO 17772-1:2017, EN 16798-1:2019) und der **Außenluftanteil möglichst hoch** eingestellt werden. Allfällige **Umluftanteile müssen wirksam gefiltert werden** - mindestens durch Kombination der Filterklassen ePM1>50% und ePM1>80% (besser bekannt als F7- und F9-Filter). Ordnungsgemäß installierte, gewartete und betriebene RLT-Anlagen können potentiell infektiöse Atemluftaerosole entfernen und einer Verbesserung der Luftqualität dienen. Bisher verfügen jedoch nur wenige Schulen über solche Anlagen. Sie sollten genutzt werden, wo vorhanden. Vor weiteren Beschaffungen bliebe deren Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Klimafreundlichkeit zu prüfen.

c) Mobile Luftreiniger können auch zu einer Verringerung potentiell infektiöser Atemluftaerosole beitragen. Sie haben jedoch den grundsätzlichen Nachteil, dass sie nicht zu einer Erneuerung der Raumluft führen. Daher können sie **nur unterstützend als zusätzliche Maßnahme** eingesetzt werden und weder das Lüften noch das Tragen von Masken ersetzen. Neben Luftfiltergeräten gibt es auch Luftreiniger, die aerosolgetragene Viren nicht über Filter abscheiden, sondern in der Luft inaktivieren (UV-C-Bestrahlung, Plasmafeld-Ionisation o.ä.). Bei diesen Verfahren ist zu beachten, dass beim Betrieb **unerwünschte Reaktionsprodukte** wie Ozon, organische Verbindungen, freie Radikale und sekundäre Aerosole entstehen können. Bei UV-C-Geräten ist zudem darauf zu achten, dass kein Kontakt mit der UV-Strahlung erfolgen darf; solche Geräte führen auch zu keiner Reduktion der Feinstaubbelastung im Raum. **Räume ohne Lüftungsmöglichkeit** sind aus lufthygienischer Sicht nicht für den Unterricht geeignet, auch nicht bei Einsatz von Luftreinigern. In schlecht belüftbaren Korridoren, Abstellräumen und Waschräumen, die weiterhin genutzt werden müssen, können mobile Luftreiniger zu einer Verbesserung der Situation beitragen. Grundsätzlich sollten jedoch Lüftungsmethoden mit **Frischlufzufuhr gegenüber Luftreinigern bevorzugt** werden.

3. Testen

3.1 Regelmäßige verpflichtende Tests tragen im Verbund mit anderen Maßnahmen wesentlich dazu bei, die effektive Reproduktionszahl von SARS-CoV-2 in Schulen unter eins zu halten und somit das **Infektionsgeschehen einzudämmen**¹. Österreich hat ca. 1.2 Millionen Schüler*innen. Werden diese

¹ Siehe dazu die Expert Opinion der COVID-19 Future Operations Plattform „Über die Kurzfristigkeit hinaus:

regelmäßig getestet, so erfasst man indirekt auch einen großen Teil der österreichischen Haushalte. Die sekundäre Befallsrate in Haushalten, die den Anteil von Infektionen nach Kontakt mit einer infizierten Person innerhalb der Inkubationszeit misst, liegt bei der Omikron-Variante über 30%. Durch das Testen bekommt man so wertvolle Ansatzpunkte für ein effizientes Contact Tracing, etwa zum Ursprung der Infektion oder zu bereits angesteckten Personen im Haushalt.

3.2 Das Ziel regelmäßiger und verpflichtender Tests an den Schulen ist es, **infizierte Schüler*innen und Lehrer*innen möglichst frühzeitig zu detektieren** - idealerweise, **bevor die infizierte Person selbst infektiös wird** - um durch rechtzeitige Absonderung Infektionsketten durchbrechen und Clusterbildungen vermeiden zu können.

3.3 Antigentests aus dem vorderen Nasenbereich haben bei früher zirkulierenden Virusvarianten **nur ca. 20% der infizierten asymptomatischen Schüler*innen erfasst**. Eine aktuelle Studie zeigt nun, dass die Sensitivität nasaler Antigentests bei der Omikron-Variante noch geringer ist und selbst hochinfektiöse Personen mit Ct-Werten unter 20 (bei PCR aus Speichelroben) bei nasalen Antigentests in den ersten Tagen der Infektion falsch negative Resultate erhalten. Eine Verbesserung wäre nur über Verwendung eines Rachenabstrichs für die Antigentests möglich, die aber im Schulsetting nicht durchführbar sind. Mit Antigen-Schnelltests aus der Nase können **also selbst hoch infektiöse mit Omikron infizierte Personen nur mehr nach einigen Tagen** identifiziert werden und bis dahin können schon viele Infektionen weitergegeben worden sein. Antigentests sollten aufgrund ihrer geringen Sensitivität daher möglichst zeitnah durch PCR-Testungen ersetzt werden.

