

MODUS-COVID Bericht vom 04.12.2020

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-Inst. Berlin ("ZIB")

Available via TU Berlin repository: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10988>

Date of this version: 04-december-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 04.12. 2020

Zusammenfassung

Wir haben Modelle für die Weihnachtszeit entwickelt. Das war und ist eine Herausforderung, weil wir nicht abschätzen können, wie sich die Bevölkerung verhalten wird.

Ein Modell, bei dem sich die Bevölkerung in den zweiwöchigen Weihnachtsferien wie an normalen Wochenendtagen (ohne Einschränkungen, aber auch ohne weihnachtliche Verstärkungen) verhält, führt zu einem Explodieren der Neuinfektionen sowie der Krankenhauszahlen auf das 5-fache (!) des derzeitigen Niveaus.

Ein Modell, bei dem sich die Bevölkerung diese Freiheit nur an den Weihnachts- und Silvesterfeiertagen nimmt, führt zu einem ca. 50%igen Anstieg der Neuinfektionen sowie entsprechend der Krankenhauszahlen.

Wenn auf eine entsprechende Nachschärfung der Regeln für die Weihnachtszeit verzichtet wird, so sollte wenigstens kommunikativ klargestellt werden, dass die jetzigen Regeln, die im Prinzip tägliche Treffen erlauben, auf keinen Fall ausgereizt werden sollten.

Rechtzeitige restriktive Maßnahmen, um die Neuinfektionen noch vor Weihnachten so weit zu drücken, dass ein Anstieg der Krankenhauszahlen nach den Feiertagen durch die Krankenhäuser geleistet werden könnte, scheinen kaum noch möglich; nur sehr viel restriktivere Maßnahmen als derzeit ab dem 7.12. bis zu den Feiertagen würde dies nach unseren Rechnungen noch leisten.

Nach Weihnachten ergibt sich bei Verlängerung der jetzigen Restriktionen eine Rückkehr in das Regime der Kontaktnachverfolgung erst ab ca. Anfang April; bis dahin müssten also die derzeitigen Restriktionen aufrecht erhalten werden. Je nach Verlauf des Temperaturanstiegs zum Sommer hin kann sich dieser Zeitpunkt auch nach vorne oder hinten verlagern; die geplanten

Impfungen werden dies vermutlich stabilisieren, aber nicht deutlich nach vorne verlagern (geplant für den nächsten Bericht).

Eine deutlich frühere Rückkehr in das Regime der Kontaktnachverfolgung wird nur vorhergesagt bei Einführung und Durchhalten sehr viel stärkerer Restriktionen (diskutiert im Bericht).

Unser mathematisches Modell ist kurz davor, unabhängig von den aufwändigen Berechnungen des agenten-basierten Modells für jedes Bundesland die Krankenhausbelastungen für ca. 4 Wochen vorherzusagen zu können. Wir zeigen erste Ergebnisse.

Derzeitige Situation

Es ist inzwischen breit akzeptiert, dass die Maßnahmen von Anfang November das Wachstum der Infektionszahlen zum Stagnieren gebracht haben, ein schnelles Absinken findet allerdings nicht statt.

Dieses Resultat wird plausibel, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die derzeitigen Mobilitätseinschränkungen gerade mal halb so stark sind wie im Frühjahr (Fig. 1), und zusätzlich die Schulen weitgehend geöffnet sind. Es ist laut unserem Modell auch keineswegs so, dass schwächere Maßnahmen im Frühjahr ausgereicht hätten; weiterhin kam im Frühjahr die zunehmende Verlagerung von Aktivitäten nach draußen zur Hilfe, auf die wir derzeit verzichten müssen. Insofern ist es eher erstaunlich, dass wir mit diesen im Vergleich eher schwachen Maßnahmen die derzeitige Wirkung erzielen, was auch darauf hindeutet, dass wir die Ausbreitung besser verstanden haben und die Maßnahmen bzw. die Verhaltensreaktionen der Bevölkerung zielgerichteter sind.

