

# Reihentestungen an Schulen können die Dunkelziffer von COVID-19 Infektionen unter Schülern signifikant senken

## Mandatory Testing in Schools can Significantly Reduce Underreporting of COVID-19 Infections Among Students with in-Class Teaching Compared to Home Schooling

Autoren

Ursula Berger<sup>1</sup> , Cornelius Fritz<sup>2</sup>, Göran Kauermann<sup>2</sup>

### Institute

- 1 IBE – Institute for Medical Information Processing, Biometry and Epidemiology, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Germany
- 2 Statistik, LMU München Fakultät für Mathematik Informatik und Statistik, München, Germany

### Schlüsselwörter

COVID-19, SARS-CoV-2, Reihentestung, Schulschließungen, Dunkelziffer, Testpflicht

### Key words

COVID-19, SARS-CoV-2, school closure, mandatory COVID-19 testing, underreporting

### Bibliografie

Gesundheitswesen 2022; 84: 495–502

DOI 10.1055/a-1813-9778

ISSN 0941-3790

© 2022. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

### Korrespondenzadresse

Dr. Ursula Berger  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
IBE – Institute for Medical Information Processing, Biometry and Epidemiology  
Marchioninistr. 15  
81377 München  
Germany  
ursula.berger@lmu.de

### ZUSAMMENFASSUNG

**Ziel der Studie** Die Arbeit untersucht den Effekt der Maßnahme verpflichtender Covid-19 Tests für den Präsenzunterricht an Schulen. In Bayern gilt diese Testpflicht seit Ende der Osterferien 2021. Für die erste Woche nach den Osterferien ergibt

sich ein natürliches Experiment, das uns erlaubt den Effekt der Testpflicht an Schule auf die Meldeinzidenz zu quantifizieren.

**Methoden** Wir vergleichen die Änderungen der 7-Tage-Meldeinzidenz von Neuinfektionen pro 100 000 Einwohner zwischen Kreisen mit und ohne Präsenzunterricht. Für Landkreise und kreisfreie Städte, deren Meldeinzidenzen zum Stichtag unter 100 lag, konnte in Kalenderwoche 15 Präsenzunterricht in geteilten Klassen bei Testpflicht stattfinden. Dazu haben sich Schulkinder in den Klassen mit Antigen-Schnelltest getestet. Daten zu den Testergebnissen der Schnelltests an den Schulen liegen uns nicht vor. Bei positivem Testergebnis im Antigen-Schnelltest wurde der Verdachtsfall mit einem PCR-Test überprüft. Positive PCR-Testergebnisse liegen auf Kreisebene in den betrachteten Altersgruppen als Meldeinzidenzen vor. In den Kalenderwochen 13 und 14 fand in Bayern wegen der Osterferien kein Schulunterricht an Schulen statt. Berücksichtigt man eine Latenzzeit von etwa 3–4 Tagen und einen Meldeverzug von 1–2 Tagen, so kann ein stärkerer Anstieg der Meldeinzidenzen in Kreisen mit Präsenzunterricht bei Testpflicht nicht (bzw. nur vernachlässigbar) auf Infektionen an Schulen zurückgeführt werden, sondern spiegelt eine Reduktion der Dunkelziffer durch die Testpflicht wider.

**Ergebnisse** Die Meldeinzidenz erhöht sich in Kreisen mit Präsenzunterricht und Testpflicht an Schulen um den Faktor 6,6 bei 5–11 Jährigen bzw. 1,7 bei 12–20 Jährigen. Dieser Anstieg geht einher mit einer Reduktion der Dunkelziffer und ist signifikant im Vergleich zu Kreisen mit Distanzunterricht. Aufgrund der gegebenen Situation eines natürlichen Experiments ist diese Steigerung der Meldeinzidenz in der Altersgruppe der Schulkinder der Maßnahme den Reihentests an Schulen mit Präsenzunterricht zuzuschreiben. Für denselben Zeitraum zeigen sich keinerlei Unterschiede in den Meldeinzidenzen für andere Altersgruppen.

**Schlussfolgerung** Präsenzunterricht mit Testpflicht ändert die Rolle der Schulen in der Pandemie. Die Analysen zeigen, dass die Öffnung der Schulen mit einem verpflichtenden Testkonzept aus epidemiologischer Sicht von Vorteil ist, da damit die Dunkelziffer von COVID-19 Infektionen unter den Schülerinnen und Schülern drastisch gesenkt werden kann.

## ABSTRACT

**Aim of the study** The aim of this was to study investigate the effectiveness of mandatory Covid-19 tests for in-classroom teaching in reopened schools as a containment measure in the pandemic. In Bavaria, mandatory testing at schools was implemented directly after the Easter vacations in 2021. For the first week after the vacations, this resulted in a natural experiment that allowed us to quantify the impact of the new testing strategy on reported Covid-19 cases.

**Methods** We compared changes in the reported 7-day incidence of new infections between districts with in-classroom teaching at school and districts with closed schools. During the calendar week 15, districts with reported incidences below 100 were allowed to reopen schools and have in-classroom teaching if mandatory COVID-19 testing was performed at school with rapid antigen tests. We do not have data on the rapid test results; however, positive test results in the rapid antigen test were verified by a PCR test, and cases of positive PCR test results were reported at the district level by age groups. In the calendar weeks 13 and 14, all schools in Bavaria were closed due to Easter vacations. Taking into account a latency period

of about 3–4 days and a reporting period of 1–2 days, this means that any additional increase in reported incidences for districts with in-class teaching and mandatory testing in the week after the vacation cannot be attributed to transmissions at schools, but reflects the reduction of underreporting due to the newly implemented testing strategy.

