

Projektion der COVID19 -Epidemie in Deutschland

Jean Roch Donsimoni^(a,c), René Glawion^(b,c), Bodo Plachter^(a,d) and Klaus Wälde^(a,c,e), 1

(a) Johannes Gutenberg-Universität Mainz

(b) Universität Hamburg

(c) Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften

(d) Institut für Virologie

(e) CESifo und IZA

29. März 2020

Die COVID19-Epidemie wird in Deutschland im optimistischen Szenario mindestens bis Juli dauern, im normalen Szenario bis August. Öffentliche Maßnahmen wie Kontaktverbot flachen den Anstieg der Erkrankungen temporär ab und verlängern die Dauer der Epidemie. In der Spitze sind im optimistischen Szenario gleichzeitig bis zu 200 Tausend Menschen erkrankt, im normalen Szenario liegen die Werte um eine Million. Langfristig werden im normalen Szenario 6% der Bevölkerung (gemeldet) erkrankt gewesen sein.

- Einleitung

Die durch den Coronavirus CoV-2 ausgelöste Pandemie hält Deutschland und die Welt fest im Griff. Deren Bedeutung für die gesamtgesellschaftliche Gesundheit und Wirtschaft und für das allgemeine mentale Wohlempfinden in Deutschland benötigt keiner Betonung. Die dringendste Frage dieser Zeit scheint zu sein – wie lange geht das noch?

Wir verwenden alles uns zugängliche Wissen aus der Virologie, Epidemiologie und den Methoden der Volkswirtschaftslehre bzw. der Stochastik, um darauf eine Antwort zu geben. Neben dem Aspekt der Dauer stellen sich noch die folgenden Fragen: Wie groß ist die Anzahl der erkrankten Personen im Zeitverlauf, die wir zu erwarten haben? Wie hoch wird die Zahl der erkrankten Personen sein, welche sich im Zeitverlauf mit dem Coronavirus je infizieren? Auf der letzten Frage liegt das Hauptaugenmerk der breiten Öffentlichkeit, der Politik und der Krankenhäuser, um die Bereitstellung von Krankenhausbetten planen zu können. Nicht zuletzt stellt sich die Frage, welche Auswirkungen aktuelle Politikmaßnahmen auf den Verlauf der Epidemie nehmen.

¹ Dies ist eine Zusammenfassung von „Projecting the Spread of COVID19 for Germany“ geschrieben von den gleichen Autoren (Donsimoni et al., 2020). Die Autoren sind Dr. Jean Roch Donsimoni und Prof. Dr. Klaus Wälde (Korrespondenz) von der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Gutenberg School of Management and Economics, Jakob-Welder-Weg 4, D-55131 Mainz, Telefon + 49.6131.39-20143, jdonsimo@uni-mainz.de, waelde@uni-mainz.de. René Glawion arbeitet an der Universität Hamburg, rene.glawion@uni-hamburg.de. Prof. Dr. Bodo Plachter leitet das Institut für Virologie an der Universitätsklinik Mainz, plachter@uni-mainz.de. Die Arbeit war in der Schnelle der Zeit nur durch wertvolle Hinweise vieler Kollegen möglich. Wir danken Matthias Birkner, Christian Dormann, Oliver Emrich, Hoang Khieu, Dietmar Leisen, Kai Pastor und Olaf Posch. Wir danken vor allem unseren Kollegen aus dem medizinischen und vor allem epidemiologischen Bereich für wertvolle Kommentare. Dies sind u.a. Matthias an der Heiden, Michael Bauer, Julien Riou, Perikles Simon, Martin Wolkewitz und Mitgliedern der Modellierungsinitiative der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie.

Die folgenden Seiten geben einen Überblick zu unseren Antworten auf diese Fragen.

- Ein Blick auf andere Länder

Als Hintergrund zur Beurteilung der Lage in Deutschland betrachten wir zunächst die Verläufe der Epidemie in der Provinz Hubei, in Südkorea und Japan. Diese Entwicklungen werden eine zentrale Rolle in der Einschätzung des weiteren COVID19 Verlaufs in Deutschland nehmen.