3.4 RT-qPCR Tests erlauben aufgrund ihrer hohen Sensitivität eine Identifizierung von infizierten Personen, bevor diese selbst infektiös werden. Bei **regelmäßigen Testungen derselben Personen ist jedes positive Resultat** (selbst bei relativ hohen Ct-Werten) **ein starker Hinweis auf eine frische Infektion** und sollte zur unmittelbaren Absonderung der entsprechenden Person führen. Da bei regelmäßigen Schultestungen der Infektionsstatus aller Personen bekannt ist, lässt sich leicht berücksichtigen, dass schwach positive PCR-Ergebnisse bei manchen kürzlich genesenen Personen auch wochenlang nach einer Infektion auftreten können. Die **Verwendung von Ct-Grenzwerten**, über denen positiv getestete aber nicht kürzlich genesene Personen als nicht infektiös beurteilt werden, **ist daher in diesem Setting kontraproduktiv** und vermindert drastisch die Effizienz der Testungen.

Als Probenmaterial für die RT-qPCR können Gurgel- und Mundspülproben verwendet werden, wobei Gurgeln sensitiver als Mundspülen ist, jedoch zu einer erhöhten Aerosolbildung führt und darum nur im Freien bzw. im eigenen Haushalt durchgeführt werden sollte. Es sollte mindestens 1 Minute gegurgelt bzw. gespült werden. Vor dem Gurgeln- bzw. Spülen sollte für mindestens **eine Stunde nichts gegessen oder getrunken** werden, da dies Interferenzen von Nahrungsmittelinhaltsstoffen mit dem PCR-Nachweis verhindert und zudem die Sensitivität des Nachweises erhöht. Am sensitivsten ist der Nachweis, wenn eine Gurgelprobe zu Hause unmittelbar nach dem Aufstehen vor dem Frühstück und Zähneputzen gewonnen wird.

3.5 Alle in der Schule tätigen Personen sollten mindestens 3x pro Woche (Mo, Mi, Fr) mittels PCR getestet werden². An den verbleibenden Tagen sollten Antigentests durchgeführt werden. Wo technisch möglich, sollte zudem am Wochenende (am besten am Sonntag) eine PCR-Testung privat erfolgen. Ein entsprechender Aufruf seitens der Schule an die Eltern zu einer freiwilligen Wochenend-Testung könnte hier hilfreich sein. Diese hohe Testfrequenz ist beim Nachweis der Omikronvariante

Gemeinsam kontrollieren wir das Virus und NICHT das Virus uns!“, verfügbar unter https://futureoperations.at/fileadmin/user_upload/k_future_operations/06Dez2021_Massnahmen_Herbst_Winter_21_22_Final_2.1.pdf (besucht am 4.1.2022).

² Siehe dazu die Expert Opinion „SARS-CoV-2-PCR-Monitoring an Österreichs Schulen:

Implementierungskonzept“, verfügbar unter

https://futureoperations.at/fileadmin/user_upload/k_future_operations/Anhang_2_Implementierungskonzept_SARS-CoV-2-PCR-Monitoring_16082021.pdf (besucht am 4.1.2022).

besonders wichtig, da es starke Hinweise auf ein deutlich verkürztes serielles Intervall bei dieser Variante gibt (d.h. ein verkürzter zeitlicher Abstand zwischen dem Symptombeginn einer infizierten Person nach Ablauf der Inkubationszeit und dem Symptombeginn bei einer von ihr infizierten Person).

Die PCR-Ergebnisse sollten vor dem Beginn des nächsten Schultags vorliegen, um zu ermöglichen, dass infizierte Personen bereits am nächsten Morgen informiert sind und sich absondern können, ohne nochmals in die Schule zu gehen. Die Schutzwirkung der Testungen für den Schulbetrieb wird weiter gesteigert, wenn alle Familienmitglieder sich ebenfalls regelmäßig mit PCR testen lassen. Dadurch wird verhindert, dass Kinder aus Familien in denen bereits Infektionen aufgetreten sind in die Schule gehen, auch wenn sie selbst noch nicht infiziert sind.

