

Der Funktionsmechanismus von Epidemien und Pandemien - als Kausalfolge von Prozessen

Ewald Gerth

2019/2020 - Epidemie und Pandemie

Eine Viruserkrankung, die im Jahre 2019 in einem begrenzten Gebiet Chinas als Epidemie aufgetreten war, wuchs 2020 zu einer Pandemie heran und breitete sich über die ganze Welt aus.

◦ Pandemien sind Entwicklungen mit Veränderungen und Wirkungsfolgen für Leben und Gesundheit der Bevölkerung, für Gesellschaft, Wirtschaft, Kultur, Erziehung und Bildung, für den internationalen Handel und Touristik, u. a. m.

Die Ausbreitung einer Pandemie ist ein Prozess - das ist: ein Vorgang in Materie, Raum und Zeit.

- Die Basis des Prozesses bildet das statische Netzwerk, in dem sich der angeregte Prozess dynamisch entfaltet. Die Basis von Prozessen ist materiell, kann aber auch ideell oder strukturell sein.
- Die potenzielle Basis der Epidemie/Pandemie ist bestimmt durch Menschengruppen, die in einer Gesellschaft leben, Berührung und Austausch haben.
- Die Epidemie/Pandemie durchläuft die Zeit des Auftretens, der Ausbreitung, der Wirkung, der Eindämmung, des Abklingens – und des Verschwindens.

Der Prozess ist ein Teil eines größeren Komplexes.

Die Epidemie/Pandemie ist ein Komplex vieler Vorgänge – nicht nur der Übertragung der Viren, sondern auch der medizinischen und virologischen Ein- und Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen sowie auf die gesellschaftliche Umwelt.

◦ Prozesse sind eingebettet in eine Umgebung von Parallelprozessen mit funktionalem Austausch. *Prozesse besitzen eine Hierarchie.* Es gibt übergeordnete, untergeordnete und nebengeordnete Prozesse, die miteinander verkoppelt sind.

Im Falle der Epidemie/Pandemie ist die *Folge der Gesundheitsstadien* – der *Hauptprozess*, der von den *gesellschaftlichen Umständen als Überprozess* bestimmt wird; die *Übergänge* zwischen den Stadien bilden die *Unterprozesse* und die zeitlich definierten *Einwirkungen* auf den Hauptprozess – die *Nebenprozesse*.

◦ Prozesse können auf eine Hauptlinie reduziert oder auf die Umgebung erweitert werden.

Die Untersuchung des Funktionsmechanismus erfordert die Begrenzung des Reaktionssystems auf die Hauptkomponenten des Prozesses.

Prozesse sind streng zeitlich geordnet.

Die Zeit ist eine Einbahnstraße! – Es gibt keinen *Rücklauf der Zeit* – nur eine *virtuelle Zeitspiegelung*.

◦ Die *Vertauschung* von Prozessabschnitten mit verschiedenen Bedingungen ist keine „Spiegelung“; sie führt zu unterschiedlichen Ergebnissen und ist „*nichtkommutativ*“.

◦ Der in einer bestimmten Zeit ablaufende Prozess hat eine *Vorgeschichte* und eine *Nachwirkung*.

Die **Berechnung des Verlaufs von Prozessen** wird mit Hilfe moderner *Computer-Technik* durchgeführt, welche Veranschaulichung, Analyse, Voraussage und Rückverfolgung epidemischer und pandemischer Erscheinungen ermöglicht.

Die Struktur des epidemisch-pandemischen Reaktionssystems

wird durch die Stadien bestimmt, die eine Gruppe von Menschen in der Folge von Infektion, Erkrankung, therapeutischer Behandlung und schließlich in der Verzweigung von Genesung oder Versterben durchlaufen. Sie bilden die *Grundstruktur* und damit die *Hauptlinie des Prozesses*. Die Übergänge zwischen den Stadien werden von *untergeordneten Prozessen* mit ihren Ergebnissen gesteuert, die pauschal zu den *Übergangsgrößen* zusammengefasst werden.

Nebengeordnete *Parallelprozesse* können zu gegebenen Zeiten mit den Haupt- und Unterprozessen *gekoppelt* werden und dann zur Wirkung kommen.

Unter- und Nebenprozesse werden gesondert behandelt. Sie können aber – wie im Folgenden die Rückkopplung – in ein *erweitertes Reaktionssystem* miteinbezogen werden.

