

## Corona-Statement v. 02.05. 21:46 Uhr GMT

Quelle: <http://lindner-dresden.de/corona/>

Datenquelle: [Johns-Hopkins-Universität](#)

Guten Abend,

### Vorwort

Weltweit über 3,4 Mio. Infizierte und über 240.000 Todesfälle.

Die USA haben über 1,1 Mio. Infizierte und jetzt schon über 65.000 Todesfälle.

In den tabellarischen Übersichten und Diagrammen wurde die Reproduktionszahl R aufgenommen. Sie wird nach RKI-Definition berechnet als Verhältnis von Neuzugängen der letzten beiden aufeinanderfolgenden 4-Tagesintervallen, wobei die Meldezahlen einem speziellen NowCasting unterworfen werden.

Es erweist sich am Diagramm mit der **Reproduktionszahl R für China** (s.u.), dass diese Zahl nicht als alleiniges Kriterium geeignet ist. **Wuhan ist in die Freiheit entlassen worden mit R=1,7**. Das liegt ganz klar daran, dass R eine Verhältniszahl ist, in die die absolute Zahl der Neuzugänge keine Berücksichtigung findet (zur Reproduktionszahl s. S. 3, 9, 12, 13).

### Lage in Deutschland

#### Logistisches Wachstumsmodell

##### Was ist das? – eine Erklärung

Auch beim logistischen Modell geht es darum, auf der Basis einer Datenzeitreihe eine mathematische Funktion zu finden, die sich möglichst gut dieser Datenzeitreihe anpasst. Damit ist es möglich verschiedene Aussagen auf Basis dieser Funktion abzuleiten. Bei den Aussagen sind vor allem Maxima, Minima, Nullstellen (Schnittpunkte mit der Zeitachse), Wendepunkte, Prognosen gefragt. Bei einer logistischen Funktion gibt es eine obere Schranke (Sättigungsgrenze). An dieser wird das Wachstum begrenzt, höhere Werte dieser Funktion gibt es nicht. Insbesondere stellt aber auch der Wendepunkt einen markanten Punkt dar. Bis zu diesem Wendepunkt steigen die Wachstumsraten immer schneller an. Trügerisch ist dabei der Verlauf in der Anfangsphase, da die zunächst niedrigen Zahlen unterschätzt werden. Das Ausmaß des Wachstums wird nicht für möglich gehalten. Epidemien entwickeln sich jedoch in dieser Anfangsphase exponentiell. Nach dem Wendepunkt nehmen die Wachstumsraten wieder ab. Der Prozess des Wachstums kommt an einer oberen Schranke letztendlich zum Erliegen.

#### Aktuelle Daten

Infektionen						
Gesamt	Neu	%	Geheilte	Aktive	Tote	
164.967	890	0,5%	129.000	29.173	6.794	4,12%
<b>Verdopplungszeit</b>		92,6	Geometrisches Mittel (5 Tage)			
<b>Reproduktionszahl R</b>		1,03	= 103 / 100			

Heute wieder ein **dreistelliger Zuwachs**, prozentual 0,5%.

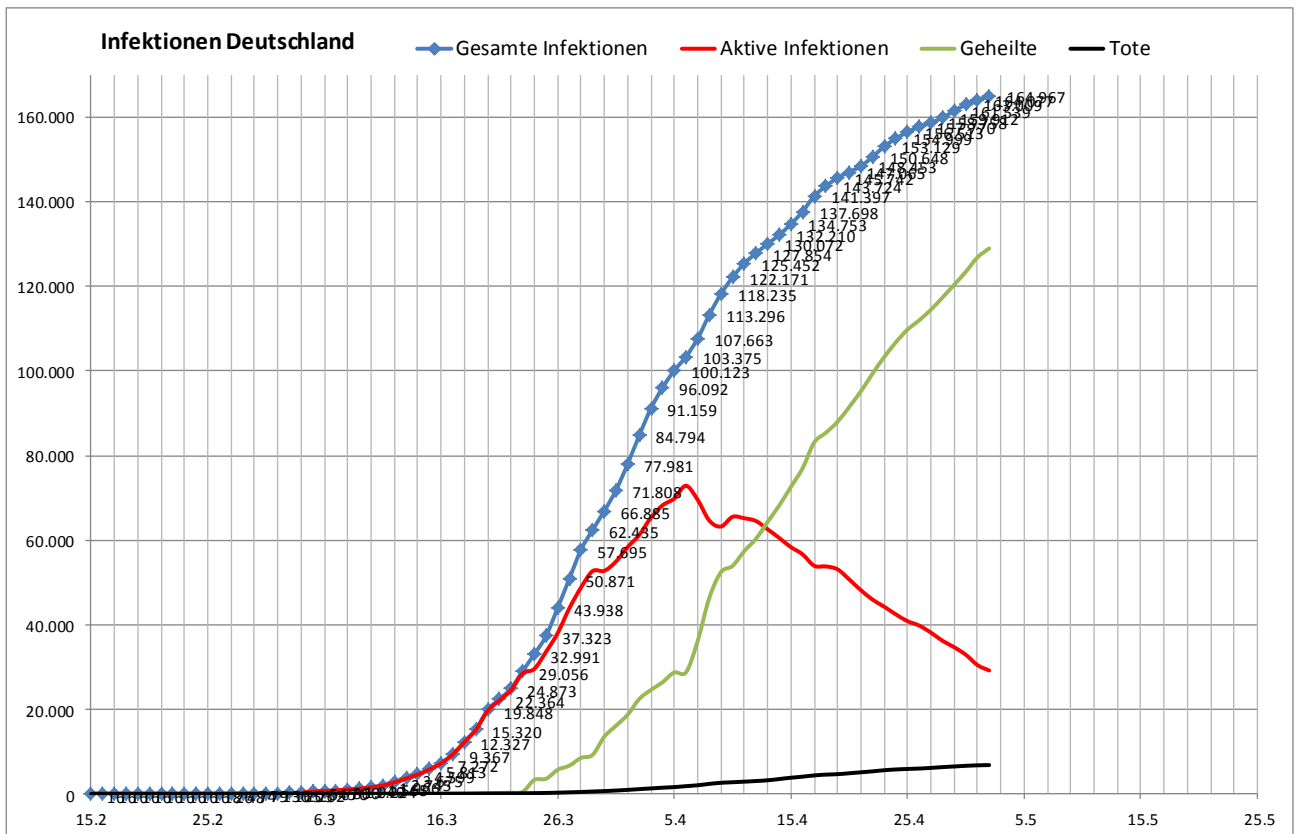
Die Anzahl der Toten liegt bei über 6.700!

Die Sterblichkeitsrate beträgt jetzt über 4%!

Die Verdopplungszeit steigt heute wieder leicht an. Das ist gut!

Die Reproduktionszahl ist mit R=1,03 ansteigend! Das ist nicht so gut!

## Gesamte Infektionen, Aktive Infektionen, Geheilte und Tote



Erfreulich: Die Anzahl Geheilten ist seit 13.04. größer als die Anzahl der (noch) Aktiven Infektionen.

