

## Corona-Statement v. 20.05. 21:40 Uhr GMT

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

Datenquelle: [Johns-Hopkins-Universität](https://www.jhu.edu/)

Guten Abend,

### Vorwort

Weltweit über 5 Mio. Infizierte und über 328.000 Todesfälle.

Die USA haben über 1,5 Mio. Infizierte und jetzt schon über 94.000 Todesfälle.  
(Gefallene US-Soldaten: Korea-Krieg: 36.574, Vietnam: 58.220)

Das medizinische Institut IHME an der Universität in Washington geht in einer Prognoserechnung davon aus, dass bis Anfang August 147.000 Amerikaner an dem Sars-Cov-2 Virus sterben werden. Ursache sei die zu schnelle Aufhebung der Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie.

In die tabellarischen Übersichten und Diagramme wurden die Reproduktionszahlen R als auch das 7-Tage-R aufgenommen.

Beide Zahlen sind aber nicht allein maßgebend, um eine Pandemie zu bewerten.

### 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. 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**

<b>Infektionen</b>						
<b>Gesamt</b>	<b>Neu</b>	<b>%</b>	<b>Geheilte</b>	<b>Aktive</b>	<b>Tote</b>	
178.489	662	0,4%	156.900	13.324	8.265	4,63%
<b>Verdopplungszeit</b>		223,0	Geometrisches Mittel (5 Tage)			
<b>Reproduktionszahlen</b>		R=0,73	= 73 / 100	7-Tg-R=0,98	= 98 / 100	

Heute ein **dreistelliger Zuwachs**, + 0,4%.

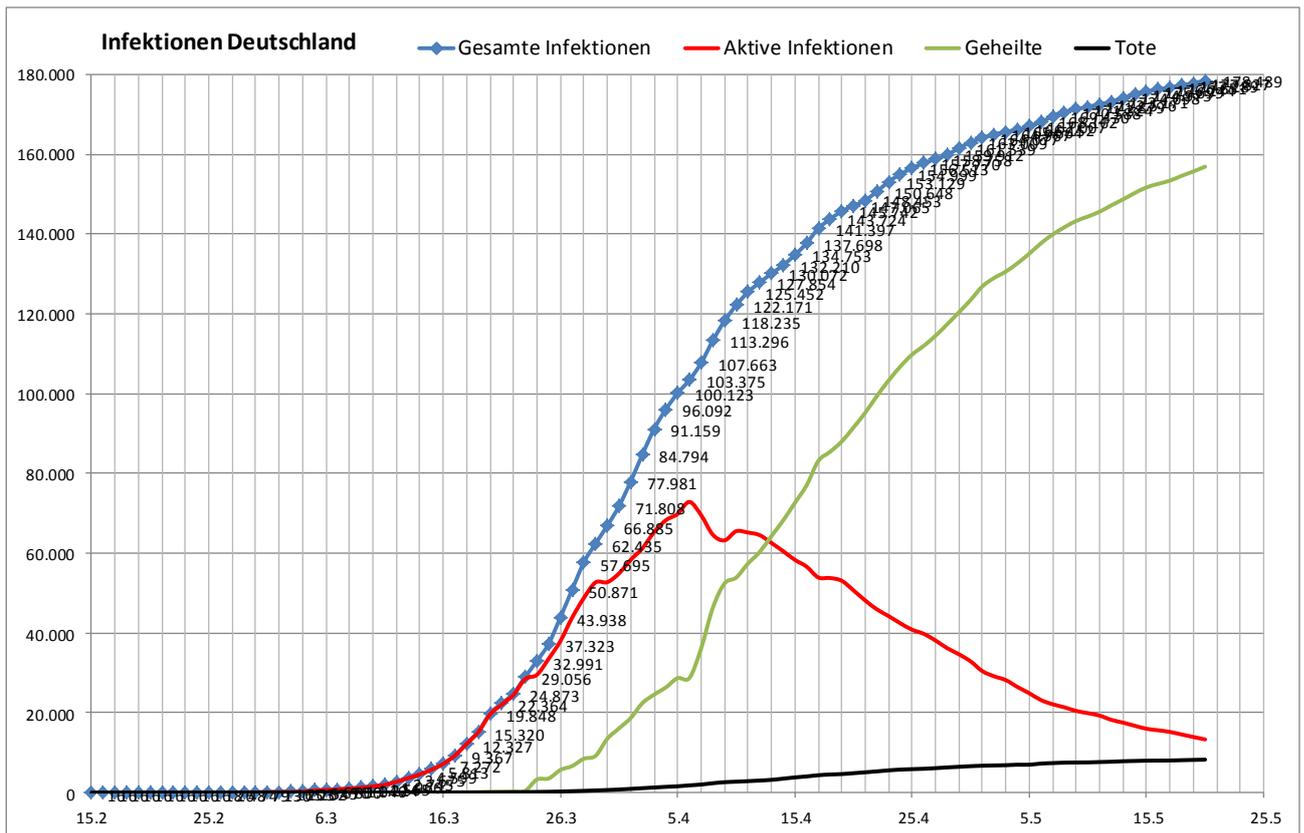
Die Anzahl der Toten liegt heute über 8.200!

Die Sterblichkeitsrate beträgt jetzt bei 4,6%!

Die Verdopplungszeit steigt heute auf einen neuen Höchstwert. Das ist ein gutes Zeichen!

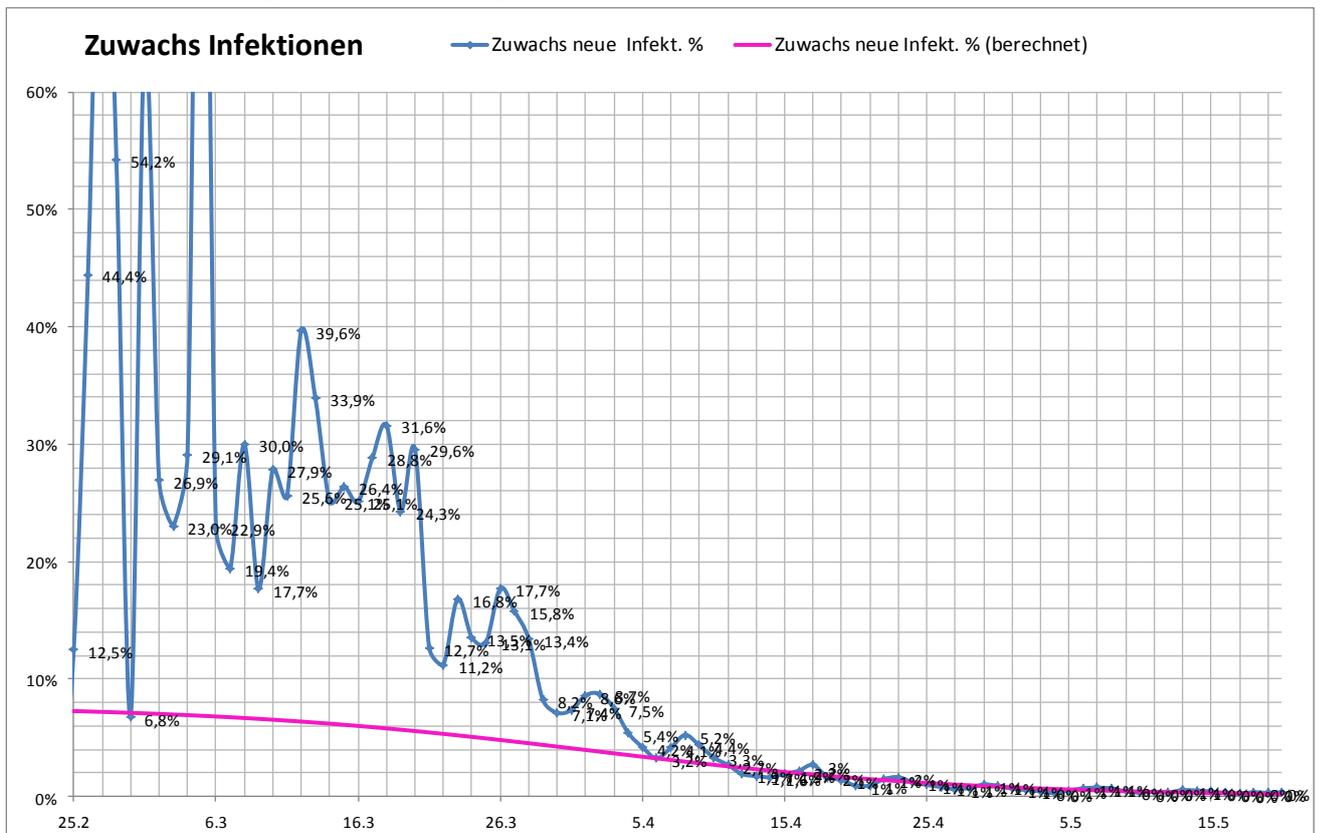
Die Reproduktionszahl ist mit R=0,73 unter 1,0, das 7-Tage-R=0,98 noch unter 1,0.