**Results** Reported incidence increased by a factor of 6.6 for 5–11 year old and by 1.7 for 12–20 year old pupils in districts with in-classroom teaching and mandatory testing at schools. This increase was accompanied by a reduction in underreporting and was significant compared to districts with school closure. Given the situation of a natural experiment, this increase in the reported incidence among school children can be attributed to the testing strategy. For the same time period, no differences in reported incidences were found for the other age groups.

**Conclusion** In-class teaching with mandatory testing in reopened schools changes the role of schools in the pandemic. Our analyses show that reopening schools with a mandatory testing approach is beneficial from an epidemiologic perspective as it can strongly reduce the dark figure of COVID-19 cases among children.

## Einleitung

Das am 23. April 2021 in Kraft getretene bundesweite Infektionsschutzgesetz [1] („bundesweite Notbremse“) zur Eindämmung der 3. Welle der COVID-19 Pandemie in Deutschland, untersagt den Präsenzunterricht an Schulen („Schulschließung“) in Landkreisen oder kreisfreien Städten, wenn der vom Robert Koch-Institut (RKI) veröffentlichte 7-Tage-Inzidenz Wert, im folgenden Meldeinzidenz genannt, drei Tage in Folge den Wert von 165 gemeldeten COVID-19 Neuinfektionen je 100 000 Einwohner überschreitet. In Bayern gelten zu diesem Zeitpunkt strengere Regeln, die einen Präsenzunterricht bereits ab einer Meldeinzidenz von 100 untersagen, mit Ausnahme von Abschlussklassen. Ziel dieser Maßnahmen ist es, Infektionen durch und über Schüler und Schülerinnen an Schulen zu unterbinden, die im Präsenzunterricht trotz der verfolgten Schutzmaßnahmen (Wechselunterricht in halben Klassen bei einer Meldeinzidenz von 50–100, Maskenpflicht, etc.) erfolgen können. Empirisch ist es schwierig zu quantifizieren, welchen Einfluß Schulschließungen in Phasen hohen Infektionsgeschehens haben, da Schulschließungen, wie die meisten Maßnahmen, innerhalb eines Maßnahmenpakets gemeinsam mit anderen Einschränkungen beschlossen wurden und somit keine Evaluation des Effekts einzelner Maßnahmen möglich ist.

Die Münchener „Vierengewächter“ Studie veröffentlichte am 3. Februar 2021 erste Ergebnisse, die darauf hinweisen, dass offene Kindergärten und Grundschulen in dem Studienzeitraum zwischen Juni und November 2020 keinen nennenswerten Beitrag zur Pandemie liefern sofern passende Hygienemaßnahmen befolgt werden [2]. Bereits in der ersten Phase der Pandemie, also im zweiten Schulhalbjahr 2019/20, wiesen Analysen der Daten zu Covid-19-Ausbrüchen in deutschen Schulen darauf hin, dass Schulen wenig betroffen sind und zu diesem Zeitpunkt nur 0,5 % aller Ausbrüche Schulen zugeordnet werden konnten [3]. Das European

Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) kommt in einer Studie zu COVID-19 bei Kindern und der Rolle der Schulumgebung auf das Infektionsgeschehen in den Ländern der EU/EWR und UK zu dem Ergebnis, dass Schulschließungen für sich genommen nicht ausreichen, um die Infektionsraten in der Bevölkerung zu verringern. Weiter gab es keine empirische Evidenz, dass die Öffnung der Schulen ab Mitte August die „treibende“ Kraft hinter dem Anstieg der Infektionen in den EU-Ländern im Herbst gewesen ist. Auch für die Kinder selbst ist der Schulbesuch nicht die primäre Ursache für Ansteckungen [4]. Zur Anfälligkeit von Kindern für eine Infektion zeigt eine Seroprävalenz Studie aus Deutschland, dass sowohl Kinder im Vorschul- als auch im Schulalter für eine SARS-CoV-2-Infektion empfänglich sind [5]. Die Autoren einer repräsentativen Studie aus Österreich kommen zu dem Schluss, dass Schülerinnen und Schüler nur marginal weniger von COVID-19 Infektionen betroffen sind als Erwachsene [6]. Ähnliches wurde für Großbritannien berichtet, wo in Zeiten offener Schulen und Universitäten (September/Oktober) neben der höchsten Infektionszahlen unter jungen Erwachsenen im Alter von 18–25 Jahren die zweithöchsten Infektionszahlen unter Jugendlichen im Alter 11–18 Jahren berichtet wurden und unter Grundschulern (5–11 Jahre) die Infektionszahlen ähnlich hoch lagen, wie unter den Erwachsenen mittleren Alters [7]. Weitere empirische Analysen zum Effekt von offenen Schulen kommen zu ähnlichen Ergebnissen [8, 9]. Die Ad-hoc Stellungnahme der Leopoldina betrachtet darüber hinaus psychosoziale Folgen von Schulschließungen [10].

Die Diskussion um den Präsenzunterricht in Schulen und dessen Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen hat mit verpflichtenden Selbsttests an Schulen bei Präsenzunterricht eine neue Dimension bekommen. Österreich hat im Februar 2021 die Schulen für Präsenzunterricht mit Testpflicht geöffnet und begleitet diese Maßnahme wissenschaftlich [11]. Die hierzu berichteten Anteile an po-

