

MODUS-COVID Bericht vom 15.01.2021

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/>

Zusammenfassung

Die Datenlage über Weihnachten ist schlecht; wegen einer zu vermutenden hohen Anzahl an Nachmeldungen und Nachtstungen dürften die Zahlen von Weihnachten bis in die erste Januarwoche nur sehr vorsichtig bis kaum interpretierbar sein. Wir richten uns daher nach den Krankenhauszahlen in Berlin. Diese zeigen seit Anfang des neuen Jahres einen Trend nach unten, konsistent mit einer Variante unseres Modells.

Diese Modellvariante prognostiziert weiter zurückgehende Infektionszahlen, **falls die Bevölkerung sich weiterhin mindestens so eingeschränkt verhält wie Anfang Januar**. Die Erfahrung aus dem Frühjahr besagt allerdings, dass die Bevölkerung eher zu normalen Mobilitätsmustern zurückkehren wird; dies muss also unbedingt vermieden werden, evtl. auch mit formal nochmals weiteren Einschränkungen.

Die neue Virusvariante B.1.1.7 wurde in unsere Modelle integriert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die neue Variante innerhalb von 2-3 Monaten flächendeckend ausbreiten und zur dominanten Variante werden wird, wenn eine 70% erhöhte Ansteckung angenommen wird. Dies ist relativ unabhängig vom konkreten Regime. Der Spielraum für Lockerungen wird damit nochmals kleiner.

Wir zeigen aus unseren Simulationen die Beiträge der verschiedenen Aktivitätentypen zur Reinfektionsrate R . Die Summe dieser Beiträge muss bekanntlich unter 1 bleiben, um die Anzahl der Neuinfektionen signifikant zu senken. Allerdings steckt jede infektiöse Person im Mittel zu Hause bereits 0,4 weitere Personen an; dies würde sich durch die neue Virusvariante auf ca. 0,5 erhöhen. Damit wird der Spielraum aus gleich zwei Gründen kleiner: Zum einen lassen die "ohnehin" stattfindenden häuslichen Ansteckungen weniger Spielraum, zum anderen steigen auch die Reinfektionen bei aushäusigen Aktivitäten durch die neue Virusvariante an. Nur eine strikte Beibehaltung der Reduktion der aushäusigen Aktivitäten, wie wir sie Anfang Januar beobachtet haben, bzw. sogar eine eventuelle Verschärfung, ist laut unseren Simulationen ausreichend und notwendig. Zusätzlich sollten im Bereich Arbeit "FFP2-Masken auch am Arbeitsplatz oder Einzelzimmer oder Homeoffice" angestrebt werden. Weiterhin halten wir eine abendliche und nächtliche Ausgangssperre für eine schnell umsetzbare und gut wirksame Maßnahme, mit der z.B. auf zu langsames Absinken der Infektionszahlen reagiert werden kann. Schulöffnungen sollten unserer Ansicht nach nur mit FFP2-Masken auch während des Unterrichts sowie Wechselunterricht überhaupt nur angedacht werden.

Mobilitätsdaten: Unterschiedliche Analysen und deren Interpretationen

Aus Datenschutzgründen stehen die vollständigen Trajektorien mobiler Geräte nicht zur Verfügung. Es gibt daher unterschiedliche Methoden, Informationen zu extrahieren, die dem Datenschutz entsprechen. Viele Projekte, so auch das u.a. am RKI angesiedelte Covid-19 Mobility Projekt¹, zeigen die Anzahl der Bewegungen oder die Reiseweiten. Wir hingegen verwenden einen anderen Ansatz und zeigen die *Zeitdauer der aushäusigen Aktivitäten* (Senozon 2020b). Z.B. könnte eine Person weiterhin Freunde besuchen oder arbeiten gehen, aber nur halb so lange. Bei der Anzahl der Bewegungen oder bei den Reiseweiten wäre dies unverändert gegenüber normal; bei uns würde es als eine Halbierung der Dauer ausgewiesen. Da Infektionswahrscheinlichkeiten proportional zur Zeit sind, die in infektiösen Kontexten verbracht werden, halten wir die aushäusig verbrachte Zeit für die relevante Größe.

Im Vergleich zu dem erwähnten Covid Mobility Projekt sind unsere Daten über die Zeit strukturell ähnlich. Im Detail betrachtet, ergibt sich aber ein wesentlicher Unterschied: in unseren Daten – im Gegensatz zu dem anderen Projekt – kann man erkennen, dass die *Dauer* der aushäusigen Aktivitäten Anfang Januar sehr wohl bis auf das Niveau vom Frühjahr abgesenkt war. Wir gehen davon aus, dass dieser Wert die infektionsrelevante Größe ist. Was wiederum bedeuten würde, dass das *Verhalten* der Bevölkerung Anfang Januar möglicherweise ausreichen würde, um die Infektionen abzusenken. Dies wird auch durch unsere Simulationen bestätigt (siehe weiter unten). Allerdings müsste sichergestellt werden, dass das Verhalten auf diesem niedrigen Niveau verbleibt; insofern könnte eine Verschärfung der *Regeln* angebracht sein.

Konkret sehen wir folgende Muster seit Ende Sommer 2020 für Berlin (vgl. Fig. 1):

- bis einschl. erste Oktoberwoche: nahezu normale Mobilität
- zweite und dritte Oktoberwoche: reduzierte aushäusige Aktivitäten, vermutl. wegen Herbstferien (auch: Familien teilweise verreist)
- vierte Oktoberwoche: reduzierte Mobilität, vermutlich bereits Vorwegnahme der November-Restriktionen.
- November: weiterhin leicht abnehmende aushäusige Aktivitäten, vermutl. in Anpassung an die Restriktionen, Warnungen, etc.
- Anfang Dezember: deutlich **mehr** Aktivitäten, vermutl. als Reaktion auf die angekündigten nochmals weitergehenden Schließungen. Dies ist das erste Mal, dass die Bevölkerung bevorstehende Einschränkungen nicht vorwegnimmt, sondern gegenteilig reagiert, solange dies noch erlaubt ist.
- Mitte Dezember: deutlich weniger aushäusige Aktivitäten, vermutl. als Reaktion auf die Restriktionen.
- Weihnachten: Kein Anstieg der aushäusigen Aktivitäten erkennbar. Bei den Reiseweiten ist hingegen ein Anstieg kurz vor Weihnachten, besonders am 23.12., erkennbar (vgl. Fig. 2).
- Zwischen den Feiertagen: deutlich reduzierte aushäusige Aktivitäten.
- Silvester: ebenfalls kein signifikanter Anstieg der aushäusigen Aktivitäten. Auch in den Reiseweiten lässt sich kein Anstieg an Silvester ablesen.

