

COVID 19  
Stop the Hurricane  
(22.03.2020)

## Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Um die "Dynamik" der aktuellen COVID 19 Infektionen besser zu verstehen, wurden Daten für Deutschland und andere europäische Länder aufgetragen. Die logarithmische Darstellung, hier noch ergänzt um eine Kurvenanpassung mit integriertem Wachstumsmodell, erlaubt einen Blick in die nähere Zukunft der COVID 19 Entwicklung.

Während die Ergebnisse für das europäische Ausland trotz allem Licht am Ende des Tunnels signalisieren, sind die Daten für Deutschland schockierend. Die bisherigen Gegenmaßnahmen in Deutschland und Österreich zeigen vergleichsweise geringere Wirkung als bei unseren Nachbarstaaten. Wenn die Infektionen weiter in gleichem Maße – exponentiell – zunehmen, wird Deutschland alle Nachbarstaaten überholen und sich bezüglich seiner medizinischen Versorgung und auch logistisch größte Probleme bereiten.

Die für Bayern verordnete Ausgangssperre [1] und das Nachziehen der anderen Bundesländer ist sicher sehr zu begrüßen. Problematisch erscheint allerdings, dass wegen der Inkubationszeit die in einer Woche Erkrankten heute bereits infiziert sind, wogegen die Ausgangssperren nicht wirken können. In Italien konnte die Zunahme der Infektionen durch die am 08.03./10.03. beschlossene allgemeine Ausgangssperre aus Sicht der dortigen Regierung nicht ausreichend gebremst werden [2] und Italien hat daher soeben weitergehende Maßnahmen beschlossen [3]. Deutschland hat aber nach Datenlage für ein vergleichbares Vorgehen mit Beobachten der Wirkung der Ausgangssperren und Wiedervorlage in zwei Wochen bei unverändertem Fortschreiten der COVID 19 Infektion keine Zeit mehr.

Es sollten m.E. – über die Ausgangssperren hinaus – umgehend alle irgendwie vermeidbaren Kontakte zwingend ausgeschlossen werden, und die absolut unvermeidlichen Kontakte wieder nachverfolgbar gemacht werden. China und Südkorea haben ein insgesamt erfolgreiches Vorgehen ja vorgemacht.

Es steht sehr zu hoffen, das umgehend alle Register gezogen werden!

Es ist zu couragiertesten Gegenmaßnahmen zu ermutigen!

## Disclaimer

Dies ist eine rein auf die COVID 19 Ausbreitung bezogene persönliche Meinung.

Genauigkeit und Eile waren bei der Erstellung konkurrierende Ziele.

Jegliche Gewährleistung und Haftung für Inhalte, Verwertung etc. ist ausgeschlossen.

## Zielsetzung

Diese Stellungnahme baut auf der Ausarbeitung vom 12.03.2020 [4] auf. Sie soll helfen, die "Dynamik" der aktuellen COVID 19 Infektion zu verdeutlichen und besser zu verstehen. Ein ergänzendes Wachstumsmodell soll einen besseren Blick in die nahe Zukunft ermöglichen und in Folge zu umgehenden couragiertesten Gegenmaßnahmen ermutigen.

## COVID 19 in Deutschland

COVID 19 wird in Deutschland und Europa vielfach immer noch unterschätzt. Die übliche lineare Darstellung erlaubt häufig nicht mehr als die Bewertung "dynamisch".

Die öffentliche Diskussion ist eine perfekte Mischung zwischen Verharmlosung und Panikmache. Vieles davon ist mit dem Wort "Energieverschwendung" [5] umfassend beschrieben. Teilweise wiegen wir uns in der Sicherheit wegen unserer – für eine begrenzte Anzahl von Patienten – guten medizinischen Versorgung und eines mal gehabtens Vorsprungs gegenüber Italien. Noch heute gibt es Behauptungen, wonach Ausgangssperren vermeidbar wären, wenn die bisherigen Regeln des Robert Koch Instituts konsequent und mit aller Disziplin eingehalten werden. [6] Das Robert-Koch-Institut selbst hat die Gefährdung für die Gesundheit der Bevölkerung lange als "mäßig" bewertet und gerade erst am 17.03.2020 von "mäßig" auf "hoch" geändert [7].

Der Ernst der Lage und die dringend notwendige Begrenzung der Fallzahlen ist aber bekannt [8] [9]. Dass die gewünschte Verlangsamung nicht funktioniert, wird allmählich klar: "Langsam wäre immer noch zu schnell, sagen Deutschlands Epidemiologen".

