

MODUS-COVID Bericht vom 20.05.2020

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

¹ Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik, TU Berlin, Deutschland,

nagel@vsp.tu-berlin.de

² Zuse-Institut Berlin

³ Robert-Koch-Institut & HU Berlin

Available online via TU Berlin repository: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10085>

Date of this version: 2020-may-20

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Webseite: <https://matsim-vsp.github.io/covid-sim/>

Bericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) vom 20.05.2020:

Die auf den Krankheitsbeginn rückdatierten Meldedaten des Robert-Koch-Institutes (RKI) zeigen einen deutlichen Knick vom 19. auf den 20. März. Wir haben diesen genutzt, um unsere Modelle besser zu kalibrieren, und die Dynamik besser zu verstehen.

Aushäusige Aktivitäten

Abb. 1 zeigt den Verlauf von Aktivitätenpartizipationen über die Zeit. Man sieht, dass es vom 8. bis 15.3. einen leichten und vom 15. bis 22.3. einen starken Rückgang an aushäusigen Aktivitäten gab. Wir schließen daraus folgendes:

1. Die Maßnahmen zum 14.3. in Berlin (Schulschließungen; Schließungen von Clubs, Kneipen, ...) haben zu einem sprunghaften Rückgang bei den Schul- und Freizeitaktivitäten geführt.
2. Vom ca. 14. bis ca. 22.3. gab es weitere, sehr deutliche Aktivitätenrückgänge, auch ohne staatliche Anordnung.
3. Die "Kontaktsperr" ab dem 22.3. hat in den Daten keine Auswirkung. Wir wissen natürlich nicht, ob sich ohne diese Maßnahme das niedrige Niveau der aushäusigen Aktivitäten gleichermaßen stabilisiert hätte.

Außerdem erkennbar ist ab 25.3. ein langsames Zurückdriften zu normalerem Verhalten bzgl. der aushäusigen Aktivitäten. Abb. 2, die sich statt auf Aktivitätendauern auf Mobilitätsverhalten bezieht, bestätigt diese Interpretation.

Aufgrund dieser Daten sind wir der Ansicht, dass die Transmission von staatlichen Anweisungen hin zu Änderungen der Infektionsdynamik eher indirekt verlief: Große Teile der Gesellschaft waren von sich aus zur Einsicht gekommen, dass sie ihre aushäusigen Aktivitäten reduzieren müssen, und dies geschah bereits vor der Anordnung der "Kontaktsperr". Das staatliche Handeln hat die ohnehin stattfindende Anpassung eher begleitet und stabilisiert, als dass es ihr vorausgegangen ist. Ähnlich scheint es mit der nun verlaufenden Öffnung zu sein, die ohnehin "passiert", und in gewissem Sinne von den staatlichen Maßnahmen eher nachvollzogen denn "gestattet" wird.

