

MODUS-COVID Bericht vom 13.11.2020

Sebastian Alexander Müller¹, William Charlton¹, Natasa Djurdjevac Conrad², Ricardo Ewert¹, Christian Rakow¹, Hanna Wulkow², Tim Conrad², Kai Nagel¹, Christof Schütte²

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

²Zuse-Institut Berlin (“ZIB”)

Available via TU Berlin repository: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10810>

Date of this version: 13-november-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://covid-sim.info/>

Bericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) vom 13.11. 2020

Zusammenfassung

Unsere Vorhersage ist, dass die seit dem 2. November geltenden Einschränkungen zwar das Infektionswachstum in die Nähe von Null bringen (also die Reinfektionsrate R in die Nähe von 1), aber nicht deutlich genug sind, um wieder zu niedrigen Infektionszahlen zu gelangen. Leider sind gleichzeitig die Infektionszahlen inzwischen so hoch, dass die Kontaktnachverfolgung keinen merklichen Beitrag mehr leistet. Nur sehr restriktive Maßnahmen könnten die Infektionszahlen noch vor Weihnachten auf ein Niveau absenken, bei dem die Kontaktnachverfolgung wieder greift.

Weitere wichtige Punkte sind:

- Wir argumentieren, dass *alle* Aktivitätstypen an den Maßnahmen beteiligt werden sollten.
- Wir übersetzen die Ansteckungswahrscheinlichkeit, die in unserer Simulation enthalten ist, in einen einfachen Ansteckungsrechner.
- Wir zeigen, wie unser zweites, mathematisches Modell inzwischen in der Lage ist, Krankenhausbelastungen vorherzusagen.

Unsere Interpretation der gegenwärtigen Situation

Laut unseren Mobilitätsdaten gibt es aktuell eine Reduktion der aushäusigen Aktivitäten, die jedoch nicht so stark wie im März ist. Diese ist aber nicht ganz einfach zu interpretieren, da sie bereits seit ca. 10. Oktober sichtbar ist (Fig. 1). Wir gehen davon aus, dass dies durch die Schulferien induziert wurde, welche ja generell zur Folge haben, dass viele Eltern entweder zu Hause gebunden sind oder die ganze Familie Berlin verlassen hat. Die Woche 26. Oktober bis 1. November gehört zwar nicht mehr zu den Herbstferien, aber möglicherweise hat schon eine gewisse Anpassung als Reaktion auf die Warnungen stattgefunden. Hingegen sehen wir ab dem 2. November über alle Aktivitätentypen *keine* zusätzliche Reduktion der aushäusigen Aktivitäten.

Bestenfalls können wir hoffen, dass vor allem auf solche Aktivitäten verzichtet wird, welche besonders viel Wirksamkeit im Hinblick auf das Infektionsgeschehen haben – nach allem, was wir wissen, solche in schlecht belüfteten, kleinen, Innenräumen mit hoher Personendichte.

Wenn wir von der Intensität der seit dem 2. November beobachteten aushäusigen Aktivitäten ausgehen, dann ergibt sich in unseren Simulationen, dass die Infektionen zwar langsamer, aber dennoch exponentiell weiter ansteigen - mit einem R-Wert größer als eins. Wenn wir optimistisch davon ausgehen, dass vor allem solche Aktivitäten wegfallen, welche besonders problematisch sind, dann ergibt sich eine Infektionsrate R von etwa eins. Wären wir noch in dem Bereich, wo die Kontaktnachverfolgung greifen würde (maximal 30-50 wöchentliche Neuinfektionen pro 100'000 Einwohner), würden die jetzt geltenden Maßnahmen nach unseren Berechnungen ausreichen. Leider sind dafür die Infektionszahlen jetzt viel zu hoch (ca. Faktor 10). In unseren Simulationen werden ab Mitte Februar sukzessive wieder Freizeitaktivitäten nach draußen verlagert, und erst dies führt dann zu einem Absinken der Infektionszahlen. Nach diesem Szenario ist damit zu rechnen, dass **erst im März wieder Infektionszahlen erreicht werden, bei denen die Kontaktnachverfolgung wieder greift** (Fig. 2).¹

Als zusätzliche Maßnahmen diskutieren wir, geltend ab dem 23.11.

