

COVID-19 weltweit

Mitteilung 2.0

10. SEPTEMBER 2020

Autor: Prof. Dr.-Ing. Markus J. Löffler

Alle nicht mit einem Quellenverweis in der Bildunterschrift gekennzeichneten Bilder sind vom Autor und stehen zur freien Verfügung.

Diese Mitteilung darf frei genutzt und gerne geteilt werden. Der Autor verzichtet auf alle Rechte und Pflichten, die ihm aufgrund dieses Berichtes zu- oder entstehen könnten. Die Mitteilung darf aber nicht sinnentstellend verwendet werden. Sie dient als Hilfsmittel für die Diskussionen im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie.

Wenn es die Zeit des Autors dieser Mitteilungen erlaubt, werden diese im an die COVID-19-Entwicklung angepassten regelmäßigen Takt (1-, 2- oder 4-wöchig) aktualisiert und gegebenenfalls auch um weitere Informationen erweitert.

Da ein Einzelner immer fehlbar sein kann, sind sämtliche Angaben trotz aller angewandten Sorgfalt ohne Gewähr und sollten gegebenenfalls stichprobenartig überprüft werden.

Im Rahmen eines öffentlichen „Peer-Review“ werden Vorschläge zur Verbesserung, Erweiterung, Optimierung usw. dieser Mitteilung daher auch gerne berücksichtigt, sofern dies mit den verfügbaren Ressourcen möglich ist.

Die Wortwahl kann im Hinblick auf Aussagen zu Verstorbenenzahlen eventuell pietätlos klingen. Dies lässt sich nicht immer vermeiden, da „Verstorbene“ bzw. „Tote“ in statistischen Auswertungen tatsächlich nur als Zahlen ohne Pietätscharakter auftreten. Diesbezüglich bittet der Autor von vornherein um Nachsicht.

Diese Mitteilung stellt keine Meinung unter vielen dar; sie arbeitet lediglich offiziell genannte Fakten in Form umfangreicher Zahlenwerke auf.

Aus formalen Gründen bezeichnet der Autor diese Mitteilung als nicht wissenschaftlich und lückenhaft. Umgekehrt kann er allerdings nicht ausschließen, dass es sich hierbei dennoch um eine wissenschaftlich fundierte lückenlose Mitteilung handelt. Diese Mitteilung erfolgt im Rahmen einer unbeauftragten Selbstbefassung mit dem Thema.

Inhalt	
Einführung.....	5
Ausgangslage	5
Motiv.....	5
Anmerkung.....	6
Situation am 09.09.2020	7
Fallzahlen bisher (kumuliert)	7
Fallzahlen, aktuell.....	9
Ranglisten.....	10
Sterberate vs. Reproduktionswert (R-Wert).....	10
Quellen.....	12
Anhang 1: Erläuterungen zum Aufbau der Bilder	13
Kumulativ-Grafik.....	14
Aktuell-Grafik	16
Anhang 2: Animierte Kumulativ-Grafik (<i>nur in der digitalen Version sichtbar</i>)	18
Anhang 3: Animierte Aktuell-Grafik (<i>nur in der digitalen Version sichtbar</i>)	19
Anhang 4: Rangliste Länder: Infizierte.....	20
Anhang 5: Rangliste Länder: Verstorbene	21
Anhang 6: R-Wert(e) und RSI-Modell.....	22
R-Wert.....	22
SIR-Modell und Wertebereich des R-Werts.....	24
Sterberate R_{tot}	28

Einführung

Ausgangslage

Zitat [Wik01]¹:

„Die COVID-19-Pandemie (auch Corona-(Virus)-Pandemie oder Corona-(Virus)-Krise) ist der weltweite Ausbruch der neuen Atemwegserkrankung COVID-19 („Corona“). Am 31. Dezember 2019 wurde der Ausbruch einer neuen Lungenentzündung mit noch unbekannter Ursache in Wuhan in China bestätigt.^[4] Am 11. Februar 2020 schlug die WHO den Namen COVID-19 für die Krankheit vor.^[4] Im Januar 2020 entwickelte sich die Krankheit zur Epidemie in China und am 11. März 2020 erklärte die WHO die bisherige Epidemie offiziell zu einer weltweiten Pandemie. Verursacht wird die Erkrankung durch eine Infektion mit dem bis dahin unbekanntem Coronavirus SARS-CoV-2. In zahlreichen Ländern der Welt gibt es im Verlauf der Pandemie massive Einschnitte in das öffentliche Leben und in das Privatleben vieler Bürger. Einige Historiker beurteilten die Pandemie als historische Zäsur.^{[5][6]} Zu den gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie gehört auch die Wirtschaftskrise 2020.

Die dritte und bisher verheerendste² Pandemie des 21. Jahrhunderts wird weltweit in großem Rahmen von den Medien begleitet. Sie ist ein warnendes Beispiel für die rasche Ausbreitung einer Krankheit in einer vernetzten und globalisierten Welt.³“

Motiv

Die Öffentlichkeit wird welt- und deutschlandweit mit Hilfe von COVID-19-Dashboards (z.B. [WHO01, RKI01]) über die Ausbreitung und Wirkung dieses vielleicht durch eine chinesische Fledermaus und/oder ein Schuppentier⁴ [Wik02] welt- und deutschlandweit initiierte Infektionsvariante informiert.

Die umfangreich und gut dargestellten Informationen lassen nicht unmittelbar erkennen, in welchem Ausmaß diese Ansteckungsform gefährlicher für Individuen und

¹ Obwohl im wissenschaftlichen Bereich das Zitieren von Wikipedia mangels Überprüfbarkeit der Korrektheit der Informationen unüblich ist, soll hier dennoch auf diese Zitatform zugegriffen werden, sofern der Berichter den Eindruck hat, dass die Informationen korrekt sein dürften.

² Der Autor dieser Mitteilung teilt diese Auffassung nicht ohne weitere Informationen.

³ Der Autor teilt diese Auffassung: Die Globalisierung hat erheblich zu einem rascheren Austausch von Krankheiten (aber auch von gebietsinkompatiblen Pflanzen, Insekten und Tieren) beigetragen.

⁴ Zu Beginn der Pandemie wurde auch über ein aus einem chinesischen Bio-Labor in Wuhan/China stammenden gezüchteten Virus spekuliert. Diese Diskussion ist inzwischen abgeebbt.

für die Menschheit im Vergleich zu anderen Infektionslagen ist. Ein Ländervergleich und vor allem ein Vergleich des Infektions- und Wirkungsverlaufs in Deutschland mit bisherigen Epi-/Pandemien ist mit den von [WHO01, RKI01, usw.] verfügbar gemachten umfangreichen Datensätzen nicht unmittelbar möglich. Hierfür müssten knapp zwei Mal 200 Kurven gewichtet und miteinander verglichen werden; ein Unterfangen, das die kognitiven Fähigkeiten nahezu jedes Menschen erheblich überschreiten dürfte. Diese Mitteilung versucht, diesem Mangel mit aussagekräftigen Grafiken abzuwehren.

Anmerkung

Der Berichter ist Ingenieur und kein Epidemiologe, Virologe oder Mediziner. Bei der grafischen Umsetzung der mächtigen WHO-Datenbasis zu COVID-19 kann er allerdings auf umfangreiche Erfahrungen im Umgang mit rechnergestützten Tools und im Umgang mit großen Datenmengen zurückgreifen. Die hieraus resultierenden Grafiken entstehen fakultätsneutral und unabhängig von ihrem Anwendungsfall „Bewertung der weltweiten pandemischen COVID-19-Entwicklung“.

Die Interpretation der Grafiken erfolgt mit der gebotenen Zurückhaltung, da Sachverhalte, die aus Ingenieurssicht unbedeutend oder, umgekehrt, bedeutend sind, aus Sicht von Epidemiologen möglicherweise sogar gegenteilig interpretiert werden könnten.

Situation am 09.09.2020

Aufbau und Bedeutung der nachfolgenden Bilder sind ausführlich in den Anhängen 1 und 6 erläutert. Sofern diese Erläuterungen noch nicht bekannt sind, wird empfohlen, zunächst diesen Anhang durchzulesen und dann zu diesem Kapitel zurückzukehren!

Fallzahlen bisher (kumuliert)

Abbildung 1 zeigt die bis zum 09.09.2020 weltweit gemeldeten Fälle Verstorbene vs. Infizierte. Für die Digitalversion dieser Mitteilung ist die animierte Darstellung für den Zeitraum vom 01.03.2020 bis zum 09.09.2020 in Anlage 2 beigelegt.

Weltweit und deutschlandweit sind seit 01.03.2020 ca. 11,9 bzw. 11,4 Verstorbene/100K⁵ festzustellen. In Deutschland nimmt die Zahl der Verstorbenen nicht mehr bzw. kaum noch wahrnehmbar zu, wie man am Verlauf der roten Spur der Fallzahlen für Deutschland erkennen kann. Sie ist weiterhin deutlich geringer als die bei der Grippewelle 2017/2018 festgestellte Todeszahl von ca. 31 Toten pro 100K. Weltweit nimmt diese Zahl hingegen weiter zu.

In Deutschland und weltweit erreicht die Zahl der bisher pro 100K als infiziert gemeldeten Personen die für die Grippewelle in Deutschland 2017/2018 genannte Zahl an laborbestätigten Fällen pro 100K. Sie ist aber noch weit entfernt von der Zahl der grippebedingten Arztbesuche pro 100K in 2017/2018 (außerhalb des rechten Rands der Grafik).

In Schweden, Italien und in den USA sind die Zahlen der Todesfälle mit 59 bis 60 pro 100K deutlich größer als bei der deutschlandweiten Grippe 2017/2018 – etwa um einen Faktor 2. Sie bleiben bei Betrachtung der animierten Grafik in Anlage 2 allerdings schon so wie in Deutschland seit längerer Zeit nahezu unverändert. Lediglich die Zahlen der als infiziert gemeldeten Personen erhöht sich kontinuierlich weiter, ohne dass dies derzeit einen Einfluss auf die Zahl der Verstorbenen hat. Auf den ersten Blick ließe sich hieraus ableiten, dass sich die Population der neu Verstorbenen von der Population der neu Infizierten abgekoppelt zu haben scheint. Siehe auch Kapitel „Sterberate vs. Reproduktionswert (R-Wert)“.

⁵ 100K=100.000 Einwohner/Personen

Weltweit sind die Zahlen der Verstorbenen pro 100K sehr weit entfernt von den für die Spanische Grippe festgestellten Zahlen. Ein Vergleich hiermit verbietet sich. Aus der animierten Kumulativ-Grafik in Anhang 2 lässt sich erkennen, dass sich in der Nähe (unterhalb/oberhalb) der unteren horizontalen strichpunktierten Linie derzeit eine Wachstumsbarriere bzgl. der weltweiten Todesfälle zu ergeben scheint.

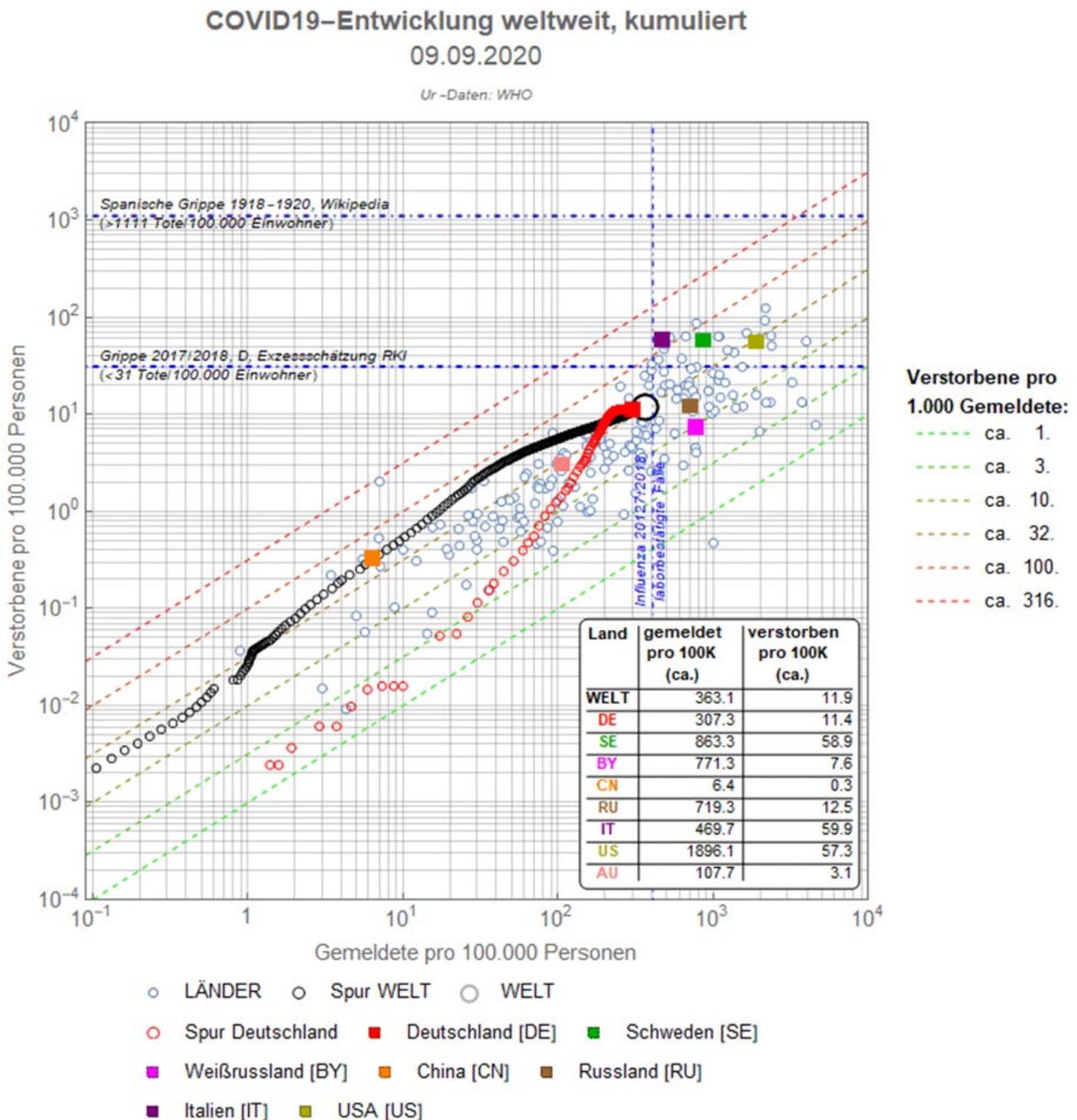


Abbildung 1: Fallzahlen, kumuliert.

