



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

PROF. DR. GÖRAN KAERMANN
LEHRSTUHL FÜR STATISTIK UND IHRE
ANWENDUNGEN IN WIRTSCHAFTS-
UND SOZIALWISSENSCHAFTEN



Institut für Statistik · Ludwigstr. 33 · 80539 München

Prof. Dr. Göran Kauermann

Bundesverfassungsgericht

Telefon [REDACTED]
Telefax [REDACTED]

Schlossblick 3

76006 Karlsruhe

Bundesverfassungsgericht

Eing. 13.07.21 10-11

_____ Doppel _____ Bd.
div _____ Anlage _____ Doppel

www.stat.uni-muenchen.de

Postanschrift:
Ludwigstr. 33/II
80539 München

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom _____ Unser Zeichen _____

11/ Juli 2021

1 BvR 971/21
1 BvR 1069/21

Sehr geehrte Damen und Herren,

bezugnehmend auf Ihr Schreiben vom 2. Juni mit obigen Referenznummern nehmen wir Stellung zu den uns zugesandten Fragenkatalog. An der Bearbeitung der Fragen waren beteiligt (in alphabetischer Reihenfolge):

- Dr. Ursula Berger
- Prof. Dr. Ralph Brinks
- Prof. Dr. Annika Hoyer
- Prof. Dr. Göran Kauermann
- Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Bei weiteren Fragen oder auch Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.

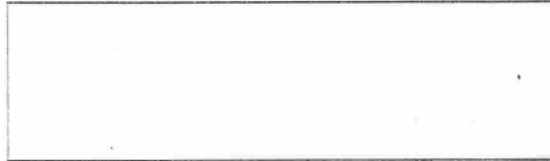
Im Namen der COVID-19 Data Analysis Group (CODAG @ LMU) verbleibe ich hochachtungsvoll

Ihr

Göran Kauermann



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Prof. Dr. Göran Kauermann



Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff



Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

Dr. Ursula Berger



IBE
Marchioninstr. 15
81377 München

COVID-19 Data Analysis Group (CODAG @ LMU)

www.covid19.statistik.uni-muenchen.de

Stellungnahme zur Anfrage des Bundesverfassungsgerichts

Aktenzeichen:

1 BvR 971/21

1 BvR 1069/21

Antworten zum Fragenkatalog vom 2. Juni 2021

I Folgen des Wegfalls von Präsenzunterricht

Zu den hier gegebenen Fragen können wir keine fachkompetente Antworten geben, da die Fragen nicht das Fachgebiet Statistik betreffen bzw. uns keine Daten vorliegen, um hier empirisch basiert antworten zu können.

II Wegfall von Präsenzunterricht und Infektionsgeschehen

- 1. Wie wird das Risiko von Schülerinnen und Schülern verschiedenen Alters eingeschätzt, sich selbst mit dem SARS-COV-2-Virus anzustecken und nach erfolgter Infektion andere anzustecken (Viruslast, Emission, Immission)? Ist das Übertragungsrisiko bei asymptomatischen Verlauf geringer? Wie groß ist der Einfluss von Virusmutationen auf das Ansteckungs- und Übertragungsrisiko von Schülern? Inwiefern unterscheidet sich das Ansteckungs- und Übertragungsrisiko bei Schülern von demjenigen anderer Altersgruppen?*

Antwort:

In Bezug auf Varianten (Mutationen) können wir keine statistisch fundierte Antwort geben, da uns hier keine hinreichend informativen Daten bekannt sind.

In Bezug auf das Ansteckungs- und Übertragungsrisiko bei Schülern und anderen Altersgruppen verweisen wir explizit auf unseren CODAG Bericht Nummer 8 (vom 5.2.2021) und CODAG Bericht Nummer 10 (vom 5.3.2021). Wir untersuchen hier, inwieweit steigende (bzw. fallende) Inzidenzen in unterschiedlichen Altersgruppen die Inzidenzen bei

Schulkindern beeinflussen, und umgekehrt, wie steigende (und fallende) Inzidenzen bei Schulkindern die Inzidenzen in anderen Altersgruppen beeinflussen. Die Ergebnisse sind wie folgt:

- Steigende bzw. fallende Inzidenzen bei Schulkindern haben keine statistisch nachweisbare Assoziation zu Inzidenzen in anderen Altersgruppen.
- Steigende bzw. fallende Inzidenzen in der Altersgruppe der 21 - 65-Jährigen haben eine statistisch nachweisbare Assoziation zu den Inzidenzen bei Schulkindern. Das gilt insbesondere in Zeiten des Lockdowns.

Basierend auf unseren statistischen Analysen von Daten des Bayerischen Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) zeigt sich damit, dass Inzidenzen bei Schulkindern keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf die Inzidenzen in anderen Altersgruppen haben. Dies geht einher mit zahlreichen Studien, die wir ausführlich im CODAG Bericht Nummer 8 diskutieren.

Wir verweisen darüber hinaus auf unseren CODAG Bericht Nummer 12 (vom 1.4.2021) in dem wir Ausbruchsdaten des LGL analysieren. Dabei betrachten wir unterschiedliche Ausbruchsorte und unterscheiden zwischen sogenannten übergeordneten Ausbruchsorten und nachgelagerten Ausbruchsorten. Der übergeordnete Ausbruchsort beschreibt den mutmaßlichen ursprünglichen Infektionsort, die nachgelagerten Ausbruchsorte die daraus resultierenden Ansteckungsorte.

Das Ausbruchsgeschehen an Schulen ist im Vergleich zu anderen Infektionsumfeldern eher gering und macht nur 2.4% aller Ausbrüche der 2. Welle aus. Selbst unter Berücksichtigung der Infektionen aus nachgelagerten Ausbrüchen, blieben die Ausbrüche im Schulumfeld eher klein; mehr als die Hälfte der Schulausbrüche betrafen lediglich 2-3 Fälle. Dies ist sicherlich auch auf die präventiven Maßnahmen in Schulen zurückzuführen. Entsprechend war der Anteil der Infektionen bei Kindern und Jugendlichen, die auf einen Schulausbruch zurückzuführen sind, in allen Altersgruppen zu jedem Zeitpunkt der Pandemie vergleichsweise gering.

Wir zeigen zudem mit Hilfe von Wanderdiagrammen (so genannte Sankey Diagramme, siehe Abbildung 2.3 in CODAG Bericht Nummer 12), dass der Ausbruchsort Schule als übergeordneter Ausbruchsort nur eine unbedeutende Rolle spielt. In Zeiten des Lockdowns mit Notbetreuung ist dieser Ausbruchsort für das Infektionsgeschehen vernachlässigbar. Hingegen zeigt sich, dass der Ausbruchsort Arbeitsplatz in Zeiten des Lockdowns die dominierende Rolle als übergeordneter Ausbruchsort hat. Wir schlussfolgern im zitierten Bericht: *“Die Einschränkungen von privaten Kontakten, wie sie seit November gelten, helfen damit, Infektionsketten zu beenden. Diese Infektionsketten beginnen aber nicht im Haushalt, sondern gerade im Lockdown zum überwiegenden Teil bei der Arbeit.”*

Wie hoch ist das Risiko schwerere Krankheitsverläufe oder von Langzeitfolgen und Entzündungserscheinungen nach erfolgter Ansteckung bei Schülern verschiedenen Alters und wie unterscheidet sich dieses Risiko von demjenigen anderer Altersgruppen?

Antwort:

In unserem CODAG Bericht Nummer 17 (vom 10.6.2021) berechnen wir das Risiko von Schülerinnen und Schülern sich mit COVID-19 zu infizieren und einen insofern schweren Krankheitsverlauf zu haben, als dass eine Hospitalisierung notwendig wird. Wir benutzen

dazu Daten des LGL und berechnen aus diesen Daten das Risiko einer mit COVID-19 assoziierten Hospitalisierung jeweils auf eine Woche betrachtet in Form einer 7-Tagesinzidenz für die Zeitfenster der zweiten und dritten Welle, also die Anzahl an hospitalisierten Schülerinnen und Schüler je 100.000 Einwohner in entsprechender Alterskategorie. Das Risiko liegt bei einer 7-Tagesinzidenz von 1-2 Hospitalisierungen pro 100.000 Schülerinnen und Schüler. Wir vergleichen dieses Risiko mit dem Risiko einer Verunglückung bei einem Verkehrsunfall in dieser Altersgruppe, zur Vergleichbarkeit auch auf eine 7-Tagesinzidenz berechnet. Wir kommen zum Schluss: *“Vergleichend auf 7 Tage berechnet, also als exemplarische 7-Tage-Unfallinzidenz je 100.000 Einwohner, ergibt dies (das Verunglückungsrisiko) einen Wert von ca. 4.5, also etwa das zwei- bis vierfache der (...) angegebenen Hospitalisierungsinzidenzen. Dies spiegelt wider, dass die Hospitalisierung “mit” oder “wegen” COVID-19 kein extremes Risiko darstellt, zumindest verglichen mit dem Risiko im Straßenverkehr.”* Langzeitfolgen sind entsprechend noch geringer, wobei uns hier keinerlei Datenmaterial vorliegt und wir somit keine statistisch valide Aussage treffen können. Das geringe Risiko für Kinder wird auch in einer aktuellen großen Studie aus Großbritannien bestätigt¹. Hier wird ein sehr geringes Risiko für schwere Verläufe und Todesfälle bei Kindern nachgewiesen.

2. *Welcher Wirkungszusammenhang besteht zwischen dem allgemeinen Infektionsgeschehen (Inzidenzwerte) und dem Infektionsgeschehen an der Schule?*

Antwort: Wir verweisen hier auf unsere obigen Ausführungen zu Frage 1. Die Hauptaussage ist, dass wir in unseren Analysen keine statistisch signifikante Assoziation des Infektionsgeschehens an Schulen auf das Infektionsgeschehen in älteren Altersgruppen nachweisen konnten, umgekehrt ist die Assoziation jedoch signifikant. Insofern deuten die Daten eher auf einen einseitigen Wirkungszusammenhang hin. Allerdings betrachten wir keine Infektionsketten, so dass wir hier ausschließlich Aussagen über Inzidenzwerte treffen können. In CODAG Bericht Nummer 12 (vom 1.4.2021) untersuchen wir zudem die Anzahl der Infektionsfälle unter Schülern und Schülerinnen, die auf Ausbrüche in Schulen zurückzuführen sind (siehe Abbildung 3.2. in CODAG Bericht Nummer 12). Die Verteilung spiegelt den Verlauf der zweiten Welle wieder, der durch die Herbstferien, den Lockdown und die Weihnachtsferien unterbrochen wird, d.h. die Anzahl der Fälle in Schulen folgt dem allgemeinen Verlauf der Pandemie. Ihr Anteil bleibt insgesamt jedoch durchweg verschwindend gering und macht weniger als 1% der Fälle unter Kindern aus.

Wie hoch wird der Einfluss von Präsenzunterricht an Schulen (Regelbetrieb sowie Wechselunterricht) auf das allgemeine Infektionsgeschehen bei Einhaltung der Schutz- und Hygienekonzepte und bei wöchentlichen zweimaliger Testung von Schülern und Lehrern eingeschätzt, und welche Bedeutung kommt demnach dem Wegfall von Präsenzunterricht als ein “Baustein” der “Bundesnotbremse” für die Eindämmung von Infektionen zu? Welche Bedeutung hat hierbei die Schelle einer Sieben-Tages-Inzidenz von 165 und von 100?

¹<https://doi.org/10.1101/2021.07.01.21259785>

Antwort: Diese Frage ist in CODAG Bericht Nummer 14 (vom 30.4.21) ausführlich beantwortet, die Methodik ist darüber hinaus in einer eingereichten Publikation dargestellt². Konkret ergab sich nach den Osterferien in Bayern ein sogenanntes natürliches Experiment. In Kreisen mit einer Inzidenz (am Freitag der Vorwoche) von unter 100 fand Präsenzunterricht mit Testpflicht statt (Gruppe A), in den anderen Kreisen gingen nur die Abschlussklassen in den Präsenzunterricht, alle anderen Schüler waren im Distanzunterricht (Gruppe B). Jegliche durch Selbst-Tests nachgewiesene Infektion konnten in dieser Woche bedingt durch die Ferienwoche davor und durch eine Latenzzeit von 3-5 Tagen ausschließlich durch Ansteckungen im außerschulischen Bereich stattgefunden haben. Wir konnten zeigen, dass in der Gruppe mit Präsenzunterricht und Testpflicht 2-4 mal so viele Infektionen gefunden wurden wie erwartbar gewesen wäre. Das heißt, die Dunkelziffer konnte durch die Test bei Präsenzunterricht um den Faktor 2 bis 4 reduziert werden.

Weitere Überlegungen zeigen, dass der positive Effekt der zusätzlichen Entdeckung von Infektionen bei verpflichtenden Tests für den Präsenzunterricht gegenüber dem unmittelbaren Risiko der Ansteckung an Schulen (inklusive Schulweg) überwiegt.

Aus den Ergebnissen des CODAG Berichts Nummer 14 lässt sich insgesamt ableiten, dass bei hohen Inzidenzen der Präsenzunterricht mit Testpflicht (unter Einhaltung notwendiger Hygiene- und Schutzmaßnahmen) gegenüber Schulschließungen hilft, symptomlose Infektionen aufzudecken um Infektionsketten zu unterbrechen und so einen Beitrag zur Pandemiebewältigung leisten kann.

In Bezug auf die Schwellenwertbestimmung von 165 ist aus unserer Sicht festzustellen, dass es hierfür keine statistische Rechtfertigung gab. Bemerkung: Dieser Schwellenwert galt in Bayern nicht direkt nach den Osterferien, hier war der Schwellenwert auf 100 festgelegt.

Wie unterscheidet sich der Einfluss von im Regelbetrieb der im Rahmen von Wechselunterricht geöffneten Schulen auf das Infektionsgeschehen von dem Einfluss anderer Bereiche, in denen sich - wie insbesondere im Berufsleben - Menschen in geschlossenen Räumen aufhalten?

Antwort: Eine statistisch valide Antwort können wir hier aufgrund fehlender Daten leider nicht geben. Wir verweisen aber auf den CODAG Bericht Nummer 16 (vom 28.5.21), wo wir zeigen, dass die Anzahl der Ausbrüche an Arbeitsplätzen stetig steigt, aber in den Schulen immer gering war. Wir kommen in dem Bericht zu dem Schluss: *„nach der schrittweisen Öffnung der Schulen für den Präsenzunterricht seit Mitte Februar (KW 8) ist die Anzahl der Fälle, die aus Infektionen an der Schule resultieren, sehr gering geblieben. Anders verhält es sich bei Infektionen, die nachweislich am Arbeitsplatz stattgefunden haben: Hier nimmt die Anzahl der gemeldeten Fälle seit Jahresbeginn zu.“* Allerdings erkennen wir auch am Arbeitsplatz wie schon zuvor in den Schulen den deutlichen Effekt der Reihentestungen: *„Die Testpflicht bzw. das verpflichtende Testangebot führt zunächst zu einem sprunghaften Anstieg der Covid-19 Fälle. Langfristig sinken die Inzidenzzahlen aus Ausbrüchen wieder.“*

Gibt es weitere Möglichkeiten, um den Einfluss geöffneter Schulen auf das Infektionsgeschehen zuverlässig zu verringern. Wann und wie hätten entsprechende Maßnahmen gegebenenfalls umgesetzt werden können?

² siehe: https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/publikationen/schulen_testen.html

Antwort: Wie in CODAG Bericht Nummer 14 gezeigt, führt Präsenzunterricht mit regelmäßigem Testen zu einer deutlichen Reduktion der Dunkelziffer. Das heißt dass gerade in Phasen hohen Infektionsgeschehen geöffnete Schulen mit regelmäßigen Tests zu einer langfristigen Reduktion der Infektionszahlen beitragen können, indem Infektionen unter Kindern erkannt werden. Dabei handelt es sich üblicherweise um symptomfreie Infektionen, denn Kinder mit Symptomen sollten nicht in die Schule gehen. Die Infektionen, die so gefunden werden, haben Auswirkungen auf das private Umfeld der Kinder, denn als direkte Kontaktpersonen unterliegen die Familien ebenfalls der Testpflicht. So fallen weitere Infektionen auf, und das Infektionsgeschehen reduziert sich insgesamt. Dies illustrieren wir in Abbildung 1.1. im CODAG Bericht Nummer 16: Zunächst steigen die Inzidenzen deutlich an (= symptomlos Infizierte werden gefunden) und fallen dann ein bis zwei Wochen später deutlich ab (= Infektionsketten wurden unterbrochen).

Dieser positive Einfluss von Tests war seit Anfang des Jahres 2021 durch umfangreiche Studien aus Österreich bekannt.³ Hier werden wöchentlich die Ergebnisse der sehr umfangreichen Teststrategie an Schulen publiziert. Auch das RKI kommt im Bulletin vom 25. Februar 2021 zum Schluss⁴, dass verpflichtende Tests zur Eindämmung der Infektionen beitragen können.

Dient der Wegfall von Präsenzunterricht aus fachwissenschaftlicher Sicht im Schwerpunkt dem Schutz der Schüler selbst oder vorwiegend dem Schutz anderer Bevölkerungsgruppen?

Antwort: Wie in den obigen Antworten schon dargelegt, zeigen wir in CODAG Bericht Nummer 10, dass die Infektionen in der Altersgruppe der Schüler eher von den Infektionen in anderen Altersgruppen beeinflusst werden. Eine Assoziation der Inzidenzen der Schüler auf die Inzidenzen anderer Altersgruppen ist statistisch nicht nachweisbar. Bereits in unseren verschiedenen Analysen in CODAG Bericht Nummer 8 wie auch in Nummer 10 können wir keinen Hinweis finden, dass sich der Wegfall von Präsenzunterricht (=Schulschließung bzw. Homeschooling) auf die Infektionszahlen in anderen Bereichen oder Altersgruppen auswirkt. Ebenso zeigen wir in CODAG Bericht Nummer 16, dass die Anzahl der Infektionen bei Kindern, die auf Ausbrüche an Schulen zurückzuführen sind, über den gesamten Zeitraum verschwindend gering sind, so dass der Wegfall von Präsenzunterricht das Infektionsgeschehen bei Schulkindern nicht nennenswert beeinflusst. Daraus läßt sich insgesamt schließen, dass, basierend auf der Daten, der Effekt von Schulschließungen auf das gesamte Infektionsgeschehen sehr gering ist.

3. Wie ist die Bedeutung des Wegfalls von Präsenzunterricht für die Eindämmung des Infektionsgeschehen und die Funktionsfähigkeit des Gesundheitssystems bei zunehmender Immunisierung der Bevölkerung einzuschätzen?

³ siehe <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/Forschung/Aktuelles/BeAntiGenT.html>

⁴ siehe https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/08_21.html

Antwort: Diese Frage kann nicht datentechnisch (also durch direkte statistische Analysen der Funktionsfähigkeit des Gesundheitssystems) beantwortet werden. Fasst man aber die obigen Ergebnisse zusammen, insbesondere zum statistisch insignifikanten Einfluss der Infektionen bei Kindern auf Erwachsene (z.B. CODAG Berichte Nummer 10 & 12), die vernachlässigbare Zahl der Infektionen an Schulen (z.B. CODAG Berichte Nummer 12 & 16) und das geringe Hospitalisierungsrisiko bei Kindern (CODAG Bericht Nummer 17) , so zeigt sich, dass der Zusammenhang von Schulschließungen auf die Funktionsfähigkeit des Gesundheitssystems eher vernachlässigbar ist.

Subsummierend kann man aber festhalten, dass die Gefahr von Übertragungen in den Schulen desto geringer ist, je immuner die Eltern sind. Wenn darüber hinaus Lehrer geimpft sind, besteht aus heutiger Sicht wenig Gefahr, solange die Effektivität der Impfungen vorliegt.

4. Inwiefern ist das Verbot von Präsenzunterricht zur Eindämmung des Infektionsgeschehens besser geeignet als die Durchführung von Präsenz-oder Wechselunterricht unter Einhaltung der geltenden Schutz-und Hygienekonzepte und bei einer wöchentlich zweimaligen Testung von Schülern und Lehrern?

Antwort: Wir verweisen nochmals auf Bericht 14. Dort wird auch das Thema der Sensitivität von Tests diskutiert, was bei der Antwort auf diese Frage zum Tragen kommt. Bei jedem Test besteht die Gefahr von falsch-negativen Ergebnissen, d.h. ein infizierter Schüler wird fälschlicherweise vom Test nicht erkannt. In Bericht 14 berechnen wir, dass selbst bei einer angenommenen Sensitivität von 50% (also nur jeder zweite infizierte Schüler würde durch einen Test gefunden) jeder falsch-negative Schüler mindestens drei Mitschüler infizieren müsste, damit ein Verbot von Präsenzunterricht zur Infektionseindämmung sinnvoll wäre. Der Reproduktionsfaktor R müsste also bei über 3 liegen. Da dieser Wert deutlich über dem allgemeinen R-Wert liegt, muss konstatiert werden, dass die Durchführung von Präsenzunterricht mit Testpflicht ein sinnvolles Instrument zur Pandemiebekämpfung ist.

Wie ist die Wirksamkeit der Pflicht zur wöchentlich zweimaligen Testung von Schülern und Lehrern im Hinblick auf die Eindämmung des Infektionsgeschehens einzuschätzen?

Antwort: Wir verweisen abermals auf CODAG Bericht Nummer 14, in dem wir zeigen, dass zweimaliges Testen die Dunkelziffer bei Schulkindern um den Faktor 2 bis 4 reduziert. Dabei betrachtet diese Berechnung allein die durch die Testung zusätzlich identifizierten Infektionen der Schulkinder. Hinzu kommen die Infektionen im Elternhaus, die über diese als infiziert identifizierten Schulkinder durch weitere Testungen der Kontaktpersonen auffallen. Insofern sind regelmäßige Tests und Präsenzunterricht zur Eindämmung des Infektionsgeschehens bei hohem Infektionsgeschehen aus statistischer Sicht sinnvolle Maßnahmen.

Wie hoch ist dabei das Risiko von falsch positiven oder negativen Testergebnissen?

Antwort: Diese Frage ist in Form einer Risikoabschätzung in Bericht 14 geliefert. Zwar besteht das Problem von falsch-positiven und falsch-negativen Testergebnissen, die Vorteile der Tests überwiegen aber nach unserer Einschätzung. Dies gilt zumindest, solange die Inzidenzen hinreichend hoch sind. Bei niedrigen Inzidenzen können falsch-positive Tests eher ein Problem darstellen.

5. Soweit zu den Fragen 1. bis 4. in Ermangelung hinreichend valider Daten und Informationen keine verlässlichen Erkenntnisse bestehen: Worauf ist das Fehlen solcher Daten und Informationen zurückzuführen? Ist die Situation der Ungewissheit der Dynamik des Infektionsgeschehens geschuldet oder konnte hier Abhilfe geschaffen werden?

Antwort: Leider ist die Datenlage hinsichtlich des Pandemiegeschehens in Deutschland in weiten Teilen als unvollständig und sogar als unzureichend zu bezeichnen. Wir teilen weitgehend die Ansichten des Volkswirts Professor Armin Falk, der in der Wochenzeitung DIE ZEIT am 30.6.21 kommentiert: "Entscheidungsträger folgen häufig 'starken Intuitionen', gehen fehlerhaft mit Wahrscheinlichkeiten um, verwechseln Korrelation mit Kausalität oder vernachlässigen Folgewirkungen und Ausweichreaktionen. Der Mangel an Evidenz oder ein falscher Umgang mit Daten führen deshalb regelmäßig zu Fehlschlüssen". Professor Falk führt zur Situation in Deutschland aus: "Hier herrschen Skepsis, Trägheit und Kleinmut, sowohl gegenüber sozialen Experimenten als auch bei der Bereitstellung administrativer Datensätze. Die Folge: Deutschland ist notorisch untererforscht. Ein enormer Standortnachteil! Während es anderswo durch die Verknüpfung von Daten beispielsweise möglich ist, zu identifizieren, welche Berufsgruppen besonders gefährdet sind, sich mit Corona zu infizieren (also etwa Busfahrer oder Lehrkräfte), war und ist dies in Deutschland leider nicht machbar"⁵. Im CODAG Bericht Nummer 18 vom 2.7.21 führen wir aus, welche Daten der Wissenschaft geholfen hätten, effiziente und zielgerichtete Maßnahmen zu entwickeln. Als Beispiele nennen wir repräsentative Stichprobendaten zum aktuellen Infektionsgeschehen nach Vorbild aus Großbritannien, eine systematische Erhebung zu Hospitalisierungsdaten und Verbesserungen bei den Daten vom Robert Koch-Institut.

