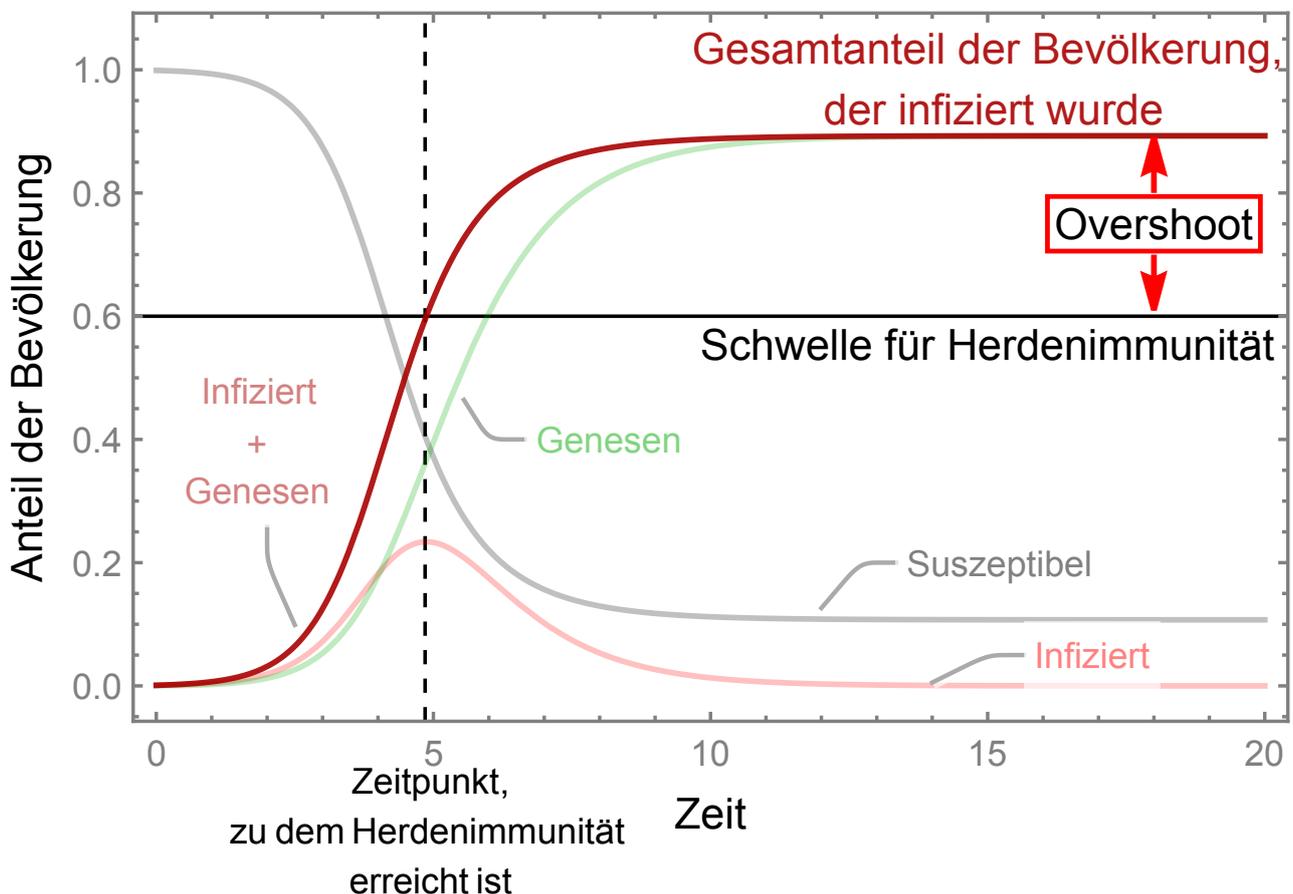

Herdenimmunität: Der Pandemie ihren Lauf lassen?



Der Graph zeigt, wie sich der Anteil suszeptibler (= nicht immuner), infizierter und genesener Personen im Verlauf der Epidemie ändert. Wenn die Zahl der Personen, die entweder aktuell infiziert oder genesen sind, die erforderliche Schwelle für Herdenimmunität erreicht, kommt die Epidemie nicht plötzlich zum Erliegen. Sie entwickelt sich noch immer weiter. Bis das Virus ausstirbt, werden sich viel mehr Menschen infizieren als für Herdenimmunität erforderlich sind.