sitiven Schnelltests liegen bei Schulkindern bei ca. 0,1 %, bei Lehr- und Verwaltungspersonal bei etwa 0,4 %. Die positiven Fälle treten dabei fast nur als Einzelfälle auf und führen nur in sehr wenigen Fällen zu Sekundärinfektionen innerhalb der Klasse. Daher wurden auch kaum Schul-Ausbrüche beobachtet [12]. Das RKI empfiehlt Antigentests als ergänzendes Instrument in der Pandemiebekämpfung, da „regelmäßige und niederschwellige Testungen [...] dabei unterstützen, auch Infektionen ohne Krankheitssymptome zu erkennen. Infizierte Personen können so schneller erkannt, in Isolierung gebracht und ihre Kontakte frühzeitig nachvollzogen werden“ [13]. Die Vorteile von häufigen und regelmäßigen Tests bei der Pandemiebekämpfung wurden dabei in unterschiedlichen Artikeln herausgestellt, wobei die Sensitivität der Tests keine zentrale Rolle spielt [14, 15]. Reihentests können helfen, die Dunkelziffer zu reduzieren. In einer Analyse in Hessen konnten stark steigende Infektionszahlen bei Kindern auf das verpflichtende Testgeschehen zurückgeführt werden [16]. Unklar ist jedoch, um welchen Faktor die Dunkelziffer in der entsprechenden Bevölkerungsgruppe durch solche Screening-Maßnahmen reduziert werden kann.

Ziel unserer Studie ist es, die Effekte von verpflichtenden Tests für den Präsenzunterricht auf den Anstieg der Meldeinzidenzen nicht nur qualitativ zu diskutieren, sondern konkret zu quantifizieren und mit Hilfe von statistischer Inferenz nachzuweisen. Wir nutzen dazu die Situation in der Kalenderwoche 15 in Bayern, die aufgrund der vorangegangenen Osterferien einem natürlichen Experiment gleicht. In dieser Woche wurde erstmals vorgeschrieben, dass für die Teilnahme am Präsenzunterricht zweimal in der Woche COVID-19 Tests durchgeführt werden müssen. Präsenzunterricht mit Testpflicht konnte allerdings nur in Kreisen mit einer Meldeinzidenz unter 100 durchgeführt werden, in allen anderen Kreisen fand Distanzunterricht ohne Reihentestung statt. Erste Ergebnisse sind zeitnah in einem (nicht begutachteten) Bericht<sup>1</sup> der COVID-19 Data Analysis Group (CODAG) der LMU München der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt

## Material und Methoden

Wir analysieren Meldeinzidenzen auf Kreisebene in Bayern, die aus der Zahl der durch PCR-Test bestätigten und an die lokalen Gesundheitsbehörden gemeldeten Neuinfektionen berechnet werden. Wir bestimmen daraus altersgruppenspezifische 7-Tage-Meldeinzidenzen pro 100 000 Einwohner, also die Summe der Neuinfektionen, die in einem Landkreis bzw. einer kreisfreien Stadt für eine Altersgruppe innerhalb der letzten sieben Tage gemeldet wurden. Für unsere Analysen zum Effekt der Testpflicht in Schulen betrachten wir die 7-Tage-Meldeinzidenzen der Freitage der jeweiligen Kalenderwoche, denn zum einen ist die Meldeinzidenz am Freitag dem 9.4.2021 die Entscheidungsgrundlage, ob Präsenzunterricht oder Distanzunterricht in der folgenden Woche Kalenderwoche 15 stattfinden darf oder nicht; zum anderen beinhalten Meldeinzidenzen vom Freitag nur PCR-Tests die bis einschließlich Donnerstag durchgeführt worden sind. Für die betrachtete Kalenderwoche 15 mit Schulbeginn am Montag und bei einer angenommenen Latenzzeit von 3–4 Tagen [17, 18] bedeutet dies, dass bis Donnerstag durch

PCR-Tests nachgewiesene Infektion weitestgehend nicht auf eine Infektion an der Schule zurückzuführen sind sondern vorher stattgefunden haben. Daten zu den gemeldeten Corona-Fällen in Bayern wurde von dem Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) zur Verfügung gestellt. Bis auf einen Meldeverzug von wenigen Tagen und einer anderen Altersklassifizierung entspricht diese Datengrundlage den an das RKI weitergegeben Daten. Die Ethikkommission der Bayerischen Landesärztekammer (BLAEK) hat den statistischen Auswertungen dieser anonymisierten personenbezogenen Meldedaten zugestimmt. Informationen zur altersspezifischen Populationsgröße pro Landkreis konnten wir der GENESIS Datenbank [19] des statistischen Bundesamtes entnehmen.

Aus den 7-Tage-Meldeinzidenzen der Freitage zweier aufeinanderfolgenden Kalenderwochen bestimmen wir für jeden Landkreis die wöchentlichen prozentualen Veränderungen. Sie gibt die Entwicklung der Meldeinzidenzen an. Um Veränderungen in dieser Entwicklung zu analysieren, betrachten wir das Verhältnis dieser prozentualen Veränderungen für zwei aufeinanderfolgende Kalenderwochen. D.h. bezeichnet man mit  $I_t$  die Meldeinzidenz in Woche  $t$ , so betrachten wir den Quotienten der Veränderungen  $I_t/I_{t-1}$  und  $I_{t-1}/I_{t-2}$ , also

Um zu quantifizieren, inwieweit sich die Einführung von Reihentestung in Schulen auf die Entwicklung der Meldeinzidenzen auswirkt, betrachten wir dieses Verhältnis der prozentualen Veränderungen für die beiden Kalenderwochen KW 14 und KW 15, also  $Q_{15} = (I_{15}/I_{14}) / (I_{14}/I_{13})$ . Der entsprechende Wert lässt sich als *Veränderung der Dynamik der Meldeinzidenzen* interpretieren. Beispielsweise bedeutet ein Wert von 2, dass in der aktuellen Woche doppelt so viele Fälle gemeldet wurden wie aufgrund der Dynamik in der Vorwoche zu erwarten gewesen wäre. Bei einer gleichbleibenden Entwicklung in zwei aufeinanderfolgenden Wochen wäre der Wert gleich 1. Bei einer Reduzierung der Dunkelziffer durch die Reihentestung bei Präsenzunterricht würden wir einen stärkeren Anstieg in KW 15 erwarten, d. h. eine Zunahme in der Dynamik der Meldeinzidenzen, also einen Wert größer 1.