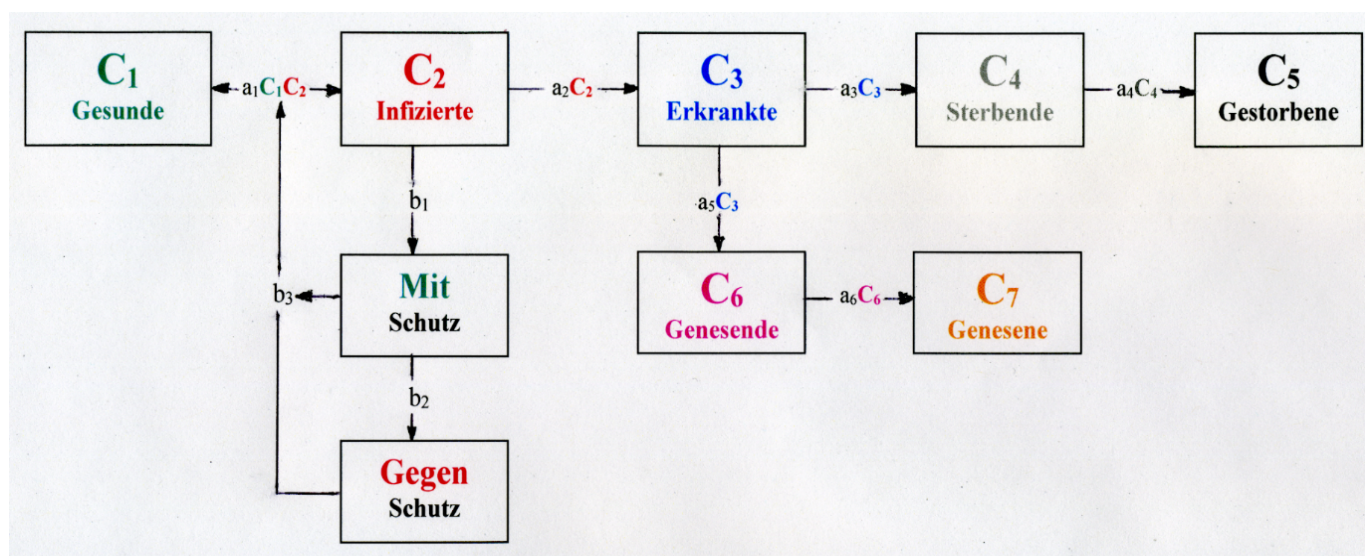
Die kausale Verkettung der epidemisch-pandemischen Prozesse

kann in Beschränkung auf die Grundfunktionen in eine Folge von Stufen eingeteilt werden:

- 1. Gesundheit - C_1 , 2. Infektion - C_2 , 3. Erkrankung - C_3 ,
4. Sterben oder Genesung - C_4 , 5. Tote oder Überlebende - C_5 .
- Von der dritten Stufe der Erkrankten C_3 an erfolgt eine Aufteilung des Prozesses in Sterbende oder Genesende.
- Es gilt dann: C_4 - Sterbende, $C_5 + C_6$ - Gestorbene und Genesende, C_7 - Genesene.

(Anmerkung: Die Bezeichnung der Reaktionsstufen dient dem Verständnis und entspricht nicht der medizinischen Fachterminologie.)

Ordnet man diese Stufen übersichtlich mit ihren gegenseitigen Zusammenhängen an, so ergibt sich folgendes Schema:



In diesem Schema mit 7 funktional verbundenen Komponenten wird noch die mögliche Rückkopplung zwischen Infizierten C_2 und Gesunden C_1 berücksichtigt, die durch die *gesellschaftsbezogene Reaktion* auf die Infektion und die darauf veranlassten *Schutzmaßnahmen* und/oder durch die Reaktion von Betroffenen auf die Schutzmaßnahmen und den darauf einsetzenden *Widerstand* zustande kommt. Die *Rückkopplung* von C_2 zu C_1 vollzieht sich als ein *Unterprozess* in einer nebengeordneten Prozessschleife über die Stufen *Mit Schutz* und *Gegen Schutz*, welche Untergruppen der Komponente C_2 sind. In der Systemaufstellung werden sie als die Komponenten C_8 und C_9 geführt.

Die Komponenten und Koeffizienten der Stufenübergänge

zwischen den Stufen werden durch die Größen der Komponenten C_1 bis C_7 und durch die *Mitwirkung* – die „*Koeffizienz*“ – der Kopplungen bestimmt; das sind die Koeffizienten a_1 bis a_6 und b_1 bis b_3 . Die Koeffizienten a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , und a_6 sind die Faktoren der vorantreibenden Übergänge; b_1 und b_2 steuern die Rückkopplung.

Durch Variation können die Koeffizienten dem Verlauf des realen Prozesses angepasst werden. Die Koeffizienten enthalten die Ergebnisse der Unterprozesse der Übertragung und Abschirmung, der Infektion, der Kontrolle durch Tests, der Virenvermehrung und Streuung, der medizinischen Behandlung in Verbindung mit Immunität und Sterblichkeit usw.