Abbildung 1 zeigt die Anzahl der als erkrankt gemeldeten Personen in diesen drei Regionen bzw. Ländern. Wir sehen, und das scheint uns etwas Hoffnung schöpfen zu lassen, dass die Anzahl der Infizierten in Hubei bereits gegen eine Konstante zu konvergieren scheint. Diese liegt bei etwa 1 von 1000 Personen. Wenn also die Epidemie in Hubei tatsächlich vorüber ist und die Daten ausreichend hohe Qualität haben, dann ist am Ende der CoV-2 Epidemie in Hubei 1 von 1000 Personen erkrankt (oder, in den meisten Fällen, erkrankt gewesen). Anders ausgedrückt sind 999 von 1000 Personen entweder die ganze Zeit gesund gewesen, oder auch infiziert, aber mit einem so milden Verlauf der Symptome, dass sie eben nicht als erkrankt erfasst wurden.

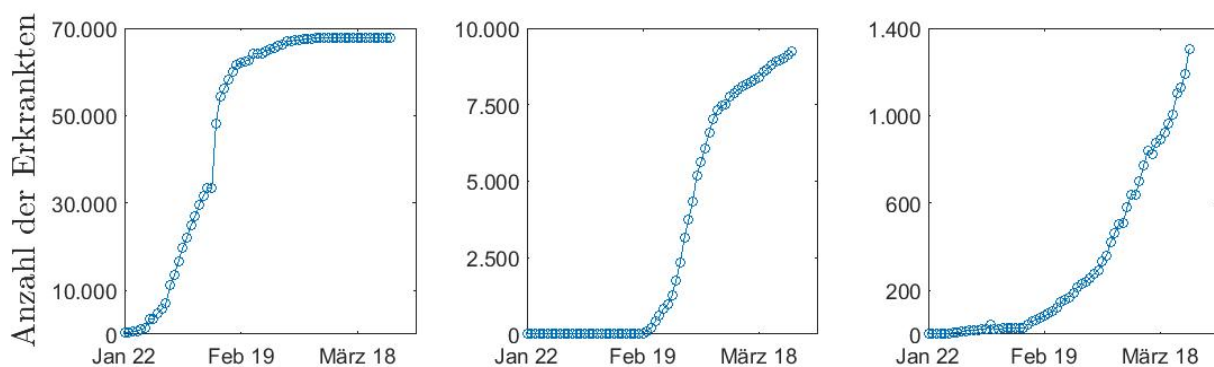


Abbildung 1: Verlauf der Fallzahlen in Hubei (links), Südkorea und Japan.

Ein ähnlicher Verlauf ist in Südkorea zu erahnen, wo sich die Anzahl der gemeldeten Erkrankten ebenfalls gegen eine obere Schranke zu entwickeln scheint. Diese liegt bei etwa 3 von 5000 erkrankten Personen. Die Datenqualität in Südkorea wird üblicherweise höher eingeschätzt als die aus Hubei.

Es wird jedoch häufig betont, dass Südkorea sich vermutlich nicht am Ende der CoV-2 Epidemie befindet. Vielmehr ist es gelungen, die Ausbreitung zu stoppen, was jedoch im Umkehrschluss bedeutet, dass es eine Vielzahl von nicht-immunen Bewohnern Südkoreas gibt. Am Ende einer typischen Epidemie sind etwa 50% bis 60% einer Bevölkerung infiziert bzw. haben Antikörper gebildet, sind also immun.² Wenn eine Epidemie unterdrückt wird, dann ist diese Immunität in der Bevölkerung nicht ausreichend vorhanden. Es könnte also jederzeit zu einem erneuten Ausbruch der Epidemie kommen.

² Dies ergibt sich aus dem Ausdruck $(R_0-1)/R_0$, wobei R_0 die Basisreproduktionszahl ist. Sie gibt an, wie viele Personen durchschnittlich von einer infizierten Person angesteckt werden. Diese Basisreproduktionszahl liegt für eine typische Grippe bei 2 (Mikolajczyk et al., 2009) und wird für CoV-2 in Wuhan auf circa 2 bis 2,5 geschätzt (Riou and Althaus, 2020).