Nicht in allen der 96 Landkreisen und kreisfreien Städten Bayerns konnte in Kalenderwoche 15 Präsenzunterricht mit Reihentestung stattfinden. In Kreise mit einer 7-Tage-Meldeinzidenz über 100 je 100 000 am 9.4.2021 musste in KW 15 Distanzunterricht durchgeführt werden. Für unsere Analyse nutzen wir diese Situation und vergleichen die Entwicklung zwischen Kreisen mit Reihentestung für den Präsenzunterricht und Kreisen im Distanzunterricht. Dazu analysieren wir die 24 Kreise mit Präsenzunterricht in KW 15. Weitere 64 Kreise mit 7-Tage Meldeinzidenzen zwischen 100 und 200 je 100 000 Einwohner, in denen in KW 15 Distanzunterricht stattfand, werden als Kontrollgruppe genutzt. Acht Kreise mit 7-Tage-Meldeinzidenzen von über 200 pro 100 000 Einwohner wurden wegen des deutlich höheren Infektionsgeschehens aus der Analyse ausgeschlossen (siehe ► **Tab. 1**). Schließt man diese Kreise nicht aus, so ändern sich die Ergebnisse nur marginal. Inhaltlich scheint es aber sinnvoller Kreise mit hohen Inzidenzen nicht im Vergleich zu sehen mit Kreisen mit geringen Inzidenzen.

Die einzelnen Schulen, an denen Präsenzunterricht mit halben Klasse stattgefunden hat, konnten die Halbierung der Klassen in unterschiedlicher Form vornehmen – entweder tageweise oder wochenweise wechselnd. Dabei war es Pflicht, alle Schüler im Präsenzunterricht mindestens zweimal pro Woche zu testen. Bei tageweise

<sup>1</sup> [https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag\\_bericht\\_14.pdf](https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_14.pdf)

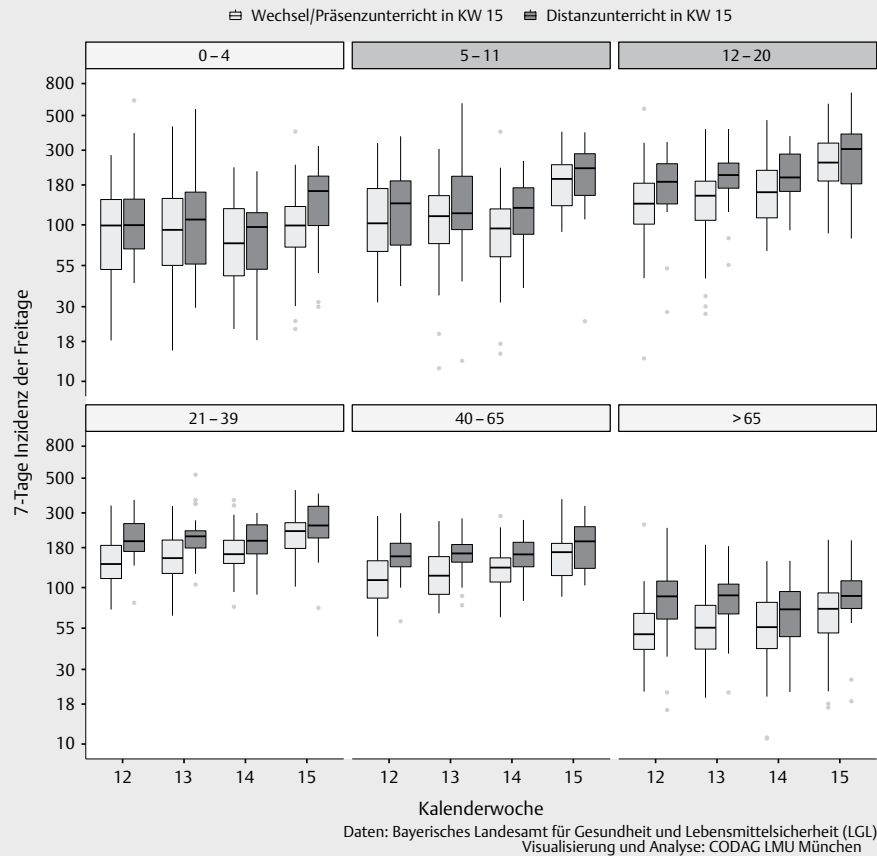
► **Tab. 1** Landkreise (LK) und kreisfreie Städte (SK) mit Präsenzunterricht und Testpflicht in KW 15 bzw. mit Distanzunterricht ohne Testpflicht und einer 7-Tage-Meldeinzidenz <200 in KW 15 (Kontrolle).

