



COMPLEXITY
SCIENCE
HUB
VIENNA



CSH-Studie

Wirksamkeitsstudie Abschätzung von Fall- und Todeszahlen in Ab- hängigkeit vom Zeitpunkt des Lockdowns in Österreich

Peter Klimek, Stefan Thurner

27. Mai 2020



AutorInnen

Peter Klimek, Stefan Thurner

Titel

Abschätzung von Fall- und Todeszahlen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Lockdowns in Österreich

Kontakt

Complexity Science Hub Vienna – Verein zur Förderung wissenschaftlicher Forschung im Bereich komplexe Systeme

Josefstädter Straße 39, 1080 Wien

T +43 1 59991 600

office@csh.ac.at

www.csh.ac.at

ZVR: 709748150

Der Complexity Science Hub Vienna

Der Complexity Science Hub Vienna wurde mit der Vision gegründet, ein Zentrum der Komplexitätsforschung in Europa zu werden. Ziel ist, ein spannendes, kreatives Umfeld frei von bürokratischen Hürden für aufgeschlossene DenkerInnen zu schaffen, die den Mut haben, über die Grenzen traditioneller Wissenschaftsdisziplinen hinauszugehen. Der Hub ist ein Inkubator und Spielfeld für neue und spannende Ideen. Er ist ein Knoten innerhalb eines Netzwerks internationaler Partnerinstitutionen wie etwa das Santa Fe Institute, das Complexity Institute der Nanyang Technological University Singapore, der Arizona State University und dem Institute for Advanced Study Amsterdam. Durch dieses Netzwerk wird der lebhafteste Austausch von Ideen unter ForscherInnen angeregt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Kurzfassung.....	1
Hintergrund.....	2
Methode	2
Szenarien.....	2
Konfidenzintervalle.....	4
Schätzung der Todesfälle	4
Resultate	5
Positive Fälle	5
Todesfälle.....	5
Schlussfolgerungen	6
Literatur	7
Ergänzung vom 2. Juni 2020	8

Kurzfassung

Am 16. 3. 2020 wurden österreichweite Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung in Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie eingeführt. Dieser „Lockdown“ umfasste unter anderem die Schließung von Geschäften und Restaurants, Besuchsverbote sowie eine Reihe weiterer Maßnahmen. Im internationalen Vergleich hat Österreich, auch relativ zu seiner Größe, eine geringe Anzahl positiv getesteter Fälle (15.294 am 27. 4.) und an Corona-Toten (549 am 27. 4.) aufzuweisen. Diese Simulationsstudie versucht abzuschätzen, in welchem Ausmaß die am 16. 3. 2020 verkündeten Maßnahmen zu dieser Situation beigetragen haben. Insbesondere soll abgeschätzt werden, wie die Fallzahlen ausgesehen hätten, wäre der Lockdown eine bzw. zwei Wochen später verhängt worden, beziehungsweise hätte er in dieser Form gar nicht stattgefunden.

Die Ergebnisse zeigen, dass ohne Lockdown Anfang Mai mehr als viermal mehr positive Fälle (60.000) und knapp viermal so viele Tote (ca. 2.100) zu erwarten gewesen wären. Die Kapazitätslimits des Gesundheitssystems wären aus heutiger Sicht vermutlich überschritten worden. Bei einer Verzögerung des Lockdowns um eine Woche hätte es etwa doppelt so viele Fälle (über 30.000) und Tote (ca. 1.100) gegeben, bei zweiwöchiger Verzögerung etwa dreimal mehr Infizierte (ca. 45.000) und Tote (ca. 1.600).

Hinweis: Der Simulation wurde ein SIR-X-Modell zugrunde gelegt, die Modellparameter wurden mit Daten des Epidemiologischen Meldesystems (EMS) der AGES kalibriert. Das Modell basiert auf Annahmen, für deren Richtigkeit nicht garantiert werden kann.

