

Ausbreitung von COVID-19 und Strategien der Eindämmung*

Einleitung

›Fake‹ und Fakten: Ich werde mich heute darauf beschränken, unsere Forschungsergebnisse vorzustellen. Ich werde mich also auf die Fakten beschränken, hoffe aber, dass wir in der anschließenden Diskussion dann den Grenzbereich erörtern, die Trennung zwischen ›neutraler‹ Wissenschaft einerseits und Politik andererseits, die es vielleicht gar nicht gibt. Manche Forschungsthemen sind relativ ›neutral‹. Doch gerade dann, wenn man zu politisch wichtigen Themen forscht, wie zum Beispiel COVID, Klimawandel oder Kirche, ist oft schon die Wahl des Forschungsthemas politisch. Bei COVID kann ich mich entscheiden, ob ich erforsche, wie oder ob eine ›Herdenimmunität‹ möglich ist, oder wie man am schnellsten und am besten zu einem Zero-COVID kommt. Die Wahl der Forschungsfrage selbst ist also schon ein Politikum.

Ich habe ein großes interdisziplinäres Netzwerk aufgebaut, in dem wir uns mit Virolog*innen, der Krankenhaushygiene, Mediziner*innen und auch Psycholog*innen und Ökonom*innen regelmäßig austauschen.¹ Wir brauchen ein transdisziplinäres Team, weil diese Pandemie nicht nur Fragen zur Ausbreitungsdynamik evoziert, sondern die Gesellschaft in all ihren Facetten betrifft. Ich werde mich heute jedoch hauptsächlich auf die Ausbreitungsdynamik konzentrieren.

* Das Video zum gleichnamigen Vortrag, den Viola Priesemann am 29. 4. 2021 im Rahmen der digitalen Ringvorlesung *Die Coronavirus-Pandemie und ihre Folgen II* der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel gehalten hat, ist einsehbar unter: <https://doi.org/10.5446/57172>. Der Vortrag fand in Kooperation mit der Vorlesungsreihe *Wissenschaft und alternative Fakten* statt: <https://www.faktoderfake.org/> (letzter Zugriff: 9.5.2022).

1 Viola Priesemann et al.: Calling for pan-European commitment for rapid and sustained reduction in SARS-CoV-2 infections, in: *The Lancet* 397,10269 (2021), S. 92-93. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32625-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32625-8); Viola Priesemann et al.: An action plan for pan-European defence against new SARS-CoV-2 variants, in: *The Lancet* 397,10273 (2021), S. 469-470. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00150-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00150-1); Viola Priesemann et al.: Towards a European strategy to address the COVID-19 pandemic, in: *The Lancet* 398, 10303 (2021), S. 838-839. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01808-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01808-0); Emil Nafis Iftekhhar et al.: A look into the future of the COVID-19 pandemic in Europe: an expert consultation, in: *The Lancet Regional Health-Europe* 8,100185 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100185>; Strategien zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie. Eine Stellungnahme der Präsidenten der außeruniversitären Forschungsorganisationen auf Basis von mathematischen Analysen der Datenlage, in: *Max-Planck-Gesellschaft* (29.4.2020, letzter Zugriff: 16.5.2022).

Mir wird häufig folgende Frage gestellt: Wie kommt es eigentlich, dass jemand, der theoretische Neurowissenschaft betreibt, in dieser Pandemie einen Beitrag leisten kann? Die Ausbreitung von Aktivität im Gehirn, in neuronalen Netzen, folgt mathematisch betrachtet ähnlichen Gesetzen wie die Ausbreitung eines Virus in der Gesellschaft. Im Gehirn sind Milliarden von Neuronen aktiv, die miteinander verbunden sind. Ist ein Neuron aktiv, dann aktiviert es einen Teil der Neuronen, mit denen es verbunden ist. Das kann eine Kaskade von Aktivität auslösen. Ganz ähnlich ist es in der Bevölkerung. Eine Person trägt das Virus in sich, hat Kontakt zu einem Teil ihrer Freund*innen und Bekannten und vielleicht auch zu anderen Menschen und so breitet sich das Virus aus. Insofern ist die Mathematik, die diese beiden Arten der Ausbreitung beschreibt, fast dieselbe. An solchen mathematischen Modellen habe ich in den letzten Jahren intensiv geforscht. Als wir im Januar, Februar 2020 erste Berichte über COVID-19 sahen, wurde uns schnell bewusst, dass sich unsere Methoden perfekt dafür eignen, die Ausbreitung und Eindämmung von COVID-19 zu erforschen.

Ich möchte zuerst einen Einblick geben, wie es uns zu Beginn der Pandemie gelungen ist, die Wirkung von Maßnahmen abzuschätzen, und wie sehr diese sogenannten nicht-pharmazeutischen Interventionen zur Eindämmung beitragen können. Dann möchte ich die Effektivität von Maßnahmen herleiten und damit zeigen, was wir als die Kernexpertise einer Physikerin oder eines Physikers sehen, nämlich das Verständnis der grundlegenden Mechanismen. Was bedeutet exponentielles Wachstum? Wie kann dieses eingedämmt werden? Vor allen Dingen: Wie wirken das Testen, Kontaktnachverfolgen und das Isolieren? Und wie hilft uns das bei der Eindämmung von COVID-19? Besonders wichtig zur Eindämmung ist der Fortschritt des Impfens. Wie dieser Fortschritt die Öffnungsschritte in verschiedenen Szenarien bestimmt, möchte ich im dritten Teil meines Kurzvortrags besprechen.

Zur Abschätzung nichtpharmazeutischer Interventionen und ihrer Wirkung

Ich spreche mit Blick auf Deutschland, aber in vielen europäischen Ländern sahen die Fallzahlen im letzten Jahr ganz ähnlich aus. In [Abbildung 1](#) sieht man den Anstieg der Neuinfektionen pro Tag in Deutschland. Die Wellenbewegung zeigt die Wochenenden, an denen weniger berichtet wurde und wird. In Deutschland wurde relativ früh, bereits am 8. März 2020, beschlossen, Großveranstaltungen wie beispielsweise Fußballspiele abzusagen. Eine Woche später, am 15. März, wurde angekündigt, dass man Schulen und nicht notwendige Geschäfte schließen wolle. Wieder eine Woche später wurde das sogenannte Kontaktverbot angekündigt. Gleichzeitig gab es freiwillige Hygienemaßnahmen, Kontakteinschränkung und eine Reduktion der Mobilität. Erinnern wir uns an die Zeit im Frühjahr 2020. Es gab keine Masken, Schnelltests standen noch nicht zur Verfügung und es war klar, dass die PCR-Testkapazität nicht ausreichen würde, um alle Verdachtsfälle zu prüfen.

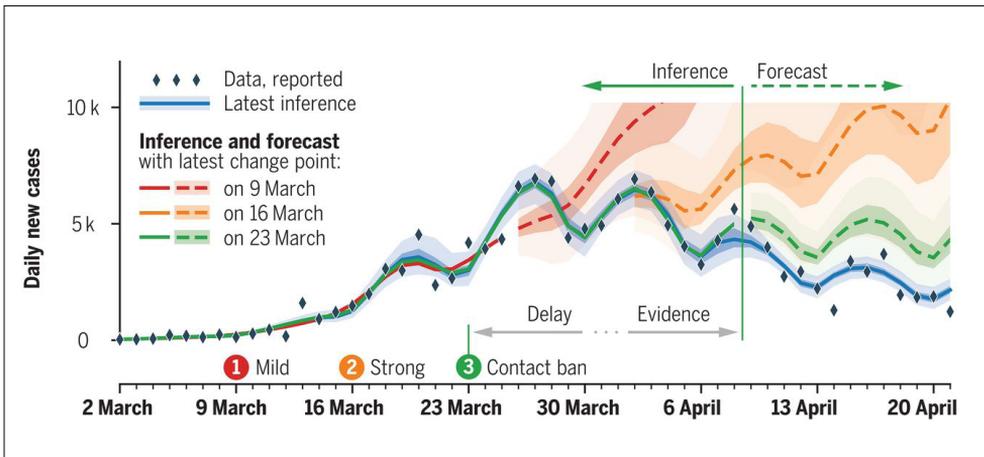


Abb. 1: Anstieg der Neuinfektionen in Deutschland pro Tag. Bayes'sche Ableitung von Parametern des SIR-Modells. Grafik veröffentlicht unter der Lizenz [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Quelle: Jonas Dehning et al.: Inferring change points in the spread of COVID-19 reveals the effectiveness of interventions, in: *Science* 369,6500 (2020). <https://doi.org/10.1126/science.abb9789>.

Es war eine sehr unübersichtliche und auch sehr dynamische Situation. Trotzdem wollten wir wissen, inwiefern dieser Anstieg bereits eine Verlangsamung der Ausbreitung erkennen lässt und ob vorhergesagt werden kann, wie sich die Fallzahlen in den kommenden Wochen weiterentwickeln.

Als Erstes stellte sich die Frage: Wie kann die komplexe Krankheitsausbreitung zusammen mit der Gesellschaft, die dahintersteht, in einem einfachen Modell abgebildet werden? Darin besteht die Kunst in der Physik komplexer Systeme: Wir haben ein komplexes, lebendes System – in unserem Fall die gesamte Gesellschaft – und wir möchten ein einfach verständliches Modell der Krankheitsausbreitung entwickeln. Entscheidend ist, das Modell so einfach wie möglich zu gestalten, die Kernparameter darzustellen, aber Irrelevantes zu vernachlässigen. Was das Relevante in einem Modell ist, hängt von der Fragestellung ab. In unserem Fall lautete die Frage: Wie sehr verändert sich die Ausbreitung im Zusammenhang mit den erwähnten drei Interventionen? Wir wählten ein sogenanntes ›SIR-Modell‹ (Abb. 2). Dieses geht von einer suszeptiblen Bevölkerung aus, also von Menschen, die krank werden können. Wenn eine suszeptible, aber gesunde Person Kontakt mit I, einer infizierten Person, hat, gibt es eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass sich diese Person ansteckt. Infizierte Personen werden irgendwann immun. Diese Gruppe wird hier mit R bezeichnet, für recovered oder removed. Sie spielt für die Krankheitsausbreitung vorerst keine Rolle.

Lässt man dieses Modell laufen, kann man sich überlegen: Wie sieht der R-Wert aus, der diese Kurven hier am besten beschreibt? Um das herauszufinden, verwenden wir bestimmte moderne Schätzmethode, die inzwischen auf Hochleistungsrechnern sehr gut implementierbar sind. So kann man sich weiter überlegen, was der zeitliche Verlauf des R-Werts ist, der diese Dynamik am besten beschreibt? In Abbildung 1 wird etwas Ähnliches wie der R-Wert gezeigt, die sogenannte Ansteckungsrate oder Wachstumsrate λ . Es

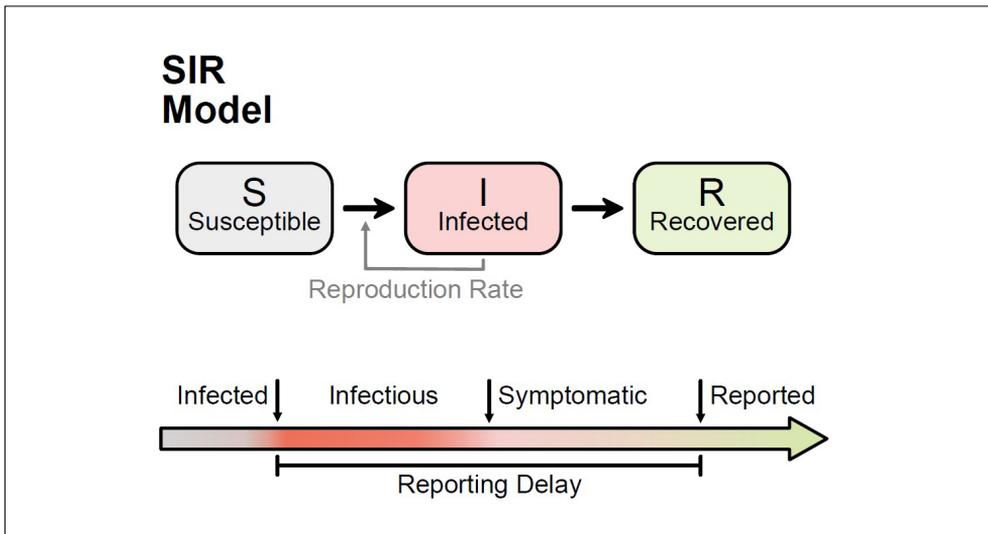


Abb. 2: Das SIR-Modell und dessen Erweiterungen haben das Verständnis für die nichtlineare Entwicklung in einer Pandemie entscheidend vorangebracht. Alle Rechte vorbehalten. Quelle: Jonas Dehning et al.: Model-based and model-free characterization of epidemic outbreaks, in: medRxiv (16.9.2020). <https://doi.org/10.1101/2020.09.16.20187484>.

ist klar erkennbar, dass diese in Assoziation mit den Interventionen zurückgegangen ist. Die Farben zeigen, wie die Fallzahlen wahrscheinlich ausgesehen hätten, wenn wir das Verhalten genauso belassen hätten wie um den 8. März 2020. Wahrscheinlich wären sie weiter gestiegen, natürlich unter der besagten (simplifizierenden) Annahme, dass sich das Verhalten der Menschen nicht geändert hätte. Hätte man es bei den Maßnahmen und dem Verhalten vom 15. März belassen, also Schulen und Geschäfte geschlossen, hätte das möglicherweise zu einem Abflachen der Fallzahlen geführt. Am 22. März, mit der Einführung des Kontaktverbots, haben wir einen Rückgang der Fallzahlen vorhergesagt. Diese Vorhersage haben wir gemacht, bevor wir die Fälle beobachten konnten. Sie sehen die blauen Punkte; das sind die beobachteten Fälle. Das passte gut zusammen.