3.6 Bei Auftreten positiver Testergebnisse in einer Klasse oder Hortgruppe sollten alle Klassen- oder Hortgruppenmitglieder und Lehrer*innen der Klasse für 7 Tage täglich mittels PCR untersucht werden. Eine Quarantäne der Kontaktpersonen wird bei Auftreten nur eines positiven Falls nicht empfohlen, wenn alle oben beschriebenen Schutzmaßnahmen eingehalten wurden. Sollten mehrere positive Fälle pro Klasse auftreten, wird eine Quarantäne der gesamten Klasse/Hortgruppe von mindestens 5 Tagen (es zirkuliert aktuell neben Omikron auch noch Delta) mit anschließenden Freitesten dieser K1-Personen mittels PCR empfohlen. Für infizierte Personen sollte eine Absonderung für mindestens 5 Tage nach erfolgtem Infektionsnachweis mit PCR-Freitestung (Ct-Threshold 30) erfolgen. Da in der Omikronwelle die behördliche Kontakterfassung vor großen Herausforderungen stellen wird, ist es wichtig, dass positiv getestete Personen bzw. deren Eltern sofort die Schule, andere Eltern und die Kontakte der Kinder über ein positives Testergebnis informieren.

4. Schutzwirkung, Kombination & Synergie – warum es ein Maßnahmenbündel braucht

Keine der genannten Schutzmaßnahmen kann absolute Sicherheit bieten, aber jede einzelne Maßnahme trägt dazu bei, die Infektionsrisiken zu verringern. Die Schutzwirkung lässt sich durch Schutzfaktoren beschreiben, welche angeben, um wieviel das Risiko bzw. die Wahrscheinlichkeit von Infektionen sinkt, wenn die Maßnahmen angewandt werden. Je nach Art und Einhaltung der Maßnahme liegen die individuellen Schutzfaktoren bei etwa 2 bis 100 (d.h. relatives Risiko von 0,5 bis 0,01, s. Fußnote³), teilweise auch höher. Abhängig von ihrer Wirkungsweise gegen direkte oder indirekte Infektion (siehe Erklärung im Anhang), sind die Schutzfaktoren bei Kombination mehrerer Maßnahmen additiv oder multiplikativ. Beispielsweise addieren sich die Schutzwirkungen von Abstandhalten gegen direkte Infektionen und Lüften gegen indirekte Infektionen. Hingegen multiplizieren sich die Schutzfaktoren von Lüften und Masken gegen indirekte Infektionen, das heißt, die Wirkungen von Lüften und Masken wirken nicht nur unabhängig voneinander, sondern wirken synergistisch und verstärken sich gegenseitig. Bei Masken multipliziert sich die Wirkung von Selbstschutz und Fremdschutz gegen indirekte Infektionen (Einatmen und Ausatmen potentiell infektiöser Atemluftaerosole) und die Wirkung gegen direkte Infektionen kommt noch hinzu. Daher ist das Tragen von Masken eine besonders wirksame Schutzmaßnahme.

Bei exakter Einhaltung bestimmter Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel, kann deren Schutzwirkung sehr hoch sein und zu sehr geringen Infektionsrisiken führen. Beispielsweise kann die Kombination von intensivem Lüften (Schutzfaktor bis etwa 10) kombiniert mit dem Tragen hochwertiger und dichtsitzender Masken (Selbst- und Fremdschutz mit Schutzfaktor bis 100 oder mehr) und mit unmittelbarer Testung aller Personen dazu führen, dass Infektionsrisiken temporär um mehr als einen Faktor 1000 gesenkt werden. In der Praxis ist kaum sicherzustellen, dass alle Maßnahmen optimal funktionieren und allen Beteiligten genau befolgt werden. Daher ist in der Praxis bei Kombination von Lüften, Masken und

³Beispiel: Schutzfaktor von 10 bedeutet ein relatives Risiko von $1/10 = 0,1$. Dies entspricht einer Effektivität (relative Risikoreduktion) der Maßnahme von 90%.

