

MODUS-COVID Bericht vom 30.04.2021

Arbeitsgruppe Prof. Dr. Kai Nagel, Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik ("VSP"),
TU Berlin, nagel@vsp.tu-berlin.de

Arbeitsgruppen Prof. Dr. Christof Schütte, PD Dr. Tim Conrad, Zuse-Inst. Berlin ("ZIB")
<https://covid-sim.info/>

1 Zusammenfassung

Die Mobilitätsdaten zeigen einen leichten aber deutlichen Trend zu einem höheren Aktivitätsniveau. Wir zeigen zudem, wie sich die aushäusig verbrachte Zeit in verschiedenen Bundesländern vom Bundesdurchschnitt unterscheidet. In ländlichen Regionen ist die aushäusig verbrachte Zeit generell höher als in urbanen Räumen, weil hier längere Fahrzeiten notwendig sind (vgl. Abschnitt 2, S. 1).

In Berlin hat sich die tägliche Zahl der Neuinfektionen auf einem Plateau stabilisiert. Bei Beibehaltung des jetzigen Verhaltens ist aufgrund von Immunisierung, insbesondere durch Impfungen aber auch durch überstandene Infektionen in Kombination mit wärmeren Temperaturen, zeitnah mit einem Absinken der Infektionszahlen zu rechnen. Unsere Simulationen bestätigen dies (vgl. Abschnitt 3, S. 3).

Aus diesem Grund schlagen wir stufenweise Öffnungsschritte vor (vgl. Abschnitt 4, S. 4 und Abschnitt 5, S. 5). Nach jedem Öffnungsschritt sollte sichergestellt werden, dass die Inzidenzen weiter absinken, dann kann der nächste Schritt erfolgen. Unsere Simulationen zeigen, dass in der jetzigen Situation

- erstens recht weitreichende Teilöffnungen sehr bald möglich sind in Bereichen, die kaum einen Beitrag zum Infektionsgeschehen leisten (z.B. Kulturveranstaltungen mit reduzierter Personenzahl, Maskenpflicht und Schnelltests, alternativ Impfungen);
- auch in Bereichen, die einen Beitrag zum Infektionsgeschehen leisten, zügige Öffnungsschritte möglich sind, solange Schutzmaßnahmen beibehalten werden.

Falls Inzidenzen wieder ansteigen, müssen Öffnungsschritte zurückgenommen werden.

Ein langfristiges Modell zeigt, wie sich die Infektionsdynamik über mehrere Jahre hinweg der Influenza-Dynamik annähern kann, mit jeweils winterlichen Wellen (vgl. Abschnitt 7, S. 8).

2 Mobilitätsdaten

Die Mobilitätsdaten für Berlin zeigen in der Woche vor Ostern (Abb. 1) ein erhöhtes und in der Woche danach ein abgesenktes Niveau. Da wir gleichzeitig aus den Google Mobilitätsdaten (Google 2021) wissen, dass in diesen beiden Wochen das Niveau der aushäusigen Arbeitsaktivitäten abgesenkt war, vermuten wir, dass die Woche vor Ostern, mit Temperaturen von über 20 Grad, für Freizeitaktivitäten im Freien genutzt wurde, gefolgt von einer eher häuslichen Woche nach Ostern. In der dann anschließenden Woche ist das Aktivitätsniveau zunächst auf das Niveau vor den Osterferien gegangen, und steigt seitdem langsam weiter an.

Wir interpretieren das so, dass mit einem gleichbleibenden Aktivitätsniveau derzeit eher nicht zu rechnen ist. Stattdessen ist zu erwarten, dass es langsam weiter ansteigen wird, und dadurch infektionstreibend wirken wird. Wir erinnern nochmals daran, dass der Effekt quadratisch ist: Ein Ansteigen des Niveaus von den derzeit ca. 80% um 10% (also auf 88%) hätte ein Ansteigen der Infektionen um 20% zur Folge.¹

¹ $0.8 * 0.8 = 0.64$; $0.88 * 0.88 = 0.7744$; $0.7744/0.64 = 1.21$, also eine 21%ige Steigerung.

Abb 2 zeigt den Wochendurchschnitt der aushäusigen Aktivitäten auch für Mecklenburg-Vorpommern, Bayern und Deutschland insgesamt. Man sieht deutlich, dass Berlin unterhalb des Bundesmittels liegt, Mecklenburg-Vorpommern darüber, und Bayern in etwa darauf.² Generell liegen die Stadtstaaten niedriger als der Bundesdurchschnitt. Auch im Normalfall liegt das aushäusige Aktivitätsniveau ländlicher Räume oberhalb desjenigen urbaner Räume – das liegt daran, dass die Anzahl der Kontakte die gleiche ist, die schlechtere Erreichbarkeit aber durch längere Fahrzeiten ausgeglichen wird (vgl. Illenberger 2012). Der Abstand ist hier aber während Zeiten hoher Inzidenzen höher. Möglicherweise gleicht das Aktivitätsniveau die unterschiedlichen Infektionssituationen aus: Städte haben laut unseren (sehr frühen) Simulationen bei gleichen Maßnahmen einen höheren R-Wert, und müssen sich daher mehr “anstrengen”. Es ist zu vermuten, dass für die großen Städte in den Flächenländern gleiches gilt.

Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Berlin

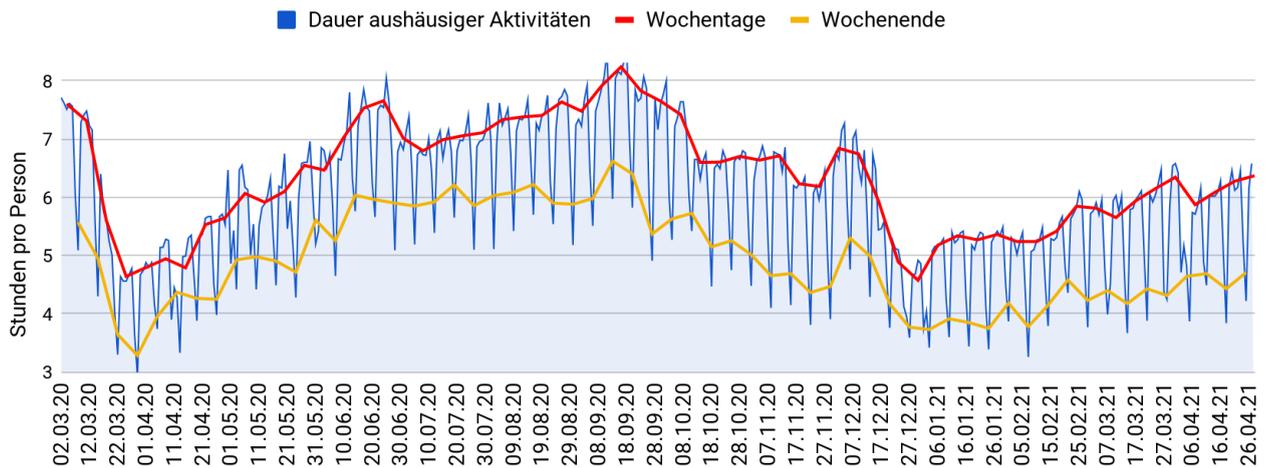


Abbildung 1: Durchschnittliche Dauer der aushäusigen Aktivitäten in Berlin; ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Rot: Mittelwerte über die Wochentage der jeweiligen Woche. Gelb: Mittelwerte über die Wochenend- und Feiertage (einschl. Samstag) der jeweiligen Woche. Quelle: (Senozon 2021)

Dauer aushäusiger Aktivitäten Wochendurchschnitt

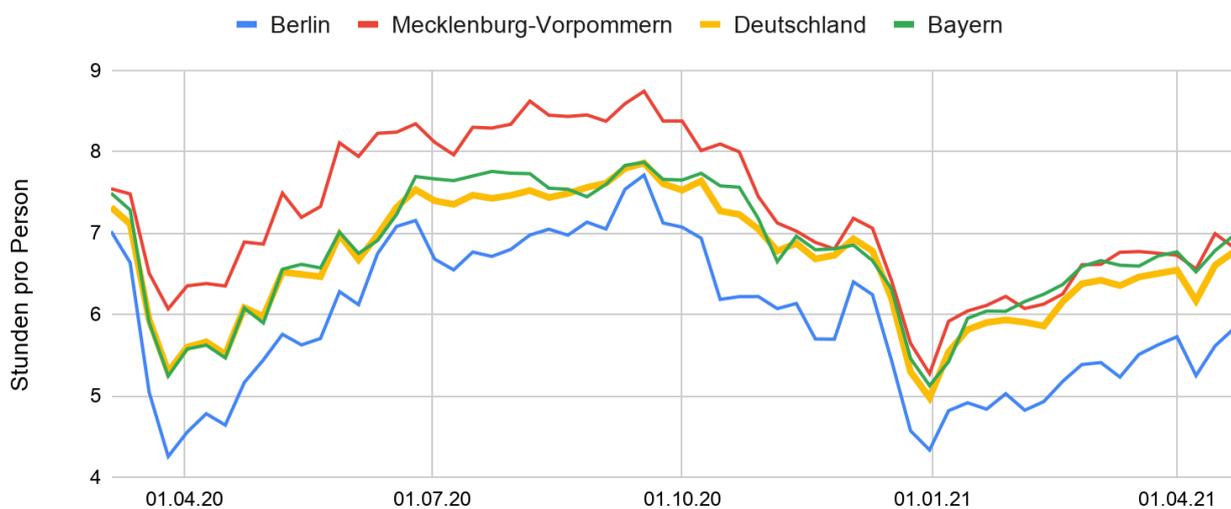


Abbildung 2: Durchschnittliche Dauer der aushäusigen Aktivitäten ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Darstellung des wöchentlichen Durchschnitts für verschiedene Bundesländer. Quelle: (Senozon 2021)

² Werte für alle Bundesländer finden sich neu unter <https://covid-sim.info/mobility>.

3 Status

Die Infektionsdynamik in Berlin befindet sich zur Zeit auf einem Plateau: die Anzahl der Neuinfektionen ist in etwa gleichbleibend. Dies ist konsistent mit unserem Modell, welches bei den zur Zeit in Berlin geltenden Maßnahmen einen R-Wert von ca. 1,0 ergibt. In dieser Situation entscheiden kleine Änderungen bei den geltenden Maßnahmen und im Verhalten der Menschen darüber, ob die Infektionszahlen wieder steigen oder anfangen zu sinken.

Eine ähnliche Situation lag bereits im November letzten Jahres vor. Im Gegensatz zu damals beobachten wir heute allerdings keine ansteigende Quote der positiven PCR-Tests. Auch die Krankenhausbelegungszahlen in Berlin deuten im Moment darauf hin, dass das exponentielle Wachstum gestoppt werden konnte.

Hinzu kommen folgende Aspekte, die alle gegen ein erneutes exponentielles Wachstum sprechen:

- Die Impfungen schreiten seit Ostern mit einem stark erhöhten Tempo voran. Die derzeitige Erstimpfquote von ca. 25% senkt, bei einer angenommenen Impfeffektivität der Erstimpfung von 0,7 (Lopez Bernal et al. 2021; Glampson et al. 2021), den R-Wert überschlägig um ca. $25\% \times 0.7 = 17.5\%$ und hat damit bereits deutliche Wirkung auf die Dynamik. Dieser Wert wird sich beim jetzigen Impftempo innerhalb des nächsten Monats mehr als verdoppeln und damit einen deutlichen Beitrag zum Abklingen der Infektionsdynamik leisten.³
- Bei den derzeitigen eher hohen Infektionszahlen schreitet auch die "Immunsierung durch überstandene Infektion" recht schnell voran, wenn auch nicht so schnell wie die Impfungen derzeit. Es sollte offensichtlich sein, dass dies der gefährlichere Weg ist als "Immunsierung durch Impfung".
- Das in naher Zukunft zu erwartende wärmere Wetter wird – ähnlich wie im letzten Jahr – einen deutlichen positiven Beitrag leisten, weil dies Treffen in Innenräumen reduziert.