## Gesamte Infektionen, Aktive Infektionen, Geheilte und Tote



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

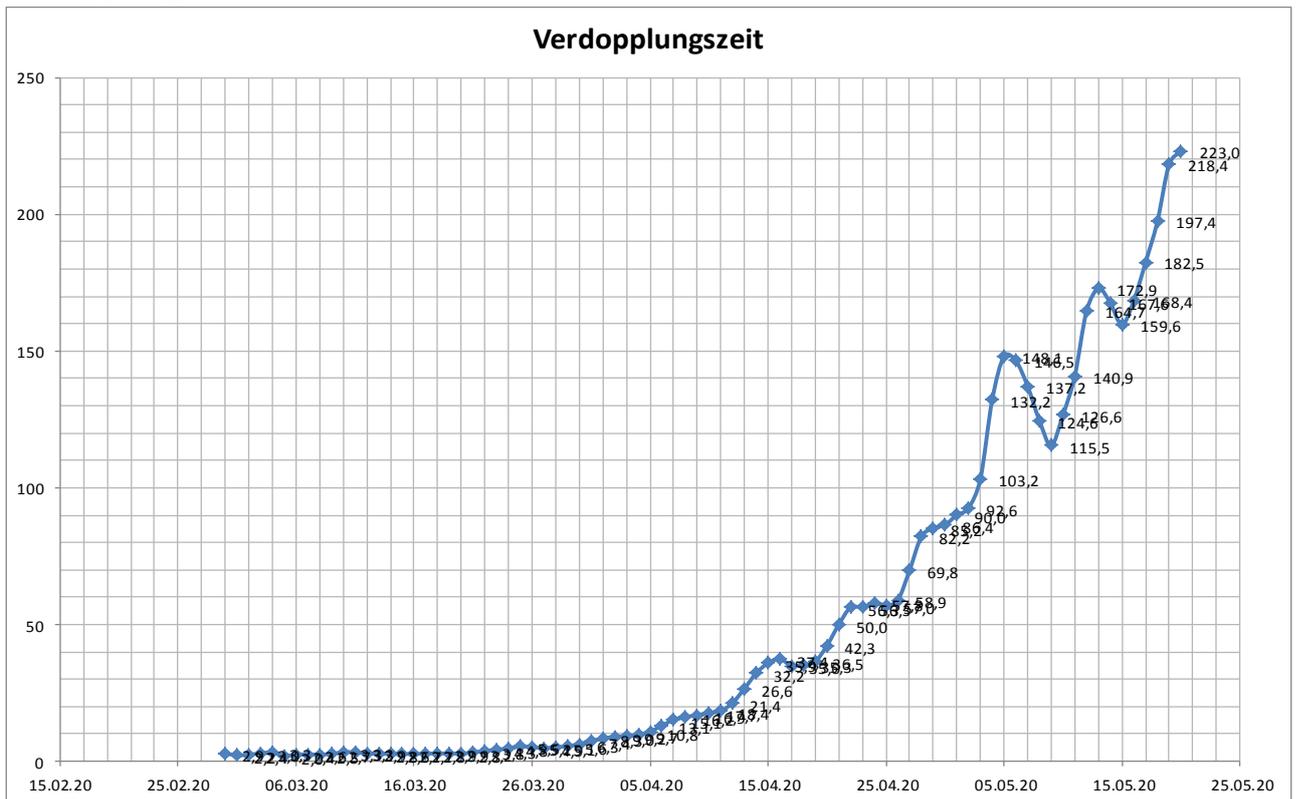
## Prozentsätze der täglichen Änderungen



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

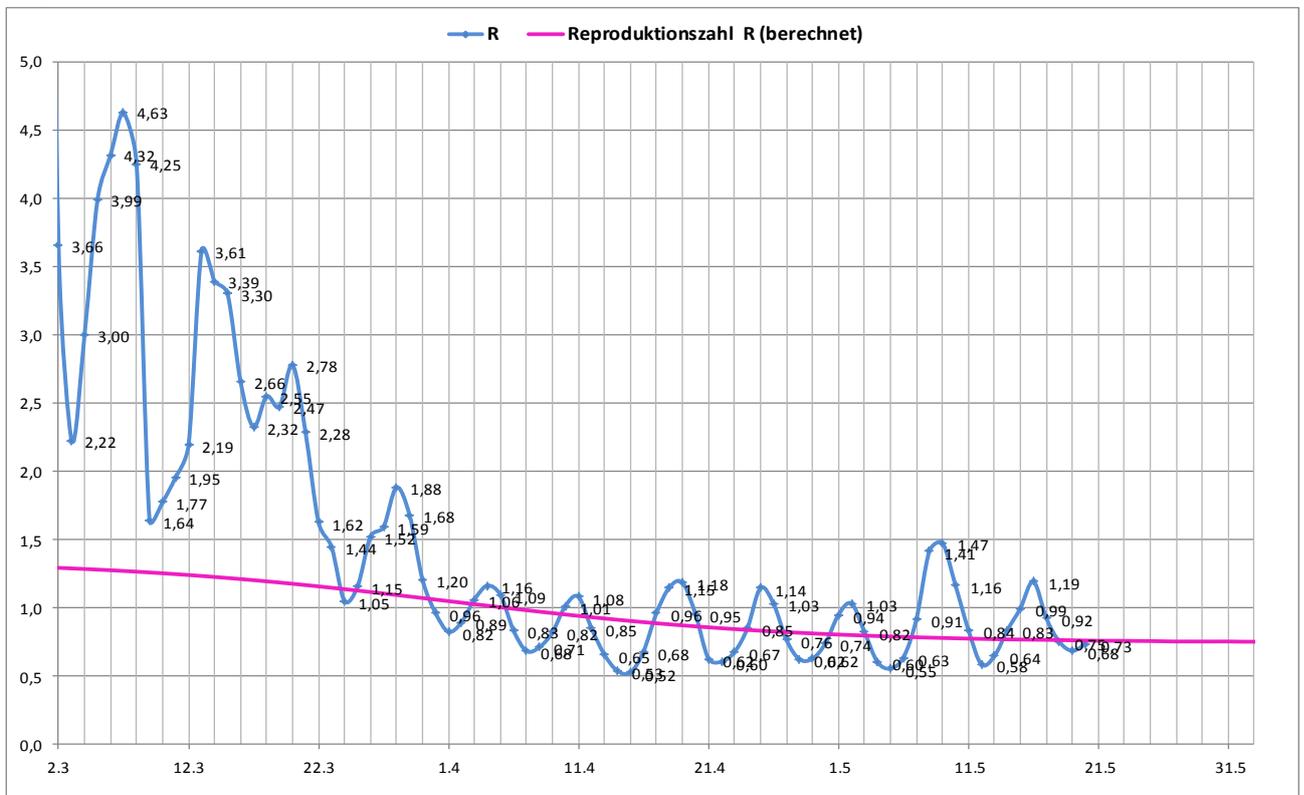
Die magenta-Kurve ist auf der Basis einer logistischen Wachstumsfunktion mit der oberen Schranke  $S = 182.500$  Infizierte entstanden. Sie sollte der Wegweiser sein.