Die Stufenübergänge beziehen sich nach dem obigen **Flussschema des Reaktionsverlaufes** auf folgende realen Erscheinungen und Vorgänge:

$C_1 \leftrightarrow C_2 : a_1 C_1 C_2$: wechselseitiger Übergang; befördert durch Art und Effektivität der Infektionsdynamik; behindert durch Abstand, Maske, Schranke, Reinigung, Lüftung, Impfung

$C_2 \rightarrow C_3 : a_2 C_2$: Übergang des Anteils der Infizierten, welche erkranken

$C_3 \rightarrow C_4 : a_3 C_3$: Übergang des Anteils der Erkrankten mit Lebensgefährdung

$C_4 \rightarrow C_5 : a_4 C_4$: Anteil der verstorbenen Schwereerkrankten

$C_3 \rightarrow C_6 : a_5 C_3$: Übergang des Anteils der Erkrankten mit Heilung

$C_6 \rightarrow C_7 : a_6 C_6$: Anteil der genesenen Erkrankten

$C_1 \leftarrow C_2 : b_1 b_3 C_2$: Rückkopplung über $b_2 \rightarrow b_3$ mit Infektionsschutz und

$b_2 b_3 C_2$: Rückkopplung über $b_1 \leftarrow b_2 \leftarrow b_3$ unter Aufhebung des Infektionsschutzes

Hiernach kann man den Koeffizienten folgende Bedeutungen geben:

a_1 - Infektionskoeffizient

a_2 - Erkrankungskoeffizient

a_3 - Totkrankkoeffizient

a_4 - Verstorbenenkoeffizient

a_5 - Heilungskoeffizient

a_6 - Genesungskoeffizient

b_1 - Rückwirkungskoeffizient

b_2 - Schutzkoeffizient

b_3 - Widerstandskoeffizient

Aufstellung des Systems der Reaktionsgleichungen

Im Verlauf des Prozesses werden die auf den einzelnen Stufen des Reaktionssystems enthaltenen Mengen der Komponenten $C_1 \dots C_7$ in ihrem Verhältnis zueinander verändert. Man nennt die in der Differenz d der Zeit t , also in dem Zeitabschnitt dt , und der Menge der Komponente C , also dC , stattfindende Veränderung von C die

„*Reaktionsgeschwindigkeit von C*“:

$$V = dC/dt .$$

Ebenso sind die Produkte der Komponenten C und der Koeffizienten a

Reaktionsgeschwindigkeiten:

$$V = aC .$$

Bei dem Reaktionsübergang von einer Stufe zur nächsten wird $V = aC$ übertragen. Dieser Wert wird von der vorigen Stufe abgezogen und zu der folgenden Stufe hinzugefügt.

Für alle Stufenübergänge entnimmt man aus dem obigen Reaktionsschema folgende Gleichungen:

$$dC_1/dt = - a_1 * C_1 * C_2$$

$$dC_2/dt = a_1 * C_1 * C_2 - a_2 * C_2$$

$$dC_3/dt = a_2 * C_2 - a_3 * C_3 - a_5 * C_3$$

$$dC_4/dt = a_3 * C_3 - a_4 * C_4$$

$$dC_5/dt = a_4 * C_4$$

$$dC_6/dt = a_5 * C_3 - a_6 * C_6$$

$$dC_7/dt = a_6 * C_6$$

$$dC_8/dt = b_1 * C_2 - b_2 * C_8$$

$$dC_9/dt = b_2 * C_8 - b_3 * C_9$$

Dieses Gleichungssystem der Reaktionsgeschwindigkeiten lässt sich als ein Ganzes lösen und mit vorgegebenen Daten der Komponenten und Koeffizienten zahlenmäßig berechnen.

Hinweise zur Theorie und mathematischen Behandlung von Prozessen – siehe: www.ewald-gerth.de/reaction-tensors.htm

Ein Computer-Programm als Werkzeug

Zur Analyse des Prozesses dient ein spezielles Computer-Programm, das den Funktionsverlauf der Komponenten des Reaktionssystems errechnet und grafisch mit farbiger Kennzeichnung wiedergibt. Die Kurven werden einzeln in das Diagramm eingetragen und in das Koordinatensystem eingepasst. Ein solches Programm zur Berechnung des Prozesses mit anschaulicher Darstellung des Kurvenverlaufs ist in vielfacher Hinsicht aufschlussreich und nützlich:

- für Analyse und Erkennung der funktionalen Zusammenhänge,
- für die Übersicht über die Voraussetzungen, Abhängigkeiten und Folgen,
- für die Anpassung der Übergangskoeffizienten an den realen Prozess,
- für Abschätzungen und Voraussagen über den zu erwartenden Verlauf,
- für die Anwendung von Maßnahmen zur gezielten Beeinflussung der Realität,
- für Experiment, Planung und Warnung.

Anfangs- und Begleitbedingungen von Prozessberechnungen

Die Berechnung eines Prozesses geht von der Anfangsverteilung der Mengen der Komponenten auf die Stufen der Kausalkette aus. Während des Prozessgeschehens wird die Mengenverteilung durch innere und äußere Einwirkung verändert.

