

Vorbemerkung Stand 22.03.2021

Seit Mai 2020 habe ich in der Online-Zeitung des Oberbayrischen Volksblatts (www.rosenheim24.de) in loser Reihenfolge Aufsätze mit mathematischem Hintergrund zu Corona publiziert. Diese Aufsätze sind möglichst einfach formuliert. Ziel ist es, über ein Boulevardblatt gerade diejenigen zu erreichen, die in der durch Unwissen geprägten Debatte noch offen für sachliche Informationen sind.

Die Artikel waren ursprünglich frei zugänglich. Leider ist dies aktuell nur noch als Abonnent des Oberbayerischen Volksblattes möglich. Deren Leser und Leserinnen bitte ich die unten stehenden Links zu verwenden.

Alle andern Interessierten finden die an die Redaktion eingereichten Texte geordnet nach Erscheinungstermin weiter unten. Wer „neu“ einsteigt, geht am besten chronologisch vor, weil die Artikel sachlich aufeinander aufbauen. Bitte beachten Sie dabei aber das jeweilige Erscheinungsdatum! Unabhängig davon, dass sich die Aussagen auf die zeitlich jeweilige Situation beziehen, sind die Ergebnisse allgemeingültig.

Viel Spaß beim Lesen!

Christian Sievi

Übersicht und Links zu rosenheim24.de (für Leser des OVB)

Thema	Erstelungsdatum	Download	Seite
Die "Reproduktionsrate": Wie verbreitet sich das Virus bei den einzelnen Werten?	16.05.2020	Link	2
Der „Herdenneffekt“: Was ist das und wie wirkt er?	19.05.2020	Link	5
"Corona-Strategien" und deren Folgen für Bayern	20.05.2020	Link	9
Die Lage in den Landkreisen und der Region	03.06.2020	Link	14
Wie hoch ist das Ansteckungsrisiko für den Einzelnen?	22.07.2020	Link	20
Wie lange dauert der „Lockdown“?	24.11.2020	Link	26
Baldiges Ende des „Lockdown“ oder kommt die dritte Welle?	07.02.2021	Link	30
Steigende Inzidenz wegen steigender Anzahl von Tests?	22.03.2021	Link	35

16.05.2020

Die „Reproduktionsrate“: Wie verbreitet sich das Virus bei den einzelnen Werten?

Verdoppelungszeit, Reproduktionsrate, Obergrenze etc.: Was bedeutet das?

Die Nachrichten in den Medien sind voll von Begriffen und diese wurden im Lauf der Zeit auch immer wieder ausgetauscht. Kein Wunder, dass die Menschen verwirrt sind und am Ende gar nichts mehr glauben! Wir erklären die Begriffe so, dass sie jeder versteht und klar wird, wofür sie gut sind.

Für die Verbreitung einer ansteckenden Krankheit in der Bevölkerung ist entscheidend, wie viele Personen ein Erkrankter direkt ansteckt. Das ist die „**Reproduktionsrate**“, die man verständlicher als „**Ansteckungsrate**“ bezeichnen sollte. Eine Reproduktionsrate von 1,10 bedeutet dabei, dass ein Erkrankter 1,1 Personen weiter ansteckt. Man kann aber in Wirklichkeit gar keinen Menschen anstecken, oder einen oder zwei und so weiter und als Disk Jockey sogar hunderte. Gemeint ist, dass 100 Kranke 110 weitere Personen anstecken bzw. 1.000 Kranke 1.100 und so weiter. Natürlich sind das nur Mittelwerte, die täglich schwanken.

Die Mathematik geht nun so vor: Wenn 100 Kranke, bis sie gesund oder isoliert sind, 110 neue Kranke bedeuten, so werden aus diesen 110 Kranken neue $110 \times 1,1$ gleich 121 Kranke. Und so gehen die Krankenzahlen nach oben, wenn die Reproduktionsrate (Ansteckungsrate) unverändert bei 1,1 bleibt: 133, 146, 161, 177, 195, 214. Bereits in der sechsten Reihe der Ansteckung sind aus 100 neu Erkrankten fast 200 neue Kranke, also doppelt so viele geworden!

Wenn es im Schnitt 4 Tage dauert, bis 100 Kranke 110 weitere Personen angesteckt haben, dauert es also 6×4 gleich 24 Tage, bis doppelt so viele Neuerkrankungen vorliegen. Das ist die anfänglich immer genannte **Verdoppelungszeit**! Wie man sieht, kann die Reproduktionsrate direkt in die Verdoppelungszeit umgerechnet werden.

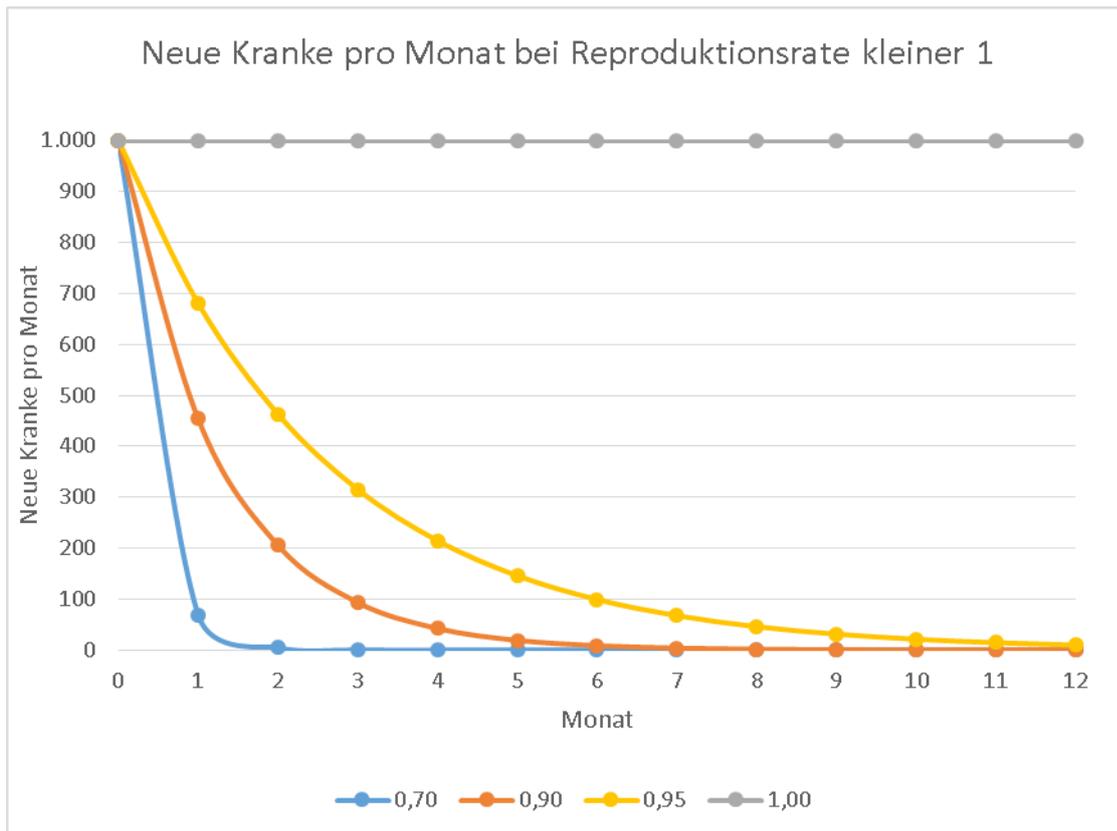
Die Verdoppelungszeit ist sehr anschaulich: Runden wir dazu die 24 Tage auf einen Monat auf: Dann werden aus 100 Kranken in einem Monat rund 200 Kranke, in einem weiteren Monat 400 Kranke, dann 800 Kranke, 1600 Kranke und so weiter. Erinnern Sie sich in Ihrer Schulzeit an das Beispiel des Erfinders des Schachs, der auf das erste Feld ein Reiskorn, auf das zweite 2, das dritte 4, dann 8 und so weiter bekommen wollte?

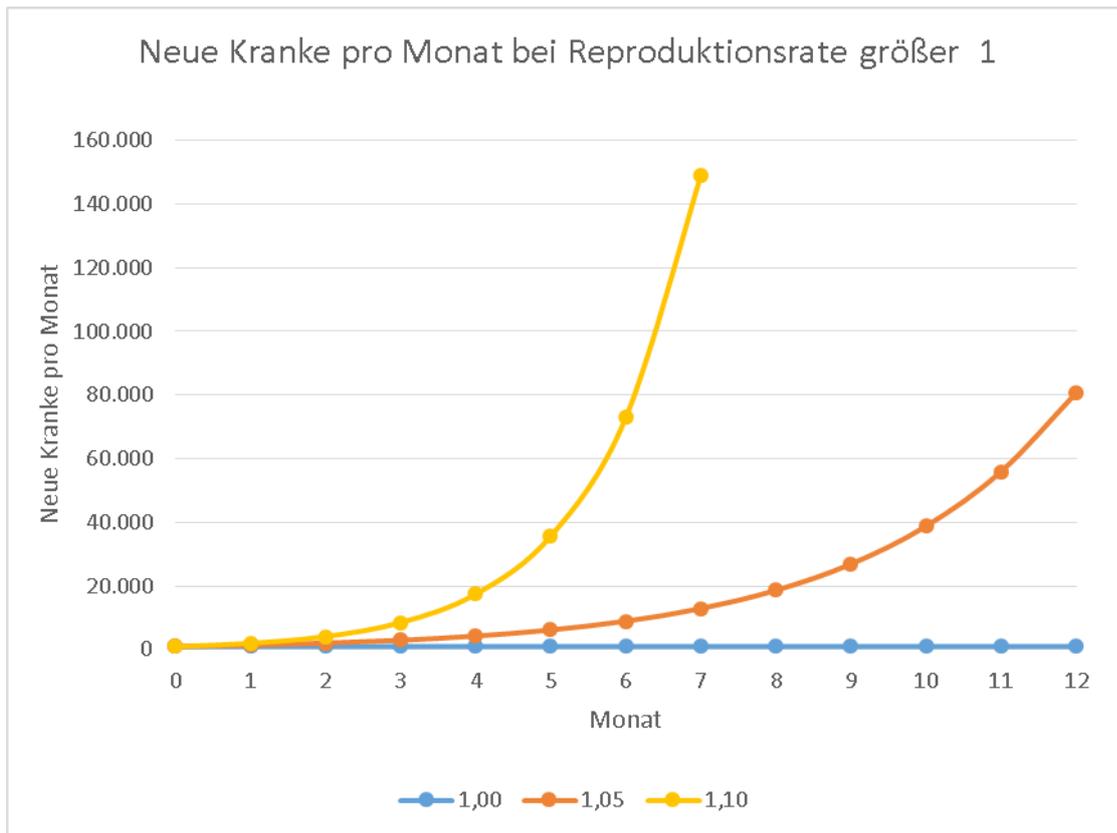
Doch warum ist zwar bei Corona anfänglich ein sehr großer Zuwachs gemäß obigem Muster aufgetreten und dann doch nicht im gleichen Maße weiter gewachsen? Weil die Reproduktionsrate durch politische Maßnahmen gepaart mit der Vernunft und Angst der Menschen gesunken ist und zwar deutlich unter 1. Eine Reproduktionsrate von 0,5 bedeutet nun: Aus 100 Kranken werden 50 neue Kranke, aus 50 werden 25, dann gerundet 12, 6, 3, 2, 1, 0! Schließlich gibt es keine neuen Kranken mehr. Dann wäre – wenn nicht von außen (andere Länder oder anderer Landkreis) keine neuen Infektionen kommen – die Seuche besiegt! Jetzt wäre die „**Halbierungszeit**“ eine gute Kenngröße. Bei einer Reproduktionsrate von 0,5 wäre diese im Beispiel genau 4 Tage. In rund 7 Ansteckungsreihen mal 4 Tagen aufgerundet einem Monat wären wir in Deutschland von aktuell rund 1000 Infizierten bei 10 neuen Infizierten.

Die Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen der Reproduktionsrate und der Verdoppelungszeit bzw. Halbierungszeit.

Reproduktionsrate	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
Halbierungszeit Monate	0,2	0,3	0,4	0,9	1,8	keine		
Verdoppelungszeit Monate						Veränderung	1,9	1,0

Die Grafiken zeigen, welche Anzahl an neuen Kranken pro Monat bei verschiedenen jeweils unveränderten Reproduktionsrate entsteht, wenn vom aktuellen Stand von neuen Infizierten von ca. 1000 Personen deutschlandweit ausgegangen wird.





In der Praxis ist die Reproduktionsrate selbstverständlich niemals konstant, sondern verändert sich durch das Verhalten der Menschen und die Vorgaben der Politik. Je mehr „Öffnung“ erlaubt ist und vor allem wie sicher sich die Menschen fühlen und deshalb – unwissend dass sie selbst krank und deshalb ansteckend sind – mehr Kontakte haben, umso höher wird die Reproduktionsrate werden. Niemand kann derzeit voraussagen, wie sich gewisse Öffnungen im Einzelnen auswirken. Da werden wir erst später klüger sein. Folgende Tatsachen sind aber unverrückbar.

Bei Reproduktionsraten unter 0,7 – diesen Wert hatten wir bundesweit schon – können wir die Neuinfektionen auf null oder so kleine Zahlen drücken, dass alle Infektionen nachvollziehbar sind und die Seuche ausgerottet werden kann.

Reproduktionsraten leicht unter 1 bedeuten einen sehr langen Weg bis zum Ende der Epidemie. Bei 1 oder darum leicht schwankenden Zahlen frisst sich Corona wie ein Schmelbrand weiter. Und über 1 steigen die Infektionen wie zu Beginn der Krise unweigerlich wieder an und führen zu der oft befürchteten zweiten Welle.

Als Einwand ist richtig, dass die Verdoppelung bei einer Reproduktionsrate von mehr als 1 nicht ewig weiter gehen kann, weil wir bundesweit nur ca. 80 Mio. Einwohner haben. Ja, ab einer gewissen Grenze bremst sich die Ansteckung selbst aus, weil ein Kranker immer weniger Gesunde findet, die er anstecken kann. Zu dieser „Herdenimmunität“ – die wir noch lange nicht erreicht haben – erfahren Sie im nächsten Artikel mehr.

Abschließend noch zu „magischen“ Grenze von in Summe 50 Neuerkrankungen pro 100 000 Einwohnern je Woche im Landkreis: Wenn Rosenheim diese Grenze reißt, werden wieder Einschränkungen kommen. Warum also diese Grenze, auch wenn die Reproduktionsrate nur leicht über 1 oder sogar leicht unter 1 ist?

Weil wir eine sehr gute Chance haben, die Epidemie dadurch zu besiegen, dass alle Fälle von Erkrankungen nachverfolgt werden und betroffene Personen isoliert werden. So wird die weitere Ansteckung verhindert und im Endeffekt drücken wir über diese Maßnahme die Reproduktionsrate nach unten. Auch ist zu bedenken, dass bundesweit, länderweit oder auf Kreisebene eine niedrige Reproduktionsrate wenig nützt, wenn z. B. in einem Dorf die Seuche ausbricht und sich schnell weiter ausbreitet.

Es kommt eben auf jeden Einzelfall an. Klugheit, Vorsicht und soziales Verhalten sind angebracht, nicht aber Angst und schon gar nicht Leichtsinn oder Verleugnung der Gefahr!

19.05.2020

Der „Herdeneffekt“: Was ist das und wie wirkt er?

Nichts wird zurzeit so sehr diskutiert wie der richtige Weg zur Besiegung von Corona. Hierfür gibt es sehr unterschiedliche Wege, die in verschiedenen Ländern auch gegangen wurden und weiterverfolgt werden. Der Ausgang dieses weltweiten Versuchs ist noch offen. Dennoch kann man voraussagen, was einzelne Wege bedeuten.

Zu Beginn der Epidemie war fast nur von der „**Herdenimmunität**“ die Rede. Diese sollte erreicht werden, ohne das Gesundheitssystem zu überlasten. Doch was ist das und wie wirkt die Herdenimmunität?

Im vorausgehenden Artikel wurde gezeigt, dass die Reproduktionsrate (verständlicher als Ansteckungsrate bezeichnet) die entscheidende Größe zur Berechnung des Verlaufs von Epidemien ist. Steckt ein Infizierter wissentlich oder unwissentlich 1,1 bisher Gesunde an, so ist die Reproduktionsrate gleich 1,1. Werte über 1 bedeuten, dass die Anzahl der Infizierten immer schneller wie ein Strohfeuer anwächst. Wenn es im Schnitt 4 Tage dauert, bis aus 100 Infizierten neue 110 Infizierte werden, ist die Verdoppelungszeit in etwa ein Monat. Dann findet man bei 100 anfänglich Infizierten nach einem Monat 200 neue Infizierte, dann jeweils einen Monat später 400, 800, 1.600, 3.200, 6.400 und so weiter neue Infizierte.

Geht es ewig so weiter? Das kann nicht sein, denn in Deutschland leben nur ca. 80 Mio. Menschen und diese Summe ist schnell erreicht. Dann erlischt die Epidemie wie ein Strohfeuer ohne neues Stroh. Doch müssen dafür alle Menschen erkranken, damit wir Corona los sind? Die Antwort lautet: Nein!

Modellrechnung zur Herdenimmunität

Damit das verständlich wird, wird ein fiktives Beispiel gebildet, das die Logik zur Bildung der Herdenimmunität zeigt. Das Beispiel ist einfach gehalten, damit es direkt nachgerechnet werden kann. Angenommen, in einem Dorf leben genau 1.000 Einwohner und das Dorf liegt so abseits, dass alle Einwohner keine Kontakte nach außen haben. Nur ein einziger kommt aus der Fremde mit der fiktiven Krankheit „Cnova“ zurück. Schon am ersten Tag steckt er zwei weitere an. Dann soll er gleich wieder gesund sein und gleichzeitig immun, d. h. ein zweites Mal kann er nicht angesteckt werden. „Cnova“ ist so harmlos, dass auch keiner stirbt. Die Bewohner tun nichts zur Eindämmung und leben weiter wie bisher. Jeder Bewohner hat am Tag zwei zufällige Kontakte mit anderen Bewohnern und steckt diese an.

Die Reproduktionsrate ist im Beispiel 2, ein sehr hoher Wert. Die zwei neu Angesteckten stecken nun jeder wieder zwei, also insgesamt 4 Neue an. Und so geht es weiter mit 8, 16 jeweils Kranken. Soweit haben wir den Vorgang bereits im vorausgehenden Artikel beschrieben.

Jetzt greift der neue **Effekt der „Herdenimmunität“**: Die nun 16 Kranken treffen nach wie vor auf die 1.000 Einwohner des Beispiels und würden dabei – wären alle 1.000 Einwohner noch nicht krank gewesen, 32 neue Kranke erzeugen. Weil aber von 1.000 Personen schon insgesamt $1 + 2 + 4 + 8 + 16$ gleich 31 krank waren, treffen die aktuell 16 Kranken auf 31 von 1.000 gleich 3,1 % Immune. Es erkranken also nicht 32 Personen neu, sondern nur 3,1 % weniger, also (gerundet) 31 Personen!