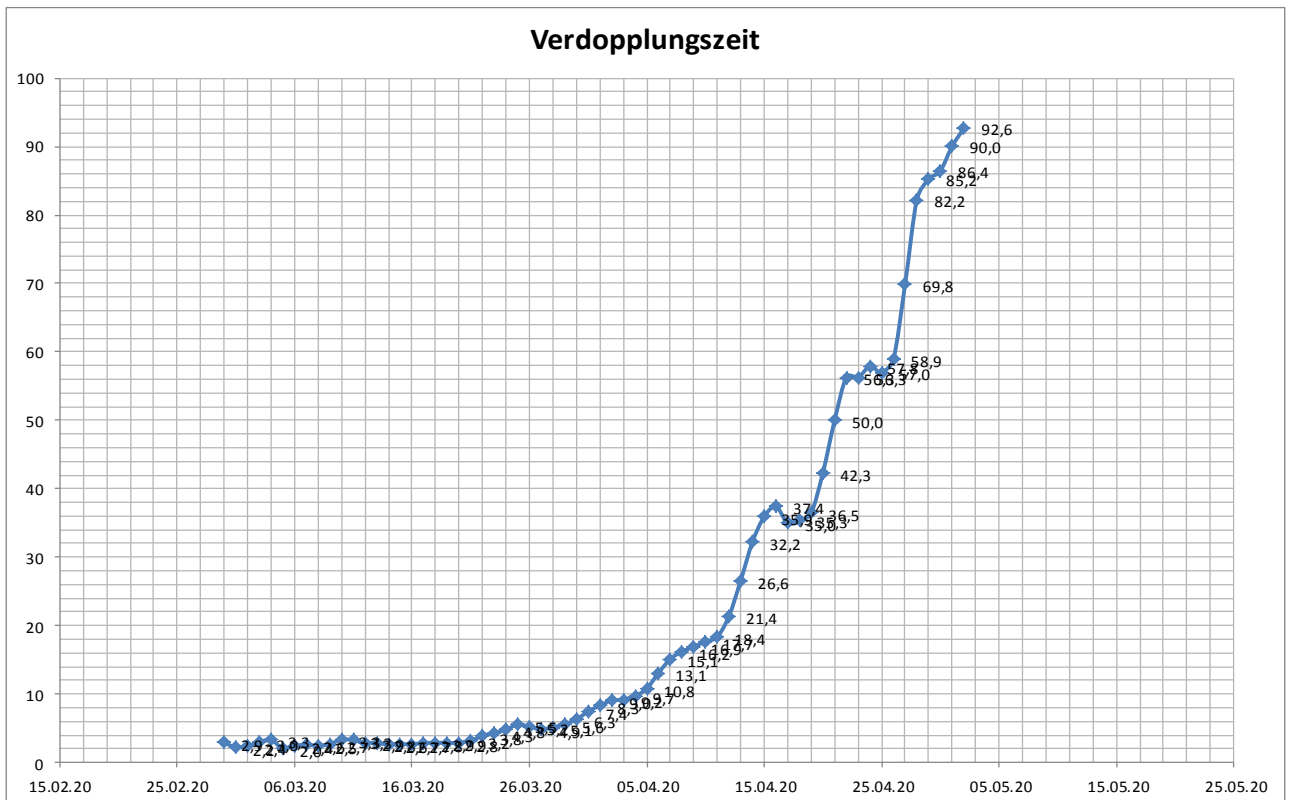
## Prozentsätze der täglichen Änderungen



Die blauen Werte stellen die tatsächlichen Prozentsätze dar. Unter 1%, gut.

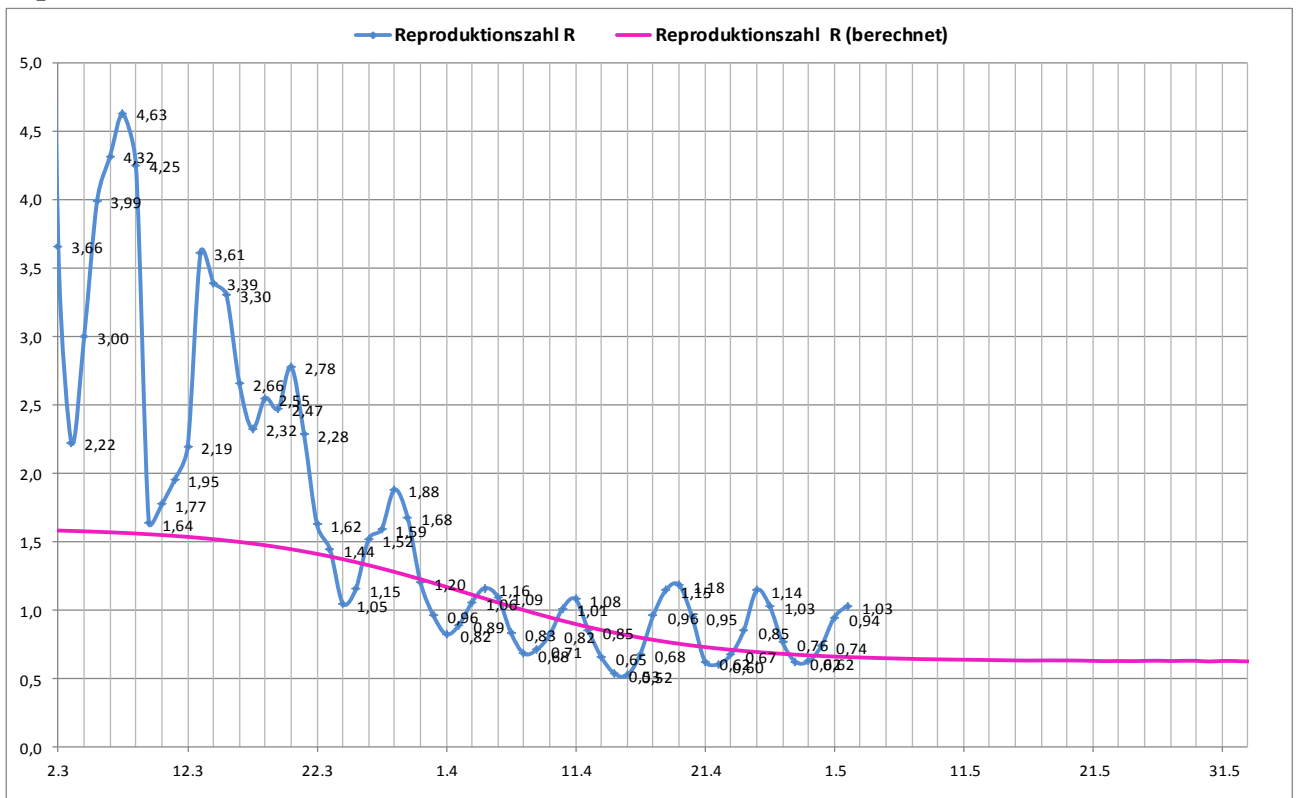
Die magenta-Kurve ist auf der Basis einer logistischen Wachstumsfunktion mit der oberen Schranke  $S = 170.000$  Infizierte entstanden. Sie sollte der Wegweiser sein.

