



Donnerstag, 22. September 2022, 15:00 Uhr
~15 Minuten Lesezeit

Die Mathematisierung der Wissenschaft

Mathematische Simulationsmodelle bildeten die Grundlage für die Corona-Maßnahmen – wegen ihres Objektivitätsanspruchs wurden sie kaum hinterfragt.

von Wolfram Rost
Foto: Alexander Supertramp/Shutterstock.com

Innerhalb von nur wenigen Tagen kam es im März 2020 zu einer tiefgreifenden und nachhaltigen Veränderung des gesamten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens der Bundesrepublik Deutschland. Eine Reihe elementarer demokratischer Grundrechte und Freiheiten wurden auf administrativem Wege außer Kraft gesetzt und die Wirtschaftsleistung des Landes heruntergefahren. Begründet wurde dies damit, dass die Bevölkerung vor einem tödlichen Virus geschützt werden müsse. Als

Grundlage und Maßstab für die Beschlüsse sollten allein die Erkenntnisse der Wissenschaft gelten. Eine besondere Rolle spielten dabei mathematische Modellrechnungen, die massive Ausbrüche von COVID-19 mit vielen Millionen von Todesopfern prophezeiten, wenn nicht sofort und energisch gehandelt würde. Der auf diese Weise von der Bundesregierung eingeleitete Lockdown wurde von allen im Bundestag vertretenen Parteien mitgetragen und traf innerhalb der in Angst versetzten Bevölkerung auf eine breite Zustimmung und ein gehorsames Mitmachen. Ein Hinterfragen der den politischen Entscheidungen zugrunde liegenden mathematischen Modelle und Prognosen im Hinblick auf möglicherweise vorhandene Interessenlagen bestimmter Gruppen oder wirtschaftlicher Bereiche der Gesellschaft fand öffentlich dagegen kaum statt.

Am 11. März 2020 erklärte die Weltgesundheitsorganisation

(WHO) die damals neu aufgetretene Viruserkrankung COVID-19 zur Pandemie. Weltweit waren bis dahin 4.373 Todesfälle im Zusammenhang mit der Erkrankung bekannt geworden. Das Robert Koch-Institut (RKI) schätzte „die Gefährdung für die Gesundheit der Bevölkerung in Deutschland“ zu diesem Zeitpunkt insgesamt aber noch als „mäßig“ ein (1).

Vier Tage später kündigte die damalige Bundeskanzlerin, Angela Merkel, eine Reihe von drastischen Einschränkungen des öffentlichen Lebens an, die zum Teil auch einen erheblichen Eingriff in die Grundrechte der Bürger darstellten (2).

Merkel sprach in diesem Zusammenhang von „Maßnahmen, die es in unserem Land so noch nicht gegeben hat, die natürlich einschneidend“, im Augenblick aber auch notwendig seien. Als Maßstab gelte dabei nicht, „was wir glauben“ oder „was wir jetzt machen wollen, sondern was uns die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sagen zu dem Thema“, betonte die Kanzlerin (3). Damit hatte Merkel bereits zu Beginn der Pandemie die Aussagen von Wissenschaftlern zum Maßstab des politischen Handelns erklärt.

Noch am gleichen Tag veröffentlichte das Imperial College London, eine der renommiertesten Universitäten der Welt, die Ergebnisse eines groß angelegten mathematischen Simulationsmodells über die zu erwartende Ausbreitung von COVID-19. Die Autoren der Studie, zu denen auch Wissenschaftler der WHO gehörten, spielten in ihrem Modell verschiedene Verlaufsszenarien der Krankheit durch und zeichneten dabei ein katastrophales Bild von der künftigen Entwicklung. So prognostizierten sie allein für die USA 2,2 Millionen Corona-Tote bis zum Herbst des laufenden Jahres, wenn die Regierungen nicht sofort tiefgreifende Maßnahmen zur Unterdrückung von COVID-19 ergreifen würden (4).

Inhalt und Anliegen der Londoner Studie erfuhren durch die großen Medien eine schnelle Verbreitung und meist auch eine wohlwollende Aufnahme. Einer von denen, die sofort reagierten, war der Berliner Virologe Christian Drosten.

In seinem am 18. März 2020 vom *Norddeutschen Rundfunk* (NDR) ausgestrahlten Podcast bezeichnete er die Studie als „eine der besten, die bisher verfügbar“ seien, und betonte, dass er – trotz eigener „Reserviertheiten gegen solche Modellierungen“ – an die Richtigkeit der prognostizierten Opferzahlen „glaube“. Zwar könne man bei solchen Modellrechnungen durchaus „auch skeptisch sein“, er selbst aber glaube daran, dass derart grobe Fehler, wie sie noch vor Jahren bei der Bewertung der Rinderseuche BSE aufgetreten

waren, von den heutigen Modellierungen nicht mehr zu erwarten seien.