Hintergrund

Im Zuge der COVID-19-Krise wurde seitens der Regierung in Österreich eine Reihe nicht-pharmazeutischer Maßnahmen getroffen: Am 16. März 2020 wurde ein landesweiter Lockdown eingeführt, ab dem 14. April eine Maskenpflicht (Details zu den Maßnahmen siehe [1]). Hier versuchen wir eine quantitative Abschätzung der Frage, wie stark sich die Maßnahmen rund um den 16. März auf die Verbreitung ausgewirkt haben, und was passiert wäre, wenn die Maßnahmen, insbesondere ein Lockdown, gar nicht oder erst eine oder zwei Wochen später implementiert worden wären. Die Berechnungen basieren auf einem SIR-X-Modell des Robert Koch Instituts [2]. Es ist dasselbe Modell, das für die wöchentlichen Prognosen der Fallzahlen, Betten und Intensivbetten des Gesundheitsministeriums verwendet wurde [3].

Methode

Die Basis der Studie bildet ein epidemiologisches Ausbreitungsmodell (SIR-X) mit Möglichkeit zur Simulation von Social Distancing und Quarantänemaßnahmen, das Compartments von suszeptiblen, infizierten, genesenen („recovered“) und quarantänisierten Personen modelliert [2]. In klassischen Ausbreitungsmodellen (SIR-Modellen) tritt das Ende einer Epidemie erst dann ein, wenn hinreichend viele Personen infiziert wurden, sodass jede infizierte Person im Schnitt nur noch weniger als eine suszeptible Person ansteckt – die sogenannte Herdenimmunität. Im verwendeten SIR-X-Modell gibt es zwei weitere Arten von Mechanismen, die ein früheres Epidemieende bewirken können. Erstens wird die Anzahl an zusätzlich Infektiösen durch Isolation oder Quarantäne reduziert – damit kann man Maßnahmen wie Contact Tracing oder die selbst-initiierte Isolation von Personen mit Symptomen modellieren. Zweitens werden die Kontaktwahrscheinlichkeiten zwischen Infektiösen und Suszeptiblen durch Social-Distancing-Maßnahmen reduziert.

Szenarien

Das Modell wurde auf die folgenden Arten kalibriert, sodass Fallzahlen für vier Szenarien gerechnet werden können:

- (1) Das **Basisszenario** fittet das Modell nach den EMS-Daten (täglicher Zuwachs an positiv getesteten Personen in Österreich) so, dass die tatsächlichen Verläufe bestmöglich reproduziert werden können. Es erfolgt eine Reparametrisierung über den Zeitraum vom 21. 3. 2020 (wobei angenommen wird, dass für die Sichtbarkeit der Wirksamkeit der Maßnahmen zumindest die Inkubationszeit von ca. fünf Tagen abgewartet werden muss [4]) bis zum 27. 4. 2020, sodass die Maßnahmen vom 16. 3. 2020 in den Modellparametern berücksichtigt werden. Mit diesen Modellparametern wird

das Modell gerechnet, die Ergebnisse weichen von den tatsächlichen Fällen durchschnittlich um 0,8 % ab (bei einem Vorliegen von mindestens 20 Fällen).

- (2) Das Szenario „**Kein Lockdown**“ nimmt an, dass am 16. 3. 2020 keine Maßnahmen gesetzt worden wären. Die Parameter der Kalibrierung bis zum 21. 3. werden bis zum 27. 4. verwendet, es erfolgt keine Reparametrisierung. Die Ergebnisse für die positiv Getesteten finden sich in Abb. 1. und Tabelle 1, die Ergebnisse für die geschätzte Zahl der Toten in Tabelle 1.
- (3) Das Szenario „**1 Woche später**“ geht von folgender Annahme aus: Das Modell wird mit den Basisparametern bis zum 23. 3. 2020 simuliert und es wird angenommen, dass ab dem 23. März die Kontaktwahrscheinlichkeiten doppelt so stark reduziert werden wie davor (was dem relativen Effekt der Maßnahmen im Basisszenario entspricht). Ab dem 23. 3. werden diese neuen Parameter verwendet.
- (4) Das Szenario „**2 Wochen später**“ entspricht Szenario (3), mit dem Unterschied, dass die Reparametrisierung über den Zeitraum von 30. 3. 2020 bis 27. 4. 2020 erfolgt.

