

COVID-SCHULEN

Oktober 2021

Universität Köln

&

Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung

Inhalt

Zusammenfassung von Ergebnissen und Empfehlungen (Oktober 2021, Update zu August 2021).....	3
WP 1 – Evidenzsynthese zum Infektions-, Erkrankungs- und Transmissionsrisiko sowie Interventionen zur Senkung dieser Risiken bei SchülerInnen und LehrerInnen an Schulen.....	8
M 1.1 Umbrella-Review bisheriger Übersichtsarbeiten (Stand Februar 2021).....	8
M 1.2 Systematisches Review zu Transmission und Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2 bei Schulpersonal (Stand März 2021)	16
M 1.3 Systematisches Review zu Kosten und Kosteneffektivität von Interventionen, die in Schulen das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2 senken (Stand März 2021).....	24
WP 2 - Beurteilung vorhandener Daten in Deutschland zu Infektions- und Verdachtsfällen in Schulen sowie Beratung zu den durchgeführten Erhebungen	26
M 2.1 Bericht Monat 1 (Dezember/Januar)	26
M 2.2 Bericht Monat 2 (Januar/Februar)	29
M 2.3 Halbjahresbericht (Februar bis Juli 2021)	37
M 2.3 Kommentar zum Zeitraum von Juli bis Oktober 2021	49
WP 3 – Infektions- und Übertragungsrisiko im und durch den Schulkontext.....	55
M 3.1-3.3 Analyse des Infektions- und Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 im Schulkontext aus Daten der Gesundheitsämter und Landesministerien (Stand Oktober 2021, update zum 3. Zwischenbericht aus August 2021).....	55
Anhänge.....	70
Anhang 1 Systematisches Review zu bestehenden Übersichtsarbeiten zu Krankheitslast, Transmission von SARS-CoV-2 bei Kindern sowie Maßnahmen zur Senkung des Infektionsrisikos in Schulen	70
Anhang 2 Bericht zu öffentlich verfügbaren Daten der KMK zu Infektionen bei SchülerInnen und Schulpersonal (Januar 2021)	114
Anhang 3 Systematisches Review zum Infektionsrisiko von Schulpersonal	125
Anhang 4 Systematisches Review zu Kosten und Kosteneffektivität von Interventionen in Schulen, die das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2 senken	156
Anhang 5 Ethikvotum Beobachtungsstudie	177
Anhang 6 Retrospektive Studie zu Infektions- und Transmissionsrisiken in Schulen während der COVID-19-Pandmie.....	178
Anhang 7 Vergleich der Hygienepläne in den Bundesländern mit der S3-Leitlinie	201
Anhang 8 Beitrag von Kontakten in der Schule zum Infektionsgeschehen in der Bevölkerung - infektionsdynamische Modellierung unter Berücksichtigung der statistischen Daten der KMK.....	214

Zusammenfassung von Ergebnissen und Empfehlungen (Oktober 2021, Update zu August 2021)

Arbeitspaket 1: Evidenzsynthese zum Infektions-, Erkrankungs- und Transmissionsrisiko sowie Interventionen zur Senkung dieser Risiken bei Kindern und Personal an Schulen

Ziel des Arbeitspaketes 1 war zu Beginn des Projektes in systematischen Literaturanalysen den Stand des Wissens zur Transmission von SARS-CoV-2 bei Kindern und in Schulen zu erfassen. In einer Übersichtsarbeit zu Beginn des Projektes im Januar 2021 identifizierten wir Lücken in vorhandenen Übersichtsarbeiten (S.11-19) und entschieden auf dieser Basis eigene Übersichtsarbeiten zu den Fragen des Infektionsrisikos bei Schulpersonal sowie den Kosten von Interventionen im Schulbereich zur Senkung des Infektionsrisikos durch SARS-CoV-2 durchzuführen.

In der systematischen Übersichtsarbeit im März 2021 mit 18 Einzelstudien (S.19-27; Karki et al, BMJ open, <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2021-052690>;) fanden wir eine deutliche Korrelation zwischen dem Infektionsrisiko bei Schulpersonal und dem in der allgemeinen Bevölkerung. Dies lässt allerdings nicht den Rückschluss zu, dass die Ansteckungen vom schulischen Bereich ausgingen. Bei niedrigem Infektionsgeschehen in der Allgemeinbevölkerung waren die Infektionsrisiken in Schulen ebenfalls niedrig und bei LehrerInnen und SchülerInnen ähnlich. Bei mittlerem Infektionsgeschehen lag das Infektionsrisiko bei LehrerInnen und SchülerInnen nach einem Ausbruch oder Indexfall in ähnlichen Bereichen zwischen 0 und 6.5%. Bei höherem Infektionsgeschehen (Inzidenz >25/ 7 Tage/100.000, Todesfälle pro Tag >5/Millionen Einwohner) lag das Infektionsrisiko nach Ausbrüchen in Schulen bei LehrerInnen mit 1.7% bis 28 % eher höher als bei SchülerInnen mit 0 bis 12.8%.

Im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung waren das Infektionsrisiko und das Hospitalisierungsrisiko bei LehrerInnen während Schulschließungen niedriger als das der Allgemeinbevölkerung. Nach Öffnung der Schulen war das Infektionsrisiko bei LehrerInnen im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung erhöht. Auch hier lässt sich nicht direkt der Ansteckungsort der Lehrkräfte bestimmen.

Das Hospitalisierungsrisiko der LehrerInnen war während Schulöffnungen etwa doppelt so hoch wie während Schulschließungen, zugleich unterschied sich das Hospitalisierungsrisiko bei Schulöffnung nicht gegenüber dem in der Allgemeinbevölkerung.

Bei LehrerInnen im Präsenzunterricht war das Infektionsrisiko in den eingeschlossenen Studien 1,1- bis 2-fach höher im Vergleich zu LehrerInnen im Distanzunterricht.

Ein weiterer systematischer Review zu Kosten (S.27-29) von Hygienemaßnahmen und Teststrategien

in Schulen mit sechs Studien ergab, dass allgemeine Hygienemaßnahmen in Schulen zusätzliche Kosten pro Schüler zwischen 0,3 und 7,1 % der üblichen Ausgaben pro Schüler verursachten.

Arbeitspaket 2: Beratung zur Datenerhebung und Monitoring der Infektionsrisiken in Schulen über den Verlauf der Pandemie

Ziel des Arbeitspaketes 2 (S.29-60) war die Beratung hinsichtlich der Etablierung eines prospektiven Datenmonitorings des Infektions- und Erkrankungsrisikos von SchülerInnen und LehrerInnen sowie der Bericht über die aktuelle Infektionssituation an Hand der von den Ländern erhobenen Daten.

Infektionsrisiko der SchülerInnen in Deutschland

Das Infektionsrisiko von SchülerInnen sowohl aus den Landkreis- und Bundeslanddaten der KMK als auch aus den im Arbeitspaket 3 erhobenen Daten lag eher selten (z. B. im Rahmen der 2. Welle) oberhalb des Bevölkerungsrisikos. Im Rahmen der 3. Welle ist das Infektionsrisiko von SchülerInnen im Vergleich zur zweiten Welle deutlich zurückgegangen. Dies kehrt sich ab Sommer 2021 um, vermutlich weil die Impfabdeckung bei SchülerInnen niedriger und die Testfassung besser war als bei der übrigen Bevölkerung (S.52-59).

Infektionsrisiko von LehrerInnen in Deutschland

Im Verlauf der 2. Welle und auch zu Beginn der 3. Welle war das Infektionsrisiko von LehrerInnen in vielen Bundesländern deutlich höher als das der Bevölkerung in der vergleichbaren Altersgruppe. Das Infektionsrisiko der LehrerInnen im Vergleich zur allgemeinen Bevölkerung ist dann in den meisten Bundesländern im Rahmen der 3. Welle im Vergleich zur 2. Welle gesunken und lag in der Folge auf ähnlichem Niveau wie das allgemeine Bevölkerungsrisiko. Diese Trends sind grundsätzlich sowohl durch erhöhte Testung auch schon vor der Impfkampagne, verbesserte Umsetzung von Hygieneregeln in den Schulen als auch durch die einsetzende Impfkampagne zu erklären (S.52-59).

Aktuelle Entwicklung (Juli bis Oktober 2021)

Aktuell zeigen sowohl die Daten aus der Surveillance akuter Atemwegserkrankungen des RKI, der Laborsurveillance von europäischen Laboren sowie die Meldedaten aus Sachsen einen Anstieg von Infektionen mit dem Respiratorischen Synzytial-Virus (RSV). RSV führt aktuell zu einer Vielzahl von auch schwer verlaufenden Infektionen mit notwendigen Krankenhausaufenthalten insbesondere bei Krippen- und Kindergartenkindern. Erstinfektionen mit RSV finden meist im Alter bis zwei Jahre statt und können mit schweren Verläufen einhergehen. Aufgrund der Kontaktreduktionsmaßnahmen gegen COVID-19 im Jahr 2020 sind auch die RSV Infektionen drastisch reduziert worden, so dass derzeit deutlich mehr Kinder als sonst empfänglich für RSV Infektionen sind. Wenn nun SARS-CoV-2-Erkrankungen bei Kindern deutlich zunehmen sollten, könnten diese eine zusätzliche Belastung der

pädiatrischen Versorgungssystemen erzeugen, was allerdings bis Mitte November 2021 nicht der Fall ist. Inwiefern sich diesbezüglich die kommende Influenzasaison zusätzlich in der Pädiatrie auswirken wird, kann derzeit nicht abgeschätzt werden.

Etablierung von prospektivem Datenmonitoring (Dashboard)

Ein erarbeitetes Dashboard zum regionalen prospektiven Monitoring des Infektionsrisikos von LehrerInnen und SchülerInnen ist in Bezug auf Regionalität und Detail soweit vervollständigt, dass aktuelle Entwicklungen in den Landkreisen und Bundesländern beschrieben und Vorhersagen für mögliche zukünftige Entwicklungen dargestellt werden können. Dies soll Entscheidungsträgern dienen und kann von ihnen auch der allgemeinen Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Eine Fortführung dieses prospektiven Monitorings ist aktuell nicht möglich, da keine Bereitstellung der statistischen Daten auf Landkreisebene mehr stattfindet. Derzeit ist daher öffentlich nur ein Prototyp des Dashboards auf Landesebene verfügbar (<https://hzi-braunschweig.github.io/covid-schulen/#aktueller-stand>).

Arbeitspaket 3: Darstellung des Infektionsrisikos und Transmission von SARS-CoV-2 in Schulen in Deutschland von 03/2020 bis 08/2021 mit Hilfe von Daten aus Gesundheitsämtern und Landesministerien

Ziel dieses Arbeitspakets war, anhand von Daten der Gesundheitsämter und der Landesministerien, das Infektionsrisiko in Schulen, das Risiko als Kontakt eines bestätigten Falles selbst ein Fall zu werden (sekundäre Befallsrate), den Einfluss von in Schulen ergriffener Maßnahmen auf das Infektionsrisiko und den Beitrag der Schule zur Gesamtübertragung darzustellen (S.59-77).

Wir haben dabei bundesweite Daten zu Infektionen bei Schülern und Lehrern mit 304676 gemeldeten SARS-CoV-2-Infektionen bei Schülern und 32992 gemeldeten SARS-CoV-2-Infektionen bei Lehrern zwischen KW46/2020 und KW40/2021, landkreisspezifische Daten aus KW 09-25/2021 mit 85788 Schüler- und 9427 Lehrer-Infektionen sowie detaillierte regionale Daten (Region 1-5) der Gesundheits- und Bildungsbehörden von KW09/2020 bis KW27/2021 mit 15433 Indexfällen, 49131 Kontakte und 4637 Sekundärfälle bei Schülern (bei Lehrern: 14801, 5893 bzw. 472) einbezogen.

Hohe regionale Variabilität der Infektionsrisiken für SchülerInnen und LehrerInnen

Sowohl in der Literaturanalyse (WP 1), in den Auswertungen im Rahmen des Datenmonitoring (WP 2) als auch in der multivariablen Analyse der regionalen Daten, die von der KMK bereitgestellt wurden sowie der Daten, die von Gesundheitsämtern und Landesministerien zur Verfügung gestellt wurden

(WP 3), zeigt sich eine starke regionale Variabilität der Infektionsrisiken von SchülerInnen und LehrerInnen über den Verlauf der Pandemie.

So lässt sich z.B. in einer der eingeschlossenen urbanen Regionen (Region 2) aus den unten dargestellten Daten der Gesundheitsämter und Landesministerien innerhalb der 2. Welle ein im Vergleich zur Bevölkerung erhöhtes Infektionsrisiko für LehrerInnen darstellen, während dies in anderen auch urbanen Regionen (z.B. Region 1) nicht der Fall ist (S.59-77).

Ansteckungen durch Infektionen von SchülerInnen und LehrerInnen sind sowohl in der Schule als auch im Haushaltskontext relevant

Die Wahrscheinlichkeit, nach einer Exposition als Kontaktperson zu einem Fall zu werden, liegt bei unter 4% für Kontakte im schulischen Umfeld verglichen mit über 15% bei Kontakten im Haushalt. Dies ist weitgehend unabhängig davon, ob es sich bei den infizierten Menschen um SchülerInnen oder LehrerInnen handelt.

Das Risiko für Kontakte aus dem Haushalt zu einem vom Gesundheitsamt erfassten Fall zu werden hat sich im Verlauf der Pandemie erhöht, während dieses Risiko für Kontakte in der Schule sich nur wenig geändert hat, auch zu Zeitpunkten, in denen Teststrategien eingeführt wurden und neue Varianten dominant wurden.

Der Großteil der sekundären Infektionen nach einer Infektion im Schulkontext erfolgt dabei in den Haushalten der infizierten SchülerInnen oder LehrerInnen. Andererseits findet aber der Großteil der Kontakte von infizierten SchülerInnen und LehrerInnen in den Zeiten, in denen die Schulen geöffnet sind, in der Schule statt.

Insgesamt ist damit die Höhe der sekundären Befallsrate durch Infektionen von SchülerInnen und LehrerInnen bei Kontakten im Haushalt ähnlich hoch wie bei Infektionen aus anderen Kontexten (z.B. Arbeits- oder Freizeitsettings). Es ist also davon auszugehen, dass bei der Verhinderung von Infektionen in der Schule die entsprechende Reduktion der Übertragung ähnlich hoch ist wie bei Infektionen aus anderen Settings.

Maßnahmen zur Senkung des Infektionsrisikos in Schulen

Eine Maskenpflicht ist einer der Faktoren, die mit einer deutlichen absoluten sowie (im Vergleich zur Bevölkerung) relativen Infektionsrisikoreduktion sowohl bei SchülerInnen als auch bei LehrerInnen im Landkreis einhergeht. Dieses Ergebnis besteht in unserer Analyse auch fort, wenn weitere Parameter, wie die Impfquote, die Auslastung der Schulen, Teststrategien, Urbanität des Landkreises sowie Deprivation des Landkreises einbezogen werden.

Weiterhin spielt auch die Impfquote unter Erwachsenen für Reduktion des Infektionsrisikos in Schulen eine relevante Rolle. So haben Landkreise mit hoher Impfquote in der allgemeinen Bevölkerung ebenfalls verringerte Infektionsrisiken bei SchülerInnen und bei LehrerInnen.

Die von evidenzbasierten Leitlinien empfohlenen Maßnahmen wurden von Seiten der Länder nach Veröffentlichung unterschiedlich umgesetzt.

Es zeigt sich eine deutliche Variation in der Interpretation und Umsetzung der von der S3-Leitlinie empfohlenen Maßnahmen. Diese Variabilität in der Umsetzung der Leitlinie hat sich in den Monaten September und Oktober noch verschärft.

Der Beitrag der Kontakte in der Schule zur Übertragung in der Gesamtbevölkerung ist keine statische Größe und schwankt im Rahmen der Pandemie

Der Beitrag, den Kontakte mit in der Schule infizierten Menschen am Gesamtgeschehen in der allgemeinen Bevölkerung haben, hat sich über die Zeit verändert. Dies galt auch innerhalb der 3. Welle in der wir den Beitrag in Infektionsmodellierungen zwischen 5 und 12% schätzen. Dieser Beitrag steigt seit KW 33 deutlich an und wird in den nächsten Wochen vermutlich über das Maximum der 3. Welle steigen.

Empfehlungen:

Empfehlung A

Schulen sollten Teststrategien beibehalten und Hygienemaßnahmen entsprechend der S3-Leitlinie (<https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/027-076.html>) in Abhängigkeit von der lokalen Infektionssituation zumindest bis Ende Frühjahr 2022 aufrechterhalten, inklusive Maskenpflicht und wie in der S3 Leitlinie empfohlen bei sehr hoher infektionsepidemiologischer Lage auch inklusive Verkleinerung von Lerngruppen.

Empfehlung B

Zuständige Landes- und Kommunalbehörden sollten das regionale Monitoring wieder aktivieren und für eine risikoadaptierte Maßnahmenstrategie berücksichtigen.

WP 1 – Evidenzsynthese zum Infektions-, Erkrankungs- und Transmissionsrisiko sowie Interventionen zur Senkung dieser Risiken bei SchülerInnen und LehrerInnen an Schulen

Erfüllte Meilensteine: COVID-SCHULEN, WP 1, Meilenstein 1.1- 1.3

M 1.1 Umbrella-Review bisheriger Übersichtsarbeiten (Stand Februar 2021)

Was haben wir gemacht?

Wir haben in systematischer Art und Weise am 16.11.2020 und am 08.01.2021 die internationale Literatur nach systematischen Übersichtsarbeiten durchsucht. Die gefundenen Arbeiten wurden ausgewertet und auf ihre Qualität hin untersucht. Durch die Fokussierung auf bestehende systematische Übersichtsarbeiten wird vermieden, Reviews zu Themen zu duplizieren, zu denen bereits breite Sammlungen und Sichtungen der Literatur an anderer Stelle vorliegen. Systematische Übersichtsarbeiten von Einzelarbeiten, bei denen Lücken identifiziert wurden, erfolgen aktuell. Insgesamt wird durch diese Methodik eine selektive Auswahl von Einzelstudien vermieden und die Breite des vorhandenen Wissens dargestellt.

Eine Registrierung der hier durchgeführten Übersichtsarbeit in einem Studienregister hat stattgefunden (PROSPERO CRD42021231866). Eine vorläufige Version eines Manuskripts dieser Übersichtsarbeit ist ebenfalls zur Verfügung gestellt worden; ein update dieses Reviews wird aktuell durchgeführt, um auch spätere Zeiträume der Pandemie abzudecken (Anhang 1).

Einschränkung in Bezug auf neue Varianten von SARS-CoV-2

In diese Arbeit konnten noch keine Informationen zu neueren, in der Übertragbarkeit veränderten Varianten von SARS-CoV-2 eingehen. Diese führen nach bisherigem Wissensstand insbesondere zu einer erhöhten Transmission und hätten somit Konsequenzen für die hier berichteten Erkenntnisse zu Transmissionsparametern und dem Effekt von Maßnahmen in Schulen auf die Transmission von SARS-CoV-2. Es gibt Hinweise, dass die Variante B.1.1.7 auch zu schwereren Verläufen führt. Inwieweit die erhöhte Transmission oder die schwereren Verläufe sich in unterschiedlichen Altersgruppen noch einmal unterscheiden, ist bisher nicht vollständig geklärt. Insbesondere die deutlich erhöhte Transmission führt aber dazu, dass deutlich effektivere Kontaktreduktionsmaßnahmen notwendig sind, um auch bei dieser Variante exponentielles Wachstum zu verhindern. Aktuell gehen unterschiedliche Modellierungen davon aus, dass für eine Kontrolle der neuen Variante bei noch Überwiegen der alten Variante ein R_t von 0,7 notwendig ist; dieses wurde in Deutschland bisher nur mit sehr strengen Kontaktreduktionsmaßnahmen, die Schulschließungen beinhalteten, erreicht (1-3).

Was haben wir gefunden?

Wir fanden 38 systematische Übersichtsarbeiten (10 bis 54 eingeschlossene Einzelstudien je Arbeit) (4-41).

Die systematischen Reviews bewerteten:

- COVID-19 bei Kindern (5, 8, 10-13, 16, 18, 21, 24, 26, 28, 30, 33, 34, 41)
- Langzeitkomplikationen und das multisystemische Inflammationssyndrom bei Kindern (4, 7, 22, 29, 39, 40)
- Übertragungsparameter von SARS-CoV-2 in Haushalt und Schule (9, 15, 20, 23, 28, 34, 38, 41, 42)
- Wirksamkeit von Schulschließungen (6, 17, 27, 32, 35, 37)
- Maßnahmen in Schulen zur Reduzierung des dortigen Infektionsgeschehens (14, 19)

Was sind Haupteckkenntnisse aus den gefundenen Arbeiten?

Verlauf und Komplikationen von COVID-19 bei Kindern

Das Erkrankungsrisiko und die Folgen nach Infektion mit SARS-CoV-2 bei Kindern abzuschätzen, ist relevant für Entscheidungen, die z. B. hinsichtlich von Grenzwerten für das Infektionsgeschehen innerhalb von Schulen getroffen werden müssen.

Systematische Übersichtsarbeiten, die die klinischen Merkmale und den Schweregrad während einer COVID-19-Erkrankung bei Kindern bewerten, berichten generell von einem milden Krankheitsverlauf bei Kindern (21). Der Anteil der asymptomatischen Kinder reichte von 20 % (11) bis 78 % (28). In einer Übersichtsarbeit lag die Spanne zwischen 14 und 42 %, meist bei Kindern im Krankenhaus (36). Der Anteil der asymptomatischen Kinder war im Alter unter einem Jahr geringer (6 %)(11). Der Anteil der Kinder, die einen Krankenhausaufenthalt und eine Aufnahme auf der Intensivstation benötigten, reichte von 1 bis 15 %: Dieser war sowohl bei Kindern unter einem Jahr (bis zu 30 % der Fälle) als auch bei Kindern mit mehreren Vorerkrankungen höher. Eine systematische Übersichtsarbeit über die Auswirkungen jeglicher Komorbiditäten auf die Sterblichkeit bei Kindern gab eine 1,8-mal höhere Sterblichkeit bei denjenigen mit Komorbiditäten an (RR 1,8, 95 % CI 1,3-2,5, I² 94 %)(33). Todesfälle bei Kindern im Schulalter mit COVID-19-Erkrankungen sind seltene Ereignisse und werden mit einer Häufigkeit von 0,01 % aller Kinder mit SARS-CoV-2-Infektion (16) berichtet.

Zur Beurteilung des Erkrankungsrisikos bei Schülern ist nicht nur die Betrachtung der akuten COVID-19-Erkrankung relevant, sondern auch mögliche Langzeitkomplikationen. Übersichtsarbeiten zu dem mit COVID-19 assoziierten multisystemischen Inflammationssyndrom bei Kindern (MIS-C) fassen über 950 Kinder mit diesem Syndrom zusammen. Es tritt in diesen Arbeiten in einem mittleren Alter von neun Jahren auf. Bei 80 % der stationär aufgenommenen Kinder war eine Aufnahme auf die

Intensivstation und bei 5 bis 7 % davon die Durchführung einer ECMO erforderlich. In diesen Studien starben zwischen 1 und 1,9 % der Kinder mit MIS-C (7, 39, 40).

In den hier genannten Studien werden Fallberichte und Fallserien zu Kindern mit MIS-C zusammengestellt. Aus diesen Studien lässt sich somit bisher kein Rückschluss auf das tatsächliche Vorkommen (die Inzidenz) dieser Erkrankung oder anderer Langzeitkomplikationen nach einer SARS-CoV-2-Infektion ziehen. Dies wäre entscheidend, um das Erkrankungsrisiko von SchülerInnen nach einer SARS-CoV-2-Infektion zu beurteilen (22).

Transmission von SARS-CoV-2 bei Kindern und in Schulen

Insgesamt zeigt sich in allen Arbeiten übereinstimmend, dass Kinder für die Übertragung von SARS-CoV-2 empfänglich sind und zu dieser beitragen. Die Transmission von SARS-CoV-2 bestimmt sich letztendlich durch das Infektionsrisiko/die Anfälligkeit einzelner Personen, die Infektiosität dieser Personen und die Anzahl, Häufigkeit und Intensität ihrer Kontakte.

Hinsichtlich der Anfälligkeit und des Infektionsrisikos einzelner Kinder berichten Übersichtsarbeiten eine geringere Anfälligkeit bei jüngeren Kindern (unter zehn Jahre) im Vergleich zu älteren Kindern oder Erwachsenen aus Seroprävalenz- und anderen bevölkerungsbasierten Studien – also Arbeiten, in denen das Problem der Dunkelziffer in Meldedaten durch breite oder häufige Testungen von asymptomatischen Kindern verringert wird. Die Studien hierzu wurden zumeist in den ersten Monaten der Pandemie durchgeführt, als in vielen Ländern die Bildungseinrichtungen geschlossen waren oder eine geringe Verbreitung in der Bevölkerung vorlag (34) (3). Es ist also gut möglich, dass diese verminderte Anfälligkeit hauptsächlich darauf beruht, dass Kinder zu diesem Zeitpunkt einem geringeren Infektionsrisiko ausgesetzt waren, z. B. weil sie weniger Kontakte zu infizierten Personen hatten. Darüber hinaus werden auch mögliche andere Gründe für eine geringere Anfälligkeit diskutiert, insbesondere unterschiedliche immunologische Reaktionen oder eine bestehende Immunität gegenüber anderen endemischen Coronaviren (43-45).

Hinsichtlich der Virusausscheidung als Maß für die Infektiosität zeigt sich bei Erwachsenen, dass eine längere Dauer der Virusausscheidung mit einem höheren Alter verbunden ist. Daten zu Kindern liegen nur in wenigen Studien vor. Hier wurde kein Hinweis auf eine höhere Viruslast bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen gefunden (9). Am ehesten wird aktuell von einer ähnlichen Infektiosität auch kleinerer infizierter Kinder im Vergleich zu Jugendlichen und Erwachsenen ausgegangen.

Bezüglich der Übertragung in Schulen werden wenige sekundäre Fälle durch infizierte Kinder bei überwiegender Übertragung von Erwachsenen auf Kinder berichtet (20, 34). Eine Übersichtsarbeit zur Übertragung im schulischen Umfeld schloss elf Studien ein. In einer übergreifenden Analyse ergab sich,

dass nach einem Infektionsfall 0,15 % der SchülerInnen und 0,70 % des Personals in Schulen infiziert wurden (46).

Die effektive Verbreitung in offenen Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen ist entscheidend von der regionalen Infektionsdynamik abhängig. Dies steht im Einklang mit ungewichteten Daten aus einer sequenziellen Querschnittsstudie einer (nicht repräsentativen) Stichprobe von Schulen in Großbritannien. Sie zeigt einen Anstieg der Infektionen und der Übertragung in Haushalte insbesondere bei SchülerInnen im Alter von über elf Jahren. Dies wurde nach der Einführung allgemeiner Kontaktbeschränkungen im Oktober, November und Dezember 2020 beobachtet, jedoch bei laufendem Schulbetrieb und ohne allgemeine Verpflichtung für Kinder und LehrerInnen, einen Mund-Nasen-Schutz zu tragen (47).

Die Übersichtsarbeiten in dieser Studie befassten sich mit Anfälligkeit, Infektiosität und Übertragung, aber keine befasste sich mit der veränderten Kontaktstruktur, z. B. hinsichtlich der Häufigkeit oder Intensität von Schülerkontakten während der Pandemie.

Effekt von Schulschließungen

Insgesamt zeigt sich in den Übersichtsarbeiten, dass Schulschließungen effektive Instrumente zur Eindämmung der Epidemie sind, allerdings nicht als Einzelmaßnahme (35, 37). Zwei Studien analysierten die Wirksamkeit verschiedener nicht-pharmazeutischer Interventionsmaßnahmen (NPI) auf Fall- und Reproduktionszahlen auf Länderebene und werteten Schulschließungen als eines der effektivsten untersuchten Instrumente.

In einer Studie werden die Effekte verschiedener NPI in 131 Ländern analysiert. Hier ist der Effekt der Schulschließung auf die Infektionsaktivität der Bevölkerung eine 15 %-ige Reduktion der effektiven Reproduktionszahl mit einem breiten 95 %-Konfidenzintervall, das sowohl eine 34 %-ige Reduktion als auch einen 10 %-igen Anstieg einschließt (17).

Eine weitere Studie zeigte eine Reduktion des R_t um 38 % (16 bis 54 %) in 41 Ländern in der ersten Phase der Pandemie (48). Die gefundenen Arbeiten zeigen auch, dass der Effekt von Schulöffnungen nicht die Umkehrung des Effekts von Schulschließungen ist. Beide Studien kommen zu dem Schluss, dass es eine erhebliche Heterogenität in den Wirksamkeitsmaßen und eine erhebliche regionale Variabilität gibt.

Eine Übersichtsarbeit aus dem Januar 2021 bestätigt dies. Sie umfasst zehn Einzelstudien und weist ebenfalls auf eine hoch variable Wirksamkeit von Schulschließungen und -öffnungen in unterschiedlichen Regionen und unterschiedlichen infektionsepidemiologischen Situationen hin. Effekte von Schulschließungen in den eingeschlossenen Einzelstudien reichen hier von 0 bis 62 % Reduktion der Transmission in der Bevölkerung (35).

Die Auswirkung der Schließung oder teilweisen Schließung von Schulen auf die SARS-CoV-2-Gemeinschaftsübertragung lässt sich nicht direkt aus den Infektionen ableiten, die dem schulischen Umfeld zugeschrieben werden, da Schulschließungen weitere indirekte Effekte haben. Dazu gehört eine Verringerung der Infektionen bei Kindern oder Schulpersonal durch seltenere Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und weniger Freizeitkontakte (6) sowie weniger Infektionen im Allgemeinen, da die Eltern zu Hause bleiben. Darüber hinaus werden Schulschließungen als Zeichen der Ernsthaftigkeit der Epidemie wahrgenommen und können persönliche Einschränkungen verstärken (37). Die verfügbare Evidenzsynthese beschreibt Schulschließungen aus dem ersten Teil der Pandemie, so dass Hinweise zum Effekt von Schulschließungen oder -öffnungen bei verstärkten Kontaktreduktionsmaßnahmen in Schulen oder zu späteren Zeitpunkten der Pandemie bei verminderter Akzeptanz vieler Kontaktreduktionsmaßnahmen in der Bevölkerung noch nicht vorliegen.

Die Effektivität von Schulschließungen kann durch Entlastungsmaßnahmen für Familien und Kinder erhöht und deren negative Folgen reduziert werden. Wir fanden jedoch weder eine spezifische Evidenzsynthese zu solchen Mitigationsstrategien noch zu den negativen Auswirkungen von Schulschließungen auf Kinder oder die Bevölkerung. Eine vom ECDC vorgelegte unsystematische Literaturübersicht deutet jedoch auf schwerwiegende nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit, die Inanspruchnahme der Gesundheitsfürsorge und die Bildung der Kinder sowie auf die wirtschaftliche Situation der Eltern und der Bevölkerung hin (49).

Die Entscheidung, Schulen bei bestimmter regionaler oder nationaler Infektionsdynamik zu schließen und auch wieder zu öffnen, ist daher eine Abwägungsentscheidung. Sie muss abwägen zwischen den negativen Auswirkungen für Kinder - die von der COVID-19-Erkrankung als solcher weniger betroffen sind - und den schützenden Effekten für das Schulpersonal und die Bevölkerung durch die reduzierte Übertragung. Diese Abwägung ist abhängig vom aktuellen Infektionsgeschehen sowohl in der Bevölkerung als auch in den Schulen, bei SchülerInnen und Schulpersonal, das entsprechend detailliert beobachtet werden sollte.

Diese fortlaufende Beobachtung der Infektionssituation an Schulen ist auch deswegen entscheidend, weil eine Impfung im Kindesalter bisher nicht zugelassen ist und Infektionen in Schulen entsprechend auch dann noch zu erwarten sind, wenn in anderen Bevölkerungsgruppen bereits ein Effekt von hohen Impfraten eintritt.

Infektionsschutzmaßnahmen in Schulen

Wir fanden zwei Übersichtsarbeiten zu den Auswirkungen von schulischen Maßnahmen auf die SARS-CoV-2-Übertragung in Schulen und in der Bevölkerung. Nicht-pharmazeutische Maßnahmen in Schulen

wie das Tragen von Mund-Nasen-Schutz, Händehygiene, Abstandhalten und Lüften sind in Deutschland und international bereits weit verbreitet und effektiv.

In Bezug auf organisatorische Maßnahmen wurde insbesondere gezeigt, dass Gesichtsmasken, Handhygiene und allgemeine physische Distanzierung die Übertragung von SARS-CoV-2 reduzieren. Maßnahmen zur Reduzierung von Kontakten, wie z. B. gestaffelte Ankunft, schrittweise Wiedereröffnung und Wechselunterricht, zeigten in Modellierungsstudien ebenfalls Wirkung auf die effektive Reproduktionszahl und die Anzahl der Infektionen. Strukturelle Maßnahmen umfassten Veränderungen, die die physische Distanzierung erleichterten, wie z. B. die Aufteilung des Schulhofs, der Abstand zwischen den Schulbänken sowie unterschiedliche Belüftungssysteme. Hier wurde ebenfalls festgestellt, dass die Übertragung von SARS-CoV-2 in der Schule reduziert wurde. Drittens wurden Überwachungsmaßnahmen in Bezug auf Tests und Rückverfolgung von Fällen und Kontakten bewertet (14).

Fachgesellschaften haben sich derart positioniert, dass das Tragen von Mund-Nasen-Schutz in öffentlichen Verkehrsmitteln und in Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen ab dem Alter von zehn Jahren (optional ab dem Alter von sechs Jahren) zum Schutz vor einer Übertragung als sicher und praktikabel angesehen wird (47). Ein häufiges Screening auf SARS-CoV-2 in Schulen kann dazu beitragen, Schulen offen zu halten und über das aktuelle Infektionsrisiko bei SchülerInnen und Personal zu informieren (50).

Zusammenfassung und Lücken

In Zukunft sollten systematische Reviews und insbesondere Meta-Analysen Transmissionsparameter und Maßnahmen im Kontext der bestehenden Infektionsdynamik und der bereits implementierten Maßnahmen zur Kontaktreduktion beschreiben und stratifizieren, um gepoolte Ergebnisse für regionale Entscheidungsträger nützlich zu machen. Nach unserer Einschätzung sollten sich künftige systematische Übersichtsarbeiten in diesem Themengebiet, um für die Entscheidungsträger nützlich zu sein, auf folgendes fokussieren:

- i) die Häufigkeit von Langzeitfolgen von COVID-19 bei Schulkindern
- ii) Kontaktmuster, -häufigkeit und -intensität von Schulkindern während der Pandemie
- iii) das Infektions- und Krankheitsrisiko bei LehrerInnen
- iv) die Zusammenfassung der Literatur zu gesundheitlichen Auswirkungen von Schulschließungen bei Kindern
- v) Effekt von Strategien zur Abmilderung von negativen Folgen von Schulschließungen, wenn diese durchgeführt werden müssen
- vi) Nutzen und Kosten von Interventionen, die in Schulen zur Verringerung der Übertragung von SARS-CoV-2 durchgeführt werden, inklusive Screening und Testinterventionen

Tabelle 1 Kartierung der identifizierten systematischen Übersichten und Meta-Analysen in Schlüsselthemen, Qualität und Aktualität der Suche

Wichtige Themen	Themen	N identifizierte Prüfungen	Mäßige oder hochwertige Bewertungen (angepasst von AMSTAR-2)	Aktualität der einbezogenen Nachweise, Monat der letzten Suche, 2020
Klinische Merkmale und Verlauf der Erkrankung bei Kindern	Hauptsymptome	11	3	Juni
	Klinische Merkmale und Anzeichen, Anteil der asymptomatischen	12	6	Juli
	Einfluss von Komorbiditäten	10	6	Oktober
	Anteil an ICU, ECMO oder Tod	12	7	Oktober
	Langfristige Komplikationen	8	3	November
Übertragungsparameter bei Kindern in: Haushalten und Schulen	Anfälligkeit von Kindern und Altersabhängigkeit	4	2	September
	Secondary attack rates in Haushalten	6	3	Oktober
	Secondary attack rates von Kindern und Personal in Schulen	3	2	September
	Viruslast oder virale Ausscheidung bei Kindern	2	1	Juni
	Häufigkeit und Art der Kontakte von Kindern während der COVID-19-Pandemie			
Auswirkungen von Schulschließungen auf Kinder und die Bevölkerung	Zur Übertragung von SARS-CoV-2 in der Bevölkerung	6	4	Juli
	Zur Übertragung von SARS-CoV-2 bei Kindern			
	Unerwünschte Wirkungen bei Kindern			
	Unerwünschte Wirkungen in der Bevölkerung			
Maßnahmen in Schulen zur Reduzierung der Übertragung von SARS-CoV-2	Wirkung von Maßnahmen zur Reduzierung der Verbreitung von SARS-CoV-2 in Schulen	2	1	Oktober
	Unerwünschte Wirkungen			
	Kosteneffizienz			
Maßnahmen in der Bevölkerung zur Verlängerung der Öffnungszeiten von Schulen	Wirkung auf Kinder			
	Auswirkung auf die Bevölkerung			
Indirekte Auswirkungen der Epidemie auf Kinder	Psychische Gesundheit	2	1	Juni
	Inanspruchnahme des Gesundheitswesens			
	Körperliche Gesundheit			

1. ECDC. Risk Assessment: Risk related to spread of new SARS-CoV-2 variants of concern in the EU/EEA - first update. 2020.
2. al VEe. Report 42: Transmission of SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in England: Insights from linking epidemiological and genetic data. preprint. 2020
3. NERVTAG. NERVTAG note on B.1.1.7 severity. 2020.
4. Aronoff SC, Hall A, Del Vecchio MT. The Natural History of SARS-Cov-2 Related Multisystem Inflammatory Syndrome in Children (MIS-C): A Systematic Review. *Journal of the Pediatric Infectious Diseases Society*. 2020.
5. Bhuiyan MU, Stiboy E, Hassan MZ, Chan M, Islam MS, Haider N, et al. Epidemiology of COVID-19 infection in young children under five years: A systematic review and meta-analysis. *Vaccine*. 2020.
6. Brauner JM, Mindermann S, Sharma M, Johnston D, Salvatier J, Gavenciak T, et al. Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science (New York, NY)*. 2020.
7. Bustos BR, Jaramillo-Bustamante JC, Vasquez-Hoyos P, Cruces P, Díaz F. Pediatric Inflammatory Multisystem Syndrome Associated With SARS-CoV-2: A Case Series Quantitative Systematic Review. *Pediatric emergency care*. 2021;37(1):44-7.
8. Castro-Rodriguez JA, Forno E. Asthma and COVID-19 in children: A systematic review and call for data. *Pediatric pulmonology*. 2020.
9. Cevik M, Tate M, Lloyd O, Maraolo AE, Schafers J, Ho A. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV viral load dynamics, duration of viral shedding, and infectiousness: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Microbe*. 2021;2(1):e13-e22.
10. Christophers B, Gallo Marin B, Oliva R, Powell WT, Savage TJ, Michelow IC. Trends in clinical presentation of children with COVID-19: a systematic review of individual participant data. *Pediatric research*. 2020.
11. Cui X, Zhao Z, Zhang T, Guo W, Guo W, Zheng J, et al. A systematic review and meta-analysis of children with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Journal of medical virology*. 2020.
12. de Souza TH, Nadal JA, Nogueira RJN, Pereira RM, Brandão MB. Clinical manifestations of children with COVID-19: A systematic review. *Pediatric pulmonology*. 2020;55(8):1892-9.
13. He J, Guo Y, Mao R, Zhang J. Proportion of asymptomatic coronavirus disease 2019: A systematic review and meta-analysis. *Journal of medical virology*. 2021;93(2):820-30.
14. Krishnaratne S, Pfadenhauer LM, Coenen M, Geffert K, Jung-Sievers C, Klinger C, et al. Measures implemented in the school setting to contain the COVID-19 pandemic: a scoping review. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2020;12:CD013812.
15. Lei H, Xu X, Xiao S, Wu X, Shu Y. Household transmission of COVID-19-a systematic review and meta-analysis. *The Journal of infection*. 2020.
16. Levin AT, Hanage WP, Owusu-Boaitey N, Cochran KB, Walsh SP, Meyerowitz-Katz G. Assessing the age specificity of infection fatality rates for COVID-19: systematic review, meta-analysis, and public policy implications. *European journal of epidemiology*. 2020;35(12):1123-38.
17. Li Y, Campbell H, Kulkarni D, Harpur A, Nundy M, Wang X, et al. The temporal association of introducing and lifting non-pharmaceutical interventions with the time-varying reproduction number (R_t) of SARS-CoV-2: a modelling study across 131 countries. *The Lancet Infectious Diseases*.
18. Liu C, He Y, Liu L, Li F, Shi Y. Children with COVID-19 behaving milder may challenge the public policies: a systematic review and meta-analysis. *BMC pediatrics*. 2020;20(1):410.
19. Lo Moro G, Sinigaglia T, Bert F, Savatteri A, Gualano MR, Siliquini R. Reopening Schools during the COVID-19 Pandemic: Overview and Rapid Systematic Review of Guidelines and Recommendations on Preventive Measures and the Management of Cases. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(23).
20. Ludvigsson JF. Children are unlikely to be the main drivers of the COVID-19 pandemic - A systematic review. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*. 2020;109(8):1525-30.
21. Ludvigsson JF. Systematic review of COVID-19 in children shows milder cases and a better prognosis than adults. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*. 2020;109(6):1088-95.
22. Ludvigsson JF. Case report and systematic review suggest that children may experience similar long-term effects to adults after clinical COVID-19. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*. 2020.
23. Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM, Jr., Halloran ME, Dean NE. Household Transmission of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA network open*. 2020;3(12):e2031756.
24. Mehta NS, Mytton OT, Mullins EWS, Fowler TA, Falconer CL, Murphy OB, et al. SARS-CoV-2 (COVID-19): What do we know about children? A systematic review. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*. 2020.
25. Nearchou F, Flinn C, Niland R, Subramaniam SS, Hennessy E. Exploring the Impact of COVID-19 on Mental Health Outcomes in Children and Adolescents: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(22).
26. Nino G, Zember J, Sanchez-Jacob R, Gutierrez MJ, Sharma K, Linguraru MG. Pediatric lung imaging features of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Pediatric pulmonology*. 2021;56(1):252-63.
27. Nussbaumer-Streit B, Mayr V, Dobrescu AI, Chapman A, Persad E, Klerings I, et al. Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID-19: a rapid review. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2020(9).
28. Panahi L, Amiri M, Pouy S. Clinical Characteristics of COVID-19 Infection in Newborns and Pediatrics: A Systematic Review. *Archives of academic emergency medicine*. 2020;8(1):e50.
29. Panda PK, Sharawat IK, Panda P, Natarajan V, Bhakat R, Dawman L. Neurological Complications of SARS-CoV-2 Infection in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of tropical pediatrics*. 2020.
30. Patel NA. Pediatric COVID-19: Systematic review of the literature. *American journal of otolaryngology*. 2020;41(5):102573.
31. Stavridou A, Stergiopoulou AA, Panagoulis E, Mesiris G, Thirios A, Mouggiakos T, et al. Psychosocial consequences of COVID-19 in children, adolescents and young adults: A systematic review. *Psychiatry and clinical neurosciences*. 2020;74(11):615-6.
32. Suk JE, Vardavas C, Nikitara K, Phalkey R, Leonardi-Bee J, Pharris A, et al. The role of children in the transmission chain of SARS-CoV-2: a systematic review and update of current evidence. *medRxiv : the preprint server for health sciences*. 2020.
33. Tsankov BK, Allaire JM, Irvine MA, Lopez AA, Sauvé LJ, Vallance BA, et al. Severe COVID-19 Infection and Pediatric Comorbidities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of infectious diseases : IJID : official publication of the International Society for Infectious Diseases*. 2020;103:246-56.
34. Viner RM, Mytton OT, Bonell C, Melendez-Torres GJ, Ward J, Hudson L, et al. Susceptibility to SARS-CoV-2 Infection Among Children and Adolescents Compared With Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA pediatrics*. 2020.
35. Viner RM, Russell SJ, Croker H, Packer J, Ward J, Stansfield C, et al. School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review. *The Lancet Child & adolescent health*. 2020;4(5):397-404.

36. Viner RM, Ward JL, Hudson LD, Ashe M, Patel SV, Hargreaves D, et al. Systematic review of reviews of symptoms and signs of COVID-19 in children and adolescents. *Archives of disease in childhood*. 2020.
37. Walsh S, Chowdhury A, Russell S, Braithwaite V, Ward J, Waddington C, et al. Do school closures reduce community transmission of COVID-19? A systematic review of observational studies. *medRxiv : the preprint server for health sciences*. 2021:2021.01.02.21249146.
38. Xu W, Li X, Dozier M, He Y, Kirolos A, Lang Z, et al. What is the evidence for transmission of COVID-19 by children in schools? A living systematic review. *Journal of global health*. 2020;10(2):021104-.
39. Yasuhara J, Kuno T, Takagi H, Sumitomo N. Clinical characteristics of COVID-19 in children: A systematic review. *Pediatric pulmonology*. 2020.
40. Yasuhara J, Watanabe K, Takagi H, Sumitomo N, Kuno T. COVID-19 and multisystem inflammatory syndrome in children: A systematic review and meta-analysis. *Pediatric pulmonology*. 2021.
41. Zheng B, Wang H, Yu C. An increasing public health burden arising from children infected with SARS-CoV2: A systematic review and meta-analysis. *Pediatric pulmonology*. 2020;55(12):3487-96.
42. Mehta NS, Mytton OT, Mullins EWS, Fowler TA, Falconer CL, Murphy OB, et al. SARS-CoV-2 (COVID-19): What Do We Know About Children? A Systematic Review. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*. 2020;71(9):2469-79.
43. Ng KW, Faulkner N, Cornish GH, Rosa A, Harvey R, Hussain S, et al. Preexisting and de novo humoral immunity to SARS-CoV-2 in humans. *Science (New York, NY)*. 2020;370(6522):1339-43.
44. Carsetti R, Quintarelli C, Quinti I, Piano Mortari E, Zumla A, Ippolito G, et al. The immune system of children: the key to understanding SARS-CoV-2 susceptibility? *The Lancet Child & Adolescent Health*. 2020;4(6):414-6.
45. Cristiani L, Mancino E, Matera L, Nenna R, Pierangeli A, Scagnolari C, et al. Will children reveal their secret? The coronavirus dilemma. *European Respiratory Journal*. 2020;55(4):2000749.
46. Xu W, Li X, Dozier M, He Y, Kirolos A, Lang Z, et al. What is the evidence for transmission of COVID-19 by children in schools? A living systematic review. *medRxiv : the preprint server for health sciences*. 2020:2020.10.11.20210658.
47. DGPI. Stellungnahme von DGPI, bvkj, DGKJ, GPP und SGKJ zur Verwendung von Masken bei Kindern zur Verhinderung der Infektion mit SARS-CoV-2 (Stand 12.11.2020). 2020.
48. Brauner JM, Mindermann S, Sharma M, Johnston D, Salvatier J, Gavenčiak T, et al. Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science (New York, NY)*. 2020:eabd9338.
49. ECDC. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission – first update. ECDC; 2020.
50. Rafiei Y, Mello MM. The Missing Piece - SARS-CoV-2 Testing and School Reopening. *N Engl J Med*. 2020;383(23):e126.

M 1.2 Systematisches Review zu Transmission und Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2 bei Schulpersonal (Stand März 2021)

Was haben wir gemacht?

Nach einer Zusammenfassung der relevanten Übersichtsarbeiten zu den relevanten Themengebieten erfolgte im zweiten Schritt ein systematisches Review zu Transmission und Infektionsrisiko bei Schulpersonal und SchülerInnen. Der Fokus lag dabei auf der Transmissionsdynamik innerhalb und Transmissionsrichtungen vom und zum Schulpersonal sowie dem Infektionsrisiko des Schulpersonals.

Eine Registrierung der hier durchgeführten Übersichtsarbeit in einem Studienregister hat stattgefunden (PROSPERO CRD42021239225). Eine revidierte Version des in Anhang 3 dargestellten Manuskriptes ist inzwischen nach peer-review zur Veröffentlichung angenommen – die finale Version wird von uns sobald vorliegend zur Verfügung gestellt (<https://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2021-052690>) (Anhang 3).

Eine systematische Suche nach Studien zu SARS-CoV-2 an Schulen und unter Schulpersonal und SchülerInnen wurde am 16.11.2020 durchgeführt und am 29.01.2021 aktualisiert. Es wurden 1784 wissenschaftliche Artikel gefunden, welche sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen sowie Berichte und Daten von Gesundheitsämtern und –ministerien einschließen. Alle Studien wurden auf ihre Relevanz und Qualität hin von zwei Wissenschaftlern bewertet. Insgesamt wird durch diese Methodik eine selektive Auswahl von Einzelstudien vermieden und die Breite des vorhandenen Wissens dargestellt.

18 Studien, die Parameter zur Transmission oder zum Infektionsrisiko an Schulen unter Schulpersonal und SchülerInnen beschreiben, wurden ausgewertet und zusammengefasst (1-17, 21). Neun der Studien beziehen sich auf Europa, vier auf Amerika (drei auf die USA, eine auf Panama), drei auf Australien und jeweils eine auf Asien (Singapur) und den Nahen Osten (Israel).

Unsere Studie erlaubt eine genauere Bewertung des Infektionsrisikos und von Transmissionsparametern an Schulen. (**Anhang 3; WP 1 Projekt COVID-SCHULEN**).

Einschränkung in Bezug auf neue Varianten von SARS-CoV-2

In diese Arbeit konnten noch keine Informationen zu neueren, in der Übertragbarkeit veränderten Varianten von SARS-CoV-2 eingehen. Diese führen zu einer erhöhten Transmission und zu einem erhöhten Risiko für schwere Verläufe und hätten somit Konsequenzen für die hier berichteten Erkenntnisse zu Transmissionsparametern. Inwieweit die erhöhte Transmissionswahrscheinlichkeit oder schwerere Verläufe sich in unterschiedlichen Altersgruppen noch einmal unterscheiden, ist bisher nicht vollständig geklärt (18-20).

Was haben wir gefunden?

Die 18 identifizierten Einzelstudien behandeln die folgenden Themen:

- Sekundäre Transmission (Übertragungen nach Indexfall) an Schulen (1-11,21)
- Infektionsrisiko/Seroprävalenz an Schulen (12-17)

Was sind Haupteckkenntnisse aus den gefundenen Arbeiten?

Attack Rates nach Indexfall an Schulen

Als „Attack Rate“ wird das Risiko bezeichnet, bei einem Ausbruch oder nach der Infektion von Indexpersonen infiziert zu werden. Dieses Risiko kann sowohl für eine Einrichtung als auch für einzelne Personengruppen errechnet werden. Das Risiko von SARS-CoV-2-Fällen an Schulen ergibt sich aufgrund der hohen Personendichte und Kontaktanzahl von SchülerInnen und Personal und damit der potenziell hohen Zahl an sekundären Infektionen nach einem Indexfall. Ob hier Unterschiede in der Übertragung zwischen Personal, von Personal auf SchülerInnen, zwischen SchülerInnen oder von diesen auf Personal bestehen, lässt sich mit Hilfe der „Secondary Attack Rate“ bestimmen. Die sekundäre Befallsrate gibt an, wie viele der Kontakte einer infizierten Person letztendlich selbst erkrankt sind.

Elf Studien (1-11) lieferten Daten zu Attack Rates an Schulen.

Vier Studien fanden keine Sekundärinfektionen in Schulen nach Indexfällen. Sieben Studien fanden Attack Rates von 0-13 % nach Ausbrüchen bei SchülerInnen. Sieben Studien fanden Attack Rates von 0-16,6 % nach Ausbrüchen bei Schulpersonal.

Die Übertragung zwischen SchülerInnen lag bei 0,14 % (10), 0,3 % (3), 1,9 % (9) und 3,8 % (11). Die letztere Studie unterschied weiterhin zwischen 6,6 % an weiterführenden Schulen und 0,38 % an Grundschulen mit keiner sekundären Transmission an Vorschulen (11). Die Befallsrate von SchülerInnen auf Personal wurde in einer Studie mit 1 % (3) bestimmt.

Für die Übertragungen unter dem Schulpersonal wurden Werte von 1,29 % (8), 3,5 % (2) und 4,4 % (3) sowie 16,6 % (4) berichtet. Zwei Studien wiesen keine Übertragung zwischen Personal nach (10,11).

In einigen Studien konnten die Attack Rates von SchülerInnen und LehrerInnen verglichen werden. In drei Studien ergaben sich ähnliche Attack Rates zwischen LehrerInnen und SchülerInnen. In vier Studien zeigten sich höhere Attack Rates bei LehrerInnen als bei SchülerInnen (RR 1,2-4,4). In drei Studien zeigen sich niedrigere Attack Rates bei LehrerInnen als bei SchülerInnen (RR nicht errechenbar).

Infektionsrisiko in Seroprävalenzstudien

Seroprävalenzstudien liefern rückblickend Hinweise auf das Infektionsgeschehen und gleichen viele der Nachteile von Studien aus, die nur getestete und gemeldete Fälle auswerten. Hierbei wird in einer Population der Nachweis von Antikörpern gegen SARS-CoV-2 als Indikator für eine überstandene Infektion bewertet.

Vier Studien (14-17) beschreiben den Nachweis von Antikörpern im Schulkontext in Deutschland, Frankreich und den USA.

In Deutschland zeigte die Analyse von 13 Schulen in Sachsen eine vergangene Infektion in 0,2 % des Lehrpersonals und 0,7 % der SchülerInnen mit einem Durchschnitt von 0,6 % (14). Im Vergleich lagen diese Werte für Schulen in Nordfrankreich durchschnittlich bei 25,9 % mit einem Antikörpernachweis bei 28,75 % des Lehrpersonals und 12,8 % der SchülerInnen (15).

In den USA wurden 14 Tage nach einem Indexfall an einer Schule 1,66 % der SchülerInnen und 0 % des Lehrpersonals positiv auf Antikörper getestet (16). Bei 1,7 % des Lehrkörpers des Mittleren Westens der USA konnte eine vergangene Infektion nachgewiesen werden (17).

Zusammenfassend ergibt sich aus den Seroprävalenzstudien ein sehr heterogenes Bild mit einem geringen Nachweis von Infektionsgeschehen am Beispiel der Schulen in den ersten Monaten der Pandemie in einigen Regionen Deutschland. Allerdings ist auch die Ausbildung von Antikörpern abhängig von der Intensität der Infektion und der Immunantwort und kann so besonders für Kinder unterbewertet werden. Auch lässt sich nur schwer rekonstruieren, ob alle nachgewiesenen Infektionen im Schulumfeld stattfanden.

Stratifizierung der Studien nach Infektionsgeschehen während der Datenkollektion

Stattgehabtes Infektionsrisiko und Infektionsrisiko nach Erstinfektionen

Tabelle 2 Studien zu Neuinfektionsrisiko nach Erstinfektionen an Schulen (attack rate) und stattgehabtes Infektionsrisiko (Infektionsrisiko) über Seroprävalenz bei SchülerInnen und LehrerInnen in den gefundenen Studien

	Schulen geöffnet zum Zeitpunkt der Datenkollektion				Schulen teilweise oder vollständig geschlossen zum Zeitpunkt der Datenkollektion			
	Stattgehabtes Infektionsrisiko SchülerInnen	Attack rates SchülerInnen	Infektionsrisiko LehrerInnen	Attack rates LehrerInnen	Infektionsrisiko SchülerInnen	Attack rates SchülerInnen	Infektionsrisiko LehrerInnen	Attack rate LehrerInnen
Niedriges Infektionsgeschehen zum Zeitpunkt der Datenkollektion	Keine Studien	Keine Infektionen nach Erstinfektion (1 Studie)	Keine Studien	Keine Infektionen nach Erstinfektion (1 Studie)	Keine Studien	Keine Infektionen nach Erstinfektion (2 Studien)	Keine Studien	Keine Infektionen nach Erstinfektion (2 Studien)
Mittleres Infektionsgeschehen zum Zeitpunkt der Datenkollektion	Keine Studien	0-6,5 %, höher in weiterführender Schule (5 Studien)	Keine Studien	0-4,4 %, höher zwischen Schulpersonals als zwischen SchülerInnen (5 Studien)	0,7-1,7 % (Seroprävalenz, 2 Studien)	Keine Studien	0-0,2 % (Seroprävalenz, 2 Studien)	Keine Studien
Hohes Infektionsgeschehen zum Zeitpunkt der Datenkollektion	Keine Studien	0,1-13 % (2 Studien)	Keine Studien	0-16,6 % (2 Studien)	12,8 % (1 Studie)	Keine Studien	1,7-28 % (2 Studien)	Keine Studien
Niedriges Infektionsgeschehen: pro 1 Million Einwohner: Peak der Tagesfallzahl unter 10/Tag, Peak der Todesfallzahl<1/Tag Mittleres Infektionsgeschehen: pro 1 Million Einwohner: Peak der Tagesfallzahl unter 150/Tag, Peak der Todesfallzahl<5/Tag Hohes Infektionsgeschehen: pro 1 Million Einwohner: Peak der Tagesfallzahl über 150/Tag, Peak der Todesfallzahl>5/Tag								

Um diese heterogenen Ergebnisse besser einordnen zu können, stratifizierten wir Studienergebnisse in zwei Dimensionen - zum einen in drei Kategorien hinsichtlich des zum Zeitpunkt der Datenerhebung vorherrschenden Infektionsgeschehen und zum anderen im Hinblick auf die zu diesem Zeitpunkt vorherrschenden Maßnahmen in Schulen (Tabelle 2).

In drei Studien, die zu Zeitpunkten stattfanden, in denen das Infektionsgeschehen niedrig war, wurden keine sekundären Fälle nach Indexfällen gefunden. In fünf Studien, die zu Zeitpunkten stattfanden, in denen das Infektionsgeschehen im mittleren Bereich lag, kam es nach Erstinfektionen bei 0-4,4 % des Schulpersonals sowie bei 0-6,5 % der SchülerInnen ebenfalls zu Infektionen. Zwei Studien, die zu Zeitpunkten stattfanden, in denen in der Bevölkerung ein hohes Infektionsgeschehen vorherrschte, fanden Infektionen bei bis zu 16 % des Schulpersonals, nachdem es Erstinfektionen in der Schule gab, und bis zu 13 % der SchülerInnen mit Infektionen.

Zum stattgefundenen Infektionsrisiko auf der Basis von Seroprävalenzstudien zeigt sich in zwei Studien bei mittlerem Infektionsgeschehen bei LehrerInnen ein Infektionsrisiko von 0 und 0,2 %. In zwei

weiteren Studien, die nach höherem Infektionsgeschehen Daten gesammelt haben, liegt die Seroprävalenz bei 1,7 und 28 %.

Wichtig ist zu beachten, dass diese Zahlen sehr von den örtlichen Vorkehrungen und Teststrategien abhängig sind. Werden zum Beispiel nur symptomatische Fälle getestet oder nur gemeldete Fälle ausgewertet, kann dies zu hohen Dunkelziffern an asymptomatisch Infizierten oder nicht getesteten Infizierten führen. Dies verzerrt den Vergleich zwischen LehrerInnen und SchülerInnen, da Kinder häufiger asymptomatisch erkranken. Auch sekundäre Übertragungen außerhalb des schulischen Umfeldes wurden nicht bewertet.

Vergleich des stattgehabten Infektionsrisikos von LehrerInnen mit anderen Bevölkerungsgruppen

Tabelle 3 Studien zum Vergleich des Infektionsrisikos zwischen LehrerInnen und anderen Bevölkerungsgruppen

	Schulen geöffnet zum Zeitpunkt der Datenkollektion			Schulen teilweise oder vollständig geschlossen zum Zeitpunkt der Datenkollektion		
	Vergleich LehrerInnen/ SchülerInnen	Vergleich LehrerInnen miteinander	Vergleich LehrerInnen/ Bevölkerung	Vergleich LehrerInnen/ SchülerInnen	Vergleich LehrerInnen miteinander	Vergleich LehrerInnen/ Bevölkerung
Niedriges Infektionsgeschehen zum Zeitpunkt der Datenkollektion	Attack rates: ähnlich, RR nicht berechenbar (1 study)	Keine Studien	Keine Studien	Attack rates: ähnlich (2 studies)	Keine Studien	Keine Studien
Mittleres Infektionsgeschehen zum Zeitpunkt der Datenkollektion	Attack rate: Höher in LehrerInnen (RR 1,6-4,4, 3 studies) Niedriger in LehrerInnen (RR n.c., 2 Studien) Ähnlich (1 Studie)	Keine Studien	Keine Studien	Infection risk Niedriger in LehrerInnen (RR=0.3, 1 Studie)	Keine Studien	Keine Studien
Hohes Infektionsgeschehen zum Zeitpunkt der Datenkollektion	Attack rate: Höher in LehrerInnen (RR 1,2, 1 Studie) Niedriger in LehrerInnen (NR, 1 study)	Keine Studien	Infektionsrisiko Nach Schulöffnungen höher (1,42, 1 Studie) Hospitalisation Nach Schulöffnungen ähnlich (0,97, 1 study)	Keine Studien	Infection risk: Same to higher in teachers in presence compared to distance (1,1-2,0, 2 studies)	Infection risk: Before school opening lower (RR 0,5, 1 study) Hospitalisation: Before school opening lower (RR 0,5, 1 study)
Niedriges Infektionsgeschehen: pro 1 Million Einwohner: Peak der Tagesfallzahl unter 10/Tag, Peak der Todesfallzahl<1/Tag Mittleres Infektionsgeschehen: pro 1 Million Einwohner: Peak der Tagesfallzahl unter 150/Tag, Peak der Todesfallzahl<5/Tag Hohes Infektionsgeschehen: pro 1 Million Einwohner: Peak der Tagesfallzahl über 150/Tag, Peak der Todesfallzahl>5/Tag						

Das Infektionsrisiko an Schulen lässt sich durch den Vergleich von Gruppen, die an Präsenzunterricht teilnehmen, und Gruppen, die online zu Hause unterrichtet werden, bestimmen.

Hierbei beschreibt das relative Risiko (RR) entweder ein höheres ($RR > 1$), geringeres ($RR < 1$) oder gleiches ($RR = 1$) Risiko einer Infektion. Das Chancenverhältnis (Odds Ratio) beschreibt das Verhältnis der Chance einer Infektion zwischen zwei Gruppen, wobei $OR = 1$ eine gleich, $OR = 2$ eine doppelt und $OR = 0,5$ eine halb so hohe Chance einer Infektion beschreibt.

Zwei Studien (12,13) beschreiben dieses Infektionsrisiko für Schweden. Hier wurden in einem Zeitraum mit hohem Infektionsgeschehen weiterführende Schulen geschlossen und die SchülerInnen digital unterrichtet, während Grundschulen geöffnet blieben und Präsenzunterricht stattfand.

Das Infektionsrisiko für Lehrpersonal an offenen Grundschulen war mit einem RR von 1,1 (0,9-1,3) leicht erhöht, wohingegen jenes für Lehrpersonal an geschlossenen Schulen mit einem RR von 0,7 (0,5-1) geringer war (12).

Die Chance für Lehrpersonal an Grundschulen, sich mit SARS-CoV-2 zu infizieren, war mit einem OR von 2,01 (1,52-2,67) etwa doppelt so hoch wie die von Lehrpersonal im Digitalunterricht an weiterführenden Schulen. Auch PartnerInnen von Grundschullehrpersonal sowie Eltern von GrundschülerInnen hatten im Vergleich zu weiterführenden Schulen eine erhöhte Chance, sich zu infizieren (OR 1,3 (1-1,68) und OR 1,15 (1,03-1,27) (13). Da hier Grundschulen mit weiterführenden Schulen verglichen wurden, könnte dieses Risiko noch unterschätzt worden sein. Andererseits spielen andere Faktoren, wie etwa der Wegfall des Arbeitsweges und die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln sowie das jeweilige Maßnahmenumfeld, eine bedeutende Rolle in der Bewertung dieser Daten.

Eine Studie aus Schottland vergleicht das Infektionsrisiko sowie das Hospitalisierungsrisiko von LehrerInnen in einem Zeitraum mit hohem Infektionsgeschehen mit Schulschließungen und einem Zeitraum mit niedrigerem Infektionsgeschehen und offenen Schulen mit sowohl dem Krankenhauspersonal als auch der Allgemeinbevölkerung. Dabei zeigt sich, dass das Infektions- sowie das Hospitalisierungsrisiko von LehrerInnen während der Schulschließungen etwa halb so groß ist wie das der Allgemeinbevölkerung (RR 0,5). Nach Schulöffnungen steigt das Infektionsrisiko in dieser Studie auf das Dreifache und ist jetzt höher als das der Allgemeinbevölkerung (RR 1,42), das Hospitalisierungsrisiko verdoppelt sich und ist dann dem der Allgemeinbevölkerung ähnlich (RR 0,97) (21).

Es ergibt sich hieraus ein durchaus erhöhtes Infektionsrisiko und auch Hospitalisierungsrisiko bei fortlaufendem Präsenzbetrieb für Lehrpersonal im Vergleich zu Fernunterricht.

Zusammenfassung

In unserer Übersichtsstudie wurde die bestehende Evidenz zum Infektionsrisiko bei SchülerInnen und LehrerInnen zusammengefasst. Unter Vorbehalt lassen sich die folgenden Punkte zusammenfassen:

- Die Übertragung von SARS-CoV-2 in Schulen findet statt, sowohl von Personal auf Personal,

von Personal auf SchülerInnen, von SchülerInnen auf Personal als auch von SchülerInnen auf SchülerInnen

- Das Risiko einer Übertragung für das Personal ist höher als für SchülerInnen
- SchülerInnen in Grundschulen haben ein geringeres Übertragungsrisiko als SchülerInnen an weiterführenden Schulen. Das Risiko steigt mit zunehmendem Alter
- Schulpersonal überträgt das Virus eher auf SchülerInnen als umgekehrt
- Sowohl das stattgehabte als auch das Infektionsrisiko nach Ausbrüchen oder Einzelfällen beim Schulpersonal in Schulen ist abhängig vom Infektionsgeschehen in der Bevölkerung sowie von Maßnahmen, die in Schulen zur Senkung des Infektionsrisikos stattfinden.
- **Bei niedrigem Infektionsgeschehen**
 - zeigen Studien eher niedrige Attack Rates; diese sind zwischen LehrerInnen und SchülerInnen ähnlich.
- **Bei mittlerem Infektionsgeschehen**
 - liegt das Infektionsrisiko nach ersten Infektionen in Schulen bei LehrerInnen in den meisten Studien höher als bei SchülerInnen, zwischen 0-6,6 %.
- **Bei höherem Infektionsgeschehen** (Inzidenz >25/ 7 Tage/100.000, Todesfälle pro Tag >5/Millionen Einwohner)
 - liegt das Infektionsrisiko nach Ausbrüchen in Schulen bei LehrerInnen mit bis zu 13 %meist höher als bei SchülerInnen, das Infektionsrisiko aus Seroprävalenzstudien liegt bei bis zu 28 %.
 - **Im Vergleich unter LehrerInnen**
 - ist das **Infektionsrisiko** bei LehrerInnen im Präsenzunterricht erhöht im Vergleich zu LehrerInnen im Distanzunterricht (RR 1,1-2,0)
 - ist das Infektionsrisiko bei LehrerInnen während Schulöffnungen im Vergleich zu Schulschließungen erhöht (1 Studie, RR 3)
 - ist das Hospitalisierungsrisiko ebenfalls erhöht (RR 2, 1 Studie)
 - **Im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung**
 - sind das Infektionsrisiko und das Hospitalisierungsrisiko bei LehrerInnen während Schulschließungen niedriger als das der Allgemeinbevölkerung (RR 0,5 in einer Studie)
 - ist das Infektionsrisiko erhöht (RR 1,42) nach Öffnung im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung
 - ist das Hospitalisierungsrisiko nicht erhöht (RR 0,97) nach Öffnung im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung

Referenzen

1. Danis K, Epaulard O, Benet T, Gaymard A, Campoy S, Botelho-Nevers E, et al. Cluster of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in the French Alps, February 2020. Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America. 2020;71(15):825-32.
2. Hernandez A, Muñoz P, Rojas JC, Eskildsen GA, Sandoval J, Rao KS, et al. Epidemiological Chronicle of the First Recovered Coronavirus Disease Patient From Panama: Evidence of Early Cluster Transmission in a High School of Panama City. Frontiers in public health. 2020;8:553730.
3. Macartney K, Quinn HE, Pillsbury AJ, Koirala A, Deng L, Winkler N, et al. Transmission of SARS-CoV-2 in Australian educational settings: a prospective cohort study. The Lancet Child & adolescent health. 2020;4(11):807-16.

4. Stein-Zamir C, Abramson N, Shoob H, Libal E, Bitan M, Cardash T, et al. A large COVID-19 outbreak in a high school 10 days after schools' reopening, Israel, May 2020. *Euro surveillance : bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*. 2020;25(29).
5. Yung CF, Kam KO, Nadua KD, Chong CY, Tan NWH, Li J, et al. Novel coronavirus 2019 transmission risk in educational settings. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*. 2020.
6. Heavey L, Casey G, Kelly C, Kelly D, McDarby G. No evidence of secondary transmission of COVID-19 from children attending school in Ireland, 2020. *Eurosurveillance*. 2020;25(21).
7. (NCIRS) NCFIRaS. COVID-19 in schools and early childhood education and care services - the Term 2 experience in NSW. Australia: National Centre for Immunisation Research and Surveillance (NCIRS); 2020 31 July 2020.
8. Ismail SA, Saliba V, Lopez Bernal J, Ramsay ME, Ladhani SN. SARS-CoV-2 infection and transmission in educational settings: a prospective, cross-sectional analysis of infection clusters and outbreaks in England. *The Lancet Infectious Diseases*. 2020.
9. (NCIRS) NCFIRaS. COVID-19 in schools and early childhood education and care services - the Term 3 experience in NSW. National Centre for Immunisation Research and Surveillance (NCIRS); 2020 21 October 2020.
10. Falk A, Benda A, Falk P, Steffen S, Wallace Z, Høeg TB. COVID-19 Cases and Transmission in 17 K-12 Schools - Wood County, Wisconsin, August 31-November 29, 2020. *MMWR Morbidity and mortality weekly report*. 2021;70(4):136-40.
11. Larosa E, Djuric O, Cassinadri M, Cilloni S, Bisaccia E, Vicentini M, et al. Secondary transmission of COVID-19 in preschool and school settings in northern Italy after their reopening in September 2020: a population-based study. *Euro surveillance : bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*. 2020;25(49)
12. Public Health Agency S. Presence of COVID-19 in different occupational group. Public Health Agency, Sweden; 2020.
13. Vlachos J, Hertegård E, Svaleryd H. School closures and SARS-CoV-2. Evidence from Sweden's partial school closure. *medRxiv*. 2020.
14. Armann JP, Unrath M, Kirsten C, Lück C, Dalpke AH, Berner R. SARS-CoV-2 IgG antibodies in adolescent students and their teachers in Saxony, Germany (SchoolCovIDD19): persistent low seroprevalence and transmission rates between May and October 2020.
15. Fontanet A, Tondeur L, Madec Y, Grant R, Besombes C, Jolly N, et al. Cluster of COVID-19 in northern France: A retrospective closed cohort study. 2020:2020.04.18.20071134.
16. Brown NE, Bryant-Genevier J, Bandy U, Browning CA, Berns AL, Dott M, et al. Antibody Responses after Classroom Exposure to Teacher with Coronavirus Disease, March 2020. *Emerging infectious diseases*. 2020;26(9):2263-5.
17. Lopez L, Nguyen T, Weber G, Kleimola K, Bereda M, Liu Y, et al. Seroprevalence of anti-SARS-CoV-2 IgG Antibodies in the Staff of a Public School System in the Midwestern United States. 2020:2020.10.23.20218651.
18. ECDC. Risk Assessment: Risk related to spread of new SARS-CoV-2 variants of concern in the EU/EEA - first update. 2020.
19. al VEe. Report 42: Transmission of SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in England: Insights from linking epidemiological and genetic data. preprint. 2020
20. NERVTAG. NERVTAG note on B.1.1.7 severity. 2020.
21. Lynda F, Ciara G, David C, Sam C, Jen B, Martin R, et al. RISK OF HOSPITALISATION WITH COVID-19 AMONG TEACHERS COMPARED TO HEALTHCARE WORKERS AND OTHER WORKING-AGE ADULTS. A NATIONWIDE CASE-CONTROL STUDY. *medRxiv*. 2021:2021.02.05.21251189

M 1.3 Systematisches Review zu Kosten und Kosteneffektivität von Interventionen, die in Schulen das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2 senken (Stand März 2021)

Was haben wir gemacht?