## Kurve abflachen

Dieses Thema wird oft vor dem Hintergrund einer Grafik ohne Maßstab diskutiert; ansonsten würde diese Diskussion sich wohl erübrigen. In [9] wird das Thema mittels Modellrechnungen aufgegriffen. Abgesehen davon, dass die Ergebnisse in linearer Darstellung wieder schwer zu transportierbar sind und die Reproduktionszahlen auch keine zeitliche Komponente haben wird eine merkliche Verflachung nur bei Reproduktionszahlen des Virus  $R_0 = 1,1..1,2$  aufgezeigt.

Wir betreiben aber ja keinen automatisierten Kernreaktor, bei dem gegen eine Kettenreaktion in Sekundenschnelle Bremsstäbe eingefahren werden können oder ggf. aufgrund Gravitation hineinfallen. Eine vergleichbare Steuerung der Reproduktionszahl des Virus in der Bevölkerung ist m.E. mit allen Trägheiten (Inkubationszeiten, mangelhafte bis fehlende Nachverfolgung, ...) beim besten Willen nicht erreichbar. Auch den Epidemiologen erscheint eine Steuerung der Ausbreitungsgeschwindigkeit in diesen engen Bereich praktisch nicht vorstellbar [9].

**Der epidemische Ausbruch**

Die epidemischen Ausbrüche in einigen Ländern mit den weltweit meisten (China, Italien) und europaweit meisten (Frankreich, Spanien, Deutschland) erfassten Infektionen. hatten wir bereits in [4] betrachtet anhand von Daten der ECDC [10] betrachtet. Wie gezeigt werden konnte, folgen die – ungebremsten – epidemischen Ausbrüche in allen betrachteten Ländern dem gleichen Schema mit einer ähnlichen exponentiellen Wachstumsrate  $\lambda \approx 0,30..0,35/\text{Tag}$ : Die Anzahl der Infizierten verdoppelt sich dabei in etwa alle zwei Tage und verzehnfacht sich etwa jede Woche.

**Gegen-Maßnahmen, Modell**

China hat den epidemischen Ausbruch weitestgehend zurückgedrängt [11]. Der zugehörige Verlauf der Neuinfektionen konnte in [4] gut mit einem "Modell des fremdvergifteten Wachstums" beschrieben werden. Wir wollen in den folgenden Abschnitten eine Prognose zur Entwicklung der Infiziertenzahlen herausarbeiten und kommen dazu nochmal auf dieses Modell zurück.

Das folgende Bild zeigt das Modell im Vergleich im Vergleich zu den Infizierten-Zahlen:

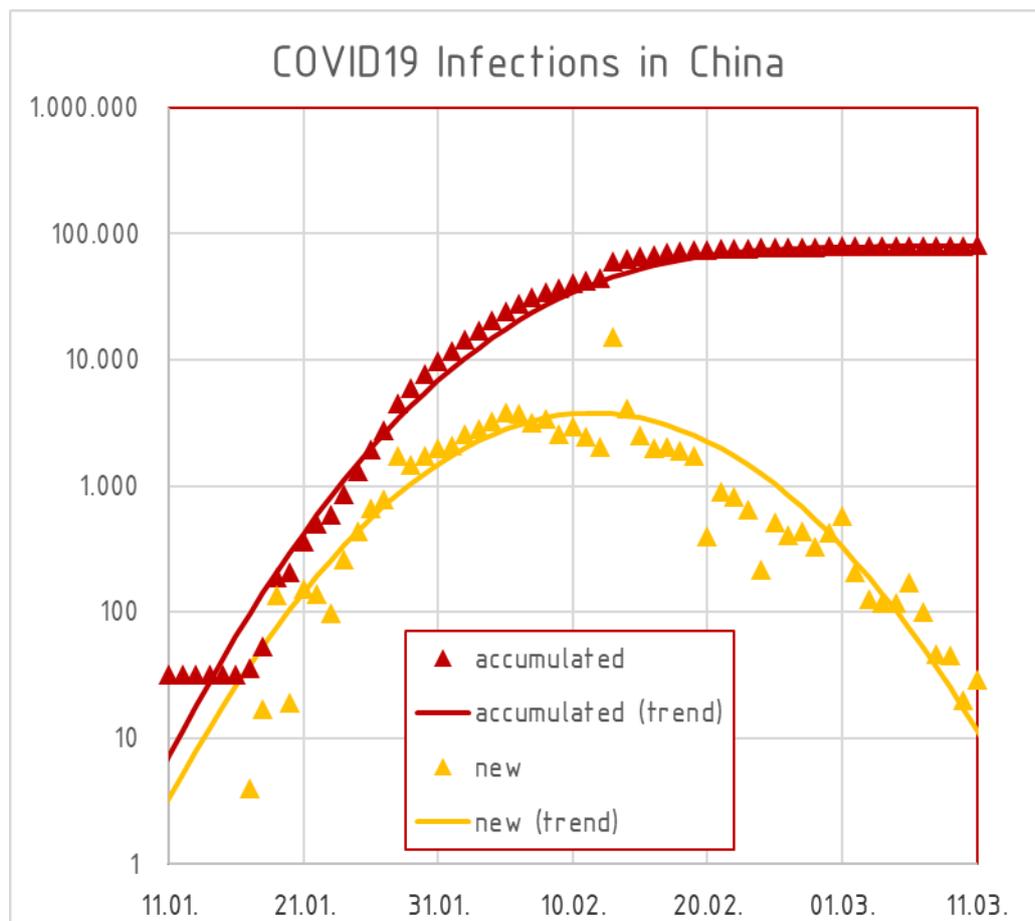


Bild 1

Marginale Abweichungen zu [4] sind durch eine optimierte Kurvenanpassung zu erklären.

Das Modell wurde weiterhin auch anhand der Daten für Süd-Korea [10] getestet:

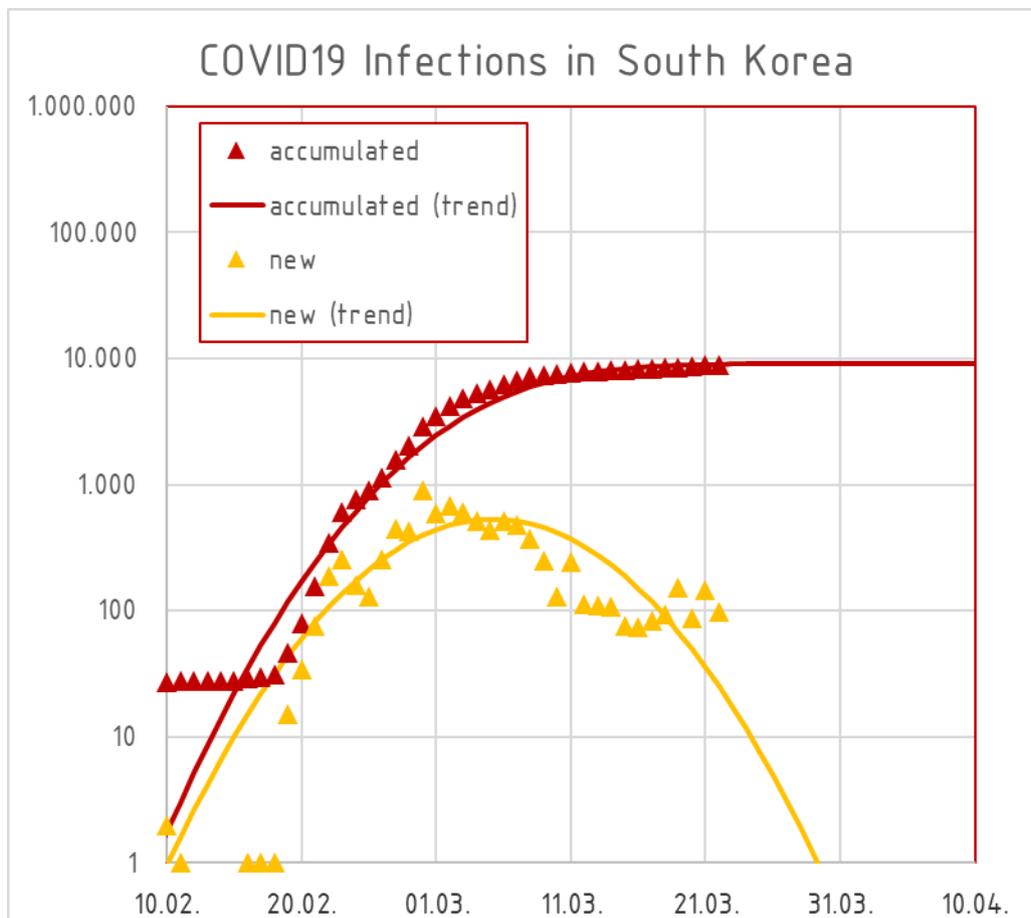


Bild 2

Die optimierte Kurvenanpassung liefert wieder eine recht brauchbare Übereinstimmung.

Die Vergiftungsfaktoren betragen in etwa:

- China  $C \approx 0,014 / d^2$
- Süd-Korea  $C \approx 0,022 / d^2$

Für Süd-Korea zeigt sich ein noch deutlich höherer "Vergiftungsfaktor" als für China, was für sehr energische Gegenmaßnahmen – sowie deren Befolgung durch die Bevölkerung – spricht.

Dies ist in Kombination mit den geringeren Fallzahlen für die kurze Zeit zwischen Ausbruch und Erfolg der Gegenmaßnahmen verantwortlich.

