**Ansteckungsgefahr – Modellrechnungen einer Pandemie**

Wer sich derzeit auf die Phase nach Corona vorbereiten will, sucht händeringend nach verlässlichen **Prognosen zur Verbreitung des Virus** und zur Entwicklung der Erkrankungsraten. Davon gibt es einige. ada gibt einen **Überblick** und eine Einschätzungshilfe, was diese Modelle aussagen und wie weit man eigene Entscheidungen auf sie stützen kann. adaption ist ein wöchentlicher Deep Dive von ada, mit dem ihr euch heute schon auf die Veränderungen von morgen vorbereiten könnt.

„Alle Modelle sind falsch, aber einige sind nützlich,” soll der Statistiker George Box gesagt haben. Nützlich könnten sie besonders für die Führungskräfte sein, die über die Gesundheit von Millionen von Menschen und den zukünftigen Kurs ihrer Organisation entscheiden. Auch Politiker\*innen weltweit berufen sich zunehmend auf mathematische Modelle, die sich oft auf **wenige verfügbare Daten** und stützen und von Annahmen ausgehen, deren Voraussetzungen niemand wirklich kennt. Diese Modelle sollen dabei helfen, eine fundierte Vorhersage über die Zukunft zu treffen und die Notwendigkeit institutioneller und gesellschaftlicher Maßnahmen abzuwägen.

In den vergangenen Wochen haben sich diverse internationale Forschungsteams mit ihren **Berechnungen zu möglichen Verläufen** der SARS-CoV-2-Ausbreitung gegenseitig Konkurrenz gemacht. Regierungen haben prompt und oft mit weitreichenden Entscheidungen auf die jeweils neue Informationslage reagiert. So zeigte sich einmal mehr die Macht der Datenanalyse wenn es um die Kernaufgabe des Managements geht: **Entscheidungen zu treffen unter Bedingungen der Unsicherheit**. Deutlich wurde dabei allerdings auch: Die kleinste Veränderung in den Daten kann zu dramatisch anderen Schlussfolgerungen führen.

Epidemiolog\*innen nutzen als Modellgrundlage für die Verbreitung von übertragbaren Krankheiten meist das sogenannte **SEIR-Schema**. Es repräsentiert vier Gruppen, in die sie die Bevölkerung aufteilt: **infektionsanfällig („susceptible to infection“); exponiert, aber noch nicht angesteckt („exposed“); infiziert („infected“); und genesen („recovered“) bzw. verstorben („removed“)**. Die tatsächliche Fallzahl in jeder Kategorie können sie in einer sich schnell verändernden Krisensituation jedoch nur schätzen. Diese Annahmen fließen dann in computersimulierte Modelle ein, die versuchen den Krankheitsverlauf in der Bevölkerung vorherzusagen.