Für alle Szenarien gilt, dass es schon in der ersten Märzhälfte einen Wachstumsrückgang bei den Fallzahlen gab. Dieser Rückgang kann einerseits durch hochgefahrenere frühzeitige Isolation von Fällen erklärt werden, andererseits ist davon auszugehen, dass sich in der Bevölkerung bereits ein Bewusstsein für Social Distancing zu bilden begann. Im Basisszenario ergibt die Modellkalibrierung, dass die Maßnahmen das Social Distancing doppelt so wirksam machten (doppelt so schnelle Reduktion der Kontaktwahrscheinlichkeiten, doppelt so schnelle Erschöpfung der Suszeptiblen durch den Lockdown) im Vergleich zur ersten Märzhälfte. Dieser Faktor 2 ist plausibel, aber nicht direkt durch empirische Beobachtung motiviert. Für Szenario (2) ist diese Annahme nicht notwendig und kann problemlos berechnet werden. Für die Szenarien (3) und (4) ergibt sich folgende Schwierigkeit: Tatsächlich wurde bereits im April begonnen, die Maßnahmen teilweise wieder zurückzufahren. Da wir die Maßnahmen im Modell effektiv erst per Ende März einschalten, ist es nicht sinnvoll, diese bereits Anfang April wieder auszuschalten. Daher wurden diese teilweisen Rücknahmen nicht implementiert, was zur Folge hat, dass im Modell Ende April die Szenarien (3) und (4) stärker abflachen als tatsächlich (konservativer Zugang).

Konfidenzintervalle

Die Berechnung der Konfidenzintervalle (KI) geschieht entsprechend [2]: Wir berechnen die Standardabweichung der täglichen prozentualen Abweichung zwischen Modell und Daten über den Kalibrierungszeitraum. Wir ersetzen dann den letzten Datenpunkt durch einen virtuellen Punkt, der 1 (68 % KI) bzw. 1,96 (95 % KI) Standardabweichungen über/unter den tatsächlichen Fallzahlen liegt. Dann wiederholen wir die Kalibrierung mit diesem virtuellen Datenpunkt und erhalten so neue Modellparameter, welche uns die oberen und unteren Schranken der KI geben. Dadurch können wir abschätzen, wie robust unsere Ergebnisse gegenüber den zu erwartenden Abweichungen zwischen Modell und Daten sind.

Schätzung der Todesfälle

Das Modell ist für die Simulation von positiv getesteten Fällen ausgelegt. Um auf die zu erwartenden Todesfälle zu schließen, nehmen wir an, dass das Verhältnis von Todesfällen zu positiv Getesteten in den vier Szenarien gleich ist dem tatsächlich beobachteten Verhältnis an jedem Stichtag. Das heißt, für den 27. 4. nehmen wir etwa eine Sterberate von 3,6 % an. Diese Annahme beruht auf der in Österreich tatsächlich beobachteten Situation [5]. Im Prinzip könnte dieselbe Logik verwendet werden, um auf die benötigten Spitalsbetten und Intensive Care Units (ICUs) zu schließen. Da die Bettenbelegung aber eine dynamische Größe ist, die von weiteren Faktoren abhängt, ist die Situation schwieriger, und wir sehen hier von einer detaillierteren Modellierung ab.

