

MODUS-COVID Bericht vom 09.04.2021

Sebastian Alexander Müller¹, William Charlton¹, Natasa Djurdjevac Conrad², Ricardo Ewert¹, Dominic Jefferies¹, 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-11772>

Date of this version: 09-april-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 09.04.2021:

1 Zusammenfassung

Die uns zur Verfügung stehenden Mobilitätsdaten zeigen ein differenziertes Bild der Aktivitäten während der letzten Wochen: erhöhte Aktivitäten im Außenbereich vor Ostern, erhöhte Aktivitäten in Innenräumen während der Osterfeiertage, und seitdem ein gegenüber Ende Februar wieder abgesenktes Aktivitätsniveau. Insbesondere das gute Wetter vor Ostern dürfte durch die Verlegung von Aktivitäten von innen nach außen zu weniger Infektionen geführt haben, als durch das insgesamt höhere Aktivitätsniveau zu befürchten gewesen wäre (vgl. Abschnitt 2, S.2).

In der Analyse der zur Zeit geltenden Maßnahmen konzentrieren wir uns auf Berlin. Die dort angeordneten Maßnahmen adressieren die drei kritischen Bereiche Arbeit, Schulen, und private Besuche. Wenn alle diese Maßnahmen vollumfänglich wirksam wären und durch wärmeres Wetter zusätzliche Freizeitaktivitäten von innen nach außen verlegt würden, könnte dies laut unseren Simulationen insgesamt fast reichen, um den R-Wert unter 1 zu drücken. Da die aktuellen Wettervorhersagen eher für kühleres Wetter sprechen, sind allerdings zwingend so schnell wie möglich weitere Maßnahmen notwendig (vgl. Abschnitt 4, S. 3).

Wir beleuchten die Konsequenzen unterschiedlicher Maßnahmenkombinationen für die Belastung der Intensivstationen. Bei nahezu jeder durchgerechneten Kombination wird deren Belastung höher sein als Anfang Januar. Hilfreich wäre eine durchgehende FFP2-Maskenpflicht auch am Arbeitsplatz, wenn sich dort mehrere Personen gleichzeitig aufhalten; sehr gut wirksam wäre ein (fast) vollständiges Verbot privater Besuche, wie z.B. in Großbritannien am 5. Januar eingeführt (vgl. Abschnitt 5, S. 6).

Im Sinne des oben gesagten kommt als “harter aber kurzer” Lockdown eigentlich nur das nahezu vollständige Verbot privater Kontakte in Frage; nur diese Maßnahme senkt die Infektionszahlen innerhalb von drei Wochen sehr deutlich. Eine vollständige Öffnung ist anschließend dennoch nicht möglich; selbst bei einem immer noch reduzierten Aktivitätsniveau von 80% würden wir nach der Öffnung eine vierte Welle bekommen. Die drei Wochen müssten also genutzt werden, um

infektionssenkende Maßnahmen zu etablieren, z.B. ein kohärentes Schnelltestregime und Systeme zur digitalen Kontaktnachverfolgung (vgl. Abschnitt 6 und 7, S. 7).

Mittels eines mathematischen Modells untersuchen wir die Wirkungen von Öffnungen nach Beendigung der Impfkampagne. Auch hier ergibt sich, dass selbst eine vollständige Impfung aller Impfwillingen (angenommen werden 80% der Berliner Bevölkerung) immer noch nicht ausreichen wird, um eine erneute - wenn auch deutlich flachere - Welle bei anschließender Öffnung zu verhindern. Besonders beunruhigend daran ist, dass diese Welle – weil der Impfstoff bekanntlich nicht immer 100%ig wirkt – auch für eine erhebliche Anzahl geimpfter Personen zu intensivpflichtigen Verläufen führen wird. Hier wird also eine Strategie notwendig sein, die über das Ende der Impfkampagne hinausgeht (vgl. Abschnitt 10, S. 9).

2 Mobilitätsdaten

Die uns vorliegenden Mobilitätsdaten, die wir für Berlin auswerten, ergeben ein komplexes Bild:

- Wie schon im letzten Bericht beschrieben, sind die Dauern der aushäusigen Aktivitäten nach dem Plateau im Januar seit Mitte Februar zunächst angestiegen, um dann auf einem höheren Niveau zu verharren.
- In der Karwoche gab es deutlich erhöhte aushäusige Aktivitäten (vgl. Abb. 1), verbunden mit deutlich erhöhten Reiseweiten (vgl. Abb. 2). Da in dieser Woche Schulferien und gleichzeitig sehr gutes Wetter war (Temperaturen oft über 20 Grad), ist zu vermuten, dass die Bevölkerung die Woche vermehrt zu Ausflügen genutzt hat. Da diese meistens im Freien stattgefunden haben dürften, und alle Einkehrmöglichkeiten geschlossen waren, sollte dies allerdings insgesamt eine infektions*dämpfende* Wirkung gehabt haben.
- Aus den gleichen Gründen würden wir ebenfalls die in der Woche *vor* der Karwoche erhöhte Aktivität den Osterferien zurechnen: Die erhöhte Aktivität fand ja hauptsächlich am Freitag vor den Ferien statt, und könnte daher als Urlaubsvorbereitung interpretiert werden. Vermutlich bedeutet dies auch, dass viele Personen weitere Reisen in die Ferien unternommen haben, z.B. in eigene Ferienwohnungen.
- Für die Ostertage selbst lässt sich aus den Zahlen leider nichts ableiten: Aus Gründen des Datenschutzes sind die Daten so gestaltet, dass sich daraus nicht herleiten lässt, ob eine Person den ganzen Tag zu Hause war, oder den ganzen Tag bei Verwandten verbracht hat, möglicherweise einschl. Übernachtungen. Aus den deutlich erhöhten Fahrentfernungen auch an den Osterfeiertagen (vgl. Abb. 2, gelbe Kurve) lässt sich jedoch ablesen, dass gegenseitige Besuche in erhöhter Zahl stattgefunden haben dürften. Da es recht kühl war, ist zu vermuten, dass diese Treffen in Innenräumen stattgefunden haben.
- Wegen der Verarbeitung der Daten liegen diese immer erst verzögert vor, daher reichen unsere Daten nur bis 07.04.2021. Für diese ersten Wochentage nach Ostern ergibt sich wieder ein niedrigeres Aktivitätsniveau.

Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Berlin

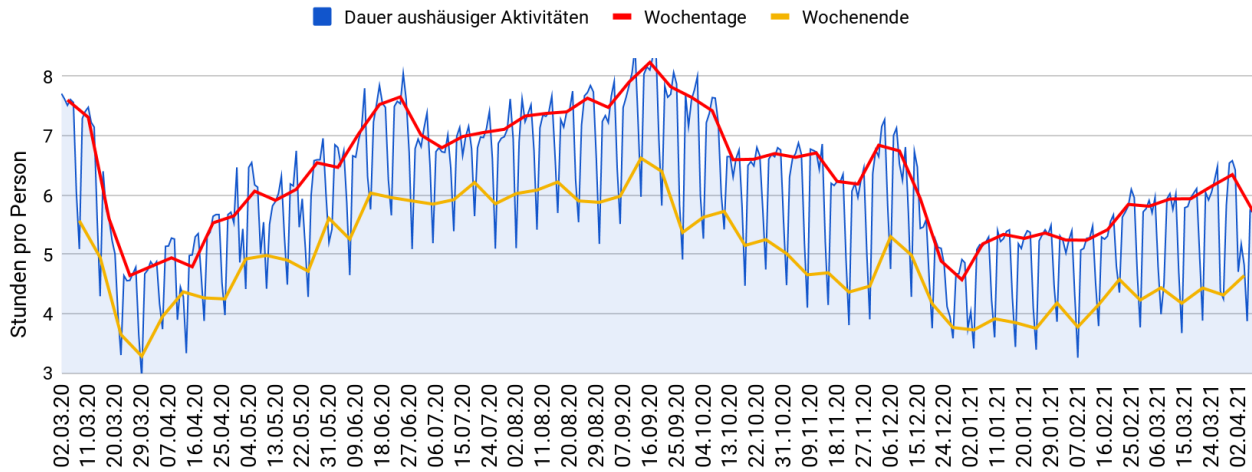


Abbildung 1: Durchschnittliche Dauer der aushäusigen Aktivitäten in Berlin; ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Rot: Mittelwerte über die Wochentage der jeweiligen Woche. Gelb: Mittelwerte über die Wochenend- und Feiertage (einschl. Samstag) der jeweiligen Woche. Quelle: (Senozon 2021)