1. Schließung aller Schulen und Kindergärten. Könnte ersetzt werden durch Tragen von FFP2-Masken auch während des Unterrichtes kombiniert mit einer Halbierung der Klassenstärken; siehe auch weiter unten.
2. Keine gemeinsamen Freizeitaktivitäten in Innenräumen – damit ist gemeint, dass Freizeitaktivitäten von Personen, die in unterschiedlichen Haushalten leben, in Innenräumen komplett entfallen.
3. Kombination der beiden Maßnahmen

Die Maßnahmen müssten jeweils aufrechterhalten werden, bis die Kontaktnachverfolgung wieder greift, also die wöchentlichen Neuinfektionen unter 30-50/100'000 liegen.

Es ergibt sich folgende Tabelle:²

	Krankenhäuser überlastet für ...	Kontaktnachverfolgung greift wieder ab ...
Jetziges Regime	... 3 Monate	... Anfang März '21
Jetziges Regime + Schulen/Kitas geschlossen ab 23.Nov	... 2 Monate	... Ende Januar '21
Keine gemeinsamen Freizeitaktivitäten in Innenräumen ab 23.Nov	... 1 ½ Monate	... Anfang Januar '21

¹ Den Effekt von Weihnachtsfeiern können wir leider nicht abschätzen. Im Prinzip entsprechen diese einer ungünstigen Situation: Viele Personen in kleinen, schlecht belüfteten Räumen.

² Gerade die Vorhersage der Krankenhausauslastung ist mit großer Unsicherheit behaftet. Zum einen gehen wir davon aus, dass die komplette Kapazität an Intensivbetten für COVID-19 Patienten zur Verfügung gestellt werden kann – dies dürfte nicht der Fall sein, z.B. wegen anderer Intensivfälle, oder wegen fehlenden Personals. Zum anderen liegen (nur) hier unsere simulierten Werte derzeit deutlich über den realen – Grund ist, dass unsere Simulationen schon zu einem früheren Zeitpunkt ein Vordringen in ältere Altersgruppen enthalten. – Wir haben uns in Anbetracht der Dringlichkeit der Situation trotzdem entschlossen, dies zu berichten, zumal die Verhältnisse der Überlastungsdauern zwischen den Szenarien belastbarer sein dürften als die absoluten, und somit immer noch eine Entscheidungshilfe bieten.

Schulen/Kitas geschlossen + Keine gemeinsamen Freizeitaktivitäten in Innenräumen ab 23.Nov	... 1 Monat	... Mitte Dezember '20
---	-------------	------------------------

Wie man sieht, ist lt. unseren Simulationen eine Absenkung der Infektionszahlen in den für die Kontaktnachverfolgung handhabbaren Bereich vor Weihnachten nur noch mit sehr restriktiven Maßnahmen erreichbar. Ob diese überhaupt durchsetzbar sind, können wir nicht beurteilen.³

Ausgehend von unseren Simulationen könnte man "Schließung der Schulen" auch ersetzen durch das "Tragen von FFP2-Masken auch während des Unterrichts" zusammen mit der "Halbierung der Klassenstärken und alternierender Teilnahme"; die Wirkung wäre nahezu identisch. Dies entspricht auch den Empfehlungen des Robert-Koch-Instituts (und wurde auch von uns in den vorangehenden Berichten empfohlen). Wir können nicht beurteilen, ob diese Maßnahmen nun kurzfristig und vollständig umgesetzt werden könnten.

Weiterhin zeigen unsere Berechnungen, dass eine Ausgangssperre von 17 bis 6 Uhr für alle Aktivitäten außer "Arbeit" eine ähnliche Wirkung zeigt, wie das Verbot aller Freizeitaktivitäten in Innenräumen.