Falls es dennoch wieder zu einer exponentiellen Dynamik kommt, zeigen unsere Simulationen, dass uns weiterhin Werkzeuge zur Verfügung stehen, die kurzfristig eingesetzt werden können, um den R-Wert schnell senken zu können. Dazu zählen:

- Pflicht zum durchgängigen Tragen von FFP2-Masken am Arbeitsplatz, wenn Einzelbüros oder Homeoffice nicht möglich sind (wenn sich also mehrere Personen gleichzeitig in einem Raum aufhalten).
- Das aktuell ab 22 Uhr geltende Besuchsverbot in privaten Wohnungen auf andere Tageszeiten ausweiten. Da nach aktuellem Stand der Wissenschaft das Infektionsrisiko draußen sehr deutlich reduziert ist gegenüber drinnen (mindestens Faktor 10), sollte sich dieses Verbot nur auf Innenräume beziehen.
- Aufhebung des Präsenzunterrichts in Schulen. Dies passiert aufgrund des Gesetzes jedoch automatisch verpflichtend ab einer Inzidenz von 165.

³ Ohne Impfung trifft eine ansteckende Person auf eine bestimmte Anzahl von Personen, und infiziert R davon. Bei 25% Erstimpfquote sind 25% dieser Personen erstgeimpft, und können nur noch mit Wahrscheinlichkeit $1-0,7=30\%$ infiziert werden. Der neue R-Wert ist also $0.75R + 0.25 \cdot 0.3R = R(1 - 0.25 \cdot 0.7)$. Dies ist, wie gesagt, eine Überschlagsrechnung, weil sie annimmt, dass jede Person die gleiche Anzahl an Kontakten hat.

4 Öffnungsstrategie: Gegen Jojo-Öffnungen und für eine “weiche Landung”

In der aktuellen Situation gehen wir davon aus, dass in Berlin ein schneller Anstieg der Infektionen gestoppt werden konnte, und bei Beibehaltung des jetzigen Verhaltens mittelfristig mit einem Absinken der Infektionszahlen zu rechnen ist. Daher stellt sich in absehbarer Zeit die Frage nach einer Strategie für mögliche Öffnungsschritte.

Durch die aktuelle Gesetzgebung sind die folgenden Inzidenz-basierenden Öffnungsschritte durch die tatsächlich gemessenen Inzidenzen in den einzelnen Landkreisen möglich:

- Unterhalb 165: u.a. Teilöffnung der Schulen.
- Unterhalb 150: u.a. Teilöffnung Einzelhandel.
- Unterhalb 100: u.a. Aufhebung der nächtlichen Ausgangssperre.

Trotz der fortschreitenden Impfkampagne werden diese Inzidenz-basierten Öffnungsschritte mit hoher Wahrscheinlichkeit in absehbarer Zeit zu einem Jojo-Effekt führen: durch die Lockerungen werden die Fallzahlen ansteigen, die Restriktionen greifen wieder, die Fallzahlen sinken wieder, die Lockerungen treten in Kraft, usw. usw.

Aus diesem Grund sollte eine andere Strategie gewählt werden, die zum Ziel hat, die Inzidenzen nachhaltig zu reduzieren und so einen Jojo-Effekt zu vermeiden. Gründe für generell niedrige Inzidenzen sind:

- Bei niedrigen Inzidenzen gibt es zusätzliche effektive Möglichkeiten der Infektionsbekämpfung (z.B. Kontaktnachverfolgung durch die Gesundheitsämter), welche bei hohen Inzidenzen nicht – bzw. nur sehr eingeschränkt – zur Verfügung stehen.
- Eine effektive Nachverfolgung ermöglicht die genaue Lokalisierung des Infektionsgeschehens und damit eine spezifische Anpassung der Maßnahme, die die Zielgenauigkeit erhöhen würde.
- Bei niedrigen Inzidenzen – und damit weniger Covid-Erkrankungen – gibt es insgesamt weniger Tote, weniger schwere Krankheitsverläufe und weniger potentielle Spätfolgen nach einer durchgestandenen Erkrankung, wie z.B. Long-Covid (oder Post-Covid)⁴.

Im Gegensatz zu den o.g. automatischen Lockerungen bzw. automatisch greifenden Restriktionen, schlagen wir deshalb eine etwas langsamere aber laut unseren Modellen nachhaltigere Strategie für jeden Öffnungsschritt vor:

1. Neuen Öffnungsschritt definieren.
2. Öffnungsschritt implementieren.
3. Nach drei Wochen die Konsequenzen bewerten.
4. Wenn Inzidenz signifikant niedriger als vor 3 Wochen: nächsten Öffnungsschritt gehen.⁵

Bei Rückschlägen (wieder ansteigende Inzidenzen) müssen die zuletzt getätigten Öffnungsschritte zurückgenommen werden. Eine zentrale Herausforderung ist dabei, die jeweiligen Öffnungsschritte klein genug zu gestalten, dass sie den jeweils vorhandenen Spielraum nicht überfordern, aber groß genug, um signifikante Veränderungen darzustellen.

Dieser Ansatz würde Jojo-Verhalten weitgehend vermeiden, und stattdessen zu einer “weichen Landung” auf niedrigen Inzidenzen führen.

⁴ Siehe z.B. (Mahase 2020; Kedor et al. 2021).

⁵ Die “3 Wochen” schlagen wir vor, weil nach einem Öffnungsschritt gewartet werden muss, welche Wirkung dieser hat. Drei Wochen sind nötig, um dies zu beurteilen.