Eine systematische Suche nach Studien zu Kosten und Kosteneffektivität von Interventionen zur Senkung des Infektionsrisikos durch SARS-CoV-2 in Schulen wurde am 10.02.2021 durchgeführt. Es wurden 1489 wissenschaftliche Artikel gefunden, welche sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen sowie Berichte und Daten von Gesundheitsämtern und -ministerien einschließen. Alle Studien wurden auf ihre Relevanz und Qualität hin von zwei Wissenschaftlern bewertet. Insgesamt werden durch diese Methodik eine selektive Auswahl von Einzelstudien vermieden und die Breite des vorhandenen Wissens dargestellt.

Eine Registrierung der hier durchgeführten Übersichtsarbeit in einem Studienregister hat stattgefunden (PROSPERO CRD42021237889). Die Methodik und Registrierung sind im Anhang näher beschrieben (**Anhang 4; WP 1 Projekt COVID-SCHULEN**).

Was haben wir gefunden?

Vier Studien zu Kosten oder Kosteneffektivität von Interventionen, die in Schulen zur Senkung des Infektionsrisikos durch SARS-CoV-2 durchgeführt wurden, wurden gefunden und zusammengefasst (1-4). Drei Studien stammten aus den USA, eine aus Kanada.

Was sind die Hauptideen aus den gefundenen Arbeiten?

Drei Modellierungsstudien und eine beschreibende Kostenanalyse wurden gefunden. Drei Studien beschäftigten sich mit Teststrategien (Kanada, USA), eine Studie untersuchte zusätzliche Kosten von Hygienekonzepten in den USA. Als Endpunkte untersuchten diese Studien insbesondere Kosten pro Tag, Kosten pro Person und Tag (in USD oder Kanadische Dollar) und Gesamtkosten von analysierten Interventionen. Bei teilweise unzureichender Berichtsqualität und der geringen Anzahl von gefundenen Studien lassen sich derzeit nur sehr eingeschränkte Aussagen zur Kosteneffektivität bestimmter Maßnahmen an Schulen machen; es werden in diesen Studien vor allem Kosten berichtet.

Rice et al führten eine Schätzung der Kosten für die Umsetzung der CDC-Empfehlungen zur Hygiene in Schulen durch. Hierbei wurden sowohl materielle Kosten z. B. für zusätzliche Masken, Handschuhe, Desinfektionsmittel und Plexiglas-Trennwände als auch Kosten für zusätzlich notwendige Betreuungspersonen sowie zusätzliche Verkehrsmittel miteinbezogen. Die entsprechenden Kosten wurden für jeden Staat der USA berechnet. Die Kosten rangierten zwischen 55 und 442 Dollar pro Schüler und es zeigten sich 0,3-7,1 % zusätzliche Kosten pro Schüler pro Jahr in den verschiedenen Staaten (1).

Campbell et al. errechneten Kosten für Kanada für zwei Hauptszenarien für Teststrategien für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen.

Zum einen wurden die Gesamtkosten, Kosten pro Tag und Kosten für 100 Personen für das einmalige Testen aller Menschen in diesen Bevölkerungsgruppen errechnet. Entsprechend wurden diese für das Testen aller SchülerInnen und des Schulpersonals berechnet. Die Gesamtkosten betragen 816 Millionen kanadische Dollar, die Kosten pro 100 getestete Personen lagen bei 13.570 Dollar. Es wurde errechnet, dass die Gesamtkosten sich um 100 Millionen Dollar reduzieren ließen, wenn Pooling von Proben durchgeführt würde. Zum anderen wurde eine Strategie des regelmäßigen Testens von 5-10 % der SchülerInnen untersucht und berechnet, dass 45 Millionen Dollar pro Testrunde notwendig wären, um dies umzusetzen (2).

In zwei Studien aus den USA werden Auswirkungen variabler Testraten auf Infektionszahlen und assoziierte Kosten in einer Modellierung abgeschätzt. Dabei zeigt sich in Ali et al., dass Teststrategien, die ohne weitere Hygienemaßnahmen in Schulen funktionieren, kostenintensiver sind als solche, bei denen das Testen mit weiteren Maßnahmen kombiniert wird (3).

Lyng et al. vergleichen in einer Kombination aus ökonomischem und infektionsdynamischem Modell Kosten verschiedener Kombinationen von Testgröße, Frequenz des Testens und Poolstärke für frequenzielles Testen von verschiedenen Bevölkerungsgruppen hinsichtlich der Kosten pro Person sowie verhinderter Infektion. Sie kommen dabei zu dem Ergebnis, dass die niedrigsten Kosten (1,32 \$ pro Person pro Tag) bei höchster Reduktion von kumulativen Infektionen (99,5 %) mit einer Strategie 3-tägiger Frequenz und 30 Samples pro Pool (mit hoher Sensitivität und Spezifität) entstehen (4). Dieses Modell lässt sich grundsätzlich auch auf das deutsche Setting und andere infektionsdynamische Situationen übertragen, wenn die entsprechenden Parameter angepasst werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt ist die Evidenzlage zur Frage der Kosten für Interventionen, die SARS-CoV-2-Infektionen in Schulen verhindern, sehr dürftig. Eine Weiterentwicklung und Anwendung des Ansatzes, der in der Modellierungsarbeit von Lyng et al. verfolgt wird, scheint uns sinnvoll. Hiermit wäre es aus unserer Sicht möglich, Evidenzlücken hinsichtlich der Kosten pro verhinderter Infektion in verschiedenen Infektionsgeschehen und mit verschiedenen Interventionsstrategien (insbesondere zur Frage des frequenziellen Testens) zu schließen.

Referenzen

- 1 Rice, K. L., et al. (2020). "Estimated Resource Costs for Implementation of CDC's Recommended COVID-19 Mitigation Strategies in Pre-Kindergarten through Grade 12 Public Schools - United States, 2020-21 School Year." *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 69(50): 1917-1921.
- 2 Campbell, J. R., et al. (2020). "Active testing of groups at increased risk of acquiring SARS-CoV-2 in Canada." *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne* 192(40): E1146-E1155.
- 3 Ali, A. S., et al. (2020). COVID-19 Active Surveillance Simulation Case Study - Health and Economic Impacts of Active Surveillance in a School Environment.
- 4 Lyng, G. D., et al. (2020). "Identifying Optimal COVID-19 Testing Strategies for Schools and Businesses." *medRxiv*.

WP 2 - Beurteilung vorhandener Daten in Deutschland zu Infektions- und Verdachtsfällen in Schulen sowie Beratung zu den durchgeführten Erhebungen

Erfüllte Meilensteine: Meilenstein 2.1 (Bericht zu vorhandenen Daten), Meilenstein 2.2 (Bericht zu notwendigen Daten und Datenerhebungen), Monatsbericht 1 und 2, Bericht zu Monat 6

Im Rahmen des WP 2 nahmen wir an mehreren Treffen mit dem Sekretariat der KMK, den VertreterInnen aus der Statistikkommission der Kultusministerien und dem Statistiker der KMK teil. Thema war dabei hauptsächlich die Etablierung eines prospektiven Datenmonitorings des Infektions- und Erkrankungsrisikos von SchülerInnen und Schulpersonal.

M 2.1 Bericht Monat 1 (Dezember/Januar)

Verbesserung der Datenerhebung

Hinsichtlich der möglichen **Verbesserung der Datenerhebung** wurden folgende Themen miteinander besprochen:

1. Goldstandard eines Datenmonitorings wäre frequenzielles Monitoring entsprechend B-FAST oder ähnlicher Konzepte, da diese nicht anfällig sind für Testraten und unterschiedliche regionale oder altersgruppenbezogene Dunkelziffern. In mehreren Gesprächen und Workshops wurde B-FAST sowohl als Interventions- als auch als Surveillancekonzept erläutert, bei dem die frequenzielle gepoolte Testung von SchülerInnen und Schulpersonal im Vordergrund steht.
2. Die aktuellen Daten zu Infektionsmeldungen lassen sich aus unserer Sicht als Substitut mit Ergänzungen für die Einschätzung von regionalen direkten Infektionsrisiken in Schulen nutzen. Sie müssen dabei immer im Hinblick auf Testraten und Testkapazitäten interpretiert werden.
3. Dabei wäre es hervorragend, wenn die aktuell vorhandenen Daten sich ergänzen ließen um:
 - a. Tatsächliche Daten zu neuen Infektionen, nicht aktiven Fällen
 - b. die Altersstruktur der Infizierten (insbesondere in der Gruppe des Schulpersonals und für die Altersgruppe > 60)
 - c. die Schulform (Grundschule, weiterführende Schule, Oberstufe)
 - d. Bestehende Maßnahmen des Infektionsschutzes und tatsächliche Durchdringung solcher Maßnahmen

e. Regionale Tiefe

4. Eine Abschätzung des Infektionsumfeldes der erfolgten Infektionen sollte ohne weitere Daten (frequenzielles Testen, Transmissionsuntersuchung oder Sequenzierung) nicht auf regionaler oder überregionaler Ebene erfolgen
5. Aus dem abgeschätzten Infektionsrisiko können Erkrankungsrisiken geschätzt werden und als Anhalt für transparente Grenzwerte für die Etablierung bestimmter Maßnahmen genutzt werden
6. Eine größere Vergleichbarkeit der Daten zu den vom RKI gemeldeten Inzidenzen würde die Aussagekraft der Daten weiter erhöhen.

Darstellung des Infektionsrisikos von Schulpersonal KW46 bis KW50, 2020

Aus den vorhandenen öffentlich verfügbaren Daten (Quellen: KMK 2020, SURVSTAT 2021; GENESIS-Online 2020) wurden zunächst sehr einfache deskriptive Parameter erstellt, die aus unserer Sicht dann auch – bei entsprechender regionaler Tiefe – die Grundlage eines regionalen Monitorings bilden könnten.

Zum einen erfolgt eine Beschreibung der aktiven Fälle über Wochenzeitpunkte bei SchülerInnen und Schulpersonal pro 100.000 Personen (Abbildung 1). Zum anderen erfolgen Berechnungen zum Vergleich des Infektionsrisikos zwischen Schulpersonal und einer aus einer ähnlichen Altersgruppe gebildeten Vergleichsbevölkerung (Abbildung 2). Da die Daten zwischen KMK (krankgeschriebene Lehrkräfte) und RKI (neue Fälle) nicht 1-zu-1 vergleichbar sind, müssen Annahmen getroffen werden, die einen möglichst guten Vergleich zulassen. Die Grundannahme ist hier, dass sich die in der Berichtswoche krankgeschriebenen Lehrkräfte innerhalb der vorigen zwei Kalenderwochen infiziert haben bzw. auf Fallmeldungen der vorigen zwei Wochen beruhen, die sich nun in Isolation befinden. Beides muss immer in Zusammenhang mit möglicherweise erfolgten erhöhten Testraten in Schulen interpretiert werden. Diese könnten zu einer im Vergleich zur Bevölkerung erhöhten Inzidenz führen, ohne dass dies tatsächlich ein dahinterliegendes erhöhtes Infektionsrisiko bedeuten würde.

Beide Analysen können aus unserer Sicht bei einer Weiterentwicklung der Daten wie oben dargestellt im Sinne eines regionalen, prospektiven Monitorings erfolgen. Dies ist im ersten Bericht (Anhang 2) ausführlicher dargestellt.

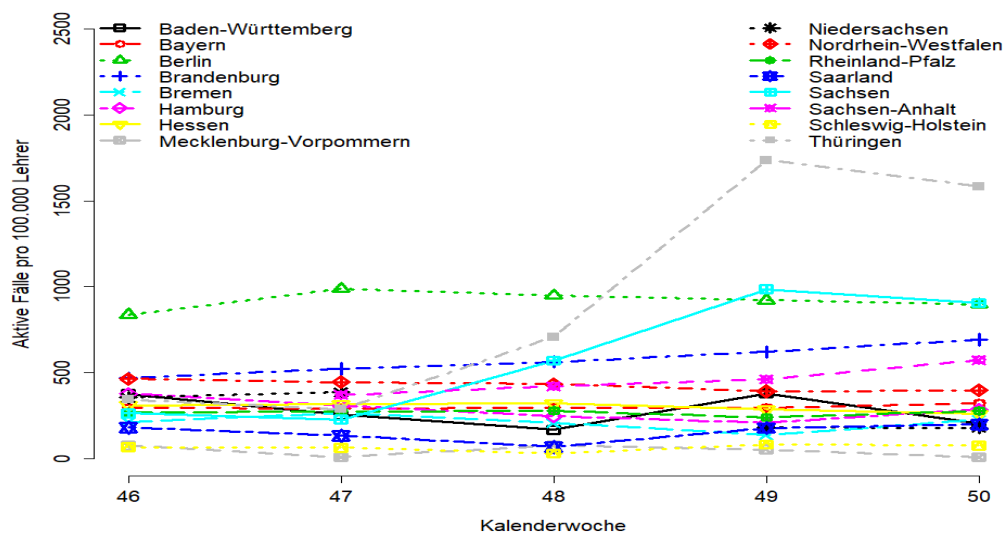


Abbildung 1: Aktive Fälle über Wochenzeitpunkte bei Lehrkräften in den Bundesländern (Quellen: KMK 2021; Eigene Berechnung und Darstellung)

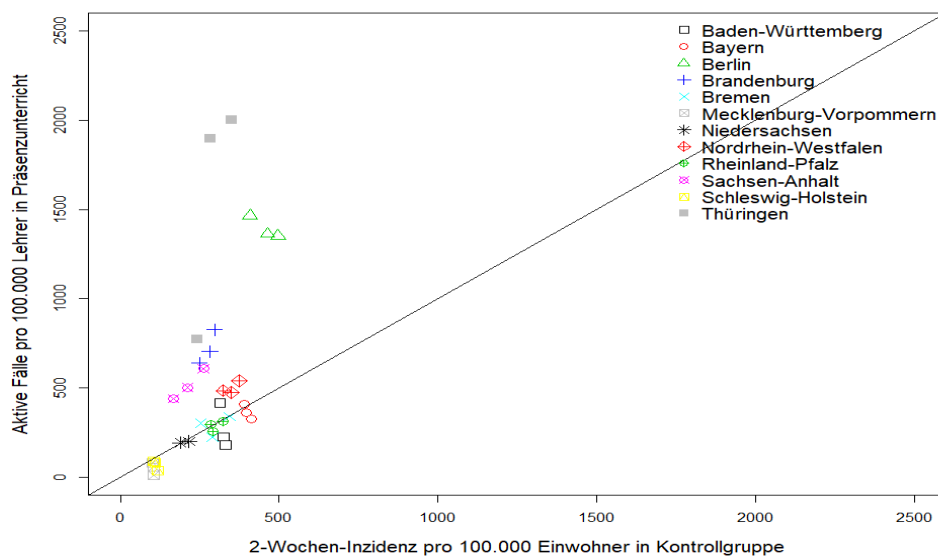


Abbildung 2: Aktive Fälle im Vergleich bei Lehrkräften zu Wochenzeitpunkten in jedem Bundesland zur 2-Wocheninzidenz / 100.000 einer gebildeten Kontrollgruppe. Die Diagonale stellt jeweils die Fallzahlen dar, oberhalb derer über die KMK erhobene Fallzahlen der LehrerInnen oberhalb der Meldedaten in der Bevölkerung in einer altersentsprechenden Kontrollgruppe liegen (Quellen: GENESIS-Online 2020; KMK 2021; SURVSTAT 2021; Eigene Berechnung und Darstellung)

Referenzen

GENESIS-Online 2020: "Bevölkerung: Bundesländer, Stichtag, Altersjahre. Fortschreibung des Bevölkerungsstandes: 31.12.2019." Verfügbar unter www-genesis.destatis.de, heruntergeladen am 15. Dezember 2020.

KMK 2021: "Schulstatistische Informationen zur Covid-19-Pandemie. Kalenderwochen 46-50." Verfügbar unter <https://www.kmk.org/dokumentation-statistik/statistik/schulstatistik/schulstatistische-informationen-zur-covid-19-pandemie.html>, heruntergeladen am 06. Januar 2021.

SURVSTAT 2021. Robert Koch-Institut. Datenanfrage vom 12. Januar 2021 unter <https://survstat.rki.de>.

M 2.2 Bericht Monat 2 (Januar/Februar)

Durchgeführte Arbeiten

Im Rahmen des WP 2 trifft sich die Arbeitsgruppe (HZI, UzK/MedFak) wöchentlich.

Zudem nahmen Vertreter der AG an zwei Sitzungen der Kommission für Statistik (Bereich Schule) teil (13.01.2021, 03.02.2012). Thema war jeweils die Etablierung eines prospektiven Datenmonitorings des Infektions- und Erkrankungsrisikos von SchülerInnen und Schulpersonal.

Verbesserung der Datenerhebung

Hinsichtlich der möglichen Verbesserung der Datenerhebung wurden folgende Themen diskutiert:

Ein Vorgehen wie NUM B-FAST mit frequenziellem Testen in gesamten Einrichtungen wäre der Goldstandard zur infektionsepidemiologischen Beobachtung und Analyse (Joachim et al., in press). Da eine solche Beobachtung nicht von einer möglichen Dunkelziffer und Testraten beeinflusst wird, wäre es hiermit z. B. einfacher, die im Dezember in einigen Bundesländern deutlich erhöhten SARS-CoV-2-Infektionsraten beim Schulpersonal im Vergleich zu einer Kontrollgruppe (d. h. der Bevölkerung in der gleichen Altersgruppe, die nicht im Schulbetrieb involviert ist) sinnvoll zu interpretieren.

Bezüglich der aktuell von der Kommission für Statistik veröffentlichten Daten wären seitens der Wissenschaftler folgende Erweiterungen wünschenswert:

- Statt der aktuellen Fälle (SchülerInnen, Lehrkräfte) pro Woche wäre eine Bereitstellung auf täglicher Basis wünschenswert.
- Ein einheitlicher wöchentlicher Erhebungstag wäre wünschenswert, um Verzerrungen in einer komparativen Analyse unter den Ländern aufgrund der wöchentlichen Saisonalität zu verhindern.
- Statt der aktuellen Fälle (SchülerInnen, Lehrkräfte) wären Angaben zu neuen Infektionen nicht-aktiver Fälle wünschenswert.
- Es fehlen Subgruppen, beispielsweise:
 - Alter der Lehrkräfte; hier insbesondere Lehrkräfte über 60
 - Schulform mit dem Ziel, Klassenstufen zu approximieren
- Regionale Daten
- Bestehende Maßnahmen des Infektionsschutzes auf Kreisebene
- Die Berichte sollten wöchentlich durchgängig fortgeführt werden, auch bei kompletten Schulschließungen und während Ferienzeiten.
- Es sollte auf eine möglichst vollständige und konsistente Berichterstattung im Zeitverlauf gedrängt werden (viel Variation in den berichtenden Schulen vermeiden).

- Eine Ergänzung der Daten zu Lehrkräften mit Daten zu Betreuern und administrativem Schulpersonal wäre sinnvoll.

Entsprechende Daten müssten nicht täglich aktualisiert werden, sollten aber nach Möglichkeit auf täglicher Basis bereitgestellt werden. Um dem Datenschutz zu genügen, könnten die Anforderungen ans Berichtswesen auf der zeitlichen oder regionalen Ebene gelockert werden.

Ein Aussetzen der Berichte aufgrund von Schulschließungen und Ferienzeiten ("nichts zu berichten") ist unbedingt zu vermeiden. Daten während Schließzeiten der Schule sind besonders wertvoll, um die Infektionsrisiken im Präsenzbetrieb zu bewerten - insbesondere, wenn diese Informationen zur Nutzung von Notbetreuungen enthalten.

Eine Unterscheidung der Schulformen in Grundschule, Sekundarstufe I, gymnasiale Oberstufe sowie Berufsschulen, unterschieden nach handwerklichen und kaufmännischen Berufen, sowie sonstige Schulformen wäre bereichernd, um einen genaueren Vergleich der Schulen mit der sonstigen Bevölkerung in ähnlichen Altersgruppen zu ermöglichen. Die Altersstruktur der SchülerInnen in handwerklichen Berufen ist erwartungsgemäß anders als die der SchülerInnen in kaufmännischen.

Es wurde beschlossen, eine Ad-hoc-Länderumfrage durchzuführen. Dabei wird erfragt, inwieweit die regelmäßige Abfrage zu den schulstatistischen Informationen zur COVID-19-Pandemie hinsichtlich Frequenz, Regionalisierung, Alter der Lehrkräfte und Schularten angepasst werden könnte.

Seitens der Statistik-Kommission der KMK ergaben sich die folgenden Fragen:

- Die beruflichen Schulen sind zunächst als Sammelkategorie eingefügt worden. Soll auch hier nach den einzelnen Schularten abgefragt werden?
Antwort: Ja, denn der Schulvergleich ermöglicht einen besseren Vergleich zu vergleichbaren Altersgruppen, die sich aktuell oder generell nicht im Unterricht befinden.
- Sollen Vorklassen/Schulkindergärten bei der Differenzierung nach Schularten abgefragt werden?
Antwort: Nein, denn nicht der Vergleich von Einrichtungen, sondern der Vergleich von Altersgruppen ist im Fokus.
- Daten können vermutlich nur von Montag bis Freitag bereitgestellt werden. Das RKI nutzt für die 7-Tage-Inzidenz auch die Werte vom Wochenende. Wie soll hier verfahren werden?
Antwort: Die Bereitstellung Montag bis Freitag ist hilfreich; ggf. kann dann die 7-Tage-Inzidenz nicht für jeden Tag angegeben werden. Bei tagesgenauer Meldung könnten (i) auf

der Basis der Quarantäne-Dauer die Schätzung der Inzidenz versucht werden und (ii) durch Modellierung von Verläufen Aussagen zu Trends (Steigung) abgeleitet werden.

- Sollen auch die Schulen ohne Präsenzbetrieb bzw. mit eingeschränktem Präsenzbetrieb nach Wochentagen abfragt werden? Wie sieht es mit den Quarantänefällen aus? Zunächst hatten die Wissenschaftler hauptsächlich Interesse an den Zahlen der Neuinfizierten.
Antwort: Ja, eine Abfrage nach Wochentagen ist hilfreich. Angaben zu Quarantänefällen sind von sekundärem Interesse.

- Welche Daten sollen für die Klassen/Lerngruppen eingeholt werden?
Antwort: Es werden Angaben zur Art der etwaigen Einschränkung des Präsenzbetriebs benötigt. Es ist vor allem von Interesse, wie viele SchülerInnen und LehrerInnen genau von den Maßnahmen betroffen sind.

- Wie ist mit den bisherigen Erhebungen der Kommission für Statistik und den veröffentlichten Daten umzugehen? Dies ist gerade vor dem Hintergrund des unterrichtsorganisatorischen Interesses der Länder zu sehen, welches zu den aktuellen wöchentlichen Erhebungen der schulstatistischen Informationen zur COVID-19-Pandemie geführt hat. Nicht zu verkennen ist die Bedeutung dieser bereitgestellten Informationen der KMK für die Öffentlichkeit.

Antwort: Die auf <https://www.kmk.org/dokumentation-statistik/statistik/schulstatistik/schulstatistische-informationen-zur-covid-19-pandemie.html> verfügbaren statistischen Informationen werden von der AG weiter aufbereitet und interpretiert. Eine Veröffentlichung dieser Interpretationen erfolgt unter Berücksichtigung der Kommentare der Kommission für Statistik.

Vollständigkeit der erhobenen Daten

In der Auswertung der vorhandenen, von Schulbehörden zur Verfügung gestellte, Daten sowohl für WP 2 als auch für WP 3 zeigen sich erwartungsgemäß auch Herausforderungen. Diese betreffen insbesondere den Wunsch, mit diesen Daten auch Bevölkerungsvergleiche machen zu wollen. Hierfür ist die Vollständigkeit der zur Verfügung gestellten Daten hochrelevant. In den ersten Auswertungen zeigt sich aber in einigen Regionen eine deutliche Diskrepanz zwischen Zahlen von stattgefundenen SARS-CoV-2-Infektionen in der Statistik der KMK und den gemeldeten Fallzahlen aus den Meldedaten des RKI der schulrelevanten Altersgruppen. Diese Diskrepanzen werden aktuell mit den Ländern besprochen und erschweren Vergleiche mit der generellen Bevölkerung.

Weitere Auswertungsansätze in Umsetzung:

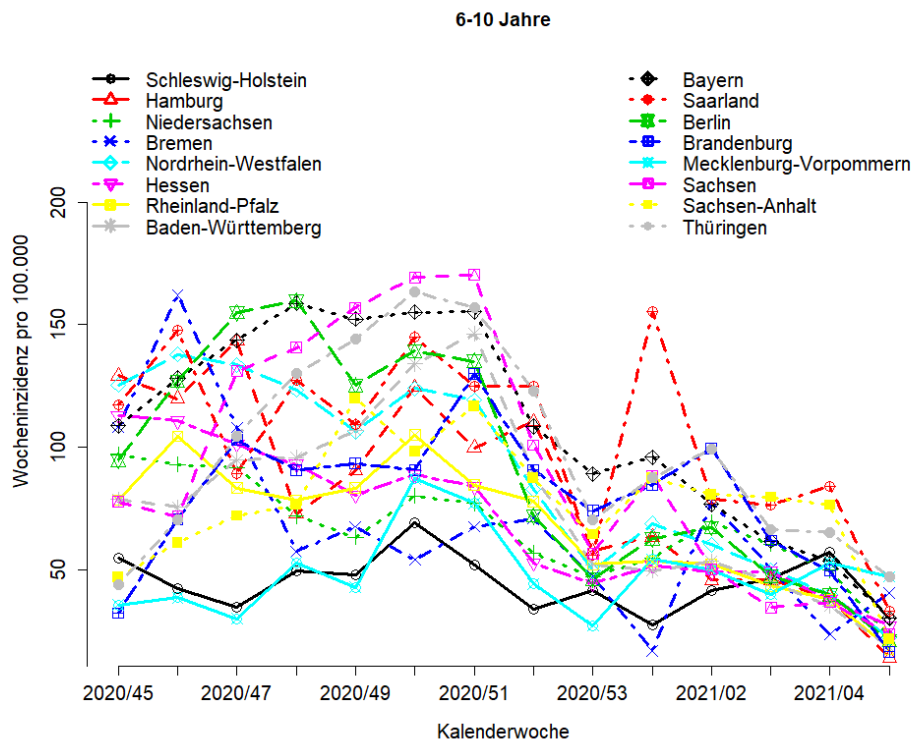
- Die bereits verfügbaren schulstatistischen Informationen sollen „ökologisch“ korreliert werden, z. B. die Anzahl der aktuellen Fälle (SchülerInnen/Lehrkräfte) und der Anteil der Schulen mit zumindest eingeschränktem Präsenzbetrieb im zeitlichen Verlauf.
- Auf Populationsebene werden in Abwesenheit neuer KMK-Berichte die zeitlichen Verläufe der wöchentlichen Länder-Inzidenzen nach Altersgruppen illustriert.
- Bei Verfügbarkeit feinerer Informationen (Zeit und Raum) sollen Verläufe mittels Kompartimenten modelliert werden (nicht-lineare gemischte Modelle).

Darstellung des Infektionsrisikos von SchülerInnen KW45/2020 bis KW 5/2021

Die Erhebung und Veröffentlichung von Zahlen zu Infektionen wurden von Seiten der KMK für den Berichtszeitraum ausgesetzt (siehe hierzu auch die Hinweise zur Datenerhebung). Es waren daher nur Beschreibungen des Infektionsverlaufs in den schulrelevanten Altersgruppen aus Meldedaten möglich.

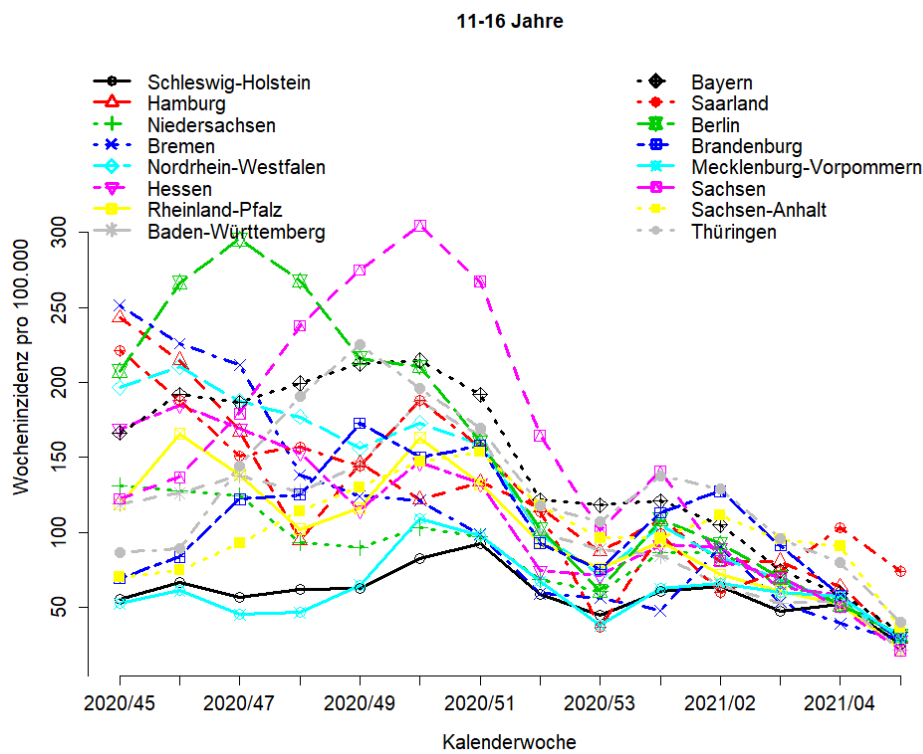
Abbildungen 3-6 illustrieren für den Zeitraum Kalenderwoche (KW) 45/2020 bis KW 5/2021 die wöchentliche Inzidenz an COVID-19-Fallmeldungen pro 100.000 Einwohner nach Altersgruppen, wobei grob unterschieden wird zwischen 6- bis 10-Jährigen, die in etwa der Grundschulpopulation entsprechen, 11- bis 16-Jährigen, die die Klassenstufen 5-10 repräsentieren, und 17- bis 19-Jährigen, die der gymnasialen Oberstufe und in etwa den Berufsschulen im Bereich der handwerklichen Berufe entsprechen. Alle anderen Altersgruppen werden in eine weitere Altersgruppe zusammengefasst, sind aber hier von nachrangiger Bedeutung und sollen nur das allgemeine Infektionsgeschehen darstellen.

Abbildung 3: Wöchentliche COVID-19-Inzidenz pro 100.000 Einwohner im Alter 6-10 Jahre nach Bundesland



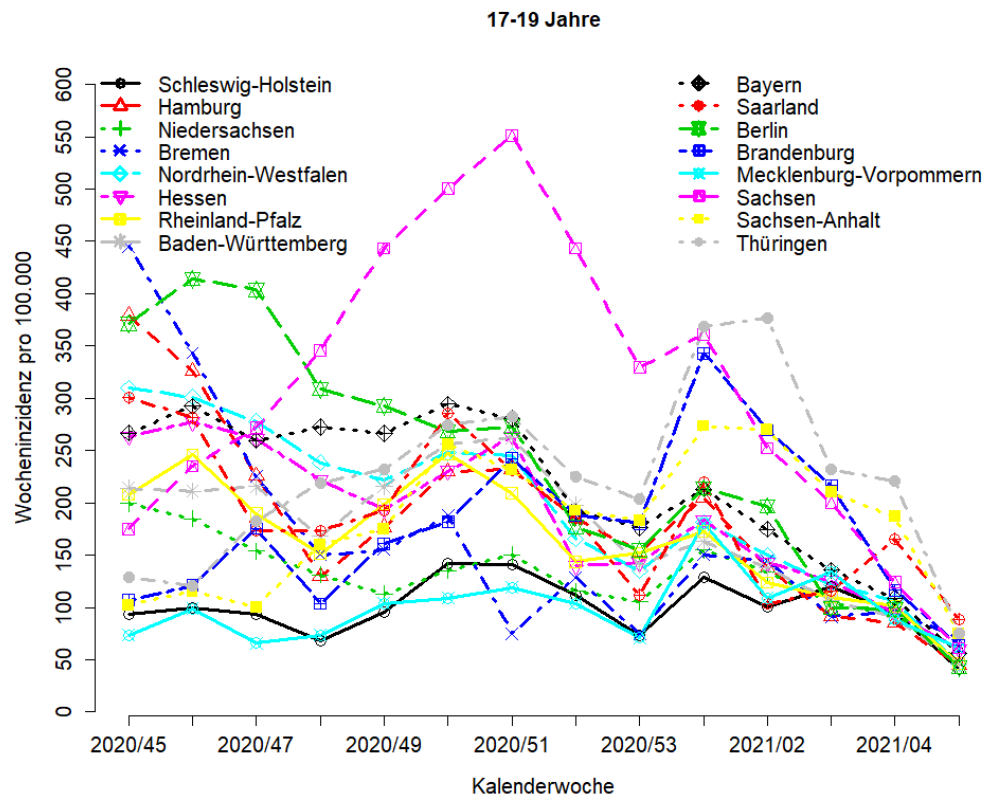
Quellen: SURVSTAT 2021; GENESIS-Online 2021; Eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 4: Wöchentliche COVID-19-Inzidenz pro 100.000 Einwohner im Alter 11-16 Jahre nach Bundesland



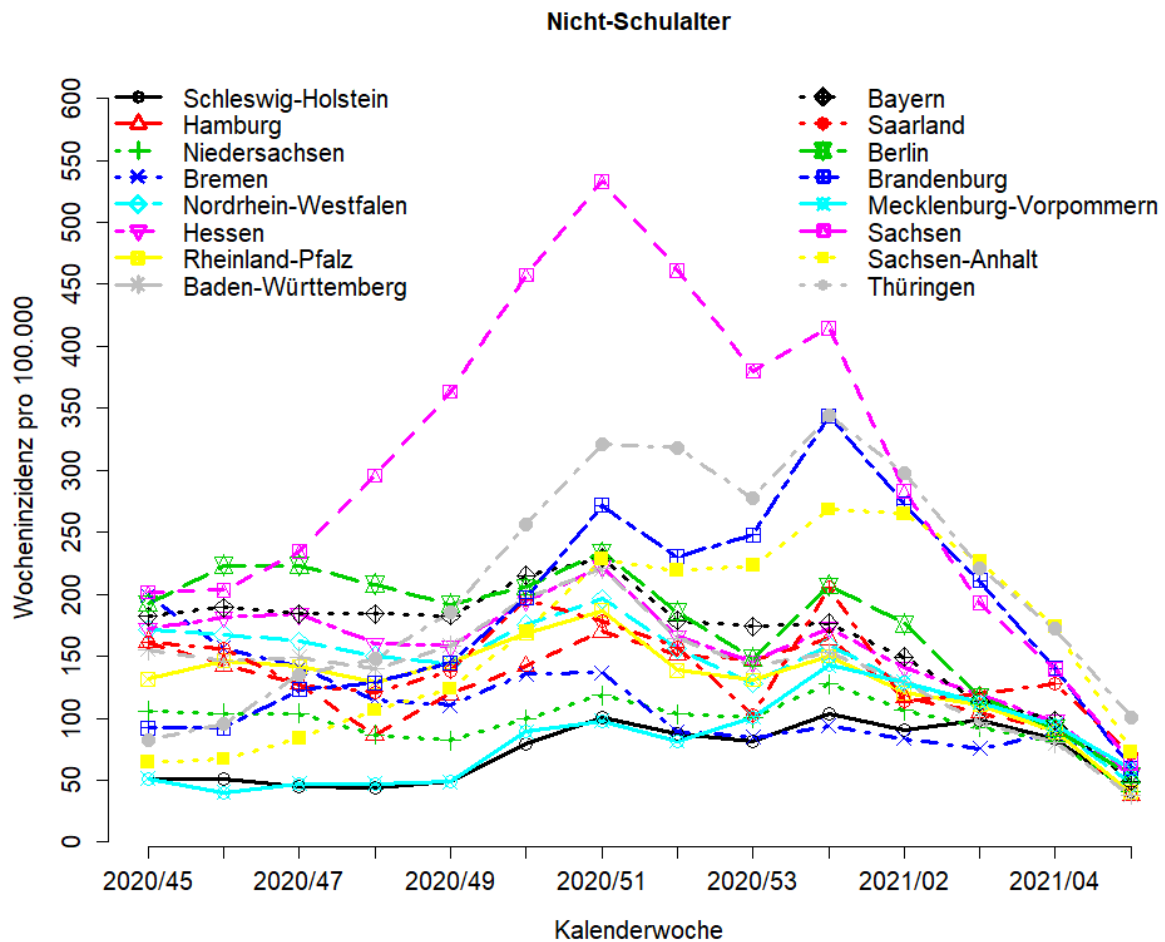
Quellen: SURVSTAT 2021; GENESIS-Online 2021; Eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 5: Wöchentliche COVID-19-Inzidenz pro 100.000 Einwohner im Alter 17-19 Jahre nach Bundesland



SURVSTAT 2021; GENESIS-Online 2021; Eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 6: Wöchentliche COVID-19-Inzidenz pro 100.000 Einwohner im Alter <6 oder >19 Jahre nach Bundesland



SURVSTAT 2021; GENESIS-Online 2021; Eigene Berechnung und Darstellung

Da sich der letzte Bericht bereits mit dem Infektionsgeschehen bis einschließlich KW 50/2020 auseinandergesetzt hatte, wird an dieser Stelle der Fokus auf den anschließenden Verlauf der Kurven gelegt.

Während die Entwicklungen zwischen KW 50 und KW 51/2020 ambivalent sind, ist seit KW 52 in den meisten alters- und länderspezifischen Gruppen ein abnehmender Trend an wöchentlichen Neuinfektionen festzustellen, mit einem zwischenzeitlichen Wiederanstieg in den ersten Wochen des neuen Jahres für die meisten Gruppen. Danach sind ein negativer Trend und eine Konvergenz der Infektionsraten zwischen den Ländern und den Altersgruppen feststellbar.

Wobei dies per se keine Implikationen der Einschränkungen im Lehrbetrieb auf die Infektionsrisiken der fraglichen Subpopulationen ergibt, lässt sich vermuten, dass das gesamte Maßnahmenbündel der gesellschaftlichen Einschränkungen zu sinkenden Infektionsraten in der Bevölkerung führt. Es sei darauf hingewiesen, dass schulspezifische Maßnahmen häufig parallel zu weiteren Einschränkungen

stehen, die jedoch nicht im Zusammenhang mit dem Schulbetrieb stehen. Daher sind Schlussfolgerungen zu den Effekten bestimmter schulischer Maßnahmen auf das Epidemiegeschehen allgemein nur sehr begrenzt möglich.

Genauere Analysen auf Basis der schulischen Maßnahmen ließen sich nur anstellen, wenn fortlaufende Berichte zum Infektionsgeschehen und den spezifischen schulischen Präventionsmaßnahmen auf kleinräumiger Ebene vorlägen.

Referenzen

GENESIS-Online 2021: "Bevölkerung: Bundesländer, Stichtag, Altersjahre. Fortschreibung des Bevölkerungsstandes: 31.12.2019." Verfügbar unter www-genesis.destatis.de, heruntergeladen am 12. Januar 2021.

SURVSTAT 2021. Robert Koch-Institut. Datenabfrage vom 08. Februar 2021 unter <https://survstat.rki.de>.

M 2.3 Halbjahresbericht (Februar bis Juli 2021)

In diesem Bericht setzen wir uns mit dem Infektionsgeschehen in den Schulen und der Population seit Ende Februar 2021 auf Bundeslandebene auseinander. Wir machen außerdem einen Vorschlag für die visuelle Darstellung (Dashboard) im Sinne eines kontinuierlichen Datenmonitorings, das sowohl von Entscheidungsträgern als auch von der Öffentlichkeit genutzt werden könnte. Dabei werden aktuelle Entwicklungen in den Landkreisen und Bundesländern beschrieben und Vorhersagen für mögliche zukünftige Entwicklungen illustriert.

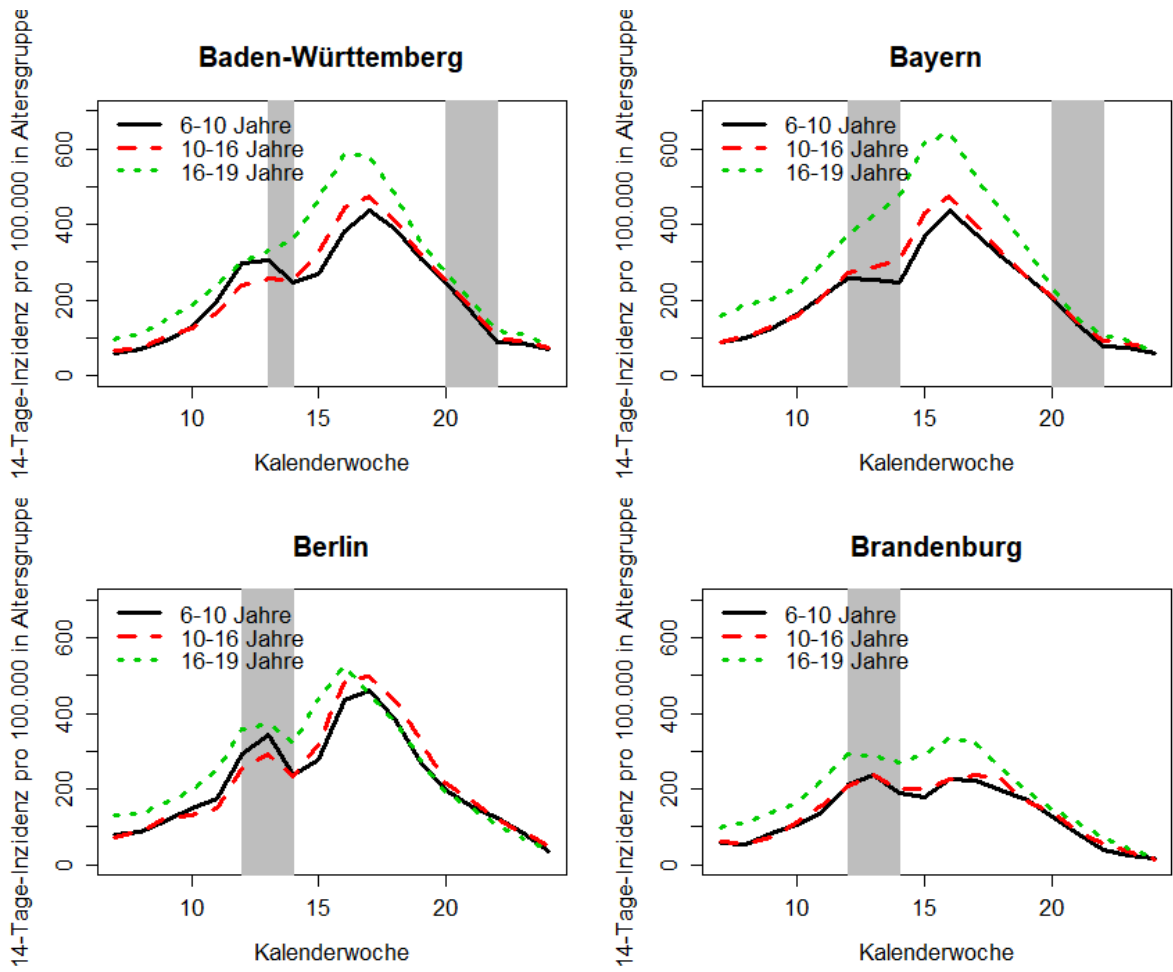
Infektionsgeschehen der letzten Monate

Die von der KMK erhobenen Daten zum Infektionsgeschehen in Schulen tendieren nach unseren bisherigen Analysen bis zum Einsatz von Teststrategien in den Schulen etwa zum Ende des ersten Quartals in Deutschland dazu, die Infektionszahlen zu unterschätzen, da neben einer möglichen Untererfassung der Fälle im Gegensatz zu den Daten des RKI keine nachträgliche Bereinigung und Korrektur der Daten erfolgt. Zudem bieten die KMK-Daten keine detaillierte Unterscheidung nach Klassenstufen/Altersgruppen für alle Bundesländer. Aus diesem Grund wird das Infektionsgeschehen unter SchülerInnen anhand der altersspezifischen wöchentlichen Fallzahlen des RKI approximiert. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich jeweils die Hälfte der 6- und 10-Jährigen sowie alle 7- bis 9-Jährigen in einer Grundschulausbildung befinden. Die 10- und 16-Jährigen werden jeweils hälftig, die 11- bis 15-Jährigen komplett der Schülergruppe „Unter- und Mittelstufe“ zugeordnet. Die 16- und 19-Jährigen werden je zur Hälfte mit allen 17- bis 18-Jährigen in einer Gruppe „Oberstufe und Berufsschule“ (OBS) betrachtet, wobei davon ausgegangen wird, dass alle Personen in dieser Altersgruppe entweder die gymnasiale Oberstufe besuchen oder eine duale dreijährige Berufsausbildung durchlaufen. Ein stichprobenartiger Vergleich detaillierterer Schuldaten aus dem Arbeitspaket 3 zeigt, dass diese Approximation die realen SchülerInnenzahlen recht gut annähert.

Die Differenzierung in drei Gruppen dient dazu, das Infektionsgeschehen in drei verschiedenen Schulformen/Altersklassen auf Unterschiede zu untersuchen.

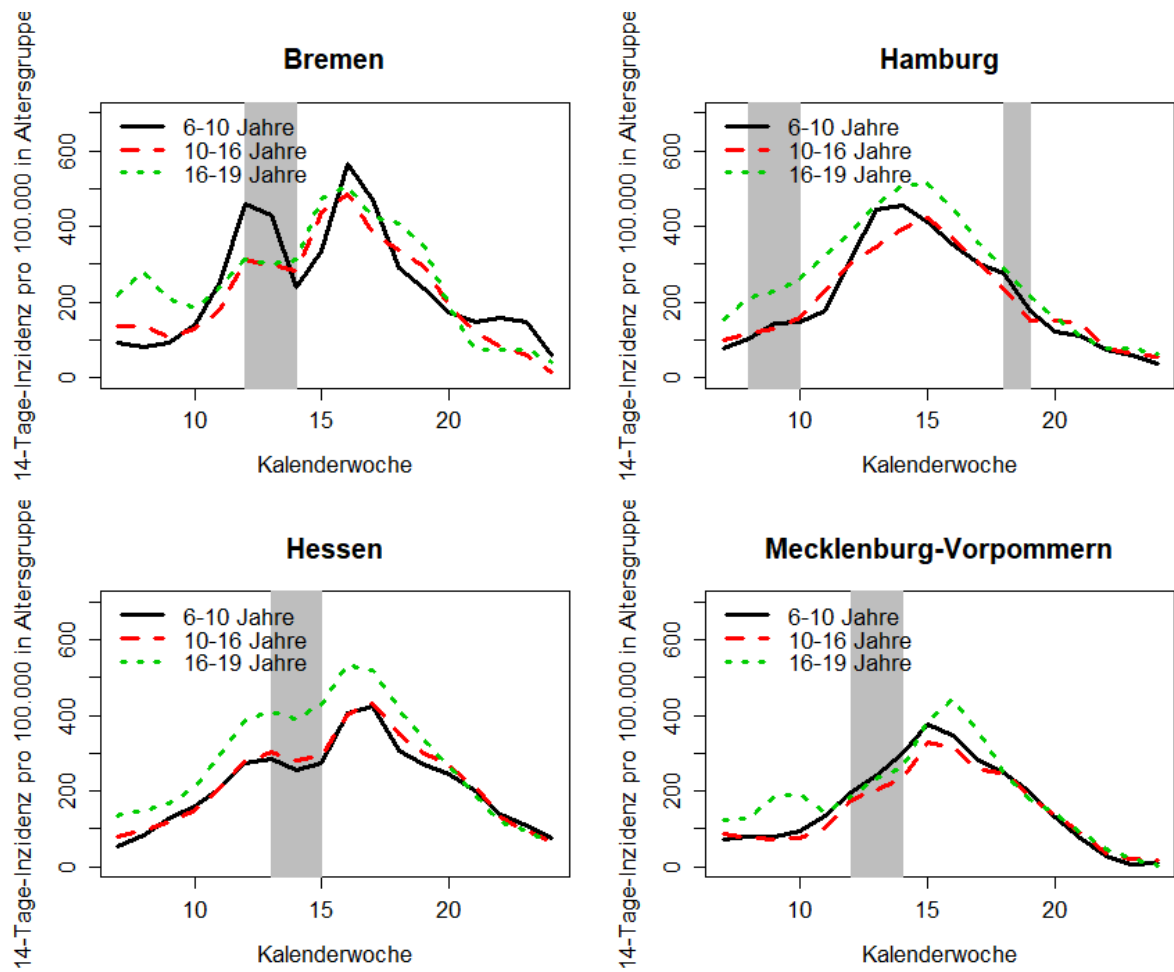
Die Abbildungen 7-10 zeigen die sich ergebenden Zeitreihen der 14-Tage-Inzidenz pro 100.000 Kinder in der fraglichen Altersgruppe über den Zeitraum KW 6-24/2021. Dabei ist bspw. der Wert in Berlin in KW 7 als die Inzidenz der Kalenderwochen 6 und 7 in Berlin zu verstehen. Die grau hinterlegten Zeitfenster repräsentieren Ferienzeiten.

Abbildung 7: 14-Tage-Inzidenz nach SchülerInnenengruppe



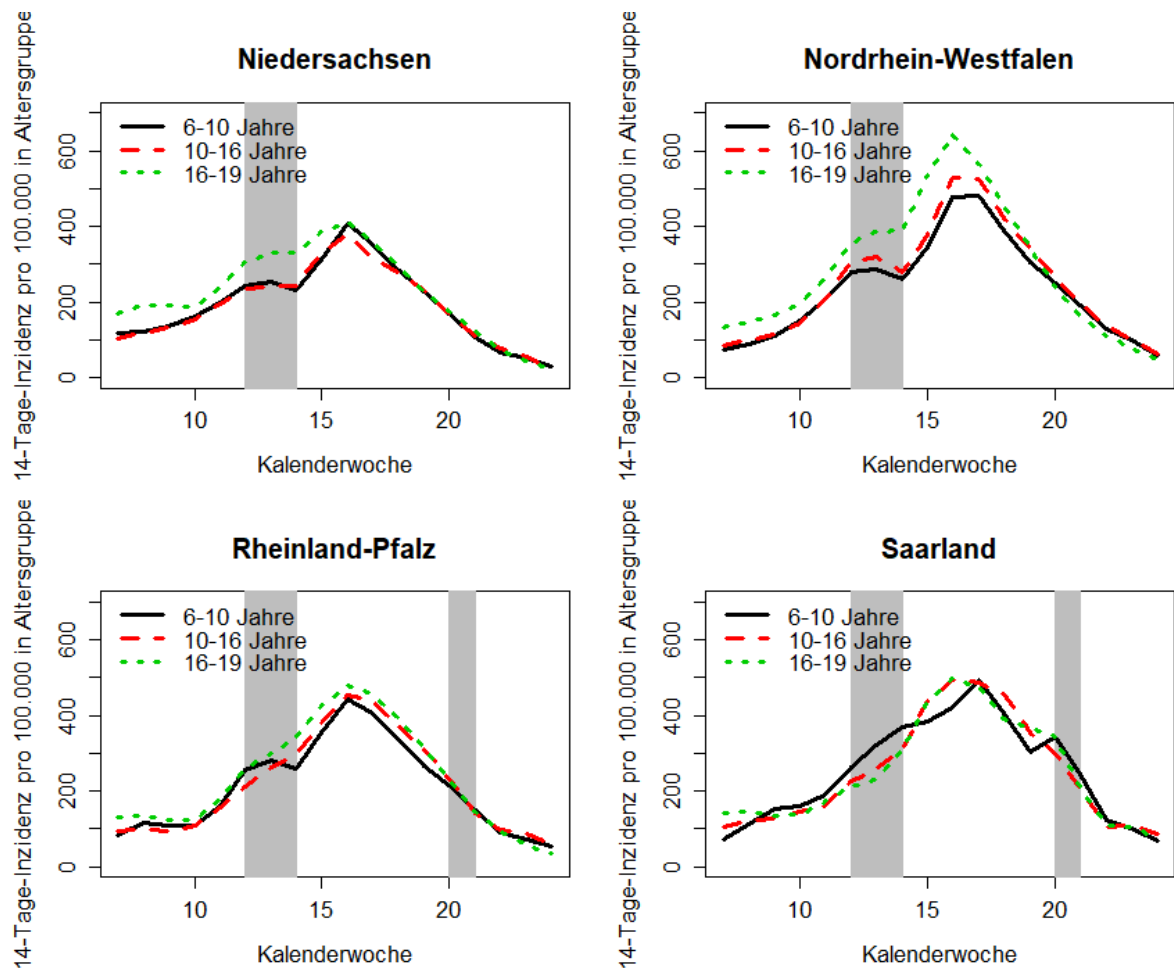
Quellen: GENESIS-Online 2021; SURVSTAT 2021; eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 8: 14-Tage-Inzidenz nach SchülerInnengruppe



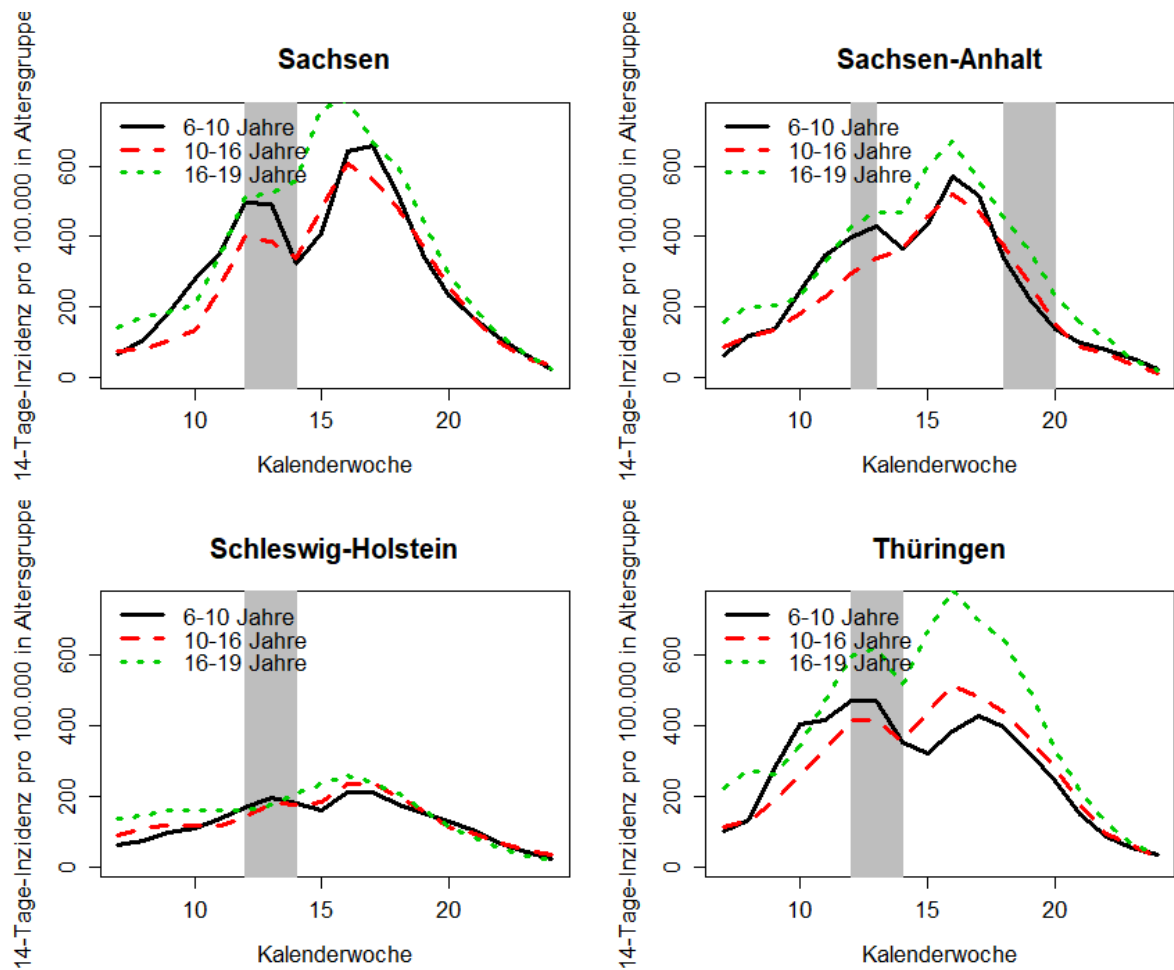
Quellen: GENESIS-Online 2021; SURVSTAT 2021; eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 9: 14-Tage-Inzidenz nach SchülerInnengruppe



Quellen: GENESIS-Online 2021; SURVSTAT 2021; eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 10: 14-Tage-Inzidenz nach SchülerInnengruppe

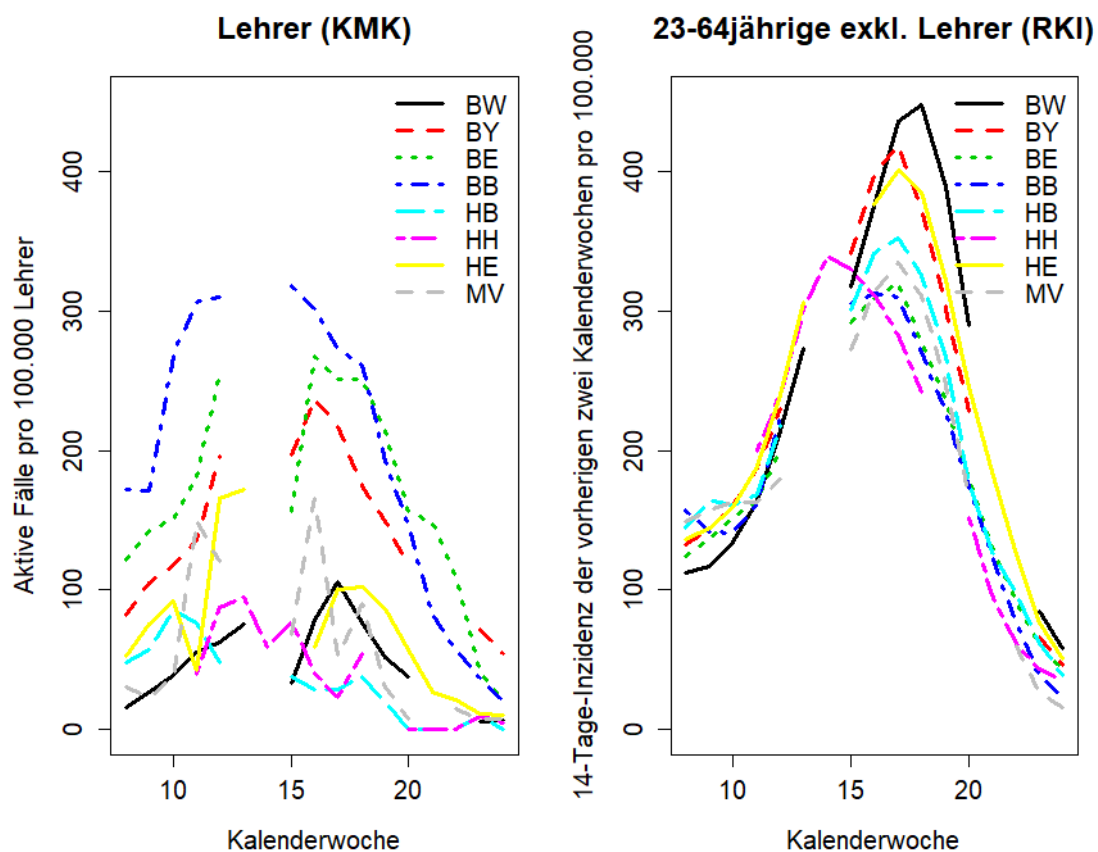


Quellen: GENESIS-Online 2021; SURVSTAT 2021; eigene Berechnung und Darstellung

Diese grafische Analyse soll nicht im Rahmen einer echten Zeitreihenanalyse verstanden werden, sondern lediglich einen qualitativen Eindruck der Infektionstrends geben. Insgesamt lassen sich – je nach Bundesland und Altersgruppe – steigende Inzidenzen bis KW 13/16 feststellen. Diese Entwicklung sei jedoch immer im Kontext mit national steigenden Testzahlen im gleichen Zeitraum (RKI 2021) bedacht, die auch mit höheren Detektionsraten einhergehen. Weiterhin wurden seit Anfang März nach und nach bundesweit Tests im schulischen Umfeld durchgeführt (KMK 2021a), die ebenfalls höhere Detektionsraten im Schulumfeld mit sich bringen dürften. Rein qualitativ scheinen die Osterferien in den meisten Bundesländern und über alle Altersgruppen hinweg eine Verringerung der Neuinfektionen oder zumindest eine Abschwächung der Infektionsdynamik mit sich gebracht zu haben. Ein ähnlicher Effekt der Pfingstferien ist aus den Daten eher nicht ersichtlich. Insgesamt ist die Inzidenz in der OBS-Gruppe fast durchgängig höher als in den zueinander sehr ähnlich verlaufenden jüngeren SchülerInnengruppen. Insbesondere die Gipfel in den Schulzeiten fallen stärker in der OBS-Gruppe aus.

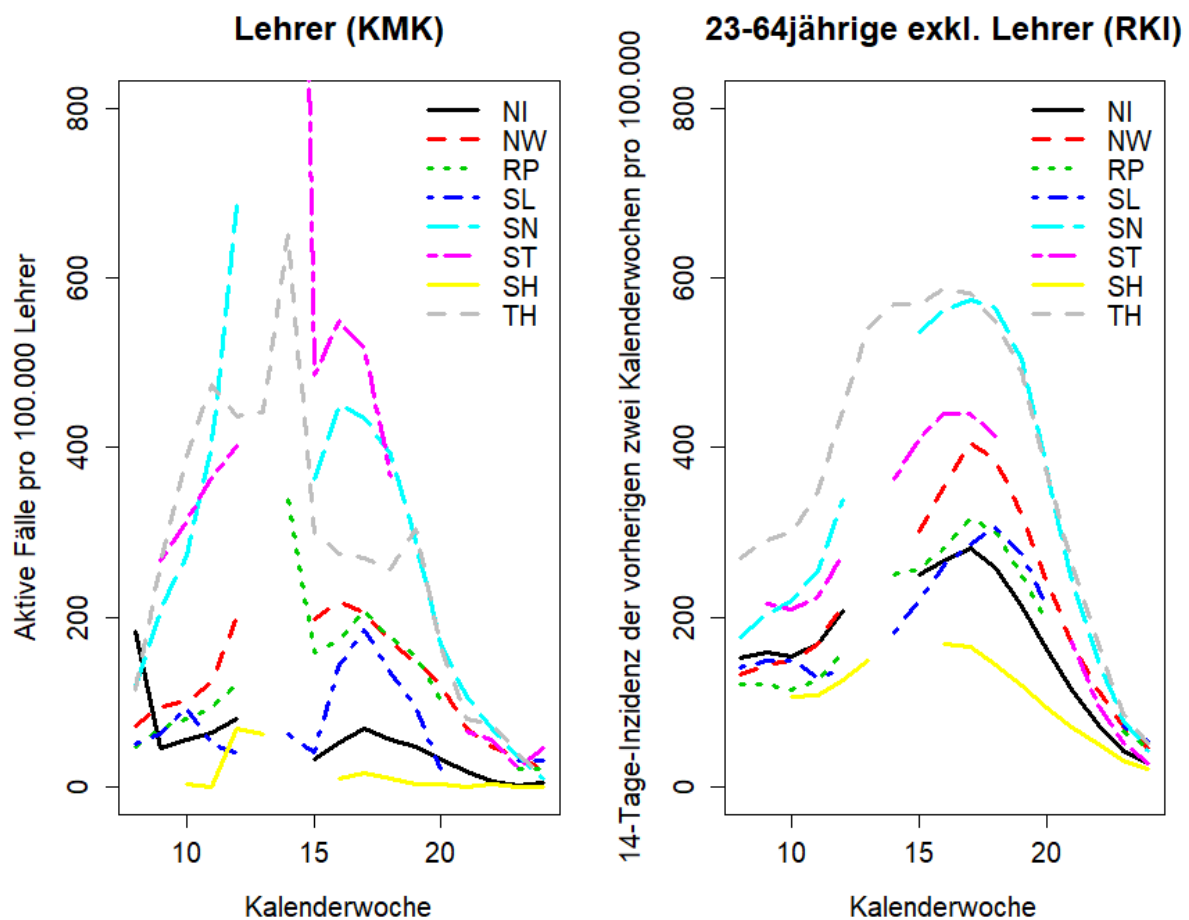
Für die Analyse des Infektionsgeschehens unter LehrerInnen wird auf die im früheren Bericht erläuterte Methodik zurückgegriffen, nach der die sich aus den KMK-Zahlen ergebenden Anteile an aktiv Erkrankten unter LehrerInnen mit der 14-Tage-Inzidenz der Kontrollgruppe kontrastiert werden, die sich als Differenz aus den 23- bis 64-jährigen Personen in der Population und den LehrerInnenzahlen ergeben. Die Ergebnisse werden in den Abbildungen 11 und 12 aufgetragen.

Abbildung 11: Vergleich zwischen dem Anteil an aktiv erkrankten LehrerInnen und der 14-Tage-Inzidenz der Kontrollpopulation



Quellen: GENESIS-Online 2021; KMK 2021b; SURVSTAT 2021; eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 12: Vergleich zwischen dem Anteil an aktiv erkrankten LehrerInnen und der 14-Tage-Inzidenz der Kontrollpopulation



Quellen: GENESIS-Online 2021; KMK 2021b; SURVSTAT 2021; eigene Berechnung und Darstellung

Brüche in den Zeitreihen zeigen fehlende Werte aufgrund fehlender Berichte oder nicht-vorhandener Beobachtungen in den Osterferien. Die in den Daten ablesbaren Entwicklungen korrelieren mit den Inzidenzen unter den SchülerInnen. Die Vergleiche zwischen Lehrkräften und Kontrollpopulation zeigen eine große Heterogenität zwischen den Bundesländern auf. Im Vergleich zu früheren Analysen ist jedoch für die meisten Bundesländer kein erhöhtes Infektionsrisiko unter Lehrkräften mehr erkennbar. Das gibt Anhaltspunkte dafür, dass in diesen Bundesländern auch die inzwischen in den Schulen etablierten Maßnahmenpakete, ebenso wie natürlich die erfolgten Impfungen bei LehrerInnen, Wirkung zeigen.

Verbesserung der Datenerhebung und Bestandsaufnahme der erfolgten Arbeit mit der Statistikkommission der KMK

Auf viele der Anfragen bezüglich weiterer Details in den Datenerhebungen wurde bereits von Seiten der KMK Statistikkommission eingegangen. Bezüglich der aktuell von der Kommission für Statistik

veröffentlichten und zur Verfügung gestellten Daten wären noch folgende Erweiterungen wünschenswert:

- **Regionale Daten** wurden erhoben und haben sich als sehr hilfreich in der Interpretation des Infektionsgeschehens erwiesen. Dies wurde aber nicht in den Herbst fortgeführt. Wir raten dazu, die regional detaillierte Aufnahme mindestens bis Frühjahr 2022 fortzuführen.
- Statt der aktuellen Fälle (SchülerInnen, Lehrkräfte) wären Angaben zu neuen Infektionen nicht-aktiver Fälle wünschenswert.
- Es fehlen Subgruppen, beispielsweise:
 - Alter der Lehrkräfte; hier insbesondere Lehrkräfte über 60
 - Schulform mit dem Ziel, Klassenstufen zu approximieren
- Die Berichte sollten wöchentlich durchgängig fortgeführt werden, auch bei kompletten Schulschließungen und während Ferienzeiten.
- Es sollte auf eine möglichst vollständige und konsistente Berichterstattung im Zeitverlauf gedrängt werden (viel Variation in den berichtenden Schulen vermeiden).
- Eine Ergänzung der Daten zu Lehrkräften mit Daten zu Betreuern und administrativem Schulpersonal wäre sinnvoll.
- Aus unserer Sicht wäre auch eine visuelle Darstellung der Daten auf öffentlichen Websites, die für die Öffentlichkeit verständlich ist und Maßnahmen vor Ort unterstützen kann, sinnvoll. Einen entsprechenden Vorschlag unterbreiten wir im folgenden Abschnitt.

Dashboard zum aktuellen Monitoring der Infektionssituation (Stand August 2021)

Was haben wir gemacht?

Das Hauptziel des WP 2 ist es, das aktuelle Monitoring der Infektionssituation in Schulen zu ermöglichen. Zu diesem Zweck wurde ein Dashboard aufgebaut, das die Infektions- und Quarantänesituation im Schulkontext sowohl auf Kreis- als auch auf Bundeslandebene visuell darstellt. Daneben fügen wir hier auf Bundeslandebene eine durch infektionsdynamische Modellierung (Beschreibung weiter unten) erstellte Vorhersage für die nächsten zwei Wochen zur Verfügung. Diese eignet sich insbesondere, um einen ungefähren Eindruck der möglichen Entwicklung, ohne dass sich Verhaltens- oder Maßnahmenänderungen ergeben, zu erhalten. Sie ist nicht als konkrete Vorhersage einer genauen Infektionsanzahl zu verstehen. Sie eignet sich auch, getroffene Maßnahmen retrospektiv der Entwicklung des Infektionsgeschehens zuzuordnen und so ggfs. jetzt gesammelte Erfahrungen in zukünftige Maßnahmen einfließen zu lassen.

Das Ziel dieses Dashboards wäre es, lokale und überregionale Entscheidungsträger in Entscheidungsprozessen zu unterstützen und die Öffentlichkeit zu informieren.

Dieses Dashboard ist aktuell nicht vollständig online, da die Landkreisdaten von Seiten der KMK vertraulich zur Verfügung gestellt wurden, könnte aber online verfügbar gemacht werden. Dies bräuchte ggfs. bei hoher Nutzung und dem Wunsch nach weiteren Verbesserungen oder Anpassungen zusätzliche Ressourcen. Eine Version im Aufbau zur weiteren Anpassung lässt sich unter <https://hzi-braunschweig.github.io/covid-schulen/> mit öffentlich verfügbaren Daten der KMK aus den Bundesländern einsehen.

Einschränkungen

Die Einschränkungen ergeben sich zum einen aus den verwendeten Daten und zum anderen aus den Unsicherheiten, die mit der Vorhersage aus infektionsdynamischen Modellen einhergehen. Ersteres betreffend haben wir insbesondere im Zweimonatsbericht dargestellt, dass die von den Schulbehörden erhobenen Daten in Teilen eine Unterschätzung der tatsächlichen Infektionen darstellen. Letzteres betreffend lässt sich sagen, dass die Unsicherheit der verwendeten Vorhersagen mit zunehmender Länge der Zeitperiode deutlich steigt. Vorhersagen von Infektionsfällen von mehr als zwei Wochen auf Basis dieses Modells werden daher aktuell von uns nicht gezeigt. Insbesondere bei geringen Infektionszahlen sind auch die darunterliegenden Vorhersagen mit hohen Unsicherheiten verbunden. Trotz der

genannten Einschränkungen sind wir der Auffassung, dass diese Simulationen eine Einschätzung der aktuellen Infektionssituation und -entwicklung unterstützen können.