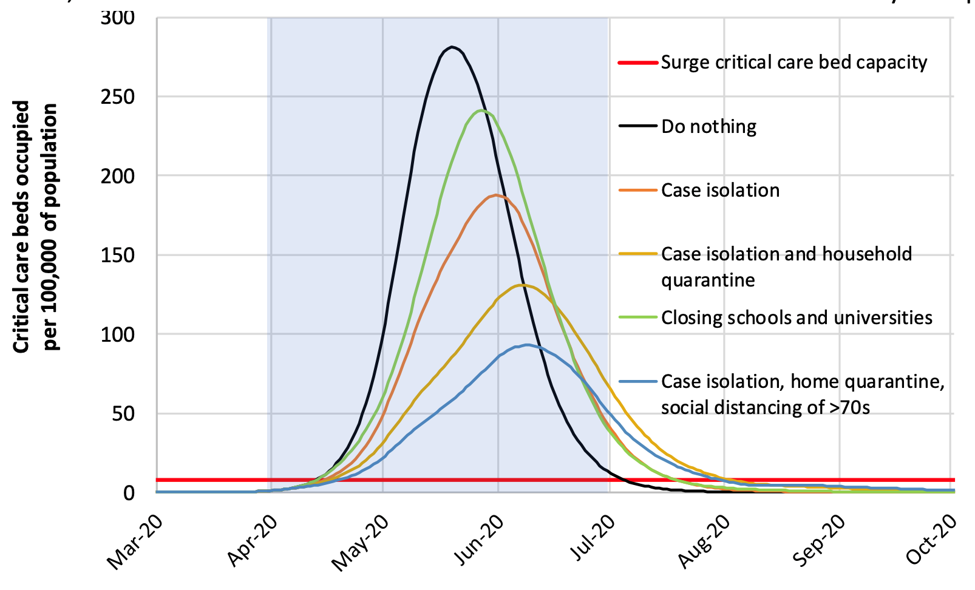
Die Schlussfolgerungen solcher Modellrechnungen sind maßgebliche Entscheidungshilfen bei Kernfragen wie: Wie viele Menschen werden womöglich ins Krankenhaus eingeliefert? Wie viele von ihnen werden Intensivpflege benötigen? Reichen im Ernstfall die Beatmungsgeräte aus? Doch mathematische Gleichungen brauchen Variablen. Und genau die sind zurzeit ungewiss: So kennen wir beispielsweise noch immer nicht die tatsächliche **Reproduktionszahl** von SARS-CoV-2, also die Anzahl der Menschen, die eine infizierte Person zusätzlich ansteckt. Ebenso liegen die genaue Inkubationszeit und die tatsächliche Sterblichkeitsrate weitgehend im Dunklen. Das liegt auch daran, dass die Test-Kapazitäten für den COVID-19-Erreger von Land zu Land stark variieren. Die USA beispielsweise haben in Proportion zu ihrer Bevölkerung von 327 Millionen Menschen nach heutigem Stand sehr wenige Bürger\*innen getestet, nämlich genauso viele wie Südkorea,  das nur eine Bevölkerung von 51 Millionen Menschen zählt. Es fehlt also weltweit ein zuverlässiger, gemeinsamer Nenner, mit dem sich die **Gesamtfallzahlen** ermitteln ließen. Hinzu kommt, dass die Meldung und Zusammenfassung dieser Daten sich in Krisensituationen oft verzögert.

Trotz all dieser eher unklaren Voraussetzungen für Modellrechnungen gibt es inzwischen zahlreiche Prognosen über den Verlauf der Coronainfektion. Sie werden auch für die Entscheidungen über Einschränkungen des sozialen Lebens („Social Distancing“) herangezogen. Und weil die Datengrundlage der Modelle oft unklar ist oder variiert, wird inzwischen auch zunehmend öffentlich debattiert, ob die politischen Schlussfolgerungen daraus richtig und gerechtfertigt sind. Wir stellen dennoch die wichtigsten Modelle vor und vergleichen sie.

**Interventionen und ihre Folgen**

Eine [einflussreiche Analyse der politischen Interventionsmöglichkeiten und ihrer Folgen](https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf), Mitte März veröffentlicht von einem Forschungsteam aus Epidemiolog\*innen und Mathematiker\*innen des Imperial College in London (ICL), erlangte schnell internationale Bekanntheit. Das Forschungsteam beschreibt als Hauptunterschied zwischen den international angewandten Herangehensweisen einerseits die Strategie der **Schadensbegrenzung** (*mitigation*), die in Europa verfolgt wird, andererseits die der **Unterdrückung** (*suppression*), auf die asiatische Länder setzen. Bei der Schadensbegrenzung bemüht man sich, durch Einschränkungen des öffentlichen und sozialen Lebens die Infektionskurve abflachen zu lassen (#flattenthecurve). Der Erfolg dieser Strategie hängt davon ab, dass möglichst viele Personen konsequent getestet werden (auch ohne Symptome und jenseits von Risikogruppen) und vom Einsatz technologisch-unterstützter Überwachungsmethoden. So hat der Stadtstaat **Singapur** seit einigen Tagen beispielsweise eine App namens „Trace Together“ im Einsatz, die über Bluetooth und GPS-Daten nicht nur Informationen und Warnungen versendet, sondern auch feststellen kann, ob jemand in der Nähe von infizierten oder erkrankten Menschen war. Der Einsatz solcher Technologien ist derzeit allerdings unter den europäischen Datenschutzvorkehrungen kaum vorstellbar.