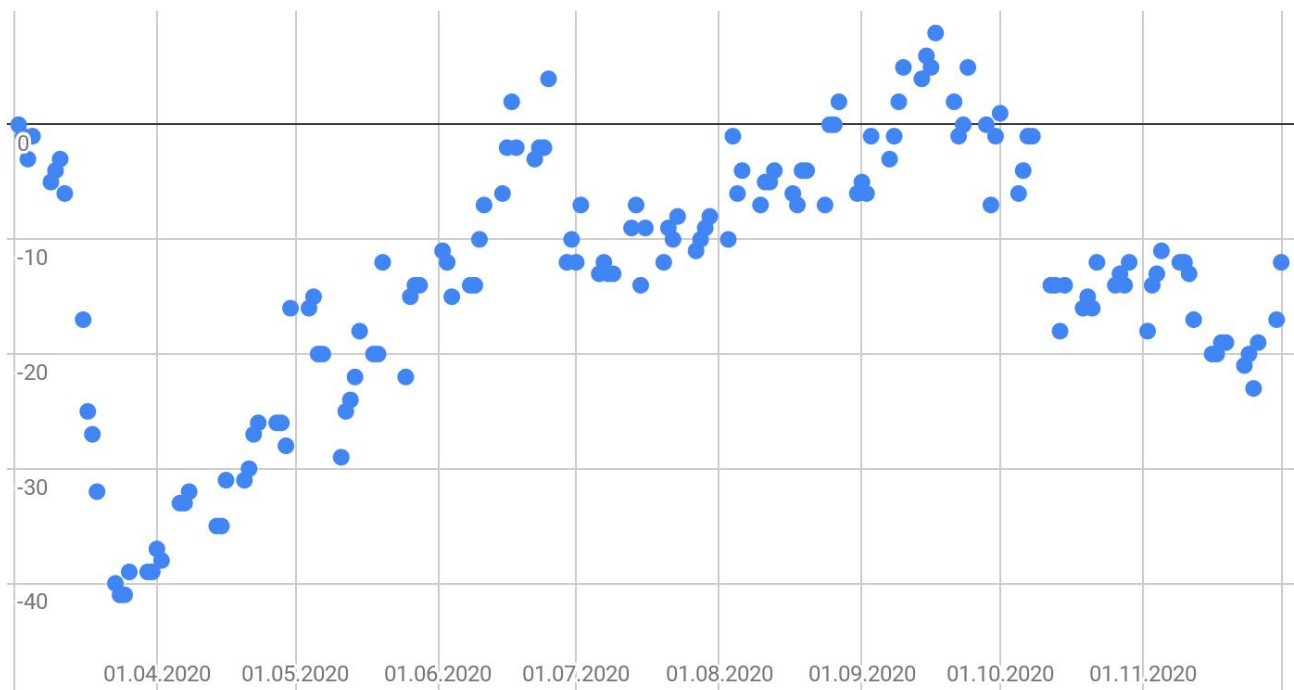


Figure 1: Prozentuale Reduktion der aushäusigen Aktivitäten gegenüber normal. Man sieht deutlich Werte um -40 Ende März, aber nur werte um -20 im November. Quelle: (Senozon 2020)

Weihnachtsmodell

Da mit normalem Weihnachtsmobilitätsverhalten (bezogen auf die vergangenen Jahre) eher nicht zu rechnen ist, haben wir zur Modellierung der Weihnachtstage drei potentielle Varianten erstellt, die das mögliche Geschehen simulieren und im folgenden dargestellt werden:

1. **Modell 1: Normales Wochentags-/Samstags-/Sonntags-Modell plus Schulferien.** Dies führt einfach die Dezember-Dynamik weiter, minus den Ansteckungen in den Schulen¹; die Feiertage werden wie normale Arbeitstage behandelt.
2. **Modell 2: "Weihnachten und Silvester Pause von Corona" (Feiertagsmodell; mittleres Modell):** Annahme, dass sich alle Personen vom 24. bis 26.12 sowie am 31.12. und 1.1. wie an normalen Sonntagen verhalten (also ohne Restriktionen) und den Rest der Zeit ihr derzeitiges Verhalten (vom November) weiterführen, allerdings werden Wochentage durch Samstage ersetzt.
3. **Modell 3: "Zwei Wochen Pause von Corona":** Annahme, dass alle Personen während der zwei Weihnachtswochen auf Restriktionen verzichten (und sich an Feiertagen wie an normalen Sonntagen verhalten, und an Wochentagen wie an normalen Samstagen).

Reale Daten unseres Datenproviders Senozon aus anderen Jahren besagen, dass die Aktivitätenmuster während der Weihnachtsfeiertage zwar anders sind als an normalen Sonntagen, die wesentlich größere Veränderung aber dadurch entsteht, dass die Bevölkerung derzeit auf viele ihrer Aktivitäten verzichtet. Die entscheidende Frage ist somit, wieviel Prozent der normalerweise geplanten Aktivitäten während der jetzt kommenden zwei Weihnachtswochen stattfinden werden. Dafür erscheint uns Modell 2 ein plausibler Ansatz, Modell 3 dürfte dies überschätzen, Modell 1 unterschätzen.