¹ Vgl.: <https://www.covid-19-mobility.org/de/>

- Ab Jahresbeginn: **Wieder leichte Zunahme der aushäusigen Aktivitäten** auf ein aktuelles Niveau von ca. 30% unter dem Wert von vor der Pandemie. **Eine Fortführung dieses Trends muss unbedingt vermieden werden, wenn die Infektionszahlen abgesenkt werden sollen.**

Folgendes sei an dieser Stelle bemerkt: Wegen der notwendigen Anonymisierung der Mobilfunkdaten (Datenschutz) kann die Methodik nur feststellen, ob die Bevölkerung vom *Übernachtungsort* aus unterwegs war. Wenn also eine Person z.B. am 24. zur Familie gefahren ist, dort bis zum 27. übernachtet hat, und dann wieder weggefahren ist, dann wird in unseren Daten für diese Person am 25. und 26. keine aushäusige Aktivität ausgewiesen, obwohl diese im Sinne der Infektionsdynamik natürlich stattgefunden hat.

Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten

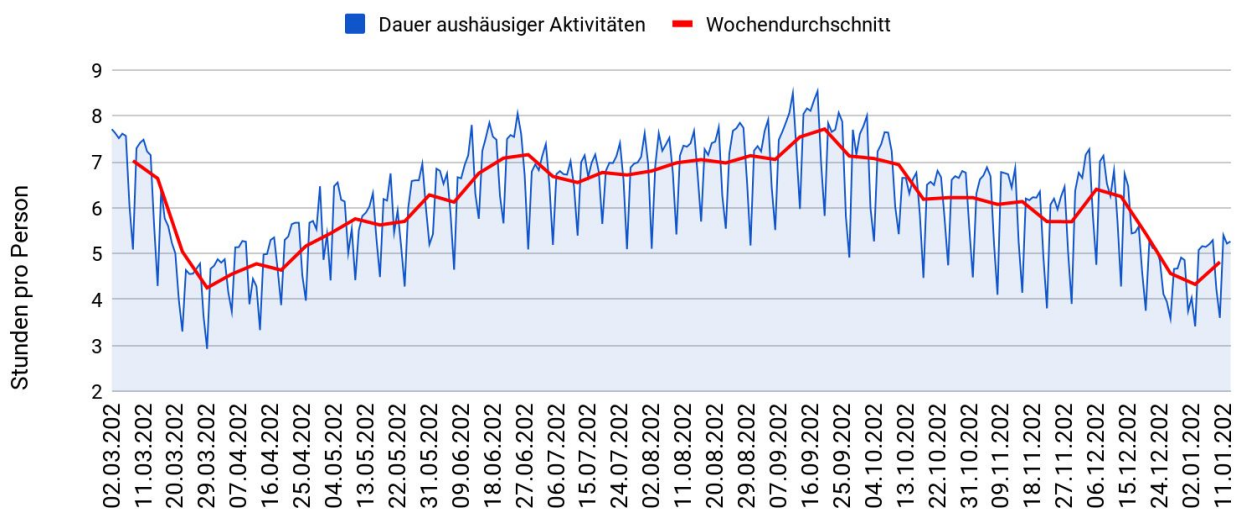


Figure 1: Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten pro Person in Berlin. Quelle: (Senozon 2020)

Durchschnittliche Reiseweiten pro Person

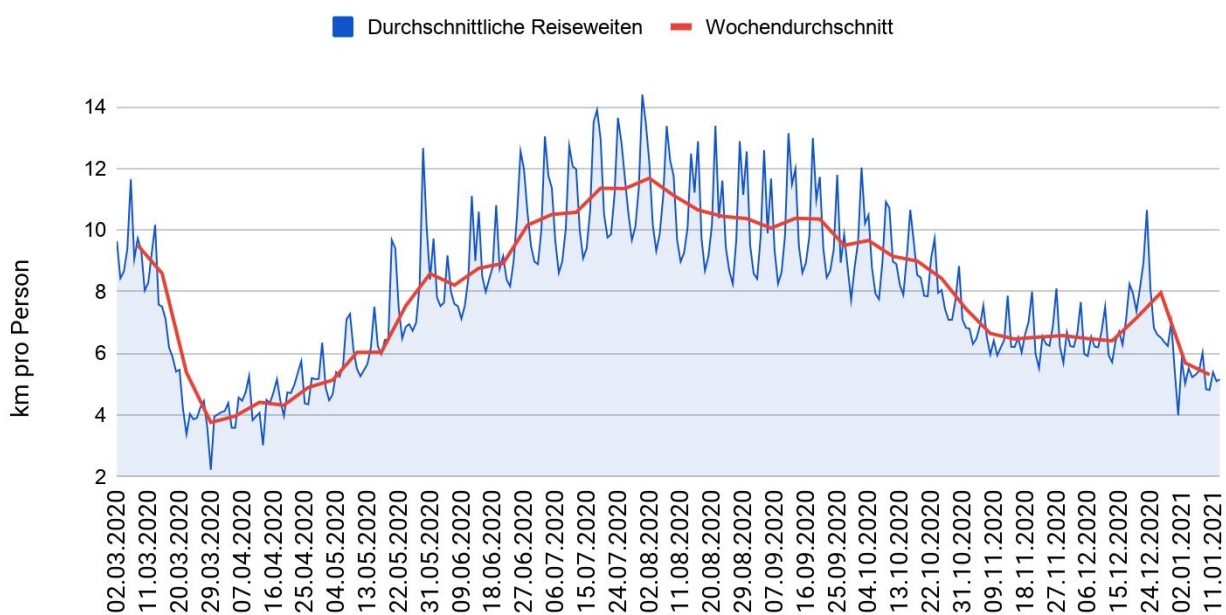


Figure 2: Durchschnittliche Reiseweiten pro Person in Berlin. Quelle: (Senozon 2020)

Resultierende Infektionsdynamik

Viele der derzeit vorhandenen Zahlen sind für unsere Zwecke derzeit nicht oder nur sehr eingeschränkt verwendbar:

- Die RKI Fallzahlen ergeben eine Untergrenze für die in Summe stattfindenden Infektionen. Durch die mehrfach geänderten Teststrategien, verbunden mit fehlenden Attributierungen (Angaben der jeweiligen zugrundeliegenden Testgründe), sind diese Zahlen als Zeitreihe sehr schwierig einzuordnen. Über die Weihnachtstage wurde bekanntlich deutlich weniger als normal getestet, so dass die Zahlen für die beiden Weihnachtswochen eher wenig Aussagekraft haben. Dazu kommen für die ersten Januarwochen eine hohe Zahl an Nachmeldungen und Nachtstungen, so dass auch diese Zahlen eher wenig belastbar sind. Zusammengenommen befinden wir uns also seit der Weihnachtswoche weitgehend im "Blindflug"; erst in dieser Woche werden die Zahlen wieder interpretierbar; die Zahlen zum Verständnis der Weihnachtssdynamik werden vermutlich dauerhaft fehlen.
- Es gibt zu wenig Informationen über den Anteil der neuen, vermutlich stärker infektiösen Virusmutation B.1.1.7, so dass hier nur spekuliert werden kann.