Testen mit Schutzfaktoren im Bereich von etwa 10 bis etwa 100 zu rechnen – je nach Intensität des Lüftens, Dichtigkeit und Sitz der Masken sowie Qualität und Durchführung der PCR-Tests etc.

Abschließend ist festzuhalten, dass sich die Infektionsrisiken mit der von infizierten Personen in Schulen eingetragenen Virenlast ändern, sie sind jeweils im Hinblick auf das aktuelle Infektionsgeschehen und neue Virusvarianten zu bewerten. In massiven Infektionswellen und bei stärker infektiösen Varianten müssen die Maßnahmen und ihre Kombinationen deshalb ggf. angepasst werden. Welche Infektions- bzw. Erkrankungs- und Mortalitätsrisiken innerhalb und außerhalb der Schulen vertretbar sind, bleibt in Relation zu den pädagogischen, ethischen, rechtlichen und sonstigen gesamtgesellschaftlichen Aspekten zu bewerten.

Anhang:

Ergänzende Erläuterungen

Direkte & indirekte Infektionen bzw. Nah- & Fernübertragung durch Tröpfchen und Aerosol-Schwebeteilchen

Direkte Infektionen (Nahübertragung) entstehen bei geringem Abstand zu einer infizierten Person. Die beim Ausatmen und beim Sprechen einer infektiösen Person abgegebenen Tröpfchen und Aerosolpartikel können Viren enthalten und unmittelbar vom Gegenüber eingeatmet werden, ohne zuvor zu Boden zu fallen oder sich im Raum zu verteilen und zu verdünnen. Größere Tröpfchen mit einem Durchmesser von ca. 0,1 mm oder mehr sind besonders wichtig für die Nahübertragung. Sie werden auch ballistische Tröpfchen genannt und fallen normalerweise auf kurze Distanz zu Boden (ca. 1-2 m). **Indirekte Infektionen (Fernübertragung)** entstehen über kleinere Tröpfchen bzw. Aerosolpartikel im Mikrometergrößenbereich, die sich als Schwebeteilchen im ganzen Raum verteilen. Lautes Sprechen, Singen, Husten, und Niesen setzt besonders viele Tröpfchen und Aerosolpartikel frei und erhöht die Gefahr direkter und indirekter Infektionen.

Risikofaktoren in Innenräumen und im Freien

In Innenräumen steigt die Belastung durch potentiell virenbeladene Tröpfchen und Atemluftaerosole sowie die Infektionswahrscheinlichkeit mit der Anzahl der Personen, mit ihrer Nähe zueinander und mit der Dauer ihres Aufenthalts im Raum. Wirksame Maßnahmen dagegen sind daher Maskentragen, Abstandhalten, Lüften, Verringern von Personenzahl und Aufenthaltsdauer, sowie die Identifizierung und Absonderung infektiöser Personen durch Testen. Bei Kontakten im Freien steigt die Gefahr einer direkten Infektion (Nahübertragung) ebenfalls mit der Nähe der Personen und der Dauer der Zusammenkunft. Indirekte Infektionen (Fernübertragung) sind im Freien üblicherweise vernachlässigbar, da sich Atemluftaerosole in der Außenluft rasch verdünnen und die Viren nur begrenzt lange infektiös bleiben (Halbwertszeit bei ca. 1-2 Stunden). Daher sind bei Kontakten im Freien mit Ausnahme des Lüftens dieselben Maßnahmen sinnvoll wie in Innenräumen.

Hinweis

Die vorliegende Stellungnahme basiert auf wissenschaftlichen Studien, früheren Expert Opinions der Future Operations Platform (FuOP), und ähnlichen Stellungnahmen anderer Gruppen von Expert*innen (Moriske et al. 2021).

