

Die Entwicklung einer Pandemie mit und ohne Einschränkungen

Christin Nyhoegen, Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie

Was ist eine Pandemie? Im Laufe der Menschheitsgeschichte kam es immer wieder vor, dass sich Krankheiten sehr schnell über die ganze Welt ausbreiteten. Es beginnt meist damit, dass die Krankheit bei einzelnen Menschen, die in derselben Region leben, beobachtet wird. Mit der Zeit breitet sich diese Krankheit dann immer weiter aus, da sie von einem Menschen auf den anderen übertragen wird. Solange die Ausbreitung nur in einer bestimmten Region, wie zum Beispiel in einem Land, vorkommt, spricht man von einer



Epidemie. Breitet sich die Erkrankung über die Grenzen eines Landes und sogar auf mehreren Kontinenten aus, wird aus der Epidemie die **Pandemie**.

Welche Krankheiten lösen Pandemien aus? Bei den Krankheiten, die eine Pandemie auslösen können, handelt es sich um Infektionskrankheiten. Das sind Krankheiten die durch kleine Erreger wie Bakterien (z.B. die Pest) oder Viren¹ (z.B. HIV) hervorgerufen werden. Personen, die sich mit einem Erreger angesteckt haben, bezeichnet man als **infizierte Personen**. Eine infizierte Person muss nicht zwangsweise auch Symptome der Krankheit zeigen. Diese Person trägt zwar den Erreger im Körper, wird durch diesen aber nicht krank, allerdings kann sie sehr wohl Menschen in ihrer Umgebung mit dem Erreger anstecken. Das heißt eine infizierte Person, krank oder nicht, kann die Menschen in ihrem Umfeld infizieren. Dabei können die verschiedenen Krankheiten auf unterschiedlichen Wegen übertragen werden. Bei manchen Erregern (z.B. bei dem Coronavirus) kann es schon reichen, einer infizierten Person nah genug gegenüberzustehen, wie zum Beispiel während einer Unterhaltung. Der Erreger wird dann über kleine Wassertröpfchen, die sich in der ausgeatmeten Luft eines Infizierten befinden, übertragen.



Wieso breitet sich die Krankheit so schnell aus und wie können wir dies verlangsamen? Überlege dir einmal, mit wie vielen Personen du am Tag engeren Kontakt hast. Wie oben beschrieben, kann es eben schon reichen, sich „ganz normal“ mit einer Person zu unterhalten, um sich zu infizieren oder andere zu infizieren, wenn man selbst den Erreger trägt. Sagen wir nun, du bist infiziert und steckst 2 Personen an. Diese 2 Personen stecken jeweils wieder 2 an, das sind dann schon 4 weitere Infizierte. Diese 4 stecken zusammen dann 8 an und die wiederum 16 und so weiter². Wie du siehst, kann das ganz schnell zu einer hohen Anzahl an infizierten Personen in einer Population (also eine große Gruppe von Menschen die in einer bestimmten Region leben, z.B. Deutschland, Europa usw.) führen. Wie du dir sicher vorstellen kannst, breitet sich die Krankheit noch schneller aus, wenn jeweils eine Person mehr als 2 Personen infiziert. Das große Problem daran ist, dass es ganz plötzlich enorm viele Erkrankte gleichzeitig gibt, die behandelt werden müssen. Das führt dazu, dass das Gesundheitssystem überlastet wird und es zum Beispiel nicht genug Betten in den Krankenhäusern gibt. Deshalb müssen wir die Ausbreitung der Krankheit verlangsamen. Das versuchen wir dadurch, dass wir möglichst wenige Menschen treffen. Dies wird als **Einschränkung der sozialen Kontakte** bezeichnet. So wird die Wahrscheinlichkeit, dass wir uns anstecken und dann weiter Menschen infizieren kleiner. Besonders wenn wir krank sind, müssen wir Andere schützen und dafür sorgen, dass wir niemanden infizieren. Dazu können wir uns **isolieren**. Das heißt, wir haben gar keine Kontakte mehr, bleiben Zuhause und stecken so auch niemanden an. Eine Person die isoliert ist, befindet sich in einer sogenannten **Quarantäne**.