Wie sieht das Dashboard in der ersten Version aus?

Wir möchten darauf hinweisen, dass es sich hier um eine erste Version handelt, die gerade dazu dienen soll, Veränderungen und zusätzliche Wünsche zu ermöglichen. Wir würden uns bemühen, diese dann umzusetzen. Ggfs. wäre eine Instandhaltung und die Entwicklung weiterer Module auch in Folgeprojekten möglich.

Grundsätzlich sind aktuell fünf Hauptkategorien vorgesehen:

1. SARS-CoV-2-Infektionen in Schulen
 - a. auf Kreisebene
 - b. auf Bundeslandebene
2. Quarantänesituation in den Schulen
 - a. auf Kreisebene
 - b. auf Bundeslandebene
3. Zeitlicher Verlauf des Infektionsgeschehens auf Kreisebene
4. Vorhersage von Infektionen unter SchülerInnen und Lehrkräften für die nächsten zwei Wochen auf Bundeslandebene
5. Übersicht relevanter Infektionsstatistiken für jeden Kreis

Zunächst – als Landingpage – möchten wir auf diesem Dashboard eine Übersicht über die deutschlandweite aktuelle Infektionssituation auf Kreisebene und Bundeslandebene geben (Abbildung 13). Hierbei ist es möglich, jeden Kreis einzeln auszuwählen. Daraufhin erfolgt eine Weiterleitung zur Darstellung der absoluten Infektions- und Quarantänezahlen des Kreises sowie des Verlaufs der vergangenen Wochen (Abbildung 14).

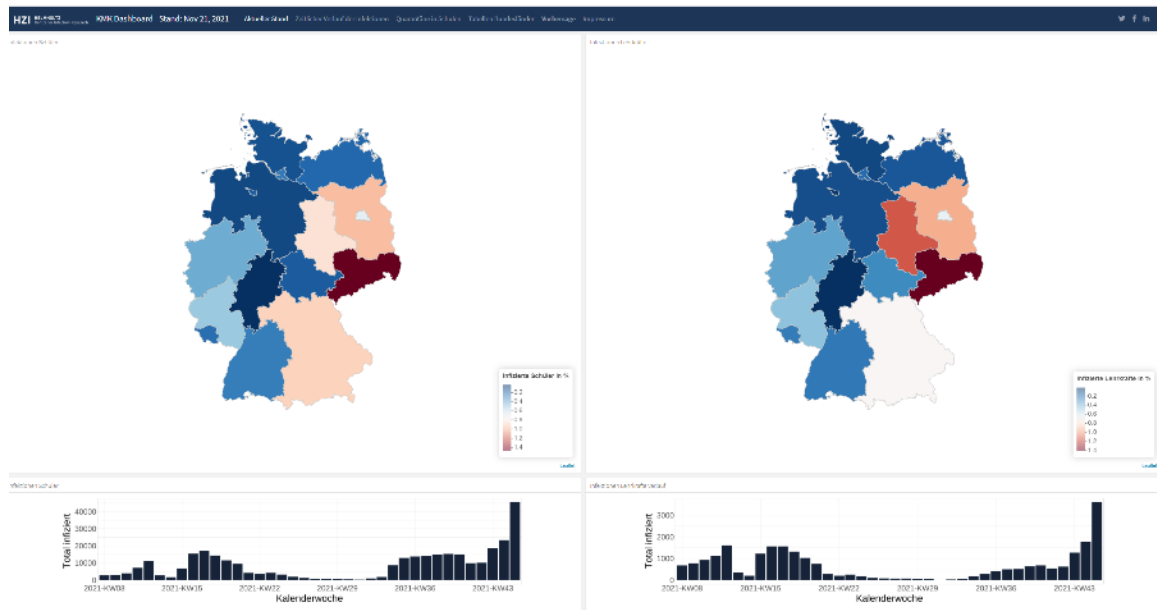


Abbildung 13: Dashboard - Darstellung des aktuellen Infektionsrisikos auf Bundeslandebene, dies ist auch auf Kreisebene möglich

Als zweite Hauptkategorie möchten wir auch die Quarantänesituation in den Schulen auf Kreisebene darstellen. In ähnlicher Weise stellen wir dies sowohl als Deutschlandkarte als auch im Rahmen der einzelnen Kreisdarstellungen dar.

Als dritte Kategorie soll ein aktueller zeitlicher Verlauf der landkreisgenauen Infektionsrisiken für SchülerInnen und Lehrkräfte über die vergangenen Wochen dargestellt werden (Abbildung 16).

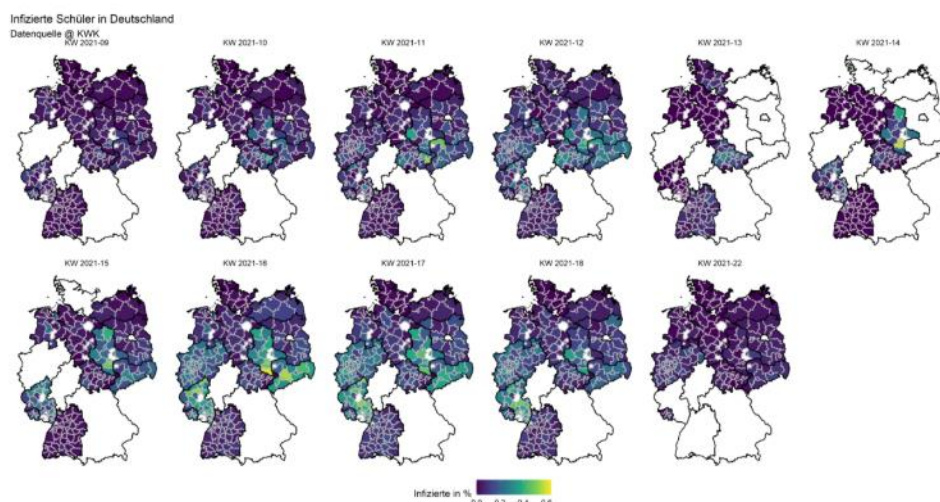


Abbildung 14: Verlauf der Infektionsrisiken über die Zeit auf Kreisebene. Weiße Flächen kommen durch Lücken in der Datenerhebung zustande.

Weiterhin soll es auf Bundeslandebene möglich sein, einen Eindruck der in den nächsten zwei Wochen zu erwarteten Infektionszahlen bei Lehrkräften und SchülerInnen zu bekommen. Hierfür wird eine Vorhersage aus dem unten dargestellten infektionsdynamischen Modell integriert (Abbildung 15).

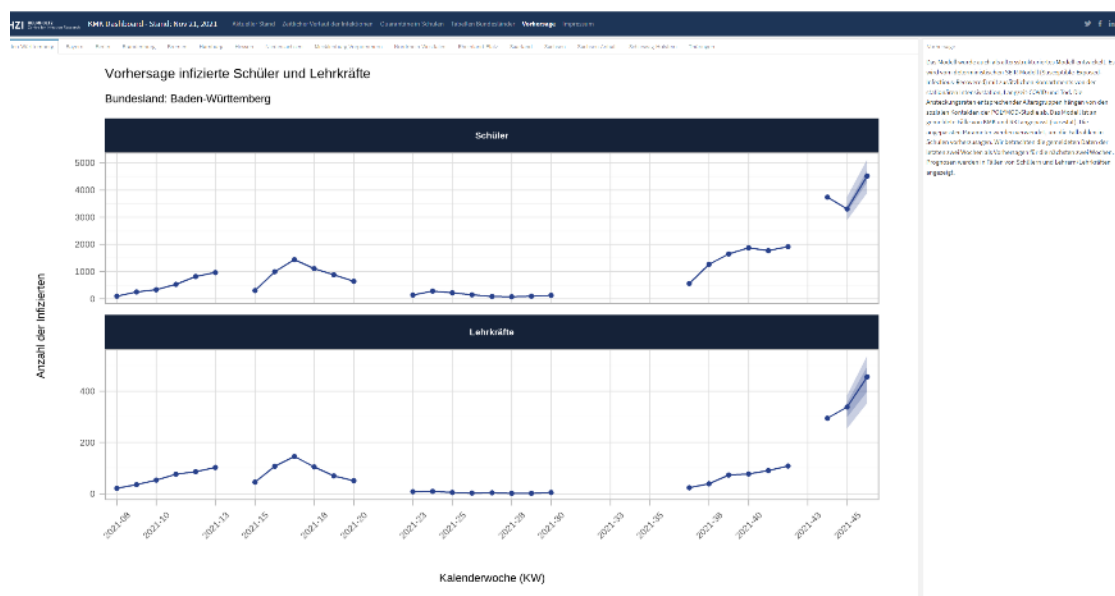


Abbildung 15: Beispiel für die Vorhersage auf Bundeslandebene in Baden-Württemberg, grauer Bereich betrifft die Vorhersage mit Unsicherheitsintervall. Blaue Punkte und Linien sind die tatsächlichen von der KMK erhobenen Daten zu infizierten SchülerInnen und LehrerInnen in Baden-Württemberg.

Letztendlich soll auch eine schnelle Suche nach einem Kreis möglich sein, hierfür wurde die fünfte Kategorie gebildet, die es erlaubt, einzelne Kreise und ihre Parameter anzusehen.

Quellen

BMBF 2021: „Gesamtübersichten und Strukturdaten.“ Daten verfügbar unter: <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/K0.html>, Zugriff am 30. Juni 2021.

DIVI 2021: DIVI-Intensivregister. Daten verfügbar unter: <https://www.intensivregister.de/#/aktuelle-lage/zeitreihen>, Zugriff am 12.05.2021.

GENESIS-Online 2021: "Bevölkerung: Bundesländer, Stichtag, Altersjahre. Fortschreibung des Bevölkerungsstandes: 31.12.2020." Daten verfügbar unter www-genesis.destatis.de, Zugriff am 24. Juni 2021.

KMK 2021a: „Länderumfrage zu den Testungen.“ Daten von der KMK am 27.04.2021 zur Verfügung gestellt.

KMK 2021b: "Aktuelle Zahlen der Schulen zur Covid-19-Lage nach Ländern 8.– 24. Kalenderwoche 2021." Kultusministerkonferenz. Daten verfügbar unter: <https://www.kmk.org/dokumentation-statistik/statistik/schulstatistik/schulstatistische-informationen-zur-covid-19-pandemie.html>, Zugriff am 24.06.2021.

Mossong, J.; Hens, N.; Jit, M. et al. 2008: "Social Contacts and Mixing Patterns Relevant to the Spread of Infectious Diseases." *PLoS Medicine* 5(3): 1.

RKI 2021: „Tabellen zu Testzahlen, Testkapazitäten und Probenrückstau pro Woche (23.06.2021).“ Zugriff am 24.06.2021. Daten verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Testzahl.html, Zugriff am 25.06.2021.

Rodiah, I.; Vanella, P.; Kuhlmann, A.; Bock, W.; Lange, B. o.J.: "Age-specific Contribution of Contacts to Transmission of SARS-CoV-2 in Germany." [In Erstellung].

SURVSTAT 2021: Robert Koch-Institut. Daten verfügbar unter: <https://survstat.rki.de>, Zugriff am 24.06.2021.

M 2.3 Kommentar zum Zeitraum von Juli bis Oktober 2021

Wie bekannt, ist die Berichtspflicht laut Meilensteinen des COVID-Schulen Projektes mit dem Halbjahresbericht grundsätzlich für das WP 2 erfolgt. Da es aber zwischen Juli und Oktober 2021 durchaus relevante Entwicklungen gab, möchten wir gern eine sehr kurze Beschreibung und Kommentierung der aktuellen relevanten infektionsepidemiologischen Entwicklungen sowie einen Ausblick geben.

Zum einen möchten wir die oben (Halbjahresbericht) dargestellten vergleichenden Infektionsrisiken von LehrerInnen und SchülerInnen noch einmal für einen etwas längeren Zeitraum darstellen. Wir haben dafür die Daten der Länder zu den aktiven Infektionen von SchülerInnen und LehrerInnen noch einmal als Verhältnis (Ratio) des Infektionsrisikos von LehrerInnen und SchülerInnen zum Infektionsrisiko der Allgemeinbevölkerung in Zeiträumen der 2. (KW46-50) und 3. Welle (KW 8-23) sowie den Zeitraum danach (KW 24 und 40) dargestellt (Abbildung 16 und 17). Hierfür wurden die Daten der Erhebung der Länder auf Bundeslandebene verwendet. Während LehrerInnen in der 2. Welle ein deutlich erhöhtes Risiko im Vergleich zur Bevölkerung hatten, war dies in der 3. Welle nicht mehr in allen Bundesländern der Fall und im Zeitraum danach drehte sich dieses Verhältnis in den

meisten Bundesländern um. Bei den SchülerInnen (entsprechend der hier niedrigen Impfquote) ist der Verlauf umgekehrt – eher kein erhöhtes Infektionsrisiko während der 2. und 3. Welle im Vergleich zur Bevölkerung und in der Zeit danach deutlich erhöhte Infektionsrisiken im Vergleich zur Bevölkerung

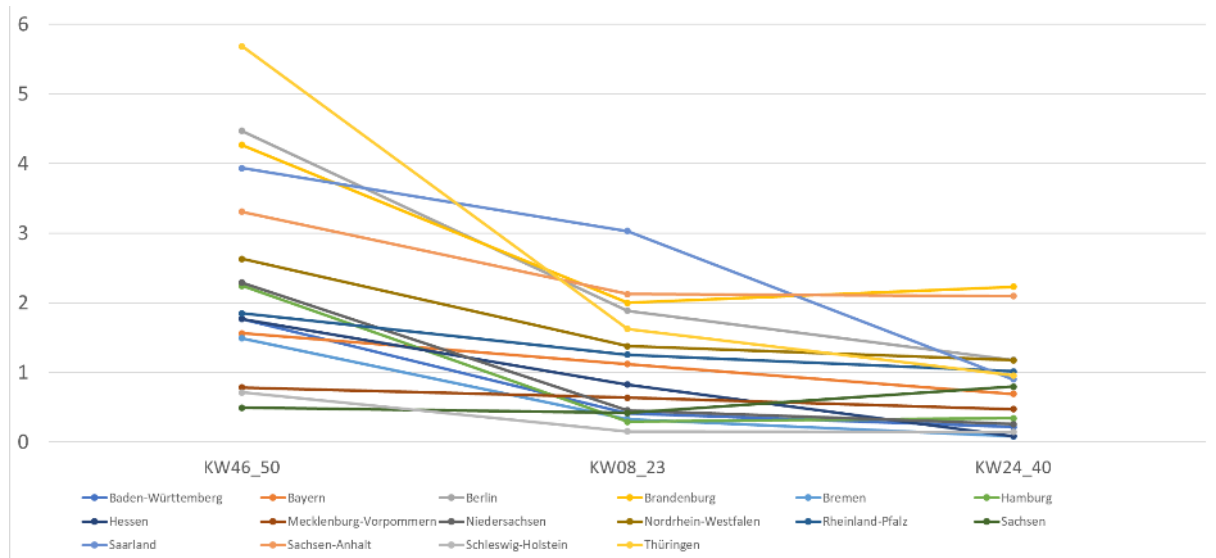


Abbildung 16 Dargestellt ist das Ratio (Verhältnis) zwischen Infektionsrisiko der LehrerInnen und der Bevölkerung in den entsprechenden Zeiträumen. Wenn dieses Ratio bei 1 ist ist das Infektionsrisiko gleich dem der Bevölkerung, liegt es darüber ist es erhöht

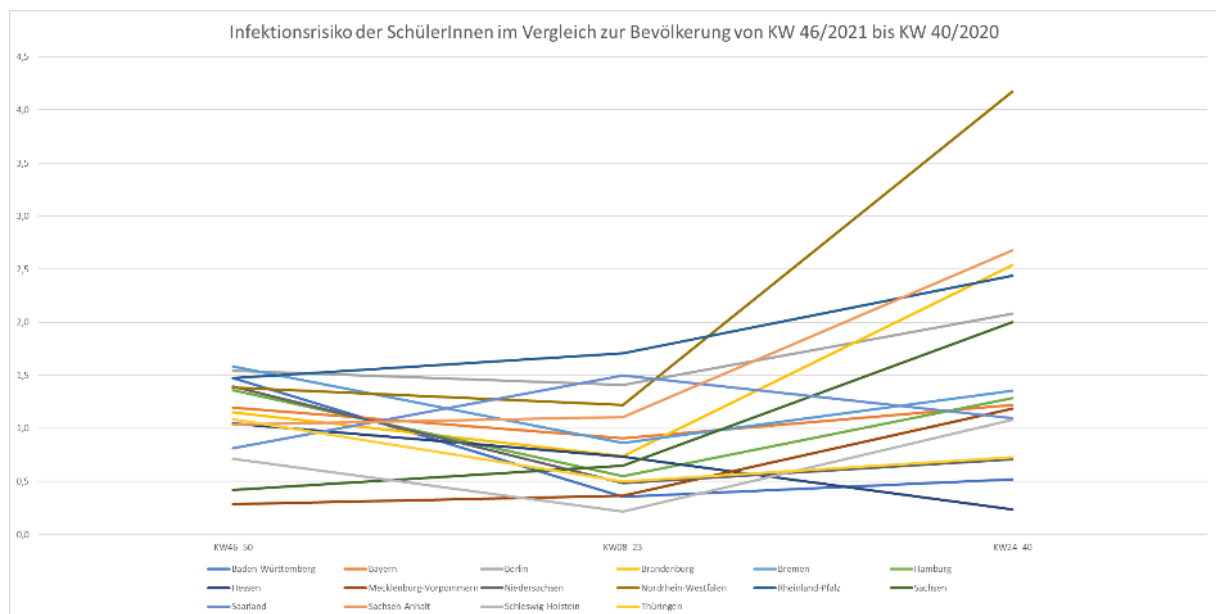


Abbildung 17 Dargestellt ist das Ratio (Verhältnis) zwischen Infektionsrisiko der SchülerInnen und der Bevölkerung in den entsprechenden Zeiträumen. Wenn dieses Ratio bei 1 ist ist das Infektionsrisiko gleich dem der Bevölkerung, liegt es darüber ist es erhöht

Weiterhin sehen wir deskriptiv auf altersspezifische Inzidenzen pro 100.000 Kinder und Jugendliche separat in den Altersgruppen 6-10 Jahre (weitgehend Grundschule) und 11-17 Jahre (weitgehend

weiterführende Schule) in den unterschiedlichen Bundesländern und auf die Entwicklung nach Beginn der Sommerferien bis 8-10 Wochen nach Beginn der Sommerferien (Abbildung 18-21).

Auffallend ist zunächst, dass es in einigen Bundesländern in beiden Altersgruppen mit der Woche des Schulbeginns oder 1-2 Wochen danach zu einem starken Anstieg der Inzidenzen kommt – häufig im Sinne einer Verdopplung der Inzidenzen aus der Woche vor Schulbeginn. Dieser initiale Anstieg entspricht am ehesten - zumindest in Teilen - einem Testeffekt und der Ausleuchtung der Dunkelziffer, da in den meisten Bundesländern Teststrategien nach den Sommerferien etabliert waren. In einigen Bundesländern (siehe z. B. NRW, Bremen, Hessen) kommt es dann innerhalb von 3-5 Wochen zu einem Peak der Neuinfektionen sowohl bei den Kindern als auch bei den Jugendlichen. Danach erfolgt in diesen Bundesländern ein Abfall oder zumindest eine Stabilisierung der entsprechenden Infektionszahlen (). In anderen Bundesländern dagegen (Thüringen, Bayern, Baden-Württemberg, Sachsen, Saarland) ist eine Stabilisierung nicht eingetreten und es wurden deutliche bis sehr starke Anstiege der altersspezifischen Inzidenzen sichtbar. Hierunter sind auch Bundesländer, die hohe Abweichungen von der S3-Leitlinie im Herbst und Winter bereits durchgeführt oder diese angekündigt haben (z. B. Thüringen, Sachsen, Bayern). Weiterhin gehen gemeldete Infektionen bei Kindern und Jugendlichen mit für diese Altersgruppe bekannten Hospitalisierungsquoten einher, wie auch im vergangenen Jahr (RKI, Tabelle Klinische Aspekte 2021).

Gleichzeitig zeigen sowohl die aktuellen Daten aus der Atemwegssurveillance des RKI (influenza.rki.de), der Laborsurveillance von europäischen Laboren (<https://clinical-virology.net/de>) sowie die Meldedaten aus Sachsen einen Anstieg von Infektionen mit dem RS-Virus. Insbesondere das Respiratorische Synzytial-Virus (RSV) führt aktuell zu einer Vielzahl von auch schwer verlaufenden Infektionen mit notwendigen Krankenhausaufenthalten insbesondere bei Krippen- und Kindergartenkindern. Dies ist eine erwartbare infektionsepidemiologische Entwicklung, da es insbesondere bei der Erstinfektion mit RSV, die normalerweise im Alter bis zwei Jahre stattfindet, zu schweren Verläufen kommt. Diese Erstinfektionen haben aber im letzten Jahr durch die nicht-pharmazeutischen Maßnahmen nicht stattgefunden und werden jetzt nachgeholt.

Zusammengenommen mit hohen Infektionszahlen durch SARS-CoV-2 bei Kindern sowie einer möglichen und aktuell noch nicht einschätzbaren Influenzasaison, stellt dies eine bereits merkbare, aber in ihrer Ausprägung für die kommenden Wochen und Monate schwer vorhersagbare Belastung sowohl der ambulanten als auch der stationären pädiatrischen Gesundheitssysteme dar.

Aus unserer Sicht ergeben sich hieraus für Entscheidungen im Hinblick auf Schulen in den kommenden Wochen und Monaten folgende Empfehlungen:

1. Abweichungen von den Maßnahmen der S3-Leitlinie entsprechend der Infektionssituation sollten weiterhin möglichst nicht erfolgen und etablierte Teststrategien in Schulen ebenfalls bis in das Frühjahr hinein nicht verlassen werden.
2. Regional hohe altersspezifische Inzidenzen für SARS-CoV-2 sollten möglichst durch die Befolgung oder Wiedereinführung der in der S3-Leitlinie genannten Maßnahmen, inklusive der Reduktion von Lerngruppen und Maskenpflichten, Teststrategien sowie die möglichst breite Impfung der Menschen in und um die Schule herum reduziert werden.
3. Regional und auch in den Bundesländern sollten die Schul- und die Gesundheitsbehörden in enger Zusammenarbeit einen möglichst guten Überblick nicht nur über die Infektionssituation durch SARS-CoV-2, sondern auch über die gesamte Belastung der ambulanten und stationären pädiatrischen Gesundheitssysteme haben, um bei Überlastungen des pädiatrischen Gesundheitssystems ggfs Maßnahmen ergreifen zu können.

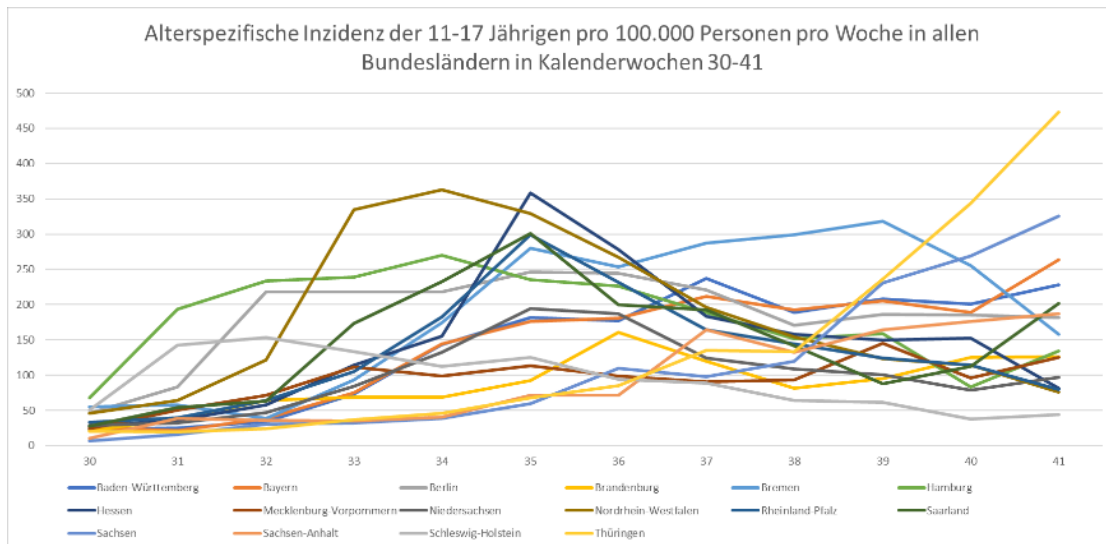


Abbildung 18: Altersspezifische Inzidenz der 11-17-Jährigen pro 100.000 Personen pro Woche in allen Bundesländern in den Kalenderwochen 30-41

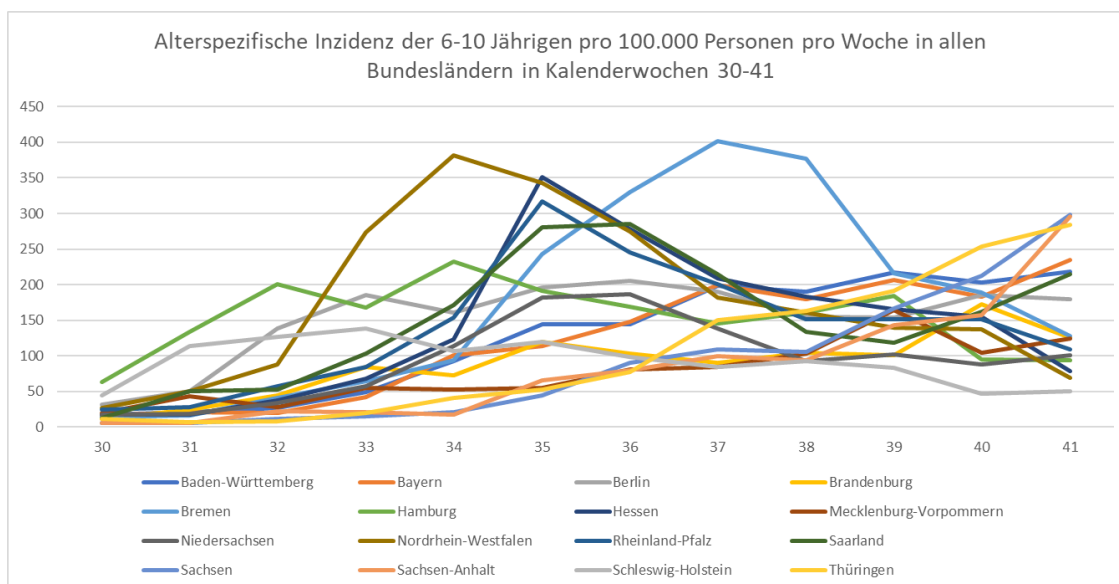


Abbildung 19: Altersspezifische Inzidenz der 6-10-Jährigen pro 100.000 Personen pro Woche in allen Bundesländern in den Kalenderwochen 30-41

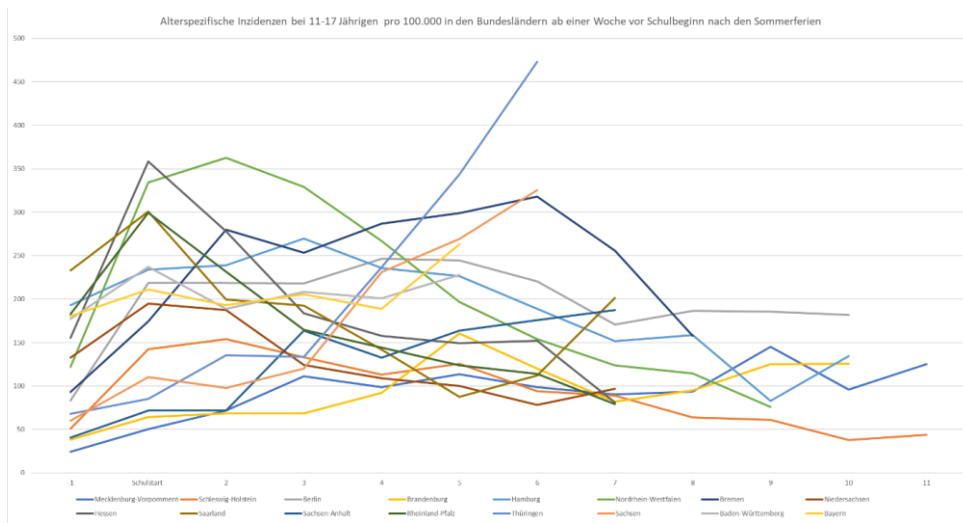


Abbildung 20: Altersspezifische Inzidenz der 11-17-Jährigen pro 100.000 Personen pro Woche in allen Bundesländern ab einer Woche vor Schulbeginn nach den Sommerferien

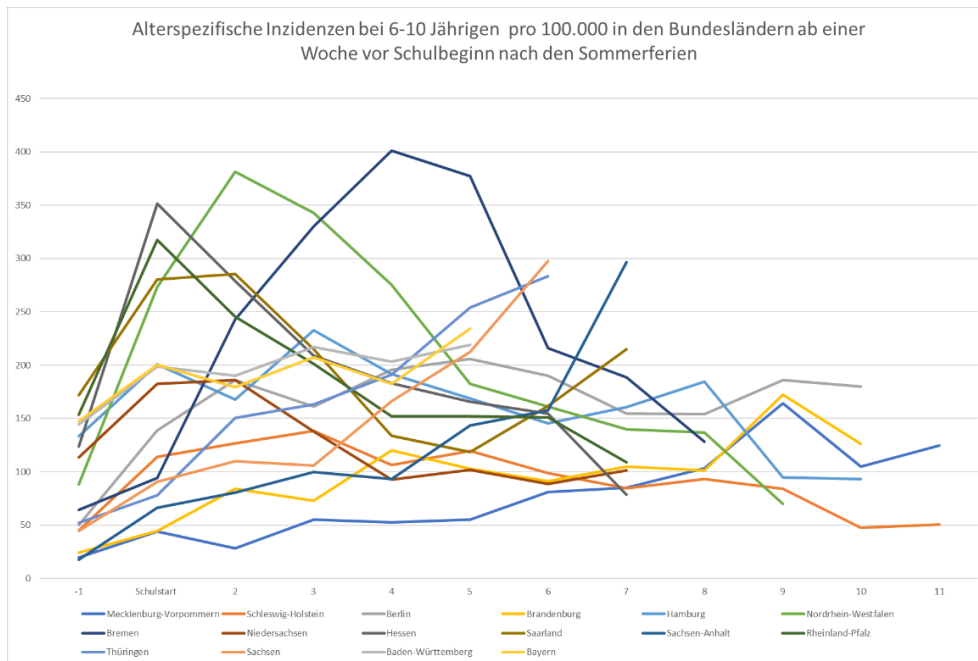


Abbildung 21: Altersspezifische Inzidenz der 6-10-Jährigen pro 100.000 Personen pro Woche in allen Bundesländern ab einer Woche vor Schulbeginn nach den Sommerferien

WP 3 – Infektions- und Übertragungsrisiko im und durch den Schulkontext

Erreichte Meilensteine: M 3.1 Votum der Ethikkommission, M 3.2 Datenerhebung, M 3.3 Auswertung

M 3.1-3.3 Analyse des Infektions- und Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 im Schulkontext aus Daten der Gesundheitsämter und Landesministerien (Stand Oktober 2021, update zum 3. Zwischenbericht aus August 2021)

Was haben wir gemacht?

Wir haben Daten aus drei Quellen analysiert:

Zum einen führten wir eine retrospektive Beobachtungsstudie mit prospektiv erhobenen SARS-CoV-2-Infektionsfalldaten von Gesundheits- und Bildungsbehörden in Deutschland (ethische Genehmigung N°9609_BO_K_2021, Hannover) aus 5 Regionen durch (siehe auch Anhang 6). Die Falldaten werden von den Gesundheitsbehörden nach dem Infektionsschutzgesetz (IfSG) gemeldet. Die Definition der Fälle erfolgt durch direkten Virusnachweis über Nasopharyngealabstriche mittels PCR oder durch kulturelle Isolierung des Erregers.

Zweitens wurden die von der Kultusministerkonferenz (KMK) erhobenen Daten verwendet. Die Daten wurden von den Landes- und Bundesbehörden in strukturierter Form bei den Schulen erhoben und betreffen die Anzahl der infizierten oder wegen Quarantäne abwesenden Schüler, Klassen und Lehrkräfte sowie die Schulschließungen. Daten auf Landesebene wurden ab der Kalenderwoche 46 2020 öffentlich zugänglich gemacht, wobei Schulschließungen nicht berücksichtigt wurden. Darüber hinaus erhielten wir unveröffentlichte Daten auf Kreisebene zu denselben Parametern, wie in Anhang 6 dargestellt.

Drittens wurden die Meldedaten des Robert-Koch-Instituts (RKI) verwendet und als Inzidenz pro 100.000 Einwohner angegeben.

In der retrospektiven Beobachtungsstudie haben wir die prospektiv erhobenen SARS-CoV-2-Infektionsmeldedaten ausgewählter Gesundheitsämter und Landesministerien in Deutschland retrospektiv ausgewertet. Die Fallmeldedaten, die von Februar 2020 bis Mai 2021 gesammelt wurden, werden zur Beantwortung der Studienfragen verwendet. Bei den ausgewählten Schul- und Gesundheitsbehörden wurden unterschiedliche geographische, infektionsepidemiologische und ordnungspolitische Regionen ausgewählt.

Das übergeordnete Ziel dieser retrospektiven Beobachtungsstudie war es, das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2 bei Kindern und Jugendlichen sowie Schulpersonal mit der Allgemeinbevölkerung über das Jahr zu vergleichen. Ebenso zielte diese Studie darauf ab, herauszufinden, wie hoch der Anteil der Übertragung in der Gesamtbevölkerung ist, der die SchülerInnen und das Schulpersonal betrifft. Schließlich sollte untersucht werden, ob Landkreise mit unterschiedlichen Infektionsschutzmaßnahmen unterschiedliche Infektionsrisiken und Transmissionsrisiken für SchülerInnen oder LehrerInnen aufweisen.

Das positive Votum der MHH Ethikkommission vom 16.02.2021 findet sich in Anhang 5. Dieses basiert auf einem eingereichten Studienprotokoll und Datenschutzkonzept sowie auf der Beratung durch den Datenschutzbeauftragten.

Lokale Gesundheitsämter haben zur Bewältigung der Pandemie und Übersicht über das örtliche Infektionsgeschehen zu spezifischen Bereichen detailliertere Daten gesammelt, welche nicht meldepflichtig sind und so nur dem örtlichen Gesundheitsamt direkt vorliegen. Von den ca. 400 lokalen Gesundheitsämtern wurden daher zwischen Februar und Mai 2021 ca. 15 %, gleichmäßig über Bundesländer und urbane/rurale Bevölkerungsprofile verteilt, kontaktiert. Limitierungen zur Teilnahme waren eine ausbleibende Rückmeldung, fehlende Kapazitäten durch die hohe Auslastung insbesondere im Spätfrühling, ein Mangel an designierten Datensammlungen zum Infektionsgeschehen an Schulen sowie eine Teilnahme an anderen Projekten.

Entsprechend des Ethikantrages und des Datenschutzkonzeptes wurden diese Daten bei den Gesundheitsämtern anonymisiert und von uns anonymisiert ausgewertet.

Die deskriptive Analyse des Infektionsrisikos für Schüler und Lehrer wurde als kumulative Risiken für bestimmte Zeiträume mit 95 %-Konfidenzintervallen für Lehrer und Schüler durchgeführt. Die Sekundärinfektionsraten (SAR) wurden als Prozentsatz der als gemeldete Infektionen identifizierten Personen bei allen bekannten Kontakten - unabhängig davon, ob sie empfänglich sind oder nicht - mit einem 95 %-Konfidenzintervall berechnet. Die Pandemiephasen wurden an einen Vorschlag des Robert-Koch-Instituts (RKI) angepasst.

Maßnahmen zur Infektionskontrolle und andere Faktoren, die das Infektionsrisiko von Lehrern oder Schülern innerhalb der Landkreise, für die im Rahmen der Erhebung durch die Länder Daten vorhanden waren, beeinflussen, wurden in einem multiplen linearen Regressionsmodell jeweils für Schüler und Lehrer berücksichtigt. Alternativ testen wir, ob die schulbezogenen NPIs einen überproportionalen Effekt auf die Schulbevölkerung im Vergleich zur Gesamtbevölkerung haben.

Die Infektionsdynamik in Schulen wurde anhand eines SEIR-Modells (Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered) geschätzt. Dabei wird zwischen gesunden, aber anfälligen Personen, infizierten, aber noch

nicht infektiösen (exponierten) sowie symptomatischen und asymptomatischen Patienten unterschieden. Darüber hinaus berücksichtigen wir Krankenhausaufenthalte, Intensivpatienten und Personen mit Langzeit-COVID, d. h. solche, die nach der Genesung weiterhin Folgeerkrankungen haben. Im Endstadium sind die Patienten entweder genesen oder tot. Außerdem gehen wir von einem Reinfektionsprozess aus (Anhang 8, Abbildung 38).

Die übrigen Parameter stellen die Zeiträume zwischen den Übergängen zwischen den verschiedenen Zuständen sowie die Wahrscheinlichkeiten für die Übergänge dar und werden aus internationalen Daten und Literaturrecherchen geschätzt. Die Daten für das Modell setzen sich aus Meldungen der KMK, des RKI und des DIVI-Intensivregisters zusammen. Wir haben die altersspezifische Untererfassung berücksichtigt, indem wir pandemiezeitraumsspezifische und altersspezifische Untererfassungsquoten aus einer großen Seroprävalenzstudie in Deutschland (Gorny et al, Dt. Ärzteblatt, accepted) verwendet haben.

Weitere Erläuterungen zur Methodik finden sich im Anhang 6.

Was haben wir gefunden?

Die von der KMK erhaltenen Daten wurden auf Landesebene für die W46-50/2020 und W08-40 (zum Zeitpunkt der Einreichung) erhoben und umfassen 304.676 SchülerInnen und 32.992 LehrerInnen mit SARS-CoV-2-Infektionen.

Die von den lokalen Behörden erhaltenen Daten im Rahmen der retrospektiven Beobachtungsstudie umfassten 15.433 Indexfälle, 49.131 Kontaktpersonen und 4637 Sekundärfälle für das Schuljahr 2020/21 aus fünf Regionen Deutschlands. Diese Daten sind deutlich detaillierter und erlauben es uns, Infektions- und Transmissionsrisiken verschiedener Altersgruppen und Schultypen anzusehen.

Was sind die Haupteckdaten aus den Daten?

Wie hat sich das Infektionsrisiko von SchülerInnen und Schulpersonal in den Regionen über die Zeit entwickelt?

Das kumulative Risiko einer gemeldeten SARS-CoV-2-Infektion lag für SchülerInnen in den W46-50/2020 bei 0,96 %, in den W08-23/2021 bei 1,22 %, in den W24-40/2021 bei 1,16 % und für LehrerInnen bei 1,77 %, 1,53 % bzw. 0,47 %. Auf Kreisebene lag das Infektionsrisiko in den W09-25 bei 1,68 % für SchülerInnen und 1,51 % für Lehrkräfte. Das Quarantänerisiko von SchülerInnen und Lehrkräften in den einzelnen Bundesländern schwankte in allen Phasen der Pandemie zwischen 1-21 %. (Anhang 6).

Das Infektionsrisiko für die Gesamtbevölkerung der Regionen, die im Rahmen der retrospektiven Beobachtungsstudie Daten beisteuerten, lag in den gemeldeten Intervallen zwischen 2 und 7,6 %, für die SchülerInnen zwischen 1,3 und 5,8 % und für das Personal zwischen 2,4 und 3,2 %. Das Infektionsrisiko war in Zeiten der Schulschließung insgesamt geringer. Das Infektionsrisiko der

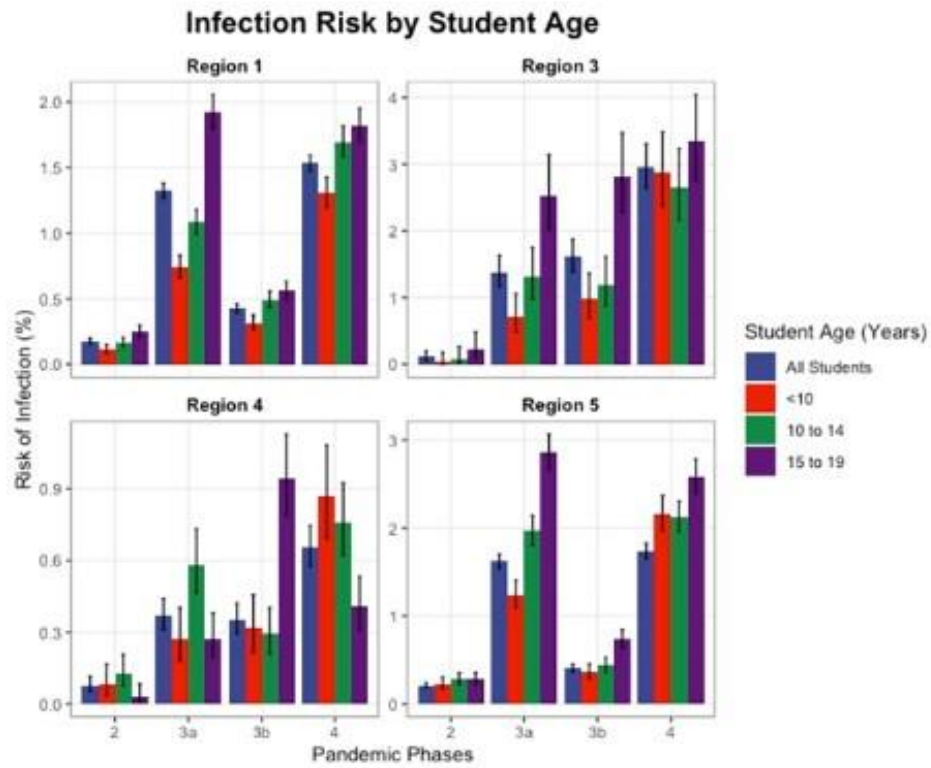
SchülerInnen stieg meist mit dem Alter an. Die unter 10-Jährigen wiesen in den meisten Phasen und Regionen ein geringeres Infektionsrisiko auf als die 10- bis 14- und 15- bis 19-Jährigen (Abb. 22a). Das Infektionsrisiko stieg auch mit zunehmendem Bildungsniveau der Schüler, wobei Daten aus zwei Regionen vorliegen (Abb. 24b).

Das Infektionsrisiko des Personals war in allen Altersgruppen ähnlich (Daten aus zwei Regionen). Es gab einen Trend zu einem höheren Infektionsrisiko bei Personal in Berufs-/Sonderschulen und Grundschulen und zu einem geringeren Risiko bei Personal in Sekundarschulen (Abbildung 22).

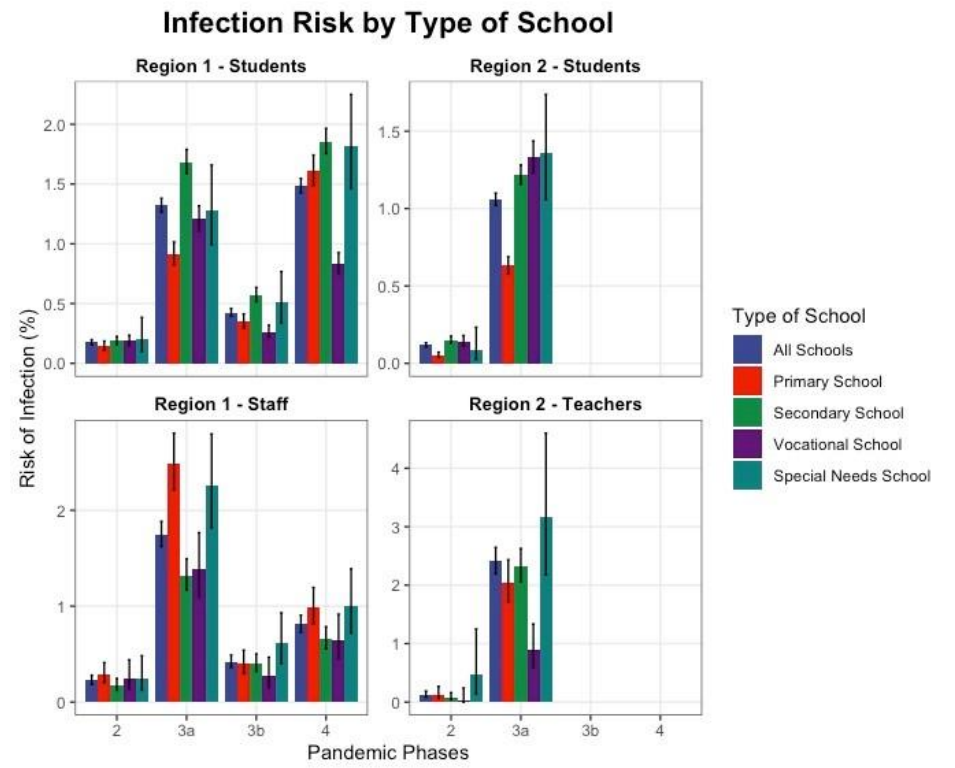
Zeitlich korreliert das Infektionsrisiko von SchülerInnen und Schulpersonal mit dem Infektionsrisiko in der Bevölkerung allgemein und unterliegt den üblichen, den Meldeweg betreffenden Verzerrungen. So spielen hier möglicherweise eine geringe Exposition durch Schulschließungen und Fernunterricht, eine höhere Rate asymptomatischer Infektionen und deren Unterdetektion bei SchülerInnen sowie demographische, geografische und medizinische Risikostratifizierung eine Rolle.

Erkennbare Trends sind ein höheres Infektionsrisiko von SchülerInnen an Förderschulen und weiterführenden Schulen im Vergleich zu Grundschulen und der Bevölkerung sowie ein höheres Risiko mit zunehmendem Alter der SchülerInnen (mit Ausnahme der Daten der Region 4) sowie bei einem Alter unter 30 beim Schulpersonal.

Die Inzidenzen bei SchülerInnen und Lehrpersonal verglichen mit denen der Allgemeinbevölkerung zeigen eine weitgehende Korrelation der Entwicklung über die Zeit. Es wird aber auch deutlich, dass in einigen Regionen (z.B. Region 2) ein deutlich erhöhtes Infektionsrisiko für das Lehrpersonal im Vergleich zur Bevölkerung bestand, insbesondere im Rahmen der 2. Infektionswelle (Abbildung 23)



a



b

Abbildung 22: Infektionsrisiken nach Alter und Schulform

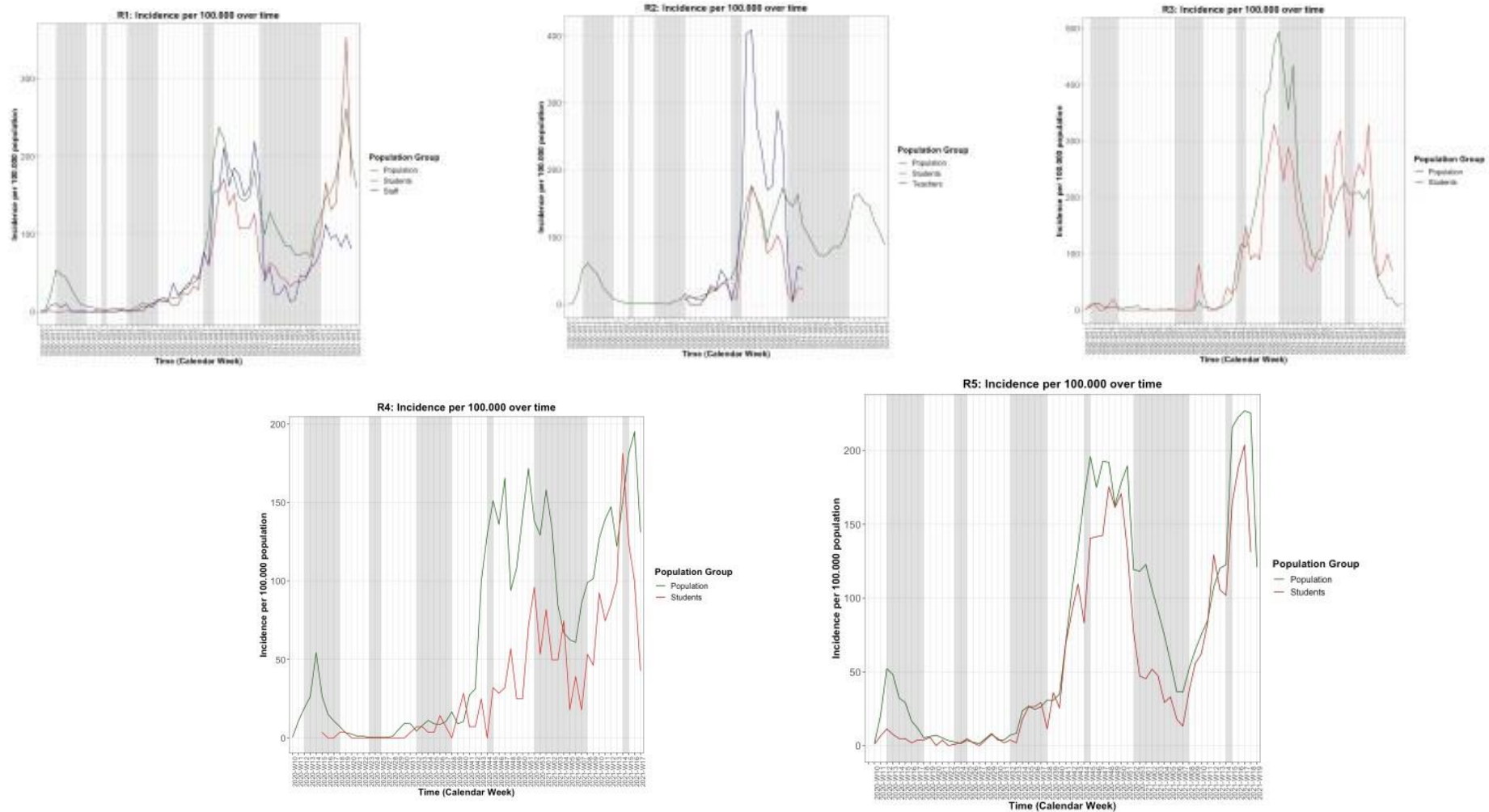


Abbildung 23: SARS-CoV-2-Infektionen bei SchülerInnen, LehrerInnen und der Bevölkerung pro 100.000/ Woche im Vergleich in den fünf Regionen

Wenn eine Infektion bei SchülerInnen oder LehrerInnen auftritt, wie viele weitere Fälle werden pro Indexfall insgesamt und in unterschiedlichen Kontaktbereichen gefunden?

Über alle Phasen der Pandemie und insgesamt lag die Anzahl der sekundären Infektionen nach dem Feststellen eines Indexfalles bei SchülerInnen (bei denen Kontakte ermittelt werden konnten) in drei der untersuchten Regionen bei 0,49-0,64. Wenn dieser Wert für alle Indexfälle bei SchülerInnen errechnet wird (auch die, bei denen keine Kontakte ermittelt werden konnten), dann liegt er zwischen 0,20 und 0,35.

Für Lehrpersonal liegt die Anzahl der sekundären Infektionen nach dem Feststellen eines Indexfalles in der Region, für die Daten vorlagen, bei 0,54 (im Vergleich zu 0,64 in derselben Region bei SchülerInnen). Unter Einbezug auch der Indexfälle, für die keine Kontakte ermittelt werden konnten, liegt die Anzahl der Sekundärfälle nach Indexfall bei 0,38.

Abbildung 26 zeigt dies in Abhängigkeit von unterschiedlichen Pandemiephasen.

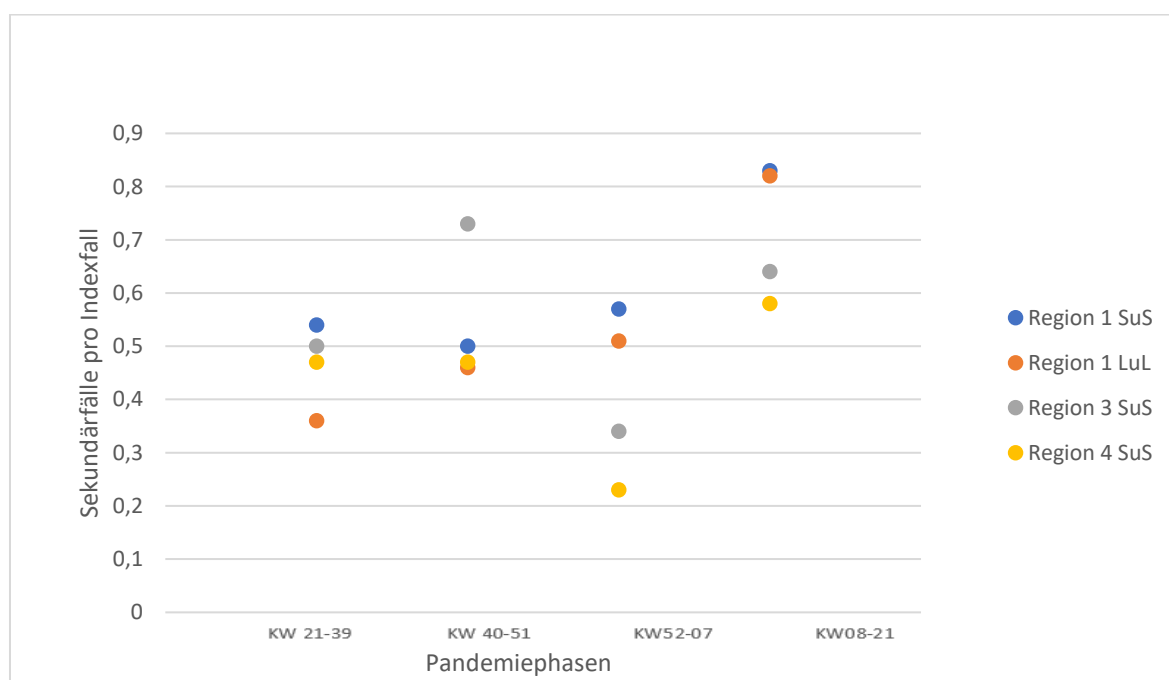


Abbildung 24: Sekundärfälle pro Indexfall bei SchülerInnen und LehrerInnen in allen Regionen über die Zeit

Auffallend ist, dass die Anzahl der gefundenen Sekundärfälle nach Indexfall deutlich unter der allgemeinen effektiven Reproduktionszahl für diese Regionen im selben Zeitraum liegt – nämlich immer deutlich unter 1. Aus unserer Sicht ist dies nicht unbedingt der Herkunft dieser Infektionen im Schulbereich zuzuordnen. Es spiegelt auch die Effizienz der Kontaktnachverfolgung wider, mit der eben nicht alle Kontakte, die dann tatsächlich zu Fällen werden, gefunden werden können oder nachträglich nicht korrekt als Sekundärfall, sondern stattdessen als neuer Indexfall kategorisiert werden. Diese Hypothese wird dadurch unterstützt, dass wir in der Region, in der wir denselben Index für alle

gemeldeten SARS-CoV-2-Infektionen der Region bilden konnten, ebenfalls 0,3-1,4 Sekundärfälle pro Indexfall fanden und dieser Wert ebenfalls ab Kalenderwoche 40/2020 konstant unter 1 lag.

Welcher Anteil der Kontakte und der sekundären Infektionen tritt in unterschiedlichen Kontaktbereichen auf?

Der Anteil der schulischen Kontakte an den Gesamtkontakten sowie der schulischen Sekundärfälle an den Gesamtsekundärfällen ist in den Phasen der Schulschließung (Phase 3b) und nur teilweisen Öffnung mit Wechselunterricht (Phase 3c) deutlich geringer. Auch wurden der Großteil der Kontakte und Sekundärfälle während des fortgesetzten Präsenzunterrichtes in Phase 3a gemeldet. Der größte Anteil an Sekundärfällen nach Infektion im Schulkontext – über alle Pandemiephasen > 50% - findet im Bereich Haushalte statt (Anhang 6).

Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit für Kontakte von SchülerInnen und Lehrpersonal mit einer SARS-CoV-2-Infektion, dass sie selber von der Kontaktnachverfolgung als Fall identifiziert werden, in unterschiedlichen Kontaktbereichen?

Wir beschreiben hier den Anteil der Kontakte, die selbst zu Fällen werden. Dieser Parameter ist einer sekundären Befallsrate (Secondary Attack Rate) ähnlich – es ist aber in den vorhandenen Daten nicht möglich zu unterscheiden, ob die möglichen Kontakte weiterhin für eine Infektion empfänglich sind oder nicht. Auch die tatsächliche Richtung der Transmission kann mit Hilfe dieser Daten nur bedingt geklärt werden. Es ist aber anzunehmen, dass diese Verzerrungen in jeder Region ähnlich, wenn auch über die Zeit unterschiedlich ausgeprägt sind. Auch ist für den Zeitraum der hier verfügbaren Daten eine Reduktion des Anteils der für die Infektion noch Empfänglichen durch Impfung oder Infektion erst zum Ende der Datenerhebung (ab etwa März 2021) als relevant anzunehmen. Diesen Parameter, den wir in der Folge trotz der o. g. Einschränkungen als sekundäre Befallsrate bezeichnen, ist – trotz der oben beschriebenen Limitationen - ein relevanter Parameter, da er die weitere Übertragung nach Entdeckung von Fällen in der Schule und Identifizierung von Kontakten beschreibt. Diese sekundäre Befallsrate ist in Abbildungen 25 bis 27 für die Kontakte in unterschiedlichen Bereichen über verschiedene Pandemiephasen von infizierten SchülerInnen dargestellt.

Anhang 6 präsentiert diese Daten in ausführlicher Form. Die Unterteilung in die ersten drei Phasen der Pandemie (Phase I = KW10-20, Phase II = KW 21-39, Phase III = KW40+) basiert auf einer Einteilung des Robert Koch-Instituts [1]. Zusätzlich wurde Phase III noch unterteilt in Phase 3a (KW40-51), welche die Zeit des Präsenzunterrichtes während steigender Fallzahlen vor Weihnachten einschließt, Phase 3b (KW51-07), welche die Schulferien und anschließende Schulschließung beinhalten, sowie Phase 3c (KW08-17), in der teilweise Öffnungen wiederum parallel zu hohen Bevölkerungsinzidenzen stattfanden. Fälle zu Zeiten von Schulschließungen sind wahrscheinlich mit Infektionen in der Notbetreuung assoziiert.

Es zeigt sich, dass die Wahrscheinlichkeit, zu einem gemeldeten Fall zu werden, für Kontakte von SchülerInnen in drei Regionen innerhalb von 4,1-8,5 % für den gesamten Datenerhebungszeitraum liegt. In KW 21-39 in 2020 liegt diese Wahrscheinlichkeit für die Kontakte von SchülerInnen über alle Kontaktbereiche hinweg bei 2,3-4,1 %. In KW 40-51 liegt die sekundäre Befallsrate bei 4,7-8,2 %, in KW 52 2020 bis 07 2021 bei 3,7-15,5 % und in der KW 08-17 bei 5,3-17,5 %. Hinsichtlich der Kontaktbereiche war für eine Region (Region 1) eine Unterscheidung zwischen Schul- und Haushaltskontakten von SchülerInnen möglich. Es zeigt sich in allen Phasen der Pandemie eine sekundäre Befallsrate nach Schulkontakten zwischen 1,1 und 2 %, während die sekundäre Befallsrate der Haushaltskontakte in KW 21-40 bei 13,6 % liegt und dann bis in die KW 17 2021 auf 28,7 % steigt (siehe Abbildungen 27-29).

Die sekundäre Befallsrate für Schulpersonal ließ sich nur in einer Region erheben. Hier liegt sie für den gesamten Erhebungszeitraum zwischen 3,6 und 24,8 %, mit niedrigeren sekundären Befallsraten im Jahr 2020 und ansteigenden sekundären Befallsraten in 2021. Für den Kontaktbereich Schule zeigt sich eine sekundäre Befallsrate zwischen 1,4 und 3,5 %, während im Haushaltsbereich in 2021 sekundäre Befallsraten von 33,1 % erreicht werden.

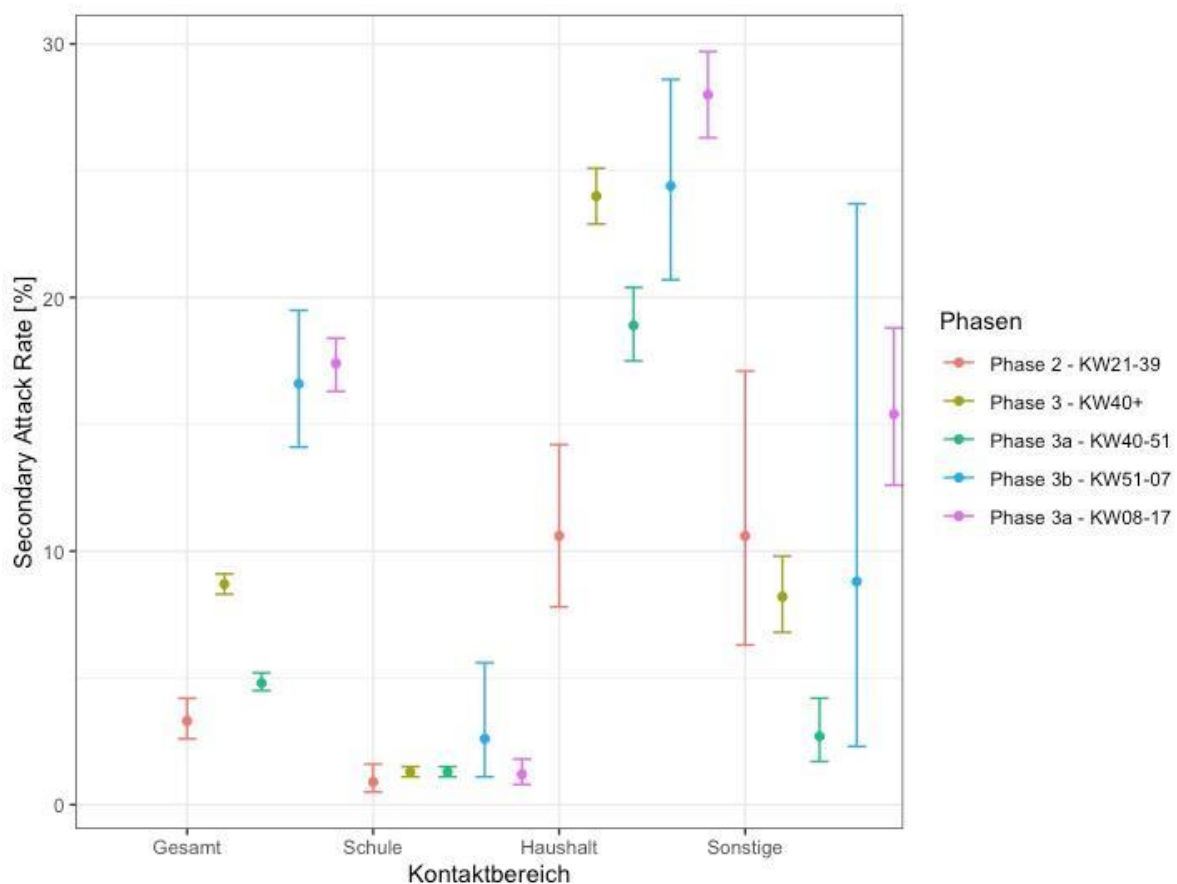


Abbildung 25: Sekundäre Befallsraten nach Kontakt mit infizierten SchülerInnen in der Region 1 mit 95 % Konfidenzintervallen in den unterschiedlichen Kontaktbereichen

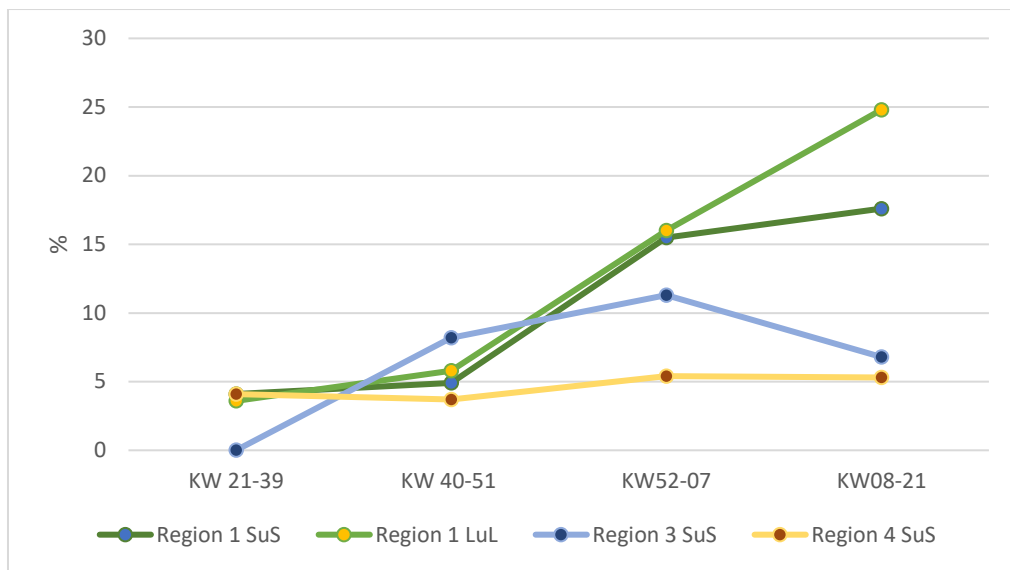


Abbildung 26: Anteil der Kontakte, die nach einem Kontakt mit infizierten SchülerInnen oder LehrerInnen zu einem gemeldeten Infektionsfall werden, Unsicherheitsintervalle sind Tabelle 7 im Anhang zu entnehmen

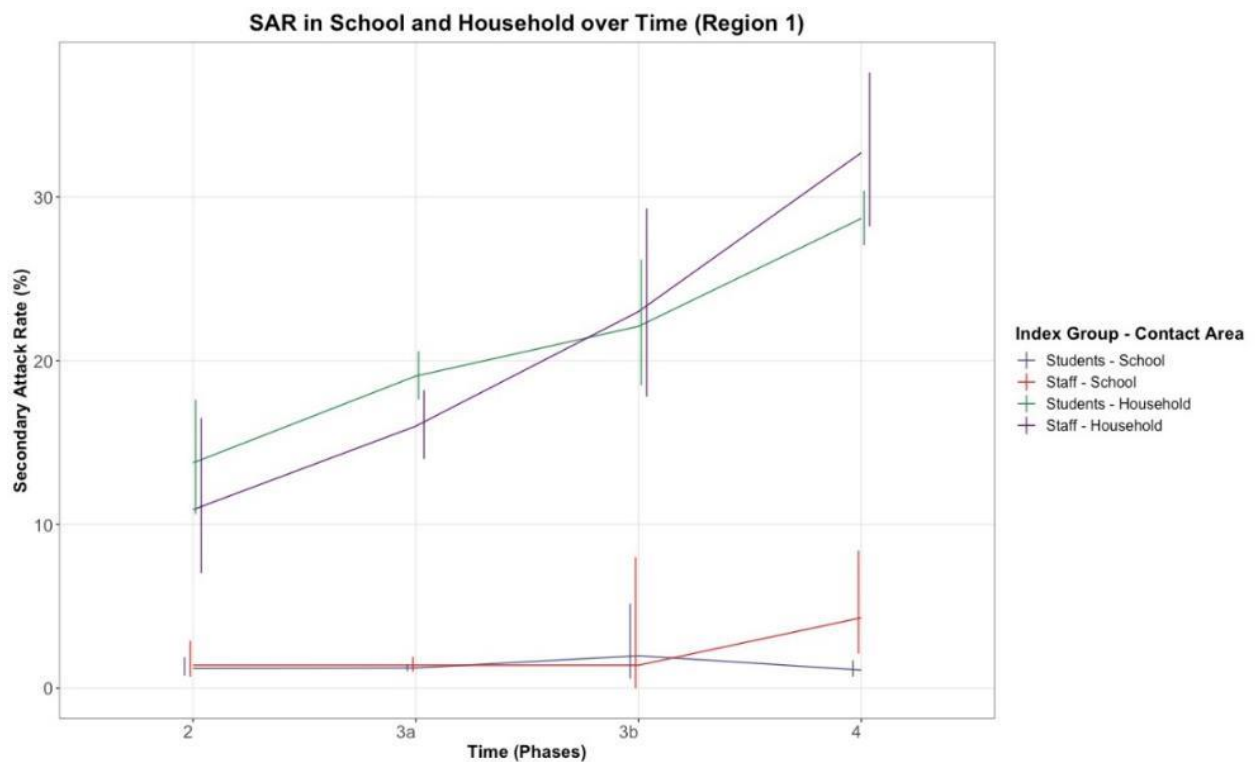


Abbildung 27: Anteil der Kontakte aus Schule und Haushalt von infizierten SchülerInnen und LehrerInnen in %, bei denen ebenfalls eine Infektion gemeldet wird in Region 1 mit 95 % Konfidenzintervallen

Maßnahmen zur Eindämmung des Infektionsgeschehens: Vergleich der S3-Leitlinie „Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2 Übertragung in Schulen“ und der Beschlüsse der Kultusministerien der Länder

Im Rahmen des WP 3 wird auch der Einfluss der Maßnahmen auf Infektionsrisiken und Transmission angesehen. Hierzu ist eine Übersicht der Maßnahmen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten in

unterschiedlichen Regionen in Schulen durchgeführt wurden, notwendig. Wir haben im Rahmen dieser Übersicht auch einen Vergleich der Hygienepläne und auf offiziellen Verlautbarungen der Kultusministerien veröffentlichten Hygienerichtlinien mit der S3-Leitlinie „Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2 Übertragung in Schulen“ durchgeführt.

Diese wird im Anhang 7 ausführlich dargestellt. Hier zeigen wir einen Vergleich der Adhärenz der Hygienepläne unterschiedlicher Bundesländer zu den Maßnahmen der S3-Leitlinie (Abbildung 26). Darüber hinaus zeigen wir eine tabellarische Übersicht zum Vergleich der Hygienepläne im Februar mit der S3-Leitlinie.

Es zeigt sich eine Adhärenz zur Leitlinie, die in den meisten Bundesländern im März im Vergleich zum Februar ähnlich war. Nur in wenigen Bundesländern ergeben sich Veränderungen. Insgesamt zeigt sich eine hohe Variabilität in der Umsetzung der S3 Leitlinie innerhalb der Hygienepläne der Länder.

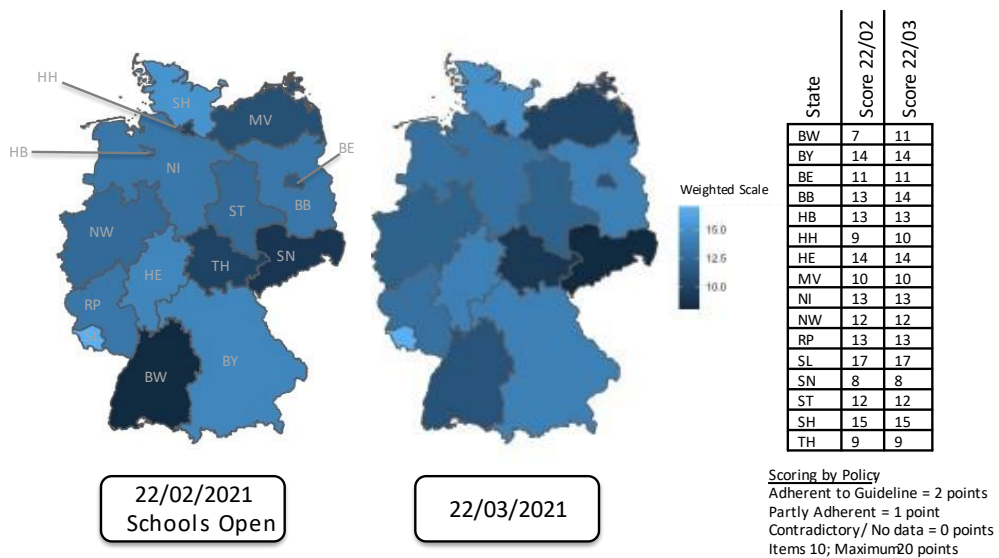


Abbildung 28: Adhärenz über alle Empfehlungen der S3-Leitlinie in Hygieneplänen im Februar und März 2021

Auswirkungen schulspezifischer NPI, sozioökonomischer und geografischer Faktoren auf die Infektionsaktivitäten in den Schulen gemäß der KMK-Daten

Wir führten eine Regressionsanalyse durch, die Unterschiede in den Infektionszahlen bei SchülerInnen und LehrerInnen (pro 100.000/2 Wochen) in den Landkreisen 2 Wochen nach bestimmten schulspezifischen Infektionsschutzmaßnahmen unter Einbezug auch anderer erklärender Parameter, wie der Impfquote, der Deprivation, der Urbanität, der Teststrategie und Anwesenheitsquote in den Schulen während des Untersuchungszeitraums im Landkreis untersucht.