## Verdopplungszeit



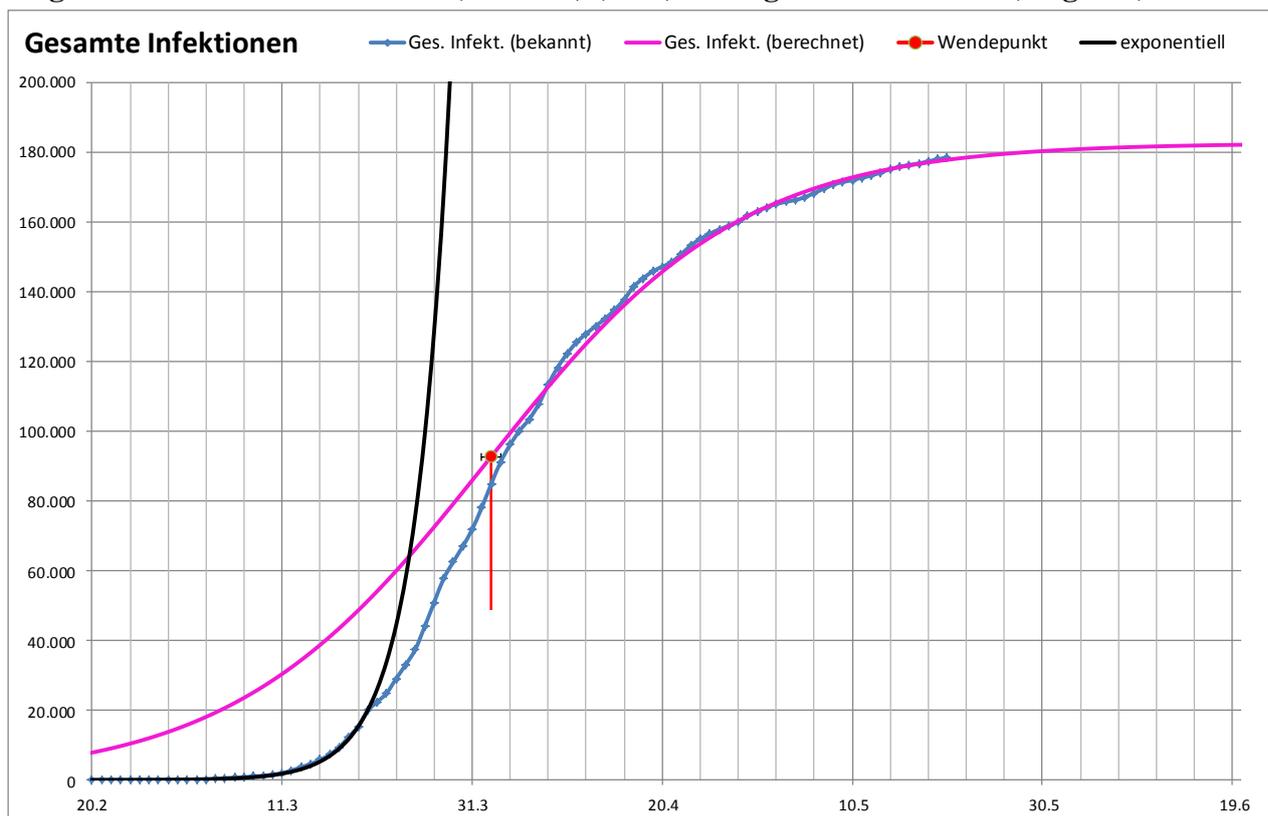
Das Wachstum der Infiziertenzahl ist soweit abgeflacht, dass es nicht mehr exponentiell ist. Es hat sich ein logistisches Wachstum etabliert. Somit verliert die Verdopplungszeit als Exit-Kriterium an Aussagekraft. Die Verdopplungszeit steigt auf ein neues Hoch. Das ist gut.

## Reproduktionszahl



Die Reproduktionszahl R 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 Juni mit  $R=0,6$  auslaufen. Aktuell 0,73, unter 1,0.

## 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 02.04.** und damit den endgültigen Bruch eines exponentiellen Verlaufs.

Der zeitliche Verlauf befindet sich damit in der zweiten Halbzeit (Dauer jeweils ca. 8 Wochen).

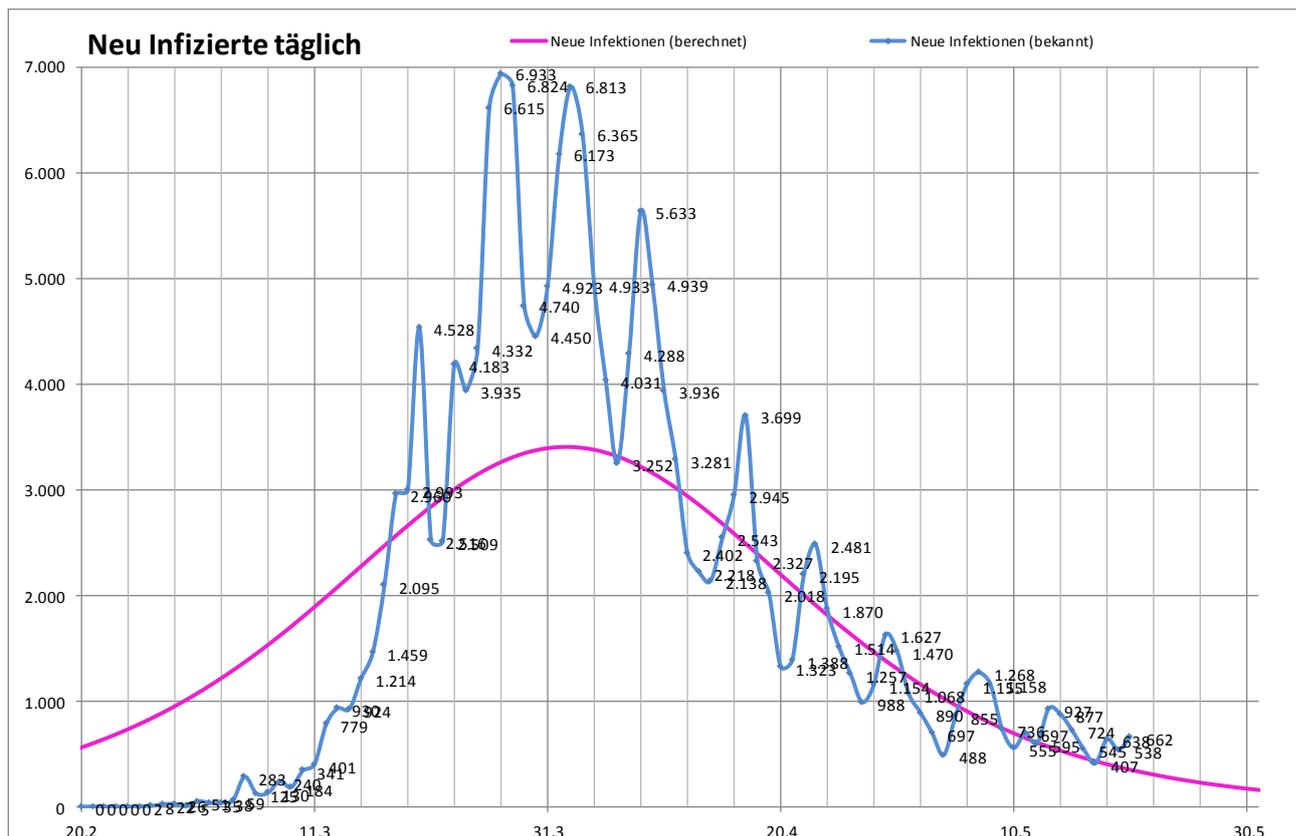
Die obere Schranke mit  $S=182.500$  Infizierten würde bis Anfang/Mitte Juni erreicht werden.