Auffällig ist noch der weite Abstand zwischen den im COVID-19-Ursprungsland China ermittelten Werten (orangenes Quadrat) und den weltweit ermittelten Werten, weißer Kreis. In China scheint die Epidemie – soweit dem Autor bekannt – ohne Impf- oder sonstige landesumfassende Maßnahmen beendet zu sein.

Fallzahlen, aktuell

Abbildung 2 zeigt die am 09.09.2020 weltweit gemeldeten Fälle Verstorbenen vs. Infizierter. Für die Digitalversion dieser Mitteilung ist die animierte Darstellung für den Zeitraum vom 01.03.2020 bis zum 09.09.2020 in Anlage 3 beigefügt.

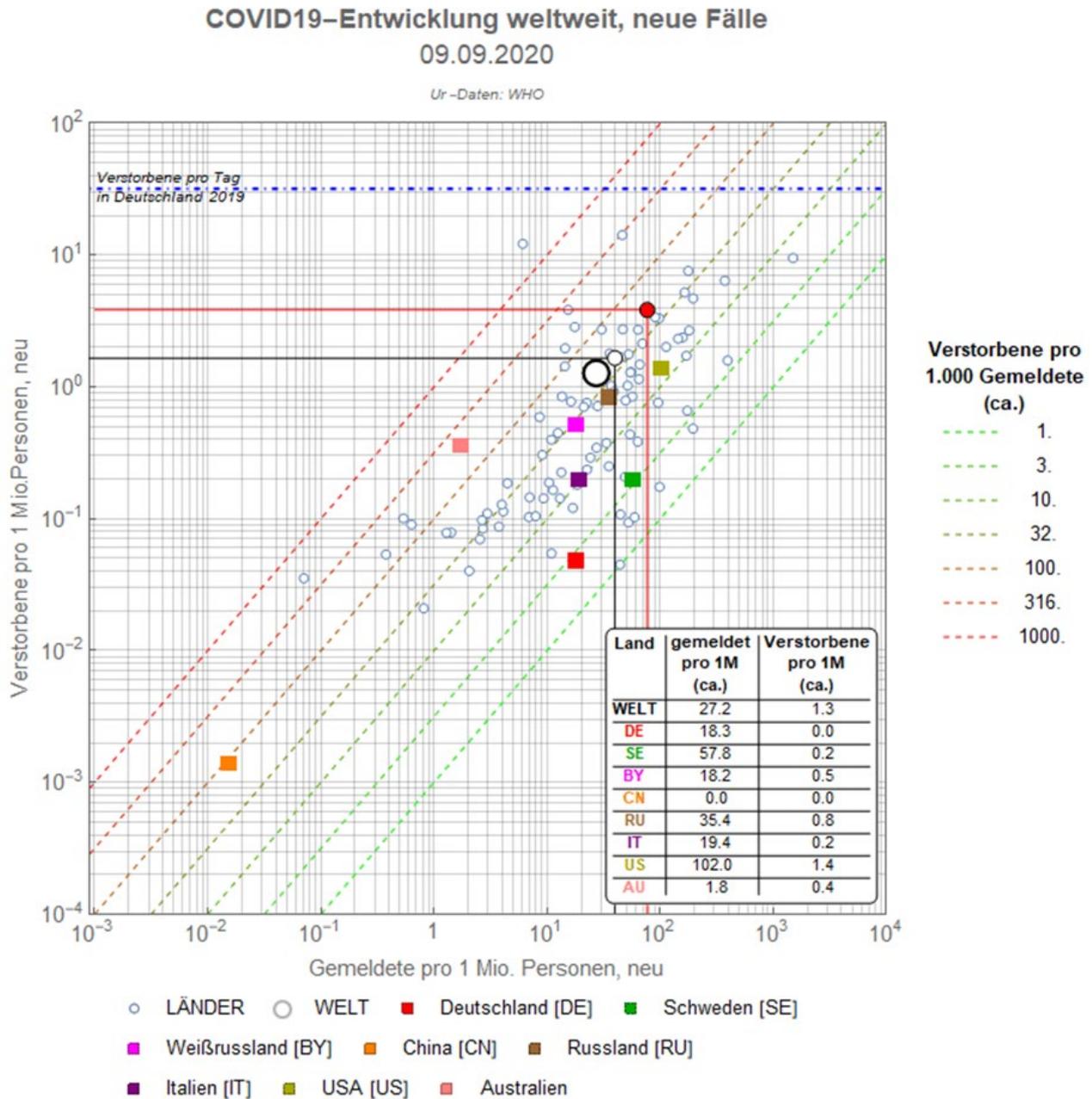


Abbildung 2: Fallzahlen, aktuell.

Deutschland (rotes Quadrat) liegt mit seinen gemeldeten Fallzahlen (Verstorbene, Infizierte) inzwischen deutlich im hinteren Bereich der die Gruppe „Länder“ kennzeichnenden Punkte. China liegt mit seinen Meldungen inzwischen sehr weit vom Hauptfeld entfernt.

Am 09.09.2020 wurden in Deutschland $\sim 0,0...$ Personen pro 1 Million Einwohner als an COVID-19 verstorben gemeldet. Im Vergleich zu den für das Jahr 2019 festgestellten ca. 30 „normal“ Verstorbenen pro 1 Million Einwohner ist dies als unauffällig zu bezeichnen. Eine genauere Betrachtung der animierten Grafik in Anlage 3 weist darauf hin, dass die „Punktwolke“ weltweit allerdings seit längerer Zeit schon „hängen“ zu bleiben scheint. Das entspricht der Feststellung zur Kumulativ-Grafik, dass die Fallzahlen weltweit insgesamt weiterhin zunehmen.

Ranglisten

Die aktuellen Länder-Ranglisten sind in den Anhängen 4 (bisher als infiziert Gemeldete pro 1.000 Landeseinwohnern) und 5 (bisher als verstorben Gemeldete pro 1.000 Landeseinwohnern) abgebildet. Zum Vergleich ist in Anhang 4 der Basiswert der Grippewellen in Deutschland und in Schweden 2017/2018 grün hervorgehoben. In Rot sind Länder partikulären Interesses dargestellt.

Sterberate vs. Reproduktionswert (R-Wert)

Wie in Anhang 6 ausführlich erörtert dürfte der derzeit häufig als Kriterium zur Entwicklung der COVID-19-Epidemie herangezogene R-Wert (Nettoreproduktionszahl) aus Sicht des Autors kaum ein aussagekräftiges Kriterium darstellen. Vielmehr ist die auf die Zahl der vor einem bestimmten Zeitraum (12 bis 22 Tage; siehe Anhang 6) infizierten Personen, die wegen COVID-19 verstorben sind, von Interesse.⁶

Abbildung 3 zeigt den aktuellen Sachstand. Im Bild ist die Sterbe-Rate R_{tot} über der Infektionsrate (R-Wert) R_{inf} aufgetragen. Zum Verständnis dieses Bildes wird auf die Ausführungen in Anhang 6 verwiesen. Dort findet man in einer animierten Grafik auch die zeitliche Entwicklung bis zum mit Abbildung 3 dokumentierten Sachstand (nur in der digitalen Version dieses Berichtes sichtbar).

In Deutschland ist die auf die Zahl der Infizierten bezogene Sterbe-Rate inzwischen auf etwa 0,004 zurückgegangen während der R-Wert bei 1 „hängen“ geblieben scheint; die Sterbe-Rate hat klar erkennbar um gut 2 Größenordnungen abgenommen (rote Spur ab $R_{tot}=1$). Weltweit lässt sich eine deutlich langsamere Abnahme der Sterbe-Rate

⁶ Selbst bei dramatischer Infektiosität einer Krankheit, z.B. einer Erkältung wie Schnupfen, ist der Reproduktionswert irrelevant, solange hiermit nicht auch eine entsprechend ungewöhnlich hohe Zahl an Verstorbenen mit ansonsten geringer Sterbewahrscheinlichkeit verbunden ist.

feststellen (weiße Spur). Sie liegt knapp eine Größenordnung über dem Wert für Deutschland.

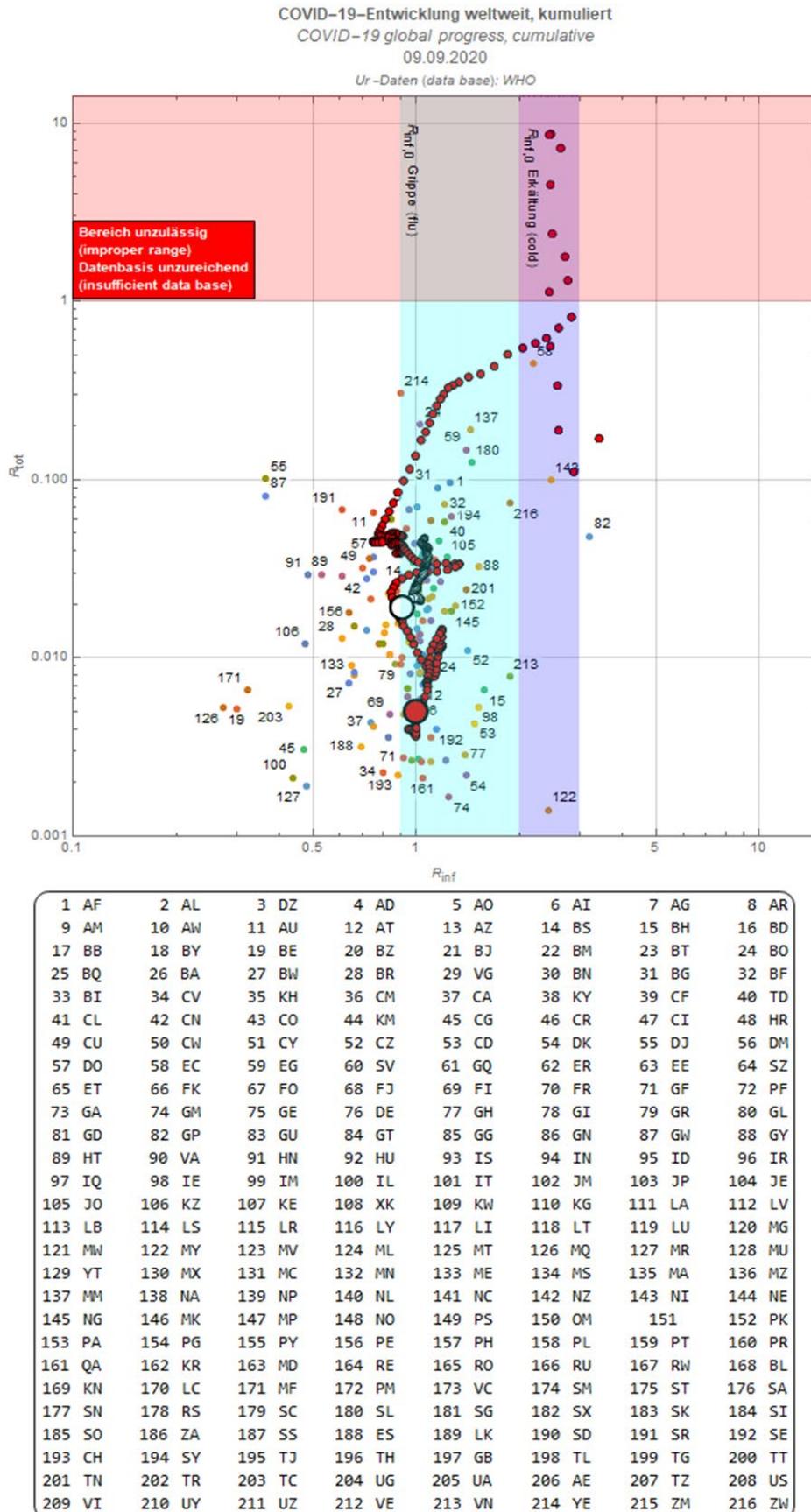


Abbildung 3: Verstorbenen-Rate vs. Infizierten-Rate. Erläuterungen siehe Anhang 6.