In Japan ist dahingegen noch kein solcher Verlauf bzw. noch kein Abflachen der Kurve zu sehen. Leider ist Japan der typische Fall für alle anderen Länder, für die ausreichend Datenmaterial zur Verfügung steht. Diese Länder befinden sich alle eher am Anfang oder in der Mitte des Epidemieverlaufs.

- Vorgehensweise

Bevor wir zur Vorstellung der Ergebnisse unserer Projektion kommen ein paar Worte zum methodischen Hintergrund. Unser Modell teilt die Bevölkerung in Deutschland in vier Gruppen auf: gesund ohne Infektion, an COVID19 erkrankt, gesund nach Genesung oder nach einer (annähernd) symptomfreien Infektion, und verstorben. Wir beschreiben die Entwicklung der Anzahl der Personen in diesen Gruppen ab 24. Februar 2020 (der erste Tag mit einer Meldung von Erkrankten in unserer Datenquelle) bis Ende des Jahres. Unter Verwendung entsprechender statistischer Methoden können wir mit unseren Modellgruppen die Entwicklung der Erkrankten in den Daten exakt nachzeichnen. Unser Modell beschreibt also die Entwicklung vom 24. Februar bis zum aktuellen Rand (fast vollkommen) exakt. Als Datengrundlage dienen uns die Meldungen des Robert Koch Instituts (RKI, 2020).

Mithilfe des Modells und der vorliegenden Beobachtungen des RKI können wir die Entwicklung in Deutschland für die nächsten 2 bis 3 Wochen gut vorhersagen. Die viel wichtigeren Fragen bezüglich des weiteren Verlaufs, einer maximalen Belastung des Gesundheitssystems und eines Endes der Epidemie können wir aufgrund dieser Datengrundlage jedoch nicht beantworten. Warum? Unser Modell (eine Markovkette in kontinuierlicher Zeit mit vier Zuständen und zustandsabhängigen Übergangsraten) sagt uns, dass wir dazu vor allem zwei weitere Daten benötigen: Wie hoch ist der Anteil der mit CoV-2 infizierten Individuen, die auch tatsächlich erkranken? Es ist allgemein bekannt, dass nicht alle Infektionen zu einer Erkrankung führen. Es wird sogar davon ausgegangen, dass üblicherweise die wenigstens Infektionen zu Erkrankungen führen. Es wird vermutet, dass eine Infektion mit Coronaviren (CoV-2) bei nur etwa 20% zu Symptomen führen. Diese Zahl ist jedoch mit großer Unsicherheit verbunden. Die zweite Parameterinformation, die wir benötigen ist der Anteil der am Ende der CoV-2 Epidemie infizierten Personen. Diese Zahl scheint mit noch viel größerer Unsicherheit behaftet zu sein. Es wird üblicherweise davon ausgegangen, dass diese bei etwa 50% bis 60% liegt.³

Nehmen wir diese zwei Werte zusammen, dann kommen wir unmittelbar zu einem Ergebnis. Wenn 60% langfristig infiziert sind und 20% der Infizierten erkranken, dann kommen wir auf 12% Erkrankte nach Ende der Epidemie. Wenn wir davon ausgehen, dass von den Erkrankten nur etwa die Hälfte gemeldet wird (die andere Hälfte geht nicht zum Arzt, oder die Symptome werden als „normale Erkältung“ eingestuft oder es wird aus anderen Gründen kein CoV-2-Test durchgeführt), dann liegen am Ende der Epidemie 6% gemeldete Erkrankte für Deutschland vor. Das wären bei 83,1 Millionen Einwohner knapp 5 Millionen Erkrankte.

Wenn wir diese langfristigen Zusammenhänge ebenfalls in die Berechnung durch unser Modell einfließen lassen, dann können wir den Verlauf der Epidemie ziemlich gut vorhersagen. Aber natürlich ist die Vorhersage nur so gut, wie die darin enthaltenen Annahmen, also vor allem die zwei zentralen Parameter „Erkrankungswahrscheinlichkeit“ und „langfristige Infektionsrate“. Da diese Parameter mit großer Unsicherheit verbunden sind

³ Dies folgt aus dem gleichen Zusammenhang wie die Überlegung zur gewöhnlichen Grippe. Siehe vorherige Fußnote.