**Prognose**

Im Folgenden soll die Kurvenanpassung an das beschriebene Wachstumsmodell verwendet werden, um Prognosen aus den – teils fertigen – Verläufen abzuleiten. Der "Vergiftungsfaktor" kann als Maßstab für mehr oder weniger energische Gegenmaßnahmen – und deren Umsetzung durch die Bevölkerung – verstanden werden. Dabei wird allerdings nicht berücksichtigt, an welchem Tag welche Maßnahmen beschlossen wurden, wie die Bevölkerung darauf reagiert hat, wie groß die unbeeinflussbare Vorlauf durch Inkubationszeiten ist, welche Maßnahmen noch beschlossen werden (müssen) etc./usw. Man stelle sich das in etwa vor wie die Berechnung gleitender Durchschnittskurse und die Charttechnik am Aktienmarkt. Ein Unterschied ist, dass an ein Wachstumsmodell angekoppelt wird und das exponentielle Verhalten berücksichtigt wird.

**Frankreich, Italien und Spanien**

Frankreich zeigt dabei den höchsten europäischen "Vergiftungsfaktor" gegen das Wachstum der Viren bzw. die wirksamsten Maßnahmen  $C \approx 0,014 / d^2$  und könnte Ende März/Anfang April den Höhepunkt der Neuinfektionen auf vergleichsweise noch niedrigem Niveau erreicht haben.

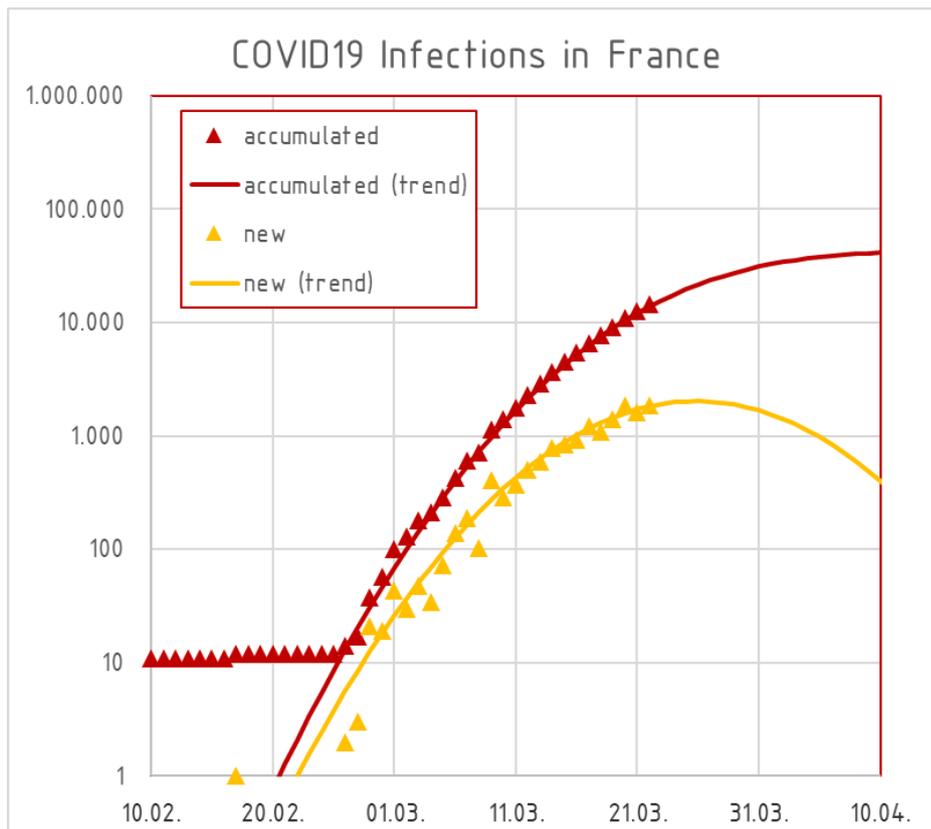


Bild 3

Italien kämpft schon länger mit geringerem "Vergiftungsfaktor" gegen das Viren-Wachstum an, aber Ende März/Anfang April könnte nun auch dort der Höhepunkt der Neuinfektionen erreicht werden.