Bei Modell 3 sehen wir in der Spitze eine nochmalige Verfünffachung (!) der täglichen Neuinfektionen. Selbst beim Modell "nur Weihnachten und Silvester Pause von Corona" (Modell 2; rot in Fig. 2) sehen wir immer noch einen Anstieg der Neuinfektionen um 50%. **Die Krankenhauszahlen folgen analog: ein Anstieg um weitere 50% gegenüber jetzt bei Modell 2, und eine (knappe) Verfünffachung bei Modell 3.**

Dabei ist zu beachten, dass die derzeit gültigen Regeln in vielen Haushalten derzeit vermutlich nur ca. 1x pro Woche in Anspruch genommen werden. Sollten sie während der Weihnachtsferien tagtäglich in Anspruch genommen werden, so wäre das zwar regelkonform, würde aber eher Modell 3 entsprechen. **Wenn auf eine entsprechende Nachschärfung der Regeln für die Weihnachtszeit verzichtet wird, so sollte wenigstens kommunikativ klargelegt werden, dass die jetzigen Regeln, die im Prinzip tägliche Treffen erlauben, auf keinen Fall ausgereizt werden sollten**, sondern Treffen zwischen Haushalten auch über die Weihnachtsferien nur auf 1-2 Tage pro Woche beschränkt bleiben sollten.

Natürlich stellt sich die Frage, ob durch Maßnahmen vor den Weihnachtsferien die Infektionszahlen genügend abgesenkt werden können, so dass ein Wiederanstieg während der Feiertage handhabbar bleibt.

Im besten Fall zeigen die derzeit in den Schulen eingeführten Maßnahmen Wirkung, und die Infektionszahlen gehen bis zu den Ferien so weit runter, dass sie im Feiertagsmodell (Modell 2) nur wieder auf das derzeitige Niveau ansteigen. Wir können zwar den Effekt von Masken im Unterricht simulieren, haben aber keine Information über die derzeitige Befolgungsquote dieser

¹ Wir lassen auch während der Ferien 20% der Kontakte, die sonst in den Schulen stattgefunden hätten, weiter zu, um zu modellieren, dass sich die Schüler vermutlich teilweise auch in den Ferien treffen.

Maßnahme, und können daher den noch möglichen *zusätzlichen Effekt ausgehend vom jetzigen Regime* leider nicht quantifizieren.

Für FFP2-Masken oder Einzelzimmer bei der Arbeit gilt ähnliches: Ein deutlicher Effekt ist im Modell klar nachweisbar, aber wir können leider nicht sagen, wieviel hiervon bereits umgesetzt ist, und können somit den *zusätzlichen Effekt ausgehend vom jetzigen Regime* nicht quantifizieren. Selbst im günstigsten Fall würde diese Maßnahme allerdings nicht ausreichen, um den Feiertagsanstieg (im Modell 2) noch zu kompensieren.

Eine Maßnahme, die bei uns recht deutliche Wirkung zeigt, ist eine Ausgangssperre von 18 bis 6 Uhr für alle aushäusigen Aktivitäten außerhalb des Arbeits- und Bildungsbereichs. Diese würde lt. unseren Simulationen, wenn zum 7.12. eingeführt, die täglichen Neuinfektionen in Berlin bis zum Ferienbeginn (19.12.) deutlich *abknicken* lassen. Leider wäre der Knick so spät, dass es selbst in diesem eher restriktiven Szenario nicht mehr zu einem deutlichen *Absinken* vor den Feiertagen kommen würde. Wenn die Ausgangssperre von 18 bis 6 Uhr über die Feiertage durchgehalten würden, dann würde im Feiertagsmodell (Modell 2) *R* zwar kurzzeitig wieder auf knapp 1 ansteigen; ein Anstieg der Fallzahlen würde aber ausbleiben. Eine Aufhebung der Ausgangssperre nur für die fünf Feiertage führt im Modell zu einem Wiederanstieg der Fallzahlen, aber nicht bis auf das jetzige Niveau.

Natürlich ist unklar, wie man das kommunizieren sollte. Es ist aber offensichtlich, dass der Versuch, im November "harte" Maßnahmen zu ergreifen, damit über Weihnachten weniger Restriktionen möglich sind, nur teilweise funktioniert hat. Wie oben bereits beschrieben, ist dies durchaus plausibel: Wir versuchen, mit deutlich weniger Einschränkungen als im Frühjahr auszukommen, und dies noch in den Winter hinein. U.E. sollte hier nochmal nachgesteuert werden, entweder durch sehr deutliche Maßnahmen noch vor Weihnachten, oder durch die oben diskutierten Anpassungen während der Weihnachtsferien, oder einer Mischung aus beiden Ansätzen.