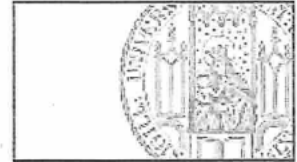
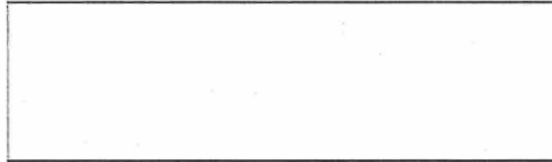
ANLAGEN

- Anlage A: Auszug aus CODAG Bericht Nummer 8
- Anlage B: Auszug aus CODAG Bericht Nummer 10
- Anlage C: Auszug aus CODAG Bericht Nummer 12
- Anlage D: Auszug aus CODAG Bericht Nummer 14
- Anlage E: Auszug aus CODAG Bericht Nummer 16
- Anlage F: Auszug aus CODAG Bericht Nummer 17
- Anlage G: Auszug aus CODAG Bericht Nummer 18

⁵ siehe <https://www.zeit.de/2021/27/evidenz-politik-deutschland-bauchgefuehl-corona-massnahmen>

Anlage A

Auszug aus CODAG Bericht Nummer 8



Prof. Dr. Göran Kauermann

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Telefon [REDACTED]

Telefon [REDACTED]

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

CODAG Bericht Nr 8 05.02.2021

1. **Die große offene Frage: Infektionen bei Schülern und ihr Einfluss auf das gesamte Infektionsgeschehen.**

Göran Kauermann, Ursula Berger, Helmut Küchenhoff, Marc Schneble, Jana Gauß

2. **Die Anzahl der tödlichen Neuinfektionen in Deutschland ist seit Jahresbeginn rückläufig - dennoch gibt es weiterhin große regionale Unterschiede.**

Marc Schneble, Göran Kauermann, Ursula Berger, Giacomo De Nicola

3. **Übersterblichkeit. Wie sah es 2020 aus, wie sieht es aktuell aus?**

Göran Kauermann, Giacomo De Nicola

Weitere Informationen zu unseren Analysen und vorherige Berichte der COVID-19 Data Analysis Group (CODAG) finden sich auf unserer Homepage

<https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html>

1. Die große offene Frage: Infektionen bei Schülern und ihr Einfluss auf das gesamte Infektionsgeschehen.

Göran Kauermann, Ursula Berger, Helmut Küchenhoff, Marc Schneble, Jana Gauß

Seit dem 16. Dezember sind bundesweit die Schulen geschlossen und an Stelle des Präsenzunterrichts findet Distanzunterricht statt, auch Homeschooling genannt. Ende Dezember begann in Deutschland auch die Zahl der registrierten Infektionen zu sinken.¹ (Details zur Situation in Bayern vgl. [CODAG-Bericht Nr. 7](#)). Jedoch kann daraus nicht direkt geschlossen werden, dass der Rückgang von COVID-19 Infektionen von den Schulschließungen herrührt. Denn bekannterweise kann aus Korrelation kein kausaler Schluss gezogen werden, und hier umso weniger als mit dem kompletten Lockdown am 16. Dezember neben den Schulschließungen eine Reihe weiterer Einschränkungen in Kraft getreten sind, die "das öffentliche Leben radikal herunterfahren" sollen, etwa die Schließung des Einzelhandels und der Dienstleistungsbetriebe (mit Ausnahmen u.a. des täglichen Bedarfs), Ausgangsbeschränkungen und Einschränkung der Bewegungsfreiheit. Gleichzeitig sind für Alten- und Pflegeeinrichtungen besondere Schutzmaßnahmen beschlossen worden, etwa die Versorgung mit medizinischen Schutzmasken und die Anordnung einer verpflichtende Testung mehrmals pro Woche für das Personal. **Somit stellt sich weiterhin die Frage, wie wirken sich die Schulschließungen auf das Infektionsgeschehen aus? Allgemeiner ausgedrückt, wie wirkt sich die Infektionsdynamik bei Schülern auf das Infektionsgeschehen in anderen Altersgruppen aus?**

Die Literatur hierzu ist nicht eindeutig, auch weil, wie bereits gesagt, **Schulschließungen in Phasen hohen Infektionsgeschehens immer gemeinsam mit anderen Maßnahmen beschlossen wurden und somit die Identifizierung ihrer Wirkung schwierig ist.** Die Corona-Kita Studie² kommt im Dezember 2020 nach umfangreicher Literaturrecherche zu keinem eindeutigen Schluss, auch aufgrund einer geringen Anzahl an aussagekräftigen Studien. Die Münchener Vierenwächter Studie³ veröffentlichte am 3. Februar diesen Jahres erste Ergebnisse, die besagen, dass offene Kindergärten und Grundschulen keinen nennenswerten Beitrag zur Pandemie liefern sofern passende Hygienemaßnahmen befolgt werden⁴. Schon Analysen von Schulausbrüchen in Deutschland in der Phase der Pandemie vor den Sommerferien wiesen darauf hin, dass Schulen wenig betroffen sind und nur mit einem geringen Anteil an der Gesamtzahl der COVID-19-Ausbrüche in Deutschland beitragen⁵. Auch der European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) kommt in einer Studie zur Rolle der Schulumgebung bei der COVID-19-Übertragung bei Kindern in den Ländern der EU/EWR und UK zu dem Ergebnis,

¹ <https://corona.stat.uni-muenchen.de/maps/>

² siehe: <https://corona-kita-studie.de/>

³ siehe:

<https://www.lmu-klinikum.de/aktuelles/pressemitteilungen/munchner-virenwachter-studie-zeigt-nur-zwei-corona-neuinfektionen-bei-kindergartenkindern-und-grundschulern-von-juni-bis-november-2020/4cccaa5b9368ce9f>

⁴ siehe: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.01.22.21249971v1>

⁵ siehe Otte im Kampe E, Lehfeld A, Buda S, Buchholz U, Haas W. Surveillance of COVID-19 school outbreaks, Germany, March to August 2020. Euro Surveill. 2020;25(38):pii=2001645. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.38.2001645>

dass Schulschließungen für sich genommen nicht ausreichen, um die Infektionsraten in der Bevölkerung zu verringern und die Öffnung der Schulen ab Mitte August keine treibende Kraft für den Anstieg der Infektionen in den EU-Ländern im Herbst gewesen ist. Auch für die Kinder selbst ist der Schulbesuch nicht die primäre Ursache für Ansteckungen⁶. Die Autoren einer repräsentativen Studie in Österreich kommen hingegen zu dem Schluss, dass Schülerinnen und Schüler nur marginal weniger von COVID-19 Infektionen betroffen sind als Erwachsene.⁷ 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 Alters⁸.

Während die Rolle der Schulen und die Wirkung von Schulschließungen auf die Verbreitung von COVID-19 weiter ungewiß ist, besteht ein allgemeiner Konsens, dass Schulschließungen wegen ihrer negativen physischen, psychischen und pädagogischen Auswirkungen auf Kinder nur als letztes Mittel zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie eingesetzt werden sollte.⁹

Eine abschließende statistische Analyse der Frage, wie sich Schulschließungen auf das Infektionsgeschehen auswirken, steht noch aus. Dies soll und kann auch dieser Bericht nicht liefern. Wir wollen aber aufzeigen, dass es basierend auf verfügbaren Infektionsdaten wenig sichtbare Evidenz dafür gibt, dass geschlossene Schulen zur Reduzierung des gesamten Infektionsgeschehen beitragen. Dazu benutzen wir zunächst Daten des Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL). Die Daten zeigen die von den Gesundheitsämtern dem LGL gemeldeten Ausbrüche von COVID-19 an unterschiedlichen Einrichtungen in Bayern, wobei wir hier betrachten: Schule, Arbeitsplatz, Krankenhaus und Senioren/Pflegeheim. Als Ausbruch wird dabei eine Häufung von mindestens zwei Infektionen bezeichnen, die epidemiologisch miteinander in Verbindung stehen. Abbildung 1.1. zeigt die Gesamtzahl an Fällen dieser Ausbrüche (summiert über die letzten sieben Tage) zum jeweiligen Tag der ersten Meldung, der den Beginn des Ausbruchs definiert. Das heißt, die Kurven geben jeweils alle Fälle in einem Ausbruch zu Beginn des Ausbruchs wieder. Da eine nachgewiesene Infektion aus einem Ausbruch mit zeitlichem Verzug von bis zu zwei Wochen erfolgen kann, sind die Daten zu den jüngsten Ausbrüchen (KW 1 und 2 in 2021) ggf. noch nicht endgültig. Weiter ist zu beachten, dass es auch hier - wie bei allen Meldedaten - eine gewisse Dunkelziffer, d.h. von den Gesundheitsämtern nicht gemeldete Ausbrüche gibt. Diese Dunkelziffer kann sich auch bei den verschiedenen Typen von Ausbrüchen unterscheiden. Die Infektionen zu den Ausbrüchen decken ca. 20 % der insgesamt im jeweiligen Zeitraum gemeldeten Infektionen ab.

⁶ European Centre for Disease Prevention and Control. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission - first update. Stockholm; 2020.

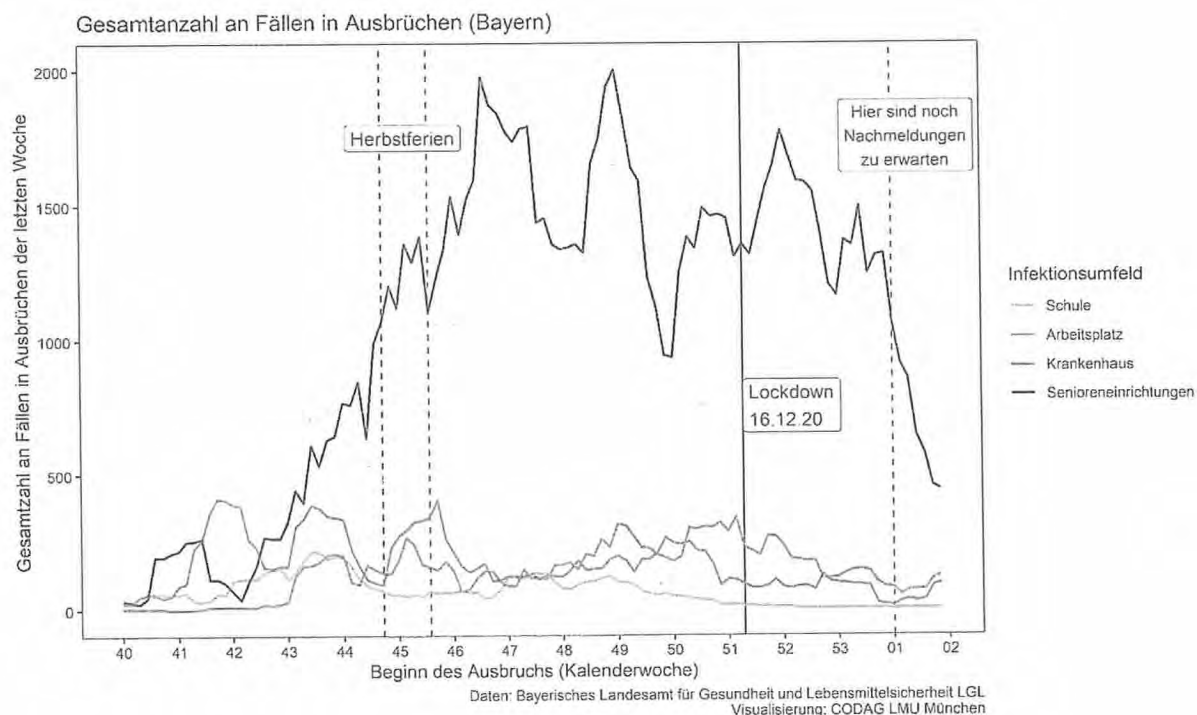
⁷ siehe <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.01.05.20248952v1>

⁸ Flasche, Stefan, and W. John Edmunds. "The role of schools and school-aged children in SARS-CoV-2 transmission." *The Lancet Infectious Diseases* (2020).

⁹ European Centre for Disease Prevention and Control. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission - first update. Stockholm; 2020.

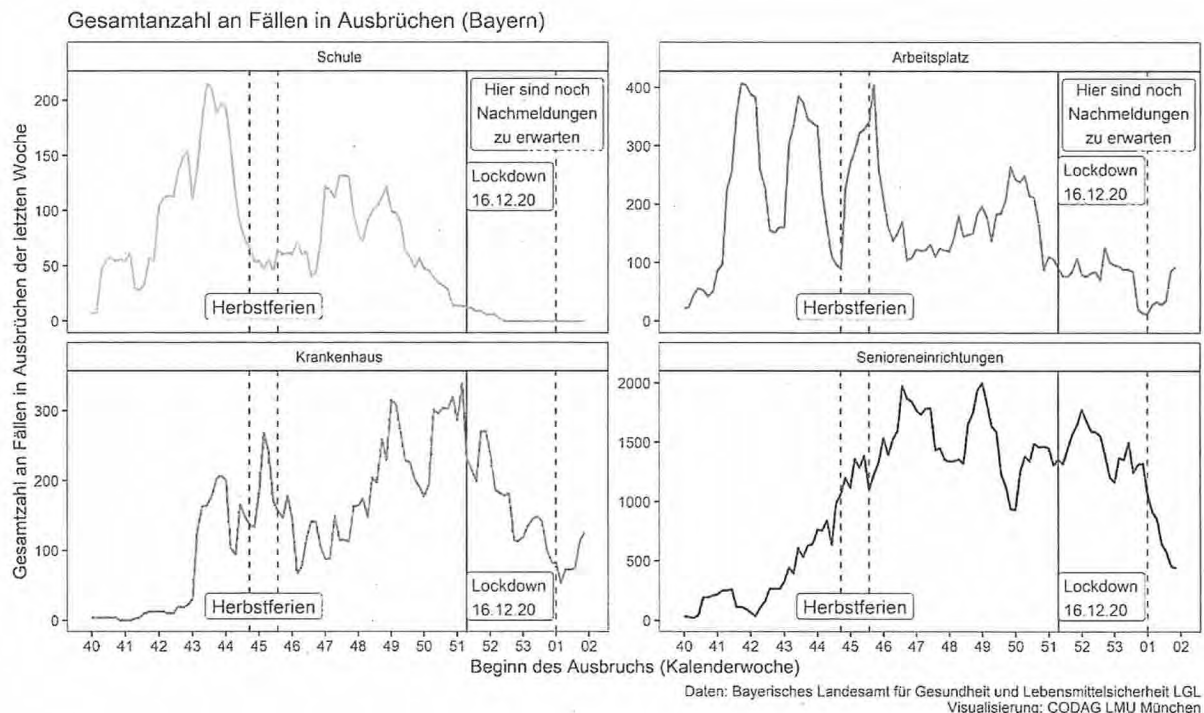
Der vertikale Balken in Abbildung 1.1. markiert die Herbstferien in Bayern. Zunächst wird deutlich, **dass die Anzahl der Infektionen aus Ausbrüche an Schulen verhältnismäßig gering ist.** Deutlich hervorstechender sind Senioreneinrichtungen, aber auch die Infektionen aus Ausbrüchen am Arbeitsplatz und in Krankenhäuser sind höher. Seit 16. Dezember (KW 51) sind die Schulen bundesweit geschlossen, so dass die Infektionszahl aus schulischen Ausbrüchen gegen 0 geht. Zu beachten ist aber, dass diese Unterschiede zwischen den Ausbruchsorten teilweise auch durch unterschiedliche Dunkelziffern bedingt sein können, da z.B. ein Ausbruch in Altersheimen wegen den Reihentestungen sehr viel einfacher aufzuspüren ist als ein Ausbruch in Schulen. Daher betrachten wir im Folgenden die Dynamik des Geschehens (also die zeitliche Entwicklung), die ggf. nicht so stark durch die Dunkelziffer beeinflusst wird.

Abbildung 1.1. Gesamtzahl an Infektionen bei registrierten Ausbrüchen in Senioreneinrichtungen, Krankenhäusern, Schulen und am Arbeitsplatz.



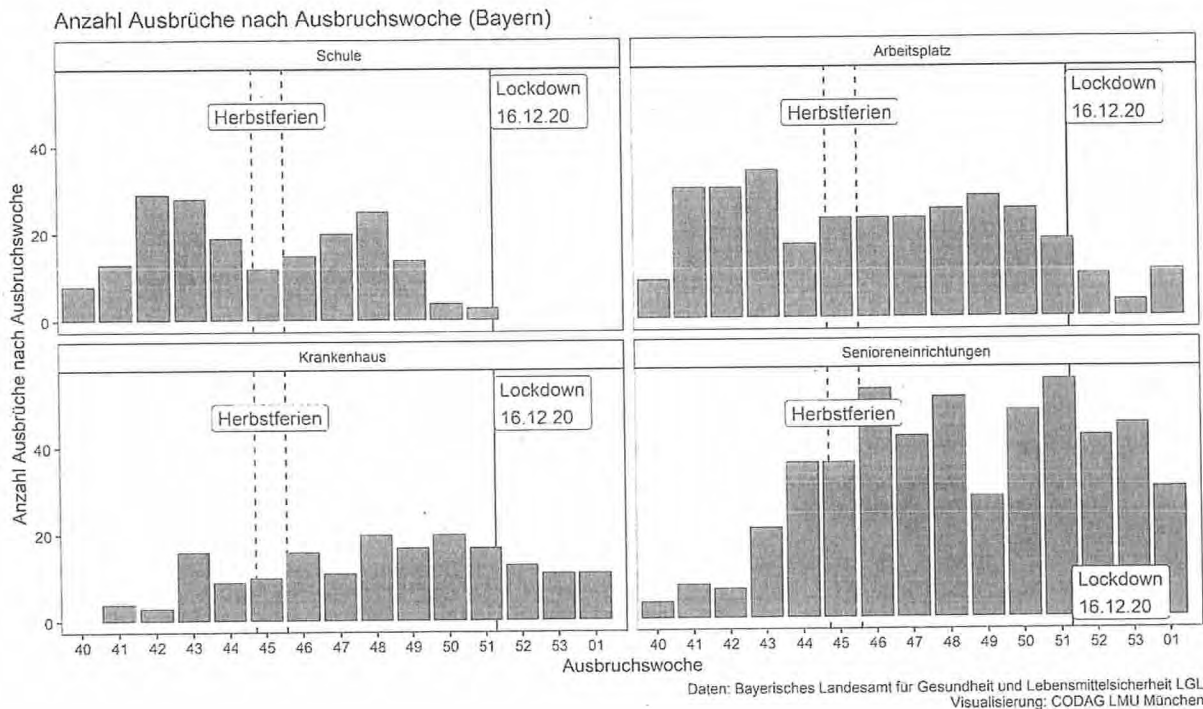
Wir zeigen die Daten aus Abbildung 1.1. noch einmal in Abbildung 1.2., diesmal separat für die vier betrachteten Ausbruchsorte. Durch die unterschiedliche Skalierung erkennt man in dieser Darstellung die Dynamik und Zusammenhänge zwischen den Ausbruchsorten besser. Wir betrachten zunächst das Ausbruchsgeschehen an Schulen. Man erkennt einen deutlichen Abfall über die Herbstferien von 200 Infizierten (in ganz Bayern) auf ca. 50 Infizierte. Zum einen reduziert die Herbstferien die Anzahl neuer Ausbrüche in Schulen, zum anderen wurden dadurch bestehende Ausbrüche verkürzt und "verkleinert", also ihre Ausbreitung eingeschränkt. Dies wirkte sich teilweise auch auf Ausbrüche aus, deren Beginn vor den Ferien lag. Die Infektionszahl steigt nach den Herbstferien wieder leicht an, fällt dann wieder ab und liegt bedingt durch die Schulschließung derzeit bei 0. Die Herbstferien können, anders als der Lockdown zum 16.12., herangezogen werden, um zu beurteilen, wie sich Schulschließungen auf das allgemeine Infektionsgeschehen auswirken, da auch hier der Präsenzunterricht ausgesetzt wurde. **Wir können also untersuchen, wie die Ferien mit dem Ausbruchsgeschehen in anderen Bereichen in Zusammenhang stehen. Man sieht hier augenscheinlich wenig Zusammenhang.** Zwar steigen die Infektionszahlen aus Ausbrüchen an Arbeitsplätzen, diese fallen danach aber wieder steil ab. Gleiches gilt für Infektionen im Krankenhaus. Ebenso zeigt sich, dass das Infektionsgeschehen in Senioreneinrichtungen ebenfalls von den Herbstferien nicht beeinflusst wird.

Abbildung 1.2. Anzahl von Infizierten (7 Tages Wert) bei Ausbrüchen in Schule, Arbeitsplatz, Krankenhaus bzw. Senioreneinrichtung. Der vertikale Balken zeigt die Herbstferien.



Statt der Anzahl der Infizierten aus Ausbrüchen kann man alternativ die Anzahl der Ausbrüche betrachten. Dies ist in Abbildung 1.3. gezeigt. Während den Herbstferien geht die Anzahl der Ausbrüche klar ersichtlich zurück. **Ein Zusammenhang mit der Anzahl von Ausbrüche am Arbeitsplatz, Krankenhaus oder Seniorenheim zeigt sich nicht.**

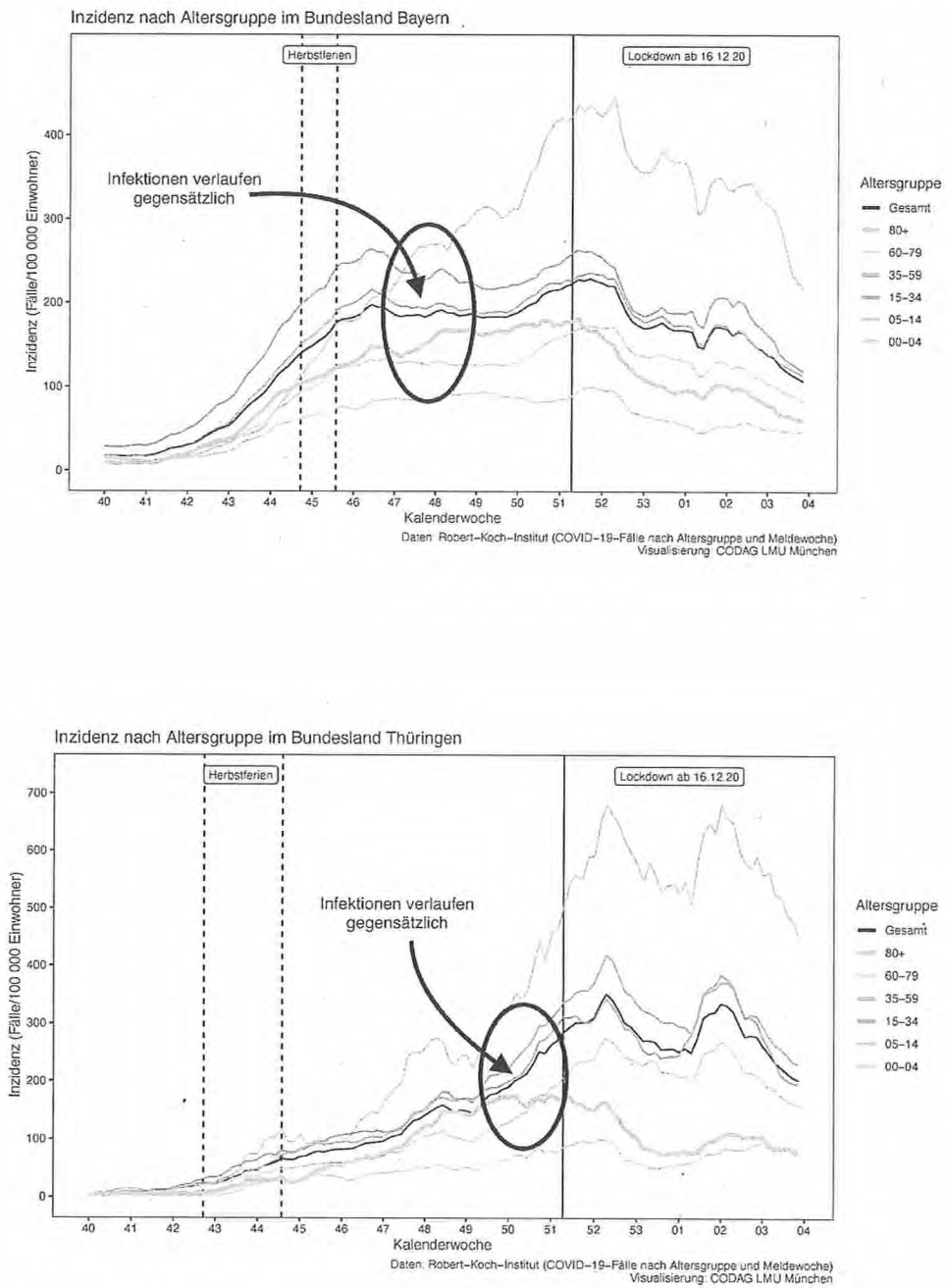
Abbildung 1.3. Anzahl von Ausbrüchen pro Woche in Schule, Arbeitsplatz, Krankenhaus bzw. Senioreneinrichtung. Der vertikale Balken markiert die Herbstferien.



Wir können damit festhalten, dass **kein Zusammenhang zwischen der Schulschließung während der Herbstferien und den Ausbrüchen an anderen Orten aus den Daten ersichtlich ist.**

Neben den Ausbruchsdaten wollen wir die Infektionsdaten des RKI betrachten in Hinblick auf die Frage, wie das Infektionsgeschehen bei Kindern mit dem Infektionsgeschehen in anderen Altersgruppen in Zusammenhang steht. Dazu betrachten wir die Anzahl der Neuinfektionen als 7-Tage-Inzidenz in Bayern getrennt für die vom RKI bereitgestellten Altersgruppen. Dies ist in Abbildung 1.4. gezeigt. Neben Bayern zeigen wir die entsprechenden Daten für Thüringen. Hier wurden bereits Anfang Dezember wegen der hohen Inzidenzen zahlreiche Schulen geschlossen, teils im Wechselunterricht mit festen Gruppen, teils im Distanzunterricht.

Abbildung 1.4. 7-Tage-Inzidenz je Altersgruppe für Bayern (oben) und Thüringen (unten).