## Verdopplungszeit



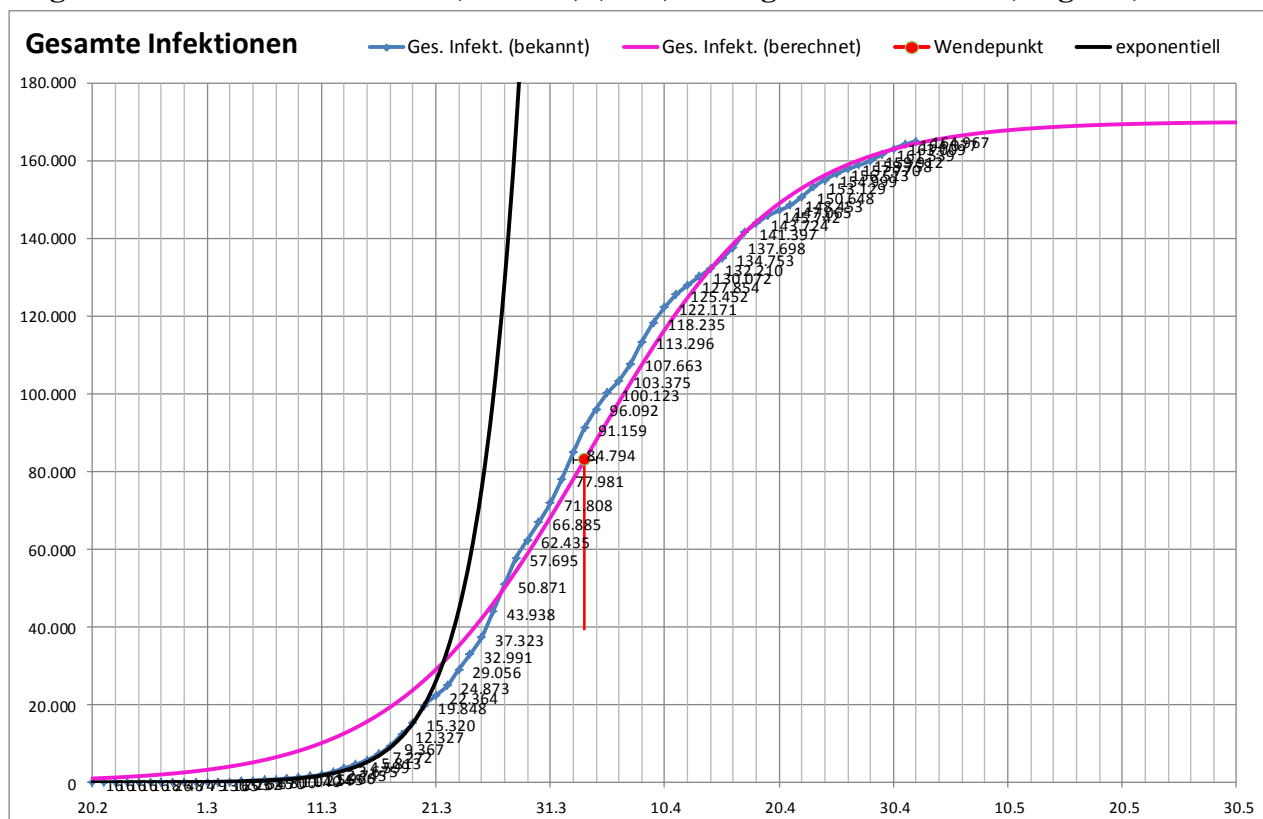
Das Wachstum der Infiziertenzahl ist soweit abgeflacht, dass es nicht mehr exponentiell ist. Es hat sich ein logistisches Wachstum etabliert. Somit verliert die Verdopplungszeit als Exit-Kriterium an Aussagekraft. Die Verdopplungszeit steigt jedoch weiter an. Das ist gut so.

## Reproduktionszahl



Eine weitere Kennzahl zur Bewertung einer Pandemie ist die Reproduktionszahl R. Die Reproduktionszahl ist die Anzahl der Personen, die im Durchschnitt von einem Infizierten innerhalb einer Generationszeit (hier 4 Tage) angesteckt werden. Eine Epidemie wird eingedämmt, wenn der Wert unter eins ist. Die Pandemie (1. Infektionswelle) sollte im Idealfall im Mai mit  $R=0,6$  auslaufen.

## Diagramm Gesamte Infektionen (bekannt) (blau) mit logistischem Trend (magenta)



Im Diagramm werden die bekannten gesamten Infektionen (blau) und zwei aus diesen Daten mathematisch berechnete Kurven dargestellt.

Die magenta-Kurve ist eine **logistische Wachstumsfunktion** und stellt den wahrscheinlichen Verlauf dar.

Die schwarze Kurve ist eine **exponentielle Wachstumsfunktion** und stellt den Verlauf dar, wenn keine Maßnahmen beschlossen worden wären.

**Dies hätte über 9 Mio. Infizierte zu Ostern zur Folge gehabt (s. Tabelle)**

Die senkrechte rote Linie markiert den **Wendepunkt für den 03.04.** und damit den endgültigen Bruch eines exponentiellen Verlaufs.

Der zeitliche Verlauf befindet sich damit in der zweiten Halbzeit (Dauer jeweils ca. 6 Wochen).

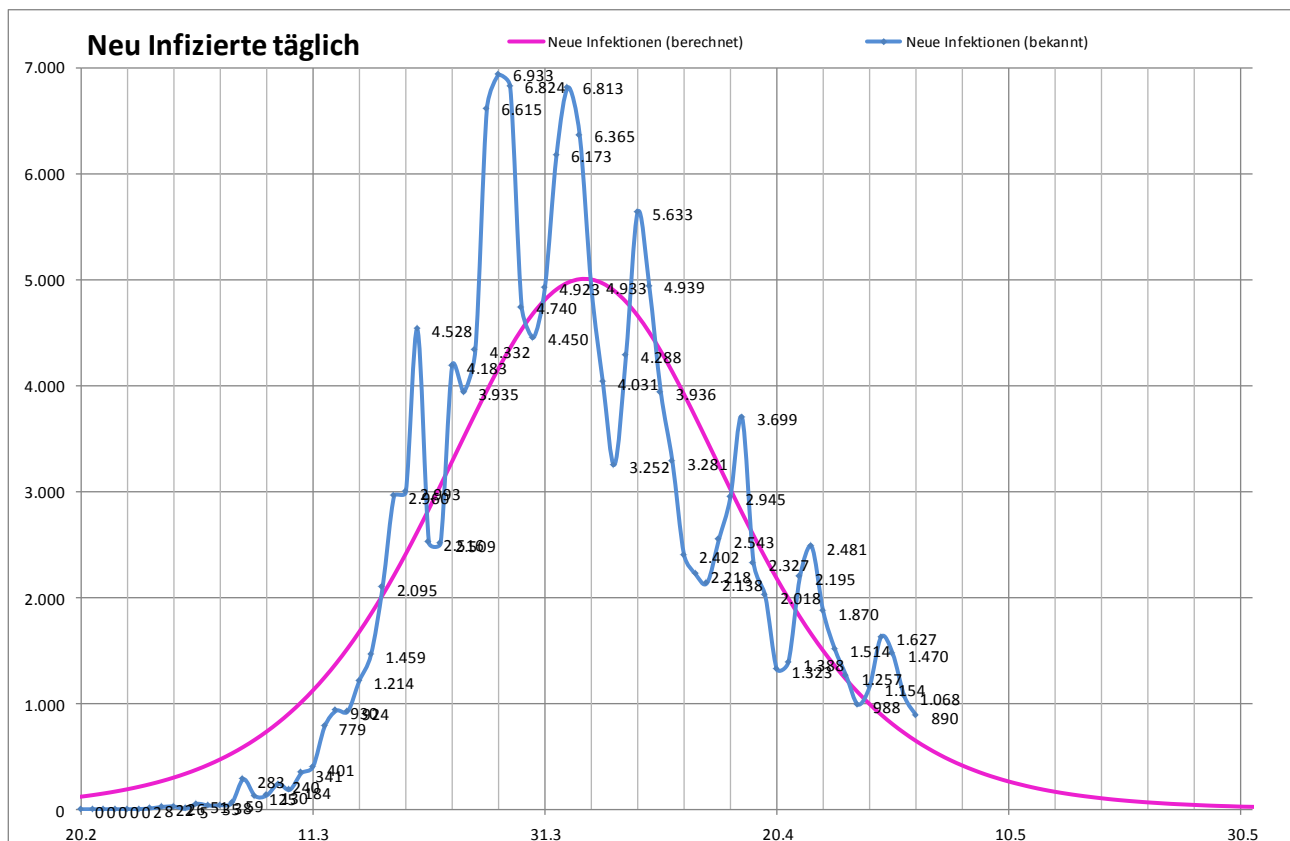
Die obere Schranke mit  $S=170.000$  Infizierten würde Mitte bis Ende Mai erreicht werden.

**Die logistische Trendfunktion (magenta) zeigt damit für Mitte bis Ende Mai ein Auslaufen der Pandemie (1. Infektionswelle) in Deutschland an.**

Mit dieser Trendfunktion werden die folgenden Prognosewerte berechnet und der Wendepunkt bestimmt:

		Infizierte (berechnet)		
		mit		ohne
Prognose	Maßnahmen Datum	Gesamt	Neue	Gesamt
aktuell	02.05.20	164.333	645	1.868.627.795
Ostern	12.04.20	124.661	3.916	9.103.207
Himmelfahrt	21.05.20	169.377	73	
Pfingsten	31.05.20	169.757	23	
Wendepunkt	03.04.20	82.931	5.003	

## Diagramm Neu Infizierte (täglich) (blau) mit logistischem Trend (magenta)



Die Wochenendeffekte von den Wochenenden 21./22.3., 28./29.3., 4./5.4., Ostern und 18./19.4 sind gut zu erkennen.