Quellen

- [4] A Timeline of the Coronavirus Pandemic. In: nytimes.com. 6. August 2020, abgerufen am 9. August 2020. (lt. [Wik01])
- [5] Augsburger Allgemeine: Coronavirus-Krise wird laut Historiker Münkler als Zäsur in deutsche Geschichte eingehen. Abgerufen am 5. Juli 2020. (lt. [Wik01])
- [6] Historiker sieht Coronakrise als Zäsur. 25. März 2020, abgerufen am 5. Juli 2020 (deutsch) (lt. [Wik01]).
- [DAZ2019] Celine Müller: „Wie bestimmt das RKI Todesfälle bei Grippe?“ 04.10.2019. <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/news/artikel/2019/10/04-10-2019/mild-oder-schlimm-wie-war-die-letzte-grippesaison>
- [RKI01] Robert-Koch-Institut (2020): <https://experience.arcgis.com/experience/478220a4c454480e823b17327b2bf1d4>
- [RKI02] Robert-Koch-Institut: „Erläuterung der Schätzung der zeitlich variierenden Reproduktionszahl R“. 15. Mai 2020.
- [RKI03] Robert-Koch-Institut: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html (Kapitel 10)
- [RKI04] Robert-Koch-Institut: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html (Unterkapitel in Kapitel 11.: "Zeit von Symptombeginn bis zum Tod")
- [Sta2020] „Anzahl der Geburten und der Sterbefälle in Deutschland in den Jahren von 1950 bis 2019“. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/161831/umfrage/gegenueberstellung-von-geburten-und-todesfaellen-in-deutschland/>
- [WHO01] Weltgesundheitsorganisation (2020): <https://covid19.who.int/>
- [WHO02] Weltgesundheitsorganisation (2020): <https://covid19.who.int/WHO-COVID-19-global-data.csv>
- [Wik01] Wikipedia (2020): <https://de.wikipedia.org/wiki/COVID-19-Pandemie>
- [Wik02] Wikipedia (2020): <https://de.wikipedia.org/wiki/COVID-19-Pandemie#Ursprung>
- [Wik03] Wikipedia (2020): https://de.wikipedia.org/wiki/Spanische_Grippe
- [Wik04] Wikipedia (2020): https://de.wikipedia.org/wiki/Grippewelle_2017/2018
- [Wik05] Wikipedia (2020): <https://de.wikipedia.org/wiki/Gau%C3%9F-Filter>
- [Wik06] Wikipedia (2020): <https://de.wikipedia.org/wiki/SIR-Modell>
- [Wik07] Wikipedia (2020): https://de.wikipedia.org/wiki/Basisreproduktionszahl#Beispielwerte_f%C3%BCr_verschiedene_Infektionskrankheiten
- [Wik08] Wikipedia (2020): https://de.wikipedia.org/wiki/Basisreproduktionszahl#Beispielwerte%20_f%C3%BCr_verschiedene_Infektionskrankheiten
- [Wik09] Wikipedia (2020): https://de.wikipedia.org/wiki/Basisreproduktionszahl#Beispielwerte_f%C3%BCr_verschiedene_Infektionskrankheiten

Anhang 1:

Erläuterungen zum Aufbau der Bilder

Zur Darstellung des weltweiten COVID-19-Pandemieverlaufs werden zwei grafische Vorlagen verwendet:

- Vorlage zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen den insgesamt als infiziert und als verstorben gemeldeten Personen (Kumulativ-Grafik).
- Vorlage zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen den aktuell als neu infiziert und als neu verstorben gemeldeten Personen (Aktuell-Grafik).

Zur Erstellung der Grafiken wird auf eine bei der WHO verfügbare und täglich aktualisierte CSV-Datei zurückgegriffen [WHO02]. Dabei wird **nicht** berücksichtigt, ob diese Zahlen aufgrund korrekter Definitionen und Registrier-Methoden zustandekommen⁷! Dies lässt sich an den Daten weder erkennen noch sind dem Autor geeignete Methoden zur umfassenden Nachkorrektur verfügbar oder bekannt. Sollten die gemeldeten Zahlen fehlerhaft oder übertrieben sein, lässt sich aus den Bildern dennoch aufgrund deren statistischer Verteilung ablesen, ob schon diese unbehandelten Rohdaten eine besondere Gefahrensituation für die Weltbevölkerung signalisieren. Sollte sich keine Gefahrensituation ablesen lassen, wird dies bei Betrachtung korrigierter Daten ebenfalls nicht der Fall sein. Umgekehrt aber ließe sich aus der Feststellung einer Gefahrensituation aufgrund der Rohdaten nicht ableiten, ob wirklich eine solche Situation vorliegt.

Die im GIF-Format vorliegenden animierten⁸ Auswerte-Grafiken (kumulativ, aktuell) zeigen im Tagesabstand die zeitliche Entwicklung der COVID-19-Zahlen für alle von der WHO registrierten Länder.⁹ Den Grafiken ist gemeinsam, dass sie einen doppeltlogarithmischen Maßstab aufweisen. Auf diese Weise ist es möglich, einen vollständigen Überblick über die Entwicklungstendenzen in sämtlichen Ländern mit kleinen und mit großen Fallzahlen zu erhalten. Außerdem marginalisiert diese Auswertungsweise kleinere Fehler im Zahlenwerk, während sich umgekehrt größere Fehler in den Rohdaten gut erkennen lassen. Letztere manifestieren sich in den Grafiken gut sichtbar als „Ausreißer“.

⁷ Hier sind sogar Schreibfehler bei der Erstellung der CSV-Datei möglich, die zu singulären Datenverfälschungen führen können.

⁸ Die Animationen sind nur in der Originaldatei sichtbar; in gedruckter Form natürlich nicht.

⁹ Nordkorea gehört nicht dazu. Mit dem als „Other“ bezeichneten Land ist möglicherweise Taiwan gemeint.

Der Bezug auf 100.000 Personen in der „Kumulativ-Grafik“ bzw. auf 1 Million Personen in der „Aktuell-Grafik“ erlaubt einen fairen Vergleich der Ausbreitung von COVID-19 in den verschiedenen kleinen und großen Ländern. Länder, in denen die Fallzahlen 0 sind, können in dieser Darstellungsform allerdings nicht dargestellt werden, weswegen nicht immer alle Länderdaten in den Grafiken erscheinen. Solche Länder können in den Länder-Ranglisten in den Anhängen 4 und 5 identifiziert werden.

Kumulativ-Grafik

Abbildung 4 zeigt die Abhängigkeit der pro 100.000 Personen eines Landes an COVID-19 Verstorbenen (vertikale Achse) über den pro 100.000 Personen eines Landes mit COVID-19 Infizierten (horizontale Achse). So bedeutet zum Beispiel das grüne Quadrat (Werte aus Schweden), dass bis zum 12.03.2020 (siehe Titelzeile des Bildes) ca. 4 Infizierte und ca. 0,01 Verstorbene pro 100.000 Personen gemeldet wurden. Dies entspricht weniger wie 3 Verstorbenen pro 1.000 als infiziert Gemeldeten, was im Bild dadurch erkennbar ist, dass das grüne Quadrat in unmittelbarer Nähe zur strichlierten dunkelgrünen diagonalen Linie im Bild liegt. Diese wie die anderen diagonalen Linien geben die Verstorbenen pro 1.000 als infiziert Gemeldeten gemäß den Zahlen in der Legende rechts neben dem Bild an.

Im Bild sind einige Länder¹⁰ farblich markiert. Die zugehörigen Ländernamen gehen aus der Legende unterhalb des Bildes hervor. So ist Deutschland z.B. in ROT markiert. Für diese Länder sind die Fallzahlen auch direkt aus der Tabelle rechts unten im Bild ablesbar.

Ein größerer weiß markierter Kreis (WELT) gibt die Daten für alle von der WHO registrierten Länder an. Es handelt sich um weltweit ermittelte Durchschnittszahlen. Hinter diesem Kreis befinden sich in einer Art Spur kleinere weiß gefärbte Kreise. Diese stellen die Positionen des großen weißen Kreises vor dem im Bild angegebenen Datum und somit seine Verlaufsspur dar. Für Deutschland wird eine solche Spur ebenfalls aufgezeichnet (kleine rote Kreise; im Bild ist diese Spur allerdings noch recht kurz).

Alle anderen kleinen weißen und mit grauem Rand versehenen Kreise stellen die aktuellen Fallzahlen zum jeweils in der Bildüberschrift angegebenen Datum dar.

¹⁰ Hierbei handelt es sich um Länder, die in der Vergangenheit öfter in den Medien genannt wurden. Bei Bedarf kann die Liste markierter Länder erweitert werden.

COVID19-Entwicklung weltweit, kumuliert

12.03.2020

Ur-Daten: WHO

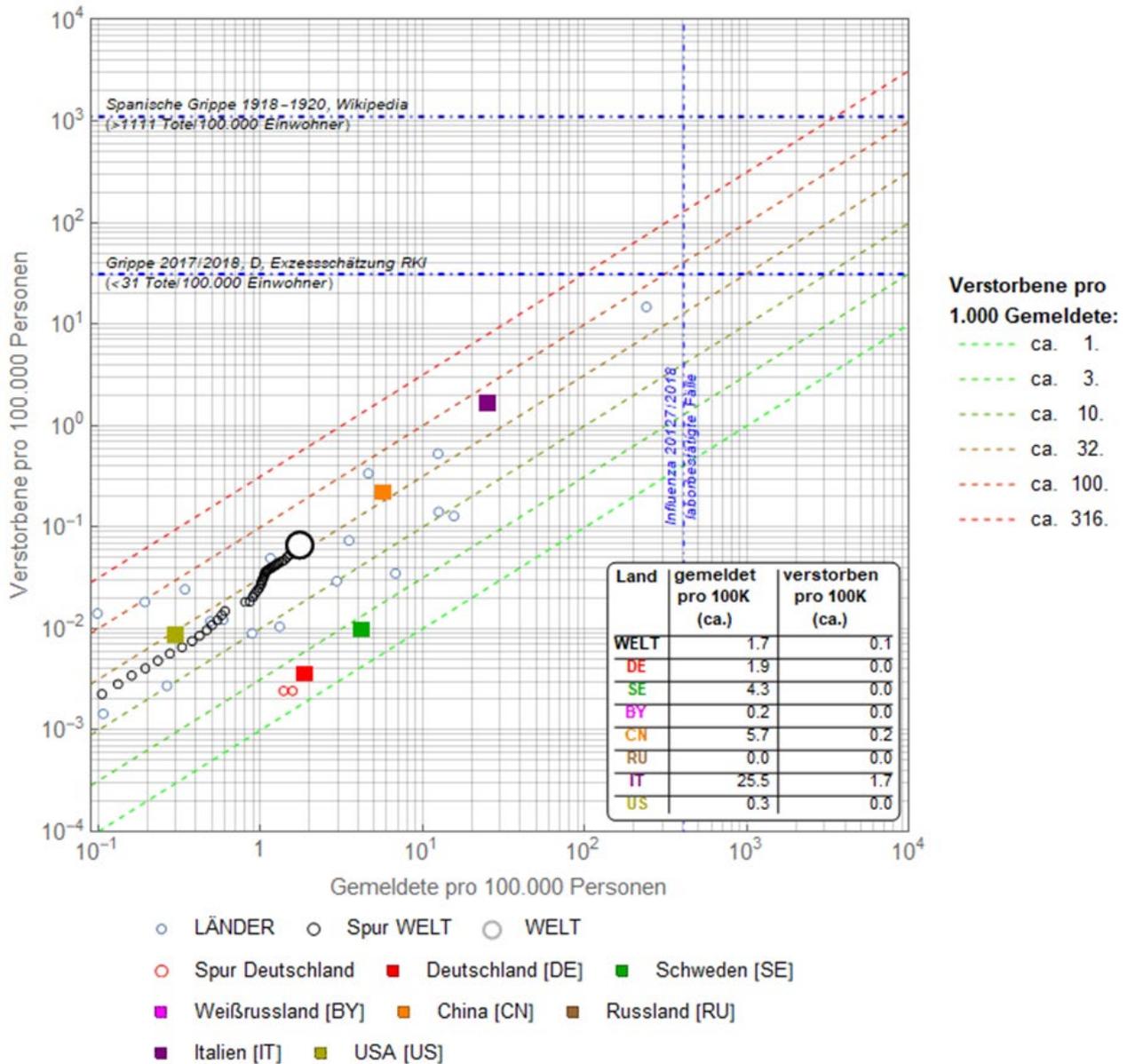


Abbildung 4: Grafische Vorlage zum Thema „Insgesamt bisher gemeldete Verstorbene pro 100.000 Personen in Abhängigkeit von den insgesamt bisher gemeldeten Infizierten pro 100.000 Personen“.