In den Landkreisen, in denen Maskenpflichten in der Schule eingeführt wurden, waren die Infektionszahlen um 55 pro 100.000 für die SchülerInnen und 56 pro 100.000/ 2 Wochen für LehrerInnen niedriger als in solchen, in denen das nicht der Fall war. Um die spezifischen Auswirkungen von Maßnahmen in Schulen auf die Übertragung in Schulen zu verstehen, führten wir eine ähnliche Analyse durch, untersuchten jedoch die Auswirkungen auf das Verhältnis von aktiven Fällen zu 14-tägigen Inzidenzen für SchülerInnen oder LehrerInnen im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung. Hier wirkt sich eine Maskenpflicht in allen Schulen stärker auf die Infektionsaktivität bei SchülerInnen und LehrerInnen aus als in der Gesamtbevölkerung. Wir sahen in den Landkreisen mit Maskenpflichten einen Rückgang bei SchülerInnen um 30 % und bei LehrerInnen um 24 % im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung .

In Landkreisen mit höheren Impfquoten der Bevölkerung waren die Fallzahlen bei SchülerInnen und LehrerInnen niedriger. So ging ein um 1 % höherer Anteil an vollständig geimpften Personen mit 4-5 pro 100.000 niedrigeren Fallzahlen bei SchülerInnen und LehrerInnen einher (maximale Impfquoten im Zeitraum der Untersuchung von 20%).

Außerdem waren Infektionszahlen bei SchülerInnen in städtischen Landkreisen und sowie Landkreisen mit Teststrategien die Zahl der gemeldeten Infektionen bei Schülern, während eine höhere Durchimpfungsrate in der Bevölkerung die Zahl der gemeldeten Infektionen bei SchülerInnen zwei Wochen später verringerte. Lehrkräfte in städtischen Regionen hatten ein geringeres Infektionsrisiko als Lehrkräfte in ländlichen Regionen (Anhang 6).

Anteil der Kontakte in der Schule an der Gesamtübertragung in der Bevölkerung nach deutschlandweiten Daten der Bildungsbehörden

Unter Verwendung des in Anhang 6 und 8 beschriebenen Kompartimentmodells haben wir die Gesamtübertragung während der dritten Welle in Deutschland im schulischen Kontext geschätzt. Wir verwendeten Daten der KMK, die nur in den W08-39 2021 verfügbar waren, und berücksichtigten eine mögliche Unterschätzung der Infektionen durch Meldungen, indem wir Schätzungen über die Zeit aus

Seroprävalenzerhebungen verwendeten (Gornyk et al, 2021; Dt. Aerzteblatt). Ohne Berücksichtigung der Unterschätzung von Infektionen fanden wir eine hohe Variabilität des Beitrags von Kontakten aus Schulinfektionen zur Gesamtübertragung während der dritten Welle von 2-12 %. Berücksichtigt man die altersspezifische Unterschätzung der gemeldeten Infektionen im Vergleich zu den tatsächlichen Infektionen auf der Grundlage von Seroprävalenzschätzungen, so lag diese Spanne bei 2-10 % (Abbildung 29).

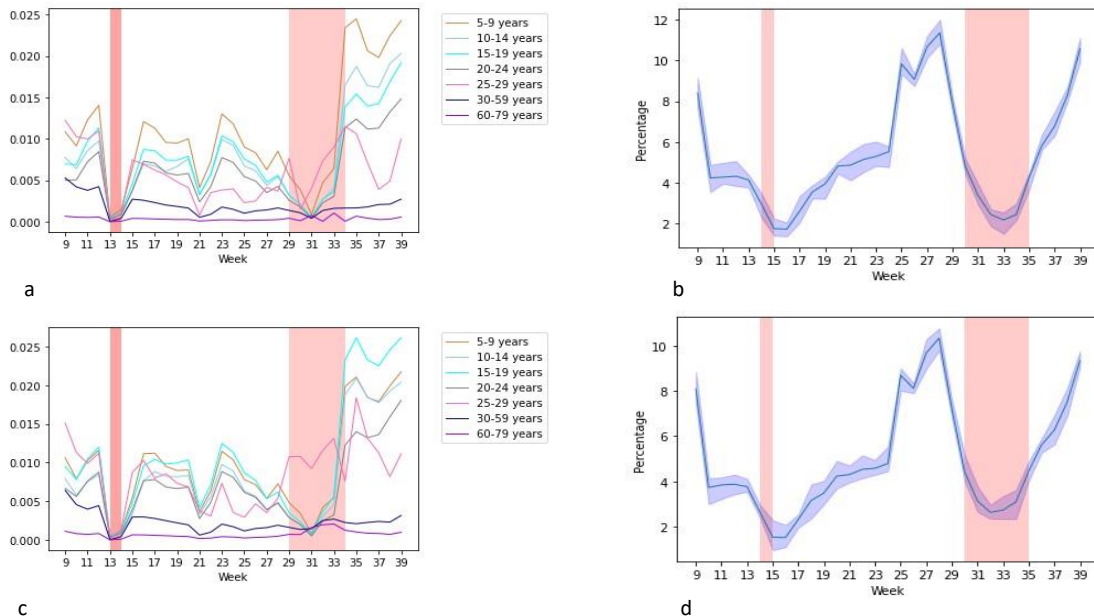


Abbildung 29: Geschätzter Beitrag von Kontakten infizierter Personen in der Schule zur Gesamtübertragung in Deutschland Woche 9-21 2021, mit (c+d) und ohne Berücksichtigung der Untererfassung (a+b)

Quellen

1 Schilling J, Buda S, Fischer M, Goerlitz L, Grote U, Haas W, Hamouda O, Prahm K, Tolksdorf K: Retrospektive Phaseneinteilung der COVID-19- Pandemie in Deutschland bis Februar 2021 Epid Bull 2021;15:8-17

2 Gornyk D, Harries M, Glöckner S, Strengert M, Kerrinnes T, Heise JK, Maaß H, Ortman J, Kessel B, Kemmling Y, Lange B, Krause G, on behalf of the MuSPAD Team: SARS-CoV-2 seroprevalence in Germany—a population-based sequential study in seven regions. Dtsch Arztebl Int 2021; 118

Zusammenfassung der Ergebnisse des WP 3

Die in dieses Arbeitspaket eingehenden Daten weisen natürlich Limitationen auf, da die Meldedaten immer inhärent sind – sowohl die von den Gesundheitsbehörden als auch die der Landesministerien. Dies erschwert den Rückschluss auf das tatsächliche Transmissionsgeschehen, z. B. der Transmissionsrichtung. Anderweitige differenzierte Daten sind für die genannten Fragestellungen aus unterschiedlichen Regionen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Pandemie aus ähnlichen Datenquellen in Deutschland aber nur sehr begrenzt vorhanden. Die hier vorgestellten Daten stellen daher in ihrer Gesamtheit – trotz der genannten Limitationen - aus unserer Sicht ein relevantes Datenset zur Beurteilung der Situation in Schulen über verschiedene Zeiträume der Pandemie dar.

Insgesamt stellen wir fest, dass das Gesamtinfektionsrisiko in Schulen während der zweiten Welle am höchsten war und für Schüler mit dem Alter sowie für Schüler und Lehrer mit zunehmender Schulform anstieg. Die anhand der Daten der einzelnen Gesundheitsämter ermittelten Sekundärinfektionsraten zeigen niedrige schulformspezifische Sekundärinfektionsraten sowohl bei Schülern als auch bei Lehrern (<5 % während der gesamten Pandemie), aber Sekundärinfektionsquoten im Haushalt, die den für die Allgemeinbevölkerung bekannten Quoten entsprechen und in den späteren Phasen der Pandemie auf über 20 % anstiegen.

Wir fanden Hinweise auf eine relevante Verringerung des Infektionsrisikos für Schüler und Lehrer während der dritten Welle in den Bezirken mit Maskenpflicht im Vergleich zu den Bezirken ohne Maskenpflicht, nachdem wir die Anwesenheits- und Teststrategien, den Impfschutz, das Infektionsrisiko der Bevölkerung, die Deprivation und die Urbanität der Regionen berücksichtigt hatten.

Eine Erhebung zur Implementierung der entsprechenden Hygienerichtlinien zeigt über verschiedene Zeiträume deutliche Abweichungen von den Empfehlungen der S3-Leitlinie.

Um den Gesamtbeitrag von Infektionen in Schulen zu verstehen, haben wir bekannte Schulinfektionen während der dritten Welle in ein kompartimentelles dynamisches Infektionsmodell einbezogen, das die altersspezifische Untererfassung von gemeldeten Infektionen berücksichtigt, indem wir bekannte altersspezifische Untererfassungsschätzungen aus Seroprävalenzstudien verwendeten, und fanden einen Gesamtbeitrag von Kontakten von Infektionen in Schulen während des untersuchten Zeitraums zwischen 2-12 % aller Infektionen in der Bevölkerung während der dritten Welle und einen ansteigenden Beitrag ab KW 33 bis KW 40.

Anhänge

Anhang 1 Systematisches Review zu bestehenden Übersichtsarbeiten zu Krankheitslast, Transmission von SARS-CoV-2 bei Kindern sowie Maßnahmen zur Senkung des Infektionsrisikos in Schulen

- nicht peer-reviewed -

Disease burden, transmission of SARS-CoV-2 among children and impacts of implemented measures in school settings during the COVID-19 pandemic – a rapid systematic review of systematic reviews

Abstract

Introduction: We performed a rapid systematic review of systematic reviews on disease burden in children with SARS-CoV-2 infection, transmission parameters in schools and households in children and adults, the effect of school closures and measures implemented in schools on children, school staff and the population.

Methods: We searched in MEDLINE, The Cochrane Library and PReview last on 08.01.2021 for systematic reviews and meta-analyses assessing clinical characteristics, disease burden, course of disease, transmission parameters and direct and indirect effects of school closures and openings. We mapped the available evidence synthesis according to key topics and outcomes and present main conclusions of systematic reviews narratively and in table format (PROSPERO; CRD42021231866).

Results: We included 38 systematic reviews and meta-analyses from 735 records. 22 systematic reviews assessing **clinical characteristics and severity** found a mild course of disease in children, with higher risk of severe course of disease for those children < 1 year of age, with comorbidities or multisystemic inflammatory syndrome. 7 systematic reviews assessing **transmission parameters** found lower susceptibility in younger children (<10-12 years) compared to older children or adults in population based screening studies and no evidence for higher viral load or viral shedding in children compared to adults when infected. 5 meta-analyses and large ecological studies assessing the effect of **school closures** found low to moderate effects on population transmission of SARS-CoV-2 with high heterogeneity in these effects. Only limited (4 systematic reviews) evidence synthesis was available on the effect and adverse effects of **measures implemented** in schools or in the population to be able to reduce transmission in schools.

Conclusion: Future evidence synthesis on COVID-19 in children should centre around long term complications of COVID-19 in children, risk of infection and disease in school staff, contact patterns,

frequency and intensity during the pandemic in children, mitigation strategies for adverse effects of school closures and effect and costs of measures in schools to reduce transmission of SARS-CoV-2. Stratification for infection dynamic and pandemic control measures in place at the time of assessment would improve possibilities for pooled analyses.

Introduction:

Disease burden of COVID-19 in children and their role in transmission and the effect of school closures and other measures taken to reduce transmission of SARS-CoV-2. Available studies and systematic reviews address this relationship between health measures and disease burden in children (1-5) (6).

In the absence of German studies, we wanted to provide an international overview of the body of research in accordance with the methodological procedures of an Umbrella Review. Different sets of measures regarding school closures and in-school measures have been implemented in different countries and regions(6) (7).

These vary by a) judgements made regarding trade-offs of positive and negative intervention impacts, b) diverse infection dynamic situations with age groups differently affected c) uncertainty regarding the evidence available in the large body of literature.

We performed a rapid systematic review of systematic reviews on the following key topics: clinical characteristics, disease burden, course of disease, transmission parameters in children and contributions of household and school settings to transmission and the effect of school closures and openings. We map available evidence, synthesize, and summarize main findings of existing evidence synthesis, in order to support health policy and decision makers and to identify opportunities for further or improved studies.

Methods:

Protocol registration: A protocol with main research questions and intended review design was registered with PROSPERO (CRD42021231866).

Search strategy: We searched in MEDLINE, The Cochrane Library and preView on 16.11.2020 and updated the search on 08.01.2021. The search string was: (SARS-CoV-2 OR COVID-19) AND (children OR child OR pediatric OR school*) AND (systematic review), adapted to each database. Reference lists of identified systematic reviews were screened and we used Google Scholar and Google for checking systematic reviews not yet registered in the databases searched. No language or date restrictions applied, but non-English language studies may have not been identified by the English search as a systematic review by databases. Due to the rapid nature of the review, we did not search in further databases such as EMBASE, Web of Science or Global Health. Preprints are included in this search if they were available from preprint databases and less than 5 months old; we excluded those only available on other platforms (e.g. websites of institute).

Clinical characteristics and severity	Population	Intervention/Exposure	Comparator	Outcome
	Children with SARS-CoV-2 infection	Age, Gender, Comorbidities		Clinical characteristics and signs, Proportion of asymptomatic, Proportion of those on ICU, ECMO or dead, Characteristics of long term complications, and multi-systemic inflammatory syndrome in children
Transmission parameters	Adults and children with SARS-CoV-2 infection	Age, household, school	Adults	Susceptibility and risk of infection, Secondary attack rates, Viral load and viral shedding, Frequency and type of contacts
Effect of school closures	Adults and children at risk of SARS-CoV-2 infection	School closures	No school closures	Transmission of SARS-CoV-2 in the population Transmission of SARS-CoV-2 in schools Adverse effects on health in children Adverse effects on health in the population
Measures in schools to reduce spread of SARS-CoV-2 in schools	Adults and children at risk of SARS-CoV-2 infection	Measures in schools to reduce spread of SARS-CoV-2 in schools	No measures in schools	Effect of measures reducing spread of SARS-CoV-2 in schools Adverse effects on health in children Adverse effects on health in the population Costs and cost-effectiveness
Population measures to extend opening time of schools	Adults and children at risk of SARS-CoV-2	Population measures to extend opening time of school	No population measures	Effect on transmission of SARS-CoV-2 Adverse effects
Indirect effects of the SARS-CoV-2 on children	Children at risk of SARS-CoV-2	COVID-19 pandemic and measures	Time periods before the pandemic	Mental Health Physical Health Health care utilization

Table 4 PICOs for studies included

Eligibility of included studies:

We included systematic reviews and meta-analyses that assessed clinical characteristics, disease burden, course of disease, new or ongoing symptoms 4 weeks or more after the start of acute COVID-19 and long term complications 12 weeks after acute COVID-19(8), transmission parameters (susceptibility, secondary attack rate, viral load and viral shedding, contact frequency) and direct and indirect effects of school closures and openings. Systematic reviews, meta-analyses or large (similar to meta-analyses) ecological analyses with countries as units of analysis were included if they addressed the themes and PICOs shown in Table 4. Reviews had to address children at risk or with SARS-CoV-2 infection specifically and include summarized information regarding the inclusion criteria mentioned above. Preprints were included with search dates after July 2020 (month of most performed searches of published reviews) or those addressing a topic with no other evidence synthesis found.

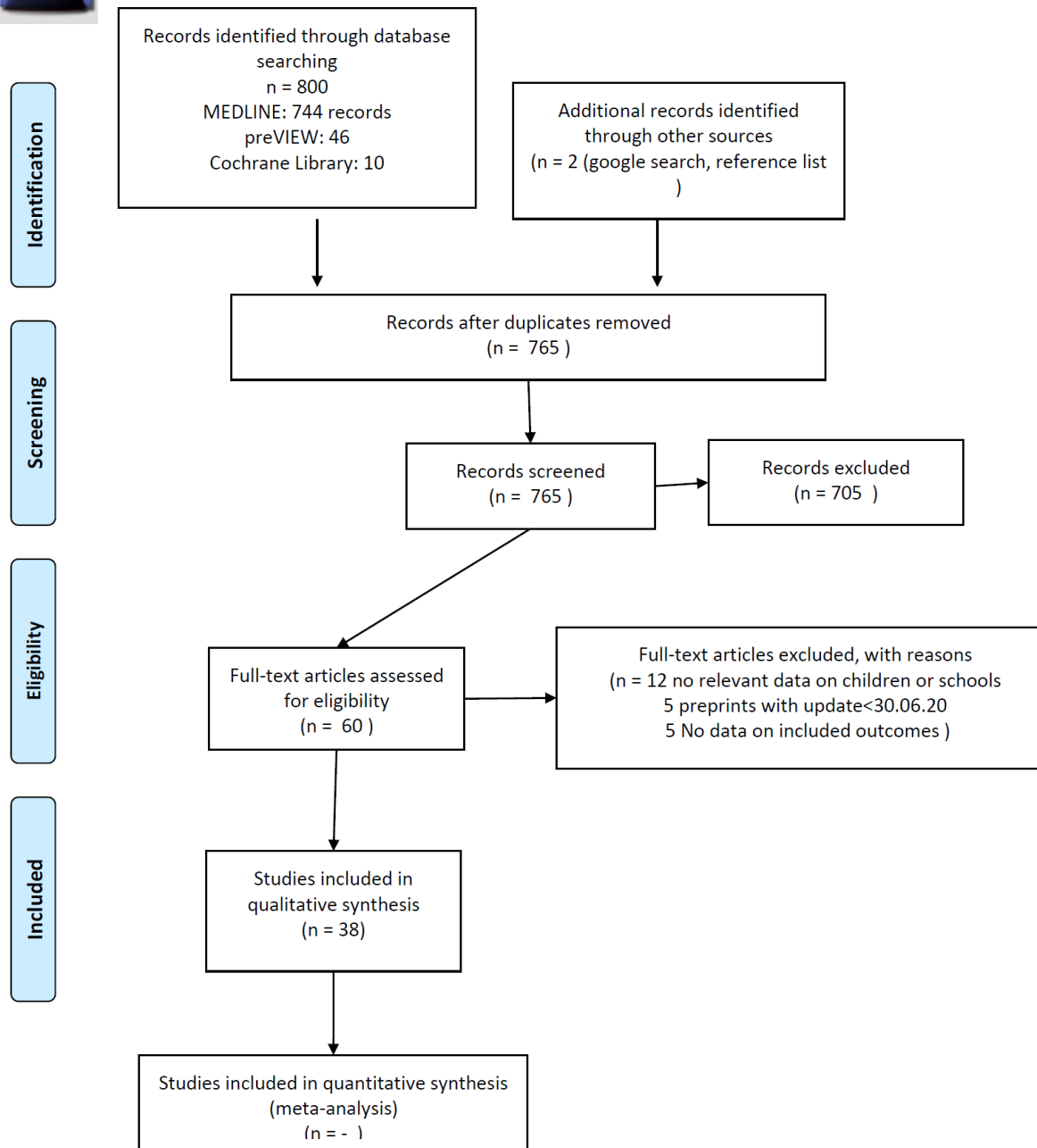
We excluded studies of laboratory investigations and those without separation of data on age and preprints that had search date before July 2020.

Study selection:

Title and abstract screening was undertaken independently and in duplicate for sets of abstracts by two of three reviewers (BL, SK, JJO). Full texts were read by BL and final inclusion was checked by JJO and SK (Figure 1).



PRISMA Flow Diagram



From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

For more information, visit www.prisma-statement.org.

Figure 1 Prisma flow chart

Data extraction.

We extracted findings into prespecified spreadsheets (BL, JJO) and independently checked them (JJO, SK). We extracted data on population, intervention/exposure, comparators and outcomes (Table 1); further variables extracted are: First author; Main issue; Time of search; Type of study; Rapid review

methodology; Number of studies; Type of studies included; Population and N included; Intervention or Exposure assessed; Outcome; Meta-analysis performed.

Quality appraisal

AMSTAR-2 (Assessing the Methodological Quality of Systematic Reviews - Version 2) was used to assess risk of bias in studies (9).

While we reported all items of the original AMSTAR-2 tool, we adapted the overall appraisal. This accounts for the frequently applied rapid review methodology in reviews during the pandemic. Reviews were characterized as high quality, medium or low quality. Criteria for *high-quality* reviews are: a specific research question, registered protocols; search in at least two databases; use of a duplicate study selection and data extraction, listing and description of included studies, performance of quality appraisal, appropriate analysis methods and availability of a conflict of interest statement. Investigations not meeting 9 out of these 10 criteria were deemed *moderate quality* and those unable to meet 5 out of 9 of these criteria were rated as *low quality*. Both the classical rating and the adapted rating are presented in table format (Supplementary Table 1).

Data synthesis

We performed qualitative data synthesis by describing study characteristics and main research questions. We mapped the available evidence synthesis according to the format presented in Table 4 and described quality of this evidence as well date of last search to identify need for (updates of) evidence synthesis gaps according to key topics. We then presented the main conclusions of systematic reviews narratively and in table format.

Results

Characteristics of studies found

We included 38 systematic reviews and meta-analyses from 765 records found (1-5, 7, 10-41). The systematic reviews assessed: clinical characteristics of COVID-19 in children severity and association of comorbidities with dates of search from March to October 2020 (n=16), (1, 3, 11, 14, 16-18, 21, 23, 24, 27, 29, 31, 33, 36, 41). 6 systematic reviews were found on long term complications and multi-systemic inflammation syndrome with dates of search from June to November (n=6) (10, 13, 25, 32, 39, 40), transmission parameters and contribution of household and school settings to transmission with search dates from March to October (n=9) (2, 3, 15, 20, 26, 31, 38, 41, 42). Four systematic reviews and meta-analyses and two large ecological analyses assessed the effectiveness of **school closures** with data collection between March and October (4, 12, 22, 30, 35, 37). One review of recommendations and one scoping review **assessed measures in schools to reduce infection dynamic** with search dates

in October (7, 19). Indirect effects of the COVID-19 pandemic on children have been highlighted in two systematic reviews with search dates in June 2020 (28, 34).

Table 5 Characteristics of included systematic reviews and meta-analyses

Source	First author	Main issue	Time of search	Type of study	Rapid review methodology	Number of studies	Type of studies included	Population and N included	Intervention or Exposure assessed	Outcome	Meta-analysis performed
Clinical characteristics, severity and effect of comorbidities in children with COVID-19											
Acta Paediatr	Ludvigsson, J.F.(24)	Prevalence and severity in children	18 March 2020	Systematic review	Partly (no pre-specified protocol, no RoB)	45	Observational studies and case series	Children with COVID-19	NA	Proportion of children among cases, severity, prevalence of comorbidities, diagnostic findings, clinical management	No
Clinical Infectious Diseases	Mehta N.(27)	Characteristics, attack rate	9 March 2020	Rapid systematic review	Yes	24	Observational studies and case series	Adults and children with COVID-19	NA	Likelihood of infection, clinical presentation and clinical outcomes	No
Archives of Academic Emergency Medicine	Panahi(31)	Characteristics of pediatric cases	30 March 2020	Systematic review	No	14	Observational studies, case series and case reports	Children with COVID-19 2228 included children	NA	Clinical characteristics of pediatric patients, exposure, severity, transmission direction in families, viral shedding	No formal meta-analysis, but counts of case data performed
Pediatric Pulmonology	Souza(17)	Characteristics of pediatric patients	6 April	Systematic review	Partly, (only one database, no RoB)	38	Observational studies, case series and case reports	Children with COVID-19, 1124 included	NA	Clinical characteristics, Laboratory tests, radiological examinations	No formal meta-analysis, but counts of case data performed
Pediatric Pulmonology	Zheng(41)	Characteristics of pediatric patients	Second week of April	Systematic review	Partly (no RoB)	14	Observational studies, case series	Children with COVID-19, 410 included	NA	Asymptomatic infection, coinfection and family clustering in children	Meta-analysis performed

Am J Otolaryngol	Patel N. A.(33)	Characteristics of pediatric cases	16 April 2020	Systematic review	Partly (two databases, no RoB)	10	Observational studies, case series and case reports	Children with COVID-19, 2914 included	NA	Clinical characteristics of pediatric patients	No formal meta-analysis, but counts of case data performed
J Med Virol	Cui(1)	Clinical characteristics	30 April	Systematic review, meta-analysis	No	48	Observational studies, case series and case reports	Children with COVID-19, 5829 included	NA	Clinical characteristics	Meta-analysis performed
Pediatric Pulmonology	Castro-Rodriguez(14)	Asthma and COVID-19	6 May	Systematic review	Partly (no RoB)	2	Observational studies, case series and case reports	Children with COVID-19 and asthma	Asthma as a comorbidity	Severity of disease	No
Pediatric Research	Christophers(16)	Clinical characteristics	15 May	Systematic review, IDP extraction	No	22	Small case series and case reports	Children with COVID-19, 123 patients	NA	Clinical characteristics	No, but cases counts performed of IDP extraction data
BMC Pediatrics	Liu(23)	Clinical characteristics	10 May 2020	Meta-analysis	No	29	Observational studies, case series and case reports	Children with COVID-19 4300 pediatric patients	NA	Clinical characteristics, severity of disease	Meta-analysis performed
J Med Virol	He (18)	Asymptomatic proportion	20 May 2020	Meta-analysis	No	41	Observational studies, case series and case reports	Adults and children with COVID-19, 10 studies 1152 children	NA	Asymptomatic infection, presymptomatic infection	Meta-analysis performed
Vaccine	Bhuiyan (11)	Children < 5	4 June	Meta-analysis	No	65	Observational studies, case series and case reports	Children under five years old with COVID-19, 1214	NA	Clinical characteristics	Meta-analysis performed

								children included			
Pediatr Pulm	Nino G(29)	Clinical characteristics, Lung imaging	11 July	Systematic review	No	29	Observational studies, case series	Children with COVID-19, 1026 children	NA	Abnormal radiological features	Meta-analysis performed
Eur J Epid	Levin	Age specific infection fatality rate	18 September	Meta-regression	No	27 studies of 113 studies in meta-analysis	Studies of COVID-19 prevalence	Children and adults with SARS-CoV-2 infection, 9 countries with studies for 5-15	Age	Infection fatality rate	Meta-analysis and meta-regression performed
IJD	Tsankov (36)	Association of severe course of disease with comorbidity	5 October	Meta-analysis	No	42	Observational studies, case series	42 studies with 275661 children without and 9353 children with comorbidities	Comorbidities	Severe course of disease, death	Meta-analysis performed
Arch Dis Child	Viner(5)	< 20, prevalence of symptoms and signs	9 October 2020	Review of reviews	Yes	18	Systematic reviews	18 reviews	NA	Prevalence of symptoms	No
Longer term complications of COVID-19 in children											
Pediatr Pulmonol	Yasuhara(39)	Clinical characteristics, MIS-C	20 June	Systematic review	Partly (only two databases)	46	Case series and reports	Children with COVID-19, 114 cases	NA	Clinical characteristics, MIS-C	No
Pediatr. Emerg Care	Bustos(13)	Pediatric Inflam. Multisystem Syndrom (MIS-C)	01 July 2020	Case Series Quantitative Review	No	11	Case series > 3 cases	Children with MIS-C, 11 studies,	NA	Characteristics of MIS-C	Meta-analysis performed

								includes 468 cases			
J Trop Pediatr	Panda P.K.(32)	Neurological complications in pediatric COVID-19	12 July	Systematic review and meta-analysis	No	21	Case series and reports	Children with COVID-19, 3707 children	NA	Neurological complications	Meta-analysis performed
J Pediatric Infect Dis Soc	Aronoff S.C.(10)	MIS-C	23 July	Systematic review	No	10	Case series and reports	Children with MIS-C, 16 studies, includes 505 cases	NA	Characteristics of MIS-C	No, but case counts performed
Pediatric Pulmol	Yasuhara(40)	Pediatric Inflamm. Multisystem Syndrom	30 August 2020	Systematic review	Partly (only two databases)	27	Case series and reports	27 studies, 917 patients	NA	Characteristics of MIS-C	No, but case counts performed
Acta Pediatr	Ludvigsson(25)	Longterm complications	2 November	Systematic review	No	19	Case series and reports	No studies found	NA	Long term complications	No
Transmission parameters of SARS-CoV-2 in children											
Acta Paediatric	Ludvigsson(2)	COVID-19 transmission from children	May 2020.	Systematic review; descriptive.	Yes	Unclear	Observational studies, case series and case reports	Nine studies (not clearly stated) were reviewed.	Age	Viral shedding, attack rates, family clusters, transmission in schools after index cases attended	No
Jama Pediatrics	Viner et al.(3)	Child and adolescent susceptibility to COVID-19 compared to adults	updated in July 2020	Systematic review, meta-analysis;	Partly (only two databases)	32 studies 18 contact tracing studies and 14 population screening studies, 3	Contact-tracing studies and population-based studies.	Children and adults with COVID-19 or with contact to COVID-19 cases 41640 children and adolescents and	Age	Susceptibility, prevalence of SARS-CoV-2 infection in children	Meta-analysis performed

						studies in schools		268945 adults;			
Lancet Microbe	Muge et al(15)	Infectiousness of patients with SARS-CoV-2	June 6	Meta-analysis	No	79 studies	case series (with five or more participants), cohort studies, and randomised controlled trials that reported SARS-CoV-2	Children and adults with SARS-CoV-2 infection and available viral load or kinetic data	Age	Viral load and duration of viral shedding	Meta-analysis performed
Journal of Infection	Lei (20)	Household transmission	1 st July 2020	Systematic review	No	24 studies included , 10 cohort, 13 case ascertainment studies	Cohort and case ascertainment studies, no individual family cluster studies	Children and adults with COVID-19 or contact to COVID-19 cases	Age	Household secondary attack rate	Meta-analysis performed
Preprint	Suk(35)	Household and school transmission	10 August	Systematic review	No	22	Cohort and case ascertainment studies	Children and adults with COVID-19 or contact to COVID-19 cases	Age, setting	Community, household, school	No

Journal of Global Health	Xu(38, 43)	COVID-19 transmission risk, schools	Sept 2020	System. Review and meta-analyses.	No	11	Cohort and cross-sectional studies	Children and adults with COVID-19 or contact to COVID-19 case in schools Cohort studies include 18 secondary infected cases in 3,345 contacts. Cross-sectional study population for pooled analyses includes 639 SARS-CoV-2 positive cases in 6,682 participants	Gender, Student/staff	Pooled attack rates (AR) and positivity risks	Meta-analysis performed
JAMA Network	Madewell(26)	Household transmission	19 October 2020	Meta-analysis	Partly (Only one database)	54	Cohort and case ascertainment studies, no individual household reports	Adults and children with COVID-19 and contacts of adults and children with	Age	Secondary attack rates in household	Meta-analysis performed

								COVID-19 in households					77758 participants
Effects of school closures													
Cochrane library	Nussbaum-Streit(44)	Impact of quarantine measures on COVID-19 and other outbreaks.	Search up to June 23	Rapid review , narrative synthesis.	Yes	51 studies overall (different pathogens); 32 studies on COVID-19	Observational and modelling studies, 32 studies on COVID-19	Children and adults	quarantine incl./combined with school closures	incidence, onward transmission, mortality, and costs		No	
Lancet	Viner et al(4)	Effectiveness of school closure and other school social distancing practice.	Search up to March 2020.	Rapid systematic review .	No	16 .	Observational and modelling studies	Children and adults	School closures	Deaths, cases, transmission		No	
Lancet	Li et al(22)	Temporal association of introducing and lifting npi on r	Data up to July 2020	Ecological study with countries as units	NA	131 countries	NA	131 countries included	Non pharmaceutical interventions	Rt ratio of introduction and lifting of NPIs		No formal meta-analysis	
Science	Brauner	Effectiveness of interventions	Ecological analysis of country data from	Ecological study with countries as units	NA	41 countries	NA	41 countries included	Non pharmaceutical interventions	Reduction in Rt		No formal meta-analysis	

			22 Jan to 30th May								
Preprint	Walsh	Effectiveness of school closures on community transmission	12 October	Systematic review	No	10 studies	Observational cohort and ecological studies	Children and adults	School closures	Transmission of SARS-CoV-2 Mortality from COVID-19	No
Measures to reduce spread of COVID-19 in schools											
IJERPH	Lo Moro(7)	Recommendations of countries	1 October	Review of recommendations	Yes	23 official documents, 6 studies found	Recommendations, Guidelines	Children attending school	Recommendations in these countries : France, Ireland, Italy, Luxembourg, Malta, Portugal, Spain, the United Kingdom, and San Marino.	No outcome	No
Cochrane Database System Review	Krishnaratne, S.,	Measures to reduce spread of SARS-CoV-2 in schools	8 October	Scoping review	No	42 studies ,	31 modelling studies, 9 studies and observational design, 2 quasi-experimental	populations at risk of becoming infected with SARS-CoV-2, or developing COVID-19 disease	Measures implemented in school settings to reduce transmission of SARS-CoV-2	Infectious disease transmission outcomes Adverse outcomes	No
Indirect effects of the COVID-19 pandemic on children											

Psychiatry Clinical Neurosciences	Stavriadou(34)	Psychosocial consequences of COVID-19 in children	unclear	Systematic review	unclear	21 Studies	Observational studies	Children during the COVID-19 pandemic (n=33398)	COVID-19 pandemic, quarantine	Mental health in children	No
IJEPH	Nearchoou	Mental Health Outcomes	21 June	Systematic review	No	12 studies	Observational studies	Children during the COVID-19 pandemic (n=12262)	COVID-19 pandemic	Mental health in children	No

Risk of bias of included systematic reviews

We rated 23 reviews as moderate or high quality. Reasons for rating another 15 reviews as *low quality* were: duplicate searches and extractions, absence of risk of bias assessments or lacking registration of reviews. Several reviews did not report results in table or in a concise narrative form (Supplementary Table 1).

Mapping of available evidence synthesis

The mapping of the available evidence synthesis showed 11 reviews that focus on clinical characteristics, course of disease, and long-term complications. However, some were of low quality and outdated. 4 reviews with more recent (search date after July 2020) and moderate to high quality evidence synthesis are available focussing on transmission by children in households and schools. No evidence synthesis was identified on the frequency of contacts or contact surveys among children during the pandemic. High and moderate quality evidence synthesis on direct effects of school closures and measures in schools on transmission stems from systematic reviews and ecological studies similar to meta-analyses with countries as units of analysis. However, these refer to the first few months of the pandemic. We did not find evidence synthesis on the adverse effects of school closures or population measures implemented to extend school opening (Table 1; Supplementary Table 2 lists study topics).

Table 6 Map of identified systematic reviews and meta-analyses in key topics, quality and timeliness of search

Key topics	Themes	N identified reviews	Moderate or high-quality reviews (adapted from AMSTAR-2)	Timeliness of evidence included, Month of last search, 2020
Clinical characteristics and course of the disease in children	Main symptoms	11	3	June
	Clinical characteristics and signs, proportion of asymptomatic	12	6	July
	Effect of comorbidities	10	6	October
	Proportion of ICU, ECMO or death	12	7	October
	Long term complications	8	3	November
Transmission parameters among children in: -households - households and schools	Susceptibility of children and age dependency	4	2	September
	Secondary attack rate in households	6	3	October
	Secondary attack rates of children and staff in schools	3	2	September
	Viral load or viral shedding in children	2	1	June
	Frequency and type of contacts of children during the COVID-19 pandemic			
Effects of school closures on children and the population	On transmission of SARS-CoV-2 in the population	6	4	July
	On transmission of SARS-CoV-2 in children			

	Adverse effects in children			
	Adverse effects in the population			
Measures in schools to reduce transmission of SARS-CoV-2	Effect of measures reducing spread of SARS-CoV-2 in schools	2	1	October
	Adverse effects			
	Cost-efficiency			
Population measures to lengthen opening time of schools	Effect on children			
	Effect on the population			
Indirect effects of the epidemic on children	Mental Health	2	1	June
	Health care utilization			
	Physical health			

Outcomes in included systematic reviews and meta-analyses

a) Clinical characteristics and severity

Systematic reviews assessing **clinical characteristics and severity** (Supplementary Table 3) report a mild course of disease in children (24). The proportion of asymptomatic children ranged from 20%(1) to 78%(31); in one review of systematic reviews the range was from 14 to 42%, mostly in hospital patients(5). The proportion of asymptomatic was lower in children aged younger than one year (6%) (1). The proportion of children who required a hospitalisation and intensive care admission ranged from 1 to 15%: it was higher in both, those under 1 year of age (up to 30% of cases) and those with a wide range of comorbidities. In a systematic review on the effect of any comorbidity on mortality in children mortality was 1.8 times higher in those with comorbidities (RR 1.8, 95% CI 1.3-2.5, I2 94%)(36). Deaths in school-age children with COVID-19 illnesses are rare events, described at a frequency of 0.01% of all children with COVID-19 (21).

b) Multisystemic inflammatory syndrome and long term complications

Three systematic reviews and meta-analyses for the **multisystemic inflammatory syndrome** in children (MIS-C) included a range of 468 to 917 patients with a mean age of 9 years. Further, admission to the intensive care unit was required for 80% of children admitted to hospital and an ECMO for 5 to 7% of these. In these studies 1% to 1.9% children with MIS-C died (13, 39, 40). Systematic reviews did not report incidence of MIS-C in children who had had confirmed COVID-19 disease. One systematic review reported the prevalence of neurological complications in children with 14% myalgia and fatigue in those classified as mild cases of COVID-19 and 3% seizure in severe cases (32). (Supplementary Table 4)

c) Transmission parameters: susceptibility, secondary attack rates, infectiousness

Regarding **susceptibility and infection risk of individual children** (Supplementary Table 5), one systematic review (3) showed lower susceptibility in younger children (<10 years) compared to older

children or adults. In serological studies both lower and equal susceptibility to SARS-CoV-2 have been reported (3), with some evidence towards lower seroprevalence among children <10 of age in population- based studies. Data on these outcomes were collected during the first months of the pandemic, when in many countries' education facilities were closed.

Regarding viral shedding as a measure of infectiousness of infected children, one systematic review shows longer duration of viral shedding to be associated with older age. Here, no evidence of higher viral load in children compared to adults was found.

Regarding household- transmission, a higher transmission was observed in households compared to outside. The pooled odds ratio for odds of transmission from adult to child compared to child to adult was 3.7 with higher likelihood of transmission from adult to child (20). In another meta-analysis of household transmission, adults had an attack rate of 28% and children of 17% (26).

Regarding transmission in schools two systematic reviews reported contact tracing. Cross sectional studies with few secondary cases resulting from infected children in schools, low secondary attack rates and a predominance of adult to child transmission if transmission was identified(2, 3). One living systematic review on transmission in school settings had a search date in September 2020 and included 11 studies. In pooled analysis, this review found that after an index case 0.15% of students in a school were infected and 0.70% of staff in schools were infected (43).

d) School closures and measures in schools

Overall, two systematic reviews show that school closures contribute to containment of the epidemic, but not as a single measure (4). One systematic review includes 10 cohort and ecological studies and indicates substantial heterogeneity in effect measures, with effects ranging from zero to 62% reduction in transmission(37). Two ecological studies including countries as units of analysis analysed the effectiveness of different -non-pharmaceutical interventions (NPI) measures on cases and reproduction numbers: Li et al compare various NPIs across time periods and in 131 countries. Here, the effect of school closure on infection activity was a 15% reduction in R_t with a broad 95% confidence interval that includes both a 34% reduction and a 10% increase [14]. The other ecological study showed a reduction of R_t of 38% (16 to 54%) in 41 countries with a Bayesian hierarchical model(45). Both studies conclude on substantial heterogeneity in measures of effectiveness and on substantial regional variability (Supplementary Table 6).

A Cochrane scoping review of measures in schools to reduce transmission of SARS-CoV-2 showed three intervention categories: interventions to reduce transmission through organizational measures, structural or environmental measures, and surveillance and response measures detecting SARS-CoV-2 infections. Most studies in this review are modelling studies. In terms of organizational measures in

particular face mask policies, hand hygiene policies and general physical distancing were shown to reduce transmission of SARS-CoV-2 and measures to reduce contacts, such as staggered arrival, phased reopening and alternating also showed effect in modelling studies on the effective reproduction number as well as number of infections. Structural measures included changes that made physical distancing easier, like school yard division, distance between desks and ventilation systems and were similarly found to reduce community transmission. Thirdly, surveillance measures were assessed regarding testing and tracing of cases and contacts. A systematic review of the effect of these interventions has been announced by the authors of this scoping review (19).

Indirect effects of the pandemic on children

Two systematic reviews assessed studies on mental health of children during the pandemic and found evidence of higher rates of depressive and anxiety disorders. These were higher in children with neurodevelopmental disorders (28, 34)(Supplementary Table 7).

Discussion

Our study identified evidence syntheses for the following main findings according to key research topics:

Clinical characteristics: In children, the course of disease is milder with fewer deaths and ICU admissions compared to older age groups. The proportion of asymptomatic infection is higher compared to adults and there exists a moderate effect on course of disease of several comorbidities. According to moderate to high quality systematic reviews, children with MIS-C show a higher risk for ICU admission and death, compared to other children with COVID-19.

No evidence synthesis was found regarding the incidence of MIS-C or other long-term complications in children. This would be crucial to judge the disease risk of children after SARS-CoV-2 infection (25). Even if current follow-up of patients is not yet sufficient to assess incidence adequately, it is important to set up these cohorts, including long-term cohorts for several years, potentially until adult age, to judge complications arising later than currently expected.

Transmission: Transmission on a population level of certain population groups is determined by infection risks/susceptibility of individual members of these groups, infectiousness of these individuals and contact number, frequency and intensity of these individuals. Included systematic reviews consistently reflect that children are susceptible to and contribute to transmission of SARS-CoV_2. There is some evidence from population-based data on the age- dependency of susceptibility. Accordingly, children aged <10 to 12 years had lower susceptibility than adults or adolescents during the first months of the pandemic in most studies reported in the included systematic reviews. Differential exposure to the infectious persons, differing immunological responses as well as cross immunity from other endemic coronaviruses have been discussed as reasons for this (46-48). We found two systematic reviews that assessed viral shedding and viral load as measures of infectiousness. One of them is rated as high quality and includes few studies in children. Here, an association of length of shedding with older age is confirmed, but no evidence that viral load is higher in children than in adults. Transmission assessments in schools from available systematic reviews vary greatly and do not allow generalization to other contexts as the effective spread in open schools and childcare facilities depends on regional infection dynamics. This is in line with unweighted data from a sequential cross-sectional study of a (non-representative) sample of schools in the UK showing an increase in infections and transmission into households, particularly among pupils aged > 11. This was observed after the introduction of general contact restrictions in October, November and December 2020, but with schools operating and no universal obligation for children and teachers to wear nasal-mouth protection (49).

Reviews in this study addressed susceptibility, infectiousness and transmission, but none addressed modified contact structure, e.g. regarding frequency or intensity of child contacts during the pandemic. Such data is urgently needed for transmission models in school settings, households, and for both settings in conjunction as currently older contact matrices are still being used to feed modelling efforts. Another important conclusion we draw is that pooling of data on transmission and contact tracing in school settings should only be performed by stratifying for regional and timely infection dynamics and for contact reduction measures both in and outside schools. This would enable better understanding of transmission parameters of children and school staff and help inform region-specific implementation of measures. Even then, while informative, such evidence needs to be supplemented by accurate and timely monitoring of infections in school children and staff.

Effect of school closures on transmission of SARS-CoV-2

Several reviews report low to moderate effect of school closures on SARS-CoV-2 community transmission during the first months of the pandemic, an often-higher effect than what is seen with other NPIs but with high heterogeneity between studies. This is in line with other systematic reviews and modelling studies on the overall effect of NPIs which report that -contact reduction NPIs to reduce contacts are effective and suitable for the containment of respiratory infections in the context of epidemics and pandemics (44, 50, 51). However, the high heterogeneity in published effect estimates for school closures provide limited use for practical applications, e.g. to quantify R_t reduction needed or needed to be substituted by other contact reduction measures in a specific region at a specific infection dynamic (12, 22).

The effect of closing or partly closing schools on SARS-CoV-2 community transmission cannot be directly deduced from infections attributed to school settings as school closures have further indirect effects. This includes a reduction of infections in children or school staff through less public transport and other leisure contacts (12) as well as fewer infections in general as parents staying at home. Further, school closures are perceived as a sign of seriousness of the epidemic and may enhance personal restrictions (37). Available evidence synthesis available describes school closures from the first part of the pandemic, so that the effect of school closures when increased contact reduction measures in schools are in place is not yet available as evidence synthesis.

The decision to close schools in each regional or national infection dynamic situation is there for a trade-off decision. It needs to balance negative effects for children – who are less affected by COVID-19 disease as such – and the protective effects for school staff and the population through reduced transmission. School closures are in our view - and supported by the evidence presented– similar to most non pharmaceutical interventions: they are not a binary intervention but can have lower or

higher adherence with parents, school staff and regional decision makers having a say in whether they use alternative or emergency childcare offers. Effectiveness of school closures can thus be enhanced by mitigation measures for families and children. However, we did not find specific evidence synthesis on such mitigation strategies nor on the adverse effects of school closures on children or the population. A non-systematic overview of literature presented by ECDC however indicates severe detrimental effects on health, health care utilization and education of children as well as economic effects on parents and the population(6).

Importantly, we also did not find evidence synthesis on the effect of school closures on the transmission of SARS-CoV-2 in children and school staff. The existing systematic reviews do not address heterogeneity of effect of school closures due to differing infection dynamics.

Measures implemented in schools or in the population to reduce spread of SARS-CoV-2

Two scoping reviews of recommendations and evidence (one of high quality) are part of our assessment on the impact of school measures on SARS-CoV-2 transmission in schools and in the population. NPIs in schools (such as wearing nasal-mouth protection, hand hygiene, spacing, ventilation) are already widely used and effective. Consistently, professional societies have positioned that wearing nasal-mouth protection in public transport and in schools and childcare centres is found to be safe and practicable from the age of 10 (optional from the age of 6) to protect against transmission (52). Screening frequently for SARS-CoV-2 in schools can contribute to keeping schools open as well as inform on up-to-date risk of infections among students and staff.

More systematic assessments of the evidence on adverse effects and mitigation measures of school closures and effect and cost-effectiveness of measures to contain SARS-CoV-2 transmission in schools is needed.

Limitations

Limitations of this review of existing evidence synthesis include its restricted use of rapid review methodology including a limited number of databases and no complete duplication of screening and data extraction. Systematic reviews may have been overlooked due to this and details in articles may have been missed. In addition, due to time constraints, extensive hand searching of e.g., disease control agencies such as Center of Disease Control (CDC) or other research institutions was not performed.

A further limitation is the recency of the systematic reviews, most of which had their search date before July 2020.

Conclusions

Compared to adults SARS-CoV-2 infections among children are more frequently asymptomatic, are followed by less severe acute disease and are less lethal than in adults. Infectivity, viral shedding and viral load in younger age is similar to older age groups. Closure of schools has a low to moderate effect on effective reproduction numbers and community transmission of SARS-CoV-2. Hygienic measures in schools or for school age children can reduce incidence and morbidity among students and school personnel. However, there is a lack of reviews on several questions pertaining to how children are affected by and schools are contributing to the SARS-CoV-2 pandemic. From our assessment, to be useful to public health policy, future systematic reviews should focus on i) frequency of long-term conditions in children, ii) contact patterns, frequency, and intensity of children during the pandemic iii) risk of infection and disease among school staff, iv) adverse effects of school closures and mitigation strategies for these as well as benefits, costs and harms of interventions implemented in schools to reduce transmission of SARS-CoV-2.

It would enhance pooled evidence quality and usefulness to decision makers if authors of such reviews could describe and stratify these measures in context of infections dynamics and existing contact reduction measures already implemented.

References

1. Cui X, Zhao Z, Zhang T, Guo W, Guo W, Zheng J, et al. A systematic review and meta-analysis of children with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Journal of medical virology*. 2020.
2. Ludvigsson JF. Children are unlikely to be the main drivers of the COVID-19 pandemic - A systematic review. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*. 2020;109(8):1525-30.
3. Viner RM, Mytton OT, Bonell C, Melendez-Torres GJ, Ward J, Hudson L, et al. Susceptibility to SARS-CoV-2 Infection Among Children and Adolescents Compared With Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA pediatrics*. 2020.
4. Viner RM, Russell SJ, Croker H, Packer J, Ward J, Stansfield C, et al. School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review. *The Lancet Child & adolescent health*. 2020;4(5):397-404.
5. Viner RM, Ward JL, Hudson LD, Ashe M, Patel SV, Hargreaves D, et al. Systematic review of reviews of symptoms and signs of COVID-19 in children and adolescents. *Archives of disease in childhood*. 2020.
6. ECDC. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission – first update. ECDC; 2020.
7. Lo Moro G, Sinigaglia T, Bert F, Savatteri A, Gualano MR, Siliquini R. Reopening Schools during the COVID-19 Pandemic: Overview and Rapid Systematic Review of Guidelines and Recommendations on Preventive Measures and the Management of Cases. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(23).
8. NICE. COVID-19 rapid guideline: managing the long-term effects of COVID-19. 2020.
9. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ (Clinical research ed)*. 2017;358:j4008.
10. Aronoff SC, Hall A, Del Vecchio MT. The Natural History of SARS-Cov-2 Related Multisystem Inflammatory Syndrome in Children (MIS-C): A Systematic Review. *Journal of the Pediatric Infectious Diseases Society*. 2020.
11. Bhuiyan MU, Stiboy E, Hassan MZ, Chan M, Islam MS, Haider N, et al. Epidemiology of COVID-19 infection in young children under five years: A systematic review and meta-analysis. *Vaccine*. 2020.
12. Brauner JM, Mindermann S, Sharma M, Johnston D, Salvatier J, Gavenciak T, et al. Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science (New York, NY)*. 2020.
13. Bustos BR, Jaramillo-Bustamante JC, Vasquez-Hoyos P, Cruces P, Díaz F. Pediatric Inflammatory Multisystem Syndrome Associated With SARS-CoV-2: A Case Series Quantitative Systematic Review. *Pediatric emergency care*. 2021;37(1):44-7.
14. Castro-Rodriguez JA, Forno E. Asthma and COVID-19 in children: A systematic review and call for data. *Pediatric pulmonology*. 2020.
15. Cevik M, Tate M, Lloyd O, Maraolo AE, Schafers J, Ho A. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV viral load dynamics, duration of viral shedding, and infectiousness: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Microbe*. 2021;2(1):e13-e22.
16. Christophers B, Gallo Marin B, Oliva R, Powell WT, Savage TJ, Michelow IC. Trends in clinical presentation of children with COVID-19: a systematic review of individual participant data. *Pediatric research*. 2020.
17. de Souza TH, Nadal JA, Nogueira RJN, Pereira RM, Brandão MB. Clinical manifestations of children with COVID-19: A systematic review. *Pediatric pulmonology*. 2020;55(8):1892-9.
18. He J, Guo Y, Mao R, Zhang J. Proportion of asymptomatic coronavirus disease 2019: A systematic review and meta-analysis. *Journal of medical virology*. 2021;93(2):820-30.
19. Krishnaratne S, Pfadenhauer LM, Coenen M, Geffert K, Jung-Sievers C, Klinger C, et al. Measures implemented in the school setting to contain the COVID-19 pandemic: a scoping review. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2020;12:Cd013812.
20. Lei H, Xu X, Xiao S, Wu X, Shu Y. Household transmission of COVID-19-a systematic review and meta-analysis. *The Journal of infection*. 2020.

21. Levin AT, Hanage WP, Owusu-Boaitey N, Cochran KB, Walsh SP, Meyerowitz-Katz G. Assessing the age specificity of infection fatality rates for COVID-19: systematic review, meta-analysis, and public policy implications. *European journal of epidemiology*. 2020;35(12):1123-38.
22. Li Y, Campbell H, Kulkarni D, Harpur A, Nundy M, Wang X, et al. The temporal association of introducing and lifting non-pharmaceutical interventions with the time-varying reproduction number (R) of SARS-CoV-2: a modelling study across 131 countries. *The Lancet Infectious Diseases*.
23. Liu C, He Y, Liu L, Li F, Shi Y. Children with COVID-19 behaving milder may challenge the public policies: a systematic review and meta-analysis. *BMC pediatrics*. 2020;20(1):410.
24. Ludvigsson JF. Systematic review of COVID-19 in children shows milder cases and a better prognosis than adults. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*. 2020;109(6):1088-95.
25. Ludvigsson JF. Case report and systematic review suggest that children may experience similar long-term effects to adults after clinical COVID-19. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*. 2020.
26. Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM, Jr., Halloran ME, Dean NE. Household Transmission of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA network open*. 2020;3(12):e2031756.
27. Mehta NS, Mytton OT, Mullins EWS, Fowler TA, Falconer CL, Murphy OB, et al. SARS-CoV-2 (COVID-19): What do we know about children? A systematic review. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*. 2020.
28. Nearchou F, Flinn C, Niland R, Subramaniam SS, Hennessy E. Exploring the Impact of COVID-19 on Mental Health Outcomes in Children and Adolescents: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(22).
29. Nino G, Zember J, Sanchez-Jacob R, Gutierrez MJ, Sharma K, Linguraru MG. Pediatric lung imaging features of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Pediatric pulmonology*. 2021;56(1):252-63.
30. Nussbaumer-Streit B, Mayr V, Dobrescu AI, Chapman A, Persad E, Klerings I, et al. Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID-19: a rapid review. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2020(9).
31. Panahi L, Amiri M, Pouy S. Clinical Characteristics of COVID-19 Infection in Newborns and Pediatrics: A Systematic Review. *Archives of academic emergency medicine*. 2020;8(1):e50.
32. Panda PK, Sharawat IK, Panda P, Natarajan V, Bhakat R, Dawman L. Neurological Complications of SARS-CoV-2 Infection in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of tropical pediatrics*. 2020.
33. Patel NA. Pediatric COVID-19: Systematic review of the literature. *American journal of otolaryngology*. 2020;41(5):102573.
34. Stavridou A, Stergiopoulou AA, Panagouli E, Mesiris G, Thirios A, Mougiakos T, et al. Psychosocial consequences of COVID-19 in children, adolescents and young adults: A systematic review. *Psychiatry and clinical neurosciences*. 2020;74(11):615-6.
35. Suk JE, Vardavas C, Nikitara K, Phalkey R, Leonardi-Bee J, Pharris A, et al. The role of children in the transmission chain of SARS-CoV-2: a systematic review and update of current evidence. *medRxiv : the preprint server for health sciences*. 2020.
36. Tsankov BK, Allaire JM, Irvine MA, Lopez AA, Sauv e LJ, Vallance BA, et al. Severe COVID-19 Infection and Pediatric Comorbidities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of infectious diseases : IJID : official publication of the International Society for Infectious Diseases*. 2020;103:246-56.
37. Walsh S, Chowdhury A, Russell S, Braithwaite V, Ward J, Waddington C, et al. Do school closures reduce community transmission of COVID-19? A systematic review of observational studies. *medRxiv : the preprint server for health sciences*. 2021:2021.01.02.21249146.
38. Xu W, Li X, Dozier M, He Y, Kirolos A, Lang Z, et al. What is the evidence for transmission of COVID-19 by children in schools? A living systematic review. *Journal of global health*. 2020;10(2):021104-.

39. Yasuhara J, Kuno T, Takagi H, Sumitomo N. Clinical characteristics of COVID-19 in children: A systematic review. *Pediatric pulmonology*. 2020.
40. Yasuhara J, Watanabe K, Takagi H, Sumitomo N, Kuno T. COVID-19 and multisystem inflammatory syndrome in children: A systematic review and meta-analysis. *Pediatric pulmonology*. 2021.
41. Zheng B, Wang H, Yu C. An increasing public health burden arising from children infected with SARS-CoV2: A systematic review and meta-analysis. *Pediatric pulmonology*. 2020;55(12):3487-96.
42. Mehta NS, Mytton OT, Mullins EWS, Fowler TA, Falconer CL, Murphy OB, et al. SARS-CoV-2 (COVID-19): What Do We Know About Children? A Systematic Review. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*. 2020;71(9):2469-79.
43. Xu W, Li X, Dozier M, He Y, Kirolos A, Lang Z, et al. What is the evidence for transmission of COVID-19 by children in schools? A living systematic review. *medRxiv : the preprint server for health sciences*. 2020:2020.10.11.20210658.
44. Nussbaumer-Streit B, Mayr V, Dobrescu AI, Chapman A, Persad E, Klerings I, et al. Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID-19: a rapid review. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2020;4(4):Cd013574.
45. Brauner JM, Mindermann S, Sharma M, Johnston D, Salvatier J, Gavenčiak T, et al. Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science (New York, NY)*. 2020:eabd9338.
46. Ng KW, Faulkner N, Cornish GH, Rosa A, Harvey R, Hussain S, et al. Preexisting and de novo humoral immunity to SARS-CoV-2 in humans. *Science (New York, NY)*. 2020;370(6522):1339-43.
47. Carsetti R, Quintarelli C, Quinti I, Piano Mortari E, Zumla A, Ippolito G, et al. The immune system of children: the key to understanding SARS-CoV-2 susceptibility? *The Lancet Child & Adolescent Health*. 2020;4(6):414-6.
48. Cristiani L, Mancino E, Matera L, Nenna R, Pierangeli A, Scagnolari C, et al. Will children reveal their secret? The coronavirus dilemma. *European Respiratory Journal*. 2020;55(4):2000749.
49. SAGE CsTaFG. Children's Task and Finish Group: update to 4 th Nov 2020 paper on children, schools and transmission
17 December 2020. 2020.
50. Jackson C, Mangtani P, Hawker J, Olowokure B, Vynnycky E. The Effects of School Closures on Influenza Outbreaks and Pandemics: Systematic Review of Simulation Studies. *PLOS ONE*. 2014;9(5):e97297.
51. Jackson C, Vynnycky E, Hawker J, Olowokure B, Mangtani P. School closures and influenza: systematic review of epidemiological studies. *BMJ Open*. 2013;3(2):e002149.
52. DGPI. Stellungnahme von DGPI, bvkj, DGKJ, GPP und SGKJ zur Verwendung von Masken bei Kindern zur Verhinderung der Infektion mit SARS-CoV-2 (Stand 12.11.2020). 2020.

Appendix

<u>First author</u>	<u>Q-1</u>	<u>Q-2</u>	<u>Q-3</u>	<u>Q-4</u>	<u>Q-5</u>	<u>Q-6</u>	<u>Q-7</u>	<u>Q-8</u>	<u>Q-9</u>	<u>Q-10</u>	<u>Q-11</u>	<u>Q-12</u>	<u>Q-13</u>	<u>Q-14</u>	<u>Q-15</u>	<u>Q-16</u>	<u>Overall (AMSTAR-2)</u>	<u>Adapted to actual design</u>
	<u>PICO</u>	<u>Prior design</u>	<u>Inclusion of studies</u>	<u>Comprehensive literature search</u>	<u>Duplicate study selection</u>	<u>Data extraction in duplicate</u>	<u>List of excluded studies</u>	<u>Description of included studies</u>	<u>Risk of bias</u>	<u>Sources of funding reported</u>	<u>Appropriate meta-analysis methods</u>	<u>RoB in meta-analysis</u>	<u>RoB in qualitative synthesis/discussion</u>	<u>Explanation/discussion of heterogeneity</u>	<u>Publication bias</u>	<u>Conflict of interest reported</u>	<u>Classic AMSTAR-2</u>	<u>Adapted to rapid review methods or large ecological designs</u>
Ludvigsson, J.F.(24)	YES	No	No	Partial yes	Yes (but reviewers not included as authors)	No	No	Yes	No	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Critically low	Low
Mehta N.(27)	Yes	No	Yes	Partial yes	No	No	No	Yes	No	No	NA	NA	No	Yes	NA	Yes	Critically low	Moderate
Panahi(31)	Yes	No	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Partial Yes	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Low	Moderate
Souza(17)	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	Partial yes	No	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Critically low	Low
Zheng(41)	Yes	No	Yes	Partial Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	Yes	Critically low	Low

Patel N. A.(33)	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No	NA	NA	No	No	No	Yes	Critical low	Low
Cui(1)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Low	High
Castro-Rodriguez(14)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Low	High
Christophers(16)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Partial Yes	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Critical low	Low
Liu(23)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Moderate	High
He (18)	Yes	No	Yes	Partial Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No	Yes	Critical low	Moderate
Bhuiyan(11)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No	Yes	Critical low	Moderate
Nino G(29)	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Critical low	Low
Levin	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	High	High
Tsankov(36)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Low	Moderate
Viner(5)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	No	NA	NA	Yes	Yes	NA	Yes	<u>Moderate</u>	<u>High</u>
Yasuhara(39)	Yes	No	Yes	Partial Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Critical low	Low
Bustos(13)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Low	Moderate
Panda P.K.(32)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Moderate	Moderate
Aronoff S.C.(10)	Yes	No	Yes	Partial Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Critical low	Low

Yasuhara(40)	Yes	No	Yes	Partial Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes	No	Yes	Low	Low
Ludvigsson(25)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Yes	Moderate	Moderate
Ludvigsson(2)	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	NA	NA	No	Yes	NA	Yes	Critically low	Low
Viner et al.(3)	Yes	Yes	Yes	Partial Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Moderate	Moderate
Cevik(15)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	High	High
Lei (20)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes	No	Yes	Low	Low
Xu(43)	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	No	No	No	Yes	No	Yes	Critically low	Low
Madewell(26)	Yes	Yes	Yes	Partial Yes	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Moderate	High
Nussbaumer-Streit(44)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	Moderate	Moderate
Viner et al(4)	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	Partial yes	No	No	No	No	No	Yes	NA	Yes	Low	Low
Li et al(22)	NA, but research question clear	NA	NA	NA, but very comprehensive search on country data	NA, but duplicate search	NA, but duplicate extraction	NA	NA, but little description of countries	NA	NA	NA, but appropriate analysis method	NA	NA	NA, discussion on heterogeneity included	nA	Yes	NA	High
Brauner	NA, but research question clear	NA	NA	NA, but very comprehensive search on country data	NA, but duplicate search	NA, but duplicate extraction	NA	NA, but little description of countries	NA	NA	NA, but appropriate analysis method	NA	NA	NA, but little discussion on heterogeneity included, some sensitivity analyses	nA	Yes	NA	High

Lo Moro(7)	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	Yes	No	No	NA	NA	No	Yes	No	Yes	Critical ly low	<u>Low</u>
Krishnaratne, S.,	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	NA	NA	No	Yes	NA	Yes	Moderate	<u>High</u>
Stavriodou(34)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Critical ly low	Low
Nearchou	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	NA	NA	No	No	NA	Yes	Low	Moderate

Supplementary Table 1 Risk of bias assessment using adapted AMSTAR-2

First author	Time of search	Clinical characteristics and severity					Transmission parameters					Effect of school closures				Measures in schools to reduce spread of SARS-CoV-2 in schools			Population measures to lengthen opening time of schools		Indirect effects of the epidemic on children			
		Main symptoms	Clinical characteristics and signs, Proportion of asymptomatic	Effect of comorbidities	Proportion of ICU, ECMO or death	Long term complications	Susceptibility of children and age dependency	Secondary attack rate in households	Secondary attack rates of children and staff in schools	Virality load or viral shed in children	Frequency and type of contacts of children during the COVID-19	On transmission of SARS-CoV-2 in the population	On transmission of SARS-CoV-2 in children	Adverse effects in children	Adverse effects in the population	Effect of measures reducing spread of SARS-CoV-2 in schools	Adverse effects	Cost-efficiency	Effect on children	Effect on the population	Mental Health	Healthcare utilization	Physical health	

											pan de mic					ool s						
Ludvigsson, J.F.(24)	18 Mar ch 2020																					
Mehta N.(27)	9 Mar ch 2020																					
Panahi(31)	30 Mar ch 2020																					
Souza(17)	6 Apri l																					
Zheng (41)	Sec ond wee k of Apri l																					
Patel N. A.(33)	16 Apri l 2020																					
Cui(1)	30 Apri l																					
Castro - Rodiguez(14)	6 Ma y																					

Ludvigsson, J.F.(24)	18 March 2020	Systematic review	Largely children from China, 45 studies	Cough, fever, pharyngeal erythema	> 90% of the children has asymptomatic, mild or moderate disease 70% of children had mild disease, 67,2% of those who died had a comorbidity	prevalence of severe and critical disease was 10.6% in children aged <1 at diagnosis, 1-5 years (7.3%), 6-10 years (4.2%), 11-15 years (4.1%) and 16-17 years (3.0%). 50% of critical children < 1 year old Death: 1 death in 44672 COVID-19 cases up to February 11
Mehta N.(27)	9 March 2020	Systematic review	Largely children from China, 24 studies	Fever, cough, sore throat	Milder than adults, scarce data on comorbidities	Milder course of disease, 2,5%-7,6% severe, 0,2% critical, no deaths
Panahi(31)	30 March 2020	Systematic review	14 studies included, 2228 included children	Fever and cough	>70% of children had mild disease, 78% initially asymptomatic, 5% of these later developed symptoms 22% of the children had moderate disease	6% severe disease 2 deaths (14 years old boy with unclear exposure history and comorbidities and male new born child)
Souza(17)	6 April 2020	Systematic review	38 studies included, 1124 cases	Fever (47%), cough (41%)	36% mild and 46% moderate	1 death reported 2.1% severe and 1.2% critical
Zheng(41)	Second week of April	Systematic review, meta-analysis	14 studies, 410 children, one from Spain, 13 from China	Fever (49%), dry cough (35%), sore throat (12%)	Pooled asymptomatic proportion: 40,45%, range from 10-80%, I2=85%	10% co-infection range from 4,88%-24% (mycoplasma pneumoniae, influenza, parainfluenza)
Patel N. A.(33)	16 April 2020	Systematic review	10 included studies, 2 case series, 8 retrospective chart reviews, 2914 pediatric patients	cough (48%), fever (47%) and sore throat/pharyngitis (28.6%)	15% asymptomatic patients, 21% with comorbidities overall.	27% of patients hospitalized <1 year of age. 0,0018% of children with COVID-19 died
Cui(1)	30 April 2020	Systematic review, meta-analysis	48 studies, 5829 pediatric cases	fever 51% (95% CI: 45%-57%; I2 = 78.9%) and cough 41% (95% CI: 35%-47%, I2 = 81.0%).	Pooled results overall: asymptomatic 20% (14-26%), I2 91,4% , mild 33% (23-43% I2 95,6%) ; moderate 51% (42-61% I2 93,4%) Pooled results in <1 year old: 6% asymptomatic, I2 24% , mild 54% (49-59%, I2 0,0%) and moderate 36% ((27-45%, I2 4%)	Severe cases: 7% (95% CI: 4%-11%; I2 = 90.2%) Critical cases: 5% (95% CI: 2%-9%; I2 = 84.5%) children under 1 year old make up 14 % of critical cases (95% CI: 13%-34%; I2 = 37.3%), 7% were severe cases (CI 4-11% and I2 34;3%9
Castro-Rodriguez(14)	6 May 2020	Systematic review			one report by CDC with 40/345 (~11.5%) children with "chronic lung diseases including asthma," and one from a tertiary hospital in New York that reported asthma in 11/46 (~23.9%) children hospitalized for	

					COVID-19	
Christophers(16)	15 May 2020	Systematic review	22 studies, 123 patients	61,5% fever, 41% cough	14.6% of patients were asymptomatic (n=18)	median time to discharge 12 days (IQR=7). 4 patients require ICU transfer
Liu(23)	10 May 2020	Systematic review, descriptive; meta-analysis	29 studies included, 4300 pediatric patients	53% fever (95%CI 44-62, I2 87%), 42% cough (95% CI 35-48)	Mean age 7, 18,9% of children asymptomatic , 37,4% no radiographic abnormalities	0,1% ICU admission(0-1,3%, I2 51%) 4 of 4278 patients died
He (18)	20 May 2020	Meta-analysis	41 studies overall, 11 studies in children, 1152 children		pooled prevalence of asymptomatic infection was 15.5% (95% CI: 8.8–25.7%) and 14.5% (95% CI: 9.8–21.1%) in studies from China and other countries respectively in adults and among 1152 COVID-19 children from 11 studies 27.7% (95% CI: 16.4–42.7% Asymptomatic infection is estimated to be 15,6% of all confirmed cases	Less severe than adult cases
Bhuiyan(11)	4 June 2020	Systematic review, Meta-analysis	65 studies , 1214 children	Fever: (75/196, 38%) upper respiratory symptoms (69/196, 35%), gastrointestinal (GI) symptoms 7.7% (15/196).	Reported in abstract: 43%, (this 43% is the pooled estimate from 9 studies used in meta analysis) but in table and text 5% of children 42/880 44,9% were mild, 50,1% were moderate (require hospitalization) Meta analysis: pooled estimate of mild cases: 40% (95%CI 6-78% I2 84:1%) ; moderate cases: 51% (95% CI 16-85% I2 87.9%)	4.9% were severe requiring ICU admission/mechanical ventilation Meta-analysis: Pooled estimate of severe cases 7% (95% CI 0-30% I2 73.5%)
Nino G(29)	11 July 2020	Systematic review; meta-analysis	29 studies, 1026 children		Normal chest x-rays in 35,7% (95% CI: 28%-44%) I2=86% Bilateral compromise: 28% (95%20-36%) I2=88%	
Levin	18 September 2020	Metaregression	9 countries with studies for 5-15			Data from 9 countries gives IFR for 5-15 < 0.001%, no data for children <5 years
Tsankov(36)	5 October 2020	Systematic review, Meta-analysis	42 studies with 275661 children without and 9353 children with comorbidities		higher risk of severe COVID-19 among children with comorbidities relative risk ratio 1.79 (95% CI 1.27 - 2.51; I(2) = 94%). higher risk of COVID-19-associated mortality; relative risk ratio 2.81 (95% CI 1.31 - 6.02; I(2) = 82%).	

