

MODUS-COVID Bericht vom 24.09.2021

Sebastian Alexander Müller¹, William Charlton¹, Natasa Djurdjevac Conrad², Ricardo Ewert¹, Sydney Paltra¹, Christian Rakow¹, Hanna Wulkow², Tim Conrad², Christof Schütte², Kai Nagel¹

¹Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik ("VSP"), TU Berlin

nagel@vsp.tu-berlin.de

²Zuse-Inst. Berlin ("ZIB")

Available via TU Berlin repository: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-12427>

Date of this version: 24-september-2021

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Website: <https://covid-sim.info>

Bericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) vom 24.09.2021:

Zusammenfassung

Für diesen Bericht haben wir uns auf das Geschehen in der Region Köln fokussiert; anhand der Ergebnisse können wir bestätigen, dass unser Modell bzw. die daraus resultierenden Ergebnisse nicht nur für Berlin anwendbar sind, sondern sich auch auf andere Metropolregionen übertragen lassen.

Die derzeitige Situation ist konsistent mit einer generell unterkritischen Situation ($R\text{-Wert} < 1$), verbunden mit einem recht hohen Inzidenz-Import durch Reiserückkehrer bis zum Ende der Schulferien, gefolgt von dadurch verursachten erhöhten Inzidenzen in den Schulen, die aber insbesondere in Köln inzwischen wieder abgesenkt werden konnten. Daraus ergibt sich auch eine Abschätzung, welche Maßnahmen an Schulen ausreichend wirksam sind.

Unser Modell ergibt weiterhin eine überkritische Situation ($R\text{-Wert} > 1$) für den Herbst oder Winter, sobald der größte Teil der Freizeitaktivitäten wieder in Innenräumen stattfindet. Die Dynamik dieser Entwicklung hängt im Modell an eher kleinen Veränderungen; eine Überlastung der Krankenhäuser ist laut Modell möglich, aber nicht zwingend. Wir empfehlen entsprechend, die Melde- und Krankenhausinzidenzen entsprechend zu beobachten.

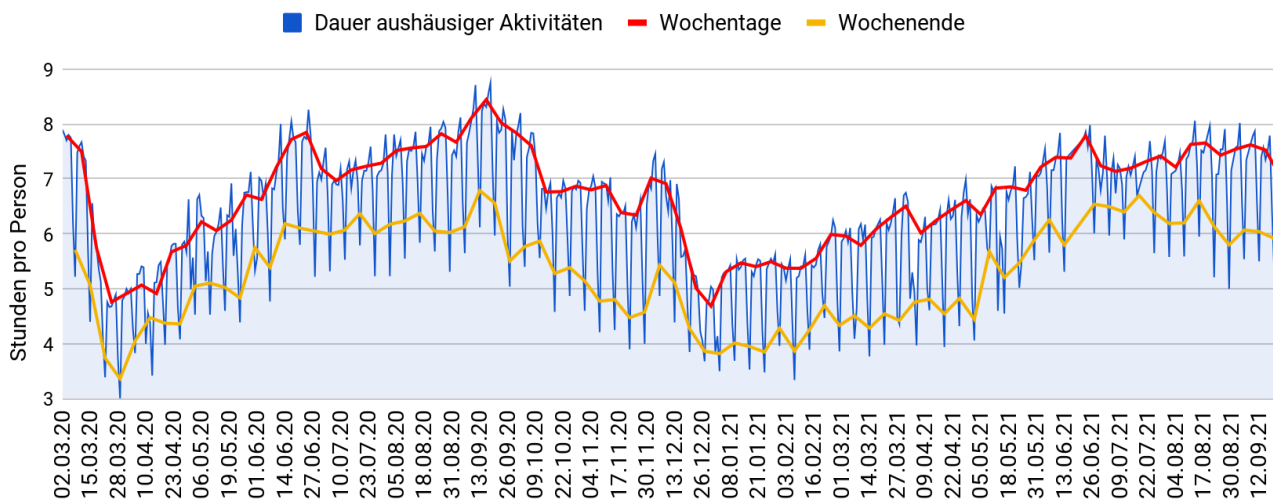
Falls die Entwicklung auf eine Überlastung der Krankenhäuser hinauslaufen sollte, wären laut unserem Modell sehr deutliche Maßnahmen nötig, um den $R\text{-Wert}$ dann wieder unter 1 zu drücken. Laut unserem Modell könnte dies durch ein erneutes Hochfahren der Schnellteststrategie erreicht werden, wobei hier (1) insbesondere auf die Freizeitaktivitäten in Innenräumen gezielt werden müsste, und (2) unbedingt die Geimpften/Genesenen in die Teststrategie einbezogen werden müssten, da diese zwar selten schwere Verläufe entwickeln, an der Übertragung aber beteiligt sind.