Durchschnittliche Reiseweiten in Berlin

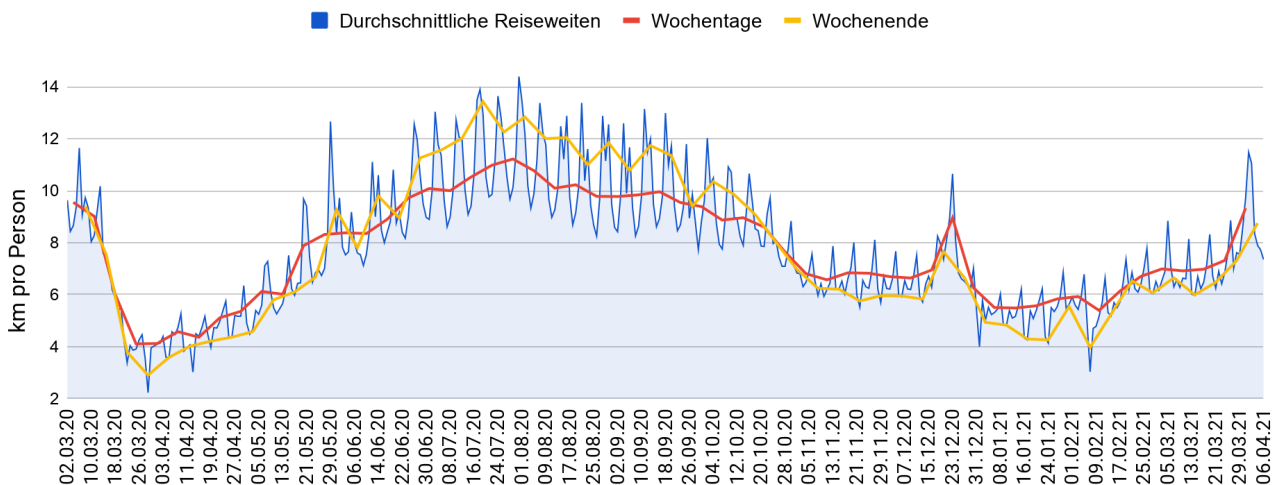


Abbildung 2: Durchschnittliche Reiseweiten einer Person in Berlin; ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Rot: Mittelwerte über die Wochentage der jeweiligen Woche. Gelb: Mittelwerte über die Wochenend- und Feiertage (einschl. Samstag) der jeweiligen Woche. Quelle: (Senozon 2021)

3 Vorbemerkung zu den Simulationsresultaten

Die im vorletzten Bericht (vgl. Müller et al. 2021) begründete doppelt so hohe Ansteckungswahrscheinlichkeit von B.1.1.7 führt für Berlin zu einem zu schnellen Anstieg der simulierten Zahlen im Vergleich zur Realität. Wir haben daher weitere Simulationen durchgeführt, in denen wir mit einer 1,8 mal (statt 2 mal) höheren Ansteckungswahrscheinlichkeit von B.1.1.7 gegenüber der vorherigen Virusvariante (dem sog. Wildtyp) rechnen. **In diesem Bericht geben**

wir die **Simulationsergebnisse jeweils für beide Werte an**. Die niedrigeren (optimistischeren) Werte beziehen sich dabei auf die leicht niedrigere Ansteckungswahrscheinlichkeit.

4 Wirkungen von Maßnahmen

Zur Zeit werden in einzelnen Bundesländern und Regionen sehr unterschiedliche Kombinationen von Maßnahmen implementiert. Aus diesem Grund fokussieren wir uns in diesem Bericht mehr als sonst auf Berlin, um die aktuelle Lage hier konkret zu bewerten und Empfehlungen geben zu können. Unsere Ergebnisse sind grundsätzlich auch auf andere Regionen Deutschlands übertragbar, müssen aber an die dortigen lokalen Gegebenheiten angepasst bzw. interpretiert werden. Beispielsweise entfaltet eine Schnellteststrategie im Bereich Schule kaum noch eine zusätzliche Wirkung, wenn es bereits weitgehende Schulschließungen gibt.

Die aktuell in Berlin implementierten Maßnahmen zielen unserer Einschätzung nach in die richtige Richtung, insbesondere mit den beiden zentralen Komponenten:

- **Gezielte Maßnahmen für jeden der verbleibenden kritischen Bereiche** außerhalb des privaten Haushaltes: Arbeit, Schule, private Besuche.
- **Reduktion der ungeschützten Kontakte in Innenräumen** durch Maßnahmen, die an die jeweiligen Bereiche angepasst sind (Schnelltests bei Arbeit; ein Verbot privater Besuche zwischen 21 und 5 Uhr; Kombination aus Maskenpflicht im Unterricht/reduzierte Präsenz/Schnelltests in den Schulen).

Ob diese Maßnahmen wirklich reichen werden, um die Ausbreitung von B.1.1.7 zu kontrollieren¹, kann auch unser Modell nicht mit Gewissheit vorhersagen. Dazu hängt zu viel von den tatsächlichen Details in der Umsetzung ab – beispielsweise, wie viele Schüler*innen oder Berufstätige sich an den Schnelltests beteiligen, wie gut die Kontaktbeschränkungen im privaten Bereich befolgt bzw. durchgesetzt werden oder ob das Niveau der aushäusigen Aktivitäten generell nochmals auf das Niveau vom Januar abgesenkt oder wenigstens auf dem jetzigen Niveau eingefroren werden kann.

Ein weiteres Problem ist, dass, selbst wenn die Kombination der in Berlin gewählten Maßnahmen ausreicht, um die Reproduktionszahl (R-Wert) unter 1 zu halten, es nicht dazu führen wird, eine kritische Situation bei den Krankenhauszahlen zu vermeiden, da einige Maßnahmen dafür zu spät etabliert wurden. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass das Schnelltest-Regime - soweit bekannt - immer noch nicht vollumfassend etabliert ist, was wiederum oft an der mangelnden Verfügbarkeit von Schnelltests liegt.

Die folgende Tabelle 1 und Abbildung 3 zeigen den laut unserer Simulation resultierenden R-Wert am 22.4. als Resultat bestimmter Maßnahmen. Da die Maßnahmen teilweise nicht additiv wirken, zeigt die Tabelle den Effekt der Hinzunahme einer bestimmten Maßnahme an der jeweiligen Position.² Die Maßnahmen 1-4 sind in Berlin bereits angeordnet. Die Zeilen 5-7 zeigen in Bezug auf Berlin weitere mögliche Maßnahmen. Zusätzlich zeigen wir den möglichen Einfluss der kommenden wärmeren Jahreszeit auf den R Wert. Allerdings sagen die aktuellen Prognosen für die nächsten beiden Wochen deutlich kühleres Wetter vorher, als im langjährigen Mittel zu erwarten gewesen wäre oder wie es auch im letzten Jahr der Fall war. Die Tabelle wird im nächsten Abschnitt 5 weiter besprochen.

¹ Unter "die Ausbreitung kontrollieren" verstehen wir, dass der R-Wert unter 1 gehalten wird.

² Z.B. hätte ein Vertauschen der Maßnahmen "Wechselunterricht/Masken an Schulen" und "Schnelltests an Schulen" höhere Wirksamkeit der Schnelltests und entsprechend geringere Wirksamkeit von "Wechselunterricht/Masken" zur Folge.

