

MODUS-COVID Bericht vom 19.06.2020

Sebastian Alexander Müller¹, William Charlton¹, Natasa Djurdjevac Conrad², Ricardo Ewert¹, Christian Rakow¹, Tilmann Schlenther¹, Frank Schlosser³, Dirk Brockmann³, Tim Conrad², Kai Nagel¹, Christof Schütte²

¹Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik (“VSP”), TU Berlin,
nagel@vsp.tu-berlin.de

²Zuse-Inst. Berlin (“ZIB”)

³Research on Complex Systems (“ROCS”), Robert-Koch-Institut & HU Berlin

Available online via TU Berlin repository:

<http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10335>

Date of this version: 19-june-2020

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://matsim-vsp.github.io/covid-sim/>

**Bericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
vom 19.06.2020:**

Zusammenfassung

- **Ein Zusammenbruch der Kontaktnachverfolgung muss unbedingt vermieden werden**, wenn ansonsten gesellschaftliche Aktivitäten ermöglicht werden sollen. Dazu müssen ausreichende Ressourcen bereitgestellt werden.
- **Eine Öffnung der Schulen hat, verglichen mit anderen Öffnungen, eine eher kleinere Wirkung.** Dabei nehmen wir explizit *keine* andere Ansteckungsdynamik für Kinder an, sondern das Resultat beruht nur darauf, dass es, verglichen z.B. mit Aktivitäten vom Typ Freizeit oder Arbeit, vor allem deutlich weniger Personen betrifft.
- **Allerdings** ist zu vermuten, dass **Öffnungen der Schulen weitere die Infektionsdynamik verstärkende Anschlusswirkungen nach sich ziehen würden**, wie dann wieder erhöhte Teilnahme der Eltern an aushäusigen Arbeitsaktivitäten, sowie eine Signalwirkung im Sinne von “die Gefahr ist überstanden”. Wenigstens bei letzterem könnte man vielleicht gegensteuern, indem weiterhin dort, wo es möglich ist, also insbesondere auch an Schulen, Abstands- und Lüftungsregeln etc. weiterhin eingehalten werden. Zu deren Durchführung können andere Fachleute mehr sagen als wir.

Beitrag unterschiedlicher Maßnahmen zur Senkung von R

Es dürfte inzwischen bekannt sein, dass R die Anzahl der Reinfektionen zählt, die von einer infizierten Person ausgehen. Wenn R kleiner als eins ist, dann stirbt die Infektionsdynamik aus. Wenn R größer als eins ist, dann wächst sie exponentiell. Wenn wir die Wiederaufnahme exponentiellen Wachstums vermeiden wollen, dann sind also Werte größer als eins höchstens kurzzeitig akzeptabel.

Da es in unserem Projekt insbesondere um Schulschließungen geht, haben wir versucht, den Effekt von Schulschließungen im Verhältnis zu anderen Maßnahmen zu quantifizieren. Dies ist (natürlich wieder) mit zahlreichen Annahmen behaftet, die wir in diesem kurzen Dokument nicht alle offenlegen.¹ Dennoch leistet es hoffentlich einen Beitrag zur Einordnung.

Im Prinzip führen alle "typischen" Maßnahmen, die wir diskutieren, wie z.B. die Schließung aller Schulen, zu einem Multiplikator für R.² Z.B. multipliziert die Schließung aller Bildungseinrichtungen und Kitas das gerade vorherrschende R mit 0.9. Da das etwas sperrig ist, werden wir im folgenden stattdessen die prozentuale Absenkung angeben, also "die Schließung aller Bildungseinrichtungen und Kitas senkt (laut unseren Simulationen) das gerade vorherrschende R um 10%".³ Hieraus ergibt sich folgende Tabelle:

Maßnahme	Zusätzliche Reduktion von R um ...
Vollständige Schließung aller Kitas, Schulen und Universitäten	10%
Vollständige Schließung aller Kitas, Schulen und Universitäten zusammen mit vermuteten Sekundäreffekten (siehe Text)	50%
Reduktion der Kita-, Schul- und Universitätsbesuche um 50%	5%
Reduktion der aushäusigen Freizeitaktivitäten um 50%	15%
Reduktion der aushäusigen Einkaufsaktivitäten um 50%	5%
Reduktion der aushäusigen Arbeitsaktivitäten um 50%	15%
50% aller Personen tragen Stoffmasken und weitere 10% tragen OP-Masken beim Einkaufen und im öffentlichen Verkehr	5%
90% aller Personen tragen FFP-Masken beim Einkaufen und im öffentlichen Verkehr	10%