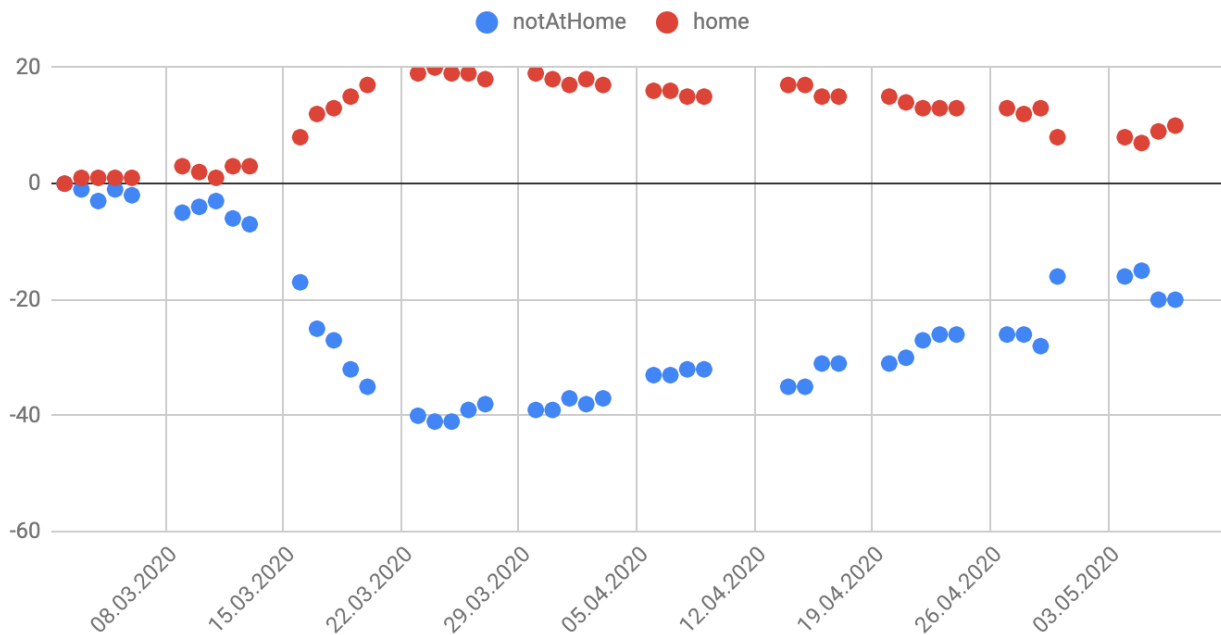


Abb. 1: Verhaltensanpassungen im Verlauf der Krise. Die Datenpunkte zeigen, für jeden Wochentag, die prozentualen Abweichungen von den normalen Zeiten,¹ die die Bevölkerung in Berlin im Mittel mit diesen Aktivitäten verbringt. (Wir haben dies auch aufgespalten nach Aktivitätentypen, aber da dies nicht vollständig zuverlässig funktioniert, verzichten wir hier auf eine Abbildung.) Insbesondere sieht man, dass es während der Woche vom 15. zum 22. März eine zwar schnelle, aber doch kontinuierliche, also nicht sprunghafte Anpassung gab. QUELLE: VSP, beruhend auf Daten von <https://senozon.com>.