Viner(5)	9 October 2020, date of search of reviews from March to 10 th of August	Review of reviews	18 reviews	Fever 46% to 64.2% pooled proportions from reviews Cough: 32% to 55.9%. All other symptoms or signs 10%–20%.	14-42% pooled proportion of asymptomatic patients reported, mostly hospital patients	
----------	--	-------------------	------------	---	---	--

Supplementary Table 3 Findings from identified systematic reviews and meta-analyses on clinical characteristics of COVID-19 in children

Findings on long term complications

First author	Time of search	Type of study	N studies, Population and N included	Long term complications
Yasuhara(39)	20 June 2020	Systematic review	46 case reports and case series, 114 cases	17 patients with MIS-C, no deaths, 65% intensive care
Bustos(13)	01 July 2020	Systmatic review	11 studies, includes 468 cases	Mean age 9,2 common characteristics: previously healthy school-aged children, persistent fever and gastrointestinal symptoms, lymphopenia, and high inflammatory markers. Clinical syndromes such as myocarditis and Kawasaki disease were present in only one third of cases each one. Pediatric intensive care unit admission was frequent (82%), 27% required ventilation, 25/468 on ECMO, 7/468 died (1,4%), although length of stay was less than 1 week, and mortality was low
Panda P.K.(32)	12 July 2020	Systematic review, meta-analysis	21 studies/case series + 5 case reports 3659 patients (from the studies included in systematic review)	In mild cases: fatigue/myalgia 14,3% (13-16%) I2=35%; Headache: 3,7% (3,1-4,4%) I2=31% Severe cases: Seizure 3,1% (1,8%-4,4%) I2=27% Encephalopathy 12,6 (8,7-17,9%) I2=59% Unclear at what follow-up
Aronoff S.C.(10)	23 July 2020	Systematic review	10 studies with 16 reports describing 505 children	14.7% had negative PCR/antibody tests , median age 9 years, clinical findings: fever (100%), GI symptoms (88%), rash(59,2%) conjunctivitis (50%). IvG and prednisone most common therapeutic interventions 1.4% of children died
Yasuhara(40)	30 August 2020	Systematic review; meta-analysis	27 studies, 917 patients	Mean age 9,3, 34,6% Hispanic and Black cases, GI symptoms 87%, myocardial dysfunction 55%, ECMO 6,3%, Mortality 1,9% (95% CI 1-2,8)
Ludvigsson(25)	2 November 2020	Systematic review	0 studies	No studies found on long term complications in children

Supplementary Table 4 Findings from identified systematic reviews and meta-analyses on long term complications of COVID-19 in children

Findings on transmission parameters in children

First author	Time of search	Type of study	N studies, Population and N included	Susceptibility of children and age dependency	Secondary attack rate in households	Secondary attack of children and staff rates in schools	Virol load or viral shedding in children

Mehta N.(27)	9 March 2020	Systematic review	Largely children from China, 24 studies	Data limited, one seroprevalence study suggests low seroprevalence in children, just as susceptible as adults	Proportion of children in case data low, but attack rates similar to adults		
Panahi(31)	30 March 2020	Systematic review	14 studies included, 2228 included children		No attack rates given, but most children infected via “family cluster infections”, <1% by travel through epidemic center		Viral shedding reported 2-3 weeks after disease
Souza(17)	6 April 2020	Systematic review	38 studies included, 1124 cases				
Zheng(41)	Second week of April	Systematic review	14 studies, 410 children, one from Spain, 13 from China		No attack rates, but ooled proportion of family clustering infection 84% (95%CI: 77.54-89.72) among all infections	Proportion of asymptomatic	
Ludvigsson(2)	Search up to May 2020.	Systematic review; descriptive.	Nine studies (not clearly stated) were reviewed.	Small fraction of individuals with COVID are children	No data on attack rates found, few cases of child transmission in family clusters	one study : a nine-year-old boy attending three schools while symptomatic; none of 112 school contacts contracted the disease. -a included report stated that nine high-school students and nine staff with confirmed COVID-19 had contact with 735 students and 128 staff. Result: two children may have contracted COVID-19 from these initial school cases, no staff. -	

Viner et al.(3)	updated in July 2020	Systematic review, meta-analysis; contact-tracing studies and population-based studies.	32 studies (thereof three in schools (school-based contact tracing studies); 41640 children and adolescents and 268945 adults; 18 contact tracing studies and 14 population screening studies	<p>in contact tracing studies: The pooled odds ratio of being an infected contact in children compared with adults was 0.56 (95%CI,0.37-0.85), with substantial heterogeneity (I² = 94.6%); 0.52 in children and 0.72 (0.46-1.1) in adolescents.</p> <p>Prevalence in 14 population screening studies risk ratio of being seropositive ranged from 0.1-0.9 the risk of adults in those <10 and from 0.5-1.2 in those 10-19 years old.</p>		<p>Australia: before and during school closures 27 primary COVID- cases (thereof 56% staff) resulted in 18 secondary cases in 4 settings, including an outbreak of 13 cases in 1 early-years setting initiated by a staff member; no evidence of child-to-adult transmission. Secondary attack rate: 1.2% overall; 0.4% when excluding early-years outbreak, 2.8% in those tested.</p> <p>Ireland/Singapore: very few secondary cases resulting from infected children attending schools.</p>	
Lei (20)	Search up to 1 st July 2020	Systematic review	24 studies included, 10 cohort, 13 case ascertainment studies		Overall secondary attack ranges 5-90%, pooled 27%, I ² 96% Transmission risk of COVID-19 to adults compared to children in household OR 2.5-5,7 (pooled 3.7 (2.8-4.9)), more likely for children to be infected by adults		
Xu(43)	last update Sept 2020	System. Review and meta-analyses.	<p>11 included studies (5 cohort, 6 cross-sectional). Cohort study population for pooled analyses includes 18 secondary infected cases in 3,345 contacts.</p> <p>Cross-sectional study population for pooled analyses includes 639 SARS-CoV-2 positive cases in 6,682 participants</p>			<p>-Pooled infection AR cohort studies: 0.08% (95% CI: 0.00%–0.86%); Separately for students: 0.15% (95% CI: 0.00%–0.93%) and for staff: 0.70% (95% CI: 0.00%–3.56%)</p> <p>-Pooled positivity rate cross-sectional studies: 8.00% (95% CI: 2.17%–16.95%). Separately for students: 8.74% (95% CI: 2.34%–18.53%); for staff 13.68% (95% CI: 1.68%–33.89%);</p> <p>No gender difference in schools for positivity rate and AR.</p>	

						-Other finding: symptom severity was related to positive antibody test	
Madewell(26)	19 October 2020	Systematic review and Meta-analysis	54 studies 16 high risk of bias 27 moderate, 11 low, included,			Overall attack rate in households: 16,4% (95%CI, 13.0%-20 %), I2= In 15 studies where SARs were available separately for In adults: 28,3% (20-37%) I2=97% In children: 16,8% (12-18%), I2=79%	
Cevik(15)	6 June 2020	Meta-analysis and systematic review	79 studies,				Mean duration of SARS-CoV-2 RNA shedding was 17.0 days (95% CI 15.5–18.6; 43 studies, 3229 individuals) i Pooled mean SARS-CoV-2 shedding duration was positively associated with age (slope 0.304 [95% CI 0.115–0.493]; p=0.0016).

Supplementary Table 5 Findings from identified systematic reviews and meta-analyses on transmission parameters of SARS-CoV-2 in children in households and schools

Findings on school closures and measures in schools

First author	Time of search	Type of study	N studies, Population and N included	Effect of school closures on transmission of SARS-CoV-2 in the population	Effect of measures reducing spread of SARS-CoV-2 in schools
Nussbaumer-Streit(44)	23 June 2020 (update)	Narrative rapid systematic review	51 studies overall (different pathogens), 32 studies on COVID-19 (4 Observational studies and 28	-one modelling study (UK) used school closing as an intervention strategy to reduce COVID- 19 transmission by reducing contacts in the population. A combination of case isolation, household quarantine, social distancing of the entire	

			modelling studies simulating the outbreak scenarios)	population, and school and university closures would result in the greatest effect (reduced R0 from 2.9 to 2.3 starting at 2 weeks after implementation). -one modelling study (China) stated that quarantine and school closures reduced the peak of transmissions by 45.7% and 29.9%.	
Viner et al(4)	19 March 2020	Rapid systematic review.	16 Studies overall (different viruses), thereof five articles on school closures during COVID-19 outbreak in mainland China and Hong Kong and one modelling study on the impact of school closures in the UK on transmission.	Two studies concluded: overall package of quarantine and social distancing was effective in reducing the epidemic in mainland China. Two studies from Hong Kong: Collectively, school closure and other stringent social distancing measures were considered to have reduced the R below 1, controlling the spread of the outbreak. -social distancing measures implemented as a whole during the COVID-19 outbreak reduced community transmission by 44% (greater than estimated 10–15% reduction in influenza transmission conferred by school closures in 2009).	
Li et al(22)	20 July 2020	Ecological study with countries as units	131 countries included	Introduction 0.89 (0.82-0.97) on day 7, 0.86 (0.72-1.02) on day 14 and 0.85 (0.66-1.10) on day 28 relaxation of school closure associated with the increase in R on day 7 (R ratio 1.05, 95% CI 0.96–1.14) and day 14 (1.18, 1.02–1.36) and day 28 (1.24, 1.00-1.52)	
Brauner et al(12)	30 th May 2020	Ecological study with countries as units	41 countries included	closing both schools and universities in conjunction: 38% (16 to 54%); in combination reduction of 77% (67-85%) Rt can likely be brought down by closing schools/universities, high-risk businesses, limiting gathering to 10	
Krishnaratne, S.,	8 October 2020	Scoping review	42 studies , 31 modelling studies, 9 studies observational design, and 2 quasi-experimental		Three broad intervention categories: organizational measures to reduce transmission of SARS-CoV-2 (n = 36) structural/environmental measures to reduce transmission of SARS-CoV-2 (n = 11) and surveillance and response measures to detect SARS-CoV-2 infections (n = 19).
Lo Moro(7)	1October 2020	Rapid Review of country recommendations on school measures	23 official documents, 6 studies found		In most countries and guidelines: Attendance after return is expected except for high risk students in all countries School staff is expected to wear masks, students dependent on age, mostly not in primary schools Physical distancing recommended from 1-2m Decrease interaction in school activities Respiratory etiquette and hand hygiene Ventilation rules

					Physical activity at school in the outdoors Masks mandatory in school transports, same cohort/cluster on every journey In School canteens wear masks until sitting , keep distance, forbid buffet, stagger serving time, separate meal time, allow to eat in class
--	--	--	--	--	--

Supplementary Table 6 Findings from identified systematic reviews and meta-analyses on effects of school closures and measures implemented in schools to reduce transmission of SARS-CoV-2

Findings on indirect effects of the epidemic on children

First author	Time of search	Type of study	N studies, Population and N included	Indirect effects of the epidemic on children
Stavriodou(34)	unclear	Systematic review unclear	21 Studies (33398)	Higher risk of anxiety disorders and mild to moderate depressive symptoms More so in children with neurodevelopmental disorders
Nearchou(28)	21 June 2020	Systematic review	12 studies (12262)	High risk of depression and anxiety in adolescent cohorts

Supplementary Table 7 Findings on the indirect effect of the pandemic in children

Anhang 2 Bericht zu öffentlich verfügbaren Daten der KMK zu Infektionen bei SchülerInnen und Schulpersonal (Januar 2021)

COVID-SCHULEN WP 2

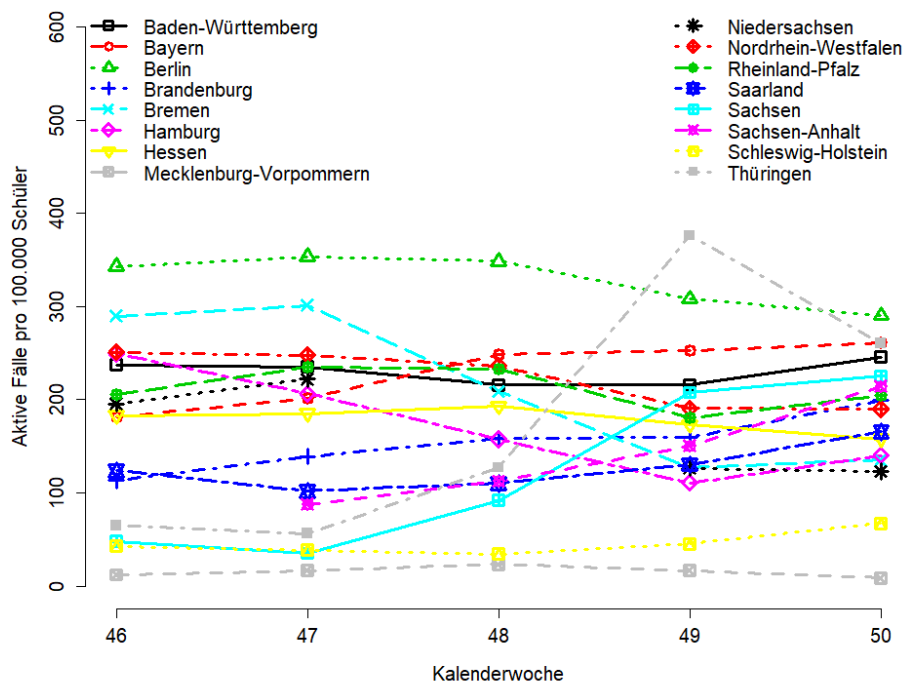
Bericht zu öffentlich verfügbaren Daten der KMK zu Infektionen bei SchülerInnen und Schulpersonal – Monat 1

Universität Köln und Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung

1 Deskriptive Ergebnisse

Abbildung 28 illustriert die wöchentlichen aktiven Fälle pro 100.000 unter den Schüler*innen für alle Bundesländer für den Zeitraum Kalenderwoche 46-50, 2020. Diese wurden anhand der von der KMK auf ihrer Homepage bereitgestellten wöchentlichen Berichten zum Infektionsgeschehen als Quotient aus den berichteten aktuell mit COVID-19 infizierte(n) SuS und den in die landesinterne Meldung einbezogene(n) SuS insgesamt berechnet.

Abbildung 30. Aktive Fälle unter SchülerInnen/100.000 SchülerInnen in einzelnen Bundesländern pro Woche (KW 46-50)

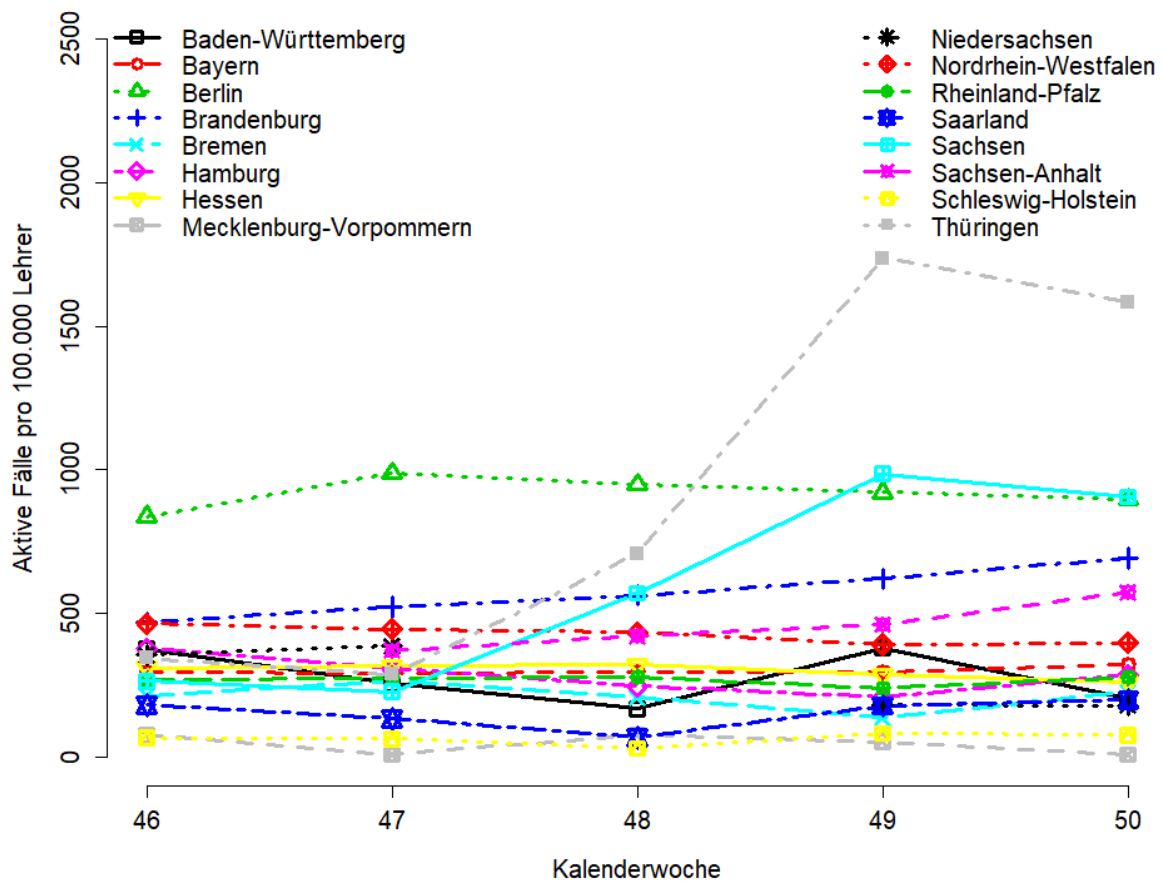


Quellen: KMK 2020; Eigene Berechnung und Illustration

Die kurzen Zeitreihen erlauben keine abschließende Beurteilung des Infektionsgeschehens. Das hat neben der Zeitreihenlänge auch damit zu tun, dass die Basis der Berichte nicht in jeder Woche identisch ist. So variiert z.B. häufig die Zahl der Schulen, auf denen die Berichte fußen, was die Aussagekraft der Daten einschränkt. Optisch stechen jedoch Berlin mit einer hohen Anzahl aktiver Fälle pro Woche und Thüringen mit einem hohen Anstieg bis KW 49 heraus.

Abbildung 29 gibt einen vergleichbaren Überblick über die aktiven Fälle bei Lehrern über den gleichen Zeitraum.

Abbildung 31. Aktive Fälle unter LehrerInnen/100.000 LehrerInnen in einzelnen Bundesländern pro Woche (KW 46-50)

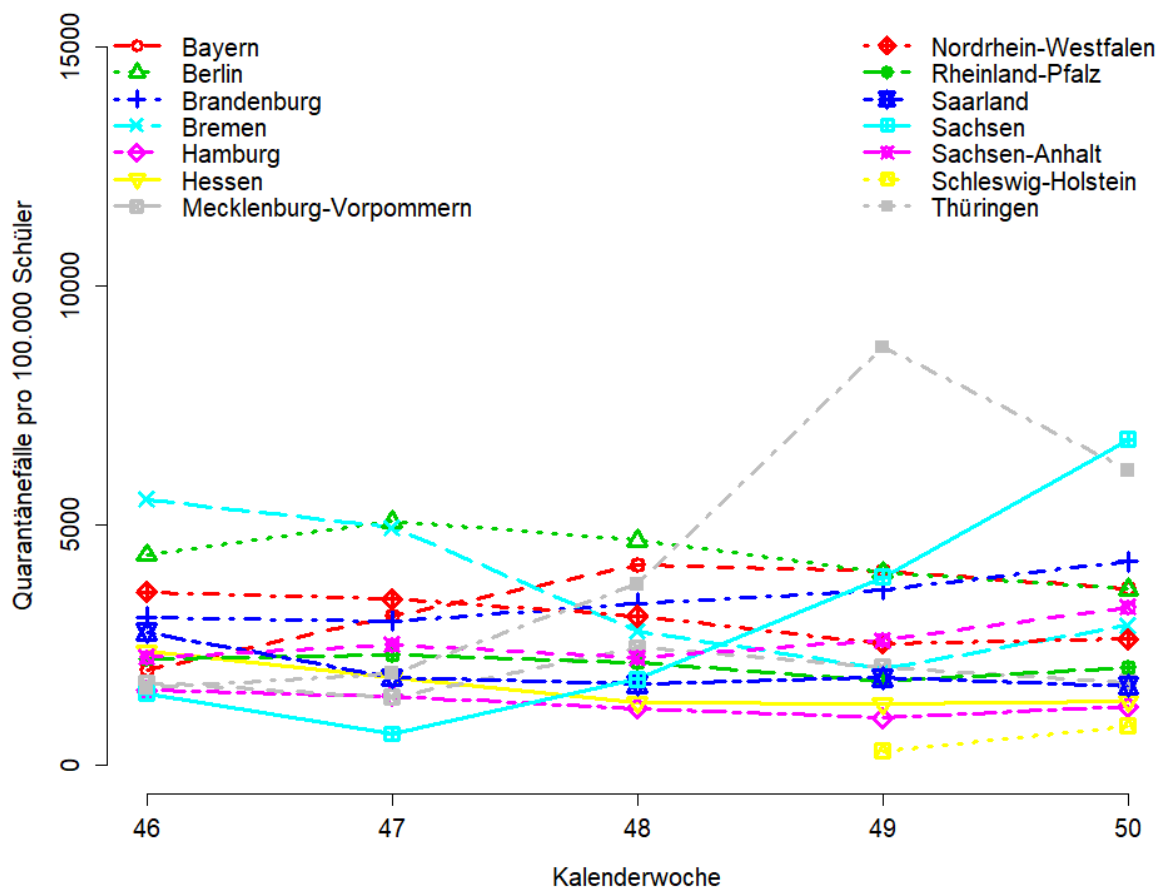


Quellen: KMK 2020; Eigene Berechnung und Illustration

Es lässt sich beobachten, dass die Trends bei den Schüler*innen mit denen der Lehrer*Innen Korrelationen aufweisen. Bei den Lehrern scheint das Niveau jedoch höher zu liegen.

Abbildung 30 zeigt die Raten der SchülerInnen (pro 100.000), die sich in Quarantäne befinden. Es stechen wiederum vor allem die Trends in Sachsen und Thüringen heraus. Die bereits genannten Einschränkungen bei der Interpretation der Kurven gelten für die Quarantänekurven ebenso wie für die Inzidenzkurven.

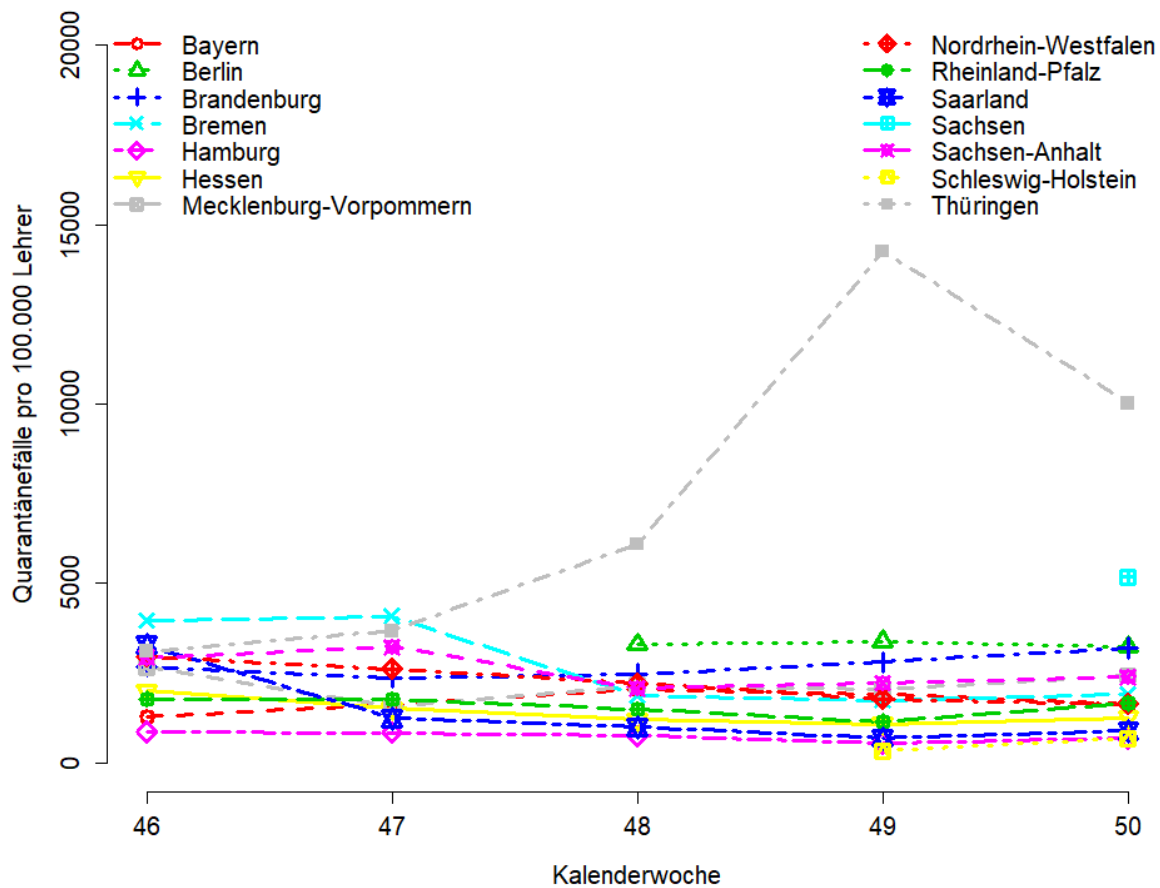
Abbildung 32. Anzahl der SchülerInnen in Quarantäne/100.000 SchülerInnen pro Woche in den Bundesländern (KW 46-50)



Quellen: KMK 2020; Eigene Berechnung und Illustration

Abbildung 31 zeigt die gleiche Auswertung für die Lehrer*innen. Es sind wiederum Korrelationen zwischen Lehrer*innen und Schüler*innen zu beobachten. Es sei darauf hingewiesen, dass aufgrund unvollständiger Daten einiger Länder auf die Illustration der fraglichen Kurven verzichtet wurde.

Abbildung 33. Quarantäne bei LehrerInnen



Quellen: KMK 2020; Eigene Berechnung und Illustration

2 Methodischer Ansatz zum Vergleich des Infektionsrisikos von LehrerInnen im Vergleich zur Bevölkerung

Im Rahmen eines möglichen Monitorings ist relevant, wie sich das Infektionsrisiko in Schulen zum Infektionsrisiko vergleichbarer Teile der Bevölkerung verhält.

Für einen Vergleich ist ein experimentelles Umfeld mit einer Kontrollgruppe nötig, die sich theoretisch, abgesehen von ihrer Haupttätigkeit, nicht von der Studienpopulation unterscheidet. Die Schüler*innen haben keine solche Kontrollgruppe, da sich ihre Altersgruppe im Kern komplett im Schulbetrieb befindet. Ein Vergleich der gymnasialen Oberstufe mit einer Vergleichspopulation in der passenden Altersgruppe wäre bei

detaillierteren Daten, z.B. zur Klassenstufe der SchülerInnen denkbar, ist jedoch mit den vorliegenden Daten nicht möglich. Ein Vergleich der LehrerInnen mit einer Kontrollgruppe wird an dieser Stelle jedoch deskriptiv erstellt. Hierzu wird im Folgenden für die Bundesländer, die eine hinreichende Datenbasis bereitstellten, ein Vergleich zwischen den Inzidenzen unter LehrerInnen und einer Vergleichsbevölkerung gezogen. Da die KMK-Daten nicht völlig vergleichbar mit denen des Robert-Koch Instituts (RKI) sind, sind einige Anpassungen der verschiedenen Datenquellen nötig. So weisen die KMK-Daten aktuell infizierte Personen aus, was eine latente Statistik ist. Zudem geben die Daten keine demografischen Informationen, aus denen sich herleiten ließe, auf welche Schulform Bezug genommen wird. Da die Schwere einer Erkrankung mit steigendem Alter zunimmt und bei Männern höher als bei Frauen ist (vgl. Fernández Villalobos et al. 2020), kann davon ausgegangen werden, dass die Detektionsrate bei jüngeren Altersgruppen geringer ist, da bei diesen Erkrankungen häufiger mit milden Symptomen oder asymptomatisch verlaufen werden. Das ist besonders bei Lehrer*innen von Relevanz, da die Altersspanne dort deutlich größer ist, als unter den SchülerInnen.

Die Daten müssen schließlich noch um aktuelle Maßnahmen in den Schulen bereinigt werden, um den Zustand eines Präsenzunterrichts zu simulieren. Die aktuellen Zeilen zu Schüler*innen und Lehrer*innen Datentabellen bieten keine adäquate Basis für die Approximation des Infektionsrisikos. Da wir davon ausgehen können, dass eine neue Meldung in der Schule eine Infektion betrifft, die in den vorangegangenen zwei Wochen geschehen ist, wird die geschätzte Zahl der LehrerInnen in Vollbetrieb zwei Wochen vor dem Stichtag als Basis für die Ratenberechnung genutzt. Dabei wird vereinfachend und aus Mangel an detaillierteren Daten davon ausgegangen, dass der Anteil der Schulen mit eingeschränktem Lehrbetrieb dem Anteil der betroffenen LehrerInnen und SchülerInnen entspricht. So ergibt sich z.B. der Anteil der Schulen in eingeschränktem Lehrbetrieb in Land b an Tag t als Quotient aus den Schulen in eingeschränktem Betrieb ($E_{b,t}$) und den gesamten in den Daten vorhandenen Schulen ($T_{b,t}$):

$$e_{b,t} = \frac{E_{b,t}}{T_{b,t}}$$

Unter diesen Annahmen ergibt sich für die geschätzte Anzahl der Lehrer*innen im "Normbetrieb":

$$\tilde{L}_{b,t} := (1 - e_{b,t}) * L_{b,t}$$

Entsprechend ergibt sich der adjustierte Anteil an aktiven Fällen unter den LehrerInnen, die an Tag $t - 14$ im Präsenzunterricht waren:

$$\tilde{l}_{b,t} = \frac{I_{b,t}}{\tilde{L}_{b,t-14}}$$

Dabei adressiert $I_{b,t}$ die aktiven Fälle unter den Lehrern.

Das RKI weist über sein SURVSTAT-Portal nach Altersjahren stratifizierte Inzidenzen nach Kalenderwochen auf Bundesland-Ebene aus. Da die Genesung eine Infektion latent ist, wird hier angenommen, dass im Schnitt zwischen Fallmeldung und Genesung zwei Wochen vergehen. Daher werden als Vergleich für jedes Bundesland die neuen Fälle der zwei Kalenderwochen vor dem jeweiligen wöchentlichen Bericht als Schätzwert für die aktiven Fälle in der Population genommen. Wir können – außer in Ausnahmefällen – davon ausgehen, dass Lehrer*innen durch 12 Jahre Schule und anschließend mindestens 5 Jahre Studium frühestens mit 23 Jahren in den Lehrbetrieb einsteigen. Unter Berücksichtigung der noch geltenden Altersgrenze von 65 Jahren für die Regelaltersrente erscheint daher die Altersgruppe 23-64 Jahre, die nicht unter den LehrerInnen sind, als adäquate Kontrollgruppe.

Die aktiven Fälle in Bundesland b an Tag t seien entsprechend definiert als:

$$F_{b,t} := f_{b,t-2} + f_{b,t-1},$$

wobei $f_{b,t-w}$ die Anzahl neu gemeldeter Fälle in der Altersgruppe 23-64 Jahre und w die Kalenderwochen vor dem jeweiligen KMK-Bericht beschreibt.

Um einen möglichst realistischen Vergleich des Infektionsgeschehens in Schulen zu ermöglichen, wird von dieser Gruppe schließlich noch die Zahl der LehrerInnen subtrahiert, die laut den KMK-Zahlen aktuell infiziert sind. Dieser Wert sei an dieser Stelle als Zahl aktiver Fälle in der Vergleichspopulation definiert:

$$\tilde{F}_{b,t} := F_{b,t} - I_{b,t}$$

Zur Berechnung der Rate der Kontrollgruppe wird schließlich als Basis die altersspezifische Bevölkerungsschätzung des statistischen Bundesamtes zum Stichtag 31.12.2019 ($P_{b,t}$) abzüglich der Lehrer in Präsenzunterricht ($\tilde{L}_{b,t}$) aus den KMK-Berichten genommen:

$$\tilde{P}_{b,t} := P_{b,t} - \tilde{L}_{b,t}$$

Daraus ergibt sich schließlich die Infektionsaktivität der Kontrollgruppe für Land b an Tag t :

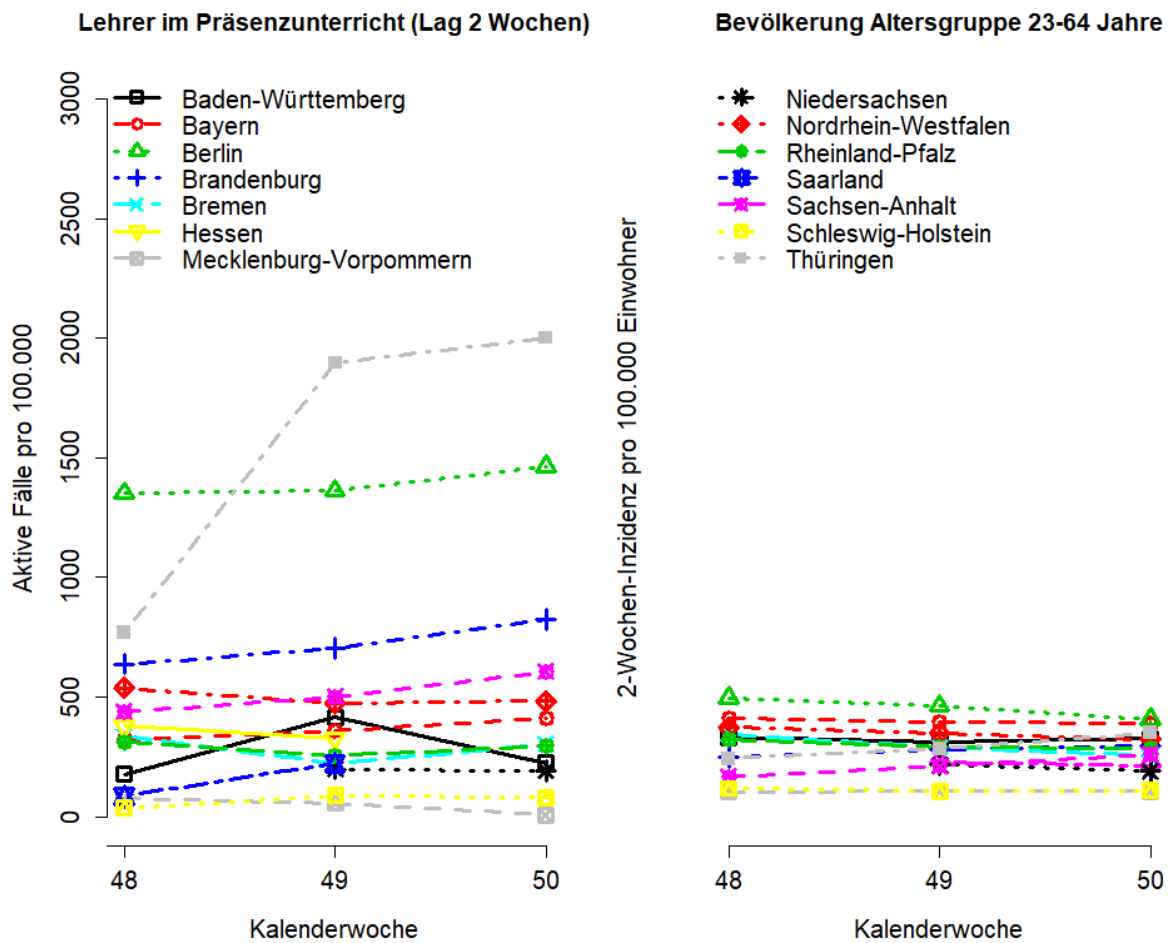
$$r_{b,t} = \frac{\tilde{F}_{b,t}}{\tilde{P}_{b,t}}$$

3 Ergebnisse

Abbildung 32 stellt die definierten Größen auf wöchentlicher Basis für die Kalenderwochen 48 bis 50 deskriptiv gegenüber, wobei die farbigen Linien sich auf die Schulpopulation beziehen und die grauen Linien die entsprechenden Vergleichspopulationen ansprechen.

Die Ergebnisse sind heterogen. Während in den meisten Bundesländern relativ zur Vergleichspopulation die Infektionsaktivität der LehrerInnen auf ähnlichem Niveau zu sein scheint, stechen einige Bundesländer mit hohen Zahlen aktiver Fälle bei den Lehrern im Vergleich zur Kontrollgruppe in diesem Zeitraum heraus, insbesondere Berlin, Brandenburg und Thüringen. Dies ist teilweise im Rahmen einer zu diesem Zeitpunkt auch steigenden Infektionsdynamik der Bevölkerung bei bestehenden Kontaktreduktionsmaßnahmen und geöffneten Schulen zu sehen. Gleichzeitig könnte es sich auch um erhöhte Testraten bei den Lehrern dieser Bundesländer in diesem Zeitraum handeln. Alternativ kann es sich auch um ein genuin erhöhtes Infektionsrisiko im Vergleich zur Bevölkerung handeln.

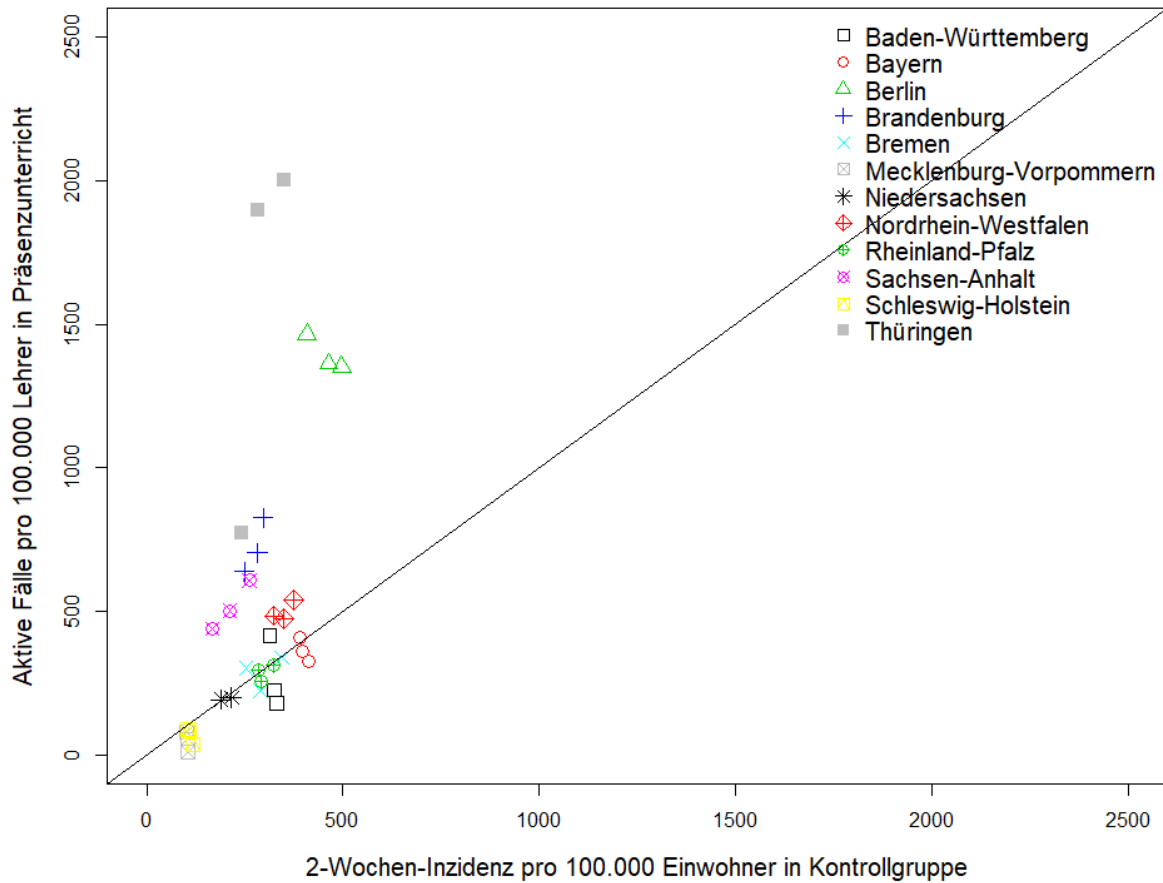
Abbildung 34. Vergleich der aktiven Fälle unter den Lehrern in Präsenzunterricht mit zwei-Wochen-Lag mit 14-Tages-Inzidenz der Kontrollgruppe



Quellen: KMK 2020; SURVSTAT 2021; GENESIS-Online 2020; Eigene Berechnung und Illustration

Der Zusammenhang wird in Abbildung 33 nochmals anstelle einer Zeitreihenperspektive als Streudiagramm dargestellt, in dem die Inzidenz der Kontrollgruppe auf der Abzisse und die der LehrerInnen auf der Ordinate abgetragen werden.

Abbildung 35. Streudiagramm der Infektionsaktivität der LehrerInnen im Vergleich zur Kontrollgruppe auf Bundeslandebene für Kalenderwochen 48-50, 2020



Quellen: KMK 2020; SURVSTAT 2021; GENESIS-Online 2020; Eigene Berechnung und Illustration

Die eingezeichnete Gerade ist dabei die Identität. Abweichungen der Punkte von der Identität würden auf Unterschiede zwischen den zwei betrachteten Gruppen hinweisen. Die Heterogenität unter den Bundesländern und die noch geringen Fallzahlen in Form von kurzen Zeitreihen erlauben noch keine starken statistischen Aussagen, jedoch fallen auch hier die Schlussfolgerungen aus Abbildung 5 auf.

Die Daten sind mit großer Vorsicht zu interpretieren. So lassen sich keine robusten Aussagen zu den Zusammenhängen machen, da die Zeitreihen noch sehr kurz sind. Zudem wechselt die Datenbasis wöchentlich aufgrund variierenden Meldeverhaltens unter den Schulen in Bezug auf die Einschränkungen im Lehrbetrieb. Detailliertere Informationen zu konkreten

Maßnahmen an Schulen, ggf. auf Kreisebene, würden eine detailliertere Analyse ermöglichen. Weiterhin schränkt das Fehlen demografischer Daten zu den SchülerInnen und LehrerInnen die Aussagekraft von Analysen stark ein, da sich die Symptomatik und dadurch die Detektionsraten zwischen den Altersgruppen unterscheiden. Eine in der Lehrerpoptation verzernte Altersstruktur relativ zur Kontrollgruppe und ein anderes Testverhalten in den Schulen können die Ergebnisse stark beeinflussen.

4. Hinweise zur Datenerhebung

Für die SchülerInnen erschiene eine separate Analyse des Infektionsverhaltens zumindest für die gymnasiale Oberstufe durchführbar, wenn Informationen zu den Klassenstufen vorlägen. Eine Ergänzung der Daten durch weiteres Schulpersonal, wie es in manchen Ländern gehandhabt wird, sowie Altersgruppen und regionale Tiefe wären zudem interessante Ergänzungen zur Datenbasis und könnten ein prospektives Monitoring noch besser ermöglichen.

Hinsichtlich der möglichen Verbesserung der Datenerhebung wurden daher folgende Themen bereits in verschiedenen Treffen mit Vertretern der KMK und der Länder besprochen:

1. Goldstandard eines Datenmonitoring wäre frequenrielles Monitoring entsprechend B-FAST oder ähnlicher Konzepte, da diese nicht anfällig sind für Testraten und unterschiedliche regionale oder altersgruppenbezogene Dunkelziffern. In mehreren Gesprächen und Workshops wurde B-FAST sowohl als Interventions- als auch als Surveillancekonzept erläutert, bei dem die frequentielle gepoolte Testung von Schülerinnen und Schulpersonal im Vordergrund steht.
2. Die aktuellen Daten zu Infektionsmeldungen lassen sich als Substitut mit Ergänzungen für die Einschätzung von regionalen direkten Infektionsrisiken in Schulen aus unserer Sicht nutzen. Sie müssen dabei immer im Hinblick auf Testraten und Testkapazitäten interpretiert werden.
3. Dabei wäre es hervorragend, wenn die aktuell vorhandenen Daten sich ergänzen liessen um
 1. Tatsächliche Daten zu neuen Infektionen nicht aktiven Fällen

2. die Alterstruktur der Infizierten (insbesondere in der Gruppe des Schulpersonals und für die Altersgruppe > 60)
 3. der Schulform (Grundschule vs weiterführende Schule, Oberstufe)
 4. Bestehende Maßnahmen des Infektionsschutzes und tatsächliche Durchdringung solcher Maßnahmen
 5. Regionale Tiefe
4. Eine Abschätzung des Infektionsumfeldes der erfolgten Infektionen sollte ohne weitere Daten (frequentielltes Testen, Transmissionsuntersuchung oder Sequenzierung) nicht auf regionaler oder überregionaler Ebene erfolgen
 5. Aus dem abgeschätzten Infektionsrisiko können Erkrankungsrisiken geschätzt werden und als Anhalt für transparente Grenzwerte für die Etablierung bestimmter Maßnahmen genutzt werden
 6. Eine größere Vergleichbarkeit der Daten zu den vom RKI gemeldeten Inzidenzen würde die Aussagekraft der Daten weiter erhöhen.

Mit solchen Verbesserungen wären aus unserer Sicht die Entwicklung eines aktuellen Monitoring zum regionalen Infektionsrisiko bei SchülerInnen und Schulpersonal so möglich, dass dieses auch Entscheidungsgrundlage für die Anpassung und Einführung von notwendigen Infektionsschutz- und Mitigationsmaßnahmen sein kann.

Quellen

GENESIS-Online 2020: "Bevölkerung: Bundesländer, Stichtag, Altersjahre. Fortschreibung des Bevölkerungsstandes: 31.12.2019." Verfügbar unter www-genesis.destatis.de, heruntergeladen am 15. Dezember 2020.

Istituto Superiore di Sanità 2020: "Epidemia COVID-19. Aggiornamento nazionale 29 dicembre 2020 – ore 12:00." Zugriff am 04. Januar 2021 unter <https://www.epicentro.iss.it/coronavirus/sars-cov-2-sorveglianza-dati>.

KMK 2021: "Schulstatistische Informationen zur Covid-19-Pandemie. Kalenderwochen 46-50." Verfügbar unter <https://www.kmk.org/dokumentation-statistik/statistik/schulstatistik/schulstatistische-informationen-zur-covid-19-pandemie.html>, heruntergeladen am 06. Januar 2021.

SURVSTAT 2021. Robert Koch Institut. Datenafrage vom 12. Januar 2021 unter <https://survstat.rki.de>.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

Anhang 3 Systematisches Review zum Infektionsrisiko von Schulpersonal

Akzeptiert nach peer-review: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2021-052690>

The risk of infection and contribution to transmission of SARS-CoV-2 in school staff - a systematic review

ABSTRACT

Objective: To summarize the comparative risk of infection in school staff and their contribution to SARS-CoV-2 transmission.

Design: Systematic review using Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis (PRISMA) guideline.

Data sources: MEDLINE, WHO COVID database and preView were searched on 29 January 2021.

Eligibility criteria: We included studies that reported risk of SARS-CoV-2 infection in school staff or transmission of SARS-CoV-2 in school settings.

Data extraction and synthesis: Data extraction was done in duplicates. Data synthesis was qualitative. We report attack rates and infection risk in school settings for staff and students stratified by control measures taken and infection dynamics at the point of data collection.

Results:

Eighteen studies were included. Three studies in low incidence settings showed low attack rates similar for teachers and students. Five studies in medium incidence settings and two studies in high incidence settings showed secondary attack rates up to 16% in school staff.

Seroprevalence studies, two in each low and high incidence settings showed an infection risk of 0-0.2% and 1.7-28% for teachers.

The risk of infection for teachers compared to students were similar in one study in low incidence setting, higher in three studies (RR 1.2-4.4) and lower in three studies in medium to high incidence settings. The risk of infection for teachers in a high infection environment is higher in face-to-face than in distance classes when compared with general population groups. The risk of infections as well as risk of hospitalization both increased for teachers during school openings compared to school closure.

Conclusion: While in low incidence settings there is little evidence for school staff to be at high risk of SARS-CoV-2 infection, in high incidence settings there is an increased risk of SARS-CoV-2 infection in school staff teaching face-to-face compared to staff teaching digitally and general population.

Key words: SARS-CoV-2, attack rate, infection risk, school staff, students

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

Article Summary

Strength and Limitations of this study:

- The study results were stratified according to the prevalence of infection during data collection period and prevailing control measures in the school setting at that time.
- The infection risk in teachers/school staff were compared with infection risk in students, general population, and teachers.
- The results from included studies were heterogeneous.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

INTRODUCTION

Corona virus disease-19 (COVID-19) is a global public health threat, caused by severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2).^[1] Although people of all ages are affected, the severity of the clinical course increases with age (more severe in people >65 years of age).^[2, 3] Children and adolescents most commonly experience a mild clinical course and show less severe outcomes compared to adults and ageing people.^[4-7] When showing severe outcomes, long-term complications can be equal or worse in children than in adults.^[8]

Non-pharmaceutical interventions (NPIs) like isolation, quarantine and social distancing including large-scale school closures are applied near-universally to curb the transmission of SARS-CoV-2.^[9, 10] Such conventional public health measures appear to reduce the number of new infections.^[10, 11] However, school closures alone are not sufficient to prevent community transmission of SARS-CoV-2.^[12, 13]

Several systematic reviews, meta-analyses and large ecological analyses have focused on effects and adverse effects of school closures mainly assessing endpoints concerning the effect on community transmission as well as effects on children.^[9, 14, 15] Long-term school closures are a threat to the physical and mental health of children and adolescents and intensify the racial and socioeconomic gaps in society.^[16-20]

Nevertheless, keeping schools open when community transmissions are increasing may be posing a threat to school staff in particular, as their age leaves them more at risk of severe infections compared to students. Evaluating the risk to school staff as well their role in schools and community transmission is thus essential to an evidence-based approach to pandemic public health strategies.

In an umbrella review (Lange et al, submitted) we did not find any systematic review focusing on risk of and contribution to transmission of school staff.

The risk of infection in school staff in dynamic infection environments depends on the population infection dynamic as well as the infection dynamic within schools, the susceptibility of staff to the infection and the number of contacts of the staff at that time. An absolute estimate of the risk of infection is futile due to its dependence on the evolving context. We have therefore collated the existing evidence on the relative risk of infection compared to other population groups in original papers and existing reports and stratified by infection dynamic prevalent during the period of data collection.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23

METHODS

Protocol and registration

We followed PRISMA guidelines^[21] and registered this review with PROSPERO (CRD42021239225).

Search strategy

We searched MEDLINE and preView most recently on 29th January 2021 by using search terms “SARS-CoV-2”/ “COVID-19” and “teacher”/“school” combinations with OR and AND Boolean operators. We also searched WHO COVID-19 database for relevant literatures.

We did not restrict our search to any study design or language of publication. Preprints are included in this search if available from preprint databases. We did not consider the preprint available only on homepages or institute websites.

Eligibility criteria

Studies reporting the risk of COVID-19 in teachers or any school staff or any kind of involvement of teacher or school staff in SARS-CoV-2 transmission were eligible for inclusion in the review. Articles published in peer-reviewed journals, preprints, technical reports, and case reports were included. Studies and reports were also included based on expert suggestion.

Modelling studies, opinion analysis, media reports, reviews, and meta-analysis were excluded. We also excluded studies reporting SARS-CoV-2 transmission in students and school staff but in different school settings and studies reporting solely risk factors for SARS-CoV-2 infection in teachers or students.

Patients/Population, Intervention, Comparison and Outcomes (PICOs) for the included studies is presented in table 1.

Table 7 Patients/Population, Intervention, comparison, and Outcomes (PICOs) for included studies

Transmission of SARS-CoV-2 in school	Patients/Population	Intervention/ Exposure	Comparator	Outcome
	School staff, Any contacts of school staff	School, primary school, secondary school	School children, general population, present in the school (distance learning), school staff in different school forms or learning situations	Secondary attack rates as reported by authors of original papers, relative/infection risk, odds ratio,

24

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

Study selection

Two reviewers (SJK and AJ) screened the title and abstracts and read the full-text independently based on the predefined eligibility criteria. Inconsistencies and disagreements in the judgement were resolved by consultation with a third reviewer (BL).

Patient and Public Involvement

Patients or the public were not involved in any stage of this systematic review.

Data Extraction

Two reviewers (SJK and AJ) independently extracted the data from included studies into a pre-specified form. Disagreements in the data extraction process were resolved by consultation with the third reviewer (BL). Data related to study characteristics (source, name of first author, study design/ type, date of data collection), study population (population of staff, population of students and population of contacts), main issue, study setting, comparator, attack rate in staff, attack rate in student, infection risk in student, infection risk in staff, outcome and results were extracted.

Quality appraisal

The Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ) checklist was adapted to assess the quality of included studies. ^[22-24]

The risk of bias domains used were selection bias, performance bias, attrition bias, detection bias, reporting bias and information bias. The overall risk of bias for included studies was classified as high, unclear, medium or low risk of bias. The criteria for *high risk of bias* for included studies are high risk of bias in any one of the domains. Studies with unclear risk of bias in any one of the key domains and no high risk of bias in any other domain were deemed *unclear risk of bias*. Studies with *medium risk of bias* in any one of the domains and low risk of bias in all other domains were deemed *medium risk of bias* and those with *low risk of bias* in all the domains were deemed *low risk of bias*.

Synthesis of results

Qualitative data synthesis was performed by describing study characteristics and main research questions, with the main conclusions of included studies presented narratively and in table format. The findings were presented based on the different type of SARS-CoV-2 transmission found in the school setting. When absolute numbers were available, we calculated (secondary) attack rates. When authors already calculated the attack rate we report them as given. Where infections risk is given by

1 either seroprevalence or PCR based testing, we report them as given. All outcomes are reported
2 stratified by infection environment and NPIs measures in place during data collection periods.

3 **RESULTS**

4 **Study selection and study characteristics:**

5 The search yielded 1784 studies. Of these, eight met the inclusion criteria. A further 10 studies were
6 found through screening references of systematic reviews, meta-analyses and following expert
7 suggestions. Eighteen studies were included in the review; the selection process is described in Figure
8 1.

9 Almost all of the included studies were conducted in 2020. Ten of the included studies had a data
10 collection/analysis period from January to June.^[25-34] Three studies have collected data from April to
11 July,^[35] in June/July,^[36] or in July only.^[37] One study collected data from July to September^[38] and two
12 studies had data collection periods from August to November.^[39, 40] One study uses data from March
13 2020 to January 2021,^[41] and the remaining study analysed data from March 12, 2020.^[42] During the
14 data collection period, the total number of SARS-CoV-2 cases in the countries of study ranged from
15 1.44 cases/million to 26,802 cases/million and SARS-CoV-2-related deaths from 0.03 deaths/million to
16 339.68 deaths/million.^[43] Similarly, the number of new cases per day at the start of the study interval
17 ranges from 0 to 169.71 cases per million per day. At the end of the study period the incidence ranges
18 from 0.29 to 423.22 cases per million per day.^[43]

19 The studies were originated in Australia,^[30, 35, 38] France,^[27, 28] Germany,^[25] Ireland,^[42] Israel,^[32] Italy,^[40]
20 Panama,^[29] Singapore,^[34] Sweden,^[31, 33] the UK,^[36] Scotland,^[41] and the USA.^[26, 37, 39] Among them three
21 were reports published by the Public Health Agency of Sweden^[31] and by the National Centre for
22 Immunization Research and Surveillance (NCIRS), New South Wales, Australia.^[35, 38] Five were
23 published in preprint^[25, 28, 33, 37, 41] with the remaining ten studies published in peer-review journals.

24 All included studies provide information about either risk of SARS-CoV-2 infection in teachers and/or
25 students, transmission of SARS-CoV-2 in school settings or seroprevalence of SARS-CoV-2 IgG
26 antibodies in school staff or school settings. Most of the included studies report attack rates,<sup>[27, 29, 30, 32,
27 34-36, 38-40, 42]</sup> seroprevalence of SARS-CoV-2 IgG^[25, 26, 28, 37] or infection risk^[31, 33, 41] among teachers and
28 students. The characteristics of included studies are tabularized in table 2.

29 **Quality Assessment:**

30 Among the included studies, six have a low risk of bias, ten studies have a medium risk of bias, one has
31 an unclear risk of and one has a high risk of bias. Reasons for assigning medium risk of bias were: not
32 all contacts were tested in contact tracing studies and some of the studies used only case notification
33 data from nationwide surveillance database. This increases the possibility of missing asymptomatic

1 cases and cases that were not reported. The reason for assigning unclear risk of bias was that the
2 occupation code was missing for 25% of the confirmed cases. It was unclear how the study group dealt
3 with this issue. The reason for assigning high risk of bias to one of the studies was selective reporting
4 of results, low participation rate and use of questionnaires to assess symptoms. This increases the
5 possibility of recall and misclassification bias. The overall risk of bias assessments for included studies
6 are tabularized (supplementary table 1).

Table 8 Characteristics of Included studies

Source	First author	Region	Main issue	Type of study	Population	Population Staff	Population Contacts	Setting	Comparator	Date collection period	Outcome
Attack rate/secondary infections in school											
Lancet Child and Adolescent Health	Macartney; K ^[30]	Australia	Transmission of SARS-CoV-2 among children and staff in schools and early childhood education and care (ECEC) settings	Perspective cohort study	Total= 1475 27 primary infections (12 children and 15 adults) and 1448 contacts.	NA	1448	15 schools and 10 ECEC in New South Wales Australia 633 had nucleic acid or antibody testing or both	Students	25 January - 1 May 2020	Attack rate
Euro Surveillance	Stein-Zamir, C ^[32]	Israel	COVID-19 outbreak in school in Israel. The school hosts grades 7-12.	Observational	Total= 1314 2 primary infections among students. 1161 student contacts and 151 staff in the school	151	1312	SARS-CoV-2 outbreak in school in Israel after school reopening.	Students	May-June 2020	Attack rate
Euro Surveillance	Larosa, E ^[40]	Italy	Secondary transmission of COVID-19 cases in school and preschool setting in northern Italy	Observational	Total= 1248 48 index cases (43 students and 5 teachers) and 1200 contacts of primary cases.	209	1200	Total 36 schools and preschools in northern Italy	Students of different school levels	1 September – 15 October, 2020	Attack rate
Frontiers of Public Health	Hernandez, A ^[29]	Panama	Secondary transmission of school staff	Case report	Total= 202 2 primary cases (1 teacher and 1 director) Approx. 200 contacts in school Household contacts of primary cases	NA	200	School in Panama	Students	February-March 2020	Secondary attack rate, attack rate
Euro Surveillance	Heavey, L ^[42]	Ireland	Secondary transmission in school setting	Observational	Total in school = 1031 Total including other setting = 1161 (6 cases= 3 paediatric and 3 adult)	NA	In school=1031 (1155 contacts including other settings)	School in Ireland	NA	12 March 2020	Secondary attack rate, attack rate
Clinical Infectious Diseases	Yung, CF ^[34]	Singapore	Secondary transmission in school setting	Observational	Total = 122 (3 primary cases (1 student from secondary school, 1 student from preschool and 1 adult staff from other preschool)	NA	119 (8+34+77)	3 different schools in Singapore	NA	February-March 2020	Secondary transmission, attack Rate
Clinical Infectious Diseases	Danis, K ^[27]	France	Tertiary transmission of SARS-CoV-2 in school setting	Observational	113 (1 secondary cases and 112 school contacts)	NA	112	3 different schools and 1 ski club in the French Alps	Teachers, students	February 2020	Tertiary transmission
National Centre for Immunisation Research and Surveillance, NSW, Australia	NCIRS ^[35]	Australia	Secondary transmission in different school settings	Observational	Total=527 6 primary cases (4 students and 2 staffs) and 521 close contacts from 6 different educational settings (5 schools and 1 ECEC)	62	521	6 different schools (5 schools and 1 ECEC) in NSW; Australia. The primary cases were found in the school setting and contact tracing was done and diagnostic test were performed in close contacts	Students	10 April -3 July, 2020	Secondary transmission, attack rate
National Centre for Immunisation Research and Surveillance, NSW, Australia	NCIRS ^[38]	Australia	Secondary transmission in different school settings	Observational	Total= 3857 39 primary cases (32 students and 7 staff) and 3824 close contacts in 34 different educational settings (28 schools and 6 ECEC)	385	3824	39 primary cases were found in 34 different educational settings (28 schools and 5 ECEC) in NSW Australia.	Students	4 July - 25 September, 2020	Secondary transmission, attack rate
Lancet Infectious Diseases	Ismail, SA ^[36]	UK	Estimating the rate of SARS-CoV-2 infection and outbreaks among staff and students in educational settings during the summer half-term (June-July, 2020) in England	Prospective cross sectional analysis	Students and staff in school of England	NA	NA	Schools in England	Students	June/July 2020	Secondary transmission
Morbidity and Mortality Weekly Report	Falk, A ^[39]	USA	Secondary transmission in the school setting	Observational	Total= 5530 184 primary cases with 5346 close contacts in 17 different educational settings in Wisconsin, USA. (4876 students and 654 staff in face-to-face learning)	654	5346	17 different schools settings; 8 elementary schools (k-6) and 9 secondary schools with grade 7 to 12 in Wisconsin, USA	Student	31 August – 29 November, 2020	Secondary transmission and attack rate

Infection risk in Teachers											
Public Health Agency Sweden	Public Health Agency Sweden ^[31]	Sweden	Risk of SARS-CoV-2 infection in teachers in Sweden	Observational Report	364760 (age 44-53) Teachers working in different school in Sweden	NA	NA	Different school settings in Sweden	Teachers of different school levels	March-May 2020	Relative risk
medRxiv	Vlachos, J ^[33]	Sweden	Risk of SARS-CoV-2 infection in parents, high school teachers, lower secondary school teacher and their partners were assessed after the partial school closure	Retrospective data analysis	Upper secondary and lower secondary school teachers, their partners and students' parents from Sweden	NA	NA	Upper secondary and lower secondary schools of Sweden	Teachers of different school levels and their partners. Parents of children attending different schools	15 June 2020	Odds ratio
medRxiv	Lynda, F ^[41]	Scotland	Risk of COVID-19 and risk of hospitalization with COVID-19 among teachers compared with healthcare workers and general population of working age	Case control study	Total study population N= 871568 N teachers = 18479 N healthcare workers= 35461	18479	NA	Teachers and healthcare workers in Scotland	Health care workers, household members of healthcare workers and teachers	March 2020- January 2021	Risk rate
Seroprevalence studies											
Emerging Infectious Diseases	Brown, NE ^[26]	USA	Teacher to student transmission	Cross sectional (seroprevalence survey)	Total = 121 1 infected teacher and 120 student contacts	NA	120	School in the USA. All students were instructed to quarantine. 21 students participated in serological survey 14 days after quarantine	Students	Blood sample collection date: 13 March, 2020	Secondary infection
medRxiv	Armann, JK ^[25]	Germany	Seroprevalence study in teachers and students	Cross sectional (Seroprevalence study)	2045 participants (1538 students and 507 teachers)	507	NA	13 different secondary schools in Saxony, Germany	Students	Blood sample collection 25 May and 30 June 2020	Seroprevalence
medRxiv	Lopez, L ^[37]	USA	Seroprevalence of anti-SARS-CoV-2 IgG antibodies in school staff in Midwestern USA	Population based seroprevalence study	1261 eligible school staff	753 staff members participated in the survey	NA	18 year or older staff of Lake Central School Corporation located in suburban Indiana employed in academic year 2018/19 or 2019/20 and with record of annual wellness check	General population	July 2020	Seroprevalence of antibody
medRxiv	Fontanet, A ^[28]	France	Assessing infection attack rate using serological assays	Observational cohort (Seroprevalence study)	661 (pupils, parents, siblings, including teachers and non-teaching staff)	661	NA	Secondary school and household in Oise department in Northern France	Students and general population	30 March- 4 April, 2020	Infection attack rate

1 Findings

2 Attack rates in school staff and students

3 Eleven studies reported data on attack rates in schools.^[27, 29, 30, 32, 34-36, 38-40, 42] The detail information is
4 provided in supplementary table 2.

5 Four studies found no secondary transmission in schools following index cases.^[27, 34, 35, 42] Of the
6 remaining seven studies, six reported attack rates of 0 to 13% following outbreaks among students
7 and attack rates of 0 to 16.6% following outbreaks among school staff.^[29, 30, 32, 38-40] One of the studies
8 reports 100 secondary cases in staff and 22 in students related to one outbreak.^[36]

9 Secondary attack rates among pupils were 0.14%,^[39] 0.3%,^[30] 0.81%,^[38] and 3.8%.^[40] The latter study
10 further differentiated between 6.6% in secondary schools and 0.38% in primary schools with no
11 secondary transmission in pre-schools.^[40] The secondary attack rate of pupils to staff was 1% in one
12 study.^[30]

13 Regarding transmission among school staff, values of 1.29%,^[38] 3.5%^[29] and 4.4%^[30] and 16.6%^[32] were
14 reported. Two studies showed no transmission among staff.^[39, 40]

15 Risk of infection in seroprevalence studies

16 Four studies^[25, 26, 28, 37] describe the detection of antibodies in school contexts in Germany, France and
17 the USA. The detail information is provided in supplementary table 3.

18 In Germany, analysis of 13 schools in Saxony showed past infection in 0.2% of teaching staff and 0.7%
19 of students, with an average of 0.6%.^[25] In comparison, seroprevalence in northern France was 25.9%
20 on average, with 28.75% in teaching staff and 12.8% in students.^[28] In the USA, 14 days after a school
21 index case, 1.66% of students and 0% of teachers tested positive for antibodies.^[26] In the Midwest of
22 the USA, 1.7% of teaching staff had a history of infection.^[37]

23 Stratification of studies according to risk of infection after index case during data collection period

24 In order to better classify these heterogeneous results, study results were differentiated by two
25 aspects: firstly, into three categories according to the prevalence of infection at the time of data
26 collection and secondly, according to the prevailing measures in schools at that time (Table 3). The
27 detailed information about stratification of studies according to infection dynamics and NPIs during
28 data collection period is provided in supplementary table 4.

29 Three studies conducted while the incidence of infection was low found no secondary cases following
30 index cases.^[27, 35, 42] Five studies conducted while the incidence of infection was in the medium range,
31 reported that 0 to 4.4% of school staff and 0 to 6.5% of students developed secondary infections
32 following index cases.^[29, 30, 36, 38, 40] Two studies conducted while population infection incidence was

1 reported that up to 16% of school staff developed infections following index cases, and up to 13% of
 2 students.^[32, 39]

3 Regarding seroprevalence studies, two studies conducted during a medium incidence of infection show
 4 an infection risk of 0 and 0.2% for teachers ^[25, 26] whereas two studies conducted during a higher
 5 incidence of infection showed a seroprevalence of 1.7 and 28%.^[28, 37]

6 *Table 9 Studies on the risk of new infections after index case in schools (attack rate) and the risk of infection based on*
 7 *seroprevalence in students and teachers*

	Schools open with/without Non-pharmaceutical Interventions (NPIs) at the time of data collection				Schools partially or completely closed at the time of data collection			
	Infection risk of students	Attack rate students	Infection risk teachers	Attack rate teachers	Infection risk students	Attack rate students	Infection risk teachers	Attack rate teachers
Low infection incidence at the time of data collection Case peak 0-10 Death Peak <1	No studies	No infections after initial infection (1 study)	No studies	No infections after initial infection (1 study)	No studies	No infections after initial infection (2 studies)	No studies	No infections after initial infection (2 studies)
Medium incidence infections at the time of data collection Case peak 10-150 Death peak < 5	No studies	0-6.5%, higher in secondary school (5 studies)	No studies	0-4.4%, higher among school staff than pupils (5 studies)	0.7-1.7% (seroprevalence, 2 studies)	No studies	0-0.2% (seroprevalence, 2 studies)	No studies
High incidence of infection at the time of data collection Case peak > 150 Death peak >5	No studies	0.1-13% (2 studies)	No studies	0-16.6% (2 studies)	12.8% (1 study)	No studies	1.7-28% (2 studies)	No studies
Low incidence of infection: per 1 million population: peak number of daily cases less than 10/day, peak number of deaths <1/day Medium incidence of infection: per 1 million population: peak number of daily cases below 150/day, peak number of deaths <5/day High incidence of infection: per 1 million population: peak number of daily case over 150/day, peak number of deaths >5/day								

8

9 **Comparison of the risk of infection of teachers and other population groups**

10 Two studies^[31, 33] describe the risk of infection in Sweden. Here, during a period of high infection
 11 incidence, secondary schools were closed and pupils were taught in distance, while primary schools
 12 remained open and face-to-face teaching continued. The relative risk (RR) and 95% confidence interval
 13 (CI) for teachers in open primary schools was 1.1 (0.9-1.3), whereas RR and 95% CI for teachers in
 14 closed schools was 0.7 (0.5-1).^[31]

1 The chance for primary school teachers to become infected with SARS-CoV-2 was about twice as high
 2 as that of secondary school teachers in distance, with the odds ratio (OR) and 95% CI of 2.01 (1.52-
 3 2.67). Partners of primary school teachers and parents of primary school students also had an
 4 increased chance of becoming infected, OR 1.3 (1-1.68) and OR 1.15 (1.03-1.27), when compared to
 5 secondary schools cohorts.^[33] The comparison of infection risks and attack rates of school staff with
 6 other population groups is presented in table 4.

7 *Table 10 Comparison of infection risks and attack rates of school staff with other population groups*

	Schools open with / without Non pharmaceutical interventions (NPIs)			School (partially) closed		
Infection dynamics	Comparison students/teachers	Comparison teachers/teachers	Comparison teachers/population	Comparison students/teachers	Comparison teachers/teachers	Comparison teachers/population
low Case peak 0-10 Death peak <1	Attack rates: <i>similar</i> , no RR calculable (1 study)	No studies	No studies	Attack rates: <i>similar</i> (2 studies)	No studies	No studies
Medium Case peak 10-150 Death peak 0,5-5	Attack rate: Higher in teachers (RR 1.6-4.4, 3 studies) Lower in teachers (RR n.c., 2 studies) Same (1 study)	No studies	No studies	Infection risk lower in teachers (RR=0.3, 1 study)	No studies	No studies
High Case peak 90-1000 Death peak 5-20	Attack rate: Higher in teachers (RR 1.2 1 study) Lower in teachers (NR, 1 study)	No studies	Infection risk After school opening higher (1.42, 1 study) Hospitalisation After school opening similar (0.97, 1 study)	No studies	Infection risk: Same to higher in teachers in presence compared to distance (1.1. – 2.0, 2 studies)	Infection risk: Before school opening lower (RR 0.5, 1 study) Hospitalisation: Before school opening lower (RR 0.5, 1 study)

8
 9 A study from Scotland compares the risk of infection as well as the risk of hospitalisation of teachers
 10 during a period of high infection incidence with school closures and a period of lower infection
 11 incidence and open schools with both hospital staff and the general population. The risk of infection
 12 as well as the risk of hospitalisation of teachers during school closures is about half that of the general
 13 population (RR 0.5). Following school openings, the risk of infection increased threefold and is higher
 14 than that of the general population (RR 1.42) and the risk of hospitalisation doubles and is similar to
 15 that of the general population (RR 0.97).^[41]

DISCUSSION

Upon stratification of heterogeneous results in this review of infection risk and secondary attack rates of SARS-CoV-2 infection in school staff, we show that during a low incidence of infection at the time of data collection, attack rates are rather low and similar among teachers and students compared to medium and high incidence of infection. During a medium incidence and mortality rate of SARS-CoV-2 at the time of data collection, secondary attack rates in school were higher and higher for teachers than among students (0 to 6.6%). In settings with high infection dynamics during data collection (incidence >25/ 7 days/100,000, deaths per day >5/million population) intervals, the risk of infection following outbreaks in schools is usually higher among teachers than among students (up to 16%),^[32] and the risk of infection via seroprevalence studies is up to 28%.^[28]

Infectious students tend to infect other students rather than teachers. The student to staff transmission rate is low, i.e. 0%, compared to staff to student transmission, which was 1% in the same setting.^[30] This is in line with several studies suggesting low secondary transmission from students to teachers in different countries.^[12, 26] Infectious teachers tend to infect other teachers rather than students.^[32, 36] This is supported by a study from Australia^[44] and other transmission studies.^[29, 30, 45] The study summarises that in the school setting the transmission risk is higher among adults and infectious children are less likely to infect teachers.^[44]

In setting with high population infection incidence during data collection, the risk of infection was higher among teachers in face-to-face classes compared to teachers in distance classes (RR 1.1-2.0 risk of infection)^[31] and the risk of infection as well as the risk of hospitalization increased among teachers during school openings compared to school closings (1 study, RR=3 for infection risk and 1 study, RR=2, for hospitalization risk).^[41]

Compared to the general population, the risk of infection and hospitalisation was lower for teachers during school closures than for the general population (RR=0.5 in one study) and increased (RR=1.42) after re-opening compared to the general population, while hospitalisation risk was not increased (RR=0.97) concordantly^[41]. Thus, continuous presence of teaching staff in schools compared to intervals of or teachers in distance learning increases the risk of infection and also hospitalisation

This highlights the importance of transmission control measures such as contact tracing and fast quarantine orders. Upon detection of a single or few infections in schools, quarantine and testing strategies can help to prevent larger outbreaks.^[46] During large outbreaks transmission directions are less defined and attack rates are much higher.^[32]

However, the dependence on local arrangements and testing strategies of the evidence presented is critical. For example, if only symptomatic cases are tested or only reported cases are evaluated, this

can lead to high numbers of unreported asymptotically infected or untested infected people. This distorts the comparison between teachers and pupils, as children experience a mild clinical course and fewer symptoms hence increasing the chance of being untested or not reported.