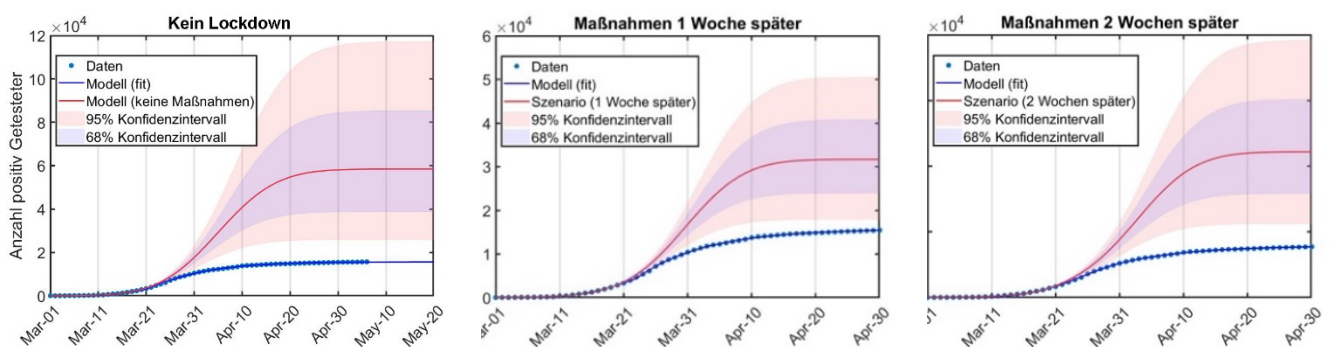


Abb. 1. Auswirkungen der drei Szenarien: **Kein Lockdown** (links), **1 Woche später** (Mitte) und **2 Wochen später** (rechts). Die tatsächlichen positiv Getesteten sind blau dargestellt (EMS-Daten). Wäre kein Lockdown verhängt worden, wäre Anfang Mai mit einem Anstieg auf 60.000 positiv Getestete zu rechnen gewesen, bei einer Verzögerung um eine Woche mit einem Anstieg auf über 30.000, bei zwei Wochen Verzögerung auf ca. 45.000. Ohne Lockdown wäre es aus heutiger Sicht wahrscheinlich zu einem Überschreiten der Kapazitätslimits gekommen. Bei einer Verzögerung um zwei Wochen ist davon auszugehen, dass die Limits zumindest regional erreicht worden wären.

Resultate

Positive Fälle

Die tatsächliche Situation der positiv Getesteten (EMS-Daten) ist mit blauen Punkten in Abb. 1 dargestellt. Das Basisszenario (1) wird durch die blaue Kurve beschrieben, die durch die Datenpunkte läuft. Anfang Mai gab es in Österreich real etwas mehr als 15.000 bestätigte Infektionen.

Das Szenario „**Kein Lockdown**“ (2) ist mit der roten Kurve in Abb. 1 (links) dargestellt. Der Mittelwert der zu erwartenden positiven Fälle liegt für Anfang Mai bei etwa 60.000 Fällen, also viermal mehr als in der gegenwärtigen Situation. Im Worst Case (oberes 95%-Konfidenzintervall) hätte es etwa achtmal so viele Fälle gegeben. Das obere 68%-Konfidenzintervall liegt bei 80.000 Fällen. Selbst in einem positiven Fall dieses Szenarios (unteres 68%-Konfidenzintervall) wäre es zu 40.000 positiv getesteten Fällen gekommen (etwa um den Faktor 3 über den tatsächlichen Fällen). Geht man von einer Maximalkapazität von 1.080 Intensivbetten aus (sowie einer tatsächlichen Intensiv-Maximalbelegung von 267), wäre aus heutiger Sicht maximal ein Faktor 4 absorbierbar gewesen (60.000 Fälle), wobei die oben erwähnten Limitationen bezüglich einer Modellierung des Intensivbelags zu beachten sind (siehe auch Tabelle 1).

Szenario „**1 Woche später**“ hätte laut Modell zu etwa doppelt so vielen Positiven Ende April geführt (Mittelwert). Um den 10. April wären 30.000 Fälle zu erwarten gewesen. Worst und Best Case (oberes und unteres 68%-KI) liegen in diesem Szenario bei 40.000 bzw. 25.000 Fällen.