Vorbemerkung

Für diesen Bericht haben wir uns auf das Geschehen im Großraum Köln fokussiert. Unsere Analysen und Simulationsresultate sind dabei im Austausch mit dem Gesundheitsamt Köln entstanden. Anhand der Ergebnisse können wir bestätigen, dass unser Modell bzw. die daraus resultierenden Ergebnisse nicht nur für Berlin anwendbar sind, sondern sich auch auf andere Metropolregionen übertragen lassen.

Mobilitätsdaten

Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Berlin



Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Köln

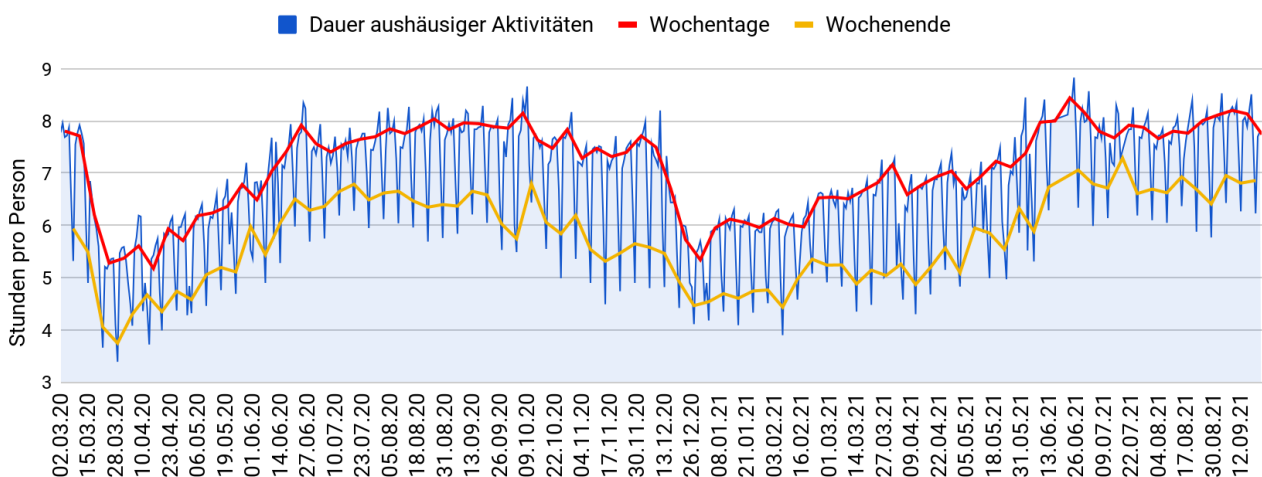


Abbildung 1: Im Mittel aushäusig verbrachte Zeit pro Person in Berlin (oben) und Köln (unten); ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Rot: Mittelwerte über die Wochentage der jeweiligen Woche. Gelb: Mittelwerte über die Wochenend- und Feiertage (einschl. Samstag) der jeweiligen Woche. Eigene Darstellung; Datenquelle: Senozon (2020a).

In den beiden oberen Abbildungen ist die Entwicklung der aushäusigen Aktivitätendauern für Berlin und Köln gezeigt. Man erkennt sehr ähnliche Entwicklungen. Es gibt aber auch Unterschiede; z.B. war das Aktivitätsniveau in Berlin im Vergleich zu Köln von Oktober 2020 bis

Anfang Juni 2021 stärker abgesenkt. Das derzeitige Sommerniveau der Aktivitäten ist in beiden Städten ähnlich, und vergleichbar mit dem Niveau des letzten Sommers.