Zum Vergleich sind in der grafischen Vorlage noch blaue strichpunktierte Linien dargestellt. Die obere horizontale Linie gibt den Minimalwert der Verstorbenen pro 100.000 Personen während der „Spanischen Grippe“, 1918-1920, an. Dieser Wert ist 1.111 Verstorbene/100.000 Personen. Er ergibt sich aus den Angaben in [Wik03]:

„Die Spanische Grippe war eine Influenza-Pandemie, die durch einen ungewöhnlich virulenten Abkömmling des Influenzavirus (Subtyp A/H1N1) verursacht wurde und sich zwischen 1918 – gegen Ende des Ersten Weltkriegs – und 1920 in drei Wellen verbreitete und bei einer Weltbevölkerung von etwa 1,8 Milliarden laut WHO zwischen

20 Millionen und 50 Millionen Menschenleben forderte, Schätzungen reichen bis zu 100 Millionen. Damit starben an der Spanischen Grippe mehr Menschen als im Ersten Weltkrieg (17 Millionen). Insgesamt sollen etwa 500 Millionen Menschen infiziert worden sein, was eine Letalität von 5 bis 10 Prozent ergibt, die damit deutlich höher lag als bei Erkrankungen durch andere Influenza-Erreger.“¹¹

Der in der „Kumulativ-Grafik“ angegebene Wert von 1.111 Verstorbenen/100.000 Personen bezieht sich auf den unteren von der WHO angegebenen Wert von 20 Millionen Menschen. Bei Annahme des oberen von der WHO genannten Wertes ergäben sich sogar 2.777 Verstorbenen/100.000 Personen.

Die untere horizontale Linie kennzeichnet die Zahl der Verstorbenen bei der Grippesaison 2017/2018 in Deutschland (ca. 31 Verstorbenen/100.000 Personen), wie sie sich aus einer Exzessrechnung¹² des Robert-Koch-Instituts (ca. 25.100 Verstorbenen bei ca. 83 Millionen Einwohnern) ergibt [DAZ2019].

Die vertikale Linie gibt die Zahl der laborbestätigten Fälle laut RKI an. In absoluten Zahlen liegt sie bei 334.000 Infizierten [Wik04]. Auf 100.000 Personen bezogen sind dies ca. 402 Infizierte. Insgesamt wurden vom RKI ca. 9 Millionen Arztbesuche geschätzt [Wik04]. Pro 100.000 Personen sind dies 10.843 Personen. Dieser Wert liegt außerhalb des rechten Randes der Grafik und ist daher nicht dargestellt.

Aktuell-Grafik

Abbildung 5 stellt die weltweit zu dem im Bildtitel genannten Datum (hier: 24.04.2020) gemeldeten Fallzahlen dar. Im Unterschied zur Kumulativ-Grafik sind die Werte hier auf 1 Million (statt nur 100.000) Personen bezogen. Die Punkte, Einfärbungen und Linien sind sinngemäß wie in der Kumulativ-Grafik zu verstehen.

Die blaue strichpunktierte Linie kennzeichnet die im Jahr 2019 täglich Verstorbenen pro 1 Million Einwohner. Bei 939.520 Sterbefällen [Sta2020] entspricht dies knapp 31 Verstorbenen pro Tag und pro 1 Million Einwohner.

¹¹ Zitatnennungen, auf die sich dieser Wikipedia-Artikel bezieht, sind hier ausgelassen.

¹² Schätzung aufgrund der Übersterblichkeit im Vergleich zur durchschnittlichen Sterblichkeit in Deutschland.

Die roten vertikalen und horizontalen Linien kennzeichnen die in Deutschland bis zu diesem Datum maximal gemeldeten Infektions- bzw. Todesfälle. Die schwarzen vertikalen und horizontalen Linien kennzeichnen diese Maximalzahlen für den Welt-Durchschnitt.

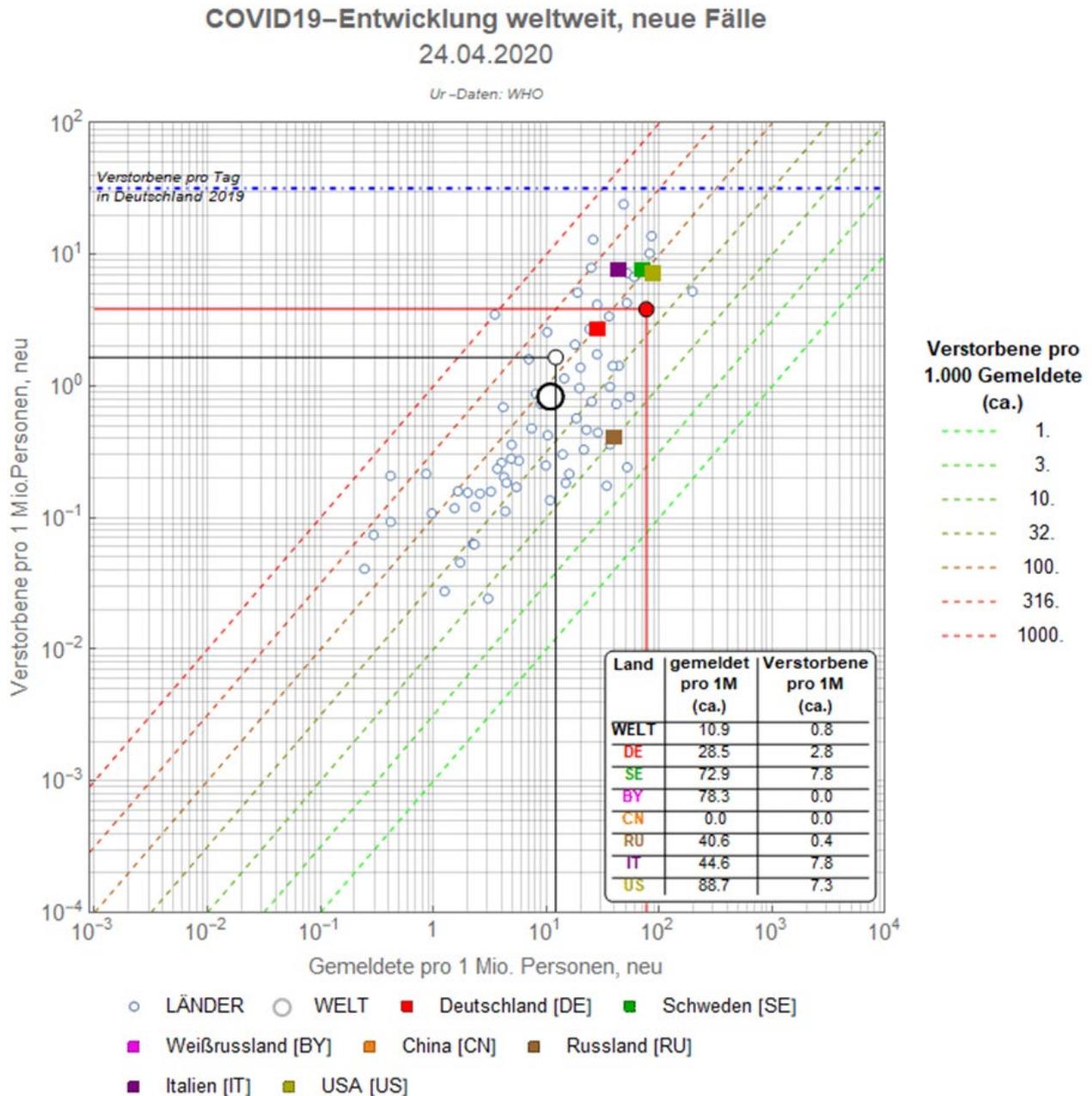


Abbildung 5: Grafische Vorlage zum Thema „Aktuell gemeldete Verstorbene pro 1.000.000 Personen in Abhängigkeit von den aktuell gemeldeten Infizierten pro 1.000.000 Personen“.

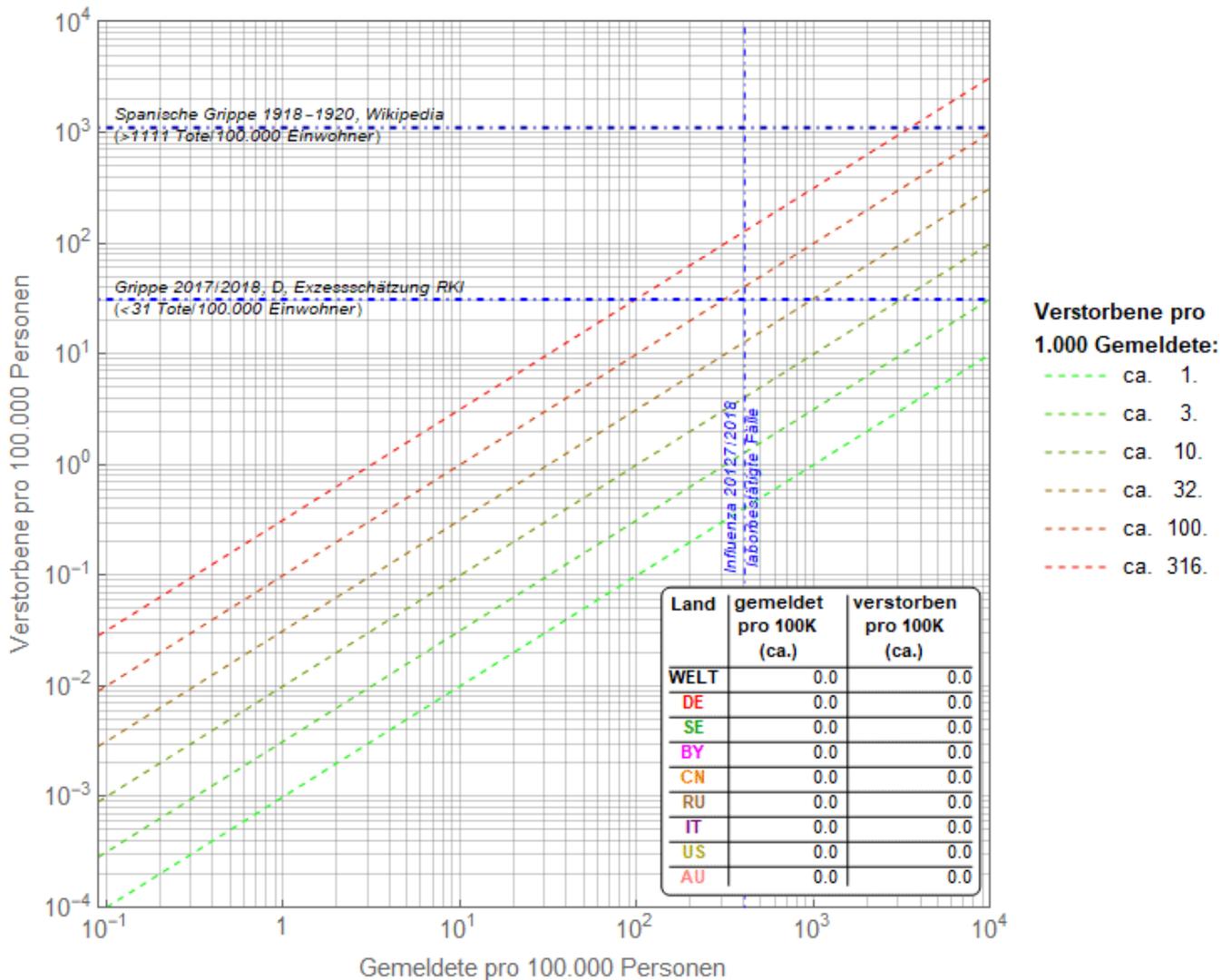
Anhang 2:

Animierte Kumulativ-Grafik

(nur in der digitalen Version sichtbar)

COVID19-Entwicklung weltweit, kumuliert
15.01.2020

Ur-Daten: WHO



- LÄNDER ○ Spur WELT ○ WELT
- Spur Deutschland ■ Deutschland [DE] ■ Schweden [SE]
- Weißrussland [BY] ■ China [CN] ■ Russland [RU]
- Italien [IT] ■ USA [US]