Nicht noch einmal neu berechnet haben wir Maßnahmen am Arbeitsplatz; sinnvoll wäre weiterhin "in Büros entweder Einzelzimmer oder FFP2-Maske auch am Arbeitsplatz". Vgl. auch die Anteile am Infektionsgeschehen in Fig. 3, diskutiert weiter unten.

Auf die Kontaktnachverfolgung können wir lt. unseren Berechnungen nicht mehr setzen – die Infektionszahlen liegen viel zu hoch. Der Zeitpunkt, ab wann lt. unseren Simulationen die Kontaktnachverfolgung wieder greift, ist in der Tabelle angegeben.

In Fig. 3. zeigen wir den Anteil der verschiedenen Aktivitätentypen am Infektionsgeschehen. Es sind die folgenden Trends zu erkennen:

- Ein deutlicher Anstieg des Anteils der Freizeitaktivitäten im Oktober (orange), bedingt durch die Verlagerung von Aktivitäten in Innenräume. Dieser Anstieg wird durch die jetzt beschlossenen Maßnahmen abrupt aufgehalten, aber der Anteil an den Infektionen bleibt auf hohem Niveau.
- Einen Rückgang des Anteils der Schul- (und Kita-)Aktivitäten an den Infektionen während der Herbstferien, und deren Wiederanstieg danach (blau).
- Ein etwas schwächerer Anteil am Infektionsgeschehen ergibt sich unseren Berechnungen nach durch Arbeitsaktivitäten (grün).

Simulationsresultate sind hier zu finden:

<https://covid-sim.info/2020-11-12/secondLockdown> (unter anderem mit verschiedenen Optionen der Kontaktnachverfolgung)

<https://covid-sim.info/2020-11-12/secondLockdownCurfew> (mit abendlichen Ausgangssperren)

³ In den Simulationen sind wir davon ausgegangen, dass 10% der Freizeitaktivitäten dennoch stattfinden.

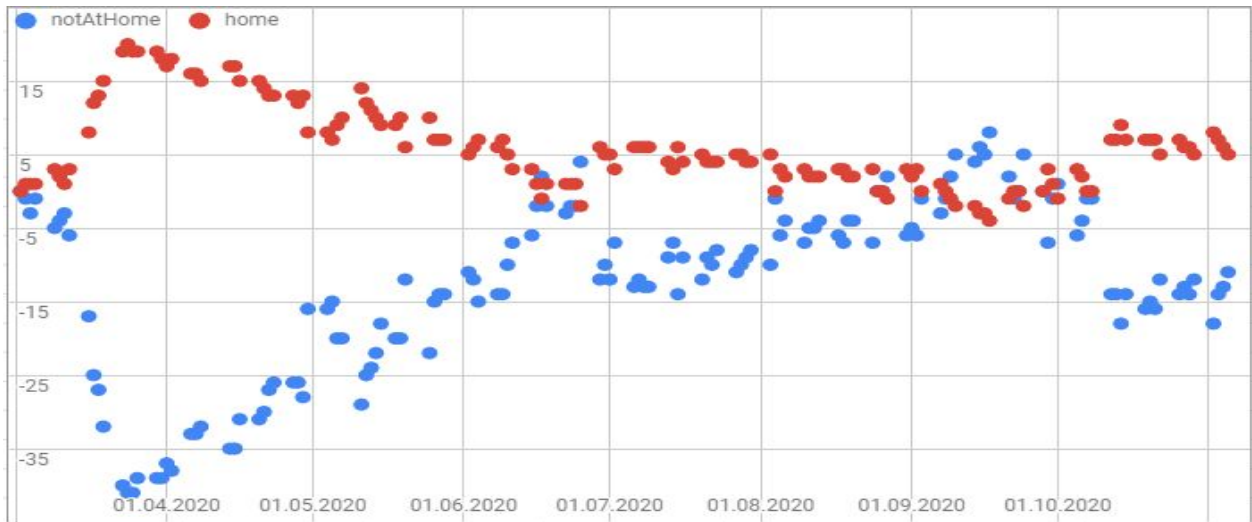


Figure 1: Veränderung der Aktivitäten zu Hause (rot) und außer Haus (blau) in Berlin im Vergleich zu vor der Pandemie