Derzeitige Situation aus der Sicht unserer Modelle

Unser Modell vom Juli hatte einen langgezogenen Herbstanstieg von Mitte August bis Ende des Jahres vorhergesagt. In der Realität fand der Anstieg der Inzidenzen sowohl in Berlin als auch in Köln allerdings bereits seit Ende Juni statt. Seit etwa Mitte August ist kein weiterer Anstieg zu beobachten.

Für diesen Verlauf haben wir noch kein vollständig passendes Modell. Es scheint aber plausibel, dass die Ursache dafür bei den Reiserückkehrern liegt, die die Infektionsdynamik während der Sommermonate signifikant beeinflusst haben:

1. Eine Auswertung des RKI für den Sommer 2020 (Frank, Hellenbrand, and Sievers 2021) besagt, dass bis zu 50% der gemeldeten Infektionen im Ausland stattgefunden haben. Dieselbe Auswertung zeigt auf, dass das Maximum der hierdurch verursachten Inzidenzen üblicherweise wenige Tage nach dem Ende der Schulsommerferien liegt. Eine Auswertung aus Baden-Württemberg¹ zeigt, dass es in diesem Sommer ähnlich sein dürfte. **Es ist also plausibel, davon auszugehen, dass gegen Ende der Schulsommerferien bis zu 50% der Meldeinzidenz durch Reiserückkehrer entstanden ist.**
2. Reiserückkehrer werden bekanntlich verstärkt getestet. Deshalb ist zu vermuten, dass hier Fälle erkannt werden, die anders nicht gefunden worden wären und ebenfalls zu höheren Fallzahlen führen.²

Es ist nicht klar, wie diese beiden Effekte zusammenwirken. Im letzten Jahr war eine passende Modellannahme, nur 50% der als Auslandsexposition gemeldeten Fälle als *zusätzliche* Infektionen im Modell zu berücksichtigen. Eine Begründung dafür ist, dass die anderen 50% Infektionen auch am Heimatort stattgefunden hätten, und daher nicht zusätzlich infektionstreibend gewirkt haben.

In diesem Sommer müssen wir einen höheren Anteil der als Auslandsexposition gemeldeten Fälle als zusätzliche Infektionen im Modell berücksichtigen. Eine mögliche Begründung ist, dass bei der Teststrategie im Sommer 2020 ein deutlich höherer Anteil der importierten Infektionen erkannt wurden als im Sommer 2021.³ **Wenn man diese Auslandsexposition im Modell berücksichtigt, dann zeigt auch das Modell einen Wiederanstieg der Inzidenzen ab Anfang Juli,** korrespondierend mit den letzten vier Wochen der Schulsommerferien in Berlin/Köln (in Berlin bis 8. August, in Nordrhein-Westfalen bis 17. August).

Mit dem Schulanfang stiegen sowohl in Berlin als auch in Köln zunächst die Inzidenzen in den Schuljahrgängen an. In Köln gingen sie anschließend relativ schnell zurück (Abbildung 2 unten); in Berlin bleiben sie seitdem eher auf einem nahezu konstanten Niveau (Abbildung 2 oben). Daraus kann man schließen, dass (1) die flächendeckende Schultestung Ansteckungen aus der Ferienzeit identifiziert, und dass (2) die Maßnahmen in Köln offenbar stark genug wirken, um das Infektionsniveau in den Schuljahrgängen abzusenken, während in Berlin nur ein Anstieg vermieden wurde bzw. wird.