Referenzen

- Adamson et al. Discordant SARS-CoV-2 PCR and Rapid Antigen Test Results When Infectious: A December 2021 Occupational Case Series. medRxiv 2021, doi: <https://doi.org/10.1101/2022.01.04.22268770>
- Bagheri et al., An upper bound on one-to-one exposure to infectious human respiratory particles, PNAS 118 (49) e2110117118, 2021, <https://doi.org/10.1073/pnas.2110117118>
- Bathke et al., Über die Kurzfristigkeit hinaus: Gemeinsam kontrollieren wir das Virus und NICHT das Virus uns!, Future Operations Platform, 2021, https://futureoperations.at/fileadmin/user_upload/k_future_operations/06Dez2021_Massnahmen_Herbst_Winter_21_22_Final_2.1.pdf
- Bekliz et al. Analytical sensitivity of seven SARS-CoV-2 antigen-detecting rapid tests for Omicron variant, medRxiv 2021, doi: <https://doi.org/10.1101/2021.12.18.21268018>
- Brandal et al. Outbreak caused by the SARS-CoV-2 Omicron variant in Norway, November to December 2021. Eurosurveillance. 26(50):pii=2101147, <https://www.eurosurveillance.org/docserver/fulltext/eurosurveillance/26/50/eurosurv-26-50-2.pdf?expires=1641389101&id=id&acname=guest&checksum=10A46BAC19F0C68AF1D6EC2199F2CD8C>
- Chen et al., Heterogeneity in transmissibility and shedding SARS-CoV-2 via droplets and aerosols, eLife, 10:e65774, 2021, DOI: [10.7554/eLife.65774](https://doi.org/10.7554/eLife.65774)
- Cheng et al., Face masks effectively limit the probability of SARS-CoV-2 transmission, Science, 372, 1439, 2021, <https://science.sciencemag.org/content/early/2021/05/19/science.abg6296>
- Chu et al., Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Lancet, 395, 1973, 2020.
- Conly et al., Use of medical face masks versus particulate respirators as a component of personal protective equipment for health care workers in the context of the COVID-19 pandemic, Antimicrob. Resist. Infect. Control., 9, 126, 2020.
- Curtius et al., Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2, Aerosol Sci. Technol., 55, 586, 2021. <https://doi.org/10.1080/02786826.2021.1877257>
- European Center for Disease Control (ECDC), 2 December 2021, Implications of the further emergence and spread of the SARS-CoV-2 B.1.1.529 variant of concern (Omicron) for the EU/EEA – first update, <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/threat-assessment-covid-19-emergence-sars-cov-2-variant-omicron-december-2021.pdf>
- Fasching et al., SARS-CoV-2-PCR-Monitoring an Österreichs Schulen: Implementierungskonzept, https://futureoperations.at/fileadmin/user_upload/k_future_operations/Anhang_2_Implementierungskonzept_SARS-CoV-2-PCR-Monitoring_16082021.pdf
- Gandhi et al., Masks Do More Than Protect Others During COVID-19: Reducing the Inoculum of SARS-CoV-2 to Protect the Wearer, J. Gen. Intern. Med., 2020.
- Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF), Positionspapier zum Verständnis der Rolle von Aerosolpartikeln beim SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen, 2021, <https://www.info.gaef.de/positionspapier>
- Gettings et al., Mask Use and Ventilation Improvements to Reduce COVID-19 Incidence in Elementary Schools - Georgia, November 16-December 11, 2020, Morb. Mortal. Wkly. Rep., 70, 779, 2021.
- Helleis et al., Vergleich von Fensterlüftungssystemen und anderen Lüftungs- bzw. Luftreinigungsansätzen gegen die Aerosolübertragung von COVID-19 und für erhöhte Luftqualität in Klassenräumen, v1.1, Zenodo, 2021, <https://doi.org/10.5281/zenodo.515401>; <https://ventilation-mainz.de/>
- Klimach et al., The Max Planck Institute for Chemistry mechanical extract ventilation (MPIC-MEV) system against aerosol transmission of COVID-19, v1.0, Zenodo, 2021, <https://doi.org/10.5281/zenodo.5802049>
- Kim et al. Serial interval and basic reproduction number of SARS-CoV-2 Omicron variant in South Korea. medRxiv 2021, <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.12.25.21268301v1>
- Kriegel et al., SARS-CoV-2 Aerosol Transmission Indoors: A Closer Look at Viral Load, Infectivity, the Effectiveness of Preventive Measures and a Simple Approach for Practical Recommendations, v1, medRxiv 2021, doi: <https://doi.org/10.1101/2021.11.04.21265910>

Lelieveld et al., Model Calculations of Aerosol Transmission and Infection Risk of COVID-19 in Indoor Environments, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 8114, 2020, <https://doi.org/10.3390/ijerph17218114>; [Risk Calculator \(https://www.mpic.de/4747361/risk-calculator\)](https://www.mpic.de/4747361/risk-calculator)