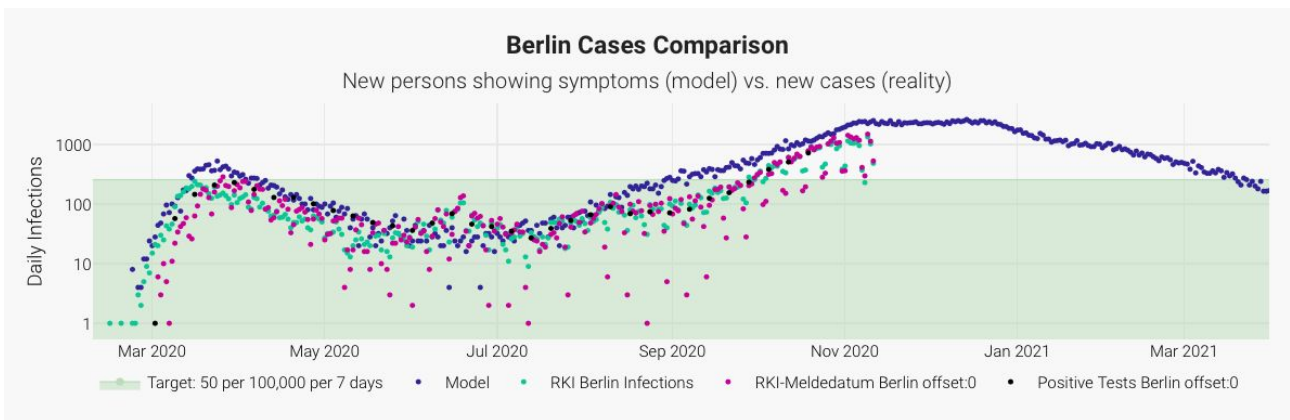


Figure 2: Vorhersage des Infektionsgeschehens bei Beibehaltung der derzeitigen Maßnahmen. Der grüne Bereich gibt die Kapazität für die Kontaktnachverfolgung an (50 wöchentliche Neuinfektionen pro 100'000 Einwohner).