Nach Einführung der verschärften Maßnahmen zum 15.12.20 wäre zu erwarten gewesen, dass die Krankenhauszahlen mit einem Verzug von etwa 10 Tagen einen rückläufigen Trend zeigen. Diese gehen jedoch erst seit Anfang Januar konsequent nach unten. Dies wäre in unserem Modell konsistent mit verstärkten Ansteckungen über Weihnachten; wir vermuten also die erwähnten aushäusigen Übernachtungen über Weihnachten, die leider in den Daten nicht ausgewiesen sind. Über Silvester sagt es noch nichts aus. Aufgrund dieser Resultate würden wir in den Medien diskutierten Überlegungen entgegenreten:

- Die sog. "November-Maßnahmen" haben sehr wohl einen signifikanten Effekt auf die Reduktion der Infektionszahlen gehabt, sonst wären die jetzt beobachteten Zahlen deutlich höher.
- Der nochmals verstärkte Lockdown ab Mitte Dezember zeigt (vermutlich) sehr wohl deutliche Wirkung; allerdings hat die Dynamik um Weihnachten (und möglicherweise Silvester) herum die Wirkung konterkariert.

Weiterhin könnte die neue Virusmutation B.1.1.7 eine Rolle spielen, siehe Abschnitt Virusmutation B.1.1.7.

Wir haben im folgenden mit unserem Modell auf Basis der aktuell gültigen Rahmenbedingungen ein Basisszenario für die kommenden Monate simuliert. Zu diesen Rahmenbedingungen gehören:

- Beibehaltung der derzeitigen Reduktion der aushäusigen Aktivitäten auf ca. 68% des Vor-Corona-Niveaus.
- Geschlossene Bildungseinrichtungen (mit Notbetrieb in Kindertagesstätten und Schulen)
- 2.000 Erstimpfungen am Tag
- Verstärkte Einschränkungen im Freizeitbereich
- Auftauchen einer neuen Virusmutation mit erhöhter Infektiosität ab Mitte Dezember

Die Simulation dieses Basisszenarios zeigt, dass wir Anfang Februar wieder in den Bereich kommen, indem die Kontaktnachverfolgung greifen kann (vgl. Fig. 3). **Dies gilt unter der Bedingung, dass die aktuellen Restriktionen unverändert bei- und (!) eingehalten werden.**

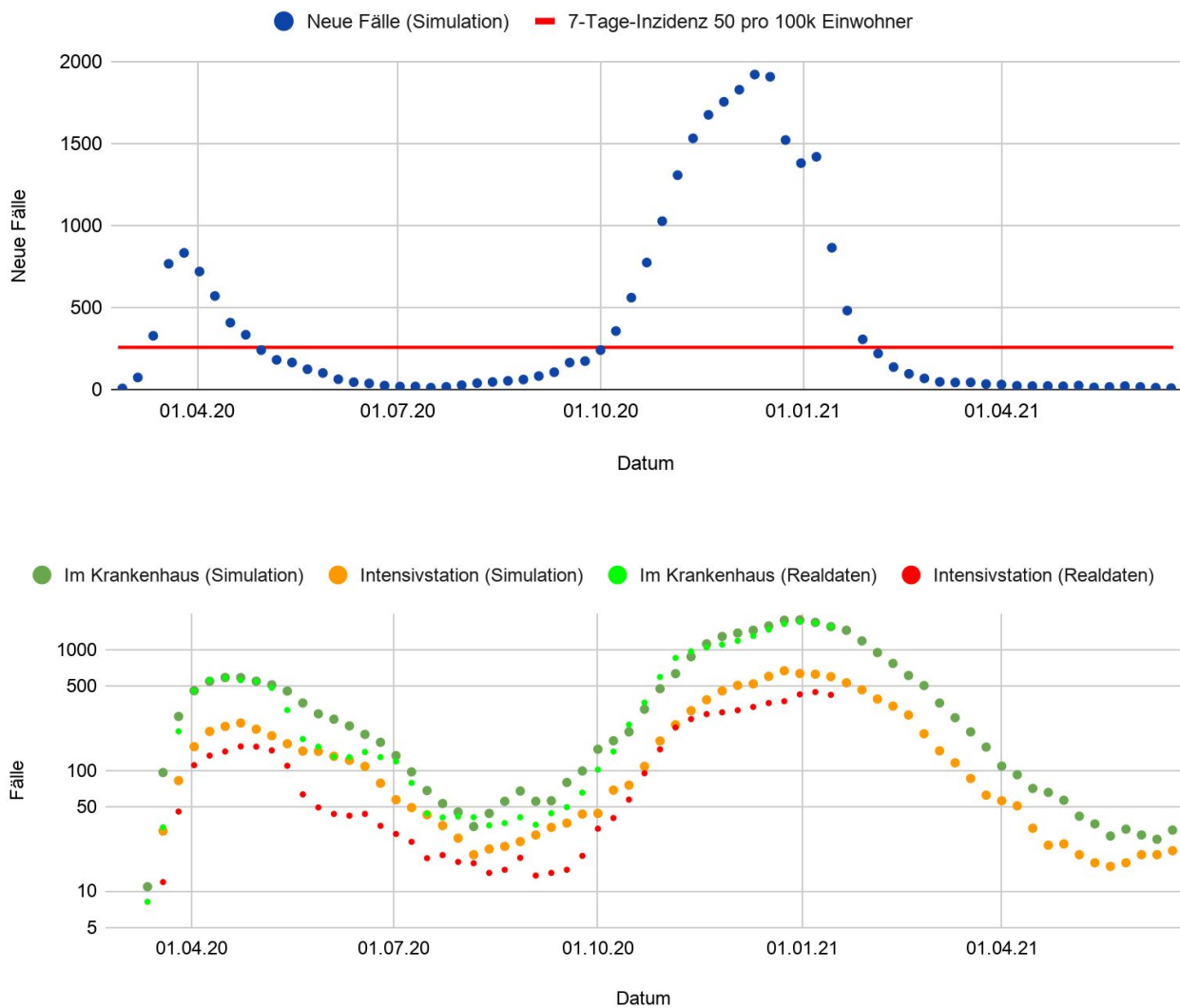


Figure 3: Neuinfektionen (Oben) sowie Krankenhauszahlen (Unten) in der Simulation im Basisszenario (= "Mobilität und Restriktionen bleiben auf dem Niveau von Anfang Januar"). Die Simulation prognostiziert einen langsamen Rückgang der Krankenhauszahlen; dies ist konsistent mit den derzeitigen Daten (vgl. Tagesspiegel 2021).