(es gab noch keine CoV-2 Epidemie, in der die Medizin diese Werte ausreichend sicher hätte erheben können), berücksichtigen wir in unserer Projektion auch noch ein zweites Szenario, das „optimistische Hubei-Szenario“.

Kommen wir also auf die Daten aus Hubei oder Südkorea zurück. In Hubei scheint der langfristige Anteil der gemeldet Erkrankten in der Gesamtbevölkerung bei circa 1 von 1000 zu liegen. Um etwas vorsichtiger zu sein und um die Zahlen besser mit den bisherigen Kenngrößen zu vergleichen heben wir diesen Wert auf 6 von 1000 an. Das mag eine manchmal vermutete unvollständige Datenerhebung korrigieren. Mit dieser Korrektur ist mit 6 von 1000 der langfristige Wert in Hubei um einen Faktor 10 niedriger als der Wert von 6 von 100, also 6%, für Deutschland, der sich aus den üblichen Parametern wie oben beschrieben ergibt. Wir haben also ein optimistisches Hubei-Szenario und ein normales Szenario. Für beide werden wir nun unsere Projektionsergebnisse vorstellen.

- Eine ungedämpfte Epidemie und der Effekt temporärer Gesundheitsmaßnahmen

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Epidemie ab 24. Februar bis Ende September. Sie zeigt die Anzahl der an COVID19 erkrankten Patienten im Zeitverlauf. Es ist wichtig zu betonen, dass dies *nicht* den Zahlen entspricht, die vom RKI gemeldet werden. Das RKI meldet die Anzahl der *je* an COVID19 erkrankten Individuen. In unserem Modell ist es ein Einfaches, diese Zahl um die Genesungen (wir nehmen eine durchschnittliche Genesungsdauer von 14 Tagen an) zu bereinigen.

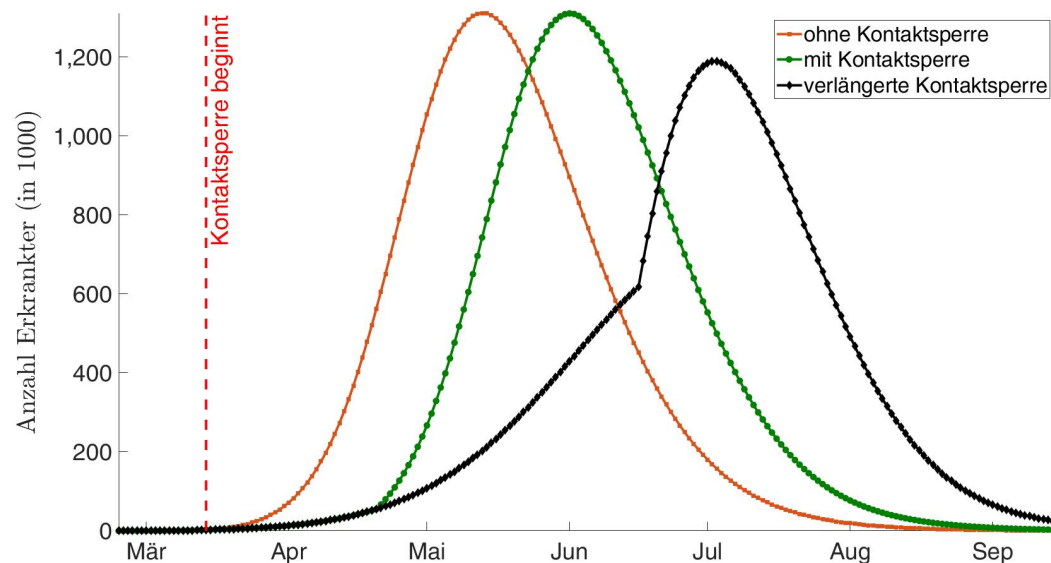


Abbildung 2: Die Anzahl der Erkrankten über den Verlauf der COVID-19 Epidemie in Deutschland