Inzwischen gibt es eine Reihe von Studien,² die die Effektivität staatlicher Pandemie-Maßnahmen im Detail quantifizieren: Wie viel bringt es, Großveranstaltungen abzusagen oder Treffen generell auf maximal zehn Personen zu beschränken? Um wieviel reduziert es den R-Wert, wenn wir Schulen und Universitäten gemeinsam schließen? Das reduziert den R-Wert um beinahe 50 Prozent, zum Beispiel von vier auf zwei. Es existieren einige Untersuchungen, die anhand der Daten von vielen Ländern abschätzen, wie groß die Wirksamkeit bestimmter Maßnahmen ist. Es zeigt sich dabei allerdings, dass eine gewisse Unsicherheit bleibt. Das liegt zum einen in der Unsicherheit der zugrunde liegenden, berichteten Daten. Zum anderen gibt es natürlich auch von Land zu Land, von Gesellschaft zu Gesellschaft und von Situation zu Situation Unterschiede. Nehmen wir als Beispiel

² Siehe z. B. Jan M. Brauner et al.: Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19, in: Science 371,6531 (2020). <https://doi.org/10.1126/science.abd9338>.

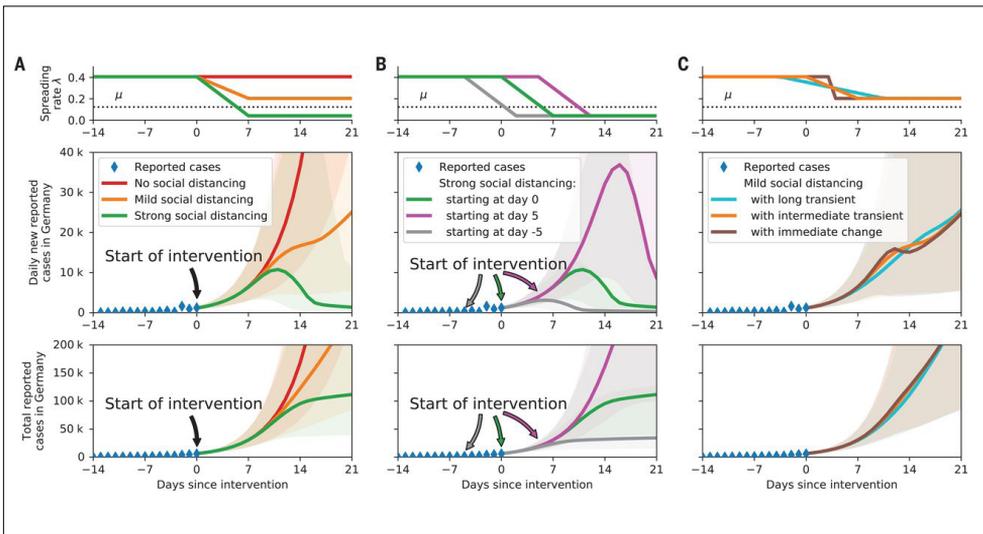


Abb. 3: Zeitpunkt und Wirkung von Maßnahmen haben einen großen Einfluss auf künftige COVID-19-Fälle. Grafik veröffentlicht unter der Lizenz [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Quelle: Jonas Dehning et al.: Inferring change points in the spread of COVID-19 reveals the effectiveness of interventions, in: *Science* 369,6500 (2020). <https://doi.org/10.1126/science.abb9789>.

die Schulschließungen. Während der ersten Pandemie-Welle im Frühjahr 2020 waren die Schulen geschlossen. Die Kinder blieben zu Hause und hatten kaum Kontakt außerhalb ihres Haushalts. Das war teils sehr belastend, aber auch effektiv.

Während der zweiten Welle, also im Winter 2020/2021, gab es erneut Schulschließungen, die aber ganz anders umgesetzt wurden. Ein guter Teil der Kinder ist im Winter trotz Schließung zur Notbetreuung in die Schule gegangen. Gleichzeitig waren die Hygienemaßnahmen besser als im Frühjahr davor: Es gab Masken und es war klar, dass man gut lüften sollte. Wie gut eine Maßnahme wirkt, hängt von der konkreten Umsetzung ab. So kann man zum Beispiel durch Analysen der ersten Welle nur bis zu einem gewissen Grad vorhersagen, wie eine erneute Schulschließung, die anders umgesetzt wird, wirken wird.

Solche grundlegenden Aspekte sind sehr wichtig, wenn es um das Verständnis der Pandemie geht. Man kann die Wirkung von Interventionen anhand von Beobachtungs- oder Interventionsstudien abschätzen. Die Wirksamkeit dieser Interventionen bei einer neuen Umsetzung hängt jedoch immer auch davon ab, wie gut die Menschen diese Vorsichtsmaßnahmen umsetzen wollen und vor allen Dingen auch umsetzen können.

Mein zweiter Punkt hat eine sehr breite Gültigkeit. Er betrifft den Kern von exponentiellem Wachstum und also von initialer Pandemie-Ausbreitung. In Abbildung 3B ist die Gesamtzahl der Infektionen dargestellt, die wir im März 2020 beobachtet haben. Für die graue, grüne und lila Kurve wird angenommen, dass eine wirksame Intervention durchgeführt wird, um die Kurve abzuflachen. Aber der Zeitpunkt der Intervention ist unterschiedlich – am Tag null, fünf Tage früher oder fünf Tage später. Es wird deutlich, wie eklatant verschieden sich die Fallzahlen entwickeln, je nachdem, ob man während des exponentiellen Wachstums fünf Tage früher oder fünf Tage später handelt. Dieser Um-

stand wird oft unterschätzt, weshalb wir im letzten Jahr immer wieder versucht haben, diesen Aspekt zu kommunizieren. In einem exponentiellen Wachstum muss an irgendeinem Punkt eingedämmt werden. Je früher das geschieht, desto geringer sind die Fallzahlen insgesamt. Schon ein paar Tage machen hierbei einen immensen Unterschied.

Der dritte Punkt betrifft ebenfalls die Dynamik komplexer Systeme und ist breit gültig. Wenn es notwendig sein sollte, die Fallzahlen zu stabilisieren oder abzusenken, weil z. B. eine Überlastung des Gesundheitssystems droht, dann muss der R-Wert auf 1 oder unter 1 gesenkt werden. Zur Stabilisierung der Fallzahlen ist erst einmal genau dasselbe Level an Einschränkungen notwendig – ganz egal, ob man auf einem niedrigen oder hohen Niveau stabilisiert. Der Unterschied ist nur, dass bei einem hohen Niveau an Fallzahlen die Kollateralschäden größer sind: Es sind deutlich mehr Menschen infiziert, Menschen gehen möglicherweise bei sehr hohen Infektionszahlen nicht mehr ins Krankenhaus, weil sie Angst haben, sich dort anzustecken. Die Gesundheitsversorgung in anderen Bereichen leidet und das Personal ist überlastet. Auch die Wirtschaft leidet, wenn Personen nicht mehr ins Restaurant oder Geschäft gehen möchten, weil sie sich nicht sicher fühlen – man kann sie ja nicht zwingen. Das sind bekannte und auch sehr besorgniserregende Nebenwirkungen. Gleichzeitig tragen Wocheninzidenzen von typischerweise rund 100 je 100.000 Einwohnern nicht wirklich zur ›Herdenimmunität‹ bei. Das sind ja nur 0,1 Prozent der Bevölkerung je Woche. Stabilisiert man stattdessen die Fallzahlen auf einem niedrigen Niveau, sind, wie eben gesagt, von der Mechanik der Ausbreitung her genau dieselben Kontaktbeschränkungen nötig. De facto sind allerdings weniger Beschränkungen notwendig, da sich die Kontaktnachverfolgung auf die wenigen verbliebenen Infektionsketten konzentrieren und diese effektiv eindämmen kann. Bei niedriger Inzidenz können Ausbrüche effizient und lokal eingedämmt werden. Darauf komme ich später noch zurück. Um diesen Teil hier zusammenzufassen: Frühes Handeln und Eindämmung bei niedrigen Fallzahlen machen einen deutlichen Unterschied, was die Gesamtzahl der Fälle einer Pandemie-Welle betrifft. Und die Einschränkungen und die notwendigen Kontaktreduktionen jeder/s Einzelnen sind bei niedrigen Fallzahlen dank der Kontaktnachverfolgung geringer!

Die Effektivität der Maßnahmen: Kontaktverfolgung

Im Kontext der Effektivität von Eindämmungsmaßnahmen möchte ich als Nächstes darauf eingehen, wie effektiv Testen und Kontaktnachverfolgung sind. Das ist in [Abbildung 4](#) folgendermaßen dargestellt: Die Illustration ähnelt einem Eisberg. Warum ein Eisberg? Nun, der obere Teil des Eisbergs repräsentiert die Personen, die wissen, dass sie infiziert sind. Das ist der ›sichtbare‹ Teil. Diese Menschen begeben sich zumeist in Isolation, haben weniger Kontakte und stecken daher auch weniger Personen an. Im Gegensatz dazu gibt es Träger*innen des Virus, die noch nicht wissen, dass sie infiziert sind. Das ist die Dunkelziffer in der Ausbreitung des Virus und wird hier durch den Teil des Eisbergs sym-

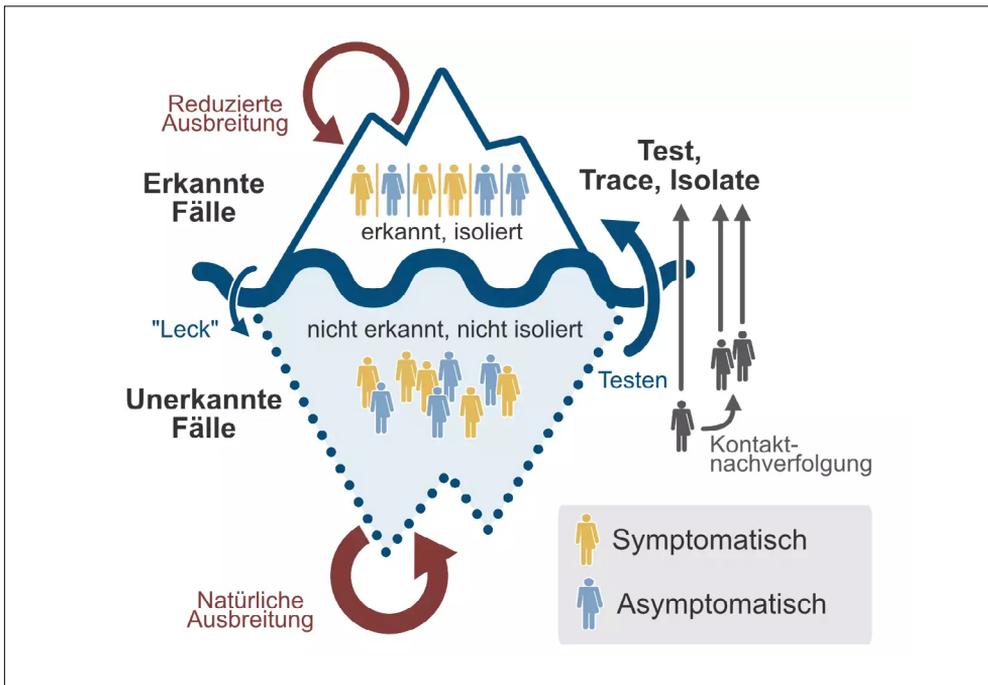


Abb. 4: Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Virus hängt von der Kenntnis und Isolation der Träger ab. Abbildung nach Sebastian Contreras et al.: Low case numbers enable long-term stable pandemic control without lockdowns, in: *Science Advances* 7,41 (2021), <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg2243>, und Sebastian Contreras et al.: The challenges of containing SARS-CoV-2 via test-trace-and-isolate, in: *Nature Communications* 12 (2021), 378, <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20699-8>, jeweils unter den Lizenzen CC BY 4.0 Quelle: Covid-Kontrolle im Test. Kontaktnachverfolgung und niedrige Fallzahlen leisten wichtigen Beitrag zur Eindämmung einer zweiten Welle der Corona-Epidemie, in: *Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation* (18.9.2020, letzter Zugriff: 10.5.2022).

bolisiert, der nicht sichtbar ist. Diese Menschen verhalten sich wie jede andere Person und tragen damit deutlich mehr zur Ausbreitung des Virus bei als diejenigen, die bereits isoliert sind. Es liegt somit auf der Hand, dass Testen und Kontaktnachverfolgung Infektionsketten stoppen und damit deutlich zur Eindämmung beitragen können.

Wie effektiv ist das aber in der Realität? Die Kontaktnachverfolgung ist nicht perfekt: Erstens ist gerade bei prä- und asymptomatischen Infektionen eine frühe Entdeckung schwierig. Zweitens wird ein Teil der Kontaktpersonen übersehen. Drittens ist die Quarantäne nicht perfekt. Infizierte Personen stecken zum Beispiel andere Personen in ihrem Haushalt an oder halten sich möglicherweise nicht an die Beschränkungen. Viertens vermeidet ein Teil der Menschen das Testen, zum Beispiel aus sozioökonomischen Gründen. In unserem Modell setzen wir die Zahl derer, die sich (aus welchen Gründen auch immer) nicht testen lassen wollen, mit 20 Prozent an. Fünftens werden neue Infektionsketten aus dem Ausland heringetragen. Sechstens ist die Kapazität der Gesundheitsämter für das Testen und die Kontaktnachverfolgung limitiert. In Deutschland werden die Kontakte einer infizierten Person telefonisch verständigt. Bis das bei ausreichend vielen Kontakten geschehen ist, haben diese Menschen möglicherweise längst weitere Leute angesteckt. Das Gesundheitsamt läuft somit

in diesen Fällen der Ausbreitung hinterher. Geschwindigkeit ist allerdings das A und O bei dieser Maßnahme.