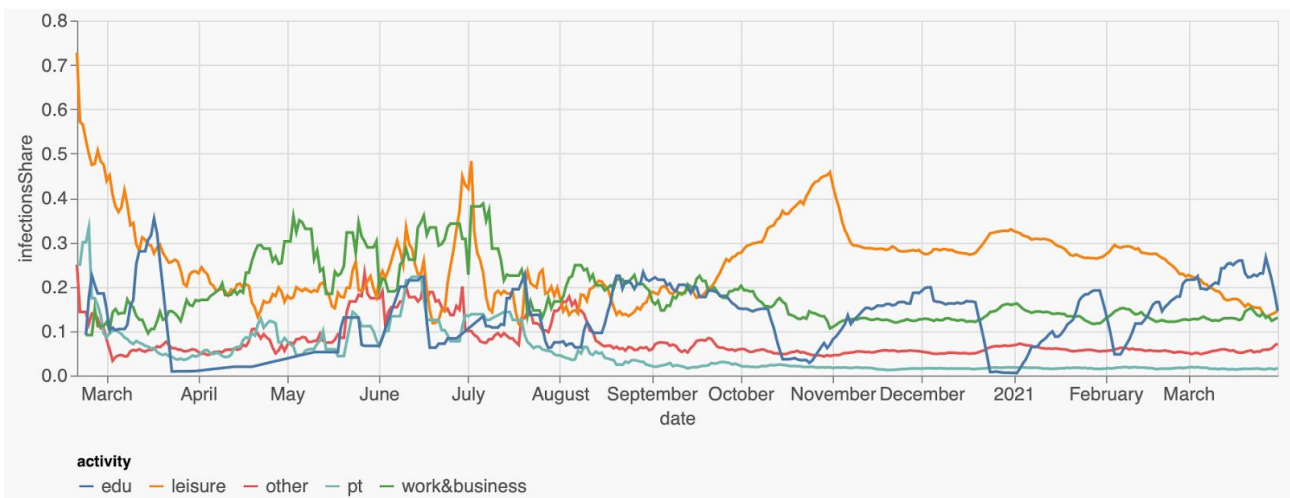


Figure 3: Vorhersage des Anteils verschiedener Aktivitätentypen am Infektionsgeschehen. Diese lassen sich vergleichen mit den jeweils dienstags in den Lageberichten des RKI gezeigten Analysen; die Tendenzen sind u.E. ähnlich, die Kategorien sind allerdings nicht vollständig vergleichbar, z.B. weil das RKI hierfür nur Clusterausbrüche analysiert, und weil u.a. das RKI "Ansteckungen bei anderen Haushaltsmitgliedern" und "Ansteckungen durch Besucher" nicht differenziert (vgl. RKI 2020).

“Ausdünnen” von Aktivitäten

Folgendes mag in der derzeit kritischen Situation überflüssig wirken, sollte aber nicht aus den Augen verloren werden, da es u.E. ein wichtiger Grund für den relativ glimpflichen Verlauf im Frühjahr war: Laut unseren Rechnungen, bestätigt durch theoretische Überlegungen, gilt vielleicht etwas überraschend folgendes:

- “Ausdünnen” wirkt fast genauso gut wie “vollständig schließen”.

Quantitativ z.B.:

- Eine Reduktion der Beteiligung an einem Aktivitätentyp um 50% reduziert die Ansteckungen dort um deutlich mehr als 50%, nämlich um 75% .
- Durchgehendes Tragen von Masken bei einem Aktivitätentyp reduziert die Ansteckungen dort um mindestens 75%.

Daraus folgt folgendes:

- Alle Aktivitätentypen sollten an den Restriktionen beteiligt werden. Gerade die “frühen” Maßnahmen (Teilnahme-Reduktion von 100% auf 50% und/oder das Tragen von Masken) haben überproportional starke Wirkung. Auch vor diesem Hintergrund wäre eine nochmals stärkere Beteiligung von Schulen und Arbeitsplätzen sinnvoll.
- Vollständige Schließungen sind eigentlich nicht notwendig. Wechsel von Schließung auf, sagen wir, 50%ige Öffnung verbunden mit konsequenter Maskenpflicht hat fast keine Konsequenzen für die Infektionsdynamik als ganzes. (Dies wäre auch im Freizeitbereich richtig, wenn dort durchgehend FFP2-Masken getragen würden.) Ob diese Art der Feinsteuerung in der jetzigen Situation noch möglich ist, wissen wir nicht.

Detaillierte Beispiele zu diesem Thema, exemplarisch für Veranstaltungen, sind in dem Bericht vom 02.10.2020 (vgl. Müller, Charlton, Conrad, Ewert, Rakow, et al. 2020) dargestellt.

Update zum Infektionsrechner

In unserem letzten Bericht haben wir gezeigt, wie sich individuelle Infektionswahrscheinlichkeiten auf einer typischen Dinnerparty oder im Haushalt berechnen lassen. Darauf basierend haben wir einen online-Infektionsrechner konzipiert, mit dem sich flexibel die Infektionswahrscheinlichkeiten für verschiedene Situationen berechnen lassen, wenn eine infizierte Person anwesend ist. Dieser ist hier zu finden: <https://covid-sim.info/risk-calcs/2020-11-11>.

Mit diesem Rechner wird nochmals deutlich, wie die Parameter **Dauer**, **Sprechverhalten**, **Masken**, **Raumgröße** und **Luftaustausch** maßgeblich für die erwartete Infektionswahrscheinlichkeit sind. Abgesehen vom Sprechverhalten, werden alle diese Parameter auch in unserem Simulationsmodell berücksichtigt, so dass dieser Rechner auch zeigt, wie unser Modell bei einem Kontakt die Infektionswahrscheinlichkeit berechnet.