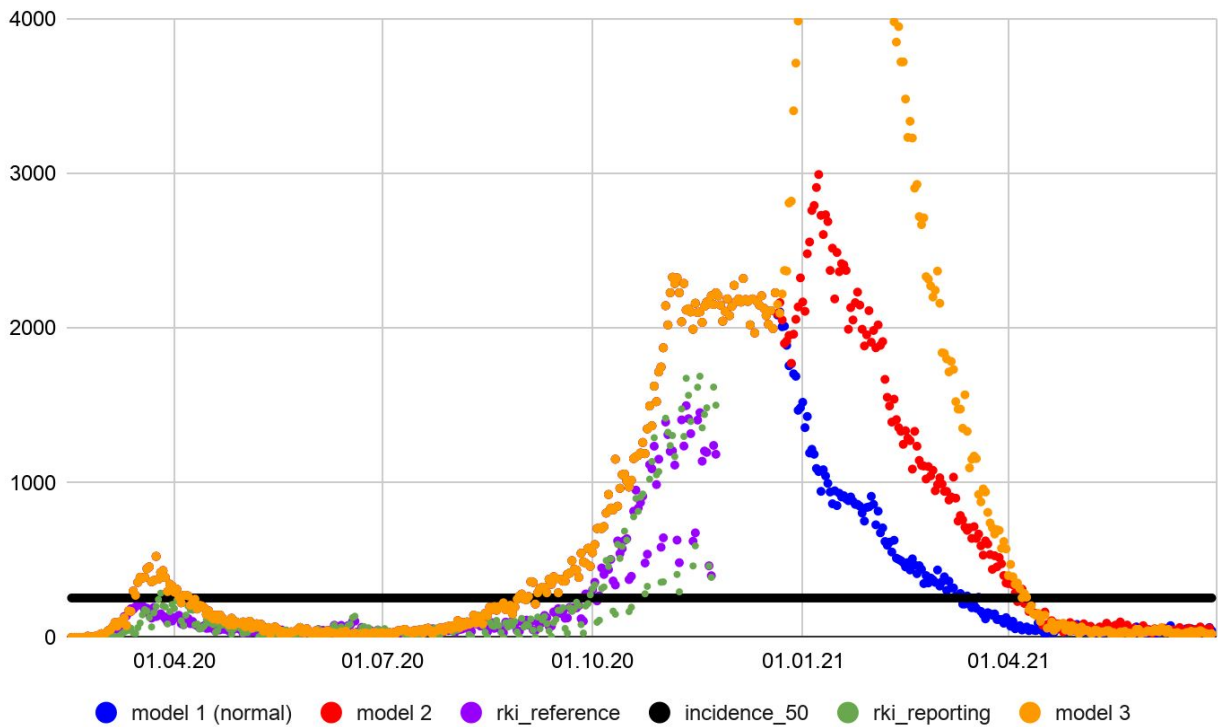


Figure 2: Tägliche Neuinfektionen in Berlin im "Normalmodell" (Modell 1; blau), im "Feiertagsmodell" (Modell 2; rot), sowie im "2-Wochen-Coronapause"-Modell (Modell 3; orange). Bei Modell 3 liegt das Maximum mit über 10000 so hoch, dass es zwischenzeitlich die Skala verlässt. Quelle für die RKI-Daten: (Robert Koch-Institut 2020)