Abbildung 2 zeigt mit der roten Kurve einen Verlauf der Epidemie unter Abwesenheit jeglicher öffentlicher Eingriffe. (Diese werden in den Abbildungen kurz ‚Kontaktsperren‘ genannt.) Die Anzahl der Erkrankten steigt sehr schnell an, erreicht ihren Höhepunkte Anfang Mai und die Epidemie endet im Juli. Der Effekt der Bund-Länder Beschlüsse vom 13. März (u.a. Schulschließungen und Absage aller Sportveranstaltungen) und die daraufhin folgenden Maßnahmen werden durch den grünen Verlauf dargestellt. Der Anstieg der Anzahl der Erkrankten verlangsamt sich ab 20. März (Hartl et al.,2020), nimmt nach Ende der

Maßnahmen wieder Fahrt auf und verläuft dann Anfang Juni über einen fast genauso hohen Gipfel. Das Ende der Epidemie verschiebt sich dann in den August.

Werden die aktuellen Maßnahmen verlängert sehen wir den schwarzen Verlauf. Der Anstieg der Erkrankungen wird auf längere Zeit abgebremst, ist aber nach Ende der Maßnahmen wieder genauso schnell wie vorher. Der Gipfel ist später, wie auch das Ende der Epidemie – die nun für September zu erwarten wäre.

Grundsätzlich können wir festhalten: Die Politik der temporären Schließungen bzw. Einschränkung des Soziallebens ist wirksam. Die Reduzierung der sozialen Kontakte verringert die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Infektionen und neuen Krankheitsfällen. Dafür wird aber auch das Ende der Epidemie hinausgezögert.

Hinter diesen Berechnungen steht die Annahme, dass durch die Bund-Länder-Beschlüsse die Anzahl der Kontakte in der Bevölkerung insgesamt um 50% gefallen sind. Damit geht die Erkrankungsrate um 50% zurück. Auch wenn es aktuell erste Anzeichen für die Wirksamkeit der Maßnahmen gibt (Hartl et al., 2020) muss noch ein bis zwei Wochen gewartet werden, ob diese Wirksamkeit von permanenter Natur ist.

- Wie lange dauert die Epidemie und wie stark wird diese?

Den Projektionen in Abbildung 2 liegt die oben diskutierte Annahme zugrunde, dass langfristig 6% der Einwohner Deutschlands an COVID19 erkrankt und gemeldet sein werden. Damit ergibt sich die dramatisch hohe Anzahl gleichzeitig Erkrankter aus Abbildung 2.

Wenden wir uns also nun dem optimistischen Hubei-Szenario zu. Hier gehen wir davon aus, dass parallel zu dem Anstieg der Erkrankten in Deutschland eine Immunisierung der Bevölkerung erfolgt. Diese findet über Infektionen statt, denen jedoch keine starken Symptome (oder vielleicht sogar gar keine oder kaum wahrnehmbare) folgen. Dadurch wäre es möglich, dass am Ende dieser Epidemie tatsächlich nur 0,6% der Bevölkerung erkrankt sind. Die Ergebnisse dieser Annahme sind in der folgenden Abbildung ersichtlich.