Änderung der Mobilität verglichen mit März 2019, ohne Feiertage

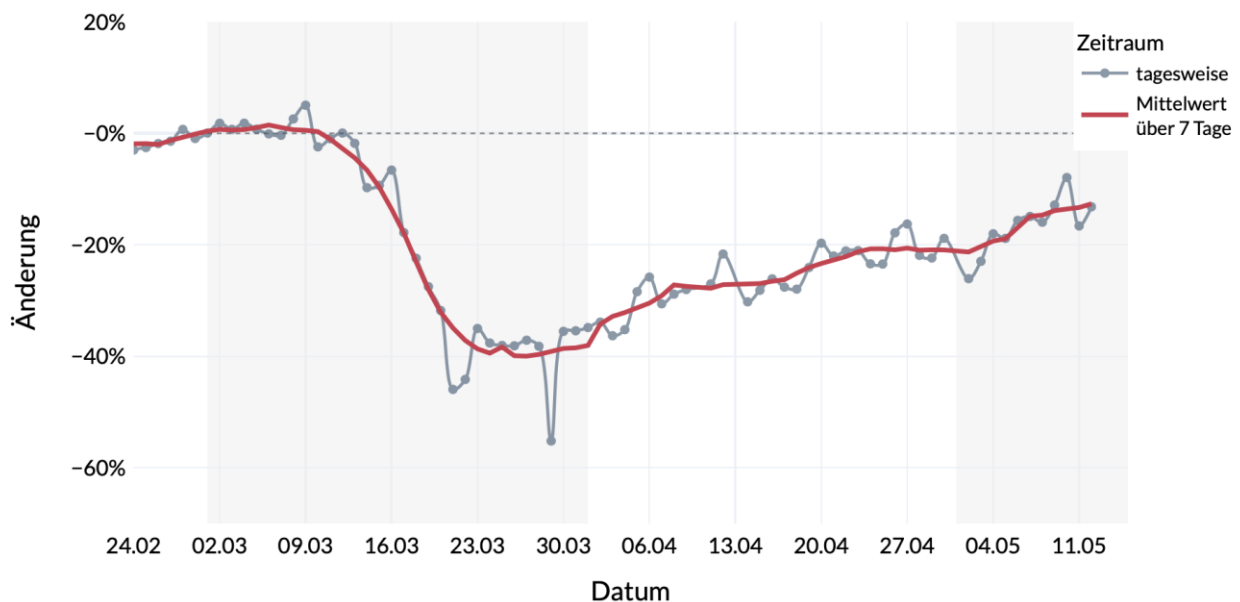


Abb. 2: Änderung der Mobilität in Deutschland im Vergleich zum gleichen Zeitraum 2019. Auch hier ist der eher graduelle Rückgang insbesondere im Verlauf der Woche 15. bis 22.3. gut zu erkennen. QUELLE: ROCS, vgl. <https://www.covid-19-mobility.org>.

¹ Genau genommen wird mit dem 2.3.2020 (Montag) verglichen.

Fallzahlen

Die Fallzahlen des RKI zeigen sowohl bei der einfachen Rückdatierung auf ihr Meldedatum (Abb. 3 oben) als auch als Resultat des sogenannten Nowcasting (Abb. 3 Mitte) ein Maximum am 17. bzw. 19.3. Dieses ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die am 14.3. ergriffenen Maßnahmen zurückzuführen – in Berlin zum einen die Schließung der Schulen (ab Montag, 16.3., aber faktisch war Freitag, der 13.3. der letzte Schultag), und zum anderen die Schließung von Bars, Kneipen und Clubs ab dem 14.3. Da die RKI-Zahlen den Erkrankungsbeginn angeben, bestätigt dies zunächst die ca. 4-tägige Inkubationszeit (wenn Ansteckungen am 14.3. nicht mehr stattfinden, dann sieht man das am 18.3.).

Wichtiger ist uns allerdings die Beobachtung, dass allein aus der Tatsache, dass hier ein Maximum der neuen Fälle vorliegt, *nicht* folgt, dass die Maßnahmen vom 14.3. bereits ausreichend waren. Stattdessen ist es so, dass *jeder* exponentielle Prozess auf eine abrupte Senkung der Reproduktionsrate (R) zunächst mit deutlich reduzierten Fallzahlen reagieren wird. Solange die Reproduktionsrate größer als 1 bleibt, steigen die Fallzahlen anschließend jedoch wieder an. Dass dieser Effekt (plötzliche Absenkung gefolgt von erneutem Anstieg) in den Fallzahlen des RKI nicht zu sehen ist, hat u.E. vor allem den Grund, dass es **neben den sprunghaften Änderungen zum 14.3. weitere, graduelle Änderungen gab**.

Es waren eben nicht *nur* die Maßnahmen vom 14.3., welche für sich *alleine* die Wende brachten. Es waren aber auch (hier weichen wir von anderen Analysen ab) nicht die zusätzlichen Maßnahmen vom 21.3. Stattdessen war (natürlich zusätzlich zu den am 14.3. eingeführten Maßnahmen) entscheidend, dass die Bevölkerung zwischen dem 14.3. und dem 21.3. selbständig entsprechend reagiert hat; Abb. 3 unten zeigt zwei Simulationen mit bzw. ohne diese zusätzlichen Reduktionen in der Aktivitätenteilnahme. Worauf das beruht hat, können wir nicht sagen, hier wären entsprechende sozialwissenschaftliche Untersuchungen wünschenswert. Die "Kontakteinschränkungen" ab 22.3. haben dies stabilisiert, waren aber u.E. nicht ursächlich.

Allerdings ist es so, dass die inzwischen wieder zugenommene Aktivitätenteilnahme (Abb. 1) zu höheren Infektionszahlen führen müsste, als wir in der Realität sehen. Hier haben Masken und Abstandsregeln offenbar einen deutlichen Effekt. Dieser Effekt ist aber offenbar eher langfristig zu sehen, und nicht als sprunghafte Änderung ab dem 22.3.