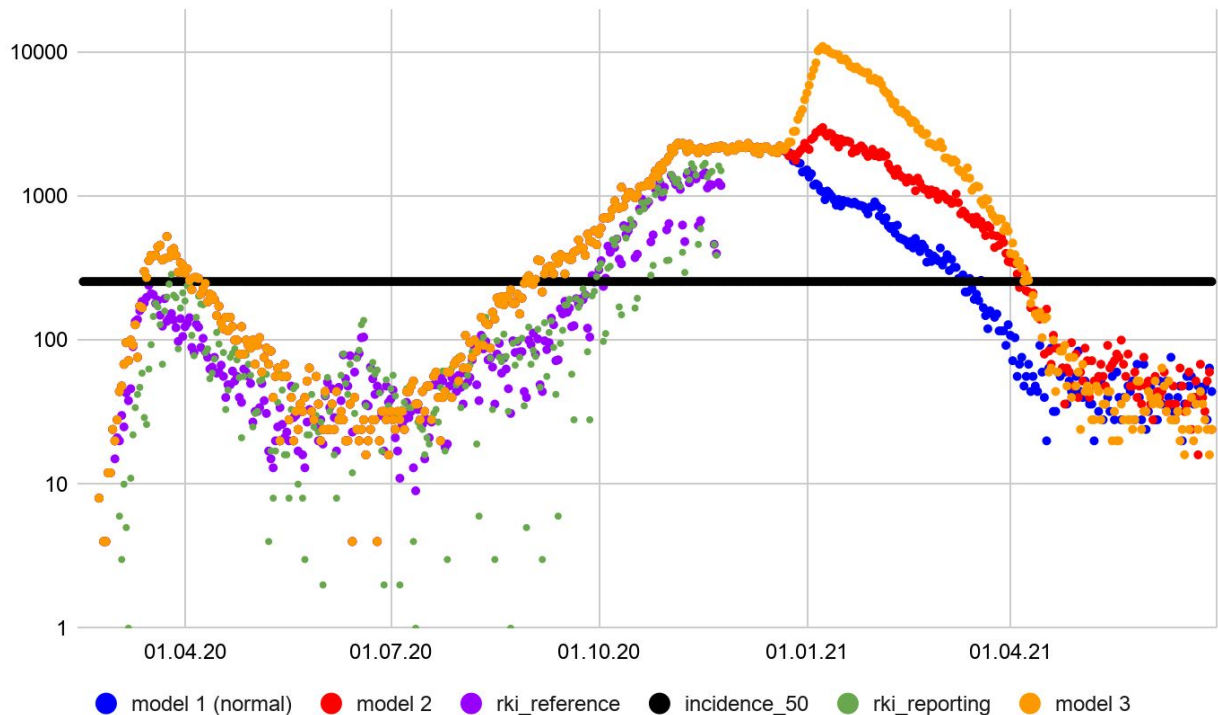


Figure 3: Tägliche Neuinfektionen in Berlin in allen drei Modellen für die Weihnachtszeit. Es handelt sich um die gleichen Daten wie in Fig. 2, aber mit einer logarithmischen y-Achse. Farben wie in Fig. 2. Quelle für die RKI-Daten: (Robert Koch-Institut 2020)

Mittelfristige Effekte nicht-pharmazeutischer Maßnahmen

Wir sehen (einig mit anderen) drei mögliche Strategien:

1. Die Maßnahmen gerade so zu bemessen, dass die Anzahl der Neuinfektionen in etwa konstant bleibt. Die Anzahl der Neuinfektionen würde dann (erst) zum Sommer zurückgehen. – Diesen Weg halten wir allerdings für riskant, da eine weitere Erhöhung der Infektionszahlen in den Messungen nur mit Verspätung auftaucht, und eine nochmals zusätzliche Belastung der Krankenhäuser dann nicht mehr zu vermeiden ist.
2. Die Maßnahmen so zu bemessen, dass die Anzahl der Neuinfektionen langsam zurückgeht. Ausgehend vom derzeitigen Niveau würden sie damit in den meisten Landkreisen dennoch weit außerhalb des Bereiches der Kontaktnachverfolgung bleiben; somit würde die Anzahl der Neuinfektionen auch hier (erst) zum Sommer hin zurückgehen.
3. Die Maßnahmen so zu bemessen, dass die Anzahl der Neuinfektionen schnell zurückgeht, so dass die Kontaktnachverfolgung wieder greift.

Wie im letzten Bericht (vgl. Müller et al. 2020) geben wir wieder an, welche Maßnahmen (diesmal ab dem 07. Dezember) nach unseren Simulationen zu welchen Zeitpunkten zu einer Rückkehr in die Kontaktnachverfolgung, also mit wöchentlichen Neuinfektionen unter 30-50/100'000, führen würden (für Berlin). Mit dem "mittleren" Modell für Weihnachten (Feiertagsmodell, Model 2) würden wir dies für Anfang April erwarten. Weitere Werte, auch gerechnet mit dem Feiertagsmodell, sind in der Tabelle enthalten.

	Kontaktnachverfolgung greift wieder ab ...
Jetziges Regime	... Anfang April '21
Jetziges Regime + Maskenpflicht während Unterricht sowie alternierender Unterricht	... Anfang März'21
Jetziges Regime + Maskenpflicht am Arbeitsplatz außer in Einzelbüros	... Mitte März '21
Jetziges Regime + die obigen beiden Maßnahmen kombiniert	... Mitte Februar '21
Jetziges Regime + Ausgangssperre 22-6 Uhr	... Ende März '21
Jetziges Regime + Ausgangssperre 20-6 Uhr	... Anfang März '21
Jetziges Regime + Ausgangssperre 18-6 Uhr	... Anfang Februar '21
Jetziges Regime + Ausgangssperre 18-6 Uhr, aber an fünf Feiertagen ausgesetzt	... Mitte Februar '21

Die Simulationen sind unter folgendem Link abrufbar:

<https://covid-sim.info/2020-12-03/secondLockdown>

Impfungen

Wir haben erste Rechnungen mit Impfungen durchgeführt. Diese kommen zur Lösung der Weihnachtsproblematik leider zu spät. Mehr zur Wirkung im Frühjahr im nächsten Bericht.

