

# Evidenzbasierte Kontaktreduzierung und risikoarme Kontaktsettings

Kai Nagel, Sebastian A. Müller, TU Berlin, als Teil des MODUS-COVID Teams

28.4.2021

## Modellierungsansatz

Wir führen, im Rahmen des vom BMBF geförderten MODUS-COVID-Projektes, Simulationen der Ausbreitung von COVID-19/SARS-2 durch. Grundlage unserer Arbeiten sind Modelle menschlicher Mobilität, mit denen wir jahrzehntelange Erfahrung haben. Diese Modelle basieren auf Tagesplänen synthetischer Personen; eine Person bewegt sich also z.B. von zu Hause zur Arbeit, dann zum Einkaufen, dann zu einer Freizeitaktivität, dann wieder nach Hause. Die Tagespläne werden u.a. aus Mobilfunkdaten abgeleitet, sind aber schlussendlich "synthetisch" (also durch das Modell erzeugt), um den Vorgaben des Datenschutzes zu entsprechen.

Weiterhin verwenden wir einen zweiten aus Mobilfunkdaten abgeleiteten Datensatz, welcher uns für jeden Tag seit Beginn der Pandemie ausgibt, wie viele Stunden pro Tag Personen im Mittel pro PLZ-Gebiet außerhalb ihres Haushaltes verbracht haben. Diese Dauer beträgt (in Berlin) normalerweise ca. 6,5 Stunden; im Verlauf der Pandemie ging sie teilweise bis auf unter 4 Stunden zurück. Daraus berechnen wir eine prozentuale Reduktion der Teilnahme an aushäusigen Aktivitäten, woraus sich im Modell dann eine prozentuale Wahrscheinlichkeit ergibt, dass die jeweilige Aktivität ausfällt.

## Virusausbreitungsmodell

Zur Simulation der Ausbreitung von SARS-2 haben wir unser Modell durch die entsprechenden Virusmodelle ergänzt:

1. **Ansteckungsmodell:** Personen, die sich laut Mobilitätsmodell zur gleichen Zeit am gleichen Ort befinden, können sich mit kontext- und verhaltensabhängigen Wahrscheinlichkeiten gegenseitig infizieren.
2. **Progressionsmodell:** Infizierte Personen werden irgendwann ansteckend, dann ggf. symptomatisch, dann ggf. krankenhauspflchtig, dann ggf. intensivpflichtig. Die Dauern und Wahrscheinlichkeiten zwischen den Übergängen folgen publizierten Verteilungen; von jedem der Zustände ist auch ein direkter Übergang zu "genesen" möglich.

Das Infektionsmodell in Punkt 1 geht von einer Aerosolansteckung aus. Folgende Parameter werden dort verwendet:

- Raumgröße – aus für den jeweiligen Aktivitätentyp vorgesehenen/typischen Gebäudestandards sowie maximaler Anzahl an Personen am Ort im Laufe des Tages.
- Luftaustauschrate – aus für den jeweiligen Aktivitätentyp vorgesehenen/typischen Gebäudestandards.<sup>1</sup>
- Maskensituation – abgeleitet vom Aktivitätentyp, den jeweiligen Vorschriften, sowie beobachteter Befolgsrate im öffentlichen Verkehr.

<sup>1</sup> Raumgröße und Luftwechselrate lassen sich in den von Kriegel und Hartmann (2021) verwendeten Frischluftvolumenstrom pro Person kombinieren.

- Dauer – aus unserem Mobilitätsmodell.
- Außen oder innen – bei wärmeren Außentemperaturen werden Freizeitaktivitäten zunehmend nach draußen verlagert.

Die Modelle folgen den Arbeiten von Kriegel und Hartmann (2021) oder Lelieveld et al. (2020). Jene Arbeiten berechnen die Wahrscheinlichkeit einer Ansteckung, falls eine ansteckend Person im Raum ist. Da unsere Simulation ja “weiß”, welche Personen ansteckend sind, wird also, wenn eine ansteckende Person im Raum ist, für jede andere Person im Raum die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass sie sich angesteckt hat, und anschließend entsprechend dieser Wahrscheinlichkeit zufällig entschieden, ob diese Person sich nun wirklich angesteckt hat (Monte Carlo Simulation). Wir berücksichtigen altersabhängige Infektionswahrscheinlichkeiten, soweit diese aufgrund der Literatur plausibel erscheinen. Das Ansteckungsmodell kann leicht ersetzt werden, z.B. wenn andere Virustypen mit anderen Übertragungswegen simuliert werden sollen. Eine genaue Beschreibung des Modells ist von (Müller, Balmer, et al. 2021).