Heute wieder ein Zuwachs unter 1000! Dreistellig, kann aber auch ein Wochenendeffekt sein.

Mathematischer Hinweis:

Die magenta-Glockenkurve stellt die 1. Ableitung der logistischen Wachstums-Funktion (s. vorheriges Diagramm) dar. Der Tag, an dem das Maximum erreicht wird (aktuell: 03.04.), entspricht dem Tag des Wendepunktes der logistischen Funktion.

## Lage in Italien

### Aktuelle Daten

Infektionen					
Gesamt	Neu	%	Geheilte	Aktive	Tote
209.328	1.900	0,9%	79.914	100.704	28.710
<b>Verdopplungszeit</b>		71,5	Geometrisches Mittel (5 Tage)		
<b>Reproduktionszahl R</b>		0,92	= 92 / 100		

## Lage in den USA

### Aktuelle Daten

Infektionen								
Gesamt	Neu	%	Geheilte	Aktive	Tote			
1.156.278	25.248	2,2%	170.201	918.851	67.226	5,81%		
<b>Verdopplungszeit</b>		25,9	Geometrisches Mittel (5 Tage)					
<b>Reproduktionszahl R</b>		1,09	= 109 / 100					

Die Gesamtzahl der Infektionen nun über 1,1 Millionen.

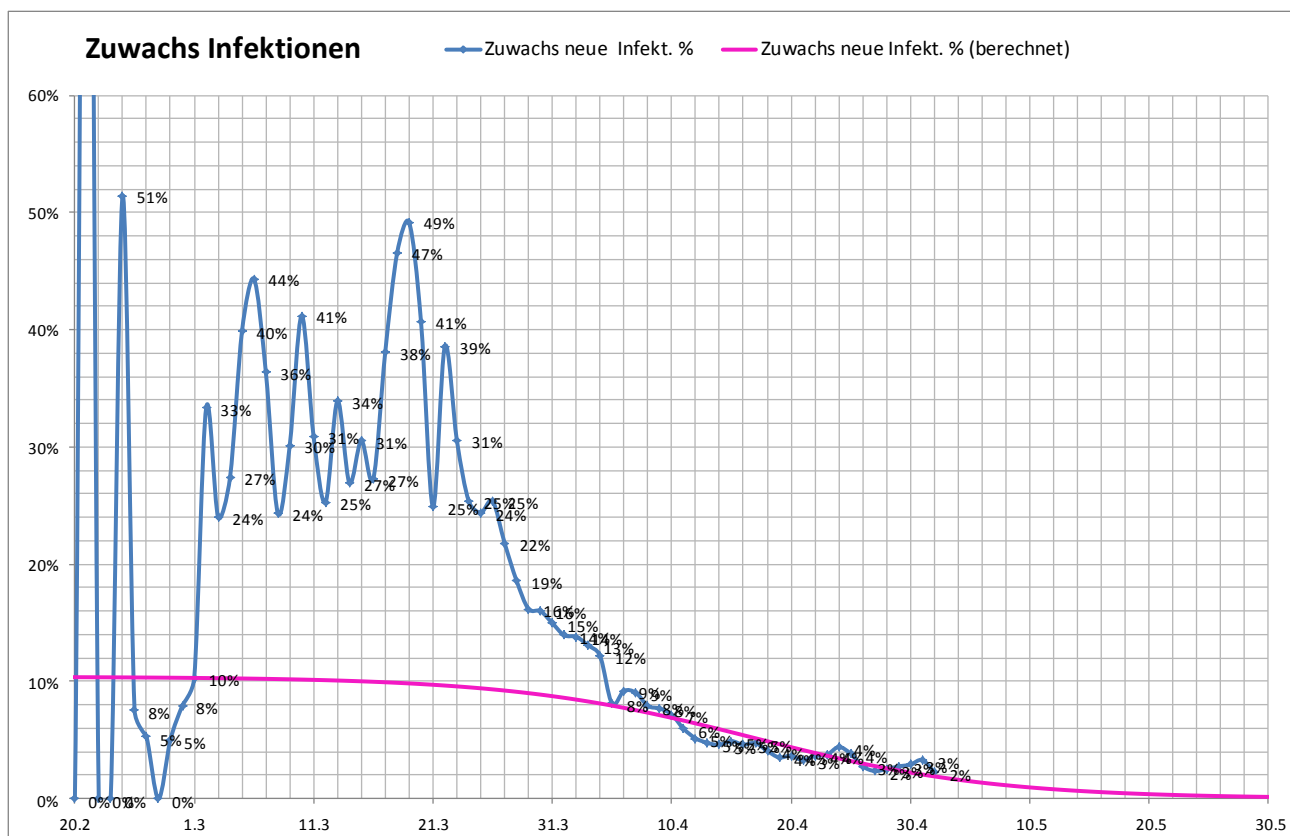
Der %-Zuwachs der neuen Infektionen liegt weiterhin im einstelligen Bereich unter 5%.

Die Anzahl der Toten ist jetzt über 67.000!

Die Verdopplungszeit liegt bei 26 Tagen, stagnierend!!!

Die Reproduktionszahl weist mit  $R=1,09$  nicht auf eine Eindämmung der Pandemie hin.