5 Öffnungsschritte

Aufgrund des derzeitigen Wissens über die Pandemie sollten aus unserer Sicht in Bezug auf die Öffnungsschritte folgende grundsätzliche Öffnungs-Prinzipien gelten:

1. **Von außen nach innen:** Aktivitäten draußen erzeugen bei sonst gleichen Parametern ca. einen Faktor 10 weniger Infektionen als Aktivitäten in Innenräumen (Nishiura et al. 2020).
2. **Von geringer Personendichte zu hoher Personendichte:** Aktivitäten mit dreimal niedrigerer Personendichte erzeugen bei ansonsten gleichen Parametern ca. einen Faktor 10 weniger Infektionen.⁶
3. **Von geschützten zu ungeschützten Kontexten:** Geschützte Aktivitäten erzeugen bei ansonsten gleichen Parametern weniger Infektionen als ungeschützte Aktivitäten. Dabei hat eine Impfung in etwa die gleiche Schutzwirkung wie die Kombination aus aktuellem negativen Schnelltest kombiniert mit dem Tragen einer FFP2-Maske (vgl. Anhang "Wirkung von Schutzmaßnahmen").

In der folgenden Tabelle 1 haben wir verschiedene, aufeinander aufbauende, Stufen mit Öffnungsmaßnahmen zusammengestellt. Diese basieren auf unseren Simulationen und den daraus abgeleiteten Erkenntnissen über die Beiträge der Aktivitäten zum R-Wert.

Stufe	Vorgeschlagene Öffnungsmaßnahmen ("Was ist erlaubt?")
Erste Stufe von Öffnungsschritten	<ul style="list-style-type: none"> • Aufenthalte in Parks etc. (außen, geringe Personendichte) • Außengastronomie mit gültigem Schnelltest, alternativ Impfung (außen, geschützt) • Freiluftkonzerte etc. mit gültigem Schnelltest, alternativ Impfung (außen, geschützt) • Museen etc. mit reduzierter Personendichte, Maskenpflicht und gültigem Schnelltest, alternativ Impfung (geringe Personendichte, geschützt) • Konzerte etc. mit Maskenpflicht und gültigem Schnelltest, alternativ Impfung (außen, geschützt) • Einzelhandel mit Maskenpflicht und gültigem Schnelltest, alternativ Impfung (geringe Personendichte, geschützt) •
Zweite Stufe von Öffnungsschritten	<ul style="list-style-type: none"> • Schulen: Aufhebung Maskenpflicht im Unterricht <i>oder</i> Verzicht auf Wechselunterricht • Beherbergungsbetriebe <i>ohne</i> Innengastronomie: U.E. kein direkter Einfluss auf das Infektionsgeschehen, aber indirekte Einflüsse wie: (1) generell erhöhtes Aktivitätenniveau; (2) Eintrag von Infektionen aus Gebieten mit hoher Inzidenz in Gebiete mit niedriger Inzidenz • Teilöffnung Universitäten: reduzierte Personendichte, Maskenpflicht, Schnelltests, alternativ Impfung • Veranstaltungen in großen Innenräumen mit reduzierter Personendichte, Maskenpflicht und gültigem Schnelltest, alternativ Impfung (geringe Personendichte, geschützt)⁷

⁶ Nur $\frac{1}{3}$ so viele Personen können sich anstecken, und die Wahrscheinlichkeit, dass überhaupt eine ansteckende Person im Raum ist, ist ebenfalls gedrittelt und $\frac{1}{3} * \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$. Dies ist auch ein Grund, warum Wechselunterricht/Halbierung der Klassen eine sinnvolle Maßnahme ist: sie reduziert Ansteckungen um einen Faktor 4.

⁷ Laut (Altenburg et al. 2021) kann man Innenräume aufgrund ihrer Personendichte und Lüftungssituation zertifizieren. Es sollte möglich sein, daraus Standardlösungen zu entwickeln.

Dritte Stufe von Öffnungsschritten	<ul style="list-style-type: none"> • Vollöffnung von Schulen mit Schnelltests, alternativ Impfung. • Universitäten: Aufhebung Maskenpflicht <i>oder</i> Verzicht auf reduzierte Raumbelastung, alternativ Impfung (Schnelltests werden beibehalten) • Teilöffnung Innengastronomie (mit halbiertes Personendichte und Schnelltests, alternativ Impfung)
Vierte Stufe von Öffnungsschritten	<ul style="list-style-type: none"> • "Langsame Normalisierung": generelle Reduktion der Schutzmaßnahmen

Tabelle 1: Übersicht über die Reihenfolge möglicher Öffnungsschritte. Vgl. auch den Anhang "Wirkung von Schutzmaßnahmen".

In der ersten Stufe von Öffnungsschritten sind Beispiele für Aktivitäten enthalten, bei denen mindestens zwei der drei grundsätzlichen Öffnungs-Prinzipien (s.o.) erfüllt sind, und die daher früh geöffnet werden können.

Schulen mit Wechselunterricht (Stufe 2) und gültigen Schnelltests kombiniert mit Maskenpflicht im Unterricht (Stufe 3) fallen nicht vollständig in diese erste Kategorie; andererseits dürfte das gesellschaftliche Interesse für diese Teilöffnung sehr hoch sein. Ein Verzicht auf eine dieser Schutzmaßnahmen (z.B. Maskenpflicht) bei den Schulen scheint uns hingegen erst in einer zweiten Öffnungsstufe vertretbar zu sein.

Die Öffnungsschritte der ersten Stufe haben laut unseren Modellen keinen starken Einfluss auf das Infektionsgeschehen. Sie dürften aber ein insgesamt höheres Aktivitätsniveau zur Folge haben, welches nicht genau vorhersagbar ist.

Für problematisch halten wir weiterhin die Innengastronomie/Kneipen/Clubs sowie Feiern in privaten Innenräumen, da diese keines unserer drei grundsätzlichen Öffnungs-Prinzipien erfüllen. Hier stellt sich allerdings die Frage, inwieweit Feiern in privaten Innenräumen überhaupt effektiv verhindert werden können. In diesem Zusammenhang scheint uns (weiterhin) eine Werbekampagne angemessen, welche die Menschen dafür sensibilisiert, ansonsten ungeschützte Aktivitäten in Innenräumen nicht ohne gültigen Schnelltest oder eine vorhandene Impfung aller Teilnehmer durchzuführen.