Similarly, seroprevalence studies reveal a heterogeneous picture with low evidence of infection incidence in the example of schools in Saxony, Germany during a data collection period with medium infection dynamics. However, the formation of antibodies is dependent on the intensity of the infection and immune response and can thus be underestimated, especially for children. Besides, it is difficult to reconstruct whether all detected infections occurred in the school environment.

Limitation of the Review

There are limitations of this review. First, we did not conduct quantitative meta-analysis since the heterogeneity among included studies make them less comparable and hence meta-analysis was not right choice in this situation. Second, the included studies did not explicitly mentioned whether they tested only symptomatic or reported cases or both symptomatic and asymptomatic cases. Testing mainly symptomatic cases might skew results towards higher infection risks in school staff as adults typically have a higher proportion symptomatic infections.^[47] Third, we were not able to capture the endemicity and virulence of recent SARS-CoV-2 variant i.e. alpha, beta and delta variant, as data gathered here refers to time periods in which these were not yet identified. Fourth, we exclude pre-prints or reports published only in homepages or institutional websites.

Conclusion

Despite of heterogeneity in the included studies, two conclusions can be drawn from this review. Firstly, documenting local infection dynamics and implemented NPIs during data collection periods is crucial to understanding transmission dynamics in schools. Not all studies report these consistently. During periods of low incidence in the local population and schools with NPIs in place the risk to school staff is not necessarily higher than that of the general population and not comparable to the risk related to other high-risk professions such as health care staff. Studies reporting periods of high incidence are scarce but do show higher risk to school staff in these situations during periods where schools are not closed or NPIs are only partly in place. This may be due to the higher number and proximity of daily contacts in open schools compared to a general population under NPI public health measures.

Secondly, implementing screening and testing in schools is essential. In most of the included studies children seem less susceptible to SARS-CoV-2 infection. Students are less likely to transmit the virus to their peers or to teachers in the school setting. A large meta-analysis of prevalence studies ^[3] and school outbreak studies ^[48] supports this finding. However, these findings are biased by test strategies.

If only symptomatic persons are tested and children show less symptoms, the number of positive cases in children is underestimated. Mass screenings of asymptomatic populations decrease the transmission of SARS-CoV-2.^[49] Mass testing after index cases and frequent testing of asymptomatic students and staff was shown to reduce transmission in schools, albeit not specifically the infection risk of staff.^[50] Mass testing and serial contact tracing and testing coupled with isolation and physical distancing can reduce the transmission SARS-CoV-2 in schools.^[51, 52]

Implications

In Germany, schools were reopened in February 2021 despite rising population incidences (predominantly due to increased endemicity of the variant B1.1.7, now accounting for over 70% of cases in Germany).^[53] A rise in cases among school-aged children is already reported by the Robert Koch Institute and the national average incidence exceeds 100 cases / 100000 / 7 days^[53]. Applying the conclusions to this scenario, we expect an increasing risk to school staff and students as social contacts in open schools will outnumber out-of-school contacts in a high community NPI and infection environment. Whereas the political discourse focuses primarily on the contribution of school cases to the overall infection dynamics, the reverse dependence of the infection risks in schools on community incidences and the associated health risk to staff and students is less discussed. Presumably, the school population is misleadingly thought of as young students (only) and thus considered to be less at risk of adverse outcomes. As we have demonstrated, the staff population has to be somewhat separated from the student population in terms of infection and transmission risks. Consequently, the risk to teachers and household contacts of students and staff should be considered more prominently in the balancing political decision around school openings and closures.

With that in mind, we recommend that legislators implement well-designed mass testing and serial contact tracing and testing strategies, also including asymptomatic individuals, to minimize the risk of school outbreaks during high infection dynamics

Author's contributions: BL had the idea for the review and initiated the work. SJK and AJ performed the search, screening, study selection and data extraction. SJK and AJ wrote the first draft of the manuscript; BL and TH contributed in writing. All authors critically revised and discussed the manuscript and approved submission of the final version. SJK and AJ contributed equally to this paper and shared the first authorship.

Declaration of competing interests: None declared.

Funding: This work was supported by public sources, namely the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the Federal States in the Federal Republic of Germany and by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant number 101003480). The study sponsors do not have any role in study design, in collection, analysis and interpretation of data, and in the decision to submit paper for publication.

Acknowledgements: We would like to thank Vanessa Melhorn for administrative help and Noah Hill for research assistant support.

Ethical Approval: This is systematic review. This study does not involve any human or animal subjects and ethical approval is not required.

Patient consent: Not required.

Data Sharing: No additional data available.

Legends:

- Figure 1: PRISMA flow diagram
- Table 1: PICOs for included studies
- Table 2: Characteristics of included studies
- Table 3: Studies on the risk of new infections after index case in schools (attack rate) and the risk of infection based on seroprevalence in students and teachers
- Table 4: Comparison of infection risks and attack rates of school staff with other population groups
- Supplementary table 1: Risk of bias assessment of included studies
- Supplementary table 2: Secondary transmission or attack rates in school settings
- Supplementary table 3: Infection risk in school settings
- Supplementary table 4: Infection risks and attack rates according to infection dynamics and NPIs during data collection period

Reference

1. Wang M, Liao Z. SARS-CoV-2 and COVID-19: How much do we know? *Acta virologica*. 2020;64(3):288-96.
2. Brodin P. Immune determinants of COVID-19 disease presentation and severity. *Nature medicine*. 2021;27(1):28-33.
3. Viner RM, Mytton OT, Bonell C, Melendez-Torres GJ, Ward J, Hudson L, et al. Susceptibility to SARS-CoV-2 Infection Among Children and Adolescents Compared With Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatr*. 2020.
4. Leung C. The younger the milder clinical course of COVID-19: Even in newborns? *Pediatric allergy and immunology : official publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology*. 2020.
5. Leung C. Clinical characteristics of COVID-19 in children: Are they similar to those of SARS? *Pediatric pulmonology*. 2020;55(7):1592-7.
6. Patel NA. Pediatric COVID-19: Systematic review of the literature. *American journal of otolaryngology*. 2020;41(5):102573.
7. Mania A, Mazur-Melewska K, Lubarski K, Kuczma-Napierała J, Mazurek J, Jończyk-Potoczna K, et al. Wide spectrum of clinical picture of COVID-19 in children - from mild to severe disease. *Journal of Infection and Public Health*. 2020.
8. Ludvigsson JF. Case report and systematic review suggest that children may experience similar long-term effects to adults after clinical COVID-19. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*. 2021;110(3):914-21.
9. Viner RM, Russell SJ, Croker H, Packer J, Ward J, Stansfield C, et al. School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review. *The Lancet Child & Adolescent Health*. 2020;4(5):397-404.
10. Anderson RM, Heesterbeek H, Klinkenberg D, Hollingsworth TD. How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic? *Lancet (London, England)*. 2020;395(10228):931-4.
11. Bo Y, Guo C, Lin C, Zeng Y, Li HB, Zhang Y, et al. Effectiveness of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 transmission in 190 countries from 23 January to 13 April 2020. *International Journal of Infectious Diseases*. 2021;102:247-53.
12. ECDC. COVID-19 in children and the role of school settings in COVID-19 transmission. 2020.
13. Goldstein E, Lipsitch M, Cevik M. On the effect of age on the transmission of SARS-CoV-2 in households, schools and the community. *The Journal of infectious diseases*. 2020.
14. Li Y, Campbell H, Kulkarni D, Harpur A, Nundy M, Wang X, et al. The temporal association of introducing and lifting non-pharmaceutical interventions with the time-varying reproduction number (R) of SARS-CoV-2: a modelling study across 131 countries. *The Lancet Infectious Diseases*. 2021;21(2):193-202.
15. Brauner JM, Minderhann S, Sharma M, Johnston D, Salvatier J, Gavenciak T, et al. Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science*. 2021;371(6531).
16. Armitage R, Nellums LB. Considering inequalities in the school closure response to COVID-19. *The Lancet Global health*. 2020;8(5):e644.
17. Dunn CG, Kenney E, Fleischhacker SE, Bleich SN. Feeding Low-Income Children during the Covid-19 Pandemic. *The New England journal of medicine*. 2020;382(18):e40.
18. Levinson M, Cevik M, Lipsitch M. Reopening Primary Schools during the Pandemic. *The New England journal of medicine*. 2020;383(10):981-5.
19. Van Lancker W, Parolin Z. COVID-19, school closures, and child poverty: a social crisis in the making. *The Lancet Public health*. 2020;5(5):e243-e4.
20. Yoshikawa H, Wuermli AJ, Britto PR, Dreyer B, Leckman JF, Lye SJ, et al. Effects of the Global Coronavirus Disease-2019 Pandemic on Early Childhood Development: Short- and Long-Term Risks and Mitigating Program and Policy Actions. *The Journal of pediatrics*. 2020;223:188-93.
21. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PG. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Medicine*. 2009;6(7):e1000097.
22. Hartling L, Bond K, Harvey K, Santaguida PL, Viswanathan M, Dryden DM. *AHRQ Methods for Effective Health Care. Developing and Testing a Tool for the Classification of Study Designs in Systematic Reviews of Interventions and Exposures*. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2010.
23. Viswanathan M, Ansari MT, Berkman ND, Chang S, Hartling L, McPheeters M, et al. *AHRQ Methods for Effective Health Care Assessing the Risk of Bias of Individual Studies in Systematic Reviews of Health Care Interventions. Methods Guide for Effectiveness and Comparative Effectiveness Reviews*. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2008.
24. Zeng X, Zhang Y, Kwong JS, Zhang C, Li S, Sun F, et al. The methodological quality assessment tools for preclinical and clinical studies, systematic review and meta-analysis, and clinical practice guideline: a systematic review. 2015;8(1):2-10.
25. Armann JP, Unrath M, Kirsten C, Lück C, Dalpke AH, Berner R. SARS-CoV-2 IgG antibodies in adolescent students and their teachers in Saxony, Germany (SchoolCoviDD19): persistent low seroprevalence and transmission rates between May and October 2020. 2020:2020.07.16.20155143.
26. Brown NE, Bryant-Genevier J, Bandy U, Browning CA, Berns AL, Dott M, et al. Antibody Responses after Classroom Exposure to Teacher with Coronavirus Disease, March 2020. *Emerging infectious diseases*. 2020;26(9):2263-5.
27. Danis K, Epaulard O, Benet T, Gaymard A, Campoy S, Botelho-Nevers E, et al. Cluster of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in the French Alps, February 2020. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*. 2020;71(15):825-32.
28. Fontanet A, Tondeur L, Madec Y, Grant R, Besombes C, Jolly N, et al. Cluster of COVID-19 in northern France: A retrospective closed cohort study. 2020:2020.04.18.20071134.
29. Hernandez A, Muñoz P, Rojas JC, Eskildsen GA, Sandoval J, Rao KS, et al. Epidemiological Chronicle of the First Recovered Coronavirus Disease Patient From Panama: Evidence of Early Cluster Transmission in a High School of Panama City. *Frontiers in public health*. 2020;8:553730.
30. Macartney K, Quinn HE, Pillsbury AJ, Koirala A, Deng L, Winkler N, et al. Transmission of SARS-CoV-2 in Australian educational settings: a prospective cohort study. *The Lancet Child & adolescent health*. 2020;4(11):807-16.
31. Public Health Agency S. Presence of COVID-19 in different occupational group. Public Health Agency, Sweden; 2020.
32. Stein-Zamir C, Abramson N, Shoob H, Libal E, Bitan M, Cardash T, et al. A large COVID-19 outbreak in a high school 10 days after schools' reopening, Israel, May 2020. *Euro surveillance : bulletin Européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*. 2020;25(29).
33. Vlachos J, Hertegård E, Svaleryd H. School closures and SARS-CoV-2. Evidence from Sweden's partial school closure. *medRxiv*. 2020.

34. Yung CF, Kam KQ, Nadua KD, Chong CY, Tan NWH, Li J, et al. Novel coronavirus 2019 transmission risk in educational settings. *Clinical infectious diseases* : an official publication of the Infectious Diseases Society of America. 2020.
35. (NCIRS) NCFIRaS. COVID-19 in schools and early childhood education and care services - the Term 2 experience in NSW. Australia: National Centre for Immunisation Research and Surveillance (NCIRS); 2020 31 July 2020.
36. Ismail SA, Saliba V, Lopez Bernal J, Ramsay ME, Ladhani SN. SARS-CoV-2 infection and transmission in educational settings: a prospective, cross-sectional analysis of infection clusters and outbreaks in England. *The Lancet Infectious Diseases*. 2020.
37. Lopez L, Nguyen T, Weber G, Kleimola K, Bereda M, Liu Y, et al. Seroprevalence of anti-SARS-CoV-2 IgG Antibodies in the Staff of a Public School System in the Midwestern United States. 2020:2020.10.23.20218651.
38. (NCIRS) NCFIRaS. COVID-19 in schools and early childhood education and care services - the Term 3 experience in NSW. National Centre for Immunisation Research and Surveillance (NCIRS); 2020 21 October 2020.
39. Falk A, Benda A, Falk P, Steffen S, Wallace Z, Høeg TB. COVID-19 Cases and Transmission in 17 K-12 Schools - Wood County, Wisconsin, August 31-November 29, 2020. *MMWR Morbidity and mortality weekly report*. 2021;70(4):136-40.
40. Larosa E, Djuric O, Cassinadri M, Cilloni S, Bisaccia E, Vicentini M, et al. Secondary transmission of COVID-19 in preschool and school settings in northern Italy after their reopening in September 2020: a population-based study. *Euro surveillance : bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*. 2020;25(49).
41. Lynda F, Ciara G, David C, Sam C, Jen B, Martin R, et al. RISK OF HOSPITALISATION WITH COVID-19 AMONG TEACHERS COMPARED TO HEALTHCARE WORKERS AND OTHER WORKING-AGE ADULTS. A NATIONWIDE CASE-CONTROL STUDY. *medRxiv*. 2021:2021.02.05.21251189.
42. Heavey L, Casey G, Kelly C, Kelly D, McDarby G. No evidence of secondary transmission of COVID-19 from children attending school in Ireland, 2020. *Eurosurveillance*. 2020;25(21).
43. Max Roser HR, Esteban Ortiz-Ospina and Joe Hasell. Coronavirus Pandemic (COVID-19) Published online at OurWorldInData.org2020 [cited 2021. Published online at OurWorldInData.org. Available from: '<https://ourworldindata.org/coronavirus>' [Online Resource].
44. Starr M. Back to school: Safe for children with underlying medical conditions. *Australian journal of general practice*. 2020;49.
45. Li X, Xu W, Dozier M, He Y, Kirolos A, Theodoratou E. The role of children in transmission of SARS-CoV-2: A rapid review. *Journal of global health*. 2020;10(1):011101.
46. Wells CR, Townsend JP, Pandey A, Moghadas SM, Krieger G, Singer B, et al. Optimal COVID-19 quarantine and testing strategies. *Nat Commun*. 2021;12(1):356.
47. Davies NG, Klepac P, Liu Y, Prem K, Jit M, Pearson CAB, et al. Age-dependent effects in the transmission and control of COVID-19 epidemics. *Nature medicine*. 2020;26(8):1205-11.
48. Otte Im Kampe E, Lehfeld AS, Buda S, Buchholz U, Haas W. Surveillance of COVID-19 school outbreaks, Germany, March to August 2020. *Euro surveillance : bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*. 2020;25(38).
49. Larremore DB, Wilder B, Lester E, Shehata S, Burke JM, Hay JA, et al. Test sensitivity is secondary to frequency and turnaround time for COVID-19 screening. *Science Advances*. 2021;7(1):eabd5393.
50. Rafiei Y, Mello MM. The Missing Piece — SARS-CoV-2 Testing and School Reopening. *New England Journal of Medicine*. 2020;383(23):e126.
51. Leng T, Hill EM, Thompson RN, Tildesley MJ, Keeling MJ, Dyson L. Assessing the impact of secondary school reopening strategies on within-school COVID-19 transmission and absences: a modelling study. *medRxiv*. 2021:2021.02.11.21251587.
52. Kucharski AJ, Klepac P, Conlan AJK, Kissler SM, Tang ML, Fry H, et al. Effectiveness of isolation, testing, contact tracing, and physical distancing on reducing transmission of SARS-CoV-2 in different settings: a mathematical modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*. 2020;20(10):1151-60.
53. RKI. Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19)

24.03.2021 – AKTUALISierter STAND FÜR DEUTSCHLAND

Germany: Robert Koch Institute; 2019 [cited 2021 24.03.2021]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Maerz_2021/2021-03-24-de.pdf?blob=publicationFile%27 [online resources].

ANNEX

First author	Selection Bias	Performance Bias	Attrition Bias	Detection Bias	Reporting Bias	Information Bias	Overall
Macartney, K (32)	Medium	Low	Medium	Low	Low	Low	Medium
Stein-Zamir,C (34)	Low	Low	Medium	Low	Low	Low	Medium
Larosa, E (42)	Low	Low	Medium	Low	Low	NA	Medium
Public Health Agency Sweden (33)	Low	Low	Unclear	Low	Low	Unclear	Unclear
Vlachos, J (35)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Brown, NE (28)	Medium	Unclear	High	Medium	High	High	High
Hernandez, A (31)	Low	Low	Medium	Low	Low	Low	Medium
Lopez, L (39)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Heavey; L (44)	Medium	Low	Low	Low	Medium	Low	Medium
Yung, CF (36)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Armann, JP (27)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Fontanet, A (30)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Danis, K (29)	Low	Medium	Low	Low	Low	Medium	Medium
NCIRS (37)	Medium	Low	Medium	Low	Low	Low	Medium
NCIRS (40)	Medium	Low	Medium	Low	Low	Low	Medium
Ismail, SA (38)	Medium	Low	Low	Low	Low	Low	Medium
Falk,A (41)	Medium	Low	Low	Low	Low	Low	Medium
Lynda, F (43)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low

Supplementary Table 1: Risk of bias assessment

Supplementary Table 2 Secondary transmission or attack rates in School setting

Source	First author	Main issue	Study type	Population (N)	N primary/index cases	N primary cases staff	N primary cases student	N Contact staff	N contacts student	N contacts	N contact tested	Setting	Comparator	Date of data collection	Outcome	N tested positive	Overall attack rate	Attack rate teacher	Attack Rate Student	Comments	Infection dynamics ¹	Incident cases and deaths per day ²	Control measures
Attack Rate in School																							
Lancet Child and Adolescent Health	Macartney, K ^[30]	transmission of COVID-19 among children and staff in schools and early childhood education and care (ECEC) setting	Perspective cohort study	1475(27+1448)	27 (12 children and 15 adults)	15	12	NA	NA	1448	633	15 Schools and 10 ECEC in New South Wales Australia	students	25 January - 1 May, 2020	Secondary attack rate	18	1.2%	child to staff = 1% staff to staff = 4.4%	child to child = 0.3%	18 secondary infections: 10 infections were from children and 8 infection were from adults.	265.65 cases per million 3.61 deaths per million	Incidence: Start: 0.16 case/M Peak= 19.49 cases/M End: 0.47 cases/M Deaths Start: 0.04 Peak= 0.31 End= 0	Physical distancing, hygiene measures and educational facility cleaning Online classes from 23 rd March.
Euro Surveillance	Stein-Zamir, C ^[32]	COVID-19 outbreak in School in Israel. The school has grade 7- grade 12.	Observational	1314 (2+1312)	2	NA	2	151	1161	1312	1312	SARS-CoV-2 outbreak in school of Israel after school reopening.	Students	May-June, 2020	attack rate	178 (Student= 153 and Staff= 25)	13.5 %	16.6 %	13.2%	The number of cases was higher in lower grades (grade 7-9)	1089.61 cases per million 11.32 death per million	Incidence Start =13.40 Peak= 90.81 End= 90.81 Deaths Start= 0.46 Peak= 0.69 End= 0.12	Hygiene, facemasks, social distancing and minimal interaction between classes.
Euro Surveillance	Larosa, E ^[40]	Secondary transmission of COVID-19 cases	Observational	1248 (48+1200)	48	5	43	204	996	1200	1198 (994 student & 204 staff)	Total 36 different educational	Students of different school level	1 September- 15 October, 2020	attack rate	38	3.2%	0	Overall = 3.8% Secondary School	All the secondary cases were among the	1842.70 cases per million	Incidence Start= 16.13 Peak= 145.6	Physical distancing measures, mandator

¹ Total number of confirmed COVID-19 cases and deaths from COVID-19 during the data collection/ study duration in the country of study

² The number of incidence case per million and number of death per million per day. The data presented are at the start of the study period, peak during the study period and at the end of the study period.

		in school and preschool setting of northern Italy									setting (school, preschool and infant toddler center) in northern Italy								AR= 6.6% Elementary school AR= 0.38% Preschool AR= 0	students who were tested	14.75 deaths per million	End= 145.60 Deaths Start= 0.13 Peak= 1.37 End= 1.37	y wearing of surgical masks for children, single desk and desk must be 1 m apart, extracurricular activities were suspended.
Frontiers of Public Health	Hernandez, A [29]	Secondary transmission from the school staff	Case report	202(2+200)	2	2	NA	NA	NA	200 approximately	20 (10% of the contact)	School of Panama	Students	February-March, 2020	attack rate	7	3.5%	3.5%	0	All 15 close contacts of teachers tested negative for SARS-CoV-2 Positive cases were the school contacts	273.48 cases per million 6.72 deaths per million	Incidence Start= 0.23 Peak= 44.50 End= 44.50 Deaths Start= 0.23 Peak= 1.62 End= 1.39	School closure from March
Euro Surveillance	Heavey, L [42]	Secondary transmission in school setting	Observational	1031 (6+1025)	6	3	3	NA	NA	1025	NA	School in Ireland	NA	12 March 2020	Secondary transmission, SAR	0 in School 2 outside school	0	0	0	2 contacts of adult cases outside of school developed SARS-CoV-2 infection with overall AR 0.17%	8.71 cases million 0.2 deaths per million	No cases and no deaths on the particular day in Ireland	School closure from 12 th March
Clinical Infectious Diseases	Yung, CF [34]	Secondary transmission in school setting	Observational	122 (3+119)	3	1	2	NA	NA	119	119 (8+34+77)	3 different school in Singapore	NA	February-March 2020	Secondary transmission, AR	0	0	0	0	No secondary cases were found among close contacts.	155.55 cases per million 0.17 deaths per million	Incidence Start= 0.51 Peak= 12.48 End= 8.03 Deaths Start= 0.34 Peak= 0.34 End= 0	Terminal cleaning of school, suspension of extracurricular activities, preschool was closed for 14 days

Clinical Infectious Diseases	Danis, K ^[27]	Tertiary transmission in school setting	Observational	113 (1+112)	1	NA	1	NA	NA	112	101	3 schools and 1 ski club in French Alps	Student and teachers	February 2020	Tertiary transmission	0	0	0	0	No transmission in schools	1.44 cases per million 0.03 deaths per million	Incidence Start=0.02 Peak=0.31 End=0.29 Deaths Start=0.02 Peak=0.02 End=0	Use of surgical masks
National Centre for Immunisation Research and Surveillance, NSW, Australia	NCIRS ^[35]	secondary transmission in differed educational setting	Observational	527 (6+521)	6	2	4	62	459	521	319	6 different educational (5 schools and 1 ECEC)	Student ; teacher	10 April – 3 July, 2020	Secondary transmission	0	0	0	0	No secondary transmissions	80.20 cases per million 1.96 deaths per million	Incidence Start=4.20 Peak=7.61 End=7.61 Deaths Start=0.12 Peak=0.31 End=0	Schools were re-opened, full face-to-face teaching commenced while implementing COVID-19 safe practice
National Centre for Immunisation Research and Surveillance, NSW, Australia	NCIRS ^[38]	secondary transmission in differed educational setting	Observational	3863(33+3824)	39	7	32	385	3439	3824	3641	34 different educational setting in NSW which includes 28 schools and 6 ECEC	student	4 July – 25 September, 2020	Secondary transmission; attack rate	33	0.86 %	1.29 %	0.81%	Among tested: AR=0.9% High School AR=1.1% Primary school AR=0.4% ECEC AR=0.7%	728.36 cases per million 30.04 deaths per million 744 cases across NSW. Among them 555 were locally acquired.	Incidence Start=7.18 Peak=28.08 End=0.63 Deaths Start=0 Peak=2.31 End=0.04	Schools were open for face-to-face learning while implementing COVID-19 safe practice.
Lancet Infectious Diseases	Ismail, SA ^[36]	estimating the rate of SARS-CoV-2 infection and outbreak	Prospective cross sectional analysis	928000 (Students only)	55	34	21	NA	NA	NA	NA	Schools in England	Student	June/July 2020	Secondary transmission	NA	122	100	22	Considering only outbreak situation there were 122 secondary	661.80 cases per million 53.63 deaths	Incidence Start=21.27 Peak=21.65 End=13.01	School closed from March 20 and reopened from June 1 st

		ks among staff and students in educational settings during the summer half-term																		y cases in school during this period. Among them 100 cases were staff and 22 were students	per million	Death Start= 1.27 Peak= 3.80 End= 0.29	after implementing smaller classes separated into distant social bubbles
Morbidity and Mortality Weekly Report	Falk, A [39]	Secondary transmission in school setting	Observational	5530 (184+5346)	184	58	126	596	4750	5346	5530	Schools in Wisconsin, USA	Student	August-29 November, 2020	Secondary transmission; attack rate	191	0.13 %	0	0.14%	Among 191 tested positive, 7 were secondary cases There was no secondary transmission among staff	26,802 .94 cases per million 339.08 deaths per million	Incidence Start= 169.71 Peak= 628.19 End= 423.22 Deaths Start= 3.31 Peak= 6.86 End= 3.13	Compulsory masks for student and staff. Classroom size 11-20 students and indoor lunch.

Supplementary Table 3 Infection risk in School setting

Source	First author	Main issue	Study type	Population (N)	N primary/index cases	N primary cases staff	N primary cases student	N Contact staff	N contacts student	N contacts	N tested	Setting	Comparator	Date	Outcome	N tested positive	Overall risk of infection	Infection risk in teacher	Infection risk in student	Comments	Infection dynamics ³	Incident cases and deaths per day ⁴	Control measures
Infection risk in School																							

³ Total number of COVID-19 cases and deaths from COVID-19 per million during the period of data collection/study duration in the country of study

⁴ The number of incidence case per million and number of death per million per day. The data presented are at the start of the study period, peak during the study period and at the end of the study period

Public Health Agency Sweden	Public Health Agency Sweden ^[31]	Risk of SARS-CoV-2 infection in teachers in Sweden	Report (observational study)	Teachers working in different school in Sweden	364760	479 cases	NA	NA	NA	NA	NA	School of Sweden	Teachers of different school forms	March-May 2020	Relative risk	NA		RR and 95%CI	NA	The relative risk is higher for primary school teachers and student assistants compared to other groups working in schools in Sweden	3,800.47 cases per million	Incidence	Partial school closure
																	High School teachers				Start=0		
																	0.7(0.5-1)				Peak=80.01		
																	Primary school teachers			435.08 deaths per million	End=26.24	Death	
																	1.1(0.9-1.3)				Start=0.1		
																	Leisure educators				Peak=18.32		
																	0.8(0.5-1.3)				End=0		
																	Preschool teachers						
																	0.7(0.6-0.9)						
																	Other educators with theoretical specialists						
																	1(0.7-1.5)						
																	Nanny						
																	1(0.8-1.2)						
																	Student assistants and other						
																	1.1(0.8-1.4)						

medR vix	Vlachos, J ^[33]	Risk of COVID-19 infection in the parents, high school teachers, lower secondary school teacher and their partners	Retrospective data analysis	Upper secondary and lower secondary teachers, their partners and students' parents from Sweden	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	School and household of Sweden	Teachers of different school form, their partners And parents of students	June 15, 2020	Odds ratio and 95%CI	NA	lower secondary school parents 1.15 (1.03-1.27) Partners 1.30(1.00-1.68)	2.01(1.52 – 2.67)	NA	Secondary school is the reference group	2,833.37 cases per million 92.09 deaths per million	Incidence Start= 64.16 Peak= 168.13 End= 79.19 Deaths Start= 0.79 Peak= 10.69 End= 5.25	Partial school closure
Emerging Infectious Diseases	Brown, NE ^[26]	Teacher to student transmission	Observational (Serological survey)	121 (1+120)	1	1	NA	NA	120	120	21	School in USA.	Students	Blood sample collection date: 13 March, 2020	Infection rate	2	1.66%	0	1.66%	blood collection was done 14 days after exposure	587.87 cases per million 16.13 deaths per million	Incidence Start= 0.02 Peak= 79.50 End= 79.50 Death Start= 0 Peak= 3.31 End= 3.31	NA
medR vix	Lopez, L ^[37]	Sero-prevalence of anti-SARS-CoV-2 IgG antibodies in school	Population based sero prevalence study	1261 eligible School staff	NA	NA	NA	NA	NA	NA	753 participated in the survey (Annual	18 year or older staff of Lake Central School Corpor	General population	July 2020	Seroprevalence of antibody	22 participants tested positive for SARS-CoV-2 When Corrected for	2.9% (95%CI 1.8-4.4%)	1.7%		The seroprevalence of LCSC staff is 1.7% which is below the	5,658.69 cases per million	Incidence Start= 156.52	School closure, While enteri

		staff in Midwestern USA									check-up)	ation located in suburban Indiana				antibodies	performance parameter 1.7%			seroprevalence reported in metropolitan areas throughout the USA	78.18 deaths per million	Peak= 229.03 End= 207.54 Death Start= 2.14 Peak = 4.33 End= 3.72	ng the building for data collection facemask, social distancing and hand sanitizer were mandatory
medRivix	Armann, JP [25]	Seroprevalence study in student and teacher to assess their role SARS-CoV-2 transmission	Seroprevalence study	2045 (1538 students and 507 teachers)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2045	Secondary school in Saxony, Germany	students	25 May, 2020 and 30 June, 2020	Prevalence (Seroprevalence)	12 (11 students and 1 teacher)	0.6%	0.2%	0.7%	Seroprevalence study in 13 different secondary school in Saxony, Germany	374.07 cases per million 26.90 deaths per million	Incidence Start= 12.75 Peak=15.13 End= 4.49 Death Start= 1.35 Peak=3.37 End= 0.17	School closure, face mask and social distancing
medRivix	Fontanet, A [28]	to assess the infection attack rate using serological assays	Retrospective cohort study (Seroprevalence study)	661 (including 240 pupil, 211 parents, 127 sibling, 53 teacher; 27 non-teachi	NA	NA	NA	NA	NA	NA	661	Secondary school and household	Student, parents	30 March -4 April, 2020	Infection attack rate	171 (pupil= 92; teacher = 23; school staff= 16; parents =24; sibling= 13, and	25.9% (22.6-29.4)	12.18%	28.75%	Seroprevalence study in secondary school and household in Oise in Northern France	41.81 cases per million 69.49 deaths per	Incidence Start= 66.70 Peak= 116.88 End=13.10 Death	NA

				ng staff and 3 other)											other= 3)					millio n	Start= 6.40 Peak= 19.18 End= 16.13			
medR vix	Lynda, F ^[41]	Risk of COVID-19 and risk of hospitaliz ation with COVID-19 among teachers compare d with healthcar e workers and general populatio n of working age	Case control study	87156 8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	School, hospita l and househ old of Scotlan d	Healthc are worker, Househ old membe r of healthc are worker and teacher	Marc h 2020- Janua ry 2021	Risk rate/ odds ratio	NA			Before re- opening: Any cases 0.48 (0.39- 0.60); Hospitati zation 0.51 (0.31- 0.82) School re- opened: Any cases 1.42 (1.35- 1.49); Hospitati zation 0.97 (0.72- 1.29)	Before reopenin g, Any case HH_Teac her 0.78 (0.66- 0.91) HCW 8.75 (8.29- 9.23); HH_HCW 2.32 (2.11- 2.56) Hospitali zation HH_Teac her 0.63 (0.44- 0.91); HCW 3.15 (2.71- 3.66); HH_HCW 1.87 (1.52- 2.30) Re- opened Any cases HH_Teac her 1.01 (0.95- 1.06); HCW 2.41	comparat ors are healthcar e workers and househol d member of teachers and healthcar e worker The results presente d are adjusted ratios obtained from logistic regressio n	56389 .96 cases per millio n 1566. 83 death s per millio n	Inciden ce Start= 0.03 Peak= 1004.5 1 End= 312.14 Death Start= 0.01 Peak= 26.90 End= 17.75	School close and again reope n

																		(2.33-2.49); HH_HCW 1.25 (1.20-1.31) Hospitali zation HH_Teac her 0.97 (0.74-1.27); HCW 1.82 (1.55-2.14), HH_HCW 1.04 (0.83-1.23)				
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--

Supplementary Table 4: Infection risks and attack rates according to infection dynamics and NPIs during data collection period

Infection dynamics cases	Infection dynamics deaths	control measures	Study	Infection risks for students	Attack rates for students	Infection risks for teachers	Attack rate for teachers	Comparator of infection risk for students/teachers	Comparator for teachers/teachers	Comment	
Total number of cases in country / million / week < 100	N of deaths per million in data collection period < 100	School open	Heavey, L (44)		0		0			No secondary transmission in school setting	
		School open with NPIs	Danis, K (29)		0		0			No secondary transmission in school setting	
			NCIRS (2nd term) (37)		0		0			No secondary transmission in school setting	
		NA	Fontanet, A (30)	12.18%		28.75%					
Total number of cases in country / million / week > 101 and < 1000	N of deaths per million in data collection period < 100	School open	Hernandez, A (31)		0		3.5%				
			Yung, CF (36)		0		0		No secondary transmission		
		School open with NPIs	Macartney, K (32)		0.3%			Child to staff transmission rate: 1%	Staff to staff transmission rate 4.4%		
		School close/online teaching	Armann, JP (27)	0.7%		0.2%					
		School open with NPIs	NCIRS (3rd term) (40)		0.81%		1.29%				
			Larosa, E (42)		3.8%		0	Secondary school= 6.6%	Elementary school = 0.38%		
		School open with NPIs	Ismail, SA (38)		N= 22		N=100			Absolute number of secondary infections during outbreak in school	
		NA	Brown, NE (28)	1.66%		0					
Total number of cases in country / million / week > 101 and < 1000	N of deaths per million in data collection period > 50 and <100	School open with NPIs	Falk, A (41)		0.14%		0				
			Stain-Zamir, C (34)		13.2%		16.6%				
		Partial school closure	Public health Agency, Sweden (33)							High school= 0.7(0.5-1)	Relative risk among teachers
										Primary school= 1.1(0.9-1.3)	
										Preschool = 0.7 (0.6-0.9)	
							Student assistant= 1(0.8-1.4)				

			Valchos, J (35)						OR=2.01 (1.52-2.67)	Secondary school teachers are a reference group
		School closes/online	Lynda, F (43)	NA	NA	0.48(0.39-0.60)				
			Lopez, L (39)	0		1.7%				Seroprevalence assay done only in staff
		School reopen with NPI	Lynda, F (43)	NA	NA	1.42 (1.35-1.49)				

1 Anhang 4 Systematisches Review zu Kosten und Kosteneffektivität von
2 Interventionen in Schulen, die das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2
3 senken

- nicht peer reviewed -

Economic aspects of different strategies to reduce SARS-CoV-2 infections in schools: A rapid systematic review

4 Abstract

5 **Background:** To enable safe school operations during pandemic periods, there are various measures
6 such as hygiene rules or testing strategies. The aim of this rapid systematic review was to summarise
7 the current evidence on the costs and cost-effectiveness of interventions to reduce SARS-CoV-2
8 infections in school settings.

9 **Methods:** We performed database searches using PubMed, LIVIVO Covid-19, WHO Covid-19 database,
10 EconLit and EconBiz. We included any type of study reporting on costs or cost-effectiveness of available
11 measures. We assessed the reporting quality of included studies using the CHEERS-checklist. Results
12 were summarized narratively.

13 **Results:** We included five studies on testing strategies and one study on hygiene measures in schools.
14 All studies were from high-income countries. Reporting quality was moderate. Depending on school
15 setting and infection rate, testing one to two times a week accrued low costs with high reduction of
16 infections. Moderate additional costs per student were found for general hygiene measures in schools,
17 ranging from 0.3 to 7.1% on top of the usual expenditure per student.

1 **Conclusions:** From a health economic perspective hygiene measures and testing strategies using
2 pooling are promising approaches to enable face to face learning during the Corona pandemic. Further
3 analysis is needed for a more comprehensive assessment.

4 **Registration:** This review was registered using PROSPERO (CRD42021237889).

5

6 **Keywords:** Covid-19, SARS-CoV-2, school, students, infection prevention and control, hygiene
7 measures, testing, cost analyses, cost-effectiveness, economic impact

8

1 Introduction

2 Since the beginning of the SARS-CoV2 pandemic, there has been an ongoing global debate about safe
3 schooling during the Corona pandemic. This is also due to the fact that the share of the infection event
4 in schools has not yet been fully clarified [1]. In addition, the exact burden of childhood covid-19
5 disease and its long-term effects remain a matter of debate [1]. However, due to the ongoing
6 emergence of new virus variants with unclear risk still prevention measures in schools are
7 recommended, including their adaptation to the community incidence of the virus [1].

8 At this point, countries have adopted very different infection control strategies in schools to reduce
9 SARS-CoV-2 infections in schools. Available measures can be broadly divided into three categories:
10 contact-reducing (I), structural or environmental (II), and monitoring and response measures (III) [2].
11 Measures of the first group directly target contacts by, on the one hand, avoiding them in general and,
12 on the other hand, reducing the risk of infections in the case of unavoidable contacts, for example by
13 wearing a mask [2]. The second group includes measures that attempt to reduce the risk of infection
14 by adapting the school environment [2]. These include, for example, spreading out the desks in the
15 classrooms or using air filters. The third group describes measures to detect infection e.g. through
16 testing and dealing with identified infections e.g. quarantine [2]. Whereas in the first year of the
17 pandemic schools focused on general hygiene measures, these have now been routinely linked to
18 regular testing since 2021.

19 Although evidence on effectiveness of measures in school is still limited to mostly observational
20 studies, contact-reducing, structural measures and monitoring have been shown to be effective with
21 the potential to reduce infections [3-7]. However, there appears to be a strong association between
22 the regional incidence around schools and within schools [8]. In particular, staff members of schools
23 seem to be frequently affected by infections [8]. Therefore, considerations of the effectiveness and
24 cost-effectiveness of in-school interventions should take the bigger picture of the school environment.

1 The various available measures in schools are associated with different costs depending on their scope
2 and country-specific available opportunities e.g. test laboratories or structural preconditions in
3 schools. For decision makers it is essential to understand the health economic aspects of different
4 intervention strategies to prevent infections in different settings of infection dynamics. To support
5 decision makers respectively policy makers this rapid systematic review seeks to summarize the
6 current available evidence on economic aspects of currently available strategies to reduce SARS-CoV-
7 2 infections in schools.

8

1 **Materials and Methods**

2 We performed this review as a rapid systematic review. There is no universal valid definition of a rapid
3 review, since this varies depending on the performing organization and the context [9]. In general, we
4 conducted our review in accordance with a systematic review with restrictions in the methodology.
5 Compared to a classical systematic review, we performed no structured hand search in addition to
6 database searches and conducted the quality assessment with one common instrument for different
7 economic study types. Since there is currently no PRISMA extension for rapid systematic reviews
8 available, we mainly followed the PRISMA statement [10]. This review has been registered with
9 PROSPERO (CRD42021237889).

10 **Search strategy**

11 We searched PubMed incl. preprint servers, LIVIVO Covid-19, WHO Covid-19 database, EconLit and
12 EconBiz. Search terms include sars-cov-2, covid-19, schools, costs and cost analysis types, economic
13 and monetary consequences. We developed the search strategy for PubMed and adjusted it for the
14 other databases. The full strategies can be found in the Appendix. We performed the initial database
15 searches on 10 February 2021 and updated the search on 8 July 2021.

16

17 **Eligibility criteria**

18 Interventional and non-interventional studies as well as purely economic studies (descriptive cost
19 analyses or economic modelling studies) were eligible for inclusion. Preprints and peer-reviewed
20 papers were included. We restricted the languages to English and German.

21 Following a Cochrane review on this topic, we have considered schools as the primary or secondary
22 educational stage for students aged 6-18 [2]. Studies reporting on students and staff at higher
23 educational levels (e.g. universities) were excluded. Besides students, teachers, staff and those
24 indirectly affected by the school setting (e.g. parents) were eligible [2].

1 According to the Cochrane scoping review described, we categorized eligible measures for reducing
2 infections in schools as follows [2]:

- 3 • Contact-reducing measures (including face-masks and physical distancing policies, shifted arrival,
4 break and departure times)
- 5 • Structural and environmental measures (including dividing up school playgrounds, improving air
6 circulation, use of air filters)
- 7 • Surveillance and response measures to detect an infection (including testing, tracing, symptom
8 screening as well as isolation of confirmed cases or quarantine of suspected cases)

9 Eligible comparators could be alternative measures or no measure. Eligible outcomes were costs and
10 incremental cost-effectiveness ratios, such as costs per case (infection) avoided OR costs per quality-
11 adjusted life years gained (QALYs).

12

13 **Study selection and data extraction:**

14 We screened titles and abstracts using Endnote and obtained the full-texts of the remaining records.
15 After we had received the articles to be included in the review we extracted relevant general and
16 analysis-specific data of each study. We used a modified extraction sheet, based on those used in
17 Health Technology Assessment reports by the National Institute of Health Research (NIHR) [11]. Among
18 others, the data extraction sheet included information on economic analysis type, study type,
19 perspective, time horizon, model assumptions, discounting rate, costing year, currency, intervention,
20 comparison and sensitivity analyses. If a study compared different scenarios, we extracted data of
21 assumed infection rates of SARS-CoV-2 infections for each scenario. We performed study selection and
22 data extraction in duplicate. We resolved disagreements in discussion.

23

24

25

1 **Quality assessment:**

2 We used the CHEERS-checklist to critically assess included studies. This checklist was developed by
3 Husereau et al to improve reporting of economic evaluations [12]. The aim of the checklist is not to
4 prescribe how economic evaluations should be conducted, but to ensure a clear, comprehensible
5 presentation of the methodology. The checklist consists of 24 items covering the 6 categories of title
6 and abstract, introduction, methods, results, discussion, and source of funding and conflict of interest.
7 We did not use this checklist to calculate a quality score, since the included items have different weight
8 for the analyses. However, we reported the range of reported items for all studies and provided details
9 on noticeable items. We performed quality assessment independently by two reviewers and resolved
10 disagreements in discussion. If both reviewers came to the conclusion that the information provided
11 was insufficient to assess whether an item is reported or not, this was labelled as "partial" in the
12 assessment.

13 **Data synthesis:**

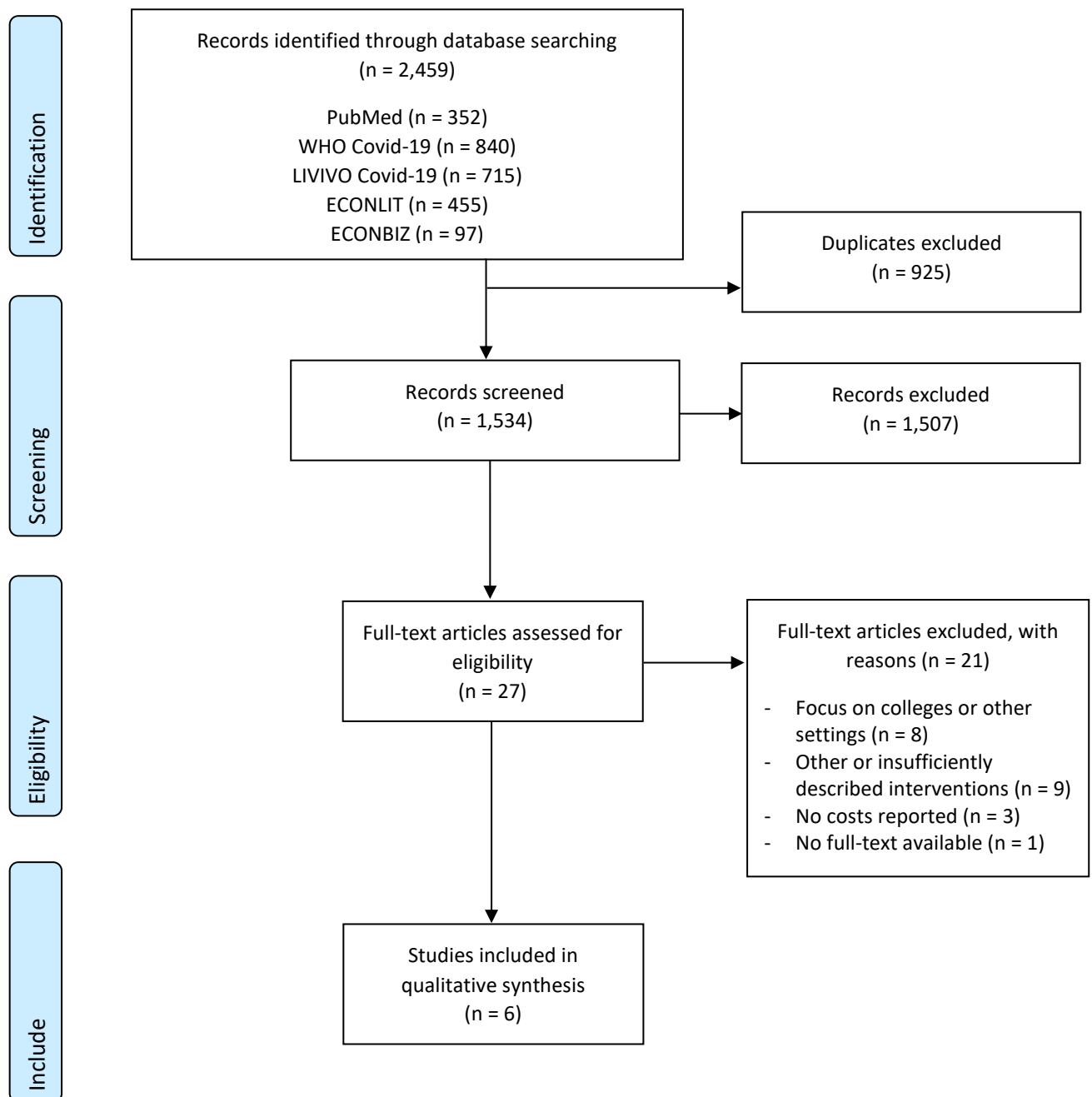
14 We created tables for results of quality assessment, general study characteristics and main study
15 results. As part of the synthesis, we grouped studies both by the underlying infection dynamics at the
16 point of data collection or modelling as well as by intervention type and reported results according to
17 intervention type. Results were summarized narratively.

18

1 Results

2 Our literature search identified 2,459 potentially relevant references. After duplicate removal, we
3 screened title and abstract of 1,534 remaining records. Of these, we excluded 914 records and
4 retrieved full texts of the remaining 27 publications. Of these we excluded 21 articles mainly because
5 they did not assess costs in school settings or looked at different interventions. Finally, we included six
6 studies in our review (figure 1).

7 Figure 1: Study selection process



1 **General characteristics of included studies**

2 Table 1 presents an overview over the general characteristics of the included studies. Among the six
 3 included studies, three were epidemiological modelling studies that included clinical and cost data [13-
 4 15], two were descriptive cost analyses [16, 17] and one was a cohort study [18]. All studies originated
 5 in high income countries, including five studies from the United States [13-15, 17, 18] and one study
 6 from Canada [16]. Four studies were conducted in 2020 [13, 14, 16, 17], one study in 2020 and 2021
 7 [18] and another study in 2021 [15]. Three studies, including both of the modelling studies, focus on
 8 testing strategies in schools as a single intervention [13, 14, 16]. One study describes the resources
 9 and costs of implementing recommended mitigation strategies in schools [17]. One study was a health
 10 economic evaluation comparing different strategies with calculation of cost-effectiveness-ratios. Three
 11 of the six studies stated their perspective. Campbell et al took a health system perspective [16], Bilinski
 12 et al a societal perspective [15] and Rice et al took a school budget perspective [17]. Considered time
 13 horizons in the four analyses range from 30 days to six months, according to a school semester.

14 Table 11: Characteristics of included studies

Study: authors (month, year)	Country	Study design	Perspective	Time Horizon	Population	Considered Measures in school	Types of costs included
Berke <i>et al</i> (May, 2021)	USA	Cohort study	n.r.	150 days	Students	Testing	Test costs
Bilinski <i>et al</i> (May, 2021)	USA	Model-based analysis	Societal	30 days	Students and staff	Testing and contact tracing	Test costs; Childcare costs
Campbell <i>et al</i> (October, 2020)	Canada	Descriptive cost-analysis	Health system	42 days	Students and staff	Testing and contact tracing	Test costs; Tracing costs
Lyng <i>et al</i> (October, 2020)	USA	Model-based analysis	n.r.	100 days	Students	Testing and contact tracing	Test costs
Rice et al (December, 2020)	USA	Descriptive cost-analysis	School budget	180 days	Students	face masks, shields, gloves for staff, cleaning and sanitation, additional transportation, additional school custodians	Costs for hygiene material; personnel costs; transportation costs
Saad <i>et al.</i> (November, 2020)	USA	Model-based analysis	n.r.	60 days	Students	Social distancing, mask wearing, testing and contact tracing	Testing costs; hospitalization costs; income loss of parents

15 n.r.: not reported

1

2 The cost components considered varied considerably between studies (table 1). Two of the five studies
3 of testing strategies considered further costs of infections (hospital costs, parental production losses
4 or childcare costs) in addition to testing and tracing costs [14, 15], while the three remaining studies
5 only considered the cost of testing [13, 16, 18]. The cost analysis on hygiene measures in schools took
6 into account material costs (among others for masks, shields, cleaning and sanitation), personnel costs
7 for school custodians and costs for transportation [17]. While the descriptive cost analyses indicated
8 the sources for calculating the cost types, the modelling studies mostly mentioned them insufficiently
9 or only listed them as an assumption without reference.

10 **Quality assessment of included studies**

11 Assessment of reporting quality showed heterogeneous reporting. Due to the respective study designs,
12 some items were not applicable. This relates to the descriptive cost-analyses, where items 9 to 12
13 (Discount rate, Choice of Health outcomes, measurement of effectiveness, Measurement and
14 valuation of preference based outcomes) and 15 (choice of model) did not apply. In general, no
15 included study considered preference-based outcomes (item 12). Based on these limitations, 7-10 of
16 the possible 24 items were reported in the descriptive cost analyses, while this were 10-19 items in
17 the modelling studies. Missing reporting mainly concerned the chosen perspective (item 6), handling
18 discounting (item 9), identification and estimation of costs (items 11, 13 and 14), statistical
19 adjustments and presentation of input parameters (item 17 and 18), effects of uncertainty (items 20
20 and 21) and conflicts of interests and source of funding (items 23 and 24). Additionally, the reporting
21 of study parameters and analysis results (items 18 and 19) was sometimes insufficient for adequate
22 assessment. The complete assessment is in Appendix Table 1.

23 **Costs and cost-effectiveness of testing strategies in schools**

24 An overview of the results is displayed in table 2. Five studies reported costs of testing strategies in
25 schools. Campbell et al. limited their descriptive cost analysis to the cost of one round of testing,

1 assuming a time horizon of 42 days [16]. Berke et al reported the test costs per person per week in the
2 context of a 5-month cohort study [18]. Bilinski, Lyng and Saad et al examined the epidemiologic impact
3 of testing with the addition of cost parameters as model variables, considering time horizons ranging
4 from 30 to 100 days [13-15]. In Bilinski et al, assuming fixed test costs, the costs per student per month
5 of once-weekly testing ranged from less than \$140 to \$400, depending on the assumed incidence rate
6 [19]. The cost per infection avoided varied considerably among the types of schools and incidences
7 considered, reaching as high as \$1 million at an incidence of 0.001%/day (table 2) [19]. In Saad et al,
8 assuming a baseline infection rate of 1% and additional mask wearing and social distancing, the total
9 minimal direct and indirect costs were about 3000€ with a daily test rate of 8-9% [14]. Testing under
10 the same conditions with no mask wearing and social distancing resulted in minimum total costs of
11 about 5000€, which would be achievable with a test rate of about 9-15% [14]. At the same time,
12 according to the authors, for both scenarios, a daily testing rate of 8-10% would reduce the infection
13 rate below 10% [14]. Compared to Saad et al, the model by Lyng et al allowed variable test quality and
14 test costs dependent thereon. Comparison of scenarios with high and low infection rate resulted in
15 costs ranging from about 0.5\$ to 10\$ depending on the implementation of confirmatory testing [13].
16 Campbell et al estimated the total cost of a round of testing for all children and school-based staff at
17 \$816 Mio, assuming a baseline infection rate of 0.05% [16]. Additive tracing and testing of contacts
18 would raise these costs to \$943 Mio. This would be \$136 per person and \$19.4 million per day [16].

Table 12: Results of included studies

Study: authors (year)	Primary objective	Clinical effects	Main economic results	
			Strategy/Outcome 1	Strategy/Outcome 2
Berke <i>et al</i> (2021)	To evaluate the feasibility of a pooling-in-a-pod strategy to reduce the number of infections on campus and minimize testing resource requirements	<u>Testing once per week:</u> 1,733 negative and four positive pools; 62.2% decrease in virtual learning for 6 to 12 grade students; 92.4% decrease for preschool to grade 5 students	<u>Total costs per student per week (2021 USD):</u> • 24.24	=
Bilinski <i>et al</i> (2021)	To analyse to what extent screening tests reduce the risks of full-time in-person learning and how costs of testing compare to short-term financial costs of reduced in-person educational time, at different levels of community incidence	<u>Testing once per week:</u> • Aversion of 47% of excess incidence relative to remote learning at elementary and 67% at middle school level (low incidence) • 54% aversion at elementary level, 62% at middle school level (high incidence) <u>Testing two times per week:</u> • 60-76% aversion at elementary and 77-78% at middle school level	<u>Total costs per student per month for once weekly testing (2021 USD):</u> • <\$140 (incidence ≤0.005% per day) • \$290 (incidence 0.05% per day) • \$400 (incidence 0.1% per day)	<u>Costs per infection averted (2021 USD, elementary school, once weekly testing):</u> • <\$40,000 (incidence ≥0.025%/day) • \$109,000 (incidence 0.01%/day) • Ca. \$1 mio (incidence 0.001%/day) <u>Costs per infection averted (2021 USD, middle school, once weekly screening):</u> • <\$10,000 (incidence ≥0.025%/day) • \$200,000 (incidence 0.001%/day)
Campbell <i>et al</i> (2020)	To estimate costs, resources and laboratory capacity required for testing strategies to detect SARS-CoV-2 using RT-PCR in groups at increased risk of infection in Canada.	n.a.	<u>Total costs (2020 CAD) of testing alone:</u> • 816m for students and staff at school • 19.4m per day <u>Costs per person (2020 CAD) of testing alone:</u> • 135.70 per person	<u>Total costs (2020 CAD) of testing incl. contact tracing/testing:</u> • 943.3m
Lyng <i>et al</i> (2020)	To model various scenarios of test sensitivity and specificity, testing frequency, cost, and pooling	Number of infections is reduced by 31-98%, depending on scenario	<u>Total costs per person per day (2020 USD), low prevalence:</u> • 0.47-8.4 (without confirmatory testing) • 2.46-10.1 (incl. Confirmatory testing)	<u>Total costs per person per day (2020 USD), high prevalence:</u> • 0.47-7.92 (without confirmatory testing) • 2.51-10.13 (incl. Confirmatory testing)

Rice et al (2020)	To identify the resources and costs needed to implement school-based mitigation strategies	n.a.	<u>Total costs (2020 bn. USD):</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1.076-12.584 (materials and consumables) • 3.854-12.7 (custodians) • 8.131-19 (transportation) 	<u>Total costs per student (2020 USD):</u> <ul style="list-style-type: none"> • 21-248 (materials and consumables) • 76-251 (custodians) • 160-374 (transportation)
Saad <i>et al.</i> (2020)	Impact of active surveillance on infection rate of the students and economic impact of reducing quarantine and hospitalization rate	8-10% daily testing to reduce infection rate <10 %	<u>Total costs (2020 USD), testing with further mitigation measures:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Lowest possible costs ca. 3,000 at testing rate 8-9% 	<u>Total costs (2020 USD), testing without mitigation measures:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Lowest possible costs ca. 5000 at testing rate 9% or 15%

n.a.: not applicable; CAD: Canadian Dollar; USD: United States Dollar; bn: Billion

1 ***Effects of different infection dynamics***

2 Different infection rates in the population resulted in different changes in costs and cost-effectiveness.
3 In Bilinski et al, the costs and costs per infection avoided varied comparatively widely depending on
4 the assumed incidence (table 2). The range of cost per infection avoided was greatest in the
5 elementary school setting (<\$40,000 to \$1 million). Campbell et al analysed the effects on the total
6 costs of increasing the infection rate to 0.1% and 0.5%. The highest rate increased total costs by \$5
7 million to \$821 million [16]. The comparison between the low and high infection rate scenarios in the
8 Lyng et al study showed no significant differences for overall costs of testing per student per day [13].

9 **Costs of hygiene measures in schools**

10 Rice et al descriptively calculated the costs from a school budget perspective of implementing the
11 hygiene measures recommended by the CDC. The resulting cost of each student range from an average
12 of 55 dollars (only for hygiene materials) to 442 dollars when additional custodians and transport costs
13 are taken into account [17]. Depending on the state, this would result in cost increases of 0.3-7.1%
14 compared to the expenditure per student in 2018 [17].

Discussion

In our rapid systematic review we identified 6 studies reporting on the economic impact of measures in schools to reduce SARS-CoV-2 infections. The two descriptive cost analyses were based on a health system perspective and a school budget perspective and analysed costs of testing strategies and general hygiene measures. In the three modelling studies, general assumptions of infection dynamics, costs related to testing, hospitalization costs and income loss were used to understand the costs associated with implementing different strategies to curb SARS-CoV-2 infection. One cohort study provided data on the effect and cost of testing in real-life.

All included studies were either from the US or Canada, limiting the results to high-income countries. However, 2/3 of low- and middle-income countries have cut education budgets since the onset of the corona pandemic, narrowing the room for the procurement of hygiene materials [20]. Similarly, these restrictions make it difficult to operate a sufficient number of laboratories necessary for in-school testing strategies. In such countries, coordinated support are further needed to allow at least a certain degree of monitoring allowing responsible school operation. Exemplary here are the SARS-CoV-2 serosurveys [21].

Costs of necessary hygiene measures to allow normal school operation, were only calculated in one study [17]. Results suggest the added costs per student due to the implementation of hygiene measures for the safe opening of schools are below 10% in each state of the US [17]. However, no special environmental measures such as the installation of air filters were included in the calculation of the hygiene measures. Depending on the setting and size of the school, air filters could cause quite high costs, which might be particularly relevant for low- and middle-income countries.

Regarding testing strategies in schools included studies suggest that even testing once a week can be sufficiently effective at moderate cost. However, in the included studies, all students (including asymptomatic) were actually tested or this approach was a model assumption. However, it is questionable how efficient this approach is. There may be savings to be made if, as recommended by the WHO, only symptomatic cases or their risk contacts are tested and not all asymptomatic children or staff at school as standard [22]. In addition, most of the scenarios showed costs of testing strategies being depend on the actual testing strategies chosen irrespective of the different compared epidemic dynamics. However, according to Bilinski et al the costs of one case averted highly depend on the community notification rate [13]. From a health economic perspective it seems advisable to adapt the intensity of in-school measures to the local community notification rate respectively the occurrence of infection clusters, as already recommended [1]. In general, pooled PCR testing should be maintained, as is already the practice in many schools, as it significantly reduces the cost of individual PCR tests depending on pool size. According to Campbell et al, Saliva sampling can reduce total costs by 25-30% and pooling samples 4:1 by 10-12% [16]. In contrast, rapid antigen tests used routinely in schools run the risk of causing high childcare costs due to their comparatively poor test quality [23].

It is also questionable what added value in terms of cost-effectiveness combined strategies (e.g. testing and mask wearing) bring. Saad et al suggest that active surveillance along with mitigation strategies in schools decrease the financial burden imposed by COVID-19 by lowering the infection rate, thus minimizes the costs associated with daily testing, the hospitalization cost and income loss [14]. However, the optimal test percentage to achieve a minimal infection rate and average costs was similar with or without additional mitigation strategies [14]. A cost-effectiveness analysis of testing strategies at college campuses showed screening every two days in combination with timely isolation of detected cases to be most cost-effective [24]. However, further measures such as mask-wearing were not included in the base case. Therefore, at this stage the cost-effectiveness of testing strategies combined with other measures remains unclear.

In the big picture the estimated total costs for implementing hygiene measures or testing strategies in schools are apparently rather low compared to predicted financial costs of school closures. Short- and long-term societal costs of school closures are immense [25-27]. The loss of a third of a school year, as happened in 2020 for example has been predicted to lead to a 1.5% reduction in a country's gross domestic product (GDP) over the remaining decade [28] Data from influenza research also suggests an unfavourable cost-utility ratio of school closures compared to measures in schools [29]. Therefore, the expected costs of hygiene measures and/or testing strategies, in principle, may be lower than the (social) costs of school closures.

Further discussion points arise from considering modelling studies, which allow for various underlying infection dynamics, and descriptive cost analyses together, as we did in our review. This approach has the disadvantage that types of analyses that take dynamic developments into account are compared with approaches that are designed purely statically. For measures such as testing strategies that work toward mitigating the dynamic infection event, reliance on models continues to be necessary to make inferences to infection dynamic situations not covered by the data collected. Static approaches (descriptive cost analyses), on the other hand, allow consideration of the total cost of interventions that are deemed necessary regardless of infection dynamics. Therefore, when including such designs together, the limitations of each design should be considered.

Assessment of the cost-effectiveness of interventions in school are still hampered by the fact that the exact disease burden of paediatric covid-19 disease respectively long Covid still remains unclear [1, 30]. Existing studies on long-term outcomes have extensive limitations including heterogeneous case definitions and follow-up times[30]. Consistent reporting of clinical data here would allow for more extensive health economic analyses.

This review has limitations. On the one hand, these lie in the design of our rapid systematic review. We only searched literature databases using English search terms. We did not perform an extensive hand search of, for example, (country-specific) health authorities. It is likely that many cost calculations were not published in journals due to short-term needs. Also, the keywords in the different databases searched could have been indexed differently, which is why some studies could not be found. Further limitations lie in the appraisal of included studies. We used the CHEERS instrument, a tool that is well established in the assessment of comparative health economic studies but has certain limitations in the studies we identified. Other tools may be available for purely descriptive cost studies. In addition, the CHEERS-checklist can only be used to make statements about reporting quality. Finally, deviating from our protocol, we refrained from assessing the certainty in the evidence found using GRADE because of the heterogeneity of outcomes reported and different underlying assumptions.

Conclusions

From a health economic perspective, hygiene measures and testing strategies are a promising public health approach to enable normal school operation as far as possible. Specifically, strategies of regular testing provide a contribution to pandemic containment. However, further analyses regarding the cost-effectiveness of the various strategies from a societal perspective considering various underlying infection dynamics are needed to make definitive statements. Similarly, more clinical data are needed to assess the exact disease burden of paediatric covid-19 disease. Furthermore, to allow statements on low- and middle-income countries, future studies should increasingly take these settings into account.

References

1. European Centre for Disease Prevention and Control. "Covid-19 in Children and the Role of School Settings in Transmission - Second Update." <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/children-and-school-settings-covid-19-transmission> (
2. Krishnaratne, S., L. M. Pfadenhauer, M. Coenen, K. Geffert, C. Jung-Sievers, C. Klinger, S. Kratzer, H. Littlecott, A. Movsisyan, J. E. Rabe, E. Rehfuess, K. Sell, B. Strahwald, J. M. Stratil, S. Voss, K. Wabnitz, and J. Burns. "Measures Implemented in the School Setting to Contain the Covid-19 Pandemic: A Scoping Review." *Cochrane Database Syst Rev* 12 (2020): CD013812.
3. Rafiei, Y., and M. M. Mello. "The Missing Piece - Sars-Cov-2 Testing and School Reopening." *N Engl J Med* 383, no. 23 (2020): e126.
4. Leng, Trystan, Edward M. Hill, Robin N. Thompson, Michael J. Tildesley, Matt J. Keeling, and Louise Dyson. "Assessing the Impact of Secondary School Reopening Strategies on within-School Covid-19 Transmission and Absences: A Modelling Study." *medRxiv* (2021).
5. Kucharski, A. J., P. Klepac, A. J. K. Conlan, S. M. Kissler, M. L. Tang, H. Fry, J. R. Gog, W. J. Edmunds, and Cmmid Covid- working group. "Effectiveness of Isolation, Testing, Contact Tracing, and Physical Distancing on Reducing Transmission of Sars-Cov-2 in Different Settings: A Mathematical Modelling Study." *Lancet Infect Dis* 20, no. 10 (2020): 1151-60.
6. Joachim, A., F. Dewald, I. Suarez, M. Zemlin, I. Lang, R. Stutz, A. Marthaler, H. M. Bosse, N. Lubke, J. Munch, M. A. Bernard, K. Jeltsch, B. Tonshoff, N. Weidner, H. G. Krausslich, L. Birzele, J. Hubner, P. Schmied, M. Meyer-Buhn, G. Horemheb-Rubio, O. A. Cornely, H. Haverkamp, G. Wiesmuller, G. Fatkenheuer, B. Hero, R. Kaiser, J. Dotsch, J. Rybniker, and B. Fast study group. "Pooled Rt-Qpcr Testing for Sars-Cov-2 Surveillance in Schools - a Cluster Randomised Trial." *EClinicalMedicine* 39 (2021): 101082.
7. Asgary, A., M. G. Cojocar, M. M. Najafabadi, and J. Wu. "Simulating Preventative Testing of Sars-Cov-2 in Schools: Policy Implications." *BMC Public Health* 21, no. 1 (2021): 125.

8. Ismail, S. A., V. Saliba, J. Lopez Bernal, M. E. Ramsay, and S. N. Ladhani. "Sars-Cov-2 Infection and Transmission in Educational Settings: A Prospective, Cross-Sectional Analysis of Infection Clusters and Outbreaks in England." *Lancet Infect Dis* 21, no. 3 (2021): 344-53.
9. Abou-Setta, A. M., M. M. Jeyaraman, A. Attia, H. G. Al-Inany, M. Ferri, M. T. Ansari, C. M. Garritty, K. Bond, and S. L. Norris. "Methods for Developing Evidence Reviews in Short Periods of Time: A Scoping Review." *PLoS One* 11, no. 12 (2016): e0165903.
10. Moher, D., A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, and Prisma Group. "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The Prisma Statement." *Open Med* 3, no. 3 (2009): e123-30.
11. Picot, J., M. Rose, K. Cooper, K. Pickett, J. Lord, P. Harris, S. Whyte, D. Bohning, and J. Shepherd. "Virtual Chromoendoscopy for the Real-Time Assessment of Colorectal Polyps in Vivo: A Systematic Review and Economic Evaluation." *Health Technol Assess* 21, no. 79 (2017): 1-308.
12. Husereau, D., M. Drummond, S. Petrou, C. Carswell, D. Moher, D. Greenberg, F. Augustovski, A. H. Briggs, J. Mauskopf, E. Loder, and Cheers Task Force. "Consolidated Health Economic Evaluation Reporting Standards (Cheers) Statement." *J Med Econ* 16, no. 6 (2013): 713-9.
13. Lyng, Gregory D., Natalie E. Sheils, Caleb J. Kennedy, Daniel Griffin, and Ethan M. Berke. "Identifying Optimal Covid-19 Testing Strategies for Schools and Businesses: Balancing Testing Frequency, Individual Test Technology, and Cost." *PLoS One* 16, no. 3 (2020): e0248783-e83.
14. Saad, Ali A., Malak Saad, and Emad M. Boctor. "Covid-19 Active Surveillance Simulation Case Study - Health and Economic Impacts of Active Surveillance in a School Environment." *medRxiv* (2020), <https://www.medrxiv.org/content/medrxiv/early/2020/11/03/2020.10.28.20221416.full.pdf>
15. Bilinski, Alyssa, Andrea Ciaranello, Meagan Fitzpatrick, John Giardina, Maunank Shah, Joshua A. Salomon, and Emily Kendall. "Asymptomatic Covid-19 Screening Tests to Facilitate Full-Time School Attendance: Model-Based Analysis of Cost and Impact." *medRxiv* (2021).
16. Campbell, Jonathon R., Aashna Uppal, Olivia Oxlade, Federica Fregonese, Mayara Lisboa Bastos, Zhiyi Lan, Stephanie Law, Chi Eun Oh, W. Alton Russell, Giorgia Sulis, Nicholas Winters, Mercedes Yanes-Lane, Marc Brisson, Sonia Laszlo, Timothy G. Evans, and Dick Menzies. "Active Testing of Groups at Increased Risk of Acquiring Sars-Cov-2 in Canada." *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne* 192, no. 40 (2020): E1146-E55.
17. Rice, K. L., G. F. Miller, F. Coronado, and M. I. Meltzer. "Estimated Resource Costs for Implementation of Cdc's Recommended Covid-19 Mitigation Strategies in Pre-Kindergarten through Grade 12 Public Schools - United States, 2020-21 School Year." *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 69, no. 50 (2020): 1917-21.
18. Berke, Ethan M., Lori M. Newman, Suzana Jemsby, Natasha Bhalla, Natalie E. Sheils, Nandini Oomman, John Reppas, Bethany Hyde, Pratek Verma, and Gerard A. Cangelosi. "Pooling-in-a-Pod: A Strategy for Covid-19 Testing to Facilitate Safe Return to School." *medRxiv* (2021).
19. Alyssa, Bilinski, Ciaranello Andrea, Fitzpatrick Meagan, Giardina John, Shah Maunank, A. Salomon Joshua, and Kendall Emily. "Asymptomatic Covid-19 Screening Tests to Facilitate Full-Time School Attendance: Model-Based Analysis of Cost and Impact." 2021.
20. World Bank Group Education. "Education Finance Watch" <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375577> (
21. Mugunga, J. C., K. Tyagi, D. Bernal-Serrano, N. Correa, M. Iberico, F. Kateera, F. Leandre, M. Murray, J. C. D. Suffrin, and B. Hedt-Gauthier. "Sars-Cov-2 Serosurveys in Low-Income and Middle-Income Countries." *Lancet* 397, no. 10272 (2021): 353-55.
22. World Health Organization. Regional Office for Europe. "Schooling During Covid-19: Recommendations from the European Technical Advisory Group for Schooling During Covid-19, June 2021." (2021), <https://apps.who.int/iris/handle/10665/342075>.

