

Wie kam es zur zweiten Welle?

Die Schweiz hat diesen Herbst die zweite Covid-19-Welle erlebt. Ein Zustandsdiagramm zeigt, worin sich die zweite Welle von der ersten unterscheidet und wie es dazu gekommen ist. Das Diagramm macht auch die Grenzen des Contact-Tracing sichtbar und zeigt die Bedingungen zur Vermeidung einer dritten Welle.

Die Schweiz hat im Frühjahr und Herbst zwei Covid-19-Wellen erlebt. Mit einem relativ einfachen Modell lässt sich das komplexe Geschehen nachrechnen und die Dynamik der Pandemie gut nachzeichnen. Das Modell wurde vom Autor entwickelt und in der VJS 2|2020 im Detail erläutert.

Die Nachrechnung der beiden Schweizer Covid-19 Wellen ist in Abb. 1 dargestellt. Für Erklärungen zu modellbezogenen Begriffen sei auf die VJS-2|2020 (S. 12-15) verwiesen. Die zweite Welle war rund siebenmal höher als die erste und hat sich über zwei Monate hinweg angekündigt.

Ein Zustandsdiagramm zeigt wichtige Phasen der Pandemie

Die effektive Reproduktionszahl R_{eff} ist ein zentraler Begriff in der Epidemiologie. Unterhalb $R_{\text{eff}} = 1$

entspannt sich die Lage, darüber wachsen die Infektionszahlen $I(t)$ exponentiell an. Als Ordinate nehmen wir die Anzahl Patienten $X = I(t) - I(t-K)$ (K = Krankheitsdauer), weil sie entscheidend ist für die Auslastung des Gesundheitswesens. Abb. 2 zeigt das Zustandsdiagramm (Phasendiagramm), das X mit R_{eff} verknüpft.

Die erste Welle (Blau)

Die Covid-19 Pandemie begann aufgrund des hohen Infektionspotenzials und der fehlenden Immunabwehr der Bevölkerung mit einer Basisreproduktionszahl von 5,7, die tief im instabilen Bereich lag. Durch die besorgniserregenden Meldungen aus Norditalien reagierte die Bevölkerung und reduzierte R_{eff} bereits auf 3 bis zum 16. März, als der Bundesrat den Lockdown ausrief (P1 = Punkt 1 in Abb. 2).

Die täglichen Neuinfektionen (dI/dt) stiegen noch 6 Tage bis auf 1100 (P2) und klangen anschließend ab. Die maximale Patientenzahl (X) wurde weitere 9 Tage später erreicht (P3). Man beachte, dass der Übergang in den stabilen Bereich zwischen den Punkten 2 und 3 liegt. 19 Tage später (P4) wurde die niedrigste R_{eff} nahe bei 0,5 erreicht und die Neuinfektionen sanken innerhalb von 5 Wochen von 200 auf sehr kleine Werte. Die Patientenzahl lag jedoch in der ganzen Zeit nie unter 270 (P5).

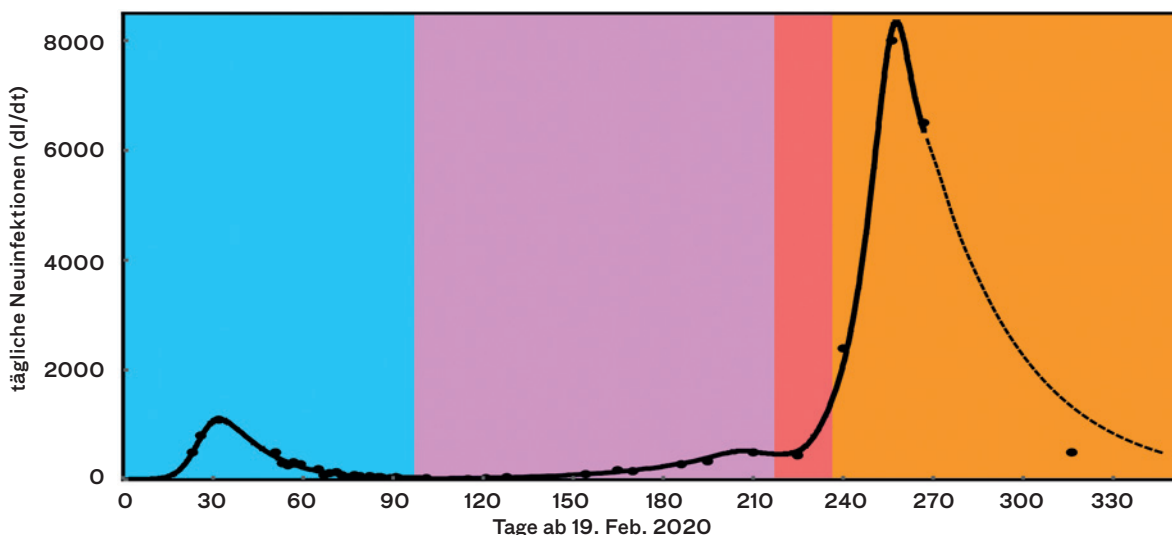


Abb. 1: Tägliche Neuinfektionen 19. Feb. (Tag 0) bis 15. Nov. 2020 (Tag 270) und extrapoliert bis 31. Jan. 2021 (gestrichelt). Die Farben sind analog zu Abb. 2. Der Punkt beim Tag 316 (31.12.2020) ist das Ziel der Covid-19 Task Force des BAG. Mit einem $R_{\text{eff}} = 0,8$ kann dieses Ziel nicht erreicht werden.