Das Szenario „**2 Wochen später**“ hätte gegen 10. April im Mittel zu 40.000 positiven Fällen geführt. Sehr wahrscheinlich wären damit die Kapazitätsgrenzen erreicht bzw. überschritten worden, zumindest auf regionaler Ebene. Der Worst und der Best Case liegen bei ca. 60.000 bzw. über 30.000 Fällen (68 % KI).

Todesfälle

Die Schätzung der Todesfälle für die verschiedenen Szenarien ist in Tabelle 1 für einige Stichtage ersichtlich. Ende April (27. 4. 2020) waren in Österreich 549 Tote zu beklagen. Im Szenario „**Kein Lockdown**“ wären 2.070 Tote (wahrscheinlichster Wert) zu erwarten gewesen. Das 95%-KI liegt bei 927 bzw. 4.080 Toten. Das Szenario „**1 Woche später**“ hätte zu 1.173 Toten geführt (95 % KI: 645–1.814), Szenario „**2 Woche später**“ zu 1.592 Toten (95 % KI 808–2.809).

Datum		Kein Lockdown				1 Woche später			2 Wochen später		
		tatsächlich	mittel	low	high	mittel	low	high	mittel	low	high
30/03/20	Fälle	9.839	15.633	11.474	19.821	15.091	11.220	18.960	15.632	11.474	19.821
	Tote	108	172	126	218	166	123	208	172	126	218
06/04/20	Fälle	12.518	31.675	19.011	47.582	25.703	16.093	37.364	30.957	18.790	46.095
	Tote	220	557	334	836	452	283	657	544	330	810
13/04/20	Fälle	14.168	46.489	23.728	80.640	30.567	17.693	47.734	41.099	21.875	69.089
	Tote	368	1.208	616	2.095	794	460	1.240	1.068	568	1.795
20/04/20	Fälle	14.832	54.747	25.451	103.718	31.566	17.937	50.243	43.980	22.467	77.043
	Tote	470	1.735	807	3.287	1.000	568	1.592	1.394	712	2.441
27/04/20	Fälle	15.294	57.653	25.832	113.671	31.663	17.955	50.524	44.356	22.521	78.250
	Tote	549	2.070	927	4.080	1.137	645	1.814	1.592	808	2.809

Tabelle 1. Positive Fälle und Todesfälle aus der Simulationsrechnung. Im Szenario „Kein Lockdown“ kommt es Ende April zu ca. 2.070 Toten. Dieser Wert ist etwas geringer als die Toten in Schweden, wo es keinen Lockdown gab (2.355 Tote bis zum 27. April [5]). In Szenario „1 Woche später“ kommt man auf 1.137 Tote, in Szenario „2 Wochen später“ auf 1.592 (wahrscheinlichster Wert). Ab Anfang April ändern sich die Fallzahlen in der Simulation praktisch nicht mehr.

Schlussfolgerungen

Ausgehend von einem auf die Situation in Österreich kalibrierten epidemiologischen Ausbreitungsmodell lassen sich folgende Abschätzungen der Wirksamkeit des landesweiten Lockdowns vom 16. 3. 2020 ableiten:

- Ohne Lockdown liegt der wahrscheinlichste Wert für positiv Getestete Anfang Mai bei ca. 60.000 Fällen. In diesem Fall wäre die Intensivbettenkapazität in der ersten Aprilhälfte wahrscheinlich überschritten worden. Ohne Maßnahmen ist von ca. 2.100 Toten auszugehen (Stichtag 27. 4. 2020), also von etwa viermal so vielen Tote wie tatsächlich. In Schweden, das keinen Lockdown verhängt hat, waren am selben Stichtag 2.355 Tote registriert [6].
- Hätte man den Lockdown eine Woche später implementiert, kann – bei aller Vorsicht bei den notwendigen Modellannahmen – davon ausgegangen werden, dass es zu über 30.000 Infektionsfällen und zu etwa doppelt so vielen Toten (ca. 1.100) gekommen wäre.
- Ein Lockdown zwei Wochen später hätte per Ende April etwa 45.000 Fälle und ca. 1.600 Tote bedeutet, also dreimal so viele Tote wie tatsächlich gemeldet.