Die Londoner Forscher\*innen kommen nun zum Ergebnis, dass es nicht ausreicht, die Ausbreitung des Virus nur zu verlangsamen. Ihre politische Empfehlung unterstützt die vollständige Unterdrückung. Außerdem warnen sie, die Maßnahmen könnten aufgrund von wiederkehrenden Ausbrüchen des Coronavirus bis zu 18 Monate notwendig sein.



*Die inzwischen berühmte Grafik der Londoner Forschergruppe zeigt, wie sich unterschiedliche Strategien auf einen möglichen Verlauf der Ansteckungskurve auswirken. Er hat in vielen Ländern die politische Entscheidung zugunsten des „Social Distancing“ beeinflusst.*

*Quelle:* [*Bericht*](https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf) *der Forschungsgruppe des Imperial College vom 16. März 2020.*

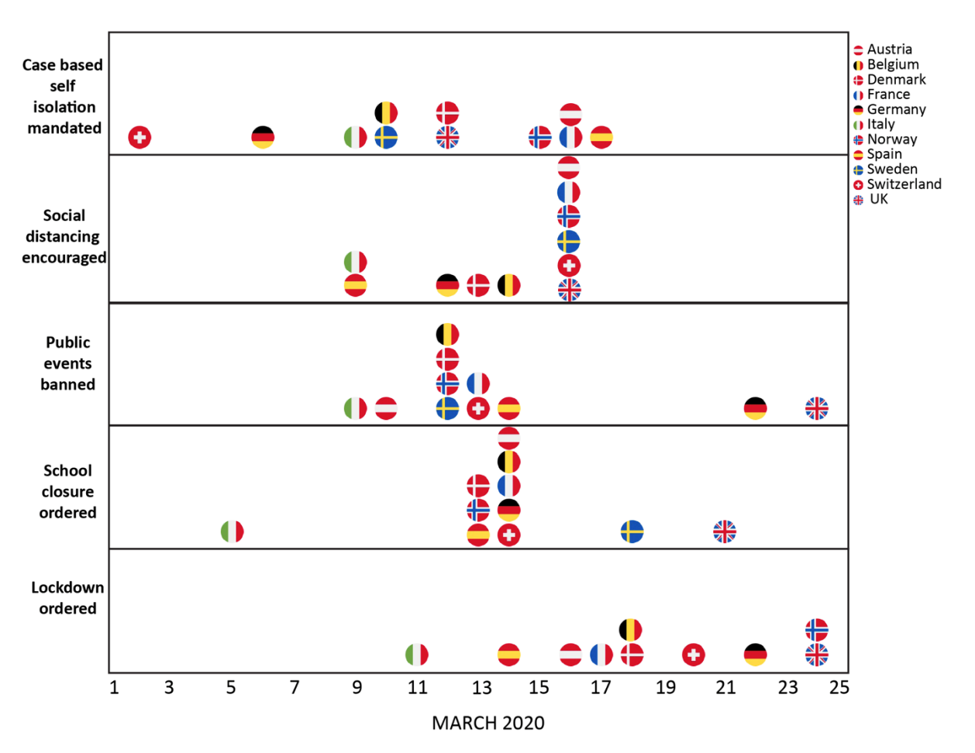
Ihre drastische Prognose, dass COVID-19 noch in diesem Jahr 500.000 Briten töten könnte, führte zu einer plötzlichen Kursänderung der Laissez-faire-Haltung der **britischen Regierung**. Premierminister Boris Johnson hatte zuvor noch die Strategie einer „**Herdenimmunität**“ verfolgt. Danach lässt sich der Schutz vor einem Virus erreichen, wenn ein großer Teil der Bevölkerung durch Infektion immun wird. Schwierig wird diese Strategie bei COVID-19, weil zum einen noch unklar ist, ob eine einmalige Infektion tatsächlich zu einer längerfristigen Immunität führt. Zum anderen gibt es aktuell noch keine zuverlässig wirksame Behandlungsmethode und somit überlastet diese Strategie womöglich schnell die nationalen Gesundheitssysteme, wenn zu viele Menschen Intensivbetreuung in den Krankenhäusern benötigen.