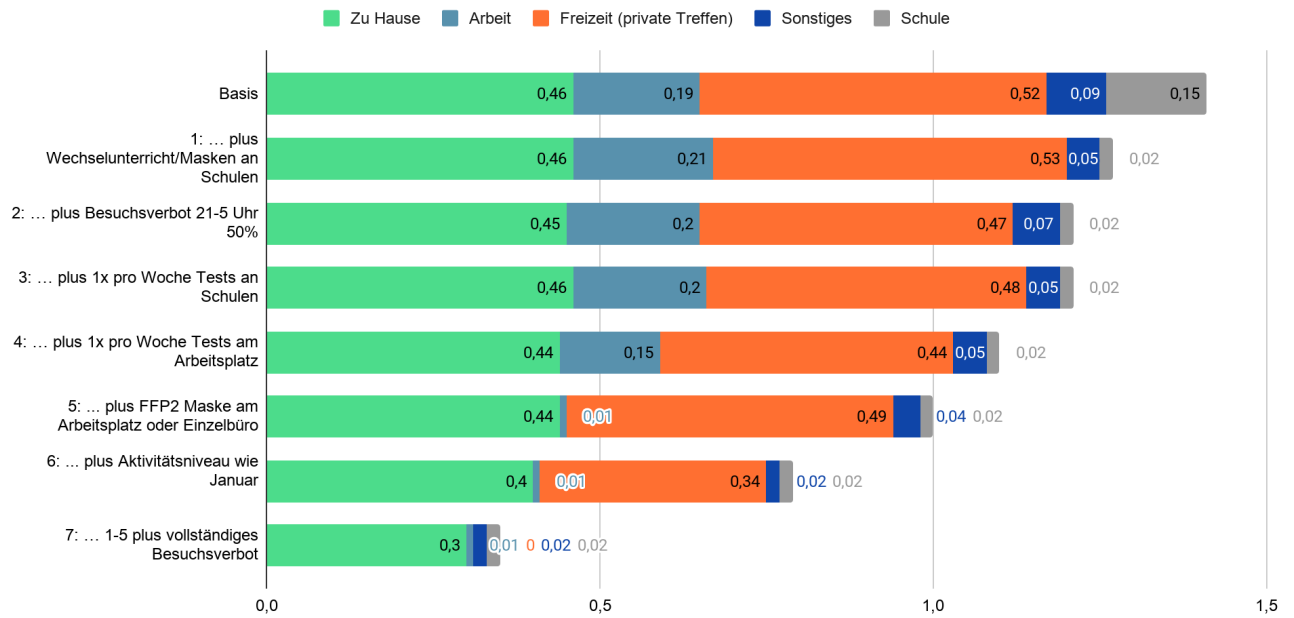


Abbildung 3: Beiträge der einzelnen Aktivitätstypen zum R-Wert am 22.4. für die Maßnahmen 1-7 aus Tabelle 1. Die Abbildung zeigt den jeweils oberen R-Wert. Gut sichtbar ist, wie (laut Modell) die einzelnen Maßnahmen auf die einzelnen Bereiche wirken.

lfd. Nummer	Maßnahme/Modellannahme	R-Wert am 22.4.	Benötigte Intensivbetten (Berlin)	Benötigte Intensivbelegung im Vergleich zum Januar 2021
0	Basis ⁺	1,35 - 1,4	1.400 - 2.000	3,1x - 5,3x
1	... plus Wechselunterricht/Masken an Schulen	1,25 - 1,3	1.000 - 1.700	2,2x - 3,8x
2	... plus Besuchsverbot 21-5 Uhr 50%	ca. 1,2	750 - 1.300	1,7x - 2,9x
3	... plus 1x pro Woche Tests an Schulen [#]	ca. 1,2	700 - 1.300	1,6x - 2,9x
4	... plus 1x pro Woche Tests am Arbeitsplatz [‡]	1,05 - 1,1	500 - 900	1,1x - 2,0x
5	... plus FFP2 Maske am Arbeitsplatz oder Einzelbüro	0,95 - 1,0	400 - 700	0,9x - 1,6x
6	... plus Aktivitätsniveau wie Januar	ca. 0,8	400 - 500	0,9x - 1,1x
7	... 1-5 plus vollständiges Besuchsverbot [*]	ca. 0,35	400 - 450	0,9x - 1,0x
8	... 1-5 plus wärmere Jahreszeit	0,75 - 0,8	350 - 600	0,8x - 1,3x

Tabelle 1: Übersicht der Simulationsergebnisse für verschiedene aufeinander aufbauende Maßnahmen/Modellannahmen mit Angabe der resultierenden Reproduktionszahl und die Anzahl der maximal benötigten Intensivbetten in Berlin. Zusätzlich ist das Verhältnis zu der maximalen Intensivbettenbelegung aus dem Januar 2021 angegeben. Wenn nicht anders angegeben, wird das Aktivitätsniveau auf dem aktuellen Niveau fortgeschrieben. Für die Bedeutung der angegebenen Spanne vgl. Abschnitt 3.

Simulationsergebnisse mit 1,8 facher Ansteckungswahrscheinlichkeit von B117 (linke Grenze):

<https://covid-sim.info/2021-04-09/bmbf-1.8>

Simulationsergebnisse mit doppelter Ansteckungswahrscheinlichkeit von B117 (rechte Grenze):

<https://covid-sim.info/2021-04-09/bmbf-2.0>

Bemerkungen:

⁺ Zusätzliche Osteraktivitäten ja, aktuelles Aktivitätsniveau, Schulen vollständig geöffnet, keine Schnelltests.

[#] Für Schulen sollte es laut Modell ausreichen, aus den drei Maßnahmen "Masken im Unterricht", "Wechselunterricht", "Schnelltests 2x pro Woche" zwei auszuwählen. Allerdings ist nicht zu erwarten, dass die Modellannahmen in der Realität vollständig umgesetzt werden (Lehrende treffen sich trotz Wechselunterricht jeden Tag im Lehrerzimmer; Masken werden nicht durchgehend getragen oder durch körperliche Nähe zwischen Schüler*innen unterlaufen; Schnelltests haben (noch) höhere Fehlerquote als im Modell angenommen, z.B. wegen Freiwilligkeit statt Testpflicht). Daher gehen wir davon aus, dass die Schulen nur dann keine Rolle mehr im Infektionsgeschehen spielen, wenn alle drei Maßnahmen gleichzeitig eingesetzt werden.

[‡] Angeordnet ist derzeit, dass Arbeitgeber:innen Schnelltests 2x pro Woche zur Verfügung stellen, aber die Annahme dieses Angebots durch die Arbeitnehmer:innen freiwillig ist. Die Zahlen in der Tabelle beziehen sich daher auf 1x/Woche.

^{*} Gemeint ist hier die in Großbritannien angewandte und schon im letzten Bericht diskutierte Maßnahme, dass der Aufenthalt im öffentlichen Raum zum Zweck eines privaten Besuches nicht mehr gestattet ist. Diese hat dort empirisch sehr gut gewirkt; auch in unserem Modell wirkt sie sehr gut. Eine mögliche Erleichterung könnte darin bestehen, Ausnahmen bei einem gültigen Schnelltest zuzulassen.

5 Weitere Maßnahmen zur Verringerung der Krankenhausbelastungen

Bei älteren Personen ist die Wahrscheinlichkeit für einen schweren Krankheitsverlauf mit einem Krankenhausaufenthalt deutlich erhöht. Dadurch, dass diese Altersgruppe mittlerweile fast vollständig geimpft ist, ist in unserem Modell der Effekt zu beobachten, dass aus gleichen Inzidenzen eine niedrigere Krankenhausbelastungen resultiert - eben weil die älteren Menschen geimpft und dadurch seltener ins Krankenhaus kommen. Andererseits ergibt sich aus der Literatur, dass die Mutation B.1.1.7 die Wahrscheinlichkeit einer Intensivbehandlung um ca. 50% erhöht. Selbst im günstigen Fall, dass alle derzeit in Berlin eingeführten Maßnahmen 1 bis 4 aus Tabelle 1 ab dem 12.4. voll greifen, ergibt sich daraus eine bis zu 2-fache Belastung der Intensivstationen gegenüber den Zahlen vom Dezember 2020.³

Es stellt sich daher die Frage, was über die Maßnahmen 1 bis 4 hinaus gemacht werden könnte bzw. müsste. Dabei sollte es sich um Maßnahmen handeln, die *schnell* eingeführt werden können, möglichst bereits zum 12.4., da sie sonst nicht mehr ausreichend Wirkung zeigen, um das Maximum der Intensivbelastung abzusenken (Tabelle 1 rechte Spalte). Mögliche Maßnahmen sind aus unserer Sicht (siehe Tabelle 1 Maßnahmen 5-7):

- A. **Nahezu vollständiges Verbot privater Besuche in Innenräumen.** Wie bereits im letzten Bericht erwähnt (vgl. Müller et al. 2021), wurde diese Maßnahmen u.a. in UK am 5. Januar und in Portugal eingeführt, und die Infektionszahlen gingen fast umgehend deutlich zurück. Die Durchsetzung in UK fand im öffentlichen Raum statt: Der Aufenthalt im öffentlichen Raum zum Zweck eines privaten Besuches war nicht mehr gestattet. diese Maßnahme zusätzlich zu den Maßnahmen 1-4 oder 1-5 aus Tabelle 1 umgesetzt, ließe sich der R-Wert auf unter 0,5 absenken und die maximale Auslastung der Intensivstationen würde das Niveau vom Dezember laut unseren Simulationen nicht überschreiten.
- B. **Durchgehende FFP2-Maskenpflicht in Mehrpersonenbüros auch am Arbeitsplatz.** Wirkung, wenn zusätzlich zu Maßnahmen 1-4 (s.o): Absenkung des R-Wertes um 0,1; maximale Intensivbelastung 10% mehr als im Dezember.
- C. **Schulen und Kitas geschlossen halten,** bis die Inzidenzen wieder sinken, oder wenigstens nur mit einem minimalen Präsenzbetrieb betreiben (also nochmals deutlich weniger als beim Wechselunterricht). Wirkung wenn zusätzlich zu Maßnahmen 1-4 oben: Absenkung des R-Wertes nicht messbar (<0.01); Absenkung maximale Intensivbettenbelastung nicht messbar.