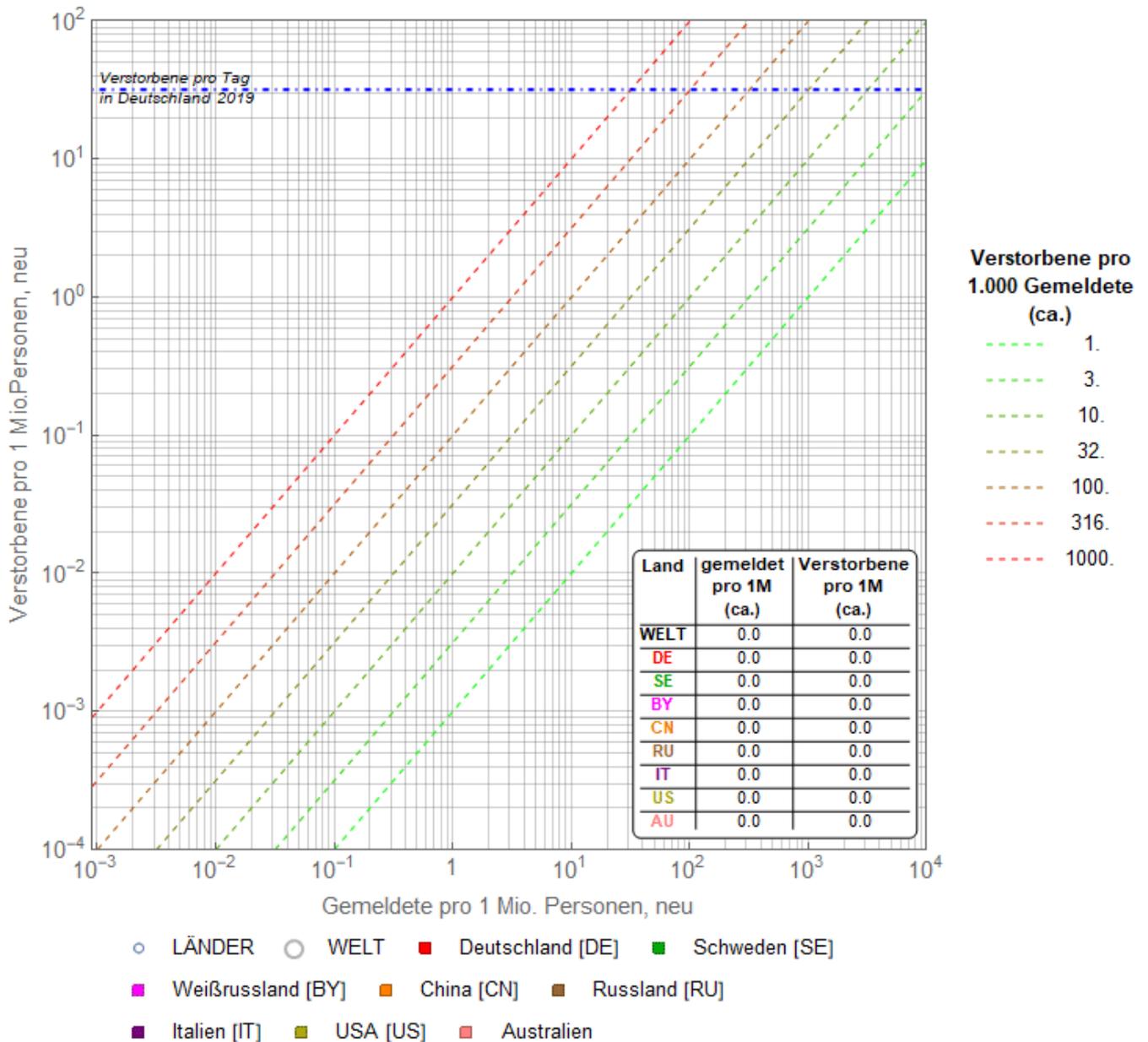
Anhang 3:

Animierte Aktuell-Grafik

(nur in der digitalen Version sichtbar)

COVID19-Entwicklung weltweit, neue Fälle
15.01.2020

Ur-Daten: WHO



Anhang 4: Rangliste Länder: Infizierte

Zahl bisher gemeldeter Fälle pro 1.000 Einwohner eines Landes
 Formel: $Z_v = 1000 \times \text{Gemeldete} / \text{Bevölkerungszahl}$
 Stand: Thu 10 Sep 2020 08:11:39
 Ur-Quelle: WHO

Land	Z _v	Land	Z _v	Land	Z _v	Land	Z _v
Qatar	45.69	Ireland	6.32	Bangladesh	2.00	Zimbabwe	0.45
United States Virgin Islands	39.66	Portugal	5.90	Martinique	1.97	Georgia	0.45
Bahrain	38.04	Saint Martin	5.76	Estonia	1.96	Republic of Korea	0.42
French Guiana	32.29	Djibouti	5.63	Poland	1.87	Cuba	0.38
Panama	23.81	The United Kingdom	5.28	Saint Barthélemy	1.84	Rwanda	0.36
Aruba	23.58	Switzerland	5.28	Venezuela (Bolivarian Republic of)	1.70	Bruni Darussalam	0.34
Chile	23.57	Guadeloupe	5.09	Trinidad and Tobago	1.68	Sudan	0.33
Kuwait	22.06	Mexico	4.94	Nepal	1.64	Saint Kitts and Nevis	0.32
San Marino	21.71	Romania	4.93	Mauritania	1.62	New Zealand	0.30
Peru	21.50	France	4.88	Ghana	1.56	Malaysia	0.30
Maldives	20.03	Malta	4.87	Gambia	1.56	Malawi	0.30
Brazil	19.82	Iran (Islamic Republic of)	4.82	Slovenia	1.55	Dominica	0.30
United States of America	19.04	Italy	4.72	Pakistan	1.52	Nigeria	0.29
Oman	18.89	Guatemala	4.65	Finland	1.51	Bhutan	0.29
Andorra	16.38	Netherlands	4.49	Saint Pierre and Miquelon	1.50	Mauritius	0.28
Israel	15.53	Eswatini	4.49	Seychelles	1.42	Liberia	0.28
Armenia	15.41	Sao Tome and Principe	4.26	Uzbekistan	1.40	Jordan	0.27
Holy See	14.35	Gabon	4.25	Cyprus	1.28	Sierra Leone	0.26
Turks and Caicos Islands	13.95	El Salvador	4.11	Guinea-Bissau	1.17	Greenland	0.25
Colombia	13.69	Falkland Islands (Malvinas)	4.07	Algeria	1.14	South Sudan	0.23
Mayotte	13.33	Monaco	4.03	Jamaica	1.10	Somalia	0.23
Sint Maarten	12.44	Jersey	4.02	Lithuania	1.08	Grenada	0.22
Luxembourg	11.95	Germany, Influenza 2017/2018	4.02	Australia	1.08	Benin	0.20
Spain	11.53	Isle of Man	3.98	Afghanistan	1.08	Anguilla	0.20
Puerto Rico	11.12	Guernsey	3.86	Greece	1.06	Togo	0.19
Argentina	11.02	Azerbaijan	3.82	Northern Mariana Islands (Comm	1.03	Syrian Arab Republic	0.18
Bolivia (Plurinational State of)	11.00	Equatorial Guinea	3.68	Egypt	1.03	Mozambique	0.16
South Africa	10.94	Serbia	3.64	Central African Republic	1.00	Mali	0.16
Guam	10.43	Canada	3.61	Tajikistan	0.99	Sri Lanka	0.14
Republic of Moldova	10.01	Albania	3.60	Antigua and Barbuda	0.98	Saint Lucia	0.14
Singapore	10.00	Namibia	3.52	Hungary	0.96	Democratic Republic of the Con	0.12
Costa Rica	9.76	Turkey	3.51	Botswana	0.93	Mongolia	0.10
Saudi Arabia	9.40	Lebanon	3.51	Congo	0.91	Angola	0.10
Dominican Republic	9.32	Belize	3.49	Senegal	0.88	Uganda	0.09
Montenegro	9.31	Austria	3.46	Slovakia	0.87	New Caledonia	0.09
Gibraltar	9.11	Paraguay	3.43	Cameroon	0.83	Yemen	0.07
Sueden	8.65	India	3.26	Guinea	0.77	Eritrea	0.07
Cabo Verde	8.00	Ukraine	3.23	Bonaire, Sint Eustatius and Sa	0.77	Chad	0.07
Faroe Islands	7.94	Denmark	3.20	Zambia	0.76	Burkina Faso	0.07
Kosovo [1]	7.82	Cayman Islands	3.16	Indonesia	0.76	Papua New Guinea	0.06
occupied Palestinian territory	7.81	Germany	3.09	Haiti	0.76	China	0.06
United Arab Emirates	7.80	Libya	3.07	Latvia	0.73	Thailand	0.05
Belgium	7.79	French Polynesia	2.94	Côte d'Ivoire	0.73	Niger	0.05
Suriname	7.74	Croatia	2.93	Kenya	0.71	Fiji	0.04
Belarus	7.73	Liechtenstein	2.85	Curaçao	0.67	Burundi	0.04
Kyrgyzstan	7.38	Bermuda	2.85	Barbados	0.63	Myanmar	0.03
Kazakhstan	7.37	Czechia	2.80	Nicaragua	0.62	Cambodia	0.02
Russian Federation	7.23	Réunion	2.73	Madagascar	0.60	Viet Nam	0.01
North Macedonia	7.23	Montserrat	2.51	Ethiopia	0.58	United Republic of Tanzania	0.01
Iraq	7.04	Bulgaria	2.44	Japan	0.57	Timor-Leste	0.01
Honduras	7.00	Philippines	2.31	Saint Vincent and the Grenadin	0.56	Lao People's Democratic Republ	0.00
Bosnia and Herzegovina	6.65	Norway	2.17	Comoros	0.56		
Ecuador	6.62	Morocco	2.12	Lesotho	0.52		
Bahamas	6.54	Uruguay	2.10	Uruguay	0.49		
Iceland	6.42	Guyana	2.01	Tunisia	0.47		

Anhang 5: Rangliste Länder: Verstorbene

Zahl bisher gemeldeter Verstorbener pro 1.000 Einwohner eines Landes
 Formel: $Z_v = 1000 \times \text{Verstorbene} / \text{Bevölkerungszahl}$
 Stand: Thu 10 Sep 2020 08:11:39
 Ur-Quelle: WHO

Land	Z _v	Land	Z _v	Land	Z _v	Land	Z _v
San Marino	1.240	Kuwait	0.132	British Virgin Islands	0.033	Curaçao	0.006
Peru	0.932	Russian Federation	0.126	Pakistan	0.032	Singapore	0.005
Belgium	0.867	Saudi Arabia	0.121	Indonesia	0.031	New Zealand	0.005
Andorra	0.689	Israel	0.121	Australia	0.031	Guinea	0.005
Chile	0.647	El Salvador	0.119	Antigua and Barbuda	0.031	Georgia	0.005
Spain	0.638	Turks and Caicos Islands	0.116	Lithuania	0.030	Côte d'Ivoire	0.005
Bolivia (Plurinational State of)	0.638	Guam	0.116	Iceland	0.030	Chad	0.005
Ecuador	0.636	Germany	0.114	Bangladesh	0.028	Togo	0.004
The United Kingdom	0.622	Denmark	0.110	Trinidad and Tobago	0.027	South Sudan	0.004
Brazil	0.607	Albania	0.110	Monaco	0.026	Malaysia	0.004
United States Virgin Islands	0.599	Kazakhstan	0.107	Liechtenstein	0.026	Botswana	0.004
Italy	0.599	Costa Rica	0.102	Greece	0.026	Benin	0.004
Sweden	0.589	Sweden, Influenza 2017/2018	0.099	Gabon	0.026	Angola	0.004
United States of America	0.573	Bulgaria	0.098	Barbados	0.024	Niger	0.003
Mexico	0.525	Eswatini	0.088	Nicaragua	0.023	Democratic Republic of the Congo	0.003
Panama	0.512	Austria	0.086	Sudan	0.021	China	0.003
France	0.471	Turkey	0.084	Yemen	0.020	Burkina Faso	0.003
Sint Maarten	0.458	Serbia	0.083	Guinea-Bissau	0.020	Rwanda	0.002
Colombia	0.441	Qatar	0.078	Haiti	0.019	Jordan	0.002
Ireland	0.373	Cabo Verde	0.076	Senegal	0.018	Fiji	0.002
Netherlands	0.366	Belarus	0.071	Latvia	0.018	Uganda	0.001
Jersey	0.334	Sao Tome and Principe	0.067	Cyprus	0.018	Thailand	0.001
Armenia	0.309	Ukraine	0.066	Zambia	0.017	Sri Lanka	0.001
Kosovo [1]	0.306	Paraguay	0.066	Liberia	0.017	Papua New Guinea	0.001
Germany, Influenza 2017/2018	0.299	Maldives	0.066	Cameroun	0.017	Mozambique	0.001
North Macedonia	0.284	Hungary	0.064	Congo	0.015	Viet Nam	0.000
Ile of Man	0.278	Slovenia	0.063	Cayman Islands	0.015	United Republic of Tanzania	0.000
Iran (Islamic Republic of)	0.268	Finland	0.061	Venezuela (Bolivarian Republic of)	0.014	Timor-Leste	0.000
Republic of Moldova	0.258	Equatorial Guinea	0.061	Lesotho	0.014	Seychelles	0.000
South Africa	0.250	Guyana	0.060	Zimbabwe	0.013	Saint Vincent and the Grenadines	0.000
Canada	0.250	Egypt	0.057	Uruguay	0.013	Saint Pierre and Miquelon	0.000
Argentina	0.230	Poland	0.056	Kenya	0.012	Saint Lucia	0.000
Honduras	0.218	Azerbaijan	0.055	Jamaica	0.012	Saint Kitts and Nevis	0.000
Luxembourg	0.213	India	0.055	Uzbekistan	0.011	Saint Barthélemy	0.000
French Guiana	0.205	Guadeloupe	0.051	Japan	0.011	New Caledonia	0.000
Switzerland	0.202	Norway	0.050	Nepal	0.011	Myanmar	0.000
Romania	0.202	Libya	0.049	Ghana	0.010	Mongolia	0.000
Bosnia and Herzegovina	0.200	Estonia	0.049	Sierra Leone	0.009	Lao People's Democratic Republic	0.000
Iraq	0.198	Croatia	0.048	Réunion	0.009	Holy See	0.000
Guernsey	0.193	occupied Palestinian territory	0.047	Malawi	0.009	Grenada	0.000
Montserrat	0.179	Martinique	0.047	Cuba	0.009	Greenland	0.000
Portugal	0.176	Gambia	0.047	Comoros	0.009	Gibraltar	0.000
Kyrgyzstan	0.176	Belize	0.043	Tajikistan	0.008	French Polynesia	0.000
Dominican Republic	0.173	United Arab Emirates	0.041	Tunisia	0.008	Faroe Islands	0.000
Montenegro	0.171	Czechia	0.041	Syrian Arab Republic	0.008	Falkland Islands (Malvinas)	0.000
Guatemala	0.162	Morocco	0.040	Mauritius	0.008	Eritrea	0.000
Suriname	0.160	Afghanistan	0.038	Madagascar	0.008	Dominica	0.000
Oman	0.158	Algeria	0.037	Slovakia	0.008	Cambodia	0.000
Mayotte	0.151	Philippines	0.036	Republic of Korea	0.007	Burundi	0.000
Puerto Rico	0.149	Mauritania	0.035	Mali	0.007	Bonaire, Sint Eustatius and Sa	0.000
Bahamas	0.147	Northern Mariana Islands (Comm	0.035	Brunei Darussalam	0.007	Anguilla	0.000
Bermuda	0.145	Namibia	0.035	Nigeria	0.006		
Saint Martin	0.142	Lebanon	0.034				
Aruba	0.142						
Bahrain	0.135						