Was ist eigentlich Herdenimmunität? Um das klar zu machen, müssen wir die sogenannte Reproduktionszahl des Virus betrachten. Die Reproduktionszahl ist die Zahl an Menschen, die ein einziger Infizierter im Mittel ansteckt. Wenn diese Zahl größer als eins ist, kann das Virus sich ausbreiten, und immer mehr Menschen werden infiziert. Wenn sie kleiner als eins ist, nimmt die Anzahl Infizierter ab. Wir können diese Zahl zum Beispiel dadurch verringern, dass wir Abstand zueinander halten oder dass Kontaktpersonen Infizierter ermittelt werden und sich in Isolation begeben. Das erfordert allerdings ständigen Einsatz von uns. Sobald wir nachlassen, steigt die Reproduktionszahl wieder an.

Eine dauerhafte Lösung bringt die Immunisierung eines großen Teils der Bevölkerung. Wenn viele Menschen immun sind, ist es unwahrscheinlich, dass ein Infizierter überhaupt eine suszeptible Person trifft, die er mit dem Virus anstecken könnte, und die Reproduktionszahl des Virus ist kleiner als eins. In so einem Fall sprechen wir von Herdenimmunität. Die Population als Ganzes ist immun, auch wenn einige Personen es nicht sind. Wenn eine wirksame Impfung verfügbar ist, können wir diesen Zustand durch Impfung erreichen. Aber Immunisierung bildet sich mit der Zeit auch in der Bevölkerung aus, wenn mehr und mehr Menschen krank werden, eine Immunantwort entwickeln und wieder gesund werden. Dass das funktioniert, setzt natürlich voraus, dass von der Krankheit genesene Menschen längerfristig immun bleiben.

Diese Entwicklung von Immunität ist der Grund, dass manchen Menschen meinen, wir sollten der Pandemie einfach ihren Lauf lassen statt Kontrollmaßnahmen zu ergreifen. Herdenimmunität durch Infizierung großer Teile der Bevölkerung zu erreichen ist jedoch nicht dasselbe wie Herdenimmunität durch Impfung herzustellen, und es funktioniert nicht so, wie viele Menschen denken. Schauen wir das genauer an!

Damit die Reproduktionszahl kleiner als eins ist, muss der Anteil immuner Menschen

in der Bevölkerung groß genug sein. Dieser Anteil hängt von der Reproduktionszahl des Virus in einer Population ab, in der niemand immun ist und in der keine Kontrollmaßnahmen gelten (das nennt man die Basisreproduktionszahl, die eine charakteristische Größe des Virus ist). Mathematiker haben eine Formel hergeleitet, um den erforderlichen Anteil immuner Personen abzuschätzen. Für SARS-CoV-2, mit dem in der frühen Phase einer Pandemie im Mittel jeder Infizierte 2.5 andere Personen ansteckt, liegt dieser Anteil bei 60%. Das heißt, wenn wir eine Impfung hätten und 60% der Bevölkerung impfen würden¹, könnte das Virus sich nicht in der Bevölkerung ausbreiten (es könnte aber noch kleinere Ausbrüche geben).

Die Schwelle für Herdenimmunität

R_0 ist die Basisreproduktionszahl des Virus. D.h. jede infizierte Person steckt in einer Population, in der alle suszeptibel sind, im Mittel R_0 andere Personen an. Wenn wir einen Anteil x an suszeptiblen Personen herausnehmen (z.B. indem wir sie impfen), fällt die Reproduktionszahl auf $R_0(1 - x)$. Wie groß muss x sein, damit wir Herdenimmunität haben? Die Reproduktionszahl muss kleiner als eins sein. Also:

$$R_0(1 - x) < 1,$$

was sich zu

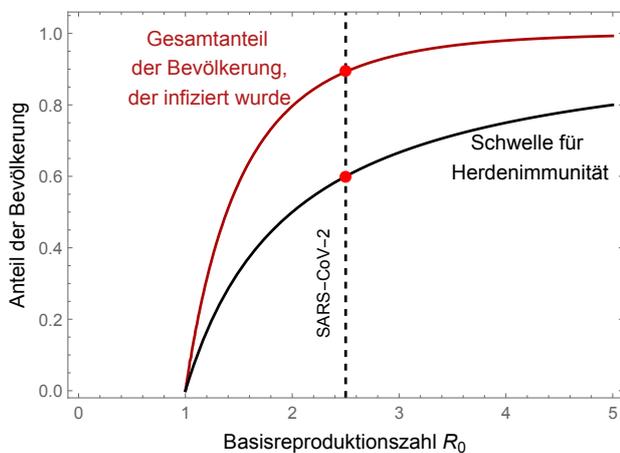
$$x > 1 - \frac{1}{R_0}$$

auflösen lässt.