Im Rechenprogramm ist für die Begleitung des Prozessverlaufs ein Halt-Kommando vorgesehen, das die Veränderung der Werte von Komponenten und Koeffizienten erlaubt. Nach erneutem Start wird die Rechnung mit den neuen Größen fortgesetzt. Der Prozessverlauf lässt sich auch kontinuierlich steuern mit *Zeitfunktionen*, die als Faktor den Übergangskoeffizienten unterlegt werden.

So lassen sich *periodische Einflüsse* (Jahreszeiten, Wochen, Tage) und zeitliche *Impulse* erfassen.

Hinweise zum Zustandekommen angeregter Schwingungen – siehe: www.ewald-gerth.de/pandemie-wellen.htm

Berechnung und grafische Veranschaulichung des Verlaufs von Prozessen

Im Folgenden werden Beispiele von Prozessen mit dem speziellen Bezug auf die Pandemie vorgestellt und diskutiert. Die Serie wird fortlaufend ergänzt.

Die folgenden Demonstrationsbeispiele beziehen sich auf die Anfangsbedingungen:

- $C_1 = 100$ und $C_2 = 1$ - das bedeutet: Eine Gruppe von 100 noch gesunden Menschen wird von einem schon Erkrankten infiziert, die sich sodann untereinander anstecken.
- Koeffizienten: Die Übergangsgrößen a_1 bis a_6 werden so gewählt, dass die bekannten Verläufe der Pandemie qualitativ richtig wiedergegeben werden.

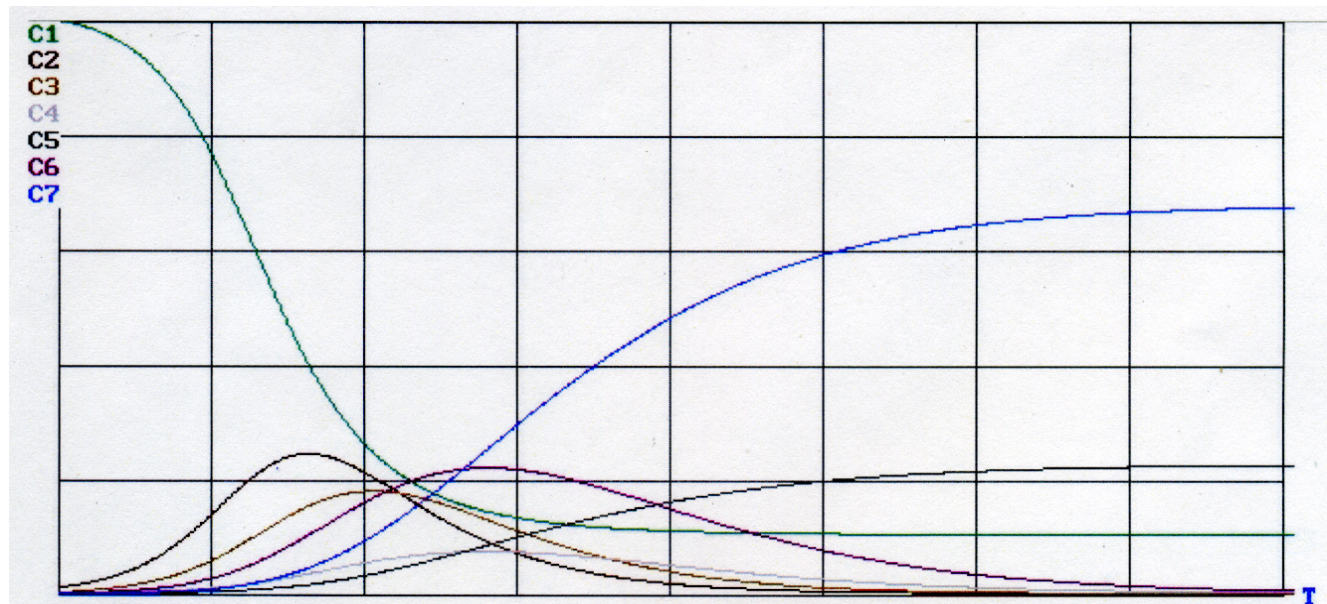


Bild 1 Geradliniger Ablauf des Prozesses (ohne Neben- und Unterprozesse)