Wir haben diese oben vorgeschlagene Reihenfolge von stufenweisen Lockerungen mit unseren Modellen simuliert. Wir kommen zu dem Ergebnis, dass diese Lockerungen mit hoher Wahrscheinlichkeit kaum einen Einfluß auf die 7-Tage Inzidenz haben. In der Abbildung 3 haben wir die Entwicklung der 7-Tage Inzidenz mit den vorgeschlagenen stufenweisen Lockerungen in orange dargestellt. Die blaue Kurve zeigt die von unserem Modell berechnete 7-Tage Inzidenz, wenn die bisherigen Maßnahmen beibehalten würden. Hingegen führt eine sofortige weitgehende Öffnung zu einer vierten Welle (grüne Kurve).

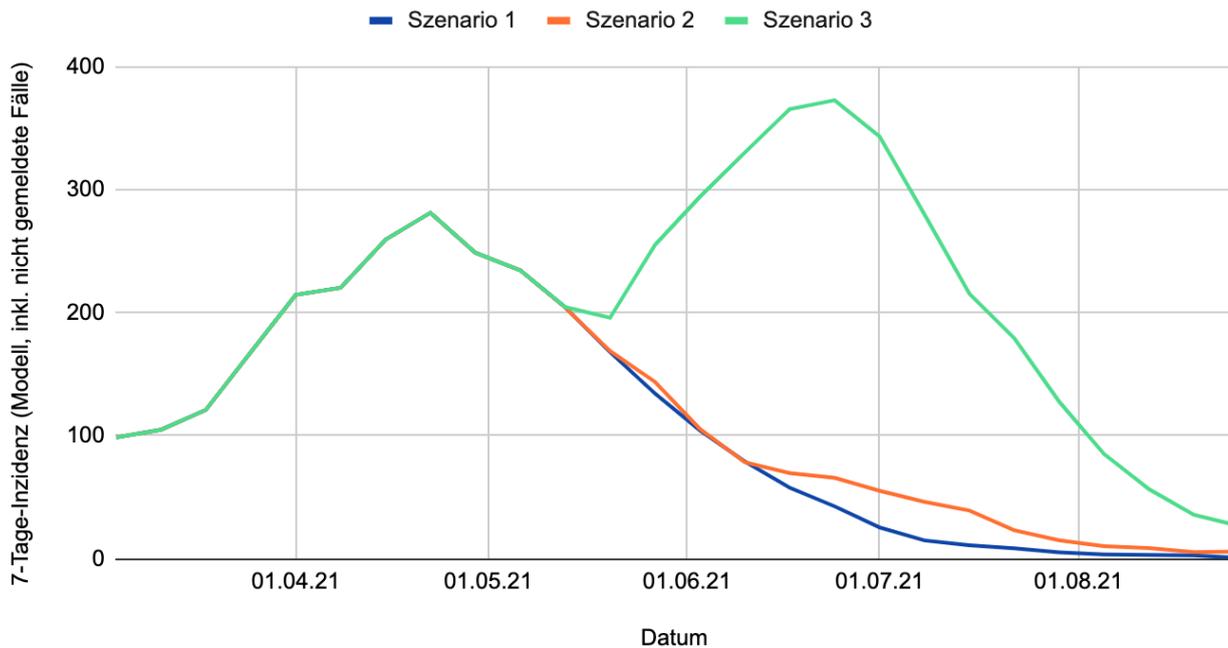


Abbildung 3: Simulationsergebnisse zu verschiedenen Öffnungsszenarien. Wenn nicht anders beschrieben, gilt folgendes Regime: Aktivitätsniveau von ca. 78% (= derzeitiges Niveau), Maskenpflicht beim Einkaufen, bei Erledigungen (Arztpraxis, Friseur, Bank etc.), im ÖPNV, in Oberstufen und Universitäten, abendliche Ausgangsbeschränkungen im Freizeitbereich, Schnelltests vor Bildungs-, Arbeits- und Freizeitaktivitäten, jetzige Impfquote. Maskenpflichten und Testregime werden auch in vollständig geöffneten Bereichen beibehalten.

Szenario 1 (blau):

Ab 05.06.: Schulen und Kindergärten 75%, Einzelhandel 100%,

Ab 26.06.: Freizeit und Arbeit 90% und Aufhebung abendliche Ausgangsbeschränkungen ([URL](#))

Szenario 2 (orange):

Ab 15.05: Einzelhandel 100%,

Ab 05.06.: Schulen und Kindergärten 100%, Freizeit und Arbeit 90% und Aufhebung abendliche Ausgangsbeschränkungen, Universitäten 50%,

Ab 26.06.: Freizeit und Arbeit 100%, Universitäten 100% ([URL](#))

Szenario 3 (grün):

Ab 15.05.: Schulen und Kindergärten 100%, Einzelhandel 100%, Freizeit und Arbeit 100% und Aufhebung abendliche Ausgangsbeschränkungen,

Ab 05.06.: Universitäten 100% ([URL](#))

Die Prozentzahlen geben an, wieviel Prozent der präpandemischen Aktivitäten von diesem Aktivitätentyp durchgeführt werden. Wegen Maskenpflicht und Testpflichten entsprechen selbst 100%-Öffnungen keinem "Normalbetrieb".

Die dargestellten Inzidenzen entsprechen den Simulationsergebnissen. Die vom RKI gemeldeten Inzidenzen enthalten nur die gemeldeten Fälle und liegen damit unterhalb der Simulationsergebnisse.

6 Rückblick auf unsere Szenarien vom 19.3.2021

In unserem Bericht vom 19. März 2021 haben wir über Simulations-Ergebnisse zu diversen Modell-Szenarien berichtet, die auf verschiedenen Annahmen basierten, z.B. der vollständigen Öffnung von Schulen (vgl. Müller et al. 2021a). In einem dieser Szenarien wurde eine 7-Tage Inzidenz von bis zu 2.000 pro 100.000 Einwohner in Berlin erreicht.