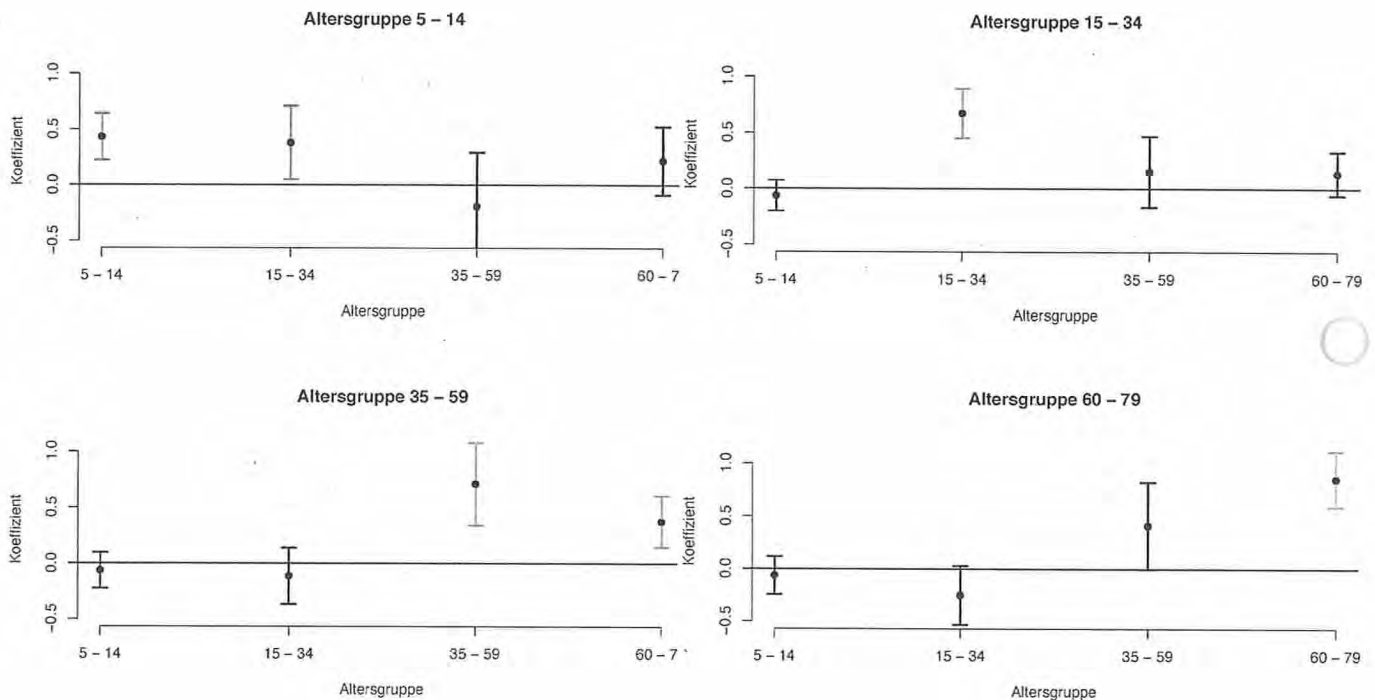


In den Abbildungen sind exemplarisch einige Zeitfenster markiert, bei denen sich ein gegensätzlicher Verlauf der Infektionszahlen bei Schülern (Altersgruppe 5 - 14) und den übrigen Altersgruppen zeigt. In Bayern steigen die Infektionszahlen bei den Schülern in KW 47 und 48 während die Infektionszahlen bei den anderen Altersgruppen (bis auf 80+) konstant bleiben oder auch fallen. In Thüringen sieht man zu Beginn Dezember (KW 50) ebenfalls ein anderes Verhalten der Infektionszahlen der Schüler im Vergleich zu den anderen Altersgruppen. Hier bleiben die Infektionszahlen bei den 5-14 Jährigen in KW 51-52 konstant, während sie in den anderen Gruppen steigen. Generell sind die gemeldeten Infektionszahlen in der Gruppe der 5-14 Jährigen deutlich niedriger als in den meisten anderen Altersgruppen. **Insgesamt liefern die Abbildungen keine Anzeichen, dass das Infektionsgeschehen der 5-14 Jährigen einen direkten Einfluß auf das Infektionsgeschehen in den anderen Altersgruppen hat.**

Neben den visuellen Eindruck wollen wir die Infektionsdaten, wie sie in Abbildung 1.4. dargestellt sind, mit statistischen Modellen untersuchen, jetzt aber für alle Bundesländer gleichzeitig. Dazu schätzen wir ein Regressionsmodell, bei dem wir die Inzidenzen in der aktuellen Kalenderwoche in Abhängigkeit von den Inzidenzen der Vorwoche analysieren. Zusätzlich bestimmen wir einen zeitlichen Trend über die einzelnen Wochen, der die zweite Welle widerspiegelt. Dieser Trend kann sich von Bundesland zu Bundesland unterscheiden. Wir betrachten die Daten von Kalenderwochen 43 bis 50 in 2020. (Das exakte Modell ist unten beschrieben.) In Abbildung 1.5. zeigen wir nach Altersgruppen getrennt, welcher Zusammenhang zwischen den Inzidenzen der verschiedenen Altersgruppen aus der Vorwoche mit der Inzidenz der jeweils betrachteten Altersgruppe in der aktuellen Woche besteht Exemplarisch interpretieren wir die linke obere Abbildung: Gezeigt ist wie die Inzidenzen der Vorwoche in den Altersgruppen 5-14 Jahre, 15-34 Jahre, 35-59 Jahre und 60-79 Jahre die Infektionen bei den 5-14 Jährigen in der aktuellen Woche erklärt. Man erkennt, dass die Zahlen der 5-14 Jährigen mit den eigenen Zahlen aus der Vorwoche und denen der Altersgruppe 15-34 assoziiert sind, nicht aber mit denen von den Älteren. Wir konzentrieren uns hier nun auf die Frage, inwieweit das Infektionsgeschehen der 5-14 Jährigen mit dem Infektionsgeschehen der anderen Altersgruppen in Zusammenhang steht Dies ist aus den drei verbleibenden Abbildung (rechts oben und zweite Reihe der Plots) zu interpretieren. Es zeigt sich, dass der Regressionskoeffizient der Altersgruppe 5-14 (jeweils der linke Balken) in keinem der Modelle signifikant ist. **Das bedeutet, dass in dem gewählten Regressionsmodell kein Zusammenhang zwischen den Inzidenzen der 5-14 Jährigen und den Inzidenzen in den anderen Altersgruppen nachweisbar ist.**

Zusammenfassend lässt sich damit bestätigen, was die derzeitige Literatur hergibt. **Wir konnten keinen sichtbaren und auch keinen nachweisbaren Zusammenhang des Infektionsgeschehens bei Schülern bzw. bei der Gruppe der 5-14 Jährigen und der übrigen Population finden.** Das Fehlen von Evidenz ist dabei nicht als Evidenz für das Fehlen zu verstehen. Das heißt, wir haben keinen Zusammenhang gefunden, aber damit nicht nachgewiesen, dass es keinen Effekt gibt. Für den Nachweis des Einflusses von Schulen auf das Infektionsgeschehen und der Wirksamkeit von Schulschließungen wären gezielt geplante Studien notwendig, die sich in natürlicher Weise auch dadurch ergeben können, dass unterschiedliche Bundesländer die Schulschließungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten beenden. In diesem Fall sind zeitnahe und detaillierte statistische Analysen der Infektionsdaten, auch in ähnlicher Form wie wir sie hier durchgeführt haben notwendig.

Abbildung 1.5 Regressionskoeffizienten mit Konfidenzintervallen. Links oben zeigt das Modell mit den Inzidenzen in Altersgruppe 5-14 als Zielgröße, rechts oben zeigt Altersgruppe 15-34, links unten Altersgruppe 35-59 und rechts unten für Altersgruppe 60-79 Jahre. Die roten Markierungen zeigen signifikante Zusammenhänge.



Beschreibung des statistischen Modells

Wir bezeichnen mit $Y_{\{t,A\}}$ die logarithmierten Inzidenzen zum Zeitpunkt t in Altersgruppe A , wobei A die Werte 5-14, 15-34, 35-59 und 60-79 annimmt. Wir modellieren

$$Y_{\{t,A,BL\}} = s_{\{A,BL\}}(t) + Y_{\{t-1,5-14,BL\}} \beta_{\{5-14,A\}} + Y_{\{t-1,15-34,BL\}} \beta_{\{15-34,A\}} + Y_{\{t-1,35-59,BL\}} \beta_{\{35-59,A\}} + Y_{\{t-1,60-79,BL\}} \beta_{\{60-79,A\}} + \varepsilon$$

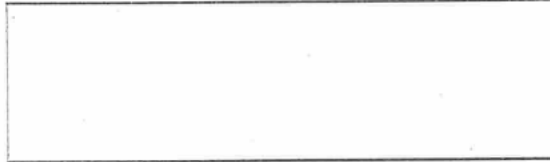
wobei ε als Normalverteilt angenommen ist, $s_{\{A,BL\}}(t)$ eine glatte Funktion der Zeit (in Kalenderwochen) welche die Dynamik des Infektionsgeschehens je Bundesland wiedergibt und die Koeffizient $\beta_{\{B,A\}}$ den Einfluß der Inzidenzen in Altersgruppe B in der Vorwoche auf die Inzidenzen in Altersgruppe A in aktuellen Woche angibt. Die geschätzten Koeffizienten $\beta_{\{B,A\}}$ sind in Abbildung 1.5 gezeigt. Das Modell wird mit dem Softwarepaket mgcv geschätzt (siehe Wood, 2007, Generalized Additive Models, CRC Press). Es werden Daten aller Bundesländer benutzt. Der zeitliche Trend $s_{\{A,BL\}}(t)$ wird dabei je Bundesland separat geschätzt. Die einzelnen Daten der Bundesländer wurden gewichtet verarbeitet, wobei als Gewicht die Populationsgröße der entsprechenden Altersgruppe A im entsprechenden Bundesland benutzt wurde. Das Modell wurde validiert, unter anderem durch Quantilsvergleiche der gefitteten Residuen mit der Normalverteilung (QQ Diagramme, hier nicht gezeigt). Das R-Quadrat der Modelle für die vier Altersgruppen liegt zwischen 0.933 und 0.966; das heißt es kann zwischen 93% und 97% der Varianz erklärt werden.

Anlage B

Auszug aus CODAG Bericht Nummer 10



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Prof. Dr. Göran Kauermann

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Telefon [REDACTED]

Telefon [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

CODAG Bericht Nr. 10 05.03.2021

1. Infektionen unter Schulkindern zeigen keinen Zusammenhang mit den Infektionszahlen in anderen Altersgruppen

Cornelius Fritz, Göran Kauermann, Ursula Berger

2. Gibt es eine dritte Welle? Aktuelle Analysen zum Infektionsgeschehen

Felix Günther, Wolfgang Hartl¹, Marc Schneble, Daniel Schlichting, Helmut Küchenhoff

Weitere Informationen zu unseren Analysen und vorherige Berichte der COVID-19 Data Analysis Group (CODAG) finden sich auf unserer Homepage

<https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html>

¹ Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern, KUM

1. Infektionen unter Schulkindern zeigen keinen Zusammenhang mit den Infektionszahlen in anderen Altersgruppen

Cornelius Fritz, Göran Kauermann, Ursula Berger

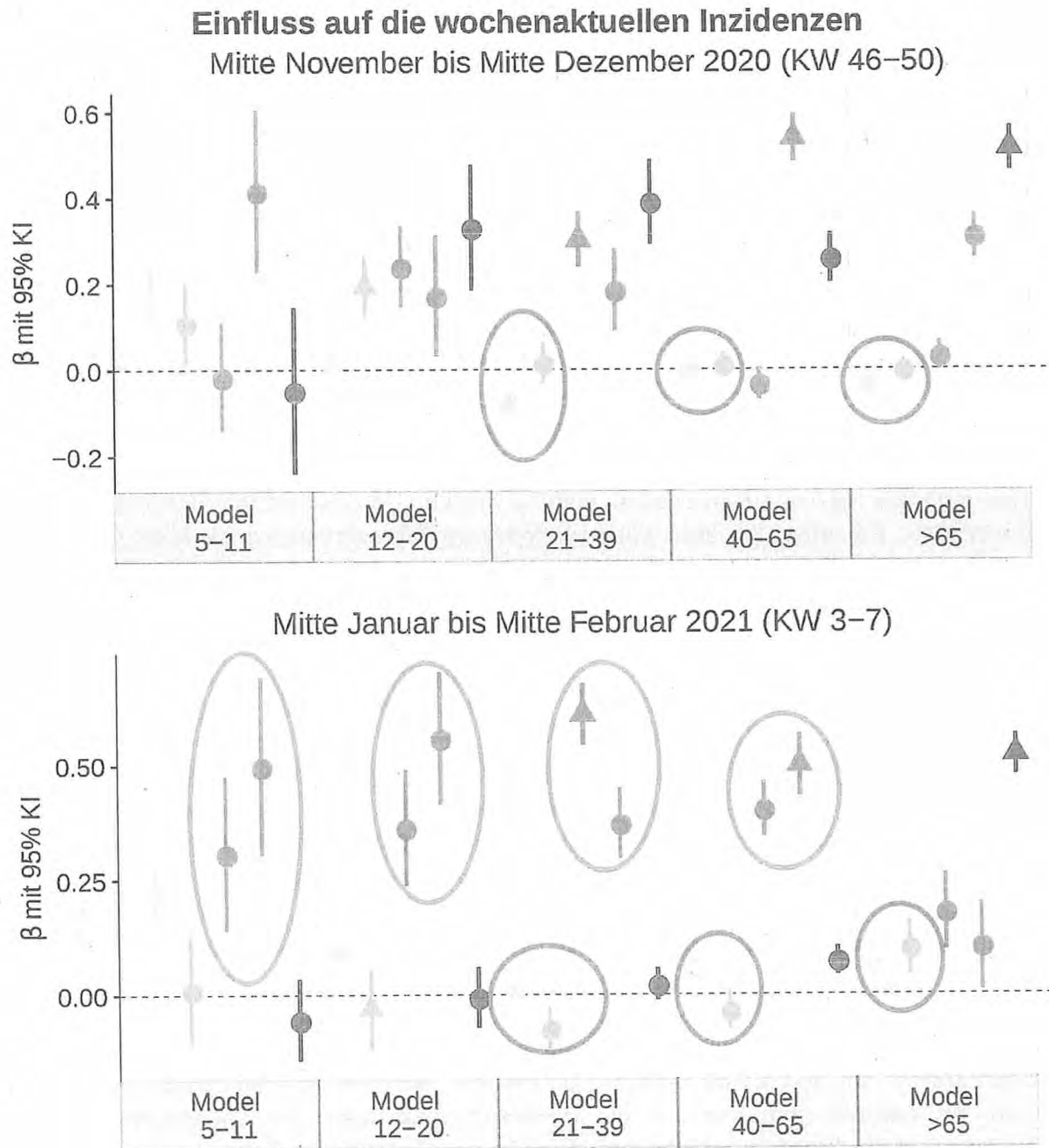
Bereits im CODAG-Bericht Nr. 8 haben wir uns der Frage gewidmet, ob und in welcher Weise das Infektionsgeschehen in der Altersgruppe der Schul Kinder das Infektionsgeschehen in anderen Altersgruppen beeinflusst. Neben den Daten zu Ausbrüchen in bayerischen Schulen haben wir den Zusammenhang zwischen den Infektionszahlen unterschiedlicher Altersgruppen in Deutschland analysiert. Wir greifen diese Frage erneut auf und ergänzen die Ergebnisse aus Bericht Nr. 8 mit detaillierten Analysen zu den Inzidenzen in Bayern. Dazu betrachten wir die Zeiträume vor dem "strikten" Lockdown (Mitte November bis Mitte Dezember, KW 46-50) und während des Lockdowns (Mitte Januar bis Mitte Februar, KW 3-7). Anders als im Bericht Nr. 8 benutzen wir hier nicht die RKI Daten, sondern detaillierte Daten vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, welche es uns ermöglichen geeignete Altersgruppen zu betrachten als die vom RKI angegebenen. Bei der Definition der ersten beiden Altersgruppen richten wir uns nach dem Vorschlag der WHO²:

- 5 bis 11 Jahre
- 12 bis 20 Jahre
- 21 bis 40 Jahre
- 41 bis 65 Jahre
- über 65 Jahre

Als Analysemodell benutzen wir ein sogenanntes autoregressives Poissonmodell. Dabei betrachten wir für jede Altersgruppe getrennt die Inzidenzen in der aktuellen Woche und versuchen diese aus den Inzidenzen der eigenen und aller anderen Altersgruppe aus der Vorwoche vorherzusagen. Hierzu ziehen wir Daten auf Kreisebene heran, sprich wir analysieren in den jeweiligen Kreisen, inwieweit die Inzidenzen der Vorwoche das aktuelle Infektionsgeschehen beeinflussen. Grundsätzlich muss bei dieser autoregressiven Analyse angemerkt werden, dass sie Zusammenhänge des Infektionsgeschehens untersucht aber keine kausalen Schlüsse zur Infektionskette zulässt. Eine wichtige Eigenschaft des hier gewählten statistischen Modells ist die Adjustierung für eine alters- und wochenspezifische Dunkelziffer. Es ist mittlerweile bekannt, dass gemeldete Inzidenzen das aktuelle Infektionsgeschehen nicht vollständig wiedergeben, da es eine Dunkelziffer von unentdeckten Infektionen gibt. Unter der Annahme, dass nur ein gewisser (unbekannter) Prozentsatz an aktuellen Infektionen durch Tests nachgewiesen werden kann, liegt der Schluss nahe, dass diese Dunkelziffer bei statistischen Analysen von Infektionszahlen zu fehlerhaften Ergebnissen führen kann. **Der von uns gewählte Ansatz ist robust bezüglich diesem Problem. Mit anderen Worten: Die Ergebnisse werden nicht durch unbekannte Dunkelziffern verzerrt.** Eine detaillierte Beschreibung des gewählten Modellierungsansatzes folgt am Ende dieses Kapitels.

² siehe <https://apps.who.int/iris/handle/10665/333919>

Abbildung 1.1. Effekt der Inzidenzen der Vorwoche in unterschiedlichen Altersgruppen (farblich markiert) auf die wochenaktuellen Inzidenzen für die Kalenderwochen 46 - 50 2020 (oberer Plot) und die Kalenderwochen 3 - 7 2021 (unterer Plot), nach Altersgruppen stratifiziert.



Inzidenzen der Vorwoche in der Altersgruppe: 5-11 ● 12-20 ● 21-39 ● 40-65 ● >65

Daten: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit LGL
 Visualisierung und Analyse: CoDAG LMU Munich

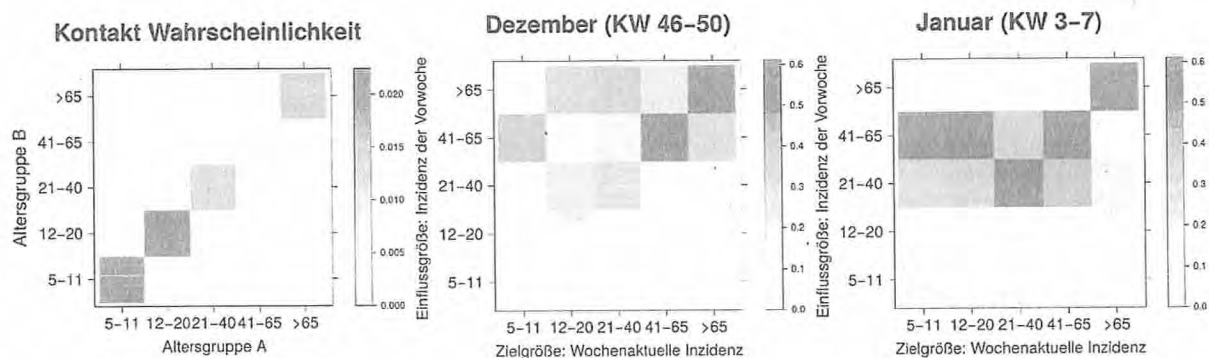
In Abbildung 1.1. (obere Graphik) stellen wir die Effekte der Inzidenzen der Vorwoche in den einzelnen Altersgruppen auf die Vorhersage von aktuellen altersspezifischen Inzidenzen dar. Konkret zeigen die ersten fünf vertikalen Linien in dem Plot, welchen Einfluß die Inzidenzen der Altersgruppen 5-11, 12-20, 21-39, 40-65 Jahre und über 65 Jahre auf die Inzidenzen bei den 5-11 Jährigen im Zeitraum von Mitte November bis Mitte Dezember 2020 (KW 46-50) haben. Dabei sind die einzelnen Effekt-Schätzer (Punkt bzw. Dreieck) inklusive der resultierenden Konfidenzintervalle (Länge der Linien) angegeben. Aus der oberen Darstellung ist klar ersichtlich, dass sich höhere Inzidenzen der 5-11 Jährigen zum Teil aus höheren Inzidenzen in der gleichen Altersgruppe in der Vorwoche erklären, den größten Einfluss haben jedoch die Inzidenzen der 40-65 Jährigen. **Mit anderen Worten: Große (bzw. kleine) Inzidenzen bei den 40-65 Jährigen führen zu großen (bzw. kleinen) Inzidenzen bei den 5-11 Jährigen in der Folgewoche.** Für die Altersgruppe der 12-20 Jährigen ergibt sich ein ähnliches Bild. Auffällig ist hier, dass die Inzidenzen bei den 5-11 Jährigen praktisch keinen Einfluß auf die Infektionszahlen in dieser Gruppe haben.

Relevanter ist es nun der Frage nachzugehen, welchen Einfluss die Infektionszahlen bei den SchülerInnen, hier betrachtet als die zwei Altersgruppen 5-11 Jahre und 12-20 Jahre, auf die Infektionszahlen in den höheren Altersgruppen haben. Diese Effekte sind im Plot durch rote Kreise markiert. Hier wird kein Zusammenhang sichtbar: die geschätzten Effekte sind 0 bzw. sogar negativ. **Es zeigt sich also, dass im Zeitraum Mitte November bis Mitte Dezember hohe Inzidenzzahlen bei der älteren Bevölkerung nicht in Zusammenhang mit vorhergehenden hohen Inzidenzzahlen bei Schüler*innen stehen.**

Die untere Graphik in Abbildung 1.1. ist analog aufgebaut und zeigt die Analysen in Zeiten des "strikten" Lockdowns im Januar/Februar während der Kalenderwochen 3-7. Zunächst sieht man, dass sich die Effekte der Schüler*innen, also der 5-11 und 12-20 Jährigen, auf die anderen Altersgruppen in diesem Zeitraum kaum von Zeitraum November/Dezember unterscheiden. Die rot eingekreisten Effekte in Abbildung 1.1. in der unteren Grafik sind ähnlich zu den rot eingekreisten Effekten in der oberen Grafik nahe Null. **Wir können also festhalten, dass der Einfluss der Inzidenzzahlen bei den Kindern und Jugendlichen auf die Inzidenzzahlen der anderen Altersgruppen zu Zeiten von Präsenzunterricht (Abbildung 1.1. oben) praktisch gleich zu "Homeschooling Zeiten" ist (Abbildung 1.1. unten).**

Auffällig in der unteren Graphik in Abbildung 1.1. ist darüber hinaus der starke Einfluss der Inzidenzzahlen bei den 21-39 Jährigen und 40-65 Jährigen, markiert durch die grünen Kreise. **Es handelt sich hier um die Bevölkerungsgruppe, die üblicherweise einer Arbeit nachgeht. Insofern zeigt sich, dass in der Zeit während des Lockdowns, die Inzidenzen in den Altersgruppen der arbeitenden Bevölkerung die Inzidenzzahlen in allen anderen Altersgruppen (bis auf die >65 Jährigen) beeinflussen.**

Abbildung 1.2. Kontakt-Wahrscheinlichkeiten an einem bestimmten Tag zwischen den jeweiligen Altersgruppen (erster Plot) und Effekte der Inzidenzen der unterschiedlichen Altersgruppen in der vorherigen Woche auf die Vorhersage der aktuellen Inzidenzen in den einzelnen Altersgruppen für die Kalenderwochen 46 - 50 2020 (zweiter Plot) und für die Kalenderwochen 3 - 7 2021 (dritter Plot).



Wir schließen diese Analyse ab, indem wir die oben gezeigten Effekte auf eine andere Art visualisieren und mit allgemeinen Kontaktmustern zwischen den Altersgruppen vergleichen. Hierzu nutzen wir die POLIMOD Studie (Mossong et al., 2008), welche aus Survey-Daten von 7290 Teilnehmern aus 8 europäischen Ländern in 2005/2006 die relativen Wahrscheinlichkeiten berechnet, dass sich zufällige Personen aus zwei bestimmten Altersgruppen an einem Tag treffen. In diesem Kontext ist ein Treffen als Haut-zu-Haut Kontakt (körperlicher Kontakt) oder zweiseitige Konversation in der Präsenz von mindestens einer weiteren Person definiert. Da in unserer Analyse nur Daten aus Deutschland verwendet wurden, beschränken wir uns auf die deutschen Probanden bei der Berechnung. In Abbildung 1.2. zeigen wir im linken Plot die Kontaktwahrscheinlichkeiten. Man erkennt, dass sich Kinder (5-11 Jahre) und Jugendliche (12-20 Jahre) zu "normalen" Zeiten vornehmlich untereinander treffen. Bei den 21-40 und 41-65 Jährigen nimmt die Konzentration der Kontakte auf die eigene Altersgruppe ab und steigt erst wieder bei Austritt aus der Berufstätigkeit mit 65+ Jahren.

Wir vergleichen hierzu nun das Infektionsgeschehen aus der obigen Analyse, welches in den beiden rechten Graphiken in Abbildung 1.2. dargestellt ist. In der Mitte für KW 46-50 und rechts für die Lockdownzeit. Dazu sind zeilenweise die Effekte der Inzidenzen der Vorwoche der einzelnen Alterskategorien auf die Inzidenzen der aktuellen Woche in Spalten dargestellt. Je kräftiger das Rot eines Quadrats, desto höher der Effekt. Man erkennt zunächst noch einmal die dominierende Rolle der 21-65 Jährigen in den Wochen des Lockdowns, ersichtlich durch die beiden überwiegend roten Zeilen im rechten Plot. Die Infektionszahlen in der arbeitenden Bevölkerung (20-39 und 40-65 Jahre) beeinflussen die Infektionszahlen aller betrachteten Altersgruppen. Im Vergleich mit dem Kontaktmuster zeigt das Muster des Infektionsgeschehen doch deutliche Unterschiede. Diese gilt auch für die Zeitspanne im November/Dezember, so dass man aus den Kontakt-Wahrscheinlichkeiten nicht direkt auf das Infektionsmuster schließen kann.

