

# Ergebnisse von PCR-Pooltestungen an bayerischen Grund- und Förderschulen im Schuljahr 2021/2022 zur Surveillance im Präsenzunterricht während der SARS-CoV-2-Pandemie

## Results of PCR Pool Testing In Primary and Special Needs Schools In Bavaria For The School Year 2021/2022: Sentinel Surveillance In Face-To-Face Teaching During The SARS-CoV-2 Pandemic



Autorinnen/Autoren

Verena Loidl<sup>1, 2</sup>, Christina Klinc<sup>3</sup>, Jakub Fusiak<sup>1</sup>, Alexander Crispin<sup>1</sup>, Verena Sophia Hoffmann<sup>1</sup>, Uta Nennstiel-Ratzel<sup>3</sup>, Ulrich Mansmann<sup>1, 2</sup>

### Institute

- 1 Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie (IBE), Ludwig-Maximilians-Universität München, Medizinische Fakultät, München, Germany
- 2 Pettenkofer School of Public Health, Ludwig-Maximilians-Universität München, Medizinische Fakultät, München, Germany
- 3 GPl, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), Oberschleißheim, Germany

### Schlüsselwörter

SARS-CoV-2 Pandemie, Schulen, PCR-Pooltest, Präsenzunterricht, Surveillance, COVID-19

### Key words

SARS-CoV pandemic, schools, PCR pool testing, face-to-face teaching, surveillance, COVID-19

Artikel online veröffentlicht 05.02.2024

### Bibliografie

Gesundheitswesen 2024; 86: 237–246

DOI 10.1055/a-2216-0139

ISSN 0941-3790

© 2024. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany

### Korrespondenzadresse

Verena Loidl  
Ludwig-Maximilians-Universität München, Medizinische Fakultät, Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie (IBE)  
Marchioninstraße 15  
81377 München  
Germany  
verena.loidl@med.uni-muenchen.de

Zusätzliches Material finden Sie unter <https://doi.org/10.1055/a-2216-0139>

### ZUSAMMENFASSUNG

Während der SARS-CoV-2-Pandemie waren Kinder durch Schulschließungen in den Schuljahren 2019/20 und 2020/21 körperlich, psychisch und sozial belastet. Um im Schuljahr 2021/22 einen sicheren Präsenzbetrieb zu gewährleisten, wurden an bayerischen Grund- und Förderschulen PCR-Pooltestungen zum zeitnahen Nachweis von SARS-CoV-2-Infektionen durchgeführt. Diese Arbeit analysiert die Ergebnisse der PCR-Pooltestungen im zeitlichen Verlauf differenziert nach Region, Schultyp und Alter der Kinder. Die Positivraten (PR) in den Klassen werden mit den Inzidenzen der Gleichaltrigen in Bayern sowie der bayerischen Gesamtpopulation im Zeitverlauf verglichen. Die Daten stammen aus Klassen der Grund- und Förderstufen mit 6- bis 11-jährigen Schüler\*innen, die vom 20.09.21 bis zum 08.04.22 an den bayernweiten Pool-Testungen teilnahmen. Zweimal wöchentlich wurden Proben erhoben. Diese bestanden aus einer PCR-Pool- und individuellen PCR-Rückstellproben, die nur im Falle eines positiven Pooltests ausgewertet wurden. Eine Klasse wurde als positiv gewertet, wenn innerhalb einer Kalenderwoche (KW) mindestens eine Rückstellprobe aus dieser Klasse positiv war. Eine Schule (Klasse) galt als infektionsbelastet, wenn drei oder mehr Klassen

dieser Schule (Schüler\*innen dieser Klasse) innerhalb einer KW positiv waren. Daten liegen aus 2430 Grundschulen (339 Förderschulen) mit 23 021 (2711) Klassen und 456 478 (29 200) Kindern vor. 1 157 617 Pools (davon 3,37% positiv) und 724 438 Rückstellproben (6,76% positiv) wurden analysiert. Große Schulen zeigten höhere PR als kleine. Ab Januar 2022 kam es unter Dominanz von Omikron-Varianten zu einem massiven Anstieg der PR in ganz Bayern. Die Test-PR der Rückstellproben waren niedriger als die zeitgleich gemeldeten altersentsprechenden und allgemeinen Infektionsinzidenzen in der bayerischen Gesamtbevölkerung. Bei den Pooltestungen zeigten sich nur vergleichsweise selten positive Pools, im Durchschnitt waren vier Kinder pro einhundert Pools positiv. Schulen und Klassen galten selten als infektionsbelastet auch bei hohen Inzidenzen außerhalb der Schulen. Die Kombination von PCR-Pooltestungen und Hygienemaßnahmen ermöglichte einen weitgehend sicheren Präsenzunterricht für Grund- und Förderschüler\*innen im Schuljahr 2021/22.

## ABSTRACT

In the school years 2019/20 and 2020/21, children were physically, psychologically, and socially stressed by school closures caused by the SARS-CoV-2 pandemic. To ensure attendance with optimal infection protection, PCR pool testing was conducted during the 2021/22 school year at Bavarian elementary schools and schools for pupils with special needs for timely detection of SARS-CoV-2 infection. This study analyzes the results of PCR pool testing over time stratified by region, school

type, and age of children. The data were obtained from classes in elementary and special needs schools, involving pupils aged 6 to 11 years, who participated in the Bavaria-wide PCR pool testing from 09/20/21 to 04/08/22. Samples were collected twice weekly, consisting of PCR pool samples and individual PCR samples, which were only evaluated in case of a positive pool test. A class was considered positive if at least one individual sample from that class was positive within a calendar week (CW). A school (class) was considered to be infection-prone if three or more classes in that school (students in that class) were positive within a CW. The data included 2,430 elementary schools (339 special needs schools) with 23,021 (2,711) classes and 456,478 (29,200) children. A total of 1,157,617 pools (of which 3.37% were positive) and 724,438 individual samples (6.76% positive) were analyzed. Larger schools exhibited higher PR compared to smaller schools. From January 2022, the Omicron variant led to a massive increase in PR across Bavaria. The incidence rates per 100,000 person-weeks within the individual school samples were significantly lower than the concurrently reported age-specific and general infection incidences in the overall Bavarian population. PCR pool testing revealed relatively few positive pools, with an average of four children per one hundred pools testing positive. Schools and classes were rarely considered infection-prone, even during periods of high incidences outside of schools. The combination of PCR pool testing and hygiene measures allowed for a largely safe in-person education for pupils in primary and special needs schools in the school year 2021/22.