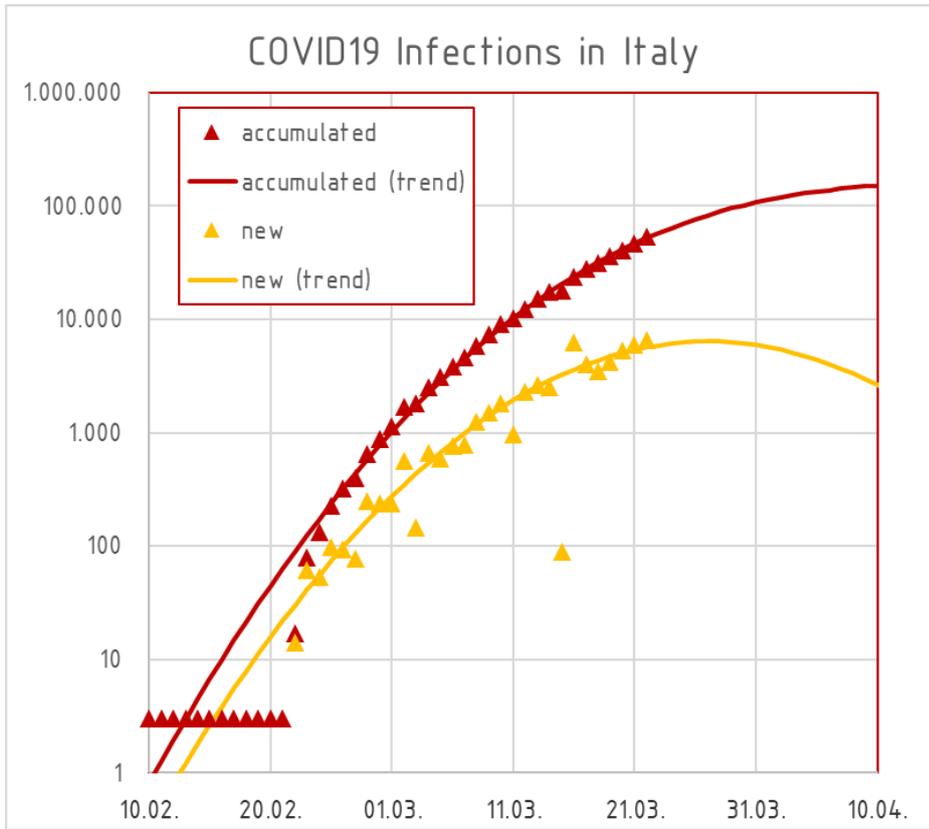


Bild 4

Kritischer scheint Spanien zu sein, dort dürfte man Italien Ende des Monats überholen.

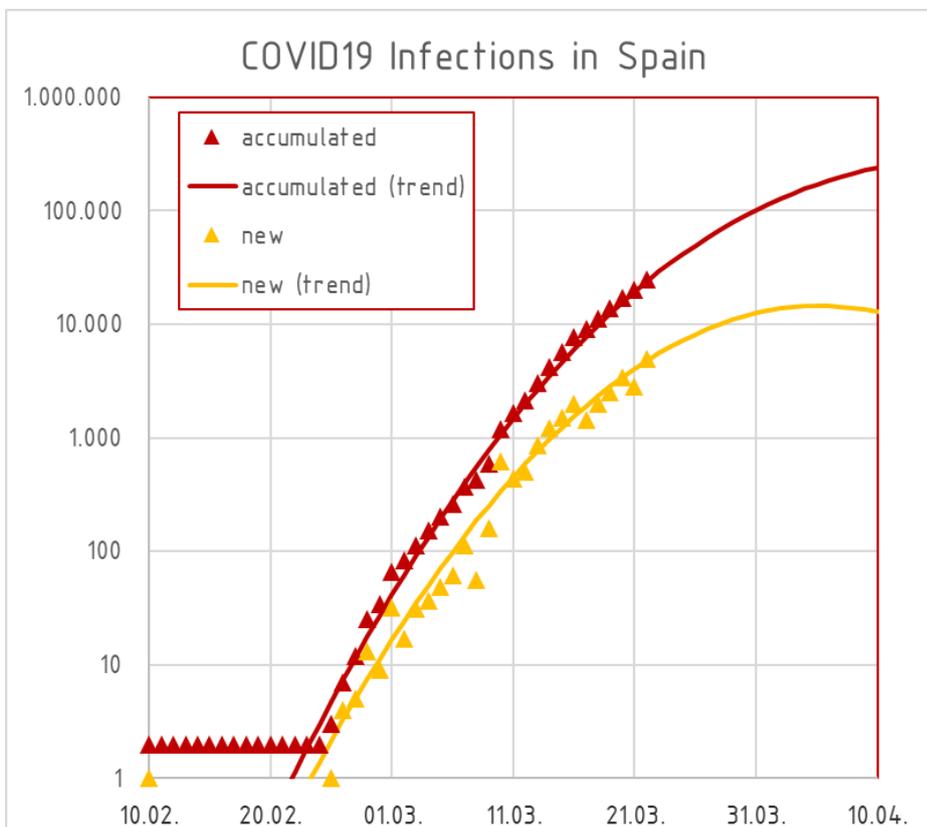


Bild 5

### Deutschland und Österreich

Für Deutschland wurden die am 12.03.2020 bestehenden Potentiale des Handelns zwischen einem ungebremstem epidemischen Ausbruch (worst case) und mit China vergleichbaren Gegenmaßnahmen (best case) bereits aufgezeigt [4].