### Beiträge verschiedener Aktivitätentypen zum R-Wert

Anders als bei Kriegel und Hartmann ergibt sich bei uns kein “situationsbezogener” R-Wert (Reproduktionszahl), sondern wir können in der Simulation zählen, wie viele weitere Personen eine infizierte Person angesteckt hat. Dabei können wir auch bestimmen, in welchen Kontexten diese Infektion stattgefunden hat. Dies wird gemittelt über alle Personen, die sich in der Simulation am selben Tag angesteckt haben. So erhalten wir aus unserem Modell die oft kommunizierten R-Werte im Regime der Mutation B.1.1.7:

- ca. 0,5 im eigenen Haushalt
- ca. 0,6 im Bereich Freizeit (inkl. private Besuche);
- ca. 0,2–0,3 im Bereich Arbeit; sowie
- ca. 0,2–0,3 im Bereich Schulen (falls vollständig geöffnet).

Diese Werte beziehen sich nicht auf eine vollständige Öffnung (außer bei den Schulen), sondern auf das Regime in Berlin ca. Mitte März: Maskenpflicht und reduzierte Personendichte im öffentlichen Verkehr und beim Einkaufen (falls offen); reduziertes Niveau der aushäusigen Aktivitäten; etc. Freizeitaktivitäten finden hauptsächlich in Innenräumen statt, wegen der kalten Jahreszeit.

### Generelle Überlegungen zu risikoarmen Kontaktsettings

Aus obigen Modellen ergeben sich unsere Hinweise zu risikoarmen Kontaktsettings (für Quellenangaben für die Werte siehe Müller, Balmer, et al. 2021):

- Draußen** ist bei ansonsten gleichen Parametern die Infektionswahrscheinlichkeit mindestens um einen Faktor 10 **reduziert** gegenüber **drinnen**.<sup>2</sup>
- In geschützten Kontexten** entstehen **weniger** Ansteckungen **als in ungeschützten Kontexten**. Mögliche Schutzmaßnahmen sind: Masken, Schnelltests, Impfungen. Wenn alle Personen in einem Raum die gleiche Schutzmaßnahme verwenden, verringert sich die erwartete Anzahl der Infektionen ungefähr um folgende Faktoren:
  - Stoff- oder OP-Masken: 3;
  - FFP2-Masken: 9;

<sup>2</sup> (Müller, Balmer, et al. 2021) rechnen mit einem Faktor 10; neuere Studien ergeben sogar noch höhere Werte.

- Schnelltests: 3 (vermutlich sogar besser = größer);
- Impfung: 100.

Diese Faktoren ergeben sich aus der Literatur und sollten laufend angepasst werden.<sup>3</sup>

- III. **Bei geringen Personendichten** entstehen **weniger** Ansteckungen **als bei hohen Personendichten**. Eine Reduzierung der Personendichte um einen Faktor 2 ergibt die Reduktion der Infektionen um einen Faktor 4: Nur halb so viele Personen können sich anstecken, und die Wahrscheinlichkeit, dass überhaupt eine ansteckende Person im Raum ist, ist ebenfalls halbiert. Dies ist ein Grund, warum Wechselunterricht/Halbierung der Klassen eine sinnvolle Maßnahme ist: sie reduziert Ansteckungen um einen Faktor 4.