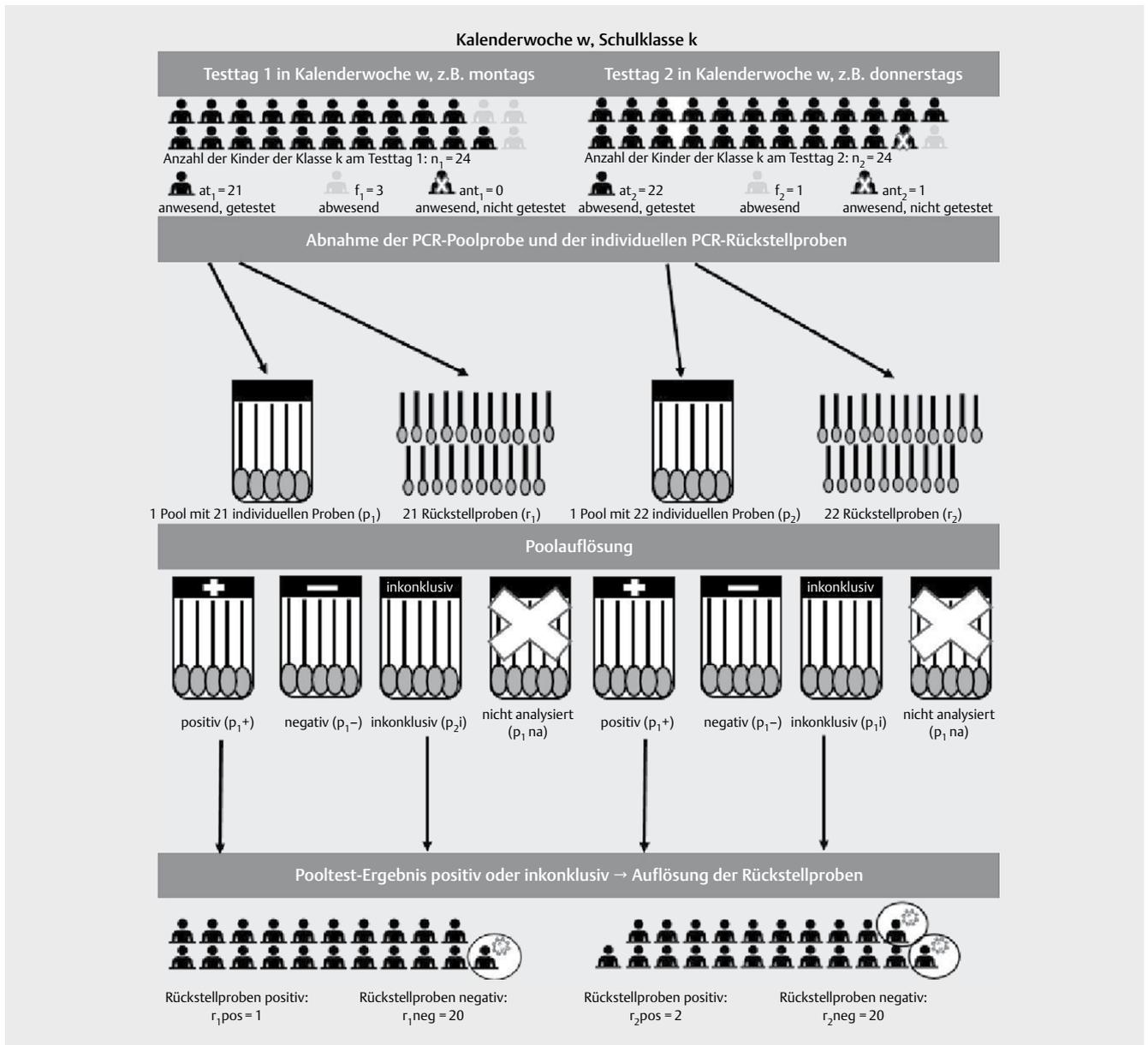
## Einleitung

Welche Rolle SARS-CoV-2-Infektionen (severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2) in Schulen spielen, war in Deutschland seit Beginn der Pandemie (Februar 2020) und nach dem Inkrafttreten der Bundesregelungen zur Eindämmung der dritten Infektionswelle (04/2021) [1] von hohem Interesse. Schulschließungen, Wechselunterricht, Homeschooling und Kontaktverbote wirkten sich massiv auf den Alltag der Kinder und deren Familien aus. Es kam zu gesundheitlichen [2], psychosozialen [3] und ökonomischen [4] Beeinträchtigungen. Dabei war der Effekt von Schulschließungen oder -öffnungen auf die Kontrolle einer SARS-CoV-2 Übertragung unklar [5] und medizinische Fachgesellschaften empfahlen Schulschließungen nur in Ausnahmefällen [6].

Während der ersten beiden Pandemiewellen zeigten sich Kinder weniger suszeptibel gegenüber SARS-CoV-2 als Erwachsene [7]. Ihre klinischen Verläufe waren meist mild oder asymptomatisch [8]. Allerdings wurden auch bei Kindern Hospitalisierungen, schwere Verläufe, Folgeerkrankungen (etwa PIMS – pediatric inflammatory multisystem syndrome) sowie Todesfälle beschrieben [9]. Das Risiko für Kinder unter verschiedenen Virusvarianten an Post/Long COVID zu erkranken war unklar [10]. Die Ständige Impfkommission (STIKO) empfahl ab dem 16.08.2021 eine COVID-Impfung für 12- bis 17-Jährige und ab dem 24.05.2022 auch für Kinder zwischen 5 und 11 Jahren [11].

Zu Beginn des Schuljahres 2021/22 lagen folgende epidemiologische Erkenntnisse zur Infektionsdynamik in Schulen vor. Die Anzahl der seropositiven Kinder betrug das 3- bis 6-fache der im Vergleichszeitraum gemeldeten Erkrankungsfälle [12]. Kinder waren selten Indexfälle [9] und selten an „Superspreading-Events“ beteiligt [13]. Nationale und internationale Ergebnisse berichteten von Übertragungen an Schulen ohne nennenswerten Beitrag zum gesamten Pandemiegeschehen [13]. Nach den Osterferien 2021 legten Studien nahe, dass die Infektionsübertragung vor allem in Familien oder bei Freizeitaktivitäten erfolgten [14]. Ende 2020 ließen Daten aus Schulen in Rheinland-Pfalz erkennen, dass nur jeder sechste Indexfall innerhalb der Schule zu Übertragungen führte [15]. Viermal mehr Sekundärfälle wurden durch Lehrpersonal als durch Kinder verursacht [16]. Eine Analyse der Ausbruchsdaten (definiert als zwei oder mehr SARS-CoV-2-Infektionen in einem epidemiologischen Zusammenhang) zeigte für Bayern, dass 2,4% aller Ausbrüche zwischen September 2020 und März 2021 in Schulen erfolgten. Die Hälfte dieser Ausbrüche umfasste lediglich zwei bis drei Fälle [16]. Damit zeigten sich Schulen nicht als Risikoeinstellungen, so dass im Schuljahr 2021/22 der Präsenzbetrieb unter Einhaltung von Infektionsschutzmaßnahmen als verantwortbar erachtet wurde.

Das Robert Koch-Institut empfahl zum Schuljahresanfang 2021/22 PCR-Pooltestungen als kostengünstige und zuverlässige Möglichkeit, SARS-CoV-2-Infektionen in Gruppen [17] zeitnah nachzuweisen. Nordrhein-Westfalen führte als erstes Bundesland



► **Abb. 1** Darstellung der durchgeführten PCR-Testungen einer Klasse (k) innerhalb einer Kalenderwoche (w). Eine Klasse wurde zweimal pro Kalenderwoche getestet. Die Abstrichstäbchen einer Klasse wurden zu einer Poolprobe zusammengefasst und die individuellen Rückstellproben der Schüler\*innen wurden zeitgleich entnommen. Im Falle eines positiven oder inkonklusiven Pool-Testergebnisses wurden die individuellen Rückstellproben dieser Klasse analysiert und infizierte Kinder herausgefiltert. Aus Gründen der Lesbarkeit wurde bei den Abkürzungen auf die Indizes w und k (w: Kalenderwoche und k: Klasse) verzichtet.

in Deutschland im Mai 2021 PCR-Pooltestungen mittels „Lolli-Methode“ flächendeckend an Grund- und Förderschulen ein [18]. Diese Tests galten als ungefährlich, einfach durchführbar und von Kindern besser akzeptiert als Nasen- oder Rachenabstriche [19]. Pooltestungen wurden als ressourceneffizient und bei niedriger Prävalenz als gut skalierbar bewertet [20]. Sie waren bei der Überwachung von Infektionsdynamiken und der Reduktion des Übertragungsrisikos effektiv [18, 20]. An bayerischen Schulen wurden ebenfalls regionale Modellprojekte unter Verwendung unterschiedlicher PCR-Testverfahren durchgeführt [21–25].

