

# Evidenz zur Coronainfektion und der Wirkung des Lockdown

Stefan Homburg

Discussion Paper No. 670

ISSN 0949-9962

**8. April 2020**

School of Economics and Management, Leibniz University of Hannover, Germany. Phone: +49 511 762-5633. Email: [homburg@fiwi.uni-hannover.de](mailto:homburg@fiwi.uni-hannover.de).

## *Abstract*

Der Artikel analysiert die Welle der Infektionen mit dem Virus SARS-CoV-2 und schätzt unter Verwendung logistischer Regressionen die Wirkung staatlicher Eingriffe auf den Infektionsverlauf in Deutschland.

*JEL Classification:* I18.

*Keywords:* Corona, SARS-CoV-2, COVID-19, Lockdown.

## 1. Einleitung

Vireninfektionen verlaufen wellenförmig; die Neuinfektionen nehmen anfangs zu und später wieder ab, bis die Virensaison, die gewöhnlich in den Winter fällt, beendet ist. Die nachstehende Abbildung zeigt dieses typische Verlaufsmuster:

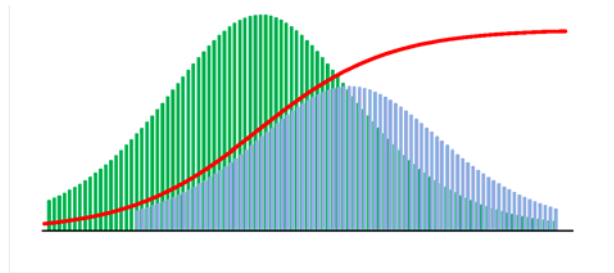


Abbildung 1: Die logistische Funktion

Auf der Abszisse ist die Zeit in Tagen abgetragen. Die grünen Säulen geben für jeden Tag die Anzahl der *Neuinfektionen an*, die nicht unmittelbar beobachtbar sind. Manche Neuinfektionen führen nach mehreren Tagen zu Beschwerden (Inkubationszeit). Nehmen die Beschwerden zu, sucht der Patient einen Arzt auf, der einen Abstrich macht und an ein Labor sendet. Nachdem das Labor den Test durchgeführt hat, wird das Ergebnis an das örtliche Gesundheitsamt gemeldet, von dort an das Landesgesundheitsamt und von dort wiederum an das Robert Koch Institut (RKI).

Am Ende dieses Prozesses veröffentlicht das RKI die in Form blauer Balken dargestellten *Neudiagnosen* (New Cases). Die dadurch entstehende Diagnosewelle folgt der Infektionswelle mit einer *Verzögerung* von 2-3 Wochen<sup>1</sup>. Darüber hinaus werden nicht alle Neuinfektionen erfasst, weil etliche infizierte Personen keine oder nur geringe Beschwerden haben oder aus anderen Gründen keinen Arzt aufsuchen (Dunkelziffer); deshalb sind die blauen Säulen niedriger als die grünen.

Die rote Linie ist die *Summe aller vergangenen Neudiagnosen* (Total Cases); die Ordinate ist aus Darstellungsgründen anders skaliert. Die Summe der Neudiagnosen wächst zunächst rasch und später langsam. Ihr Wendepunkt befindet sich dort, wo die täglichen Neudiagnosen ihr Maximum erreichen. Die rote Linie heißt *logistische Funktion* (oder epidemiologische Kurve<sup>2</sup>) Sie wird zur Beschreibung von Epidemien eingesetzt, weil sie den typischen wellenförmigen Verlauf gut wiedergibt. Nachfolgend wird gezeigt, dass die logistische Funktion auch Infektionen mit dem Virus SARS-CoV-2 (kurz: Coronavirus) gut beschreibt. Mathematisch ist diese Funktion durch die folgende Differentialgleichung definiert:

$$(1) \quad f'(t) = f(t)[S - f(t)].$$

1 Robert Koch Institut (2020a) *Epidemiologisches Bulletin* vom 3. April 2020.

2 Siehe beispielsweise Robert Koch Institut (2020b) Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit Covid-19 vom 18. März 2020, S. 4.

Dabei bezeichnet  $f(t)$  die Anzahl der Diagnosen zum Zeitpunkt  $t$ ,  $f'(t)$  deren Zuwachs und  $S$  die sogenannte *Sättigungsgrenze*. In Abbildung 1 strebt die rote Linie dieser Sättigungsgrenze zu, der maximalen Anzahl positiver Diagnosen während einer Virensaison. Intuitiv bedeutet der Ansatz, dass in der Grundgesamtheit die Neuinfektionen einerseits proportional zur Zahl der bereits Infizierten wachsen, andererseits proportional zur Anzahl der für die Infektion empfänglichen Personen ( $S$ ), die noch nicht infiziert sind. Wird ein konstanter Prozentsatz der Infektionen entdeckt, gilt dasselbe für die Dynamik der Diagnosen. Für die vorige Differentialgleichung existiert eine Familie expliziter Lösungen folgender Art:

$$(2) \quad f(t) = \frac{S}{1 + a e^{-bt}}.$$

Der Verlauf der Infektionswelle hängt von drei Parametern ab, nämlich der Sättigungsgrenze  $S$ , einem Parameter  $a$ , der die Anfangslage bestimmt und einem Parameter  $b$ , der die Ausbreitungsgeschwindigkeit beschreibt. Diese drei zunächst unbekannt Parameter lassen sich schon zu einem frühen Zeitpunkt aus den vorhandenen Daten schätzen. Die dabei gefundenen Ergebnisse erlauben Prognosen über den weiteren Verlauf der Infektionswelle.