Um das ganze besser zu verstehen, kann man sich die Entwicklung der Pandemie mit und ohne Einschränkungen für eine Population anschauen. Dazu braucht es gar nicht viel. Du brauchst lediglich ein paar farbige Stifte. Schau dir dazu das untenstehende Projekt an.

¹ Mehr Informationen zu Viren findest du auf dieser Website:
http://web.evolbio.mpg.de/evoltheo_corona/





² Mehr Informationen zu diesem Wachstum (exponentielles Wachstum) findest du auf der nebenstehenden Website.

Projekt: Pandemie auf dem Papier

Mit diesem Projekt soll verdeutlicht werden, welchen Einfluss Einschränkungen in unserem Alltag auf die Entwicklung einer Pandemie haben. Wir wollen herausfinden, mit welchen Maßnahmen wir die Verbreitung eines Erregers, zum Beispiel eines Virus, verlangsamen können. Dazu schauen wir uns nacheinander verschiedene Situationen an, in denen unterschiedliche Einschränkungen gelten. Dabei wollen wir beobachten, wie lange es dauert, bis die gesamte Population infiziert ist.

Allgemeine Situation

- Wir betrachten eine Population von 100 Menschen, dargestellt in einer Tabelle aus 10 mal 10 kleinen Quadraten. Jedes kleine Quadrat steht für eine Person.
- Zu Anfang ist immer genau eine Person infiziert.
- Wir schauen uns die Ausbreitung der Infektion in der Population für:
 - verschiedene Situationen an – mit unterschiedlich starken Einschränkungen
 - verschiedene Zeitpunkte in den Situationen an – jede Tabelle steht für einen Zeitpunkt
- Die Menschen können gesund oder mit dem Virus infiziert sein, sowie zusätzlich in Isolation (d.h. diese Personen können niemanden infizieren). Dies wird durch Farben dargestellt:

 Gesunde Person  Infizierte Person  In diesem Zeitschritt infizierte Person  Isolierte Person


- In einem Zeitschritt gibt es zwei Farben für die infizierten Personen. Blau für alle die bereits im vorherigen Zeitschritt infiziert waren und orange für alle, die durch die Blauen neu infiziert wurden.

Situation 1 Keine Beschränkungen


- Jeder kann sich frei bewegen
- Jeder hat direkten Kontakt zu seinen vier Nachbarn:




Situation 2 Weniger soziale Kontakte

- Jeder kann sich frei bewegen
- Jeder hat direkten Kontakt zu seinem linken und rechten Nachbarn: 

Situation 3 Zusätzliche Beschränkung der Bewegung

- Nur jeder vierte kann sich frei bewegen
- Jeder hat direkten Kontakt zu seinem linken und rechten Nachbarn: 

Situation 4 Zusätzliche Isolation

- Jeder zweite befindet sich in Isolation
- Jeder vierte kann sich frei bewegen
- Jeder hat direkten Kontakt zu seinem linken und rechten Nachbarn: 

Und so funktioniert's Fülle die Tabellen nun nacheinander für alle Situationen aus, bis entweder alle Personen infiziert sind oder alle Tabellen benutzt wurden. Gehe dabei wie folgt, Schritt für Schritt für jede Tabelle vor:

Zeitpunkt 1 Für alle Situationen gleich

1. Suche dir ein beliebiges Kästchen aus und male es **blau** an. Dies ist die erste infizierte Person.
2. Infiziere alle Nachbarn (abhängig von der jeweiligen Situation, sind dies entweder vier oder zwei) indem du die angrenzenden Kästchen **orange** anmalst.
3. Zähle **alle farbigen Kästchen** und schreibe die Anzahl der infizierten Personen oben in den Kopf deiner Tabelle.