Vor diesem Hintergrund beschloss die Bayerische Staatsregierung am 06.07.2021 zum neuen Schuljahr flächendeckend Präsenzunter-

richt mit kostenfreien PCR-Pooltestungen an allen bayerischen Grund- und Förderschulen. Für diesen Unterricht galt ein spezifisches der Delta-Variante angepasstes Hygienekonzept (Online-Appendix II). Pooltests sollten schnell und effektiv Ausbrüche entdecken und die Isolation infektiöser Kinder ermöglichen. Ein negativer SARS-CoV-2-Test war die Voraussetzung für eine Teilnahme am Präsenzunterricht, sofern das Kind weder geimpft noch genesen war [26]. Eine flächendeckende Umsetzung der PCR-Pooltestungen erfolgte ab Kalenderwoche (KW) 38/2021 bis einschließlich KW 14/2022.

Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) und das Institut für Medizinische Informationsverar-

beitung, Biometrie und Epidemiologie (IBE) der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) wurden mit der Begleitevaluation beauftragt. Erste Ergebnisse sind bereits berichtet [27].

Ziel der Begleitevaluation war die zeitnahe Bereitstellung kontinuierlicher Daten zur Infektionsdynamik an bayerischen Grund- und Förderschulen im Schuljahr 2021/22 über ein Dashboard und wöchentliche Berichte. Dadurch sollten Entscheidungsträger gut informiert werden und schnell erkennen, ob die Offenhaltung der Schulen verantwortbar ist.

Diese Arbeit zeigt die wesentlichen Inhalte dieser Surveillance: Schul- und Klassen-Positivitätsraten im zeitlichen Verlauf differenziert nach (1) Region (Bayern und Regierungsbezirke), (2) Schultyp (Grund- und Förderschulen) und (3) Altersgruppen der Kinder. Die Infektionsinzidenzen der an den PCR-Pooltestungen teilnehmenden Kinder werden mit denen der vergleichbaren Altersgruppe der 6- bis 11-Jährigen sowie der bayerischen Gesamtpopulation im Zeitverlauf verglichen.

## Methodik

### Studienpopulation

Eingeschlossen wurden Kinder der Grundschulstufe (Klassenstufen 1 bis 4 der Grund- und Förderschulen) in Bayern mit Zustimmung der Erziehungsberechtigten zur Teilnahme an den PCR-Pool-Testungen. Klassen mit einem medianen Alter unter 6 oder über 11 Jahre wurden von der Analyse ausgeschlossen (Grundschule:  $n = 16$ , Förderschule:  $n = 1131$ ). Dokumentiert wurden Daten aus Schulen, die im Analysezeitraum mindestens einen Test übermittelt hatten.

### Pooltest-Methode

► **Abb. 1** zeigt den Ablauf der Pooltestungen für eine Klasse in einer KW. Anwesende Kinder wurden zweimal wöchentlich getestet. Sie lutschten jeweils 30 Sekunden an zwei Abstrichstäbchen: Pool- und Rückstellprobe. Wenn ein Pool positiv oder inkonklusiv getestet wurde, wurden die Rückstellproben des betreffenden Pools ausgewertet. Bei einem negativen Testergebnis eines Pools galten die zugehörigen Einzelproben ebenfalls als negativ und wurden sofort entsorgt. Die Labore übermittelten die Ergebnisse der positiven PCR-Rückstellproben an Eltern und lokale Gesundheitsämter, und PCR-positiv getestete Kinder wurden vom Präsenzunterricht ausgeschlossen.

Die PCR-Proben wurden von zehn Laborstandorten in Bayern mittels Real-time-quantitative-PCR analysiert. Novid20 [28] integrierte die Testergebnisse in eine Projektdatenbank. Die Daten wurden hinsichtlich Schüler\*innen und Klasse innerhalb der Klassenstufe einer Schule pseudonymisiert und täglich an das IBE übermittelt.

Ab dem 29.11.2021 wurden jeden Montagmorgen zusätzlich verpflichtende Antigen-Selbsttests durchgeführt. Antigen-Selbsttests liefern sofortige Ergebnisse und bieten den Vorteil, hochgradig ansteckende Kinder mit einer hohen Viruslast zu identifizieren. Sie werden von Kindern gut akzeptiert [29]. Trotzdem sind die Nachteile der Antigen-Selbsttests bekannt, wie geringe Sensitivität [30], Schwankungen in der Probenqualität [31] und Schwierigkeiten bei jüngeren Kindern bei der korrekten Durchführung der Eigenentnahme. Um die Unsicherheit aufgrund von falsch negativen Antigen-Selbsttests zu verringern, wurden nachfolgend PCR-

Pooltestungen für Kinder mit einem negativen Antigen-Selbsttest durchgeführt. Für den Fall, dass ein Kind einen positiven Antigen-Selbsttest erzielte, war es von der Teilnahme am Unterricht und der PCR-Pooltestung ausgeschlossen. Obwohl die Anzahl der durchgeführten Antigen-Selbsttests sowie ihre spezifischen Ergebnisse nicht erfasst wurden, trug die Kombination dieser beiden Verfahren dazu bei, die Effektivität des Screening-Prozesses zu steigern und ein ausgewogenes Verhältnis zwischen schneller Erkennung und der Berücksichtigung potenzieller Test-Unsicherheiten zu gewährleisten. Drei Zeitperioden mit jeweils vorherrschenden Virusvarianten werden betrachtet: (1) Delta-Welle ohne Schnelltest: 20.09.2021 bis 28.11.2021, 9 Wochen, ohne Herbstferien; (2) Delta-Welle mit Schnelltest: 29.11.2021 bis 23.12.2021, 4 Wochen; (3) Omikron-Welle mit Schnelltest: 09.01.22 bis 08.04.22, 12 Wochen, ohne Winterferien. In den Schulferien fanden keine Testungen statt und es wurden keine Daten übermittelt.

### Variablen/Zielgrößen

Schul- und testbezogene Variablen (Online-Appendix Ia)

Für jede pseudonymisierte Klasse mit Datum (und damit mit Zuordnung zur KW und Testdurchführung wurde die Anzahl der insgesamt getesteten, der positiv getesteten, der anwesenden aber nicht getesteten und der abwesenden Schüler\*innen dokumentiert. Das Ergebnis des PCR-Pooltests (positiv, negativ, inkonklusiv, Test nicht durchgeführt) wurde in der Klasse zum Testtag der KW dokumentiert. Nach Auflösung eines Pools in einer Klasse wurde die Anzahl der positiven wie negativen individuellen Rückstellproben dokumentiert. Für jede Klasse wurden Schulstandort, Schultyp sowie ein medianes Geburtsdatum ihrer Schüler\*innen dokumentiert. Zur Beschreibung des Vorgehens siehe Online-Appendix Ia.

Klassenwochen (Online-Appendix Ib)

Der Nenner der berechneten Raten ist die Anzahl der in einer Periode oder Teilgruppe beobachteten Klassenwochen: Die Summe über alle Klassen und Wochen, an denen bei ihnen Pooltestungen erfolgten. Findet innerhalb einer KW für eine Klasse mindestens eine Testung statt, so wird diese KW zu den beobachteten Klassenwochen gezählt. Ferienzeiten werden nicht mitgezählt. Für eine Klasse beginnt die Zählung ihrer Klassenwochen nach der ersten Übermittlung eines Testergebnisses.

Positivitätsrate (PR) der Klassen in Kalenderwoche  $w$  (Online-Appendix Ic)

Für die Berechnung der Klassen-PR für die Woche  $w$  wurden Klassen als positiv gewertet, in denen mindestens eine individuelle Rückstellprobe positiv war oder bei denen keine Daten übertragen wurden (unter der konservativen Annahme, dass sich die ganze Klasse in dieser Woche in Quarantäne befand). Im Nenner stehen alle Klassen im Projekt.