Die grüne Kurve C_1 zeigt die Abnahme der Anzahl der noch Gesunden bis auf einen Endwert, der durch den Übergang der Infizierten C_2 (rot) in den Erkrankungszustand C_3 (braun) bestimmt wird. Charakteristisch ist hierbei eine Phasenverschiebung, da die Zahl der Erkrankten immer noch anwächst, wenn die Menge der Infizierten schon das Maximum überschritten hat. Alle Übergangsmengen sind Raten, d.h. sie klingen nach Durchlaufen eines Maximums wieder ab. Die graue Kurve gibt die Rate der Sterbenden C_4 an, die proportional zu der violetten Kurve der Rate der Genesenden C_6 verläuft, da beide Raten zusammen in ihrem Verhältnis zueinander (hier 1 : 3) den Zustand der Erkrankten verlassen haben. Beide Raten sind gegenüber den Erkrankten C_3 phasenverschoben, da Sterben oder Genesen der Erkrankung nachgeordnet sind. Schließlich sammeln sich die Sterbenden C_4 (grau) in der Anzahl der Gestorbenen C_5 (schwarz). Ebenso kann man die Menge der Genesenden C_6 bei den Genesenen C_7 (blau) sammeln. Beide Gruppen teilen sich nach der Erkrankung C_3 (hier 1 : 3) auf und ergeben zusammen mit den nicht Erkrankten (grün – Ende der Kurve) die Anfangsmenge der Gesunden (grün).

Es ist mitunter schwierig, die Kurvenverläufe in dem Diagramm auseinanderzuhalten. Das verwendete Rechenprogramm erlaubt aber das wiederholte Zeichnen der Kurven mit den schon vorher berechneten und eingespeicherten Daten unter Einpassung in das Koordinatensystem durch Streckung und Verschiebung. Dabei können einzelne besonders interessierende Kurven herausgegriffen und auch neu mit Farben gekennzeichnet werden. Manche Kurven – z.B. die Menge der Genesenden C_6 und der Genesenen C_7 – sind weniger von Interesse, da sie in der öffentlichen Statistik nicht gemessen werden. Man interessiert sich nur für die Anzahl der Verstorbenen C_5 . So lassen sich die Diagramme vereinfachen und übersichtlicher machen.