Man kann nun als Ausgangssituation z.B. einen privaten Besuch nehmen. Wenn man hier 40qm Raumgröße, 4 Stunden Dauer, 50% Redezeit einer ansteckenden Person sowie lautes Reden annimmt, kommt man auf 39% Infektionswahrscheinlichkeit für jede weitere Person im Raum, und zwar unabhängig davon, wie weit die Person entfernt ist.<sup>4</sup> Folgende Schutzmaßnahmen ergeben jeweils für sich folgende Effekte:

- Wenn alle Teilnehmer eine FFP2-Maske tragen, dann verringert sich die Infektionswahrscheinlichkeit auf gut 4%.<sup>5</sup>
- Wenn alle Teilnehmer einen gültigen (negativen) Schnelltest haben, dann verringert sich die Infektionswahrscheinlichkeit auf 13%.
- Wenn alle Teilnehmer geimpft sind, dann verringert sich die Infektionswahrscheinlichkeit auf 0,39%.<sup>6</sup>
- Wenn man das Treffen nach draußen verlegt, dann verringert sich die Infektionswahrscheinlichkeit auf 3,9%.

Nicht ganz intuitiv ist der Effekt einer Halbierung der Personenanzahl:

1. Solange die ansteckende Person im Raum bleibt, bleibt die Infektionswahrscheinlichkeit unverändert, in diesem Beispiel also 39% pro weitere anwesende Person. *Allerdings* halbiert sich damit die (erwartete) Anzahl der angesteckten Personen, weil ja nur halb so viele Personen angesteckt werden können.
2. Darüber hinaus halbiert sich die Wahrscheinlichkeit, dass die ansteckende Person überhaupt im Raum ist.

Insgesamt reduziert sich damit bei einer Halbierung der Personenanzahl die erwartete Anzahl der Infektionen um einen Faktor 4.

---

<sup>3</sup> Schnelltests und Impfungen wurden von (Müller, Balmer, et al. 2021) noch nicht berücksichtigt; Referenzen die Werte sind Schlenger (2020) für Schnelltests und Lopez Bernal et al. (2021) and Glampson et al. (2021) für Impfungen; der Faktor 100 ergibt sich aus einer um einen Faktor 10 reduzierten Wahrscheinlichkeit, dass eine geimpfte Person den Virus in einen Kontext einträgt, und einer um einen Faktor 10 reduzierten Wahrscheinlichkeit, dass eine geimpfte Person sich ansteckt, falls der Virus in einen Kontext eingetragen wurde.

<sup>4</sup> Vgl.

<https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2021-02/corona-infektion-ansteckungsgefahr-coronavirus-mutation-b117-aerosole>, was auf Lelieveld et al (2020) beruht.

<sup>5</sup> Der ZEIT-Rechner ist hier optimistischer.

<sup>6</sup> Nach derzeitigem Wissensstand können sich auch Geimpfte infizieren, und somit können auch Geimpfte andere Geimpfte anstecken. Aber die Wahrscheinlichkeiten dafür sind so deutlich reduziert, dass dies keine relevante Rolle für das Infektionsgeschehen als ganzes spielt.

## Beispiele für Aktivitäten mit sehr geringer Auswirkung auf das Infektionsgeschehen

Es folgen Beispiele für Aktivitäten, bei denen mindestens zwei der drei Punkte I bis III erfüllt sind und von denen daher keine starken Infektionswirkungen zu erwarten sind:

- Aufenthalte in Parks etc.
- Außengastronomie mit gültigem Schnelltest, alternativ Impfung
- Freiluftkonzerte etc. mit gültigem Schnelltest, alternativ Impfung
- Museen etc. mit gültigem Schnelltest und Maskenpflicht, alternativ Impfung
- Konzerte etc. mit gültigem Schnelltest und Maskenpflicht, alternativ Impfung
- Einzelhandel etc. mit gültigem Schnelltest und Maskenpflicht, alternativ Impfung
- Generell Veranstaltungen in großen, gut belüfteten Innenräumen mit reduzierter Personendichte, mit Maskenpflicht und/oder gültigen Schnelltests, alternativ Impfung. Problem ist hier die Identifikation und Zertifizierung entsprechender Räumlichkeiten; Kriegel nennt als Richtwert einen Frischluft-Volumenstrom von mindestens 75 m<sup>3</sup>/h/Person.

Diese Aktivitäten haben laut unseren Modellen keinen starken Einfluss auf das Infektionsgeschehen (Beitrag zum R-Wert < 0,01). Ihre Freigabe dürfte andererseits ein insgesamt höheres Aktivitätenniveau zur Folge haben – wie stark und mit welchen Konsequenzen für das Infektionsgeschehen können wir nicht vorhersagen.