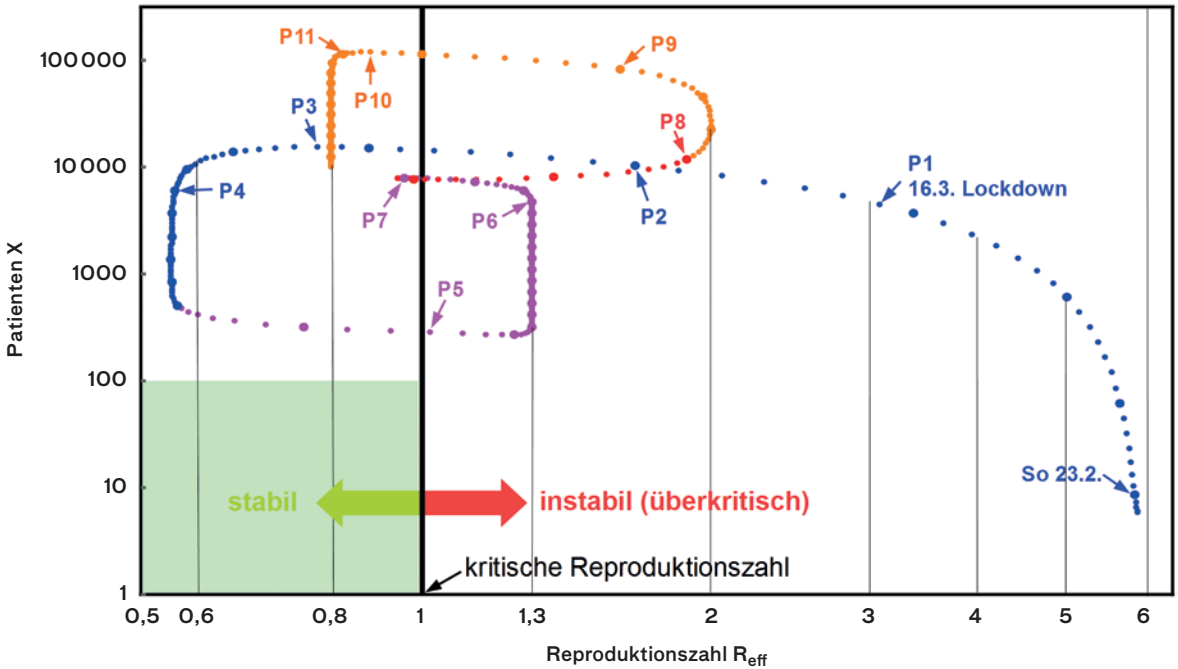


Abb. 2: Zustandsdiagramm für die beiden Covid-19 Wellen im Jahr 2020. Erklärungen zu Farben und Punkten P1 bis P11 im Text. Jeder Sonntag wird durch einen grossen Punkt gekennzeichnet. Man beachte die logarithmische Skala bei den Patientenzahlen. Diese wurden aus der Modellrechnung abgeleitet und bedeuten die Anzahl Personen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt krank und damit ansteckend sind, ob sie dies merken oder nicht.

Die zweite Welle wird vorbereitet (Magenta)

Nach drei Öffnungsschritten strebte die Bevölkerung der gewohnten Verhaltensweise zu, wodurch R_{eff} langsam anstieg und am 3. Juni (P5) den Wert 1 überschritt. Das System war von nun an im instabilen (überkritischen) Zustand.

Während rund 100 Tagen verharrte es danach bei $R_{eff} = 1,3$, vermutlich stabilisiert durch das Contact-Tracing. Das sich weiter normalisierende Verhalten der Bevölkerung wurde so kompensiert. Die Patientenzahlen stiegen jedoch bis zum 30. August auf rund 8000 an (P6). Das Contact-Tracing schien aber so erfolgreich zu sein, dass R_{eff} am 21. September (P7) auf 0,97 gedrückt werden konnte.

Start der zweiten Welle (Rot)

Ohne zusätzliche weitere Massnahmen schnellte R_{eff} jedoch unvermittelt nach oben und das Contact-Tracing brach schrittweise ein. Am 11. Oktober (P8) startete die zweite Welle, die durch die kühle Witterung zusätzlich unterstützt wurde.

Die grosse zweite Welle (Orange)

Mit gezielten Massnahmen (Maskenpflicht, Schliessung von Hochschulen und Clubs, etc.) konnte R_{eff}

rasch reduziert werden. Dennoch erreichten die Neuinfektionen am 1. November ein Maximum von 8000 (P9). Das Maximum der Patientenzahl wurde im stabilen Bereich am 11. November (P10) erreicht und das Gesundheitswesen bestand die Feuerprobe mit rund 115000 Covid-19-Patienten nur knapp. Die am 15. November (P11) durchgeführte Simulation wurde mit $R_{eff} = 0,8$ bis zum 31. Januar 2021 extrapoliert.

Vermeidung der dritten Welle

Nach den Erfahrungen mit dem begrenzten Durchhaltevermögen eines Teils der Bevölkerung muss mit einer dritten Welle gerechnet werden. Wann diese einsetzen wird, hängt wesentlich vom Verhalten während der Festtage ab. Um die dritte Welle zu vermeiden, müsste das System mit entsprechenden Massnahmen im grün markierten Bereich (Abb. 2) gehalten werden, bis ein wirksamer Impfstoff zur Verfügung steht.

Text und Grafiken: Fritz Gassmann

Der Autor ist Physiker mit Fachgebiet Modellierung komplexer Systeme, ehem. Paul Scherrer Institut und FHNW Brugg-Windisch.