## 2. Verbreitung des Coronavirus

Im weiteren werden die von der Johns Hopkins University bereitgestellten Daten<sup>3</sup> verwendet und daraus nach der Kleinstquadratmethode die Parameter der logistischen Funktion geschätzt. Wegen zuvor unzureichender Datenqualität starten die Beobachtungen am 1. März. Sie enden am 7. April, da diese Arbeit am Folgetag geschrieben wurde. Abbildung 2 zeigt die täglichen Neudiagnosen als blaue Balken und die aus der Regression geschätzten Zuwächse der logistischen Funktion als rote Linie:

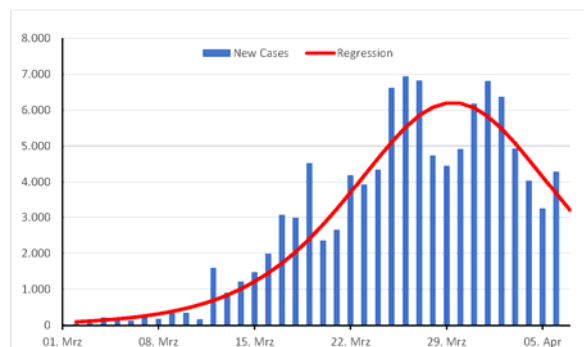


Abbildung 2

Die hierdurch empirisch ermittelte Sättigungsgrenze beträgt 123.000 Personen. Demnach betrifft die Infektion rund 0,15 Prozent der deutschen Wohnbevölkerung. Auf Basis der bisherigen Schätzungen versterben rund 5 Prozent der Infizierten, also 0,007 Prozent der Wohnbevölkerung. Dieser Wert bildet eine Obergrenze für die Gefahrenabschätzung, da nicht bekannt ist, ob die Verstorbenen *durch* das Virus getötet wurden oder aufgrund einer

3 Online verfügbar unter <https://www.worldometers.info/coronavirus/coronavirus-cases/>. Die Arbeit verwendet ausschließlich die für Deutschland bekanntgegebenen "Total Cases".

anderen Virenerkrankung oder sonstigen Vorerkrankung. Eine Übersterblichkeit von 0,007 Prozent der Wohnbevölkerung ist so gering, dass man sie in den wöchentlichen Messungen der Sterblichkeit durch den Europäischen Mortalitäts-Monitor nicht bemerkt. Die damit verbundenen Erkrankungszahlen gehen schon jetzt zurück und liegen weit unter der Kapazitätsgrenze des deutschen Gesundheitssystems.

### 3. Beurteilung des Lockdown

Von zentraler Bedeutung für die Beurteilung des Lockdowns vom 23. März ist folgende Tatsache: Aufgrund des vom RKI festgestellten Nachlaufs der gemeldeten Diagnosen gegenüber den Infektionen, der bei 2-3 Wochen liegt, gehören alle Messwerte in der obigen Abbildung zu Infektionen, die (wenn man einen Mittelwert von 17 Tagen ansetzt) vor dem 21. März stattfanden, also deutlich *vor* dem Lockdown. Die aus diesen prädeterminierten Variablen abgeleiteten Schätzergebnisse gelten unabhängig vom Lockdown und erlauben den Schluss, dass die Infektionswelle ohnehin ausgelaufen wäre.

Konkret erkennt man in Abbildung 2, dass die *Neudiagnosen* am 29. März ihr Maximum erreichten. Wegen des Nachlaufs von 17 Tagen hatten die *Neuinfektionen* ihr Maximum demnach bereits am 12. März erreicht. Aus den Schätzungsparametern folgt weiterhin, dass am 23. März, dem Tag des Lockdown, schon *92 Prozent* der Gesamtkrankungen erfolgt waren. Durch Extrapolation ergibt sich nämlich, dass bis morgen Prozent der Gesamtdiagnosen bekanntgegeben werden. Zusammengefasst war der Lockdown überflüssig und unverhältnismäßig, da selbst die oben genannten und sicher überschätzten Todeszahlen weit unter den Werten von Influenzawellen liegen, denen man wenig Beachtung schenkt.

