

MODUS-COVID Bericht vom 19.11.2021

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-12672>

Date of this version: 19-november-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>

1 Zusammenfassung

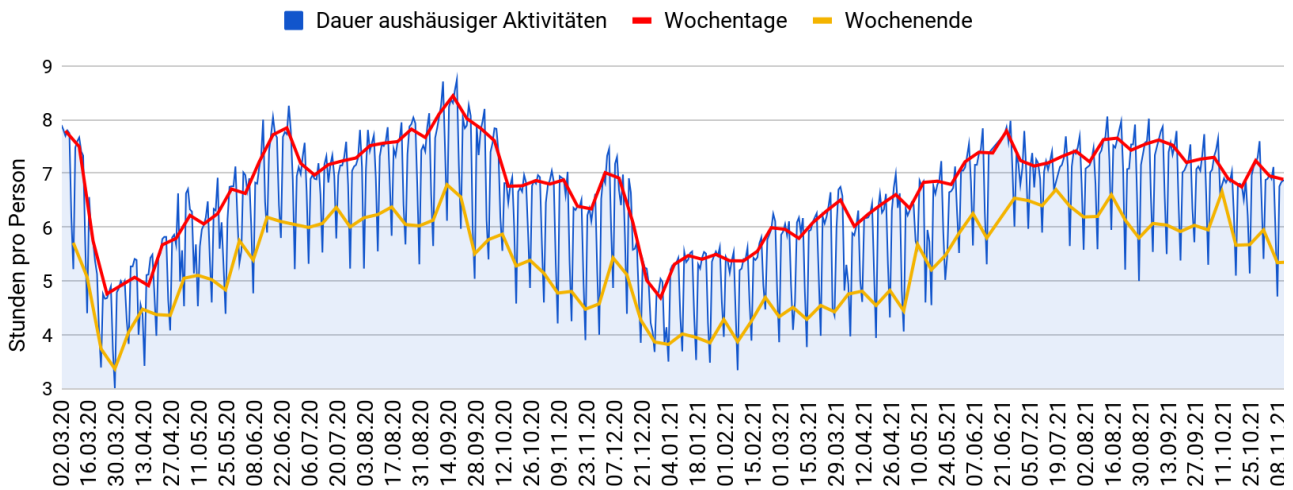
Durch die sehr viel stärker ansteckende Delta-Variante, die seit Mitte des Jahres in Deutschland die vorherrschende Variante ist, sind neue Herausforderungen entstanden. Wir untersuchen die Wirkungen verschiedener in Politik und Medien diskutierter Maßnahmen. Wir zeigen, dass generell solche Maßnahmen besser wirken, die auch explizit bereits immunisierte Menschen miteinbeziehen - etwa durch regelmäßiges Testen. Laut unserer Simulationen könnten die derzeit vorgesehenen Maßnahmen “2G+ in öffentlichen (Freizeit-)Einrichtungen” plus “3G/Homeoffice bei der Arbeit” plus “schnelles Boostern” in Bundesländern mit hohen Impfquoten ausreichen, um den R-Wert unter 1 zu drücken und damit die aktuell rasant ansteigenden Fallzahlen zu bremsen (vgl. Abschnitt 3 und 4).

Zusätzlich erläutern wir, dass bei den Maßnahmen zur Infektionsbekämpfung alle Bevölkerungsgruppen bedacht werden sollten, da die verschiedenen Gruppen alle einen - wenn auch unterschiedlichen - Beitrag zur Belastung des Gesundheitssystems leisten (vgl. Abschnitt 5 und 6).

2 Mobilitätsdaten

Die Entwicklung der aushäusigen Aktivitätendauern für Berlin und Köln sind in den beiden folgenden Abbildungen dargestellt (Abb. 1). Im Vergleich lassen sich in beiden Regionen ähnliche Entwicklungen erkennen. 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 Sommerniveau der Aktivitäten war in beiden Städten ähnlich, und vergleichbar mit dem Niveau des letzten Sommers. Seitdem ist das Aktivitätsniveau langsam abnehmend, mit Abweichungen vom Trend Mitte Oktober während der Schul-Herbstferien.

Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Berlin



Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Köln

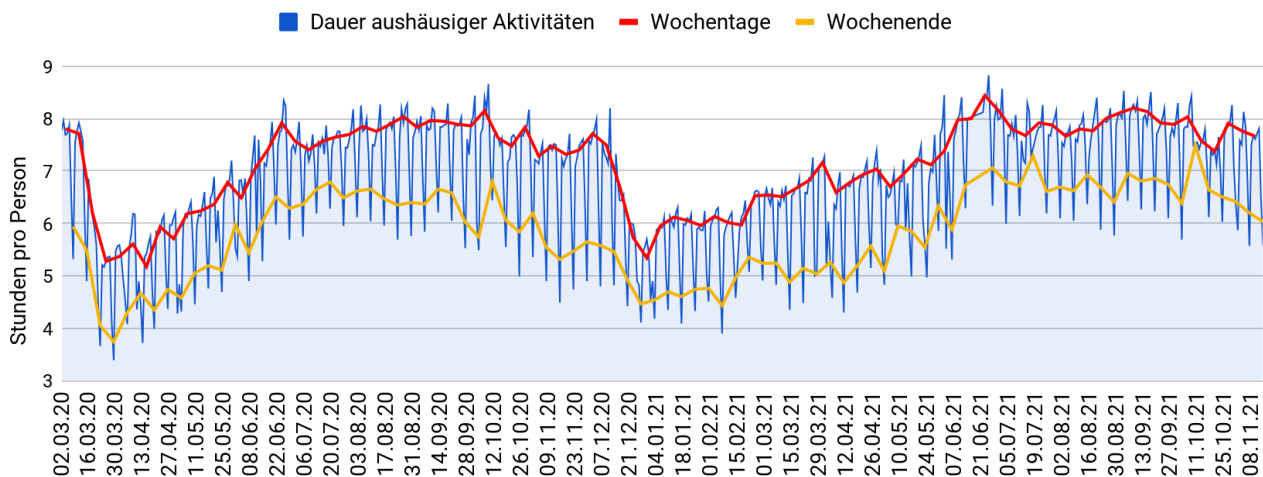


Abbildung 1: Im Mittel aushäusig verbrachte Zeit pro Person in Berlin (oben) und Köln (unten); ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Rot: Mittelwerte über die Wochentage der jeweiligen Woche. Gelb: Mittelwerte über die Wochenend- und Feiertage (einschl. Samstag) der jeweiligen Woche. Eigene Darstellung;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

3 Aktuelle Situation aus Sicht unserer Modelle

Die Delta-Variante ist seit etwa Mitte des Jahres in Deutschland die vorherrschende Virus-Mutation. Dadurch sind neue Herausforderungen entstanden. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass diese Variante gegenüber der vorher dominanten Alpha-Variante deutlich ansteckender ist. Zum anderen reduziert diese Variante die Wirkung einiger Antikörper und damit auch die Erkennung durch das Immunsystem. Damit ist die Delta-Variante resistenter gegen die aktuellen Impfstoffe – was oft als teilweiser sog. Immune-Escape bezeichnet wird. Insgesamt besteht allerdings noch kein voller Immune-Escape und eine vollständige Impfung schützt weiterhin stark auch vor der Delta-Variante.

Wie im letzten Bericht bereits diskutiert (vgl. Müller et al. 2021), wirken die Impfungen auf zwei unterschiedlichen Wegen. Auf der einen Seite wird die Wahrscheinlichkeit eines schweren Verlaufes (= mit Krankenhausaufenthalt) sehr deutlich reduziert. Auf der anderen Seite wird die Wahrscheinlichkeit einer Transmission (Übertragung) der Viren reduziert. Direkt nach Aufbau des vollen Impfschutzes (ca. 14 Tage nach der zweiten Impfung) ist eine Transmission um etwa einen Faktor 10 reduziert - im Vergleich zu Nicht-Geimpften bzw. Nicht-Genesenen. Neueste Daten zeigen, dass dieser Transmissionsschutz innerhalb weniger Monate etwa auf einen Faktor 3 absinkt.¹ Wenn wir diese neuen Erkenntnisse in unserem Modell für Köln berücksichtigen, dann ergeben sich die nun folgenden Beobachtungen.