Wechsel/Präsenzunterricht mit Testpflicht in KW 15 (n = 24)	Kontrollgruppe: Distanzunterricht in KW 15 (n = 64)	
LK Aichach-Friedberg	LK Altötting	LK Passau
LK Bad Kissingen	LK Amberg-Weizsach	LK Pfaffenhofen a.d.Ilm
LK Bad Tölz-Wolfratshausen	LK Ansbach	LK Regensburg
LK Bamberg	LK Aschaffenburg	LK Regensburg
LK Dillingen a.d.Donau	LK Augsburg	LK Roth
LK Ebersberg	LK Bayreuth	LK Rottal-Inn
LK Forchheim	LK Berchtesgadener Land	LK Schwandorf
LK Günzburg	LK Coburg	LK Straubing-Bogen
LK Landsberg a.Lech	LK Dachau	LK Tirschenreuth
LK Main-Spessart	LK Deggendorf	LK Traunstein
LK Miesbach	LK Donau-Ries	LK Unterallgäu
LK Miltenberg	LK Eichstätt	LK Weilheim-Schongau
LK München	LK Erding	LK Weißenburg-Gunzenhausen
LK Neumarkt i.d.OPf.	LK Erlangen-Höchstädt	LK Wunsiedel i.Fichtelgebirge
LK Neustadt a.d.Aisch-Bad Windsheim	LK Freising	LK Würzburg
LK Rosenheim	LK Freyung-Grafenau	SK Amberg
LK Schweinfurt	LK Fürstentumbruck	SK Augsburg
LK Starnberg	LK Fürth	SK Bayreuth
SK Ansbach	LK Garmisch-Partenkirchen	SK Coburg
SK Aschaffenburg	LK Haßberge	SK Fürth
SK Bamberg	LK Kelheim	SK Ingolstadt
SK Erlangen	LK Kitzingen	SK Kempten
SK München	LK Kulmbach	SK Landshut
SK Würzburg	LK Landshut	SK Memmingen
	LK Lichtenfels	SK Nürnberg
	LK Lindau	SK Passau
	LK Mühldorf a.Inn	SK Regensburg
	LK Neu-Ulm	SK Rosenheim
	LK Neuburg-Schrobenhausen	SK Schwabach
	LK Neustadt a.d.Waldnaab	SK Schweinfurt
	LK Nürnberger Land	SK Straubing
	LK Oberallgäu	SK Weiden i.d.OPf.

sen Wechsel wurde in KW 15 eine Volltestung aller Schüler und Schülerinnen durchgeführt, wobei jedes Kind mindestens zweimal getestet wurde. In dem alternativen Modell mit wöchentlichem Wechsel wurde nur die Hälfte der Schulkinder jeweils zweimal getestet. Angaben dazu, welches Modell in den einzelnen Schulen durchgeführt wurde liegen uns nicht vor.

Der Fokus unserer Analysen liegt auf der Kalenderwoche 15. Die Datenlage für diese Woche kann als natürliches Experiment betrachtet werden, da alle Schulkinder in den zwei vorhergehenden Wochen bedingt durch die Osterferien nicht in der Schule gegangen sind. Nimmt man eine Latenzzeit von 3–4 Tagen an [17, 18], so sind PCR-bestätigte Neuinfektionen bei Schulkindern, die in KW 15 gemeldet wurden, nicht (oder zumindest nur in vernachlässig-

barem Umfang) auf Infektionen an der Schule zurückzuführen, d. h. sie haben in einem Infektionsumfeld außerhalb der Schule stattgefunden. Vergleicht man damit die Neuinfektionen in der Altersgruppe der Schulkinder in Kreisen mit Präsenzunterricht und Testpflicht mit der Kontrollgruppe, sind statistisch signifikante Unterschiede allein auf das unterschiedliche Testgeschehen bei den Schulkindern zurückzuführen. Wir vergleichen das oben definierte Verhältnis der prozentualen Veränderungen der Meldeinzidenzen in den beiden Gruppen mit (zweiseitigen) Wilcoxon Tests, stratifiziert nach Altersgruppen, für die Kalenderwochen KW 15. Zusätzlich wenden wir den Test auch auf KW 13 und KW 14 an. Alle Analysen wurden mit dem Softwareprogramm R, Version 4.0.5 (2021–03–31) durchgeführt.



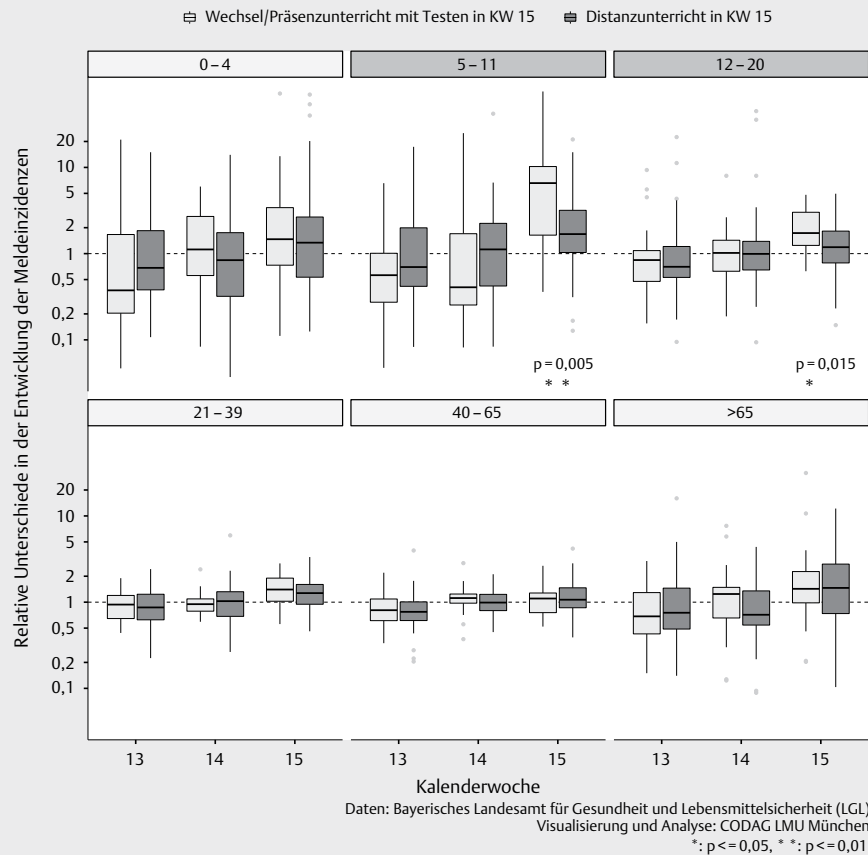
► **Abb. 1** Verteilung der 7-Tage-Meldeinzidenzen pro Altersgruppe der ausgewählten Kreise in den Kalenderwochen 12–15 stratifiziert nach Kreisen mit Präsenzunterricht und Testpflicht (hellgrau) und mit Distanzunterricht (dunkelgrau) in KW 15.