¹ <https://www.baden-wuerttemberg.de/Coronainfos> Lagebericht

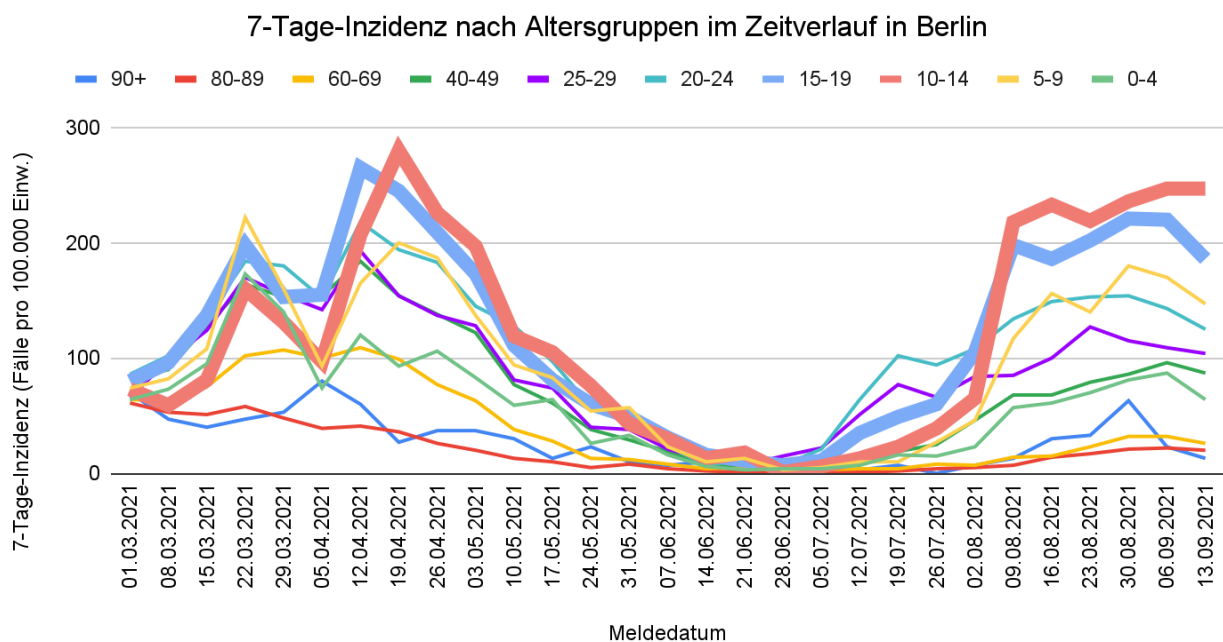
² Reisende mit Flugzeug, Bahn oder Bus können die Heimreise mit positivem Test nicht antreten, müssen also im Urlaubsland bleiben. Reisende mit dem Auto können die Heimreise auch mit positivem Test antreten.

³ Der Schnelltest schlägt erst mehrere Tage nach der Infektion an. Weiterhin kann der Test in den meisten Fällen bis zu 48 Stunden vor der Reise gemacht werden. Als Resultat werden Infektionen in der letzten Woche der Reise durch die Teststrategie tendenziell übersehen. Weiterhin wurden im Sommer 2020 PCR-Tests verwendet, die aufgrund ihrer höheren Sensitivität mehr Fälle entdecken. Auch werden Geimpfte 2021 bei Rückkehr gar nicht getestet, obwohl sie bei der Delta-Variante sehr wohl Übertragende sein können.

Im Vergleich dazu sagt unser Modell vom Sommer 2021⁴ einen Anstieg der Inzidenzen ab September vorher, anders als wir dies in der Realität sehen. Erklären können wir dies im Modell, indem wir **für den Herbst 2021 eine geringere Reaktion auf kühle Temperaturen annehmen als im Herbst 2020**. Dafür haben wir zur Zeit noch keine belastbaren Daten. Wir können in den vorhandenen Daten allerdings erkennen, dass die aushäusigen Aktivitäten nach 22 Uhr gegenüber dem Herbst 2020 auf einem niedrigeren Niveau liegen (Abbildung 3). Dies wäre - verglichen mit dem Herbst 2020 - gleichbedeutend mit einer Verlagerung der Aktivitäten vom Abend in die Tagesmitte, wo bei höheren Temperaturen die Aktivitäten noch draußen stattfinden können.

Somit gehen wir schlussendlich davon aus, dass das **derzeitige Plateau der Inzidenzen eine Konsequenz der o.g. Effekte ist, und der Herbstanstieg noch folgen wird**. Eine genaue Vorhersage dieses Herbstanstiegs ist uns wegen der Komplexität der Situation zur Zeit leider nicht möglich: Zum einen haben die in den letzten Absätzen beschriebene externen Effekte einen erheblichen Einfluss auf die Dynamik. Zum anderen sind Parameter - wie z.B. die Wirkung der Impfungen auf symptomfreie Übertragungen - kaum aus den vorhandenen Daten mit genügender Genauigkeit ableitbar. Diese haben aber erhebliche Konsequenzen für den weiteren Verlauf der Infektionsdynamik.