Eine **Schließung des Einzelhandels**, welcher bereits durch Masken, Schnelltests und reduzierte Personendichte abgeschirmt wird, bewirkt in unseren Simulationen keinen messbaren Unterschied (Reduktion des R-Wertes kleiner als 0.01).

³ Wir berechnen dies wie folgt: (1) Im Dezember haben wir, bei richtiger Krankenhausbelastung, die Intensivbelastung um ca. 55% zu hoch vorhergesagt. (2) Andererseits erhöht B.1.1.7 die Wahrscheinlichkeit einer Intensivbehandlung um ca. 55% (Bager et al. 2021; Norwegian Institute of Public Health 2021; Patone et al. 2021; UK Government 2021). Also gehen wir insgesamt davon aus, dass unsere Vorhersage für die Intensivbettenbelastung jetzt ohne Korrekturfaktor verwendet werden kann.

6 “Harter” Lockdown

Zur Zeit werden von Seiten der Politik Vorschläge in Richtung eines verschärften Lockdowns diskutiert. Da bisher noch keine genaueren Details über die geplante Umsetzung bekannt sind, wollen wir an dieser Stelle folgende Empfehlungen geben:

Wenn mit einem “verschärften Lockdown” eine Rückkehr zum Regime im Januar gemeint sein sollte, so ist nochmals dringend darauf hinzuweisen, dass **das Regime vom Januar nicht ausreichen wird, um B.1.1.7 zu kontrollieren und damit den R-Wert unter 1 zu drücken bzw. zu halten** (vgl. Müller et al. 2021). Es müssen weitere Maßnahmen hinzukommen und diese müssen *sofort* umgesetzt werden. Da im Regime vom Januar die Schulen bereits geschlossen waren, und die verbleibenden großen Ansteckungsbereiche die Bereiche “Freizeit” (private Besuche in Innenräumen) und “Arbeit” (Mehrpersonenbüros) sind, *müssen* zielführende Maßnahmen in diesen beiden Bereichen eingeführt werden. Dies wurde oben bereits diskutiert; hier noch einmal in Kurzform; bzgl. Details und Wirksamkeit siehe Abschnitte 4 & 5 inkl. Tabelle 1:

- I. Keine Zusammenkünfte im Privaten mit haushaltsfremden Personen zwischen 21 und 5 Uhr / rund um die Uhr.
- II. Schnell-/Selbsttests vor Schulbesuchen mindestens 1x pro Woche.
- III. Schnell-/Selbsttests im Bereich Arbeit mindestens 1x pro Woche.
- IV. FFP2-Masken auch am Arbeitsplatz falls Einzelbüro/Homeoffice nicht möglich.
- V. Absenkung des aushäusigen Aktivitätsniveaus auf das Niveau von Januar:

Hingegen hat die Schließung des Einzelhandels in unserem Modell keine deutliche Wirkung (Reduktion des R-Wertes < 0.01).

7 Aufhebung Maßnahmen nach 3 Wochen

Im folgenden zeigen wir die Simulationsergebnisse eines eines 3-wöchigen Lockdowns (Abb. 4) gefolgt von einer weitgehenden Öffnung (Schulen offen, Einzelhandel offen, 80% des normalen aushäusigen Aktivitätsniveaus; Effekt der wärmeren Jahreszeit sowie der weiter laufenden Impfungen bereits eingerechnet). Daraus lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

1. Eine **“vollständige Öffnung”** wird nach diesen drei Wochen auf keinen Fall möglich sein; man beachte, dass die Simulationen bereits ein um 20% abgesenktes aushäusiges Aktivitätsniveau enthalten. Die drei Wochen müssten also unbedingt genutzt werden, um zusätzliche Maßnahmen zu etablieren; ein systematisches Testregime (mit Testpflicht) im Bereich Schulen und im Bereich Arbeit wäre eine solche Option.
2. Eine **deutliche Absenkung der Inzidenz während dieser drei Wochen ist nur dann möglich, wenn wirklich deutliche Maßnahmen ergriffen werden**. Selbst die derzeitigen Berliner Maßnahmen (1-4 in Tab. 1) reichen dafür nicht aus. Eine entsprechend deutliche Maßnahme wäre das in Großbritannien umgesetzte Verbot fast aller privaten Kontakte in Innenräumen, evtl. mit Ausnahme bei gültigen Schnelltests.

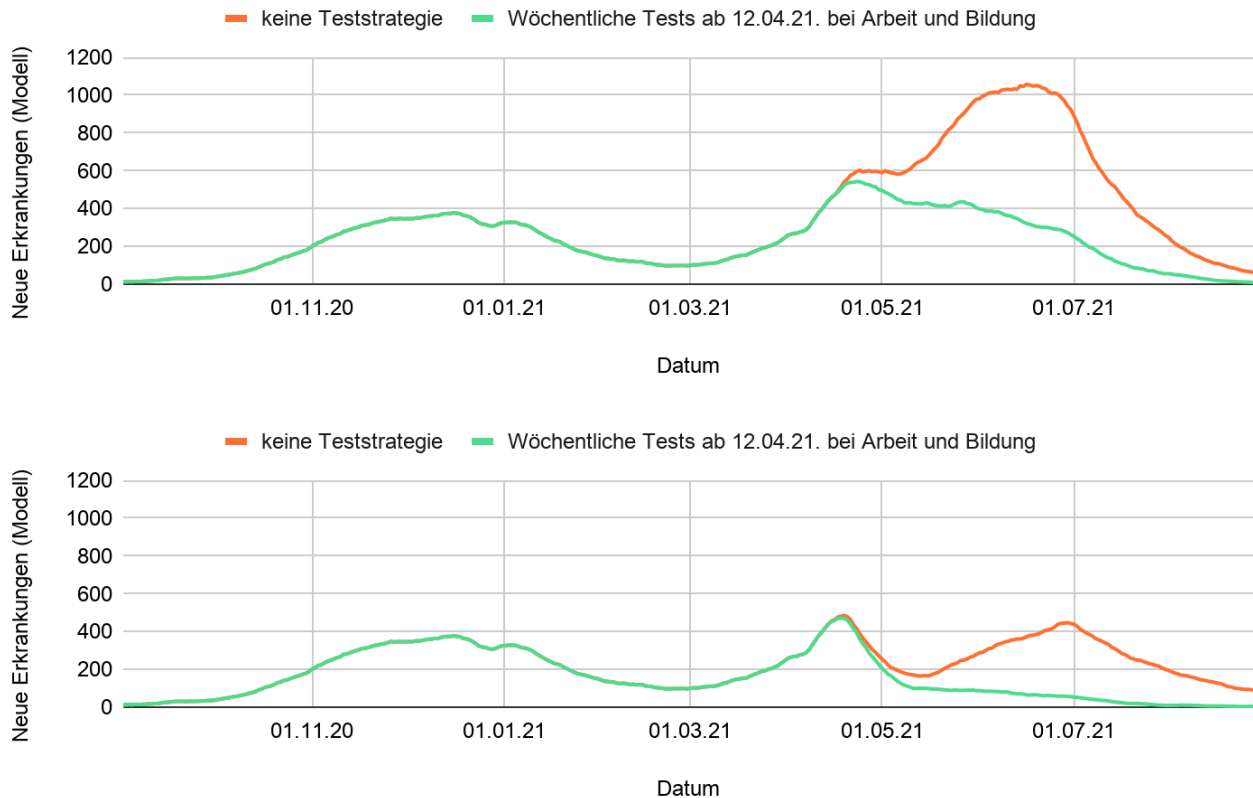


Abbildung 4: Übersicht der Simulationsergebnisse bei Einführung eines 3-wöchigen Lockdowns mit anschließender weitergehender Öffnung. Oben: Beibehaltung der Berliner Maßnahmen, Lockerungen ab 03.05. Unten: Beibehaltung der Berliner Maßnahmen + vollständiges Besuchsverbot ab 12.04., Lockerungen ab 03.05. y-Achse: Neuerkrankungen pro Woche pro 100.000 Einwohner

Siehe Simulationsergebnisse mit Beendigung des Lockdowns nach 3 Wochen (lift restrictions): <https://covid-sim.info/2021-04-09/bmbf-2.0>

8 Einfluss der wärmeren Jahreszeit und Impfungen

Wir gehen in unserem Modell davon aus, dass ab Tageshöchsttemperaturen von über 15 Grad Freizeitaktivitäten zunehmend nach draußen verlagert werden. Dadurch finden weniger Treffen in Innenräumen statt, wodurch schlussendlich weniger Infektionen passieren. Die warmen Tage Ende März zeigen in unserem Modell entsprechende Wirkung, und wären auch eine mögliche Teilerklärung der niedrigeren Zahlen über die Ostertage; wegen der Vermischung mit den Meldeverzögerungen und -verzerrungen wird sich dies nicht klären lassen. Ansonsten aber hatten wir in unserem Modell im letzten Jahr im April deutlich mehr wärmere Tage, als in diesem Jahr laut Wetterbericht zu erwarten sind. Somit müssen, wenn B.1.1.7 kurzfristig kontrolliert werden soll, zusätzliche Maßnahmen zum Einsatz kommen.