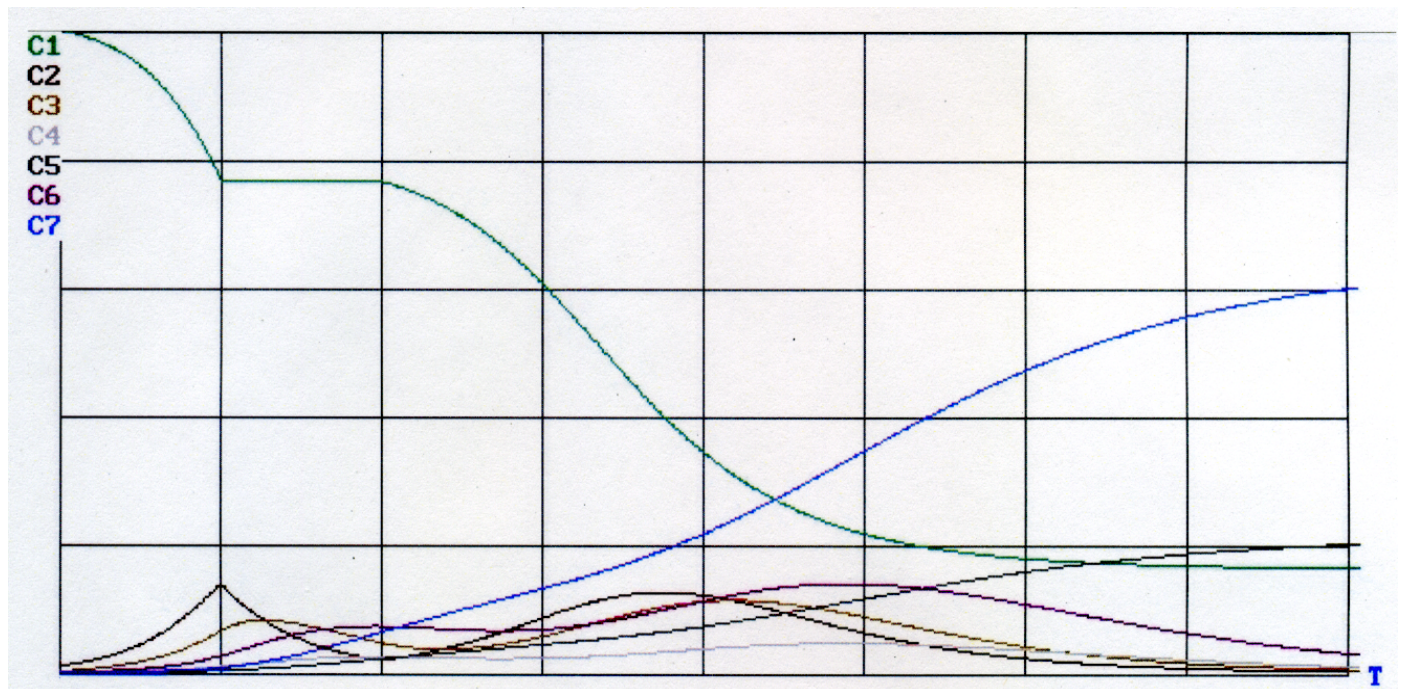


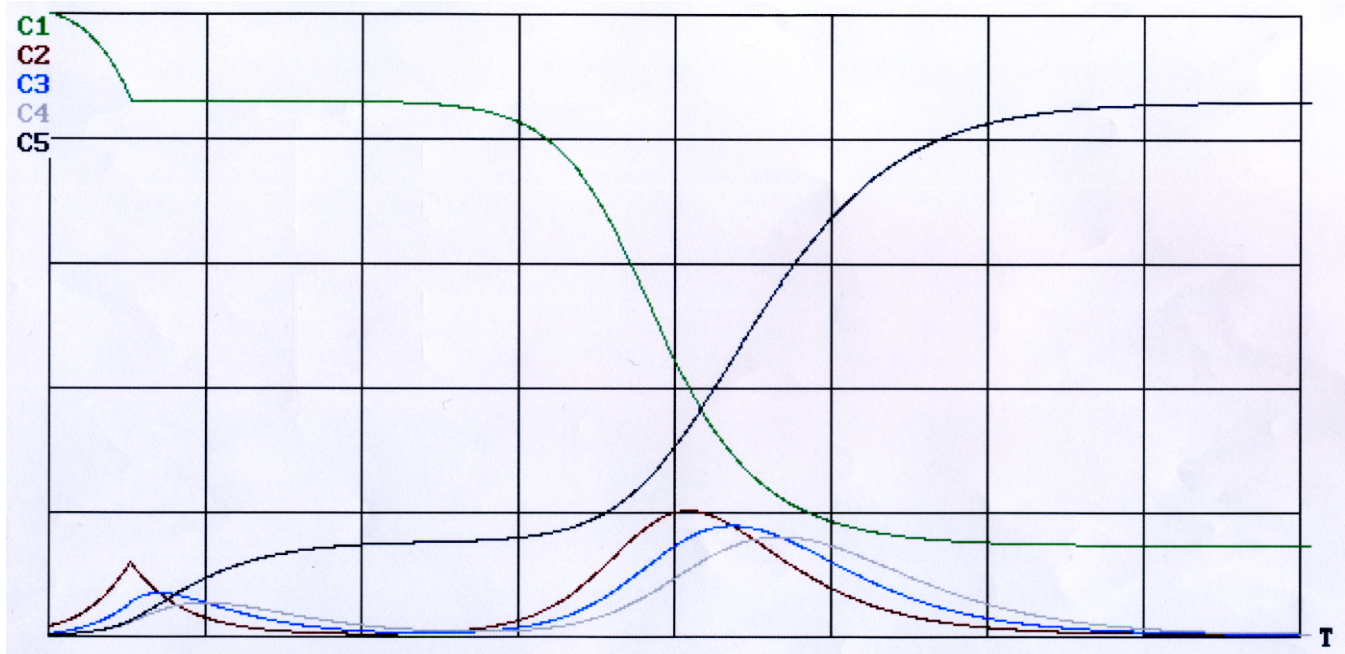
Bild 2 Zeitweilige Unterbrechung der Schutzmaßnahmen (als Öffentlichkeitsreaktion)

Gleiche Farbenkennzeichnung der Kurven mit Anfangsbedingungen und Koeffizienten wie in Bild 1. Lediglich im zweiten Zeitabschnitt wurde der Koeffizient a_1 auf Null gesetzt. Das ist eine Reaktion der Öffentlichkeit auf die ansteigenden Infektionszahlen und entspricht einer plötzlichen und radikalen Anwendung von Schutzmaßnahmen (Abstand, Maske, Lockdown, Versammlungsverbot) – also eine typische Rückkopplung, die durch das Anwachsen von C_2 ausgelöst wird und einer Übertragungsfunktion (z.B. Abstandsregel – Diffusion, Gaußsche Fehlerstreuung) folgt. Hier im Programm wurde $a_1 = 0$ gesetzt. Auch das Ende der Unterbrechung ist ein Akt der Rückkopplung, denn dabei werden durch den Widerstand einer breiteren Öffentlichkeit alle zeitweilig schon bestehenden Schutzmaßnahmen wieder ausgesetzt.

Der Prozess schreitet weiter fort – aber unter anderen Bedingungen als nach Bild 1. Die rote Kurve der Infizierten C_2 zeigt wegen des Einsetzens von Schutzmaßnahmen und dem damit verbundenen plötzlichen Abbruch der Infektion eine Spitze und danach ein Abklingen bis auf ein Minimum – aber dann, nach Aussetzen der Schutzmaßnahmen und dem Wiedereinsetzen der Infektion, einen erneuten Anstieg.