Wir bleiben daher bei unseren Empfehlungen aus dem letzten Bericht (Müller et al. 2021a): **Meldeinzidenzen, Krankenhausinzidenzen und -belegungen müssen sehr gut beobachtet werden, um bei Annäherung an eine kritische Situation entsprechend schnell reagieren zu können**. Um mögliche Interventionen einordnen zu können, konzentriert sich auch dieser Bericht wieder auf unterschiedliche Wirkungen von Maßnahmen.



⁴ <https://covid-sim.info/2021-07-13/schools?testingRateRapidTest=40%25&masks=yes>

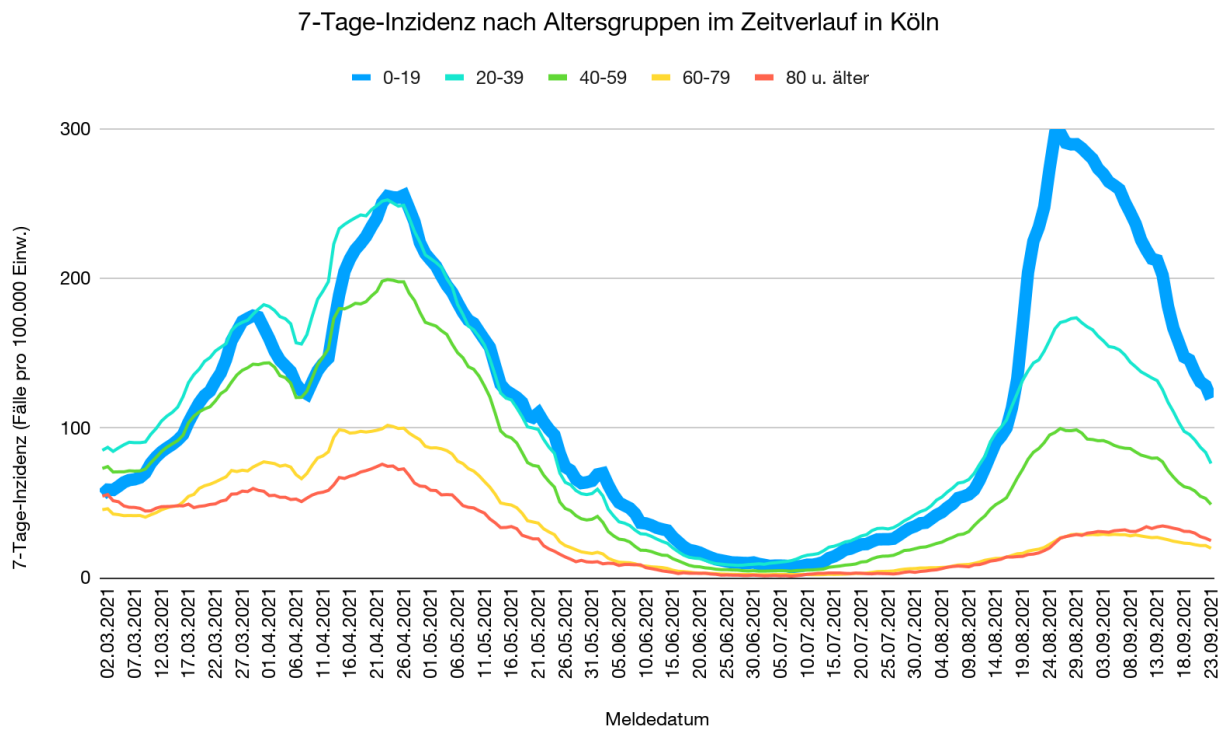


Abbildung 2: Entwicklung der 7-Tage-Inzidenz nach Altersgruppen in Berlin (oben; nur ausgewählte Altersgruppen) und Köln (unten). Man beachte insbesondere die Schulaltersgruppen (dicke Linien) nach den Schulsommerferien im Vergleich zu den anderen Altersgruppen. Datenquelle: <https://data.lageso.de/lageso/corona/corona.html#altersgruppen> (oben), <https://www.mags.nrw/coronavirus-fallzahlen-nrw> (unten); eigene graphische Darstellung.