## Ergebnisse

In den Altersgruppen der Schulkinder (5–11 und 12–20 Jahre) ist in den Kreisen mit Reihentestungen für den Präsenzunterricht (hellgrau) ein deutlicher Anstieg der Meldeinzidenzen in KW 15 zu erkennen, der in den Vergleichskreisen ohne Reihentestung (dunkelgrau) nicht zu sehen ist (► **Abb. 1**).

► **Abb. 2** zeigt die Verteilung der relativen Unterschiede in der Entwicklung der Meldeinzidenzen, wie oben als Quotient definiert, in der Log-Skala. In den Altersgruppen der Schulkinder bestätigt sich für KW 15 in den Kreisen mit Reihentestung für den Präsenzunterricht eine deutliche Steigerung der Infektionsdynamik im Vergleich zur Vorwoche; die Verteilung der relativen Unterschiede in der Entwicklung der Meldeinzidenzen liegt für diese Kreise (hellgrau) in KW 15 deutlich über der 1. Das bedeutet, die Zahlen der gemeldeten, durch PCR-Test bestätigten Infektionen steigen bei Reihentestung wesentlich steiler an als erwartet. Dieser Zuwachs lässt sich quantifizieren. Bei den 5–11 Jährigen ist der Zuwachs im Median 6,6 mal so hoch (25 und 75 % Quantil bei 1,6 und 10,2), bei den 12–20 Jährigen ist der Median des Zuwachses bei 1,7 (25 und 75 % Quantil bei 1,3 und 3,0). Dies entspricht je nach Altersgruppe

etwa zwei bis sechsmal mehr Infektionen unter den Schulkindern bei Testpflicht, als wir es bei gleichbleibender Infektionsdynamik erwartet hätten. Bei den Kreisen mit Distanzunterricht und ohne Reihentestung ist ein solcher Anstieg nicht zu beobachten, d. h. die Dynamik in den Meldeinzidenzen ist hier weitestgehend unverändert. Hier liegt der Zuwachs im Median bei 1,6 (25 und 75 % Quantil bei 1,0 und 3,2) für die 5–11 Jährigen und bei 1,2 (25 und 75 % Quantil bei 0,8 und 1,8) für die 12–20 Jährigen. Die Interquartilsbox enthält dabei in beiden Fällen die 1, also keine Veränderung. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist für die Altersgruppen der Schulkinder in KW 15 signifikant ( $p\text{-Wert}_{5-11J} = 0,005$  bzw.  $p\text{-Wert}_{12-20J} = 0,015$ ). Damit zeigt sich, dass in Kreisen mit Reihentestung für den Präsenzunterricht signifikant mehr Infektionen bei Schulkindern durch PCR-Tests nachgewiesen werden als erwartet, und sich dieser Anstieg signifikant von der Entwicklung der Meldeinzidenzen in Kreisen mit Distanzunterricht ohne Reihentestung unterscheidet. Die Unterschiede bei den Inzidenzen in anderen Altersgruppen sind für diese Woche nicht signifikant. Die entsprechenden  $p$ -Werte sind in ► **Tab. 2** gegeben, in der zusätzlich die Quotienten der Mediane der beiden Gruppen angegeben werden.



► **Abb. 2** Verteilung der relativen Veränderung der Meldeinzidenzen (Boxplots) stratifiziert nach Kreisen mit Präsenzunterricht und Testpflicht in KW 15 (hellgrau) und mit Distanzunterricht (dunkelgrau) für die Kalenderwochen 13 bis 15. \* und \*\* markiert einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

## Diskussion

Schulschließungen und ihre negativen physischen, psychischen und pädagogischen Auswirkungen auf Kinder wurden bereits seit Beginn der COVID-19 Pandemie diskutiert und so besteht ein allgemeiner Konsens, dass Schulschließungen nur als letztes Mittel zur Eindämmung des Infektionsgeschehens COVID-19-Pandemie eingesetzt werden sollten [4, 17, 18]. Aktuelle Ergebnisse weisen darauf hin, dass das Risiko von Übertragungen unter Schulkindern im Schulumfeld gering ist [11, 22]. Darüber hinaus wird das Risiko eines schweren Infektionsverlauf bei Kindern als gering eingeschätzt [23]. Somit ist der zentrale Aspekt bei der Entscheidung für oder gegen Schulschließungen, deren Einfluss auf die Ausbreitung der Pandemie. Dieser Punkt gewinnt vor allem in Bezug auf die zum 12. April 2021 eingeführte Testpflicht an Schulen für die Teilnahme am Präsenzunterricht eine neue Bedeutung. In unseren Analysen untersuchen wir den Effekt der Testpflicht an Schulen auf die Dunkelziffer in einer Phase mit relativ hohen Infektionsgeschehen bei knapp unter 100 gemeldeten Neuinfektionen pro 100000 Einwohner innerhalb von sieben Tagen. Wir nutzen zur Quantifizierung des Effekts die Situation in Bayern in der Woche direkt nach den Osterferien, in der gemeldete Infektionen so gut wie aus-

schließlich auf Übertragungen während der Ferien zurückgehen, und nicht im Schulumfeld stattfanden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass durch die Reihentestung an Schulen bei Präsenzunterricht die Dunkelziffer etwa um den Faktor 2, in jüngeren Altersgruppen sogar um den Faktor 6,6 reduziert werden kann. Das heißt, wir erkennen unter den Schulkindern bei Testpflicht zwischen zwei bis sechsmal mehr Infektionen, als ohne. Dabei handelt es sich bei den zusätzlich erkannten Infektionen überwiegend um symptomlose Infektionen, denn symptomatisch infizierte Kinder nehmen weitestgehend nicht am Unterricht teil [24]. Damit steht dem epidemiologischen Risiko von Präsenzunterricht in offenen Schulen ein epidemiologischer Nutzen durch die Testpflicht gegenüber, der vor allem in Phasen von hohem Infektionsgeschehen von Bedeutung ist.