Die Resultate dieses Rechners sind als Richtwerte zu verstehen. Ähnliche Ansätze finden sich z.B. unter <https://hri-pira.github.io/> (basierend auf Kriegel et al. 2020) oder Jimenez (2020). Eine eingängige visuelle Aufbereitung der zweiten Quelle findet sich hier: <https://english.elpais.com/society/2020-10-28/a-room-a-bar-and-a-class-how-the-coronavirus-is-spread-through-the-air.html> .

Estimated Infection Risk: 21.7%

Duration of activity
Longer exposure increases likelihood of infection

Infected person's behavior
Speaking and especially singing magnify risk

Infected person wears a mask
Reduces chance of virus becoming airborne

You wear a mask
Reduces chance of ingesting virus

Room size
Room size in square meters

Air exchange
How frequently the room air is exchanged. Circulating the air reduces concentration of airborne virus. This can be either via open windows or by mechanical ventilation.

Mathematische Modellierung

Hintergrund

Wie in den vorherigen Berichten beschrieben, arbeiten wir neben der agentenbasierten Modellierung (s.o.) auch an einem ODE-basierten Modell (ODE: ordinary differential equation; dt: gewöhnliche Differentialgleichungen). Der zentrale Vorteile des ODE Modells ist die sehr schnelle Berechenbarkeit – verglichen mit dem vollen agentenbasierten Modell, wobei allerdings auch nur die wichtigsten Kennzahlen berechnet werden können. Im vorherigen Report (vgl. Müller, Charlton, Conrad, Ewert, Conrad, et al. 2020) haben wir bereits gezeigt, wie das ODE Modell an die vorhandenen Berliner Realdaten angepasst werden kann. Wir haben das Modell seitdem dahingehend weiterentwickelt, dass nun auch Prognosen über die zukünftige Entwicklung der zentralen Kennzahlen (z.B. Anzahl belegter Krankenhausbetten) möglich sind.

ODE-Modell-basierte Prognosen für drei Großstädte

Um die Qualität dieses Ansatzes zu evaluieren, haben wir drei verschiedene ODE-basierte Modelle entwickelt, die an die Realdaten von Berlin, München und Köln angepasst ("gefittet") und dann für eine Prognose über die folgenden 10 Tage benutzt wurden.

Die Schwierigkeit beim „Fitten“ von Realdaten mittels des bisher verwendeten ODE Modells ist, dass dieses Modell eine konstante Infektionsrate annimmt. Wenn das Infektionsgeschehen aber durch Corona-Maßnahmen beeinflusst wird, ändert sich auch die Infektionsrate. Daher haben wir unser Modell dahingehend weiterentwickelt, dass die Infektionsraten für unterschiedliche Zeiträume angepasst werden können. Durch diese Erweiterung sind wir nun in der Lage, das tatsächliche - über die Zeit veränderliche - Infektionsgeschehen sehr gut durch das Modell abbilden zu können. Zu beachten ist dabei allerdings, dass dies zwar für die Anpassung des Modells an vorhandene Daten gut funktioniert, die Vorhersage davon aber nicht profitiert.

Berlin

Als Basis der ODE Modellierung für Berlin wurden die Anzahl der belegten Krankenhausbetten und die Todesfälle im Zeitraum 18. Mai bis 31. Oktober gewählt (das entspricht in etwa dem Zeitraum

nach der sog. „ersten Welle“). Mit diesem Modell wurde dann der Zeitraum 1.-9. November prognostiziert (siehe die folgende Abbildung) und mit den bekannten Daten verglichen.