Anzahl der aushäusigen Aktivitäten in Deutschland, die zwischen 22 Uhr und 5 Uhr begonnen werden, pro 1000 Einwohner

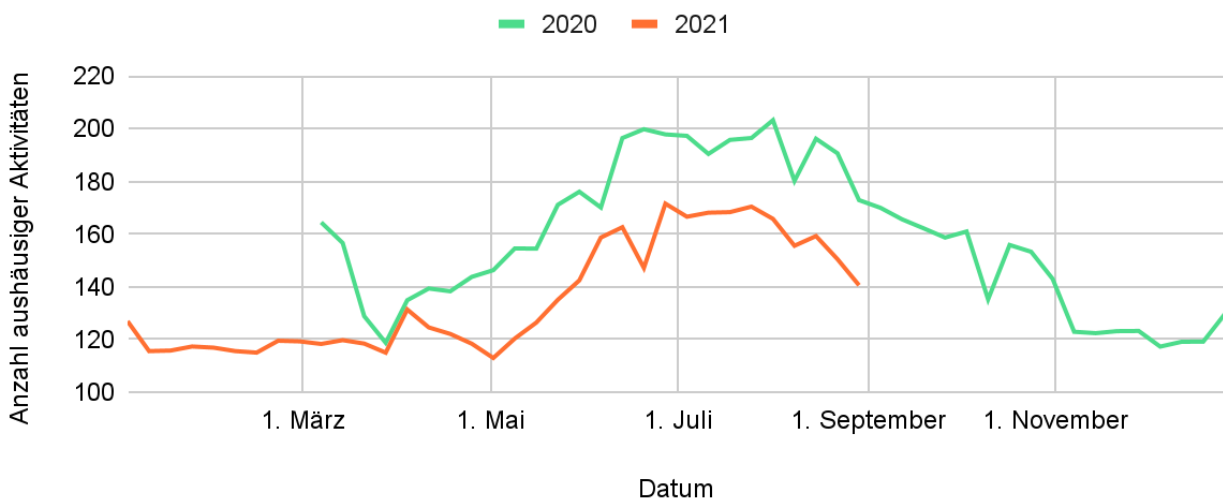


Abbildung 3: Anzahl der aushäusigen Aktivitäten in Deutschland, die zwischen 22 Uhr und 5 Uhr begonnen werden, pro 1000 Einwohner. Das Niveau ist 2021 gegenüber dem Vorjahr deutlich reduziert.

Maßnahmen in Köln

Wir haben, in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt Köln, die Metropolregion Köln als Untersuchungsgebiet hinzugenommen, und berichten im Folgenden mit unserem entsprechend angepassten Modell verschiedene simulierte Maßnahmenwirkungen für dieses Gebiet.

Wir haben folgende Maßnahmen gerechnet:

- A. Schnelltests vor 5% oder 40% der Arbeitsaktivitäten. Bei einer 5-Tage-Woche entspricht letzteres 2 Tests/Woche.
- B. Schnelltests vor 5% oder 40% der Freizeitaktivitäten.
- C. Geimpfte/Genesene in obige Tests einbeziehen oder nicht.
- D. 2G oder nicht – wir modellieren 2G, indem zu 50% der Freizeitveranstaltungen nur Geimpfte und Genesene zugelassen sind; Personen, die die Kriterien nicht erfüllen, lassen die Veranstaltung ersatzlos ausfallen.
- E. Zusätzlicher Ruhetag – wir modellieren dies, indem wir Montage wie Sonntage behandeln, also Schulen und Einzelhandel geschlossen, deutlich weniger Arbeitsaktivitäten, aber mehr Freizeitaktivitäten.
- F. Ausgangssperre von 21 bis 5 Uhr – wir modellieren dies, indem wir alle Freizeitaktivitäten um 21 Uhr beenden.
- G. Maskenpflicht im Schulunterricht oder nicht.
- H. Schnelltests 2x/Woche vor Schulunterricht oder nicht.