Im Grunde beginnt der beschriebene Effekt schon nach dem zweiten Erkrankten, weil dieser den ersten Erkrankten zwar wieder kontaktieren, aber nicht mehr anstecken kann. Rechnet man von Beginn an genau und verwendet dabei Nachkommastellen, findet man folgenden Verlauf:

Tag	Infizierte, die andere Personen anstecken können	Nicht infizierte Gesunde Gesamt	Immune (früher Kranke) pro Tag, die nicht mehr angesteckt werden können.	Immune (früher Kranke) in Summe Gesamt
0	1,0	999,0	0,0	0,0
1	2,0	997,0	1,0	1,0
2	4,0	993,0	2,0	3,0
3	7,9	985,1	4,0	7,0
4	15,6	969,5	7,9	14,9
5	30,2	939,3	15,6	30,5
6	56,8	882,5	30,2	60,7
7	100,2	782,3	56,8	117,5
8	156,8	625,5	100,2	217,7
9	196,2	429,3	156,8	374,5
10	168,4	260,9	196,2	570,7
11	87,9	173,0	168,4	739,1
12	30,4	142,6	87,9	827,0
13	8,7	133,9	30,4	857,4
14	2,3	131,6	8,7	866,1
15	0,6	131,0	2,3	868,4
16	0,2	130,8	0,6	869,0
17	0,0	130,8	0,2	869,2
18	0,0	130,8	0,0	869,2

Tabelle 1: Verlauf des fiktiven Beispiels „Cnova“

Rechenweg zum Nachvollziehen

Zur Verdeutlichung wird der fett markierte Übergang von Tag 9 auf Tag 10 nachgerechnet: Am Tag 9 sind 196,2 Personen krank, die zu 2 mal 196,2 gleich 392,4 neuen Infizierten am Tag 10 führen würden. Von den 1.000 Einwohnern sind aber am Tag 10 schon 570,7 Personen bzw. 57,07 % immun. Es werden also nicht 392,4, sondern 57,07 % weniger angesteckt. Das sind 168,4 Personen! Wenn nun die Re-

produktionsrate berechnet wird, beträgt sie nicht mehr 2 wie am Anfang, sondern nur noch $168,4$ geteilt durch $196,2$ gleich $0,86$! Es werden also immer weniger neue Infizierte!

Weil immer mehr Personen schon immun und gleichzeitig immer weniger Kranke da sind, bricht die Krankheit „Cnova“ des Beispiels in sich zusammen. Dabei haben aber „nur“ 869 Personen die Krankheit durchgemacht und sind immun. Das ist die „Herdenimmunität“ bei einer anfänglichen Reproduktionsrate von 2 .

Nur eine mathematische Spielerei?

Sie werden als Leser einwenden, dass das nur eine mathematische Spielerei ist. Was sollen zum Beispiel Nachkommastellen bei der Anzahl der Personen? Die Antwort ist, dass dadurch die Rechnung nicht nur für ein Dorf mit 1.000 Bewohnern, sondern auch für 10.000 Bewohner, 1 Mio. Bewohner, 100 Mio. Menschen eines Landes oder jede beliebige Anzahl der Bewohner gilt, wenn wir das Ergebnis in Prozent betrachten. Es sind immer rund 87% der Bewohner, die die Krankheit durchmachen. Ferner sind alle Werte nur Mittelwerte, die in bestimmten Grenzen vom rechnerischen Verlauf abweichen können.

Varianten der Berechnung bei anderem Krankheitsverlauf und anderem Verhalten der Bewohner

Was ist aber, wenn im Beispiel Cnova bei den Ansteckungen nicht immer ein Kranker genau zwei Personen ansteckt, sondern es zu Abweichungen kommt? Wir betrachten im obigen Beispiel vier Fälle:

- (1) Gleich **am ersten Tag werden 100 Bewohner angesteckt**, weil sie sich alle mit dem einen ersten Kranken treffen: Wir müssen dann die Berechnung am Tag 1 mit 100 Infizierten und einem Gesunden Immunen starten. Das Ergebnis: Insgesamt werden dann 914 Personen ($91,4\%$) krank, also nur 45 Personen (nicht 100 Personen!) mehr. Dafür dauert es bis zur Ausrottung von „Cnova“ nicht mehr 17 Tage (siehe Tabelle oben), sondern nur 10 Tage!
- (2) Die Epidemie soll in den ersten zehn Tagen wie in der Tabelle 1 verlaufen. Am **elften Tag stecken sich aber nicht 88 Personen, sondern auf einen Schlag 30 Personen mehr, also 118 Personen** wegen einer Versammlung an. Dann erkranken insgesamt 900 Personen, also gerundet 31 mehr. Es dauert wieder 17 Tage; bis die Epidemie vorbei ist.
- (3) Bis zum zwölften Tag soll alles wie in Tabelle 1 verlaufen. **Am dreizehnten Tag treffen sich die 9 neu Infizierten gezielt mit 30 bisher noch nicht Infizierten und stecken diese an**. Dann durchleiden insgesamt 906 die Krankheit. Das sind 37 mehr als in der Ausgangssituation, die 30 Unvernünftigen haben also 7 weitere Personen zusätzlich angesteckt!
- (4) Wie im Fall (2) soll die Epidemie in den ersten zehn Tagen wie in Tabelle 1 verlaufen. Die Bewohner sind nun aber wegen der dauernd steigenden Krankenzahl geschockt. Jeder Bewohner trifft nur jeden zweiten Tag einen anderen Bewohner. Oder anders ausgedrückt: **Zwei Bewohner stecken nur noch einen Bewohner an**. Die Reproduktionsrate ist von nun an nur noch $0,5$. Dies bedeutet, dass die Zahl der Neuerkrankungen von nun an sehr stark sinkt (siehe Teil 1 der Serie). Insgesamt erkranken nun 765 Personen. Nach weiteren 4 Tagen gibt es keine neuen Erkrankungen mehr, die Epidemie ist nach insgesamt 14 Tagen besiegt.

Tabelle 2 zeigt die Verläufe im Vergleich. Als zusätzliche Größe wird angegeben, wie hoch die Maximalzahl der Kranken an einem Tag ist. Diese Größe zeigt die Belastung des Gesundheitssystems, weil mindestens ein Teil dieser Kranken im echten Fall versorgt werden muss.

Fall:	Ausgangswerte wie Tabelle 1	(1) Am Beginn 100 Infizierte	(2) Am elften Tag 30 Kranke mehr als in Tab. 1	(3) Nach 13 Tagen 30 Kranke mehr als in Tab. 1	(4) Ab dem zehnten Tag Reproduktionsrate nur noch 0,5
Gesamtzahl der Erkrankten in Summe	869	914	900	906	765
Maximalzahl der Kranken pro Tag	196	259	196	196	169
Dauer der Epidemie bis zur Ausrottung (Tage)	17	10	17	18	14

Tabelle 2: Varianten des Ausgangsbeispiels der Tabelle 1

Selbstverständlich gelten die Zahlen der Tabelle 2 nur für das Beispiel der fiktiven Krankheit Cnova. Die Ergebnisse sind von der Wirkung und dem typischen Verlauf aber auf alle Infektionskrankheiten übertragbar, sei es die frühere Pest, die „spanische Grippe“, Ebola oder auch Masern. Eine Berechnung für Bayern und später für unsere Landkreise wird im Fortgang der Serie durchgeführt. Die allgemein gültigen Ergebnisse sind aber immer:

Allgemein gültige Ergebnisse

- Die Anzahl der Infizierten wächst von Beginn der Epidemie an sehr schnell und es werden immer mehr neue Kranke, solange die Reproduktionsrate größer 1 bleibt.
- Je mehr Personen im Lauf der Zeit nicht mehr angesteckt werden können, weil sie schon isoliert oder gesund geworden sind, umso geringer wird die prozentuale Zunahme der neu Erkrankten. Voraussetzung hierfür ist selbstverständlich, dass Kranke, die gesund geworden sind, nun mindestens für eine bestimmte Zeit immun sind.
- Ab einem bestimmten Zeitpunkt sinkt die Zahl der Neuerkrankten und schließlich kommt es zu keinen neuen Erkrankungen mehr. Dazu müssen nicht alle Menschen krank werden! Im Beispiel sind es rund 87 %, die wegen Krankheit immun werden müssen. Dann ist die „Herdenimmunität“ erreicht. 13 % bleiben von der Krankheit verschont.

In den Folgeartikeln wird gezeigt, dass die notwendige Herdenimmunität von der Reproduktionsrate abhängt. Je niedriger die ist, umso geringer ist die Anzahl der Personen, die erkranken müssen und anschließend immun sind.

- Die Gesamtzahl der für die Herdenimmunität notwendigen Immunen ändert sich zwar, wenn gleich zu Beginn viele Menschen infiziert sind oder es im Lauf der Epidemie zu sehr starken Ansteckungen kommt. Aber auch dann müssen nicht alle Menschen infiziert werden.
- Wer im späten Stadium der Epidemie kurz vor dem Erreichen der Herdenimmunität bewusst oder auch aus Leichtsinn andere ansteckt (Fall (3), bewirkt zwar keinen neuen Ausbruch der Epidemie, aber er ist verantwortlich für neue Kranke, die vermieden hätten werden können.
- Selbstverständlich bewirkt eine Verhaltensänderung der Personen dahingehend, dass weniger Kontakte auftreten und damit die Reproduktionsrate auch ohne den Herdeneffekt sinkt, sehr viel weniger Kranke (Fall 4 von oben). Je früher dies geschieht, und je stärker die Eindämmung ist, umso besser und umso geringer ist der Schaden. Werte für die Reproduktionsrate von deutlich unter 1 sind hier anzustreben. Diesen Effekt hatte ich schon im ersten Teil der Veröffentlichung dargestellt.

In der nächsten Folge der Artikel werden die Berechnungen für das „echte“ Coronavirus konkret für Bayern durchgeführt. Dabei wird untersucht, ob die „Herdenimmunität“ hier schon wirkt und wie viele Immune (also früher Kranke) dazu vorhanden sein müssten. Auch hier werden wieder Berechnungen unter variierenden Annahmen durchgeführt. Dadurch wird deutlich, welche Wirkungen bestimmte Strategien haben. Untersucht werden die jeweils zu erwartende Gesamtanzahl der Kranken und damit der Toten, die Maximalzahl der Kranken pro Tag und die Dauer bis zur Ausrottung von Corona.

20.05.2020

Corona: Strategien und deren Folgen für Bayern

Im vorausgehenden Teil der Artikelserie wurden allgemeine Ergebnisse über den Verlauf von Infektionen unter Berücksichtigung der Wirkung des Herdeneffekts dargestellt. Die dort erläuterten Methoden werden nun auf das Bundesland Bayern angewandt.

Basis der Berechnung

Als Basis für eine derartige Berechnung dient der Stand des „echten“ Coronavirus am 15. Mai 2020. Berechnet werden verschiedene fiktive Verläufe mit unterschiedlichen Reproduktionsraten **für Bayern** auf Basis folgender Daten:

Die Bevölkerungszahl Bayerns ist 13,08 Mio. Bisher erkrankt und damit immun sind 44.980, aufgerundet 50.000 Personen, das sind ca. 0,38% der Bevölkerung.

Dabei besteht ein Streit darüber, dass in Wirklichkeit mehr als 44.980 Menschen in Bayern bereits erkrankt waren und deshalb schon immun sind, weil viele Menschen wegen eines leichten Verlaufs oder einer gar nicht bemerkten Erkrankung diese nicht melden. Die sogenannte „Heinsberg-Studie“ kommt mit 1,8 Mio. deutschlandweit Immunen auf eine ca. 10-mal so große Anzahl wie für Deutschland gemeldet sind (172.293 Personen).

Ich mische mich in diesen Streit nicht ein und berechne, welchen Verlauf der Epidemie für Bayern in beiden Fällen annimmt: Mit 50.000 aktuell Immunen und zusätzlich

dem 10-fach so hohen Wert (500.000 Immunen, also ca. 3,8 %). Dies erfolgt für verschiedene Reproduktionsraten.

Herdenimmunität in Reichweite?

Von **der Herdenimmunität sind wir in jedem Fall noch meilenweit entfernt**, denn diese wirkt bei geringen Anteilen von Immunen (in Bayern maximal 3,8 %) nur sehr schwach! Der nach dem anfänglich steilen Anstieg beobachtete Rückgang der Infektionen in Deutschland und Bayern ist nicht einer beginnenden Herdenimmunität zu verdanken, sondern einzig und allein den politisch angeordneten Beschränkungen gepaart mit der zumindest anfänglich überwiegend sehr großen Vernunft und Vorsicht der Menschen! Angst hat dabei sicher auch eine große Rolle gespielt. **Wer meint, die Anzahl der Neuerkrankungen wäre „ganz von allein“ zurückgegangen, irrt gewaltig!**

Mit Stand vom 15 Mai liegen **aktuell 178 neu Erkrankte, aufgerundet 180 kranke Personen vor** (Daten des Robert-Koch-Instituts). Bei 500.000 Immunen als Startwert muss dann aber auch von 1.800 aktuell Kranken als „Dunkelziffer“ ausgegangen werden, die andere anstecken können. Ferner wird als Zeitdauer, in der ein Infizierter andere Personen anstecken kann, 4 Tage angesetzt.

Die **bisherige Anzahl der Toten** und die weitere Sterberate geht nicht in die Berechnung ein. Diese Zahl wirkt sich auf den weiteren Verlauf der in der Zukunft noch zu erwartenden neu Erkrankten nicht aus. Ich möchte mich zu dem Anteil der Toten und den infolge der Infektion schwer gesundheitlich Geschädigten nicht äußern, weil hier noch eine sehr große Unsicherheit in den Zahlen vorliegt. Wenn wir von aktuell 1.800 Infizierten in Bayern inkl. der „Dunkelziffer“ ausgehen, ist der Anteil der Toten an den Infizierten selbstverständlich deutlich kleiner, weil in dieser Gruppe auch diejenigen erfasst sind, die zwar krank und ansteckend sind, aber ihre Krankheit nicht bemerken oder nicht melden. Klar ist aber, dass die Zahl der Toten in etwa proportional zur Anzahl der insgesamt Erkrankten ist. Doppelt so viele Erkrankte bedeuten doppelt so viele Tote und dauerhaft Geschädigte!

Betrachtete Szenarien

In den folgenden Tabellen 1 bis 4 werden alle Kombinationen aus möglichen Startwerten für die Immunen und aktuell Erkrankten gebildet, also zusätzlich zu den oben genannten Kombinationen auch die Paare von 50.000 Immunen mit 1.800 aktuell infizierten Personen sowie 500.000 Immunen mit 180 aktuell Infizierten. Dadurch ist die gesamte Bandbreite an realistischen Möglichkeiten abgedeckt.

Tabelle 1: Gesamtzahl der Erkrankten in Summe bis zum Ende der Seuche bzw. bis zur vollen Herdenimmunität

Startwert aktuell Kranke	Reproduktionsrate							
	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
50.000 bisher Erkrankte und damit Immune als Startwert								
180	50.347	50.439	50.621	51.155	68.406	2.273.786	4.108.981	5.581.907
1.800	53.471	54.390	56.209	61.504	174.620	2.282.754	4.112.724	5.584.009
500.000 bisher Erkrankte und damit Immune als Startwert								
180	500.333	500.412	500.555	500.904	503.001	1.859.208	3.732.792	5.239.693
1.800	503.334	504.116	505.549	509.023	529.225	1.874.909	3.737.869	5.242.362
Tabelleninhalt: Gesamtzahl der Erkrankten in Summe bis zum Ende der Seuche								

Tabelle 2: Maximalzahl der Kranken pro Tag

Startwert Infizierte	Reproduktionsrate							
	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
50.000 bisher Erkrankte und damit Immune als Startwert								
180	180	180	180	180	180	83.241	302.195	607.301
1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	84.665	303.388	608.678
500.000 bisher Erkrankte und damit Immune als Startwert								
180	180	180	180	180	180	31.160	191.749	446.116
1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	32.655	193.073	447.222
Tabelleninhalt: Maximalzahl der Kranken pro Tag								

Tabelle 3: Dauer in Tagen, bis weniger als 10 Infizierte in ganz Bayern vorhanden sind

Startwert Infizierte	Reproduktionsrate							
	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
50.000 bisher Erkrankte und damit Immune als Startwert								
180	16	22	34	68	größer	479	275	199
1.800	28	38	59	120	2 Jahre	414	243	177
500.000 bisher Erkrankte und damit Immune als Startwert								
180	15	20	29	52	186	697	330	226
1.800	26	35	52	92	320	585	290	200
Tabelleninhalt: Dauer in Tagen, bis weniger als 10 Infizierte vorhanden sind								

Was bedeuten die Ergebnisse?

Wenn die Reproduktionsrate deutlich kleiner als 1 ist – also z. B. kleiner als 0,8 – haben wir in Summe nicht wesentlich mehr Erkrankte als schon bisher Kranke, die aktuell schon isoliert oder immun sind. Die Anzahl der Kranken geht kontinuierlich zurück, wobei statistische Abweichungen vom rechnerischen Wert vorkommen werden, aber unproblematisch sind. Wir hatten bundesweit schon eine Reproduktionsrate von 0,7 erreicht. Wenn wir das von nun an durch große Disziplin fortführen könnten, wären bayernweit in ca. einem Monat weniger als 10 Kranke zu betreuen. Die Seuche

konnte vollständig nachverfolgt und letztlich ausgerottet werden. Dieser Weg wurde schon in Teil 1 der Veröffentlichung dargestellt.

Eine Reproduktionsrate von 0,9 führt zwar auch zu nicht deutlich mehr neuen Kranken, aber es dauert zwei bis drei Monate, bis wir die Grenze von 10 Kranken unterschritten haben. Während dieser Zeit müssen Einschränkungen bleiben, denn sonst geraten wir schnell in Zonen von mehr als 1. Aktuell pendelt die Reproduktionsrate deutschlandweit um diesen Wert.

1,0 als Reproduktionsrate oder darum schwankende Zahlen führen zu einer sehr langsamen Senkung der Neuinfektionen. Die Anzahl der insgesamt Erkrankten wächst weiter an. Die Herdenimmunität greift nur dann leicht, wenn wir von schon 500.000 Immunen in Bayern ausgehen. Aber auch dann dauert es noch 6 – 12 Monate, bis wir Corona als praktisch ausgerottet ansehen dürfen. Dies ist der Preis für eine zu schnelle Aufhebung von Beschränkungen.

Zahlen von 1,1 und mehr führen in die Katastrophe, wenn die Epidemie nicht durch politische Maßnahmen oder die Angst der Menschen selbst unterbrochen wird. Dies wäre die oft diskutierte und befürchtete „zweite Welle“.