Anhang 6: R-Wert(e) und RSI-Modell

R-Wert

Der vom RKI [RKI02] verwendete R-Wert ist eine zeitlich variierende Reproduktionszahl. Sie gibt an, wieviel neu infizierte Personen durch eine einzelne infizierte Person innerhalb eines definierten Zeitintervalls „produziert“ werden. Das Zeitintervall für den Corona-Virus wird vom RKI mit 4 Tagen angegeben. Zur Erläuterung dieser Zahl sei zunächst Abbildung 6 betrachtet:

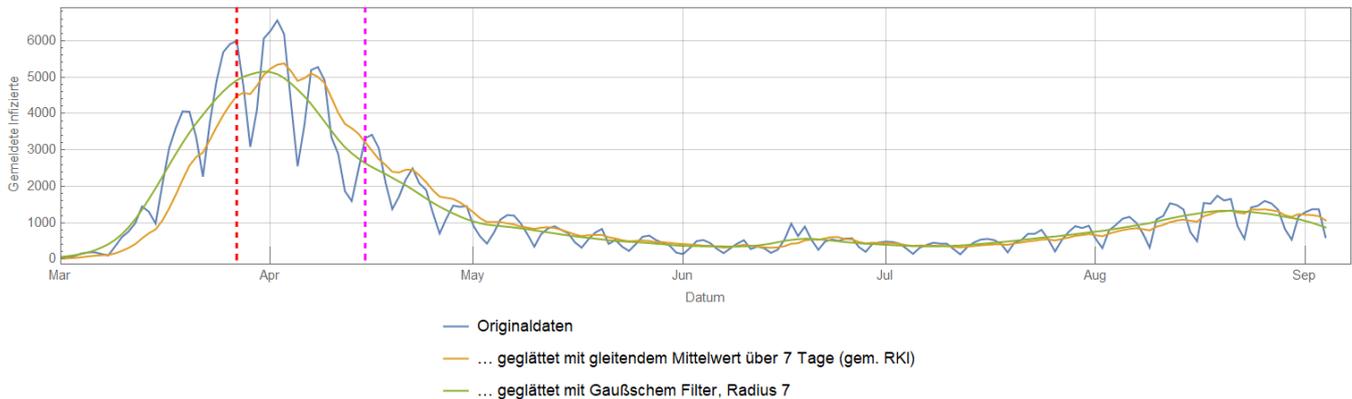


Abbildung 6: Verlauf der mit COVID-19 als infiziert gemeldeten Personen.

Das Bild zeigt den Verlauf der zu einem bestimmten Datum als mit COVID-19 infizierten Personen, blauer Verlauf. Auf diesen Verlauf kann über die WHO-COVID-19-Datenbasis zugegriffen werden. Der Verlauf ist sehr unruhig und wird erheblich vom Zeitpunkt der Datenerfassung beeinflusst. So sind zum Beispiel an Wochenenden regelmäßig Einbrüche festzustellen, die auf die an solchen Tagen nur vereinzelt gemeldeten Daten zurückzuführen sind. Umso mehr Meldungen gibt es dann durch diesen „Meldestau“ zu Wochenbeginn. Die Kurve gibt also lediglich den Registrierungsverlauf, nicht aber den tatsächlichen Verlauf der Zahl der infizierten Personen wieder.¹³ Das RKI glättet diese Daten mit Hilfe des Verfahrens des gleitenden Mittelwerts über 7 Tage [RKI02], orangene Kurve. Augenscheinlich wird der Verlauf hierdurch deutlich glatter und dürfte bereits eine gute Annäherung an das tatsächliche Infektionsgeschehen darstellen. Allerdings fällt auf, dass sein Maximum gegenüber dem Maximum der blauen Kurve verschoben ist. In diesen Mitteilungen wird ein nach Ansicht des Autors besseres Verfahren, der Gaußsche Filter [Wik05] angewendet, grüne Kurve. Augenscheinlich ist

¹³ An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass der Verlauf auch systematische Mängel durch die zeitlich nicht-konstante Zahl der getesteten Personen aufweist. Deutlich ist dies durch die zunehmende Zahl der als infiziert gemeldeten Personen aufgrund erhöhter Testungen in den Monaten August bis September zu erkennen.

zu erkennen, dass dieser Verlauf noch glatter ist und dass das Maximum auch an der richtigen Stelle liegt.

Zum Vergleich der Qualität der beiden Glättungsverfahren soll noch Abbildung 7 herangezogen werden:

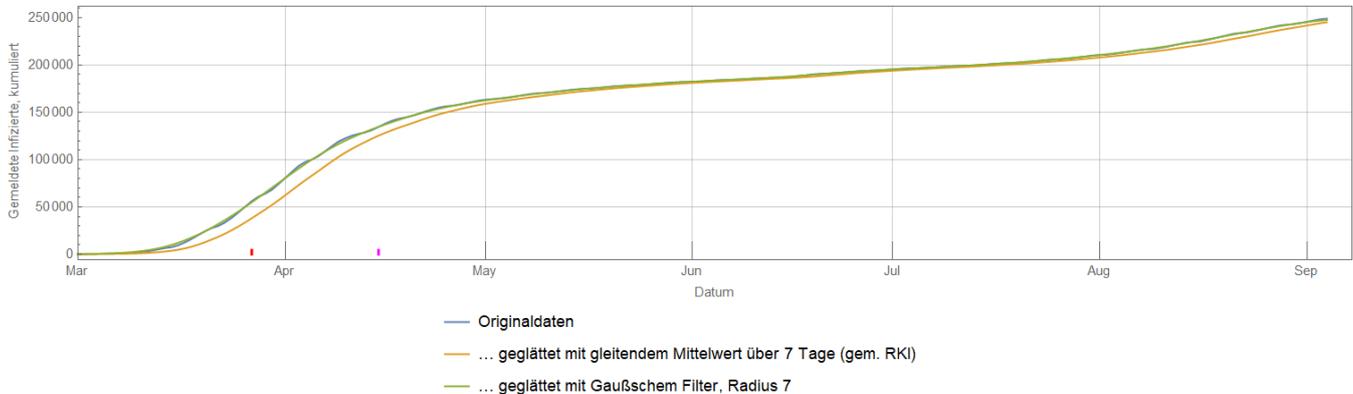


Abbildung 7: Kumulierter Verlauf der mit COVID-19 als infiziert gemeldeten Personen.

Dargestellt ist der (kumulierte) Verlauf der zeitlich hintereinander addierten täglich gemeldeten Fälle gemäß Abbildung 6. Deutlich ist zu erkennen, dass der mit dem Gauß-Filter erzeugte geglättete Verlauf den Originalverlauf deutlich besser nachbildet wie der mit dem gleitenden Durchschnitt erzeugte Verlauf. Dies rechtfertigt, dass in dieser Mitteilung abweichend von dem vom RKI angewandten Verfahren das nach Ansicht des Autors zufriedenstellendere Gauß-Filter-Verfahren angewandt wird.¹⁴

In jedem der drei Verfahren (Originaldaten, gleitender Mittelwert, Gauß-Filter) wird der R-Wert ermittelt, indem die Zahl der an einem Tag t (z.B. $t=05.04.2020$) ermittelten infizierten Personen $i(t)$ durch die am Tag $t-4$ Tage (z.B. $01.04.2020$) ermittelten Personen $i(t-4 \text{ Tage})$ dividiert wird:

$$R(t) = \frac{i(t)}{i(t - 4 \text{ Tage})}$$

Abbildung 8 zeigt die Anwendung dieser Formel auf die drei diskutierten Verlaufsformen. Klar ist zu erkennen, dass sich mit dem Gauß-Filter-Verfahren ein erheblich glatterer und augenscheinlich auch natürlicherer Verlauf erzeugen lässt (grüne Kurve) als mit den beiden anderen Verfahren. Dies ist nochmals ein überzeugender Hinweis darauf, für die weitere Darstellung des R-Wert-Verlaufes die mit einem Gauß-Filter behandelten Originalverläufe zu verwenden.

¹⁴ Das RKI verwendet ein einfaches Tabellenkalkulationschema, dass die Anwendung des Gauß-Filter-Verfahrens nach Kenntnis des Autors nicht erlaubt.

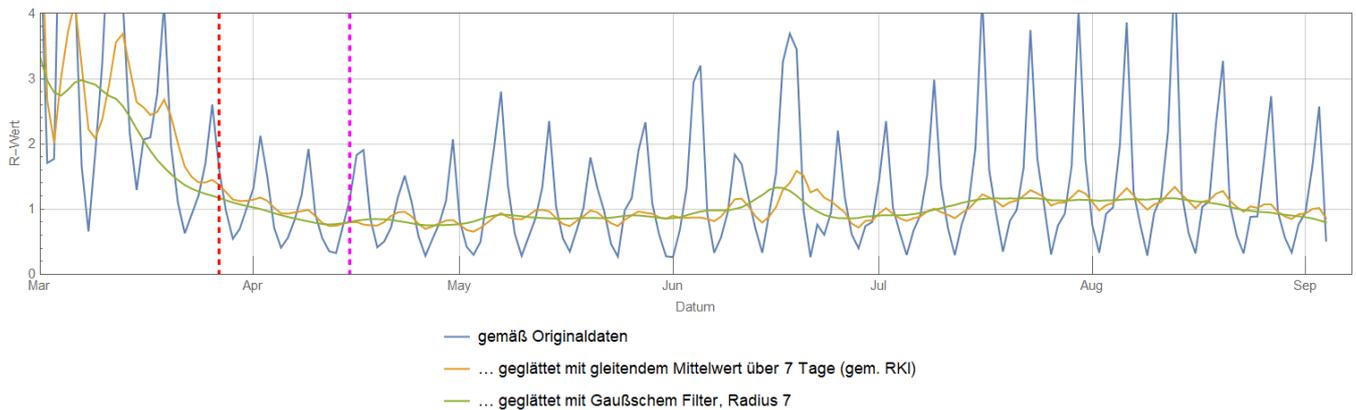


Abbildung 8: Anwendung der drei Verfahren auf den R-Wert.

SIR-Modell und Wertebereich des R-Werts

„Als SIR-Modell (susceptible-infected-removed model) bezeichnet man in der mathematischen Epidemiologie, einem Teilgebiet der Theoretischen Biologie, einen klassischen Ansatz zur Beschreibung der Ausbreitung von ansteckenden Krankheiten mit Immunitätsbildung, der eine Erweiterung des SI-Modells darstellt. Benannt ist es nach der Gruppeneinteilung der Population in Suszeptible (S), Infizierte (I) und aus dem Infektionsgeschehen entfernter Personen (R)“ [Wik06].

Das Modell gibt den charakteristischen Verlauf einer „ideal verlaufenden“ und unbeeinflussten Epidemie in zufriedenstellender Weise wieder.

Aufgrund des Verlaufs des R-Wertes in Abbildung 8 kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser bei Ausklingen einer Epidemie sich stets um einen konstanten Wert (hier: 1) bewegt und dass er nie 0 werden kann. Um diese Vermutung zu überprüfen, werden nachfolgend die wesentlichen Gleichungen o.g. SIR-Modells aufgeschrieben, in eine für diese Betrachtung gebrauchsfähige Form gebracht, numerisch berechnet und das Ergebnis diskutiert.

Folgende Formelbetrachtungen/-umformungen werden nicht weiter kommentiert. Ihre Bedeutung geht aus [Wik06] hervor. Sie werden der Vollständigkeit halber sowie zur Dokumentation aufgeführt.

$$s'(t) = -\frac{\beta}{n_0} s(t)i(t); s(0) = s_0$$

$$i'(t) = \left(\frac{\beta}{n_0} s(t) - \gamma\right) i(t); i(0) = i_0 = n_0 - s_0$$

i ist die Zahl der Infizierten, s ist die Zahl der für eine Infektion empfänglichen Personen. $1/\gamma$ ist die mittlere Zeit, in der ein Infizierter ansteckend ist, im Falle von COVID-19 gibt das RKI einen Wert von 4 Tagen an [RKI02]; γ ist somit 0,25. „ β ist die Rate, die die Anzahl neuer Infektionen angibt, die ein erster infektiöser Fall pro Zeiteinheit verursacht.“ [Wik06].