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

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

	Maßnahmen	Infizierte (berechnet)		
		mit	ohne	
Prognose	Datum	Gesamt	Neue	Gesamt
aktuell	20.05.20	177.699	349	225.225.916.537
Ostern	12.04.20	124.994	2.938	9.103.207
Himmelfahrt	21.05.20	178.036	325	
Pfingsten	31.05.20	180.015	158	
Wendepunkt	02.04.20	92.635	3.403	

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



Die Wochenendeffekte von den Wochenenden 21./22.3., 28./29.3., 4./5.4., Ostern, 18./19.4 und 25./26.4. sind gut zu erkennen.  
 Heute ein dreistelliger Zuwachs.

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: 02.04.), entspricht dem Tag des Wendepunktes der logistischen Funktion.

### Lage in Italien

#### Aktuelle Daten

Infektionen					
Gesamt	Neu	%	Geheilte	Aktive	Tote
227.364	665	0,3%	132.282	62.752	32.330
<b>Verdopplungszeit</b>		230,5	Geometrisches Mittel (5 Tage)		
<b>Reproduktionszahl R</b>		0,73	= 73 / 100		

## Lage in den USA

### Aktuelle Daten

Infektionen						
Gesamt	Neu	%	Geheilte	Aktive	Tote	
1.586.716	16.133	1,0%	361.743	1.130.261	94.712	5,97%
Verdopplungszeit		52,5	Geometrisches Mittel (5 Tage)			
Reproduktionszahl R		0,80	= 80 / 100			

Die Gesamtzahl der Infektionen über 1,5 Millionen.

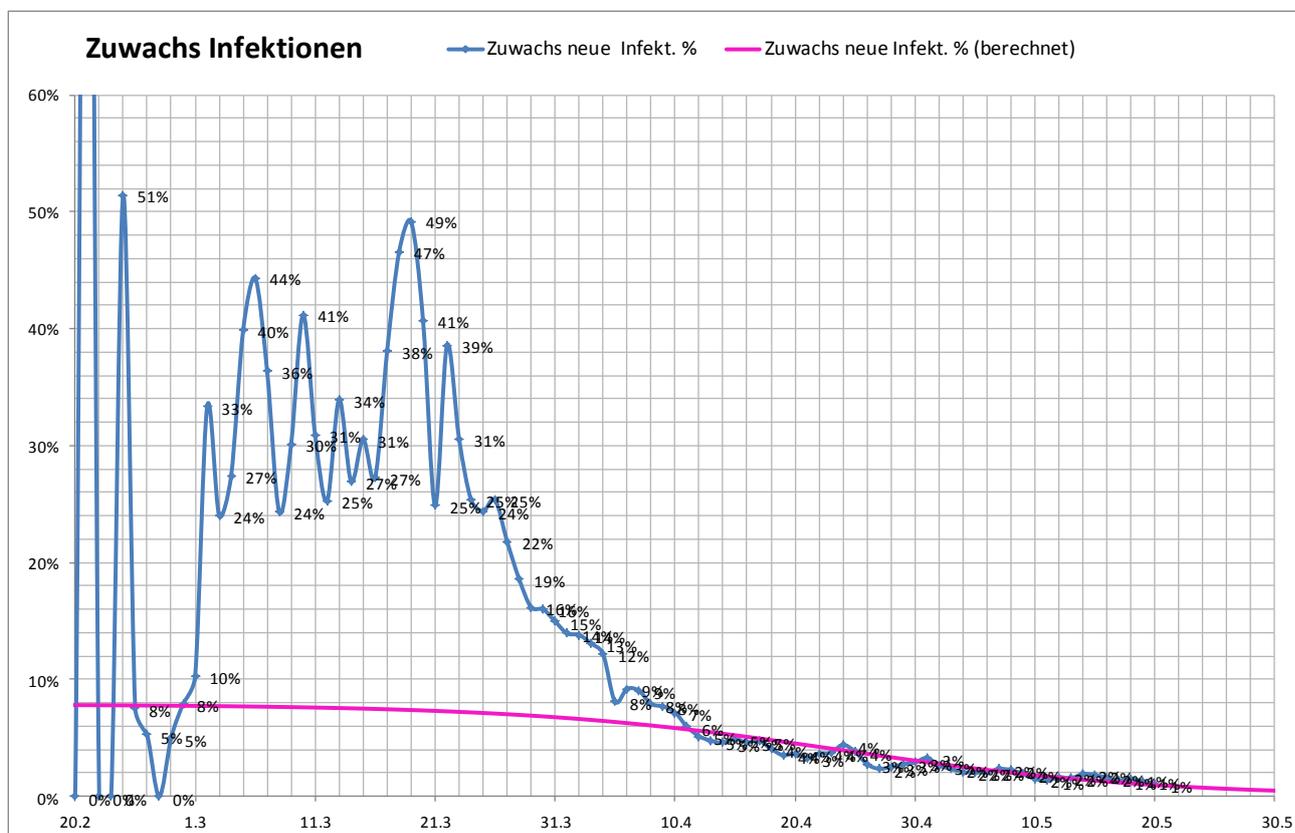
Der %-Zuwachs der neuen Infektionen liegt weiterhin im einstelligen Bereich unter 5%.

Die Anzahl der Toten liegt jetzt bei über 94.000!

Die Verdopplungszeit liegt bei 52 Tagen, leicht steigend.

Die Reproduktionszahl weist mit  $R=0,80$  auf einen leichten Rückgang der Pandemie hin.