Mathematische Modellierung

Hintergrund

Mit dem entwickelten ODE-basierten Modell (ODE: ordinary differential equation; dt: gewöhnliche Differentialgleichungen) können wir durch die Kopplung an das agentenbasierte Modell und die Anpassung an die tatsächlichen Realdaten die wichtigsten Kennzahlen (z.B. Anzahl belegter Krankenhausbetten) modellieren und eine Vorhersage erstellen. In den letzten Berichten haben wir bereits gezeigt, dass dies gut für Berlin und weitere Großstädte funktioniert. In einem als Pre-Print veröffentlichten Artikel haben wir die mathematischen Grundlagen dafür genauer beschrieben (vgl. Wulkow et al. 2020). Für diesen Bericht haben wir das entwickelte Konzept auf die Ebene von Bundesländern erweitert.

ODE-Modell-basierte Prognosen für Bundesländer

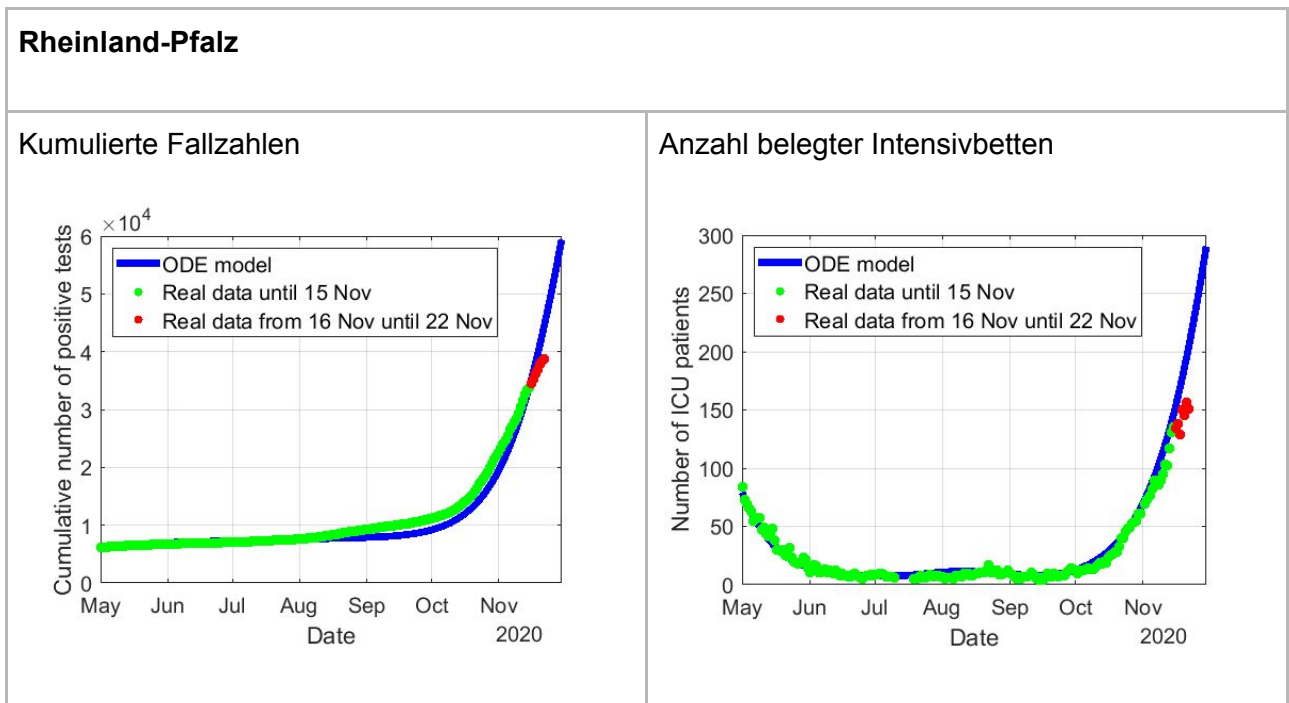
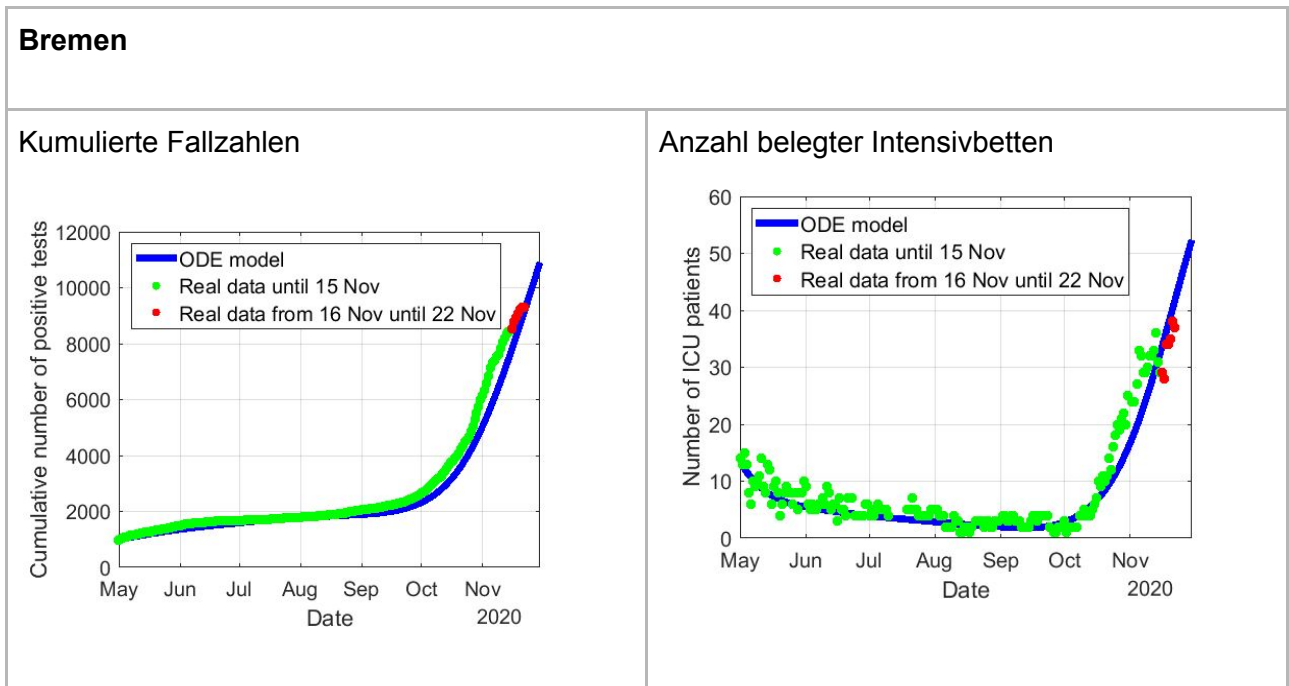
Für eine erste Evaluation der Modelle haben wir die Daten von den Bremen, Rheinland-Pfalz, Thüringen und Bayern ausgewertet und die jeweiligen ODE-basierte Modelle für diese Bundesländer entwickelt. Dazu wurden die Modelle jeweils an die verfügbaren Daten bis zum 15.11.2020 angepasst (mathematisch: "gefittet") und dann die folgenden zwei Wochen vorhergesagt.

In den folgenden Abbildungen ist jeweils zu sehen, dass unsere Modelle (in blau) die tatsächlichen Daten (in grün) in den jeweiligen Ländern bis zum 15.11. sehr gut abbilden, was nicht verwunderlich ist, da sie ja an diese Daten gefittet wurden. Im Zeitraum vom 16.11. bis 29.11. berechnet das Modell dann die jeweilige Prognose unabhängig von den für diesen Zeitraum vorliegenden Daten. Die Güte dieser Prognose kann aber anhand der verfügbaren Daten (in rot) bewertet werden: im Idealfall würde die Prognose (in blau, ab dem 16.11.) mit den tatsächlichen Zahlen (in rot) übereinstimmen, sprich in der Abbildung übereinander liegen.

Für die bisher getesteten vier Bundesländern sehen die Ergebnisse vielversprechend aus, allerdings überschätzen die Modellprognosen die tatsächlichen Zahlen noch leicht, was etwas deutlicher für Bayern zu erkennen ist. Wir arbeiten derzeit an einer Verbesserung des Modells, um diesen Effekt auszugleichen.