¹ U.a. nehmen wir für Kinder das gleiche Ansteckungsmodell an wie für Erwachsene; nur ihre Wahrscheinlichkeit, krankenhauspflichtig zu werden, ist deutlich geringer.

² Diese Aussage haben wir durch unsere Simulationen nachgeprüft.

³ Wenn man Maßnahmen addieren will, muss man die prozentualen Abzüge nacheinander rechnen. Eine Maßnahme von 20% und eine von 30% ergeben also kombiniert nicht 50%, sondern zunächst 20% Abzug vom herrschenden R (also $0.8 \cdot R$), und dann weitere 30% ($0.7 \cdot R$) Abzug von diesem Wert, also $0.8 \cdot 0.7 \cdot R = 0.56 \cdot R$, und somit 44% statt 50% Abzug vom ursprünglichen Wert. Dennoch sind die unterschiedlichen "Stärken" der Maßnahmen durch die Prozentzahlen gut interpretierbar.

90% aller Personen tragen FFP-Masken bei der Arbeit	20%
Kontaktnachverfolgung gefolgt von häuslicher Quarantäne	40%

Manches davon wird man etwas "übersetzen" müssen, so dürfte z.B. "alle Personen bei der Arbeit tragen FFP-Masken *oder* arbeiten im Einzelzimmer" in etwa äquivalent sein mit obigen "90% aller Personen bei der Arbeit tragen FFP-Masken" sein.

Interpretation

Die bei weitem am besten wirksame Maßnahme ist laut unserem Modell die Kontaktnachverfolgung. Wenn diese zusammenbricht, so führt erst die Kombination von "Schließung aller Kitas/Schulen", "Reduktion der aushäusigen Freizeitaktivitäten um 50%" sowie Reduktion der aushäusigen Arbeitsaktivitäten um 50% zu einer ähnlichen Reduktion. Oder auch, da alle diese Aktivitäten derzeit noch eingeschränkt sind: Falls die Kontaktnachverfolgung überrannt wird, dann springt R vom derzeitigen Wert in der Nähe von 1 abrupt auf einen Wert von 1.4, was eine deutliche exponentielle Dynamik in Gang setzen würde. Dann würden sehr viel drastischere Maßnahmen nochmals notwendig werden, selbst wenn diese im besseren Fall lokal begrenzt bleiben könnten. **Ein Zusammenbruch der Kontaktnachverfolgung muss also unbedingt vermieden werden**; der derzeitige Ansatz, dass der Bund entsprechende Ressourcen flexibel einsetzbar bereitstellt, muss also unbedingt beibehalten und so dimensioniert werden, dass er nicht überrannt wird.

Weiterhin auffallend ist, dass die Bildungseinrichtungen und Kitas eine eher kleinere Rolle spielen. Eine vollständige Öffnung aller Kindergärten, Schulen und Universitäten würde R laut unseren Simulationen um 10% erhöhen, diese Wirkung ist geringer als diejenige einer Wiederaufnahme von nur der Hälfte aller Freizeitaktivitäten (Erhöhung von R um 15%), und deutlich geringer als diejenige einer Aufgabe aller Schutzregeln am Arbeitsplatz (Erhöhung von R um 20%).

Einordnung

In unserem Modell ist die Wahrscheinlichkeit der Ansteckung in etwa proportional zu Virusabgabe, Kontaktintensität, und Virusaufnahme. Virusabgabe und Virusaufnahme können durch Masken beeinflusst werden, was sich gut simulieren lässt. Bzgl. Kontaktintensität rechnen wir derzeit mit der gleichen Kontaktintensität bei allen aushäusigen Aktivitäten. Man könnte z.B. spekulieren, dass diese Kontaktintensität in Kindergärten und Schulen höher ist als z.B. bei der Arbeit. Leider sind die vorhandenen Daten nicht gut genug, um hierzu eine Einschätzung zuzulassen. Andererseits haben wir aber auch, wie teilweise diskutiert, keine *Absenkung* der Ansteckungswahrscheinlichkeit zwischen Kindern im Modell; auch hierfür scheint uns die Basis nicht belastbar genug.