- Ich betrachte nur den Fall 1,1 näher. Die Herdenimmunität wird hier je nach Fall bei 1,8 bis 2,3 Mio. Erkrankten erreicht. In der Spitze fallen je nach Ausgangssituation 31.000 bis 85.000 Kranke pro Tag an. Und es dauert noch mehr als ein weiteres Jahr, bis alles vorüber ist. Der absolute „worst Case“!
- Zu beachten ist, dass die Herdenimmunität dann zwar schon bei ca. 15 % Anteil der wieder Gesunden und damit Immunen erreicht ist, aber bei höheren Reproduktionsraten auch dann die Seuche wieder aufflackert, wenn nur noch wenige aktuell Infizierte vorhanden sind. Denn die für die Herdenimmunität notwendige Anzahl der Immunen hängt von der Höhe der Reproduktionsrate ab (siehe Tabelle 1)!
- In der Praxis würde es vermutlich nicht zu dieser Entwicklung kommen: Zum einen würden die Bürger von sich aus angesichts der steigenden Kranken- und Todeszahlen reagieren. Zum anderen müsste die Politik erneut mit starken Beschränkungen reagieren.
- Noch höhere Reproduktionsraten brauche ich nicht zu kommentieren. Sie sind nur in völlig ignoranten Gesellschaften denkbar. Die Zahlen wären so schrecklich, dass sich jede Gemeinde abschotten würde und die Menschen lieber hungern, als auf die Straße zu gehen. Das wäre dann auch ein Ende von Corona, das sich hoffentlich niemand wünscht! Nur wer an die schnelle Bereitstellung von wirksamen Medikamenten oder Impfungen glaubt, kann diesen Weg befürworten. Dass in diesem Fall der schreckliche Spuk trotz der wesentlich höheren Zahlen bis zum Erreichen der Herdenimmunität schneller vorbei ist, resultiert aus der zwischenzeitlich viel höheren Anzahl der Erkrankten.

Was sind die Konsequenzen der Ergebnisse?

Hier sind zwei Zielsetzungen zu beachten, die scheinbar in Konkurrenz stehen:

Gesundheitliche Sicht

Wer die Anzahl der Erkrankten und damit die **Zahl der Toten / dauerhaft Geschädigten möglichst klein halten** will, muss sich dafür einsetzen, dass die Lockerungen nicht zu schnell vorangehen. Vor allem muss immer nachverfolgt werden können, welche Lockerung welche Konsequenzen hat. Das ist nur möglich, wenn eine Lockerung mit ausreichend zeitlichem Abstand nach der anderen folgt.

Dabei kommt es sehr stark auf die Vernunft der Menschen an. Die Menschen müssen verstehen, warum welche Beschränkungen notwendig sind. Entsprechend müssen alle Vorschriften gut durchdacht und begründet werden. Wenn alle Hygiene- und Abstandsregeln von sich aus durch Selbstdisziplin eingehalten würden, bräuhete es keine Vorschriften. Aber geschieht das? Stehen dem nicht wirtschaftliche Interessen entgegen?

Ein Beispiel: Die Durchführung von „Geisterspielen“ im Fußball bedeutet bei Einhaltung der Vorschriften für die Fußballer fast keine Gefahr. Wenn aber Fußballfans sich Zuhause oder in verdeckten Versammlungen ohne jeden Abstand sammeln und sich nach Toren der eigenen Mannschaft im Jubel umarmen, ist das ein riesiges Problem. Genauso sind Demonstrationen wie z. B. die jüngste Demonstration in Rosenheim zu beurteilen: Nicht die Demonstration ist das Problem, sondern die Nichteinhaltung der Auflagen und das Leugnen und Ignorieren der Gefahr! Ein einziger Infizierter, der die Hygienevorschriften missachtet, reicht aus, um eine neue Kette von Infektionen auszulösen.

Wirtschaftliche Sicht:

Aus **wirtschaftlicher Sicht** wird von vielen Geschäftsleuten eine schnelle Lockerung der Beschränkungen gefordert. Dies ist angesichts der schlimmen Lage, in der sich viele Menschen befinden, sehr verständlich. Doch tun sie sich damit wirklich einen Gefallen?

Wie oben gezeigt wurde, bedeutet eine Reproduktionsrate von knapp unter 1 (z.B. 0,9) dass Corona uns noch lange bei nur schwach abnehmenden Neuerkrankungen schadet. Wäre es nicht besser, noch durchzuhalten und dann die wirkliche Freiheit zu gewinnen? Wenn die Reproduktionsrate wieder klar über 1 steigt bzw. die Anzahl der Erkrankungen laufend zunimmt, ist es unvermeidlich, einen zweiten „Lock Down“ durchzuführen. Dann ist nichts gewonnen! Helfen würde nur die ersehnte Medizin oder Impfung.

Ein Wert um die 1 herum ist noch gefährlicher, weil die Seuche dann „ewig“ wie ein **Schwelbrand** fortschreitet und jederzeit wieder aufflackern kann. Der wirtschaftliche Schaden ist auf Dauer sicher höher als bei einem weiteren Ausharren mit Beschränkungen.

Große Disziplin bedeutet zwar für viele Menschen eine weitere schmerzhaftestecke, aber dadurch gewinnen wir ein sehr schnelles Ende der Seuche bis zu wirklich kontrollierbaren sehr wenigen Neuerkrankungen! Dann könnten sehr rasch viele Lebensbereiche vollständig geöffnet werden!

Die spezielle Situation in den Landkreisen und weitere Vorschläge zur Eindämmung werden im nächsten Artikel der Serie vorgestellt.

03.06.2020

Corona: Die Lage in den Landkreisen

Rosenheim24.de berichtet täglich über die neuen Fallzahlen in den Landkreisen Rosenheim (inkl. Stadt Rosenheim), Traunstein, Berchtesgadener Land, Mühldorf und Altötting. Wie sind diese Zahlen, die von Tag zu Tag zum Teil erheblich schwanken, zu interpretieren? Auch hier kann einfach angewandtes Rechnen, für das kein Studium notwendig ist, weiter helfen.

Neu gemeldete Fallzahlen als Ausgangspunkt

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der neu gemeldeten Fälle von Erkrankungen pro Tag in den einzelnen Landkreisen, wie sie von Rosenheim24.de täglich aktualisiert werden.

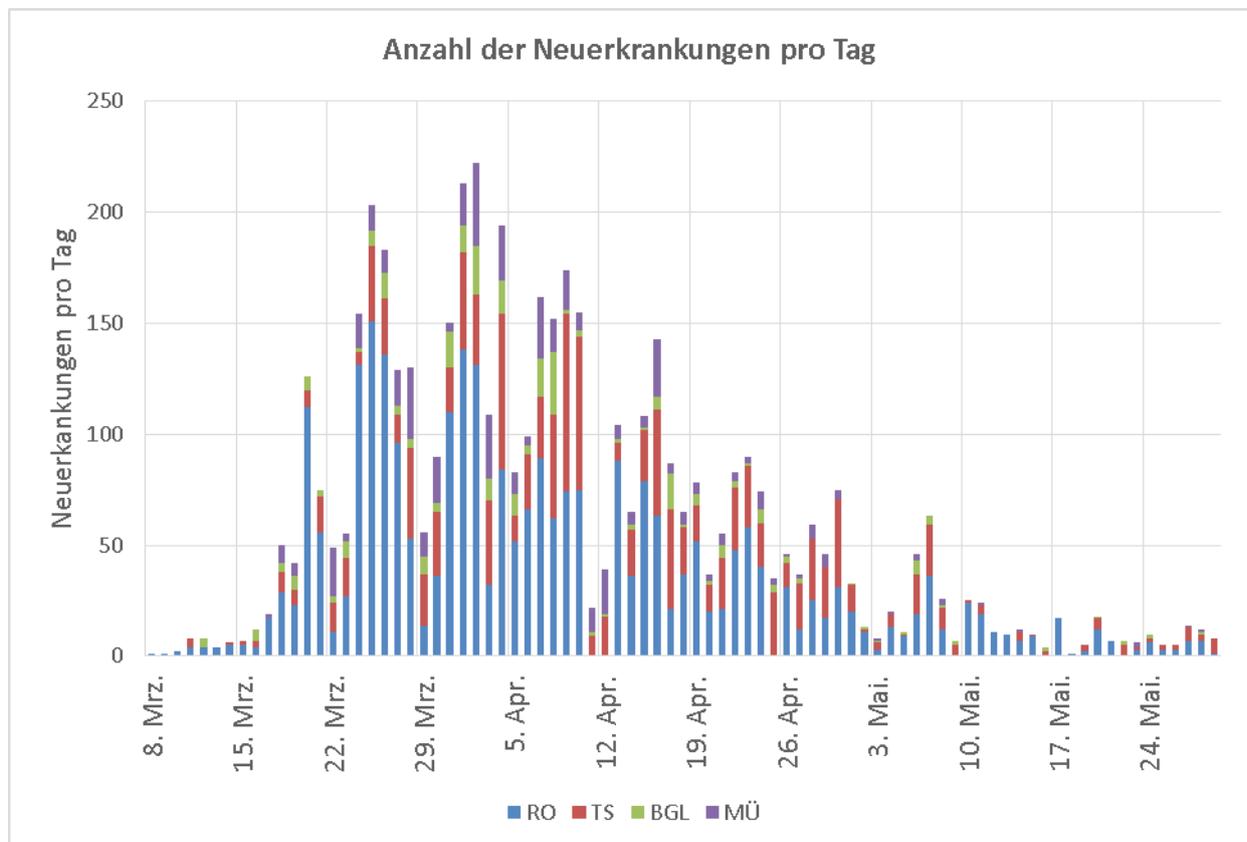


Abb. 1: Neuerkrankungen pro Tag

Die Zahlen weisen in jedem Landkreis das gleiche Muster auf: Einem starken Anstieg ab Beginn der Infektion bis ca. 02. April folgt eine langsame Verringerung der Neuinfektionszahlen bis zum Ende der Untersuchung (29. Mai). Beide Phasen sind hierbei mit sehr starken Schwankungen der Tageswerte verbunden.

Stark schwankende Fallzahlen

Es fällt auf, dass die Fallzahlen am Wochenende/Wochenbeginn (Sonntage 22. März, 29. März, 5. April usw.) wesentlich kleiner sind. Macht das Virus am Wochenende Pause? Sicher nicht, aber trotz Krise offensichtlich das Gesundheitsamt Rosenheim, das für den Sonntag in letzter Zeit immer null neue Infektionen meldet. Ein wichtiger Grund für die „Wochenend-Abstinenz“ des Virus ist ebenso, dass Erkrankte

am Wochenende oft den Gang zum Arzt oder einen entsprechenden Anruf scheuen und erst abwarten, wie es ihnen weiter ergeht. Am Donnerstag, dem Tag mit den durchschnittlich höchsten Meldungen, werden hingegen viele ärztlichen Rat aufsuchen, weil sie wissen, dass dies am Wochenende schwierig ist.

Glättung der Daten notwendig

Die obige Feststellung der Abhängigkeit der Neumeldungen vom Wochentag macht es notwendig, die Neuerkrankungen sinnvoll zu glätten. Hierzu wird in einem ersten Schritt ganz einfach die Summe der Neuerkrankungen der jeweils letzten 7 Tage gebildet. Damit ist in jeder Teilsumme jeder Wochentag vertreten und die dadurch bedingten Schwankungen sind beseitigt. Dieser Summenwert wird dem letzten Tag, aus dem die Summe gebildet wird, zugeordnet.

Abb. 2 zeigt den Effekt dieser Glättung am Beispiel der Daten für Rosenheim.

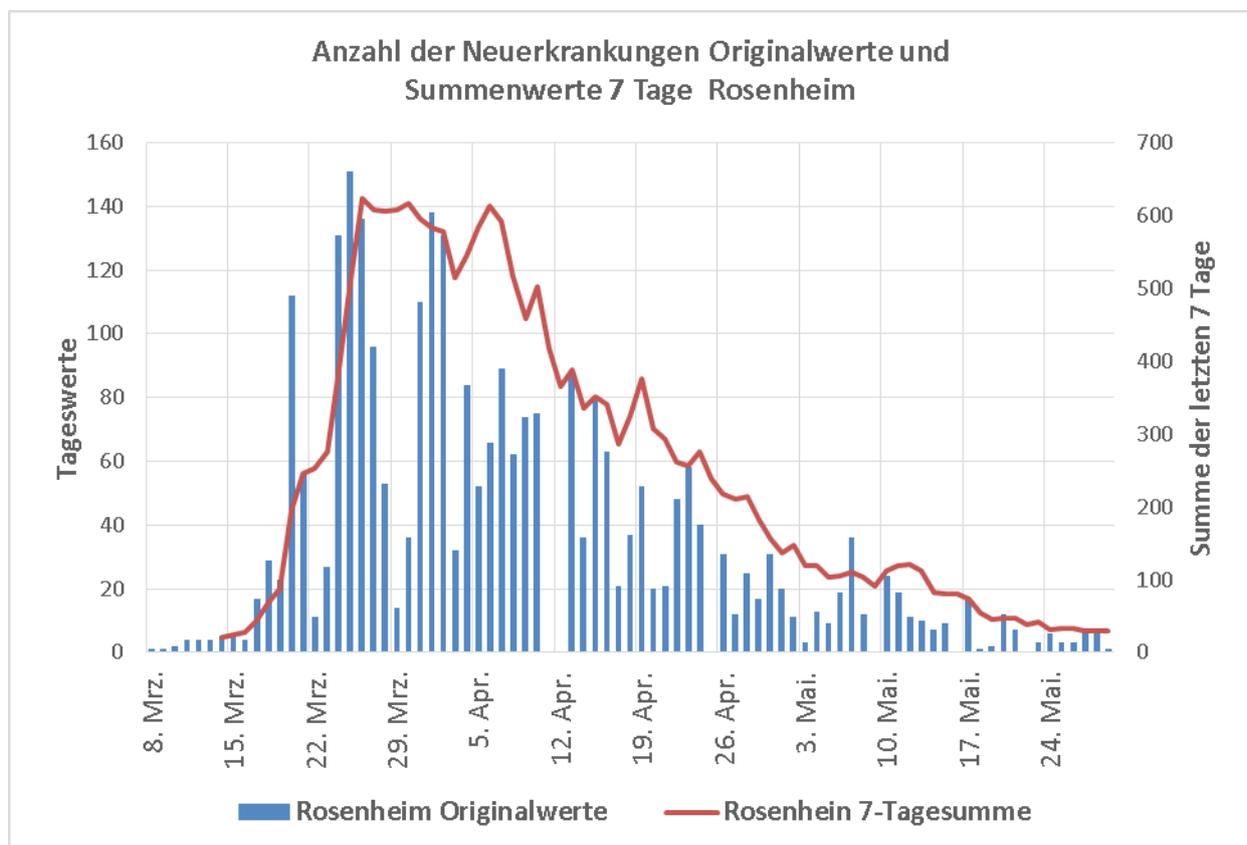


Abb. 2: Ausgangswerte der täglichen Neuinfektionen und 7-Tagesumme

Ausreißer auch nach Glättung

In der 7-Tagesumme sind die großen Tagesschwankungen beseitigt, es treten aber immer noch einzelne Zacken auf. Einige dieser „Ausreißer“ sind auf geballtes Auftreten von Neuinfektionen in Senioreneinrichtungen, Asylantenheimen etc. zurückzuführen. Die weiteren Schwankungen sind dem Zufall aufgrund der „kleinen“ Fallzahlen zuzuordnen.

„7-Tage-Inzidenz“ als Kennzahl für die Neuerkrankungen

Bei sonst gleichem Infektionsgeschehen haben einwohnerstarke Landkreise mehr Kranke zu erwarten als Landkreise mit weniger Einwohnern. Dies trifft auch für die hier betrachteten Landkreise zu. Landkreis und Stadt Rosenheim haben mit ca. 325 Tausend Einwohnern um 80 % mehr Einwohner als Traunstein (ca. 177 Tausend Einwohner). Traunstein ist wiederum bevölkerungsreicher als Mühldorf (ca. 116 Tausend EW) und Berchtesgaden (ca. 106 Tausend EW). Entsprechend sind im Durchschnitt auch die Infektionszahlen in Rosenheim am höchsten. Wir müssen also – damit unsere Landkreise untereinander und mit beliebigen anderen Kreisen und Städten Deutschlands sinnvoll verglichen werden können, die Kranken für jeweils 100.000 Einwohner berechnen.

Zur Berechnung wird die 7-Tagessumme durch die Einwohnerzahl geteilt und das Ergebnis mit 100.000 multipliziert. Das ist die „7-Tage-Inzidenz“. Als Grenze für diese Zahl war ursprünglich 50 festgesetzt, nun gilt die Grenze von 35 Personen pro 100.000 Einwohnern pro 7 Tagen in Summe. Abbildung 3 zeigt die Werte der 7-Tage-Inzidenz für die Landkreise.

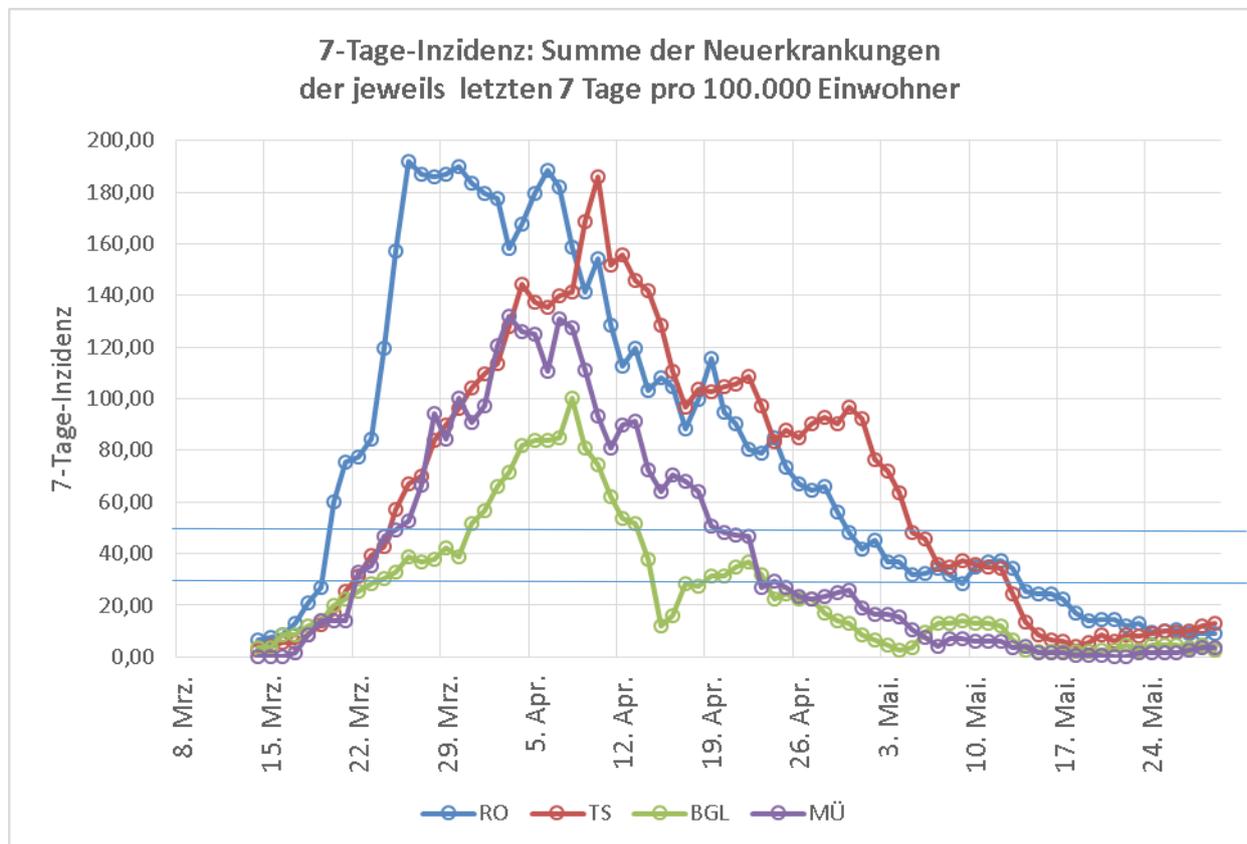


Abbildung 3: 7-Tage-Inzidenz für die Landkreise.