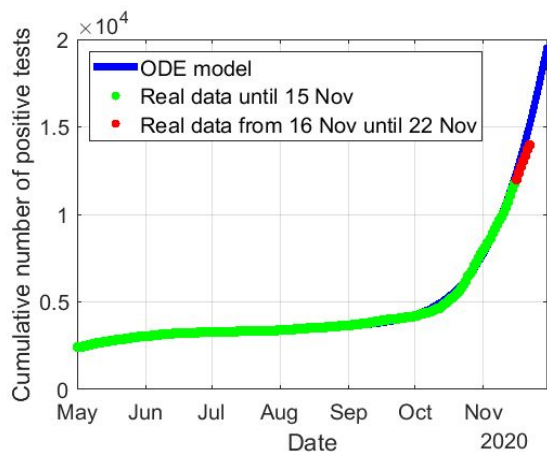
Ausblick

Für den kommenden Bericht erwarten wir eine Verbesserung der ODE-Modell-basierten Prognose und die Erstellung von Modellen für alle 16 Bundesländer.

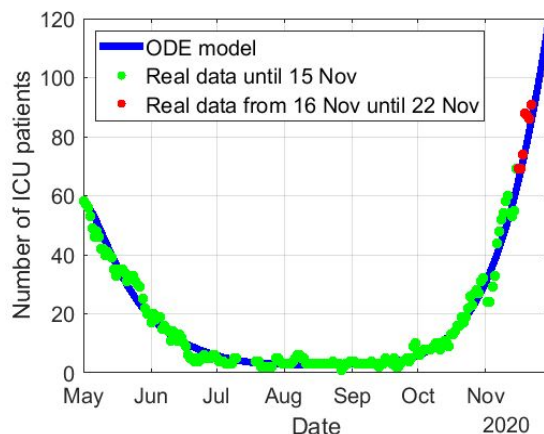


Thüringen

Kumulierte Fallzahlen

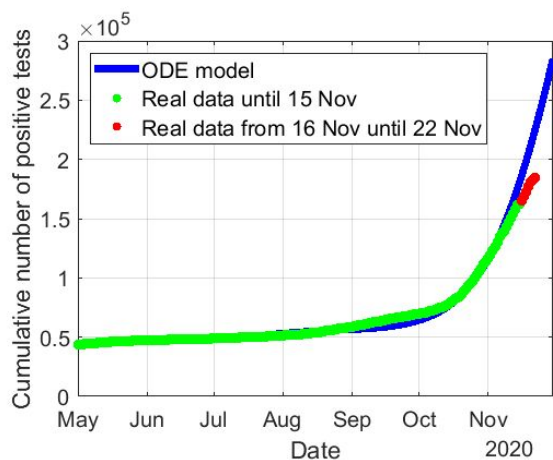


Anzahl belegter Intensivbetten

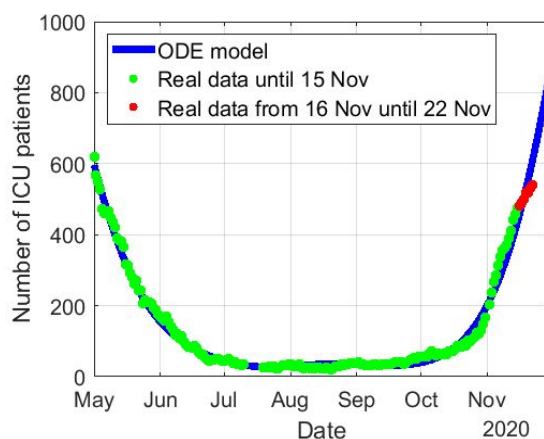


Bayern

Kumulierte Fallzahlen



Anzahl belegter Intensivbetten



Quellen

Müller, Sebastian Alexander, William Charlton, Natasa Djurdjevac Conrad, Ricardo Ewert, Christian Rakow, Hanna Wulkow, Tim Conrad, Kai Nagel, and Christof Schütte. 2020.

“MODUS-COVID Bericht Vom 13.11. 2020.” <https://doi.org/10.14279/depositonce-10810>.

Robert Koch-Institut. 2020. “COVID-19-Dashboard.” 2020. www.corona.rki.de.

Senozon. 2020. “The Senozon Mobility Model.” The Senozon Mobility Model. 2020.

<https://senozon.com/en/model/>.

Wulkow, Hanna, Tim Conrad, Natasa Djurdjevac Conrad, Sebastian Alexander Mueller, Kai Nagel, and Christof Schuette. 2020. “Prediction of Covid-19 Spreading and Optimal Coordination of Counter-Measures: From Microscopic to Macroscopic Models to Pareto Fronts.” *medRxiv*, December, 2020.12.01.20241885.