Etwas stärkere Auswirkungen auf das Infektionsgeschehen haben Schulen, auch wenn sie mit Wechselunterricht (Punkt III) und gültigen Schnelltests kombiniert mit Maskenpflicht im Unterricht (Punkt II) abgesichert werden; andererseits dürfte das gesellschaftliche Interesse für diese Teilöffnung sehr hoch sein.

## Beispiele für Aktivitäten mit vergleichsweise geringer Auswirkung auf das Infektionsgeschehen

Es folgen Beispiele für Aktivitäten, die laut unseren Modellen zwar merkbare Beiträge zum Infektionsgeschehen leisten, aber dennoch deutlich unproblematischer sind als viele andere.

- Aufhebung Maskenpflicht im Unterricht *oder* Verzicht auf Wechselunterricht. Beitrag zum R-Wert laut unserem Modell: +0,05.
- Beherbergungsbetriebe *ohne* 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.

## Beispiele für Aktivitäten mit deutlicher Auswirkung auf das Infektionsgeschehen

Innengastronomie/Kneipen/Clubs sowie Feiern in privaten Innenräumen erfüllen keines der Kriterien I bis III. Unser Modell ergibt hier Beiträge von 0,5 und 0,25 zum R-Wert (Müller, Charlton, et al. 2021). Bzgl. privater Feiern in privaten Innenräumen stellt sich die Frage, inwieweit diese wirklich flächendeckend vermieden werden können; uns scheint (weiterhin) eine Werbekampagne angemessen, welche für diesen Typus von Aktivitäten vorherige Schnelltests oder Impfungen nahelegt.

Die Öffnung von Innengastronomie/Kneipen/Clubs würde laut unserem Modell einen Anstieg des R-Wertes um 0,5 ergeben. Da die Ansteckungen zu Hause weitere 0,5 beitragen und sich Ansteckungen in anderen Kontexten (Schulen, Arbeit, Einkaufen, etc.) nicht vollständig vermeiden lassen, wäre damit eine Kontrolle der Epidemie (R-Wert < 1) unmöglich.

## Hinweis

Genauere und regelmäßig aktualisierte Informationen befinden sich in unserem Portal <https://covid-sim.info>; dort sind auch alle unsere (alle drei Wochen erscheinenden) Berichte verlinkt; die Berichte sind außerdem in einem permanenten Repository hinterlegt.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> <https://depositonce.tu-berlin.de/simple-search?query=modus-covid>

## Referenzen

- 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>.
- Kriegel, Martin, and Anne Hartmann. 2021. "Covid-19 Contagion via Aerosol Particles – Comparative Evaluation of Indoor Environments with Respect to Situational R-Value." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-11401.2>.
- Lelieveld, Jos, Frank Helleis, Stephan Borrmann, Yafang Cheng, Frank Drewnick, Gerald Haug, Thomas Klimach, Jean Sciare, Hang Su, and Ulrich Pöschl. 2020. "Model Calculations of Aerosol Transmission and Infection Risk of COVID-19 in Indoor Environments." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (21). <https://doi.org/10.3390/ijerph17218114>.
- 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>.
- Müller, Sebastian A., Michael Balmer, William Charlton, Ricardo Ewert, Andreas Neumann, Christian Rakow, Tilmann Schlenker, and Kai Nagel. 2021. "Predicting the Effects of COVID-19 Related Interventions in Urban Settings by Combining Activity-Based Modelling, Agent-Based Simulation, and Mobile Phone Data." *medRxiv*, March, 2021.02.27.21252583.
- Müller, Sebastian A., William Charlton, Natasa Djurdjevic Conrad, Ricardo Ewert, Dominic Jefferies, Christian Rakow, Hanna Wulkow, Tim Conrad, Christof Schütte, and Kai Nagel. 2021. "MODUS-COVID Bericht Vom 09.04.2021." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-11772>.
- Schlenger, Ralf L. 2020. "Antigentests Auf SARS-CoV-2: Der Preis Der Schnelligkeit." *Deutsches Ärzteblatt* 117 (44): A2101.