Versionen der Test-PR der PCR-Pool-Proben in Kalenderwoche  $w$  (Online-Appendix Id)

Definition 1 (Online-Appendix Id,  $PPR1_w$ ): Die Test-PR der analysierten PCR-Pool-Proben einer KW berechnet sich aus dem Anteil der positiven Pools an allen in dieser KW untersuchten Pools (negativ, positiv, inkonklusiv). Definition 2 (Online-Appendix Id,  $PPR2_w$ ): Die Test-PR aller PCR-Pool-Proben einer KW berechnet sich aus dem

► **Tab. 1** Überblick über die Anzahl an Schulstandorten, Klassen und Kindern, die an den Pooltestungen teilnahmen und eine Grund- oder Förderschule in Bayern besuchten. Median und der Interquartilsabstand (IQR) der durchgeführten Poolproben und durchgeführten Rückstellproben pro Kalenderwoche in den Zeiträumen: Periode 1 (Delta-Welle ohne Schnelltest 20.09.2021 bis 28.11.2021), Periode 2 (Delta-Welle mit Schnelltest 29.11.2021 bis 23.12.2021) und Periode 3 (Omikron-Welle mit Schnelltest 09.01.2022 bis 08.04.2022) angegeben. Die Tab. berücksichtigt die Daten vom 20.09.2021 bis zum 08.04.2022. Klassen mit einem medianen Alter unter 6 oder über 11 wurden von der Analyse ausgeschlossen ( $N_{\text{gesamt}} = 1147$ ,  $N_{\text{Grundschule}} = 16$ ,  $N_{\text{Förderschule}} = 1131$ ).

Bayern	Anzahl (n)		Median [IQR]						
	Schulstandorte	Klassen	Kinder	Pooltestungen durchgeführt/KW			Rückstellproben erhoben/KW		
				Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 1	Periode 2	Periode 3
<b>Gesamt</b>	2769	25732	485678	48851 [660]	48552 [39375]	48872 [891]	844562 [36224]	8174395 [64025]	712316 [6827275]
Grundschulen	2430	23021	456478	43853 [540]	43639 [37825]	43960 [80875]	799043 [34828]	7731725 [610975]	672536 [653495]
Förderschulen	339	2711	29200	4967 [137]	4913 [5,36]	49475 [92]	44943 [1396]	44267 [29275]	402545 [301625]

Anteil der positiven Pools an allen in dieser KW erhobenen Pools (negativ, positiv, inkonklusiv, nicht analysiert).

Test-PR der PCR-Rückstellproben (PSP-PR) in Kalenderwochen  $w$  (Online-Appendix Ie)

Für die RSP-PR werden ebenfalls zwei Definitionen verwendet. Definition 1: Die  $RSPPR1_w$  ist der Anteil positiver Rückstellproben an allen getesteten Rückstellproben innerhalb einer KW. Definition 2: Die  $RSPPR2_w$  ist der Anteil positiver Rückstellproben an allen Kindern aller Klassen.  $RSPPR2_w$  berücksichtigt auch die nicht-getesteten und abwesenden Kinder.

Infektionsbelastung (Online-Appendix If und Ig)

Ein Schulstandort galt in KW  $w$  als infektionsbelastet, wenn drei oder mehr Klassen an diesem Standort in dieser KW positiv getestet wurden. Eine Klasse galt in KW  $w$  als infektionsbelastet, wenn drei oder mehr Schüler\*innen dieser Klasse innerhalb der KW positiv getestet wurden. Die Infektionsbelastung bestimmt sich über den Anteil der belasteten Schulen an allen getesteten Schulen und über den Anteil der belasteten an allen getesteten Klassen innerhalb einer KW.

Waren alle Klassen einer Schule innerhalb einer KW ohne Datemeldung, wurde dies als Schulschließung interpretiert.

7-Tage-Infektionsinzidenz pro 100 000 in der Pooltestpopulation und in der Allgemeinbevölkerung (Online-Appendix Ih)

Die 7-Tage-Infektionsinzidenz pro 100 000 Schüler\*innen in KW  $w$  für die Pooltestpopulation berücksichtigt nur diejenigen Klassen, die in der KW mindestens einen Pool-Test durchgeführt hatten.

Die 7-Tage-Inzidenz wurde auf Basis der nach Infektionsschutzgesetz gemeldeten SARS-CoV-2-Infektionen in der bayerischen Gesamtbevölkerung und in der Altersgruppe der 6- bis 11-Jährigen berechnet. Für die 7-Tage-Inzidenz wurden die Fälle mit Meldedatum in der jeweiligen KW gezählt. Die Daten zum Infektionsgeschehen wurden vom LGL am 18.05.2022 zur Verfügung gestellt. Die demografischen Daten wurden aus dem Statistischen Bericht des Bayerischen Landesamtes für Statistik für das Jahr 2020 auf Kreisebene extrahiert [32].

Datenanalyse und -auswertung

Die Kennzahlen wurden deskriptiv für Bayern und die Regierungsbezirke (RB) berichtet: Mittelwert, Median, Interquartilsabstand (IQR). Die PRs der Klassen und Schulen wurden nach Schultyp (Grund- und Förderschulen) und dem medianen Alter der Klassen (jünger 8 Jahre, 8 bis jünger 9 Jahre, 9 bis jünger 10 Jahre, 10 bis 11 Jahre) analysiert. Schulstandorte wurden entsprechend der Anzahl ihrer Klassen in Quartile aufgeteilt (bis zu 5, 6 bis 8, 9 bis 12, mehr als 12). Aufgrund der Vollerhebung wurden keine inferenzstatistischen Verfahren verwendet. Die Analysen erfolgten mit der Software R (V 4.1.2) [33].

Ethik und Datenschutz

Die Ethikkommission der Medizinische Fakultät (Antrag 21–0957) sowie der Behördliche Datenschutzbeauftragte (Stellungnahme 031.0.1.2.2) der LMU München befürworteten das Projekt.

► **Tab. 2** Überblick über die Kennzahlen der PCR-Pool- und Rückstellproben in Bayern aufgeteilt in die Zeiträume Periode 1 (Delta-Welle ohne Schnelltest 20.09.2021 bis 28.11.2021), Periode 2 (Delta-Welle mit Schnelltest 29.11.2021 bis 23.12.2021) und Periode 3 (Omikron-Welle mit Schnelltest 09.01.2022 bis 08.04.2022). Die beobachteten Klassenwochen ergaben sich aus der Anzahl der Klassen, die pro Kalenderwoche mindestens eine Testung durchgeführt hatten, multipliziert mit der Anzahl der Kalenderwochen ohne Ferien. Eine Klasse, die in der Kalenderwoche keine Testübermittlung durchgeführt hatte, wurde als nicht beobachtet gewertet. Die Kennzahlen beziehen sich auf die beobachteten Klassenwochen in der angegebenen Zeitperiode. <sup>1</sup>Die Gesamtanzahl an Schüler\*innen pro Klasse ergab sich aus dem Maximum der anwesenden (getesteten und nicht getesteten) und der abwesenden Schüler\*innen einer Klasse innerhalb der Zeitperiode. <sup>2</sup>Die berichteten Poolproben ergaben sich aus der Summe der positiven, negativen, inkonklusiven und nicht analysierten Poolproben innerhalb der Zeitperiode.