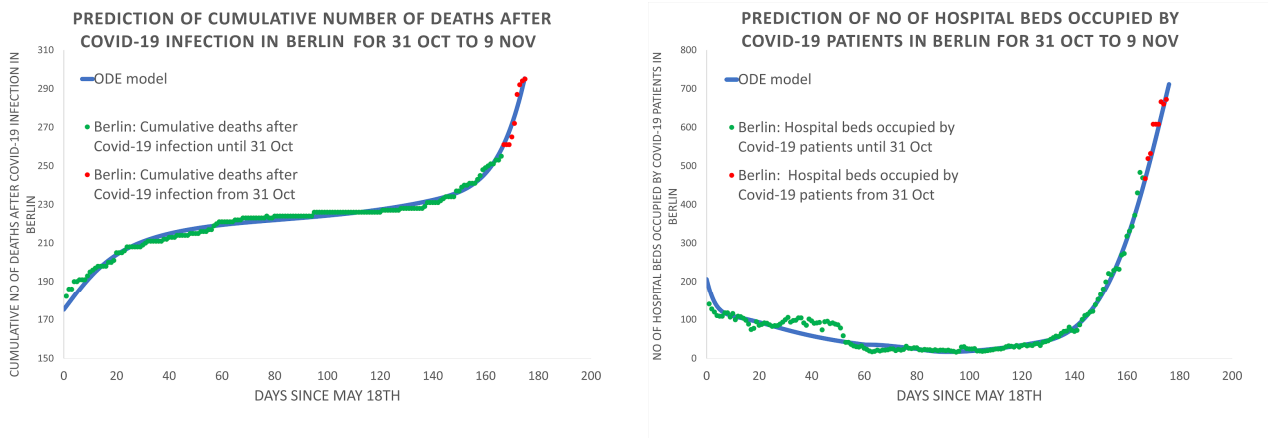


Figure 4: Vorhersage der Covid-19-Todesfälle und der von Covid-19-Patienten belegten Krankenhausbetten in Berlin für den Zeitraum vom 31. Oktober bis zum 9. November

Es ist zu erkennen, dass das ODE Modell (in der Abbildung in blau) die bekannten Daten (in grün) - für den Zeitraum 18.5.-31.10.2020 gut wiedergeben kann - die Kurven liegen fast übereinander. Weiterhin ist zu sehen, dass der prognostizierte Zeitraum ebenfalls sehr gut mit den tatsächlich eingetretenen Zahlen (in rot) übereinstimmt.

München

Für München wurde ein ähnliches ODE Modell, auf Basis der Münchener Daten erstellt. Hier stellte sich das Problem, dass die Zahlen für die Krankenhausbetten-Belegung durch Covid-19-Patienten erst ab dem 1. Oktober zur Verfügung stehen. Auch hier sieht man in der folgenden Abbildung die gute Übereinstimmung des Modells (in blau) mit den realen Daten (in grün) und die hohe Ähnlichkeit der Prognose mit der tatsächlich aufgetretenen Situation (in rot).

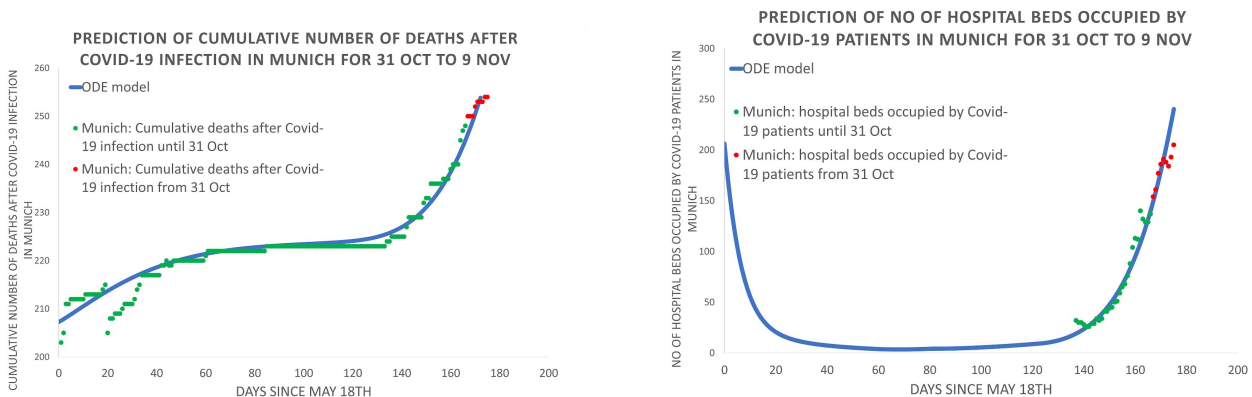


Figure 5: Vorhersage der Covid-19-Todesfälle und der von Covid-19-Patienten belegten Krankenhausbetten in München für den Zeitraum vom 31. Oktober bis zum 9. November.