Insgesamt zeigt sich aber vor allem, dass das Infektionsgeschehen, so wie oben modelliert, keine große Vergleichbarkeit zur sozialen Kontaktwahrscheinlichkeit hat. Ein direkter Zusammenhang zwischen Infektionszahlen und sozialen Kontakten ist somit aus den Daten nicht direkt ersichtlich.

Abschließend ist noch anzumerken, dass weitere Analysen mit detaillierteren Daten notwendig sind, um den Einfluss der steigenden Virus-Varianten auf die gerade dargestellten Untersuchungen quantifizieren zu können.

Modellbeschreibung: Wir modellieren die Daten anhand eines Poissonmodells. Dabei nehmen wir an, dass die registrierten Inzidenzzahlen je Altersgruppe bis zu einem proportionalen Anteil die Anzahl der Infektionen wiedergeben. Das heißt, ist D_t die Anzahl der gemeldet Infizierten zum Zeitpunkt t und I_t die Anzahl tatsächlich Infizierter, so ist $I_t = \rho_t * D_t$. In unserem Ansatz modellieren wir die unbekannte Anzahl I_t als Poisson-verteilte Zufallsvariablen deren Erwartungswert von den Infektionen der Vorwoche abhängt. Vereinfacht dargestellt gilt:

$$E(I_t) = \rho_t * E(D_t) = \exp\{\beta_{0,t} + \log(I_{t-1})\beta\},$$

wobei $\beta_{0,t}$ ein zeitvariierender Achsenabschnitt (intercept) ist und β der Effekt der Inzidenzen in der Vorwoche aller Altersgruppen auf die aktuelle Wocheninzidenz einer spezifischen Altersgruppe ist. Setzt man für I_t die oben genannte multiplikative Darstellung ein, ergibt sich:

$$E(D_t) = \exp\{\gamma_{0,t} + \log(D_{t-1})\beta\},$$

wobei nun $\gamma_{0,t}$ der zeitvariierender Achsenabschnitt ist, der möglicherweise durch die unbekannte Dunkelziffer beeinflusst wird. Der Effekt β bleibt jedoch von der Dunkelziffer unbeeinflusst. Das Modell ist somit in der Lage, den Effekt der tatsächlichen Inzidenz der Vorwoche auch die tatsächliche wochenaktuelle Inzidenz zu quantifizieren, auch wenn nur gemeldete Infektionszahlen vorliegen.

Literatur

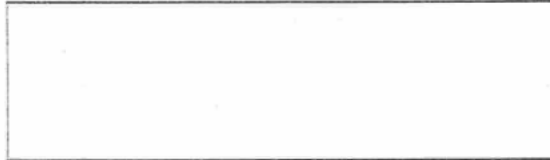
Mossong J, Hens N, Jit M, Beutels P, Auranen K, et al. (2008) *Social contacts and mixing patterns relevant to the spread of infectious diseases*. PLoS Med 5(3) e74.
doi:10.1371/journal.pmed.0050074

Anlage C

Auszug aus CODAG Bericht Nummer 12



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Prof. Dr. Göran Kauermann

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Telefon [REDACTED]

Telefon [REDACTED]

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

CODAG Bericht Nr. 12 1.04.2021

1. Aktuelle Lage: Belegung von Intensivbetten, Neuansteckungen und altersspezifische Inzidenzen

Helmut Küchenhoff, Felix Günther, Wolfgang Hartl¹, Daniel Schlichting

2. Infektionen am Arbeitsplatz und wie diese weiter getragen werden - eine statistische Betrachtung

Diellë Syliqi, Jana Gauß, Ursula Berger, Göran Kauermann

3. Das Ausbruchs- und Infektionsgeschehen in den Schulen

Ursula Berger, Cornelius Fritz, Jana Gauß, Diellë Syliqi, Göran Kauermann

4. Ein Blick zurück auf die zweite Welle - wer war wann wo infiziert?

Mara Stadler, Göran Kauermann, Christian L. Müller

Weitere Informationen zu unseren Analysen und vorherige Berichte der COVID-19 Data Analysis Group (CODAG) finden sich auf unserer Homepage

<https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html>

¹ Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern, KUM

2. Infektionen am Arbeitsplatz und wie diese weiter getragen werden - eine statistische Betrachtung

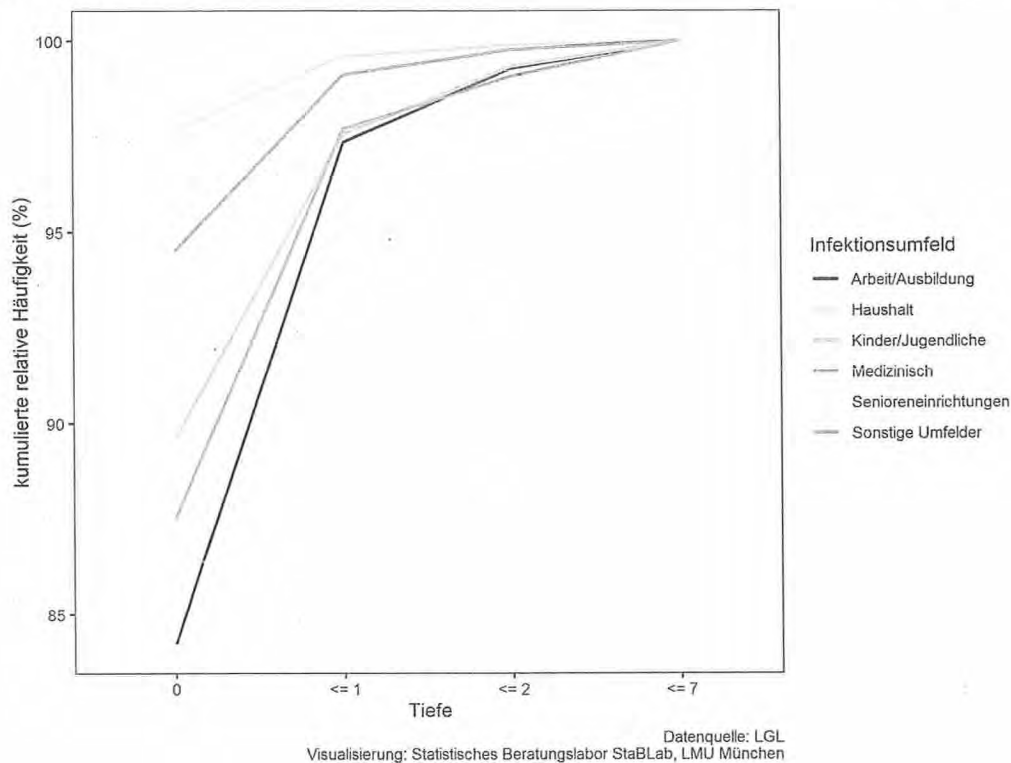
Diella Syljqi, Jana Gauß, Ursula Berger, Göran Kauermann

Das Nachverfolgen der Infektionsketten ist ein hehres Ziel in der Pandemiebekämpfung. Die daraus resultierenden Daten geben Aufschluss über Infektionsketten. Anhand von Daten des bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) wollen wir der Frage nachgehen, wie sich Infektionsketten verbreiten. Das LGL erfasst dazu "Ausbrüche", und definiert diese als zwei oder mehr Infektionen, die epidemiologisch in einem Zusammenhang stehen. Zu jedem Ausbruch wird das Infektionsumfeld erfasst, also der "Ort" an dem Neuinfizierungen stattgefunden haben, etwa bei der Arbeitstelle, im familiären Kreis oder anderen Umfeldern. Ein erkannter Ausbruch innerhalb eines Infektionsumfeldes ist dabei weniger ein Problem für die Verbreitung, aber wenn zum Beispiel ein infizierter Angestellter die Infektion in den familiären Kreis trägt, so breitet sich die Krankheit auch auf andere Bereiche aus. In diesem Fall sprechen wir von einem übergeordneten Infektionsumfeld, in diesem Beispiel der Arbeitsplatz, und einem nachgelagerten Infektionsumfeld, hier die Familie. Eine Infektion in der Familie kann wiederum zu nachgelagerten Infektionen führen, beispielsweise in der Schule, wenn ein in der Familie infiziertes Kind anschließend in der Schule ein weiteres Kind ansteckt. Diese Information wird in der Infektionstiefe eines Ausbruchs abgebildet: Bei einem Ausbruch haben alle Infektionen des *übergeordneten* Infektionsumfeldes die Tiefe 0, Infektionen in *nachgelagerten* Infektionsumfeldern haben die Tiefe 1, 2 etc.. Bei Infektionsumfeldern der Tiefe 0 ist damit die Herkunft der ursprünglichen Infektion unbekannt, bei Infektionstiefen 1, 2, etc. ist der Ursprung der Infektion in Bezug auf das übergeordnete Infektionsumfeld bekannt.

Wir betrachten zunächst nur die Ausbrüche als solche, ungeachtet der Größe. In Abbildung 2.1. ist die Verteilung der Infektionstiefen für Ausbrüche an unterschiedlichen übergeordneten Infektionsumfeldern gezeigt. Das Infektionsumfeld "Kindern und Jugendlichen" umfasst Ausbrüche an Schulen, im Hort und Kindergarten. Hier haben fast 90% der Ausbrüche eine Tiefe von 0, das heißt bei 10% der Ausbrüche deren Ursprung im Umfeld "Kindern und Jugendlichen" liegen kommt es zu einer nachgelagerten Infektion in einem anderen Infektionsumfeld⁹. Bei Seniorenheimen verbleiben ca. 94% im gleichen Infektionsumfeld und ca. 6% der Ausbrüche führen zu nachgelagerten Infektionen in anderen Umfeldern. Deutlich höhere Anteile an nachgelagerten Infektionen haben Haushalt, medizinischer Bereich und Arbeit. Am deutlichsten sticht hier das Infektionsumfeld Arbeit/Ausbildung heraus. Knapp 84% der Ausbrüche haben eine Infektionstiefe von 0. Das heißt anders gesprochen: **Bei 16% der Ausbrüchen am Arbeits- bzw. Ausbildungsplatz kommt es zu weiteren Infektionen außerhalb der Arbeit.**

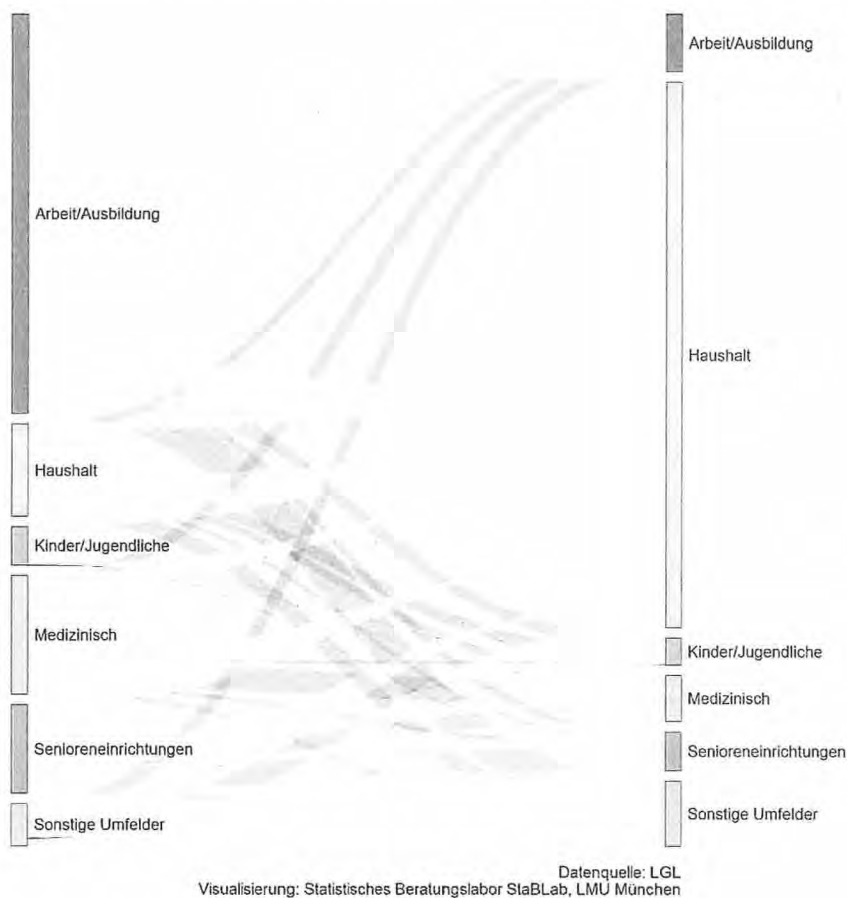
⁹ Korrektur: In einer vorherigen Version dieses Berichtes waren hier falsche Prozentangaben angegeben.

Abbildung 2.1. Verteilung der Infektionstiefe bei Ausbrüchen für unterschiedliche Infektionsumfelder



Wir wollen weiter untersuchen, in welche Infektionsumfelder die Infektionen wandern. Dazu betrachten wir Sankey Diagramme, die eher bekannt sind unter dem Begriff "Wählerwanderungs-Diagramme". Für alle Ausbrüche mit einer Tiefe von 1 und mehr, also alle Ausbrüche, die nachgelagerte Infektionen außerhalb des ursprünglichen Infektionsumfeld haben, betrachten wir, in welches Infektionsumfeld die Infektionen auf nachgelagerten Tiefen gewandert sind. Wir vernachlässigen dabei eventuelle Zwischenebene und nehmen nur das übergeordnete Infektionsumfeld ("woher") und das nachgelagerte Infektionsumfeld ("wohin"). Das entsprechende "Wanderungs-Diagramm" ist in Abbildung 2.2 gezeigt. Zunächst ist offensichtlich, dass der Großteil der nachgelagerten Infektionen aus dem Arbeits-/Ausbildungsumfeld stammt, was wir schon in Abbildung 2.1 gesehen haben. Noch deutlicher wird, dass die meisten nachgelagerte Infektionen im Haushalt stattfinden. **Die Infektionen werden dabei in die Haushalte getragen, und zwar zum überwiegenden Teil aus der Arbeit und aus anderen Haushalten. Insofern spielen Arbeitsplätze bei der Ausbreitung von Infektionen als ursprünglicher Ausbruchsort (übergeordnetes Infektionsumfeld) die zentrale Rolle, Haushalte spielen hingegen bei den nachgelagerten Infektion die zentrale Rolle. Vereinfachend gesprochen, ein Großteil der Infektionsketten startet bei der Arbeit und wird im Haushalts-Umfeld gestoppt.**

Abbildung 2.2: Sankey Diagramm ("Wander-Diagramm") von nachgelagerten Infektionen. Links das ursprüngliche Infektionsumfeld, rechts das nachgelagerte Infektionsumfeld.

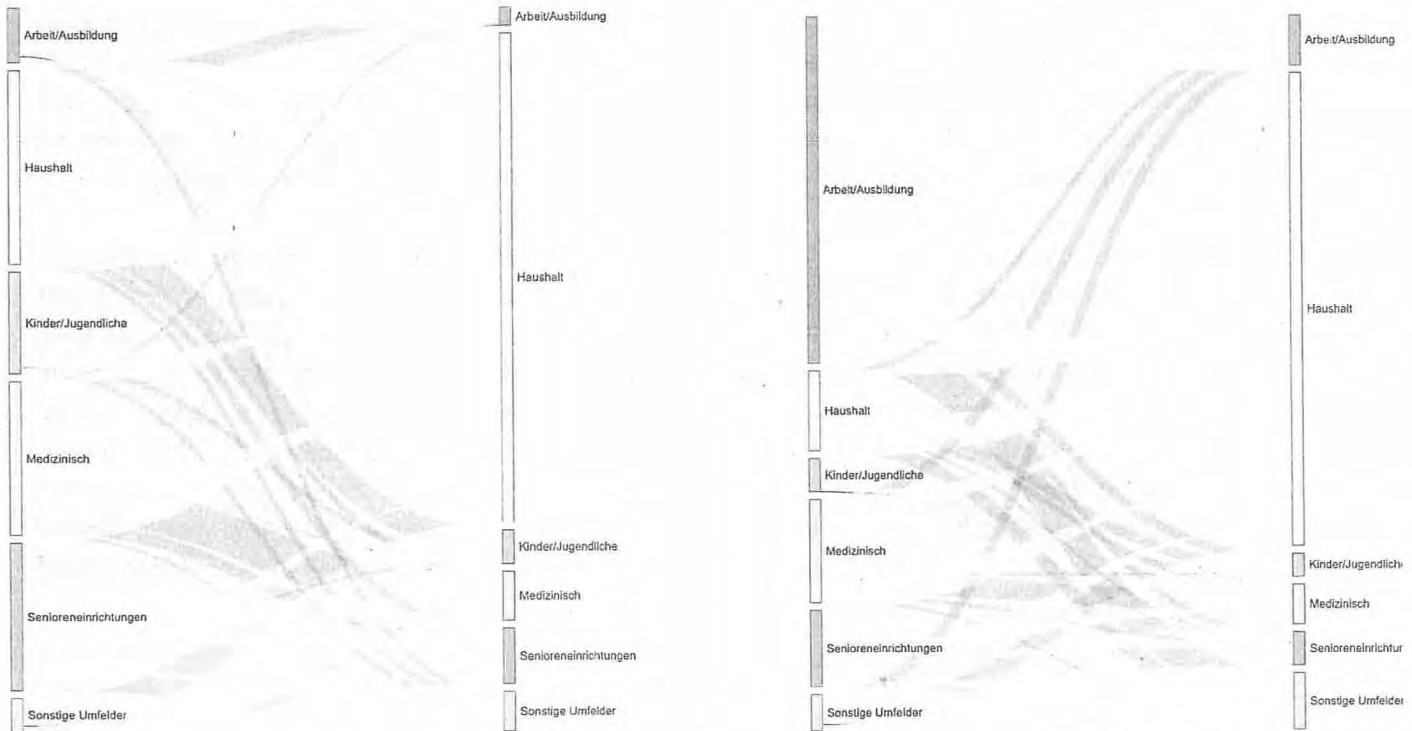


Wir erweitern die Analyse und betrachten unterschiedliche Zeiträume, nämlich den Zeitraum vor dem Lockdown und während des Lockdown. Wir stellen die zugehörigen Sankey Diagramme in Abbildung 2.3 dar, wobei die linke Darstellung den Zeitraum November/Dezember 2020 zeigt und die rechte Seite den Zeitraum Januar/Februar 2021. Es zeigt sich wenig Unterschied bei nachgelagerten Infektionsumfeldern, hier ist der Haushalt dominierend. Beim übergeordneten Infektionsumfeld zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede. **Im Lockdown ist das Infektionsumfeld Arbeitsplatz herausstechend und von dort werden die Infektionen in die Haushalte getragen**, sprich die meisten Ausbrüche an der Arbeitsstelle, die nachgelagerte Ausbrüche mit sich ziehen, führen zu Infektionen in Haushalten. Es lässt sich damit herausarbeiten, dass die meisten Infektionsketten in den Haushalten gestoppt werden, sowohl im Lockdown als auch davor. **Die Einschränkungen von privaten Kontakten, wie sie seit November gelten, helfen damit, Infektionsketten zu beenden. Diese Infektionsketten beginnen aber nicht im Haushalt, sondern gerade im Lockdown zum überwiegenden Teil bei der Arbeit.**

Die untersuchten Zahlen zeigen dabei nur die Infektionen, die in einem Zusammenhang stehen, also die so definierten Ausbrüche. Dies machen nur ca. 20% aller registrierten

Infektionen aus. Insofern zeigen die Analysen nur ein kleines Abbild der zahlreichen unbekanntenen Infektionsketten.

Abbildung 2.3. Sankey Diagramme ("Wander-Diagramme") von nachgelagerten Infektionen. Linkes Diagramm zeigt den Zeitraum November/Dezember 2020, rechtes Diagramm zeigt den Januar/Februar 2021.



Datenquelle: LGL
Visualisierung: Statistisches Beratungslabor StaBLab, LMU München

3. Das Ausbruchs- und Infektionsgeschehen in den Schulen

Ursula Berger, Cornelius Fritz, Jana Gauß, Diella Syliqi, Göran Kauermann

Das Infektionsgeschehen in Schulen und die damit verbundene Frage, in welcher Form der Schulbetrieb bei steigenden Infektionszahlen geführt werden kann, steht weiterhin im Fokus der öffentlichen Diskussion. Hygienemaßnahmen spielen hier eine wichtige Rolle. Hierzu wurde für den Präsenzunterricht eine lebende Leitlinie erstellt.¹⁰ Im 2. Lockdown am 16.12.2020 wurde in Bayern, wie auch den anderen Bundesländern, der Präsenzunterricht ausgesetzt. Erst seit dem 1. Februar sind in Bayern die Abschlussklassen zurück an den Schulen, seit dem 22. Februar durften die Grundschüler wieder zum Unterricht in die Klassenzimmer und ab den 15. März waren in Bayern dann auch alle anderen Klassen für die verbleibenden zwei Wochen vor den Osterferien im Wechselunterricht in der Schule.

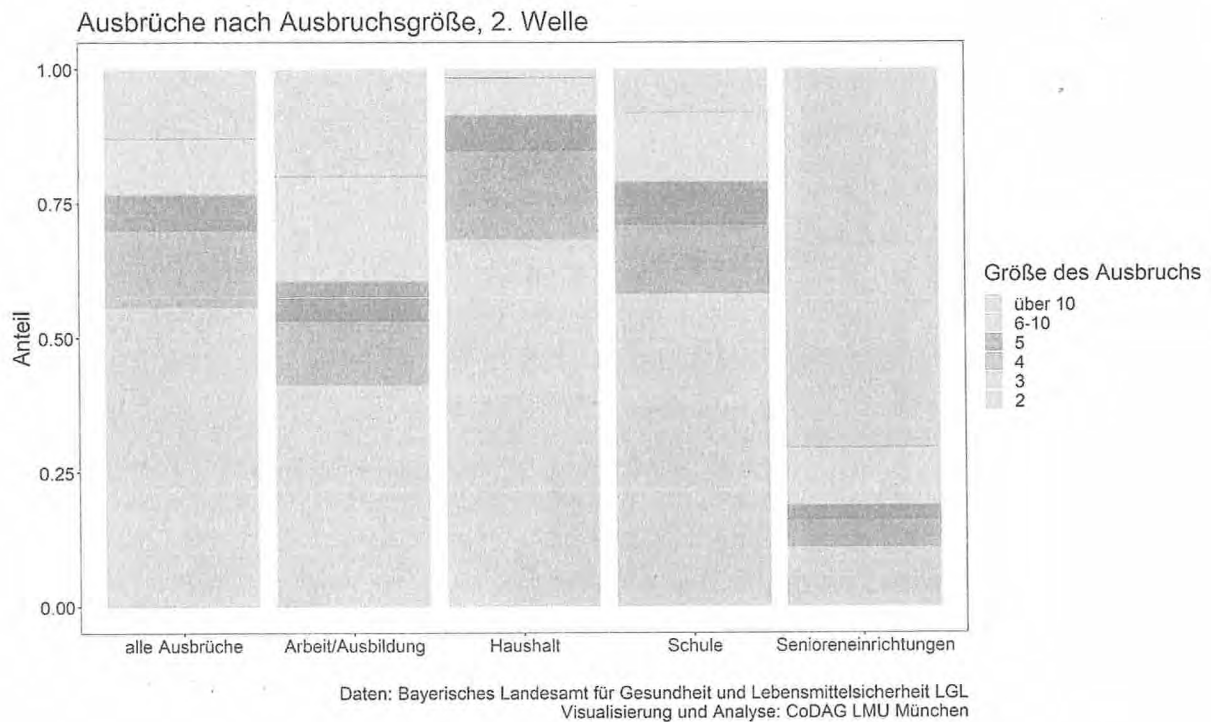
Bereits im [CODAG Bericht Nr. 8](#) haben wir uns Ausbrüche und Infektionen aus Ausbrüchen an Schulen angesehen. Hier haben wir am Beispiel der Herbstferien gesehen, dass das Aussetzen des Präsenzunterrichts (wegen Ferien) keinen nachweisbaren Zusammenhang zum Ausbruchsgeschehen in anderen Infektionsumfeldern (Arbeitsplatz, Seniorenheim und Krankenhäusern) erkennen lässt. In Abschnitt 2 in diesem Bericht (siehe oben) wurden erneut Infektionsausbrüche in Bayern nach Infektionsumfeldern analysiert. Dabei waren Ausbrüche an Schulen, im Hort und an Kindergärten im Umfeld "Kinder und Jugendliche" zusammengefasst. Im Folgenden wollen wir auf dieses Infektionsumfeld noch einmal gesondert eingehen und Infektionen betrachten, die konkret in Schulen in der 2. Welle (also seit dem 1.9.2020) stattfanden.

In Bayern fand mit Beginn des neuen Schuljahres 20/21 am 8.9.2020 zunächst Präsenzunterricht in vollen Klassen unter Berücksichtigung strenger Hygienemaßnahmen statt, die in den weiterführenden Schulen beispielsweise auch das Tragen von Masken im Unterricht vorgeschrieben haben. Der Schulbetrieb fand in über 2400 Grundschulen und fast ebenso vielen weiterführenden Schulen mit insgesamt knapp 1.3 Millionen Schülern in ca.56000 Klassen statt.¹¹ Insgesamt wurden im Zeitraum ab dem 1.9.2020 bis Anfang März in Bayern 9612 Ausbrüchen registriert, wovon 232 Ausbrüche (also 2,4%) dem Infektionsumfeld Schule zugeschrieben wurden. Nimmt man an, dass ein Ausbruch dabei zum überwiegenden Teil innerhalb einer Klasse bleibt, ergibt sich je Schulklasse eine Ausbruchsquote von 0.004. Nur 32 dieser Schulausbrüche (also knapp 14%) zogen nachweislich nachgelagerte Ausbrüche mit sich. **Selbst unter Berücksichtigung der Infektionen aus nachgelagerten Ausbrüchen, blieben die Ausbrüche in Schulen eher klein; mehr als die Hälfte der Schulausbrüche betrafen lediglich 2-3 Fälle (Abbildung 3.1.).** Dies ist sicherlich auch auf die präventiven Quarantänemaßnahmen ganzer Klassenverbände zurückzuführen. **Insgesamt ist das Ausbruchsgeschehen an Schulen damit im Vergleich zu anderen Infektionsumfeldern eher gering.**

¹⁰ Rehuess et. al. (2021) Leitlinie "Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2-Übertragung in Schulen - Lebende Leitlinie": <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/027-076.html>

¹¹ Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus: „Bayerns Schulen in Zahlen 2019/2020“, https://www.km.bayern.de/download/4051_Bayerns_Schulen_in_Zahlen_2019-2020_Onlineausgabe.pdf

Abbildung 3.1. Ausbruchgröße nach Infektionsumfeld für die zweite Welle in Bayern.