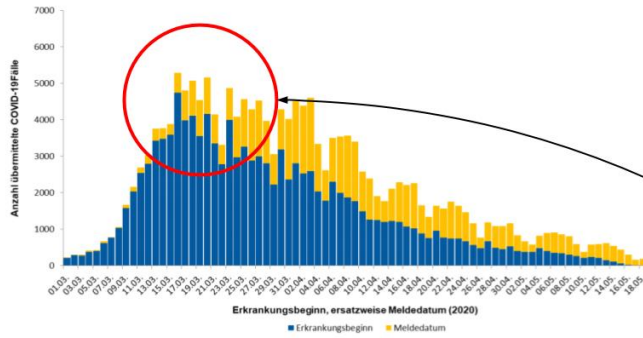


Abbildung 3: Anzahl der an das RKI übermittelten COVID-19-Fälle nach Erkrankungsbeginn, ersatzweise nach Meldedatum. Dargestellt werden nur Fälle mit Erkrankungsbeginn oder Meldedatum seit dem 01.03.2020 (19.05.2020, 0:00 Uhr).

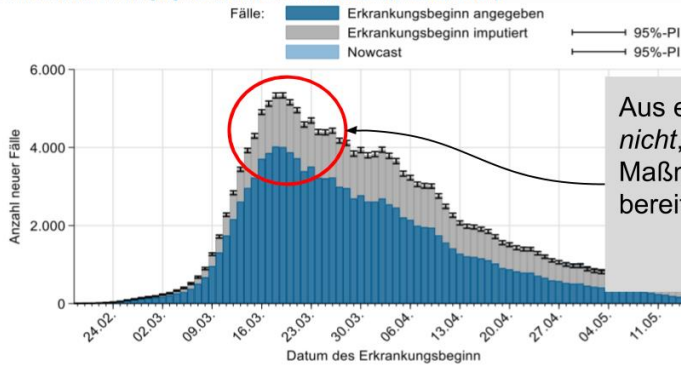
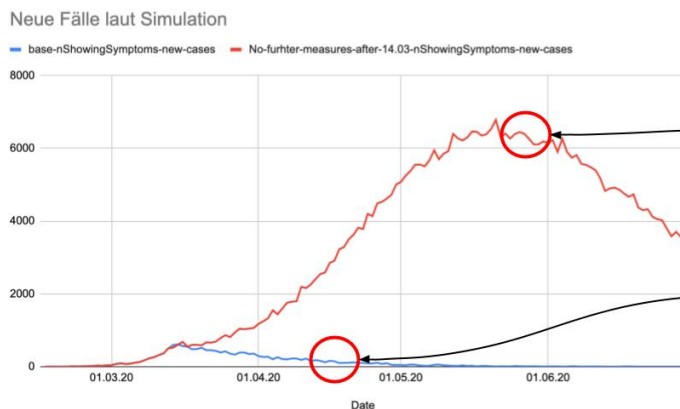


Abbildung 8: Darstellung der Fälle mit bekanntem Erkrankungsbeginn (dunkelblau), geschätztem Erkrankungsbeginn für Fälle mit fehlender Eingabe des Erkrankungsbeginns (grau) und geschätzter Verlauf der bereits symptomatischen Fälle (hellblau) (Stand 19.05.2020, 0:00 Uhr, unter Berücksichtigung der Fälle bis 15.05.2020).



Aus einem Maximum am 17./18./19.3. folgt *nicht*, dass die zum Maximum führenden Maßnahmen vom 14.3. für sich genommen bereits ausgereicht hätten.

Keine weiteren Verhaltensänderungen ab dem 14.3.

Reale Entwicklung

Abb. 3: **OBE**n und **MITE**: Anzahl an COVID erkrankter Personen entsprechend zweier Verfahren des Robert-Koch-Institutes. **UNTE**n: Entsprechende Simulationstrajektorien: **ROTE**: Wenn nach dem 14.3. keine weiteren Verhaltensänderungen stattgefunden hätten; **BLAUE**: Inklusive der nachfolgenden Verhaltensänderungen. **QUELLEN**: Oben und Mitte: RKI²; Unten: VSP (Simulation).