Beobachtung: Nur Einschränkung der Nicht-Geimpften/Nicht-Genesenen mit 2G/3G reicht nicht aus

Wenn angestrebt werden sollte, nur durch Einschränkungen bei den Nicht-Geimpften/Nicht-Genesenen eine unterkritische Infektionsdynamik zu erreichen, so ist dafür laut unserem Modell **2G** (weitgehender Ausschluss der Nicht-Geimpften/Nicht-Genesenen von allen öffentlichen Orten) **nicht ausreichend**.² Das liberalere 3G reicht dann dafür erst recht nicht aus. Auch zusätzliches Testen im Bereich Arbeit ist eine weitere mögliche Maßnahme, reicht aber immer noch nicht, um eine unterkritische Infektionsdynamik herbeizuführen. Der Grund sind die zahlreichen Treffen in privaten Innenräumen, welche dadurch nicht berührt werden. Erst wenn man auch diese privaten Treffen bei den Ungeimpften sehr deutlich reduziert, wird die Situation im Modell unterkritisch.

Eine derartige Maßnahme (**weitgehende Kontaktbeschränkungen ausschließlich für Nicht-Geimpfte/Nicht-Genesene auch im Privatbereich**) wird derzeit in Österreich umgesetzt, aber es ist **unklar**, wie gut sie durchgesetzt werden kann. Auch unklar ist, ob dies insgesamt eine angemessene Verteilung der Lasten darstellt, da auch die Geimpften die Infektionsdynamik antreiben. Genauer: Wenn die Geimpften das Virus nicht weitergeben würden, wäre laut Modell die Dynamik derzeit unterkritisch, und die Krankenhäuser nicht belastet. Allerdings entstehen durch die Geimpften deutlich weniger schwere Verläufe, so dass die Belastung der Krankenhäuser *indirekt* entsteht: Die Geimpften tragen so viel zur Dynamik bei, dass die Ungeimpften, die sich dabei auch infizieren, schlussendlich die Belastung der Krankenhäuser erzeugen. Es erscheint insgesamt plausibel, auch über eine Einbeziehung der Geimpften in die Maßnahmen nachzudenken.

Beobachtung: (Sehr) schnelles Boostern könnte reichen, allerdings mit Verzögerung

Eine Maßnahme, die vermutlich gut akzeptiert werden würde, ist **breites Boostern der bereits geimpften Personen**. Hierbei wird die Schutzwirkung gegen Transmission nicht nur auf das ursprüngliche Niveau zurückgesetzt, sondern liegt bei allen Altersgruppen zunächst sogar noch höher (vgl. Bar-On et al. 2021). Dies **müsste jetzt allerdings sehr schnell gehen**. Wir gehen in unserem Modell davon aus, dass dafür ein Impfabstand von "6 Monaten plus/minus 1 Monat" akzeptabel wäre. Dies bedeutet, dass für alle Personen, bei welchen die Zweitimpfung 5 Monate oder mehr zurückliegt, unverzüglich die Booster-Termine organisiert werden sollten. Bei deutlich mehr als 25% der Bevölkerung liegt der Termin der Zweitimpfung bereits mehr als 5 Monate zurück; (nur) 4% davon sind bereits geboostert (Stand 15.11.). Wenn wir nochmals ein Impftempo

¹ Z.B. beträgt laut (Eyre et al. 2021) der Schutz vor Infektion (möglicherweise asymptomatisch) nach Biontech-Doppelimpfung zunächst einen Faktor 5, und die Wahrscheinlichkeit der Weitergabe ist um einen Faktor 2 reduziert. Nach 14 Wochen sinkt der Schutz vor Infektion auf einen Faktor 2, und die Wahrscheinlichkeit der Weitergabe ist nur noch um eine Faktor 1,5 reduziert. Für die Reduzierung der Transmission werden beide Zahlen multipliziert, der ursprüngliche Schutz von ca. 10 reduziert sich also auf ca. 3. Bei Astra sind die Zahlen noch ungünstiger.