Der Effekt ist in der jüngeren Altersgruppe stärker ausgeprägt. Mögliche Gründe hierfür können sein, dass die Schülerquote bei den 5–11 Jährigen größer ist als bei den 12–20 Jährigen. Insgesamt betrachten unsere Analysen den epidemiologisch-statistischen Nutzen von Schulöffnungen mit der zum 12. April 2021 eingeführten Testpflicht gegenüber Schulschließungen hinsichtlich einer Reduktion der Dunkelziffer bei relativ hohen Inzidenzzahlen. Dabei bleiben die in der Praxis realisierten Sensitivitäten und Spezifitäten

► **Tab. 2** Ergebnisse der (zweiseitigen) Wilcoxon-Tests auf Unterschied in der Veränderung der Meldeinzidenzen zwischen Kreisen mit Präsenzunterricht und Testpflicht in KW 15 und Kreise mit Distanzunterricht in KW 15, stratifiziert nach Kalenderwoche und Altersgruppe. In der jeweiligen Zeile ist die Effektstärke und der resultierende p-Wert angegeben.

Kalender-woche	Alters-gruppe	Quotient der Mediane (Präsenz / Distanz)	p-Wert
13	0–4	0,548	0,124
13	5–11	0,805	0,159
13	12–20	1,197	0,973
13	21–39	1,079	0,761
13	40–65	1,045	0,811
13	>65	0,908	0,467
14	0–4	1,331	0,246
14	5–11	0,364	0,118
14	12–20	1,025	0,786
14	21–39	0,922	0,677
14	40–65	1,128	0,150
14	>65	1,741	0,146
15	0–4	1,096	0,737
15	5–11	3,912	0,005 * *
15	12–20	1,459	0,015 *
15	21–39	1,101	0,301
15	40–65	1,033	0,515
15	>65	0,976	0,929
* p<0,05, * * p<0,01			

der Selbsttests unberücksichtigt; wir untersuchen nur die beobachteten Meldeinzidenzen, die sich mit der Situation der Testpflicht ergeben haben. Kritik an der Testpflicht in Schulen, etwa [25], fokussiert andere Aspekte, die insbesondere bei geringem Infektionsgeschehen auch aus statistisch-epidemiologischer Sicht erneut diskutiert werden müssen, wie etwa der geringe Positive-Vorhersagewert bei geringen Infektionszahlen und der Umgang mit falsch-positiven Testergebnissen dieser Screeningmaßnahmen. Zu beachten ist auch, dass weitere Aspekte, wie z. B. eine möglicherweise durch Schulschließungen verursachte, verringerte Mobilität in der Gesamtbevölkerung, in unseren Betrachtungen nicht berücksichtigt ist.

## FAZIT

Schulöffnung für den Präsenzunterricht mit Testpflicht (unter Einhaltung notwendiger Hygienemaßnahmen und ggf. im Wechsel) kann helfen, symptomlose Infektionen aufzudecken um Infektionsketten zu unterbrechen und so einen Beitrag zur Pandemiebewältigung leisten.

## Merke

- Die Situation nach den Osterferien in Bayern gleicht einem natürlichen Experiment und erlaubt es, den Effekt von Reihentestungen an Schulen zu quantifizieren.

- Reihentestungen an Schulen bei Präsenzunterricht können die Dunkelziffer unter Kindern deutlich reduzieren.
- Reihentestungen bei Präsenzunterricht können damit in Phasen von hohem Infektionsgeschehen einen wichtigen Beitrag zur Pandemiebewältigung leisten.

## Interessenkonflikt

Die Analysen wurden mit finanzieller Unterstützung des bayerischen Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) durchgeführt. Die Autoren bedanken sich hierfür. Darüber hinaus erklären die Autoren, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

## Literatur

- [1] Viertes Gesetz zum Schutz der Bevölkerung bei einer epidemischen Lage von nationaler Tragweite. Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 18. Aufl. Bonn; 22.04.2021
- [2] 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
- [3] Otte im Kampe E, Lehfeld A, Buda S et al. Surveillance of COVID-19 school outbreaks, Germany, March to August 2020. Euro Surveill 2020. doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.38.2001645
- [4] European Centre for Disease Prevention and Control. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission – first update. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control; 23.12.2020 <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/children-and-school-settings-covid-19-transmission> Stand: 20.10.2021
- [5] Hippich M, Philipp Siffert P, Zapardiel-Gonzalo J. et al. A public health antibody screening indicates a marked increase of SARS-CoV-2 exposure rate in children during the second wave. Med 2021. doi:10.1016/j.medj.2021.03.019
- [6] Willeit P, Krause R, Lamprecht B et al. Prevalence of RT-PCR-detected SARS-CoV-2 infection at schools: First results from the Austrian School-SARS-CoV-2 Study. Lancet Reg Health Eur 2021; 5: 100086. doi:10.1016/j.lanepe.2021.100086
- [7] Flasche S, Edmunds WJ. The role of schools and school-aged children in SARS-CoV-2 transmission. The Lancet Infectious Diseases 2021; 21: 3 298–299. doi:10.1016/S1473-3099(20)30927-0
- [8] Heudorf U, Gottschalk R. Zweiter Corona-Sommer – und dann? Hessisches Ärzteblatt 2021, 7/8, 432-433. [https://www.laekh.de/fileadmin/user\\_upload/Hefetarchiv/PDFs\\_ganze\\_Hefte/2021/HAEBL\\_07\\_08\\_2021.pdf](https://www.laekh.de/fileadmin/user_upload/Hefetarchiv/PDFs_ganze_Hefte/2021/HAEBL_07_08_2021.pdf)
- [9] Ertem Z, Schechter-Perkins EM, Oster E et al. The impact of school opening model on SARS-CoV-2 community incidence and mortality. Nat Med 27: 2120–2126 2021. doi:10.1038/s41591-021-01563-8
- [10] Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften. Kinder und Jugendliche in der Coronavirus-Pandemie: psychosoziale und edukative Herausforderungen und Chancen [https://www.leopoldina.org/uploads/tx\\_leopublication/2021\\_Corona\\_Kinder\\_und\\_Jugendliche.pdf](https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2021_Corona_Kinder_und_Jugendliche.pdf)
- [11] Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. Wissenschaftliche Begleitung zum Eintritts-Selbsttest (anterio-nasaler Antigen-Schnelltest) an österreichischen Schulen <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/Forschung/Aktuelles/BeAntiGenT.html> Stand: 09.05.2021