Unsere Mobilitätsdaten zeigen im Moment jedoch eher einen Trend in Richtung vermehrter aushäusiger Aktivitäten (vgl. Abschnitt Mobilitätsdaten). Aus diesem Grund haben wir simuliert, was passiert, wenn dieser Trend in der Zukunft fortgesetzt würde. Die Simulation zeigt hier eine deutliche Reaktion mit einer Reinfektionsrate über 1, noch bevor die 7-Tage Inzidenz auf unter 50 sinkt (vgl. Fig. 4). In diesem Szenario liegt die Infektionsspitze um mehr als einen Faktor 10 höher als derzeit; resultierend wäre mit einer 10x höheren Krankenhausbelegung zu rechnen als derzeit; **ca. 80 bis 90% der ernstesten Fälle könnten dann nicht adäquat behandelt werden**. Wir haben es diesmal nicht explizit gerechnet, **halten aber weiterhin nächtliche Ausgangssperren für eine schnell umsetzbare und laut unseren Simulationen wirksame Maßnahme, welche bei zu langsam absinkenden oder sogar wieder steigenden Infektionszahlen sofort eingesetzt werden sollte**.

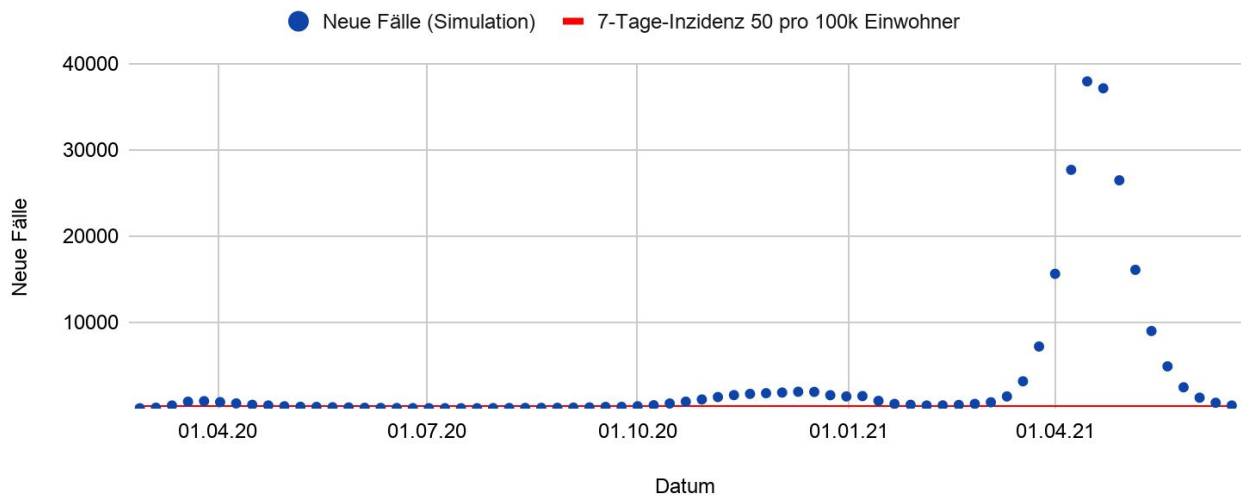


Figure 4: Szenario der Neuinfektionen in der Simulation, wenn die Bevölkerung sukzessive wieder beginnt, vermehrt aushäusige Aktivitäten durchzuführen. Man beachte, um wieviel höher der Peak im April wäre verglichen mit jetzt; es handelt sich um eine unbedingt zu vermeidende Alternative

Virusmutation B.1.1.7

Wir haben Simulationen durchgeführt, in welchen die neue, möglicherweise aus Großbritannien kommende Virusmutation B.1.1.7 ab Mitte September/Okttober/November oder Dezember in unsere Simulation eingetragen wird.² Wir gehen davon aus, dass die neue Variante 70%³ infektiöser als der bisherige Virus ist und somit die Wahrscheinlichkeit einer Ansteckung entsprechend höher ist. Alle anderen Parameter der Simulation bleiben unverändert.

Es ist durchaus erschreckend, wie schnell sich in den Simulationen die neue Variante durchsetzt. Bei Eintrag in ein Regime ohne Restriktionen (Mitte September) dauert es nur zwei Monate, bis sie die Mehrheit aller Fälle darstellt; bei Eintrag in ein Regime mit Restriktionen (z.B. Mitte November) verlängert sich dieser Zeitraum etwas, aber auch nur auf drei Monate.

Eine Hypothese ist, dass der Wiederanstieg der Fallzahlen Mitte November bereits auf die neue Variante zurückzuführen wäre. Die resultierende Dynamik (mit Ersteintrag der neuen Mutation Mitte Oktober) ist in Fig. 5 dargestellt: Die neue Variante B.1.1.7 breitet sich schnell aus und übernimmt in diesem Szenario genau zum Jahreswechsel. Zu Beginn des neuen Jahres wird das Wachstum durch die derzeitigen Restriktionen gestoppt.

Diese Hypothese passt jedoch nicht zur Datenlage. Mitte Dezember wurde der erste Fall der Mutation in Berlin gefunden (Vgl. Buchholz 2021). Zudem wurden bei ca. 200 Sequenzierungen in Deutschland seit Ende Dezember lediglich 8 Fälle festgestellt (Vgl. "B.1.1.7 Report" 2021). Eine weitere, besser zur aktuellen Datenlage passende Hypothese wäre, dass der Eintrag der neuen Variante ab Mitte Dezember erfolgt. In diesem Szenario bereitet sich die neuen Variante nicht unkontrolliert aus, **solange die aktuellen Restriktionen beibehalten werden**. Wenn die aktuellen

² Diese Zeitpunkte können als Richtwerte betrachtet werden; schlussendlich macht es aber z.B. keinen Unterschied, ob eine kleine Anzahl von Mutationen früh oder eine größere Anzahl etwas später eingetragen wurde.

³ Wir haben auch Simulationsläufe mit einer erhöhten Infektiosität von 35% durchgeführt. Die Ergebnisse sehen strukturell ähnlich aus, wie bei 70%, die Anzahl der mit der neuen Variante infizierten Personen reduziert sich allerdings deutlich (vgl. <https://covid-sim.info/2021-01-13/bmbf2>)

Maßnahmen gelockert werden, kommt es auch hier zu einer unkontrollierten Ausbreitung der Mutation.