An dieser Stelle wollen wir darauf hinweisen, dass die entsprechende Simulation⁸ mit veränderten Parametern ein ganz anderes Bild ergibt. Genau dies ist das Ziel unserer Simulationen: mit einem an die Realität angepassten Basis-Modell wollen wir den Einfluss der bekannten Parameter evaluieren und damit verschiedene Szenarien entwerfen und deren Wirkung testen. Als Beispiel liefert das erwähnte Modell mit den folgenden Parametern eine Vorhersage der maximalen Inzidenz von 430:⁹

1. Schulen ab dem 11.4. nur teilgeöffnet und mit Schnelltests 1x/Woche
2. Arbeit mit Schnelltests 1x/Woche
3. 10% der Freizeitaktivitäten mit vorherigen Schnelltests
4. Impftrate ab 2.4. um 50% erhöht
5. *keine* erhöhten Aktivitäten über Ostern

Hinzu kommt, dass unser Modell grundsätzlich alle aufgetretenen Fälle bzw. Infektionen vorhersagt. Dies ist in der Realität natürlich nicht zu erreichen, da eine Infektion nicht immer als solche erkannt und damit nicht an das RKI gemeldet wird. In den offiziellen RKI-Fallzahlen sind daher nur die erkannten und damit gemeldeten Fälle enthält. Dies erklärt z.B. auch, warum unser Modell im Dezember oberhalb der vom RKI angegebenen Inzidenzen liegt. Dazwischen liegt die Dunkelziffer; diese variiert in unserem Modell über die Pandemie. Für den Scheitel der dritten Welle gehen wir in etwa von einem Faktor 2 aus. Somit wäre die Vorhersage *mit den o.g. Parametern 1 bis 5* ein Wert von 215 gewesen. Verglichen mit den jetzigen Werten von ca. 150 in Berlin scheint uns dies akzeptabel, zumal in Berlin über die Voraussetzungen 1 bis 5 auch noch eine nächtliche Kontaktsperre eingeführt wurde, welche die Infektionen weiter reduziert haben sollte.

7 Mögliche langfristige Szenarien der Covid-Dynamik

Im vorhergehenden Bericht vom 09.04.2021 haben wir ein ODE-Modell¹⁰ vorgestellt, mit dem die Infektionsdynamik für Berlin bis Ende 2022 unter der Annahme einer 80%igen Impfquote und Aufhebung aller Restriktionen betrachtet wurde (vgl. Müller et al. 2021b). Im folgenden haben wir auf Basis dieses Modells ein Szenario für ganz Deutschland entwickelt, in dem eine mögliche Entwicklung der Covid-19 Fallzahlen über die nächsten 3 Jahre dargestellt wird. Wir vergleichen unsere Ergebnisse mit den Influenza-Wellen der letzten Jahre und ermöglichen somit eine qualitative Einordnung der beiden Dynamiken.

7.1 Modell-Annahmen

Der für diese Betrachtung entscheidende Modellparameter kE steht für die sog. Infektionsrate, die beschreibt, wie einfach (oder schwer) sich das Virus prinzipiell ausbreiten kann. Ein kleiner kE -Wert bedeutet, dass sich das Virus prinzipiell schwerer verbreiten kann, da strenge Schutzmaßnahmen gelten oder sich Menschen vermehrt in Außenbereichen aufhalten. Ein hoher Wert von kE bedeutet andererseits, dass sich das Virus einfacher ausbreiten kann – etwa, weil weniger Schutzmaßnahmen gelten oder sich Menschen vermehrt in Innenräumen treffen. Aktuell (April 2021) liegt kE "aus Sicht unseres Modells" etwa bei 2.

⁸ [vgl. Simulationsergebnisse](#)

⁹ [vgl. Simulationsergebnisse](#)

¹⁰ ODE = Ordinary Differential Equations = Gewöhnliche Differentialgleichungen

Für das langfristige Modell treffen wir die folgenden Annahmen (zusätzlich zu den Modell-spezifischen, siehe vorhergehender Bericht) :

- Die Impfkampagne läuft bis Ende August 2021. Währenddessen gelten noch Restriktionen ($kE=2,2$).
- Ab September 2021 sind in Deutschland 80% der Menschen immunisiert - entweder durch Impfung oder durch eine durchgemachte Covid-Erkrankung. Dieser Wert bleibt konstant.
- Die Menschen bekommen eine jährliche Auffrischungsimpfung gegen den dann jeweils dominanten Coronavirus-Typ.
- Ab September 2021 werden die Restriktionen stark gelockert.
- Es gibt saisonale Effekte: im Sommer¹¹ ($kE=5$) breitet sich das Virus im Gegensatz zum Frühling ($kE=6$), Herbst ($kE=6$) und Winter ($kE=7$) langsamer aus, da die Menschen vergleichsweise weniger Zeit zusammen in Innenräumen verbringen.

7.2 Eine mögliche langfristige Entwicklung der Corona-Inzidenz

Aufbauend auf dem im vorhergehenden Bericht (vom 09.04.2021) beschriebenen Modell und den oben genannten Annahmen haben wir eine Simulation der Covid19-Infektionsdynamik über die kommenden drei Jahre durchgeführt. In der folgenden Abbildung 4 zeigen wir eine potentielle Entwicklung der Covid19-Inzidenzzahlen (in blau). Um einen qualitativen Vergleich zu ermöglichen, haben wir zusätzlich die Influenza-Inzidenzen aus den Jahren 2019-2017 aufgetragen (in rot). Diese Zahlen stammen aus den jährlichen RKI-Influenza-Jahresberichten und spiegeln somit die tatsächlichen Influenza-Wellen der vergangenen Jahre wieder. Wir gehen davon aus, dass sich die Qualität dieser Influenza-Wellen auch in Zukunft nicht signifikant ändern wird.