Im resultierenden Modell sind die Ansteckungswahrscheinlichkeiten in etwa proportional zu den Gesamtstunden, die die Bevölkerung bei bestimmten Aktivitäten verbringt. Z.B. verbringen relativ wenige (ca. 11,3% der Bevölkerung) Schüler mittelmäßig viel Zeit (ca. 7,2h/Tag) in Schulen und Kitas. Die mittlere bei Freizeitaktivitäten verbrachte Zeit ist pro Person niedriger als bei den Schülern, aber es handelt sich um deutlich mehr beteiligte Personen. Bei Arbeitsaktivitäten handelt es sich wiederum um weniger Personen als bei

den Freizeitaktivitäten, aber immer noch mehr als die Schüler, und mit mehr Zeit pro Woche. Dies erklärt, warum die Hebelwirkung bei "Freizeit" und "Arbeit" höher ist als bei "Schule".

Vergleich mit anderen Studien

Unsere prozentualen Veränderungen von R liegen im Vergleich zu (Brauner et al. 2020) deutlich niedriger. Dies würde auf der einen Seite bedeuten, dass mehr Maßnahmen als bei (Brauner et al. 2020) kombiniert werden müssen, um eine entsprechende Absenkung von R zu erreichen. Andererseits bedeutet es, dass unser Modell einen deutlich niedrigeren negativen Effekt durch die Öffnung von Schulen vorhersagt. Wir vermuten folgende Gründe:

1. Eine nochmals genauere Auswertung der RKI-Fallzahlen in Verbindung mit unseren Simulationen hat ergeben, dass es in Berlin bereits am Wochenende des 7./8.3. deutliche Änderungen gegeben haben muss, welche zu einer deutlichen Reduktion von R geführt haben. (Dehning et al. 2020) finden dies auch, insofern stehen wir mit unserer Analyse nicht alleine da. Solche Veränderungen waren wahrscheinlich (a) die Absage von Großveranstaltungen und (b) allgemeine Verhaltensänderungen bereits zu diesem Zeitpunkt, z.B. der Verzicht auf körperliche Kontakte bei Begrüßungen etc.
2. Unser Modell ist kleinteiliger. So enthält es zwar Schulschließungen zum 15.3., aber gleichzeitig sehen wir auch die starke Abnahme aller anderen aushäusigen Aktivitäten vom 7. bis zum 21.3 um schlussendlich 40% (Müller, Charlton, Conrad, Ewert, Rakow, Schlenther, Schlosser, Brockmann, Conrad, Nagel, and Schütte 2020).

Aus unseren Daten geht somit sehr deutlich hervor, dass die Abnahme der Infektionstätigkeit in Berlin (und vermutlich Deutschland) zwischen dem 7. und dem 21.3. aus vielen Beiträgen besteht, und nur einer davon waren Schulschließungen; das Modell von Brauner et al. hat aber gar nicht die Differenzierung, um dies aufzuschlüsseln. Möglich ist auch, dass dies teilweise zusammenhängt; so bewirken Schließungen von Kindergärten/Schulen, dass die verantwortlichen Eltern dann auch zu Hause bleiben, ziehen also quasi automatisch eine entsprechende Absenkung von R bei Arbeit nach sich. In unserem Modell wird das separat betrachtet. Dies ist auch bei einigen der anderen Kategorien sichtbar: So geht in der Realität z.B. eine Reduktion von "Einkaufen" oder "Besorgungen" (auf der Nachfrageseite) gleichzeitig mit einer Reduktion von "Arbeit" (auf der Angebotsseite) einher; in unserem Modell ist dies separat ausgewiesen.