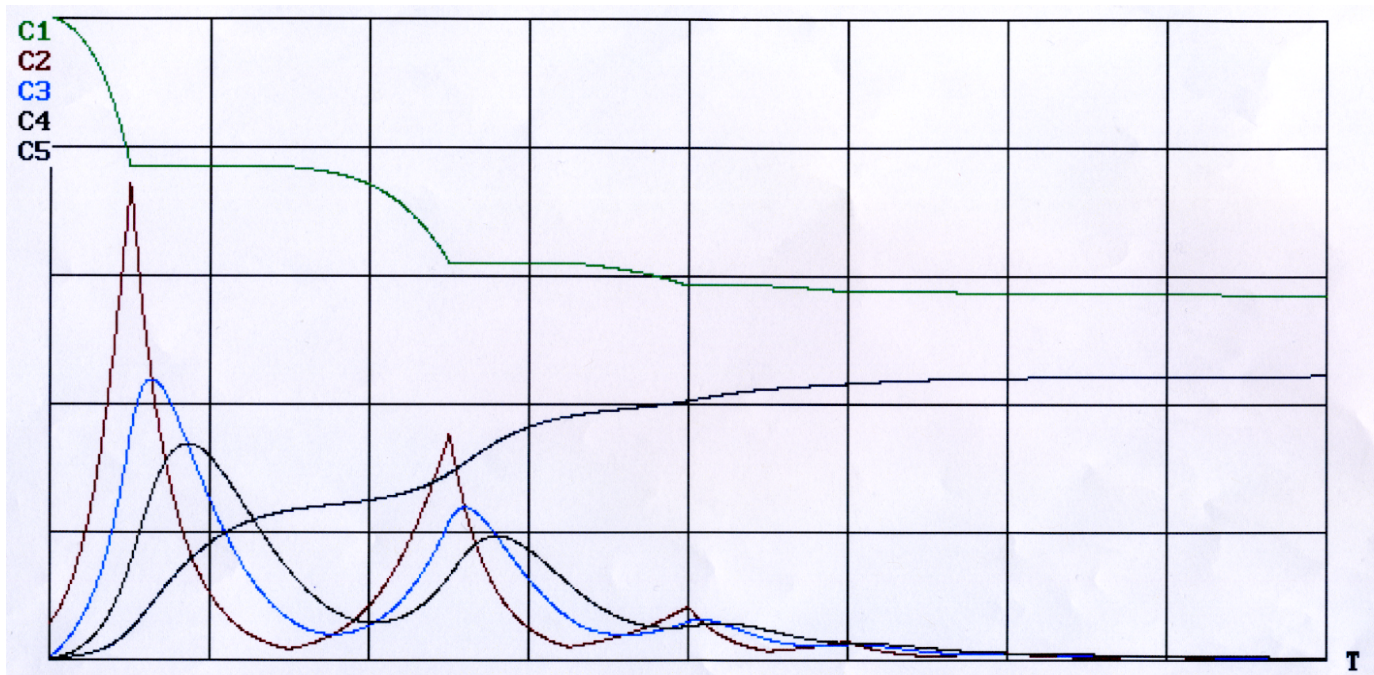
Das ist die **Zweite Welle**, die je nach Länge der Unterbrechung und der Wiederaufnahme des Infektionsgeschehens kleiner oder größer als die **Erste Welle** sein kann. Darauf folgen die Raten der Stufen C_3 , C_4 und C_6 mit Phasenverzögerungen.

Bild 3 Weitere Verlängerung der Unterbrechung der Schutzmaßnahmen



Mit dem früheren Einsetzen und der Verlängerung der Unterbrechung der Schutzmaßnahmen gewinnt die **Zweite Welle** gegenüber der **Ersten Welle** an Kraft, klingt aber danach wieder ab. Deutlich ist hier die Phasenverzögerung der Raten von C_2 , C_3 und C_4 zu erkennen. Zur besseren Übersicht sind nur die Kurven der Komponenten der Reaktionskette C_1 bis C_5 eingetragen. C_5 bedeutet hier die Summe der Austherapierten $C_5 + C_7$, also Genesene und Gestorbene zusammen. Beide Kurven (C_5 und C_7) laufen in der Ordinate proportional.

Bild 4 Periodische Unterbrechung der Schutzmaßnahmen



Setzt man die Folge der Unterbrechungen der Schutzmaßnahmen fort, so ergibt sich eine periodische Fortsetzung der Inzidenz und damit auch der nachfolgenden Phasen der Erkrankten und der dann Sterbenden/Genesenden.

Anregung von Schwingungen durch Rückkopplung

Die hier verwendete zunehmende Verkürzung der Periodenlänge tritt auch bei der *automatisch regulierten Rückkopplung* auf. Hierbei wird über den Nebenprozess der Rückkopplungsschleife (siehe Reaktionsschema, - erstes Bild, $C_2 \rightarrow b_1 \rightarrow b_2 \rightarrow b_3 \rightarrow C_1$) die Größe der Infektionsrate abgetastet und über die durch die Schutzmaßnahmen (Abstand, Maske) nach einer die Verminderung der Infektion bestimmenden Wahrscheinlichkeitsfunktion (Gaußsche Fehlerstreuung, Filterung, Diffusion) auf den Infektionskoeffizienten a_1 übertragen.