Covid-19-Inzidenz und Influenza-Inzidenz in Deutschland

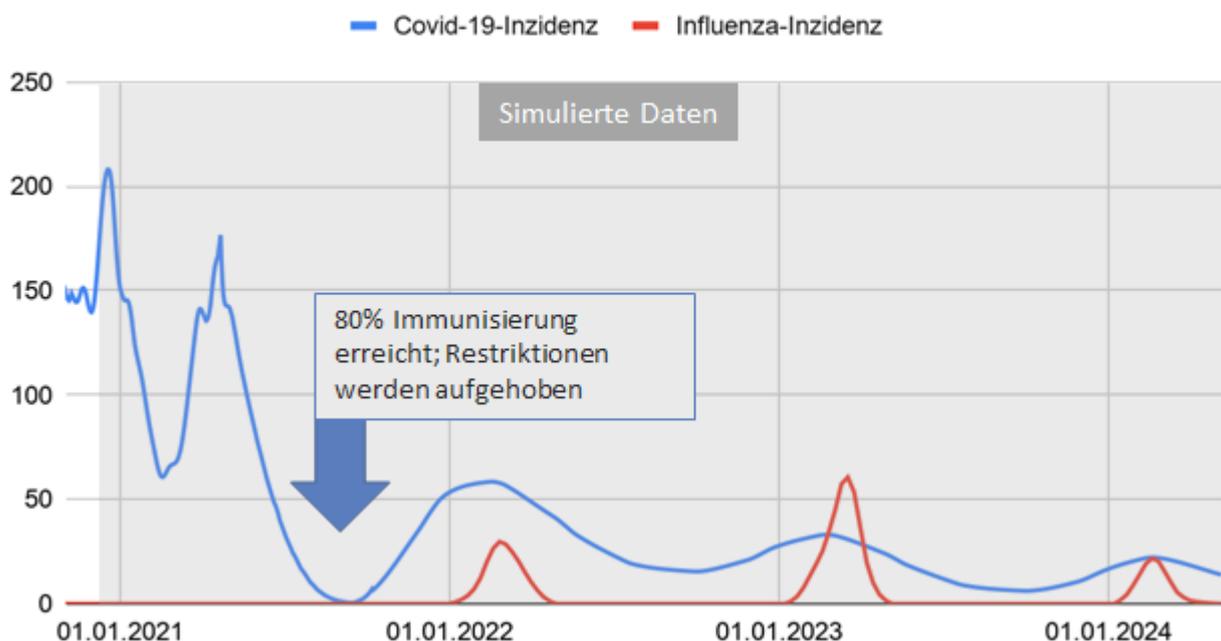


Abbildung 4: Ein mögliches Szenario über die Covid-19-Inzidenz der nächsten drei Jahre, verglichen mit der Inzidenz von Influenza. Die Influenza-Inzidenzen basieren auf den tatsächlichen Werten der Jahre 2019-2017. Die Covid-Inzidenz basiert auf unseren Modell-Simulationen.

¹¹ Frühling: März-April, Sommer: Mai-September, Herbst: Oktober-November, Winter: Dezember-Februar

In der Abbildung 4 ist zu erkennen, dass sich die Fallzahlen durch die Impfkampagne und den sog. Sommer-Effekt auf nahezu Null reduzieren. Dieser Sommer-Effekt trägt dazu bei, dass sich die Menschen weit weniger gemeinsam in Innenräumen aufhalten und dadurch die Verbreitung des Virus verlangsamt wird. In den folgenden Herbst- und Wintermonaten steigen die Fallzahlen wieder an, da das Virus weiterhin existiert und sich bei den 20% Nicht-Geimpften bzw. Nicht-Immunisten ausbreiten kann. In den folgenden Monaten und Jahren zeigt sich dann eine Dynamik, die bereits von der Influenza bekannt ist: ansteigende Fallzahlen zur kalten Jahreszeit und eine abflachende Kurve in den Sommermonaten.

Die simulierten Fallzahlen in den Sommermonaten 2022-2024 sind dabei deutlich höher als im Spätsommer 2021, da die in 2021 geltenden Restriktionen weitgehend aufgehoben sind und somit eine höhere Ansteckungswahrscheinlichkeit gilt. Insgesamt erkennt man ein Abklingen der Wellen in den folgenden Jahren, da immer mehr Leute nach einer durchgemachten Covid-Erkrankung zusätzlich immunisiert sind. Zur Erinnerung: wir gehen in diesem Modell davon aus, dass die Menschen ihre Immunisierung regelmäßig (z.B. jährlich) auffrischen.

In einem weiteren Schritt haben wir - aufbauend auf den oben beschriebenen Ergebnissen - ein Szenario über die aufgrund von Covid-19 zu erwartenden intensivpflichtigen Patienten erstellt, das in der folgenden Abbildung 5 dargestellt ist. Auch hier ist zu erkennen, dass unser Gesundheitssystem noch über Jahre eine erhöhte Belastung durch Covid-19 Patienten erfahren wird, selbst wenn ein Erhalt der Immunisierung, z.B. durch jährliche Auffrischungsimpfung, gewährleistet ist.