Auffällig ist, welche große Bedeutung der Wissenschaftler Drost dem Glauben, in Hinsicht auf die Richtigkeit und Aussagekraft mathematischer Modelle über den Verlauf von Krankheiten, beimisst. Wenn es um die Eindämmung von COVID-19 gehe, müsse zudem aber auch ein Denken an „ungewöhnliche Optionen“ mit eingeschlossen werden, „wenn wir an diese Modellierungszahlen glauben. Und ich glaube schon an diese Zahlen“, so Drost (5).

Am 22. März 2020 befand sich Deutschland bereits im Lockdown. In nur wenigen Tagen waren die von Drost in Aussicht gestellten ungewöhnlichen Optionen zur gesellschaftlichen Realität geworden. Dabei wurde die Durchsetzung einer Reihe von freiheits- und grundrechtseinschränkenden Maßnahmen als zwingend notwendig erachtet und auf administrativem Wege umgehend durchgesetzt. Ging es doch darum, ein von der Wissenschaft als äußerst gefährlich erkanntes Virus zu bekämpfen und die Menschen vor Krankheit und Tod zu schützen.

Kritische Stimmen zu diesen Maßnahmen wurden unterdrückt und verächtlich gemacht, pauschal der Wissenschaftsfeindlichkeit und mangelnder Solidarität bezichtigt. Auf friedlichen Protest wurde zum Teil gewaltsam reagiert. Eine Vorgehensweise, die noch bis kurz zuvor als undenkbar gegolten hatte. Die wissenschaftlichen Grundlagen für dieses außergewöhnliche Szenario kamen jedoch weniger aus der medizinischen Wissenschaft, sondern vielmehr aus dem Bereich der Mathematik. Genauer gesagt: Sie kamen aus dem festen Glauben an die Zuverlässigkeit mathematischer Simulationsmodelle und dem dieser Überzeugung zugrunde liegenden Weltbild.

Die Mathematik als Sprache der Natur

Die Grundlagen der modernen westlichen Wissenschaft bildeten sich im 16. und 17. Jahrhundert heraus. Es begann sich ein Weltbild aufzulösen, das wesentlich auf den Grundsätzen des religiösen Glaubens und dessen Dogmen aufgebaut war. Für dieses Weltbild, das über einen sehr langen Zeitraum geherrscht hatte, galt von Anfang an die Erde als der unbestrittene Mittelpunkt des Universums, aber auch dem Menschen räumte es eine zentrale, über der Natur stehende Stellung in der Welt ein.

Mit den astronomischen Entdeckungen von Nikolaus Kopernikus – von 1473 bis 1543 – und Galileo Galilei – von 1564 bis 1641 – wurde die bis dahin festgefügte Weltordnung erstmals grundsätzlich infrage gestellt und in einigen ihrer wichtigsten Glaubensdogmen zutiefst erschüttert.

Für die Entwicklung der Wissenschaft bedeutete dies einen enormen Fortschritt. Allerdings konnte nun auch der Wahrheitsgehalt der unmittelbaren Anschauung sowie die Glaubwürdigkeit der Erfahrungen des Menschen bezweifelt werden, da diese sich ebenfalls als unfähig erwiesen hatten, solche Erscheinungen wie die Bewegung der Erde oder ihr Kreisen um die Sonne sinnlich direkt wahrzunehmen beziehungsweise richtig erkennen zu können.

Um aber dennoch zu exakten wissenschaftlichen Ergebnissen und zu einer richtigen, widerspruchsfreien Beschreibung der Welt zu kommen, musste eine Herangehensweise gefunden werden, mit der die individuellen Fehltritte der Menschen ausgeschlossen, zugleich aber die Objektivität der Erkenntnisse gesichert werden konnte. Auf diese Weise entstand ein neues Weltbild, das Spekulation und scheinbar feststehende Glaubenssätze nicht mehr als Grundlage der Wissenschaft anerkennen wollte. An dessen Stelle sollten

Objektivität, Experiment, gesicherte Erkenntnisse, exakte Beweisführung sowie eine unvoreingenommene Überprüfung der vorhandenen sowie der neu sich herausbildenden Theorien und Ansichten treten.

Eine wesentliche Rolle spielte dabei die Mathematik. Damit aber die Natur mathematisch exakt beschrieben werden konnte, musste man sich zwangsläufig auf solche Dinge konzentrieren, die sich überhaupt erst einmal messen und quantifizieren ließen. So wurde, vor allem seit Galilei, das Experiment in Verbindung mit der Mathematik zur grundlegenden und vorherrschenden Methode der wissenschaftlichen Forschung gemacht.

Galilei sah in Mathematik und Geometrie so etwas wie die Sprache der Natur und war bestrebt, die Welt mithilfe der Mathematik sowie in deren Formen und Begriffen zu beschreiben. Um die Welt zu begreifen, müsse man sie berechnen können, denn gesicherte Erkenntnis sei nur über Messungen zu erlangen. So werde man das Buch der Natur auch „nicht verstehen, wenn man nicht zuerst seine Sprache verstehen lernt und die Buchstaben kennt, in denen es geschrieben ist. Es ist in mathematischer Sprache geschrieben, und seine Buchstaben sind Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren; ohne diese Mittel ist es den Menschen unmöglich, ein Wort zu verstehen, irrt man in einem dunklen Labyrinth umher“, so Galilei.