Untersuchen wir nun die Dynamik der Ausbreitung und Kontaktnachverfolgung. Wenn die Kapazität der Kontaktnachverfolgung überschritten wird, kommt es zu einer sich selbst beschleunigenden Ausbreitung. Woran liegt das? Angenommen die Fallzahlen sind niedrig, die Gesundheitsämter konzentrieren sich auf die wenigen vorhandenen Fälle und können lokal und gezielt Infektionsketten unterbrechen, dann besteht Kontrolle über die Ausbreitung und die Dunkelziffer ist gering. Inzwischen kennen wir die Höhe der Dunkelziffer recht gut. In der ersten Welle in Deutschland kann man in etwa den Faktor sechs annehmen. So schlecht wie in dieser Phase ist bei uns aber nie wieder getestet worden. Im Sommer war die Dunkelziffer bereits auf einen Faktor unter zwei gesunken, im Winter lag der Faktor wahrscheinlich zwischen zwei und drei. Je niedriger die Dunkelziffer, desto weniger Menschen tragen das Virus aus Versehen zu anderen Kontaktpersonen oder gar in Pflegeheime oder Krankenhäuser. Niedrige Fallzahlen bedeuten dank der Kontaktnachverfolgung also niedrige Dunkelziffern und dadurch weniger Ausbreitung. Steigen aber die Fallzahlen, dann steigt auch die Dunkelziffer. Die Gesundheitsämter kommen mit der Kontaktnachverfolgung nicht mehr nach, die Dunkelziffer steigt weiter und damit steigt der R-Wert. Das ist ein sich selbst verstärkender Prozess. Er führt nicht nur zu exponentiellem Wachstum, sondern zu einem Wachstum, das sogar schneller als exponentiell fortschreitet.

Was bedeutet das effektiv für unser tagtägliches Leben? Unsere Untersuchungen legen nahe, dass bei niedrigen Fallzahlen für jede einzelne Person mehr Kontakte möglich sind. Im klassischen SIR-Modell darf eine Person im Mittel höchstens eine weitere Person anstecken – ansonsten kommt es zu einem exponentiellen Wachstum. Dank der Kontaktnachverfolgung kann eine Person nun aber bis zu zwei Personen ›aus Versehen‹ anstecken – solange die Gesundheitsämter die Infektionsketten effizient stoppen. So kann für das gesamte System, für die gesamte Gesellschaft, der effektive R-Wert unter 1 bleiben. Zusammenfassend kann man sagen: Funktioniert die Kontaktnachverfolgung gut, sind die Fallzahlen niedrig. Dann darf jede Person etwa doppelt so viele Kontakte haben wie im entgegengesetzten Fall. Die Kontaktnachverfolgung ist ein bisschen wie die Feuerwehr. Wenn sie wirkt, haben wir in allen anderen Bereichen mehr Freiheit, als wenn sie nicht wirkt.

Impfungen: Öffnungsszenarien und ›Freiheit‹

Im letzten Teil möchte ich einen kurzen Überblick über die Kontaktnachverfolgung und das Impfen geben. Um die Effektivität des Impfens abzuschätzen, muss man die Infektions-Sterbewahrscheinlichkeit abhängig vom Alter kennen. Diese ist uns inzwischen gut bekannt. Mit dem Alter steigt die Wahrscheinlichkeit, in Folge einer Infektion mit COVID-19 zu sterben, multiplikativ. Ist eine Person 20 Jahre älter, ist die Infektions-Sterbewahrscheinlichkeit zehnmal höher. Diese Altersabhängigkeit muss man beim Modellieren des Impfens

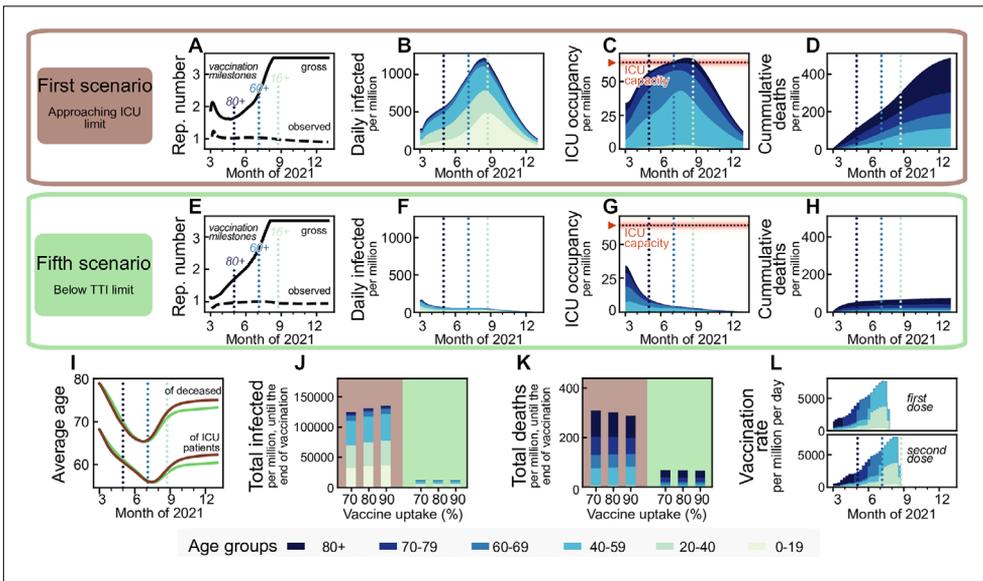


Abb. 5: Mit fortschreitender Immunisierung durch Impfung kann jede Person mehr Kontakte haben. Das ist durch die Brutto-Reproduktionszahl quantifiziert (A, E). Die Anzahl der Kontakte könnte man als ›Freiheit‹ bezeichnen. Sie steigt mit dem Fortschritt der Immunisierung durch Impfen an. Der Anstieg der ›Freiheit‹ verläuft ähnlich, egal ob bei hoher (oben) oder niedriger Inzidenz gelockert wird. Die Anzahl Todesfälle durch COVID-19 entwickelt sich entsprechend unterschiedlich. Es liegt also in der Hand der Bevölkerung, ob sie bei niedrigen oder hohen Inzidenzen lockert. Grafik veröffentlicht unter der Lizenz [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Quelle: Bauer, Relaxing restrictions (wie Anm. 2), Fig. 2.

berücksichtigen. Die Modelle werden dadurch etwas komplizierter. Zahlreiche Parameter wiederholen sich jedoch für jede Altersklasse; sie stellen also einfach Kopien dar. Wir haben eine Studie zur Frage veröffentlicht,³ was in Anbetracht des aktuellen Impffortschritts für den Sommer die bessere Strategie ist. Nehmen wir im ersten Szenario an, dass die Kapazität unserer Intensivstationen nicht überschritten werden soll. Diese Kapazität stellt also ein oberes Limit dar. Dann könnten wir unsere Kontakte über die nächsten Wochen und Monate hochfahren. In Abbildung 5 ist ein ›Freiheitsszenario‹ zu sehen – ›Freiheit‹ allerdings in Anführungszeichen, weil das natürlich ein großer Begriff ist. In der Abbildung sind die Zeitpunkte markiert, an denen alle Menschen über 80 Jahre, über 60 oder über 20 ein Impfangebot erhalten haben. Man erkennt, wie durch die fortschreitende Immunisierung die ›Freiheit‹ im Laufe der nächsten Monate Stück für Stück steigen wird. Gleichzeitig ist es jedoch möglich, dass die Intensivstationen noch über Monate voll sind, einfach, weil anzunehmen ist, dass sich ein gewisser Teil der Menschen nicht impfen lassen möchte. Außerdem gibt es – leider – bei einem gewissen Teil der Menschen Impfdurchbrüche. Es kann also auch mit Impfung zu schweren Verläufen der Krankheit kommen.

3 Simon Bauer et al.: Relaxing restrictions at the pace of vaccination increases freedom and guards against further COVID-19 waves, in: *PLOS Computational Biology* 17,9 (2021), e1009288. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009288>.

Wir sehen also, dass mit dem Impffortschritt die ›Freiheit‹ wächst, aber gleichzeitig die Intensivstationen noch über viele Wochen voll sein können.

In einem zweiten Szenario nehmen wir an, dass die Gesellschaft eine niedrige Inzidenz anstrebt und hält. Das bedeutet, dass man anfangs kurz weniger ›Freiheit‹ hat, um die Fallzahlen zu senken. Kurz darauf aber steigt hier die ›Freiheit‹, also die Anzahl der erlaubten Kontakte. Legen wir die Kurven aufeinander, sehen wir, dass der Unterschied im ›Freiheitsgrad‹ nur am Anfang zu erkennen ist. In beiden Fällen steigt er mit dem Impffortschritt an. Es ist also vor allem der Impffortschritt, der bestimmt, wie viele Kontakte wir haben können. Öffnen wir etwas schneller als der Impffortschritt es erlaubt, steigen die Fallzahlen erneut. Öffnen wir etwas langsamer, bleiben die Fallzahlen niedrig.

Diese Aspekte haben wir in transdisziplinären Konsenspapieren und Stellungnahmen zusammengefasst.⁴ Der interdisziplinäre Austausch war mir stets sehr wichtig. Eine ganze Reihe von beeindruckenden Kolleg*innen haben mich bei diesen Stellungnahmen sach- und fachkräftig unterstützt. Ich möchte kurz auf einen zentralen Punkt dieser Stellungnahmen hinweisen: Eine paneuropäische Koordination bei der Bekämpfung von COVID würde allen Ländern die Eindämmung erleichtern. Ferner haben niedrige Fallzahlen, egal aus welcher Perspektive und in welchem Kontext, nur Vorteile. Die eingangs erwähnte Auffassung, dass mit der Inkaufnahme eines Anstiegs der Fallzahlen mehr ›Freiheiten‹ einhergehen, ist, was die Krankheitsdynamik angeht, ein Missverständnis. Ob die Stabilisierung durch Kontakteinschränkung auf hohem oder niedrigem Niveau durchgeführt wird, ist eine Entscheidung, die eine Gesellschaft treffen kann und bewusst treffen sollte. Die Sterblichkeit ist gleichwohl derart hoch, dass hohe Inzidenzen ohne Impfstoff nicht zu einem relevanten Aufbau einer ›Herdenimmunität‹ beitragen. Für die Gesellschaft, Wirtschaft und natürlich die Gesundheit haben hohe Fallzahlen also keinerlei Vorteile.

Fazit

Ich möchte noch einmal kurz zusammenfassen: Wir haben am Anfang die Effektivität der Maßnahmen besprochen, haben hergeleitet, dass Testen und Kontaktnachverfolgung deutlich zur Eindämmung beitragen oder alternativ ›Freiheit‹ in anderen Bereichen ermöglichen – vor allem, solange die Inzidenz niedrig ist und die Ausbrüche lokal eingedämmt werden können, bevor sie außer Kontrolle geraten. Der Fortschritt des Impfens bestimmt die Öffnungsschritte unter diesen verschiedenen Strategien, ganz gleich, ob man bei niedrigen oder hohen Fallzahlen öffnet. Die ›Freiheit‹ wird gleichartig zunehmen und wir als Gesellschaft müssen entscheiden, ob die Fallzahlen und damit die Krankheitslast in der Gesellschaft niedrig oder hoch sein sollen.

4 Siehe Anm. 1.

Diskussion

Frage: Herzlichen Dank für den ausführlichen Vortrag. Ich habe den Eindruck, viele Wissenschaftler*innen halten sich aus ›Corona-Aktivitäten‹ raus. Die meisten haben versucht, möglichst ungestört ihre Forschungen weiter betreiben zu können. Sie sind eine derjenigen, die sich auf dieses Thema eingelassen hat – mit vielen Nachteilen natürlich, wenn man die eigenen spannenden Dinge liegen lässt. Wie ist das bei Ihnen gelaufen? Und was hat das für Konsequenzen gehabt für die eigene Arbeit?

Antwort: Das eine ist, dass wir zuvor an Ausbreitungsprozessen geforscht hatten: an der ›Bayesian Inference‹. Das heißt, wir hatten bereits eine eigene Methodik zur Verfügung und mussten unter dem Strich nur noch die richtigen Zahlen einfügen. Es war auch für uns eine spannende und schwierige Phase, weil wir etwas tun konnten in einer Situation, in der alle anderen im Homeoffice bleiben mussten und nicht mehr im Labor arbeiten konnten. Da haben wir an den Großrechnern ›remote‹ ohne Probleme arbeiten und die Forschung auf diese Weise sehr schnell voranbringen können. Das hat uns wirklich viel Freude gemacht.

Aber vom Arbeitseinsatz her war das extrem intensiv. In dieser Phase habe ich über einige Monate von morgens sechs Uhr bis gegen Mitternacht gearbeitet – zwischendurch mal mit Kinderbetreuung. Ich bin total beeindruckt, was meine Gruppe in dieser Phase geleistet hat. Ein Teil hat sich entschieden, weiter an ihren Neuro-Projekten zu arbeiten und nicht bei den Corona-Projekten mitzumachen. Die leiden jedoch etwas darunter, dass ich weniger Zeit für ihre Projekte hatte. Allerdings funktionierten in unserer Arbeitsgruppe Zoom-Meetings sehr gut. Das ging und geht auch von zu Hause. Wir haben zwei virtuelle Meeting-Räume, den COVID- und den Gruppenraum. Meine Mitarbeiter*innen treffen sich dort andauernd. Ich kann fast jederzeit hineingehen und sehe Studierende, die sich treffen und ihre Projekte besprechen. Für die Projektarbeit unter den neuen Bedingungen habe ich die Gruppe allerdings etwas umstrukturiert. Ich habe darauf geachtet, dass an jedem Projekt wenigstens zwei Leute arbeiten – auch an den Neuro-Projekten –, damit wir gut vorankommen. Ich versuche das Gleichgewicht zu halten.

Ein anderer wichtiger Punkt ist, Pause von der Öffentlichkeitsarbeit zu machen. Ich habe immer wieder Pausen von zwei bis drei Monaten, in denen ich keine einzige Anfrage annehme. Und dann mache ich wieder *en bloc* viel Öffentlichkeitsarbeit, weil man natürlich auch irgendwie *up to date* sein muss. Man muss verfolgen, was die öffentlichen Diskussionen sind, z.B. die Grenzwerte, die aktuellen Aspekte. Das ist zeitaufwendig. Ich freue mich total auf den Mai, in dem ich definitiv nichts an Öffentlichkeitsarbeit machen werde. Ich habe keinen einzigen Termin angenommen.