Zusammenfassend deutet die Simulation (mit Stand Anfang Mai 2020) darauf hin, dass durch den relativ frühen Zeitpunkt der Maßnahmen etwa 500 Tote gegenüber einem Lockdown eine Woche später vermieden werden konnten; gegenüber einer hypothetischen Verzögerung von zwei Wochen ca. 1.000 Tote und ohne Lockdown etwa 1.500.

Bei diesen Zahlen ist zu beachten, dass Aussagen über die tatsächliche Übersterblichkeit erst bei einem längeren Vergleichszeitraum möglich sind. Simulationsergebnisse ab Anfang Mai ändern sich quasi nicht mehr.

Literatur

- [1] <http://covid19-interventions.com/>, 20. April 2020
- [2] Maier BF, Brockmann D, *Science*: eabb4557, DOI: 10.1126/science.abb4557, 8. April 2020
- [3] <https://www.sozialministerium.at/Informationen-zum-Coronavirus/COVID-Prognose-Konsortium.html>, 11. Mai 2020
- [4] Linton MN, Kobayashi T, Yang Y, Hayashi K, Akhmetzhanov RA, Jung S-m, et al. Incubation Period and Other Epidemiological Characteristics of 2019 Novel Coronavirus Infections with Right Truncation: A Statistical Analysis of Publicly Available Case Data. *Journal of Clinical Medicine*. 2020
- [5] [https://www.sozialministerium.at/Informationen-zum-Coronavirus/Neuartiges-Coronavirus-\(2019-nCov\).html](https://www.sozialministerium.at/Informationen-zum-Coronavirus/Neuartiges-Coronavirus-(2019-nCov).html)
- [6] Dataset der JH University https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19/tree/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_time_series

Ergänzung vom 2. Juni 2020

Anmerkung zum Inhalt einer ähnlich klingenden Aussage von Niki Popper im Rahmen der Pressekonferenz „Corona Maßnahmen-Evaluierung: Auf den richtigen Zeitpunkt kommt es an!“ vom 28. 5. 2020:

Die Simulation von Popper unterscheidet sich grundlegend von der in dieser Studie untersuchten Fragestellung. In der gegenständlichen Studie fragen wir spezifisch, wie sich die von der österreichischen Bundesregierung am 16. 3. 2020 getroffenen Maßnahmen ausgewirkt haben. Wir parametrisieren dazu unser „compartmental“ Modell um, wie in der Studie beschrieben. Wenn wir Poppers Studie richtig deuten, wurde angenommen, dass alle Maßnahmen, auch die vor dem 16. 3. verhängten, eine Woche später eingeführt worden wären.

Im Gegensatz dazu haben wir spezifisch die Maßnahmen des 16. 3. untersucht, unter der Annahme, dass Maßnahmen implementiert wurden, wie sie tatsächlich implementiert wurden. Wir haben also die Wirksamkeit der vorigen Maßnahmen implizit berücksichtigt. Das ist eine gänzlich andere Fragestellung, auch wenn medial manchmal der Eindruck entsteht, als hätten wir das Gleiche gemacht. Dass in der Simulation von Popper dabei viel höhere (vollkommen unrealistische) Zahlen herauskommen, ist klar. Wenn man R eine Woche länger bei 3 lässt, werden logischerweise die Infektionszahlen viel größer.

In Österreich wurden Maßnahmen schon vor dem 16. 3. implementiert, welche aus unserer Sicht selbstverständlich zu berücksichtigen sind. Wir sind daher der Auffassung, dass die in der vorliegenden Studie verfolgte Vorgangsweise weitaus besser geeignet ist, eine Aussage darüber zu treffen, welche Auswirkungen eine Lockdown-Verzögerung tatsächlich gehabt hätte.