Trotz des einheitlichen Bezugs der Neuinfektionen auf jeweils 100.000 Einwohner liegen erhebliche Unterschiede im Infektionsgeschehen der Landkreise vor:

- Rosenheim hatte zu Beginn den stärksten Anstieg an Neuinfektionen. Traunstein und Mühldorf lagen anfangs in etwa gleich. Am schwächsten war der Anstieg im Berchtesgadener Land. Diese Unterschiede sind so auffällig, dass sie – spätestens wenn die Krise vorüber ist – erklärt werden sollten. Mir fehlt hierzu mehr Hintergrundwissen.
- Trotz des unterschiedlich starken Anstiegs war der Höhepunkt der Neuerkrankungen in allen Landkreisen Ende März / Anfang April. Ab diesem Zeitpunkt haben offensichtlich die am 22. März beschlossene Beschränkung der sozialen Kontakte und auch schon frühere Maßnahmen gewirkt. Wie anschließend erläutert wird, war für den hier einsetzenden Rückgang der Infektionen nicht die Herdenimmunität ausschlaggebend.
- Auffällig ist, dass Traunstein und Mühldorf anfangs den nahezu gleichen Zuwachs an Infektionen hatten. In Mühldorf gelang es aber, ab 6. April den Zuwachs zu stoppen. Die Neuerkrankungen sinken dort seither regelmäßig. Hingegen wachsen die Zahlen in Traunstein zunächst ungebremst weiter und überholen Rosenheim. Auch hier könnte eine Ursachenanalyse dazu beitragen, weitere Erkenntnisse über die Ansteckungswege von Corona zu erlangen oder auch Fehler in den Landkreisen aufzuzeigen.
- Insgesamt muss bei den obigen Fragen geprüft werden, ob die Vorgehensweise bei der Erfassung der Fälle in den Landkreisen gleich war oder ob z.B. einzelne Landreise weniger Tests bezogen auf die Einwohnerzahl durchgeführt haben und dadurch auch weniger Fälle aufweisen.

Weglassen von „isolierten Spots“ aus der 7-Tage-Inzidenz?

Sowohl Rosenheim als auch Traunstein schlittern lange Zeit an der gesetzten Grenze von 50 bzw. insbesondere 35 für die 7-Tage-Inzidenz entlang (siehe waagerechte Linien in Abbildung 3). Nur durch das Herausrechnen von „isolierten“ Spots wie z. B. Seniorenheimen lag Rosenheim deutlich unter diesen Grenzen. Begründet wird dies damit, dass man das Infektionsgeschehen in derartigen Einrichtungen gut nachverfolgen und damit kontrollieren kann. Denn die 7-Tage-Inzidenz ist ja deshalb eine wichtige Kenngröße, weil es darum geht, dass bei wenigen Fallzahlen eine Nachverfolgung der Kontakte und eine entsprechende Kontrolle möglich sind.

Ich halte es aus folgenden Gründen in Gegensatz zur „offiziellen Meinung“ für wenig zielführend, die genannten Fälle einfach wegzulassen:

- Das Virus fällt nicht vom Himmel, sondern ist auf Fehlleistungen im Schutz dieser Einrichtungen zurückzuführen. Diese Fälle als „schicksalhaft“ anzusehen und die Fehler nicht aufzudecken, führt zur Wiederholung der Fehler. So war es ja auch, denn nach den ersten Fällen in Seniorenheimen, Krankenhäusern, Flüchtlingsunterkünften etc. hätte man auf Fehlern lernen müssen und dadurch weitere Fälle wenigstens teilweise vermeiden können.
- Durch das Weglassen der genannten Fälle ist es für die Erfüllung der 7-Tage-Inzidenz gleichgültig, wie groß die Vorsorge in der Region für die Einrichtungen ist, die des höchsten Schutzes bedürfen. Der entsprechende Wettbewerb fehlt. Wie gut aber eine Region ihre besonders gefährdeten Einrichtungen vor Ansteckungen bewahrt, ist auch eine Eigenschaft der Region!

- Wo das Virus in eine Einrichtung hineinkommt, kommt es mindestens auf dem gleichen Weg und zusätzlich auf anderen Wegen wieder heraus. Es geht also nicht nur um die Menschen in den Einrichtungen, sondern um alle Menschen der Region!

Hat die Herdenimmunität für den Rückgang der Fallzahlen gesorgt?

Wie im Teil 2 der Serie beschrieben, wirkt die Herdenimmunität dadurch, dass bereits früher kranke und dadurch hoffentlich immune Menschen nicht mehr erneut angesteckt werden können. Dadurch findet das Virus immer weniger neue Opfer.

In den Landkreisen liegt per 27.05.2020 folgende Situation vor:

Landkreis	RO	TS	BGL	Mü
Summe aller bis zum 27.05. Kranken	2.786	1.314	306	503
Einwohnerzahl	325.049	177.423	105.941	115.869
Anteil Kranke bzw. Immune in %	0,86	0,74	0,29	0,43

Bei diesen Anteilen der Immunen an der Gesamtbevölkerung wirkt der Herdeneffekt praktisch gar nicht. Zum Zeitpunkt des Beginns der sinkenden Neuinfektionen war der Anteil der Immunen noch geringer. Wie im Artikel zur Herdenimmunität bzw. der Analyse für Bayern gezeigt wurde, ist für die volle Herdenimmunität bei einer Reproduktionsrate von 1,0 bis 1,1 ein Anteil von ca. 20 % der Bevölkerung notwendig. Auch wenn bei den Immunen von einer hohen Dunkelziffer in der Weise ausgegangen wird, dass 10-mal so viele Menschen schon immun sind als Kranke gemeldet wurden, sind wir noch sehr weit von der Herdenimmunität entfernt. Wir brauchen diese auch nicht, wenn die Reproduktionsrate unter 1 bleibt. Der Rückgang der Infektionen ist auf die staatlichen Beschränkungen gepaart mit der bisher überwiegenden Vernunft der Menschen zurückzuführen!

Wie hoch ist die Reproduktionsrate?

Die Reproduktionsrate zeigt, wie sich eine Infektion ausbreitet. Werte unter 1 signalisieren sinkende Neuinfektionen, Werte über 1 stark steigende.

Die Berechnung der Reproduktionsrate macht nur dann Sinn, wenn die Ausgangszahlen nicht zu stark wegen einzelnen Hotspots und wegen Zufallsschwankungen einigermaßen stabil im Verlauf sind. Deshalb werden hier nicht die Originalzahlen, sondern die 7-Tage-Inzidenzwerte als Ausgangsbasis verwendet. Die Berechnung erfolgt dadurch, dass die 7-Tage-Inzidenz vor 4 Tagen (der mittleren Ansteckungsdauer) mit der jeweils aktuellen 7-Tagesinzidenz verglichen wird. Auch diese Berechnung macht nur Sinn, wenn die Ausgangszahlen noch hoch genug sind, weil sonst schon eine Veränderung um einen einzigen Fall eine deutlich andere Reproduktionsrate ergibt. Deshalb wird die Reproduktionsrate nicht mehr berechnet, wenn die 7-Tage-Inzidenz kleiner als 10 ist, also weniger als 10 Fälle in Summe pro 100.000 Einwohnern auftreten. Aus diesen so ermittelten Reproduktionsraten werden nochmals die Mittelwerte über 7 Tage gebildet, damit ein Trend jeweils zwei nacheinander folgende Wochen sichtbar wird (Abbildung 4). Bei der Interpretation der Werte muss beachtet werden, dass der Wert für einen bestimmten Tag immer die Entwicklung der letzten 14 Tage widerspiegelt, also ein „Nachlauf“ vorliegt. Die Linien für die Landkreise enden, wenn dort die 7-Tage-Inzidenz kleiner 10 ist und bis zum 29. Mai auch darunter bleiben.

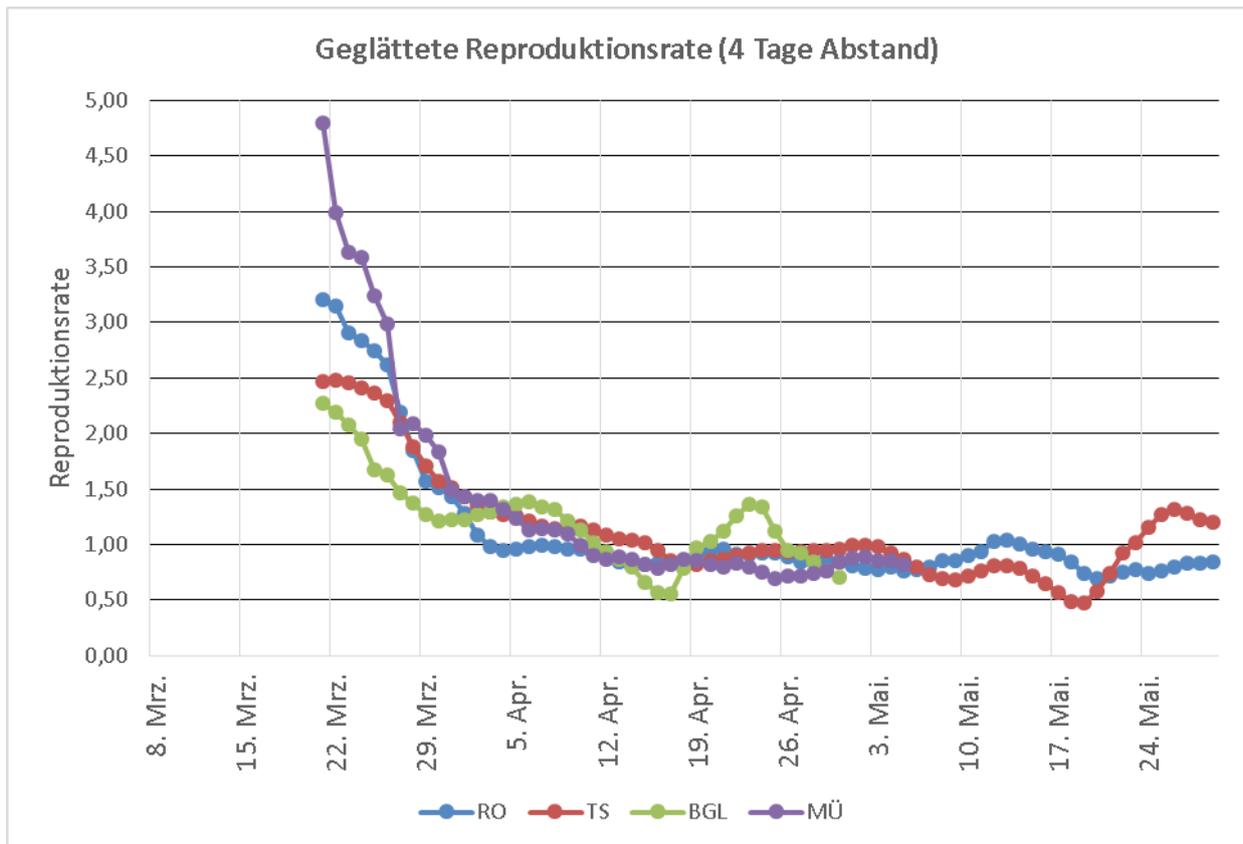


Abbildung 4: Geglättete Reproduktionsraten

Ausgehend von sehr hohen Werten konnte die Reproduktionsrate ab Anfang Mai mit gewissen Schwankungen auf Werte zwischen 0,6 und 1,0 gedrückt werden. Nur Traunstein hatte wieder steigende Infektionszahlen zu verzeichnen. Von Traunstein abgesehen ist dies ein gutes Signal. Wenn wir so fortfahren, werden immer häufiger Tage auftreten, in denen keine neuen Infektionen auftreten. In Berchtesgaden und Mühldorf ist dies schon der Fall und in Rosenheim und Traunstein durchaus erreichbar!

Wie geht es weiter?

Die Antwort hierauf ist schwierig und doch einfach: Es kommt auf uns alle an! Wenn die Disziplin im Umgang miteinander und die Hygieneregeln eingehalten werden, können wir Corona besiegen und letztlich durch Zusammenarbeit in Europa am Boden halten, bis Medizin und Impfung endgültig helfen.

Bei Uneinsichtigen ist zum Erreichen dieses Zieles auch staatliche Kontrolle notwendig. Denn diese Menschen missbrauchen ihre Freiheitsrechte, weil sie andere massiv gefährden. Wenn ich aber die publizierte „Allgemeinverfügung“ [Link https://www.rosenheim24.de/rosenheim/rosenheim-stadt/rosenheim-ort43270/rosenheim-allgemeinverfuegung-landratsamts-rosenheim-quarantaene-sars-cov-2-erkrankte-13653067.html](https://www.rosenheim24.de/rosenheim/rosenheim-stadt/rosenheim-ort43270/rosenheim-allgemeinverfuegung-landratsamts-rosenheim-quarantaene-sars-cov-2-erkrankte-13653067.html)

des Landratsamtes Rosenheim vom 15.04.20 lese, kommen mir hier große Zweifel, ob auch wirklich so gehandelt wird, wie es notwendig ist. Dort heißt es, dass die Quarantäne bei positiv getesteten Personen und Verdachtsfällen **mündlich** durch das Gesundheitsamt ausgesprochen wird. Gibt es keine schriftliche Anordnung

mehr? Wird wenigstens stichprobenartig kontrolliert, ob die Quarantäne eingehalten wird? Ebenso hat mich eine Meldung im Oberbayerischen Volksblatt erschreckt, dass in Rosenheim die Fälle **bisher nur auf Papier** erfasst sind und deshalb bisher keine weiteren Analysen (z. B. woher kamen die Infektionen und was hat zur Verbreitung beigetragen) möglich sind.

Ganz entscheidend ist auch die Frage, was geschehen soll, wenn die Grenze von 35 für die 7-Tage-Inzidenz wieder überschritten wird. Gibt es hierzu feste Pläne? Warum werden diese nicht publiziert?

Es sollte auch kein Widerspruch zwischen der Erhaltung der Gesundheit und wirtschaftlichen Interessen aufgebaut werden! Bei wieder ansteigenden Infektionen wird den Menschen auch ohne jede offizielle Maßnahme die Lust am Konsum und an Investitionen vergehen.

Wenn im vorschnellen Glauben, die Krise sei schon vorüber und alles sei nur maßlose Übertreibung gewesen, nun Schlendrian und Leugnung der Gefahr gepaart mit einem Wettbewerb um weitere Lockerungen um sich greifen, wird alles von vorne beginnen. Es waren nur wenige Fälle, die uns diese Infektionswelle verschafft haben. Das Virus ist nicht weg, es wird wieder um sich greifen, wenn wir ihm die Möglichkeit geben. Die jüngsten Fälle in einer Kirche und in Gasthäusern sollten Mahnung genug sein! Also: Haben Sie den Mut, jemanden zurückzuweisen, der Ihnen zu nahe kommt! Schützen Sie dadurch sich und auch den ungebetenen Anderen!

22.07.2020

Corona: Wie hoch ist das Ansteckungsrisiko für den Einzelnen?

Im letzten Bericht zu Corona aus mathematischer Sicht vom 03.06.2020 waren in den davor liegenden 7 Tagen in Stadt und Landkreis Rosenheim in Summe 9,2 Neuerkrankungen pro 100.000 Einwohnern zu verzeichnen. Derzeit (21.07.2020) beträgt diese „7-Tage Inzidenz“ 2,3 für den Landkreis und 6,3 für die Stadt Rosenheim, insgesamt für den gesamten Raum also 4,3. Berechnet auf 100.000 Einwohner haben sich in den letzten 7 Tagen also (gerundet) nur 4 Personen neu angesteckt. Angesichts dieser niedrigen Zahl stellt sich die Frage, ob überhaupt noch Vorsichtsmaßnahmen wie z.B. die Maskenpflicht notwendig sind. Oft wird argumentiert, dies sei reine Schikane und völlig unnötig.

Bei der Beantwortung dieser Frage muss unterschieden werden, für welchen Personenkreis bzw. mit welcher jeweiligen Zielsetzung die Frage beantwortet werden soll. Drei Sichtweisen sind hierzu notwendig:

- (1) Die Sicht für den gesamten Staat unter Beachtung nicht nur der jetzigen Situation, sondern auch der zukünftig absehbaren Entwicklung.
- (2) Die Situation aus der egoistischen Sicht einer einzelnen Person und des Risikos, das diese momentan eingehen möchte, solange die Zahlen so niedrig sind wie jetzt. Die Zukunft und die Folgen des Handelns dieser einzelnen Person für andere Personen werden ignoriert.
- (3) Die Situation aus der Sicht einer einzelnen Person auch unter Berücksichtigung ihrer Angehörigen und ihres Freundeskreises bzw. aller Personen, die sie selbst schützen möchte.

Sichtweise des Staates, den wir alle gemeinsam bilden

Diese Frage ist schnell beantwortet: Die bisherigen Lockerungen haben nicht dazu geführt, dass die Erkrankungen wieder zugenommen haben. Allerdings ist seit Ende Mai auch kein wesentlicher Rückgang zu verzeichnen. Abbildung 1 zeigt hierzu die Entwicklung der neu gemeldeten Fälle am Beispiel des Landkreises Rosenheim seit Ende April.