Covid-19-Intensivpatienten, aufgeteilt in geimpft und ungeimpft

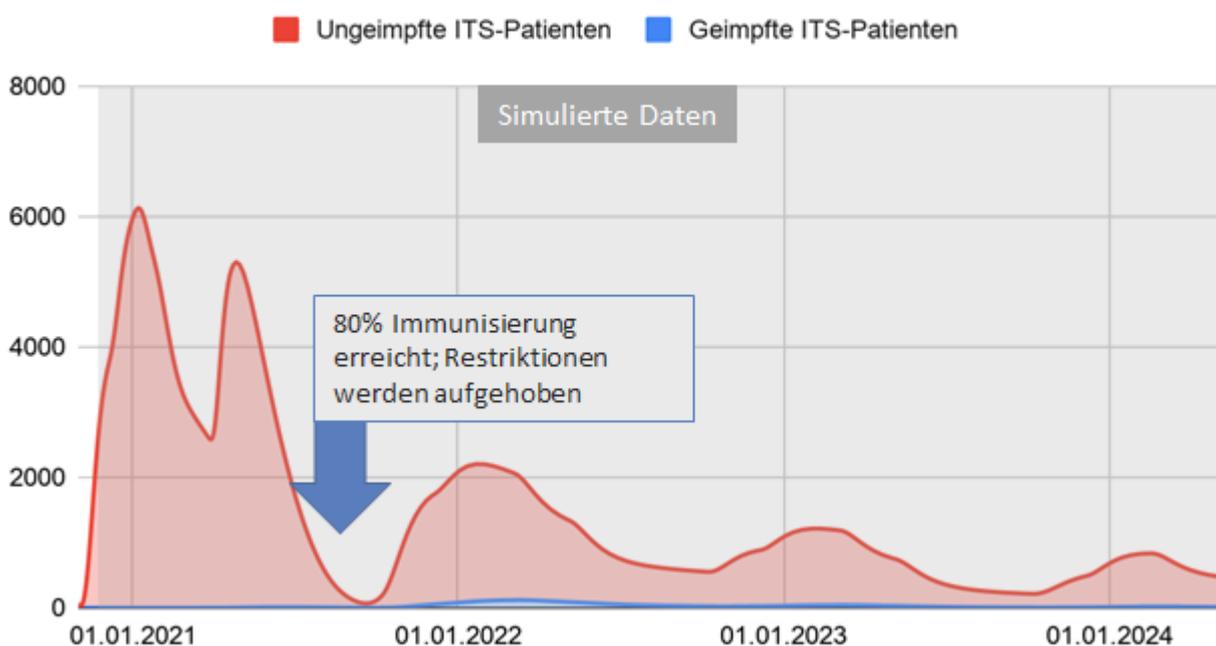


Abbildung 5: Eine mögliche Entwicklung der Anzahl an Covid-19-Intensivpatienten in den nächsten drei Jahren, nachdem 80% der Bevölkerung in Deutschland geimpft sind.

8 Anhang

8.1 Wirkungen von Schutzmaßnahmen

Die Schutzfaktoren bzgl. Schutzmaßnahmen sind dabei überschlägig wie folgt:

	Stoff/OP-Maske	FFP2-Maske	Gültiger Schnelltest	Impfung
“abgebende” Seite	2	2	3 ¹²	10
“aufnehmende” Seite	2	5	1	10

Die gesamte Schutzwirkung ergibt sich aus der Multiplikation der Faktoren, z.B.:

- Zwei geimpfte Personen treffen aufeinander: Schutzwirkung Faktor 100.
- Zwei Personen mit FFP2-Maske treffen aufeinander: Schutzwirkung Faktor 10.

Auch bei geimpften Personen besteht nach wie vor eine Wahrscheinlichkeit, dass sie sich anstecken, und dass sie das Virus weitergeben. Beide Wahrscheinlichkeiten sind nur sehr viel niedriger als bei den anderen Schutzmaßnahmen. Man kommt aber durch die Kombination aus Schnelltest und Maskenpflicht auf einen Faktor 30 und damit durchaus in die Nähe einer Impfung.

9 Quellen

- Altenburg, M. A., R. Eils, L. Fritsche, B. Gärtner, P. Gastmeier, O. Harzer, F. Heppner, et al. 2021. “Vorschlag: Schrittweise Rückkehr von Zuschauern in Kultur- Und Sporteinrichtungen.” February 22, 2021. <https://www.kulturrat.de/presse/pressemitteilung/vorschlag-schrittweise-rueckkehr-von-zuschauern-in-kultur-und-sporteinrichtungen/>.
- Glampson, B., J. Brittain, Amit Kaura, A. Mulla, L. Mercuri, S. Brett, P. Aylin, et al. 2021. “North West London Covid-19 Vaccination Programme: Real-World Evidence for Vaccine Uptake and Effectiveness.” *bioRxiv*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.04.08.21254580>.
- Google. 2021. “COVID-19 Community Mobility Report.” COVID-19 Community Mobility Report. 2021. <https://www.google.com/covid19/mobility/>.
- Illenberger, Johannes. 2012. “Social Networks and Cooperative Travel Behaviour,” September. <https://doi.org/10.14279/depositonce-3330>.
- Kedor, C., H. Freitag, L. Meyer-Arndt, K. Wittke, T. Zoller, F. Steinbeis, M. Haffke, et al. 2021. “Chronic COVID-19 Syndrome and Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS) Following the First Pandemic Wave in Germany – a First Analysis of a Prospective Observational Study.” *bioRxiv*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.02.06.21249256>.

¹² Bei bereits ansteckenden Personen liegt diese Zahl vermutlich höher, selbst wenn diese Personen noch a-/präsymptomatisch sind (Schuit et al. 2021).

- Lopez Bernal, Jamie, Nick Andrews, Charlotte Gower, Julia Stowe, Chris Robertson, Elise Tessier, Ruth Simmons, et al. 2021. "Early Effectiveness of COVID-19 Vaccination with BNT162b2 mRNA Vaccine and ChAdOx1 Adenovirus Vector Vaccine on Symptomatic Disease, Hospitalisations and Mortality in Older Adults in England." *bioRxiv*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.03.01.21252652>.
- Mahase, Elisabeth. 2020. "Covid-19: What Do We Know about 'Long Covid'?" *BMJ* 370 (July). <https://doi.org/10.1136/bmj.m2815>.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Dominic Jefferies, Christian Rakow, Hanna Wulkow, Tim Conrad, Christof Schütte, and Kai Nagel. 2021a. "MODUS-COVID Bericht vom 19.03.2021." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-11678>.
- . 2021b. "MODUS-COVID Bericht vom 09.04.2021." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-11772>.
- Nishiura, Hiroshi, Hitoshi Oshitani, Tetsuro Kobayashi, Tomoya Saito, Tomimasa Sunagawa, Tamano Matsui, Takaji Wakita, MHLW COVID-19 Response Team, and Motoi Suzuki. 2020. "Closed Environments Facilitate Secondary Transmission of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)." *Epidemiology*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.02.28.20029272>.
- Schuit, E., I. K. Veldhuijzen, R. P. Venekamp, W. van den Bijllaardt, S. D. Pas, E. B. Lodder, R. Molenkamp, et al. 2021. "Diagnostic Accuracy of Rapid Antigen Tests in Pre-/asymptomatic Close Contacts of Individuals with a Confirmed SARS-CoV-2 Infection." *bioRxiv*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.03.18.21253874>.
- Senozon. 2021. "The Senozon Mobility Model." The Senozon Mobility Model. 2021. <https://senozon.com/en/model/>.