Beispiel

Situation 1

Anzahl der Infizierten: 5						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1. die erste Person wird infiziert (blau)
2. alle Nachbarn dieser Person werden angesteckt (orange)
3. die Anzahl aller Infizierten wird oben den Tabellenkopf geschrieben links (5), rechts (3)

Situation 2-4

Anzahl der Infizierten: 3						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Situation 1 Für alle weiteren Zeitpunkte

1. Da sich jeder bewegen darf, malst du für jedes farbige Kästchen der vorherigen Tabelle (blau und orange) ein beliebiges Kästchen in der nächsten Tabelle **blau** an. Welche Kästchen du blau markierst, kannst du dir frei aussuchen, lediglich die Anzahl muss stimmen.

Tip in deiner neuen Tabelle müssen jetzt genauso viele Kästchen farbige sein wie in der vorherigen Tabelle.

2. Infiziere alle vier Nachbarn indem du die angrenzenden Kästchen **orange** anmalst.
3. Zähle **alle farbigen Kästchen** und schreibe die Anzahl der infizierten Personen oben in den Kopf deiner Tabelle.

Beispiel

Anzahl der Infizierten: 5						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Anzahl der Infizierten: 21						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Anzahl der Infizierten: 36						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1. alle infizierten Personen werden in blau in die nächste Tabelle übertragen (d.h. in der zweiten Tabelle werden 5 und in die dritte 21 Kästchen in blau markiert) – da diese sich bewegen dürfen, werden dafür beliebige Kästchen ausgesucht (z.B. ist die Bewegung für zwei Kästchen hier durch die Pfeile dargestellt)
2. und 3. wie oben

Situation 2 Für alle weiteren Zeitpunkte

Für Situation 2 führst du die Schritte ganz genau so aus, wie es oben für Situation 1 beschrieben ist. Der Unterschied ist lediglich, dass als Nachbarn nicht mehr alle vier angrenzenden Kästchen zählen, sondern nur der linke und der rechte Nachbar.

Beispiel

Anzahl der Infizierten: 3						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Anzahl der Infizierten: 9						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Anzahl der Infizierten: 24						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1. alle infizierten Personen werden in blau in die zweite Tabelle übertragen (d.h. in der zweiten Tabelle werden 3 und in die dritte 9 blaue Kästchen markiert) – da diese sich bewegen dürfen, werden dafür beliebige Kästchen ausgesucht
2. und 3. wie oben

Situation 3 Für alle weiteren Zeitpunkte

In Situation 3 bewegen sich nur noch ein Viertel aller infizierten Personen. Für die Übertragung (Schritt 1) gehst du dabei wie folgt vor:

- 1a) Teile die Anzahl aller Infizierten aus deinem vorherigen Zeitschritt durch vier (bei einer Kommazahl rundest du ab, 3.6 wird dann 3). Für die Zahl, die du berechnet hast, suchst du dir nun exakt so viele Kästchen in der vorherigen Tabelle aus. Du kannst die Kästchen beliebig wählen, hier gibt es keine genaue Vorschrift. Markiere die Kästchen, die du ausgesucht hast, mit einem Punkt.
- 1b) Jedes nicht markierte Kästchen überträgst du an exakt dieselbe Stelle in blau.
- 1c) Für jedes markierte Kästchen, suchst du dir irgendein weißes Kästchen in der nächsten Tabelle aus und malst es blau an.

Tip in deiner neuen Tabelle müssen jetzt genauso viele Kästchen farbig sein wie in der vorherigen Tabelle. Der Rest bleibt genauso, wie du es bereits von der zweiten Situationen kennst.

Beispiel

Anzahl der Infizierten: 3						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Anzahl der Infizierten: 5						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Anzahl der Infizierten: 9						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Diese Kästchen sind die, die sich nicht bewegt haben.

Das ist das Kästchen, das mit dem Punkt markiert war.