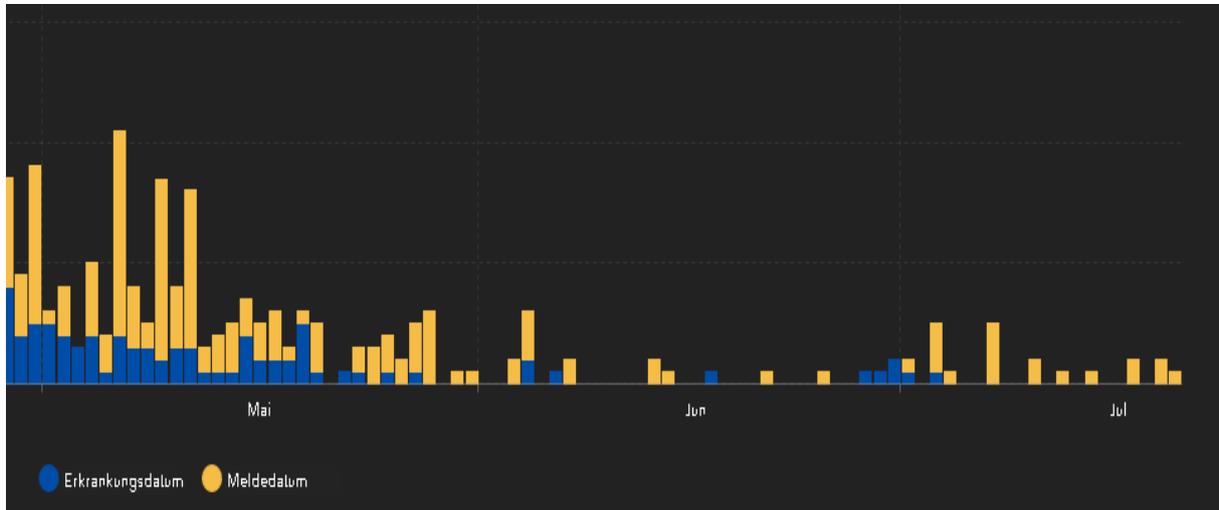


Abb. 1: Neuerkrankungen pro Tag im Landkreis Rosenheim (Quelle: Robert-Koch-Institut, 21.07.2020)

Das Virus ist nicht verschwunden, aber aktuell unter Kontrolle. Würde man nun alle Beschränkungen aufheben und zum Zustand „vor Corona“ zurückkehren, befänden wir uns in einer Situation wie in der Zeit, als die ersten wenigen Infektionen auftauchten und die Gefahr massiv unterschätzt wurde. Dass dies keine düsteren, angstmachenden Prognosen sind, kann am Beispiel der Entwicklung in den USA nachvollzogen werden. Zunächst war es dort dank Beschränkungen gelungen, die Neuerkrankungen pro Tag nach dem ersten Anstieg wenigstens konstant zu halten. Wegen zu starker Lockerungen steigen die Infektionen nun wieder exponentiell an. Dank besserer medizinischer Möglichkeiten ist wenigstens die Todesrate fast konstant geblieben (der hell gefärbte Balken zeigt die letzte Woche mit nur zwei Tagen)

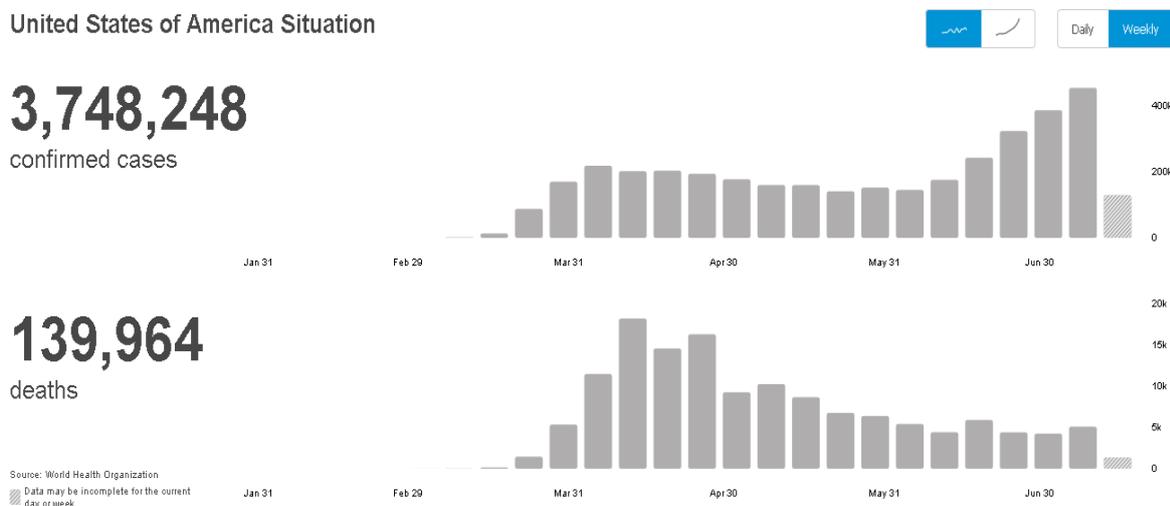


Abb. 2: Corona in den USA (Stand 21.7.2020).

Weitere Lockerungen bei uns sollten also nur sehr vorsichtig unter stetiger Beachtung der Infektionszahlen vorgenommen werden. Gegebenenfalls muss auch eine Lockerung zurückgenommen werden.

Die Situation aus der Sicht des Einzelnen

Wir betrachten nun die Situation einer einzelnen Person, die sich um Angehörige, Freunde und andere Menschen nicht kümmert und der es egal ist, ob sie bei einer Erkrankung auch andere Menschen gefährdet. Wie hoch ist ihr Risiko, sich bei einem einzigen Nah-Kontakt mit einem beliebigen Menschen hier im Landkreis anzustecken? Und wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, infolge dieses Kontaktes zu sterben?

Was hierbei unter einem „Nah-Kontakt“ zu verstehen ist, muss weiter erklärt werden. Gemeint ist ein ungeschützter Kontakt mit einem anderen Menschen, der zu einer Ansteckung führt, wenn der andere Mensch bereits infiziert ist. Hierbei kommt es auf zwei Punkte an:

(a) Die Menschen müssen die gleiche mit Tröpfchen/ Aerosolen belastete Luft einatmen. Dies ist der Fall, wenn – ohne Maske – die Distanz von 1,5 m deutlich unterschritten wird. Aber auch bei einem Abstand von über 1,5 m wird es in nicht ausreichend belüfteten Räumen zu dieser Übertragung kommen. Den gleichen Effekt hat das Berühren von Gegenständen, die von einem Infizierten vorher mit Tropfen beim Sprechen oder gar Husten „besprüht“ wurden.

(b) Ein kurzzeitiger Kontakt (etwa ein aneinander Vorbeigehen im Supermarkt) ist weniger gefährlich als ein lang anhaltender Kontakt bei einem gemeinsamen Gespräch, bei gemeinsamen Singen, auf einer Party oder in einer engen Bar mit „schlechter“ Luft. Gleiches gilt für die Häufigkeit, mit der infizierte Gegenstände berührt werden.

Große Nähe (auch gleicher Raum) und lange Dauer des Treffens sowie gemeinsames Berühren von Gegenständen erhöhen das Ansteckungsrisiko sehr stark.

Beispiel zur Schätzung des Risikos bei einem einzigen „Nah-Kontakt“

Eine junge Frau und ein junger Mann haben sich über eine Partner-App kennen gelernt. Sie treffen sich nun zu einem Gespräch in einem Café im Innenraum abseits in einem etwas versteckten Eck. Dort sitzen sie ohne Maske an einem kleinen Tisch einander gegenüber und unterhalten sich lange. Gefahr von anderen Personen im Café soll nicht ausgehen, weil die Tische ausreichend voneinander entfernt sind und Luftzug herrscht. Aber im gewählten Eck „steht“ die Luft und sie unterhalten sich über zwei Stunden lang. Wegen der gegenseitig aufkeimenden Sympathie kommen sie mit den Gesichtern sehr nahe. Auch schenken sie sich gegenseitig Getränke ein etc. Die Wahrscheinlichkeit, sich anzustecken, soll fast sicher gegeben sein, wenn der andere schon infiziert ist, ohne es zu wissen.

Wir betrachten nun die Situation aus der Sicht der Frau: Wie groß ist für sie die Wahrscheinlichkeit, auf einen Mann zu treffen, der bereits infiziert ist, und sich dadurch selbst zu infizieren? Umgekehrt gilt dies natürlich genauso.

In Stadt und Landkreis Rosenheim (hier lebt der Mann) sind aktuell in den letzten 7 Tagen gerundet drei Personen pro 100.000 Einwohnern neu erkrankt. An diesen kann sich die Frau nicht anstecken, weil die Kranken ja (hoffentlich) isoliert sind. Die Frage ist, wie viele Menschen unerkannt die Krankheit in sich tragen und damit andere infizieren können. Bei einer Reproduktionszahl von 1 (dies ist aktuell in etwa der

Fall) sind es rechnerisch mindestens drei Personen, die dazu nötig sind. Denn diese drei übertragen Corona wieder auf drei an, bis sie krank werden. Bis diese drei neuen ebenfalls krank werden und dadurch isoliert sind, haben sie wieder drei neue angesteckt und so weiter. Diese Zahlen sind immer als Durchschnittswerte zu betrachten. Tatsächlich schwanken die Neuinfektionen täglich.

Zusätzlich entsteht das Problem der „Dunkelziffer“. Nicht alle, die mit SARS-CoV-2 infiziert sind, werden so krank, dass sie es erkennen. Sie haben einen sehr leichten Verlauf und fühlen sich nur abgeschlagen. Manche verschweigen eventuell auch die Krankheit. Wie hoch diese Dunkelziffer ist, wird derzeit erforscht. Die „Heinsberg-Studie“ hat eine ca. 10-mal so hohe Dunkelziffer ergeben, das wären also aktuell 30 Personen. Weil diese Studie wegen zu geringer Anzahl der Untersuchten unsicher ist und ich nicht übertreiben möchte, gehe ich in der Beispielrechnung davon aus, dass pro 100.000 Einwohnern aktuell 10 infiziert sind, ohne es zu wissen. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Frau also ein infizierter Mann gegenüber sitzt, ist somit $5 / 50.000$ (nur die Hälfte der Menschen sind Männer). Ganz einfach können wir auch mit dem gleichen Ergebnis $10 / 100.000$ rechnen. Die Wahrscheinlichkeit sich anzustecken beträgt also nur ein-hundertstel Prozent. Als Zahl ist das 0,01 %. Und die Wahrscheinlichkeit, daran zu sterben, ist für junge Menschen grob erneut 1 %, also ein-zehntausendstel Prozent. Kann man sich also zu so einem „Date“ unbesorgt treffen?

Veranschaulichung der Wahrscheinlichkeit bei einem einzigen „Nah-Kontakt“

Zur Veranschaulichung dieser Wahrscheinlichkeit hilft folgender Vergleich:

In einem großen undurchsichtigen Behälter (einer „Urne“) liegen gut gemischt 9.999 grüne Kugeln und eine rote Kugel. Sie müssen nun einmal ziehen. Ziehen Sie eine grüne Kugel, bleiben sie gesund. Erwischen Sie die rote Kugel, erkranken Sie. In diesem Fall müssen Sie aus einer weiteren Urne ziehen, in der 99 grüne und 1 rote Kugeln sind. Ziehen Sie die rote Kugel, sterben Sie. Bei der grünen werden Sie nach milder oder schwerer Krankheit wieder gesund.

Andere Vergleichsgrößen sind:

Vergleichsgröße	Wahrscheinlichkeit in Prozent
Lotto: 4 Treffer (mit oder ohne Superzahl)	0,0968619724
5 mal hintereinander mit einem Würfel die „6“ werfen	0,0128600823
Erkrankung in obigem Beispiel	0,0100000000
Lotto: 5 Treffer (mit oder ohne Superzahl)	0,0018449900
Todesfall in obigem Beispiel	0,0001000000
Lotto: 6 Treffer (mit oder ohne Superzahl)	0,0000071511

Abb. 3: Vergleichsgrößen zur Wahrscheinlichkeit

Man kann sich gut vorstellen, dass diese geringen Wahrscheinlichkeiten nur wenige Menschen abhalten, sich mit anderen zu zweit zu treffen.

Ist damit alles gut? Oder muss man auch als Einzelner mehr bedenken?

Leider stimmt die obige Berechnung nur dann, wenn sich die junge Dame im Beispiel mit einem willkürlich aus der Gesamtbevölkerung des Landkreises ausgewählten Mann trifft (also vom Baby bis zum Greis ohne weitere Auswahl). Die Menschen sind

aber unterschiedlichen Risiken ausgesetzt – teilweise berufsbedingt – teilweise durch eigenes Verhalten. Dann stimmt die „Durchschnittsrechnung“ nicht mehr!

Nehmen wir an, der junge Mann erzählt während des Gesprächs begeistert von einer geheimen „Corona-Party“ im Keller eines Freundes, auf der 100 Personen anwesend waren, die alle eng bei- und durcheinander gefeiert haben. Dann hatte er – sofern auf der Party der Durchschnitt der Bevölkerung anwesend war – 100 mal die „Chance“, sich anzustecken. Wenn er sich bei jedem Kontakt mit der Wahrscheinlichkeit von 0,01 % infiziert (siehe oben), ist er bereits mit 1,00 Prozent selbst angesteckt und steckt nun mit dieser Wahrscheinlichkeit die junge Frau an. Ganz genau berechnet sind es 0,9951 % (siehe separater Kasten). Ich denke, dass die meisten Menschen nun fluchtartig das Gespräch beenden würden.

Die genaue Wahrscheinlichkeit bei 100 verschiedenen Kontakten muss man über einen „Umweg“ berechnen: Man bestimmt zuerst, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich der Student nicht ansteckt. Die Wahrscheinlichkeit sich zu infizieren, beträgt dann 100% minus die Wahrscheinlichkeit, sich nicht zu infizieren. Die Formel dazu lautet im Beispiel: $100 - ((1 - 0,0001) \text{ hoch } 100) \times 100 = 0,9951 \%$, also praktisch wieder 1,00 %. Der Unterschied zur ersten ungenauen Berechnung mit Ergebnis exakt 1 liegt darin, dass bei der ersten Berechnung die mehrfache Ansteckung mitgezählt wird. Es reicht aber, sich einmal anzustecken.

Die exakte Berechnung ist notwendig, wenn die Ausgangswahrscheinlichkeit bei einem Nahkontakt größer ist. Siehe hierzu den Fall, in dem sich die junge Frau 10 mal mit Personen trifft, die mit Wahrscheinlichkeit von 1 % infiziert sind.

Würde der junge Mann hingegen erzählen, dass er wegen einer Prüfung die letzten 14 Tage praktisch dauernd in seinem Zimmer gelernt hat und nur zum Einkaufen mit Maske unterwegs war, könnte sich die junge Frau noch sehr viel sicherer fühlen als bei einem „Durchschnittsmann“ mit der Wahrscheinlichkeit von 0,01 %. Das Ansteckungsrisiko ist praktisch ausgeschlossen.

Sichtweise des Einzelnen bei mehreren Kontakten

Die obige Berechnung gilt natürlich auch für die junge Frau: Wenn sie sich insgesamt 100-mal mit einem „Durchschnittsmann“ trifft, ist ihre Wahrscheinlichkeit, sich anzustecken, auch exakt 0,995 %. Dabei ist es völlig gleichgültig, ob dies 100 Nahkontakte mit jeweils einem einzelnen „Durchschnittsmann“ oder die Teilnahme an 10 Corona-Partys mit jeweils 10 Teilnehmern ist. Immer wird hierbei angenommen, dass von 100.000 Einwohnern 10 infiziert sind.

Richtig schlimm wird es, wenn sich die junge Frau im Lauf der Zeit mit 10 Kontakten trifft, die wie der oben beschriebene Fall alle glauben, Corona sei völlig harmlos und eine „kleine Grippe“. Vielleicht hat sie sich auf der Partner-App so präsentiert und lockt dadurch entsprechende Partner an. Sie trifft dann auf Personen, die mit 1 % Wahrscheinlichkeit krank sind. Dann ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie sich bei einem dieser Treffen ansteckt, grob berechnet 10 %. Der exakte Wert ist 9,52 %!

Sichtweise des Einzelnen mit sozialer Verantwortung

Wenn die junge Frau sich ansteckt, wird sie im Schnitt ca. 4 Tage lang andere Menschen infizieren, bis sie ihre Krankheit erkennt. Trifft sie sich während dieser Zeit ohne weitere Vorsichtsmaßnahmen mit anderen Menschen, kann sie auf diese die Krankheit übertragen.

Wenn die junge Frau infiziert wurde und Glück hat, erkrankt sie nur sehr leicht oder bemerkt ihre Erkrankung gar nicht. Sie gehört sie nach der Ansteckung zur „Dunkelziffer“. Sie trifft sich ohne weitere Vorsichtsmaßnahmen mit ihren Eltern, Geschwistern und auch Großeltern und kann diese anstecken, bis sie selbst wirklich frei von Corona ist. Man rechnet hier mit 14 Tagen. Den Rest der Geschichte brauche ich nicht zu erzählen. So kommt Corona in die Welt!

Allgemeine Ergebnisse

Das obige Beispiel zeigt, dass es zur Schätzung der Wahrscheinlichkeit sich zu infizieren auf folgende Größen ankommt.

a) Wie viele Personen sind pro 100.000 Personen aktuell ansteckend, aber nicht isoliert? Im Beispiel waren wir von 10 Personen ausgegangen, die wir aus einer 7-Tage-Inzidenz von 3 geschätzt hatten. Würde die 7 Tage-Inzidenz auf 30 steigen, könnte man vielleicht von 100 ansteckenden Personen ausgehen. Für wirklich verlässliche Zahlen müssen wir weitere Studien abwarten.

Die Zahl der jeweils angenommenen aktuell ansteckenden Personen ist in der ersten Spalte der Tabelle eingetragen. Der Wert 10 des Beispiels ist fett markiert.

b) Wie viele Nah-Kontakte hat die Person? Einen Nah-Kontakt habe ich so definiert, dass man sich bei diesem Kontakt mit hoher Wahrscheinlichkeit ansteckt. Beim Studenten waren dies 100 Kontakte auf der „Corona-Party“ (fett markiert). Für die Wahrscheinlichkeit der Ansteckung ist es aber völlig unerheblich, ob diese 100 Kontakte bei einer Party oder jeweils in zeitlichem Abstand nacheinander stattfinden.

Unbekannte, aktuell ansteckende Personen pro 100.000	Anzahl der Nah-Kontakte insgesamt						
	1	10	25	50	100	250	500
	Wahrscheinlichkeit, zu erkranken in Prozent						
5	0,00	0,05	0,12	0,25	0,50	1,24	2,47
10	0,01	0,10	0,25	0,50	1,00	2,47	4,88
20	0,02	0,20	0,50	1,00	1,98	4,88	9,52
50	0,05	0,50	1,24	2,47	4,88	11,75	22,12
100	0,10	1,00	2,47	4,88	9,52	22,13	39,36

Abb. 4: Allgemeine Tabelle

Die Werte in der Tabelle geben an, mit welcher Wahrscheinlichkeit man in Abhängigkeit von den Ausgangsgrößen infiziert wird. Im Beispiel war die 0,9951 %, gerundet 1,00 % (fett markiert).

Die Tabelle zeigt uns, dass wir umso gefährdeter sind, je höher zum einen die Anzahl der aktuell ansteckenden Personen pro 100.00 ist und zum anderen je mehr Nah-Kontakte wir haben. Kein Wunder, dass Boris Johnson und Jair Bolsonaro sich angesteckt haben. Deren Wahrscheinlichkeit lag im zweistelligen Bereich, da sie bei ihren Auftritten nachweislich vielen Menschen sehr nahe kamen (z.B. beim Händeschütteln mit Anhängern). Donald Trump hatte entweder Glück oder er wird trotz seiner großen Worte abgeschirmt.