Den 232 Schulausbrüchen wurden insgesamt knapp 950 Infektionen zugeordnet von welchen knapp ein Viertel die Altersgruppe 21+ betrafen. Diese Altersgruppe schließt insbesondere Lehrer und Betreuer ein. Etwa genau so viele Infektionen betrafen die Altersgruppe der 11-14 Jährigen, während nur ein Fünftel Grundschüler betraf. Abbildung 3.2. zeigt die Verteilung der Fälle aus Schulausbrüchen über die Zeit nach Altersgruppen (unter 5 Jahre, 5-10 Jahre, 11-15 Jahre, 15-20 Jahre und Über 21 Jahre) farblich differenziert. Die Verteilung spiegelt den Verlauf der zweiten Welle wieder, der durch die Herbstferien, den Lockdown und die Weihnachtsferien unterbrochen wird.

Abbildung 3.3. zeigt vergleichend dazu die Infektionen unter Kindern und Jugendlichen insgesamt in der 2. Welle, einem Schulausbruch zugeordnet (durchgezogene Linie) bzw. nicht zugeordnet (gestrichelte Linie). **Es wird deutlich, dass der Anteil der Infektionen bei Kindern und Jugendlichen, die auf einen Schulausbruch zurückzuführen sind, in allen Altersgruppen zu jedem Zeitpunkt der Pandemie verschwindend gering war.**

Ein aktueller Bericht des RKI¹² gibt Hinweise, dass sich die Rolle der Kinder und Jugendlichen auch in Bezug auf die Varianten verändert. Dies ist sicherlich weiter zu beobachten, wobei die uns bis dato vorliegenden Daten noch keine Schlußfolgerung in diese Richtung geben.

¹²https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Maerz_2021/2021-03-30-de.pdf?__blob=publicationFile

Abbildung 3.2. Anzahl der COVID-19 Infektionen aus Schulausbrüchen in Bayern nach Altersgruppen seit Beginn der zweiten Welle.

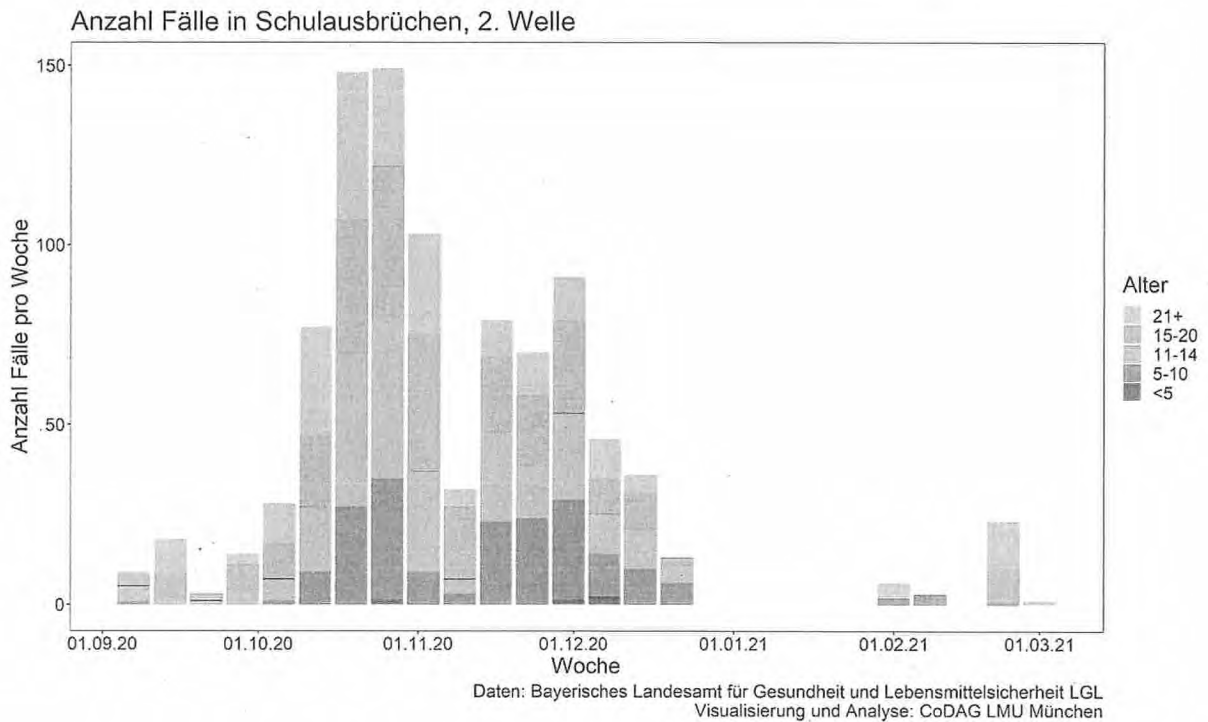


Abbildung 3.3. COVID-19 Infektionen unter Kinder und Jugendlichen während der 2. Welle in Bayern, die auf Ausbrüchen in Schulen zurückzuführen sind (durchgezogene Linie) und andere Infektionen (gestrichelte Linie). Die Zahlen sind für die Altersgruppen 5-10, 11-14 und 15-20 getrennt gezeigt.

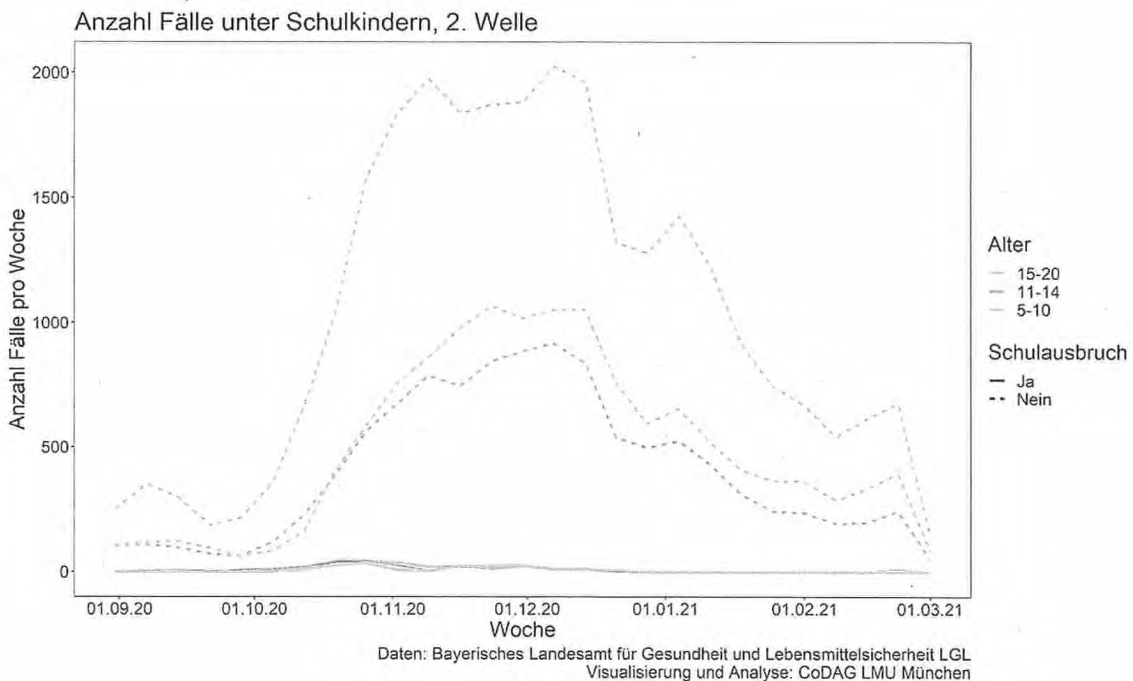
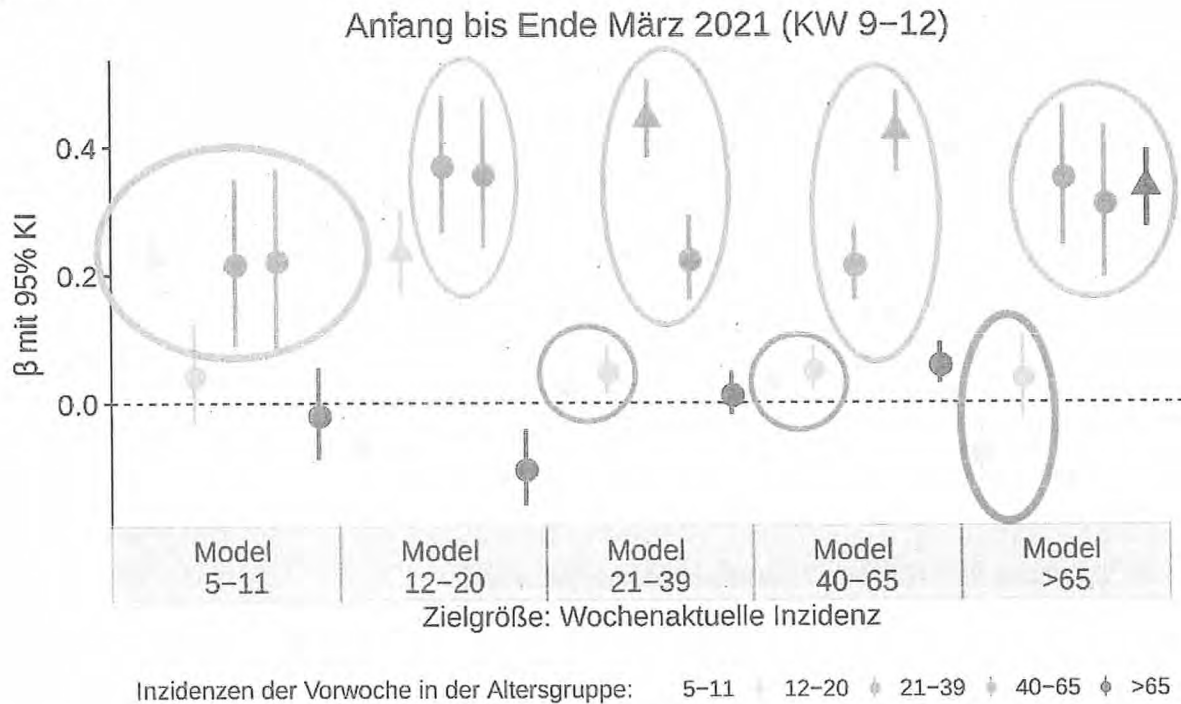


Abbildung 3.4. Effekt der Inzidenzen der Vorwoche in unterschiedlichen Altersgruppen (farblich markiert) auf die wochenaktuellen Inzidenzen für die Kalenderwochen 9-12 2020 nach Altersgruppen stratifiziert.



In den CODAG Berichten [Nr. 8](#) und [Nr. 10](#) haben wir uns der Frage gewidmet, wie sich das Infektionsgeschehen in unterschiedlichen Altersgruppen gegenseitig beeinflusst. Da in den letzten Wochen die Anzahl der Infektionen speziell unter Jugendlichen gestiegen ist und die Ausbreitung von neuen Virusvarianten weiter fortschreitet, wollen wir hier unsere Analyse aus Bericht 10 für die Kalenderwochen bis Ende März 2021 aktualisieren. Für eine methodische Erklärung des angewandten Verfahrens verweisen wir auf Kapitel 1 des [CODAG Berichts Nr. 10](#).

Die Ergebnisse sind in Abbildung 3.4. für Daten zwischen dem 1. und 31. März 2021 dargestellt. Im Einklang mit unseren bisherigen Resultaten ist der Einfluss der 5-11 Jährigen auf alle anderen Altersgruppen weiterhin sehr gering. Hingegen haben die Altersgruppen der 21-39 Jährigen und der 40-65 Jährigen weiterhin, relativ betrachtet, den höchsten Einfluss auf Inzidenzen in allen anderen Altersgruppen. Diese Effekte sind mit mithilfe von grünen Ringen dargestellt. Die Inzidenzen der Vorwoche aller anderen Altersgruppen spielen dagegen nur bei der Erklärung der eigenen Altersgruppe (dargestellt in Dreiecken) eine übergeordnete Rolle. Insbesondere sieht man, dass sich die Effekte der Kinder und Jugendlichen (5-11 und 12-20 Jahre) zur Beschreibung der Inzidenzen der 21-39 und 40-65 Jährigen zwar signifikant von 0 unterscheiden, aber hier trotzdem weit weniger die Vorhersage beeinflussen als die Inzidenzen der arbeitenden Population. **Insofern können wir die Ergebnisse aus vorherigen Analysen bestätigen, dass steigende Inzidenzen bei Kindern und Jugendlichen sich nur schwach auf die Inzidenzentwicklung in anderen Altersgruppen auswirken.**

Anlage D

Auszug aus CODAG Bericht Nummer 14



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Prof. Dr. Göran Kauermann

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

Dr. Ursula Berger

IBE
Marchioninistr. 15
81377 München

CODAG Bericht Nr. 14

30.04.2021

1. Analyse der aktuellen pandemischen Situation

Felix Günther, Daniel Schlichting, Wolfgang Hartl¹, Helmut Küchenhoff

2. Schulschließungen oder Schulöffnung mit Testpflicht? Epidemiologisch-statistische Aspekte sprechen für Schulöffnungen mit verpflichtenden Tests

Ursula Berger, Cornelius Fritz, Göran Kauermann

3. Ein statistischer Blick auf die Belegung der Intensivstationen während der dritten Welle

Martje Rave, Göran Kauermann

¹ Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern, KUM

2. Schulschließungen oder Schulöffnung mit Testpflicht? Epidemiologisch-statistische Aspekte sprechen für Schulöffnungen mit verpflichtenden Tests

Ursula Berger, Cornelius Fritz, Göran Kauermann

Die negativen Wirkungen von Schulschließungen sind hinlänglich bekannt. Weiter sind die Gefahren für Kinder durch eine COVID-19 Infektion sehr gering, wie z.B. die aktuelle Stellungnahme der deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie darlegt⁷. Somit ist der zentrale Aspekt bei der Entscheidung für oder gegen Schließungen von Schulen und Kitas, deren Einfluss auf die Ausbreitung der Pandemie. Dieser Punkt gewinnt vor allem in Bezug auf die zum 12. April 2021 eingeführte Testpflicht an Schulen eine neue Bedeutung. Der folgenden Abschnitt widmet sich diesem Thema.

Das aktuelle Epidemiologische Bulletin des RKI (17/2021⁸ - Erscheinungsdatum 29.4.21) befasst sich mit dem Thema, welchen Nutzen Antigentest im Bereich der Pandemiebekämpfung haben. Der Bericht kommt zu dem Schluss: *“Bei geeigneter Sensitivität und ausreichend hoher Spezifität kann also davon ausgegangen werden, dass Antigen-Schnelltests zur Erkennung sonst nicht erkannter infizierter Fälle beitragen”*. Wichtig hierbei ist eine hohe Testfrequenz und Testbereitschaft. An bayerischen Schulen herrscht für den Präsenzunterricht derzeit Testpflicht mit einer Testfrequenz von zwei Tests pro Woche, was den Empfehlungen des RKI entspricht. Mit regelmäßigen und umfassenden Testungen von ganzen Bevölkerungsgruppen lässt sich die Dunkelziffer reduzieren, weil dadurch insbesondere symptomfrei Infizierte entdeckt werden und Infektionsketten frühzeitig unterbrochen werden können. Dabei muss jeder positive Schnelltest durch einen PCR bestätigt oder widerlegt (falsch-positiv) werden. Unklar ist jedoch, um welchen Faktor die Dunkelziffer in der entsprechenden Bevölkerungsgruppe durch solche Screening-Maßnahmen, wie sie nun bei Präsenzunterricht in Schulen durchgeführt werden, reduziert werden kann. Auch ist noch unklar wie sich diese Maßnahme auf die Zahl der Meldeinzidenzen auswirkt. Die nachfolgenden Untersuchungen widmen sich diesen Fragen.

Der Fokus unserer Analysen liegt auf dem Infektionsgeschehen in Kalenderwoche 15. Wir betrachten die 7-Tage-Meldeinzidenzen am Freitag den 16.4.2021, welche gemeldete Neuinfektionen vom 10.-16.4. einschließen. Schulen in Kreisen mit einer 7-Tage-Meldeinzidenz < 100 in der Vorwoche konnten in Kalenderwoche 15 Präsenzunterricht mit verpflichtenden Schnelltest durchführen, in allen anderen Kreisen fand Distanzunterricht ohne Reihentestung statt. **Die Datenlage für Kalenderwoche 15 kann als natürliches Experiment betrachtet werden, da alle Schulkinder während der Osterferien in den zwei vorhergehenden Wochen nicht in die Schule gegangen sind.** Nimmt man eine Latenzzeit von 3-4 Tagen (Inkubationszeit von 5 Tagen)⁹ an, so sind Neuinfektionen bei Schulkindern, die bis Freitag in KW 15 gemeldet wurden, nicht (oder zumindest nur in vernachlässigbarem Umfang) auf Ansteckungen im Präsenzunterricht bzw. in den Schulen zurückzuführen, sondern wurden vorher während der Osterferien übertragen. Das bedeutet, **Neuinfektionen, die in KW 15 bei Schulkindern durch PCR-Tests nachgewiesen wurden, haben mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit in einem Infektionsumfeld**

⁷<https://dgpi.de/stellungnahme-dgpi-dgkh-hospitalisierung-und-sterblichkeit-von-covid-19-bei-kindern-in-deutschland-18-04-2021/>

⁸ https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/17_21.pdf

⁹ <https://link.springer.com/article/10.1007/s00108-020-00834-9>

außerhalb der Schule stattgefunden. Vergleicht man damit die Entwicklung der Neuinfektionen in Kreisen, in denen Präsenzunterricht mit Testpflicht stattfinden konnte, mit einer Kontrollgruppe aus Kreisen mit Distanzunterricht aber ohne Reihentestung, kann man statistisch nachweisbare Unterschiede auf das unterschiedliche Testgeschehen zurückführen.

Wir analysieren altersspezifische Inzidenzen auf Kreisebene in Bayern, berechnet aus den von den lokalen Gesundheitsbehörden gemeldeten und durch PCR-Test bestätigten Infektionen. Wir bestimmen dabei die 7-Tage-Inzidenzen pro 100.000 Einwohner am Freitag der jeweiligen Kalenderwoche, im folgenden Meldeinzidenzen genannt. Die Daten werden vom Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) zur Verfügung gestellt. Wir bestimmen die prozentuale Veränderung der Freitags-Meldeinzidenz zur Vorwoche und analysieren, inwieweit sich dieser Wert zwischen den Kalenderwochen 14 und 15 unterscheidet. Bezeichnet man mit I_t die Meldeinzidenz in Woche t , so berechnen wir mit $(I_t / I_{t-1}) / (I_{t-1} / I_{t-2})$ den Quotienten der Veränderungen in Woche t und $t-1$. Der entsprechende Wert lässt sich interpretieren als die Veränderung der Dynamik der Meldeinzidenzen. Beispielsweise bedeutet ein Wert von 2, dass in der aktuellen Woche doppelt so viele Infektionen gemeldet wurden, wie aufgrund der bisherigen Infektionsdynamik zu erwarten gewesen wären. Ein Wert von 0.5 bedeutet wiederum, dass nur halb so viele Infektionen gemeldet wurden wie nach der Dynamik der letzten Woche zu erwarten waren. Die berechnete Größe kann also als Maßzahl verstanden werden, welche die Änderungen in der Dynamik der Meldeinzidenzen wiedergibt. Bei einer gleichbleibenden Entwicklung, d.h. einem unverändertem R-Wert in Woche 14 und 15, wäre der Wert gleich 1.

Für unsere Analyse teilen wir die 96 Kreise Bayerns in zwei Gruppen: Die erste Gruppe fasst alle 24 Kreise zusammen, für die das RKI am Freitag 9. April 2021 eine 7-Tage-Meldeinzidenz unter 100 ausgewiesen hat. In diesen 24 Kreisen konnte in KW 15 Präsenzunterricht im Wechsel mit halbiertem Klassengröße stattfinden. Dabei war es Pflicht, die Schüler*innen mindestens zweimal pro Woche zu testen, d.h. hier wurden erstmals Reihentests für Schüler durchgeführt. Für alle anderen Kreise hat die 7-Tage-Meldeinzidenz am 9. April den Schwellenwert von 100 Neuinfektionen pro 100.000 Einwohner überschritten, womit der Unterricht in Distanz ohne Reihentestung stattfinden musste. Aus dieser 2. Gruppe bilden wir eine Kontrollgruppe aus den 36 Kreisen deren Inzidenz zwischen 100 und 200 lag. Kreise mit Inzidenzen über 200 schließen wir aus den Analysen aus.

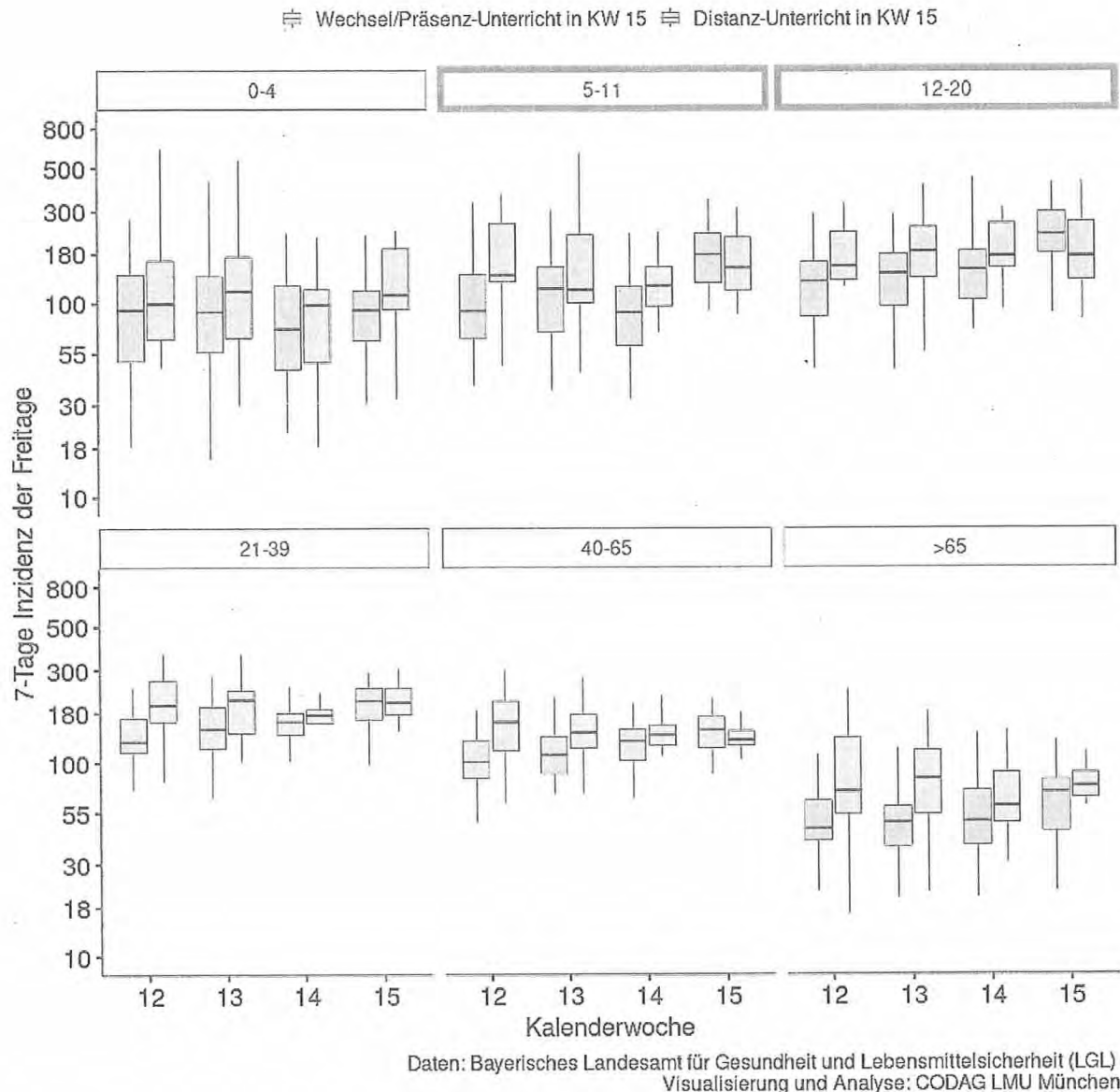
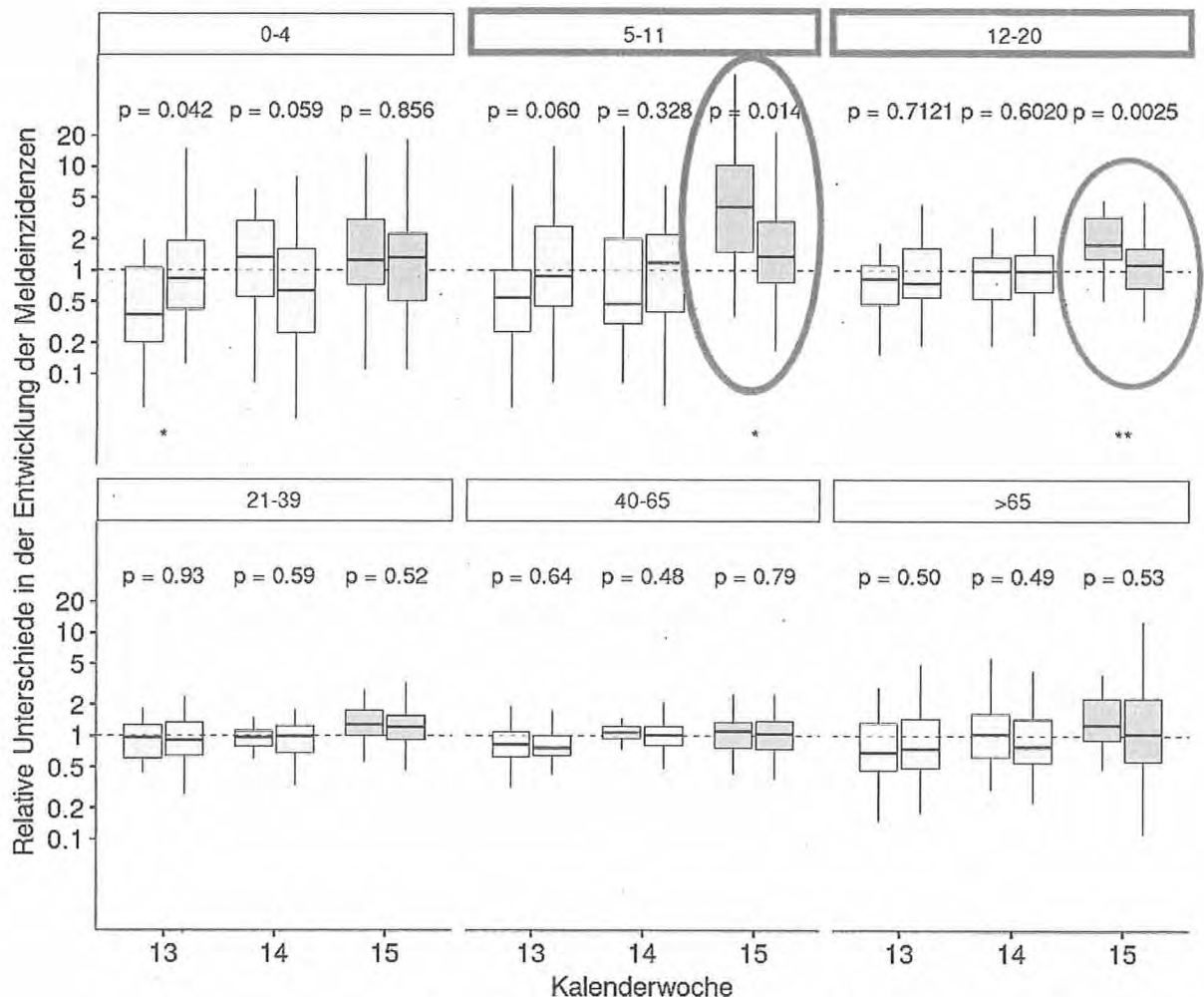


Abbildung 2.1. Meldeinzidenzen in den Kalenderwochen 12 bis 15 in den entsprechenden Altersgruppen, unterteilt in Kreise mit Präsenzunterricht und Testpflicht in KW 15 und Kreise mit Distanzunterricht und ohne Testpflicht in KW 15.