Seitdem folgt die Zahl der Infektionen in etwas abgeschwächter Form der Kurve des epidemischen Ausbruchs. Der bisherige deutsche "Vergiftungsfaktor" des Wachstums fällt mit  $C \approx 0,005 / d^2$  bescheiden aus und wir liegen aktuell immer noch bei einer durchschnittlichen Verdoppelung der Neuinfektionen in vier Tagen. Die Tendenz der Neuinfektionen der letzten drei Tage scheint vor dem Hintergrund der Gesamtentwicklung nicht von Dauer zu sein.

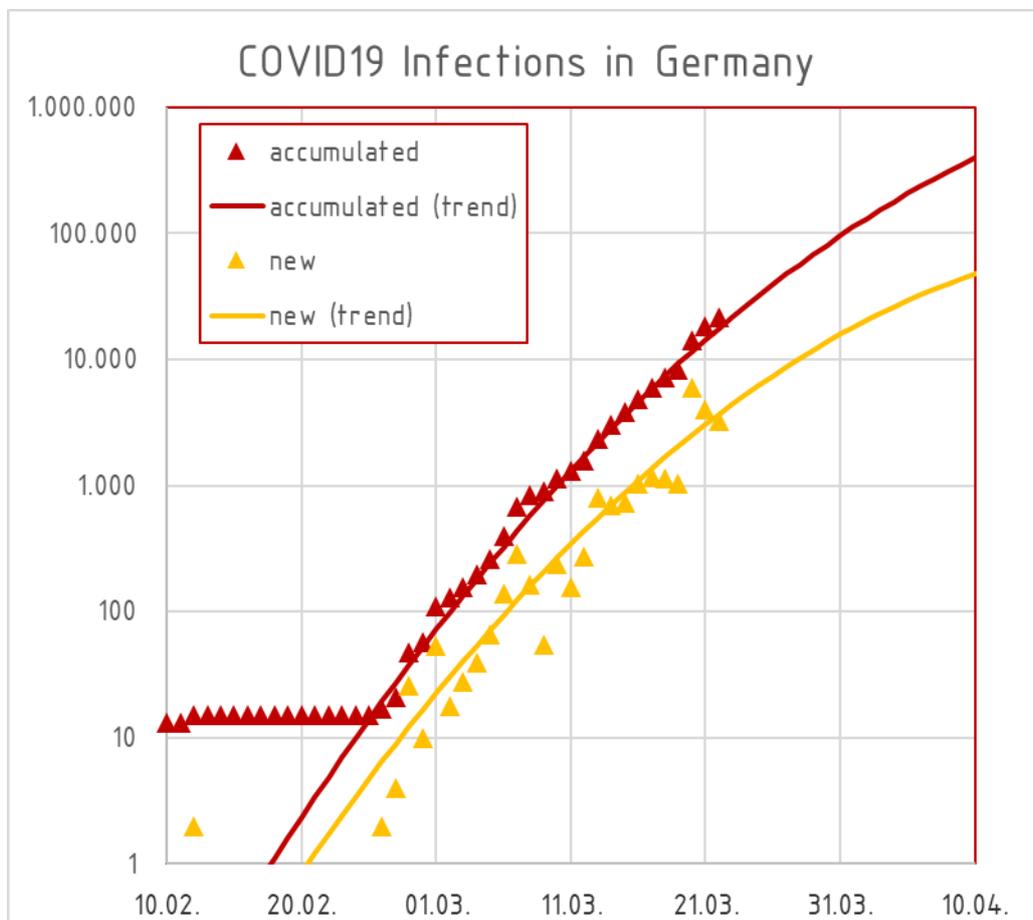


Bild 6

Ob es legitim ist, aus der leichten Krümmung der Kurven und der gewählten Modellierung exakte Maxima für Deutschland und Österreich zu prognostizieren, ist sicher kontrovers diskutierbar.

Höhepunkte der Neuinfektionen wären ohne gravierende Änderungen erst Ende April erwartbar. Die gewaltige Zahl der Infektionen kann auch ohne Prognose leicht abgeschätzt werden.

Für Österreich zeigen sich sehr ähnliche Verläufe wie für Deutschland mit vergleichbar schwachen "Vergiftungsfaktoren" gegen das Virus-Wachstum. Dem anfänglich etwas geringeren Wachstumsfaktor und dem späteren Start des epidemischen Ausbruchs ist es geschuldet, dass Österreich absolut gesehen niedrigere Infektionen aufweist.

Wenn die Entwicklung nicht entscheidend beeinflusst wird, können die Infizierten-Zahlen aber auch dort Frankreich, Italien und Spanien noch überholen.