Zeitperiode	Periode 1	Periode 2	Periode 3
Anzahl der Kalenderwochen (ohne Ferien)	9	4	12
Beobachtete Klassenwochen	209413	100230	301820
Anteil der beobachteten Klassenwochen an den maximal möglichen Klassenwochen (%)	99,88	99,73	99,72
Anteil der an Kindern durchgeführten Rückstellproben an der Gesamtanzahl an Schüler*innen <sup>1</sup> über die Zeitperiode (%)	92,04	88,87	80,08
Positivitätsrate Rückstellproben/10 000 Rückstellproben (berücksichtigt <b>nur getestete Kinder</b> einer Klasse)	9,67	9,80	45,95
Positivitätsrate Rückstellproben/10 000 Rückstellproben (berücksichtigt <b>alle</b> Kinder einer Klasse)	8,90	8,71	36,80
Anteil der positiven Poolproben an der Gesamtanzahl der berichteten Poolproben <sup>2</sup> über die Zeitperiode (%)	1,75	1,84	6,22
Anteil der negativen Poolproben an der Gesamtanzahl der berichteten Poolproben über die Zeitperiode (%)	95,45	95,71	91,77
Anteil der nicht analysierten oder nicht durchgeführten Poolproben an der Gesamtanzahl der berichteten Poolproben über die Zeitperiode (%)	2,80	2,45	1,99

## Ergebnisse

Vom 20.09.2021 (KW 38/2021) bis 08.04.2021 (KW 14/22) wurden in 2430 Grundschulen 23 021 Klassen und 456 478 Kindern eingeschlossen. In 339 Förderschulen waren es 2711 Klassen mit 29 200 Kindern (100 % der Grund- und Förderschüler\*innen dieser Altersgruppe, vgl. [34]). Insgesamt wurden 611 463 Klassenwochen (Grundschulen: 548 926, Förderschulen: 62 537, aufgeteilt nach Periode beobachtet.

► **Tab. 1** zeigt weiterhin die mittlere Anzahl getesteter Klassen und durchgeführter Rückstellproben innerhalb einer KW. Online-Appendix III, ► **Tab. 1** zeigt die Ergebnisse aufgeteilt nach RB.

Im Mittel umfasste ein Pool 16,7 Grundschulkinder und 8,5 Kinder in Förderschulen. Pro Testtag nahmen in Grundschulen durchschnittlich 19,4 Kinder (Median: 20,0; IQR: 5,0) pro Klasse und 95,7 Kinder (Median: 83,0; IQR: 72,0) pro Schule teil. An Förderschulen waren es durchschnittlich 10,4 Kinder (Median: 10,0; IQR: 4,0) pro Klasse und 46,5 Kinder (Median: 41,0; IQR: 36,0) pro Schule. An Grundschulen (Förderschulen) wurden 45 279 (3 697) Kinder nach Auflösung von 35 892 (3150) PCR-Pooltests positiv getestet.

► **Tab. 2** zeigt pro Periode die Ergebnisse der durchgeführten Testungen, Online-Appendix IV, ► **Tab. 2–4** die Ergebnisse analog pro RB. In Periode 3 waren die PRs der Rückstell- und Poolproben generell deutlich höher als in den Perioden 1 und 2. Online-Appendix V, ► **Tab. 5** zeigt die RSP-PR und Pool-PR aufgeteilt nach Laboren und Zeiträumen.

► **Abb. 2** zeigt die klassenbasierten PR im Zeitverlauf in Bayern und nach RB (a), für Grund- und Förderschulen (b) und Altersklassen (c). Die klassenbasierte PR (Definition 2) war nach den Weihnachtsferien (KW 2/2022) in allen Strata höher. Sie lag im RB Oberpfalz über der der anderen RBs. In Förderschulen lag sie unterhalb der der Grundschulen. Die klassenbasierten PR der Altersgruppen unterschieden sich kaum. Online-Appendix VI ► **Abb. 1** zeigt die klassenbasierte PR unter progressiver Annahme (Definition 1).

► **Tab. 2** zeigt die Test-PR der PCR-Rückstellproben einer Schule sowie aller Kinder einer Schule. In Periode 3 zeigte sich eine vierfa-

che Zunahme der Test-PR der PCR-Rückstellproben. Ebenso nahmen in dieser Periode die Test-PR der PCR-Poolproben zu. Die prozentualen Anteile der negativen Poolproben sowie der inkonklusiven/nicht analysierten Poolproben an der Gesamtanzahl der berichteten Poolproben nahm ab (► **Tab. 2**). Die Test-PR aufgeteilt nach Region, Schultyp und dem medianen Alter zeigten einen ähnlichen Verlauf über die Zeit mit einem deutlichen Anstieg nach den Weihnachtsferien (Online-Appendix VII, ► **Abb. 2**).

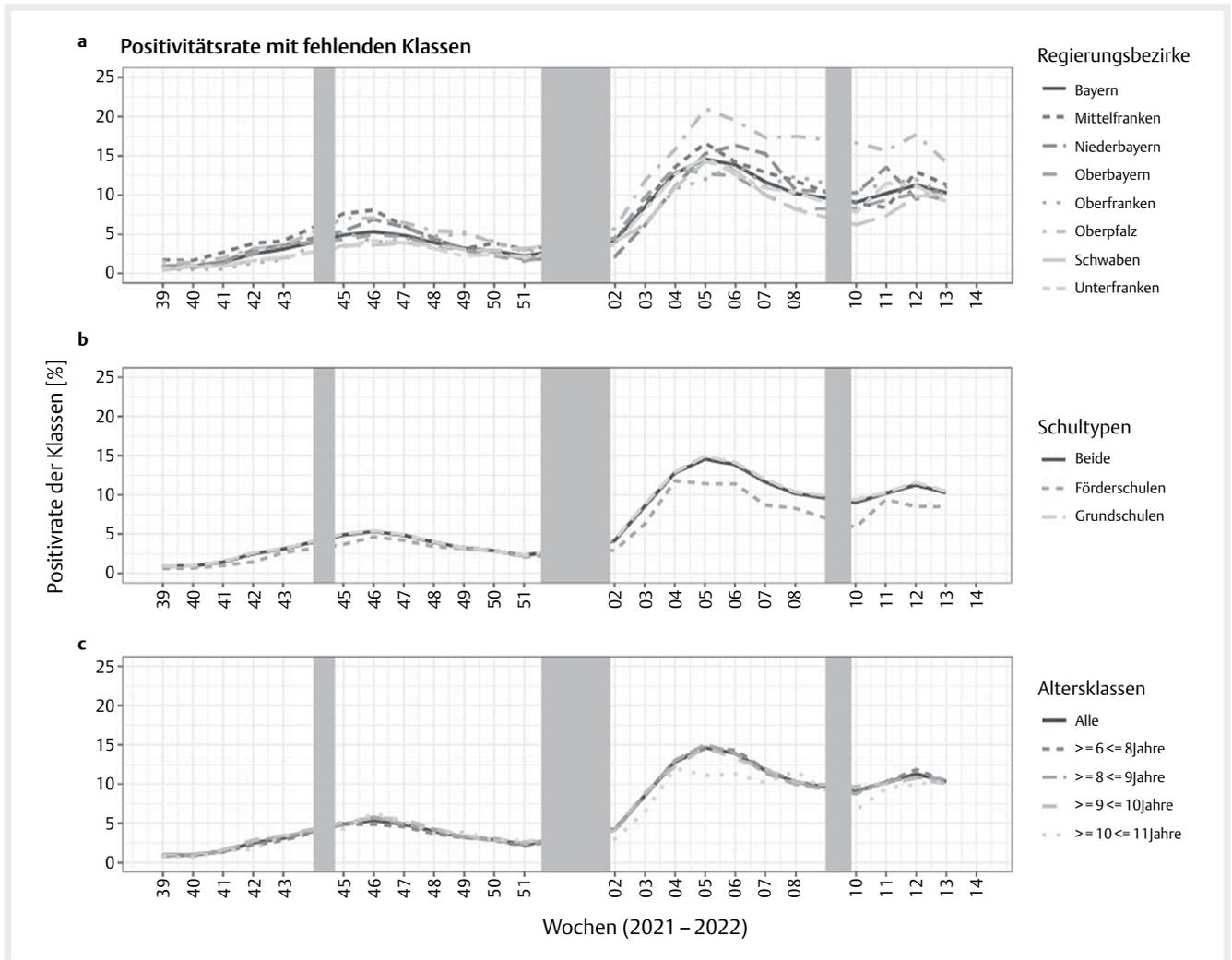
Die Infektionsbelastung der Schulen (Online-Appendix VIII ► **Abb. 3**) lag bei 8,7 % im Gesamtzeitraum (2,3 % in Periode 1, 2,0 % in Periode 2 und 15,8 % in Periode 3). Schulen mit mehr als 12 Klassen zeigten insbesondere im Zeitraum 3 eine höhere Infektionsbelastung. Die Infektionsbelastung der Klassen (Online-Appendix IX ► **Abb. 4**) betrug 0,3 % im Gesamtzeitraum (0,1 % in Periode 1, 0,1 % in Periode 2 und 0,6 % in Periode 3). Förderschulen waren in Periode 3 weniger infektionsbelastet als Grundschulen.