Es handelt sich jedenfalls um ein *selbsterregtes Schwingsystem*, das durch den phasenverschobenen Wechsel von Abwehr und Zulassung der Infektion wirkt. Dabei entsteht keine *Sinusschwingung* wie bei einem Pendel, sondern es erfolgt eine *Aufprallschwingung* wie bei einem fallengelassenen Ball oder einem Trampolin, wobei die Amplituden und die Periodenlängen unter der Wirkung des Verlustes von Energie und Substanz sowie Dämpfung von Welle zu Welle kleiner werden. Unter Beibehaltung der Bedingungen des Schwingsystems gibt es nicht nur die *Zweite Welle* sondern auch noch eine *dritte, vierte* usw. Die Wellen klingen schließlich ab, wenn sie nicht durch neue Anregungen von außen her erregt werden.

Hinweise zum Zustandekommen von Pandemie-Wellen – siehe: www.ewald-gerth.de/pandemie-wellen.htm

Anregungen von Schwingungen (Zeit-Wellen)

können verschiedener Art sein:

1. Hinzukommen von Gesunden C_1 und/oder Infizierten C_2 ,
2. Zusammenballungen von Menschenmengen auf engem Raum,
3. Veränderung der Übertragungsbedingungen durch äußere Umstände (Impulse, Temperatur, Klima, Jahreszeit, neue Mutationen der Viren),
4. Gesellschaftspolitische Umstände und administrative Maßnahmen,
5. Übertragungen aus anderen Gebieten und Infektionsherden

Permanente Schwingungen

Wenn die Einflüsse periodisch in Phase erfolgen, ergibt sich ein sogenannter Jo-Jo-Effekt – das heißt: Es stellt sich eine *verstärkte und stationäre Schwingung* mit fortgesetzter Wiederholung der Wellen ein.

Mit der Kenntnis und Berechenbarkeit der Funktion kann aber gezielt die Schwingung bedämpft und schließlich eliminiert werden.

Zur Dämpfung der Schwingungen dienen vor allem die Schutzmaßnahmen (Abstand, Maske, Reinigung, Lüftung), dann aber auch die Bekämpfung der Virenpopulation durch Impfung mit Immunisierung eines möglichst großen Anteils der Bevölkerung, da hierdurch die prozessartig aufeinanderfolgenden Vermehrungszentren der Viren ausgeschaltet werden.

Folgerungen aus dem Auftreten epidemisch-pandemischer Zeit-Wellen:

- * Der Infektionskoeffizient a_1 muss so niedrig wie möglich gehalten werden! Hierzu dienen die Schutzmaßnahmen, die nicht willkürlich sondern nach Umständen und Bedarf einzusetzen sind.
- * Der Zeitpunkt des Einsetzens von Schutzmaßnahmen gegen die Infektion ist entscheidend für die Wirkung – je früher desto besser!
- * Das Aufhören des Infektionsgeschehens nach Einsetzen der Schutzmaßnahmen bedeutet keine Entwarnung! – Die schon vorher Infizierten können mit einer Phasenverzögerung erkranken und in dem Prozess der Erkrankung weiter vorankommen.
- * Der Rückgang der Inzidenzen nach dem Einsetzen der Schutzmaßnahmen ist kein Signal für Überflüssigkeit oder gar ein Freibrief für deren Ausschaltung! – Das Schwingungspotential ist noch vorhanden – wie bei einer Wasserwelle, die nach dem Wellental wieder hochschwappet.
- * Nach dem Aussetzen der Schutzmaßnahmen beginnt der Infektionsprozess von neuem – auf der Basis des letzten Standes. – Also auch in der Niedrigphase der Infektion sollten die Schutzmaßnahmen – mit vorsichtigen Erleichterungen – fortgesetzt werden. Denn: Der Rückgang der Infektion ist eine Folge der Schutzmaßnahmen – nicht umgekehrt!
- * Das Pandemiegeschehen ist nicht mit der Infektion und deren Eindämmung beendet sondern setzt sich im Prozess der Erkrankung, Therapie und Genesen-oder-Sterben mit Phasenverzögerungen fort.
- * Mit den aus den Inzidenzdaten ermittelten Übergangsgrößen können Voraussagen über den weiteren Verlauf des Prozesses gemacht und Vorkehrungen für Schutzmaßnahmen, Therapien der Erkrankten und gesellschaftliche Konsequenzen getroffen werden.

Stand der Ausarbeitung: 09.09.2021

[Last update: 2021, September 9th](#)