Abbildung 2.1. zeigt die Meldeinzidenzen in den einzelnen Altersgruppen in den Wochen KW 12 bis KW 15. In den Altersgruppen der Schüler*innen (5-11 und 12-20 Jahre) ist in den Kreisen mit Reihentestungen für den Präsenzunterricht (grüne Boxen) ein deutlicher Anstieg in KW 15 zu erkennen, der in den Vergleichskreisen ohne Reihentestung (rote Boxen) nicht zu sehen ist. Aus diesen Werten der Meldeinzidenzen berechnen wir die relative Änderungen der prozentualen Entwicklung, wie oben beschrieben. Diese sind in Abbildung 2.2. gezeigt. In den Altersgruppen der Schüler*innen (in den Abbildung 2.1. und 2.2. anhand roter Rechtecke indiziert) bestätigt sich für KW 15 in den Kreisen mit Reihentestung für den Präsenzunterricht eine deutliche Steigerung der Infektionsdynamik im Vergleich zur Vorwoche: Die grüne Box liegt in KW 15 deutlich über der 1. Das bedeutet, die Zahlen der gemeldeten, PCR-Test bestätigten Infektionen steigen bei Reihentestung wesentlich steiler an als erwartet.

Präsenz-Unterricht mit Testpflicht in KW15, Distanz-Unterricht in KW 15

☐ Wechsel/Präsenz-Unterricht mit Testen in KW 15 ☐ Distanz-Unterricht in KW 15



Daten: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)
Visualisierung und Analyse: CODAG LMU München

Abbildung 2.2. Relative Unterschiede in der Veränderung der Meldeinzidenz im Vergleich zur Vorwoche in den entsprechenden Altersgruppen, unterteilt in Kreise mit Präsenzunterricht und Testpflicht in KW 15 und Kreise mit Distanzunterricht und ohne Reihentestung in KW 15 (auf der Log-Skala)

Der Zuwachs lässt sich quantifizieren. Bei den 5 - 11 Jährigen ist der Zuwachs ca. viermal so hoch, bei den 12 - 20 Jährigen etwa doppelt so hoch wie erwartet. Das heißt, wir erkennen unter den Schüler*innen bei Testpflicht zwischen zwei bis viermal mehr Infektionen, 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 unverändert. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist signifikant. Wie oben erwähnt ist dieser Unterschied, bedingt durch das natürliche Experiment, den Reihentests an den Schulen zuzuschreiben, die bei Schulschließungen wegfallen. **Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Reihentests an Schulen die Dunkelziffer um den Faktor 2 bzw. 4 reduziert werden konnte, also**

zwei bis viermal so viele Infektionen erkannt werden konnten, als ohne diese Tests. Dabei handelt es sich bei den zusätzlich erkannten Infektionen überwiegend um symptomlose Infektionen, denn symptomatisch infizierte Kinder nehmen weitestgehend nicht am Unterricht teil. Daraus lässt sich ableiten, dass Schulöffnung für den Präsenzunterricht mit Testpflicht (unter Einhaltung notwendiger Hygienemaßnahmen und ggf. im Wechsel) helfen kann, symptomlose Infektionen aufzudecken um Infektionsketten zu unterbrechen und so einen Beitrag zur Pandemiebewältigung leisten kann.

Neben diesem Vorteil muss allerdings auch das Risiko eines Präsenzunterrichts betrachtet werden. Die nachfolgenden Überlegungen versuchen, das Risiko durch einfache Berechnungen grob zu überschlagen. Das genaue Risiko, das von unerkannten Infektion ausgeht, lässt sich bei Präsenzunterricht wie bei Distanzunterricht nur schwer exakt quantifizieren.

In der Praxis wird den Selbsttests keine hohe Sensitivität zugeschrieben, wenngleich die Sensitivität unter Laborbedingungen meist deutlich über 90% angegeben wird¹⁰. Eine aktuelle Veröffentlichung gibt beispielsweise u.a. Studienergebnisse mit einer Sensitivität von Selbsttest von lediglich 50% an¹⁰, d.h. nur bei jedem zweiten Infizierten würde die Infektion mit einem Selbsttest entdeckt. Diese geringe Testsicherheit kann jedoch durch mehrfaches Testen pro Woche erhöht werden. Bei zwei Tests pro Woche mit jeweiliger Sensitivität von 50% ergibt sich bei Annahme der Unabhängigkeit der beiden Tests für die gesamte Woche eine Sensitivität von 75% ($= 1 - 0.5 \cdot 0.5$). In diesem Fall würden drei von vier infizierten Schülern*innen im Rahmen der verpflichtenden Tests entdeckt werden. Eine*r von vier infizierten Schüler*innen bliebe allerdings unerkannt und könnte die Infektion weiter tragen. **Bei einer Test-Sensitivität von 50% und angenommener Unabhängigkeit der zwei Tests pro Woche gilt also: Solange diese unentdeckten (üblicherweise symptomlosen) Infektionen keine Ausbrüche mit mehr als drei Ansteckungen nach sich ziehen, ist der epidemiologische Nutzen von offenen Schule mit verpflichtenden Testkonzept zur Pandemiebekämpfung größer, als das epidemiologische Risiko, das von falsch-negativ getesteten Schülern ausgeht.** Wir nennen diese Größe den schulspezifischen R-Wert. (Zum Ausbruchs- und Infektionsgeschehen in Schulen siehe [CODAG-Bericht Nr.12](#))

Die berechneten Zahlen gehen von der Unabhängigkeit der Tests aus, was kritisch hinterfragt werden muss. Ebenso basiert die Berechnung auf der angenommenen Sensitivität von 50%. Bei höherer Sensitivität und/oder fehlender Unabhängigkeit der Test ergibt sich ein anderes Risiko. In Abbildung 2.3. skizzieren wir in Abhängigkeit von der Sensitivität eines Selbsttests den schulspezifischen R-Wert, ab dem der Nutzen des Präsenzunterrichts das Risiko ausgleicht. Der rote obere Bereich gibt schulspezifische R-Werte an, bei denen das Risiko größer ist als der Nutzen. Der grüne untere Bereich zeigt R-Werte bei denen der Nutzen überwiegt. Je nach Abhängigkeit der zwei Tests liegt der Schwellenwert für den schulspezifischen R-Wert im mittleren hellgrünen Bereich. Je weniger zwei durchgeführte Selbsttests an ein Person voneinander abhängen, umso höher der Schwellenwert für den schulspezifischen R-Wert.

¹⁰ siehe <https://www.aerzteblatt.de/archiv/218232/SARS-CoV-2-Der-Coronatest-in-Eigenregie>

Unsere Überlegungen zeigen, dass das unmittelbare Risiko der Ansteckung an Schulen (inklusive Schulweg) trotz verpflichtender Tests (Stichwort: falsch-negativ Getestete) durch den positiven Effekt der zusätzlichen Entdeckung von Infektionen kompensiert werden kann. Durch die Testpflicht an Schulen kann die Dunkelziffer unter den Schülern um einen Faktor von 4 bzw. 2 reduziert werden - die Meldeinzidenzen steigen demzufolge an. Bei Schulschließungen und Wegfall der Reihentests steigt die Dunkelziffer entsprechend wieder an. Daher sollten bei Durchführung solcher Screening-Maßnahmen die Schwellenwerte neu bewertet werden. Insbesondere ist zu beachten, dass bei einem Wechsel zwischen Schulöffnung und Schulschließung (etwa bei der Unter – bzw. Überschreitung des aktuellen Schwellenwertes von 100 gemeldeten Infektionen pro 100.000 Einwohnern in Bayern) ein Jojo-Effekt in den Meldeinzidenzen zu erwarten ist, der weniger das Infektionsgeschehen als vielmehr die hier beschriebenen Effekte der Testpflicht auf die Dunkelziffer widerspiegelt.

Unsere Analysen betrachten epidemiologisch-statistische Aspekte von Schulöffnungen mit der zum 12. April 2021 eingeführten Testpflicht gegenüber Schulschließungen bei hohen Inzidenzzahlen. Kritik an der Testpflicht in Schulen, wie etwa in der Stellungnahme aus der Medizin¹¹, fokussiert andere Aspekte, die insbesondere bei geringem Infektionsgeschehen auch aus statistisch-epidemiologischer Sicht erneut diskutiert werden müssen (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.

¹¹ <https://dgpi.de/teststrategien-zur-covid-diagnostik-in-schulen-stand-28-02-2021/>
und
<https://dgpi.de/kommentar-dgpi-dgkh-schnelltests-schulen/>

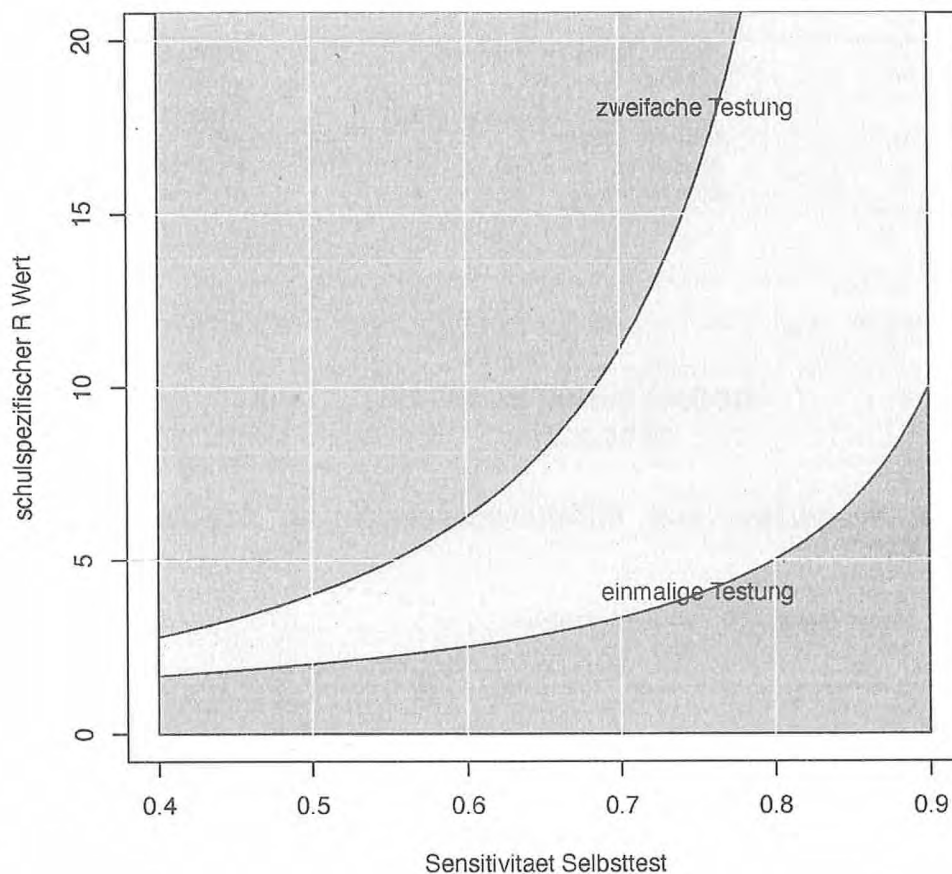


Abbildung 2.3. Schulspezifischer R-Wert bei zweifacher Testung. Der schulspezifische R-Wert ist definiert als die Zahl der Personen, die ein*e infizierter*e Schüler*in im Durchschnitt im Rahmen der Schulbesuche ansteckt. Die untere Trennlinie zeigt die Schwellenwerte der schulspezifischen R-Werte bei einfacher Testung, die obere Trennlinie gibt die Werte bei zweifacher Testung und Annahme von Unabhängigkeit an. Der mittlere hell-grüne Bereich gibt den Wertebereich an, wenn die Unabhängigkeitsannahme nicht vollständig erfüllt ist. Je weniger zwei Testungen an einer Person voneinander abhängig sind, umso höher liegt der Schwellenwert des schulspezifische R-Werts. Der rote Bereich gibt R-Werte an, bei denen das Risiko von Infektionen größer ist als der Nutzen durch verpflichtenden Tests.

Anlage E

Auszug aus CODAG Bericht Nummer 16



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Prof. Dr. Göran Kauermann

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

Dr. Ursula Berger

IBE
Marchioninstr. 15
81377 München

CODAG Bericht Nr. 16

28.05.2021

1. Das aktuelle Ausbruchs- und Infektionsgeschehen in Schulen und an Arbeitsplätzen

Ursula Berger, Jana Gauß, Göran Kauermann

2. Belegung der Intensivbetten - wie ist der Zusammenhang mit den altersspezifischen Inzidenzen

Cornelius Fritz, Martje Rave, Göran Kauermann

3. Bewertung des Epidemie-Geschehens in Deutschland: Zeitliche Trends in der effektiven Reproduktionszahl

Annika Hoyer, Lara Rad, Ralph Brinks

4. Analyse der aktuellen pandemischen Situation anhand von Neuaufnahmen auf die Intensivstation

Felix Günther, Daniel Schlichting, Wolfgang Hartl¹, Helmut Küchenhoff

¹ Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern, KUM

1. Das aktuelle Ausbruchs- und Infektionsgeschehen in Schulen und an Arbeitsplätzen

Ursula Berger, Jana Gauß, Göran Kauermann

Verschiedene Maßnahmen zur Pandemiebekämpfung zielen auf die Kontrolle von Infektionsausbrüchen an Ausbruchsorten wie Schulen, Krankenhäusern, Seniorenheimen und Arbeitsplätzen ab. In diesem Zusammenhang ist auch die Einführung der Testpflicht in Schulen und das verpflichtende Testangebot an Arbeitsplätzen Mitte bzw. Ende April zu sehen. Von Interesse ist dabei zu untersuchen, wie sich die Zahlen der Infektionen aus Ausbrüche nach Einführung dieser Maßnahmen in den letzten Wochen entwickelt haben. Wir nutzen, wie schon in [CODAG-Bericht Nr. 12](#), Daten des Bayerischen Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL). Das LGL erfasst "Ausbrüche" und definiert diese als zwei oder mehr Infektionen, die epidemiologisch in einem Zusammenhang stehen. Zu jedem Ausbruch wird das Infektionsumfeld erfasst, also der "Ort" an dem Neuinfizierungen stattgefunden haben. Dabei ordnen wir einen gemeldeten COVID-19-Fall immer dem Umfeld zu, in dem die Infektion stattgefunden hat, d.h. wir betrachten das direkte Infektionsumfeld und nicht „übergeordnete Ausbrüche“.² Alle Auswertungen basieren auf den Daten zum Stichtag 26.5.2021. In Abbildung 1.1. zeigen wir die Anzahl der gemeldeten COVID-19 Infektion für unterschiedliche Ausbruchsorte nach Meldedatum.

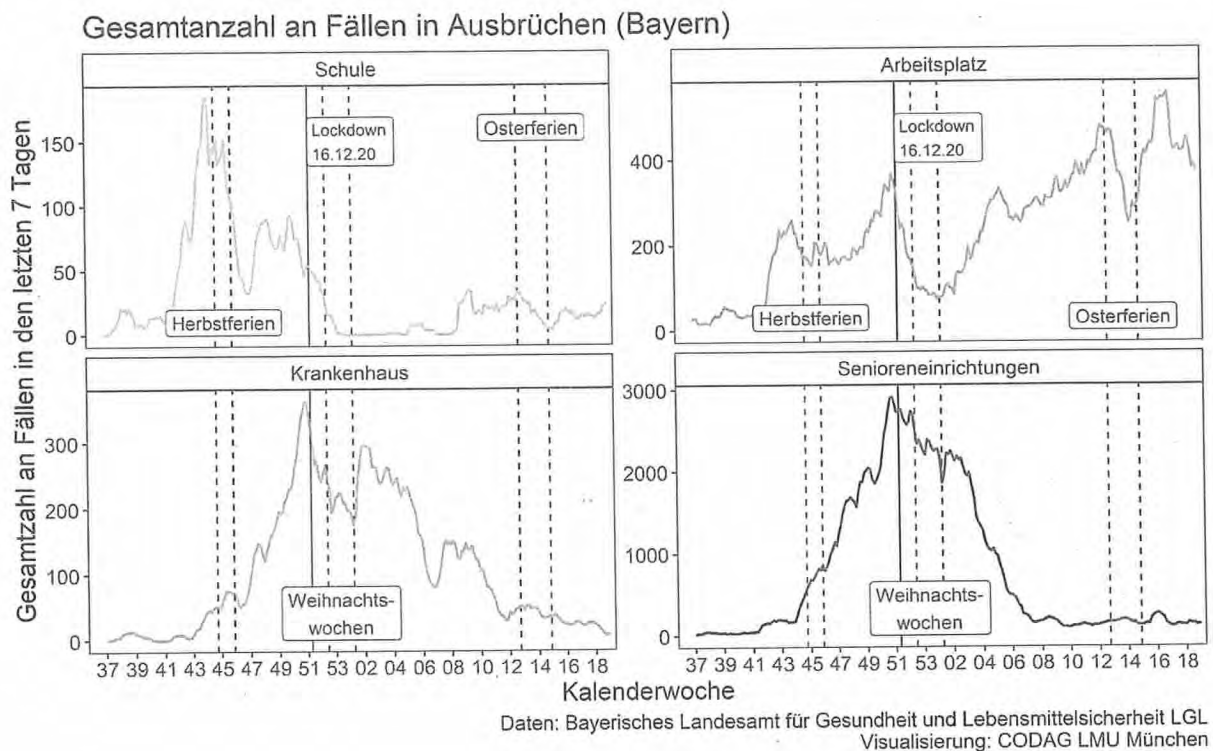


Abbildung 1.1.: Anzahl der Infektionen bei Ausbrüchen an den Ausbruchsorten Schule, Arbeitsplatz, Krankenhaus und Senioreneinrichtungen über die Zeit (Kalenderwochen).

² Beispiel zur Erläuterung "direktes Infektionsumfeld" und „übergeordnete Ausbrüche“: Wenn beispielsweise ein infizierter Beschäftigter die Infektion aus einem Ausbruch am Arbeitsplatz in den familiären Kreis trägt und dort Familienmitglieder ansteckt, so werden die Fälle in der Familie dem direkten Infektionsumfeld Haushalt zugeordnet. Der "übergeordnete Ausbruch" wäre der Ausbruch am Arbeitsplatz.

Die vier betrachteten Ausbruchsorte zeigen ein ganz unterschiedliches zeitliches Muster. Bekanntermaßen war die Zahl der gemeldeten Infektionen aus Ausbrüchen in Seniorenheimen Mitte Dezember mit einem Maximum von knapp 3000 gemeldeten Infizierten pro 7-Tage unvergleichbar höher als in einem der anderen Ausbruchsorte. In den Senioreneinrichtung und in den Krankenhäusern sind seit Ende 2020 die Zahlen der gemeldeten Fälle aus Ausbrüchen stark zurückgegangen und verbleiben seit März bzw. April auf einem niedrigen Niveau. In den Schulen gab es während der Schulschließung keine Ausbrüche. Aber auch **nach der schrittweisen Öffnung der Schulen für den Präsenzunterricht seit Mitte Februar (KW 8) ist die Anzahl der Fälle, die aus Infektionen an der Schule resultieren, sehr gering geblieben. Anders verhält es sich bei Infektionen, die nachweislich am Arbeitsplatz stattgefunden haben: Hier nimmt die Anzahl der gemeldeten Fälle seit Jahresbeginn zu.** Ein sprunghafter Rückgang in den Infektionen am Arbeitsplatz ist während der Osterfeiertage zu erkennen. Dieser Rückgang ist deutlich stärker als etwa im Krankenhaus oder in Senioreneinrichtungen und ist somit sicherlich nur teilweise auf Meldeverzug zurückzuführen, sondern vor allem darauf, dass die meisten Erwerbstätigen in dieser Zeit dem Arbeitsplatz fern blieben. Seit dem 20.04.2021 (KW 16) gilt das "Verbindliche Testangebot in Betrieben", d.h. Arbeitgeber müssen allen Beschäftigten mindestens zweimal wöchentlich einen Corona-Test anbieten³. Dies spiegelt sich direkt in den Daten durch einen sprunghaften Anstieg an gemeldeten Infektionen am Arbeitsplatz wider. Danach fallen die Infektionen an Arbeitsplätzen jüngst deutlich ab.

Wir sehen sowohl am Arbeitsplatz wie schon in den Schulen den deutlichen Effekt der Reihentestungen: Die Testpflicht bzw. das verpflichtende Testangebot führt zunächst zu einem sprunghaften Anstieg der Covid-19 Fällen. Langfristig sinken die Inzidenzzahlen aus Ausbrüchen wieder. Dieses Muster kann dadurch erklärt werden, dass Infektionsketten erkannt und unterbrochen werden können, was langfristig zu einer Reduktion der Inzidenzen führt.

Um das Ausbruchsgeschehen zu kontrollieren, sind effektive Maßnahmen notwendig, die ganz gezielt dort ansetzen, wo die Infektionsgefahr hoch ist. Im Vergleich zum Ausbruchsort Schule ist der Ausbruchsort Arbeitsplatz sehr viel heterogener (Büros mit wenigen Beschäftigten vs. große Produktionshallen, Beschäftigte mit vs. ohne Kundenkontakt etc.). Um hier die Ausbrüche richtig einzuschätzen und das Ausbruchsgeschehen am Arbeitsplatz effektiv zu reduzieren, ist es wesentlich, detailliertere Informationen zum Umfeld der Ausbrüche zur Verfügung zu stellen, die eine differenzierte Betrachtung erlauben, etwa zu Art der Arbeitsstätte, oder ob ein Ausbruch in einem großen Betrieben stattgefunden hat, wo eine hohe Zahl an betroffenen Beschäftigten in einem Raum zusammenarbeiten. Diese Daten liegen uns aktuell leider nicht vor.