### Prozentsätze der täglichen Änderungen

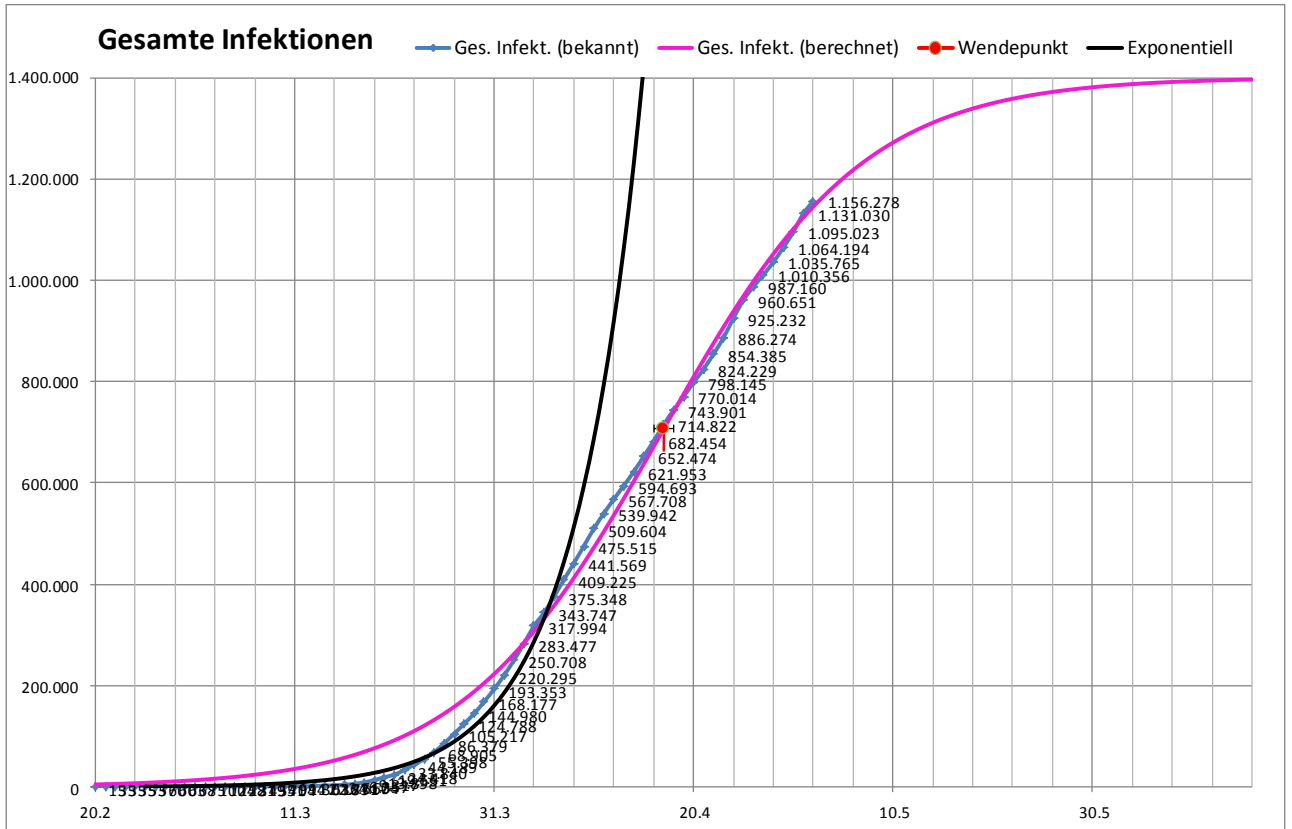


Die blauen Werte stellen die tatsächlichen Prozentsätze dar.

Die aktuellen Prozentsätze liegen jetzt schon unter 5% . Auch in den USA eine erfreuliche Entwicklung.

Die magenta-Kurve ist auf der Basis einer logistischen Wachstumsfunktion mit der oberen Schranke  $S = 1.400.000$  Infizierte entstanden.

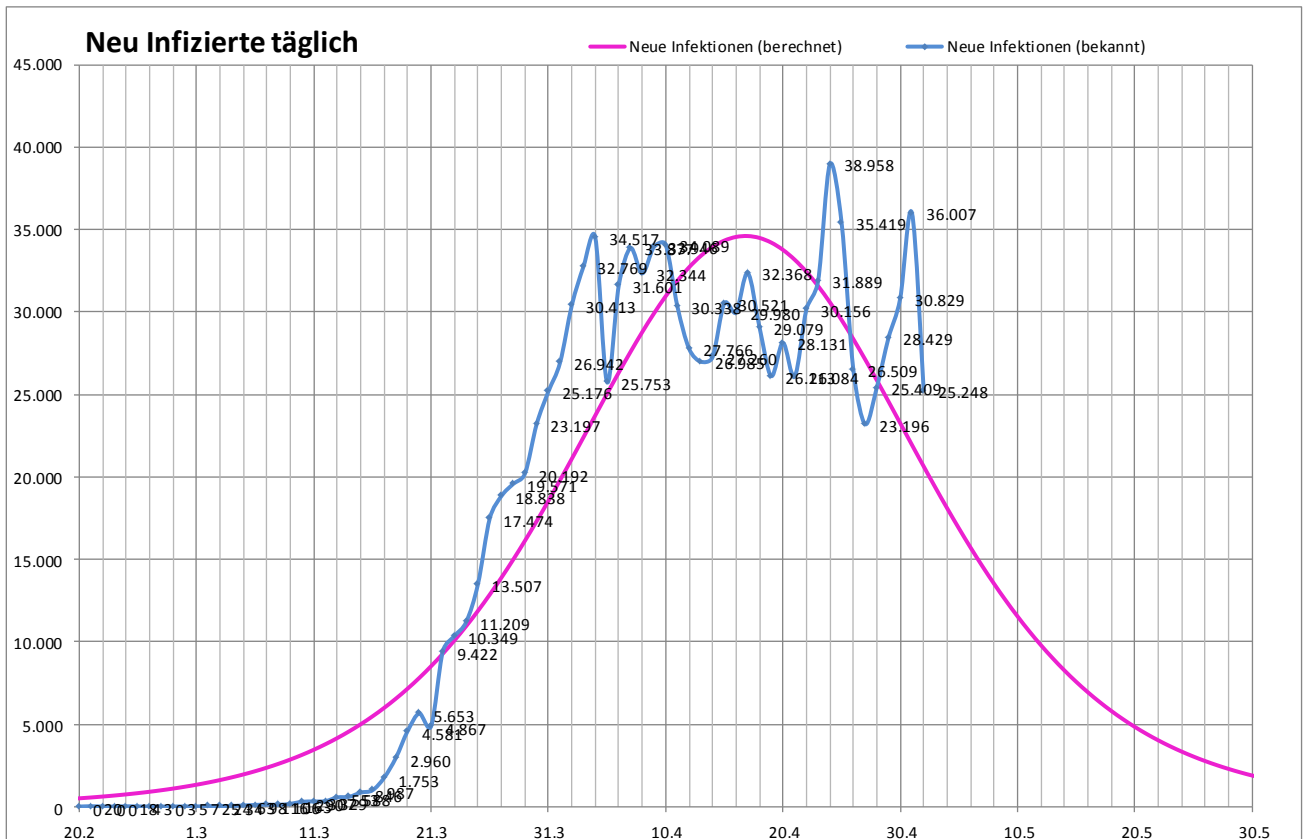
## Diagramm Gesamte Infektionen (bekannt) (blau) mit logistischem Trend (magenta)



Der Verlauf avisiert eine obere Schranke bei 1.400.000 Infektionen.

Die Million wurde überschritten.

Die schwarze Kurve zeigt einen exponentiellen Verlauf an. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass ein Auslaufen der Pandemie gegen Mitte Juni möglich ist.



Es scheint sich jetzt ein Abwärtsgang zu etablieren, jedoch sehr zäh.

## Vorbild China ?

Am 23.01. wurden für die Provinz Hubei (60 Mio. Einwohner) mit der Hauptstadt Wuhan (11 Mio. Einwohner) die restriktiven Maßnahmen erlassen.

Am 08.04. wurde nach 76 Tagen Wuhan wieder „in die Freiheit“ entlassen.

Bemerkenswert: Der Entlassungstag war ca. 1 Monat nach dem die Zahl der täglichen Neuinfektionen von 100 Neuinfizierten unterschritten wurde. **Die Reproduktionszahl R lag am 08.04. bei 1,7 !!! Das heißt ganz eindeutig, dass die Reproduktionszahl kein alleiniges Kriterium sein kann.**

Ursache: Die Reproduktionszahl ist eine Verhältniszahl, in der die absolute Zahl der täglich Neuinfizierten nicht zum Ausdruck kommt.