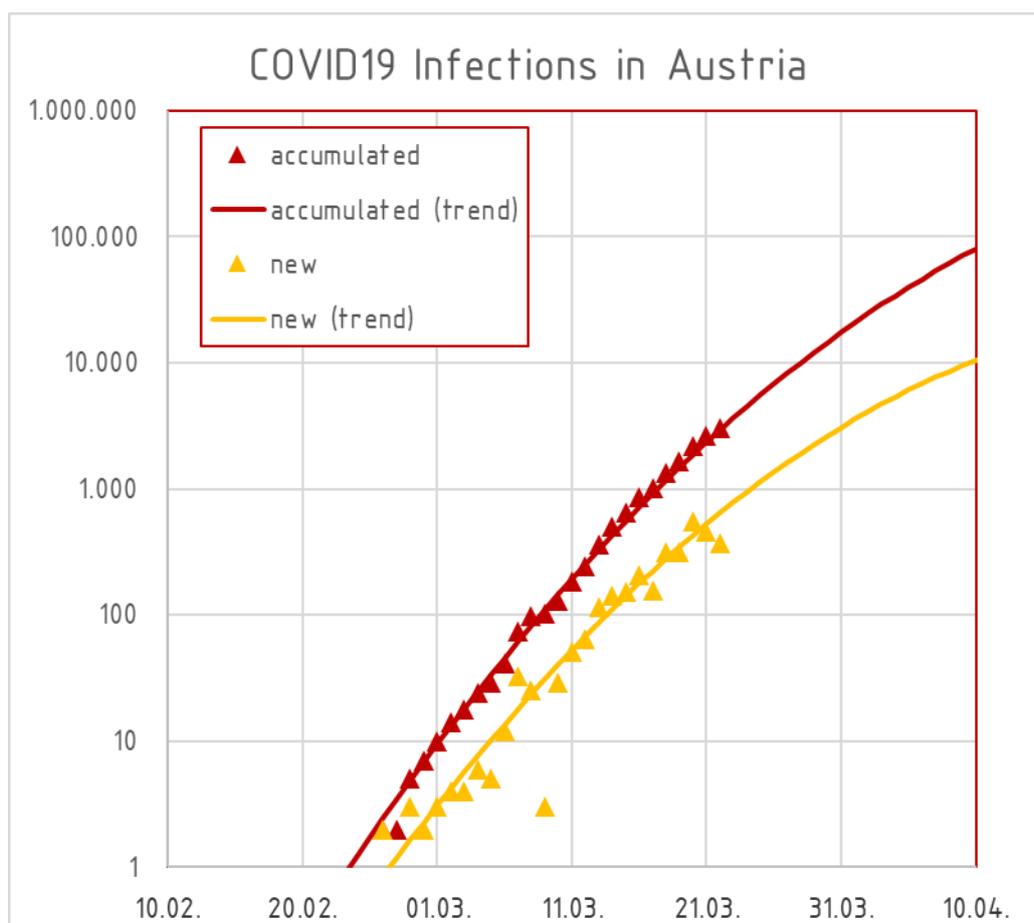


Bild 7

## Appendix, Gleichungen

Es wurde folgender Ansatz für die Neuinfektionen gewählt:

$$\frac{N_{\text{neu}}}{N_{\text{neu,ref}}} = \exp \left[ \lambda (t - t_{\text{ref}}) - \frac{1}{2} \cdot C \cdot (t - t_{\text{ref}})^2 \right] = \exp \left\{ \left[ \lambda - \frac{1}{2} \cdot C \cdot (t - t_{\text{ref}}) \right] (t - t_{\text{ref}}) \right\}$$

$t$  : Zeit [Tag]

$t_{\text{ref}}$  : Zeit [Tag] im epidemischen Ausbruch gewählt

$N_{\text{neu}}$  : neu Infizierte

$N_{\text{neu,ref}}$  : neu Infizierte zum Zeitpunkt  $t_{\text{ref}}$

$\lambda$  : Wachstumsrate (Virus, Neuinfektionen) [1 / Tag]

$C$  : Vergiftungskonstante (Wirkung der Gegenmaßnahmen auf Neuinfektion) [1 / Tag<sup>2</sup>]

Die zugehörige integrierte/kumulierte Kurve lautet:

$$f(x) = \exp \left[ \lambda x - \frac{1}{2} C x^2 \right]$$

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{2C}} \exp \left[ \frac{\lambda^2}{2C} \right] \left\{ \operatorname{erf} \left[ \sqrt{\frac{1}{2} C} x - \frac{\lambda}{\sqrt{2C}} \right] \right\} \Big|_0^x$$

## Appendix, Kurvenanpassung

Die Kurvenanpassung erwies sich zunächst als hartnäckig.