Frage: Mir sind drei Dinge aufgefallen während des Vortrags, die ich zumindest kurz sagen will. Das war zuerst einmal, dass es schon Fragen gab, bevor der Vortrag begonnen hatte. Das war interessant, weil diese Fragen während des Vortrags zum Teil beantwortet wurden. Dann war erstaunlich, wie viel Wissen Du hast, das am Sonntag bei Anne Will

(Sendung vom 25.4.2021) aufgrund der dortigen Zeitbegrenzungen gar nicht gezeigt werden konnte. Mit etwas mehr Erklärungszeit könnte das Verständnis, die Durchdringung der Ansätze jedoch besser gelingen. Schön auch, dass Du Deinen Kolleg*innen aus der Arbeitsgruppe am Ende gedankt hast, weil das zeigt, wie groß das Team im Hintergrund ist, das die Dinge erarbeitet, die im Rahmen dieser Ringvorlesung von dir als Einzelperson präsentiert werden. Es gab auf jeden Fall auch den Kommentar aus dem Auditorium mit der Frage, was die Politiker, die vor Entscheidungen stehen, von solchen Fakten wie den gezeigten verstehen. Wie wird umgegangen mit dem Wissen, das erst einmal relativ eindeutig klingt.

Antwort: Die Frage ist in der Tat: Wie viel kommt von dem, was man macht, an? Wie viel verstehen die Politiker*innen davon? Was mich total beeindruckt hat, ist zum Beispiel, dass unsere Ansätze von den Physiker*innen in der Politik sehr gut verstanden werden. Die fassen das sehr gut zusammen. Als wir beispielsweise die ›Test-Trace-Isolate‹-Publikation zur Kontaktnachverfolgung herausgebracht haben (s. Abb. 4), hat Bundeskanzlerin Angela Merkel das Problem des Kipppunkts vier, fünf Tage später in der Bundespressekonferenz einfach zusammengefasst: Dass es, wenn die Gesundheitsämter nicht mehr hinterherkommen, wesentlich schwieriger wird. Das war beeindruckend, muss man sagen. Es haben aber natürlich nicht alle Politiker*innen einen Physikhintergrund oder gar einen Doktor in Physik. Es ist also recht divers. Einer der Politiker, mit denen ich viel gesprochen habe, sagte, es gebe 20 Prozent, die diese mathematischen Aspekte wirklich verstehen könnten, oder es wenigstens versuchten. Es gibt auch einen, der sich mit mir abends für zwei, drei Stunden hingesetzt hat und einen Vortrag Stück für Stück durchgegangen ist. Also, es gibt Politiker*innen, die sich wirklich die Zeit dafür nehmen. Auf der anderen Seite gibt es aber auch welche, die sagen: Ich kann das sowieso nicht verstehen, das ist nur ein Aspekt in der Entscheidungsfindung, das ist eine Güterabwägung. Da sind noch psychosoziale und ökonomische Faktoren, die muss ich auch noch berücksichtigen. Bei diesen Politiker*innen habe ich das Gefühl, dass es gar nicht auf das Verständnis ankommt. Es ist mir aber immer wichtig, dass die Menschen es verstehen und ich nicht nur einfach vorbereite, was man machen müsse. Das Verständnis bei den anderen zu schaffen, ist gleichwohl wirklich mühsam. Und COVID ist ein Thema, das ich nicht nur mit Politiker*innen bespreche, sondern auch mit Familie und Freunden. Das Interesse ist breit, dort bekommt man aber noch einmal viel mehr mit, wie schwierig diese Konzepte für Menschen sind, die seit der Oberstufe kein Mathe mehr gemacht haben.

Frage: Diese Haltung zur Mathematik ist auch ein Abbild der Bevölkerung. Von daher ist es gut, dass diese Analysen und Methoden kritisch diskutiert werden. Es gab die Frage, wie die Sieben-Tage-Inzidenz definiert ist. Bei dieser Frage wird gesagt, dass beim Robert Koch-Institut (RKI) die Fallzahlen bei der Sieben-Tage-Inzidenz nicht nur für sieben Tage rückwärts auf einen Stichtag gezählt werden, sondern für zwölf Monate rückwärts.

Antwort: Die Frage ist etwas unklar. Es gibt beim RKI auf Tag und Wochen aufgelöst Angaben, wie viele Fälle in jedem Landkreis pro Altersgruppe gemeldet wurden. Wir haben eine

Webseite online, die macht nichts anderes, als die Fallzahlen des RKI zu nehmen und sie, tagesaktuell nach Alter zu ordnen.⁵ Gerade das ist interessant anzusehen, weil die Älteren geimpft sind. Das heißt, bei einer 100er-Inzidenz in einem Landkreis kann es sein, dass 25 Ältere darunter sind, aber 150 Jüngere, gerade Schüler*innen. So kann man sich die Verteilung im eigenen Landkreis ansehen. Insgesamt gibt es derzeit Kritik daran, dass der Inzidenzwert nicht zuverlässig sei. Die Kritik kann ich aber nicht teilen. Das ist ein relativ zuverlässiger Wert. Man muss ihn allerdings interpretieren. Es gibt eine Dunkelziffer. Die Dunkelziffer ist derzeit Faktor zwei oder weniger, trotz der hohen Positivrate der PCR-Tests. Die hohe Positivrate begründet sich durch die viele Vortestung mit Schnelltests. Ein positiver Schnelltest ist zu 50 bis 80 Prozent ein positiver PCR-Test. Insofern können wir die Zahlen relativ sicher interpretieren. Die Dunkelziffer ändert sich nicht von einem Tag auf den anderen, was bedeutet, dass die Veränderung der Fallzahlen ebenfalls repräsentativ ist.

Der Kritikpunkt an den PCR-Tests ist ja – um es mal drastisch auszudrücken –, dass dadurch irgendwelche toten Virusfragmente gefunden würden. Das stimmt in gewisser Hinsicht auch. Denn zu Beginn der Infektion sehen wir sehr niedrige Viruskonzentrationen. Für solche Situationen ist die PCR aber sehr gut geeignet, weil das Testverfahren somit gleichsam vorhersagen kann, dass man ansteckend werden wird. Im Verlauf der Infektion wird die Viruslast so hoch, dass man sie auch mit Schnelltests gut entdecken kann. Danach geht die Viruslast wieder runter, bis man irgendwann nicht mehr ansteckend ist. Es gibt zum Ende hin dann immer noch eine Phase, in der man Reste des Virus entdecken kann, was aber aufhört. Der Virusnachweis wird schließlich auch mit PCR negativ. Darauf bezieht sich das: Dass man manchmal noch Menschen als positiv testet, obwohl sie nicht mehr infektiös sind. Für uns sind es trotzdem wichtige Daten, weil wir wissen, dass in einem Landkreis in einer bestimmten Altersgruppe eine Infektion stattgefunden hat und dass diese Person möglicherweise Kontakte hatte. Man kann dann versuchen, die Kontaktpersonen aufzuspüren. Die Inkubationsperiode ist sehr variabel. Das sind manchmal drei, manchmal sind es 14 Tage. Manche Menschen lassen sich somit eventuell identifizieren, bevor sie ansteckend werden.

Frage: Was bedeutet eine Dunkelziffer zwischen vier und sechs? Was ist davon zu halten, dass man repräsentative, randomisierte Testungen noch einmal in der Bevölkerung durchführt, damit man genauere Zahlen hat und die Dunkelziffer nicht unterschätzt?

Antwort: Die Dunkelziffer-Faktoren vier bis sechs sind Daten aus der ersten Welle. Die hat man feststellen können, indem man in vielen verschiedenen Ländern, auch in Deutschland, geschaut hat, wie viele Menschen infiziert waren, also wie viele mit PCR-Test detektiert wurden. Und dann hat man geschaut, bei wie vielen Menschen man Antikörper finden konnte. Daraus berechnet sich die Dunkelziffer vier bis sechs für die erste Welle.

Seither war sie nie wieder so hoch. Dadurch, dass wir inzwischen Angaben zur Infektionssterbewahrscheinlichkeit haben, die unabhängig vom Testen ist, können wir die Dun-

⁵ Webseite Risikogebiete Deutschland: <https://risikogebiete-deutschland.de/> (letzter Zugriff: 16.5.2022).

kelziffer gut abschätzen. Sie liegt derzeit, wie gesagt, beim Faktor zwei, wahrscheinlich sogar darunter. Die Berechnungen werden durch den Impffortschritt schwieriger, denn die Infektionssterbewahrscheinlichkeit verändert sich durch das Impfen. Das Robert Koch-Institut bekommt von den Hausärzt*innen keine exakten Informationen, sondern nur die Information, dass eine Person über oder unter 60 Jahre alt ist. Das können wir nicht gut reinrechnen, weil das schlecht aufgelöst ist. Also, zu der letzten Frage bzw. zur zweiten Hälfte: Wie wäre es mit dem wöchentlichen repräsentativen Screening oder Testen? In England macht man 100.000 Tests die Woche. Die haben daher sehr gute Daten dazu. Wir fänden das extrem hilfreich, wenn wir solche Daten auch in Deutschland hätten.⁶ Man könnte das Infektionsgeschehen und die Dunkelziffern dann sehr gut ins Verhältnis setzen: Was entdeckt man durch die Screens? Was entdeckt man durch die normalen Tests? Auch darüber könnte man nochmals die Dunkelziffer und andere Aspekte abschätzen. Man könnte auch die Inzidenzen bestimmen, die gerade so wichtig sind für die Frage, was man öffnen oder schließen kann – wir hätten eine Art objektivere Handlungsbasis. Man könnte zum Beispiel herausfinden, ob bestimmte Landkreise wirklich schlechter testen als andere. Das ist etwas, worüber wir zurzeit nur grob spekulieren können.

Frage: Was Sie über die Politiker*innen gesagt haben, motiviert mich zu meiner Frage: Wir haben alle mal den Spruch gehört: Politik ist die Kunst des Kompromisses. Wir kennen alle die Sprechweisen von Politiker*innen, die sagen: Wir mussten um einen Kompromiss ringen. Es kam bei Ihnen am Ende klar heraus, dass dieses Modell der Kompromissbildung im Falle einer Pandemie aber der falsche ›Mindset‹ ist, mit dem man dann in so ein Politikfeld hineingeht. Aber genau das ist Politiker*innen schwer verständlich zu machen – es sei denn, sie können Physik und Mathematik. Sonst sagen sie immer wieder: Hier müssen wir einen Kompromiss schließen usw. und bewirken dadurch, dass die Kompromissbildung immer schwieriger wird, anstatt zu sagen: Okay, dann müssen wir uns vielleicht noch zwei Monate wirklich in Geduld üben. Würden Sie bei Ihrer Erfahrung sagen, dass dieser ›Mindset‹ der Kompromissbildung irgendwie auch eine Rolle spielt?

Antwort: Die Kompromissbildung ist ein Aspekt. Ein anderer Aspekt ist, dass Opposition auch Opposition sein muss, dass also jedes Mal bei einem Beschluss von der einen Seite etwas von der anderen dagegen gesagt wird. Wenn man Christian Lindner von der FDP genau zuhört, merkt man, dass irgendein Teilaspekt des Beschlusses kritisiert wird. Es geht also nicht um echte fundamentale Kritik, aber es gibt der Bevölkerung den Eindruck, dass keine Einigkeit herrscht. Das sehe ich ebenfalls als Problem an. In diesem Fall wäre es meiner Meinung nach besser gewesen, sich über den Winter zu entscheiden, zum Beispiel dazu, auf die Eigenverantwortung zu bauen und die Fallzahlen weitgehend hochgehen zu lassen. Die Menschen schützen sich, so gut sie es vermögen. Das ist dann ein

⁶ Siehe hierzu auch den Beitrag *Daten, Informationen, Wissen. Methodische und strukturelle Herausforderungen der Coronapandemie* von Michael Krawczak im vorliegenden Band: <http://dx.doi.org/10.38072/978-3-928794-82-4/p9>.

Privileg derjenigen, die im Homeoffice bleiben können. Oder ich entscheide, die Zahlen konsequent runterzudrücken und mache nicht lauter Ausnahmen, die dann dafür sorgen, dass wir uns auf einem hohen Niveau stabilisieren. Der dritte Aspekt, der nicht einfach ist und den ich auch nicht abschätzen kann, sind die juristischen Rahmenbedingungen, welche Maßnahmen unter welchen Umständen überhaupt (noch) verhältnismäßig sind und welche nicht. Ich habe allerdings den Eindruck, dass die juristischen Entscheidungen manchmal nicht die wünschenswerte langfristige Perspektive haben.

Frage: Wie übertragbar sind die angewandten Methoden auf zukünftige pandemische Ereignisse?

Antwort: Die Methoden sind relativ gut übertragbar. Das SIR-Modell zum Beispiel ist 30 bis 40 Jahre alt, die Ausbreitungsprozesse, zu denen ich forsche, etwa 150. Wichtig bei dem nächsten pandemischen Ereignis ist die rasche Verfügbarkeit der Zahlen. Wir besprechen in den Expertenrunden immer wieder darüber, wie man sich auf die nächste mögliche Pandemie vorbereitet, nicht nur auf den nächsten Winter (2021/2022), der sicherlich noch einmal Herausforderungen mit sich bringen wird. COVID wird nicht die letzte Pandemie gewesen sein. Es gab SARS-CoV-1, es gab MERS. Auch HIV ist eine Pandemie, die in den letzten 50 Jahren entstanden ist. Wir erwarten, dass es auch einige Pandemien in Zukunft gibt. Vermutlich sind wir das nächste Mal ein Stück besser aufgestellt, was die Datenerhebung und Digitalisierung angeht. Dies sollte deutlich verbessert sein im Vergleich zur Coronavirus-Pandemie. Die kleinere Herausforderung sind unsere Rechenmodelle: Sie sind von Seiten der Physik her attraktiv. Aber es ist keine neue Physik, sondern fast Ingenieurwissenschaft: Ich nehme ein Modell, das gut funktioniert, muss dann möglichst valide Zahlen reinpacken und es an meine Fragestellung anpassen. Je nach Fragestellung brauche ich ein Modell, das einfach ist, damit ich es im Idealfall noch gut nachvollziehen kann, gleichzeitig aber so komplex, dass es alle relevanten Parameter gut abbildet.

Frage: Wie viele Infektionsmöglichkeiten wurden berücksichtigt bzw. verfehlt zu berücksichtigen? Wurde das verwendete Modell rückwirkend evaluiert?