Auch die Impfungen helfen bzgl. der Infektionsdynamik nicht schnell genug: Wir müssen mindestens $\frac{1}{3}$ der Bevölkerung geimpft haben, um die 1,5 mal so hohe Reproduktionszahl von B.1.1.7 zu kompensieren, und damit dort zu stehen, wo wir letztes Jahr um die gleiche Zeit standen.

9 Überlegungen zu Lockerungen

Perspektivisch wird in auch die aktuelle (dritte) Welle vorbei sein und die Infektionszahlen sich wieder auf ein vergleichsweise niedriges Niveau eingependelt haben. Zu erwarten ist, dass dann auch Diskussionen über Öffnungen wieder verstärkt in der Öffentlichkeit geführt werden. Hierbei muss unbedingt darauf geachtet werden, **dass das inzwischen aufgebaute Wissen über das Infektionsgeschehen besser genutzt wird:**

- Aktivitäten mit Schutzmaßnahmen (Masken/Schnelltests/Impfungen/draußen) sowie mit reduzierter Personendichte und Vermeidung von lautem Sprechen/Singen sind eher unproblematisch.
- **Aktivitäten mit Kontakten in Innenräumen ohne Schutzmaßnahmen bleiben weiterhin hochgradig problematisch.**

Daraus ergibt sich, dass bei sukzessiver Öffnung **Aktivitäten mit Schutzmaßnahmen vor Aktivitäten ohne Schutzmaßnahmen geöffnet werden sollten.**

Aktivitäten, bei denen Schutzmaßnahmen schwierig zu erreichen sind, sind alle Aktivitäten in Innenräumen, bei denen keine Maske getragen werden kann (z.B. Innengastronomie wg. Nahrungsaufnahme) oder typischerweise keine Maske getragen wird (z.B. private Besuche). Bzgl. Gastronomie empfiehlt es sich, zunächst nur die Außengastronomie, abgesichert durch Schnelltests, zu öffnen. Bzgl. privater Besuche in Innenräumen existieren als Möglichkeiten eine Variante des weiter oben im Text diskutierten Regimes (Aufenthalt im öffentlichen Raum zum Zweck eines privaten Besuchs nur bei Vorliegen eines gültigen negativen Schnelltests), oder eine breite Werbekampagne.

10 Langfristprognose der Impfkampagne

Das Impfen gegen SARS-CoV-2 ("das Corona-Virus") ist die stärkste Maßnahme, um in absehbarer Zeit das öffentliche Leben wieder in eine Art Normalzustand zu bringen. Die derzeit in Deutschland laufende Impfkampagne ist dabei wie ein "Wettlauf" zwischen dem Infektionsgeschehen und dem Fortschreiten der Impfungen. Das Problem dabei ist, dass das Infektionsgeschehen teilweise mit einer exponentiellen Dynamik läuft, während die Dynamik der Impfungen durch die verfügbaren Impfdosen und logistische Bedingungen beschränkt ist. Um diesen "Wettlauf" etwas fairer zu gestalten, muss das Infektionsgeschehen also weiterhin unbedingt gedämpft werden, z.B. durch die in unseren Berichten mehrfach beschriebenen Maßnahmen, wie Kontaktbeschränkungen, Abstand halten, Masken tragen oder ähnlichem.

Im Folgenden gehen wir der Frage nach, wie sich die Impfkampagne langfristig auf das Infektionsgeschehen auswirkt und wie sich das Aussetzen der Maßnahmen ab einem bestimmten Zeitpunkt (hier: sobald 80% der Bevölkerung geimpft sind) ebenfalls langfristig auf die Infektionsdynamik auswirken könnte. Zur Vereinfachung betrachten wir in diesem Modell nur die Bevölkerung von Berlin und fokussieren uns auf die Zahl der wegen einer Corona-Erkrankung auf der Intensivstation befindlichen Patienten.

Unserem Modell liegen die folgenden Annahmen zugrunde (die genauen Wahrscheinlichkeiten finden sich weiter unten):

- 20% der Bevölkerung wollen oder können nicht geimpft werden (z.B. Impfskeptiker oder Altersgruppen, für die der Impfstoff nicht zugelassen ist).
- Bei einigen Menschen wirkt die Impfung nicht, eine Immunisierung findet damit nicht statt (die sog. "Non-Responder"). Bei diesen Menschen kann also trotz Impfung in sehr seltenen Fällen ein sehr schwerer Krankheitsverlauf mit Aufenthalt auf der Intensivstation auftreten.
- Eine Impfung schützt mit hoher Wahrscheinlichkeit vor einem mittelschweren symptomatischen Krankheitsverlauf (ohne Aufenthalt auf der Intensivstation).
- Eine Impfung schützt mit einer mittleren Wahrscheinlichkeit vor einer Infektion mit asymptomatischem Verlauf und damit vor Infektiosität.
- Während der Impfkampagne gelten strenge Corona-Schutzmaßnahmen (NPIs), die nach Erreichen des Ziels von 80% geimpften BerlinerInnen aufgehoben werden.

10.1 Ein Modell für die Langzeit-Auswirkungen der Impfkampagne

Das neue Modell, das die geimpften Menschen mit einbezieht, basiert auf unserem früher vorgestellten Ansatz zur Modellierung der Berliner Infektionsdynamik (vgl. Müller et al. 2020; Rakow et al. 2020 für weitere Details). In diesem ursprünglichen Modell gehen wir davon aus, dass eine Person verschiedene "Phasen" (mit weiteren Zwischenstufen) durchlaufen kann, etwa von "nicht-infiziert" (S), zu "mit dem Virus in Kontakt gekommen" (E), zu "infiziert" (I), zu "hospitalisiert" (H) und dann zu "genesen" (R). Die Wahrscheinlichkeiten für diese Übergänge können wir aufgrund der verfügbaren Daten z.B. für Berlin gut schätzen und so einen zukünftigen Verlauf der Infektionsdynamik gut vorhersagen.

Um die Impfungen in dieses Modell zu integrieren, nehmen wir an, dass es einen neuen Übergang von der Gruppe der "nicht-infizierten" (S) in die Gruppe der "nicht-infizierten UND geimpften" (SV) gibt (vgl. Abb. 5). Sobald eine Person geimpft ist, kann sie in unserem Modell weiterhin infiziert werden und schließlich auf der Intensivstation landen, diese Wahrscheinlichkeiten sind allerdings deutlich geringer im Vergleich zu einer nicht geimpften Person. Praktisch besteht unser Modell jetzt also aus zwei Teilen, die nahezu identisch sind und die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen darstellen. Die beiden Teile unterscheiden sich in zwei Dingen: (1) die Wahrscheinlichkeiten der Übergänge sind signifikant anders – für eine geimpfte Person ist es sehr viel unwahrscheinlicher, infiziert zu werden und ins Krankenhaus zu kommen – und (2), es gibt für eine geimpfte Person einen zusätzlichen Übergang von "mit dem Virus in Kontakt gekommen" (EV) zu "genesen" (RV). Dies beschreibt den Effekt der Impfung, wodurch eine Infektion (nahezu) ausgeschlossen werden soll. Das vollständige Modell zeigt die folgende Abbildung:

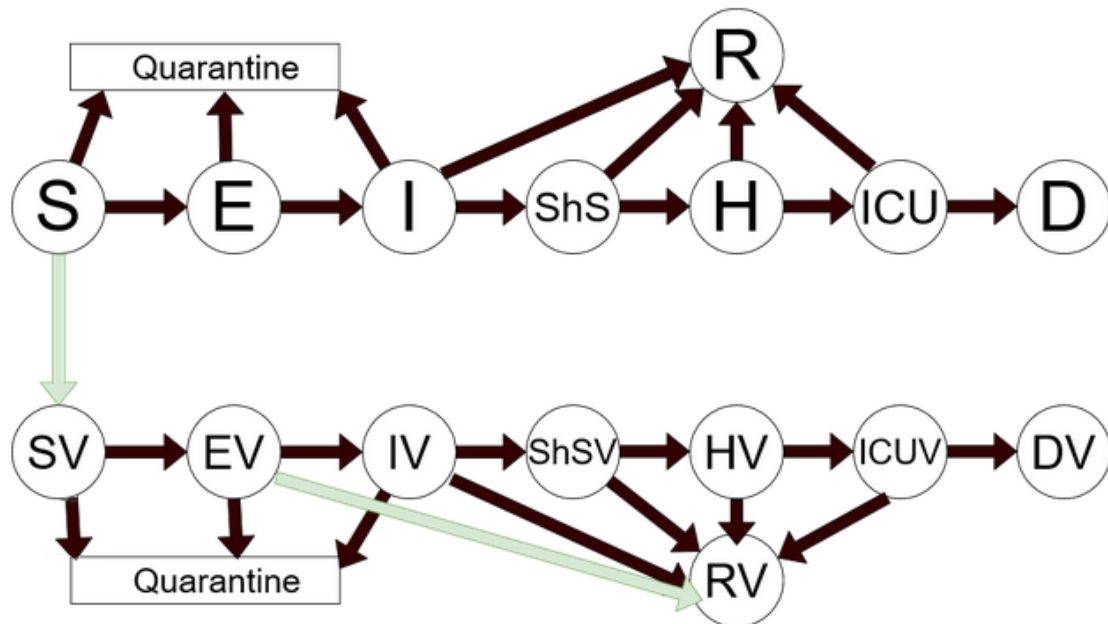


Abbildung 5: Das neue Modell, das Geimpfte beinhaltet. Der neue (untere) Teil des Modells ist identisch zum ursprünglichen Modell aufgebaut. Die beiden neuen Reaktionen sind in grün markiert.

Die Übergänge in dem Modell zwischen den einzelnen Phasen werden durch sog. Raten beschrieben. Für den (oberen) Teil, der die nicht-geimpften Personen beschreibt, werden diese Raten durch Parameterschätzung anhand echter Daten ermittelt. Für den unteren "Zweig" des Modells, der die Phasen der geimpften Personen modelliert, haben wir diese Übergangsraten geschätzt, da dafür noch keine belastbaren Daten vorliegen.

Diese Schätzungen basieren auf den bekannten Daten zur Effektivität der in Deutschland eingesetzten Impfstoffe (vgl. Voysey et al. 2021):

Verhinderung von...	Effektivität	Daraus folgt...
asymptomatischer Infektion	65 %	Anteil der Geimpften, die nach einer "Infektion" einen asymptomatischen Verlauf haben ist 35% (Übergang EV->IV). Die restlichen 65% sind durch die Impfung geschützt und wechseln von EV->RV..
symptomatischer Infektion	79 %	Anteil der symptomatischen Geimpften (ShSV) ist 21%
Krankenhausaufenthalt	98 %	Anteil der hospitalisierten Geimpften (HV) ist 2%.
Aufenthalt auf Intensivstation	99.9 %	Anteil der geimpften Corona-Patienten auf der Intensivstation ist 0,1%.

Weiterhin gehen wir im gesamten Modell (also in beiden Teilen) davon aus, dass die sog. Infektionsrate (hier der Modellparameter kE) während der Impfkampagne gleich ist und bleibt. Dadurch beschreibt dieser Parameter die getroffenen Corona-Schutzmaßnahmen, also die nicht-pharmazeutischen Interventionen (NPIs). Je kleiner kE , desto weniger kann sich das Virus verbreiten, da mehr und strengere Schutzmaßnahmen gelten.

10.2 Auswirkungen der Impfkampagne und der langfristigen Lockerungen

Mit dem beschriebenen Modell kann der eingangs gestellten Frage nachgegangen werden: Wie entwickelt sich die Infektionsdynamik, wenn die meisten Berliner geimpft sind und die Corona-Schutzmaßnahmen größtenteils wegfallen?

Dazu nehmen wir an, dass bis Ende 2021 80% der Berliner Bevölkerung (ca. 3 Millionen Menschen) mindestens einmal geimpft wurden und diese Zahl nicht weiter ansteigt (20% der Bevölkerung können oder wollen nicht geimpft werden.) Die dazu notwendigerweise zu erreichenden Impfungen sind in der folgenden Abbildung 6 gezeigt.

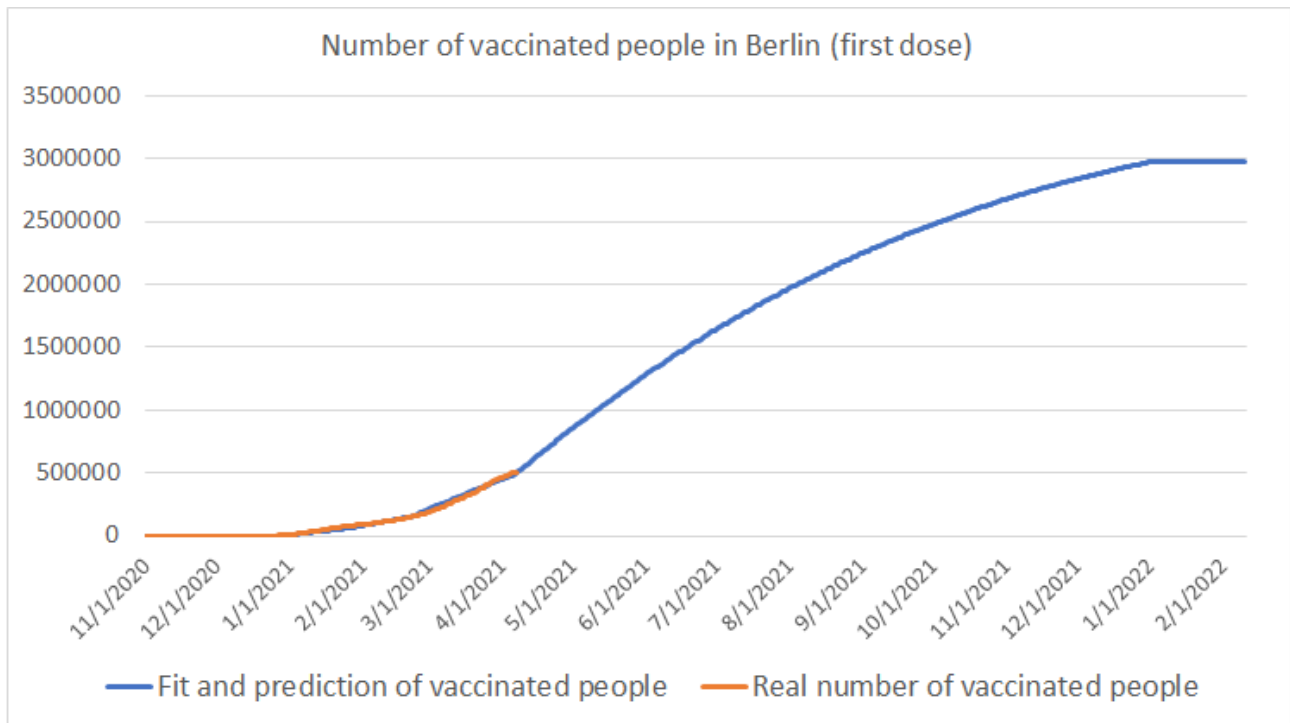


Abbildung 6: Anzahl der zu erreichenden Impfungen in Berlin über die Zeit. Die orange Linie zeigt die tatsächlichen Zahlen und die blaue Linie die notwendigerweise zu erreichenden Zahlen, wenn 3 Millionen Berliner bis Ende 2021 geimpft werden sollen. (Dies bedeutet ca. eine Verdopplung der aktuellen Impfgeschwindigkeit).