Unsere resultierende Vorhersage wäre, dass die derzeitigen Restriktionen auch für die neue Virusvariante ausreichen, solange sich die Bevölkerung in mindestens gleichem Maße daran hält wie in der dritten Dezemberwoche. Allerdings verzögert sich die Rückkehr zum Regime der Kontaktnachverfolgung (7-Tage-Inzidenz < 50) durch die neue Virusvariante um einen Monat, von Anfang Februar auf Anfang März.

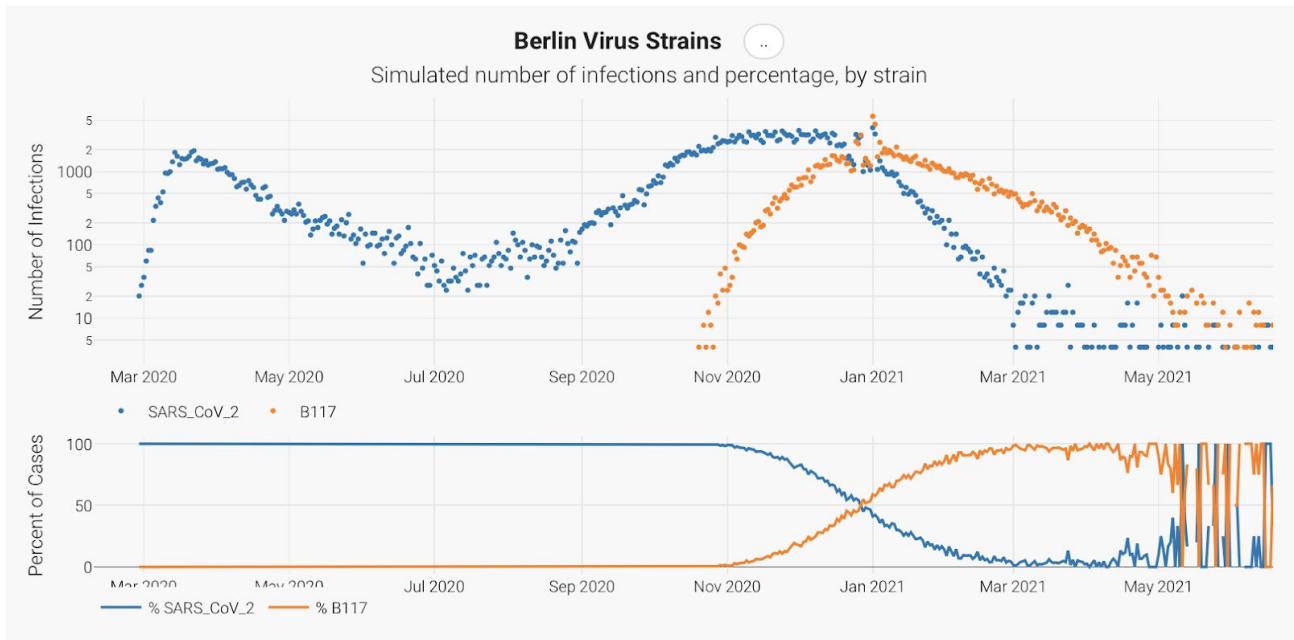


Figure 5: Übersicht der Infektionszahlen in der Simulation für die Basisvariante und der Mutation B.1.1.7, wenn die Virusmutation Mitte Oktober eingetragen wird. Oben: Anzahl der Infektionen je Variante; Unten: Anteil beider Variationen an den Gesamtfällen.

Vgl.: <https://covid-sim.info/2021-01-13/bmbf?schools=closed&newVariantDate=2020-10-15>

Verteilung der Reinfektionen auf die Aktivitätentypen

Bisher liegt die Reinfektion in Haushalten bei ca. 0,4. Dies findet man so auch in der wissenschaftlichen Literatur. Dies bedeutet, dass jede infizierte Person dort im Mittel 0,4 weitere Personen ansteckt und diese dann weitere 0,4, etc.⁴ Ende November, also bereits im teilweise eingeschränkten Regime, war es dann lt. unseren Simulation so, dass sich die weiteren (also aushäusigen) Neuinfektionen wie folgt über die Aktivitätentypen verteilt haben: Freizeit ca. 0,4, Arbeit ca. 0,15, Schule ca. 0,15 (vgl. Fig. 6).

Dies bedeutet, dass (lt. Simulation) zu diesem Zeitpunkt jede infizierte Person im Mittel 0,4 weitere im Freizeitbereich ansteckte, 0,15 im Bereich Arbeit, und 0,15 im Bereich Schule. Dies gilt, wie gesagt, "im Mittel"; natürlich ist es so, dass Schüler höhere Neuinfektionen im Bereich Schule und niedrigere im Bereich Arbeit haben, und bei Erwachsenen ist es umgekehrt. Insgesamt ist es aber so, dass sich diese Zahlen 0,4 + 0,4 + 0,15 + 0,15 zu knapp über 1 addieren, und dies ist konsistent mit dem Anstieg Ende November.

⁴ Genau genommen hat die erste Person eine höhere Wahrscheinlichkeit, weil sie auf mehr ansteckbare Personen trifft, etc.

Damit die Epidemie beherrschbar bleibt, muss die Addition aller Linien unter 1 bleiben. Daher sieht man an diesem Plot, wieviel politischen Spielraum man jeweils hat und welchen Anteil davon welcher Aktivitätentyp “verbraucht”. Dabei ist zu beachten, dass Reinfektionen zu Hause davon bereits 0,4 ausmachen, und mit der neuen Virusvariante vermutlich noch mehr.⁵

Beibehaltung der Einschränkungen von Anfang Januar: In Fig. 6 sieht man die wegfallenden Infektionen aus dem Bereich Schule (braun) und Arbeit (grau) über Weihnachten, und stattdessen die stark ansteigenden Reinfektionen im Bereich Freizeit während der Weihnachtstage. Anfang Januar gehen die mittleren Reinfektionen im Bereich Freizeit deutlich nach unten, als Konsequenz der deutlichen Reduktion der aushäusigen Aktivitäten, wie wir sie in den Mobilitätsdaten sehen. Im Gegenzug gehen die Reinfektionen im Bereich Arbeit wieder nach oben, während sie bei den Schulen, wegen weitgehender Schließung, in der Nähe von Null bleiben. Dieser Plot bezieht sich auf eine Beibehaltung des niedrigen Niveaus aushäusiger Aktivitäten von Anfang Januar.