Antwort: Wir haben am Anfang relativ viele gemeinsame Prognosen gemacht, oder zumindest Zukunftsszenarien, wie es sich weiterentwickeln könnte. Das machen wir noch immer für uns selbst. Wir nehmen dazu die existierenden Extremwerte, führen einige Extrapolationen durch, die davon ausgehen, dass der R-Wert so bleibt wie er war. Das ist eine Möglichkeit der Evaluation. Die Frage geht aber in Richtung der Infektionsmöglichkeiten: Wir modellieren nicht explizit, wo sich die Menschen anstecken, ob in der Schule, zu Hause oder am Arbeitsplatz. Wir sagen einfach nur, wie viele Ansteckungen es gibt. Wo genau diese stattfinden, ist nicht Teil unserer Modelle.

Frage: Werden auch verschiedene psychologisch verträgliche Maßnahmen modelliert? Welche haben da den größten Effekt?

Antwort: Meine Grundannahme – auch konsentiert in dem *Lancet*-Positionspapier⁷ – ist: Es macht einen großen Unterschied, ob ich einen R-Wert von 1,3 oder 1,4 bei der neuen Virusvariante B.117 habe. Ich muss in der Pandemie die 1,4 runterbringen auf unter eins, also eine Reduktion von mindestens 30 oder 40 Prozent hinbekommen, damit ich auf eins komme. Wenn ich es schaffe, den R-Wert dann nochmals um 20 Prozent zu reduzieren, sinken die Fallzahlen sehr schnell. Das ist das Zahlenbeispiel, das ich immer wieder vortrage: Mit einem R-Wert von 0,9 brauche ich einen Monat zum Halbieren der Infektionszahlen, mit einem R-Wert von 0,7 brauche ich eine Woche. Was ist die psychologisch verträglichere Maßnahme? Natürlich ist es psychologisch besser zu sagen: Drei Wochen alles zu. Aber was heißt alles? Denn klar ist: Wir können nicht alles zumachen. Das ist dann Sache der Politik. Das Grundprinzip jedoch ist: Je mehr ich zumache, desto schneller kann ich wieder aufmachen, und zwar überproportional schneller. Im letzten Winter haben wir es nicht geschafft, diese Zusammenhänge zu kommunizieren. Es ist einfach auch eine Frage der Akzeptanz. Wenn die Intensivstationen nicht überlastet sind, wo ist dann die Notwendigkeit des Handelns?

Frage: Wie viel Verantwortung bei der Umsetzung der Maßnahmen liegt Deiner Meinung nach bei der Politik und wie viel Verantwortung bei der Gesellschaft? Wie viel ist individuelle Verantwortung – dass wir selbst die Maßnahmen übererfüllen, um Infektionszahlen runterzudrücken?

Antwort: Die erste Welle war beeindruckend: Da haben sich viele Menschen auch vor Beschluss der Kontaktbeschränkungen schon deutlich zurückgezogen. Man hatte das Gefühl: Alle machen mit, alle ziehen an einem Strang, alle sehen zu, dass sich diese Pandemie nicht so krass ausbreitet. Damals war vieles auch noch unbekannt. Man hatte die Bilder aus China und aus Italien vor Augen. Das heißt, das war ein Zusammenspiel von beidem: der Motivation der Menschen und der Möglichkeit, sich zu schützen. Ich dachte immer, die Maßnahmen würden nur als Einschränkungen wahrgenommen. Das war aber nicht so. Nehmen wir die Kindergarten- oder Schulschließungen: In diesem Moment hatte die arbeitende Elternbevölkerung das Recht, ihre Kinder auch zu Hause zu betreuen. Sie hatte das Recht, gegenüber ihren Arbeitgebern zu sagen: Ich bleibe für ein oder zwei Betreuungstage in der Woche zu Hause. Wenn die Kindergärten oder Schulen nicht geschlossen wären, müssten die Eltern ihre Kinder in die Schulen schicken. Dann müssten sie akzeptieren, dass sie dort bei einer hohen Inzidenz das Virus mit nach Hause bringen. Die Arbeitnehmer*innen müssten alle im Zweifel zur Arbeit gehen. Sie dürften sich gar nicht schützen, indem sie im Homeoffice bleiben, wenn der Arbeitgeber das nicht möchte. Das heißt: Die Vorschriften bedeuten auch die Ermöglichung des Schutzes von Menschen, die nicht selbst entscheiden können, ob sie im Homeoffice arbeiten oder nicht, die nicht entscheiden können, wie sie sich schützen. Das ist ein Machtproblem. Das ist für mich die Frage von Macht. Wer entscheidet darüber, wie die Arbeitsbedingungen sind?

⁷ Siehe Anm. 1.

Wer entscheidet darüber, wie gut man sich schützen kann? Ich denke, da hat der Staat definitiv eine Rolle zu spielen, gerade diejenigen zu schützen, die prekärer beschäftigt sind. Armut ist das A und O. Die Infektionswahrscheinlichkeit ärmerer Leute liegt um den Faktor vier höher, wie in England nachgewiesen wurde. In Deutschland haben wir diese Daten nicht.

Frage: Ich möchte das anhand meiner eigenen Situation bestätigen. Ich habe letztens mit meinem Mann überlegt: Wie machen wir das, wenn die Infektionszahlen in Kiel hochgehen und wir unseren Sohn nicht mehr in die Krippe schicken aus Sorge, dass ich mich infizieren könnte? Denn ich bin wieder schwanger und dadurch eine Risikoperson. Ich darf mich ja nicht impfen lassen. Deshalb sind wir sehr froh, dass in Schleswig-Holstein etwas strengere Maßnahmen gelten und ab einer Inzidenz von 100 die Krippen geschlossen sind.

Antwort: Diese konkreten Familienaspekte kann ich gut nachvollziehen. Meine Familie hat sich ebenfalls die Inzidenzgrenze von 80 bzw. 100 gesetzt für den Besuch der Kinder im Kindergarten. Wir organisieren das mit einer Partnerfamilie. Das bedeutet: Vier Elternteile auf fünf Wochentage. Jeder hat eineinviertel Tage Betreuung. Morgen bin ich wieder komplett offline, das ist mein Betreuungstag. Ich arbeite genug Stunden an allen anderen Tagen, weil sowieso immer etwas liegen bleibt. Das ist die von uns getroffene Entscheidung. Hier in Göttingen wird nicht zugemacht. Wie wir die Kinderbetreuung regeln, ist unsere Entscheidung. Wir können aber nur so handeln, weil wir flexible Arbeitszeiten haben und weil wir fast alle im Homeoffice arbeiten können. Bei dem Vater unserer Partnerfamilie ist der Arbeitgeber nicht für Homeoffice. Der nimmt also einmal pro Woche einen Urlaubstag dafür. Das ist Okay, es geht aber von seinem Urlaub ab. Ich als Wissenschaftlerin habe meinem Arbeitgeber gesagt, dass ich montags bis donnerstags sowie samstags arbeite. Das wurde akzeptiert.

Frage: Gibt es eine wissenschaftsbasierte Einschätzung darüber, wie sich ein harter Lockdown im Herbst 2020 ökonomisch ausgewirkt hätte? Oder anders gefragt: Wäre ein harter Lockdown mittel- bis langfristig vielleicht die billigere Alternative gewesen? Gibt es dazu irgendeine Abschätzung?

Antwort: Clemens Fuest vom Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München (ifo) hat dazu geforscht. Demnach waren die allermeisten Bereiche der Wirtschaft, nämlich 90 bis 92 Prozent, nicht betroffen von den Einschränkungen, einschließlich der Lockdowns. Die Unternehmen haben eine gute Auftragslage, für die meisten Arbeitnehmer*innen änderte sich fast gar nichts. Die betroffenen Bereiche kennen wir alle: Kultur, Gastronomie, Einzelhandel, Tourismus. Sie bekommen zu einem gewissen Grad Hilfen. Die wirtschaftlichen Auswirkungen sind aber nicht mein Spezialgebiet, da würde ich auf Clemens Fuest und seine Publikationen verweisen.⁸ Insgesamt ist der Grundton

⁸ Webseite des ifo Instituts: <https://www.ifo.de/> (letzter Zugriff: 10.5.2022).

folgender: Der Lockdown ist teuer. Er kostet mehrere Milliarden Euro. Ich meine, alleine die Mercedes-Benz Group AG hat 700 Millionen Euro Kurzarbeitergeld erhalten – viel Geld, das summiert sich, und das ist nur Mercedes. Es ist also sehr teuer. Hätten wir vermocht, die Inzidenzzahlen zu reduzieren und dann niedrig zu halten, hätte es keine Notwendigkeit für weitere Lockdowns gegeben. Wahrscheinlich hätten wir aber trotzdem irgendwann die Restaurants und den Einzelhandel schließen müssen – das ist schwer abzuschätzen. Es hätte mit dem Winter oder spätestens mit der B.117- oder neueren Varianten erforderlich werden können. Gerade in Innenräumen kommt es zu vielen Infektionen. Und im Winter hatten wir auch noch keine Tests. Wir haben ja gerade erst seit zwei, drei Wochen überhaupt genug Tests. Das Problem im November und Dezember 2020 sowie im Januar 2021 bestand in Deutschland mithin auch im Test-Mangel auf dem Markt. Tests bringen uns in eine bessere Situation. Und ohne die B.117-Variante hätten wir es noch einmal um 30 bis 40 Prozent leichter gehabt. Das entspricht dem Unterschied zwischen ›Schulen offen‹ und ›Schulen geschlossen‹. Warum hat man das B.117-Virus nicht an den Grenzen aufgehalten? Im Dezember 2020 haben mich Kolleg*innen aus England angerufen und gesagt: Tut etwas, tut euch das nicht an. Seht zu, dass ihr die Ausbreitung der B.117-Variante verlangsamt. Wir haben es verlangsamt. Wir haben sie erst drei Monate später bekommen. Erst im März 2021 hat die Variante deutlich überhandgenommen. Drei Monate Verzögerung ist nicht schlecht, aber man hätte auch noch einen Monat oder zwei Monate mehr verzögern und dann auf die Saisonalität und vor allen Dingen das Impfen hoffen können, das jetzt deutlich Fahrt aufnimmt.

Frage: Wie lange dauert ein Modellaufbau? Ich kenne es aus der Perspektive der Attributionsforschung. Da gab es eine instantane Modellierung, wie es sie bei Extremwetterereignissen gibt, um innerhalb von ein paar Tagen Aussagen zu treffen. Wie funktioniert so ein wissenschaftlicher Prozess, dass man euren Daten und dem, was ihr modelliert, trauen kann?

Antwort: Wie lange dauerte unsere Modellentwicklung? Das Laufen dieser ›Test-Trace-Isolate‹-Modelle (TTI) zum Beispiel kann man fast als instantan bezeichnen, weil es Differenzialgleichungen sind, gekoppelte Differenzialgleichungen. Wir haben sogar eine Webseite, auf der man die Parameter selbst einstellen kann. Man könnte sich sogar interaktiv die Kurven anzeigen lassen. Das ist aber nur die Frage nach der Dauer des Rechnens. Der Entwicklungsprozess basiert auf intensiven und vielfältigen Diskussionen in unserer Gruppe, insbesondere dazu, was gute und realistische Parameter sind, oder was man intuitiv über mögliche Ergebnisse denkt. Ich hätte zum Beispiel nicht abschätzen können, wie viel die ›Test-Trace-Isolate‹-Methode bringen wird. Man geht dann Parameter für Parameter einzeln durch und fragt die zuständigen Gesundheitsämter (ich habe inzwischen viele Telefonnummern), die Virologen, die Mediziner, die wissen, wie gut der eine oder andere Impfstoff wirkt. Ich habe internationale Kontakte. Mit diesen Informationen ver suche ich, die Parameter so gut wie möglich zu fixieren. Das ist der Hauptteil der Arbeit: Erst entscheiden, welche Parameter wir im gut entworfenen Modell brauchen, dann die

Parameter festlegen. So gibt es zum Beispiel einen Parameter beim Modell zum Impfen, der eine gewisse Unsicherheit enthält, nämlich die Frage, wie wahrscheinlich es tatsächlich ist, einen schweren Verlauf zu haben, wenn man geimpft oder bereits infiziert war. Die Mediziner sagen alle: Eine Zweitinfektion verläuft wahrscheinlich milder. Aber sie können keine echten quantitativen Angaben machen. Und sie können auch nicht sagen, ob der ›milde‹ Verlauf trotzdem noch schlimmer als bei einer Influenza-Infektion ist. COVID-19 ist nach Schätzungen ungefähr sieben Mal schlimmer als die Grippe. Ist eine Reinfektion danach immer noch schlimmer als die Grippe oder nicht? Was ist mit den sich nähernden ›Escape-Varianten‹? Auch da haben wir große Unsicherheiten in den Parametern, z.B. bei den Reinfektionen. Wie ist hier das Risiko, zu sterben, oder für einen schweren Verlauf? Ist es bei Reinfektion anders als bei Erstinfektion mit dem Ursprungsvirus? Das versucht man bei Expert*innen und den zuständigen Personen herauszubekommen. Hierzu werden viele Kolleg*innen konsultiert, bevor ich es akzeptiere und dokumentiere. Derzeit werden viele unserer Forschungsergebnisse den Medien mitgeteilt, bevor sie überhaupt begutachtet sind. Wir stellen sie auf Preprint-Server (z. B. [medRxiv.org](https://medrxiv.org)), schicken sie aber trotzdem erst einmal zu Kolleg*innen, die ich schätze und für kritisch halte, damit ich ein erstes Feedback bekomme und nicht völlig daneben liege mit den Modellen. Inzwischen sind viele unserer Modelle auch begutachtet. Die ›Test-Trace‹-Publikation ist über *Nature Communications* (s. Abb. 4) auch veröffentlicht. Sie hat sehr positive Reviews erhalten. Wir haben uns über die Akzeptanz dieses Papers und die positiven Rückmeldungen von weiteren Artikel sehr gefreut.

Frage: Diese ›Test-Trace-Isolate‹-Grundlage habt ihr in eurem Modell drin, wie es im Realen durchgeführt wird – aktuell auch in Deutschland. Das konntet ihr für die Vergangenheit beobachten und es wären auch Abschätzungen zur Zukunft möglich. Oder heißt es, dass die TTI-Maßnahmen eventuell noch nicht so effektiv sind wie im Modell, das noch eine größere Unsicherheit herrscht, weil man einen dynamischen Prozess hat?