### 4. Diskussion

Ein stabiler Zusammenhang zwischen Infektionen und Diagnosen besteht nur, wenn die Testintensität im Verlauf der Infektionswelle unverändert bleibt. Derzeit werden die Tests jedoch erheblich ausgeweitet, insbesondere auf Personen ohne klinische Symptomatik, bei denen die Infektion früher unentdeckt geblieben wäre. Die Testausweitung lässt erwarten, dass die künftigen Neudiagnosen *höher* sein werden als es die obige Schätzung nahelegt. Hinsichtlich der Bewertung des Lockdown ist diese Verzerrung aber irrelevant: Testet man zunehmend gesunde Personen, werden Morbidität und Letalität umgekehrt proportional sinken. Auf die Sterbezahlen, die Krankheitsfälle und die Belastung des Gesundheitssystems hat diese Verzerrung keinen Einfluss. Betont sei demnach, dass die obige Schätzung bei zunehmenden Testzahlen zwar keine zutreffenden Prognosen für die gemeldeten Diagnosen treffen kann, wohl aber für die damit zusammenhängenden Krankheits- und Sterbefälle.

Ein Einwand gegen das Urteil eines unverhältnismäßigen Lockdowns könnte auf die Tatsache gestützt werden, dass leichtere Einschränkungen wie die Absage von Großveranstaltungen bereits ab dem 9. März galten. Haben diese mildereren Maßnahmen eventuell das Abklingen der Infektionswelle begünstigt? Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine weitere Schätzung durchgeführt, in die ausschließlich gemeldete Neudiagnosen bis zum 25. März eingingen. Bei 17 Tagen Verzögerung fanden die unterliegenden Neuinfektionen

vor dem 6. März statt, also in einem Zeitraum ohne jeden Staatseingriff. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis dieser Schätzung. Hiernach lag das Maximum der Neudiagnosen am 23. März und das Maximum der Neuinfektionen am 6. März. Dieser Befund schließt aus, dass die Infektionswelle in Abwesenheit staatlicher Eingriffe bedrohlicher geworden wäre als eine normale Grippewelle.

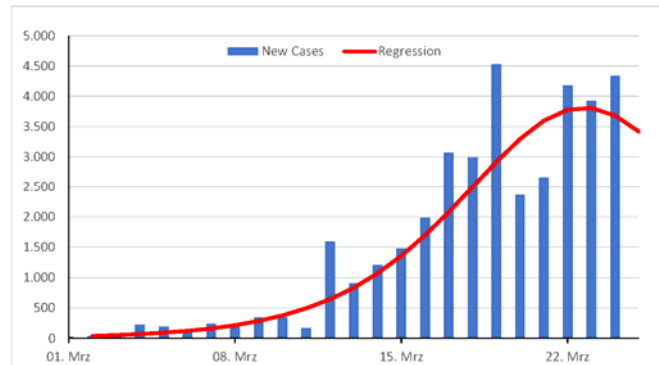


Abbildung 3

Abbildung 3 mag die Frage aufwerfen, warum die Schätzung ein Maximum der Neudiagnosen anzeigt, bevor die Fallzahlen systematisch sinken. Der Grund liegt darin, dass eine logistische Funktion von Anfang an abnehmende Wachstumsraten aufweist. Anders als das menschliche Auge, das sich täuschen lässt und exponentielles Wachstum befürchten lässt, erkennt der Schätzalgorithmus, dass die Wachstumsraten von Anfang an fallen und die Verdopplungszeiten von Anfang an steigen. Aus diesem Befund heraus prognostiziert die Schätzung ein Maximum schon dann, wenn die täglichen Neudiagnosen noch steigen.

Seltsam mag erscheinen, dass das hiesige Maximum 23. März vor dem in Abbildung 2 dargestellten Maximum 29. März liegt, obwohl Abbildung 2 die sinkenden Neudiagnosen viel klarer erkennen lässt. Ein plausibler Grund hierfür ist wiederum die im Betrachtungszeitraum ständig gesteigerte Testintensität. Nach Angaben des RKI wurden in der 10. Kalenderwoche rund 80.000 Tests durchgeführt, in der 12. Kalenderwoche rund 350.000. Mehr Tests ergeben natürlich mehr positive Diagnosen. Insofern ist der aus dem beschränkten Datensatz gewonnene Wendepunkt vertrauenswürdig.

#### 4. Schlussbemerkung

In den vorigen Abschnitten wurde gezeigt, dass die Corona-Infektionswelle irgendwann zwischen dem 6. und dem 12. März ausklang. Zu diesem Zeitpunkt hatte die Gesamtzahl der Infektionen bereits die Hälfte der Sättigungsgrenze erreicht und wäre unbemerkt abgebbt, wenn es nicht einen neuartigen Test auf das Coronavirus gegeben hätte. Das Ausklingen kann nicht auf staatliche Maßnahmen zurückgeführt werden, insbesondere nicht auf den viel später kommenden Lockdown am 23. März. Da das deutsche Gesundheitswesen durchgehend weit von seiner Vollaustattung entfernt war, waren die anfangs milderen Maßnahmen und erst recht der Lockdown unverhältnismäßig. Lokale Probleme konnten durch Transport der Erkrankten behoben werden, wie dies auch geschehen ist.