Moriske et al., Aktuelle Empfehlungen zur lufthygienischen Prophylaxe in Schulen während der COVID-19-Pandemie, 14. Dezember 2021, Version 1.1, <https://www.mpic.de/5099053/schulbetriebpandemie>

Nordsiek et al., Risk assessment for airborne disease transmission by poly-pathogen aerosols, *PLOS One*, 2021, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248004>; HEADS (aerosol.ds.mpg.de)

Paul Ehrlich-Institut (PEI), SARS-CoV-2-Testsysteme, <https://www.pei.de/DE/newsroom/dossier/coronavirus/testsysteme.html>

Plesner Lyngse et al., SARS-CoV-2 Omicron VOC Transmission in Danish Households, *medRxiv* 2021, doi: <https://doi.org/10.1101/2021.12.27.21268278>

Pöhlker et al. Respiratory aerosols and droplets in the transmission of infectious diseases, v4, 385, *arXiv*, 2021. <https://arxiv.org/abs/2103.01188>

Pöschl et al., Wissenschaftliche Stellungnahme und Empfehlung für Ventilator-Fensterlüften zum Infektionsschutz gegen die Aerosolübertragung von COVID-19 und für erhöhte Luftqualität in Klassenräumen, 30. September 2021, <https://www.mpic.de/5040628/statement-empfehlung-fensterlueften?c=3477744>

Pöschl und Witt, Stellungnahme zur Wirksamkeit und Nutzung von Gesichtsmasken gegen COVID-19, 29. Juni 2021, <https://www.mpic.de/4972415/stellungnahme?c=3477744>

Scheiblaue et al., Comparative sensitivity evaluation for 122 CE-marked rapid diagnostic tests for SARS-CoV-2 antigen, Germany, September 2020 to April 2021, *Euro Surveill.* 2021; 26(44):pii=2100441. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2021.26.44.2100441>

Seipp und Steffens, Lufthygiene in Unterrichtsräumen unter SARS-CoV-2-Bedingungen - Teil II: Aerosolabscheidung und Beeinflussung der thermischen Behaglichkeit durch mobile Luftreiniger (MLR), Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 81, 135, 2021, doi.org/10.37544/0949-8036-2021-03-04-61

Steffens und Seipp, Lufthygiene in Unterrichtsräumen unter SARS-CoV-2-Bedingungen - Teil I: Auswirkungen der Schallbelastung beim Einsatz mobiler Luftreiniger (MLR), Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 81, 127, 2021, doi.org/10.37544/0949-8036-2021-03-04-53

Su et al., Synergetic measures needed to prevent infection waves and contain SARS-CoV-2 transmission, v2, *medRxiv* 2021, <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.11.24.21266824v2>

S3-Leitlinie Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2-Übertragung in Schulen, Lebende Leitlinie Kurzfassung AWMF-Registernummer 027-076 Kurzfassung Version 1.1, November 2021.

Talic et al., Effectiveness of public health measures in reducing the incidence of covid-19, SARS-CoV-2 transmission, and covid-19 mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 375:e068302, 2021.

Tobisch et al., Reducing indoor particle exposure using mobile air purifiers—Experimental and numerical analysis, *AIP Advances* 11, 125114, 2021, <https://doi.org/10.1063/5.0064805>

Umweltbundesamt (UBA), 11. Februar 2021, Mobile Luftreiniger in Schulen: Nur im Ausnahmefall sinnvoll, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/mobile-luftreiniger-in-schulen-nur-im-ausnahmefall>

Umweltbundesamt (UBA), 29. März 2021, Infektiöse Aerosole in Innenräumen, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/innenraumlueftung/infektioese-aerosole-in-innenraeumen>

Umweltbundesamt (UBA), 9. Juli 2021, Lüftung, Lüftungsanlagen und mobile Luftreiniger an Schulen, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/lueftung-lueftungsanlagen-mobile-luftreiniger-an>

Willeit et al., Sensitivity and specificity of the antigen-based anterior nasal self-testing programme for detecting SARS-CoV-2 infection in schools, Austria, March 2021. *Euro Surveill.*, 26(34):pii=2100797, 2021. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2021.26.34.2100797>

Zhang and Duchaine, SARS-CoV-2 and Health Care Worker Protection in Low-Risk Settings: a Review of Modes of Transmission and a Novel Airborne Model Involving Inhalable Particles, *Clin. Microbiol. Rev.*, 34, 2021.