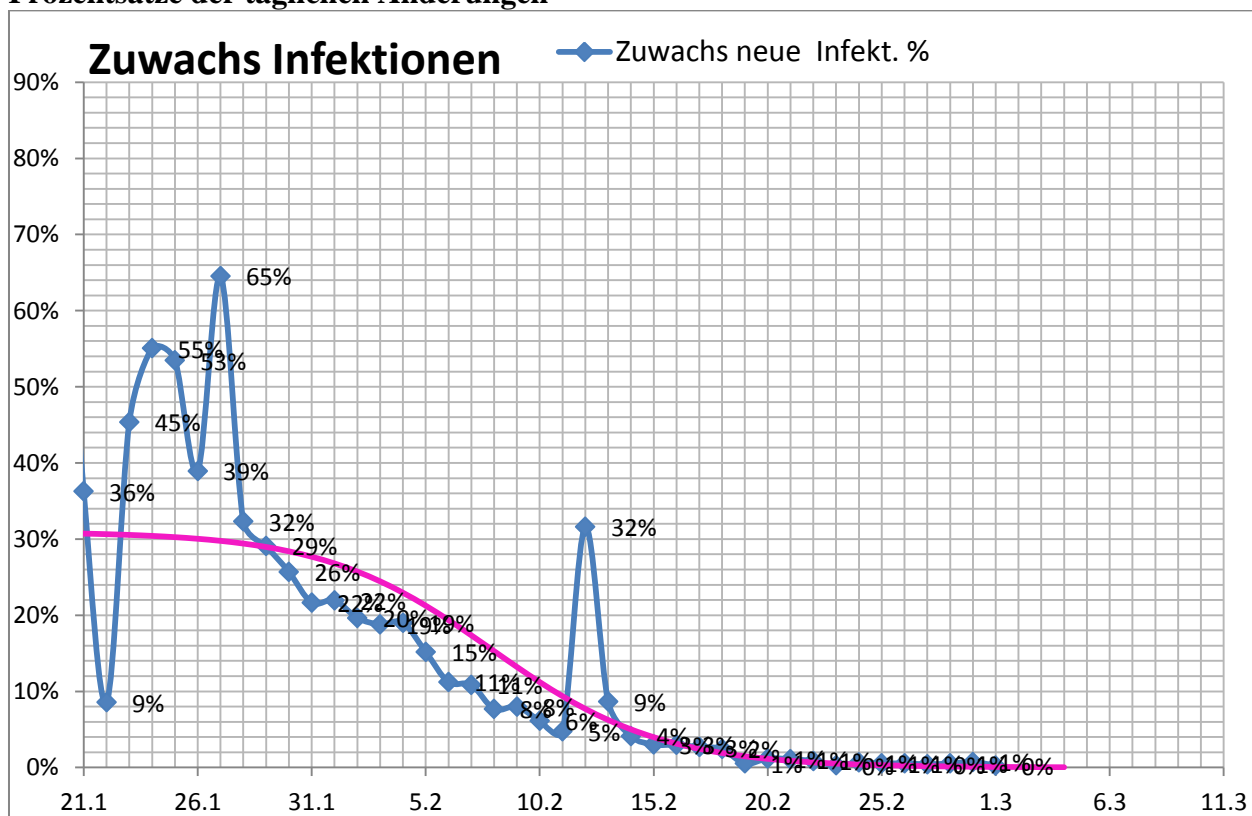
## Aktuelle Daten

Infektionen						
Gesamt	Neu	%	Geheilte	Aktive	Tote	
82.875	1	0,0%	77.685	557	4.633	5,59%
<b>Verdopplungszeit</b>		9972,2	Geometrisches Mittel (5 Tage)			
<b>Reproduktionszahl R</b>		1,22	= 122 / 100			

Die aktuellen Daten sprechen für sich! Neuzugänge: 1!

R=1,22 über 1, jedoch bedeutungslos wegen des niedrigen Neuzugangs!

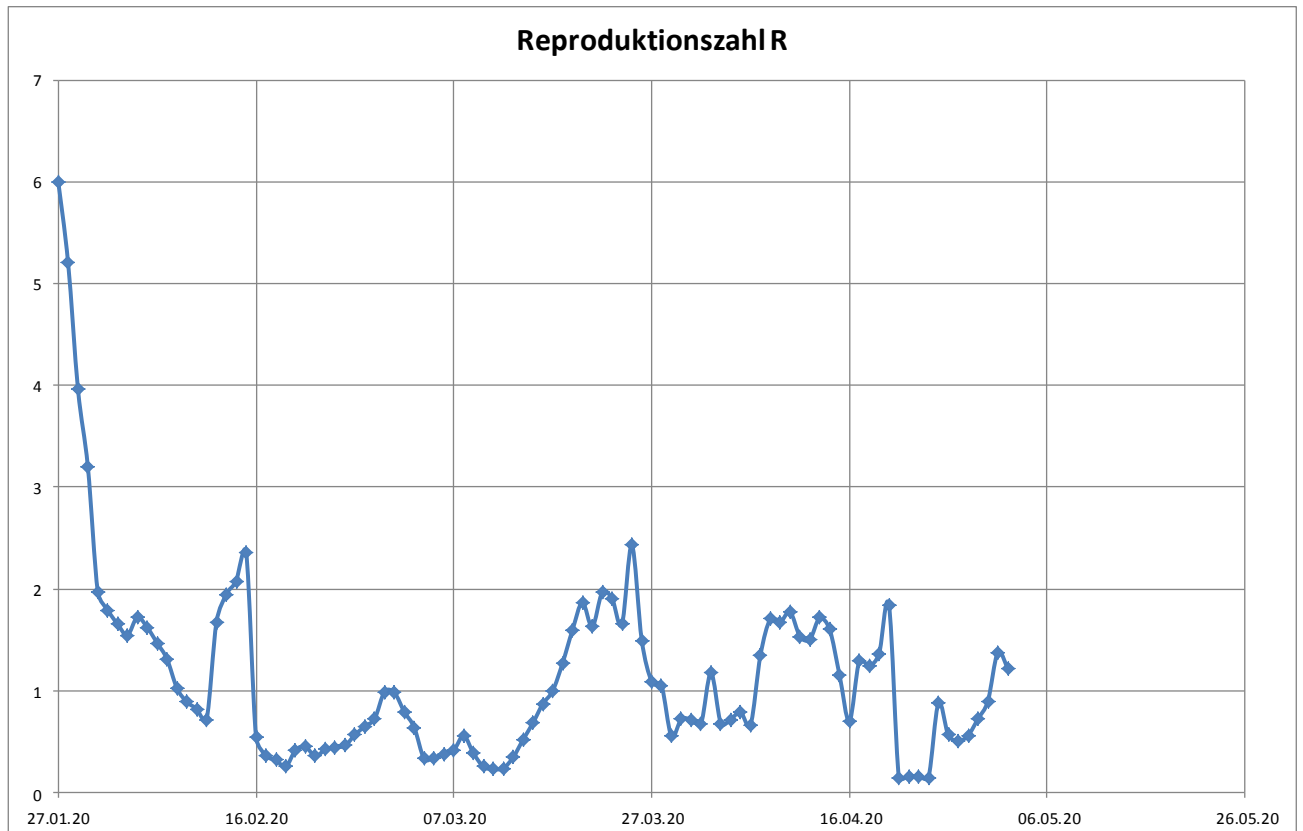
## Prozentsätze der täglichen Änderungen



Sehr schnell wurden die täglichen %-Zuwächse an Infizierten unter die 10%-Marke gedrückt. Bereits 16 Tage nach dem Shutdown wurden einstellige %-Sätze erreicht.