² Unter "unterkritisch" verstehen wir einen R-Wert kleiner als eins, und die Inzidenzen sind von Woche zu Woche fallend. Das Gegenteil ist eine überkritische Infektionsdynamik; bei dieser ist der R-Wert größer als eins, und die Inzidenzen sind von Woche zu Woche steigend.

wie im Sommer von 1% der Bevölkerung pro Tag erreichen könnten, so könnten alle diese Personen innerhalb von weniger als einem Monat geboostert werden. Innerhalb dieser Zeit "rutschen" weitere knapp 25% der Bevölkerung in den "richtigen" Zeitabstand, so dass mit gleichem Tempo weiter geboostert werden könnte.³

Die Berücksichtigung des zeitlichen Abstands regelt auch recht weitgehend die **Priorisierung** – vulnerable Gruppen wurden früh geimpft, und erhalten somit früh den Booster. Dies wird aber nur dann konfliktfrei funktionieren, wenn die Impfkapazitäten so sehr erweitert werden, dass alle Personen mit entsprechendem Impfabstand auch ohne Verzögerung geimpft werden können.

Im Modell verbessert sich die Situation sehr deutlich, wenn ca. 30% der Bevölkerung geboostert wurden. Dabei ist es für die Eindämmung der Gesamtdynamik unerheblich, ob diese 30% nur unter vulnerablen Gruppen oder auch bei anderen verimpft werden. **Impftempo geht hier vor Zielgenauigkeit.** Wenn es gelingt, die Gesamtdynamik einzudämmen, dann schützt das auch die vulnerablen Bevölkerungsteile.

Beobachtung: Maßnahmenkorb zur Überbrückung

Da das breite Boostern nicht mehr schnell genug wirken wird, sind sofort umsetzbare Maßnahmen nötig. Die derzeitig vorgesehenen Maßnahmen "2G+ bei Freizeitaktivitäten im öffentlichen Raum" verbunden mit "3G/Homeoffice im Bereich Arbeit" zeigen gute Wirkung. In Bundesländern mit hoher Impfquote (>70%) reichen diese Maßnahmen laut unseren Modellen aus, um den R-Wert unter 1 zu drücken. In Bundesländern mit niedriger Impfquote (<60%) ist es laut unseren Modellen hingegen fraglich, ob diese Maßnahmen ausreichen werden, um den R-Wert unter 1 zu drücken. In dieser Situation ist es laut unseren Modellen notwendig, auch die möglichen Infektionen bei Freizeitveranstaltungen in privaten Haushalten einzubeziehen – hierzu zählen auch Infektionen bei gegenseitigen Besuchen. Dies könnte z.B. erreicht werden durch entsprechende Testnotwendigkeiten vor privaten Besuchen, oder einer Reduktion von privaten Besuchen bei Ungeimpften.

4 Simulationsergebnisse Köln

Wir haben die aktuell in der Politik diskutierten möglichen Maßnahmen mit unserem neuen Modell simuliert. Wir berechnen die Wirkungen dieser Maßnahmen, in dem wir den R-Wert nach Einführung der Maßnahme mit dem R-Wert im Basisszenario vergleichen⁴. Generell besagen die Simulationsergebnisse folgendes:

- Durch die sehr schnell laufende Dynamik infizieren sich viele Personen innerhalb weniger Wochen. Damit infizieren sich auch die bisher noch nicht-immunisierten innerhalb weniger Wochen; siehe auch die Diskussion in Abschnitt 5, dass Gruppen nicht getrennt werden können. Die daraus resultierende Krankenhausbelastung kann von dem System nicht bewältigt werden.
- Man kann die Maßnahmen trennen zwischen kurzfristig und mittelfristig. Quasi sofort helfen Maßnahmen wie 2G, Teststrategien und Kontaktbeschränkungen – wobei zu beachten ist, dass die Intensivfälle der nächsten zwei Wochen dadurch nicht mehr zu beeinflussen sind (Tab. 1). Etwas länger brauchen Maßnahmen wie Impfen und Boostern, wobei bei Impfgeschwindigkeiten von mehr als 1% der Bevölkerung pro Tag Effekte innerhalb sehr weniger Wochen zu erwarten sind (Tab. 2).
- Bei den kurzfristigen Maßnahmen wirken diejenigen, die die Geimpften/Genesenen einbeziehen (grün markiert), jeweils deutlich besser als die jeweils parallelen Maßnahmen, die nur auf die Nicht-Geimpften/Nicht-Genesenen wirken.