Für die **USA** prognostizierte das Imperial College im gleichen Bericht bis zu 2,2 Millionen Todesfälle, sollte Präsident Donald Trump nicht stringent durchgreifen. Nur wenig später verkündete das Weiße Haus nationale Maßnahmen und hielt die Bevölkerung an, zuhause zu bleiben. Die Intervention sollte zunächst 15 Tage dauern. Als der Imperial College Epidemiologe Neil Ferguson dann aktualisierte Berechnungen vorlegte, nach denen in Großbritannien nicht mehr 500.000, sondern weniger als 20.000 Menschen am Virus sterben könnten, nutzte US Präsident Trump diese Anpassung für einen eigenen Kurswechsel und verkündete, die US-Wirtschaft solle bereits zu Ostern wieder laufen.

War das tatsächlich ein Kurswechsel der Wissenschaftler, oder waren die vorherigen Berechnung schlichtweg falsch? Keineswegs. Sie waren lediglich als Ergebnis neuer Daten aus ganz Europa in Folge der getroffenen Maßnahmen. Sie waren Beweis dafür, dass „Social Distancing“ wirkt.  Das zeigt zum einen, **wie sehr datenbasierte Prognosemodelle sich eben abhängig von aktuellen Daten verändern können**. Zum anderen zeigt es, dass der richtige politische Umgang mit der Pandemie **langfristiges, vorausschauendes Denken** voraussetzt. Alles andere führt zu öffentlicher Verunsicherung und riskiert, durch vorzeitige Aufhebung der Maßnahmen ihr bisherigen Wirkungen zunichte zu machen.

Eine deutliche [Kritik  an der methodischen Vorgehensweise des Londoner Teams](https://static1.squarespace.com/static/5b68a4e4a2772c2a206180a1/t/5e70eb32b16229792eb14836/1584458547530/ReviewOfFergusson.pdf) kommt aus den USA. Expert\*innen rund um den Wissenschaftler Chen Shen vom New England Complex Systems Institute in Cambridge, Massachusetts zweifeln die Prognose von wiederkehrenden COVID-19 Ausbrüchen an. Ihr läge ein **unvollständiger politischer Maßnahmenkatalog** zugrunde. So sei beispielsweise die stringente Kontaktverfolgung zur Ermittlung von Infektionsketten und die Isolation von Patient\*innen wichtig, die zwar infiziert aber noch ohne Symptome leben. Nach einigen Wochen eines kompletten Lockdowns mit diesen Maßnahmen könne die Infektionszahl so reduziert werden, dass die **Ausbreitung des Coronavirus vollständig gestoppt wäre, ohne dass sie später wiederaufflammt**. Das Modell der ICL-Forscher\*innen kritisieren Shen und Kolleg\*innen als “mehrere Abstraktionsgrade von dem entfernt, was die Situation rechtfertigt”.