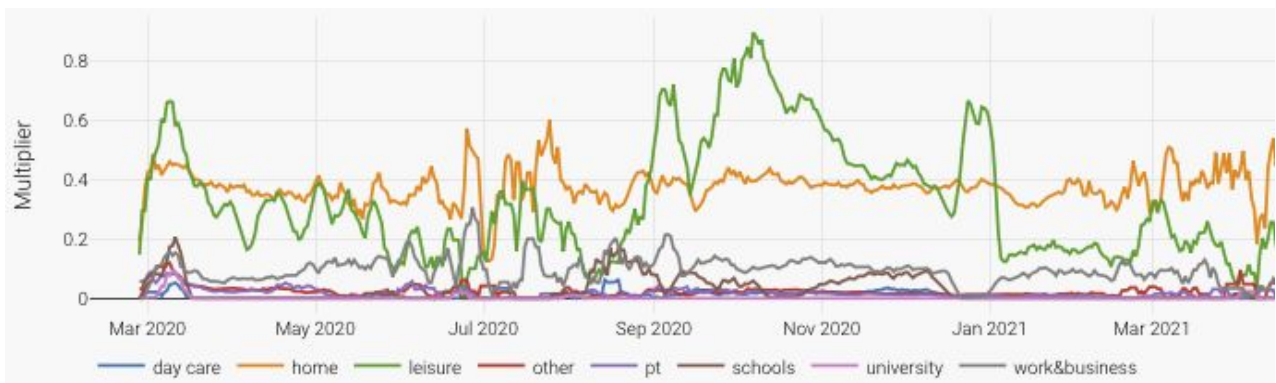


Figure 6: Anteile der Reinfektionen der Aktivitätentypen bei Beibehaltung der Einschränkungen von Anfang Januar

Öffnung von Schulen: Wenn man die Schulen ab Ende Januar wieder normal öffnen würde, dann sähe es lt. unseren Simulation aus wie in Fig. 7. Man sieht daraus, dass in diesem Regime die Schulen im März ähnlich viele Infektionen beitragen würden wie der (stark eingeschränkte) Freizeitbereich. Man beachte, dass wir indirekte Effekte, wie Bindung der Eltern im Homeoffice durch die Schulschließungen, nicht berücksichtigen.

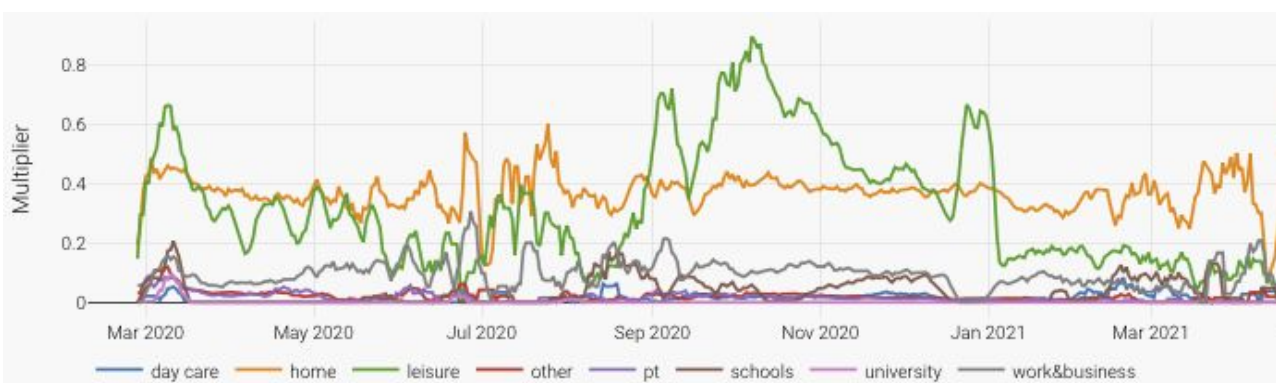


Figure 7: Anteile der Reinfektionen der Aktivitätentypen unter der Annahme, dass Schulen ab Ende Januar wieder geöffnet werden

⁵ Wenn auch nicht $0,4 \text{ plus } 70\% = 0,68$, wie man zunächst vermuten könnte. Dies liegt daran, dass Ansteckungen in Haushalten irgendwann sättigen, die selbe Person also nicht mehrfach angesteckt werden kann.

Sukzessive Aufhebung der Restriktionen durch die Bevölkerung: Wenn man davon ausgeht, dass die Bevölkerung, wie im Frühjahr, die Einschränkungen sukzessive zurücknimmt, dann ergibt sich Fig. 8. Offenbar würden insbesondere die Reinfektionen im Bereich Freizeit dramatisch ansteigen. Wie zuvor gesagt, muss die Summe dieser Zahlen unter dem kritischen Wert von 1 bleiben; das wäre hier bereits ab Anfang Februar nicht mehr der Fall. Öffnung oder Nichtöffnung der Schulen macht hier keinen großen Unterschied. In allen unseren Szenarien ist die neue Virusmutation B.1.1.7 bis spätestens Ende März dominant; man sieht das u.a. daran, dass dann auch die Ansteckungen zu Hause und bei der Arbeit nach oben gehen.

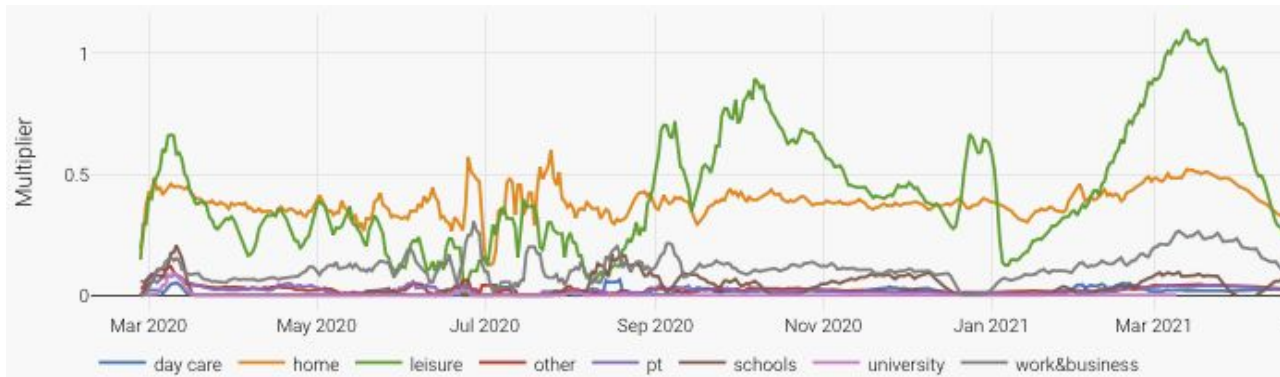


Figure 8: Anteile der Reinfektionen der Aktivitätentypen unter der Annahme, dass die Bevölkerung sukzessive wieder mehr aushäusige Aktivitäten durchführt

Wenn politischer Spielraum erhalten bleiben soll, ist es also von zentraler Wichtigkeit, dass die Bevölkerung die Einschränkungen von Anfang Januar bis auf weiteres beibehält. Nur dann kann glaubwürdig über eine Teilöffnung der Schulen diskutiert werden; wir bleiben in diesem Zusammenhang dabei, dass dies nur mit FFP2-Masken auch im Unterricht sowie Wechselunterricht angedacht werden sollte. Andererseits sollte auch der Bereich Arbeit einen stärkeren Beitrag leisten, mit entweder FFP2-Masken auch am Arbeitsplatz oder maximal eine Person im Raum oder Homeoffice. Plexiglasscheiben und Abstand sind, nach allem, was wir wissen, bei SARS-CoV-2 nicht ausreichend. Eine schnell umzusetzende und lt. unseren Simulationen wirksame Maßnahme ist eine abendliche und nächtliche Ausgangssperre. Sinnvoll wäre auch eine Auslagerung von Infizierten und möglichst auch Kontaktpersonen aus den Haushalten heraus, z.B. in Hotels.