Dies ergibt 256 Maßnahmenkombinationen, die wir an dieser Stelle nicht einzeln diskutieren wollen. Eine sinnvolle Struktur ergibt sich wie folgt:

1. Unsere Simulationen zeigen weiterhin, dass vollständig offene Schulen (kein Lüften, keine Masken im Unterricht, keine Schnelltests, Schulkinder ungeimpft etc.) zusammen mit der Delta-Variante zu einem erheblichen Infektionsgeschehen in den Schulen führen würden. Dies kann durch geeignete Maßnahmen (Schnelltests, Lüften, Masken im Unterricht) weitgehend unterdrückt werden (Müller et al. 2021b). Da in NRW im allgemeinen und in Köln im besonderen die Inzidenzen der betroffenen Altersgruppen nach den Sommerferien deutlich reduziert wurden, ist davon auszugehen, dass das dortige Regime derzeit ausreichend dämpfend wirkt. Wir haben oben bereits darauf hingewiesen, dass das in Berlin nicht so ist. Man kann daraus ableiten, dass die in NRW ergriffenen Maßnahmen einen vergleichsweise besseren Effekt haben.

Es ist möglich, dass diese Maßnahmen an den Schulen alleine nicht ausreichen werden, um eine Überlastung der Krankenhäuser zu verhindern. Wenn man die verbleibenden obigen Maßnahmen A bis F einzeln einsetzt, so haben sie in unserem Modell folgende Wirkungen bezogen auf einen Basis-R-Wert von ca. 1,6 (vgl. Tabelle 1):

2. Die Anwendung von 2G auf alle "öffentlichen" Freizeitaktivitäten senkt den R-Wert um 0,3.
3. Schnelltests vor 40% der Arbeitsaktivitäten senken den R-Wert um 0,1. Bezieht man die Geimpften/Genesenen mit ein, so sinkt der R-Wert um 0,2.
4. Schnelltests vor 40% der Freizeitaktivitäten senken den R-Wert um 0,2. Bezieht man die Geimpften/Genesenen mit ein, so sinkt der R-Wert um 0,6.⁵
5. Eine Ausgangssperre von 21 bis 5 Uhr senkt den R-Wert um 0,3.
6. Ein zusätzlicher Ruhetag pro Woche senkt den R-Wert um 0,1.

⁵ Hier hatten wir im letzten Bericht die besser wirkenden PCR-Tests untersucht. Laut der Simulation hier reichen auch die Antigen-Schnelltests, wenn sie nur häufig genug verwendet werden.

Wegen Interaktionen zwischen den Maßnahmen können zur Bewertung von Maßnahmenpaketen die obigen Werte nicht einfach addiert werden. Laut unseren Simulationen ergibt die maximale Wirkung bei Anwendung *aller* dieser Maßnahmen eine Absenkung des R-Wertes um insgesamt 0,9.

Wir haben uns die Frage gestellt, welche "sparsame" Kombination von Maßnahmen eine ähnlich gute Wirkung hat:

- So senkt die Kombination "2G" plus "Schnelltests vor 40% der Freizeitaktivitäten einschl. Einbeziehung der Geimpften/Genesenen" noch um 0,7.
- Man kann "Schnelltests vor Freizeit" nicht ersetzen durch "Schnelltests vor Arbeit"; dies hätte zusammen mit 2G eine Gesamtwirkung von 0,5 und somit nochmals deutlich weniger (aber immer noch mehr als 2G alleine).
- Insgesamt wäre auch folgendes Maßnahmenpaket vorstellbar: 2G plus "Schnelltests vor Arbeit 2x pro Woche" auch für Geimpfte/Genesene plus "Werbekampagne für Schnelltests vor Freizeit" auch für Geimpfte/Genesene.

Es sei noch einmal wiederholt, dass wir diese massive Teststrategie vor allem als Fallback-Option vorschlagen, falls den Krankenhäusern eine Überlastung droht.

Schnelltests vor XX% Arbeitsaktivitäten	Schnelltests vor XX% Freizeitaktivitäten	Ausgangssperre 21 bis 5 Uhr	Zusätzlicher "Ruhetag"?	Geimpfte/ Genesene in Teststrategie einbeziehen?	2G?	Resultierende absolute Reduktion des R-Wertes (ausgehend von 1,6):	Resultierende prozentuale Reduktion des R-Wertes:
5%	5%	nein	nein	nein	nein		
40%	5%	nein	nein	nein	nein	-0.1	-5%
40%	5%	nein	nein	ja	nein	-0.2	-15%
5%	40%	nein	nein	nein	nein	-0.2	-10%
5%	40%	nein	nein	ja	nein	-0.6	-35%
5%	5%	ja	nein	nein	nein	-0.3	-15%
5%	5%	nein	ja	nein	nein	-0.1	-5%
5%	5%	nein	nein	nein	ja	-0.3	-15%
40%	40%	ja	ja	ja	ja	-0.9	-60%
5%	40%	nein	nein	ja	ja	-0.7	-45%
40%	5%	nein	nein	ja	ja	-0.5	-30%
5%	40%	ja	ja	nein	ja	-0.6	-35%