Antwort: Wir haben das TTI-Modell nicht an die Daten in Deutschland angepasst. Das hätten wir machen können, man hätte dann aber ein vollständiges Modell erstellen müssen mit TTI, mit den sonstigen getroffenen Maßnahmen, mit einem möglichen Influx, z.B. Reisetätigkeiten ins Ausland, und so weiter, um das gesamte Modell wirklich komplett mit den vorhandenen Daten abzugleichen. Das haben wir nicht gemacht. Wir haben in dem TTI-Paper vorhergesagt, was im Herbst kam: Wenn die Fallzahlen hochgehen, gibt es einen Kippunkt, dann geht es schneller als exponentiell. Als Angela Merkel damals ausrechnete – vielleicht erinnert ihr euch –, dass wir zu Weihnachten 20.000 Fälle haben werden, ist sie dafür auseinandergenommen worden. Da haben wir gesagt: Wenn das so weiter geht, dann wird es nicht bei einem R-Wert von 1,05 und einer Verdoppelung der Zahlen jeden Monat bleiben – das hatte sie angenommen, einfach nur durch Extrapolation –, sondern dann geht das schneller – um wieviel, konnten wir grob abschätzen. Was mich gewundert hat: Ich dachte, wenn der Kippunkt da ist, flöge uns die Krise komplett um die Ohren. Dann habe man einen extrem hohen R-Wert. Doch der R-Wert stieg nur von 1,1 auf etwa 1,3, weil

wir noch immer testen, weil immer noch bestimmte Maßnahmen da sind. Das haben wir auch im Herbst gesehen. In dieser Hinsicht passte das quantitativ sogar gut.

Frage: Ich bin Mediziner und frage mich beim Thema Saisonalität, was das ist. Wie kann man sie modellieren? Wir sehen, dass in Indien, Brasilien oder auch in anderen, warmen Regionen, wo sich die Leute sowieso ziemlich viel draußen aufhalten, die Infektionszahlen sehr hoch sind. Wenn in Deutschland die Sonne scheint und wir dann in Kiel irgendwie auch mal rausgehen, bläst der Wind und die Aerosole sind weg. Aber ist es die Frage des Draußen-seins und der Ansteckungsgefahr in Innenräumen, die dabei eine Rolle spielt? Was spielt für Sie und bei Ihren Berechnungen beim Begriff Saisonalität des Infektionsgeschehens eine Rolle?

Antwort: Unter Saisonalität fassen wir erst einmal alles zusammen, was im weiteren Sinne temperaturabhängig ist – vom Winter- oder Sommerzyklus. Das Immunsystem ist etwas besser dran im Sommer, die Schleimhäute sind im Sommer weniger belastet wegen der wärmeren Temperaturen und der höheren Luftfeuchtigkeit. So verstehe ich die medizinischen Hintergründe. Die Schleimhäute bilden eine bessere Barriere. Aber das ist erst einmal nur die Physiologie. Gleichzeitig ist so, dass wir im Sommer mehr lüften. Ab 25 Grad Celsius sind die Fenster typischerweise offen. Man trifft sich eher draußen. Das alles trägt ebenfalls zur Saisonalität bei. Was bei uns zudem (negativ) zur Saisonalität beiträgt, ist, dass man sich im Sommer tendenziell mehr und in größeren Gruppen trifft. Der Effekt beträgt rund 20, vielleicht 30 Prozent. Dazu gibt es relativ viele Studien, die sich das unabhängig angeschaut haben. Um dies ins Verhältnis zu setzen, nehmen wir einen R-Wert von eins. Dieser R-Wert ist durch B.117 um 30 bis 40 Prozent erhöht worden. Dies bedeutet, dass die Saisonalität weniger stark ist als die neue Variante. Die kompletten Schulschließungen sowie die Uni-Schließungen im Frühjahr haben 40 Prozent gebracht, die Saisonalität eher 20 bis 30 Prozent. Die Schulschließungen in der zweiten Welle haben wahrscheinlich eher um 10, 15, vielleicht 20 Prozent gebracht. Saisonalität heißt somit ›Schulen offen‹ oder ›Schulen zu‹. Das hilft vielleicht bei der Vorstellung der Größenordnung. Wenn ich 20 Prozent sage, heißt dies, dass die Saisonalität es uns abnimmt, 20 von 100 Infektionen in den Kontakten zu vermeiden. 20 Prozent heißt wirklich 20 von 100 zusätzliche Infektionen bzw. vermiedene Infektionen – je nachdem, ob es Winter oder Sommer ist.

Frage: Weiter zu sozialetischen Fragen. Dazu ein Kommentar aus dem Auditorium: Ich möchte gerne der Wissenschaft folgen. Aber derzeit gibt es auch Wissenschaftler*innen, die dem Wissenschafts-Mainstream widersprechen. Ein Beispiel wäre hier Doktor Sucharit Bhakdi. Wie ist denn das einzuordnen?

Antwort: Das ist eine total wichtige Frage. Ich bin keine Wissenschaftstheoretikerin und kenne Herrn Bhakdi nicht persönlich. Den kenne ich seit Anfang der Pandemie nur von YouTube, weil Freunde mir die Links geschickt haben. Dr. Bhakdi macht sehr gut verständliche Vorträge. Ich weiß nicht, wer von Ihnen die auch gesehen hat. Er argumentiert folgendermaßen – und seine Argumente sind nicht uninteressant: COVID ist tödlich, wie er

anerkennt. Nehme man nun an, dass ca. ein Prozent der Bevölkerung an COVID stirbt – das wäre eine Größenordnung, die auch für Deutschland stimmen würde – und nehme man an, dass sich eine Millionen Menschen in Deutschland infizieren würden, bedeutete das 10.000 Todesfälle. Im Gegensatz zu den 30.000, 40.000, 50.000 Influenza-Todesfällen im Jahr sei das relativ wenig. Es gebe also weniger Corona-Tote als Influenza-Tote im letzten Jahr. Aber wer legt fest, dass diese Pandemie bei einer Million infizierter Menschen stoppt? Das sind die kleinen Haken, die den Bezugsrahmen plötzlich ändern. Niemand sagt, dass die Coronavirus-Pandemie bei einer Million stoppt. Ich weiß nicht genau, wie ich Herrn Bhakdi in diesem Zusammenhang bezeichnen soll.

Ich weiß nicht, wer von Ihnen gemerkt hat, dass ich den Bezugsrahmen geändert habe. Ich sage das vielleicht mal relativ deutlich: Es gab eine Stellungnahme, die insgesamt sehr bedachtsam war und gute Zahlen zusammengebracht hat, und zwar von der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie (Kinderinfektiologie).⁹ Die Kinderinfektiologen haben sich die Zahlen genau angeschaut und gesagt: Kinder sind sehr wenig betroffen. Das stimmt: Kinder haben eine sehr geringe Sterbewahrscheinlichkeit. Diese liegt in der Größenordnung von zehn Kindern, die im letzten Jahr mit oder an COVID-19 gestorben sind. Dann haben sie das noch auseinandergenommen und sagen: Bei etwa acht dieser Kinder waren vier oder drei vorher sehr stark erkrankt an anderen, zusätzlichen Krankheiten. Die sind also eher mit und die anderen an COVID-19 gestorben. Vier oder acht, das ist nicht viel. Dann haben die Kinderinfektiolog*innen das ins Verhältnis zu den 14 Millionen Kindern und Jugendlichen, die es in Deutschland in etwa gibt, gesetzt und rechnen eine Prozentzahl aus. Das Problem ist: Es waren nicht alle 14 Millionen Kinder infiziert, sondern wahrscheinlich nur zehn Prozent davon, nämlich 1,4. Damit ist der Prozentsatz, der in der Stellungnahme berichtet wird, leider um den Faktor zehn falsch. Sie rechnen ihre Zahlen klein. Was sie indirekt sagen, ist: Im letzten Jahr war die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kind an COVID-19 verstirbt, Null Komma Null (viele Nullen), also, vier von 14 Millionen. Fairer wäre anzugeben, dass vier von etwa 1,4 Millionen infizierten Kindern verstorben ist. Der Faktor zehn macht einen Unterschied. Die setzen den Wert nämlich danach ins Verhältnis zu Kindern, die bei Verkehrsunfällen und durch Ertrinken sterben, um ein Gefühl für die Größenordnung zu vermitteln. Dann macht es einen Unterschied, ob man da zehn Mal mehr Kinder erwartet, die sterben werden, wenn wir die Pandemie komplett durchlaufen lassen oder nicht. Ich verstehe gut, dass es sehr schwierig ist, das nachzuvollziehen, wenn man nicht wirklich jedes einzelne Argument nachrechnet. Der Wechsel des Bezugsrahmens ist bei statistischen Angaben aber leider relativ typisch. Ich will diese Stellungnahme gar nicht groß kritisieren. Es stehen viele richtige, gute Informationen darin. Die Kritik richtet sich nur auf die drei Zahlen, bei denen die Prozentzahlen angegeben sind. Dann setzt man das ins Verhältnis zu Influenza und sagt: An Influenza sind in dem und dem Jahr auch so und so

9 Stellungnahme von DGPI und DGKH zu Hospitalisierung und Sterblichkeit von COVID-19 bei Kindern in Deutschland. Korrigierte Version (21.4.2021). https://dmpi.de/wp-content/uploads/2021/04/Mortalitaet-Kinder-21_04_2021_korr.pdf (letzter Zugriff: 10.5.2022).

viele Menschen gestorben. Und dann stellt sich die Frage auch bei der Influenza: Wie viele Kinder haben eine Influenza-Infektion bekommen in jenem Jahr? Waren das 30 oder zehn oder fünf Prozent? Es wäre fair, auch diese Zahlen ins Verhältnis zu setzen.

Frage: Kurz zusammengefasst: Es ist wichtig, genau hinzuschauen und der Wissenschaft zu folgen, auf die Wissenschaft zu hören. Aber man muss auch noch seinen eigenen Verstand bemühen und versuchen, solche Verhältnismäßigkeiten zu sehen.

Antwort: Nach allgemeinem Konsens in der Wissenschaft sollte man nicht mit Worten wie richtig oder falsch argumentieren. Ich höre immer wieder Aussagen wie: Die Wahrheit liegt irgendwo dazwischen – irgendwo zwischen vielleicht Herrn Bhakdi und mir. Die Wahrheit liegt aber nicht irgendwo zwischen Herrn Bhakdi und mir. Herr Bhakdi hat einige richtige Aspekte benannt. Der andere Teil ist: Ich bin beeindruckt vom Wissenschaftsjournalismus, den wir hier in Deutschland haben. Viele Zeitungen (u. a. *Die Zeit*, die *Süddeutsche Zeitung*, die *Frankfurter Allgemeine Zeitung* oder auch *Die Welt*) haben einen sehr guten Wissenschaftsjournalismus. Viele Radiosender (z. B. der *Deutschlandfunk*), viele Fernsehsender haben sehr gute Wissenschaftsjournalist*innen, die mit Wissenschaftler*innen wie mir sprechen, Interviews machen und versuchen, das Besprochene möglichst allgemeinverständlich aufzuschreiben. Die Inhalte, die dort entstehen, bekommen wir als Wissenschaftler*innen wieder zugesandt, damit wir schauen können, ob wir mit den Abschnitten, in denen wir vorkommen *d'accord* sind. Viele Berichte sind also auch von Wissenschaftler*innen selbst begutachtet. Das Wissen, das die Wissenschaftsjournalist*innen haben, reicht zwar nicht immer bis ins Feuilleton oder andere Bereiche der Medien hinein. Teilweise wird dort auf Fakten oder Annahmen zurückgegriffen, die am Rande dessen liegen, was die Wissenschaft für realistisch hält. Aber ich würde sagen, dass die Wissenschaftsjournalisten über COVID fast den besseren oder breiteren Überblick haben als wir. Die können sich den ganzen Tag damit beschäftigen. Ich muss auch noch meine Forschungen in meinem Spezialgebiet vorantreiben.

Frage: Kann man Aussagen über länderspezifisch besonders erfolgreiche Strategien treffen? Als Beispiele: In Indien ist das Klima anders als hier bei uns. Wie wird in Taiwan geimpft, oder gehen die Fallzahlen dort eher durch rigorose Isolierung von Infizierten zurück? Können wir etwas von anderen Ländern lernen? Kann man das überhaupt auf uns übertragen?

Antwort: Dies ist ein sehr weites Feld, das sind spannende Fragen, die man überhaupt nicht kurz beantworten kann. Man sieht, dass viele der lateinamerikanischen Länder, aber auch die USA, relativ wenig behördliche Einschränkungen gemacht haben, weil sie sich das aus sozialen Gründen oft nicht haben leisten können. Die Menschen müssen dort zum Beispiel einfach raus, um arbeiten zu gehen. Insgesamt haben viele dieser Länder relativ hohe Fallzahlen. In Asien gibt es aber auch einige Länder, die SARS-Erfahrungen hatten, mit SARS-CoV-1. Die haben relativ vorsichtig reagiert, um die Fallzahlen niedrig zu halten. In Taiwan wurden die Fallzahlen zum Beispiel sehr niedrig gehalten.

Lässt sich das übertragen? Ich denke einige Maßnahmen liegen immer klar auf der Hand. Aber genau zu definieren, warum Taiwan so viel erfolgreicher ist, ist schwer zu sagen, weil man es nicht kausal angeben kann. Deren ›Tracing-App‹ ist besser als die in Deutschland, deren Quarantäne wird relativ rigoros kontrolliert. Die haben die Möglichkeit, ihre Grenzen zu kontrollieren, zumal Taiwan eine Insel ist. Europa hat aber auch inselartige Züge, wenn man es mal so nimmt: Die Grenzen sind hier *de facto* relativ dicht. Das heißt: Hätten wir uns als Europa zusammengetan beim Ziel der Niedriginzidenz, wären wir ein ganzes Stück weitergekommen. England hat auch momentan eine niedrige Inzidenz – es ist eine Insel. Wer weiß? Vielleicht nutzen sie die Chance.