Link zu den Simulationen: <https://covid-sim.info/2021-01-13/bmbf>

Impfungen

In unserem letzten Bericht hatten wir mit Simulationen gezeigt, dass Impfungen zwar hilfreich sind, in der aktuellen Situation aber alleine keine schnelle Trendwende bringen. Da der Impfbeginn mittlerweile erfolgt ist und damit nun Daten zu den tatsächlichen täglichen Erstimpfungen vorliegen, haben wir auch für diesen Bericht wieder die Auswirkungen des Impfbeginns untersucht⁶.

Seit Impfbeginn werden in Berlin ca. 2.000 Erstimpfungen pro Tag ausgeführt. Wenn wir in unserem Modell die tägliche Erstimpfrate auf 10.000⁷ erhöhen, zeigt auch das keinen nennenswerten kurzfristigen Effekt, da die Infektionszahlen ohnehin Anfang Februar bereits wieder in den Bereich der Kontaktnachverfolgung gelangen.

In den Simulationsläufen, in denen die Bevölkerung die aushäusigen Aktivitäten sukzessive wieder auf ein normales Niveau erhöht, hat die Erhöhung der täglichen Erstimpfrate jedoch einen deutlichen Effekt. Die Zahl der Patienten auf den Normalstationen geht laut unseren Simulationen durch die Erhöhung der Impfrate um bis zu 60% zurück und auf den Intensivstationen um bis zu 70%. Dennoch wird auch bei der erhöhten Erstimpfrate die Kapazität der Krankenhäuser überschritten, so dass auch eine sofortige drastische Erhöhung der Impfrate nicht bedeutet, dass eine Rückkehr zu normalem Verhalten möglich ist. Dies wird auch klar, wenn man sich vergegenwärtigt, dass es selbst bei einer Erstimpfrate von 10.000 pro Tag in etwa ein halbes Jahr dauert, bis die Hälfte der Berliner Bevölkerung geimpft ist.

Anpassung des ODE Modells

Wie bekannt, führen wir parallel zu den oben genannten Simulationen des agenten-basierten Modells (ABM) auch noch – weniger komplexe aber schneller berechenbare – Simulationen mittels unseres ODE-Modells durch (ODE = ordinary differential equations = Differentialgleichung). Im aktuellen Berichtszeitraum haben wir dieses Modell um die Möglichkeit der auftretenden Virus-Mutation erweitert. Dazu wurden zwei zusätzliche Komponenten (E2 und I2) in das Modell eingefügt, die die mit der neuen Variante infizierten Individuen modelliert. E2 modelliert dabei die, die mit der neuen Virus-Variante infiziert sind, und I2 diejenigen, die (mit der neuen Variante) infiziert **und** ansteckend sind. Um die angenommene um 70% erhöhte Infektionsrate zu erreichen, wurde die für die bisherige Virusvariante bekannte Infektionsrate (k_E) um 70% erhöht (Faktor $m = 1.7$ im Modell).

An dieser Stelle ist zu bemerken, dass der Parameter k_E des ODE-Modells verschiedene Einflüsse bzw. Effekte modelliert (oder bündelt, z.B. Schulschließungen, Maskenpflicht etc.). Das bedeutet, Änderungen im Infektionsgeschehen werden nur in Änderungen dieses Parameters – und nicht in den anderen ODE-Parametern – sichtbar. Aus diesem Grund können wir – anders als im ABM Modell – nicht direkt bestimmen, welche einzelne Maßnahme wie viel zur Veränderung dieses Parameters beiträgt. Als eine "Maßnahme" kann jedoch auch die Infektiosität des Virus bzw. der

⁶ Wir gehen von folgenden Parametern aus: Ältere werden zuerst geimpft, die Wirksamkeit des Impfstoff steigt linear ab dem Tag der Erstimpfung auf 90% 28 Tage nach der Erstimpfung, 90% Wirksamkeit bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit einer Ansteckung sich um 90% reduziert, der Impfstoff wirkt auch auf die Mutante

⁷ Unsere Recherchen haben ergeben, dass die Berliner Impfzentren eine Kapazität von bis zu 20.000 Impfungen pro Tag erreichen können. Daraus folgen 10.000 Erstimpfungen pro Tag (vgl. rbb 2020).

neuen Mutation bezeichnet werden. Dies führt dazu, dass bei einer signifikanten Erhöhung des kE -Parameters im ODE-Modell die Infektionsdynamik insgesamt enorm beschleunigt wird.

Daraus folgt, dass eine Erhöhung dieses Parameters (kE , die Infektionsrate) nicht nur die Infektiosität, sondern alle Maßnahmen negativ beeinflusst (denn je größer kE , desto schlechter wirken die Maßnahmen – damit verhält es sich ähnlich dem sog. R -Wert). Aus diesem Grund sind weitere Experimente nötig, um Werte für kE bzw. den Faktor m zu finden, die realistische Aussagen ermöglichen.

In einem ersten Experiment haben wir uns an Daten des European Centre for Disease Prevention and Control orientiert (vgl. ECDC 2020) (vgl. Figure 9). Diesen Daten zufolge dauerte es ca. 5 Wochen (KW42 bis KW47) vom ersten Auftreten der neuen Variante bis diese etwa 10% der britischen Neuinfektionen ausmachte.

Figure 3. Total number of SARS-CoV-2 sequences from the UK and proportion of VUI 202012/01 variant sequences among all UK sequences in the GISAID EpiCoV database (as of 20 December 20: by week of sampling, 2020



Figure 9: Ausbreitung der neuartigen Virusmutation VUI 202012/01 (auch B.1.1.7 genannt) in Großbritannien, dargestellt als Anteil der sequenzierten positiven PCA-Tests

Auf Basis dieser Daten haben wir den Faktor m für das ODE-Modell (Erhöhung des kE -Parameters) geschätzt. Dazu simulieren wir mit unserem ODE-Modell den Verlauf der in Großbritannien hospitalisierten Covid-19-Patienten von Mai 2020 bis Anfang Januar 2021, unter der Annahme, dass die neue Virus-Mutation in KW42 (bzw. am 15. Oktober) das erste Mal aufgetreten ist. Für dieses Modell führen wir eine Parameter-Optimierung durch, um es an die realen Daten aus dieser Zeit anzupassen. Im Ergebnis (vgl. Figure 10) erkennt man, dass unser Modell nicht nur die realen Hospitalisierungszahlen sehr gut reproduzieren kann, sondern auch einen etwa 10%igen Anteil der Infektionen durch die mutierte Variante in KW47 (ca. 18. November 2020) vorhersagt – so wie es auch in der Realität in Großbritannien der Fall war (vgl. Figure 11).