Köln

Auch für Köln wurde ein ODE Modell erstellt und getestet. Neben der hohen Übereinstimmung des Modells mit den realen Daten, erkennt man hier allerdings eine leichte Unterschätzung des Modells verglichen mit den tatsächlichen Zahlen zum Ende des betrachteten Zeitraums (die blaue Kurve liegt systematisch etwas unter den grünen und roten Punkten).

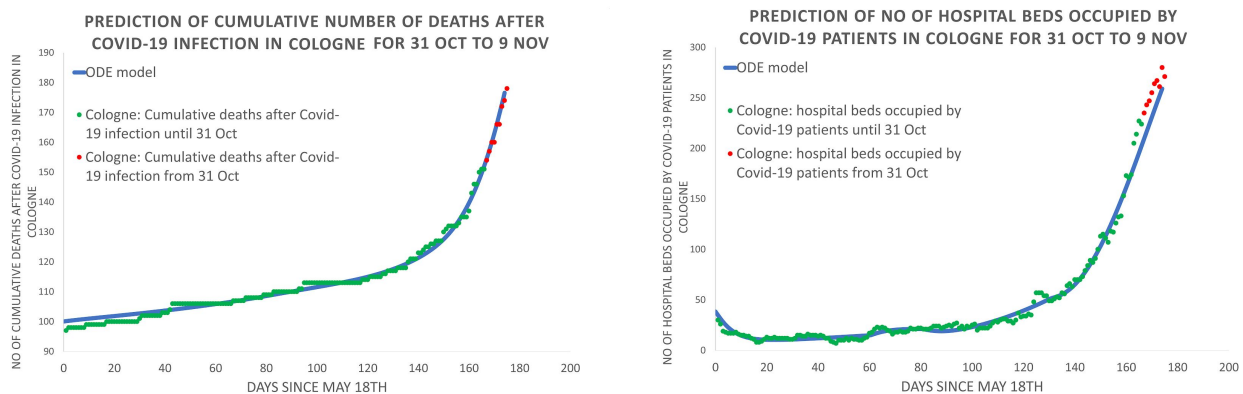


Figure 6: Vorhersage der Covid-19-Todesfälle und der von Covid-19-Patienten belegten Krankenhausbetten in Köln für den Zeitraum vom 31. Oktober bis zum 9. November

Ausblick

Wir konnten in diesem Abschnitt zeigen, dass das von uns entwickelte ODE Modell in der Lage ist, sehr gute Prognosen für die wichtigsten Kennzahlen in ausgewählten Städten zu erreichen. Für den nächsten Berichtszeitraum soll dies für weitere Städte bzw. Landkreise ausgeweitet werden.

Quellen

- Jimenez, J. L. 2020. "2020_COVID-19_Aerosol_Transmission_Estimator." 2020. <https://docs.google.com/spreadsheets/d/16K1OQkLD4BjgBdO8ePj6ytf-RpPMIJ6aXFg3PrIQBbQ/edit#gid=519189277>.
- Kriegel, Martin, Udo Buchholz, Petra Gastmeier, Peter Bischoff, Inas Abdelgawad, and Anne Hartmann. 2020. "Predicted Infection Risk for Aerosol Transmission of SARS-CoV-2." *medRxiv*.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Tim Conrad, Kai Nagel, and Christof Schütte. 2020. "MODUS-COVID Bericht Vom 23.10. 2020." <https://doi.org/10.14279/depositonce-10662.2>.
- Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Christian Rakow, Tilmann Schlenther, Frank Schlosser, et al. 2020. "MODUS-COVID Bericht Vom 02.10.2020." <https://doi.org/10.14279/depositonce-10624.2>.
- RKI. 2020. "Lagebericht Des RKI Zu Covid-19 Vom 10.11.2020." RKI. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Nov_2020/2020-11-10-de.pdf?__blob=publicationFile.