Mit Hilfe einer Normierung folgt

$$\begin{aligned}\sigma'(t) &= -\beta \sigma(t) \iota(t); \sigma = \frac{s}{n_0} \\ \iota'(t) &= (\beta \sigma(t) - \gamma) \iota(t); \iota = \frac{i}{n_0}\end{aligned}$$

Mit

$$\begin{aligned}\tau &= \gamma t \\ R_0 &= \frac{\beta}{\gamma}\end{aligned}$$

(R_0 ist die Basis-Reproduktionszahl, also der R-Wert zu Beginn einer Epidemie) folgt dann

$$\begin{aligned}\sigma' &= -R_0 \sigma \iota \\ \iota' &= (R_0 \sigma - 1) \iota\end{aligned}$$

Die aktuelle Reproduktionszahl (R-Wert) R kann hieraus berechnet werden mit

$$R = \frac{i(t)}{i\left(t - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{\iota(\tau)}{\iota(\tau - 1)}$$

Die Differentialgleichungen lassen sich nur numerisch berechnen. Einzige Variable ist dabei der Parameter R_0 . Für verschiedene Werte von R_0 , für die in [Wik09] die Werte gemäß Abbildung 9 angegeben werden, ergeben sich für die normierte Zahl der Infizierten ι in Abhängigkeit von der normierten Zeit τ die in Abbildung 10 dargestellten typischen Verläufe für den Ablauf der Infektionszahlen bei einer Epidemie ($\sigma_0=0,99$; $\gamma=0,25$).

Werte von R_0 einiger Infektionskrankheiten

Krankheit	Infektionsweg	R_0
Masern	Tröpfchen	12–18 ^[26]
Windpocken	Tröpfchen	10–12 ^[27]
Polio	fäkal-oral	5–7 ^[28]
Röteln	Tröpfchen	5–7 ^[28]
Mumps	Tröpfchen	4–7 ^[28]
Keuchhusten	Tröpfchen	5,5 ^[29] , 14 ^[20]
Pocken	Tröpfchen	3,5–6 ^[30]
COVID-19	Tröpfchen	1,4–5,7 ^{[22][24][31][32][33]}
AIDS	Körperflüssigkeiten	2–5
SARS	Tröpfchen	2–5 ^[34]
Erkältung	Tröpfchen	2–3 ^[35]
Diphtherie	Speichel	1,7–4,3 ^[36]
Spanische Grippe (1918)	Tröpfchen	1,4–2,0 ^[37] , 2–3 ^[21]
Ebola (2014–2016)	Körperflüssigkeiten	1,5–2,5 ^{[38][39]}
Schweinegrippe (H1N1)	Tröpfchen	1,4–1,6 ^[40]
Influenza	Tröpfchen	0,9–2,1 ^[40]
MERS	Tröpfchen	0,3–0,8 ^[41]

Abbildung 9: Werte der Basisreproduktionszahl R_0 einiger Infektionskrankheiten [Wik09].

Je größer die Basis-Reproduktionsrate R_0 ist, umso „heftiger“ verläuft eine Epidemie zu Beginn aufgrund sehr rasch zunehmender Infektionszahlen und umso rascher ist sie auch wieder beendet.

Für sehr große Werte von t bzw. von τ streben alle Verläufe erwartungsgemäß gegen 0. Die Reproduktionsrate R hingegen strebt bei abflauerender Epidemie nicht gegen 0! Dies zeigt Abbildung 11.¹⁵ Für anfängliche Reproduktionszahlen R_0 zwischen 0,5 und 3 nimmt R unabhängig von der Zahl der anfänglich für die Krankheit empfänglichen Personen selbst gegen Ende einer Epidemie noch Werte zwischen 0,45 und 0,9 an. Auch bei größeren R_0 -Werten strebt R gegen einen endlichen Wert von mindestens 0,35. Für COVID-19 werden R_0 -Werte von 1,4 bis 5,7 angegeben [Wik07].

¹⁵ Zur Ermittlung der Verläufe wird der normierte Zeitbereich $0 \leq \tau \leq 20$ zugrunde gelegt.

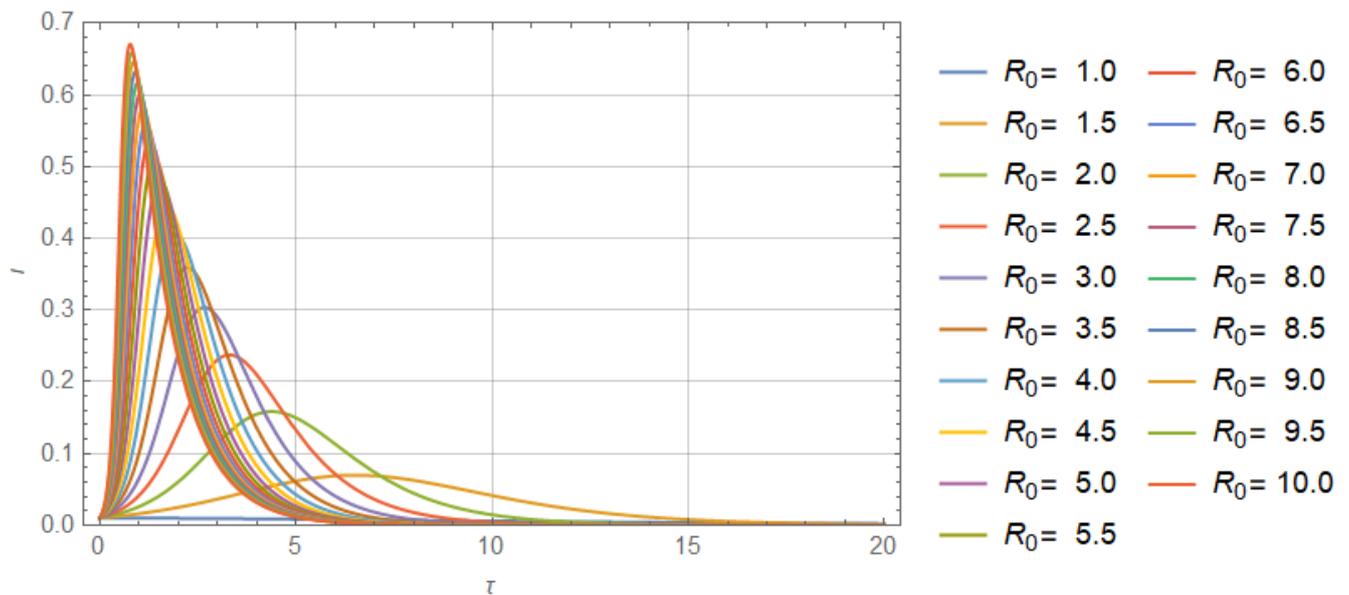


Abbildung 10: Normierte Verläufe der Zahl der Infizierten ($\sigma_0=0,99$). Parameter: R_0 .

Es stellt sich somit die Frage nach dem Nutzen dieses der Öffentlichkeit fortlaufend diskutierten Werts. Konkret: Ab welchem R-Wert, der zumindest bei einem Epidemieverlauf gemäß den hier zugrunde gelegten idealisierten Gesetzmäßigkeiten abläuft, nie 0 werden kann, kann eine Epidemie und die hiermit verbundenen Maßnahmen als beendet erklärt werden? Da bekannt ist, dass „gewöhnliche“ Erkältungs- und Grippe-Epidemien auch ohne weitere Maßnahmen ein natürliches Ende finden, obwohl auch für diese Epidemien R gemäß diesem einschlägigen Modell niemals 0 werden kann, erscheint dem Autor die Anwendung des R-Kriteriums allein aufgrund einer fortlaufenden Beobachtung dessen Verlaufs als nicht zielführend.

Ein tragfähigeres Kriterium dürfte hingegen die Sterbe-Rate sein: Wie viele Personen sterben aufgrund ihrer Infektion? So wird zum Beispiel eine heftige Schnupfen-Epidemie aufgrund ihrer bekannten Ungefährlichkeit auch bei hohen Übertragungsraten und R-Werten von der Bevölkerung sicher auch ohne irgendwelche besonderen staatlichen Maßnahmen gegen eine Schnupfen-Epidemie toleriert. Auch Epidemien, die vergleichbare Sterberaten wie Grippe-Epidemien in der Vergangenheit aufweisen, sind bisher tolerabel. Hingegen erfordern Epidemien wie die Spanische Grippe oder die Pest aufgrund auffällig hoher Sterbe-Raten besondere Aufmerksamkeit.

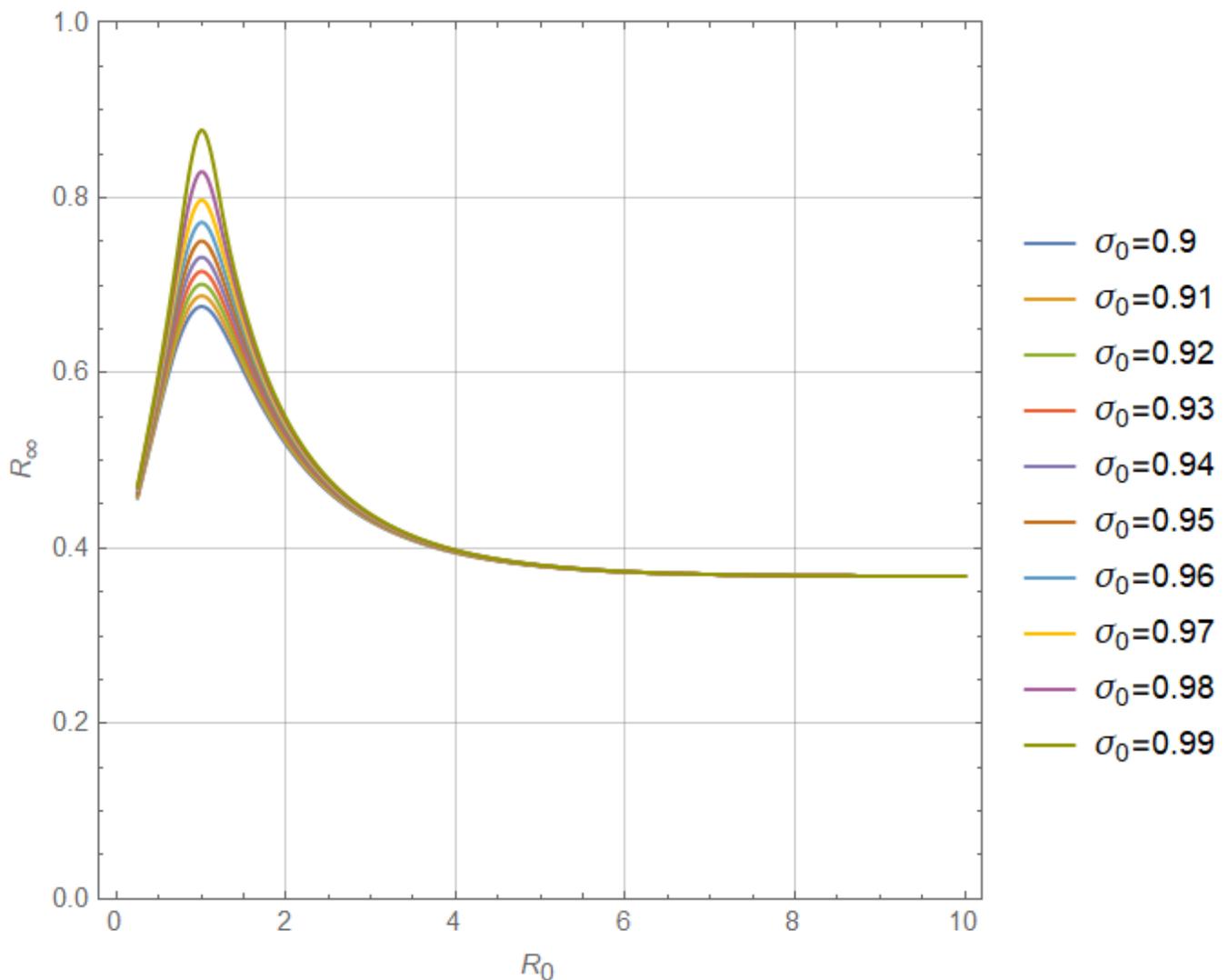


Abbildung 11: Reproduktionsrate R , sehr lange Zeit nach Abflauen einer Epidemie in Abhängigkeit von den zu Beginn einer Epidemie empfänglichen (normierten) Personen σ_0 und von der Basis-Reproduktionsrate R_0 .

Sterberate R_{tot}

Die Sterberate R_{tot} sei wie folgt definiert:

$$R_{tot} = \frac{v(t)}{i(t - \bar{d})}$$

Sie gibt Auskunft über die Zahl der zum Zeitpunkt Verstorbenen v , die sich \bar{d} Tage vor diesem Zeitpunkt mit dem Virus infiziert haben. i ist die Gesamtzahl der Personen, die sich zu diesem Zeitpunkt infiziert haben. Geht die Sterberate infizierter Personen gegen 0, ist eine Epidemie selbst bei extremer Ansteckungsgefahr (also bei hohem R) nur von geringer Relevanz.

Abbildung 12 zeigt die Sterberate R_{tot} im Vergleich zum oben diskutierten R -Wert für Deutschland und Schweden, aufgenommen am 08.09.2020.