Damit steht diese Gruppe ziemlich alleine. Auch ein [Modell von Harvard-Epidemiologe Marc Lipsitch und Kolleg\*innen](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.22.20041079v1.full.pdf) prognostiziert potenzielle Wiederausbrüche des Virus. Laut ihrer Computersimulation würde ein baldiges Ende der strikten Distanzmaßnahmen, ohne dass es einen Impfstoff oder wirksame Medikamene gibt, die Infektionsrate erneut in die Höhe schnellen lassen. Bis zu 660.000 Amerikaner, so die Forscher\*innen, könnten dann aufgrund des Coronavirus ernsthaft erkranken oder sterben. Selbst wenn die strengsten Auflagen bis Juli aufrechterhalten blieben und die Übertragung des Virus in den Sommermonaten verlangsamt würde, könne **COVID-19 im Herbst mit voller Wucht zurückkehren**, so vermutet das Team. Ohne begleitende Maßnahmen, wie beispielsweise die Überwachung der Maßnahmen mit Hilfe von Technologien, eine rigorose Fallermittlung und die Rekonstruktion von Infektionsketten, sowie eine konsequente Isolation infizierter Menschen, könnten die aktuellen Maßnahmen und Einschränkungen mit Unterbrechungen sogar bis 2022 notwendig sein.



*Der* [*Bericht*](https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-Europe-estimates-and-NPI-impact-30-03-2020.pdf) *der Forschergruppe des Imperial College zeigt verschiedene Vorsorgemaßnahmen des „Social Distancing“ in ausgewählten Ländern.*

**Tatsächliche Infektionsraten**

Während sich also viele Expert\*innen auf die möglichen Auswirkungen der politischen Maßnahmen konzentrieren, nutzen andere **Modelle der reinen Datensimulation** zur bestmöglichen Einschätzung der tatsächlichen Infektionsraten. Eine [Oxford-Studie](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.24.20042291v1.full.pdf) nahm dafür die Anzahl der registrierten Todesfälle in Italien und Großbritannien unter die Lupe, bevor  überhaupt Maßnahmen zur sozialen Distanzierung eingesetzt worden waren. Die Forscher\*innen wollten verstehen, welche Umstände zu derart rapide ansteigenden Todesfallzahlen geführt haben könnten. Zwei Erklärungen schienen ihnen plausibel. Entweder stünde Großbritannien noch am Anfang einer nationalen Epidemie, wie es auch die Kolleg\*innen vom ICL annahmen. Ebenso plausibel jedoch sei die Herleitung, dass der Krankheitserreger bereits seit Januar im Land zirkulierte und die meisten Infizierten keine Symptome zeigen, dabei allerdings durchaus das Virus übertragen könnten. Bei einem derartigen Extremszenario seien **nur 14 Prozent der tatsächlichen Infektionen diagnostiziert und demnach 86 Prozent heimliche Überträger** von SARS-CoV-2. In diesem Fall könne sich bis zur Hälfte der britischen Bevölkerung bereits angesteckt haben.

Diese Erklärung erlangte schnell mediale Aufmerksamkeit, wurde jedoch von einem Team der Londoner School of Hygiene and Tropical Medicine als Extremvariante relativiert. Auch [ihre Analyse](https://cmmid.github.io/topics/covid19/severity/global_cfr_estimates.html) kam zu dem Schluss, dass nur 5-7 Prozent der COVID-19-Fälle aus Großbritannien tatsächlich gemeldet seien. Doch die Epidemiolog\*innen prognostizierten, dass „wahrscheinlich Hunderttausende … aber nicht Dutzende Millionen“ infiziert seien. Währenddessen schätzt eine Ende März erschienene [Imperial-Analyse](https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-Europe-estimates-and-NPI-impact-30-03-2020.pdf) zu den internationalen Infektionsraten, dass in den elf untersuchten Ländern, darunter auch Deutschland, Italien, Spanien und Großbritannien, zwischen sieben und 43 Millionen Menschen infiziert wurden, davon 600.000 in Deutschland.