23. Kretschmer, A., A. Kossow, B. Grune, O. Schildgen, T. Mathes, and V. Schildgen. "False Positive Rapid Antigen Tests for Sars-Cov-2 in the Real-World and Their Economic Burden." *J Infect* (2021).
24. Paltiel, A. D., A. Zheng, and R. P. Walensky. "Assessment of Sars-Cov-2 Screening Strategies to Permit the Safe Reopening of College Campuses in the United States." *JAMA Netw Open* 3, no. 7 (2020): e2016818.
25. Stein, N. , and R. Moore. "Closing School for Covid-19. A Cost-Benefit Analysis." Scioto Analysis, <https://static1.squarespace.com/static/5bdb6f642714e55b84ebe507/t/5ef0e19b03e56c3a4a905c46/1592844726518/schoolclsing.pdf> (
26. Spaul, N., and S. van der Berg. "Counting the Cost: Covid-19 School Closures in South Africa and Its Impact on Children." *South African Journal of Childhood Education* 10, no. 1 (2020): 1-13.
27. Raitzer, D.A., R.F. Lavado, J. Rabajante, L. Garces, and G. Amorantoa. "Cost–Benefit Analysis of Face-to-Face Closure of Schools to Control Covid-19 in the Philippines." Asian Development Bank, <https://www.adb.org/publications/cost-benefit-analysis-closure-schools-covid-19-philippines> (
28. Hanushek, E.A., and L. Woessmann. "The Economic Impacts of Learning Losses." <https://www.oecd.org/education/The-economic-impacts-of-coronavirus-covid-19-learning-losses.pdf> (
29. Pasquini-Descomps, H., N. Brender, and D. Maradan. "Value for Money in H1n1 Influenza: A Systematic Review of the Cost-Effectiveness of Pandemic Interventions." *Value Health* 20, no. 6 (2017): 819-27.
30. Zimmermann, P., L.F. Pittet, and N. Curtis. "How Common Is Long Covid in Children and Adolescents?" *Pediatr Infect Dis J* Advance online publication (2021).

Nr. 9609_BO_K_2021

Retrospective observational study of public health department notification data to determine the SARS-CoV-2 infection risks of students and staff in schools

Beratungsergebnis: Ohne Bedenken, mit Hinweis

Sehr geehrte Frau Dr. Lange,

als Vorsitzender habe ich im Auftrag der Mitglieder der Ethikkommission Ihr Schreiben vom 10.02.2021 und die Angaben zu Ihrem geplanten Vorhaben geprüft.

Die Ethikkommission hat keine Bedenken gegenüber der Durchführung des Studienvorhabens, erlaubt sich aber folgenden Hinweis:

- Die Ethikkommission hat keine Bedenken gegen die retrospektive Analyse anonymer Daten.

Der Antragsteller ist seiner berufsrechtlichen Pflicht entsprechend § 15 (1) Berufsordnung für Ärzte in Niedersachsen bzw. Dienstanweisung des Präsidiums der Medizinischen Hochschule Hannover (September 2012) nachgekommen. Eine Wiedervorlage wird erst bei Änderungen des Vorhabens nötig, Ausnahmen s.o. Das Beratungsverfahren ist hiermit abgeschlossen.

Die Ethikkommission weist darauf hin, dass die ärztliche und juristische Verantwortung bei den jeweiligen Prüfärzten verbleibt.

Datenschutzrechtliche Aspekte von Forschungsvorhaben werden durch die Ethikkommission grundsätzlich nur cursorisch geprüft. Dieses Votum / diese Bewertung ersetzt mithin nicht die Konsultation des zuständigen Datenschutzbeauftragten.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. Urs-Vito Albrecht
Kommissarischer Vorsitzender

Anhang 6 Retrospektive Studie zu Infektions- und Transmissionsrisiken in Schulen während der COVID-19-Pandemie

- nicht peer reviewed -

TITLE

Infection and transmission risks in schools and contribution to the COVID-19 pandemic in Germany – a retrospective observational study using nation-wide and regional health and education agency notification data

TITLE

Infection and transmission risks in schools and contribution to the COVID-19 pandemic in Germany – a retrospective observational study using nation-wide and regional health and education agency notification data

ABSTRACT

Introduction: Currently, information on transmission risks for students and teachers in schools as well as the contribution of school settings in Germany to overall population transmission for SARS-CoV-2 is limited to observations from regional data sets restricted to only certain phases of the pandemic.

Methods: Using German federal state as well as detailed regional data (NUTS-3) obtained from individual public health and educational agencies we assess infection risk, secondary attack rates, contribution of school settings to overall transmission as well as influence of measures for schools on these parameters during all phases of the pandemic in Germany. We use both multiple regression analysis and infection dynamic modelling approaches, accounting for urbanity, socioeconomic factors and overall infection risk of the local population as well as age-specific underdetection in the population to understand the influence of measures taken on infection risk and the overall contribution of the school setting towards transmission in Germany during different phases of the pandemic.

Results: We included (1) nation-wide data on infections in students and teachers available for the federal state level from calendar weeks (W) 46-50/2020 and W08-40/2021 covering 304676 notified SARS-CoV-2 infections in students and 32992 in teachers; (2) county-specific data from W09-25/2021 with 85788 student and 9427 teacher infections as well as (3) detailed regional public health and educational agency data from W09/2020 to W27/2021,

including 12814 infections, 43238 contacts and 4165 secondary infections in students (for teachers 14801, 5893 and 472 respectively).

Overall infection risk for students in Germany was highest during W08-23/2021 with up to 3.6% of students infected during this period and high variability in infection risks across counties.

Secondary attack rates obtained from regional public health agency datasets show secondary attack rates below 5% for contacts in school-settings over all phases of the pandemic, whereas secondary attack rates for household contacts of infected students and teachers doubled from 14% W21-39/2020 to 29-33% in W08-23/2021.

An analysis adjusting for urbanity, vaccination coverage, test policies, population incidence and for attendance estimates of students in schools generated the following result: In counties with mandatory mask policies for all school types infection risk of both teachers and students was reduced by 55 and 56 infections/100.000 persons per 14 days and by 24% and 30% relative to the population respectively compared to counties without mask policies. Overall contribution of contacts of infected persons in school settings was 2-10% in an analysis using infection dynamic modelling, fitting to known school infections during the third wave and accounting for time-period and age-specific underdetection of cases.

Conclusion:

School-settings were relevant contributors during all pandemic phases in Germany to overall transmission in the general population and spread within schools can be mitigated by implementing infection control measures like mandating mask-wearing.

INTRODUCTION

Until high vaccination coverages in the population, including children, are reached, countries rely on nonpharmaceutical interventions (NPI) such as isolation, quarantine, hygiene and social distancing, including school-closures, to control SARS-CoV-2 transmission(1-3). School closures are effective in containing SARS-CoV-2 transmission along other contact reducing measures(4-6). However, its effect on the transmission in the overall population (6) varies widely by region and pandemic period. Additionally school closures are associated with adverse effects on the physical and mental health of students and exacerbation of ethnic and socioeconomic disparities (7, 8) (9-11).

To keep school lessons face to face, countries have implemented hygiene and testing measures in schools to reduce setting specific transmission(12). Evidence of effects of these measures was initially derived predominantly from modelling studies or indirect evidence from non-school settings (3). Studies and evidence of transmission risks in schools and contribution of school settings to overall transmission in the population with and without these measures in Europe are, with few exceptions(13), available from geographically and temporally limited data (3, 14-17).

During the pandemic in Germany, schools first closed on March 17, 2020 and gradually reopened in May 2020. Subsequently, federal states (which hold sovereignty over educational policy and in large parts health system management) – instituted varying forms of hygiene measures including distancing, cloth masking and reduced class sizes since autumn 2020. Full preventative school closures were implemented on December 16, 2020 until reopening under varying approaches in February/March 2021. In February 2021 an evidence-based guideline on hygiene measures to reduce transmission of SARS-CoV-2 in schools was released(18). The variability of hygiene measures between states diminished over time but remained different in some aspects such as masking of primary school children or masking of school student within classrooms. A third school closure occurred after the Easter break in April 2021. From May 2021 schools remained open under NPIs. Different forms of testing strategies (e.g. antigen testing, pooled PCR testing) for students and teachers were implemented in spring 2021, varying between school forms and federal states. While the adult population in Germany in August and September 2021 has reached an overall vaccination coverage of more than 60% (19), the National Advisory Committee for Immunisations (Ständige Impfkommision, STIKO) issued a vaccine recommendation for adolescents from 12-17 years of age and for children at risk in June 2021 and a general recommendation for all adolescents in August 2021(20).

In a systematic review we could show that during phases with low incidence, there seems to be no increased risk of infection in students or school staff, however with increasing infection dynamics the risk of infection increases(21).

In Germany, an overview of pandemic phase specific infection and transmission risks is made difficult both by lack of nation-wide regional data on (school setting) infections as well as an overall lack of data on contacts and their risk to become a notified case, which is necessary to understand transmission risk (e.g., secondary attack rates) in more detail. Both data is

principally available but needs to be obtained individually from over 400 public health and educational agencies. Thus, to date most studies looking at school setting transmission are limited to small geographic units and time periods in Germany. In addition, most current studies remain descriptive and do not account for age- and setting-specific infection dynamics and underdetection of infections (15-17, 22). Both, setting specific transmission risk as well as setting specific contribution however is crucial to inform current as well as future pandemic policy on effect of measures taken in school settings.

Therefore, we obtained county and federal state specific data for all of Germany as well as detailed regional data obtained from individual public health and educational agencies to assess infection risk, secondary attack rates, the contribution of school settings to the overall transmission as well as the influence of measures taken in schools on these measures during the pandemic in Germany.

METHODOLOGY

Study design and data sources

First, we performed a retrospective observational study of prospectively collected SARS-CoV-2 infection case report data from health and educational authorities in Germany (Ethical approval N°9609_BO_K_2021, Hannover) from 5 regions (S1 Table, S2 Table, S3 Text). Public health authorities report case data according to the Infection Protection Act (IfSG). Cases were defined by direct viral detection via nasopharyngeal swabs using PCR or by cultural isolation of the pathogen.

Secondly, we used data collected by the Standing Conference of Ministers of Education and Cultural Affairs in Germany (KMK) (23). Federal state and national agencies collected data weekly in a structured format from all schools within their jurisdiction and included the number of students, classes and staff infected or absent due to quarantine as well as school closures. State-level data was made publicly available from calendar week (W) 46/2020 onwards excluding school closures. Furthermore, we received unpublished county-level data, collected in the same manner on the same parameters (S1 Table)(24).

Thirdly, we sourced population infection and incidence data from the Robert Koch Institute (RKI) survstat tool, described as incidence per 100000 population(25).

Further information on data collected and the categorization of variables can be found in Supplemental (S1-S3).

Data analysis

We performed the descriptive analysis of infection risk for students and teachers as cumulative risks for specified periods of time with 95% Confidence Intervals (CI). We calculated secondary attack rates (SAR) as percentages with 95% CI of those being identified as notified infections in all known contacts – irrespective whether susceptible or not. The pandemic phases were adapted from a suggestion made by the public health agency for Germany, the RKI(26) (Supplemental, S4 Table).

We investigated infection control measures and other factors influencing infection risk of teachers or students in a multiple linear regression model for the students and teachers. There, we tested statistical associations of active cases per 100k students or teachers, respectively with the class organization and resulting attendance, stringency of mask mandates in schools, the mandate and stringency of testing in schools and the overall vaccination rates of the corresponding federal states. Moreover, we included the 14-day

incidence per 100k inhabitants of the corresponding counties as a control variable. As an alternative, we tested whether the school specific NPIs have an overproportional effect on the school population in comparison to the overall population. We proceed similarly to the first approach, yet did not include a control group as an explanatory variable but instead divided the active cases among the students or teachers, respectively, by the 14-day incidence of the total population of the district. Further information on regression analysis can be found in supplemental (S5 Tables, S3 Text).

The infection dynamics in schools were estimated using a SEIR (Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered) model. This distinguishes between healthy but susceptible individuals, those infected but not yet infectious (exposed), and symptomatic and asymptomatic patients. In addition, we included hospitalisations, intensive care patients and persons with long-COVID, i.e. those who continue to have sequelae after recovery. In the final state, the patients are recovered or dead. Furthermore, we assume a reinfection process (Fig.1).

The remaining parameters represent time periods of transitions between the different statuses as well as probabilities for the transitions and are estimated from international data and literature research. The data for the model are composed of reports from KMK(23), RKI (25) and the DIVI Intensive Care Register(27). We accounted for age-specific underdetection taking pandemic period specific and age-specific underdetection ratios from a large seroprevalence study in Germany(28).

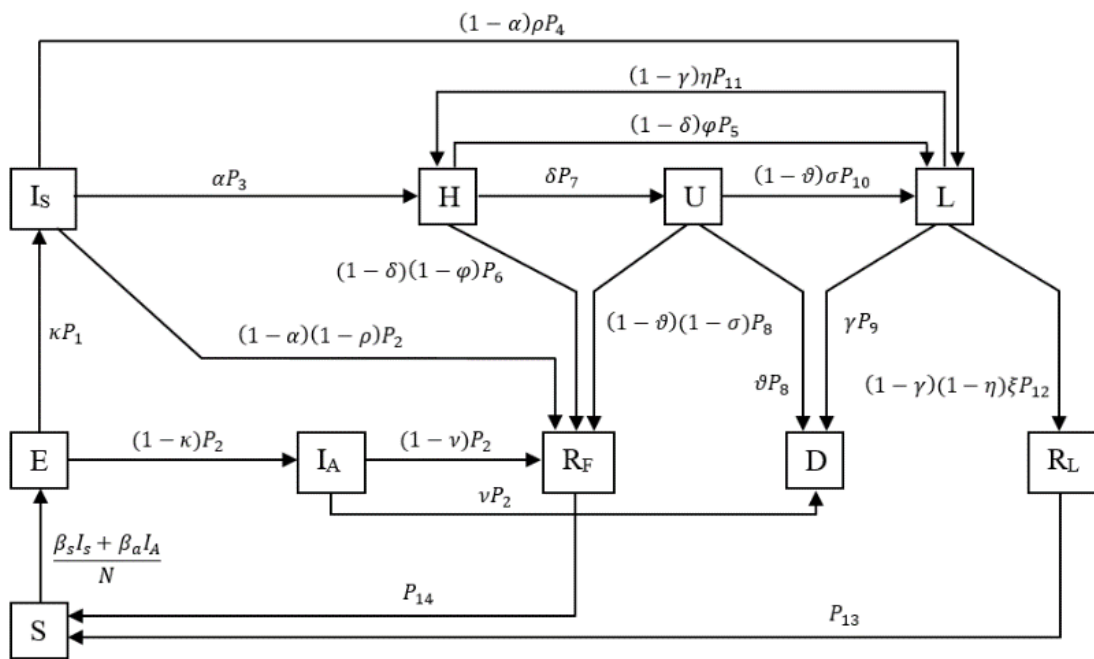


Figure 1 Compartmental SEIR model

Legend: RF= Fully recovered, U= In intensive care, L= With long-term complications, RL= Recovered with long-term complications, D= Dead

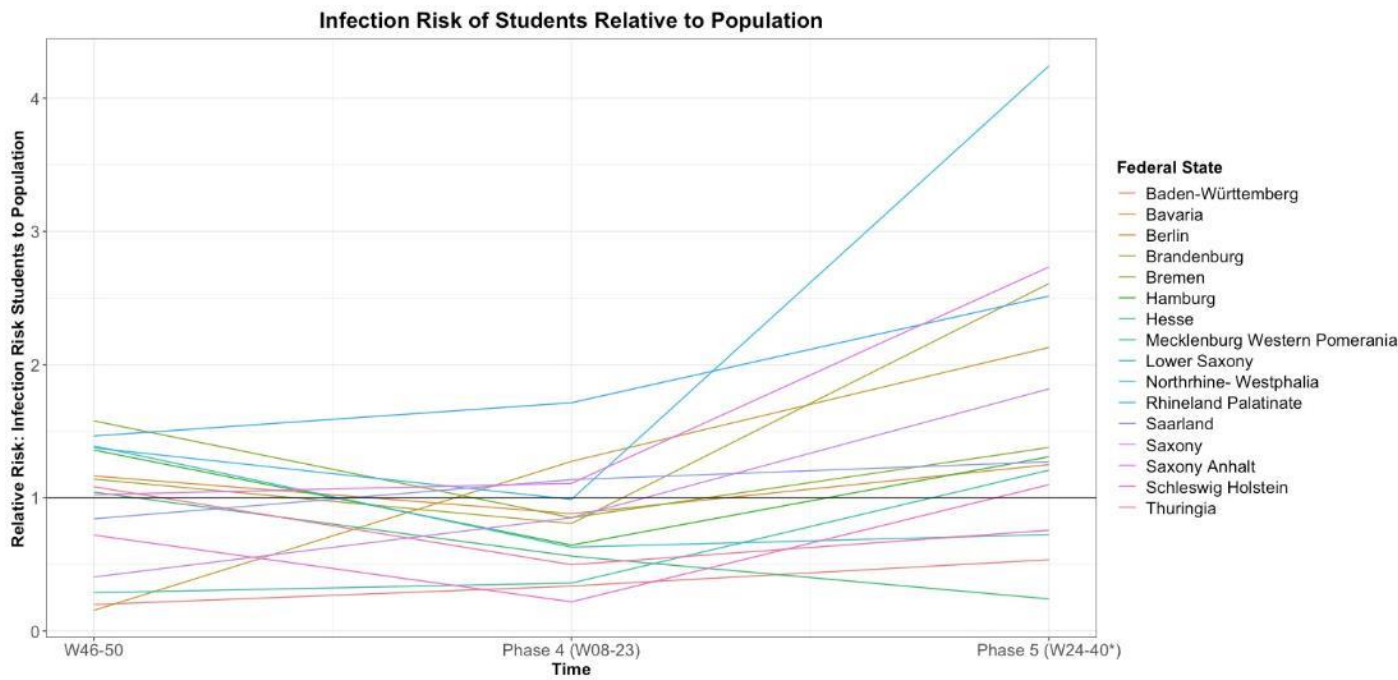
RESULTS

Risk of infection and quarantine for students and teachers in Germany according to nationwide data

Data obtained from KMK was collected on the federal state level for W46-50/2020 and W08-40/2021 (at time of submission), covering 304676 student and 32992 teacher cases. Cumulative risk of notified SARS-CoV-2 infection for students was 0.96% W46-50/2020, 1.22% in W08-23/2021, 1.16% in W24-40/2021 and for teachers 1.77%, 1.53% and 0.47% respectively. For the county level in W09-25, infection risk was 1.68% for students and 1.51% for teachers. Quarantine risk of students and teachers over federal states varied widely from 1-21% during all phases of the pandemic (Table 1, Table 1 in S7 Tables).

On the federal state level, the relative risk of infection of students to the population reduces in most federal states from W46-50 2020 to W08-23 2021 and increases in W24-40 (Fig.2a). For teachers, the relative risk of infection relative to the population reduces from W46-50 2020 to W08-23 2021 and reduces or remains constant in W24-40 (Fig.2b).

a



b

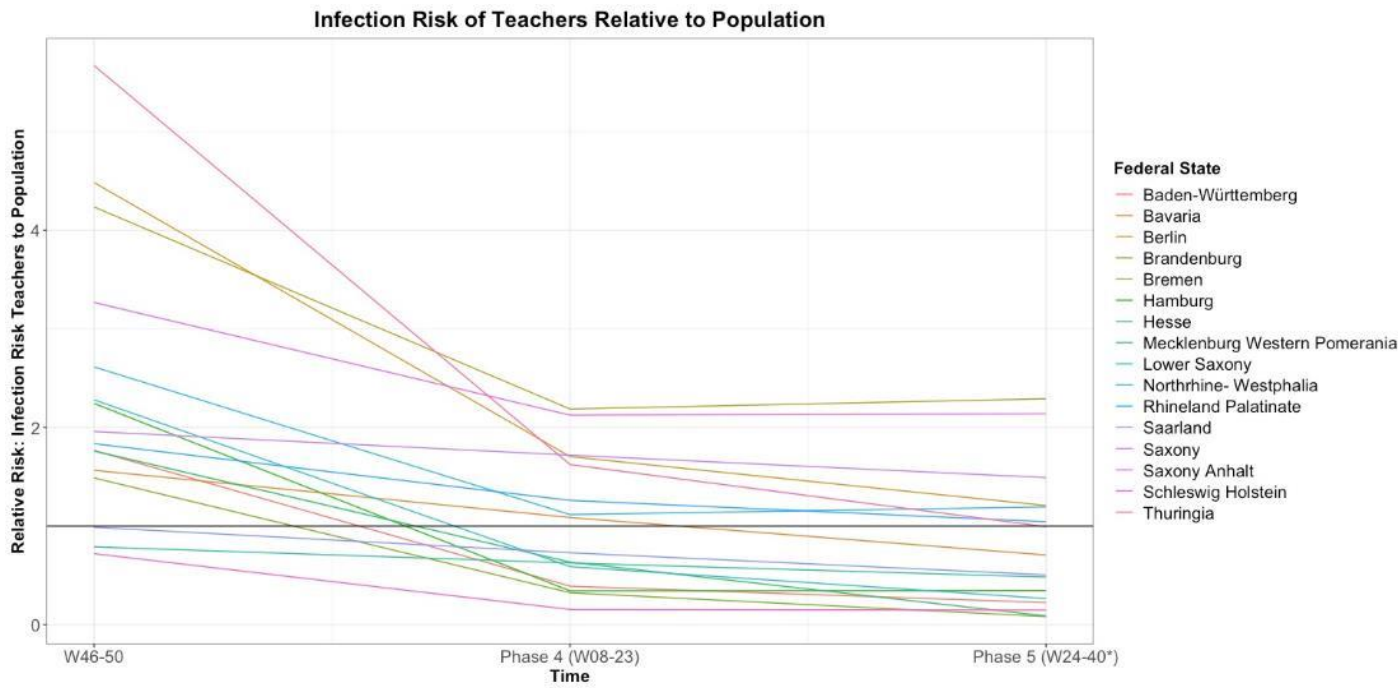


Figure 2 Relative Risk of (a) Students to Population and (b) Teachers to Population

Table 13 Risk of infection over pandemic phases with mimima and maxima risk per federal state/ county

	Regional Agency Data				KMK Data			
					Federal state level			County level
	Phase 2 (W21-39)	Phase 3a (W40-51)	Phase 3b (W52-7)	Phase 4 (W8-23)	(W46-50 only)	Phase 4 (W08-23)	Phase 5 (W24-[40]*)	Phase 4 (W08-23)
Students total	0.08% (0.05-0.11%) to 0.21% (0.18-0.24%)	0.37% (0.31-0.44%) to 1.62% (1.54-1.7%)	0.35% (0.29-0.42%) to 1.61% (1.38-1.88%)	0.65% (0.57-0.75%) to 2.96% (2.64-3.31%)	0.08% (0.06-0.09%) to 1.65% (1.61-1.69%)	0.17% (0.16-0.19%) to 2.27% (2.23-2.31%)	0.19% (0.18-0.19%) to 3.8% (3.76-3.83%)	0.05% (0.03-0.07%) to 3.6% (3.5-3.7%)
Age <10	0.03% (0-0.18%) to 0.23% (0.17-0.3%)	0.27% (0.18-0.4%) to 1.24% (1.1-1.4%)	0.31% (0.26-0.38%) to 0.98% (0.69-1.36%)	0.87% (0.69-1.08%) to 2.87% (2.36-3.48%)	NA	NA	NA	NA
Age 10 to 14	0.09% (0.02-0.26%) to 0.28% (0.22-0.35%)	0.58% (0.46-0.73%) to 1.97% (1.81-2.14%)	0.29% (0.21-0.4%) to 1.2% (0.88-1.62%)	0.76% (0.62-0.92%) to 2.65% (2.17-3.24%)	NA	NA	NA	NA
Age 15 to 19	0.03% (0.01-0.08%) to 0.28% (0.23-0.35%)	0.27% (0.2-0.38%) to 2.86% (2.67-3.07%)	0.56% (0.49-0.63%) to 2.82% (2.29-3.47%)	0.41% (0.31-0.53%) to 3.34% (2.76-4.04%)	NA	NA	NA	NA
Primary school	0.05% (0.04-0.07%) to 0.14% (0.11-0.19%)	0.63% (0.58-0.69%) to 0.92% (0.82-1.02%)	0.35% (0.29-0.41%)	1.61% (1.49-1.74%)	NA	NA	NA	NA
Secondary school	0.15% (0.13-0.18%) to 0.19% (0.16-0.23%)	1.22% (1.16-1.28%) to 1.69% (1.59-1.79%)	0.57% (0.52-0.64%)	1.86% (1.75-1.97%)	NA	NA	NA	NA
Vocational school	0.14% (0.11-0.18%) to 0.19% (0.15-0.24%)	1.21% (1.11-1.32%) to 1.33% (1.23-1.44%)	0.26% (0.22-0.32%)	0.83% (0.75-0.93%)	NA	NA	NA	NA
Special needs school	0.09% (0.03-0.23%) to 0.2% (0.1-0.38%)	1.28% (0.99-1.66%) to 1.36% (1.06-1.74%)	0.51% (0.34-0.77%)	1.82% (1.46-2.25%)	NA	NA	NA	NA
Quarantine risk	NA	NA	NA	NA	0.97% (0.94-0.99%) to 22.17% (22.01-22.34%)	2.43% (2.39-2.48%) to 16.98% (16.81-17.15%)	0.91% (0.9-0.93%) to 12.44% (12.38-12.5%)	0% (0-0.01%) to 22.8% (22.7-22.9%)
Staff total	0.12% (0.08-0.19%) to 0.23% (0.18-0.28%)	1.75% (1.62-1.88%) to 2.41% (2.19-2.65%)	0.42% (0.36-0.49%)	0.81% (0.73-0.91%)	0.2% (0.16-0.24%) to 4.78% (4.58-4.98%)	0.12% (0.09-0.15%) to 4.21% (3.95-4.49%)	0.07% (0.05-0.1%) to 1.07% (1-1.14%)	0% (0-0.8%) to 8.6% (8.5-8.6%)
Age <30	0.18% (0.01-0.33%)	2.51% (2.14-2.93%)	0.41% (0.27-0.61%)	1% (0.77-1.28%)	NA	NA	NA	NA
Age 30-34	0.36% (0.24-0.55%)	1.77% (1.46-2.13%)	0.5% (0.34-0.71%)	0.74% (0.55-1%)	NA	NA	NA	NA
Age 35-39	0.27% (0.16-0.44%)	1.47% (1.19-1.82%)	0.39% (0.25-0.59%)	0.8% (0.6-1.07%)	NA	NA	NA	NA
Age 40-44	0.23% (0.13-0.41%)	1.68% (1.36-2.07%)	0.43% (0.28-0.65%)	0.89% (0.66-1.19%)	NA	NA	NA	NA
Age 45-49	0.26% (0.15-0.44%)	1.33% (1.06-1.68%)	0.31% (0.19-0.51%)	0.87% (0.65-1.16%)	NA	NA	NA	NA
Age 50-54	0.12% (0.04-0.28%)	1.76% (1.41-2.21%)	0.49% (0.32-0.76%)	0.71% (0.49-1.01%)	NA	NA	NA	NA
Age 55-59	0.07% (0.01-0.21%)	1.25% (0.96-1.62%)	0.34% (0.2-0.57%)	0.52% (0.34-0.79%)	NA	NA	NA	NA
Age >60	0.11% (0.03-0.29%)	1.04% (0.76-1.43%)	0.25% (0.12-0.48%)	0.36% (0.2-0.62%)	NA	NA	NA	NA
Primary school	0.13% (0.06-0.27%) to 0.29% (0.2-0.41%)	2.04% (1.72-2.44%) to 2.49% (2.21-2.8%)	0.4% (0.3-0.54%)	0.99% (0.82-1.2%)	NA	NA	NA	NA
Secondary school	0.08% (0.04-0.16%) to 0.17% (0.12-0.25%)	1.32% (1.17-1.49%) to 2.32% (2.06-2.63%)	0.4% (0.32-0.5%)	0.66% (0.55-0.79%)	NA	NA	NA	NA

Vocational school	0.04% (0-0.24%) to 0.25% (0.14-0.44%)	0.89% (0.59-1.34%) to 1.39% (1.1-1.77%)	0.27% (0.15-0.47%)	0.64% (0.45-0.92%)	NA	NA	NA	NA
Special needs school	0.25% (0.12-0.48%) to 0.47% (0.14-1.25%)	2.26% (1.82-2.8%) to 3.18% (2.17-4.6%)	0.61% (0.4-0.93%)	1% (0.72-1.39%)	NA	NA	NA	NA
Quarantine risk	NA	NA	NA	NA	0.63% (0.56-0.71%) to 37.13% (36.48-37.79%)	1.82% (1.71-1.94%) to 19.41% (18.77-20.05%)	0.17% (0.12-0.24%) to 3.18% (2.86-3.54%)	0% (0-0.1%) to 34.2% (33.2-35.3%)

*Phase 5 end not yet defined by RKI. W40 represents the latest week of available data at time of writing

Risk of infection according to regional data

Data obtained from local authorities covered a total population of 3970903, with 545409 (13.7%) students and 60401 (1.5%) teaching and other staff. We included 15433 index cases, 49131 contacts and 4637 secondary cases reported during the school year 2020/21 across 5 regions of Germany, with detailed information not available in the nation-wide dataset. Further information can be found in Supplemental (Table S1)

Overall population infection risk for the regions ranged from 2-7.6% for the intervals reported, for students from 1.3-5.8% and for staff from 2.4-3.2% (Table 1) Infection risk overall was lower during periods of school closure (Tables 1-7 in S6 Figures). Student infection risk increased with student age. The under 10-year-olds show a lower risk of infection than the 10-to-14 and 15-to-19-year-olds in most phases and regions (Fig. 3a). Infection risk also increased with advancing education levels in students with data available from 2 regions (Fig. 3b).

Staff infection risk was similar across staff age groups. There was a trend towards higher infection risk in vocational/special needs and primary school staff and lower risk in secondary school staff (Fig.3b). Further data can be found in Supplemental (Table 2 in S7 Tables, Tables 1-7 in S6 Figures, S8 Text).

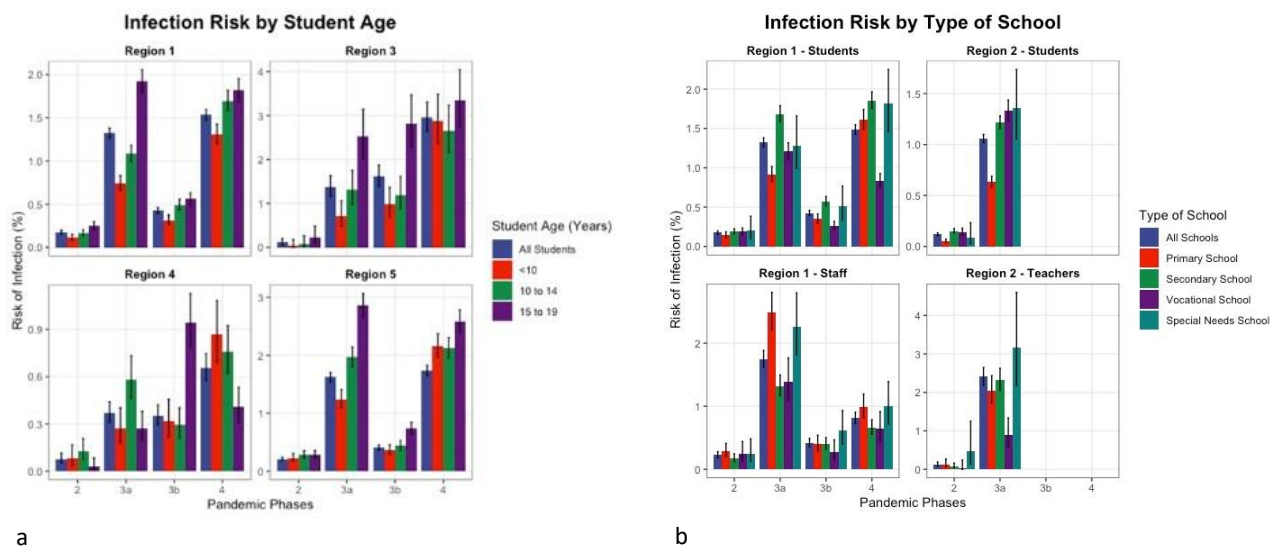


Figure 3 Infection risks of students by age (a) and school type (b)

Risk of infection after contact with a notified case (secondary attack rates)

Overall – irrespective of contact setting - risk of infection after contact with a notified case (secondary attack rate, SAR) for the whole observation period ranges from 4.6-12.8% across all included counties. For the different phases, ranges are 4.1-16.7% (W21-39), 4.9-9.1% (W40-51), 5.3-19.4% (W52-07) and 5.4-19% (W08-23). SAR increased with index as well as with contact age with data available for four regions (Fig. 4) (S9 Tables, S10 Text).

For all phases in all regions, 15-to-19-year-old student index cases had a SAR than under <10-year-olds and in several regions than 10-to-14-year-olds (Fig. 4). SARs increased also with contact age and with advancing school type (Fig. 4)

Data from one region allows differentiation of SARs by contact settings. Whereas overall most contacts (64%) were recorded for schools as the contact area, most secondary cases (84%) were reported in household contacts (Fig. 5). Thus, in this region overall SARs are 1.2% for those contacts in schools and 23.2% for contacts in households, with 8.2% for all contact areas (S9 Tables). Regarding pandemic phases, household SARs in students are 1.5 to 2 times higher in W08-23 than W40-51 and W21-39, whereas school specific SARs do not change significantly (Fig. 6).

As infection control policies changed, absolute and proportional contacts across areas differed, leading to changes in the overall SAR. Whereas in W40-51 the overall SAR was 4.9%, in schools 1.2% with 74.8% of contacts and in households 19.1% with 20% of contacts, in W52-07 the SAR changed to 16% overall, as the share of household contacts was now 65.6%. Meanwhile, average reported contacts remained similar, with 10.6 (W40-51) and 10.4 (W52-07) in schools and 2.97 (W40-51, p3a) and 2.77 (W52-07) in households. In total, 2.2 times more contacts were reported for the school setting, whereas 8.8 times more secondary cases originated in the household than in schools (S9 Tables, Fig. 5 and 6).

Secondary Attack Rate by Student Index Age

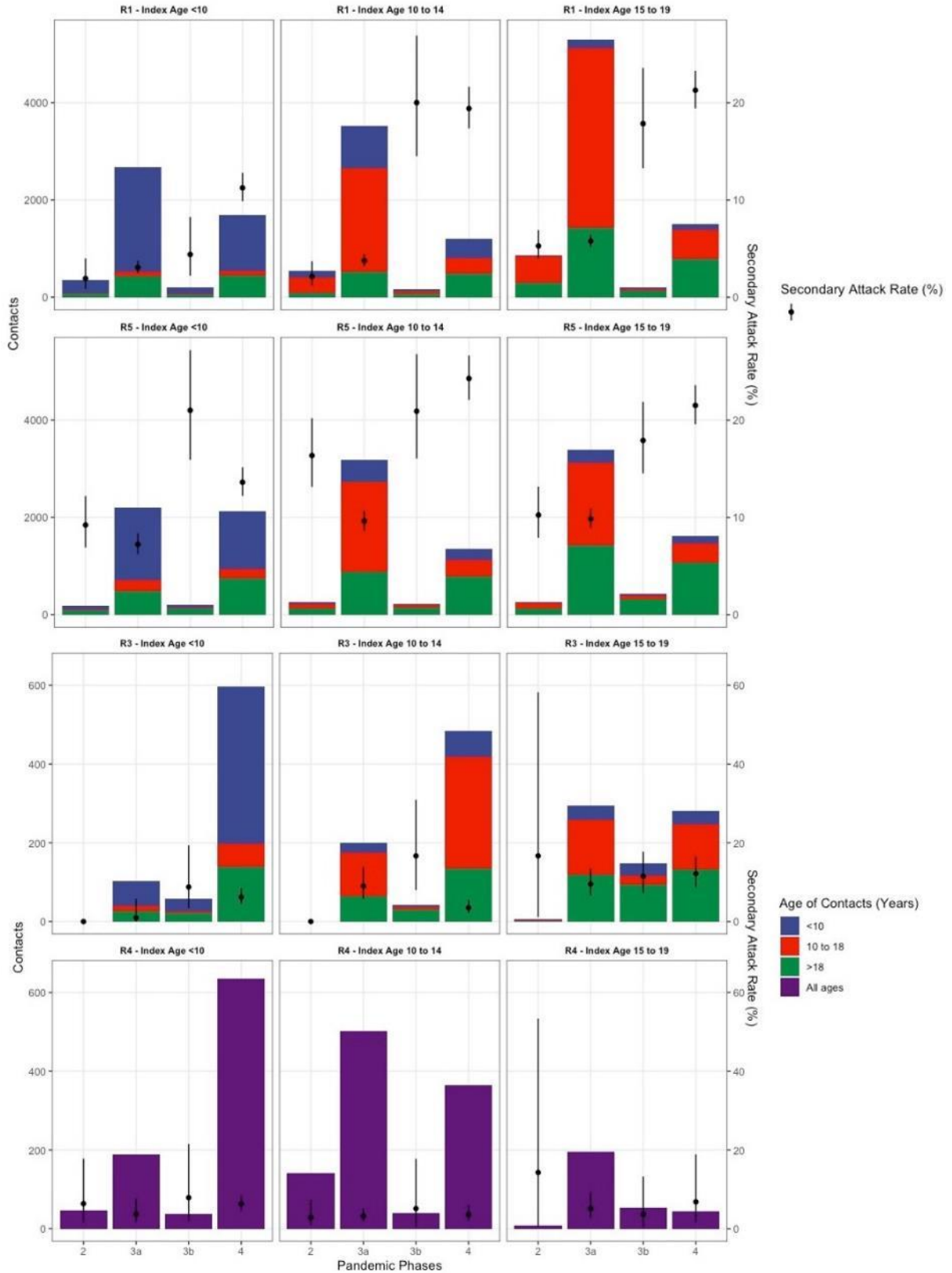


Figure 4 Risk of infection after contact with an infected student by age of the infected student and overall distribution of number of contacts

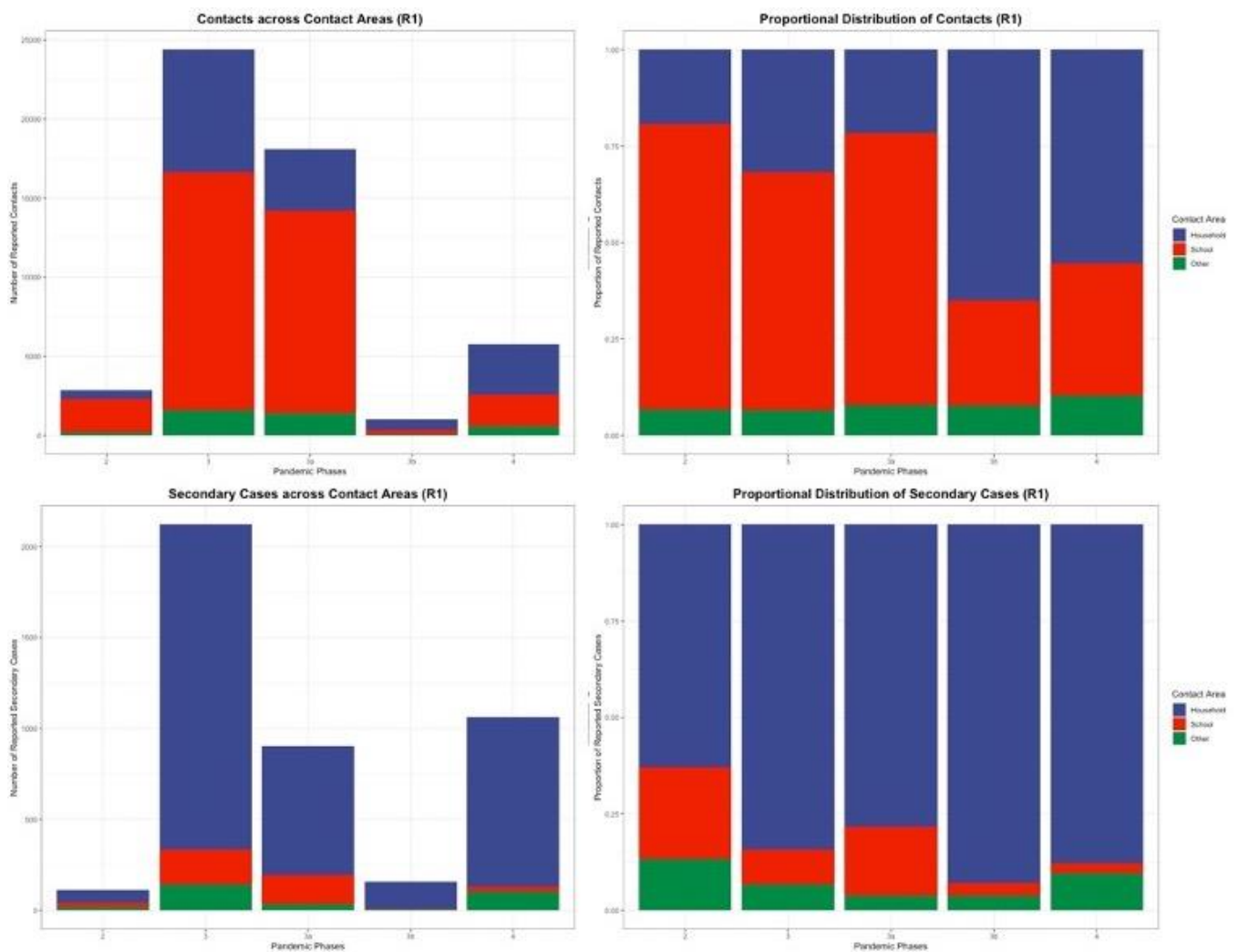


Figure 5 Contacts and Secondary Cases in Phases 2-4 (W21 2020 to W23 2021) (R1)

Contact and secondary case data for staff was available from one region. Overall SAR for staff was 8%. Regarding pandemic phases, household SAR were 1.5 to 2 times higher in W08-23 than W40-51 and W21-39. Similarly, overall school specific SAR of staff members were higher for W08-23 at 4.3% than W40-51 1.4% and the average at 1.5% (Fig. 5).

Among school contacts of staff, 14% were over 18 years old, but 57.7% (30 out of 52) of secondary cases of infections of staff members in schools occurred in this age group with a SAR of 4% compared to 0.8% in the <10-year-olds and 1% in the 10-to-18-year-olds.

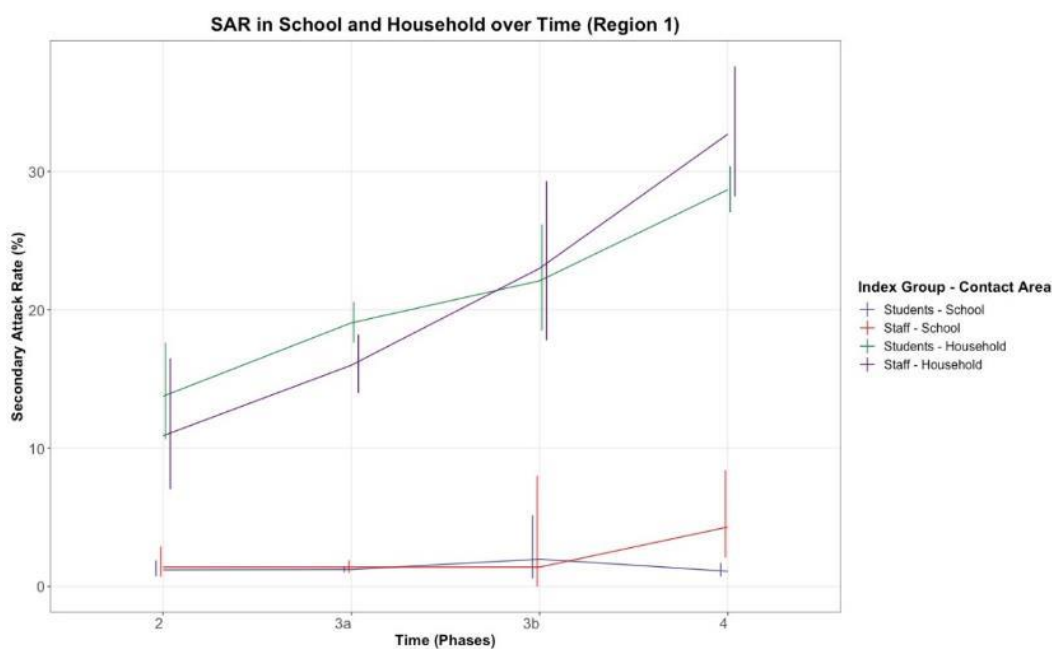


Figure 6: School and Household SAR in Students and Staff over Time

Effects of school-specific non-pharmaceutical measures, socioeconomic and geographic factors on infection dynamics in schools during the third wave (week 09-25) according to county-specific data obtained from educational agencies

We ran an ordinary least squares (OLS) model for the official active cases per 100k students and teachers as reported by the KMK on the two-week-lags of the estimated attendance rates by educational level, different degrees of mask duties (Table 1 in S3 Text) and testing while controlling for the two-week incidence per 100k inhabitants of the corresponding county, the percentage of fully vaccinated persons in the corresponding federal state, alongside the socioeconomic status and geography of the county (S3 Text, S11 Text). A general obligation of wearing masks in class in all types of schools (i.e. primary schools as well as secondary schools) on average, c.p., lowers the number of weekly cases by 56 per 100 k cases for both the students and teachers (Table 2). To understand the specific effect of measures in schools on transmission in schools we ran a similar OLS model but looking at the effect on the ratio of active cases to 14-day incidences for students or teachers relative to the overall population. Here, mandatory face covering in schools affects infection activity among students and teachers to a larger degree than the total population. Holding all other factors fixed, we expect case numbers to reduce by 30% for students and for teachers by 24% relative to the total population, when having a mask mandate for all schools (i.e. including primary schools). We only assessed mask mandates over school forms in teachers, where secondary school mask mandates showed a stronger association to decreasing infection numbers than primary schools. This qualitative result was also not changed by assessing interaction of different time periods during the third wave in Germany and separate investigation by the time period where infections were increasing and less measures were implemented and the time period where

infections were decreasing and more measures were implemented (Supplemental Results 3 Table 2)

Furthermore, an urban geography and testing strategies increase the number of notified infections in students and higher vaccination coverage in the population decreases the number of notified infections in students as well as teachers. Teachers in urban regions had a lower risk of infection compared to teachers in rural regions (see Supplemental Results 3) yet a higher risk in more socially deprived regions.

Whereas higher attendance rates among students is associated with higher c.p. infection risks of teachers, the effect appears to depend on the students' age. Among students, higher attendance is associated with lower incidence rates among primary school children, whereas the effects for secondary school children and those in graduate classes are positive (Table 2).

Testing in schools affects the infections notified to authorities among students and teachers. For instance, controlling for the other factors included in the model, mandatory testing in schools in our study period was associated with an average increase of 50 per 100.000 per 14 days among students. (Table 2, S11 Text).

Table 2 Regression Results for Active Cases per 100k Students or Teachers, respectively, on the two-week-lags of school-specific NPIs

Variable	Students Estimate of reduction or increase in notified infections / 100.000 persons/14 days (95%-CI)	Teacher Estimate of reduction or increase in notified infections / 100.000 persons/14 days (95%-CI)
2-week incidence per 100k inhabitants	0.3 (0.28; 0.32)	0.5 (0.47; 0.55)
Attendance in schools		
Open schools	base	base
School vacation	- 8.8 (- 19.3; 1.6)	- 46.8 (- 68.5; - 25.2)
School closures	- 60.4 (- 73.4; -47.7)	- 91.6 (- 118.1; - 65)
Reduced presence in schools	- 19.3 (- 29.6; - 9.1)	- 50.3 (- 71.5; - 29.1)
Mask mandates		
No mask mandate or voluntary masking	base	base
Partial mask mandate in some or all schools	- 17.8 (- 25.5; - 10)	9.9 (- 5.2; 25.1)
Mandatory masks in all school classes	- 55.5 (- 63.4; - 47.7)	- 55.6 (- 71.6; - 39.6)
Testing		
No testing in schools (base)	base	base
Voluntary testing in schools	45 (38.2; 51.9)	17.8 (4; 41.6)
Mandatory testing in schools	49.8 (41.2; 58.5)	6.5 (-11.3; 24.3)
Percentage of completely vaccinated population in corresponding federal state [cont.]	- 4.1 (- 4.9; - 3.2)	- 5.5 (- 7.2; - 3.8)
Urbanity†		
Rural (base)	base	base
Urban (RegioStar71/72)	21.3 (11.9; 30.7)	- 44.2 (- 63; - 25.5)
Deprivation Index *		
Deprivation Index 0-0.5	base	base
Deprivation Index 0.51-1	-7.8 (- 16; 0.33)	81.5 (65.2; 97.7)
R ² [as %] (sample size)	37.7 (3809)	32.7 (3979)

see Supplementary Methods

Attendance in schools: Open Schools = 81-100% of students in presence, School vacation = 0%, School closures 1-20%, Reduced presence in schools = 21-80%

Partial mask mandate in some or all schools: mask mandates only for secondary schools, for all schools but not in class, or in class only for secondary schools

*Deprivation Index: RKI German Index of Social Deprivation (29)

†Urbanity Index by Federal Ministry of Transport and Infrastructure; 71= metropolis, urban centre defined by infrastructure and service availability in the region; 72 = regiopolis, regional urban centre defined by infrastructure and service availability in region (30)

Contribution of contacts in school to overall transmission in the population according to nationwide data from educational agencies

Using the compartmental model described in Fig.1, we estimated the overall transmission during the third wave in Germany in the school context. We used data from the KMK only available during W08-39/2021 and accounted for potential underestimation of infections by notifications by using estimates over time from seroprevalence surveys. Not accounting for underestimation of infections, we found a high variability in the contribution of contacts from school infections to the overall transmission during the third wave from 5-12%. Accounting for age-specific underestimation of notified infections in comparison to actual infections based on seroprevalence estimates, this range was 2-10% (Fig.6).

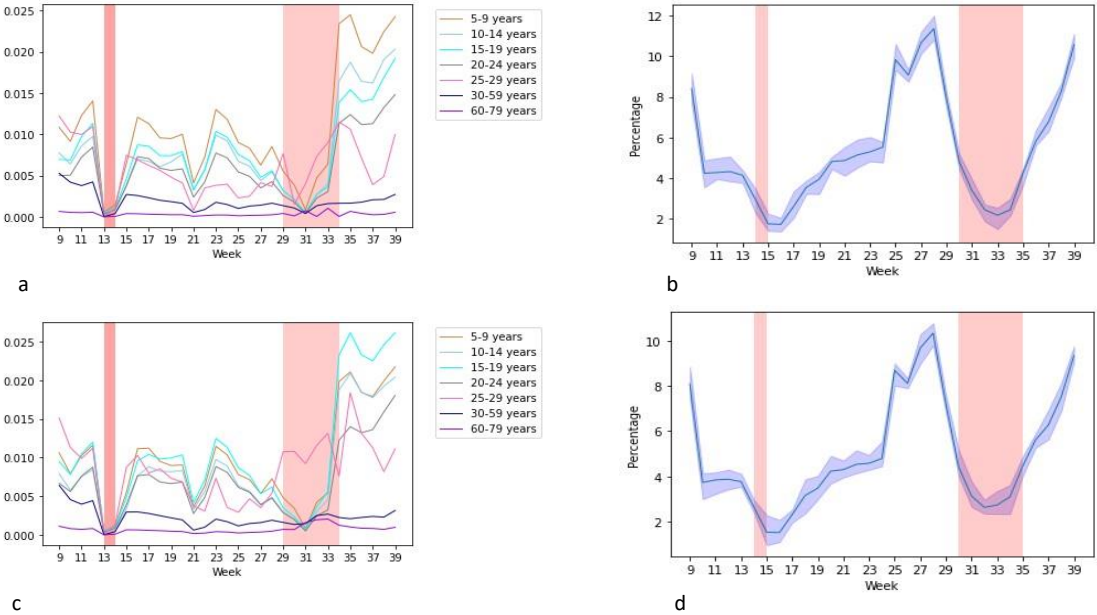


Figure 2 Estimated contribution of contacts of infected persons in school to overall transmission in Germany week 9-21 2021, accounting (c+d) and not accounting for underdetection (a+b)

DISCUSSION

In this study of infection and transmission risks during the pandemic in Germany we find that overall infection risks in schools were highest during the second wave and increased for students with age as well as for students and teachers with advancing school type. Secondary attack rates assessed from individual public health agency data show low school-setting specific secondary attack rates of both students and teachers (<5% during the whole pandemic) but household secondary attack rates similar to what is known for the general population and rising during the later phases of the pandemic well above 20%(31).

We found evidence of a reduction in infection risk for students and teachers during the third wave in those counties with mandatory masking policies compared to those without after adjusting for attendance and testing policies, vaccination coverages, population infection risk, deprivation and urbanity of regions.

To understand the overall contribution of infections in schools we included known school infections during the third wave in a compartmental infection dynamic model that accounts for age-specific underdetection of notified infections by using known age-specific underdetection estimates from seroprevalence studies and found an overall contribution of contacts of infections in school during the time period assessed between 2-12% of all infections in the population during the third wave.

Infection risk differing by age group of student has been shown in previous observational studies(16) (14). Interestingly, in the regression analysis presented here, we find a decrease of infection risk in primary school students when attendance (categorized by current state and county policy) in school increased, whereas attendance is positively correlated with infection risk for all other student and staff groups. Whether this is a statistical artifact or actually an indication of the infection risk in school for primary school students being lower than without school and more time spent in households is unclear.

We also find that secondary attack rates are linked both to the age of index cases as well as to the age of contacts. Secondary attack rates have previously been reported only for early phases of the pandemic from German public health agency data, showing secondary attack rates below 2% (14).

Secondary attack rates change over time in Germany, however. Whereas SAR in phases 2 (W21-39/2020) and 3a (W40-51/2020) reflect the transmission of wildtype SARS-CoV-2 in normal school class format with only few NPIs, phase 3b (W52/2020 - 07/2021) shows the effect of school closure on household transmission: more time spent in the household leads to longer exposure and a higher SAR in household members but overall fewer cases. In phase 4 (W08-23/2020) with mixed class models, however, SAR in the household remain at high levels or rise even further. This also reflects the higher transmissibility of the B.1.1.7 variant which became prevalent in Germany during this phase of the pandemic (31). Meanwhile, NPIs for schools were tightened in phase 4 (W08-23/2020) compared to phase 3a (W40-51/2020),

with a predominance of mixed class models, stricter mask rules and later in-school testing. Whilst the household SAR rose with the prevalence of the new variants, school-setting specific SARs remained stable – the increased NPIs in schools potentially counteracting the increased transmissibility.

This hypothesis that school setting specific SARs did not change because of NPIs put in place in schools in our data is in line with results from our multivariable analysis showing a reduction by 24-30% of infection risk for both students and teachers relative to the population and by more than 55/100.000 per 14 days in absolute case numbers in those counties implementing mandatory mask rules, even after adjusting for testing and attendance policies, vaccination coverage, deprivation and urbanity index as well as population incidence at the time. Similar observations have been made in the US for schools, where the odds of school-setting outbreaks of SARS-CoV-2 were 3.5 times higher for those schools without a mask policy(32). Concurrently and independent of measures put in place we see a higher risk of infection for students and teachers for those counties with higher deprivation indices. This has been shown before for Germany, though not specifically for schools (33, 34). Clearly, both this study and other studies are limited by a potential ecological fallacy as well as residual confounding in using aggregate county- or school-measures and not having full access to individual-level confounding factors.

An open debate revolves around the actual quantified contribution of the school setting to overall transmission in the population for SARS-CoV-2. We find that SARs in the households of infected students and teachers are not different from SARs expected from other infection sources and that the majority of secondary cases happen in households, already implying that reducing the number of infections in schools can significantly reduce infections in the population. This is confirmed by an analysis of nation-wide infection data for students and teachers using a compartmental model accounting for underdetection of notified infections finding a relevant but very variable contribution in line with holiday and school-closure periods of 2-12%. This estimate for the third wave is in line with the effect of school closures declining between the first and the second wave in Europe from >30% reduction to <15% reduction of transmission in Europe (6, 35). Clearly, the effect seen at times of school closures is very different from the actual contribution of schools to population infections due to the indirect effects of school closures on households and the general population, so that these measures are not comparable. Taking our findings in consideration we believe that contribution of schools to transmission of SARS-CoV-2 in the overall population can be reduced by hygiene and testing measures to a degree tolerable for health care capacity of the population.

Limitations of our work are inherent in the notification process to both public health and educational agencies as well as the gathering of aggregate county-specific data (S12 Text). Both notification data itself as well as contact data is an underestimate of the actual infection dynamic, even though we attempted to account for this with age-specific estimates of underdetection taken from seroprevalence studies. This clearly also may makes our estimate of contribution of school-contacts to overall transmission a potential underestimate. Residual confounding is a possibility, with us having no access to data e.g. on distribution of parental

professions or industrial make-up of the counties included, even though we tried to include the most important confounding factors on infection dynamics in the population as well as deprivation and urbanity make up of counties in the analysis. Among contacts, it was not possible to ascertain from the data whether these were still susceptible to infection, thus limiting SARs. However, it can be assumed that biases are similar in each region as they are situated within the same state and timeline of events, and that a reduction in the proportion of the susceptible population through vaccination or infection is assumed relevant from March 2021, where it is included as a parameter in regression analysis. All considered, the SARs presented here described further transmission after cases have been detected in the school with limitations.

Despite these limitations we believe that we can conclude that school setting contribution to overall transmission in the population is relevant, but variable over different time periods in the pandemic. In Germany, school-related NPIs, in particular masking, have been successful in mitigating the spread of the virus among both students and teachers.

REFERENCES

1. Anderson RM, Heesterbeek H, Klinkenberg D, Hollingsworth TD. How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic? *Lancet*. 2020;395(10228):931-4.
2. Nussbaumer-Streit B, Mayr V, Dobrescu AI, Chapman A, Persad E, Klerings I, et al. Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID-19: a rapid review. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2020(9).
3. Krishnaratne S, Pfadenhauer LM, Coenen M, Geffert K, Jung-Sievers C, Klinger C, et al. Measures implemented in the school setting to contain the COVID-19 pandemic: a rapid scoping review. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2020(12).
4. Hunter PR, Colon-Gonzalez FJ, Brainard J, Rushton S. Impact of non-pharmaceutical interventions against COVID-19 in Europe in 2020: a quasi-experimental non-equivalent group and time series design study. *Euro Surveill*. 2021;26(28).
5. Sharma M, Mindermann S, Rogers-Smith C, Leech G, Snodin B, Ahuja J, et al. Understanding the effectiveness of government interventions against the resurgence of COVID-19 in Europe. *Nat Commun*. 2021;12(1):5820.
6. Brauner JM, Mindermann S, Sharma M, Johnston D, Salvatier J, Gavenciak T, et al. Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science*. 2021;371(6531).
7. Viner R, Russell S, Saullé R, Croker H, Stansfeld C, Packer J, et al. Impacts of school closures on physical and mental health of children and young people: a systematic review. *medRxiv*. 2021:2021.02.10.21251526.

8. Barschkett M, Koletzko B, Spiess CK. COVID-19 Associated Contact Restrictions in Germany: Marked Decline in Children's Outpatient Visits for Infectious Diseases without Increasing Visits for Mental Health Disorders. *Children (Basel)*. 2021;8(9).
9. Dunn CG, Kenney E, Fleischhacker SE, Bleich SN. Feeding Low-Income Children during the Covid-19 Pandemic. *N Engl J Med*. 2020;382(18):e40.
10. Levinson M, Cevik M, Lipsitch M. Reopening Primary Schools during the Pandemic. *N Engl J Med*. 2020;383(10):981-5.
11. Armitage R, Nellums LB. Considering inequalities in the school closure response to COVID-19. *Lancet Glob Health*. 2020;8(5):e644.
12. ECDC. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission - second update. Stockholm: . ECDC. 2021;2.
13. Young BC, Eyre DW, Kendrick S, White C, Smith S, Beveridge G, et al. Daily testing for contacts of individuals with SARS-CoV-2 infection and attendance and SARS-CoV-2 transmission in English secondary schools and colleges: an open-label, cluster-randomised trial. *The Lancet*. 2021;398(10307):1217-29.
14. Schoeps A, Hoffmann D, Tamm C, Vollmer B, Haag S, Kaffenberger T, et al. Surveillance of SARS-CoV-2 transmission in educational institutions, August to December 2020, Germany. *Epidemiol Infect*. 2021;149:e213.
15. Ehrhardt J, Ekinci A, Krehl H, Meincke M, Finci I, Klein J, et al. Transmission of SARS-CoV-2 in children aged 0 to 19 years in childcare facilities and schools after their reopening in May 2020, Baden-Württemberg, Germany. *Euro Surveill*. 2020;25(36).
16. Otte Im Kampe E, Lehfeld AS, Buda S, Buchholz U, Haas W. Surveillance of COVID-19 school outbreaks, Germany, March to August 2020. *Euro Surveill*. 2020;25(38).
17. Theuring S, Thielecke M, van Loon W, Hommes F, Hulso C, von der Haar A, et al. SARS-CoV-2 infection and transmission in school settings during the second COVID-19 wave: a cross-sectional study, Berlin, Germany, November 2020. *Euro Surveill*. 2021;26(34).
18. AWMF. Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2-Übertragung in Schulen - Lebende Leitlinie. 2021.
19. Institute RK. COVID-19-Impfungen_in_Deutschland. 2021.
20. Vygen-Bonnet S KJ, Armann J, Berner R, Bogdan, C HT, Heining U, Hummers E, Littmann M,, Meerpohl J MT, Meyer H, Neufeind J, SchmidKüpke N, Scholz S, Terhardt M, Überla K, van der, Sande M WM, Wichmann O, Wicker S, Widders, G WU, Wild V, Zepp F, von Kries R. Beschluss der STIKO zur 9. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung und die dazugehörige wissenschaftliche Begründung. *Epid Bull*. 2021.
21. Karki Jung S., Joachim A., Heinsohn T., B. L. The risk of infection and contribution to transmission of SARS-CoV-2 in school staff - a systematic review. *BMJ open* (accepted). 2021.
22. van Loon W, Theuring S, Hommes F, Mall MA, Seybold J, Kurth T, et al. Prevalence of SARS-CoV-2 Infections Among Students, Teachers, and Household Members During Lockdown and Split Classes in Berlin, Germany. *JAMA Netw Open*. 2021;4(9):e2127168.
23. (KMK). SCotMoCA. Aktuelle Zahlen der Schulen zur Covid-19-Lage nach Ländern. 2021.

24. Aktuelle Zahlen der Schulen zur Covid-19-Lage nach Kreisen, Kalenderwoche 8-25. In: data SCotMoCAKU, editor. 2021.
25. SURVSTAT 2021. In: Institute RK, editor. 2021.
26. Schilling J BS, Fischer M, Goerlitz L, Grote U, Haas W, Hamouda O, Prahm K, Tolksdorf K. Retrospektive Phaseneinteilung der COVID-19- Pandemie in Deutschland bis Februar 2021. *Epid Bull* 2021;15:8-17.
27. Tagesreport Intensivregister. . In: Notfallmedizin. DIVfl-u, editor. 2021.
28. Gornyk D HM, Gloeckner S, Strengert M, Kerrinnes T, Bojara G, Castell S, Frank K, Gubbe K, Heise J-K , (...), Lange B, Krause G. SARS-CoV-2 seroprevalence in Germany - a population based sequential study in seven regions. *Deutsches Ärzteblatt Int* 2021;in press.
29. Kroll EL SM, Hoebel J, Lampert T. . Regional health differences – developing a socioeconomic deprivation index for Germany. *Journal of Health Monitoring* 2017 2(2) 2017.
30. Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur. Regionalstatistische Raumtypologie. 2020.
31. England PH. SARS-CoV-2 variants of concern and variants under investigation in England; Technical briefing 17. *Public Health England*. 2021.
32. Jehn M MJ, Dale AP, et al. Association Between K–12 School Mask Policies and School-Associated COVID-19 Outbreaks — Maricopa and Pima Counties, Arizona, July–August 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021. 2021;70:1372–3.
33. Zimmermann R, Sarma N, Thieme-Thorel D, Alpers K, Artelt T, Azouagh K, et al. COVID-19 Outbreaks in Settings With Precarious Housing Conditions in Germany: Challenges and Lessons Learned. *Front Public Health*. 2021;9:708694.
34. Wachtler B, Michalski N, Nowossadeck E, Diercke M, Wahrendorf M, Santos-Hövenner C, et al. Sozioökonomische Ungleichheit im Infektionsrisiko mit SARS-CoV-2 – Erste Ergebnisse einer Analyse der Meldedaten für Deutschland. 2020;S7:19-31.
35. Sharma M, Mindermann S, Rogers-Smith C, Leech G, Snodin B, Ahuja J, et al. Understanding the effectiveness of government interventions in Europe’s second wave of COVID-19. *medRxiv*. 2021:2021.03.25.21254330.

Anhang 7 Vergleich der Hygienepläne in den Bundesländern mit der S3-Leitlinie

Empfehlungen der S3 Leitlinie

1. Reduktion der Schüler*innenzahl in Präsenzunterricht
 - a. Kohortierung
 - b. Wechselunterricht
 - c. Altersabhängige Öffnung
2. Masken
 - a. Pflichten für Schüler und Lehrer
 - b. Medizinischer Schutz bei hohem Infektionsgeschehen
 - c. FFP2 Masken für Risikogruppen möglich
 - d. Ausnahmen für Grundschüler bei niedrigem Infektionsgeschehen
3. Schulwege
 - a. Masken, andere Maßnahmen auf Schulwegen
 - b. Medizinische Maske bei hohem Infektionsgeschehen
4. Musikunterricht
 - a. Soll stattfinden
 - b. Keine aerosolgenerierenden Aktivitäten in Innenräumen
 - c. Aerosolgenerierende Aktivitäten draußen mit 2m Abstand, drinnen in Einzelunterricht mit Hygienemaßnahmen
5. Sportunterricht
 - a. Soll stattfinden, im Freien, in kleinen Kohorten ohne Maske
 - b. In Innenräumen unter Hygienemaßnahmen
6. Verdachtsfälle
 - a. Symptomatisch – Hochrisiko / mit positivem PCR-Test - Hausisolation
 - b. Symptomatisch - bis 48h nach Symptomende
 - c. Leicht symptomatisch – bis 48h nach Symptomende; Milder Schnupfen kann teilnehmen
7. Kontaktpersonen
 - a. Hausisolation Kategorie I
 - b. Hausisolation Kategorie I außerhalb der Schule
 - c. Asymptomatisch Kategorie II außerhalb der Schule kann teilnehmen
 - d. Innerschulisch Kat II wenn AHA-L, Kat I bei Nichteinhaltung oder direkter Nachbar

8. Lüften
 - a. Alle 20min für 3-5min
 - b. Nichtnutzung von Räumen ohne Lüftungsmöglichkeiten
9. Luftreinigung
 - a. Ergänzende Maßnahme

Recherche

Die Veröffentlichungen der Länder zu den neuen Regelungen und Maßnahmen bezüglich der Kontrolle und Ablauf des Schulbetriebes, folgend der Konferenz zwischen der Bundesregierung und den Kultusministern der Länder, wurden ausgewertet.

Zur Suche wurden sämtliche verfügbaren Veröffentlichungen auf den Webseiten der Kultus- oder Bildungsministerien der Länder, gesichtet am 23.02.2021, herangezogen.

Hierzu zählten insbesondere die Corona-Schutzverordnungen der Länder, die Corona-Schutzverordnungen für Schulen, Bildungseinrichtungen und Kindertagesstätten der Länder, Rahmenpläne für Hygienemaßnahmen in Bildungseinrichtungen, Veröffentlichungen von Beschlüssen und Briefe an Schulen und Erziehungsberechtigte, Pressemitteilungen, Informationsmaterialien für Schulen und Erziehungsberechtigte, sowie FAQs zu den Dokumenten und Beschlüssen. Es wurden ausschließlich die von den Behörden auf ihren Webseiten veröffentlichte Materialien verwendet, Presseberichte oder andere Drittquellen waren nicht teil der Analyse. Nicht veröffentlichte Materialien und Veröffentlichungen von Schulträgern wurden nicht einbezogen. Es wurde darauf geachtet, immer die aktuellsten Versionen von Dokumenten und Veröffentlichung zu analysieren.

Die Qualität und Struktur der veröffentlichten Materialien und Verordnungen zwischen Ländern ist sehr divers. Nicht immer waren Informationen zu allen Empfehlungen teil der veröffentlichten Dokumente. Auch haben einige Länder nach den Beschlüssen vom 10.02.2021 ihre jeweiligen Schutzverordnungen und Hygienepläne aktualisiert, wohingegen andere Länder auf Rahmenhygienepläne verweisen, die seit 2020 nicht aktualisiert wurden.

Insbesondere auf die Vorgehensweisen bei Risikokontakten, speziell außerhalb der Schule, wird in den schulpolitischen Dokumenten wenig eingegangen. Hier wird oft auf die Bestimmungen und Anweisungen der lokalen Gesundheitsämter oder des RKI verwiesen.

Auch erhebt diese Analyse keinen Anspruch auf eine Beschreibung der Realsituation an Schulen, wo Umsetzung und individuelle Hygienepläne von den Veröffentlichungen der Behörden abweichen können. Es wurden lediglich Veröffentlichungen der Gesetzgeber mit den Empfehlungen der S3 Leitlinie verglichen.

Die Recherche erfolgte am 23.02.2021. Dokumente, die nach diesem Datum aktualisiert oder veröffentlicht wurden, sind nicht Teil der Analyse.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei Analyse der Umsetzung der Empfehlungen der S3 Leitlinie „Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2 Übertragung in Schulen“ in Beschlüsse der Länder ergibt sich ein heterogenes Bild. Obwohl einige der Empfehlungen als quasi bundesweiter Standard betrachtet werden können, sind andere kaum oder in kreativer Weise berücksichtigt.

Empfehlung 1: Reduktion der Schüler*innenzahl in Präsenzunterricht und/oder Kohortierung

Vorgaben zur Kohortierung (variierend mit Größen von 15-40) und Maßnahmen zur Reduktion der Schüler*innen in Präsenz, wie Fern- oder Wechselunterricht sind, wenn auch im Einzelnen unterschiedlich, Teil der Maßnahmen aller Länder. Die gestaffelte Öffnung bezieht, in allen Länder, eine Priorisierung von Grundschulen sowie Abschlussklassen mit ein.

Empfehlung 2: Maskentragen bei Schüler*innen, Lehrer*innen und weiterem Schulpersonal,

Die Maskenpflicht an Schulen gestaltet sich deutschlandweit sehr vielseitig. Nur in drei Länder (NW, SL, SH) besteht eine Pflicht zum Tragen eines Mund-Nase-Schutzes, wie er bei hohem Infektionsgeschehen für Grund- und weiterführende Schulen empfohlen wird, auch für den Unterricht. In einem Land (SN) besteht zwar die Pflicht zum Tragen eines MNS, allerdings nicht im Unterricht an Grundschulen. In elf Länder (BY, BE, BB, HB, HH, HE, MV, NI, RP, ST, TH) besteht nur eine grundsätzliche Pflicht zur Mund-Nase-Bedeckung, davon haben fünf Länder (BB, HB, HH, RP, TH) eine weitergehende Pflicht zum MNS bei älteren Schüler*innen oder Lehrer*innen. In sechs der Länder mit MNB-Pflicht (BY, BE, BB, HH, HE, MV, RP, muss diese auch während des Unterrichts getragen werden, in vier Ländern (HB, NI, ST, TH) gilt dies nicht in Grundschulen. Nur ein Land (BW) hat eine Maskenpflicht grundsätzlich erst ab den weiterführenden Schulen.

Empfehlung 3: Maßnahmen auf Schulwegen

In allen Bundesländern gilt unabhängig von Vorgaben der Bildungs- oder Kultusministerien für den Untersuchungszeitraum eine Pflicht für medizinische Masken im ÖPNV. Neun Länder (BW, BY, BE, HB, HH, NI, NW, RP, SN) machen keine gesonderten Angaben zu Maßnahmen den Schulweg betreffend. Fünf Länder (BB, HE, MV, SL, ST) weisen speziell auf diese Pflicht im Kontext des Schulweges hin. Zwei Länder (MV, SH) sprechen zudem Empfehlungen für das Tragen von Masken auch außerhalb des ÖPNV aus, wenn Abstandsregeln nicht eingehalten werden können.