### Prozentsätze der täglichen Änderungen

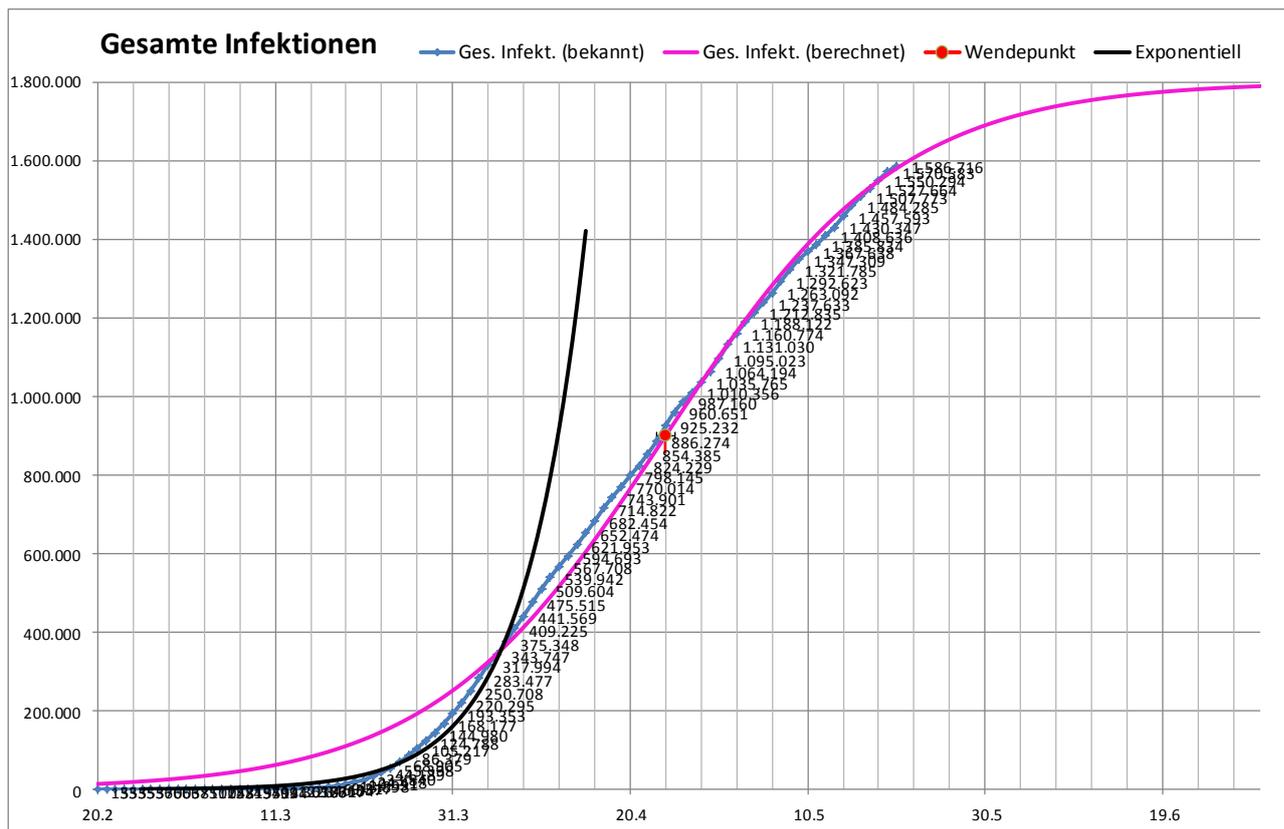


Die blauen Werte stellen die tatsächlichen Prozentsätze dar.

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

Die magenta-Kurve ist auf der Basis einer logistischen Wachstumsfunktion mit der oberen Schranke  $S = 1.800.000$  (+50.000 zu vorgestern) Infizierte entstanden.

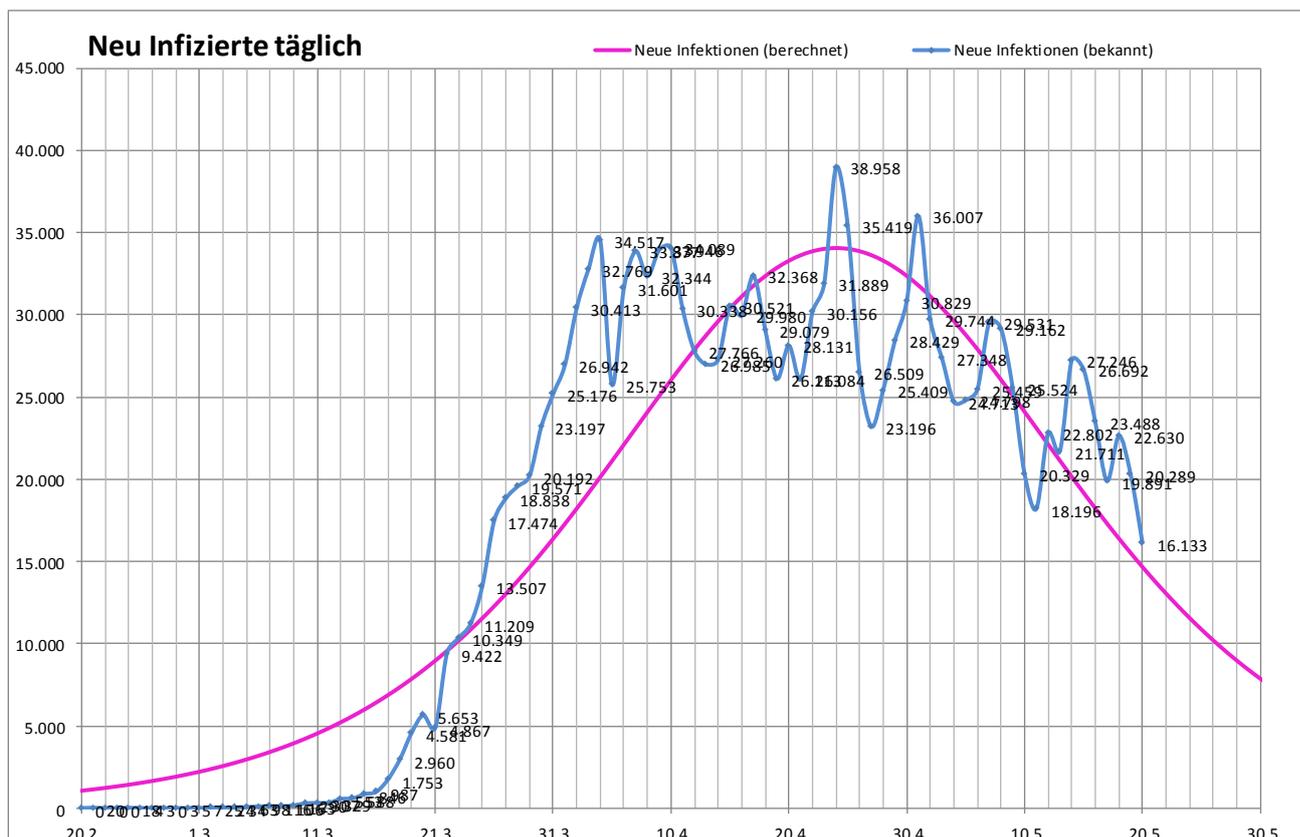
## Diagramm Gesamte Infektionen (bekannt) (blau) mit logistischem Trend (magenta)



Der Verlauf avisiert eine obere Schranke bei 1.800.000 (+50.000 zu vorgestern) Infektionen.

Der Wendepunkt (Hälfte der oberen Schranke) liegt beim 24.04.

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



Es scheint sich jetzt ein Abwärtstrend zu etablieren.

## 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.

n-tv Corona-Live-Ticker vom 13.05.20:

Die 4 Mill. Metropole Jilin wird abgeriegelt, da 21 Neuinfizierte bekannt geworden sind.