Stark gefährdet sind all jene Personen, die viele Kontakte wegen ihres Berufs haben und nicht die Möglichkeit haben, sich durch soziale Distanz zu schützen. Für ihre Sicherheit reicht es nicht, wenn nur sie selbst eine Maske tragen. Beim Kontakt mit die-

sen exponierten Menschen ist es auch unsere Pflicht, die Maske korrekt zu tragen und Abstand zu halten, so gut es geht!

Ansteckung am Ballermann

Bei der Betrachtung der Bilder vom Ballermann und ähnlicher Treffen von vielen Menschen aus den unterschiedlichsten Gründen fragt man sich, warum aus diesen Veranstaltungen nicht sehr viel mehr Infektionen resultieren. Wenn wir von 10 unbekannt, aktuell ansteckenden Personen pro 100.000 Personen ausgehen und mehr als 500 Personen anwesend sind, müssten es ja schon fast 5 %, also von 500 Personen 25 Infizierte sein (siehe Abb. 4).

Die Frage ist aber, ob z. B. ein Teilnehmer des Festes am Ballermann wirklich 500 Nahkontakte hatte. Wenn die Veranstaltung so abläuft, dass sich Gruppen von maximal 10 Personen bilden, die beisammen bleiben, ist die Wahrscheinlichkeit für den Einzelnen maximal 0,1 % (siehe Abb. 4). Bei 50 solcher Gruppen ist dann die Wahrscheinlichkeit, dass nur eine Person aus den ganzen 500 Teilnehmern erkrankt, gleich 5 %. Dies gilt selbstverständlich nur, wenn die Veranstaltung im Freien oder in sehr gut durchlüfteten Räumen stattfindet!

24.11.2020

Corona: Wie lange dauert der „Lockdown“?

Mit Stand Montag 23.11.2020 dauert der zweite „Lock Down“ nach der „Sommerpause“ nun schon über 14 Tage. Haben die Maßnahmen gewirkt? Wie lange müssen wir diese noch beibehalten? Müssen wir verschärfen oder dürfen wir lockern?

Was ist das Ziel?

Eine Antwort auf diese Fragen ist nur möglich, wenn ein Ziel vorgegeben ist, das erreicht werden soll. Dieses Ziel ist in der Politik klar vorgegeben. Es soll eine 7-Tagesinzidenz von 50 dauerhaft unterschritten werden, am besten von 35, dem Vorwarnwert. Dies deshalb, weil dann die Gesundheitsämter die Nachverfolgung der Infektionen wieder vollständig erreichen und überwachen kann. Dies ist die Voraussetzung für eine weitere dauerhafte Eindämmung der Seuche. Auch bei der Existenz wirksamer Impfstoffe ist dies notwendig, denn es soll jede unnötige Krankheit vermieden werden. Wer andere Ziele hat oder die Erkrankung von sehr vielen Menschen hinnehmen will, wird andere Antworten geben.

Unklar in der aktuellen Diskussion ist aber, ob sich das Ziel von weniger als 50 bzw. 35 auf den bundesweiten Inzidenzwert, den Inzidenzwert der einzelnen Länder oder der Landkreise bzw. Städte bezieht. Eine bundesweit berechnete Zahl macht nur Sinn, wenn die Lage in den einzelnen Bundesländern in etwa gleich ist. Sonst müssen einzelne Länder mit niedrigen Werten für andere Länder mit hohen Werten „mithaften“, wogegen sie sich mit Recht wehren. Gleiches gilt auf Länderebene für die Landkreise und Städte. Dort, wo hohe Neuinfektionen auftreten, sind strengere Einschränkungen angebracht als in Landkreisen, die z. B. schon unter der Warngrenze von 35 liegen.

Ich gehe deshalb davon aus, dass wir hier in Rosenheim nur dann Freiheiten zurückgewinnen, wenn auch in Rosenheim (Stadt + Land) eine Inzidenz von weniger als 50 vorliegt.

Bisheriger Verlauf in Rosenheim Stadt und Rosenheim Landkreis

Abbildung 1 zeigt die 7-Tage Inzidenz – also die Anzahl der neu Erkrankten in den letzten 7 Tagen pro 100.000 Einwohnern – seit Beginn der Epidemie für Rosenheim Stadt und Rosenheim Landkreis gemeinsam. Diese einheitliche Betrachtung der einwohnergewichteten Inzidenzen von Stadt und Land ist sinnvoll, weil der gesamte Raum eng verknüpft ist. Die Summe der letzten 7 Tage wird gebildet, weil dadurch die Schwankung der Zahlen an den Wochentagen herausgerechnet wird. Die Bezugnahme auf 100.00 Einwohner ist richtig, weil nur so die Vergleichbarkeit mit anderen Landkreisen und Städten, den Bundesländern und ganz Deutschland gegeben ist.

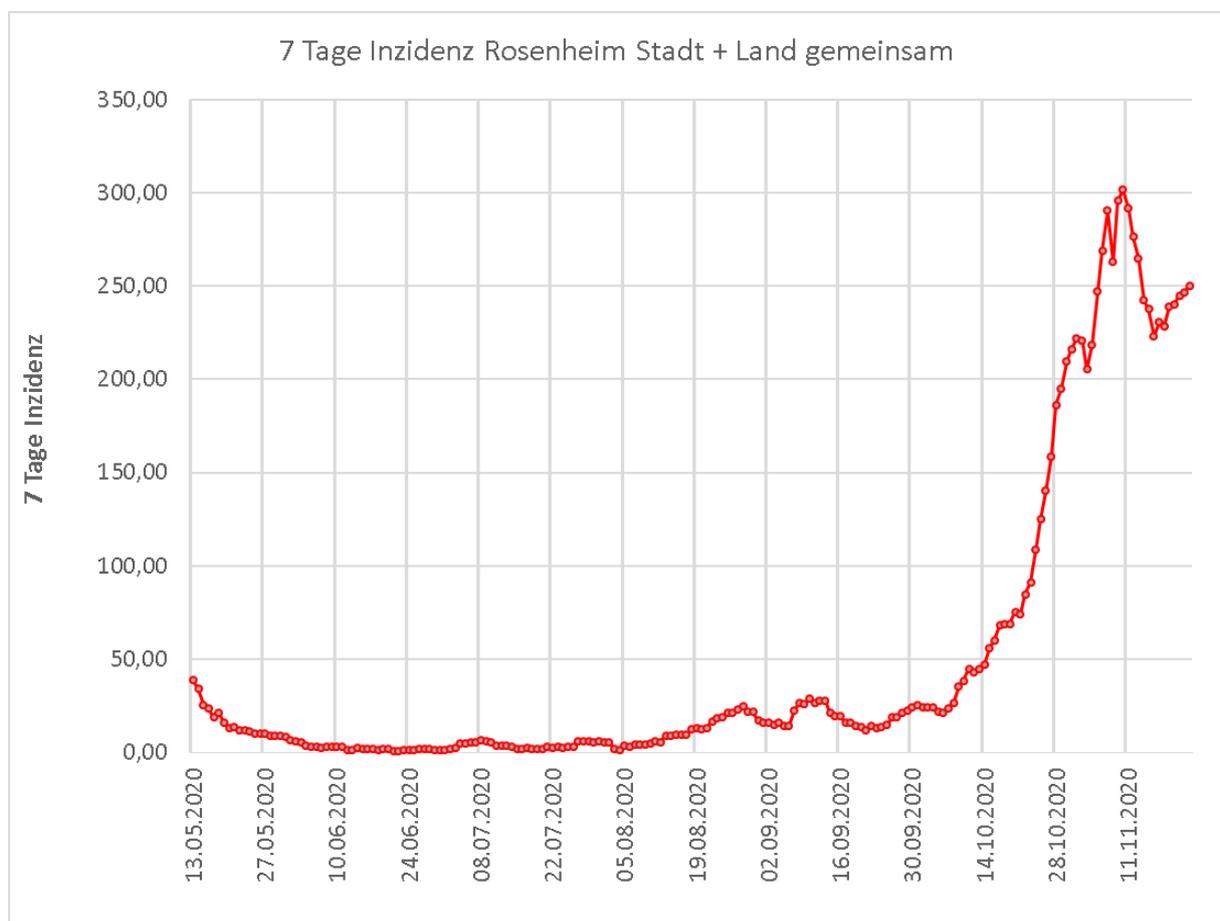


Abbildung 1: 7-Tage Inzidenz Rosenheim Stadt +Land gemeinsam

Nach dem Abklingen der ersten Welle bis Ende Mai hatten Rosenheim Stadt und Land bis ca. Mitte August niedrige Infektionszahlen, die allerdings im Vergleich mit Bayern immer noch relativ betrachtet hoch waren. Ab Mitte August bis Anfang Oktober stabilisierten sich die Zahlen nach einem Anstieg auf einem neuen Niveau von ca. 20.

Im Zeitraum vom 06.10.2020 (Inzidenz 21,27) bis 10.11.2020 (Inzidenz 301,60) liegt ein exponentieller Anstieg vor. In diesen 35 Tagen bzw. 5 Wochen ist die Inzidenz um den Faktor 14,2 gestiegen. Das ist umgerechnet auf 7 Tage ein Faktor von 1,70

bzw. 70 % pro Woche. Dabei gilt der „Zinseszins-Effekt“, d.h. Zuwachs in jeder neuen Woche bezieht sich auf den Endstand der Vorwoche. Dieser Faktor 1,7 ist nichts anderes als die durchschnittliche Reproduktionsrate R im genannten Zeitraum. Vom 10.11.2020 bis 16.11.2020 liegt ein Abstieg der Inzidenz auf 223,2 vor, der entsprechende R-Wert ist 0,70. Leider ging es danach wieder leicht aufwärts bis aktuell 250,18 (R-Wert 1,18).

Wie geht es weiter?

Corona ist nicht schicksalhaft, sondern wir haben es selbst in der Hand. Entscheidend ist die Anzahl der Kontakte, bei Ansteckung stattfinden kann.

In Abbildung 2 wird berechnet, wie sich die Anzahl der Neuinfektionen entwickelt, wenn sich zukünftig bestimmte Werte für die Reproduktionsrate R aufgrund unseres Verhaltens und von gesetzlichen Maßnahmen einstellen. Alle Berechnungen starten mit der (gerundeten) aktuellen 7 Tagesinzidenz von 250.

Anzahl Tage	Reproduktionsfaktor R für 7 Tage						
	1,70	1,10	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70
0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
7	425,0	275,0	250,0	225,0	200,0	187,5	175,0
14	722,5	302,5	250,0	202,5	160,0	140,6	122,5
21	1.228,3	332,8	250,0	182,3	128,0	105,5	85,8
28	2.088,0	366,0	250,0	164,0	102,4	79,1	60,0
35	3.549,6	402,6	250,0	147,6	81,9	59,3	42,0
42	6.034,4	442,9	250,0	132,9	65,5	44,5	29,4
49	10.258,5	487,2	250,0	119,6	52,4	33,4	20,6
56	17.439,4	535,9	250,0	107,6	41,9	25,0	14,4
63		589,5	250,0	96,9	33,6	18,8	10,1
70		648,4	250,0	87,2	26,8	14,1	7,1
77		713,3	250,0	78,5	21,5	10,6	4,9
84		784,6	250,0	70,6	17,2	7,9	3,5
91		863,1	250,0	63,5	13,7	5,9	2,4
98		949,4	250,0	57,2	11,0	4,5	1,7
105		1.044,3	250,0	51,5	8,8	3,3	1,2
112		1.148,7	250,0	46,3	7,0	2,5	0,8
119		1.263,6	250,0	41,7	5,6	1,9	0,6

Abbildung 2: Entwicklung der 7-Tageinzidenz für verschiedene Reproduktionsfaktoren

Ohne Beschränkungen weiterer Anstieg

In der zweiten Spalte der Abbildung 2 kann abgelesen werden, wie sich die Reproduktionszahl entwickelt hätte, wenn der exponentielle Anstieg vom 06.10. bis 10.11. nicht durch die aktuellen Maßnahmen (Inkrafttreten am 03.11, deutliche Wirkung ab 10.11.) gebremst worden wäre. Bereits nach rund einem weiteren Monat (28 Tage in Abbildung 2, erste Spalte) hätten wir rund 2.100 neu Erkrankte pro 100.000 Einwohnern in einer Woche. Das sind etwas mehr als 2 %. Nach zwei Monaten Ende Januar wären es rund 17.000 neu Erkrankte pro Woche pro 100.000 Einwohner, also 17 %. Nicht nur das Gesundheitswesen, sondern die gesamte Wirtschaft wäre zusammengebrochen. Vermutlich wäre es aber nicht so weit gekommen, denn angesichts der Krankenzahl hätten sich die Menschen auch ohne Maßnahmen in ihren Wohnungen

versteckt und lieber gehungert, als zum Einkaufen zu gehen. Die getroffenen Kontaktbeschränkungen waren also unvermeidbar und richtig. Sie haben gewirkt, indem sie den Anstieg eindeutig gestoppt haben. In den Streit darüber, welche der vielen Möglichkeiten, Kontakte zu vermindern zumutbar und angemessen sind, mische ich mich nicht ein.

Bei einem Reproduktionsfaktor von 1,1 (dritte Spalte der Abbildung 2) geht es ebenfalls langsam und stetig mit den Erkrankungen nach oben. Hier bleibt keine Chance auf Erleichterung, es sei denn der Sommer kommt bzw. Impfstoffe stehen in großer Menge zur Verfügung. Auch beim Faktor 1,0 ist wenig erreicht, die Seuche frisst sich wie ein Schmelbrand weiter.

Weitere Beschränkungen sind zur Zielerreichung notwendig

Die weiteren Spalten mit Reproduktionsfaktoren von 0,90, 0,80, 0,75 und 0,70 zeigen, wie lange es dauert, bis das Ziel einer Inzidenz von weniger als 50 (gelbe Markierung) bzw. 35 (grüne Markierung) unterschritten ist. Werden die bisherigen Maßnahmen nur leicht verschärft und es resultiert daraus ein R-Wert von 0,90, müssen wir noch vier Monate warten. Bei Maßnahmen mit 0,80 dauert es nur zwei Monate bis zum Ziel. Aber warum sollte man nicht wesentlich stärker reduzieren, um auf einen R-Wert von 0,75 oder 0,70 zu kommen? Dann wäre das Versprechen, an Weihnachten die Beschränkungen vorübergehend zu lockern, realistisch. Wir hatten ja schon 0,70 in der zweiten Novemberwoche gehabt.

Wir alle und die Politik stehen vor der Entscheidung: Wenn wir uns nur wenig zumuten, wird es bis zum Sommer dauern, bis wir unser früheres Leben wieder gewinnen. Der Preis für das Zögern werden viele Kranke, teilweise mit Spätfolgen und auch Tote sein. Die Wirtschaft wird halb geschlossen, halb offen sein. Manche werden dadurch sehr leiden, andere profitieren.

Bei härteren Maßnahmen besteht begründete Aussicht, in kürzerer Zeit auf ein Ansteckungsniveau kommen, das dann wieder mehr Freiheiten zulässt. Vielleicht wird sich das bis Sommer dann nochmals in einem „Auf“ mit Lockerungen und einem „Ab“ mit Einschränkungen wiederholen. Aber es ist absehbar, dass der Schaden für die Gesundheit und die Wirtschaft deutlich geringer ist, wenn wir die bittere, aber wirksame Medizin schlucken.

07.02.2021

Corona: Baldiges Ende des „Lockdown“ oder kommt die dritte Welle?

Am 24.11.2020 – dem Stand meiner letzten Publikation – war die 7-Tagesinzidenz in Rosenheim (Stadt und Landkreis gemeinsam nach Einwohnerzahl gewichtet) gleich 252,2. Jetzt (08.02.2021) haben wir hier noch eine Inzidenz von 64,3. Ein enormer Fortschritt, auf den wir alle stolz sein können! Reicht das für Lockerungen, noch dazu wo wir nun zusätzlich immer mehr Impfungen haben und auch die „Herdenimmunität“ sich ganz langsam aufbaut? Oder müssen wir wegen der Mutationen mit höherer Ansteckung mit einer dritten Welle rechnen?

Betrachten wir dazu zunächst den Verlauf in Rosenheim (wieder Stadt und Landkreis gemeinsam) und in ganz Deutschland seit (Abbildung 1)

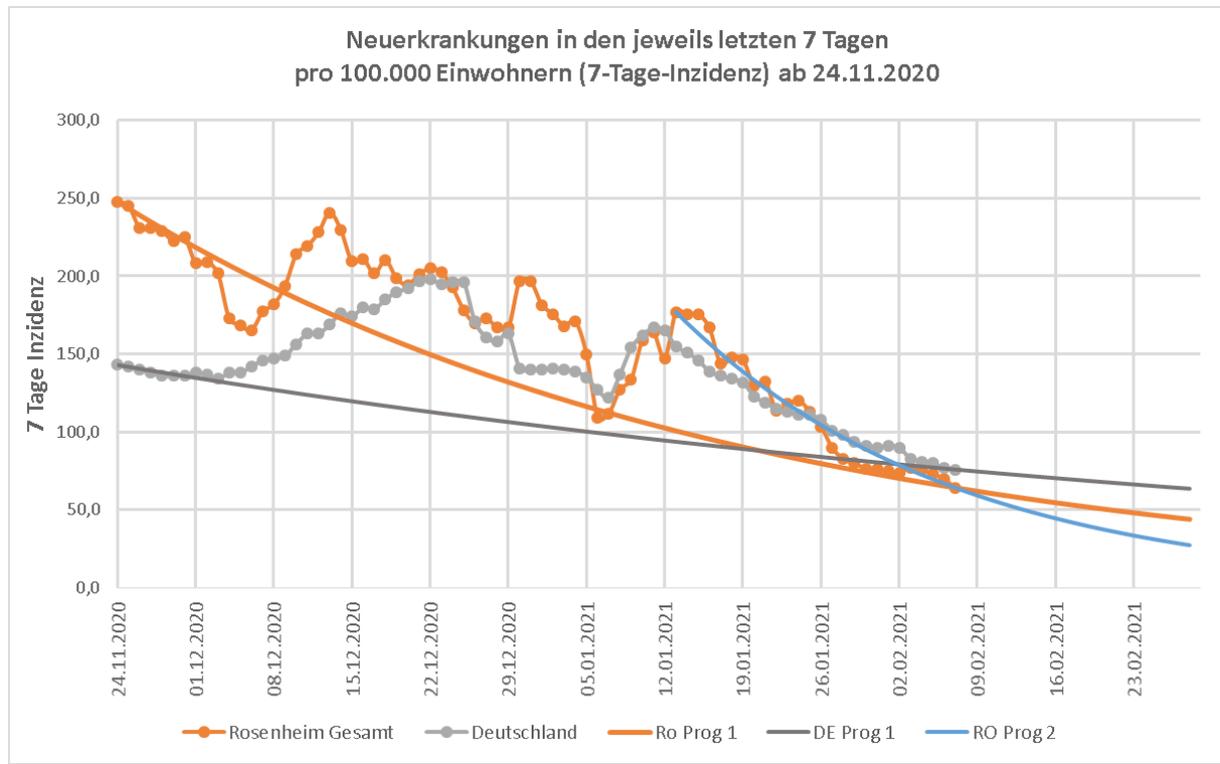


Abbildung 1: Verlauf ab 24.11.2020 und mögliche Prognosen

In Rosenheim (orange gepunktete Linie) waren wegen der ab Anfang November beginnenden Beschränkungen die Fallzahlen zunächst stark gesunken, dann aber erneut bis fast zum Ausgangswert der 7-Tage-Inzidenz von 250 wieder angestiegen. Mit dem Inkrafttreten der stärkeren Beschränkungen ab 15. Dezember liegt mit etwas Verzögerung (Zeitraum zwischen Ansteckung und Erkrankung) ein erneuter Abstieg vor. Dieser wird aber durch zwei „Buckel“ nach Weihnachten und Neujahr mit erneut starken Anstiegen unterbrochen, der auf die jeweiligen Lockerungen an diesen Tagen zurückzuführen ist. Ab 13.01.2021 sind klar sinkende Fallzahlen festzustellen. Die immer noch hohen Todesfälle sind der „Nachlauf“ früherer Ansteckungen.