Empfehlung 4: Maßnahmen bei Musikunterricht in Schulen

Aerosolgenerierende Aktivitäten wie Gesang und das Spielen von Blasinstrumenten sind in acht Ländern (BE, BB, HB, HE, RP, SL, ST, SH) in der Gruppe nur draußen, innen gar nicht oder nur im Einzelunterricht erlaubt. In einem Bundesland (BB) sind beide Aktivitäten zurzeit nicht Teil des Unterrichts. Sieben Länder erlauben aerosolgenerierende Aktivitäten auch in Innenräumen unter verschiedenen Auflagen, eines (BY) nur für Abschlussklassen und ein weiteres (NW) hiervon nur in Großräumen wie Aulen. Generell zeigen die Vorgaben zum Musikunterricht eine große Bandbreite an Regulierungen.

Empfehlung 5: Maßnahmen bei Sportunterricht in Schulen

Acht Länder (BY, HE, NI, NW, RP, SL, ST, SH) empfehlen Sportunterricht im Freien abzuhalten und innen nur unter Hygienemaßnahmen, die von Land zu Land sehr unterschiedlich ausfallen können. Vier weitere Länder (HB, HH, SN, TH) haben Hygienepläne für Innenräume, erwähnen aber keine spezielle Empfehlung für Sport im Freien. Zwei Länder (BE, BB) erlauben Sportaktivitäten nur im Freien, mit Ausnahme der Grundschulen in BB. In zwei Ländern (BW, MV) findet laut Veröffentlichungen kein Sportunterricht statt.

Empfehlung 6: Umgang mit Verdachtsfällen bei Schüler*innen ohne bekannten Risikokontakt

Alle Länder haben Richtlinien für den Umgang mit symptomatischen Schüler*innen entwickelt und als Informationsmaterial für Eltern veröffentlicht. Unterschiede zeigen sich in der Dauer der Verzögerung der Rückkehr nach Abklingen der Symptome. Acht Länder (BY, BB, HH, NI, SL, ST, SH, TH) setzen die Empfehlung zu einer Verzögerung von 48 Stunden um. Ein Land (TH) legt zudem eine Mindestabwesenheit von 5 Tagen für symptomatische Schüler*innen fest. Dahingegen setzen sieben Länder (BW, BE, HB, HE, NW, RP, SN) auf eine kürzere Verzögerung von 24 Stunden. Zwei Länder (HH, SH) verlangen von Schüler*innen in weiterführenden Schulen zusätzlich eine Beobachtungszeit von 48 Stunden bei leichten Symptomen, ein Land (NW) von 24 Stunden, dafür aber auch in Grundschulen.

Empfehlung 7: Umgang mit Kontaktpersonen in Schulen

Im Umgang mit Indexfällen und deren Kontakten überschneiden sich die Kompetenzen mit denen der Gesundheitsämter. Dies gilt insbesondere für den Umgang mit außerschulischen Kontakten. Für neun Länder (HH, HE, NW, RP, SL, SN, ST, SH, TH) lassen sich entweder keine von der Schulbehörde publizierten Protokolle für das Vorgehen nach Indexfällen finden oder es wird an das zuständige Gesundheitsamt verwiesen. Ein Land (BB) hat Richtlinien für den Umgang mit Kontakten der Kategorie I, verweist aber für Kategorie II auf das Gesundheitsamt. Nur drei Länder (BW, BY, NI) haben Vorgaben veröffentlicht, die im Sinne der Leitlinie eine Limitierung der Beeinträchtigung des Schulbetriebes durch Fortsetzung der Präsenz für asymptomatische Kategorie II - Kontakte ermöglichen. Ein Land (BE) sieht für Kategorie II zusätzlich nur einen Tag Fernunterricht vor. Zwei Länder (HB, MV) zunächst auf

eine Kohortenisolation, mit Möglichkeit der Freitestung, ohne eine Unterteilung in Kontakte unterschiedlicher Kategorien.

Empfehlung 8: Lüften und Reduktion der Aerosolkonzentration in Unterrichtsräumen

Das korrekte Lüften ist Standard in Deutschland und wird in allen Bundesländern im Sinne der Leitlinie empfohlen. Die zwei abweichenden Formulierungen (BE, SN) sind nahezu bedeutungsgleich.

Empfehlung 9: Luftreinigung und Reduktion der Aerosolkonzentration

Der Einsatz von mobilen Luftreinigern als zusätzliche Maßnahme zum Lüften wird von sechs Ländern (BY, BE, HB, HE, NI, SL) empfohlen und teilweise auch finanziell unterstützt. Oft beziehen sich die Länder direkt auf die Richtlinien des Umweltbundesamtes [6]. Ein Land (RP) überlässt die Entscheidung den Schulen. Neun Länder (BW, BB, HH, MV, NW, SN, ST, SH, TH) machen zu der Technik keine spezifische Angabe.

Tabellarische Übersicht zum Vergleich der aktuellen Maßnahmen mit der S3-Leitlinie in den Bundesländern

	Reduktion der Schüler	Masken		Schulweg	Unterricht		Verdachtsfälle	Kontakte		Lüften	Luftreiner
		Schüler	Lehrer					Außerschulisch	Innerschulisch		
BW	GS in WU, KH MS in FU AS in WU, KH	GS – freiwg, nU WS - MNB, U	GS - freiwg WS – MNB	kA, ÖPNV Pflicht	Innen mit AHA-L, Draußen empfohlen	findet nicht statt	6.1, 6.2, 6.3 = nur 24h	kA/ nach GA	Kat I: 10 T HI Kat II: keine HI wenn asymp	wie 8	kA
BY	GS in WU, KH MS in FU AS in WU, KH	MNB, MNS empfohlen, U	MNS	kA, ÖPNV Pflicht	Innen mit AHA-L	Empfehlung für draußen, Innen mit Hygieneregeln	6.1, 6.2, 6.3	kA/ nach GA	5 T Kohorten- isolation mit Testung am 5. Tag	wie 8	wie 9.1
BE	GS in WU, KH MS in FU AS in WU, KH nach Absprache zwischen Schule und Eltern	MNS GS: U nach Inzidenz WS: U	MNS	kA, ÖPNV Pflicht	Nur draußen, Innen nur Einzelunterricht	Nur draußen	6.1, 6.2, 6.3 = nur 24h	kA/ nach GA	Kat I: 10 T HI Kat II: 1 Tag FU, keine HI wenn asymp	„vor, mitte, nach Unter- richt“	wie 9.1
BB	GS in WU, KH MS in FU AS in PU/WU, KH	MNS GS: U, nA WS: U	MNS	MNS in ÖPNV	Keine AGA	Nur draußen	6.1, 6.2, 6.3	kA/ nach GA	Kat I: 10 T HI Kat II: nach GA	wie 8	kA
HB	GS in PU, KH WS in WU, KH	MNB, ab 16J MNS GS: nU WS: U	MNS	kA, ÖPNV Pflicht	Nur draußen	Innen mit Hygieneregeln	6.1, 6.2, 6.3 = nur 24h	kA/ nach GA	14 T Kohorten- isolation, Testung nach 5T	wie 8	wie 9.1
HH	FU bis zu den Märzferien (26.2.)	MNB, ab 14J MNS, U	MNS	kA, ÖPNV Pflicht	Innen mit AHA-L, 2,5m Abstand	„Unter Vermeidung von Körperkontakt“	6.1, 6.2, 6.3	kA/ nach GA	Kat I: 10 T HI Kat II: nach GA	wie 8	kA
HE	GS in WU, KH	MNB, MNS empfohlen, U	MNB, MNS empfohlen	kA, ÖPNV Pflicht	Innen nur in Einzelunterricht	Empfehlung für draußen, Innen mit Hygieneregeln	6.1, 6.2, 6.3 = nur 24h	kA/ nach GA	kA	wie 8	keine Empfehl

	MS in FU AS in PU, KH										ung
MV	GS in PU, KH MS in FU, 5.3. in WU AS in PU, KH	MNB, MNS empfohlen GS: U, nA WS: U	MNB, MNS empfohlen	Masken- empfehlung ÖPNV Pflicht	Innen mit AHA-L, 2m Abstand	Empfehlung für draußen, Innen mit Hygieneregeln	6.1, 6.2, 6.3 = nur 24h	kA/ nach GA	14 T Kohorteni- solation, Testung etc nach GA	wie 8	kA
NI	GS in PU, WS in WU, KH	MNB GS: nU WS: U	MNB	kA, ÖPNV Pflicht	Innen Blasinstrumente mit AHA-L, Abstand 2m Draußen beides	Empfehlung für draußen, Innen mit Hygieneregeln	6.1, 6.2, 6.3	kA/ nach GA	Kat I: 10 T HI Kat II: keine HI wenn asymp	wie 8	wie 9.1
NW	GS in WU, KH MS in FU AS in PU/WU, KH	MNS, (MNB bis Kl. 8 möglich), U	MNS	kA, ÖPNV Pflicht	Innen in Aula/Musiksaal mit AHA-L, Abstand 2m Draußen Singen bevorzugt	Empfehlung für draußen, Innen mit Hygieneregeln	6.1, 6.2, 6.3 = nur 24h	kA/ nach GA	kA	wie 8	kA
RP	GS in PU/WU, KH MS in FU AS in PU/WU, KH	MNS in WS MNB in GS, U	MNS	kA, ÖPNV Pflicht	Innen nur Einzelunterricht	Empfehlung für draußen, Innen mit Hygieneregeln	6.1, 6.2, 6.3 = nur 24h	kA/ nach GA	kA, "nach GA"	wie 8	der Schule überlass en
SL	GS in WU, KH MS in FU AS in WU, KH	MNS, U	MNS	kA, ÖPNV Pflicht	Nur draußen mit 2m Abstand	Empfehlung für draußen, Innen mit Hygieneregeln	6.1, 6.2, 6.3	kA/ nach GA	kA, "nach GA"	wie 8	wie 9.1
SN	GS in WU, KH MS in FU AS in WU, KH	MNS GS: nU, nA WS: U	MNS	kA, ÖPNV Pflicht	Singen nur draußen, kA Blasinstrumente	findet nicht statt	6.1, 6.2, 6.3 = nur 24h	kA/ nach GA	kA	"1x im Unterricht spätestens nach 30min"	kA

Legende zu Abkürzungen:

GS	Grundschule	MNB	Alltagsmaske
MS	Mittelstufe	MNS	medizinische Maske
AS	Abschlussklassen	GA	Gesundheitsamt
WS	Weiterführende Schulen	kA	Keine Angabe
PU	Präsenzunterricht	HI	Häusliche Isolation
WU	Wechselunterricht	asym	asymptomatisch
FU	Fernunterricht	AGA	Aerosolgenerierende Aktivitäten
KH	Kohortierung	freiwig	freiwillig
U/nU	im Unterricht/ nicht im Unterricht	nA	nicht im Außenbereich
BW	Baden-Württemberg	NI	Niedersachsen
BY	Bayern	NW	Nordrhein-Westfalen
BE	Berlin	RP	Rheinland-Pfalz
BB	Brandenburg	SL	Saarland
HB	Bremen	SN	Sachsen
HH	Hamburg	ST	Sachsen-Anhalt
HE	Hessen	SH	Schleswig-Holstein
MV	Mecklenburg-Vorpommern	TH	Thüringen

Quellen

1 (02.2021). S3 Leitlinie Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2 Übertragung an Schulen: Kurzfassung
https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/027-076k_Praevention_und_Kontrolle_SARS-CoV-2-Uebertragung_in_Schulen_2021-02_01.pdf

2 Bundesregierung Deutschland. (10.02.2021). Beschluss der Videoschaltkonferenz der Bundeskanzlerin mit den Regierungschefinnen und Regierungschefs der Länder am 10. Februar 2021

<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1852514/508d851535b4a599c27cf320d8ab69e0/2021-02-10-mpk-data.pdf?download=1>

3 Robert Koch Institut. (10.02.2021). Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19)

https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Feb_2021/2021-02-10-de.pdf?blob=publicationFile

4 Robert Koch Institut. (22.02.2021). Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19)

https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Feb_2021/2021-02-22-de.pdf?blob=publicationFile

5 Robert Koch Institut. (23.02.2021). Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19)

https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Feb_2021/2021-02-23-de.pdf?blob=publicationFile

6 Kommission der Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt. (16.11.2020). Einsatz mobiler Luftreiniger als Lüftungsunterstützende Maßnahme in Schulen während der SARS-CoV-2 Pandemie

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/201116_irk_stellungnahme_luftreiniger.pdf

Baden-Württemberg

Landesregierung Baden-Württemberg (30.11.2020) Verordnung der Landesregierung über infektionsschützende Maßnahmen gegen die Ausbreitung des Virus SARS-CoV-2 (Corona-Verordnung – CoronaVO) (in der ab 22.02.2021 gültigen Fassung)

<https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/aktuelle-infos-zu-corona/aktuelle-corona-verordnung-des-landes-baden-wuerttemberg/>

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (07.12.2020) Verordnung des Kultusministeriums über den Schulbetrieb unter Pandemiebedingungen (Corona-Verordnung Schule - CoronaVO Schule).

<https://km-bw.de/Lde/startseite/sonderseiten/corona-verordnung-schule>

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg und Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg. (30.07.2020). Umgang mit Krankheits- und Erkältungssymptomen bei Kindern und Jugendlichen in Kindertageseinrichtungen, in Kindertagespflegestellen und in Schulen

<https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/umgang-mit-erkaeltungs-und-krankheitssymptomen-bei-kindern-und-jugendlichen/>

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg und Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg. (17.09.2020). Vorgehen und Maßnahmen des Gesundheitsamtes bei Auftreten von Corona-Fällen in Schulen und Kindertageseinrichtungen.

https://km-bw.de/site/pbs-bw-km-root/get/documents_E-844958586/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/KM-Homepage/Artikelseiten%20KP-KM/1_FAQ_Corona/Schreiben%20Min%20Schuljahr%2020_21/SM%20Vorgehen%20Gesundheitsamt%20bei%20Fällen%20in%20Schulen%20und%20Kindertageseinrichtungen.pdf

Bayern

Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus und Staatsministerium für Gesundheit und Pflege (11.12.2020). Vollzug des Infektionsschutzrechts: Rahmenhygieneplan zur Umsetzung des Schutz- und Hygienekonzepts für Schulen nach der jeweils geltenden Infektionsschutzmaßnahmenverordnung

https://www.km.bayern.de/download/23947_RHP-Schule-06.11.2020.pdf

Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (01.03.2021). FAQ zum Unterrichtsbetrieb an Bayerns Schulen

<https://www.km.bayern.de/allgemein/meldung/7047/faq-zum-unterrichtsbetrieb-an-bayerns-schulen.html>

Berlin

Der Regierende Bürgermeister von Berlin – Senatskanzlei. (24.02.2021). Informationen zum Coronavirus (Covid-19): Schulen und Kitas

<https://www.berlin.de/corona/massnahmen/schulen-und-kitas/>

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin. (11.01.2021) Musterhygieneplan Corona Für die Berliner Schulen Teil B – Sekundarstufe

https://www.berlin.de/sen/bjf/corona/schule/musterhygieneplan_sekundarstufe.pdf

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin. (11.01.2021) Musterhygieneplan Corona Für die Berliner Schulen Teil A – Primarstufe

https://www.berlin.de/sen/bjf/corona/schule/musterhygieneplan_primarstufe.pdf

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin. (03.03.2021). Informationen zum Schulbetrieb

<https://www.berlin.de/sen/bjf/corona/schule/>

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin. (16.10.2020). Infographik: Wenn mein Kind krank wird... Umgang mit Atemwegserkrankungen in Schulen/Kitas

https://www.berlin.de/sen/bjf/coronavirus/aktuelles/200826_infografiken_zu_corona_fuer_schulen_und_kitas.pdf

Brandenburg

Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz (2020): Infektions- und Arbeitsschutz in den Schulen in Brandenburg im Zusammenhang mit dem Corona-Virus SARS-CoV2/COVID-19 (Ergänzung zum Hygieneplan)

https://mbjs.brandenburg.de/media_fast/6288/3_ergaenzung_-_rahmenhygieneplan_in_schulen_msgiv_3.pdf

Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg. (Stand 03.03.2021). Corona Aktuell: Schule und Unterricht

<https://mbjs.brandenburg.de/kinder-und-jugend/weitere-themen/corona-aktuell.html>

Ministerium für Soziales, Gesundheit und Integration Brandenburg (12.02.21). Sechste Verordnung über befristete Eindämmungsmaßnahmen aufgrund des SARS-CoV-2-Virus und COVID-19 im Land Brandenburg (Sechste SARS-CoV-2-Eindämmungsverordnung - 6. SARS-CoV-2-EindV) vom 12.2.2021 (geändert durch Verordnung vom 26.2.2021)

https://bravors.brandenburg.de/verordnungen/6_sars_cov_2_eindv

Bremen

Die Senatorin für Gesundheit, Frauen und Verbraucherschutz Bremen. (2021). Vierundzwanzigste Verordnung zum Schutz vor Neuinfektionen mit dem Coronavirus SARS-CoV-2 (Vierundzwanzigste Coronaverordnung) Vom 11. Februar 2021 und Änderung vom 19.2.2021. Gesetzesblatt der Freien Hansestadt Bremen (2021) 15:117-150.

Die Senatorin für Kinder und Bildung Bremen. (03.03.2021). Corona-Informationseite

https://www.bildung.bremen.de/informationen_zum_coronavirus-237989

Land Bremen. (22.02.2021). COVID-19 – Prozessbeschreibung zum Vorgehen in Bezug auf Schüler*innen der öffentlichen Schulen im Land Bremen

https://www.bildung.bremen.de/sixcms/media.php/13/2021-02-22_Prozessbeschreibung_Schulen.pdf

Die Senatorin für Kinder und Bildung Bremen. (18.02.2021). Erlass Nr. 03/2021 Schulorganisation an Schulen im Land Bremen ab dem 22.02.2021

https://www.bildung.bremen.de/mitteilungen_der_verwaltung-4566?id=4566&skip=0&max=100

Hamburg

Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg, Landesschulrat. (26.02.2021). Aktuelle Informationen zum Corona-Virus – Eingeschränkte Schulöffnungen ab 15. März in Hamburg

<https://www.hamburg.de/contentblob/14932658/2591146eef7163ceaf6f5ea85ec07100/data/b-brief-26-februar-2021.pdf>

Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg. (2021). Ergänzender Muster-Corona-Hygieneplan für alle Schulen in der Freien und Hansestadt Hamburg. (9. Überarbeitete Fassung, gültig ab 23.02.2021)

<https://www.hamburg.de/contentblob/14709468/71c76a7d9b7ff5179d7e5b1e32f8d0fe/data/anlage-musterhygieneplan-8.pdf>

Sozialbehörde Hamburg. (01.2021). Infografik: Umgang mit Krankheits- bzw. Erkältungssymptomen bei Kindern in Kindertagesbetreuung und Grundschulen

<https://www.hamburg.de/contentblob/14238918/c031ee591310c35f52c5caab9e7622b0/data/infografik-grundschulen.pdf>

Sozialbehörde Hamburg. (01.2021). Infografik: Umgang mit Krankheits- bzw. Erkältungssymptomen bei Kindern und Jugendlichen in weiterführenden Schulen

<https://www.hamburg.de/contentblob/14238920/adaeef860cd75997bc7970b58861609e/data/infografik-weiterfuehrende-schulen.pdf>

Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg. (02.03.2021). Coronavirus FAQ - Schulen

<https://www.hamburg.de/bsb/13679646/corona-fags>

Hessen

Hessisches Kultusministerium. (11.02.2021). Hygieneplan Corona 7.0 für die Schulen in Hessen

https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/hygieneplan_7.0.pdf

Hessisches Kultusministerium. (11.02.2021). Anlage 2 zum Hygieneplan Corona 7.0 für die Schulen in Hessen: Sportunterricht und außerunterrichtliche Sport- und Bewegungsangebote während der Corona-Pandemie

https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/hygieneplan7.0_anlage2.pdf

Hessisches Kultusministerium. (11.02.2021). Anlage 3 zum Hygieneplan Corona 7.0 für die Schulen in Hessen: Musikunterricht und außerunterrichtliche musikalische Angebote während der Corona-Pandemie

https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/hygieneplan7.0_anlage3.pdf

Hessisches Kultusministerium. (01.12.2021). Anlage 4 zum Hygieneplan Corona 7.0 für die Schulen in Hessen: Umgang mit Krankheits- und Erkältungssymptomen bei Kindern und Jugendlichen in Kindertageseinrichtungen, in Kindertagespflegestellen und in Schulen

https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/hygieneplan_7.0_anlage_4.pdf

Hessisches Kultusministerium. (11.02.2021). Ministerschreiben vom 11. Februar 2021: Maßnahmen ab dem 22. Februar 2021 - Schulen

<https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/umgang-mit-corona-an-schulen/fuer-schulleitungen/schreiben-schulleitungen/massnahmen-ab-dem-22-februar-2021-schulen>

Mecklenburg-Vorpommern

Justizministerium Mecklenburg-Vorpommern. (15.02.2021). Zweite Verordnung zur Eindämmung der Atemwegserkrankung COVID-19/Übertragung von SARS-CoV-2 im Bereich von Schule (2. Schul-Corona-Verordnung – 2. SchulCoronaVO M-V) Stand 16.02.2021. Gesetz- und Verordnungsblatt für Mecklenburg-Vorpommern (2021) 8:118-123.

<https://www.regierung-mv.de/serviceassistent/download?id=1632857>

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Mecklenburg-Vorpommern. (n.d.) Coronavirus Fragen und Antworten

<https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/bm/Blickpunkte/Coronavirus/Coronavirus-%E2%80%93-Informationen-f%C3%BCr-schule/Fragen-und-Antworten/>

Landesamt für Gesundheit und Soziales Mecklenburg-Vorpommern. (21.07.2020). Informationsblatt: Handlungsempfehlung für Kindertageseinrichtungen und Schulen bei Kindern mit Akuter Respiratorischer Symptomatik (ARE)

https://www.regierung-mv.de/serviceassistent/_php/download.php?datei_id=1626304

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Mecklenburg-Vorpommern. (20.11.2020). Handzettel für Erziehungsberechtigte bei Corona-Ausbruch

<https://www.regierung-mv.de/serviceassistent/download?id=1630237>

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Mecklenburg-Vorpommern. (24.02.2021). Plan für Infektionsschutz und Hygienemaßnahmen für die Schulen in Mecklenburg-Vorpommern (Hygieneplan für SARS-CoV-2)

<https://www.regierung-mv.de/serviceassistent/download?id=1633099>

Niedersachsen

Niedersächsisches Kultusministerium. (23.02.2021). Schule in Corona-Zeiten: Das sind die aktuell gültigen Maßnahmen und Modelle für den Unterricht: Planung für Kita und Schule für März bleibt bestehen

<https://www.mk.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/schule-neues-schuljahr-190409.html>

Niedersächsisches Kultusministerium. (10.02.2021). Schule in Corona-Zeiten: Das sind die aktuell gültigen Maßnahmen und Modelle für den Unterricht: Maßnahmen bleiben im Februar weiter bestehen

<https://www.mk.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/schule-neues-schuljahr-190409.html>

Niedersächsisches Kultusministerium. (01.2021). FAQ Corona – Hygiene- und Infektionsschutzmaßnahmen

https://www.mk.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/schule_neues_schuljahr/faq_schule_in_corona_zeiten/faq-corona-3-193847.html

Niedersächsisches Kultusministerium. (n.d.). FAQ Corona – Wenn ein Verdachtsfall in der Schule auftritt

https://www.mk.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/schule_neues_schuljahr/faq_schule_in_corona_zeiten/faq-schule-196173.html

Niedersächsisches Kultusministerium. (08.01.2021). Rahmen-Hygieneplan Corona Schule Version 4.2

https://www.mk.niedersachsen.de/download/161260/Rahmen-Hygieneplan_Schulen_4.2_vom_08.01.2021.pdf

Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung. (30.10.2020). Niedersächsische Verordnung über Maßnahmen zur Eindämmung des Corona-Virus SARS-CoV-2 (Niedersächsische Corona-Verordnung) vom 30.10.2020 (zuletzt geändert durch die Verordnung vom 12.2.2021, gültig ab 01.03.2021)

<https://www.niedersachsen.de/download/165346>

Niedersächsisches Kultusministerium. (29.09.2020). Plakat: Krankheitssymptome: Darf mein Kind in die Schule?

https://www.mk.niedersachsen.de/download/158251/INFO_fuer_Eltern_Krankheitssymptome_Darf_mein_Kind_in_die_Schule_.pdf

Niedersächsisches Landesgesundheitsamt. (28.01.2021). Bedeutung mobiler Luftreinigungs-Geräten für Infektionsrisiken durch SARS-CoV-2.

https://www.nlga.niedersachsen.de/download/165043/Bedeutung_mobiler_Luftreinigungs-Geraeten_fuer_Infektionsrisiken_durch_SARS-CoV-2_Pruefsteine_und_Handlungsempfehlungen_Stand_Januar_2021_.pdf

Nordrhein-Westfalen

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (09.2020). Elterninfo: wenn mein Kind zu Hause erkrankt

<https://www.schulministerium.nrw.de/system/files/media/document/file/Erkrankung%20Kind%20Schaubild.pdf>

Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen. (02.2021). Regelugen für Schulen ab dem 22.02.2021

<https://www.schulministerium.nrw.de/themen/schulsystem/regelungen-fuer-schulen-ab-dem-22-februar-2021>

Ministerium für Schule und Bildung, Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales, Unfallkasse Nordrhein-Westfalen, Städtetag Nordrhein-Westfalen, Landkreistag Nordrhein-Westfalen, Städte- und Gemeindebund Nordrhein-Westfalen. (22.02.2021) Hinweise und Verhaltensempfehlungen für den Infektionsschutz an Schulen im Zusammenhang mit Covid-19.

<https://www.schulministerium.nrw.de/system/files/media/document/file/Hinweise%20und%20Verhaltensempfehlungen%20f%C3%BCr%20Oden%20Infektionsschutz%20im%20Zusammenhang%20mit%20Covid-19%20%2822.%20Februar%202021%29.pdf>

Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales Nordrhein-Westfalen. (07.01.2021). Verordnung zum Schutz vor Neuinfizierungen mit dem Coronavirus SARS-CoV-2 im Bereich der Betreuungsinfrastruktur (Coronabetreuungsverordnung – CoronaBetrVO) vom 7.1.2021 (in der ab 22.02.2021 gültigen Fassung)

https://www.mags.nrw/sites/default/files/asset/document/210219_coronabetrvo_ab_22.02.2021_lesefassung_mit_markierungen.pdf

Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen. (02.2021). Angepasster Schulbetrieb in Corona-Zeiten

<https://www.schulministerium.nrw.de/themen/schulsystem/angepasster-schulbetrieb-corona-zeiten>

Rheinland-Pfalz

Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz. (02.2021). Hygieneplan-Corona für die Schulen in Rheinland-Pfalz. (7. Überarbeitete Fassung, gültig ab 22.02.2021)

https://corona.rlp.de/fileadmin/bm/Bildung/Corona/7._Hygieneplan_Corona_Schulen_ohne_Markierung.pdf

Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz. (07.10.2020). Handreichung zu Lüften und Raumlufthygiene

https://corona.rlp.de/fileadmin/bm/Bildung/Corona/Handreichung_Lueften_und_Raumluftthygiene.pdf

Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz. (19.02.2021). Merkblatt Umgang mit Erkältungs- Krankheitssymptomen bei Kindern und Jugendlichen in Kita und Schule in Rheinland-Pfalz, (gültig ab 22.02.2021)

https://corona.rlp.de/fileadmin/bm/Bildung/Corona/feb_2020_Merkblatt_Umgang_mit_Erkaeltungssymptomen_in_Kita_Schule.pdf

Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz. (17.02.2021). Leitfaden für musikpraktisches Arbeiten

https://corona.rlp.de/fileadmin/bm/Bildung/Corona/20210217_Leitfaden_Musikpraktisches_Arbeiten_Schulen_RLP.pdf

Landesregierung Rheinland-Pfalz. (03.2021). Weiteres Vorgehen für die Schulen

<https://corona.rlp.de/de/themen/schulen-kitas/schule-allgemein/>

Saarland

Ministerium für Bildung und Kultur Saarland. (04.03.2021). Rundschreiben zum schrittweisen Wiedereinstieg in den Präsenzunterricht am 8. Und 15. März 2021

https://www.saarland.de/DE/portale/corona/service/downloads/_documents/bildung-kultur/bildung/schule-elterninformationen/201213-elternbriefe/dld_elternbrie_f_wiedereinstieg-praesenzunterricht-anfang-maerz.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Ministerium für Bildung und Kultur Saarland. (19.02.2020). Musterhygieneplan Saarland zum Infektionsschutz in Schulen im Rahmen der Corona-Pandemiemaßnahmen vom 07.08.2020 (Version vom 19.02.2021)

<https://tgbbz1.de/images/dokumente/verordnungen/musterhygieneplan.pdf>

Sachsen

Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Gesellschaftlichen Zusammenhalt. (12.02.2021). Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Gesellschaftlichen Zusammenhalt zum Schutz vor dem Coronavirus SARS-CoV-2 und COVID-19 (Sächsische Corona-Schutz-Verordnung – SächsCoronaSchVO)

<https://www.coronavirus.sachsen.de/download/SMS-Saechsische-Corona-Schutz-Verordnung-2021-02-12.pdf>

Sachsen-Anhalt

Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt. (22.02.2021). Rahmenplan für die Hygienemaßnahmen, den Infektions- und Arbeitsschutz an Schulen im Land Sachsen-Anhalt während der Corona-Pandemie (Rahmenplan-HIA-Schule)

https://mb.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Landesjournal/Bildung_und_Wissenschaft/00_Startseite/210222-Rahmenplan-Lesefassung.pdf

Schleswig-Holstein

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Schleswig-Holstein. (20.02.2021). Ersatzverkündung (§ 60 Abs. 3 Satz 1 LVwG) der Landesverordnung über besondere Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbreitung des Coronavirus SARS-CoV-2 an Schulen (Schulen-

Coronaverordnung - SchulcoronaVO) (Verkündet am 20. Februar 2021, in Kraft ab 22. Februar 2021)
https://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Coronavirus/Erlasse/210219_Schulen-Coronaverordnung.html

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Schleswig-Holstein, Ministerium für Soziales, Gesundheit, Jugend, Familie und Senioren. (15.02.2021). Empfehlung für Eltern und Beschäftigte Umgang mit Krankheits- und Erkältungsanzeichen bei Kindern in weiterführenden Schulen

https://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Coronavirus/Schulen_Hochschulen/schnupfenplan_schulen_neu.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Schleswig-Holstein, Ministerium für Soziales, Gesundheit, Jugend, Familie und Senioren. (15.02.2021). Empfehlung für Eltern und Beschäftigte Umgang mit Krankheits- und Erkältungsanzeichen bei Kindern in Kindertagesbetreuung und Grundschulen

https://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Coronavirus/Schulen_Hochschulen/schnupfenplan.pdf?__blob=publicationFile&v=7

Landesregierung Schleswig-Holstein. (02.2021). Coronavirus Informationen für Schleswig-Holstein: FAQ Schule

<https://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Coronavirus/FAQ/Dossier/Schule.html>

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur Schleswig-Holstein. (17.09.2020). Richtig lüften in der Schule

https://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Coronavirus/Schulen_Hochschulen/luefteplan.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Landesregierung Schleswig-Holstein. (24.08.2020). Coronavirus Informationen für Schleswig-Holstein: Infektionsschutz und Hygienemaßnahmen im Rahmen des Schulbetriebs unter dem Aspekt des Schutzes vor Ansteckung durch das SARS-CoV-2

https://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Coronavirus/Schulen_Hochschulen/200623_hygienekonzept.html

Thüringen

Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Thüringen. (13.02.2021). Thüringer Verordnung zur Fortschreibung der erforderlichen Maßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung des Coronavirus SARS-CoV-2 in Kindertageseinrichtungen, der weiteren Jugendhilfe, Schulen und für den Sportbetrieb

https://bildung.thueringen.de/fileadmin/2021/2021-02-13_ThuerSARS-CoV-2-KiJuSSp-VO.pdf

Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Thüringen. (19.02.2021). Vollzug der Thüringer Verordnung über die Infektionsschutzregeln zur Eindämmung der Ausbreitung des Coronavirus SARS-CoV-2- in Kindertageseinrichtungen, der weiteren Jugendhilfe, Schulen und für den Sport (ThürSARS-CoV-2-KiJuSSp-VO)

https://bildung.thueringen.de/fileadmin/2021/2021-02-19_TMBJS_Allgemeinverfuegung_Stufe_Gelb.pdf

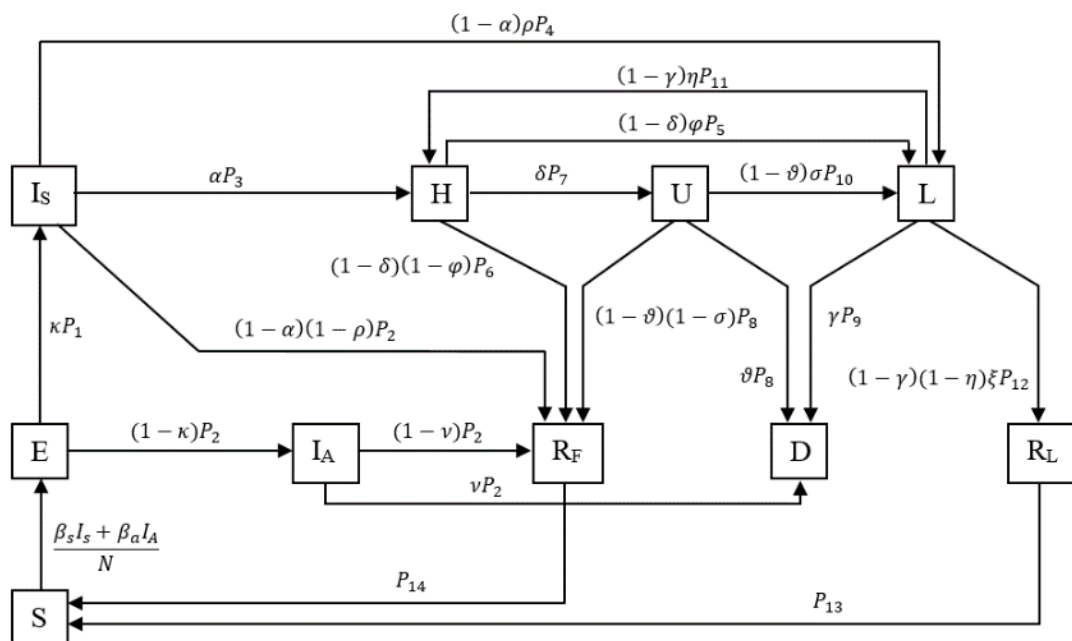
Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Thüringen. (26.10.2020). Handreichung Hygiene in der Schule mit Infektionsschutz

https://bildung.thueringen.de/fileadmin/2020/201026_Handreichung_Hygiene_in_der_Schule_mit_Infektionsschutz_final.pdf

Anhang 8 Beitrag von Kontakten in der Schule zum Infektionsgeschehen in der Bevölkerung - infektionsdynamische Modellierung unter Berücksichtigung der statistischen Daten der KMK

Die Infektionsdynamik in den Schulen wird mit einem von Rodiah et al. (o.J.) entwickelten SEIR (Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered) Modell geschätzt. Dieses unterscheidet in gesunde, aber empfängliche (susceptible) Individuen, Infizierte, die jedoch noch nicht infektiös sind (exposed), sowie symptomatische und asymptomatische Patienten. Zudem beziehen wir Hospitalisierungen, Intensivpatienten und Personen mit Long-COVID, d.h. solche die nach der Genesung weiterhin Folgebeschwerden haben, in die Betrachtung ein. Im finalen Zustand sind die Patienten genesen oder tot. Weiterhin unterstellen wir einen Reinfektionsprozess. Abbildung 34 visualisiert das Modell.

Abbildung 36. Schematische Darstellung des SEIR-Modells



Dabei stehen die Großbuchstaben für die folgenden Zustände:

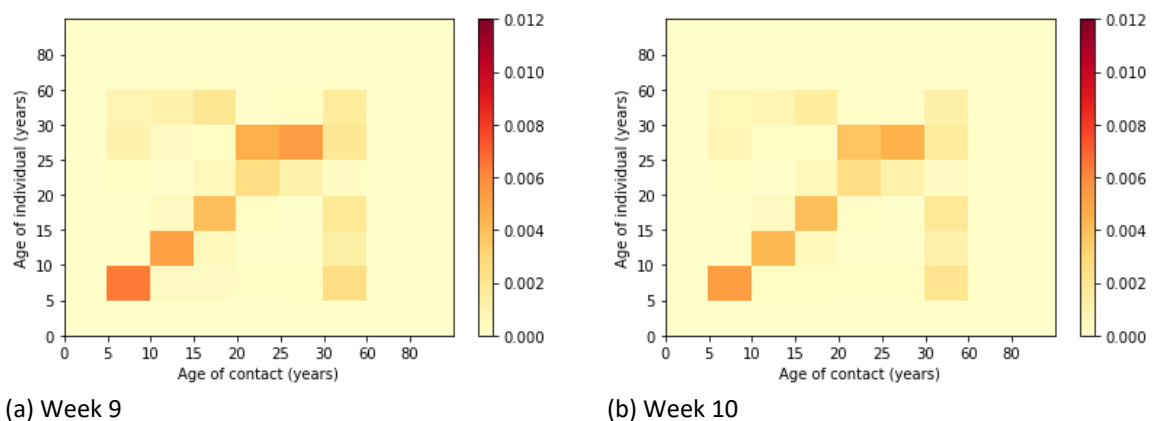
- S: Empfänglich
- E: Exponiert
- I_S: Symptomatisch erkrankt
- I_A: Asymptomatisch erkrankt
- H: Hospitalisiert
- R_F: Vollständig gesundet

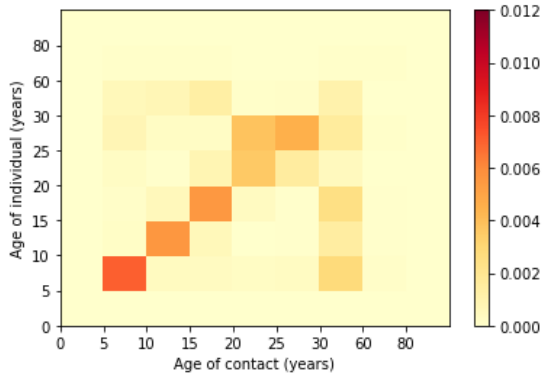
- U: In Intensivpflege
- L: mit Langzeitfolgen
- R_L: Mit Langzeitfolgen gesundet
- D: Tot

Die restlichen Parameter bilden Zeiträume zwischen den Übergängen zwischen den verschiedenen Stati sowie Wahrscheinlichkeiten für die Übergänge ab und werden aus internationalen Daten und Literaturrecherchen geschätzt. Die Daten für das Modell setzen sich aus Berichten der KMK (2021b), des RKI (SURVSTAT 2021) und des DIVI Intensivregisters (DIVI 2021) zusammen.

Die geschätzten täglichen Transmissionsraten in den Schulen in KW 9-22 werden auf nationaler Ebene und stratifiziert nach Altersgruppe als Heatmaps in Abbildung 35 dargestellt. Dabei stellt das Element einer Matrix einen Schätzer für die Wahrscheinlichkeit dar, dass sich eine Person aus der Altersgruppe auf der vertikalen Achse bei einer Person aus der Altersgruppe der horizontalen Achse infiziert. Ein kräftigerer Rot-Ton repräsentiert in der Darstellung ein höheres Infektionsrisiko. Die zugrundeliegenden Werte wurden durch Multiplikation der geschätzten Infektionsrisiken jeder Altersgruppe mit der Kontaktmatrix berechnet.

Abbildung 37. Geschätzte tägliche Infektionsrisiken in den Schulen nach Altersgruppe der Zielperson und der Kontaktperson

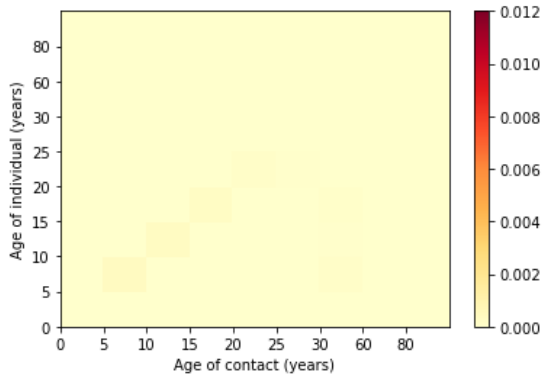




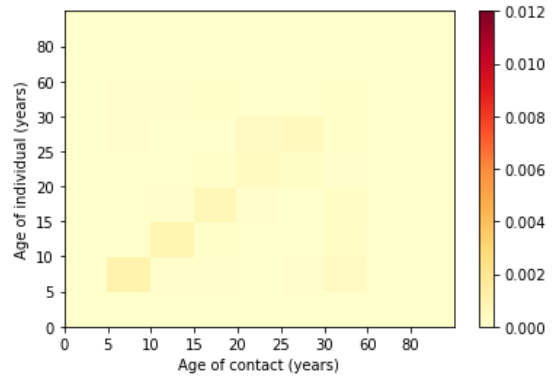
(c) Week 11



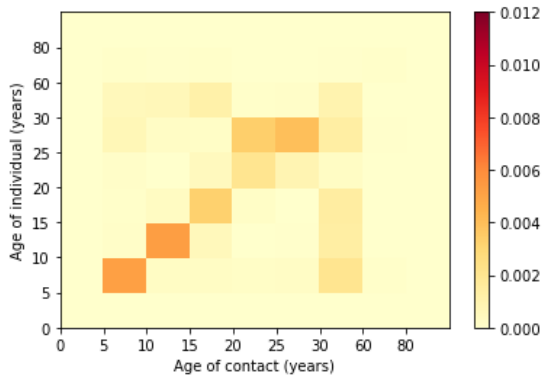
(d) Week 12



(e) Week 13



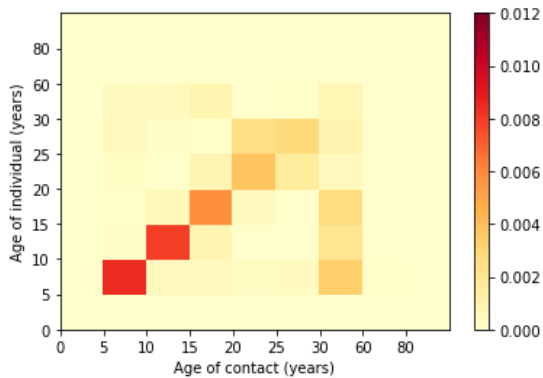
(f) Week 14



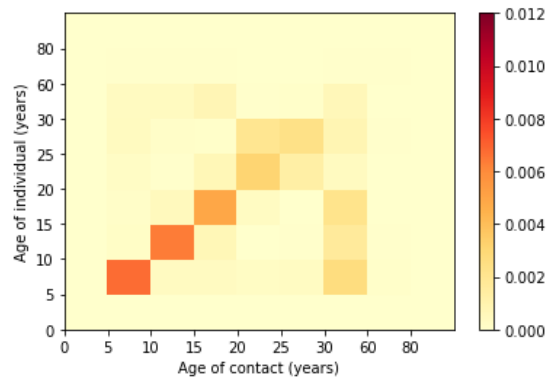
(g) Week 15



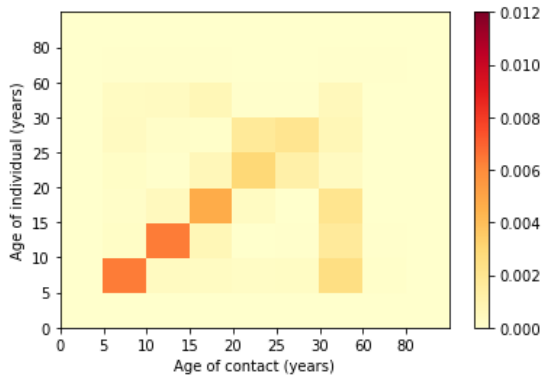
(h) Week 16



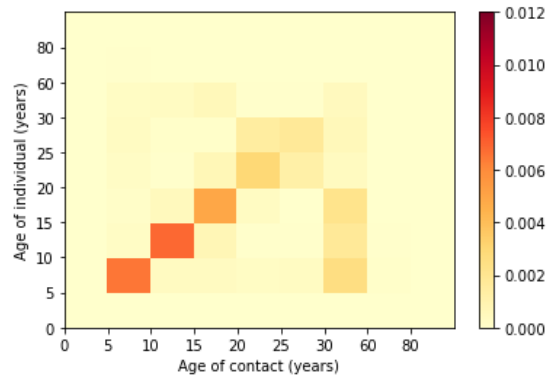
(i) Week 17



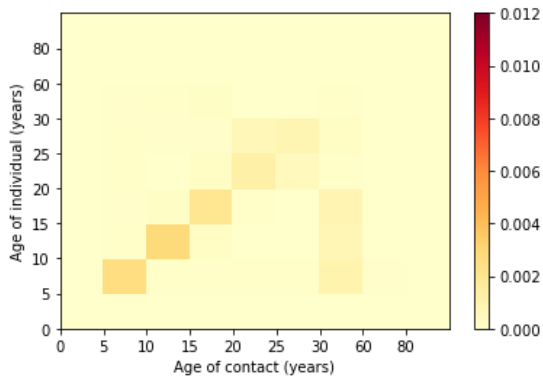
(j) Week 18



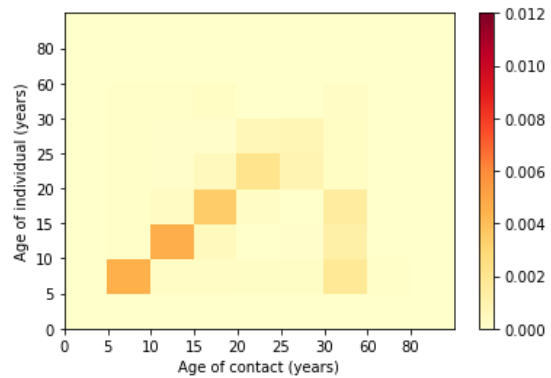
(k) Week 19



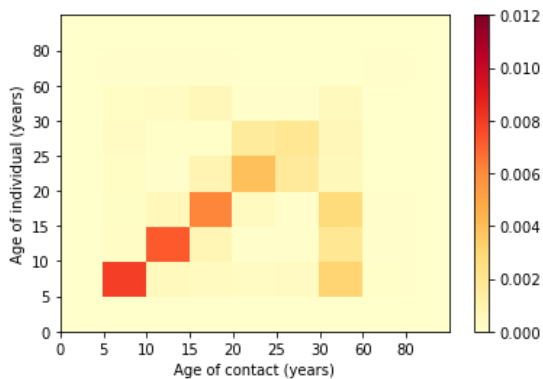
(l) Week 20



(m) Week 21



(n) Week 22



(o) Week 23

In den meisten Bundesländern waren in den Kalenderwochen 13 und 14 Osterferien, was sich an den sehr niedrigen Werten für die beiden Kalenderwochen in Abbildung 35(e) und 35(f) beobachten lässt. Dennoch gab es einige Bundesländer, wie Hessen und Sachsen-Anhalt, in denen die Schulferien anders lagen und dadurch auch in KW 13 und 14 Kontakte in den Schulen stattfanden. Hamburg hat keine Osterferien, sondern bietet stattdessen Frühlingferien in KW 9 und 10 an. Weiterhin haben einige Bundesländer Pfingstferien, die sich als die „zweiten“ grauen Zeitfenster in den Abbildungen 7-10 erkennen lassen.

Für einen genaueren Einblick in das Infektionsgeschehen in diesen beiden Wochen, gibt Abbildung 30 nochmals die Infektionsrisiken für KW 13 und 14 wieder, jedoch mit einer veränderten Skalierung.

Abbildung 38. Infektionsrisiken in den Schulen für Kalenderwoche 13 und 14 nach Altersgruppen

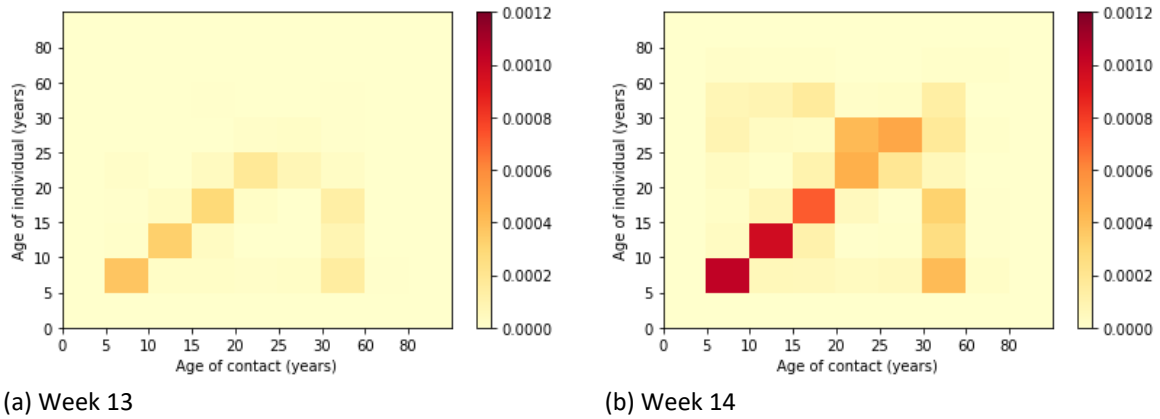
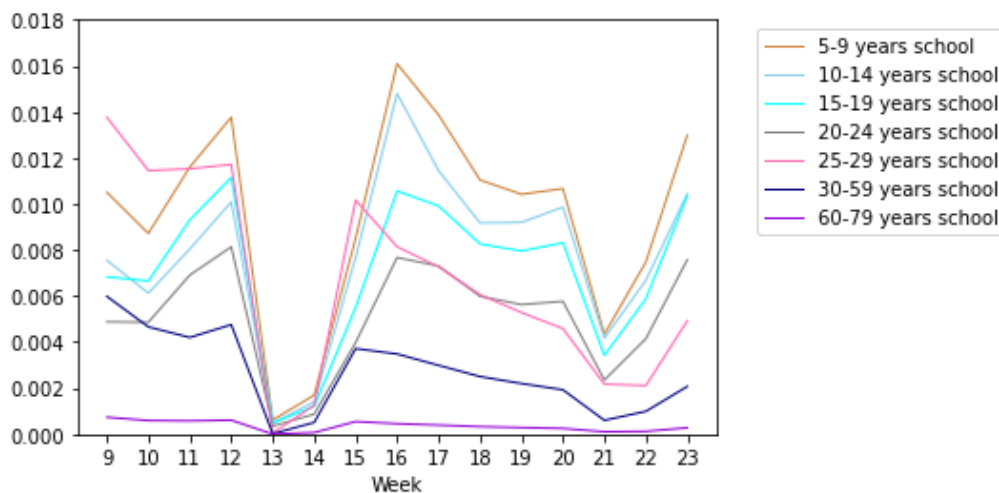


Abbildung 31 illustriert den zeitlichen Verlauf des geschätzten täglichen Infektionsrisikos in den Schulen für die Kalenderwochen 9 bis 23 nach Altersgruppen. Dieses wird durch Aufsummierung der Zeilen in den Schätzmatrizen der Transmissionsraten berechnet.

Abbildung 39. Tägliches Infektionsrisiko in der Schule im Zeitverlauf nach Altersgruppe



Auch hier ist, wenig überraschend, ein deutliches Tal in den Kalenderwochen 13 und 14 festzustellen. Ansonsten scheinen die Trends über die Altersgruppen sehr heterogen zu sein.

Weiterhin haben wir die Kontribution von Kontakten in der Schule zu erfolgten Infektionen in der Bevölkerung modelliert (Abbildung 32) und dieses auch als Anteil der Infektionen in der Bevölkerung, die durch Kontakte mit in der Schule infizierten Personen in der 3. Welle entstanden sind, dargestellt (Abbildung 33).

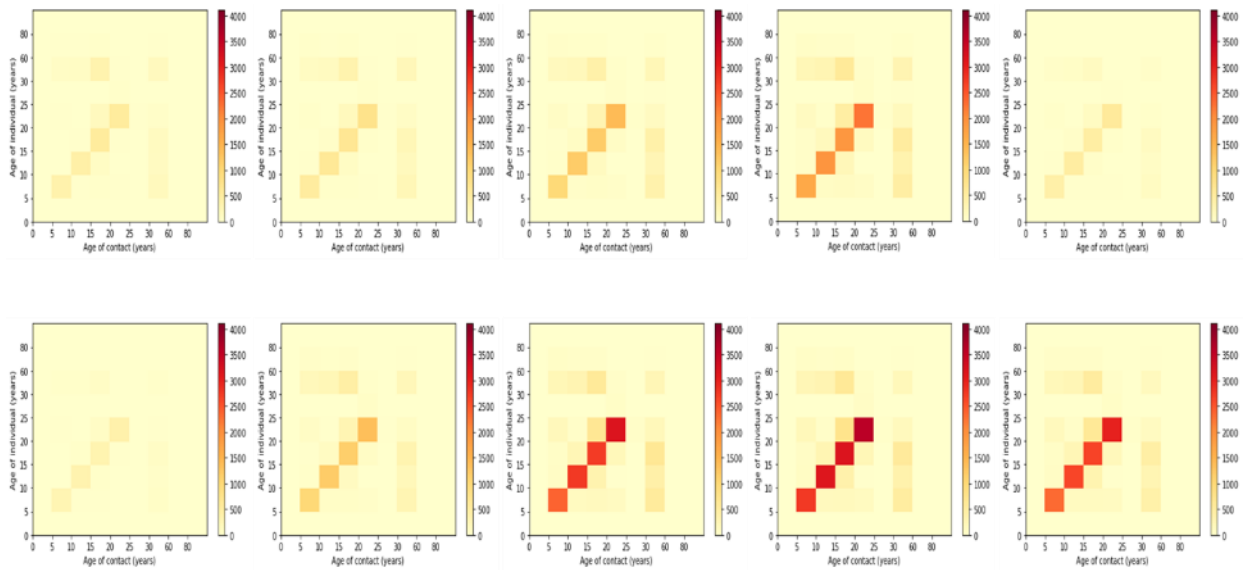


Abbildung 40 Absolute Anzahl der Infektionen in der Bevölkerung, die wöchentlich durch Kontakte in der Schule ausgelöst werden (unter Annahme der unten beschriebenen Kontaktmatrix) KW 9- 18

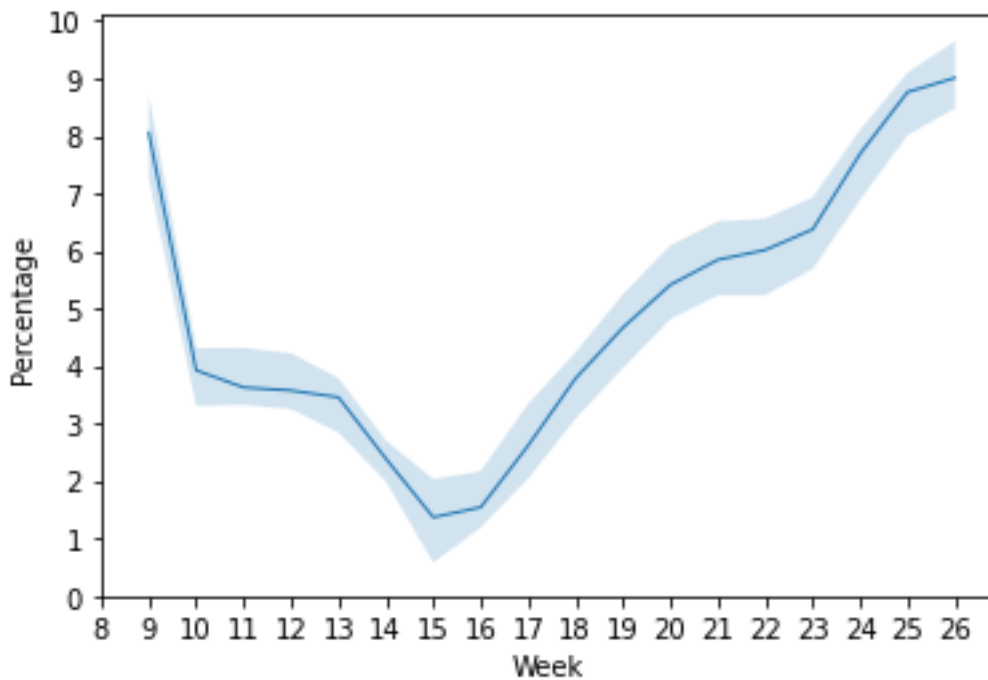


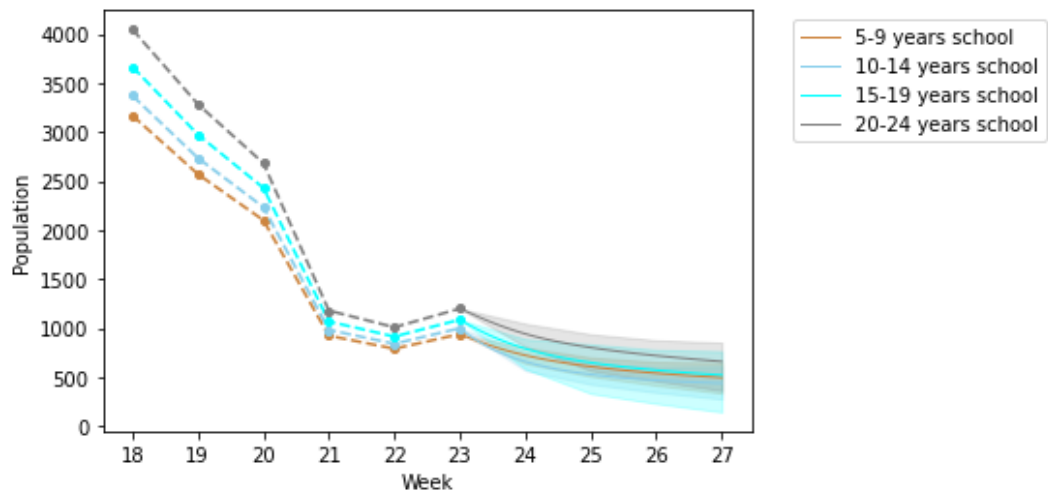
Abbildung 41 Relativer Anteil der Infektionen durch Kontakte mit in der Schule infizierten Personen in der 3. Welle

Weiterhin haben wir uns bemüht, das Modell auch für altersspezifische Vorhersagen der in der Schule zu erwartenden Infektionen zu verwenden. Wir illustrieren dies anhand der Prognose der altersspezifischen Fallzahlen in Schulen für KW 24-27. Dabei werden KW 21-22 aufgrund der Ferienzeiten nicht als Basis benutzt. Abbildungen 40-43 illustrieren die altersspezifischen Prognosen.

Tabelle 1. Prognose der Schultransmission in den Kalenderwoche 24-27

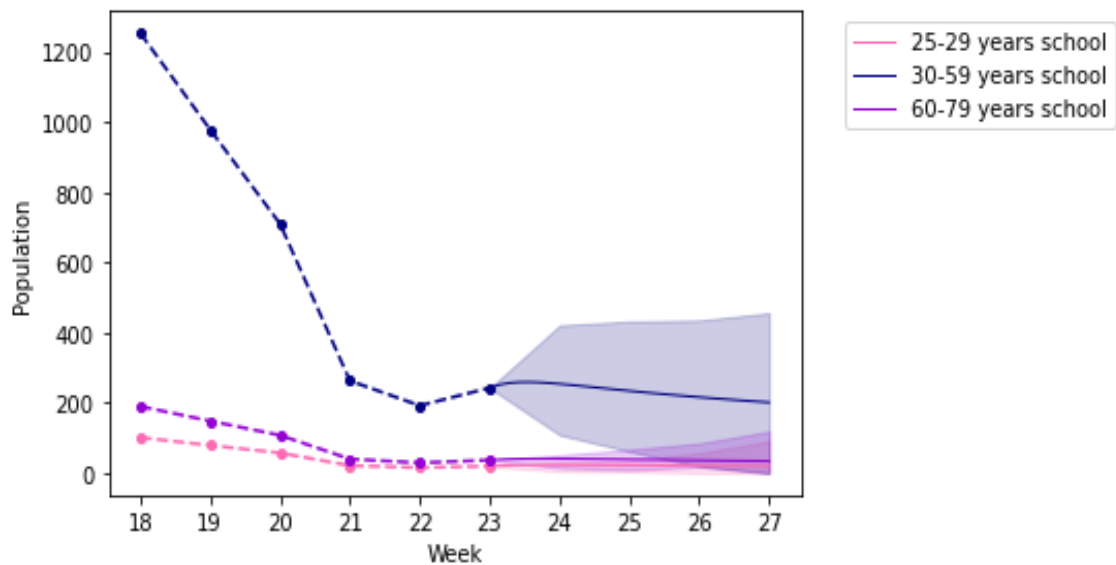
Week	Student	Teacher
24	3501	344
25	3169	328
26	2790	309
27	2523	291

Abbildung 42. Prognose der Infektionen in Schulen nach Schüleraltersgruppe



Quellen: KMK 2021b; eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 43. Prognose der Infektionen in Schulen nach Altersgruppen von SchülerInnen



Quellen: KMK 2021b; eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 44. Prognose der Infektionen in Schulen nach Altersgruppen von LehrerInnen

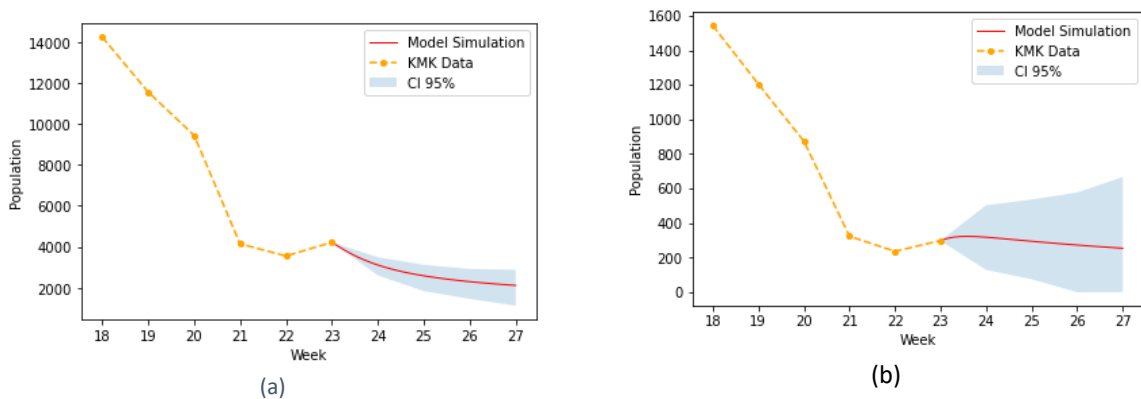


Abbildung 45 Prädiktion von Infektionen im Schulkontext mit 95% Konfidenzintervallen in KW 23 bei a) SchülerInnen und b) LehrerInnen

Quellen: KMK 2021b; eigene Berechnung und Darstellung

Ein Vergleich unserer Prognosewerte für KW 24 zeigt eine Überschätzung unseres Modells in Höhe von absolut 282 Schülern sowie 162 Lehrkräften im Vergleich zu den von der KMK berichteten Zahlen.

Wir möchten darauf hinweisen, dass das vorliegende Infektionsmodell bisher nicht durch Fachgutachter beurteilt wurde. Die aktuellen Analysen sind also noch nicht als endgültig zu verstehen und sollen eher qualitativ zeigen, welcher weitere Nutzen aus den vorliegenden Daten der KMK gezogen werden kann, und warum eine Fortführung der Datenkollektion für die Beurteilung der Lage wichtig sein kann. Die Daten mit entsprechender Modellierung erlauben grundsätzlich sowohl eine

Einschätzung der aktuellen Kontribution des Schulkontextes zum Infektionsgeschehen als auch eine Vorhersage (mit Limitationen) des Infektionsgeschehens in kurzen Zeiträumen (etwa 1-2 Wochen).

Die Population wird im Modell in 9 Altersgruppen unterteilt, von denen die 7 Altersgruppen, die im Schulkontext direkte Relevanz haben (als SuS oder Schulpersonal), in die Untergruppen "Schule" oder "Nicht-Schule" aufgeteilt werden. Insgesamt ergeben sich damit die folgenden 16 Gruppen:

Tabelle 2. Altersgruppen des SEIR-Modells

<i>i</i>	Gruppe
1	0 – 4 Jahre
2	5 – 9 Jahre Nicht-Schule
3	5 – 9 Jahre Schule
4	10 – 14 Jahre Nicht-Schule
5	10 – 14 Jahre Schule
6	15 – 19 Jahre Nicht-Schule
7	15 – 19 Jahre Schule
8	20 – 24 Jahre Nicht-Schule
9	20 – 24 Jahre Schule
10	25 – 29 Jahre Nicht-Schule
11	25 – 29 Jahre Schule
12	30 – 59 Jahre Nicht-Schule
13	30 – 59 Jahre Schule
14	60 – 79 Jahre Nicht-Schule
15	60 – 79 Jahre Schule
16	80+ Jahre

Die Infektionsraten der Altersgruppen hängen von ihren sozialen Kontakten ab. Die Kontaktmatrix C_{ij} gibt die durchschnittlichen Anzahlen an Kontakten an, die ein Individuum aus der Altersgruppe i täglich zu Individuen aus Altersgruppe j hat. Unter Nutzung der ursprünglichen POLYMOD-Daten (Mossong et al. 2008) würde sich C_{ij} darstellen als:

Tabelle 3. Kontaktmatrix gemäß POLYMOD

	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-59	60-79	80+
0-4	1.812	0.835	0.318	0.435	0.576	0.624	3.647	0.788	0.024
5-9	0.367	2.278	0.589	0.433	0.244	0.444	3.067	0.544	0.022
10-14	0.091	0.345	3.582	0.927	0.255	0.245	2.927	0.582	0.036
15-19	0.042	0.183	0.700	4.225	1.300	0.367	2.858	0.367	0.033
20-24	0.077	0.026	0.120	0.897	2.590	1.137	2.684	0.333	0.043
25-29	0.274	0.178	0.164	0.288	1.452	1.795	4.479	0.959	0.027
30-59	0.186	0.218	0.340	0.638	0.426	0.540	4.636	0.788	0.101
60-79	0.070	0.145	0.105	0.130	0.145	0.250	2.465	1.995	0.170
80+	0.077	0.077	0.077	0.154	0.154	0.154	1.462	1.231	0.308

Dabei repräsentieren die Zeilen die Zielindividuen und die Spalten ihre Kontaktpersonen.

Aus POLYMOD extrahieren wir zudem die Kontaktzahlen in den Schulen, welche in Tabelle 3 aufgeführt sind.

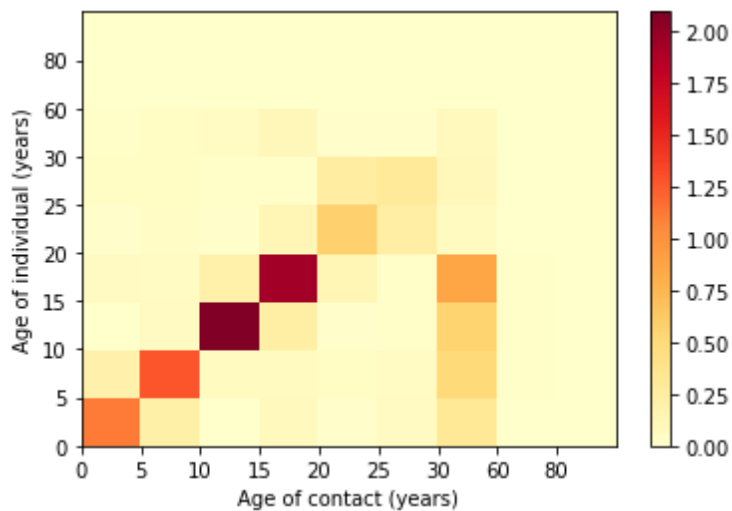
Tabelle 4. Kontaktmatrix in Schulen gemäß POLYMOD

	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-59	60-79	80+
0-4	1.124	0.216	0.000	0.090	0.011	0.000	0.320	0.000	0.000
5-9	0.196	1.275	0.076	0.074	0.055	0.164	0.509	0.026	0.000
10-14	0.000	0.072	2.091	0.234	0.014	0.156	0.556	0.018	0.000
15-19	0.067	0.061	0.204	1.942	0.135	0.340	0.879	0.016	0.000
20-24	0.008	0.045	0.012	0.134	0.573	0.576	0.081	0.000	0.000
25-29	0.053	0.056	0.020	0.017	0.260	0.800	0.108	0.007	0.000
30-59	0.032	0.056	0.065	0.118	0.010	0.081	0.097	0.002	0.000

60–79	0.000	0.006	0.004	0.004	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000
80+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Abbildung 44 illustriert dies in Form einer Heatmap zur schnelleren Übersicht.

Abbildung 46. Kontaktmatrix in Schulen nach Altersgruppe gemäß POLYMOD



Für die Simulation der Anteile der Altersgruppen an den Neuinfektionen nehmen wir die Altersverteilung der SuS und Lehrkräfte laut dem Statistischen Bundesamt an, die in Tabellen 4 und 5 aufgeführt sind.

Tabelle 5. Altersverteilung von SuS im Jahr 2019

5 – 9 years	10 – 14 years	15 – 19 years	20 – 24 years
20.47%	28.15%	26.51%	17.31%

Quellen: BMBF (2021); eigene Darstellung

Tabelle 6. Altersverteilung der Lehrkräfte im Jahr 2019

<30 years	30 – 39 years	40 – 49 years	50 – 59 years	>60 years
6.52%	28.06%	26.14%	26.74%	12.26%

Quellen: BMBF (2021); eigene Darstellung

Die geschätzten täglichen Anteile der Infektionen in den Schulen nach Altersgruppe und SchülerInnen und LehrerInnen für die Kalenderwochen 08-23 im Jahr 2021 auf nationaler Ebene sind in Abbildungen 45 und 46 dargestellt.

Abbildung 47. Anteil der Transmission unter Fällen innerhalb der Schulen



In Abbildung 47 illustrieren wir den Anteil der schulspezifischen Fälle auf die Altersgruppen auf Populationsebene für Schüler und Lehrkräfte über diesen Zeitraum.

Abbildung 48. Anteil der Infektionen in den Schulen auf Populationsebene nach Schüler-Altersgruppe

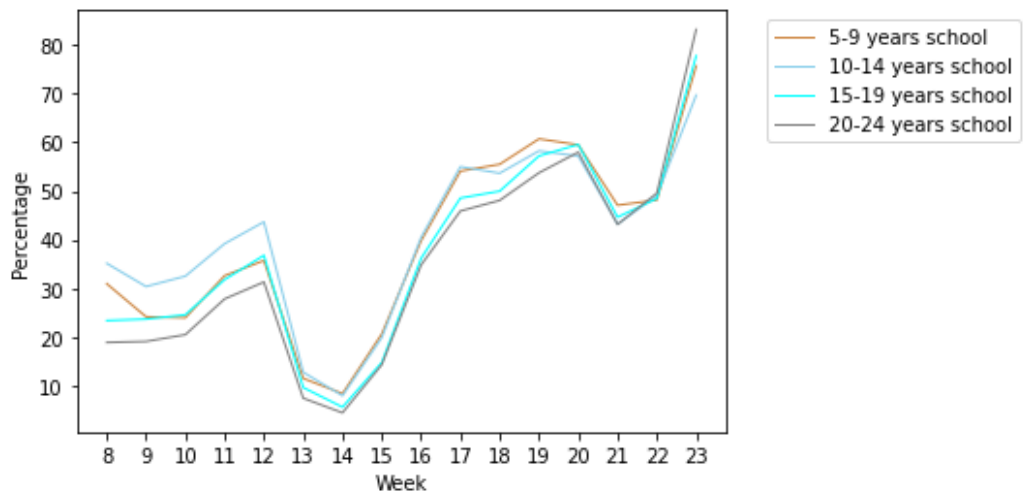


Abbildung 49. Anteil der Infektionen in den Schulen auf Populationsebene nach Lehrer-Altersgruppe