Anders herum: Seit einem Jahr sagen wir, dass wir die Fallzahlen so niedrig wie möglich halten möchten, nehmen dabei indes hin, dass wir offene Grenzen und Nachbarländer haben und dadurch immer wieder Infektionen reinkommen. Die absolute Null ist so schwer zu erreichen. Aber die Niedriginzidenz, die Kontrolle, sollte man gut erreichen können. Je mehr europäische Länder das machen, desto mehr profitiert jedes einzelne Land, weil man nicht mehr so viele Fälle von außen bekommt. Inzwischen bin ich diesbezüglich jedoch persönlich desillusioniert. Nur ein, zwei Länder in Europa machen das zumindest relativ erfolgreich: Norwegen und Finnland – trotz Schweden in der Mitte mit den relativ hohen Fallzahlen. Ich weiß es nicht, ist die kurze Antwort.

Frage: Zu Taiwan meine ich gehört zu haben, dort seien nur sehr wenige Menschen geimpft. Die niedrige Infektions-Inzidenz erreichen sie hauptsächlich über rigorose Isolierung von Infizierten und von Leuten, die ins Land einreisen. Da gibt es auch einen großen gesellschaftlichen Druck und eine Verantwortung, weil sie aus der SARS-Pandemie gelernt haben.

Antwort: Auch Neuseeland und Australien haben bei der Einreise eine rigorose Quarantäne. Wenn ein Ausbruch irgendwie lokal passierte, mussten die Menschen nochmals einige Wochen in den Lockdown in dieser Region. Auch in China ist das so, dass wenn irgendwo wieder Virusinfektionen lokal auftreten, versucht wird, diese relativ rigoros einzudämmen. Im Zweifel sind dann zehn Millionen Menschen für zwei, drei Wochen in Quarantäne, bis sie einmal durchgetestet sind – einfach, weil sie nicht riskieren wollen, dass die Pandemie wieder aufflammt. Ich weiß nicht, ob Taiwan impft oder nicht. Ich weiß aber, dass die anderen Länder mit niedrigen Inzidenzen planen zu impfen und es auch schon tun.

Frage: Welche Bedeutung hat die Schule für den weiteren Verlauf? Was wird von Ihrem Team prognostiziert? Ein/e Zuschauer*in erwartet, dass Deutschland mit einer Inzidenz von über 100 in die Sommerferien starten wird. Eine andere Person aus dem Auditorium fragt, inwiefern regional unterschiedliche Handhabungen überhaupt wissenschaftlich vertretbar seien? Hier in Deutschland gibt es ja für jedes Land eine eigene Schulpolitik.

Antwort: Bei der Frage, wie lokal man Maßnahmen umsetzen kann, würde ich antworten, dass man bei Schulen und Kitas absolut lokale Regelungen treffen kann. Es gibt keinen Kita- oder Schultourismus, um es mal so zu sagen. Zur Schließung oder Öffnung von

Restaurants und Geschäften: Wenn man sie in dem einen Landkreis schließt, fahren die Menschen im Zweifel in den Nachbarlandkreis. Dann hat man die Einschleppung von Fällen über die Grenzen. Das heißt: Manche Maßnahmen lassen sich sehr gut lokal anpassen, manche weniger. Göttingen zum Beispiel hat durchgehend relativ niedrige Inzidenzen gehabt im Verhältnis zu vielen anderen Nachbarlandkreisen. Der Nachbarlandkreis Eichsfeld hat tendenziell deutlich höhere Inzidenzen. Da gibt es wenig Gründe, die Schulen und Kindergärten denselben Regelungen zu unterwerfen.

Welchen Einfluss spielen die Schulen bei der Ausbreitung des Virus? Ich selber habe dazu keine Daten erhoben. Es gibt aber eine sehr schöne Studie von René Gottschalk, dem Leiter des Gesundheitsamts in Frankfurt am Main.¹⁰ Der hat untersucht, wie viele Personen von einem infizierten Schüler oder einer infizierten Schülerin infiziert werden. Das sind im Schnitt 0,6 bis 0,8, also eher 0,8 bei der neuen Virusvariante. Vorher war es weniger, das war aber vor dem Testen. Man kann nun sagen: 0,8, das entspricht einem R-Wert unter eins. Eine Person infiziert im Schnitt 0,8 andere Personen in den Schulen. Aber es gibt noch die Haushalte. Die Kinder leben nicht in Einzelhaushalten, sie sind Teil einer Familie. Und in der Familie leben Geschwisterkinder. In den Familien kann man die Infektion nicht stoppen. Das heißt: Die Haushalte sind Ausbreitungsorte einer Infektion. Da hat man Kontakte, das wird man auch nicht ändern. Man muss also schauen, dass das Virus nicht von Haushalt zu Haushalt übertragen wird. Und wie kommt es von meinem Haushalt zum anderen? Klar, über die Schulen, über die Kindergärten, über den Beruf und über andere Bereiche. Ich habe mal auf Twitter eine total informelle, nicht-repräsentative Umfrage gemacht, weil ich wissen wollte, wo sich die Menschen anstecken. Ich habe gefragt, wo sich die Infizierten in meinem Freundeskreis angesteckt haben. Die Antworten waren: am Arbeitsplatz, relativ dicht gefolgt von Schulen bzw. Kindergärten. Erst danach kamen die privaten Kontakte. Insofern scheinen Schulen und Kindergärten zur Ausbreitung beizutragen. Nun haben wir aber die Schnelltests. Ich kann nicht sagen, wie viel das genau bringt. Das hängt von der Sensitivität ab. Aus Österreich gibt es eine Studie, die sagt, dass nur einer von vier Fällen bei Kindern mit den Schnelltests entdeckt wird – zumindest einer von vier PCR-positiven Fällen. Aber das heißt nicht, dass die nicht irgendwie beim zweiten Test in der Woche entdeckt werden würden oder bei einem anderen, so dass man die Infektionskette entdeckt und es schafft, sie zu bremsen. Den wahren Effekt in der Realität abzuschätzen, ist total schwierig. Aber nehmen wir mal an, dass die Schnelltests die Infektionen in der Schule vielleicht halbieren oder zumindest um 30 Prozent reduzieren. Das wäre gut. Tests würden dann hoffentlich so viel bringen, wie die Klassen zu halbieren.

Werden wir mit einer 100er-Inzidenz in die Sommerferien gehen? 100er-Inzidenz des Landkreises oder 100er-Inzidenz unter den Kindern und Jugendlichen? Die Älteren wer-

10 Ursel Heudorf, René Gottschalk: The Risk of Asymptomatic and Symptomatic COVID-19 Infection Among School-teachers and Day-Care Workers Compared to Hospital and Nursing-Home Staff, in: Dtsch Arztebl Int 118,12 (2021). <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2021.0170>; Dies.: SARS-CoV-2 und die Schulen – Was sagen die Daten?, in: Hessisches Ärzteblatt 6 (2021). https://www.laekh.de/fileadmin/user_upload/Aktuelles/2021/Aktuelles_2021_05_06_Heudorf_Gottschalk.pdf (letzter Zugriff: 10.5.2022).

den dann ja mehr und mehr geimpft sein. Das heißt: Die Inzidenz konzentriert sich auf die jüngeren Personen. Ich prognostiziere, dass die Inzidenz in den nächsten drei, vier, fünf Wochen wegen des Impffortschritts deutlich runtergehen wird, wenn wir das nicht ›wegfeiern‹, nicht zu schnell lockern, uns diesen Rückenwind abnehmen lassen. Ob die Inzidenzen dann wieder hochgehen? Es gibt diese soziale Dynamik, dass, wenn die Inzidenzen niedrig sind, jeder alles lockern möchte. Dann werden die großen Feiern nachgeholt etc. Wie schnell das die Inzidenzen wieder hochbringt, müssen wir sehen, auch hinsichtlich der ›Escape-Varianten‹. Es ist stochastisch, was passiert oder nicht.

Frage: Die Zahl der Zuhörer*innen in dieser Ringvorlesung beträgt jetzt immer noch fast 200, was das Interesse illustriert. Wir können nicht alle Fragen anbringen, vielleicht aber das bereits angesprochene Thema der Virusmutationen – die verschiedenen Varianten aus Großbritannien, Brasilien oder Indien. Die sind auf dem Vormarsch. Wie gut oder wie genau können die Mutationen wirklich berücksichtigt werden? Wie viel Unsicherheit birgt das Modell, wenn man das auf die Zukunft projiziert?

Antwort: Wir haben wirklich keine Chance, genau vorherzusagen zu können, was in Zukunft an Virusmutationen kommen und wie die Wirkung sein wird. Wir wissen nicht einmal für die indische Variante genau, wie viel ansteckender sie ist, wie ansteckend sie für immune, für ›immunologisch naive‹, oder möglicherweise auch für geimpfte Personen ist. Ein weiteres Problem ist, dass wir verschiedene Varianten hier in Deutschland haben. Gerade die südafrikanische und die brasilianische Variante sind da, ebenso neue Crossover-Varianten. Angenommen, diese Varianten haben einen niedrigeren R-Wert als B.117 in einer ›naiven‹ Population. Was heißt das? Das ist vielleicht etwas für Physiker zum Mitdenken: B.117 geht runter dank des Impfens, gleichzeitig lockern wir dann Stück für Stück die Restriktionen. Irgendwann kommt der Kippunkt, an dem der R-Wert dieser anderen Varianten über eins sein wird, weil wir mehr Geimpfte haben, weil wir mehr Kontakte haben und mehr lockern, weil vielleicht auch Geimpfte mehr Kontakte haben, weil man geimpft nicht mehr Risikoperson ist. Dann kommt also der Punkt, an dem sich die neue Variante ausbreiten kann. Das könnte uns Probleme im Sommer machen; aber das ist eher eine qualitative Aussage. Ich kann nicht sagen, wo dieser Kippunkt liegt. Ich kann nur sagen, dass es mit den öffentlichen Lockerungen irgendwann so sein kann, dass die nicht so richtig erfolgreiche Variante dann einen Vorteil bekommt.

Frage: Wenn wir mit den aktuellen Fallzahlen weitermachen, wann wird nach Meinung eurer Arbeitsgruppe die Inzidenz unter 100 bzw. unter 50 sinken? Und zwar mit realistischen Annahmen, die sich mit dem demokratischen Prozess vereinbaren lassen. Wie lang wird also der Verlauf unter Berücksichtigung der Impfung sein?

Antwort: Das ist hochspekulativ. Wenn ich hier spekulativ etwas sage, dann denke ich an relativ deutliche Abnahmen. In den kommenden sechs Wochen (bis Mitte Juni 2021) sind wir hoffentlich unter 50, dann wird gelockert werden. Wie schnell wir lockern, das habe ich im letzten Sommer falsch eingeschätzt. Deswegen bin ich vorsichtig mit Vorhersagen

geworden. Das Problem dieses Sommers wird der ›Mindset‹ sein: Wir sind doch alle geimpft, das ist doch alles gar nicht mehr schlimm. Insofern bekommen wir eventuell aus diesem Grund neue Infektions-Inzidenzen. Dazu nur eine Überschlagsrechnung, einfach um zu verstehen, wie ich in dem Szenario denke. Angenommen, wir haben durch die Impfungen und alle Maßnahmen die Anzahl schwerer Verläufe auf den Intensivstationen um den Faktor vier reduziert. Wir wissen aber, dass auch geimpfte Personen einen schweren Verlauf haben können und manche Leute sich nicht impfen lassen. Andere hatten einfach schlichtweg noch kein Impfangebot im Juli und August. Nehmen wir also einmal an, dass wir die Zahl schwerer Verläufe effektiv um den Faktor vier reduziert haben. Das wäre nicht schlecht. Statt einer 20.000er-Inzidenz hätten wir dann eine 80.000er-Inzidenz, die die Intensivstationen füllen würde. Da kommen wir aber mit dem Testen, der Quarantäne nicht mehr hinterher. 80.000er-Inzidenz hört sich echt viel an pro Tag. Gleichwohl leben 80 Millionen Menschen in Deutschland, von denen nur ein Teil geimpft ist. Hochgerechnet bedeutet das: Wir hätten für 1000 Tage jeweils 80.000 Menschen, die sich infizieren könnten. Ich sehe daher keine Stabilität. Selbst bei einem realistischen Schutz vom Faktor vier und Reduktionen der schweren Fälle auf den Intensivstationen. Das begründet meine Empfehlung, dass wir die Inzidenz nicht unterschätzen sollten, wenn sie im Sommer steigt.

Frage: Noch einmal Fragen bezüglich des R-Werts oder der Inzidenzen. Was ist ein wirklich gutes Maß für die Erfassung der Erkrankten? Es wurde in der Vergangenheit viel darüber diskutiert, was die Vor- und Nachteile dieser verschiedenen Parameter sind. Sind aus den Göttinger Modellrechnungen auch gewisse Erkenntnisse dazu zu ziehen? Gibt es eventuell Nachteile der verwendeten Parameter, die so nicht vorhersehbar waren?

Antwort: Was ist ein guter Wert? Kurz gesagt: Die Inzidenz ist ein guter Wert. Daran schließt sich jedoch die Frage an: Was ist mein Ziel? Wenn ich nur das Ziel habe, die Intensivstationen vor Überlastung zu schützen, dann könnten wir uns theoretisch das Testen sparen und das ganze Reporting. Es ist klar, dazu bräuchte man nur auf die Intensivstationen zu schauen. Es stellt sich also immer die Frage, welches Ziel man erreichen möchte. Wir denken, dass die Inzidenz eine relativ gute Größe ist, weil man gut vorher sagen kann, wie sich die Fallzahlen entwickeln werden – im Krankenhaus und auf den Intensivstationen. Wir wissen inzwischen recht gut, dass die Dunkelziffer im Bereich zwei oder niedriger liegt. Den Faktor kann jeder noch selbst hinzurechnen.

Ich antworte hier auch mal auf eine von mir ausgewählte Frage aus dem Auditorium: Wie ist die ›Infections Fatality Rate‹ bestimmt worden? Da wir nur die ›Case Fatality Rate‹, also die Fallsterbewahrscheinlichkeit beobachten, ist das dann ein Henne-Ei-Problem. In aller Kürze zur Bestimmungs-Methodik: Man schaut altersabhängig, wie viele Menschen Antikörper haben, wie viele Menschen altersabhängig gestorben sind. Das hat man in sehr vielen verschiedenen Ländern gemacht und ein Verhältnis daraus gebildet. Darüber kennt man dann die Sterbewahrscheinlichkeiten in Folge einer Infektion – mit oder an COVID, das wird hier nicht unterschieden.