Während dieser Zeit (bis Ende 2021) gelten weiterhin gleichbleibende strenge Corona-Schutzmaßnahmen (in unserem Modell entspricht das einem kE Wert von 1,3). Diese Restriktionen werden danach - also ab Januar 2022 - aufgehoben. Im Modell wird dazu ab 2022 der (oben beschriebene) kE -Wert erhöht, was bedeutet, dass das Virus sich wieder schneller verbreiten kann. Wir haben drei verschiedene Szenarien gerechnet:

- (A) Komplette Aufhebung aller Restriktionen (Vervierfachung des kE Wertes im Vergleich zum vorherigen Zustand während der Impfkampagne)
- (B) Moderate Aufhebung der Restriktionen (Verdreifachung des kE Wertes)
- (C) Vorsichtige Aufhebung der Restriktionen (Verdopplung des kE Wertes)

Unter diesen Voraussetzungen erhalten wir mit unserem Modell die folgenden drei möglichen Entwicklungen über die Belegung der Intensivstationen in Berlin (Abbildung 7 a-c):

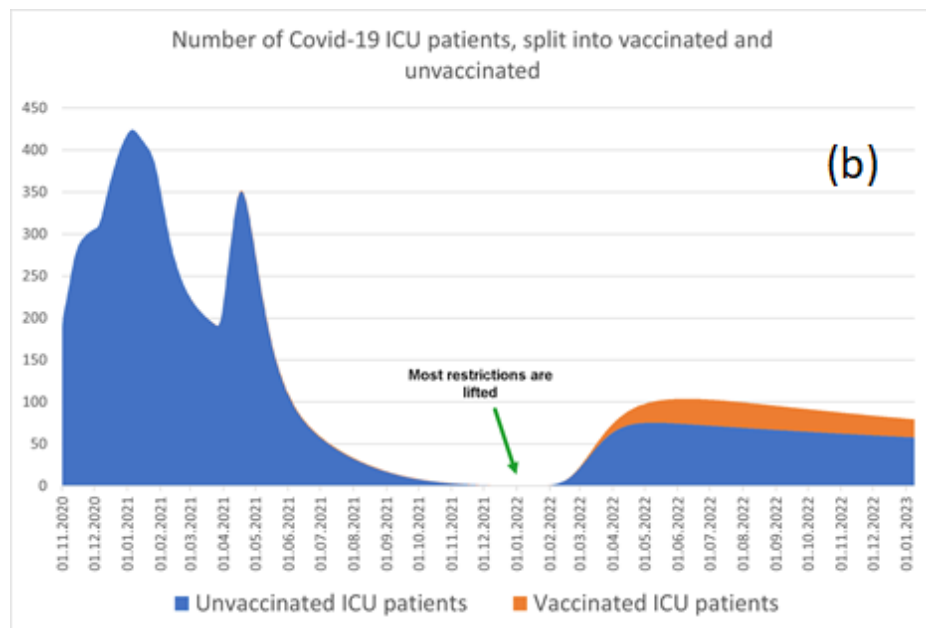
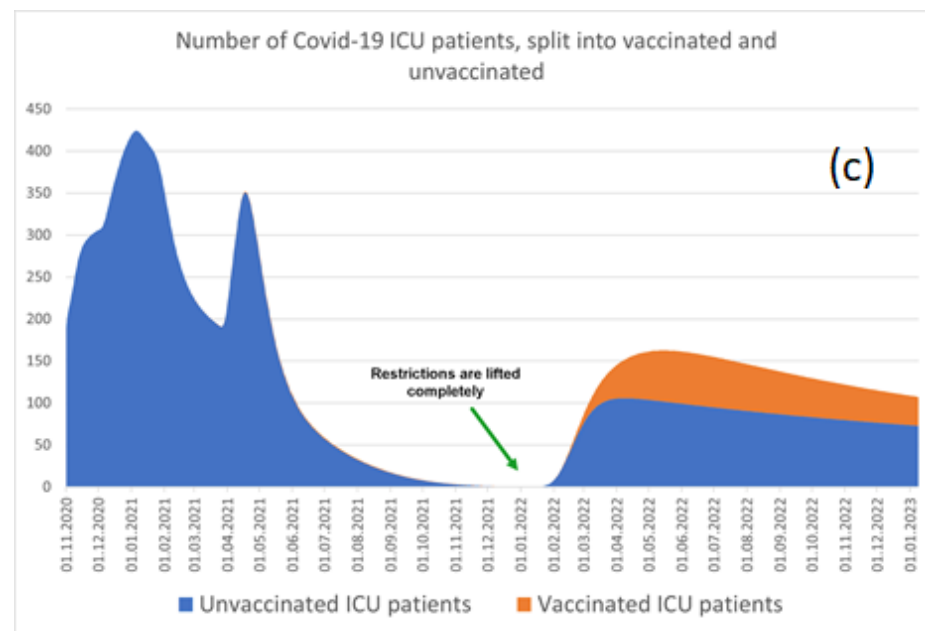
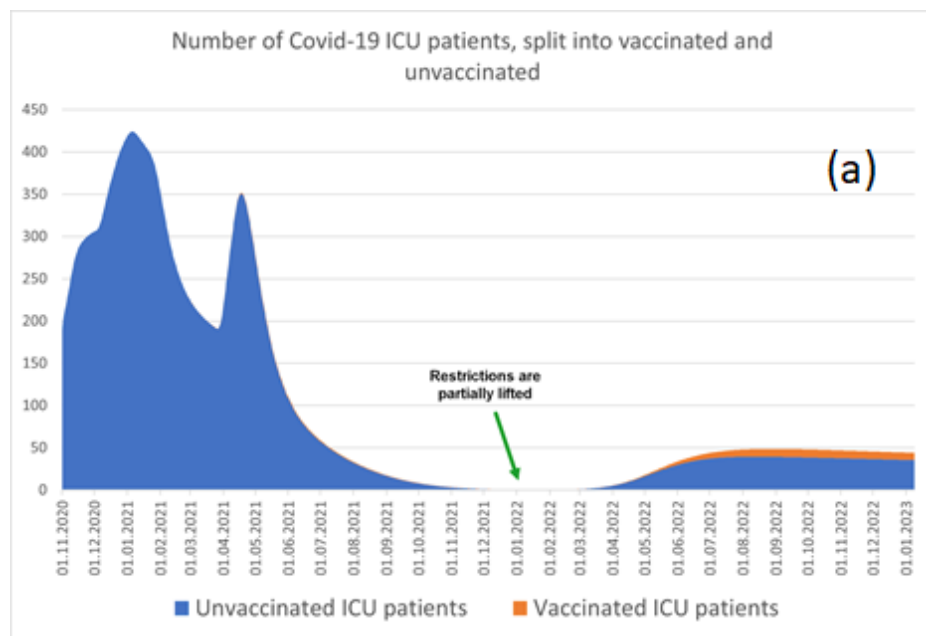


Abbildung 7: Mögliche Entwicklungen der Anzahl an Covid-19-Intensivpatienten, nach einer Impfkampagne und anschließender Aufhebung der Restriktionen. Die 20 % der Berliner*innen, die in unserem Modell ungeimpft sind, führen zu einer konstanten, aber vergleichsweise niedrigen Belastung auf die Intensivmedizin. Der Anteil der geimpften Intensivpatienten kommt durch die sogenannten “Non-Responder” zustande. Die tatsächliche Anzahl von Intensivpatienten hängt von der angenommenen Stärke der Lockerungen ab - von (a) “vorsichtig”, über (b) “moderat” und (c) “stark”.

10.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus der oberen Abbildung bzw. den Ergebnissen unseres Modells lassen sich die folgenden Schlüsse ziehen – wobei immer bedacht werden muss, dass in dem Modell verschiedene Annahmen getroffen wurden (s.o.), die sich in der Realität möglicherweise anders darstellen:

- Wenn während der Impfkampagne die Corona-Schutzmaßnahmen weiterhin hoch sind, wird die Belegung der Intensivstationen durch Covid-Patienten kontinuierlich sinken und bis Ende 2021 auf fast 0 sinken.
- Nach der Aufhebung der Restriktionen Anfang 2022 entsteht eine neue Welle von Infektionen und teilweise schweren Krankheitsverläufen mit Intensivpatienten aus geimpften (Non-Respondern) und nicht-geimpften Patienten. Diese Welle ist mit ca. 50 bis 150 Intensivpatienten in der Spitze (je nach Stärke der Lockerungen) im schlimmsten Fall etwa so hoch, wie während der ersten Welle im April 2020 und nimmt dann langsam ab.
- Innerhalb der ersten zwei Jahre nach Start der Impfkampagne kommen bis zu 1 Million **geimpfte** BerlinerInnen mit dem Virus in Kontakt. Das ergibt sich daraus, dass nach einem Jahr die Restriktionen gelockert werden und dann weiterhin mehr als 20% der Bevölkerung potentielle VirusträgerInnen und -verbreiterInnen sind. Diese Gruppe besteht aus den nicht Geimpften, den Non-Responder und diejenigen Geimpften, die das Virus trotz Impfung verbreiten können.
- Von den 1 Million geimpften BerlinerInnen, die mit dem Virus in Kontakt kämen, entwickeln aber nur etwa 900 einen schweren Krankheitsverlauf inkl. Aufenthalt auf der Intensivstation - also ca. 0,09%. Damit wurde bei ca. 99,9% der Geimpften ein schwerer Krankheitsverlauf verhindert.