Die Daten in Abbildung 1.1. zeigen den zeitlichen Verlauf, lassen aber die unterschiedlichen Größen der Ausbrüche im Vergleich zueinander nur schwer erkennen. Daher stellen wir in Abbildung 1.2. die Daten für die Wochen der dritte Welle nochmal in anderer Form dar. **Anhand dieser Darstellung ist sofort ersichtlich, dass derzeit die Ausbrüche an Arbeitsplätzen zahlenmäßig klar dominieren**, während die Gesamtzahl der Fälle bei Ausbrüchen in Seniorenheimen und Krankenhäusern jetzt deutlich niedriger liegen. **Die Fallzahlen aus Ausbrüchen in Schulen sind weiterhin unbedeutend gering.**

³ https://www.gesetze-im-internet.de/corona-arbschv/_5.html

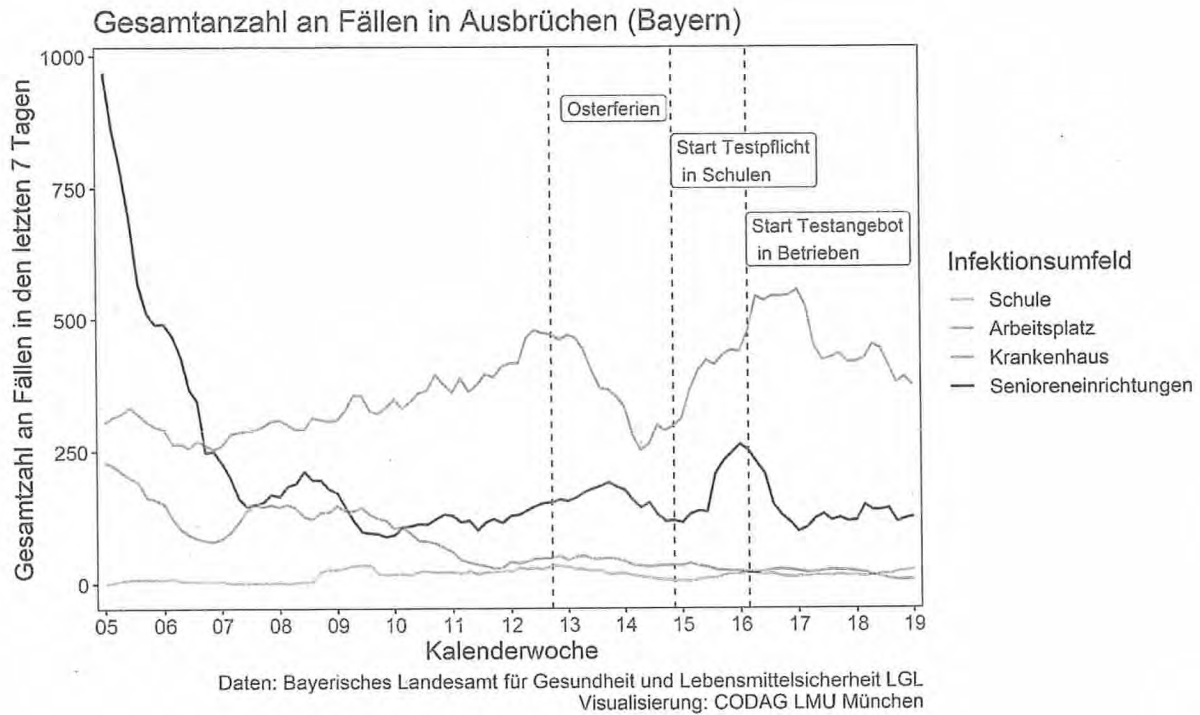


Abbildung 1.2.: Anzahl der Infektionen bei Ausbrüchen an den Ausbruchsorten Schule, Arbeitsplatz, Krankenhaus und Senioreneinrichtungen über die Zeit (Kalenderwochen), dargestellt in einer Abbildung.

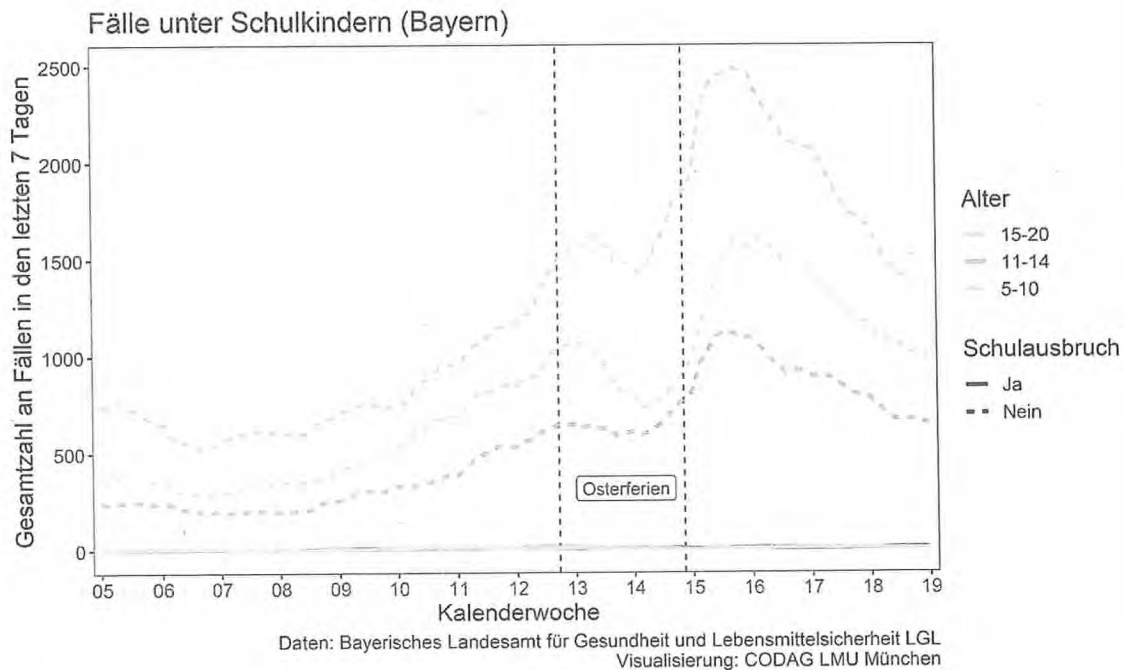


Abbildung 1.3.: Anzahl von Infektionen bei Kindern mit Ausbruchsort Schule (durchgezogene Linien) und anderweitigen Infektionsorten (gestrichelte Linie) über die Zeit (Kalenderwochen).

Die untergeordnete Rolle von Schulausbrüchen sowie der Effekt von Reihentests an Schulen auf die Meldeinzidenzen wird in Abbildung 1.3. noch einmal auf andere Weise gezeigt. Hier ist die Zahl der gemeldeten Infektion bei Kindern, die sich nachweislich an Schulen infiziert haben (durchgezogene untere Linien, im Vergleich zu allen anderen Infektionen bei Kindern (gestrichelte Linien) dargestellt. Den sprunghaften Anstieg der Gesamtzahl gemeldeter Fälle unter den Schülern in KW 15, der die Reduktion der Dunkelziffer durch die in Schultests identifizierten Fälle widerspiegelt, haben wir bereits in CODAG Bericht Nr. 14⁴ aufgezeigt. Die aktuellen Daten zeigen überraschenderweise, dass die Meldeinzidenzen insgesamt in allen drei Altersgruppen der Schulkinder nach diesem ersten Anstieg nun absinken. Der Anteil der Infektionen aus Schulausbrüchen bleibt auch in den folgenden Wochen KW 16-19 verschwindend gering. Im Mittel waren etwa 1% der gemeldeten Fälle bei Kindern auf Infektionen an der Schule zurückzuführen. Dieser Anteil hat sich nach den Osterferien tendenziell verringert. **Das bedeutet, dass nach der weiteren Öffnung der Schulen für den Präsenzunterricht nach den Osterferien die Infektionen bei den Schulkindern letztlich zurückgegangen sind und es nicht zu vermehrten Infektionen in der Schule kam und. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass durch die Reihentestung unter Schülerinnen und Schülern die Dunkelziffer in diesen Altersgruppen gegen Null geht, also in diesen Altersgruppen durch die Meldeinzidenzen das Infektionsgeschehen jetzt so gut wie vollständig wiedergegeben wird.**

Der Untersuchungszeitraum schließt dabei jetzt auch den Pandemiephase ein, in dem die neuen Virusvarianten präsent waren und dabei zeigt sich, dass sich die Rolle der Schulkinder bei der Verbreitung des Virus⁵ offenbar nicht verändert hat. Darüber hinaus konnte wir bereits in CODAG Berichte Nr. 10 und Nr. 12 zeigen, dass sich Infektionen bei Kindern und Jugendlichen kaum auf die Inzidenzentwicklung in anderen Altersgruppen auswirken.

Die Zahlen spiegeln erneut die untergeordnete Rolle der Schule am Infektionsgeschehen wider. Diese Ergebnisse können in der aktuellen Diskussion um Impfungen für Schulkinder zur Vermeidung von Infektionen an Schulen helfen und zur Versachlichung beitragen.

Literatur

Berger, U., Fritz C., Kauermann, G.: Eine statistische Analyse des Effekts von verpflichtenden Tests an Schulen mit Präsenzunterricht im Vergleich zum Distanzunterricht. Department of Statistics: Technical Reports, Nr. 23, Mai 2021, <https://epub.ub.uni-muenchen.de/76005/>

⁴ siehe auch: <https://epub.ub.uni-muenchen.de/76005/>

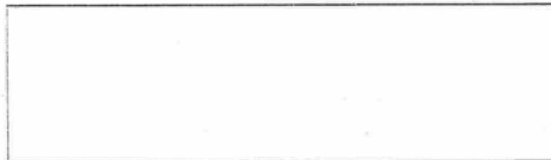
⁵https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Maerz_2021/2021-03-30-de.pdf?__blob=publicationFile

Anlage F

Auszug aus CODAG Bericht Nummer 17



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Prof. Dr. Göran Kauermann

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

Dr. Ursula Berger

IBE
Marchioninstr. 15
81377 München

CODAG Bericht Nr. 17 11.06.2021

1. Das Risiko bei Schulkindern - Ein Blick in die Daten

Stephanie Armbruster, Ursula Berger, Cornelius Fritz, Göran Kauermann, Marc Schneble

2. Aktuelle Sterbezahlen in Bezug auf COVID-19

Ursula Berger, Giacomo De Nicola, Göran Kauermann, Marc Schneble

Vorherige CODAG Berichte und weitere Forschungsarbeiten sind auf der CODAG Homepage zu finden

<https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html>

Das Risiko bei Schulkindern – Ein Blick in die Daten

Stephanie Armbruster, Ursula Berger, Cornelius Fritz, Göran Kauermann, Marc Schneble

Die aktuelle Diskussion zum Thema Impfen von Schulkindern hat in den letzten Tagen durch die Zulassung des ersten Impfstoffs für 12- bis 15-Jährige an Bedeutung gewonnen. Daher wollen wir uns im nachfolgenden Abschnitt der Frage des Risikos von Kindern widmen, insbesondere für Schulkinder und die Altersgruppe der neuen Zulassung.

Wir analysieren dafür Daten des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) und betrachten Inzidenzen und Hospitalisierungen von Schulkindern und fokussieren in den nachfolgenden Analysen die zweite und dritte Welle, also den Zeitraum ab dem 01.09.2020. Die altersspezifischen Inzidenzen der Schulkinder sind in Abbildung 1.1 gezeigt. Die Kategorisierung der Altersgruppen richtet sich hierbei nach den Grundschulkindern, sprich 5-11 Jahre, den 12- bis 15-Jährigen und den 16- bis 20-Jährigen. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der mittleren Altersgruppe, denn für diese Altersgruppe wurde der Impfstoff Corminaty von BioNTech/Pfizer jüngst zugelassen¹. Wir betrachten dabei im Folgenden nicht nur Infektionen, sondern unterscheiden zwischen Infektionen, bei denen eine Hospitalisierung stattgefunden hat, und sonstigen Infektionen. Die Daten des LGL geben dabei für jede registrierte Infektion an, ob eine Hospitalisierung vorliegt. Bei ca. 20% der Fälle liegt für die entsprechende Variable keine Information vor bzw. konnte die Information nicht ermittelt werden. Wir schließen diese Fälle aus den Analysen aus. Hospitalisierung kann dabei "mit" oder "wegen" COVID-19 vorliegen, was in einer weiteren Variable erhoben ist. Dabei ist nicht immer eindeutig nachweisbar, ob "mit" oder "wegen" der primäre Grund für die Hospitalisierung ist, allerdings sind ca. 20% der Hospitalisierungen klar als "mit" COVID-19 kategorisiert. Das heißt, das Kind war aufgrund einer anderen Erkrankung hospitalisiert, allerdings während einer parallel verlaufenden COVID-19 Infektion. Wir kategorisieren diese Hospitalisierungen später nicht als COVID-19 Hospitalisierungen. Zunächst jedoch betrachten wir alle Hospitalisierungen "mit" und "wegen" COVID-19.

In Abbildung 1.2 ist zunächst die Hospitalisierungsanzahl je 7 Tage normiert auf 100.000 Einwohner in der entsprechenden Alterskategorie dargestellt. Man kann die Zahl als eine 7-Tages Hospitalisierungsinzidenz interpretieren. Die Werte schwanken in der Altersgruppe der 12- bis 15-Jährigen zwischen 1 und 2, **das heißt, ein bis zwei Kinder auf 100.000 einwohnende Kinder dieser Altersgruppe werden innerhalb von 7 Tagen "mit" oder "wegen" COVID-19 hospitalisiert.** Diese Zahl ist schwer einzuordnen in Bezug auf das Risiko, was generell bei Risikoeinschätzungen gilt. Leichter fällt es daher, das Risiko einer COVID-19 Hospitalisierung vergleichend zu sehen. Dazu ziehen wir Verkehrsunfälle mit Kindern im Jahr 2019 heran. Laut Statistischem Bundesamt verunglückten im Jahr 2019 insgesamt 28.005 Kinder unter 15 Jahren im Straßenverkehr². Dabei beinhaltet "verunglücken" leichte Verletzungen (24.085 Kinder), schwere Verletzungen (3.865 Kinder)

¹ siehe

<https://investors.biontech.de/news-releases/news-release-details/pfizer-biontech-announce-positive-to-pline-results-pivotal-covid/>

² siehe

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/unfaelle-kinder-5462405197004.pdf>

und tödliche Verletzungen (55 Kinder). Bei ca. 11.500.000 Kindern unter 15 Jahren ergibt dies ca. 240 verunglückte Kinder je 100.000 Einwohner unter 15 Jahren. **Vergleichend auf 7 Tage berechnet, also als exemplarische 7-Tage-Unfallinzidenz je 100.000 Einwohner, ergibt dies einen Wert von ca. 4.5, also etwa das zwei- bis vierfache der in Abbildung 1.2 angegebenen Hospitalisierungsinzidenzen. Dies spiegelt wider, dass die Hospitalisierung "mit" oder "wegen" COVID-19 kein extremes Risiko darstellt, zumindest verglichen mit dem Risiko im Straßenverkehr.**

Wir betrachten weiter die Hospitalisierungsrate bei Vorliegen einer COVID-19 Infektion, also den Anteil der infizierten Kinder, die "wegen" COVID-19 hospitalisiert werden müssen. Hierzu schließen wir, wie oben skizziert, Hospitalisierung aus, bei denen die Kinder nachweislich "mit", aber nicht "wegen" COVID-19 im Krankenhaus waren. Wir bilden den Quotienten der hospitalisierten Kinder zu den infizierten Kindern, was wir als binomiales Regressionsmodell mit Zeit als Einflussvariablen schätzen. Die entsprechenden Hospitalisierungsraten sind in Abbildung 1.3 dargestellt. **Insgesamt zeigt sich bei infizierten Kindern zwischen 12 und 15 Jahren ein Hospitalisierungsrisiko von ca. 0.6 Prozent**, was über die Zeit hinweg leicht abfällt. Man kann diese Prozentangabe durchaus als Obergrenze verstehen, da man davon ausgehen kann, dass nahezu alle COVID-19 Erkrankungen bei Kindern, die eine Hospitalisierung verlangen auch als solche erkannt wurden aber aufgrund einer zeitvariierenden Dunkelziffer nicht alle Infektionen bei den Kindern im Quotient gefunden werden konnten.

Abschließend weisen wir explizit darauf hin, dass wir ausschließlich Hospitalisierungen betrachtet haben und dabei keine Einschränkung auf Intensivstationen gemacht haben. Insgesamt ist der Anteil der Kinder, die intensivmedizinische Versorgung im Krankenhaus brauchen, sehr gering. **Das RKI gibt den Anteil in einer jüngsten Analyse mit 0.3% aller COVID-19 Patient:innen an, die derzeit auf Intensivstationen liegen**³. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt die Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin⁴.

Zurückkommend auf die anfangs angesprochene Debatte um Impfungen für Kinder können unsere Analysen helfen, das Risiko einer COVID-19 Erkrankung bei Kindern einzuschätzen. Daher bleibt die Frage des Risikos einer Impfung. Dieser Frage wollen wir hier nicht im Detail nachgehen, nur soweit, als dass wir aus den verfügbaren Daten das Impfrisiko zumindest grob abschätzen können. Der Impfstoff wurde der oben verwiesenen Studie folgend bei 1.131 Kindern getestet. Unter Annahme, dass bei keinem dieser Kinder Komplikationen aufgetreten sind, kann das Risiko von Impfkomplicationen mit Hilfe eines (einseitigen) exakten Konfidenzintervalls abgeschätzt werden (nach Clopper-Pearson). Es ergibt sich ein Konfidenzintervall von

[0, 0.0026].

Das heißt, das Risiko einer möglichen Impfkomplication liegt mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95% zwischen 0 und ca. 2.6 Promille, also im schlimmsten Fall bei 1 Komplikation auf 385 Impfungen. Hochgerechnet als eine Art

³ siehe

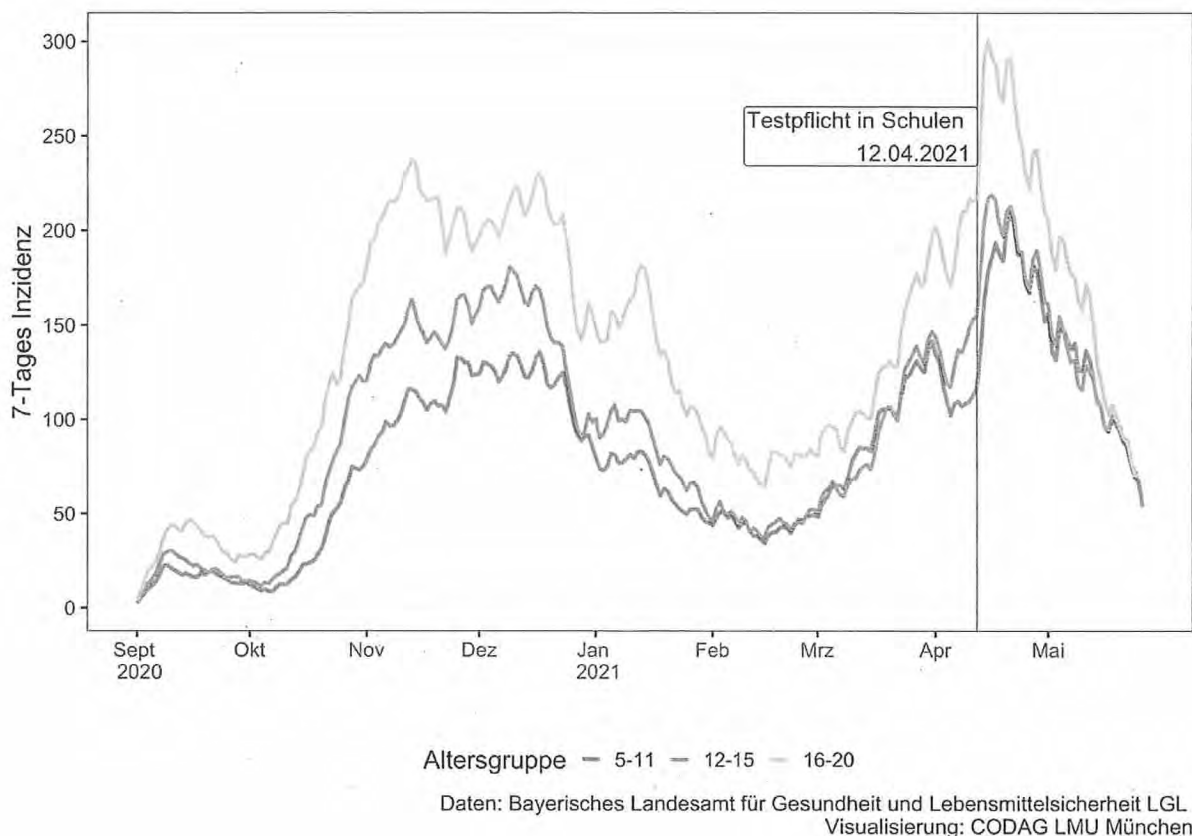
https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Mai_2021/2021-05-28-de.pdf?__blob=publicationFile

⁴ siehe

https://www.dgkj.de/fileadmin/user_upload/Meldungen_2021/210421_SN_HospitalisierungCOVID.pdf

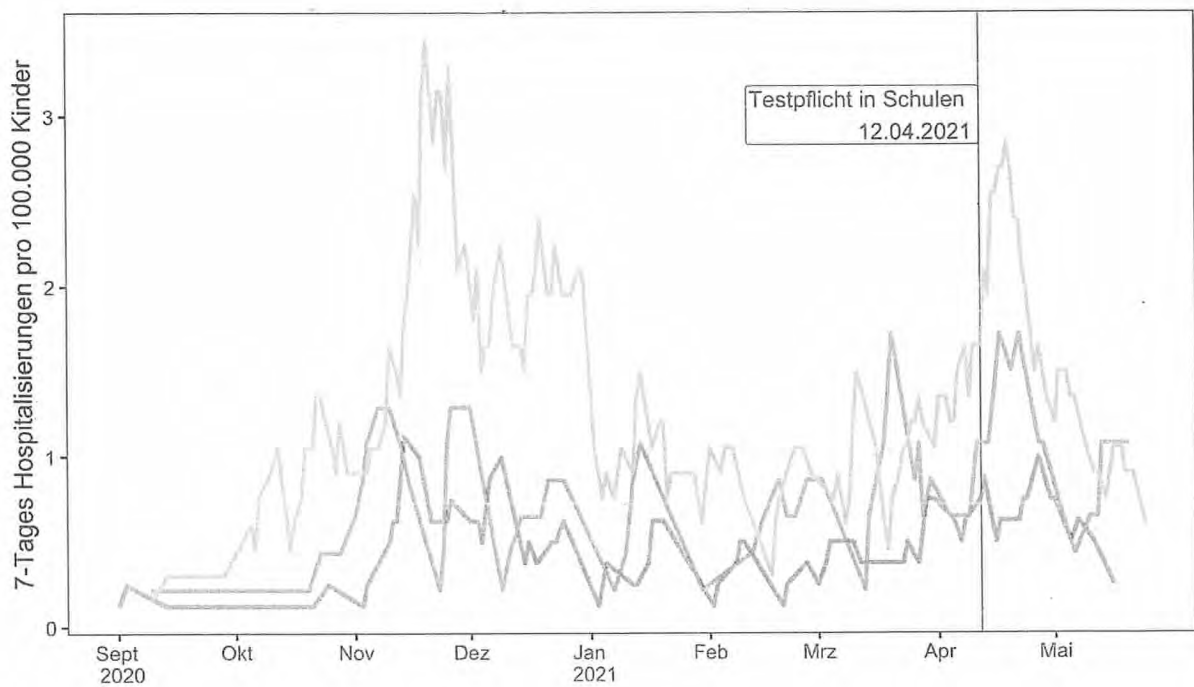
Komplikationsinzidenz je 100.000 Impfungen ergibt sich ein Wert von 260, **also im schlimmsten Fall 260 Komplikationen je 100.000 geimpfte Kinder**. Dieser doch recht hohe Wert kann durchaus durch die kleine Studiengröße von nur ca. 1.000 Kindern begründet werden. **Die Berechnung verdeutlicht aber, warum bei der aktuellen Datenlage eine Zurückhaltung hinsichtlich einer generellen Impfpflicht⁵ durchaus angebracht ist, insbesondere bei Betrachtung des oben aufgezeigten eher geringen Risikos.** Wichtig ist auch zu beachten, dass bei der Frage einer Impfung neben dem individuellen Risiko einer Infektion bzw. einer Impfkomplication auch der Einfluss einer Impfung auf das gesamte Infektionsgeschehen zu beachten ist. In unseren CODAG Berichten 13 und 16 haben wir gezeigt, dass keine statistische Evidenz besteht, dass Schulkinder treibende Kräfte in der Pandemie sind. Diese Aussagen bleiben unverändert bestehen.