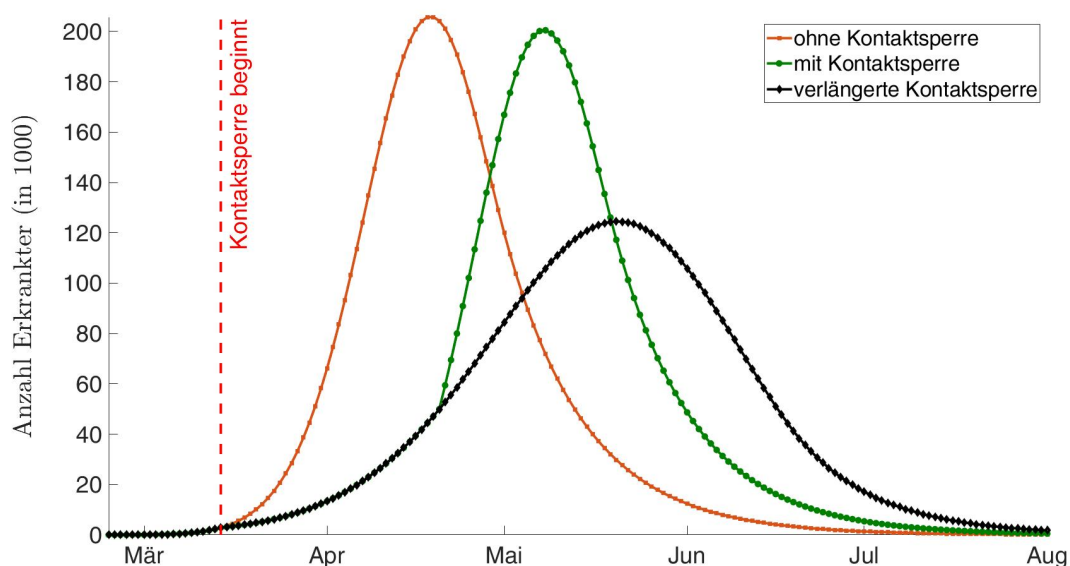


Abbildung 3: Die Anzahl der Erkrankten im optimistischen Hubei-Szenario

Im Falle einer unbeeinflussten Ausbreitung von CoV-2, erneut dargestellt durch die rote Kurve, ergäbe sich auch in diesem optimistischen Szenario ein schneller starker Anstieg der Anzahl der Erkrankten bis Ende April. Danach würde die Anzahl der Erkrankten wieder fallen und die Epidemie wäre Anfang Juni vorbei. Wenn wir von der aktuellen Situation mit Kontaktsperren ausgehen, dann befinden wir uns eher auf der grünen Kurve. Wenn wir annehmen, dass die Kontaktsperre Mitte April aufgehoben wird, dann würde sich die Spitze der Anzahl der Erkrankten auf Mitte Mai verschieben. Diese wäre mit um die 200 Tausend gleichzeitig Erkrankten auf einem Niveau, das unser Gesundheitssystem vor große Herausforderungen stellen würde. Wenn die Kontaktsperre um weitere 6 Wochen verlängert würde (die schwarze Kurve), dann würde sich die Anzahl der Erkrankten in der Spitze auf 120 Tausend verringern. Allerdings verlängert sich die Dauer der Epidemie dann auch bis Juli.

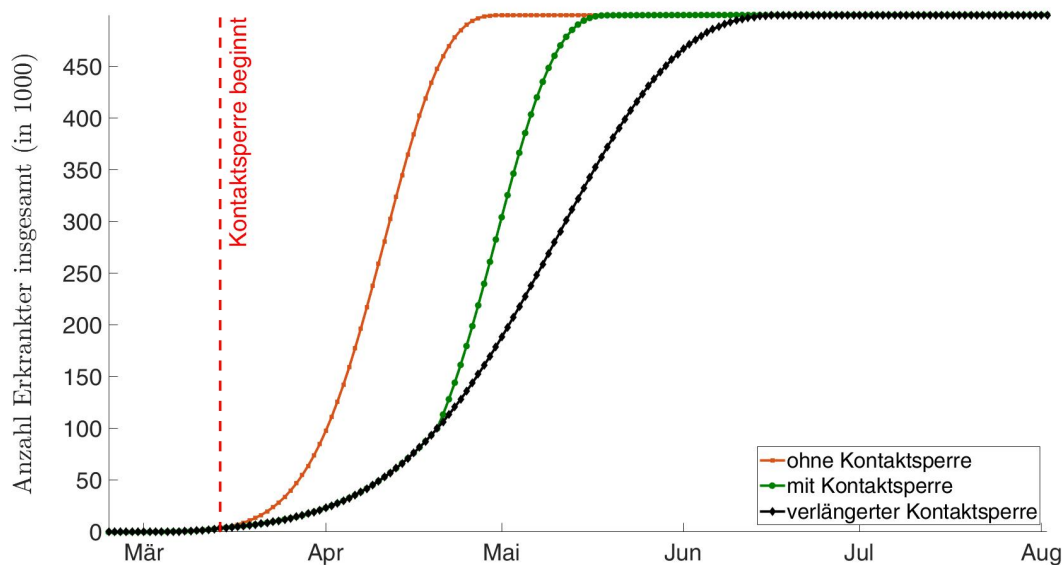


Abbildung 4: Die Anzahl der insgesamt Erkrankten im optimistischen Hubei-Szenario

Die Anzahl der insgesamt Erkrankten ist in Abbildung 4 zu sehen. Die dort dargestellten Verläufe entsprechen den vom Robert Koch Institut veröffentlichten Zahlen. Wir sehen, dass am Ende der Epidemie in allen Szenarien die Anzahl der Erkrankten bei knapp einer halben Million liegen würde.