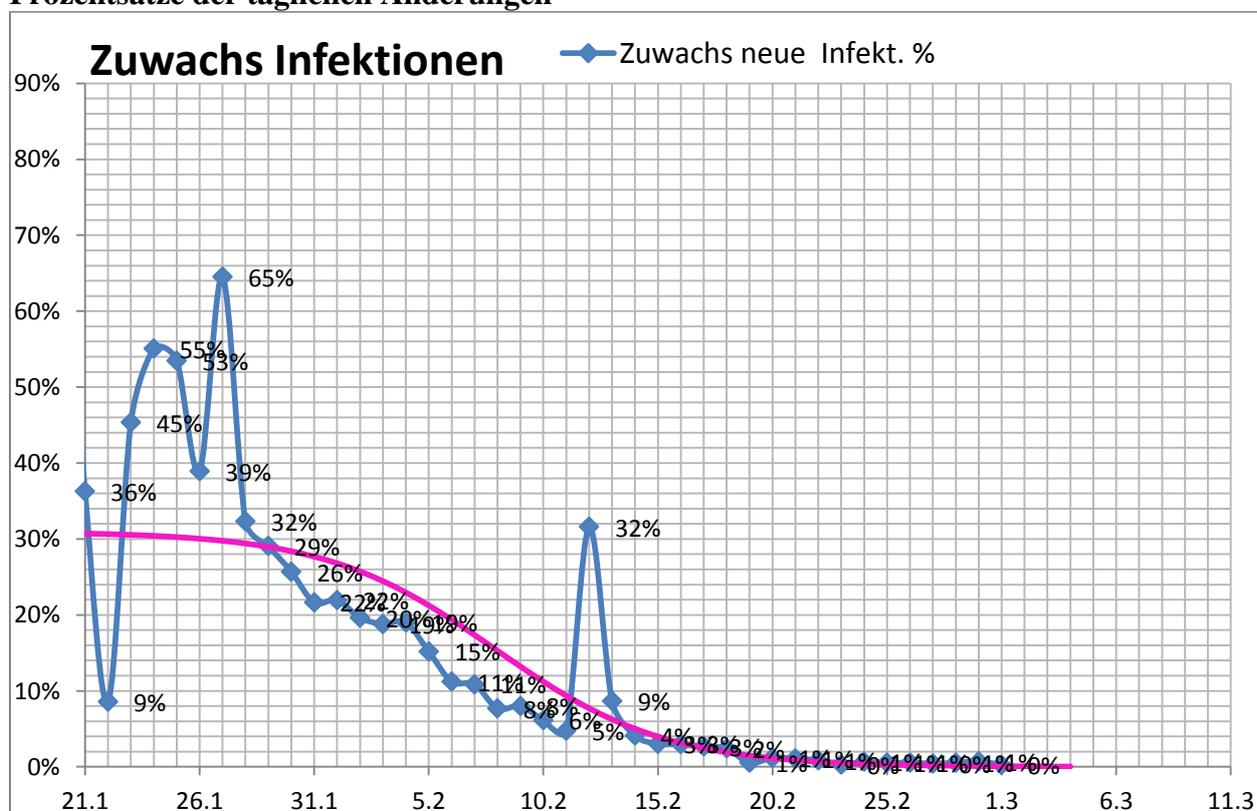
## Aktuelle Daten

Infektionen						
Gesamt	Neu	%	Geheilte	Aktive	Tote	
82.965	5	0,0%	78.244	87	4.634	5,59%
Verdopplungszeit		9098,1	Geometrisches Mittel (5 Tage)			
Reproduktionszahl R		1,09	= 109 / 100			

Die aktuellen Daten sprechen für sich! Neuzugänge: 5!

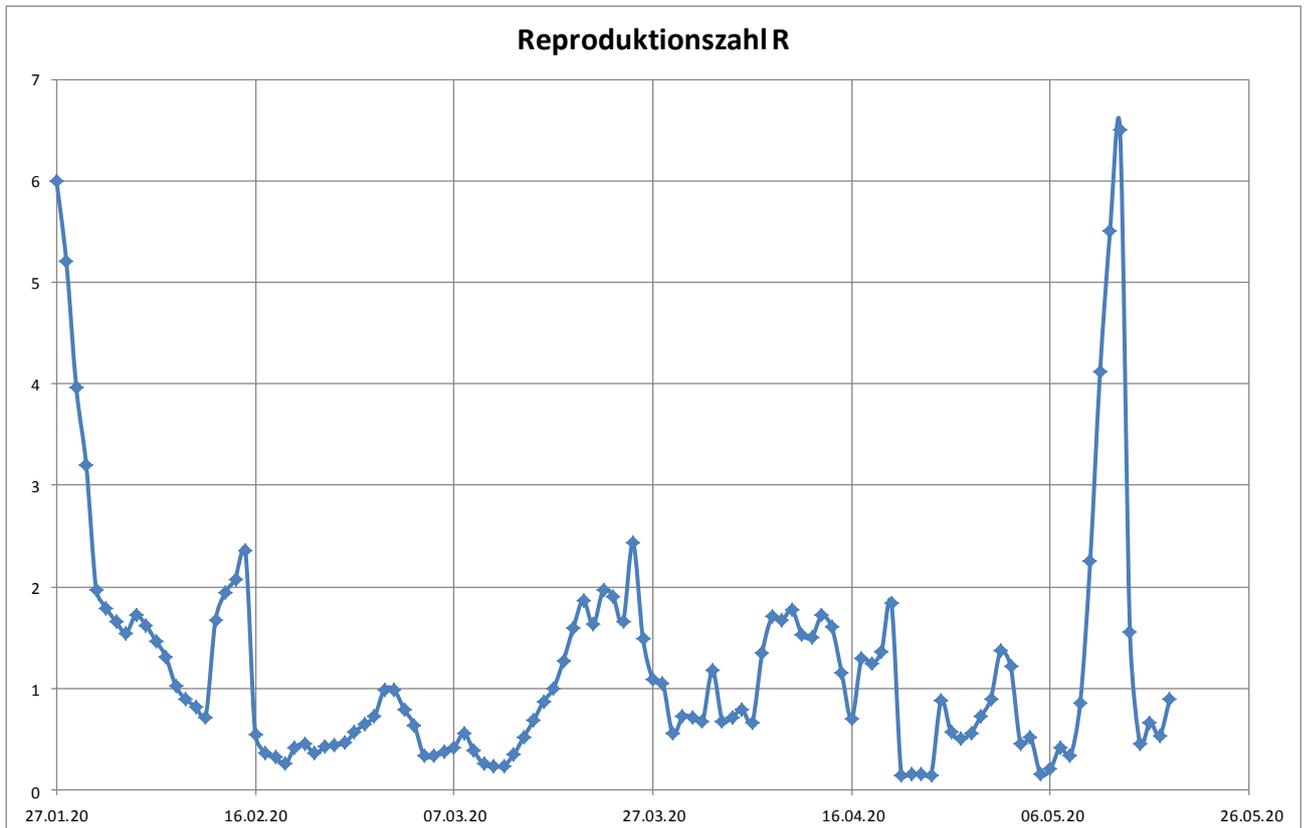
Am Beispiel der Reproduktionszahl  $R=1,09$  wird ersichtlich, dass dieser Zahl allein keine Bedeutung mehr zukommt angesichts der niedrigen Zahl der Neuzugänge an Infizierten.