Schulschließungen traten im gesamten Projektzeitraum in 18 KW auf (keine Datenübermittlung von 43 Schulen). In den 5 Wochen der Periode 1 waren es 8 Schulen (0,06 % aller Schulen). In den 4 Wochen der Periode 2 waren es 9 Schulen (0,08 % aller Schulen). In den 12 Wochen der Periode 3 waren es 26 Schulen (0,08 % aller Schulen).

► **Abb. 3** vergleicht die 7-Tage-Inzidenzen pro 100 000 Einwohner der bayerischen Gesamtpopulation, der bayerischen Kinderpopulation der 6- bis 11-Jährigen und der an den PCR-Pooltestungen teilnehmenden Population in Bayern und nach RB. Für Bayern und alle RB lagen die Infektionsinzidenzen der PCR-Pooltestungen (gestrichelte Linie) deutlich niedriger als die zeitgleich gemeldeten Inzidenzen in der altersentsprechenden (gepunktete Linie) und allgemeinen Bevölkerung (durchgezogene Linie).

## Diskussion

An bayerischen Grund- und Förderschulen wurden im gesamten Projektzeitraum (20.9.2021 bis 8.4.2022) Corona-bedingte Schulschließungen bis auf sehr wenige Ausnahmen vermieden. Der Prä-



► **Abb. 2** Klassenbasierte Positivitätsraten im Zeitverlauf aufgeteilt nach Bayern und den Regierungsbezirken (a), nach Schultypen (b) und nach dem medianen Alter der Klasse (c). Bei der Berechnung wurde eine konservative Annahme zugrunde gelegt; demnach wurden alle Klassen berücksichtigt, wobei nicht getestete Klassen als positiv gewertet wurden.

senzunterricht für Schulklassen wurde mit einzelnen kurzen Unterbrechungen aufrechterhalten. Es kam 2482-mal vor, dass eine Klasse mit einem Corona-Fall in der Folgewoche nicht getestet wurde (0,4% der 611 463 möglichen Klassenwochen) und möglicherweise in Quarantäne war.

Im gesamten Zeitraum haben nahezu alle beteiligten Klassen wöchentlich Daten übermittelt. Der Anteil der beobachteten Klassenwochen an der maximalen Zahl möglicher Klassenwochen lag stets über 99,7%. Dies bestätigt Kern et al. in der Aussage, dass Bayerische Grundschulen kein erhöhtes Übertragungsrisiko aufwiesen [24].

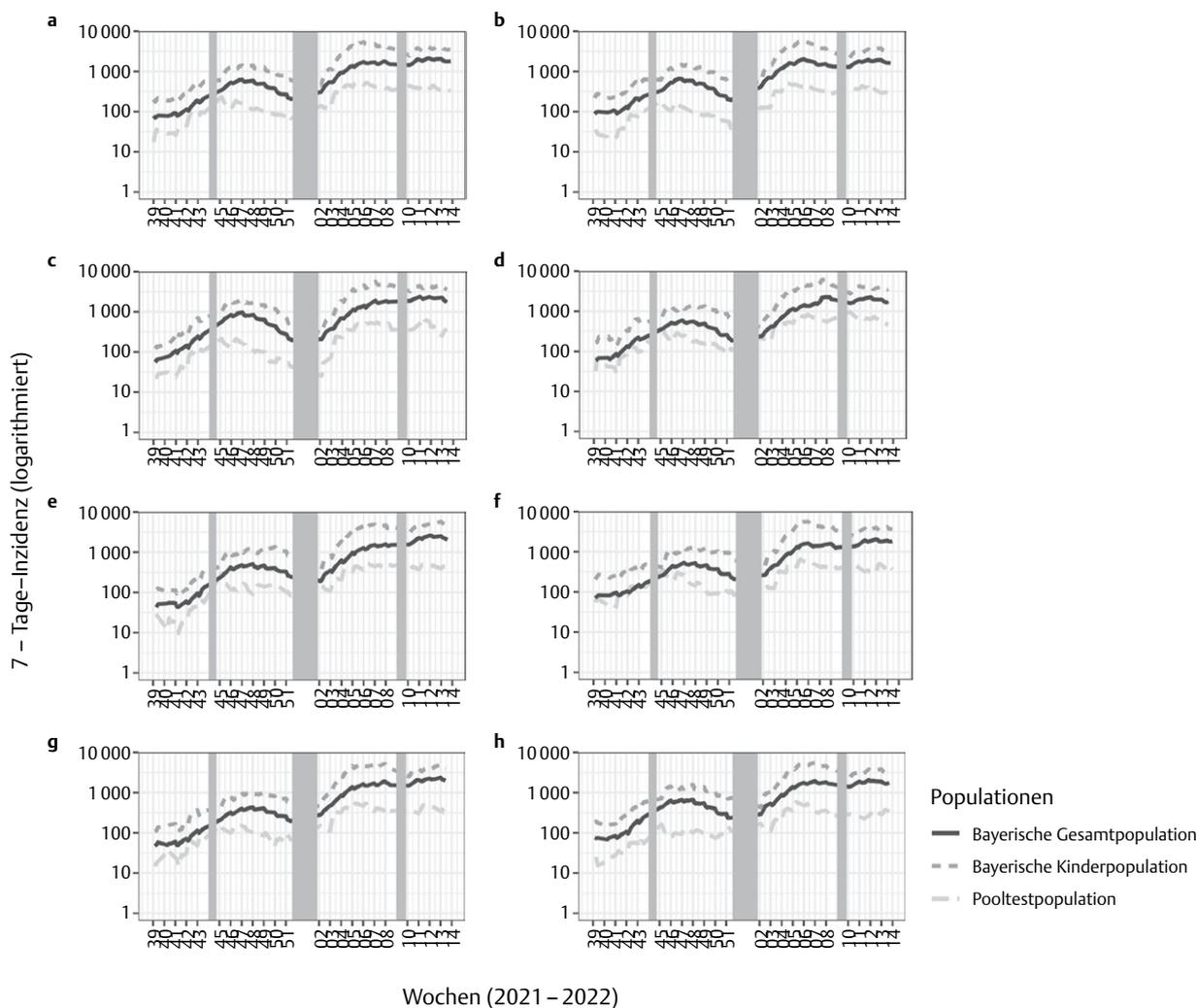
Die klassenbasierten PR variierten im Zeitverlauf und stiegen nach dem Auftreten der Omikron-Virusvariante Anfang 2022 an (► **Abb. 2**). Es zeigen sich nahezu parallele Zeitverläufe für Bayern und die RBs abhängig vom Schultyp und Alter. Der Einfluss des Schultyps auf die PR ergibt sich über die entsprechenden Klassengrößen. Grundschulklassen sind im Durchschnitt fast doppelt so groß wie die der Förderschulen (► **Tab. 1**: 19,8 vs. 10,8 Schüler\*innen pro Klasse). Engels et al. konnten nachweisen, dass mit zuneh-

mender Klassengröße die Wahrscheinlichkeit für mindestens ein positiv getestetes Kind innerhalb einer Klasse steigt [29].