³ "Boostern bereits nach 5 Monaten" sowie "Impftempo von mindestens 1% der Bevölkerung pro Tag" entsprechen inzwischen der Beschlusslage.

⁴ Im Basisfall gelten unter anderem die folgenden Annahmen: Bildungseinrichtungen sind durch Maßnahmen geschützt, Maskenpflicht in öffentlichen Räumen (z.B. ÖPNV, Einzelhandel, Banken, Apotheken etc.), keine 2G-Regeln, Impfungen und Boostern mit der aktuellen Geschwindigkeit

Kurzfristige Maßnahmen	Veränderung des R-Wertes
3G am Arbeitsplatz Personen, die nicht geimpft oder genesen sind, führen an jedem zweiten Arbeitstag einen Schnelltest durch.	-0,1
1G am Arbeitsplatz Alle Personen führen an jedem zweiten Arbeitstag einen Schnelltest durch.	-0,2
3G für alle "öffentlichen" Freizeitaktivitäten Personen, die nicht geimpft oder genesen sind, führen vor öffentlichen Freizeitaktivitäten einen Schnelltest durch.	-0,2
1G für alle "öffentliche" Freizeitaktivitäten Alle Personen führen vor öffentlichen Freizeitaktivitäten einen Schnelltest durch.	-0,5
2G für alle "öffentlichen" Freizeitaktivitäten Nur Geimpfte und Genesene haben Zugang zu öffentlichen Freizeitaktivitäten.	-0,3
2G+ für alle "öffentlichen" Freizeitaktivitäten Nur Geimpfte und Genesene mit Schnelltest haben Zugang zu öffentlichen Freizeitaktivitäten.	-0,6
Lockdown für Ungeimpfte (inkl. private Besuche) Personen, die nicht geimpft oder genesen sind, führen keine Freizeitaktivitäten durch (inkl. Verbot privater Besuche).	-0,4
Aufhebung Maskenpflicht in Bildungseinrichtungen (außer Universitäten)	+0,1

Tabelle 1: Reduktion des R-Wertes für verschiedene kurzfristige Maßnahmen. Die Veränderung der R-Werte bezieht sich auf den Zeitpunkt 10 Tage nach der Einführung der Maßnahme.

Mittelfristige Maßnahmen	Veränderung des R-Wertes
Booster: 2% der Bevölkerung pro Tag; Impfabstand mind. 6 Monate. Gleiche Reihenfolge wie ursprüngliche Impfung.	-0,15
Booster: 2% der Bevölkerung pro Tag; Impfabstand mindestens 5 Monate.	-0,3
Booster: 1% der Bevölkerung pro Tag; Impfabstand mindestens 5 Monate.	-0,15
Booster: 0,5% der Bevölkerung pro Tag; Impfabstand mindestens 5 Monate.	-0,05

Tabelle 2: Reduktion des R-Wertes für verschiedene mittelfristige Maßnahmen. Die Veränderung der R-Werte bezieht sich auf den Zeitpunkt 20 Tage nach der Einführung der Maßnahme.

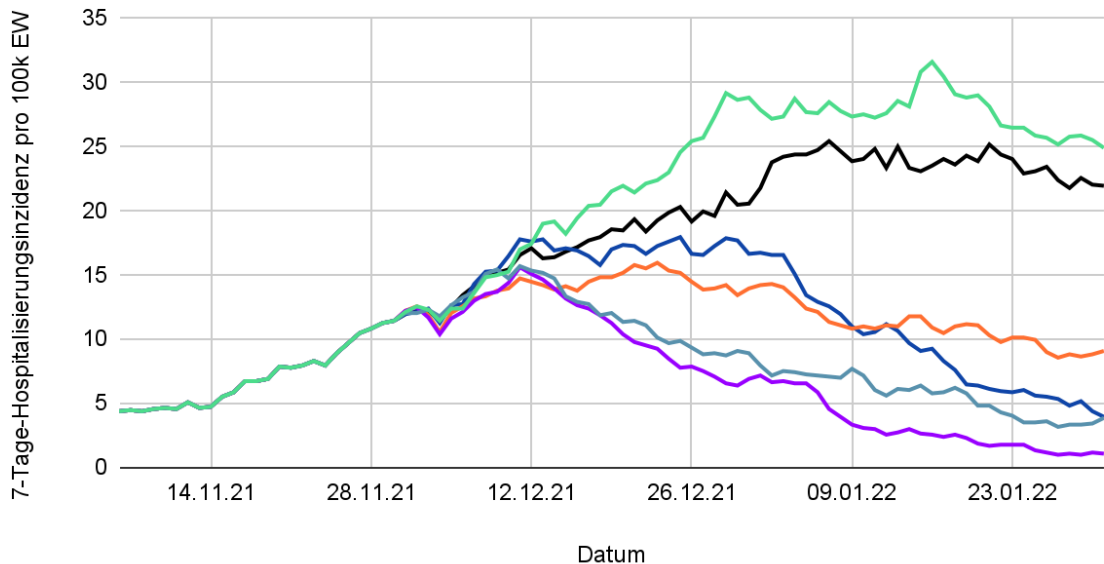
Erläuterungen zu den Maßnahmen in den Tabellen 1+2:

- Die Wirkung der kurzfristigen Maßnahmen in Tab. 1 nimmt über die Zeit ab, da die Grundimmunität auch im Basisszenario wg. Impfen/Boostern/natürlicher Immunisierung ansteigt. Hingegen nimmt die Wirkung der mittelfristigen Maßnahmen in Tab. 2 über die Zeit zu, weil immer mehr Personen gegenüber dem Basisszenario geboostert sind.
- Simulationen für 2G schließen derzeit auch Kinder von Aktivitäten aus.
- Wirkung von 2G in Realität möglicherweise schwächer wg. "Ausweichen in private Wohnungen".
- Eine Verkürzung des Impfabstandes auf 4 Monate bringt in den Simulationen kaum eine weitere Verbesserung.
- Grün hinterlegt: Einbeziehung d. Geimpften in Teststrategie

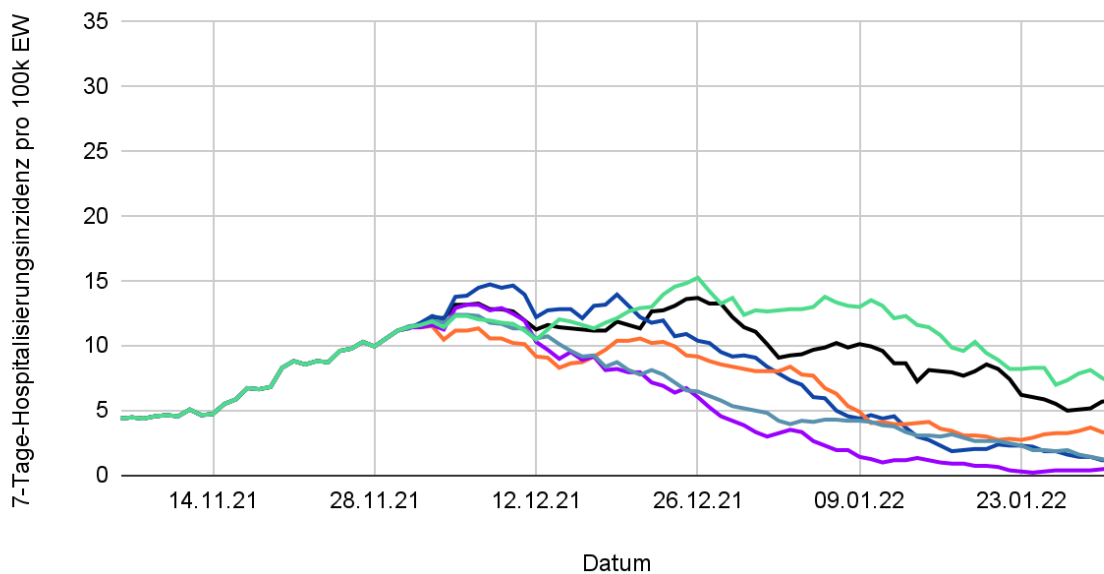
Abb. 2 zeigt die vorhergesagten Wirkungen der Maßnahmen auf die Krankenhäuser, ohne Verhaltensänderungen (obere Abbildung) und mit Verhaltensänderungen (untere Abbildung). Mit Verhaltensänderung ist hier gemeint, dass die Bevölkerung auf hohe Krankenhausbelastungen mit freiwilligen Kontaktreduktionen reagiert (dies ist bei hoher Krankenhausauslastung zu erwarten). In schwarz ist das Basisszenario dargestellt, welches ein weiteres Hochlaufen der Zahlen vorhersagt.