Aber wie sieht es aus, wenn wir eine Ausbreitung der Pandemie zulassen, um den erforderlichen Anteil von 60% immunen Menschen zu erreichen? Zu dem Zeitpunkt, zu dem 60% der Bevölkerung infiziert oder genesen sind, fällt die Reproduktionszahl unter eins und die Zahl Infizierter fängt an abzunehmen. Das ist also der Höhepunkt der Epidemie. Jedoch sind auf dem Höhepunkt der Epidemie sehr viele Menschen infiziert. Auch

¹In Wirklichkeit müssten wir etwas mehr Menschen impfen, da selbst die beste Impfung nicht perfekt ist, und einige Menschen keine Immunität entwickeln werden.

wenn nun jeder von ihnen weniger als eine andere Person ansteckt, ist das immer noch eine sehr große Zahl von Neuinfektionen. Und diese neu infizierten Personen können weitere Menschen anstecken. Auf diese Weise kommt es, obwohl die Schwelle zur Herdenimmunität bereits erreicht ist, noch zu sehr vielen Infektionen, bis das Virus schließlich ausstirbt. Mathematiker haben auch hier wieder ein Modell entwickelt, um die Größe dieses ‘Overshoots’ abschätzen zu können. Die folgende Abbildung zeigt in Abhängigkeit der Basisreproduktionszahl des Virus, wie viele Menschen sich bis zum Ende der Epidemie infizieren, und die Schwelle für Herdenimmunität.



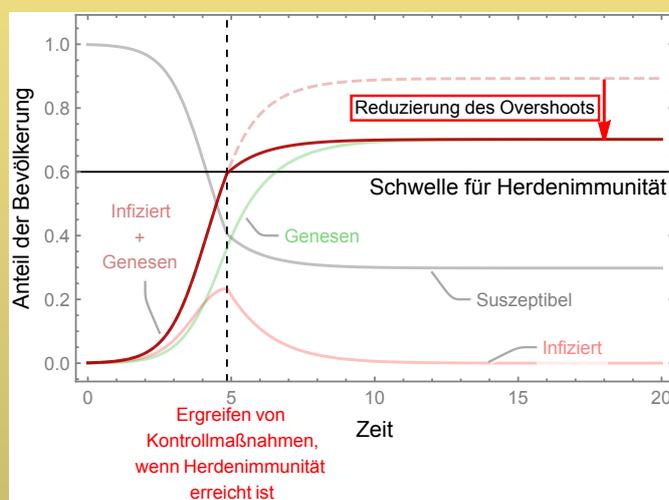
Wir können aus diesem Graphen ablesen, dass sich für SARS-CoV-2 ($R_0 \approx 2.5$) beinahe 90% infizieren werden, wie man auch in der

Abbildung auf der ersten Seite sehen kann. Das sind viel mehr als die 60%, die für Herdenimmunität notwendig sind! Das passiert natürlich nicht, wenn wir Herdenimmunität durch Impfung herstellen, da geimpfte Menschen keine anderen anstecken, so dass wir die volle Kontrolle haben. Wir könnten versuchen, die Schwelle zur Herdenimmunität langsamer zu erreichen, indem wir erhebliche Kontrollmaßnahmen ergreifen. Dies würde den ‘Overshoot’ (die extra 30%) reduzieren, aber dafür würde es sehr lange dauern.

Ganz wichtig ist es auch, sich bewusst zu machen, dass – anders als mit Impfungen, die sehr sicher sind – von den 90%, die sich infizieren würden, viele ernsthaft krank würden, viele ins Krankenhaus eingeliefert werden müssten, was unser Gesundheitswesen überfordern würde, und ein Teil auch sterben würde.

Es gibt noch ein weiteres Problem mit diesem Ansatz, Herdenimmunität zu erreichen. Wenn Menschen nach überstandener Infektion nicht lange genug immun bleiben, kann keine Herdenimmunität entstehen, und das Virus wird immer weiter in der Population zirkulieren und Menschen immer von Neuem infizieren. Bis jetzt wissen wir nicht, wie lange Menschen nach einer überstandenen Infektion mit SARS-CoV-2 immun bleiben.

Und wenn wir die Pandemie nahe am Höhepunkt kontrollieren?



Wir können den ‘Overshoot’ reduzieren, wenn wir strikte Kontrollmaßnahmen ergreifen, sobald die Schwelle für Herdenimmunität erreicht ist (oder auch etwas früher). Allerdings ist es in der Realität schwierig, zum richtigen Zeitpunkt eine Vollbremsung hinzulegen, und es bleibt eine riskante Strategie.