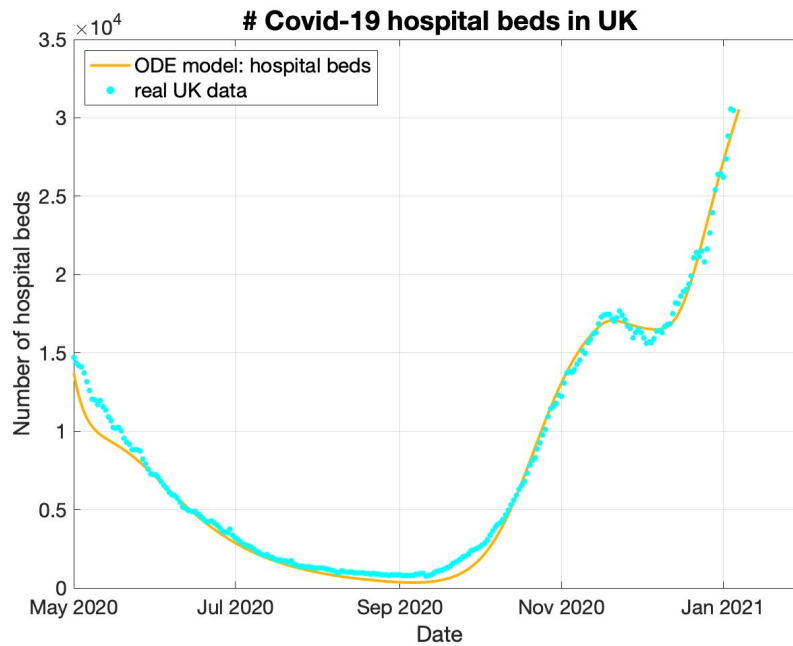


Figure 10: ODE-Modell-Fit der Covid-19-Krankenhauszahlen in Großbritannien vom 1. Mai 2020 bis zum 7. Januar 2021

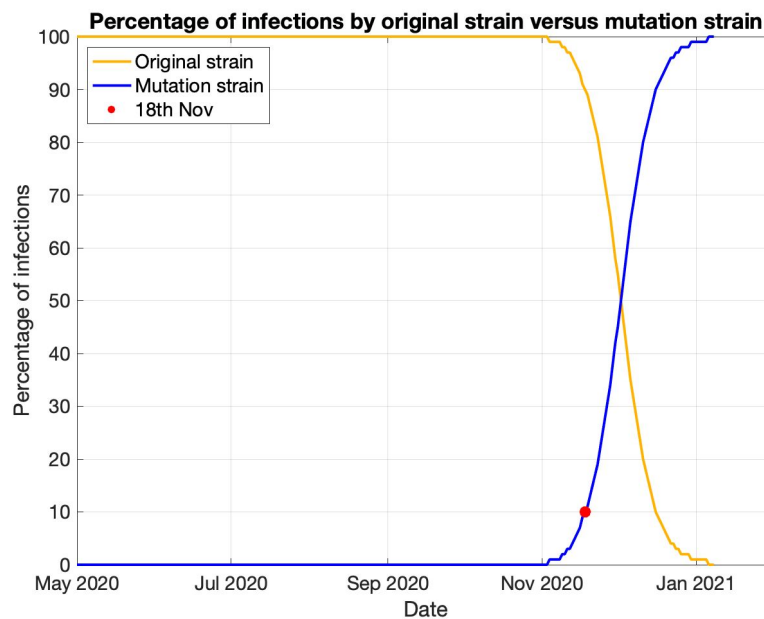


Figure 11: Prozentualer Anteil der Mutation an den Infektionen insgesamt für den ODE-Modell-Fit der britischen Krankenhauszahlen. Wie in der Grafik oben wird am 18. November ein 10%-Anteil der Mutation an der Gesamtinfektionsdynamik erreicht.

Aus diesen Modelloptimierungen lässt sich ableiten, dass für unsere ODE-Modellrechnungen der Parameter kE um 30% ($m = 1.3$) erhöht werden muss, um die Ausbreitung der neuen Virusmutation abzubilden. Dies veranschaulicht auch die Unterschiede zwischen den in diesem Projekt gewählten Modellierungsansätzen ABM und ODE. Wir sind der Meinung, dass wir durch diese unterschiedlichen und sich ergänzenden Modellierungstypen ein besseres Verständnis für die Dynamik dieser Pandemie erlangen können.

Quellen

- “B.1.1.7 Report.” 2021. January 14, 2021. https://cov-lineages.org/global_report_B.1.1.7.html.
- Buchholz, Boris. 2021. “Student Bringt Virus-Mutante B.1.1.7 Bei Weihnachtsbesuch Nach Berlin.” January 8, 2021. <https://www.tagesspiegel.de/berlin/nach-einem-tag-waren-alle-krank-student-bringt-virus-mutante-b-1-1-7-bei-weihnachtsbesuch-nach-berlin/26782082.html>.
- ECDC. 2020. “Rapid Increase of a SARS-CoV-2 Variant with Multiple Spike Protein Mutations Observed in the United Kingdom.” <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/SARS-CoV-2-variant-multiple-spike-protein-mutations-United-Kingdom.pdf>.
- RBB24. 2020. “Berlin Bekommt Sechs Corona-Impfzentren.” *RBB*, November 10, 2020. https://www.rbb24.de/panorama/thema/2020/coronavirus/beitraege_neu/2020/11/berlin-corona-impfzentren-albrecht-broemme-standorte-impfstoff.html.
- Senozon. 2020b. “Mobility Pattern Recognition (MPR) Und Anonymisierung von Mobilfunkdaten.” 2020b. https://senozon.com/wp-content/uploads/Whitepaper_MPR_Senozon_DE.pdf.
- . 2020. “The Senozon Mobility Model.” *The Senozon Mobility Model*. 2020. <https://senozon.com/en/model/>.
- Tagesspiegel. 2021. “Die Zahl Der Coronapatienten in Berliner Kliniken.” *Tagesspiegel Innovation Lab*. January 15, 2021. <https://datawrapper.dwcdn.net/QTkUC/7830/>.