² https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-05-19-de.pdf

Unsicherheiten

Wir haben uns in den vergangenen Wochen eingehend mit der Unsicherheit beschäftigt, die sich für die Vorhersagen einer zukünftigen Entwicklung von Erkrankungen und Hospitalisierungen aufgrund von Unsicherheiten in der Datenlage³ ergibt. Dazu wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Analyse der Datenunsicherheit inklusive Unvollständigkeits des Meldesystems (bzgl. der Daten aus Berlin) und der aus der Anwendung des NowCast-Verfahrens des RKI resultierenden Unsicherheiten.
2. Anpassung eines einfachen Infektionsausbreitungsmodells⁴ an die Berliner Daten⁵ durch Methoden der Parameterschätzung⁶.
3. Ermittlung der Unsicherheit der Parameter dieser Modelle, die sich aus den Unsicherheiten in den Daten ergeben.
4. Ermittlung der Unsicherheit in den Vorhersagen, die sich aus nur unsicher bestimmbar Parametern ergeben.

Abb. 4 zeigt ein typisches Ergebnis dieses Vorgehens.

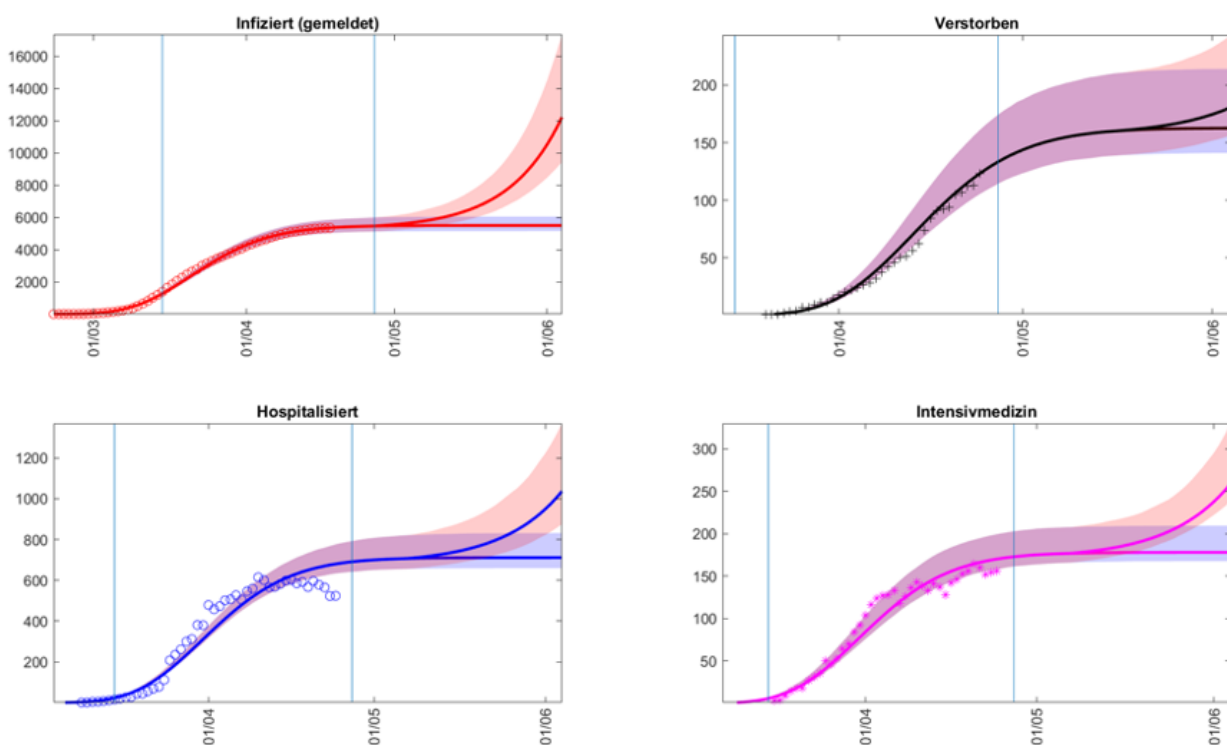


Abb. 4: Daten aus Berlin und Vorhersage des optimal angepassten Modells inklusive der Unsicherheit der Vorhersage, die sich aus Unvollständigkeits und Fehlern des Meldesystems (Datenunsicherheit) ergeben. Gezeigt ist die Vorhersage vom 28.4.2020 ohne Flexibilisierung einiger staatlichen Einschränkungen sowie die Vorhersage inklusive dieser Flexibilisierung (bei entsprechender Erhöhung der effektiven Infektionsraten). Gezeigt sind 80% Perzentilen.