In ganz Deutschland (graue gepunktete Linie) liegt in Summe ein ähnlicher Verlauf vor.

Ohne den „Neujahrsbuckel“ (ab 06.01.2021 bis Maximalwert am 14.01.2021) wären wir bei Fortsetzung des schon an Neujahr erreichten Standes **heute schon unter der Inzidenz von 50** – und zwar in Rosenheim und bundesweit mit wenigen Ausnahmen! Dies nur als Hinweis darauf, dass zu frühe Öffnungen gepaart mit wenig Selbstdisziplin letztlich mehr schaden als nützen.

Wichtig für die weiteren Überlegungen ist, welche durchschnittlichen Reproduktionsraten bis heute vorliegen und welche Prognosen daraus abgeleitet werden können.

Ich berechne diese vereinfachend aus dem Anfangswert und heutigem Wert. Dabei gehe ich einmal vom 24.11.2020 über den Gesamtzeitraum aus (pessimistische Schätzung) und einmal von den zuletzt ab 13.01.2021 vorliegenden sinkenden Zahlen (optimistische Schätzung).

Es liegen folgende Werte für die 7 Tage-Reproduktionsrate vor (Abbildung 2):

Startdatum	24.11.2020		13.01.2021	
	Rosenheim	Deutschland	Rosenheim	Deutschland
7-Tages-Inzidenz	247,8	143,0	177,0	155,0
Enddatum	07.02.2021			
7-Tages-Inzidenz	64,3	76,0	64,3	76,0
Reproduktionsrate 7 Tage	0,88	0,94	0,75	0,82

Abbildung 2: Reproduktionsrate für 7 Tage

Günstige Prognosen

Aus den Reproduktionsraten können statistisch geglättete Verläufe für die Vergangenheit und Prognosen für die Zukunft abgeleitet werden, wenn sich die entsprechenden Raten in der Zukunft nicht verändern. Die entsprechenden Kurven (in Abbildung 1 die Linien ohne Markierungspunkte) zeigen übereinstimmend, dass wir für Rosenheim die Grenze von 50 spätestens in zwei Wochen unterschritten haben (orange Linie), bei optimistischem Verlauf sogar die Grenze von 35 (blaue Linie).

Für ganz Deutschland gilt dies bei optimistischem Verlauf ebenso (ohne eigene Linie, diese ist mit der blauen Kurve fast identisch). Bei pessimistischem Verlauf dauert es für Deutschland bis Ende März (graue Linie). Alle diese Zahlen gelten bei reiner Fortschreibung der Zahlen. Das heißt konkret, dass alle Beschränkungen bis zum Erreichen des Ziels von 50 unverändert bestehen bleiben und vor allem die Menschen nicht aus Frust über die nun schon lange Dauer des Lockdown unvorsichtiger werden oder gar die Regeln brechen.

Helfen die Herdenimmunität und die Impfungen zusätzlich?

Die Herdenimmunität ((Link auf früheren Aufsatz)) wirkt im Prinzip wie folgt: Wir nehmen an, dass zu Beginn der Epidemie 100 erkrankte Menschen vorhanden sind. Diese sollen zu 200 Menschen Kontakt haben. Im Beispiel sollen sich aber nur 55 % bzw. 110 Menschen anstecken, weil es nur zu so vielen Nahkontakten kommt. Die anfängliche Reproduktionsrate beträgt dann $110 / 100$ gleich 1,1.

Wenn nun schon 20 % der Bevölkerung erkrankt sind und dadurch immun, gilt folgende neue Rechnung: Jeder neu Erkrankte hat zwar wieder Kontakt zu 200 Personen, aber von diesen sind bereits 40 immun. Es können also nur 160 neu angesteckt werden. Nach wie vor gilt, dass nur 55 % der Kontakte zur Erkrankung führen. Dann werden nur 88 Personen neu angesteckt. Die Reproduktionsrate ist nur noch 0,88. Dies reicht bereits, um die Epidemie einzudämmen. Zu diesem Ergebnis kommt man allgemein ganz einfach, in dem man die anfängliche Reproduktionsrate mit dem Anteil der Bevölkerung multipliziert, der noch nicht immun ist ($1,1 \times 0,80 = 0,88$).

Diese Rechnung gilt auch für Impfungen, wenn die Impfung dazu führt, dass der Geimpfte die Krankheit nicht weiter tragen kann. Obwohl dies nicht sicher ist, gehe ich in der folgenden Berechnung davon aus.

In Deutschland sind bezogen auf die Gesamtbevölkerung rund 2,3 Mio. Personen bisher erkrankt und ebenfalls rund 2,3 Mio. mit der ersten Impfung versehen. Das sind jeweils 2,8 % der Bevölkerung. Das heißt, dass insgesamt 5,6 % andere Personen nicht mehr anstecken können. Selbst wenn bei den Erkrankungen eine ebenso hohe Dunkelziffer vorliegt wie bei den „offiziellen“ Kranken, bleiben wir unter 10 % der immunisierten Gesamtbevölkerung.

Laut Robert-Koch-Institut ist die aktuelle Reproduktionsrate gleich 0,94. Diese Zahl schwankt täglich, passt aber gut zur Berechnung in Abbildung 2. Wenn wir aufgerundet davon ausgehen, dass aktuell 10 % durch Erkrankung oder Impfung für weitere Ansteckung entfallen, wäre die aktuelle Rate ohne diesen Puffer entsprechend 1,044 (Probe: $1,044 \times 0,90 = 0,94$). Die bisherigen Kranken und die Impfungen haben uns also schon vor einer Reproduktionsrate von mehr als 1 geschützt, wobei die aktuell gültigen Regulierungen unverändert vorausgesetzt werden.

Wenn wir in näherer Zeit weitere 10 % der Bevölkerung impfen können, wird dadurch die Reproduktionsrate rechnerisch auf 0,84 sinken. Grob gerechnet bringen **jede 10 % weitere Impfung eine um 0,1 geringere Reproduktionsrate**, gleichgültig von welcher aktuellen Rate wir ausgehen. Die Voraussetzung ist dabei allerdings, dass Geimpfte die Krankheit nicht mehr oder wenigstens in geringerem Ausmaß weitertragen.

Impfen hilft also doppelt: Es schützt nicht nur die Geimpften vor Erkrankung mit eventuell tödlichem Ausgang, sondern **schützt indirekt alle und erlaubt auf Sicht schrittweise mehr Freiheiten**.

Also alles gut? Leider nein!

Das Problem ist, dass wir es nicht mehr mit einem Virus zu tun haben, sondern mit vielen Mutationen, von denen einige sehr „erfolgreich“ sind, weil sie bei gleichen Kontaktzahlen mehr Menschen anstecken. Die weniger erfolgreichen Mutationen machen hierbei keine Sorgen, weil sie von alleine wieder aussterben. Das ist das Gesetz der Evolution.

Das Robert-Koch-Institut nennt für Deutschland aktuell einen Anteil von 6 % dieser gefährlichen Varianten. Gefährlich deshalb, weil sie eine höhere Reproduktionsrate haben als das „normale“ Virus.

In der weiteren Berechnung möchte ich zeigen, was bei zu schneller Lockerung der Maßnahmen passieren kann und wie das Virus uns eine Falle stellt. Die Berechnung geht davon aus, dass die gefährlichen Mutationen um 30 % ansteckender sind als die normale Variante. Genannt wurden hierzu auch schon 50 %, ich bleibe also auf der optimistischen Seite.

Als Reproduktionsrate verwende ich den Wert von Startwert von 0,90, der etwas höher liegt als die Zahlen, die sich aus dem Zeitraum ab 13.01.2021 bis „heute“ ergeben und bei leichter Lockerung eintreten könnten. Diese Zahl ist die gewichtete Reproduktionsrate aus den „gefährlichen“ Varianten und der „normalen“ Variante. Wählt man für die „normale“ Variante die Reproduktionsrate 0,89, so liegt für die „gefährlichen“ Varianten der Wert 1,18 vor. Im gewichteten Schnitt sind das wieder 0,90 als Reproduktionsrate.

In den letzten 7 Tagen waren insgesamt 63.209 neu an Corona erkrankte Menschen gemeldet, was der Inzidenz von gerundet 76 pro 100.000 Einwohnern entspricht. Davon sind „nur“ rund 3.800 Menschen an den „gefährlichen“ Varianten, der Rest an der „normalen“ Variante erkrankt.

Abbildung 3 zeigt, wie sich diese Varianten bei den genannten jeweiligen Reproduktionsraten vermehren und welche Summe an Erkrankten sich daraus ergibt.

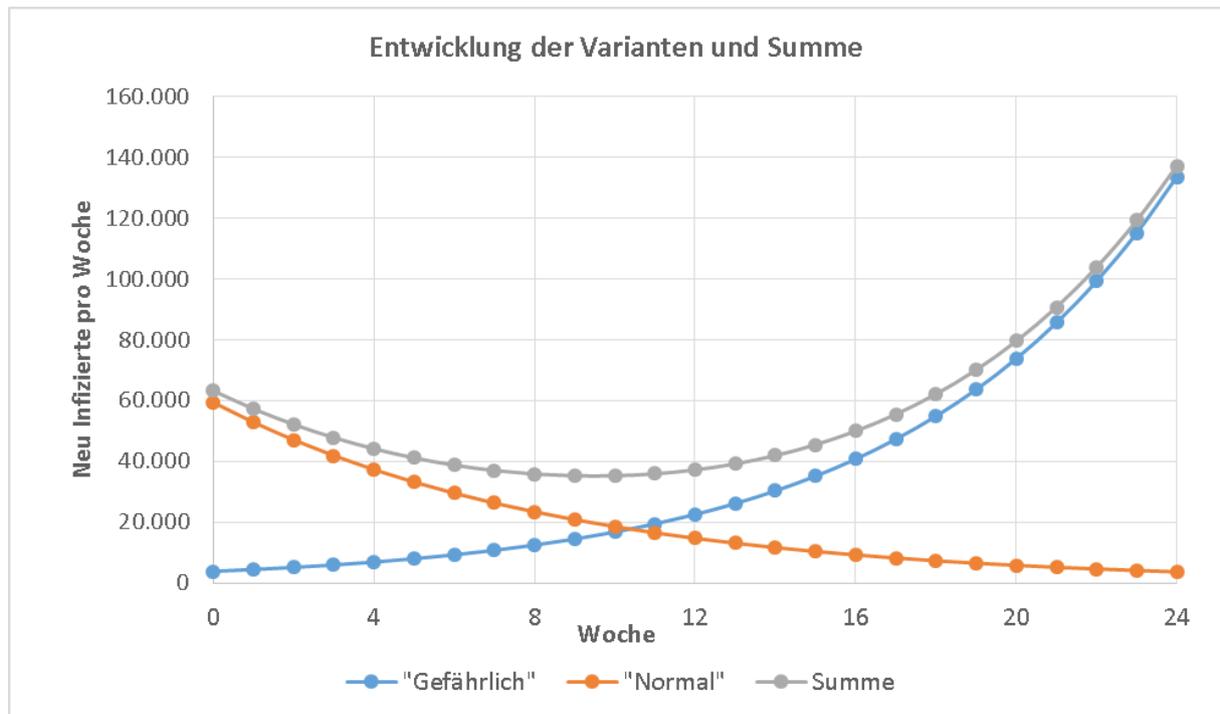


Abbildung 3: Verlauf der Erkrankungen bei einer „gefährlichen“ und „normalen“ Virus-Variante

Die „normale“ Variante (orange Linie) nimmt kontinuierlich ab, weil deren Reproduktionsrate im Beispiel kleiner als 1,0 ist. Hingegen wächst die „gefährliche“ Variante (blaue Linie) wegen der Reproduktionsrate von mehr als 1 exponentiell an. In Summe (graue Linie) nimmt die Anzahl der Erkrankten zunächst zwei weitere Monate (8 Wochen) lang ab. Die 7 Tagesinzidenz würde dabei von aktuell 76 auf 43 sinken und in diesem Bereich ein weiteres Monat lang verharren. Aber **das Virus stellt uns eine Falle!** Denn der Anteil der „gefährlichen“ Variante ist nach 10 Wochen bei rund 50 % aller Krankheitsfälle und nimmt weiter zu. Die dritte Welle würde rollen und einen weiteren Lockdown erzwingen.

Der Ausweg aus dieser Zwickmühle liegt nur darin, dass es uns gelingt, die Reproduktionsraten so niedrig zu halten, dass auch die Reproduktionsrate für die „gefährlichen“ Varianten unter 1 liegt. Dann sterben beide Varianten langsam aus. Wir erleben also einen Wettlauf mit der Zeit: Nur wenn wir durch weitere Disziplin und hohe Impffzahlen die 7-Tagesinzidenz und damit die Reproduktionsraten stark genug nach unten drücken, bleiben wir vor weiterem Übel verschont und können erst vorsichtig und später deutlich Freiheiten zurückgeben.

Fazit: Aktuell sehe ich keinen Spielraum für Öffnungen. Wir wissen noch viel zu wenig über die „gefährlichen“ Varianten: Wie stark ansteckend sind sie im Vergleich zur „normalen“ Variante? Wirken die Impfstoffe? Entstehen neue noch gefährlichere Mutationen? Wer jetzt – wie es in Österreich geschieht – fast alles öffnet (zwar mit Testpflicht und Maske) und sogar die Situation in Tirol mit hohen Anteilen der Mutation aus Südafrika nur mit einer „Reisewarnung“ beantwortet, handelt fahrlässig. Insbesondere der Wirtschaft ist nicht geholfen, wenn eine dritte Welle über das Land rollt und ein erneuter – wegen der hohen Ansteckungsgefahr der Mutationen – sehr harter Lockdown droht.

22.03.2021

Corona: Steigende Inzidenz wegen steigender Anzahl von Tests?

Am Donnerstag, den 18.02.2021 hatte die Stadt Rosenheim mit einer 7-Tage-Inzidenz von 37,8 den niedrigsten Stand seit Beginn der zweiten Welle. Aktuell (Samstag, 20.03.2021) beträgt die 7-Tages-Inzidenz 192,0. In Abbildung 1 ist ersichtlich, wie sich die Lage im Landkreis Rosenheim und den Landkreisen Altötting, Berchtesgadener Land, Mühldorf und Traunstein im gleichen Zeitraum entwickelt hat. Dort ist der Anstieg nicht so stark wie in Rosenheim Stadt, aber dennoch sehr deutlich. Bis auf den Landkreis Altötting wurde hierbei die Marke von 100 überschritten, so dass die „Corona-Notbremse“ gilt.

Datum	Rosenheim Stadt	Rosenheim Land	Altötting	Berchtesgadener Land	Mühldorf	Traunstein
18.02.2021	37,8	50,5	67,3	94,4	78,5	91,4
20.03.2021	192,0	107,5	94,2	152,9	101,8	144,9
Anstieg %	407,9	112,9	40,0	62,0	29,7	58,5

Abbildung 1: Entwicklung der Inzidenzwerte

Immer wieder ist nun zu hören, dass diese Zuwächse darauf zurückzuführen sind, dass nun **vergleichsweise mehr getestet** wird und deshalb auch mehr Fälle entdeckt werden. Entsprechend würde die 7-Tagesinzidenz steigen. Ohne steigende Testanzahl wäre die Inzidenz wesentlich niedriger. Vereinfacht ausgedrückt lautet die **These: Doppelte Testanzahl = doppelte Inzidenz**. Damit wäre die Inzidenz als Maßstab zur Erfassung des Ausmaßes der Pandemie nicht geeignet, solange sie nicht auf die Testanzahl bezogen wird. Die Frage der Beschränkungen in den Landkreisen sei reine Willkür. Diese These wurde im Internet besonders im Landkreis Berchtesgaden verbreitet.

Stimmt diese Argumentation? **Wie verändern höhere Fallzahlen die ausgewiesene Inzidenz?** Folgende Überlegungen, die zunächst am Beispiel einer Wahlumfrage gezeigt werden, helfen hier weiter:

Wenn in einem Landkreis ermittelt werden soll, wie Personen aktuell die Partei X wählen wollen, muss eine repräsentative Stichprobe befragt werden. „Repräsentativ“ heißt, dass Frauen und Männer, alle Altersgruppen, Berufe und sozialen Verhältnisse entsprechend ihrem Anteil an der Gesamtbevölkerung in der Stichprobe vertreten sind. Dazu sind mindestens 1.000 Personen notwendig. Bei 1.000 Befragten sollen 300 die Partei X bevorzugen. Werden 2.000 Personen befragt, sind es (mit statistischer Abweichung) 600 Anhänger der Partei X u.s.w. Tatsächlich gilt: Je mehr be-

fragte Personen, umso mehr Anhänger. Die Ergebnisse sind nur sinnvoll, wenn man die Prozentzahl der Anhänger berechnet. Es sind immer 30 %.

Das völlig analoge Ergebnis würde man erhalten, wenn die Anzahl der in den letzten 7 Tagen an Corona erkrankten Personen anhand einer **repräsentativen Stichprobe** ermittelt würde. Diese Stichprobe müsste im Gegensatz zur Wahlbefragung mindestens 10.000 Personen umfassen, weil man sonst zu wenige Infizierte findet. Bei 100 Infizierten pro 100.000 Personen (wirkliche 7 Tages-Inzidenz 100) würde man bei einer Stichprobe von 10.000 Personen statistisch 10 neu Infizierte finden, bei einer Stichprobe von 20.000 Personen 20 neu Infizierte usw. Als Inzidenz würde dann 10 bzw. 20 angegeben werden. Die oben genannte These: „Doppelt so viele Tests = doppelt so viele Fälle“ wäre richtig und das Ergebnis für die 7 Tagesinzidenz falsch. Im Beispiel würde man die Inzidenz deutlich unterschätzen.

Inzidenz aus Stichprobe?

Richtig wäre das Ergebnis nur, wenn die gefundene Anzahl der Infizierten auf die Stichprobenanzahl bezogen wird. Dann hätte man den wirklichen Anteil der neu Infizierten an der Bevölkerung, nämlich 100 pro 100.000 bzw. 0,1 %. Man fragt sich, warum die Inzidenz nicht anhand einer Stichprobe erhoben wird und wie gezeigt gerechnet wird.