Das sind **gigantische Zahlenspannen**. Diese Ansammlung an Expert\*innenmeinungen zeigt vor allem eines: Minimale Änderungen im Modell oder im Datensatz verzerren das Endergebnis auf drastische Art und Weise. Das belegt übrigens auch die **Chaos-Theorie: Ordnungen in dynamischen Systemen sind oft unvorhersagbar.** Obwohl die Zusammenhänge deterministisch sind (spezielle Ausgangsbedingungen führen immer zu denselben Ergebnissen), führen Veränderungen in den Ausgangsdaten (Zahl der Infizierten, unterschiedliche Reproduktionszahlen, mangelnde Immunität nach Erstansteckung) eben zu ganz anderen Ergebnissen.

Die **weltweite Krisenlage** ist deshalb noch lange nicht vorbei. Forscher\*innen befürchten ein weitaus größeres Ausmaß der Pandemie, wenn SARS-CoV-2 sich in Ländern verbreitet, deren flächendeckende Test- und Interventionskapazitäten sowie medizinische Infrastruktur nicht annähernd ausreichen. Dazu gehören viele Länder Afrikas, Lateinamerikas, aber auch des Mittleren Ostens. Die hygienischen und medizinischen Bedingungen in Slums, Favelas und Flüchtlingslagern geben den Bewohner\*innen kaum eine Chance, sich gegen das Virus zu wappnen oder bei Erkrankung versorgt zu werden.

Die humanitären und wirtschaftlichen Konsequenzen sind bereits heute schwerwiegend. Einen **Überblick aller aktuellen weltweiten Infektions-, Todes- und Genesungsfälle** bietet das [Dashboard](https://coronavirus.jhu.edu/map.html), das Lauren Gardner, Professorin für Bau- und Systemtechnik an der Johns Hopkins University in den USA, zusammen mit ihrem Doktoranden Ensheng Dong aus aggregierte Daten diverser Quellen entwickelt hat, inklusive der Weltgesundheitsorganisation, dem Europäischen Zentrum für Krankheitsprävention und -kontrolle und verschiedenen internationalen sowie lokalen Gesundheitsbehörden. Worüber sich die meisten Forscher\*innen weltweit einig sind: **Gewissheit über das Ausmaß der Corona-Pandemie bekommen wir nur durch serologische Tests, bei denen große Teile der Bevölkerung auf Antikörper im Blut untersucht werden**.

Für Deutschland sieht ein strategisches Papier des Innenministeriums als positivstes Szenario die Option „**Hammer and Dance**“. Der „Hammer“ steht für die schlagartig eingesetzten Maßnahmen der sozialen Distanzierung (Ausgangsbeschränkungen, Schließungen von Gaststätten und Freizeiteinrichtungen , Kontaktverbote), die binnen sechs Wochen die Fallzahlen stark reduzieren sollen. Danach folgt der metaphorische „Tanz mit dem Virus“, während dessen intensives Testen, Kontaktverfolgung und Isolation erlauben, dass unser gesellschaftliches Leben schrittweise wieder angekurbelt wird und die Wirtschaft wieder Fahrt aufnehmen kann.

Klar ist: Es gibt derzeit kein datenbasiertes Modell, dass den Verlauf der Pandemie zutreffend voraussagen kann. Wir werden daher die Modellberechnungen anhand aktueller Daten immer wieder anpassen und bei allen Entscheidungen von Tag zu Tag auf Sicht fahren müssen. Wer sich heute für das Morgen schützen will, muss Vorsicht walten lassen. Wenn die strikten Maßnahmen des „Social Distancing“ funktionieren, werden die schlimmsten Vorhersagen einiger Modelle nicht wahr werden. Das heißt nicht unbedingt, dass die Modelle falsch waren. Es zeigt, dass wir es mit einer großen Unbekannten zu tun haben – einer Viruspandemie, die sich nach jetzigen Kenntnissen nicht zutreffend berechnen lässt.

Aus: ada-Newsletter vom 9.4.2020