Frage: Zum Missbrauch von wissenschaftlichen Ergebnissen: Besteht die Verantwortung auch darin, Panikmache auf der Grundlage von Modellierungsergebnissen öffentlich einzuordnen? Dadurch werden auch unbegründete Ängste erzeugt oder widerlegt.

Antwort: Panikmache? Erstens: Wir stellen typischerweise verschiedene Szenarien dar im Sinne von: Wenn wir so weitermachen, dann passiert dies und jenes. Das kann man gut berechnen. Panikmache ist mir in einem Artikel vorgeworfen worden, gleichzeitig ebenso, dass ich bei der Herbstwelle die Anzahl der Toten nach meinen Berechnungen noch zwei, drei Wochen nach vorne extrapoliert und sie damit fast um einen Faktor zwei unterschätzt hätte. Ich verstehe nicht, wie das mit Panikmache zusammenpasst. Es war genau der Kippunkt, an dem die Inzidenzen noch einmal deutlich angezogen haben. Ich halte den Begriff Panikmache für einen, der politisch verwendet wird. Wenn man sich die Aussagen der meisten Wissenschaftler*innen, die ich kenne, anschaut, dann kenne ich niemanden, der Panik macht.

Frage: Letzte Frage: Inwiefern würden politische Forderungen nach schnelleren Initiativen zur Lockerung, wie sie z. B. von der FDP kommen, dazu führen, dass man ein oszillierendes Einpendeln um R gleich eins erreicht?

Antwort: Dann käme meiner Meinung nach Folgendes heraus: R gleich eins bedeutet erst einmal konstante Fallzahlen. Die Frage ist aber: Auf welchem Niveau? Wo ist der Set-Punkt, auf den wir uns einigen als Gesellschaft? Das ist sehr schwer vorherzusagen. Nehmen wir mal als Beispiel den Stufenplan. Da ist eine 165er-Inzidenz für die Schulen angegeben. Im ungünstigsten Fall führt das zu einem JoJo-Effekt: Man kommt über 165 und schließt die Schulen, man ist unter 165 und öffnet sie wieder, man kommt über 165 usw. So wird man nie in einen Bereich kommen, in dem die Fallzahlen nachhaltig sinken. Wir haben einen Blueprint gemacht für den Stufenplan, publiziert in der Wochenzeitung *Die Zeit*, auch in einer größeren Runde.¹¹ Da sind viele dieser Mechanismen aufgezeigt worden. Viele wurden auch umgesetzt, zum Beispiel nach den Öffnungsschritten zwei Wochen zu warten und sich den Effekt anzuschauen, bevor weiter geöffnet wird – immer, solange wir unter 50 sind. Das war die Grenze, die wir vorgeschlagen haben. Der politische Kompromiss hat daraus einen anderen Grenzwert gemacht – aus unserer Sicht absolut nicht sinnvoll.

Frage: Das unterstreicht noch einmal die Aussage, man sollte das so nicht machen. Sonst hat die Bevölkerung über eine längere Zeit als notwendig ein größeres Maß an Unsicherheit und den psychologischen Druck zu tragen.

Antwort: Ja. Ich denke, die Bevölkerung würde konsequente Regeln absolut akzeptieren. Wenn die Regierung sagt: Wir entscheiden uns, auf Eigenverantwortung zu setzen und das dann auch klar kommuniziert, dann weiß jeder, dass man sich entweder schützen kann oder nicht, je nachdem, wie privilegiert man bei seiner Arbeit oder in sonstigen Le-

11 Sandra Ciesek et al.: Eine Perspektive ohne Auf und Ab, in: *Die Zeit* 8 (17.2.2021, letzter Zugriff: 11.5.2022).

benssituationen ist. Schulpflicht ist aber Schulpflicht – manche Eltern können sich deswegen auch gar nicht schützen, selbst wenn sie es wollten. Wenn das jedoch klar kommuniziert wird, hätten wir die Selbstverantwortung als Maß. Andererseits sagt man, wir wollen klar zu einer Niedriginzidenz kommen. Wissenschaftlich wäre es eine spannende Sache, einen randomisierten Versuch zu machen: Wir nehmen lauter Landkreise, die mitmachen wollen und ordnet die einfach zu: Macht nochmal drei Wochen zu, damit wir mal sehen, ob das funktioniert, oder macht das Tübinger Modell, also kontrolliert drei Wochen auf. Danach tauschen wir. Wenn wir das auch noch auswürfeln dürften als Wissenschaftler*innen, wäre eine solche Konstellation relativ dicht dran an einer randomisierten Studie. Das Problem ist: Wer in dem Landkreis entscheidet denn überhaupt, ob man mitmacht? Die Begeisterung von den Menschen, mit denen ich spreche, ist groß, weil niemand im Grunde diesen Mittelweg weitergehen möchte. Die wollen lieber auf oder zu haben. Mit einer solchen (Versuchs-)Anordnung würden wir endlich mal zu Antworten kommen. Der Zuspruch ist relativ groß, weil wir so vielleicht aus dieser Lethargie herauskämen, aus diesem Gefühl, dass ›die da oben‹ gar nichts hinbekommen. Aber wer entscheidet das, ob ein Landkreis mitmacht? Wen spreche ich da an? Und was sagt die Ethikkommission dazu? Wir haben es wirklich nächtelang diskutiert unter uns in der Wissenschaft, als die Frage der Modellregionen akut war. Es scheint am Ende viel zu viele technische Probleme bei der Umsetzung zu geben

Abschluss: Wir haben zwei Stunden Viola Priesemann zuhören und fragen dürfen. Herzlichen Dank für den schönen Vortrag und für die ausführliche, offene Diskussion. Ich möchte hervorheben, dass Frau Priesemann wirklich unabhängig ist. Sie hat keinerlei Vorteile davon, dass eine von ihr vorgeschlagene Lösung angenommen wird, sondern sie geht als Wissenschaftlerin an diese Fragen unvoreingenommen heran. Zum Abschluss hat mich besonders das Szenario der niedrigen Fallzahlen beeindruckt. Ich fand es überzeugend, dass niedrige Fallzahlen nur Vorteile bedeuten. Ich habe die Illusion, dass die breite Mehrheit der Menschen das verstanden hätte, wenn es wirklich kommuniziert worden wäre. Diese Illusion hege ich auch für die Zukunft. Das heißt: Vielleicht sollte man noch mehr kommunizieren über diese Zusammenhänge: die Risiken und Nebenwirkungen der einen oder der anderen Lösung. So wie Konrad Ott vorhin sagte: Der (faule) Kompromiss ist offenbar in solch komplizierten Situationen nicht die Garantie für die beste Lösung.

Update Frühjahr 2022

Im Rückblick auf die ersten Jahre der Pandemie gibt es klar zwei Phasen: In der ersten Phase stand kein Impfstoff zur Verfügung, die Immunität in der Bevölkerung war gering und es war spätestens im Sommer 2020 wissenschaftlich absolut klar, dass die Intensivstationen mindestens 10-fach überbelegt würden, wenn die Ausbreitung von COVID nicht

ausreichend ausgebremst wird. In einer solchen Situation muss die Inzidenz stabilisiert werden – auf niedrigem Niveau mit minimaler Gesundheitsbelastung, oder auf hohem Niveau mit entsprechend hohen Kosten. In einer solche Situation ist es für die Gesundheit, Gesellschaft und Wirtschaft klar von Vorteil, die Inzidenz niedrig zu halten und dadurch die Kosten insgesamt zu minimieren.¹²

Die zweite Phase begann im Sommer 2021. Bis dahin hatten die meisten erwachsenen Personen in Deutschland die Möglichkeit, ein Impfangebot anzunehmen. Sehr viele Menschen haben sich entschieden, sich dadurch zu schützen. Mit einem Impfschutz ist eine Person etwa 10-mal besser gegen einen schweren Verlauf von COVID-19 geschützt – der genaue Wert hängt von Immunsystem, Zeit, Alter und weiteren Faktoren ab. In dieser zweiten Phase war die Güterabwägung weniger eindeutig: Es drohte vor allem wegen der Immunitätslücke, aber auch wegen der zu erwartenden Durchbruchinfektionen erneut eine Überlastung des Gesundheitssystems. Eine solche Überlastung trifft jede Person, die ins Krankenhaus muss. Und es stellt auch für das Personal eine immense Belastung dar. Wie stark soll eine Gesellschaft sich in einer solchen Situation einschränken? Diese Güterabwägung war wie gesagt weniger eindeutig als in der ersten Phase der Pandemie. De facto war das Immunitätslevel gerade so hoch, dass – wie von uns vorhergesagt – mit Hilfe einer schnellen Booster-Kampagne ein flächendeckender Lockdown vermieden werden konnte. Die Belastung für Gesundheitssystem und Gesellschaft war wegen der hohen Fallzahlen trotzdem immens.¹³ Im Sommer 2022 hat sich die Situation dank der hohen Immunisierung und zum Teil wegen der nun dominierenden Omikron-Variante des Virus entspannt. Gleichwohl infizieren sich selbst im Sommer täglich tausende Menschen mit COVID-19. Manche von ihnen haben einen schweren Verlauf, fallen für die Familie und Arbeit einige Tage oder gar Wochen aus oder leiden gar unter ›Long- oder ›Post COVID‹. Das ist eine erhebliche Belastung für jede einzelne betroffene Person, für die Gesellschaft, das Gesundheitssystem und auch für die Wirtschaft. Der Sprung dieses Corona-Virus auf den Menschen hat die Gesundheitssituation auf der Welt klar verschlechtert.

Ausgewählte Literatur

Bauer, S., Contreras, S., Dehning, J., Linden, M., Iftekhar, E., Mohr, S. B., [...] & Priesemann, V.: Relaxing restrictions at the pace of vaccination increases freedom and guards against further COVID-19 waves, in: *PLoS computational biology* 17,9 (2021), e1009288. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009288>.

Contreras, S., Dehning, J., Loidolt, M., Zierenberg, J., Spitzner, F. P., Urrea-Quintero, J. H., [...] & Priesemann, V.: The challenges of containing SARS-CoV-2 via test-trace-and-isolate, in: *Nature communications* 12,378 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20699-8>.

¹² Siehe hierzu die Stellungnahmen in Anm. 1.

¹³ Viola Priesemann et al.: Nachhaltige Strategien gegen die COVID-19-Pandemie in Deutschland im Winter 2021/2022, in: arXiv (10.11.2021). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.08000>.

- Contreras, S., Dehning, J., Mohr, S. B., Bauer, S., Spitzner, F. P., & Priesemann, V.: Low case numbers enable long-term stable pandemic control without lockdowns. *Science advances* 7,41 (2021), eabg2243. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg2243>.
- Czypionka, T., Iftekhar, E. N., Prainsack, B., Priesemann, V., Bauer, S., Valdez, A. C., [...] & Wilmes, P.: The benefits, costs and feasibility of a low incidence COVID-19 strategy, in: *The Lancet Regional Health – Europe* 13,100294 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100294>.
- Dehning, J., Zierenberg, J., Spitzner, F. P., Wibral, M., Neto, J. P., Wilczek, M., & Priesemann, V.: Inferring change points in the spread of COVID-19 reveals the effectiveness of interventions in: *Science*, 369,6500 (2020). <https://doi.org/10.1126/science.abb9789>.
- Dönges, P., Wagner, J., Contreras, S., Iftekhar, E., Bauer, S., Mohr, S. B., [...] & Priesemann, V.: Interplay Between Risk Perception, Behaviour, and COVID-19 Spread, in: *Frontiers in Physics* 10 (2021), 842180. <https://doi.org/10.3389/fphy.2022.842180>.
- Iftekhar, E. N., Priesemann, V., Balling, R., Bauer, S., Beutels, P., Valdez, A. C., [...] & Willeit, P.: A look into the future of the COVID-19 pandemic in Europe: an expert consultation. *The Lancet Regional Health – Europe* 8,100185 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100185>.
- Priesemann, V., Brinkmann, M. M., Ciesek, S., Cuschieri, S., Czypionka, T., Giordano, G., [...] & Szczurek, E.: Calling for pan-European commitment for rapid and sustained reduction in SARS-CoV-2 infections. *The Lancet* 397,10269 (2021), S. 92–93. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32625-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32625-8).
-

Autorin

Dr. Viola Priesemann 

Leiterin einer Max-Planck-Forschungsgruppe, Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen, viola.priesemann@ds.mpg.de, www.viola-priesemann.de

Viola Priesemann hat Physik an der TU Darmstadt studiert. Sie erforscht neuronale Netze und Informationsverarbeitung. Nach Aufenthalt in Frankreich (Paris) und den USA arbeitete sie am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt. Dort wurde sie 2013 promoviert mit einer Arbeit zur Ausbreitungsdynamik in neuronalen Netzen und der Rolle von Phasenübergängen für die Informationsverarbeitung. Seit 2015 ist Viola Priesemann Arbeitsgruppenleiterin am Göttinger Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation. Sie erforscht dort Ausbreitungsprozesse in komplexen Systemen der Informationsverbreitung von lebenden und künstlichen neuronalen Netzen. Mit dieser Arbeit hat sie bereits viele Preise gewonnen. Bekannt geworden ist Viola Priesemann der breiten Öffentlichkeit durch ihre *Science*-Publikation zur Effektivität verschiedener Maßnahmen der Coronavirus-Pandemie-Eindämmung sowie einer Reihe von Studien zur Wirksamkeit des Testens und des Impfens. Für ihre Öffentlichkeitsarbeit, genauso wie für ihre wegweisende Grundlagenforschung, ist sie vielfach geehrt worden. Unter anderem hat sie 2021 den Comunitas-Preis der Max-Planck-Gesellschaft erhalten, den Wissenschaftspreis Niedersachsen und den Dannie-Heinemann-Preis der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen. Viola Priesemann ist Mitglied des Excellenzclusters Multiscale Bioimaging, der Jungen Akademie und des ExpertInnenrats der Bundesregierung zur COVID-19-Pandemie.

Open Access

Der Beitrag ist unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International veröffentlicht. Den Vertragstext finden Sie unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>. Bitte beachten Sie, dass einzelne, entsprechend gekennzeichnete Teile des Beitrags von der genannten Lizenz ausgenommen sein bzw. anderen urheberrechtlichen Bedingungen unterliegen können.