In orange, violett und hellblau sind kurzfristig wirksame Maßnahmen abgebildet. Hierbei wirken nur 2G+ im Freizeitbereich (violett) und der Lockdown für Ungeimpfte (hellblau) stark genug, um das Wachstum der Zahlen bis Mitte Dezember zu stoppen. In dunkelblau ist die Boosterung dargestellt, welche eine langsamere Wirkung zeigt, die aber zum Ende hin nachhaltiger wird. Grün zeigt den Effekt einer Aufhebung der Maskenpflicht an Schulen.⁵

In unserem Modell werden die Maßnahmen zum 29.11. umgesetzt; jeder Tag früher würde den Trend entsprechend früher umkehren.



■ Basis
 ■ Booster 2% / Tag
 ■ 2G Freizeit
 ■ 2G+ Freizeit
 ■ Lockdown f. Ungeimpfte
■ Schulen keine Masken



■ Basis
 ■ Booster 2% / Tag
 ■ 2G Freizeit
 ■ 2G+ Freizeit
 ■ Lockdown f. Ungeimpfte
■ Schulen keine Masken

Abbildung 2: Entwicklung der Hospitalisierungsinzidenz für verschiedene Maßnahmen. Oben: Ohne Verhaltensanpassung der Bevölkerung, Unten: Mit Verhaltensanpassung der Bevölkerung (die Bevölkerung reduziert bei erhöhten Krankenhauszahlen die aushäusigen Aktivitäten). Die Simulationsergebnisse sind unter den folgenden URLs abrufbar:

Oben:

<https://covid-sim.info/cologne/2021-11-17/1?leisUnv=100%25&wTest=current&schools=protected>

Unten:

<https://covid-sim.info/cologne/2021-11-17/3?leisUnv=100%25&wTest=current&schools=protected>

⁵ In NRW wurde die Maskenpflicht an Schulen tatsächlich zum 2.11.2021 aufgehoben.

Erläuterungen zu den Maßnahmen in Abbildung 2:

- *Auch im Base Case sinkender R-Wert (wg. Boostern / Impfungen / natürliche Infektionen)*
- *Die Maßnahmen im Freizeitbereich wirken am schnellsten und haben einen starken Einfluss auf die KH-Belastung*
- *Boostern mit hohem Impftempo wirkt langfristig stärker auf R-Wert als 2G, 2G wirkt kurzfristig stärker auf R-Wert als Boostern*

5 Interaktion verschiedener Bevölkerungsgruppen

Es ist ein oft genannter Ansatz, dass bestimmte (strenge) Maßnahmen nur für bestimmte Bevölkerungsgruppen gelten sollten und damit die Infektionszahlen nachhaltig gesenkt werden können. Gelegentlich werden Szenarien entworfen, bei denen etwa vulnerable Personen vor hohen Inzidenzen im Rest der Gesellschaft geschützt werden sollen, oder die Infektionstätigkeit unter den Geimpften (z.B. unter 2G) keinen Einfluss auf Ungeimpfte hat. Im Falle von SARS-CoV-2 mit der vorherrschenden Delta-Variante gehen wir auf Basis unseres Modells allerdings davon aus, dass dies in der Praxis nur unvollständig funktioniert. Der Grund dafür ist, dass große Teile der verschiedenen Gruppen (z.B. immunisierte und nicht-immunisierte Menschen) einen direkten und einen indirekten (über andere Gruppen) Einfluss aufeinander haben und Infektionen (über Aerosole) in die jeweils andere Gruppe weitergeben können. Ein einfaches Beispiel für eine indirekte Interaktion sind Schulen oder Kitas. Direkte Interaktion findet statt beispielsweise am Arbeitsplatz, im öffentlichen Personenverkehr, in Arztpraxen oder auch beim Einkaufen. Es ist praktisch nicht auszuschließen, dass Infektionen in allen diesen Situationen zwischen verschiedenen Gruppen übertragen werden können. Selbst wenn man erwachsene nicht-immunisierte Menschen nach dem österreichischen Modell in einen "Quasi-Lockdown" versetzen würde, fände immer noch ein indirekter Kontakt über die Kinder in Schulen/KiTs statt und ein direkter Kontakt am Arbeitsplatz. Gleiches gilt leider auch für die sog. vulnerablen Gruppen beispielsweise in Altersheimen, die mindestens über das Pflegepersonal mit der "Außenwelt" in indirektem Kontakt stehen.