Weiterhin ist es möglich, dass die Schulschließungen eine Signalfunktion haben. So schreiben Brauner et al.: "Additionally, since the closure of schools was often the first major NPI (Non-Pharmaceutical Intervention) introduced ..., it may have caused public concern to increase, causing behaviour changes. We do not distinguish this indirect signalling effect from the direct effect (for any NPI)." In Berlin bzw. Deutschland gingen die Verhaltensänderungen den Schulschließungen voraus; möglicherweise hatten die Nachrichten aus dem Ausland bereits diesen Signaleffekt.

Eine Konsequenz für Schulöffnungen wäre, dass man diese so gestalten muss, dass davon keine umgekehrte Signalwirkung ("die Gefahr ist überstanden") ausgeht. Hier kennen sich Experten der Kommunikation sicher besser aus, aber wir würden vermuten, dass

Aufrechterhaltung von Abstandsregeln, Schichtbetrieb, Lüftungsregeln, teilweise Maskenpflicht, etc., dazu beitragen würden. Insofern sollte vielleicht eher angestrebt werden, die vollen Unterrichtszeiten wieder abzuhalten, aber weiterhin unter Beibehaltung entsprechender Vorsichtsmaßnahmen.

In Bezug auf die gerade gefassten Beschlüsse der Kultusminister, auf Abstandsregeln in Schulen zu verzichten, ist zu sagen, dass unsere obigen genannten "10% Zunahme der Infektionstätigkeit" sich ja schon auf den Normalbetrieb beziehen. Insofern ist jede Maßnahme, die dies dann doch wieder reduziert (z.B. häufiges Lüften), hilfreich, selbst wenn beschlossen wird, dass die eine Maßnahme der Abstandseinhaltung im Klassenzimmer nicht mehr weiter verfolgt wird.

Zufallszahlen

Als Nachtrag zum Bericht von vor zwei Wochen (vgl. Müller, Charlton, Conrad, Ewert, Rakow, Schlenker, Schlosser, Brockmann, Conrad, Nagel, and Others 2020) und zur Verstärkung unserer Argumentation noch folgende Grafik (vgl. Abb. 1), welche die Spannbreite der Vorhersagen beleuchtet. Man beachte insbesondere die blaue Kurve (Kapazitätsbeschränkung der Kontaktnachverfolgung für Berlin auf 30 Neuinfektionen pro Tag) plus ihre Fehlerspannbreite. Die Aussage ist, dass, wenn die Kontaktnachverfolgung überrannt werden kann, alles möglich ist zwischen einem eher langsamen Infektionsanstieg bis zum Jahreswechsel bis zu einer schnellen zweiten Welle quasi sofort.

Weitere Details

Siehe <https://matsim-vsp.github.io/covid-sim/2020-06-19/> .

Zusammenfassung

- **Ein Zusammenbruch der Kontaktnachverfolgung muss unbedingt vermieden werden**, wenn ansonsten gesellschaftliche Aktivitäten ermöglicht werden sollen. Dazu müssen ausreichende Ressourcen bereitgestellt werden.
- **Eine Öffnung der Schulen hat, verglichen mit anderen Öffnungen, eine eher kleinere Wirkung.** Dabei nehmen wir explizit *keine* andere Ansteckungsdynamik für Kinder an, sondern das Resultat beruht nur darauf, dass es, verglichen z.B. mit Aktivitäten vom Typ Freizeit oder Arbeit, vor allem deutlich weniger Personen betrifft.
- **Allerdings** ist zu vermuten, dass **Öffnungen der Schulen weitere die Infektionsdynamik verstärkende Anschlusswirkungen nach sich ziehen würden**, wie dann wieder erhöhte Teilnahme der Eltern an aushäusigen Arbeitsaktivitäten, sowie eine Signalwirkung im Sinne von "die Gefahr ist überstanden". Wenigstens bei letzterem könnte man vielleicht gegensteuern, indem weiterhin dort, wo es möglich ist, also insbesondere auch an Schulen, Abstands- und Lüftungsregeln etc. weiterhin eingehalten werden. Zu deren Durchführung können andere Fachleute mehr sagen als wir.