- Zusammenfassung

Wir befinden uns in Deutschland am Beginn einer Epidemie. Bei aller Unsicherheit bezüglich der Eigenschaften des Coronavirus-2 kann gesagt werden, dass die Epidemie noch bis in den Juni 2020 anhält. Kontaktsperren und ähnliche Politikmaßnahmen verlängern die Dauer der Epidemie. Im pessimistischen Szenario, was jedoch den Standardannahmen der Epidemiologie entspricht, dauert die Epidemie bis in den August hinein. Die Anzahl der Erkrankten würde in diesem pessimistischen Szenario in die Millionen gehen.

Was bleibt zu hoffen? Wir haben vor wenigen Tagen gesehen (Hartl et al., 2020), dass die Bund-Länder Maßnahmen vom 13. März die Zuwachsraten der Anzahl der Erkrankten fast halbiert haben. Falls sich dieser positive Trend fortsetzt, könnten sich die Szenarien verbessern. Weiter bleibt zu hoffen, dass die Immunisierung in der Bevölkerung schneller

voranschreitet als in „normalen“ Grippeepidemien. Auch dann könnte die Epidemie schneller zu Ende gehen. Oder weitere, noch strengere, Gesundheitsmaßnahmen der öffentlichen Hand führen zu einem noch stärkeren Rückgang der Zuwachsraten. Die ökonomischen Kosten weiterer Eingriffe ins öffentliche Leben wären jedoch beachtlich und bereits aktuelle Schätzungen (Dorn et al, 2020) sind erschreckend. Es wäre eine Überlegung wert, Kontaktsperren auf die Bevölkerungsgruppen zu beschränken, die am ehesten einen starken Verlauf einer CoV-2 Erkrankung zu befürchten haben. Dies müsste begleitet werden von deutschlandweiten Unterstützungen (u.a. Einkaufsservice und persönliche kontaktfreie Begegnungen) für diese Gruppen.

Eine Aktualisierung der Vorhersagen erfolgt auf <https://www.macro.economics.uni-mainz.de/corona-blog/>.

- Literaturhinweise

Donsimoni, JR., R. Glawion, B. Plachter, und K. Wälde (2020): „Projecting the Spread of COVID19 for Germany“, www.waelde.com/pub or <https://www.macro.economics.uni-mainz.de/files/2020/03/Donsimoni-Glawion-Plachter-Wälde-2020-Projecting-spread-of-CoV-2-in-Germany-1.pdf>

Dorn, F., C. Fuest, M. Götttert, C. Krolage, S. Lautenbacher, S. Link, A. Peichl, M. Reif, S. Sauer, M. Stöckli, K. Wohlrabe, und T. Wollmershäuser (2020): „Die volkswirtschaftlichen Kosten des Corona-Shutdown für Deutschland: Eine Szenarienrechnung,“ ifo Schnelldienst, 73(4).

Hartl, T., K. Wälde, und E. Weber (2020): „Bundesliga, Schulen, Kinos - Wann wissen wir, ob die Maßnahmen gegen Corona etwas gebracht haben?“, <https://www.macro.economics.uni-mainz.de/corona-blog/>, Einschätzung vom 23. Mrz.

Mikolajczyk, R., R. Krumkamp, R. Borneman, A. Ahmad, M. Schwehm, und H-P. Duerr (2009): „Influenza – Einsichten aus mathematischer Modellierung,“ Deutsches Ärzteblatt, 106(47).

Riou, J., and C. Althaus (2020): „Pattern of early human-to-human transmission of Wuhan 2019 novel coronavirus (2019-nCoV), December 2019 to January 2020,“ Eurosurveillance, 25(4).

Robert Koch Institut (RKI) (2020): „COVID-19: Fallzahlen in Deutschland und weltweit,“ https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Fallzahlen.html