- [12] Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. Evaluierung des SARS-CoV-2 Screenings mittels anterio-nasalen Antigen-Selbsttests an österreichischen Schulen [https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:f0184d0f-cec7-4b39-b55c-ee110f29d08a/NASTs\\_Bericht\\_KW\\_9\\_FINAL\\_2021\\_03\\_29.pdf](https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:f0184d0f-cec7-4b39-b55c-ee110f29d08a/NASTs_Bericht_KW_9_FINAL_2021_03_29.pdf) Stand: 09.05.2021
- [13] Seifried J, Böttcher S, von Kleist M et al. Antigentests als ergänzendes Instrument in der Pandemiebekämpfung, *Epidemiologisches Bulletin* 17/2021. doi:10.25646/8264
- [14] Larremore DB, Wilder B, Lester E et al. Test sensitivity is secondary to frequency and turnaround time for COVID-19 screening. *Science Advances* 2021; 7: 1. doi:10.1126/sciadv.abd5393
- [15] Peeling R, Oliaro P, Boeras D et al. Scaling up COVID-19 rapid antigen tests: promises and challenges. *The Lancet Infectious Diseases* 2021; 21: e290–e295. doi:10.1016/S1473-3099(21)00048-7 Epub 2021 Feb 23
- [16] Heudorf U, Gottschalk R. SARS-CoV-2 und die Schulen – Was sagen die Daten? *Hessisches Ärzteblatt* 2021; 82: 356–357
- [17] Salzberger B, Buder F, Lampl B et al. Epidemiologie von SARS-CoV-2-Infektion und COVID-19. *Internist* 2020; 61: 782–788. doi:10.1007/s00108-020-00834-9
- [18] Robert Koch-Institut. Epidemiologischer Steckbrief zu SARS-CoV-2 und COVID-19 .19.04.2021 [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Steckbrief.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html) Stand: 19.04.2021
- [19] Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> Stand: 06.05.2021
- [20] Fore H .Children cannot afford another year of school disruption. Statement by UNICEF Executive Director Henrietta Fore, 12.01.2021 <https://www.unicef.org/press-releases/children-cannot-afford-another-year-school-disruption> Stand: 06.05.2021
- [21] Kluge H. Schulbetrieb zu Zeiten von COVID-19: Eröffnungsansprache auf der hochrangigen Tagung über die Offenhaltung von Schulen und den Schutz aller Kinder angesichts rasch steigender COVID-19-Fallzahlen. WHO/Europa <https://www.euro.who.int/de/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/statements/schooling-in-the-time-of-covid-19-opening-statement-at-high-level-meeting-on-keeping-schools-open-and-protecting-all-children-amid-surging-covid-19-cases> Stand: 06.05.2021
- [22] European Centre for Disease Prevention and Control. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission – second update. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control; 06.08.2020 <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/children-and-school-settings-covid-19-transmission> Stand: 20.10.2021
- [23] Berner R, Walger P, Simon A et al. Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie (DGPI) und der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH): Hospitalisierung und Sterblichkeit von COVID-19 bei Kindern in Deutschland <https://dgpi.de/stellungnahme-dgpi-dgkh-hospitalisierung-und-sterblichkeit-von-covid-19-bei-kindern-in-deutschland-18-04-2021> Stand: 21.04.2021
- [24] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. Umgang mit Krankheits- und Erkältungssymptomen bei Kindern und Jugendlichen in Schulen - Informationen für Eltern und Erziehungsberechtigte – Stand: 21.04.2021 [https://www.km.bayern.de/download/24702\\_210421-Merkblatt\\_Umgang-mit-Erk%C3%A4ltungssymptomen.pdf](https://www.km.bayern.de/download/24702_210421-Merkblatt_Umgang-mit-Erk%C3%A4ltungssymptomen.pdf)
- [25] Hübner J, Simon A, Dötsch J et al. Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie (DGPI), des Berufsverbands der Kinder- und Jugendärzte in Deutschland e.V. (BVKJ), der Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin (DGKJ), und der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH): Teststrategien zur COVID Diagnostik in Schulen [https://dgpi.de/wp-content/uploads/2021/02/Stellungnahme-Schnelltests\\_final\\_logos\\_28\\_02\\_2021.pdf](https://dgpi.de/wp-content/uploads/2021/02/Stellungnahme-Schnelltests_final_logos_28_02_2021.pdf) Stand 28.02.2021