Die Konsequenz daraus ist, dass Maßnahmen nicht nur für einzelne Gruppen sondern für alle Bevölkerungsgruppen gemeinsam geplant werden müssen, etwa in den Bereichen Immunisierung (bzw. Auffrischung dieser durch Boostern) und (regelmäßigem) Tests.

6 Alle Bevölkerungsgruppen tragen zur Belastung des Gesundheitssystems bei

Aktuelle Studien zeigen zum einen, dass sich auch bereits immunisierte Menschen mit dem Corona-Virus (insbesondere mit der vorherrschenden Delta-Variante) infizieren und das Virus weitergeben können (vgl. Eyre et al. 2021). Zum anderen konnte gezeigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit dafür steigt, je länger die Immunisierung (z.B. durch Impfung) her ist (Nordström, Ballin, and Nordström 2021).

Zusammen mit dem vorhergehenden Abschnitt wird dadurch klar, dass weiterhin alle Bevölkerungsgruppen einen gewissen Beitrag auf die Belastung des Gesundheitssystems haben. Selbst die bereits immunisierten Teile der Bevölkerung, die bisher noch nicht immunisierten Menschen, die jungen oder die alten Bevölkerungsteile: alle können Infektionsketten starten und mehr oder weniger zur weiteren Verbreitung von Infektionen beitragen, auch wenn die Wahrscheinlichkeiten für eine Übertragung individuell sehr verschieden sein kann. Es muss also weiterhin in der öffentlichen Kommunikation darauf hingewiesen werden, dass selbst bei einem sehr niedrigen persönlichen Risiko jede/r Einzelne eine Verantwortung für die gesamte

Gesellschaft trägt. Dies soll nicht als Aufruf zur erneuten Isolation aller Menschen missverstanden werden, sondern vielmehr als Aufruf sich der eigenen Verantwortung bewusst zu werden und durch geeignete Maßnahmen zu begegnen, wie etwa Impfung (bzw. Auffrischung) und regelmäßiges Testen unabhängig vom Immunisierungsstatus. Andernfalls können sich Infektionsketten über alle Teile der Bevölkerung ausbreiten und schlussendlich diejenigen Altersklassen erreichen, bei denen die Krankheitsverläufe immer häufiger schwerwiegend sind. Diese resultierende Gesamtdynamik, die sich aus den Beiträgen aller Bevölkerungsgruppen ergibt, kann in der Summe zu einer Überlastung des Gesundheitssystems führen.

7 Quellen

- Bar-On, Yinon M., Yair Goldberg, Micha Mandel, Omri Bodenheimer, Laurence Freedman, Sharon Alroy-Preis, Nachman Ash, Amit Huppert, and Ron Milo. 2021. "Protection across Age Groups of BNT162b2 Vaccine Booster against Covid-19." *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2021.10.07.21264626>.
- Eyre, David W., Donald Taylor, Mark Purver, David Chapman, Tom Fowler, Koen Pouwels, Ann Sarah Walker, and Tim E. A. Peto. 2021. "The Impact of SARS-CoV-2 Vaccination on Alpha and Delta Variant Transmission." *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2021.09.28.21264260>.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Sydney Paltra, Christian Rakow, Hanna Wulkow, Tim Conrad, Christof Schütte, and Kai Nagel. 2021. "MODUS-COVID Bericht vom 22.10.2021." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-12510>.
- Nordström, Peter, Marcel Ballin, and Anna Nordström. 2021. "Effectiveness of Covid-19 Vaccination Against Risk of Symptomatic Infection, Hospitalization, and Death Up to 9 Months: A Swedish Total-Population Cohort Study." <https://doi.org/10.2139/ssrn.3949410>.
- Senozon. 2020a. "The Senozon Mobility Model." The Senozon Mobility Model. 2020a. <https://senozon.com/en/model/>.