Die Größen  $\lambda$  und  $C$  können nach Logarithmieren der Meßwerte mittels einer einfachen Regression ermittelt werden, aufgrund der schwankenden Meßwerte allerdings eher ungenau. Das übliche Vorgehen mit Minimierung der Fehlerquadratsumme der Infiziertenzahlen liefert bei den großen Größenunterschieden der Infiziertenzahlen ebenfalls eher unsaubere Ergebnisse.

Es wurden daher relative Fehlerquadrate (Division durch absoluten Wert) gebildet, summiert und minimiert und zwar zugleich für Neuinfektionen als auch für die kumulierten Infektionen.

Für die Kurvenanpassung wurden folgende Daten zur Anzahl der Infektionen verwendet:

Deutschland 26.02.–22.03.2020

Österreich 28.02.–22.03.2020

Spanien 25.02.–22.03.2020

Frankreich 26.02.–22.03.2020

Italien 23.02.–22.03.2020

Bei China und Südkorea wurden folgende Daten verwendet:

China 18.01.–11.03.2020

Südkorea 19.02.–22.03.2020

---

Literatur (alle Internetseiten wurden zuletzt besucht am 22.03.2020)

[1] Corona-Statements im Live-Ticker:

Drastische Maßnahmen beschlossen: Bayern verhängt Ausgangsbeschränkungen für zwei Wochen  
[https://www.focus.de/politik/deutschland/statements-im-live-ticker-soeder-gibt-weitere-corona-massnahmen-bekannt\\_id\\_11783616.html](https://www.focus.de/politik/deutschland/statements-im-live-ticker-soeder-gibt-weitere-corona-massnahmen-bekannt_id_11783616.html)

[2] Corona-Pandemie : Warum sterben in Italien so viele?

[https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/gesundheit/coronavirus/corona-pandemie-warum-sterben-in-italien-so-viele-16688344.html#pageIndex\\_3?utm\\_source=pocket-newtab](https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/gesundheit/coronavirus/corona-pandemie-warum-sterben-in-italien-so-viele-16688344.html#pageIndex_3?utm_source=pocket-newtab)

[3] Coronavirus-Ausbruch im News-Ticker: Italien schließt alle nicht lebensnotwendigen Unternehmen

[https://www.focus.de/gesundheit/news/corona-krise-regierung-plant-schutzschirm-fuer-mieter\\_id\\_11576018.html](https://www.focus.de/gesundheit/news/corona-krise-regierung-plant-schutzschirm-fuer-mieter_id_11576018.html)

[4] Stop the Hurricane (2020-03-12)

<https://opus4.kobv.de/opus4-ohm/frontdoor/index/index/docId/605>

[https://opus4.kobv.de/opus4-ohm/files/605/2020-03-12\\_COVID19\\_StopTheHurricane.pdf](https://opus4.kobv.de/opus4-ohm/files/605/2020-03-12_COVID19_StopTheHurricane.pdf)

[5] Christian Drosten im ZDF: Corona-Talk bei „Maybrit Illner“, Talkrunde am 27.02.2020

[6] Wirksames Mittel gegen Corona-Ausbreitung? So bewerten Experten Ausgangssperren

<https://www.bz-berlin.de/deutschland/wirksames-mittel-gegen-coronavirus-ausbreitung-so-bewerten-experten-ausgangssperren>

[7] Situationsbericht des Robert Koch-Instituts vom 16.3.2020 und 17.03.2020 zu COVID-19

[https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Situationsberichte/2020-03-16-de.pdf](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-03-16-de.pdf)

[https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Situationsberichte/2020-03-17-de.pdf](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-03-17-de.pdf)

[8] Christian Drosten: "Wir müssen jetzt die Fälle senken. Sonst schaffen wir es nicht"

[https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-03/christian-drosten-coronavirus-pandemie-deutschland-virologe-charite?utm\\_source=pocket-newtab](https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-03/christian-drosten-coronavirus-pandemie-deutschland-virologe-charite?utm_source=pocket-newtab)

[9] Forscher für härtere Maßnahmen : Kurve abflachen? Das reicht nicht mehr

[https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/gesundheit/coronavirus/corona-pandemie-forscher-fordern-harte-massnahmen-16688530.html?utm\\_source=pocket-newtab](https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/gesundheit/coronavirus/corona-pandemie-forscher-fordern-harte-massnahmen-16688530.html?utm_source=pocket-newtab)

[10] ECDC: Download today's data on the geographic distribution of COVID-19 cases worldwide

<https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/download-todays-data-geographic-distribution-covid-19-cases-worldwide>

<https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/COVID-19-geographic-disbtribution-worldwide-2020-03-12.xls>

[11] Wie China das neue Coronavirus ausbremste

<https://www.spektrum.de/news/wie-china-das-neue-coronavirus-ausbremste/1709842>