- 1a) als ersten wird die Anzahl der Infizierten aus der vorherigen Tabelle durch 4 geteilt:
 1. Tab: 0.75 gerundet 0
 2. Tab: 1.25 gerundet 1 (für die 3. Tab. wären es 2)
 - 1b) alle infizierten, nicht mit einem Punkt markierte Personen werden auf dieselbe Stelle der neuen Tabelle übertragen (Kreise)
 - 1c) für alle Markierten, wird ein Kästchen an einer anderen Stelle angemalt (unterer Pfeil).
2. und 3. wie oben

Situation 4 Für alle weiteren Zeitpunkte

In Situation 4 kommt zusätzlich zu den Einschränkungen aus Situation 3 hinzu, dass sich die Hälfte aller Infizierten isoliert. Dies geschieht immer nach der Übertragung der Infizierten aus der vorherigen Tabelle, wobei dies genauso durchgeführt wie in 1a) - 1c) für Situation 3 beschrieben. Die Isolation läuft wie folgt ab: 1d) Wenn du alle Kästchen übertragen hast, isolierst du nun die Hälfte aller Personen. Teile dazu die aktuelle Anzahl der Infizierten durch zwei und runde wieder ab. Nun umrandest du genauso viele blaue Kästchen in der neuen Tabelle in **schwarz**. Du kannst dir hier wieder frei aussuchen, welche du umranden möchtest. Diese Menschen können ihre Nachbarn im Schritt 2 nicht anstecken.

Tipp in deiner neuen Tabelle müssen jetzt genauso viele Kästchen farbig sein wie in der vorherigen Tabelle. Isoliert wird in jedem Schritt neu, d.h. die Umrandung musst du für die nächste Tabelle, während der Schritte 1b) und 1c) von oben nicht übertragen. Der Rest bleibt so, wie du es aus Situation 3 kennst.

Beispiel

Anzahl der Infizierten: 3

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Anzahl der Infizierten: 4

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3			•			
4						
5						
6						

Anzahl der Infizierten: 6

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1a) - 1c) wie oben

1d) nachdem die blauen Quadrate übertragen wurden, wird die Hälfte der blauen Quadrate in der neuen Tabelle schwarz umrandet:

2. Tab: $3/2 = 1.5$ gerundet 1

3. Tab: $4/2 = 2$

Die umrandeten Personen

stecken ihre Nachbarn nicht an

2. und 3. wie oben

Analyse Vergleich der Anzahl an infizierten Personen

Nachdem du alle Situation bearbeitet hast, fülle das Diagramm auf der letzten Seite aus. Auf der x-Achse sind die einzelnen Zeitpunkte gegeben (entsprechen den neun Tabellen einer Situation) und auf der y-Achse ist die Anzahl der infizierten Personen dargestellt. Die unterschiedlichen Situationen werden in unterschiedlichen Farben eingetragen. Trage für jede Tabelle einer Situation einen Balken in das Diagramm ein, dessen Höhe gibt die Anzahl der infizierten Personen zu diesem Zeitpunkt an.

Zu Beginn gibt es immer eine infizierte Person. Dies ist bereits in das Diagramm für den Zeitpunkt null eingetragen.

Beantworte die folgenden Fragen:

- Welche Unterschiede zwischen den Situationen kannst du in deinen Ergebnissen beobachten?
- Welche Einschränkungen helfen am besten die Ausbreitung des Virus zu verlangsamen?
- Was ist deine allgemeine Schlussfolgerung aus diesem Projekt?

Auf der Seite http://web.evolbio.mpg.de/evoltheo_corona/PandemicOnPaper_CN/ findest du eine Computersimulation, die genau dasselbe durchführt wie du eben per Hand. Hier kannst du deine Ergebnisse vergleichen und dir die Entwicklung für weitere Situationen anschauen.

Szenario 1 Keine Beschränkungen

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Szenario 2 Weniger soziale Kontakte

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Szenario 3 Zusätzliche Beschränkung der Bewegung

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Szenario 4 Zusätzliche Isolation

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anzahl der Infizierten:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Entwicklung der Pandemie in den verschiedenen Szenarien