Der Grund hierfür ist offensichtlich: Man müsste Woche für Woche pro Landkreis mindestens 10.000 vorab **repräsentativ ausgesuchte Personen testen**. Eine Befragung würde nicht ausreichen, weil der Anteil „asymptomischer“ Erkrankungen hoch ist. Diese Personen haben keine oder nur leichte Erkrankungsanzeichen und würden einen Schnupfen, aber nicht Corona als Erkrankung angeben. Dennoch sind sie ansteckend. Wenn aus der zu testenden Auswahl bestimmte Personen nicht erscheinen (weil sie z. B. ihre Infektion verschweigen wollen) müssten sie zwangsweise vorgeführt werden. Sonst ist es so, als wenn bei der Befragung über den Wähleranteil der Partei X bewusst überwiegend Gegner dieser Partei gefragt werden oder umgekehrt überwiegend Anhänger dieser Partei. Man sieht, dass derartige Methoden eventuell in Diktaturen durchführbar sind, aber nicht zu Deutschland passen.

Wie wirkten sich nun mehr Tests wirklich auf die 7-Tagesinzidenz aus? Dazu müsste man wissen, wie sich der Personenkreis der Getesteten zusammensetzt und wie repräsentativ er entsprechend ist. Genaue Zahlen dazu gibt es nicht. Der Grund dafür ist, dass viele Tests beim Hausarzt oder in Altenheimen durchgeführt werden. Diese Tests werden nur dann im Landratsamt registriert, wenn sie positiv sind. Auch eine Meldepflicht bei negativen Tests einzuführen, nur um genauere Zahlen zu bekommen, würde nur noch mehr Bürokratie bedeuten, die ansonsten beklagt wird.

Genaue Zahlen sind aber gar nicht notwendig, Denn wir können mit plausiblen Annahmen arbeiten und diese dann variieren. So gewinnt man ein gutes Bild. Insbesondere wird dadurch deutlich, wie sich Annahmen auf das Ergebnis – die 7 Tagesinzidenz – auswirken.

Berechnungsbeispiel

Alle folgenden Berechnungen beziehen sich zunächst auf 100.000 Personen. Im Basisbeispiel sollen von diesen 100.000 in den letzten 7 Tagen in Wirklichkeit 100 Personen neu an Corona erkrankt sein, gleichgültig ob sie Krankheitsbilder aufweisen oder scheinbar ohne wesentliche Krankheitsbilder gesund sind. Die „wahre“ Inzidenz ist dann 100 oder 0,1 % der Bevölkerung. Diese Zahl wollen wir eigentlich wissen.

Wir können sie aber nur exakt ermitteln, wenn wir alle 100.000 Personen testen oder eine repräsentative Stichprobe ziehen (siehe oben).

Wir setzen nun die Annahme, dass von den 100 wirklich Infizierten nur 25 Krankheitsmerkmale aufweisen und sich entsprechend testen lassen. Die anderen 75 Personen wissen nichts von ihrer Erkrankung oder ignorieren leichte Anzeichen, weil es ihnen ansonsten gut geht. Das ist die sogenannte „Dunkelziffer“. In der „Heinsberg-Studie“ und anderen Studien wurde geschätzt, dass nur 25 % der wirklich Kranken Symptome aufweisen und 75 % „asymptomisch“ sind, also die Dunkelziffer bilden. Es spricht vieles dafür, dass die Dunkelziffer wegen höherer Testzahlen nun deutlich geringer ist. Wie sich andere Dunkelziffern auf die Berechnung auswirken, wird später gezeigt.

Wir können davon ausgehen, dass sich alle oben genannten 25 Personen mit Symptomen testen lassen und ein positives Ergebnis aufweisen. Für diese Personengruppe gilt also: Je höher die Anzahl der wirklich Infizierten, umso höher die Testanzahl. Nicht die Tests treiben für diese Gruppe die Anzahl der gefundenen Infizierten hoch, sondern die Infizierten die Testanzahl.

Wird keine einzige weitere Person getestet, wird in der Statistik des Robert-Koch-Instituts (RKI) ein Inzidenzwert von 25 ausgewiesen. Dieser Wert liegt weit unter der tatsächlichen Fallzahl von 100. Weitere 75 Personen bzw. 0,075 % tragen die Seuche weiter. Dies ist der Grund, warum ohne Beschränkungen bis zur Erreichen der „Herdenimmunität“ oder ausreichender Impfung die Epidemie fortschreitet.

Von den 100.000 betrachteten Personen abzüglich 25 bereits gefundenen Personen können 75 Personen (0,075 %), durch weitere Tests gefunden werden. Im Extremfall nehmen wir an, dass von den 100.000 betrachteten Personen 10.000 Personen zusätzlich pro 7 Tagen getestet werden. Das sind 10 % der Bevölkerung pro Woche, eine Zahl, die nur schwer erreichbar ist. Im Beispiel gehen wir davon aus, dass diese 10 % in etwa repräsentativ für die Gesamtbevölkerung sind. Um das genauer zu erkennen, müssten die Motive für den Test bekannt sein. Wenn sich Personen testen lassen, die Risikogruppen angehören oder Urlaubsrückkehrer aus Risikogebieten sind, ist die Wahrscheinlichkeit, unter Ihnen Infizierte zu finden, höher als der oben berechnete Anteil, also höher als 0,075 %. Sind es Personen, die sich aus Sorge um Familienangehörige dem Test unterziehen (z. B. Besuch bei den Eltern oder Großeltern) oder wegen ihrer Tätigkeit z. B. in Seniorenheimen getestet werden, ist der Anteil kleiner als 0,075 %, weil es sich dann um Menschen handelt, die sich risikobewusst verhalten. Ich gehe davon aus, dass sich beide Gruppen in etwa ausgleichen. Dann finden wir bei 10.000 zusätzlich ohne Symptome getesteten Personen 0,075 % weitere Infizierte, also 7,5 Personen. In diesem Fall wird eine Inzidenz von 32,5 vom Robert-Kochinstitut ausgewiesen. Die 10.000 zusätzlichen Tests haben im Beispiel eine Erhöhung des ausgewiesenen Werts von 25 auf 32,5, also um 7,5 bewirkt. Bei nur 1.000 zusätzlichen Tests ohne vorliegende Symptome wäre die Erhöhung des Inzidenzwertes 0,75. Allgemein steigt im Basisbeispiel die Inzidenz bei 1.000 zusätzlichen Tests (bezogen auf 100.000 Personen) pro Woche um 0,75. Dies gilt auch, wenn im Vergleich von Inzidenzwerten früher weniger und nun mehr zusätzliche Tests durchgeführt werden.

Zu beachten ist, dass wir auch bei 10.000 zusätzlichen Tests pro 100.000 Gesamtbevölkerung (also 10 % zusätzlich getesteten Personen) und damit im Beispiel insgesamt 10.025 Tests (25 Personen kommen wegen Krankheitssymptomen und 10.000

aus anderen Gründen) **nur eine Inzidenz von 32,5 erkennen würden, obwohl diese wirklich 100 ist!**

Wie verändern sich die Ergebnisse bei anderen Basisdaten?

Die folgenden vier Tabellen zeigen allgemeine Berechnungsergebnisse. Die erste Tabelle zeigt die Ergebnisse für den Inzidenzwert ohne zusätzliche Tests. Es werden also nur diejenigen getestet, die wegen typischen Corona-Symptomen selbst zum Arzt gehen. Die zweite Tabelle zeigt die 7 Tages-Inzidenz mit 10.000 zusätzlichen Tests pro 100.000 Einwohnern pro Woche. Es werden also 10 % der Bevölkerung in 7 Tagen zusätzlich getestet. In der dritten Tabelle ist die Differenz der Ergebnisse berechnet. In der vierten Tabelle wird die Zunahme der Inzidenz in Prozent erfasst. In allen drei Tabellen werden die gesetzten Annahmen variiert.

In den Kopfzeilen der Tabellen wird die Dunkelziffer – also die Anzahl der Infizierten ohne Symptome – verändert. Die Werte reichen von 75 % bis 40 % der Dunkelziffer. Dies entspricht 25 % bis 60 % der Infizierten, die Symptome aufweisen. Dies ist der real realistische Bereich.

In der linken Randspalte der Tabellen ist die wirkliche 7-Tages-Inzidenz angegeben, also die Anzahl der Personen pro 100.000, die tatsächlich mit oder ohne Symptomen erkrankt ist. Hier sind Werte von 50 bis 1.000 erfasst.

Der **Tabelleninhalt** in der ersten und zweiten Tabelle ist die Anzahl der jeweils gefundenen positiven Testergebnisse, also die **7-Tages-Inzidenz, die vom RKI publiziert** und allgemein in der Öffentlichkeit genannt wird.

Die dritte Tabelle hat die Veränderung zum Inhalt, wenn 10 % der Bevölkerung pro Woche zusätzlich getestet werden. In der vierten Tabelle ist diese Veränderung in Prozent abgegeben. Dies ist das letztlich interessante Ergebnis. Dieses Ergebnis bleibt unverändert, wenn früher z.B. bereits schon 5 % der Bevölkerung getestet und nun 10 % mehr als früher zusätzlich getestet werden, also aktuell 15 %.

Tabelle 1: Ohne zusätzliche Tests: Tabelleninhalt = Inzidenz, wenn nur Personen mit Symptomen getestet werden						
Wirkliche 7-Tages-Inzidenz	"Dunkelziffer" = Anteil der Infizierten ohne Symptome %					
	75	70	60	50	40	
	Anteil der Infizierten mit Symptomen					
	25	30	40	50	60	
50,00	12,5	15,0	20,0	25,0	30,0	
100,00	25,0	30,0	40,0	50,0	60,0	
200,00	50,0	60,0	80,0	100,0	120,0	
300,00	75,0	90,0	120,0	150,0	180,0	
500,00	125,0	150,0	200,0	250,0	300,0	
1.000,00	250,0	300,0	400,0	500,0	600,0	

Tabelle 2: Tabelleninhalt = ausgewiesene Inzidenz, wenn 10 % der Bevölkerung zusätzlich pro Woche getestet werden					
Wirkliche 7-Tages-Inzidenz	"Dunkelziffer" = Anteil der Infizierten ohne Symptome %				
	75	70	60	50	40
	Anteil der Infizierten mit Symptomen				
	25	30	40	50	60
50,00	16,3	18,5	23,0	27,5	32,0
100,00	32,5	37,0	46,0	55,0	64,0
200,00	65,0	74,0	92,0	110,0	128,0
300,00	97,5	111,0	138,0	165,0	192,0
500,00	162,5	185,0	230,0	275,0	320,0
1.000,00	325,0	370,0	460,0	550,0	640,0

Tabelle 3: Tabelleninhalt = Differenz der ausgewiesenen Inzidenz bei 10 % zusätzlichen Tests					
Wirkliche 7-Tages-Inzidenz	"Dunkelziffer" = Anteil der Infizierten ohne Symptome %				
	75	70	60	50	40
	Anteil der Infizierten mit Symptomen				
	25	30	40	50	60
50,00	3,8	3,5	3,0	2,5	2,0
100,00	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0
200,00	15,0	14,0	12,0	10,0	8,0
300,00	22,5	21,0	18,0	15,0	12,0
500,00	37,5	35,0	30,0	25,0	20,0
1.000,00	75,0	70,0	60,0	50,0	40,0

Tabelle 4: Tabelleninhalt = Zunahme der ausgewiesenen Inzidenz bei 10 % zusätzlichen Tests pro Woche in Prozent					
Wirkliche 7-Tages-Inzidenz	"Dunkelziffer" = Anteil der Infizierten ohne Symptome %				
	75	70	60	50	40
	Anteil der Infizierten mit Symptomen				
	25	30	40	50	60
50,00	30,0	23,3	15,0	10,0	6,7
100,00	30,0	23,3	15,0	10,0	6,7
200,00	30,0	23,3	15,0	10,0	6,7
300,00	30,0	23,3	15,0	10,0	6,7
500,00	30,0	23,3	15,0	10,0	6,7
1.000,00	30,0	23,3	15,0	10,0	6,7

Auswertung der Tabellen

Die Werte aus dem oben durchgerechneten Beispiel sind in den Tabellen fett markiert. Aus den Tabellen können folgende Ergebnisse abgelesen werden:

Tabellen 1 und 2:

- Spalten der Tabellen: Die gefundenen Erkrankungen (also die vom RKI ausgewiesene 7-Tagesinzidenzen) nehmen proportional mit der wirklichen 7-Tages-Inzidenz zu. Doppelt so hohe wirkliche Inzidenz bedeutet eine doppelt so hohe ausgewiesene Inzidenz. Zwar wird der wirkliche Wert der Infizierten nie erreicht, aber **die Inzidenz ist ein guter Indikator für das reale Geschehen**.
- Zeilen der Tabellen: Der ausgewiesene Inzidenzwert bei gleicher wirklicher Inzidenz hängt vom Anteil der Infizierten mit Symptomen ab. Ist dieser Anteil doppelt so hoch bzw. die Dunkelziffer entsprechend kleiner, findet man doppelt so viele Infizierte.

Tabellen 3 und 4:

- Die Differenz in der ausgewiesenen Inzidenz bei 10 % mehr zusätzlichen Tests (bezogen auf die jeweilige Bevölkerung) nimmt mit der wirklichen Inzidenz proportional zu und mit der Dunkelziffer ab.
- Die Veränderung in Prozent ist völlig unabhängig von der wirklichen Inzidenz und der jeweils gemessenen Inzidenz. Die Prozentzahl hängt nur noch von der Dunkelziffer ab. Bei einer Dunkelziffer von 75 % (Anzahl der Infizierten mit Symptomen 25 %) beträgt die Zunahme 30 %, bei einer Dunkelziffer von 40 % nur noch 6,7 %.
- Wenn nicht 10 % der Bevölkerung zusätzlich pro Monat zusätzlich getestet werden, sondern 5 %, ist die prozentuale Zunahme der Inzidenz nur halb so groß, also maximal 15 %.

Die These „Doppelt so viele Tests führen zu doppelt so hoher Inzidenz“ ist also falsch.

Beispiel in den Landkreisen:

Nachfolgend wird der in den Landkreisen gemäß Abbildung 1 gemessene Prozentuale Zuwachs dem möglichen Zuwachs bei realistischer zusätzlicher Testanzahl gegenüber gestellt. Leider kann ich bei der Testanzahl nur auf Zahlen zurückgreifen, die in der Presse bzw. im Internet für Rosenheim und Berchtesgaden genannt wurden.

Für Rosenheim und Region werden aktuell ca. 1.000 Tests im Testzentrum für Stadt und Land genannt. Das sind in der Woche ca. 7.000 Tests auf 325.000 Einwohner, also **2,15 % pro Woche pro 100.000 Einwohnern**. Selbst wenn bei Ärzten die gleiche Anzahl hinzukommt, werden es nicht über 5 % der Bevölkerung pro Woche. Dass bereits auch am 18.02.2021 getestet wurde und nur die Differenz maßgeblich ist, lasse ich weg.

Für Berchtesgaden werden im Internet in der zweiten Kalenderwoche 2,5 % und in der achten Kalenderwoche 5,6 % Tests an der Gesamtbevölkerung insgesamt genannt. Ich runde auch diesen Zuwachs von 3,1 % ebenfalls auf 5 % Zuwachs auf.

Als Dunkelziffer für den Vergleich des Zuwachses, der maximal auf erhöhte Testanzahl zurückzuführen ist, verwende ich 75 %, also wieder den maximal realistischen Wert. Für die andern Landkreise gehe ich von identischen Voraussetzungen aus. Damit ergibt sich gemäß Tabelle 4 die die Hälfte des dort genannten Zuwachses, also maximal die Hälfte von 30 %, nämlich 15 %

Abbildung 2 zeigt dieses Ergebnis im Vergleich zu den tatsächlichen Zuwächsen

Datum	Rosenheim Stadt	Rosenheim Land	Altötting	Berchtesgadener Land	Mühldorf	Traunstein
Tatsächlicher Anstieg der Inzidenz in Prozent	407,9	112,9	40,0	62,0	29,7	58,5
Durch erhöhte Testanzahl maximal erklärbarer Anstieg %	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0

Abbildung 2: Vergleich des tatsächlichen Anstiegs mit dem maximal durch erhöhte Testanzahl erklärbaren Anstieg.

Weder in Rosenheim noch in den Landkreisen ist der Anstieg in der Inzidenz auf erhöhte Testzahlen zurückzuführen. Die Infektionsgefahr steigt exponentiell an. Wir befinden uns am Beginn der dritten Welle.

Wenn die Dunkelziffer 50 % ist, beträgt unter sonst gleichen Bedingungen der erklärbare Zuwachs nur 3,3 %!

Fazit:

Die fortwährenden Beschränkungen nerven viele Bürger und die Existenz mancher Betriebe und Selbstständiger ist bedroht. Ihnen muss solidarisch finanziell zeitnah geholfen werden!

Es hilft aber nicht weiter, wenn die Inzidenz als Maßstab für die Verbreitung der Seuche angezweifelt wird und man sich daraus Öffnungen verspricht. Das wirkliche Ausmaß der Seuche schön zu reden oder neue Grenzwerte zu fordern hilft ebenso wenig weiter, wie bei einem Patienten mit hohem Fieber das Thermometer weg zu werfen oder Fieber erst ab einer Temperatur von mehr als 40 Grad zu definieren und den Patienten entsprechend nicht zu behandeln!

Wie gezeigt wurde, verändern sich die Inzidenzwerte auch bei sehr hohen Testanzahlen nicht massiv. Die Aussage „doppelte Testanzahl = doppelte Inzidenz“ ist falsch! Sicherlich kann es vorkommen, dass mit geringer Testanzahl die Inzidenz knapp unter 100, mit mehr Tests knapp über 100 liegt und sich daraus Konsequenzen hinsichtlich der Öffnung ergeben. Wenn man aber weiß, dass die gemessene Inzidenz weit unter der wirklichen Inzidenz liegt (siehe Tabellen 1 oder 2), wird man nicht fragen, ob Ansteckungsgefahren durch Öffnungen riskiert werden sollen oder nicht. Dies alles aktuell bei einem R-Wert von deutlich über 1 für die gefährlichen Corona-Varianten, die sich rasch ausbreiten und ein exponentielles Wachstum aufweisen.

Ich möchte diejenigen bitten, die besonders unter Beschränkungen leiden, dafür einzutreten, dass weitere Ansteckungen verhindert werden. Dies kann nur durch möglichst wenige Kontakte erreicht werden. Bei unverzichtbaren Kontakten müssen die Hygienemaßnahmen streng eingehalten werden und Tests vorab die Ansteckungsgefahr minimieren.

Ein Verzicht heute bedeutet Freiheit in der Zukunft! Diese Freiheit hätten wir schon ohne die neuen, gefährlichen Varianten. Aktuell müssen wir die Impfung vorantreiben, damit gefährdete Personen geschützt werden und die Ausbreitung der Seuche gebremst wird. Dann werden wir – auch mit und gerade wegen viel mehr Tests – dauerhaft sinkende Werte erleben und die alte Freiheit zurückgewinnen!