Tabelle 1: Reduktion des R-Wertes bei verschiedenen Maßnahmenkombinationen. Die Maßnahmen werden jeweils am 27.09.21 eingeführt, die Reduktion der R-Werte bezieht sich auf die letzte Septemberwoche und die erste Oktoberwoche. Die Simulationsresultate sind unter der folgenden URL abrufbar: <https://covid-sim.info/cologne/2021-09-22/1> .

Insgesamt ergeben sich die folgenden wesentlichen Punkte:

1. **Infektionen in Schulen können weitgehend verhindert werden.** Das passiert aber laut unseren Simulation nur dann, wenn häufiges Testen⁶ zusammen mit einem entsprechenden Lüftungsregime⁷ implementiert wird. Der Befolgungsgrad dieser Maßnahmen ist aber offenbar sehr unterschiedlich, so dass in vielen Fällen eine Maskenpflicht im Unterricht hinzugenommen werden muss. Auch dürfte in den Altersgruppen > 12J zunehmend die Impfung greifen, so dass sich die Maßnahmen auf die Jahrgänge < 12J konzentrieren könnten. Der oben aufgezeigte Unterschied zwischen Berlin und Nordrhein-Westfalen legt nahe, dass die derzeit geltenden Maßnahmen knapp ausreichend sind, um das Infektionsgeschehen an Schulen unter Kontrolle zu halten.
2. Maßnahmen wie 2G oder Maskenpflicht in Einzelhandel und öffentlichem Verkehr sind sinnvolle Bausteine, und möglicherweise bereits ausreichend, um die Infektionsdynamik auf eine Trajektorie zu bringen, bei der eine Überlastung der Krankenhäuser vermieden wird.
3. Falls allerdings ein *schneller* Anstieg der Krankenhausbelastungen einsetzen sollte, so wären laut unseren Simulationen sehr viel stärkere Maßnahmen nötig, um diesen Anstieg zu bremsen. Dies könnten erneut Kontaktbeschränkungen sein; laut unseren Simulationen wäre ein sehr breit ausgerolltes Testregime eine wirksame Alternative. **Dabei ist wichtig, dass die Geimpften/Genesenen an diesem Testregime beteiligt werden, weil nach bisherigen Erkenntnissen diese Bevölkerungsgruppen an der Ausbreitung beteiligt sind**, auch wenn sie nur sehr selten schwere Verläufe haben.
4. "Ruhetage" oder "Ausgangssperren" sind weiterhin wirksame Optionen, können aber u.E. vermieden werden.

Quellen

- Frank, Christina, Wiebke Hellenbrand, and Claudia Sievers. 2021. "Betrachtung Der Reiseassoziierten COVID-19-Fälle Im Sommer 2020 Unter Berücksichtigung Der Schulferien, Reisetätigkeit Und Testkapazitäten." *Epidemiologisches Bulletin* 8. <https://doi.org/10.25646/7955>.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Christian Rakow, Hanna Wulkow, Tim Conrad, Christof Schütte, and Kai Nagel. 2021a. "MODUS-COVID Bericht Vom 03.09.2021." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-12336>.
- . 2021b. "MODUS-COVID Bericht Vom 16.07.2021." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-12207.2>.
- Senozon. 2020a. "The Senozon Mobility Model." The Senozon Mobility Model. 2020a. <https://senozon.com/en/model/>.

⁶ Wie im letzten Bericht (Müller et al. 2021a) ausgeführt: 2x, besser 3x pro Woche; PCR (Pool-)Tests haben bessere Wirkung als Schnelltests.

⁷ Wie im Bericht vom Juli (Müller et al. 2021b) ausgeführt: Ziel sein sollte eine Luftwechselrate von 4/Stunde. Dies lässt sich sowohl mit entsprechend häufigem manuellen Lüften erreichen als auch mit mechanischer Luftreinigung, oder auch mit einer Kombination.