Nach dem Auftreten der Omikron-Virusvariante stiegen auch die PR der Rückstellproben (RSP-PR) und mehr Schüler\*innen nahmen nicht am Unterricht und somit nicht an den Testungen teil (► **Tab. 2**). Die Ergebnisse zu den beiden Versionen der RSP-PR in ► **Tab. 2** weichen in Periode 3 stark voneinander ab.

Obwohl in Deutschland verschiedene Projekte mit PCR-Pool-Testverfahren implementiert wurden, fanden diese zu unterschiedlichen Zeitpunkten mit unterschiedlich vorherrschenden Virusvarianten statt: Nordrhein-Westfalen [18], Mecklenburg-Vorpommern [19] und Bayern [21, 27]. Daher sind diese Projekte eingeschränkt vergleichbar: Testzeiträume und -prozeduren sowie Verordnungen und Hygienemaßnahmen unterschieden sich.

Untersuchungen von Schulprojekten in Bayern belegen die Effektivität und eine gute Akzeptanz von PCR-Pooltestungen [21]. Es wurde gezeigt, dass kein erhöhtes Risiko für eine SARS-CoV-2-Übertragung an Schulen bestand [24, 25]. Diese Ergebnisse unterstützen die Entscheidung für das hier dargestellte Projekt.



► **Abb. 3** 7-Tage-Inzidenzen pro 100 000 Einwohnern der bayerischen Gesamtpopulation (durchgezogene Linie), der bayerischen Kinderpopulation der 6- bis 11-jährigen (gepunktete Linie) und der an den PCR-Pooltestungen teilnehmenden Population (gestrichelte Linie) in Bayern (a) und nach Regierungsbezirken: Oberbayern (b), Niederbayern (c), Oberpfalz (d), Oberfranken (e), Mittelfranken (f), Unterfranken (g) und Schwaben (h).

Ab Ende November 2021 wurden in Bayern montägliche Schnelltests in den Grundschulen eingeführt, um die Anzahl der positiven Kinder einer Klasse, die an den Pooltests teilnahmen, zu reduzieren, die Anzahl von negativen Pools zu erhöhen und PCR-Testkapazitäten einzusparen. Mit dem beginnenden Winter nahmen Infektionsinzidenzen und -prävalenzen zu. Vermutlich trug diese Maßnahme dazu bei, dass sich die PR der PCR-Pool- und -Rückstellproben zwischen Periode 1 und Periode 2 kaum unterscheiden (► **Tab. 2**).

Die schulbasierten Infektionsinzidenzen lagen unter den zeitgleich gemeldeten altersentsprechenden und allgemeinen Inzidenzen. Es zeigte sich ein nahezu paralleler Verlauf der Inzidenzen an Schulen im Vergleich zu denen in der Allgemeinbevölkerung [18, 24]. Das Begleitprojekt konnte nicht beantworten, welche Mechanismen infizierte Kinder vom Unterricht fernhielten und weshalb ein Mehrfaches der schulpflichtigen Grundschulkinder außerhalb der Schultests positiv getestet wurde. Wir können nicht bele-

gen, dass ein sachgerechtes anlassbezogenes Testen der Kinder außerhalb der Schule (bspw. nach Kontaktnachweis, Symptomeintritt) ein Grund hierfür gewesen ist.

Eine Modellrechnung zur Frage, wie oft Schulen geschlossen oder Klassen in Quarantäne geschickt hätten werden müssen, wenn der Unterricht ohne Pooltestung und nur mit Hygienemaßnahmen stattgefunden hätte, konnte nicht durchgeführt werden. Szenarien für eine solche Modellierung standen nicht zur Verfügung.

Zu den Limitationen der Arbeit gehören das Fehlen reliabler direkter Daten zu Klassengrößen, Krankmeldungen oder den Einwilligungen. Sie wurden indirekt aus den Daten erschlossen. Weiterhin standen PCR-spezifische Daten (CT-Werte der Rückstellproben, Virusvarianten etc.), sozioökonomische Faktoren, Angaben zum Geschlecht der infizierten Kinder und Daten des Lehrpersonals nicht für die Evaluation zur Verfügung. Es gab keine Zahlen zu den positiven Ergebnissen der montags an den Schulen durchgeführten verpflichteten Antigen-Selbsttests ab Periode 2.

Die Daten aus den Pooltests auf SARS-CoV-2 zeigen, dass bayerische Grund- und Förderschulen während des Einsatzes des Pooltest- und Hygienekonzepts trotz hochinfektiöser Virusvarianten weithin offengehalten werden konnten. Es kam zu keinen extremen Infektionsbelastungen an Schulen und in Klassen. Die Testergebnisse konnten zeitnah an die Eltern vermittelt werden. Entscheidungsträgern erhielten zeitnahe regionale Informationen zu der Infektionsdynamik in den Schulen.

### FAZIT FÜR DIE PRAXIS

PCR-Pooltestungen und Hygienemaßnahmen sicherten im Schuljahr 2021/22 durch einen schnellen und validen Informationsaustausch zwischen Schulen und Entscheidungsträgern den Präsenzunterricht an bayerischen Grund- und Förderschulen. Auch in Hochinzidenzzeiten ermöglichte das Projekt eine gut funktionierende SARS-CoV-2-Surveillance im Präsenzunterricht an bayerischen Grundschulstufen.

Die PCR-Schultestungen ermöglichten eine verbesserte Einbindung der Kinder in ihr soziales Umfeld, da negative Ergebnisse die Teilnahme an außerschulischen Freizeitaktivitäten erlaubten.

Es wurden keine zeitversetzten Trends zwischen den Surveillancedaten in den Schulen und der Infektionsdynamik in der Gesamtbevölkerung festgestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Bindung der Entscheidungen zum Unterricht an die 7-Tages-Inzidenz – so wie von der Landesregierung anfangs vorgesehen – irreführend ist. Auch in Hochinzidenzzeiten kam es an Schulen zu keinen dramatischen Infektionsereignissen.

Weitere Studien sind erforderlich, um genauer die Prozesse zu verstehen, die die kindliche Infektionsinzidenz zwischen Allgemeinbevölkerung und Schulsetting gefiltert haben.

### Einhaltung ethischer Richtlinien

Für diese Arbeit führten die Autor\*innen keine interventionellen Studien an Menschen oder Tieren durch. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

### Fördermittel

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) – AZ K3–2484-PN-21–34-V3-D47324/2021

### Danksagung

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Gesundheit und Pflege (StMGP), dem Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus (StMUK), Novid20 und The Boston Consulting Group (BCG) für die Unterstützung des Projektes sowie die Entwicklung des Grobkonzeptes und Prüfung der Machbarkeit im Vorfeld. Weiterhin danken wir den Laboren für die Auswertungen der PCR-Poolproben und allen Schüler\*innen sowie deren Erziehungsberechtigte für die Teilnahme an den Pool-Testungen.

### Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Literatur

- [1] Viertes Gesetz zum Schutz der Bevölkerung bei einer epidemischen Lage von nationaler Tragweite 2021
- [2] Bantel S, Buitkamp M, Wunsch A. Kindergesundheit in der COVID-19-Pandemie: Ergebnisse aus den Schuleingangsuntersuchungen und einer Elternbefragung in der Region Hannover. Bundesgesundheitsbl 2021; 64: 1541–1550. DOI: 10.1007/s00103-021-03446-2
- [3] Ravens-Sieberer U, Kaman A, Otto C et al. Seelische Gesundheit und psychische Belastungen von Kindern und Jugendlichen in der ersten Welle der COVID-19-Pandemie – Ergebnisse der Copsy-Studie. Bundesgesundheitsbl 2021; 64: 1512–1521. DOI: 10.1007/s00103-021-03291-3
- [4] Rabe JE, Schillok H, Merkel C et al. Belastung von Eltern mit Kindern im Schulalter während verschiedener Phasen der COVID-19-Pandemie in Deutschland: Eine Analyse der COVID-19-Snapshot-Monitoring-(COSMO-)Daten. Bundesgesundheitsbl 2021; 64: 1500–1511. DOI: 10.1007/s00103-021-03453-3
- [5] Otte Im Kampe E, Lehfeld A-S, Buda S et al. Surveillance of COVID-19 school outbreaks, Germany, March to August 2020. Eurosurveillance 2020; 25. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.38.2001645
- [6] Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie e.V. (DGPI). Aktualisierte Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie (DGPI) und der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH) zur Rolle von Schulen und Kindertagesstätten in der COVID-19 Pandemie.
- [7] Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM et al. Household Transmission of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. JAMA Netw Open 2020; 3: e2031756. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.31756
- [8] European Centre for Disease Prevention and Control. European Centre for Disease Prevention and Control. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission – second update. 8 July 2021. Stockholm: ECDC; 2021
- [9] Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie e.V. (DGPI). Aktuelle Ergebnisse der Datensammlung von Pediatric Inflammatory Multisystem Syndrome (PIMS)-Fälle bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland.
- [10] Say D, Crawford N, McNab S et al. Post-acute COVID-19 outcomes in children with mild and asymptomatic disease. The Lancet Child & Adolescent Health 2021; 5: e22–e23. DOI: 10.1016/S2352-4642(21)00124-3
- [11] Wissenschaftliche Begründung der STIKO zur Modifizierung der COVID-19-Impfempfehlung für Kinder im Alter von 5 – 11 Jahren. Berlin: Robert Koch-Institut;
- [12] Christophers B, Gallo Marin B, Oliva R et al. Trends in clinical presentation of children with COVID-19: a systematic review of individual participant data. Pediatr Res 2022; 91: 494–501. DOI: 10.1038/s41390-020-01161-3
- [13] European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). COVID-19 in children and the role of school settings in transmission – second update. Stockholm: ECDC; 2021
- [14] Berger U, Fritz C, Kauer mann G. Reihentestungen an Schulen können die Dunkelziffer von COVID-19 Infektionen unter Schülern signifikant senken. Gesundheitswesen 2022; 84: 495–502. DOI: 10.1055/a-1813-9778

- [15] Schoeps A, Hoffmann D, Tamm C et al. Surveillance of SARS-CoV-2 transmission in educational institutions, August to December 2020, Germany. *Epidemiol Infect* 2021; 149: e213. DOI: 10.1017/S0950268821002077
- [16] Berger U, Fritz C, Gauß J et al. Das Ausbruchs- und Infektionsgeschehen in den Schulen. CODAG Bericht Nr. 12 vom 1.04. 2021
- [17] Reilly M, Chohan B. Pooled testing for SARS-CoV-2, options for efficiency at scale. *Bull World Health Org* 2021; 99: 708–714. DOI: 10.2471/BLT.20.283093
- [18] Dewald F, Suárez I, Johnen R et al. Effective high-throughput RT-qPCR screening for SARS-CoV-2 infections in children. *Nat Commun* 2022; 13: 3640. DOI: 10.1038/s41467-022-30664-2
- [19] Kästner A, Lücker P, Sombetzki M et al. SARS-CoV-2 surveillance by RT-qPCR-based pool testing of saliva swabs (lollipop method) at primary and special schools – A pilot study on feasibility and acceptability. *PLoS ONE* 2022; 17: e0274545. DOI: 10.1371/journal.pone.0274545
- [20] Lohse S, Pfuhl T, Berkó-Göttel B et al. Pooling of samples for testing for SARS-CoV-2 in asymptomatic people. *The Lancet Infectious Diseases* 2020; 20: 1231–1232. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30362-5
- [21] Kheiroddin P, Schöberl P, Althammer M et al. Results of WICOVIR Gargle Pool PCR Testing in German Schools Based on the First 100,000 Tests. *Front Pediatr* 2021; 9: 721518. DOI: 10.3389/fped.2021.721518
- [22] Hoch M, Vogel S, Kolberg L et al. Weekly SARS-CoV-2 Sentinel Surveillance in Primary Schools, Kindergartens, and Nurseries, Germany, June–November 2020. *Emerg Infect Dis* 2021; 27: 2192–2196. DOI: 10.3201/eid2708.204859
- [23] Forster J, Streng A, Rudolph P et al. Feasibility of SARS-CoV-2 Surveillance Testing Among Children and Childcare Workers at German Day Care Centers: A Nonrandomized Controlled Trial. *JAMA Netw Open* 2022; 5: e2142057. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.42057
- [24] Kern A, Kuhlmann PH, Matl S et al. Surveillance of Acute SARS-CoV-2 Infections in Elementary Schools and Daycare Facilities in Bavaria, Germany (09/2020–03/2021). *Front Pediatr* 2022; 10: 888498. DOI: 10.3389/fped.2022.888498
- [25] Gruendl M, Kheiroddin P, Althammer M et al. Analysis of COVID-19 Infection Chains in a School Setting: Data From a School-Based rRT-PCR–Gargle Pool Test System. *Disaster med public health prep* 2023; 17: e312. DOI: 10.1017/dmp.2022.279
- [26] Rahmenbedingungen für den Unterrichtsbetrieb im Schuljahr 2021/22. München: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus; 2021
- [27] Mansmann U, Loidl V, Batcha A et al. SARS-CoV-2 PCR positivity in elementary school classes in Bavaria in the school year 2021/22 – initial results from the evaluation of the Bavarian pool test project in elementary and special schools. *Deutsches Ärzteblatt international* 2022. DOI: 10.3238/arztebl.m2022.0310
- [28] Novid20 GmbH. Lolli PCR-Pooltests für Bayern.
- [29] Engels G, Forster J, Streng A et al. Acceptance of Different Self-sampling Methods for Semiweekly SARS-CoV-2 Testing in Asymptomatic Children and Childcare Workers at German Day Care Centers: A Nonrandomized Controlled Trial. *JAMA Netw Open* 2022; 5: e2231798. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2022.31798
- [30] Corman VM, Haage VC, Bleicker T et al. Comparison of seven commercial SARS-CoV-2 rapid point-of-care antigen tests: a single-centre laboratory evaluation study. *The Lancet Microbe* 2021; 2: e311–e319. DOI: 10.1016/S2666-5247(21)00056-2
- [31] Allan-Blitz L-T, Klausner JD. A Real-World Comparison of SARS-CoV-2 Rapid Antigen Testing versus PCR Testing in Florida. *J Clin Microbiol* 2021; 59: e01107–e01121. DOI: 10.1128/JCM.01107-21
- [32] Bayerisches Landesamt für Statistik. Bevölkerung in den Gemeinden Bayerns nach Altersgruppen und Geschlecht 2021 2021
- [33] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing 2022
- [34] Bayerisches Landesamt für Statistik. Bayerische Schulen: Eckzahlen sämtlicher Schularten nach kreisfreien Städten und Landkreisen 2020