Man beachte, dass die Vorhersageunsicherheit mit der Zeit größer wird (Fehler in Eingangsdaten wirken sich zunehmend aus) und teilweise nicht unerhebliche Werte annimmt. Bei deutlich längeren Vorhersagezeiten wachsen die Unsicherheiten (bei $R > 1$) so stark, dass sie das

³ Z.B. aus Ungenauigkeiten bzw. Unvollständigkeits des Meldesystems.

⁴ SIRD-artiges Modell, welches das Verhalten der Bevölkerung nur im Durchschnitt, d.h. nur mit statistischer Berücksichtigung von Verhaltensänderungen durch mehrere zeitabhängige Infektionsparameter bestimmt.

⁵ Kumulierte Zahl gemeldeter Infizierter, Anzahl der hospitalisierten Patienten und derer in intensivmedizinischer Behandlung, sowie kumulierte Zahl Verstorbener.

⁶ Bestimmung der optimalen Parameter, für die die Diskrepanz zwischen Daten und Modell kleinstmöglich wird.

eigentliche Signal der Vorhersage überwuchern und jede Vorhersage aussagelos machen. Dieses Szenario limitiert fast alle Vorhersagen auf den Zeitraum weniger Wochen. Dies entspricht der im letzten Bericht gemachten Feststellung, dass wir in der jetzigen Phase eher Aussagen darüber machen können, welche Maßnahmen sich wie kompensieren (z.B. Öffnungen gegen Masken), als eine exakte Vorhersage der auch nur mittelfristigen Infektionsentwicklung.

Von besonderem Interesse ist das Ergebnis der Schätzung für die effektive Infektionskonstante R , siehe Abbildung 5 (ohne Unsicherheit zur besseren Sichtbarkeit). Auch in diesem Modell ist kein deutlicher Einbruch der Infektionsausbreitung um den 14.3.2020 herum zu sehen, sondern ein fast kontinuierlicher Rückgang der Infektionsausbreitung, konsistent mit der oben diskutierten kontinuierlichen Reaktion der Bevölkerung auf die Krise.

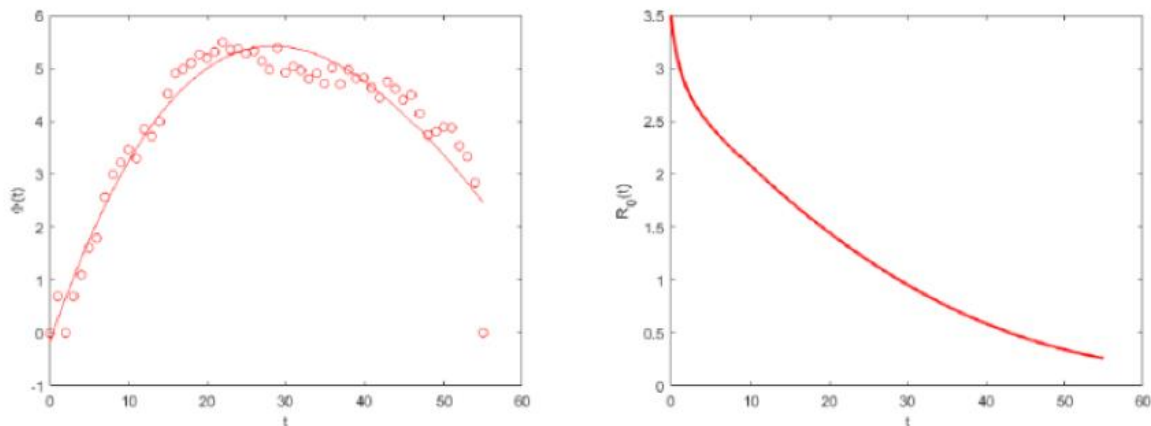


Abb. 5: Zahl der neu gemeldeten Infizierten in Berlin nach NowCast-Korrektur (links) und die sich daraus ergebende zeitabhängige effektive Infektionskonstante R für die Zeit zwischen dem 1.3.2020 und dem 3.5.2020.