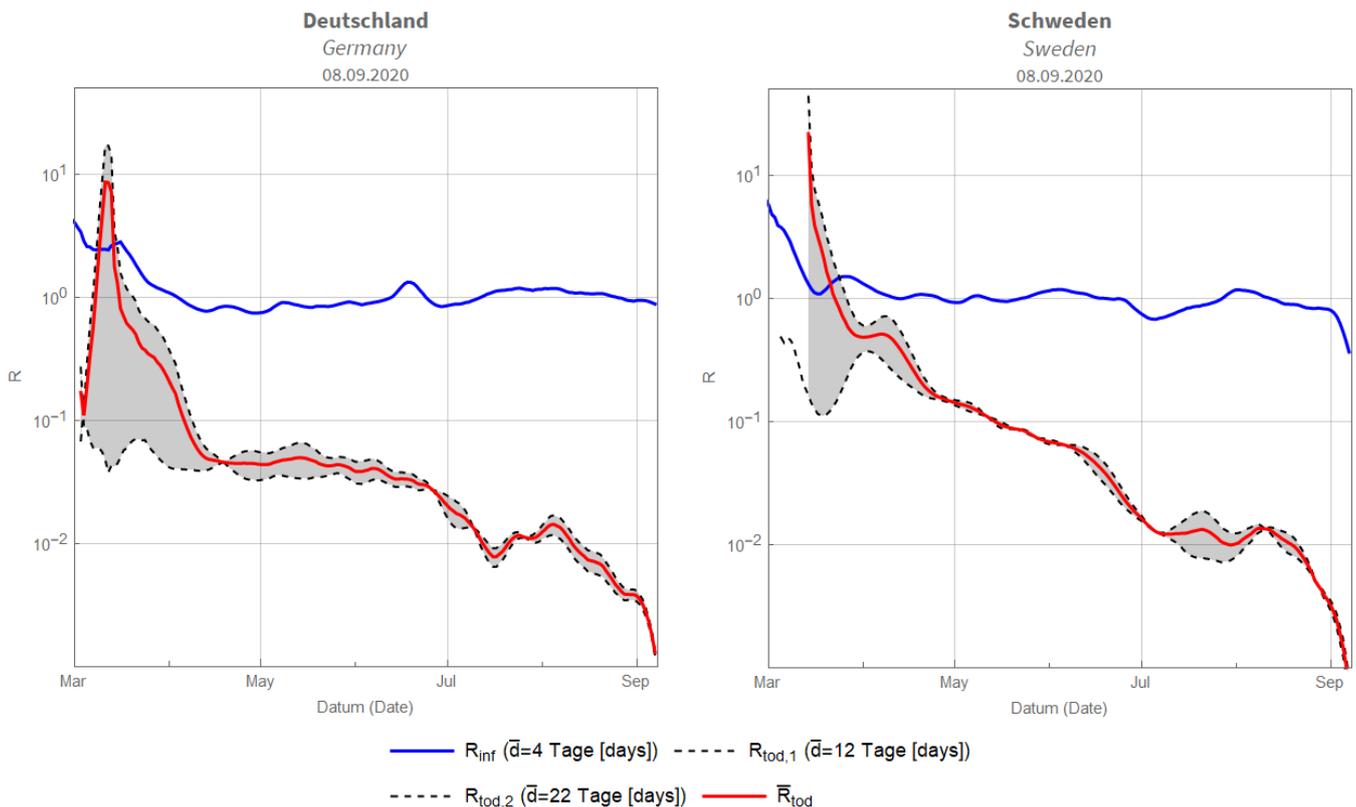


Abbildung 12: Reproduktionsraten und Sterberaten in Deutschland und Schweden. Sterberaten in 3 Varianten, siehe Legende unter den Grafiken.

Zur Erzeugung der Kurven wird wie oben erörtert auf mit einem Gauß-Filter geglättete Verläufe für COVID-19-Sterbe- und -Infizierten-Zahlen zurückgegriffen (vergleiche nachfolgende Abbildung 13; I ... Zahl der gemeldeten Infizierten; T ... Zahl der gemeldeten Verstorbenen).

Zur aussagekräftigen Darstellung des Verlaufs auch bei kleinen R-Werten wird eine logarithmische Darstellung gewählt.

Für beide Länder ist zu erkennen, dass der R-Wert (im Bild mit R_{inf} bezeichnet) seit Mitte April 2020 um 1 schwankt, was aufgrund obiger Erläuterungen nicht unerwartet ist. Die Sterbe-Rate R_{tot} , dargestellt mit dem rot gekennzeichneten Verlauf¹⁶, hat in beiden Ländern vom Anfang der COVID-19-Pandemie bis zum 08.09.2020 um etwa 3 Größenordnungen abgenommen. Da die Sterbe-Rate niemals größer wie 1 werden kann (jeder Infizierte stirbt höchstens einmal), weisen R_{tot} -Werte größer als 1 unmittelbar auf fehlerhafte Eingangsdaten hin! Trotz R-Werten um 1 verstirbt in beiden Ländern somit praktisch niemand mehr aufgrund einer Infektion mit COVID-19.

¹⁶ Der Verlauf ergibt sich als Mittelwert zweier anderer, schwarz strichlierter Verläufe. Diese werden für Zeitdauern vom Symptombeginn bis zum Tod von 12 bis 22 Tagen ermittelt ([RKI03], [RKI04]). Im logarithmischen Maßstab ist der Unterschied der Verläufe außer im kritischen Anfangsbereich nicht bedeutsam.

Der wandernde große rote Punkt gilt für Deutschland, seine Zeitspur ist mit kleineren roten Punkten dargestellt. Der wandernde große weiße Punkt zusammen mit den kleinen weißen Punkten gilt für die Welt. Der weiße Punkt tritt in der Animation erst verspätet in Erscheinung, da erst dann ausreichend Werte für eine Weltbetrachtung zur Verfügung stehen. Länder ohne COVID-19-Infizierte und -Verstorbene sind in der Grafik nicht dargestellt, da dies in der gewählten doppelt-logarithmischen Darstellung nicht möglich ist.

Die Grafik zeigt, dass das zugrundeliegende Zahlenwerk zu Beginn der Pandemie unvollständig ist, da die auf die bis dahin gezählten Infizierten bezogene Sterberate größer 1 ist. Dieser Mangel verschwindet mit der Zeit, wobei Infizierten-Raten kleiner 0,35 oder größer als 6 ebenfalls eine erhebliche Abweichung von den mit dem SIR-Modell als Minimum/Maximum vorhergesagten Infizierten-Raten, siehe oben, darstellen; ihre Glaubwürdigkeit ist insofern ebenfalls kritisch zu betrachten.

Eine Betrachtung der Dynamik der Punktwolke sowie der Bewegung des weißen „Welt“-Punktes zeigt, dass die Sterbe-Raten (Zahl der Verstorbenen im Vergleich zur Zahl der Infizierten) in allen Ländern mit der Zeit abnimmt und teilweise schon marginal werden; dies gilt insbesondere in Deutschland. Letzteres lässt sich schon in Abbildung 12 gut erkennen.

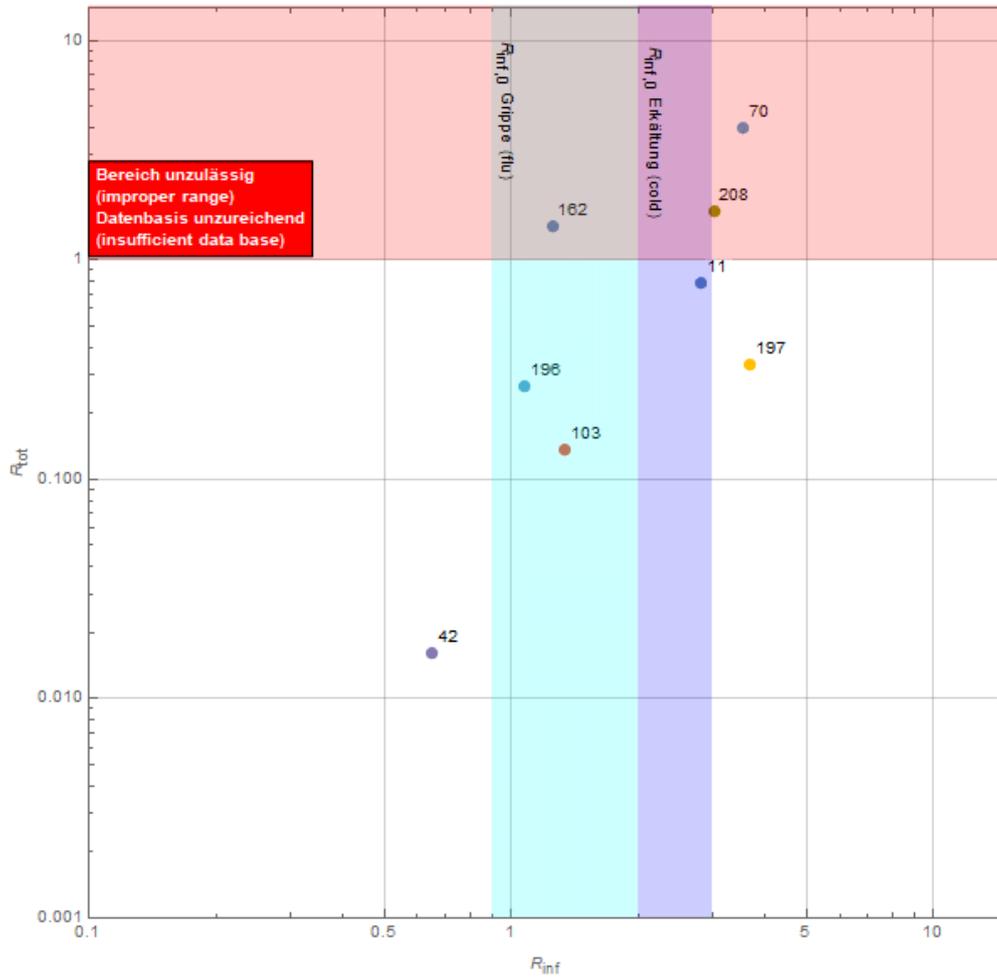
Weiter lässt sich erkennen, dass die Punktwolke insgesamt zu immer kleineren Werten tendiert, wobei die Punkte augenscheinlich immer enger zusammenrücken. Auch wird die „verbotene“ rote Werte-Zone im Laufe der Zeit immer seltener überschritten. Beides ist möglicherweise auch auf eine weltweit zunehmende Zuverlässigkeit bei der Zählung der entsprechenden Ausgangswerte, insbesondere der Zählungen infizierter Personen zurückzuführen.

COVID-19-Entwicklung weltweit, kumuliert

COVID-19 global progress, cumulative

02.03.2020

Ur-Daten (data base): WHO



1 AF	2 AL	3 DZ	4 AD	5 AO	6 AI	7 AG	8 AR
9 AM	10 AW	11 AU	12 AT	13 AZ	14 BS	15 BH	16 BD
17 BB	18 BY	19 BE	20 BZ	21 BJ	22 BM	23 BT	24 BO
25 BQ	26 BA	27 BW	28 BR	29 VG	30 BN	31 BG	32 BF
33 BI	34 CV	35 KH	36 CM	37 CA	38 KY	39 CF	40 TD
41 CL	42 CN	43 CO	44 KM	45 CG	46 CR	47 CI	48 HR
49 CU	50 CW	51 CY	52 CZ	53 CD	54 DK	55 DJ	56 DM
57 DO	58 EC	59 EG	60 SV	61 GQ	62 ER	63 EE	64 SZ
65 ET	66 FK	67 FO	68 FJ	69 FI	70 FR	71 GF	72 PF
73 GA	74 GM	75 GE	76 DE	77 GH	78 GI	79 GR	80 GL
81 GD	82 GP	83 GU	84 GT	85 GG	86 GN	87 GW	88 GY
89 HT	90 VA	91 HN	92 HU	93 IS	94 IN	95 ID	96 IR
97 IQ	98 IE	99 IM	100 IL	101 IT	102 JM	103 JP	104 JE
105 JO	106 KZ	107 KE	108 XK	109 KW	110 KG	111 LA	112 LV
113 LB	114 LS	115 LR	116 LY	117 LI	118 LT	119 LU	120 MG
121 MW	122 MY	123 MV	124 ML	125 MT	126 MQ	127 MR	128 MU
129 YT	130 MX	131 MC	132 MN	133 ME	134 MS	135 MA	136 MZ
137 MM	138 NA	139 NP	140 NL	141 NC	142 NZ	143 NI	144 NE
145 NG	146 MK	147 MP	148 NO	149 PS	150 OM	151	152 PK
153 PA	154 PG	155 PY	156 PE	157 PH	158 PL	159 PT	160 PR
161 QA	162 KR	163 MD	164 RE	165 RO	166 RU	167 RW	168 BL
169 KN	170 LC	171 MF	172 PM	173 VC	174 SM	175 ST	176 SA
177 SN	178 RS	179 SC	180 SL	181 SG	182 SX	183 SK	184 SI
185 SO	186 ZA	187 SS	188 ES	189 LK	190 SD	191 SR	192 SE
193 CH	194 SY	195 TJ	196 TH	197 GB	198 TL	199 TG	200 TT
201 TN	202 TR	203 TC	204 UG	205 UA	206 AE	207 TZ	208 US
209 VI	210 UY	211 UZ	212 VE	213 VN	214 YE	215 ZM	216 ZW

Abbildung 14: Animierte Darstellung des länderweiten Zusammenhangs zwischen Infektions- und Sterberaten. Erläuterungen siehe Text.