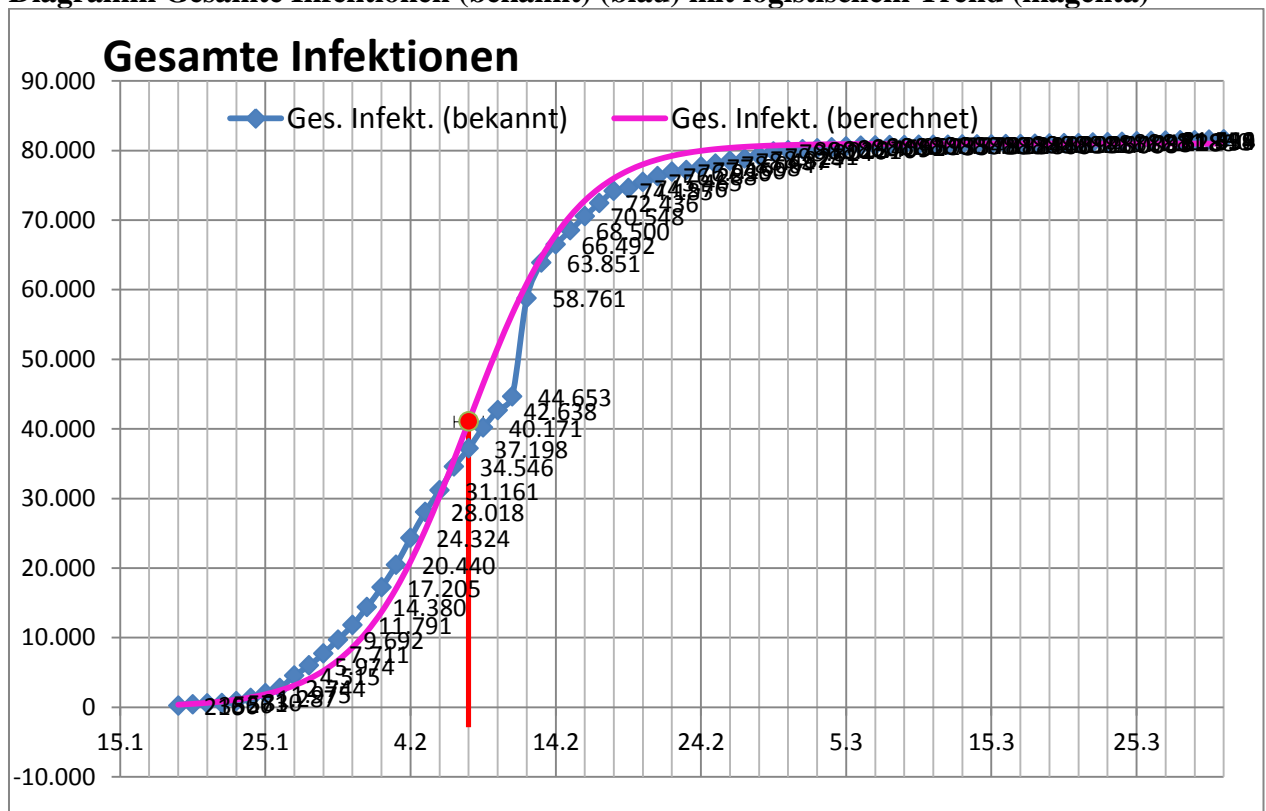


## Reproduktionszahl



Die Reproduktionszahl R lag am 08.04., dem Tag der Befreiung von Wuhan, bei 1,7 !!!

## Diagramm Gesamte Infektionen (bekannt) (blau) mit logistischem Trend (magenta)



„Die Kurve richtig kriegen“; so hat es China geschafft.

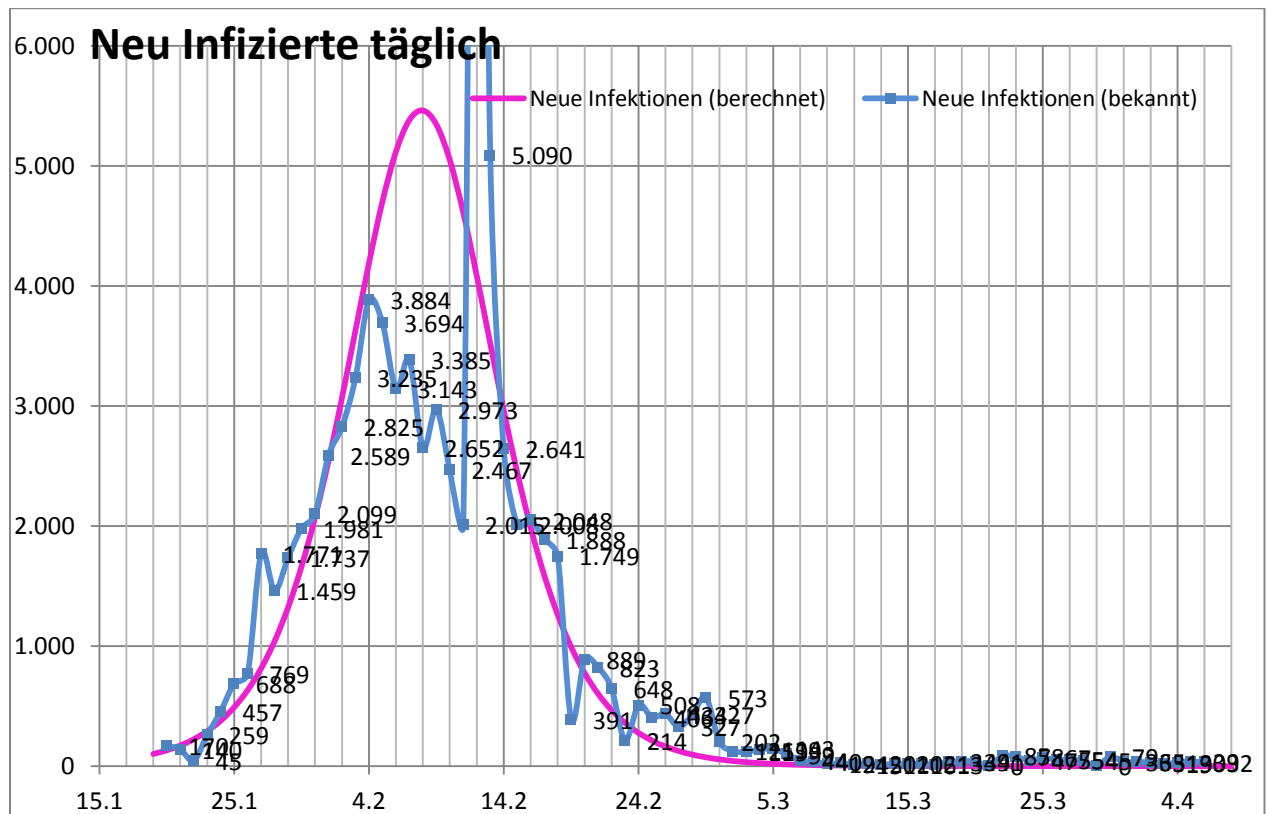
Die logistische Wachstumsfunktion (magenta) bildet sehr gut als mathematische Funktion den tatsächlichen Verlauf der Anzahl der Infizierten ab.

Der Wendepunkt wurde schon am 08.02. (16 Tage nach dem Shutdown) mit ca. 40.000 Infizierten erreicht.

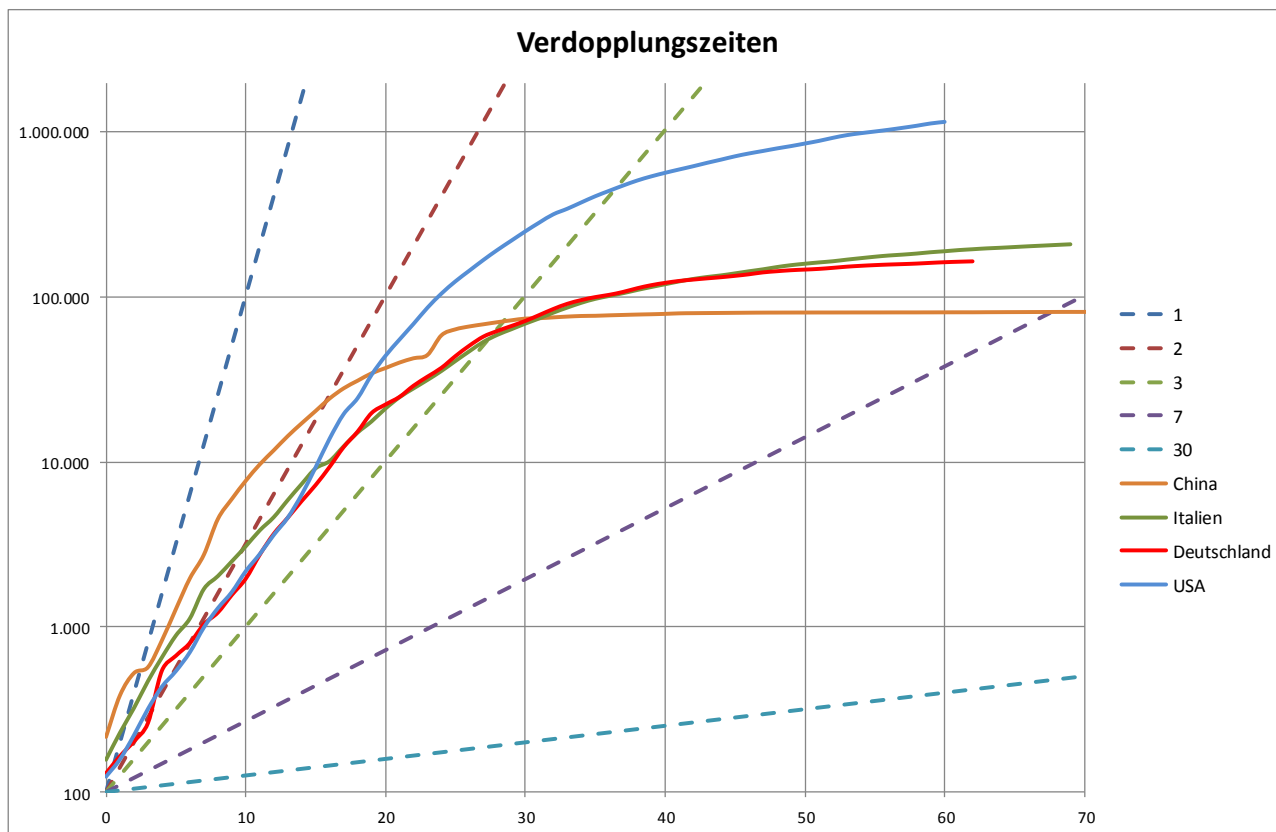
Die obere Schranke wurde mit ca. 81.000 Infizierten am 01.03. erreicht (38 Tage nach dem Shutdown). Die Zuwachsraten liegen ab dem 01.03. nun dauerhaft bei rund 0%. Am 08.04. wurde Wuhan nach 76 Tagen wieder „in die Freiheit“ entlassen.