Abbildung 1.1 Altersspezifische Inzidenzen



⁵ siehe <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/124494/STIKO-Entwurf-Nur-Kinder-mit-Vorerkrankungen-gegen-Corona-impfen>

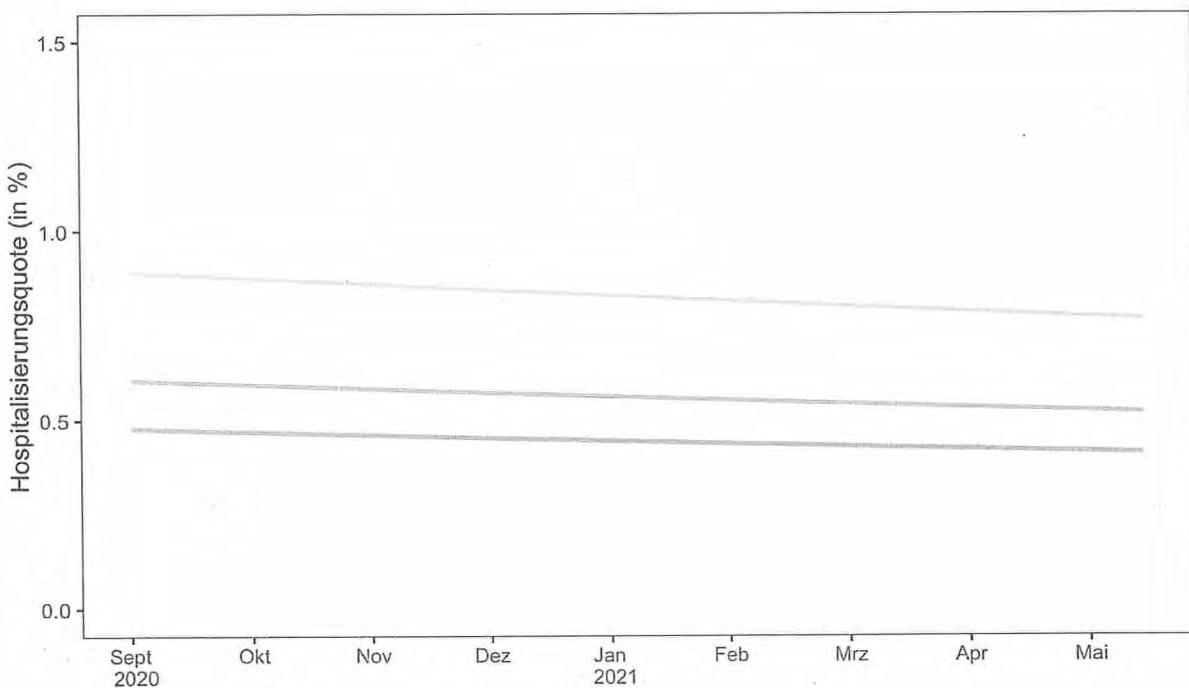
Abbildung 1.2. Altersspezifische Hospitalisierungen



Altersgruppe — 5-11 — 12-15 — 16-20

Daten: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit LGL
Visualisierung: CODAG LMU München

Abbildung 1.3. Hospitalisierungsquote

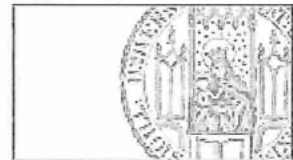


Altersgruppe — 5-11 — 12-15 — 16-20

Daten: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit LGL
Visualisierung: CODAG LMU München

Anlage G

Auszug aus CODAG Bericht Nummer 18



Prof. Dr. Göran Kauermann

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

Dr. Ursula Berger

IBE
Marchioninstr. 15
81377 München

CODAG Bericht Nr. 18 02.07.2021

1. Informationen zur Pandemiesteuerung: Welche Daten benötigen wir?

Helmut Küchenhoff, Gerd Antes, Ursula Berger, Annika Hoyer, Ralph Brinks, Göran Kauermann

2. Die Delta Variante: Analysen zu Daten aus Großbritannien und Deutschland

Maximilian Weigert, Diellë Syliqi, Yeganeh Khazaei, Helmut Küchenhoff

3. Vergleich der Sterberaten verschiedener europäischer Länder

Antonia Bartz, Ursula Berger, Giacomo De Nicola, Göran Kauermann

4. Hochschulen: Simulationen zur Öffnung

Marc Schneble, Ralph Brinks, Göran Kauermann

Vorherige CODAG Berichte und weitere Forschungsarbeiten sind auf der CODAG Homepage zu finden

<https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html>

1. Daten und Informationen zur Pandemiesteuerung

Helmut Küchenhoff, Gerd Antes, Ursula Berger, Annika Hoyer, Ralph Brinks und Göran Kauermann

Informationen und Daten sind eine wichtige Grundlage zur Einschätzung und Steuerung einer Pandemie. In unseren früheren Berichten haben wir an verschiedenen Stellen auf Probleme mit den vorhandenen Daten und deren Verwendung zur Pandemie-Steuerung hingewiesen. Hier ist zunächst die Meldeinzidenz zu nennen, die eine zentrale Grundlage von Entscheidungsprozessen in der Pandemie war. In den CODAG-Berichten Nummer 11¹ und Nummer 13² haben wir ausführlich gezeigt, dass die Meldeinzidenz als Maßzahl und einziges Steuerungsinstrument ungeeignet ist. Wir wollen die Diskussion an dieser Stelle konstruktiv fortsetzen und aufzeigen, welche Daten – und in welcher Qualität – aus Sicht der Epidemiologie und der Statistik notwendig sind, um eine effiziente Pandemiekontrolle sowohl im kommenden Herbst, aber auch in zukünftigen Jahren und Pandemien durchführen zu können.

Eine zentrale Anlaufstelle für Daten und Informationen zur Pandemie in Deutschland ist das Robert Koch-Institut (RKI) mit ausführlichen täglichen Berichten und mit dem viel beachteten Dashboard. Weiter gibt es die Möglichkeit, Datensätze von den Webseiten³ des RKI direkt herunterzuladen. Darüber hinaus stellt das RKI gemeinsam mit der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Notfall- und Intensivmedizin (DIVI) täglich Daten zur Belegung von Betten mit COVID-19 Patienten auf Intensivstationen zur Verfügung⁴. Die Bereitstellung dieser Daten ist wesentlich und diese Daten waren für zahlreiche unserer statistischen Analysen eine wichtige Grundlage. Für Bayern wurden uns vom Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit weitere Daten zur Verfügung gestellt.⁵

Trotz der aufgelisteten Daten und Informationen fehlen aus unserer Sicht wesentliche Informationen, die zu einem besseren Pandemie-Management führen würden. Im Folgenden machen wir konkrete Vorschläge zur Verbesserung. Wir orientieren uns hierbei an dem Vorgehen in Großbritannien. Hier wurden von der Royal Statistical Society Forderungen für einen Umgang mit Daten in der Pandemie aus Sicht der Statistik aufgestellt⁶. Auch die Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Statistik (DAGStat) hat sich in einem Papier⁷ ausführlich mit der Rolle der Statistik beschäftigt. Wir wollen hier einige zentrale Punkte zur Verbesserung der Daten- und Erkenntnislage zusammenstellen.

¹ siehe https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_11.pdf

² siehe https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_13.pdf

³ www.rki.de

⁴ www.divi.de / <https://www.intensivregister.de>

⁵ www.lgl.bayern.de/gesundheits/infektionsschutz/infektionskrankheiten_a_z/coronavirus/karte_coronavirus

⁶ <https://rss.org.uk/RSS/media/File-library/Policy/2021/RSS-Stats-Data-and-Covid-FINAL-embargoed-09-03-21.pdf>

⁷ https://www.dagstat.de/fileadmin/dagstat/documents/DAGStat_Covid_Stellungnahme.pdf

A. Regelmäßige repräsentative Stichprobe zum aktuellen Infektionsgeschehen nach Vorbild aus Großbritannien

Um den Verlauf der Pandemie besser zu verstehen, sind Erhebungen auf der Basis von Zufallsstichproben von zentraler Bedeutung. Verschiedene Analysen haben gezeigt, dass die Anzahl der gemeldeten Fälle durch die Problematik der Dunkelziffer, also die Zahl der nicht entdeckten Infektionen, stark in ihrer Aussagekraft beeinträchtigt sind. Repräsentative Studien z.B. in München⁸ und in Tirschenreuth⁹ haben gezeigt, dass die Dunkelziffer erheblich ist und auch über die Zeit und in unterschiedlichen Altersgruppen variiert. Neben der Erhebung des aktuellen Infektionsstatus mit Hilfe eines PCR-Tests könnten auch Tests auf Antikörper durchgeführt werden. Zusätzlich sollten neben Alter (in Jahren), Geschlecht und Wohnort auch Fragen zur aktuellen (Berufs-)Tätigkeit gestellt werden. Aktuelle Auswertungen sollten zeitnah zur Verfügung gestellt werden (siehe dazu die Berichte aus Großbritannien¹⁰). In den Studien in München und Tirschenreuth war die Bereitschaft zur Beteiligung im Vergleich zu anderen Studien sehr hoch. In Deutschland gibt es bereits große repräsentative Kohorten, siehe z.B. die NAKO-Gesundheitsstudie¹¹ und das Sozio-oekonomische Panel¹². Diese Kohorten sollten zielgerichtet und unter Einbeziehung der für einzelne Fragestellungen verantwortliche Institutionen systematisch genutzt werden. Nach dem Vorbild der REACT Studie¹³ in Großbritannien sollte daher eine repräsentative Stichprobe im monatlichen Rhythmus gezogen werden. Anders als in den oben angesprochenen deutschen Studien, die mit erheblichem Aufwand eher auf lokaler Ebene durchgeführt wurden, zielt die britische Studie auf die gesamte Bevölkerung ab. Jeden Monat werden dazu 150.000 Personen per Stichprobe gezogen und um Mitwirkung gebeten. Den teilnehmenden Bürgerinnen und Bürgern wird ein Nasen- und Rachenabstrich-Set zugeschickt, das nach Benutzung an Labore zur weiteren Analyse gesandt wird. Die Ergebnisse stehen zeitnah bereits nach wenigen Tagen fest und lassen den aktuellen Infektionsstatus in der Bevölkerung abschätzen. Anders als die Meldeinzidenzen ("7-Tage Inzidenzen"), die stark vom Testgeschehen in der Bevölkerung abhängen, sind die Daten einer repräsentative Stichprobe deutlich weniger von der Dunkelziffer beeinträchtigt. Die statistische Ungenauigkeit kann mit bekannten Verfahren der Stichprobentheorie gut quantifiziert werden. Der erhebliche Aufwand für solch eine repräsentative und regelmäßige Stichprobe ist aus unserer Sicht angesichts der hohen Kosten einer Pandemie auf jeden Fall

⁸ Radon et al. From first to second wave: follow-up of the prospective Covid-19 cohort (KoCo19) in Munich (Germany). <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.04.27.21256133v1>.

⁹ Wagner et al. (2021) Estimates and determinants of SARS-CoV-2 seroprevalence and infection fatality ratio using latent class analysis: the population-based Tirschenreuth study in the hardest-hit German county in spring 2020. *Viruses*, 13(6), 1118; <https://doi.org/10.3390/v13061118>

¹⁰ COVID-19 Infection Survey

<https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/healthandsocialcare/conditionsanddiseases/bulletins/coronaviruscovid19infectionsurveys/pilot/25june2021>

¹¹ <https://nako.de/>

¹² https://www.diw.de/de/diw_01.c.678568.de/forschungsdatenzentrum_soep.html

¹³ siehe <https://www.imperial.ac.uk/medicine/research-and-impact/groups/react-study/>

zu rechtfertigen. Zu weiteren Vorschlägen zu Stichprobenerhebungen, siehe Schnell und Smid (2020)¹⁴.

B. Systematische Erhebung zur Hospitalisierung

Die negativen gesundheitlichen Auswirkungen einer Pandemie lassen sich am besten durch Morbidität und Mortalität charakterisieren. Das bedeutet, dass neben den Sterbezahlen die Anzahl der Personen, die im Krankenhaus behandelt werden müssen, von zentraler Bedeutung sind. Weiter ist die Abwendung einer Überlastung des Gesundheitssystems ein wichtiges Ziel im Umgang mit einer Pandemie. Daher haben wir uns in früheren Berichten immer wieder für die Verwendung Daten der Neuaufnahmen in Krankenhäuser bzw. Intensivstationen ausgesprochen. Aktuell verwenden wir Daten, die von der Deutschen interdisziplinären Vereinigung für Notfallmedizin (DIVI) und dem RKI zur Verfügung gestellt werden. Diese Daten haben keinen klaren regionalen Bezug und darüber hinaus sind Doppelzählungen durch Verlegungen ein nicht unerhebliches Problem.

Notwendig wäre hier eine systematische Erfassung hospitalisierter Patient*innen, für welche a) Aufnahme- und Entlassdatum dokumentiert werden, b) der Aufnahmegrund spezifiziert wird (asymptomatische versus symptomatische Sars-CoV-2 Infektion), und c) primär die intensivmedizinische Neuaufnahme direkt namentlich erfasst und im Rahmen von §6 IfSG unverzüglich dem Gesundheitsamt gemeldet wird. Auf diesem Weg können Mehrfachzählungen ausgeschlossen werden. Zudem bietet dieses Verfahren den Vorteil, die Werte eindeutig auf den Herkunftsort des Patienten, auf Labormeldungen und auf dessen individuelle Risikofaktoren beziehen zu können. Die aktuellen Meldungen der DIVI und des RKI sind wegen der Problematik der Verlegungen insbesondere bei Intensiv-Patient*innen teilweise unzuverlässig. Überlegungen zur möglichen konkreten Nutzung und weiteren Details siehe CODAG-Bericht Nr. 13¹⁵.

C. Verbesserungen bei der Datenqualität zur Inzidenzmessung und Todeszahlen beim RKI

Wie oben schon angesprochen ist die Datenbereitstellung durch das RKI sehr zu loben. Aus unserer Sicht fehlen allerdings entscheidende Angaben. Hier ist zunächst das Todesdatum von tödlichen Verläufen der Krankheit zu nennen. Da Todesfälle durch COVID-19 weitaus weniger von einer zeitlich und regional variierenden Dunkelziffer betroffen sind als reine Inzidenzen und die Pandemielast abbilden, sind sie für die Beschreibung des Pandemieverlaufs besonders wichtig. Das RKI veröffentlicht Sterbedaten erst seit dem Frühjahr 2021, also erst ein Jahr nach Beginn der Pandemie und nach der 2. Welle mit vielen Todesfällen. Allerdings lassen sich nun mit diesen Daten retrospektive Analysen durchführen, wie beispielsweise in Abschnitt 3 in diesem Bericht.

Sowohl die Meldeinzidenzen wie auch die Todesfälle sollten nach Altersgruppen differenziert betrachtet werden, wie wir bereits in unseren Berichten diskutiert haben. Eine feinere

¹⁴ Schnell, R., & Smid, M. (2020). Methodological Problems and Solutions in Sampling for Epidemiological COVID-19 Research. *Survey Research Methods*, 14(2), 123-129. <https://doi.org/10.18148/srm/2020.v14i2.7749>

¹⁵ siehe https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_13.pdf

Altersgruppeneinteilung als die derzeit verfügbare wäre essentiell, um Analysen besser an die entsprechende Fragestellung anzupassen und so besser Rückschlüsse etwa für sinnvolle Maßnahmen zu erlauben. Problematisch sind vor allem Alterskategorien, die Personen mit grundverschiedenen Lebensphasen zusammenfassen, wie Schüler, Studierende, Erwerbstätige und junge Familien (Altersgruppe 15-34J).

Wesentlich wäre aus unserer Sicht auch, dass für durchgeführte PCR-Tests Angaben zum Hintergrund des Tests erhoben werden. Es macht einen wichtigen Unterschied, ob der Test aufgrund von gegebener Symptomatik, aufgrund eines positiven vorherigen Schnell- bzw. Selbsttests durchgeführt worden ist, nach der Rückkehr von einer Auslandsreise oder einfach nur als so genannter Jedermannstest, die in Bayern kostenfrei zur Verfügung standen. Diese Angaben würden es erlauben, das tatsächliche Infektionsgeschehen aus den Meldedaten genauer abzuschätzen und für zeitliche oder regionale Unterschiede in der Teststrategie besser zu korrigieren. Diese Angabe ist auch entscheidend, um zum Beispiel den Effekt von Schnelltest-Kampagnen in Bezug auf das gesamte Infektionsgeschehen zu bewerten.

Aktuell zeigt sich auch, dass anders als in anderen Ländern, eine umfangreiche Analyse zur Kategorisierung der Varianten (Mutationen) fehlt. Eine exakte Zuordnung von Tests zu einzelnen Varianten könnte eine genaue und aktuelle räumliche Ausbreitung darstellen.

D. Wissenschaftliche Begleitung von Interventionen und Studien zur Wirkung von Maßnahmen

Wenn wir es mit einem neuen Erreger oder dessen Mutation und den daraus resultierenden Erkrankungen zu tun haben, ist ein Gebot der Wissenschaftlichkeit, so schnell wie möglich so viel wie möglich darüber zu lernen. Je eher wir erfahren, über welche Wege und Mechanismen sich der Erreger am wahrscheinlichsten ausbreitet und in welchen Zeiträumen sowie Phasen Betroffene ansteckend sind, desto schneller und zielgerichteter können wir handeln, um die Ausbreitung zu verlangsamen. Die getroffenen Maßnahmen sollten einer sorgfältigen Kosten-Nutzen-Analyse, inklusive der Eintrittswahrscheinlichkeiten, unterzogen werden und diese transparent kommuniziert werden. Eine Maßnahme mit einer geringen Wahrscheinlichkeit, dass sich der avisierte Nutzen einstellt, ist sorgfältig gegen einen Schaden abzuwägen, der sich mit hoher Wahrscheinlichkeit einstellt. Instrumente für eine sachliche Gegenüberstellung findet man in der Disziplin der Gesundheitsökonomie und angrenzenden Wissenschaftsgebieten. Das methodische Instrumentarium ist disziplinübergreifend seit etlichen Jahren im Rahmen der Technikfolgenabschätzung entwickelt worden. Speziell für den Bereich der Interventionen im Gesundheitswesen steht dafür unter dem Obertitel Health Technology Assessment (HTA) ein breit aufgestelltes Portfolio an Methoden zur Verfügung. Dazu gehören die Verfahren zur Evaluation komplexer Interventionen, die eine Abwägung der drei Dimensionen Nutzen - Schaden/Risiko - Kosten erlauben.

Eine wesentliche Forderung ist überdies, dass neu eingeführte Maßnahmen wissenschaftlich begleitet und hinsichtlich ihres Nutzen und ihrer Wirksamkeit sowie ihrer Kosten und Risiken evaluiert werden. Dies geschah zum Beispiel in Österreich bei

Wiederaufnahme des Präsenzunterrichts an Schulen mit Selbsttests¹⁶. Nur so ist es möglich, evidenzbasierte Entscheidungen abzuleiten.

Durch den Mangel an Surveillance-Instrumenten in hoch-frequentierten und relevanten Bereichen des Alltags, wie etwa Schulen und Arbeitsstätten, wurde die frühe und zielgerichtete Reaktion auf den neuen Erreger verzögert. Diese Daten sollten um die lokalen Daten der Sozialfürsorge, z.B. Alten- und Pflegeheime, ergänzt werden. Die Sozialfürsorge wird in Deutschland von einer Vielzahl von Organisationen betrieben, so dass Datenschutzkonzepte entwickelt und umgesetzt werden müssen, um die Daten einer Verwertung im Rahmen der Pandemiebekämpfung nutzbar zu machen. Die im Rahmen eines wirksamen Surveillance-Programms gesammelten Daten sollten einem statistischen Analysewerkzeug zugeführt werden, dessen Ergebnisse eine Schlüsselrolle bei der Entscheidung für die Regierung und zur Information der Bevölkerung spielen sollte.

Darüber hinaus ist es auch sinnvoll, für spezielle Maßnahmen (insbesondere für Lockerungen von Maßnahmen) gezielt Studien wissenschaftlich zu planen und durchzuführen, um daraus evidenzbasierte Handlungsempfehlungen abzuleiten. Dies geschah etwa im Rahmen des Forschungsprojekts RESTART-19¹⁷, in dem das von Hallenveranstaltungen ausgehende COVID-19-Infektionsrisiko unter unterschiedlichen Bedingungen untersucht wurde.

Oftmals ist es nicht möglich, gezielt Studien zur Abschätzung der Effekte von Maßnahmen durchzuführen. Etwa ist eine kontrollierte Studie, bei der neben einer Gruppe, die bestimmten Maßnahmen oder Interventionen unterliegt (Interventionsgruppe), eine passende Kontrollgruppe gebildet wird, bei bevölkerungsbezogenen Maßnahmen selten durchführbar. Manchmal können aber natürlich entstandene Situationen genutzt werden, sogenannte "natürliche Experimente", die einer Studiensituation nahe kommen und mit gut durchdachten statistischen Analysemethoden ähnlich valide Ergebnisse wie unter kontrollierten Studienbedingungen erlangt werden. Ein solches natürliches Experiment haben wir in CODAG-Bericht Nr. 14¹⁸ genutzt, um die Wirkung von verpflichtenden Schnelltests an Schulen auf die Meldeinzidenzen und die Dunkelziffer zu untersuchen. Ein weiteres natürliches Experiment, das unter wissenschaftlicher Begleitung wertvolle Einsichten hätte liefern können, war der großflächige Ausfall der Fernwärme-Heizung in einem Stadtteil der thüringischen Stadt Jena im Februar 2021, wo unter klirrender Kälte notgedrungen die Kontaktbeschränkungen aufgehoben wurden.

E. Erschließung und Analyse von Routinedaten und institutionsübergreifende Vernetzung von Datenpools

Die in den obigen Abschnitten vorgeschlagenen Verbesserungen setzen sich strukturell zusammen aus der Datengenerierung durch speziell angelegte und durchgeführte Studien einerseits und der systematischen Verarbeitung von Meldedaten und anderen in Prävention, Diagnose und Behandlung erzeugten Daten. Letztere werden als Routinedaten bezeichnet und bieten für die öffentliche Gesundheit (Public Health) wie auch für die

¹⁶ <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/Forschung/Aktuelles/BeAntiGenT.html>

¹⁷ <https://restart19.de/>

¹⁸ https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_14.pdf

Gesundheitsversorgung ein Wissen, dessen Nutzung bei weitem nicht ausgeschöpft ist und deswegen ein enormes Verbesserungspotential hat. Die Erkenntnisse daraus sind nicht nur für den Gesundheitsbereich wichtig, sondern auch unverzichtbar für die Politikberatung bei Entscheidungen zur Eindämmung der Pandemie.

Neben den naheliegenden Vorschlägen wie die vollständige Erfassung der Hospitalisierungsdaten von Covid-Patienten sind andere Quellen noch weitgehend ungenutzt. Einmal sind hier die Abrechnungsdaten der Krankenversicherungen, die in die Analyse des Pandemiegeschehens einbezogen werden sollten. Hier muss vor allem die Entwicklung von geeigneten Datenschutzkonzepten eine hohe Priorität haben, da für manche Fragestellungen sensible Fragen der Anonymisierung berührt werden.

Ein weiterer sehr relevanter Datenpool ist die Erfassung von Krankenstand durch Covid und der SARS-CoV-2 - Infektionen im Arbeitsbereich. Dies ist ein extrem sensibler Bereich, in dem Arbeitgeber und der Einblick in die persönlichen Gesundheitsdaten strikt getrennt sind durch gesetzliche und praktische Vorgaben. Auch hier sollte jedoch eine Analyse dieser Strukturen erfolgen, um u. a. Erkenntnisse zum Infektionsgeschehen zu gewinnen. Für die als Hypothesen seit längerem kursierenden Vermutungen "Infektion am Arbeitsplatz und Weitergabe im privaten Bereich" könnten hier bzgl. der oben diskutierten Risikofaktoren in hohem Maße relevante Daten geliefert werden. Hinzu kämen Erkenntnisse bzgl. des Sozialstatus von Arbeitnehmern und den damit verbundenen Lebensbedingungen, die wiederum großen Einfluss auf das Infektionsgeschehen haben. An dieser Stelle sei noch einmal ausdrücklich betont, dass dies kein Appell zum Abbau von Datenschutz ist, sondern eine genaue Analyse fordert, was unter den Bestimmungen möglich ist.

Noch weiter geht ein Vorschlag des wissenschaftlichen Instituts der AOK (WIdO), das in der Publikation "Kassendaten bringen Klarheit - Zahlenbasis zur Bewältigung der Corona-Pandemie" nicht nur die systematische Nutzung der Kassendaten vorschlägt, sondern darüber hinaus die zielgerichtete Verknüpfung von Datenpools beim Paul-Ehrlich-Institut (PEI) und dem RKI vorschlägt. Diese Anregungen sollten intensiv verfolgt werden, um damit z. B. das Impfgeschehen mit Covid-Behandlungen verbinden und analysieren zu können.

Ein noch weitergehender Vorschlag wäre ein gemeinsamer Blick auf Krankenkassendaten und die Daten der Rentenversicherung. Hier stoßen Gesundheitsversorgung und Reha-Bereich zusammen, mit einer gegenwärtig kaum abschätzbaren Relevanz für chronische Langzeitschäden (Long-Covid oder Post-Covid), Arbeitsunfähigkeit oder Frühverrentung.

Ziel dieser in die Zukunft weisenden Überlegungen sind die bessere Daten- und Wissensgrundlage, die unbedingt nötig ist für die Bewältigung dieser Pandemie und für die bessere Vorbereitung auf die mögliche nächste. Aus wissenschaftlicher und speziell statistischer Sicht ist die Quantifizierung der Beschreibungen und Bewertungen von höchster Priorität. Aussagen wie ". . . zunehmende Anzahl schwerer Verläufe . . ." sollten so schnell wie möglich präzisiert werden durch quantitative Angaben zur Prävalenz, zu Änderungen und durch Einordnung durch Vergleiche mit ähnlichen Krankheiten. Genau dafür sind die in diesem Abschnitt diskutierten Datenstrukturen von größtem Nutzen.

F. Einsetzen von interdisziplinären wissenschaftlichen Gremien zur transparenten Politikberatung

Bei der wissenschaftlichen Beratung der Bundesregierung waren die Strukturen während der Pandemie häufig unklar. Viele öffentliche Äußerungen von Wissenschaftler*innen aus zum Teil fachfremden Disziplinen, die nicht selten sehr kontrovers waren, ergaben kein klares Bild. Es gab eine erhebliche Unsicherheit bezüglich Prognosen, Wirkungen von Maßnahmen und den Auswirkungen der Pandemie. Weiter wurden Diskussionen teilweise auch in der Wissenschaft in fast ideologischer Weise geführt.

Daher wäre aus unserer Sicht sinnvoll, ein interdisziplinäres Beratergremium für die Regierung bzw. Beratergremien für die Landesregierungen zu berufen. Dieses sollte interdisziplinär besetzt sein und hierbei sollte die Epidemiologie, Statistik und der Bereich Public Health prominent vertreten sein. Für spezifische Fragen sollten zudem Experten aus den jeweiligen Fachbereichen eingeschlossen werden, wie es zum Beispiel bei der Erarbeitung der Leitlinie "Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2-Übertragung in Schulen"¹⁹ geschah. Im Fall einer Pandemie wäre es aber sinnvoll, ein dauerhaftes Beratungsgremium unter Einbeziehung aller relevanten Fachdisziplinen einzuberufen. Ein solches Gremium gibt es z.B. in der Schweiz, die "Swiss National COVID-19 Science Task Force"²⁰

¹⁹ <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/027-076.html>

²⁰ <https://scienctaskforce.ch/>