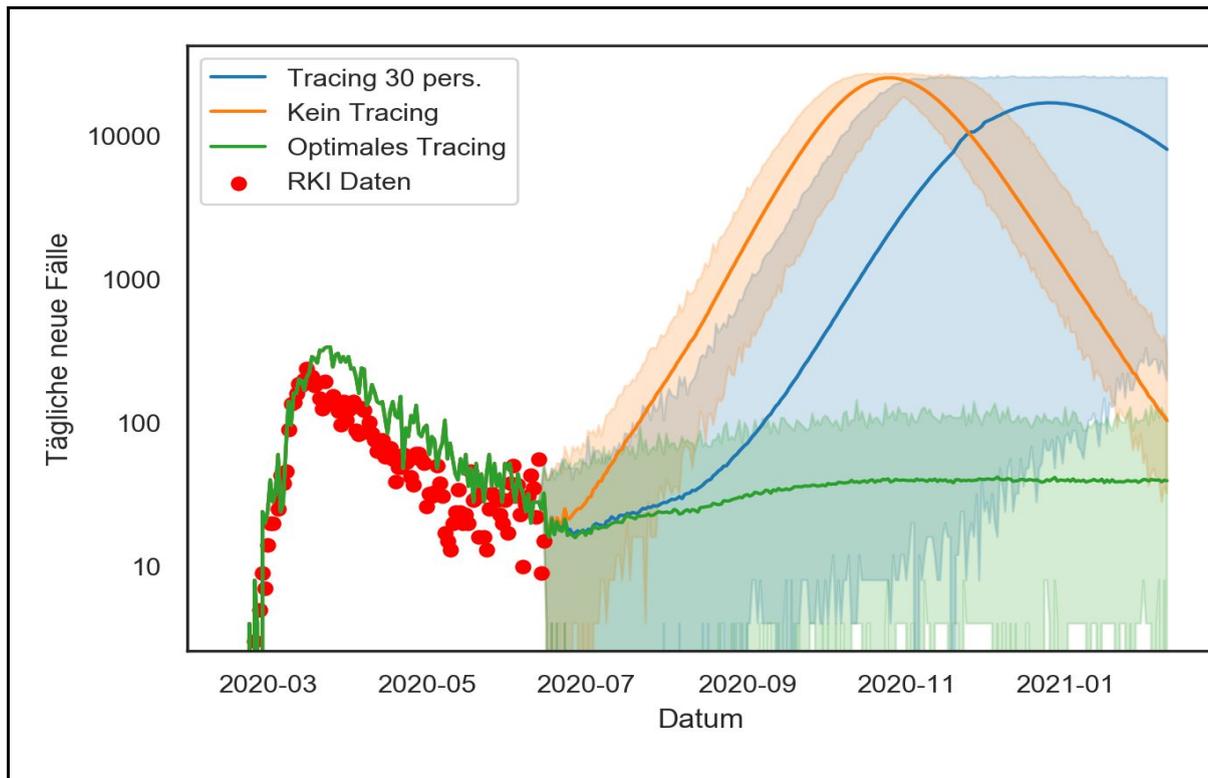


Abb. 1: Untersuchungsgebiet Berlin; jeweils 400 Simulationen, die bis auf die Zufallszahlen ab 01.06. identisch konfiguriert sind; Tracing wird je nach Variante am 01.06. an bzw. abgeschaltet; als Linie gezeichnet sind die Mittelwerte; die Schwankungsbreite entspricht dem Minimum und Maximum aller simulierten Varianten.

Quellen

- 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>.
- Dehning, Jonas, Johannes Zierenberg, F. Paul Spitzner, Michael Wibral, Joao Pinheiro Neto, Michael Wilczek, and Viola Priesemann. 2020. "Inferring Change Points in the Spread of COVID-19 Reveals the Effectiveness of Interventions." *Science*, May. <https://doi.org/10.1126/science.abb9789>.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Christian Rakow, Tilmann Schlenther, Frank Schlosser, Dirk Brockmann, Tim Conrad, Kai Nagel, and Others. 2020. "MODUS-COVID Bericht Vom 05.06. 2020." <https://doi.org/10.14279/depositonce-10152>.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Christian Rakow, Tilmann Schlenther, Frank Schlosser, Dirk Brockmann, Tim Conrad, Kai Nagel, and Christof Schütte. 2020. "MODUS-COVID Bericht Vom 20.05.2020." Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-10085>.