## Prozentsätze der täglichen Änderungen



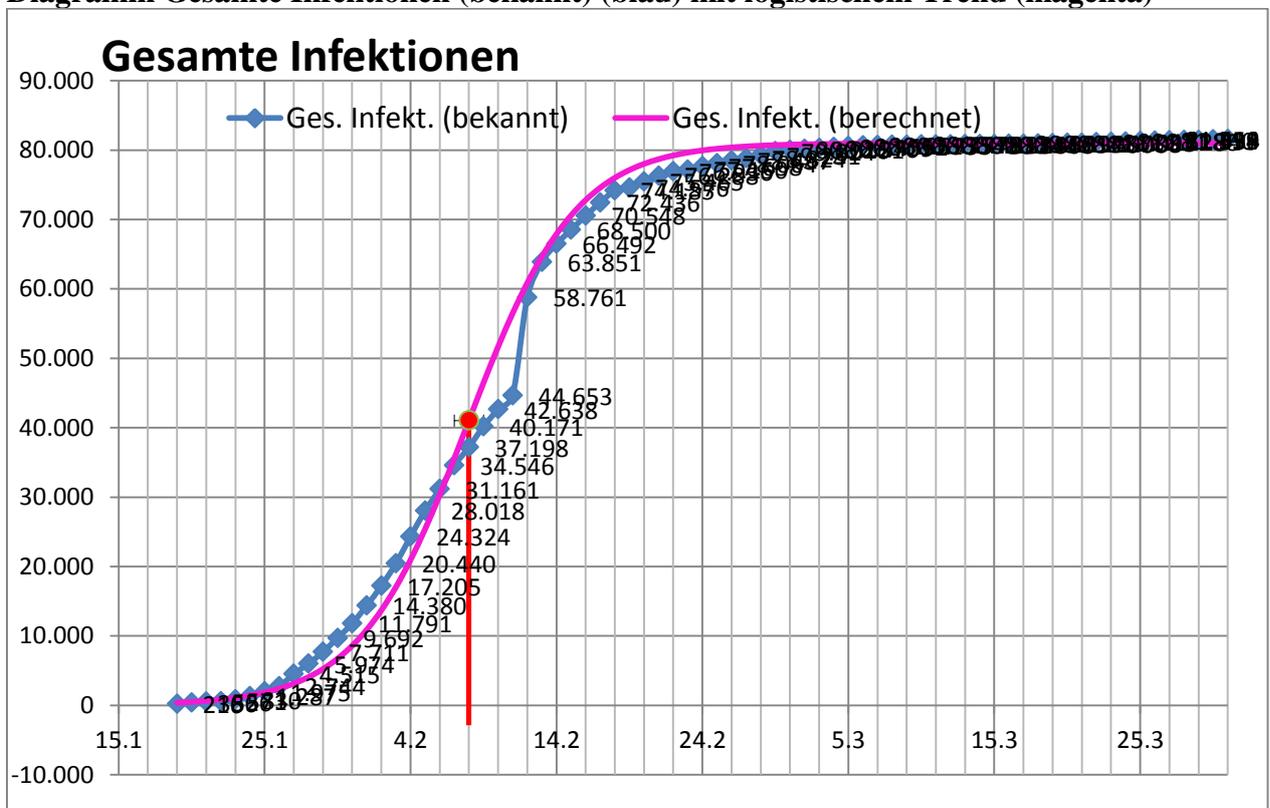
Sehr schnell wurden die täglichen %-Zuwächse an Infizierten unter die 10%-Marke gedrückt. Bereits 16 Tage nach dem Shutdown wurden einstellige %-Sätze erreicht.

## 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.

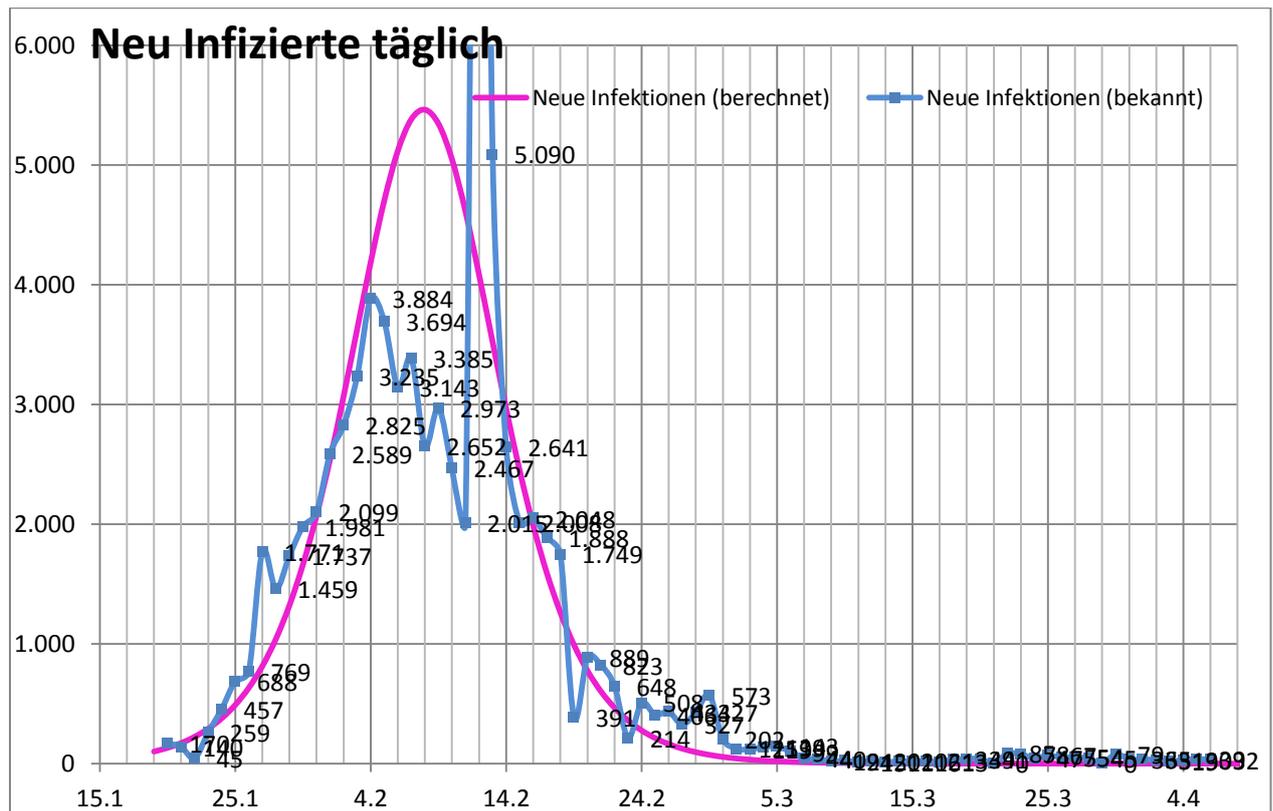
Die logistische Wachstumsfunktion (magenta) bildet sehr gut als mathematische Funktion den tatsächlichen Verlauf der Anzahl der Infizierten ab.