11 Anhang

11.1 Tabelle der Beiträge zum R-Wert

Mit unseren Modellierungen können wir abschätzen, in welchem Ausmaß einzelne Aktivitäten in den unterschiedlichen Bereichen des alltäglichen Lebens (wie Schule, Arbeit und Freizeit) zur Reproduktionszahl (R-Wert) beitragen und in welchem Ausmaß bestimmte Gegenmaßnahmen das Infektionsgeschehen eindämmen. Der Beitrag einzelner Aktivitäten zum R-Wert sowie der Effekt von bestimmten Infektionsschutzmaßnahmen sind für die vorherrschende Virus-Mutation B.1.1.7 in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt. Die R-Werte dieser Tabelle geben dabei den Einfluss wieder, wenn das Mobilitätsniveau wieder bei 100%, als dem Niveau vor der Pandemie, wäre. Dabei wird die Wirkung von Schnelltests vor bestimmten Aktivitäten nicht ausgewiesen, da deren Durchführung auch Einfluss auf den Beitrag anderer Aktivitäten hat. Lesebeispiel: Eine vollständige Schulöffnung ohne Masken und Wechselunterricht würde R um 0,3 erhöhen.

Zu beachten ist dabei, dass bereits ein erheblicher Anteil am R-Wert durch weitgehend unvermeidliche Ansteckungen in den Haushalten entsteht. Bei der Virus-Mutation B.1.1.7 trägt dieser Anteil 0,5 zum R-Wert bei. Das bedeutet, dass nur 0,5 für die weiteren Bereiche "übrig bleiben", um den R-Wert unter 1 zu halten.

	Beitrag zu R (B117)
(Unvermeidbare) Übertragungen im eigenen Haushalt	0,50
Arbeit	
... ohne Schutzmaßnahmen (also ohne Homeoffice, Maskenpflicht und Einzelbüros) [†]	0,30
... mit Pflicht zu FFP2-Masken oder Einzelbüros oder Homeoffice [‡]	0,03
Schulen^{‡‡}	
... ohne Schutzmaßnahmen (also ohne Maskenpflicht im Unterricht und ohne Wechselunterricht)	0,30
... mit FFP2-Maskenpflicht während des Unterrichts und mit Wechselunterricht [‡]	< 0,01
Einzelhandel	
... ohne Schutzmaßnahmen (also insbes. ohne Maskenpflicht)	0,10
... mit FFP2-Maskenpflicht	< 0,01
Gastronomie	
... innen ohne Schutzmaßnahmen	0,50
... innen mit halber Gästezahl (Maskenpflicht nicht sinnvoll möglich)	0,13
... im Außenbereich	0,05
Private Besuche / Treffen / Feiern	
Besuche / Treffen innen (Winter) ohne Schutzmaßnahmen	0,25
Besuche / Treffen innen mit FFP2-Masken ^{‡‡}	0,03
Besuche / Treffen im Außenbereich (Sommer)	0,03
Feiern innen ohne Schutzmaßnahmen	0,25
Besuche / Treffen innen (Winter) ohne Schutzmaßnahmen, wenn Restaurants geschlossen und Feiern verboten ^{**}	0,60
Veranstaltungen	
... Museen und Streichkonzerte mit durchgehender FFP2-Maskenpflicht	< 0,01
... in großen Räumlichkeiten mit „ausgedünnter“ Teilnehmerzahl	unklar
... im Außenbereich	< 0,01
Öffentlicher Verkehr	
... ohne Schutzmaßnahmen (also ohne Maskenpflicht) / normale Auslastung	0,20
... mit FFP2-Maskenpflicht bei derzeitiger Auslastung	0,02

Tabelle 2: Beiträge verschiedener aushäusiger Aktivitäten zur Reproduktionszahl R unter der Mutation B.1.1.7.; rot: ohne Infektionsschutzmaßnahmen; blau: mit FFP2-Masken; orange: draußen. Schnelltests sind in dieser Tabelle nicht ausgewiesen, da Schnelltests vor einem bestimmten Aktivitätentyp auch Reduktionen der Ansteckungen in anderen Aktivitätentypen zur Folge hat, und dies nicht auf einfache Weise darstellbar ist.

† Wir gehen in unserem Modell davon aus, dass pro Arbeitnehmer*in 10 Quadratmeter Bürofläche vorhanden sind. Je kleiner diese Fläche pro Person ist, desto wahrscheinlicher ist eine Ansteckung am Arbeitsplatz.

‡ Wichtig ist hier, dass bei mehr als einer Person pro Raum die FFP2-Maske zwingend auch am Arbeitsplatz getragen werden muss. Nur so sinkt der Beitrag zu R im Arbeitsumfeld auf nahezu 0. In der Simulation gehen wir davon aus, dass dies 90% der Arbeitnehmer*innen tun.

‡‡ Bei Schulschließungen kommt laut Diskussionen in der Wissenschaft (Brauner et al. 2020) hinzu, dass Schulschließungen Signalwirkung haben sowie Eltern zu Hause binden, und somit über die hier ausgewiesene Zahl hinaus weitere Wirkung haben.

* In dieser Simulation gehen wir davon aus, dass 90% der Kinder eine FFP2-Maske tragen und jedes Kind nur an jedem zweiten Tag kommt. Es befindet sich also jeweils nur die Hälfte der Klasse in einem Klassenraum.

++ Wenn Restaurants geschlossen und private Feiern verboten sind, dann erhöht sich der Beitrag der privaten Besuche.

†† Die FFP2-Maske müsste in diesem Fall über die gesamte Besuchszeit von allen anwesenden Personen getragen werden (also auch von den besuchten Personen).

12 Quellen

- Bager, Peter, Jan Wohlfahrt, Jannik Fonager, Mads Albertsen, Thomas Yssing Michaelsen, Camilla Holten Møller, Steen Ethelberg, et al. 2021. "Increased Risk of Hospitalisation Associated with Infection with SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in Denmark." <https://doi.org/10.2139/ssrn.3792894>.
- Brauner, Jan Markus, Sören Mindermann, Mrinank Sharma, Anna B. Stephenson, Tomáš Gavenčiak, David Johnston, John Salvatier, et al. 2020. "The Effectiveness and Perceived Burden of Nonpharmaceutical Interventions against COVID-19 Transmission: A Modelling Study with 41 Countries." *Epidemiology*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.05.28.20116129>.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Dominic Jefferies, Christian Rakow, Hanna Wulkow, Tim Conrad, Christof Schütte, and Kai Nagel. 2021. "MODUS-COVID Bericht vom 19.03.2021." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-11678>.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Christian Rakow, Tilmann Schlenker, Frank Schlosser, et al. 2020. "MODUS-COVID Bericht Vom 03.07.2020." <https://doi.org/10.14279/depositonce-10373>.
- Norwegian Institute of Public Health. 2021. "UK Virus Variant Associated with Higher Risk of Hospital Admission." March 23, 2021. <https://www.fhi.no/en/news/2021/britisk-virusvariant-er-assosiert-med-hoyere-risiko-for-sykehu-sinnleggelse/>.
- Patone, Martina, Karen Thomas, Rob Hatch, Pui San Tan, Carol Coupland, Weiqi Liao, Paul Mouncey, et al. 2021. "Analysis of Severe Outcomes Associated with the SARS-CoV-2 Variant of Concern 202012/01 in England Using ICNARC Case Mix Programme and QResearch Databases." *bioRxiv*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.03.11.21253364>.

- Rakow, Christian, Hanna Wulkow, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Tim Conrad, Kai Nagel, and Christof Schütte. 2020. "MODUS-COVID Bericht vom 21.08.2020." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-10480>.
- Senozon. 2021. "The Senozon Mobility Model." The Senozon Mobility Model. 2021. <https://senozon.com/en/model/>.
- UK Government. 2021. "NERVTAG: Update Note on B.1.1.7 Severity, 11 February 2021." February 11, 2021. <https://www.gov.uk/government/publications/nervtag-update-note-on-b117-severity-11-february-2021>.
- Voysey, Meryn, Sue Ann Costa Clemens, Shabir A. Madhi, Lily Y. Weckx, Pedro M. Folegatti, Parvinder K. Aley, Brian Angus, et al. 2021. "Single-Dose Administration and the Influence of the Timing of the Booster Dose on Immunogenicity and Efficacy of ChAdOx1 nCoV-19 (AZD1222) Vaccine: A Pooled Analysis of Four Randomised Trials." *The Lancet* 397 (10277): 881–91.