Auf Deutschland bezogen (Shutdown am 22.03.) müsste ein dauerhafter Anstieg von rund 0% ab dem 29.04. zu sehen sein. Das ist verpasst, Deutschland braucht eine längere Zeit.

Die komplette Aufhebung des Lockdown (Wuhan am 08.04. nach 76 Tagen) würde auf Deutschland übertragen am 06.06. stattfinden, also 1 Woche nach Pfingsten.



## Ländervergleich bzgl. Verdopplungszeiten



Während für China ab Tag30 die Plateauphase zu erkennen ist, sehe ich für Italien und Deutschland erst ein Ansteuern der Plateauphase. Deutschland könnte sie fast erreicht haben. Die USA haben sich schon weit in den 3 bis 7 Tage - Bereich der Verdopplungszeit bewegt.

### Lese-Hinweis:

Das Diagramm gibt die Verdopplungszeiten (in Tagen) der bekannten Infektionenzahlen in ihrer zeitlichen Entwicklung an. Die Vergleichbarkeit der Länder wird dadurch gewährt, dass der Tag0 derjenige Tag ist, an dem die Anzahl der bekannten Infektionen die Anzahl 100 überschritten hat. So werden alle Länder auf die gleiche Ausgangssituation getrimmt. Die gestrichelten Linien geben die Verdopplung in 1, 2, 3, 7 und 30 Tagen an. Das Diagramm ist logarithmisch skaliert bzgl. der y-Achse (Infiziertenzahlen).

Das Überschreiten der 100 passierte, wie in der folgenden Tabelle angegeben:

	Differenz zu China		
<b>Tag 0</b>	35	42	44
19.01.20	23.02.20	01.03.20	03.03.20
<b>China</b>	<b>Italien</b>	<b>Deutschland</b>	<b>USA</b>

Während der Tag0 in China auf den 19.01. fällt, stellt sich für Italien der Tag0 35 Tage später ein, für Deutschland 42 Tage und für die USA 44 Tage später. D.h. bspw.: Deutschland „hinkt“ gegenüber Italien 1 Woche hinterher.

## **Fazit:**

Erfreulich niedrige einstellige Zuwachsraten in Deutschland als auch in den USA.

Die Verdopplungszeit für Deutschland steigt weiterhin an.

Die Reproduktionszahl für Deutschland liegt bei  $1,03 = 103/100$ , d.h. 100 Personen stecken noch 103 an.

Die Zielvorgabe vom RKI-Chef für eine Reproduktionszahl  $R < 1$  ist allein für sich genommen als Exit-Kriterium vollkommen unsinnig, da R eine Verhältniszahl ist, die die absolute Zahl der täglichen Neuzugänge nicht berücksichtigt.

Ein Beispiel:

Tägliche Neuzugänge der letzten 8 Tage: 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2 Infizierte  
(beispielhafte Annahme vom ältesten Neuzugang hin bis zum aktuellen)

Für diese täglichen Neuzugänge errechnet sich ein  $R=2$ .

(Berechnung:  $R = (2+2+2+2) / (1+1+1+1) = 8/4 = 2$ ).

Wer sich bei den insgesamt 12 Zugängen in 8 Tagen für eine Aufrechterhaltung des Lockdowns einsetzen würde, weil  $R=2$  ist, der macht sich nicht nur total lächerlich.

Wuhan ist am 08.04. mit einer Reproduktionszahl von  $R=1,7$  in die Freiheit entlassen worden.

## **Bettenbedarf in Deutschland**

In Deutschland stehen derzeit 13.000 freie Intensivbetten (mit Beatmung) zur Verfügung.

Über den %-Anteil hinsichtlich Bettenbedarf und Intensivbettenbedarf gibt es jedoch unterschiedliche Annahmen.

	<b>Bettenbedarf</b>	<b>Bedarf Beatmung</b>	<b>Sterblichkeitsrate</b>
<b>RKI</b>	4,5%	1,1%	0,6%
<b>Imperial College London</b>		1,5%	0,9%
<b>Dt. Gesellschaft für Epidemiologie</b>		2% bis 6%	
<b>ECDC</b>	30%	4%	

Bei Annahme von 2% von der Gesamtzahl der Infizierten würde das Limit bei 650.000 Infizierten liegen. Damit wäre Deutschland bei derzeit ca. 150.000 Infizierten gut aufgestellt.

Bei Annahme von 3% liegt das Limit bei 433.333 Infizierten.

Hoffnung auf weitere sichtbare Besserung der Lage kommt auf.

Allen eine coronafreie Zeit,

Heinz

## **Zitat:**

„Die größte Unzulänglichkeit der Menschheit ist ihre Unfähigkeit, exponentielles Wachstum zu verstehen.“

(Albert Allen Bartlett, amerikanischer Mathematiker (1923-2013))

## **Danksagung**

Ich danke allen, die mir interessante Beiträge zukommen ließen, damit diese auch von anderen Interessierten wahrgenommen werden können.

## Anhang:

### [Corona-Pandemie: Die Mathematik hinter den Reproduktionszahlen R](#)

Bei einer konstanten Generationszeit von 4 Tagen, ergibt sich R als Quotient der Anzahl von Neuerkrankungen in zwei aufeinander folgenden Zeitabschnitten von jeweils 4 Tagen. Der so ermittelte R-Wert wird dem letzten dieser 8 Tage zugeordnet, weil erst dann die gesamte Information vorhanden ist. Daher beschreibt dieser R-Wert keinen einzelnen Tag, sondern ein Intervall von 4 Tagen.

Wenn beginnend vom aktuellen Tag t in den zurück liegenden 7 Tagen mit  $N(t)$ ,  $N(t-1)$ ,  $N(t-2)$ ,  $N(t-3)$ ,  $N(t-4)$ ,  $N(t-5)$ ,  $N(t-6)$ ,  $N(t-7)$  die Anzahl der Neuerkrankungen festgestellt werden, dann ergibt sich die Reproduktionszahl  $R(t)$  mit

$$R(t) = ( N(t) + N(t-1) + N(t-2) + N(t-3) ) / ( N(t-4) + N(t-5) + N(t-6) + N(t-7) )$$

Das RKI verkündet wegen gegebener Dateninkorrektheiten bspw. wie Meldeverzug als Reproduktionszahl  $R(t)$  für den aktuellen Tag t sicherheitshalber die Reproduktionszahl  $R(t-3)$ .