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

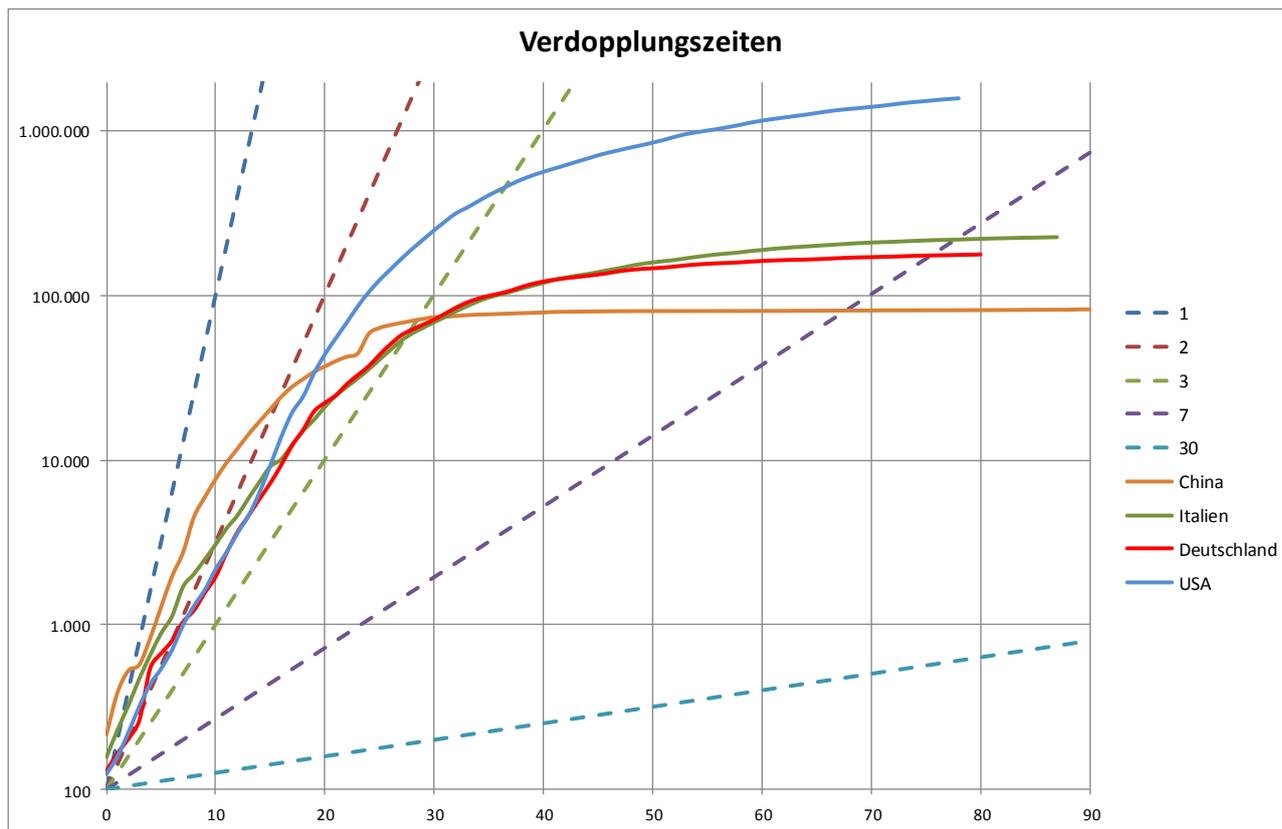
Die obere Schranke wurde mit ca. 81.000 Infizierten am 01.03. erreicht (38 Tage nach dem Shutdown). Die Zuwachsraten liegen ab dem 01.03. nun dauerhaft bei rund 0%. Am 08.04. wurde Wuhan nach 76 Tagen wieder „in die Freiheit“ entlassen.

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 ein Ansteuern der Plateauphase. Italien und Deutschland könnten sie fast erreicht haben. Italien und Deutschland haben die 7-Tage-Linie überschritten.

Die USA haben sich schon weit in den 3 bis 7 Tage - Bereich der Verdopplungszeit bewegt.

### Lese-Hinweis:

**Je flacher die Kurve, desto niedriger sind die Wachstumsraten bei den Neuinfizierten.**

Das Diagramm gibt die Verdopplungszeiten (in Tagen) der bekannten Infektionszahlen 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 auf ein neues Hoch. Das ist gut.

Die Anzahl der Neuinfektionen befindet sich im dreistelligen Bereich.

Die Reproduktionszahl für Deutschland liegt bei  $0,73 = 73/100$ , 100 Personen stecken 73 an.

Das 7-Tage-R liegt bei 0,98. Es findet eine Eindämmung der Pandemie statt.

**Die Zielvorgabe vom RKI-Chef für eine Reproduktionszahl  $R < 1$  ist als Exit-Kriterium jedoch nicht isoliert zu betrachten, da R eine Verhältniszahl ist, die die absolute Zahl der täglichen Neuzugänge nicht berücksichtigt. Die absolute Zahl der täglichen Neuzugänge ist mit heran zu ziehen.**

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.

Heute ein R kleiner 1, der Neuzugang befindet sich im dreistelligen Bereich.

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  $R(t-3)$ .

Der bisher berichtete R-Wert bildet zeitnah den Trend der Anzahl von Neuerkrankungen ab und kann auf mögliche Trendänderungen hinweisen. Dieser Wert reagiert jedoch empfindlich auf kurzfristige Änderungen der Fallzahlen – wie sie etwa durch einzelne Ausbruchsgeschehen verursacht werden können - was besonders bei insgesamt kleineren Anzahlen von Neuerkrankungen zu verhältnismäßig großen Schwankungen führen kann. Daher gibt das RKI seit dem 14.05.2020 zusätzlich zu diesem sensitiven R-Wert ein weiteres stabileres 7-Tage-R an, das sich auf einen längeren Zeitraum bezieht und daher weniger tagesaktuellen Schwankungen unterliegt. Er bildet Trends zuverlässiger ab, bezieht sich dabei jedoch auf ein Infektionsgeschehen, das etwas länger zurückliegt als beim bisherigen sensitiven R-Wert.

Analog dazu wird das 7-Tage-R durch Verwendung eines gleitenden 7-Tages-Mittels der Nowcasting-Kurve geschätzt. Schwankungen werden dadurch stärker ausgeglichen. Das 7-Tage-R vergleicht dann den 7-Tages-Mittelwert der Neuerkrankungen eines Tages mit dem 7-Tages-Mittelwert 4 Tage zuvor. Die Infektionen der Neuerkrankungen liegen 4 bis 6 Tage davor, das heißt also sie fanden vor 8 bis 16 Tagen statt. Das 7-Tage-R bildet somit das Infektionsgeschehen vor etwa einer bis etwas mehr als zwei Wochen ab.

s. bspw. [Schätzung der Reproduktionszahl \(R\)](#)

## Aphorismen/Zitate

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

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

Kurzform:

Es ist dem Untertanen untersagt, den Maßstab seiner beschränkten Einsicht an die Handlungen der Obrigkeit anzulegen.

Langform:

„Es ziemt dem Untertanen, seinem Könige und Landesherrn schuldigen Gehorsam zu leisten und sich bei Befolgung der an ihn ergehenden Befehle mit der Verantwortlichkeit zu beruhigen, welche die von Gott eingesetzte Obrigkeit dafür übernimmt; aber es ziemt ihm nicht, die Handlungen des Staatsoberhauptes an den Maßstab seiner beschränkten Einsicht anzulegen und sich in dünkelfhaftem Übermüte ein öffentliches Urteil über die Rechtmäßigkeit derselben anzumaßen.“

*(Gustav Adolf von Rochow - königlich preußischer Innenminister und Staatsminister (1792 - 1847))*

„Hegel war der erste, der das Verhältnis von Freiheit und Notwendigkeit richtig darstellte. Für ihn ist die Freiheit die Einsicht in die Notwendigkeit. »Blind ist die Notwendigkeit nur, insofern dieselbe nicht begriffen wird. « Nicht in der geträumten Unabhängigkeit von den Naturgesetzen liegt die Freiheit, sondern in der Erkenntnis dieser Gesetze, und in der damit gegebenen Möglichkeit, sie planmäßig zu bestimmten Zwecken wirken zu lassen.

...

Freiheit besteht also in der auf Erkenntnis der Naturnotwendigkeiten gegründeten Herrschaft über uns selbst und über die äußere Natur; sie ist damit notwendig ein Produkt der geschichtlichen Entwicklung.“

*(Friedrich Engels - Herrn Eugen Dühring's Umwälzung der Wissenschaft)*

Zwei Dinge sind unendlich, das Universum und die menschliche Dummheit, aber bei dem Universum bin ich mir noch nicht ganz sicher.

*(angeblich: Albert Einstein)*