Dabei hebt er vor allem die Existenz der mechanischen Eigenschaften in der Natur hervor und bezweifelt zugleich, dass es in ihr noch weitere Eigenschaften und Qualitäten geben könne. Deren objektive Realität stellt er grundsätzlich infrage, indem er betont, „dass Geschmack, Geruch, Farbe und so weiter für das Objekt, in dem sie zu wohnen scheinen, nichts anderes als reine Namen sind und ihren Sitz allein in dem empfindenden Körper haben, sodass, wenn der beseelte Körper entfernt würde, auch alle diese Qualitäten aufgehoben und beseitigt wären“ (6).

Wie der Physiker Fritjof Capra schreibt, hat in den vergangenen vierhundert Jahren kaum etwas unsere Welt so verändert wie die nach Galilei einsetzende, wahrhafte „Besessenheit der Wissenschaftler von Messungen und Quantifizierungen“.

Es entstand ein Modell der Wirklichkeit, das nach mathematischen Gesetzen funktionierte. Qualitative Eigenschaften der Dinge und Erscheinungen, die nicht messbar gemacht werden konnten, wurden dagegen aus dem Forschungsbereich der Wissenschaften regelmäßig ausgeschlossen, ebenso wie die unmittelbare Erfahrung oder die subjektiven Empfindungen, Gefühle und Emotionen der Menschen (7).

Letzteres zeigte sich dann auch in der Medizin, in der dort vorherrschend gewordenen Betrachtung des Zusammenhangs von Krankheit und Gesundheit sowie in der Art der Behandlung der Patienten.

Die Welt als universelle Maschine

Auch für den französischen Philosophen, Mathematiker und Naturwissenschaftler René Descartes – von 1596 bis 1650 – war Wissenschaft gleichbedeutend mit der Anwendung der Mathematik. Auf dieser Grundlage verkündete er ein universelles mechanisches Weltbild mit dem Ideal einer vollständigen Mathematisierung. Naturwissenschaft war für ihn mathematische Mechanik, denn die gesamte Welt funktioniere nach mechanischen Gesetzen, wie eine große Maschine.

Selbst der Lebensprozess des menschlichen Körpers könne – anders als sein Geist – am Maschinenmodell erklärt werden. Die Maschine wird damit zu einem „Modell von Wirklichkeit schlechthin

(...). Sie gibt auch den Gestus von Erkenntnis. Weisheit wird eine Ingenieurskunst des Berechnens und Entdeckens, auch der richtigen Konstruktion des Lebensweges“ (8). Die biologischen Funktionen des Menschen werden auf mechanische Vorgänge reduziert. Dies führt schließlich dazu, dass der fundamentale qualitative Unterschied zwischen einer Maschine und einem lebendigen Organismus in der wissenschaftlichen Betrachtung weitgehend ignoriert wird.

Descartes löste die bestehende Einheit der Welt und des Menschen auf und spaltete sie in zwei unabhängig voneinander existierende Bereiche, einen geistigen und einen materiellen. Die Welt der geistigen Erscheinungen – Res cogitans – steht einer rein materiellen oder körperlichen Welt – Res extensa – getrennt gegenüber. Dabei gilt die geistige Seite des Menschen als ewig und unsterblich. Sie grenzt ihn von anderen Lebewesen ab und erhebt ihn über die gesamte Natur. Sein Körper dagegen ist vergänglich, funktioniert nach mechanischen Gesetzen und kann mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Methoden betrachtet und erforscht werden.

Eine mathematisch-naturwissenschaftliche Betrachtung setzt allerdings Widerspruchsfreiheit voraus. Um die Dinge und Erscheinungen der Welt messbar zu machen, muss man sie erst einmal von ihren Widersprüchen befreien. Maschinen und technische Systeme lassen sich auf diese Weise mathematisch exakt beschreiben. Sie sind keine lebendigen Wesen.

Der Mensch hingegen zeichnet sich durch Eigenschaften aus, die sich nicht mathematisch exakt erfassen lassen. Er hat Gefühle, besitzt einen freien Willen und verfügt über ein Bewusstsein. Mit dem lebendigen Menschen, als einem komplexen und von vornherein widersprüchlichen Wesen, kann die mathematische Naturwissenschaft folglich nicht viel anfangen. Sie muss ihn deshalb wie eine Maschine behandeln oder sich ganz

| von ihm abwenden.

So wurde, wie der Physiker Werner Heisenberg feststellte, die Annahme, dass man die Welt beschreiben könne, ohne über „uns selbst zu sprechen“, fast schon „eine notwendige Voraussetzung für alle Naturwissenschaft“ (9).

Nach Auffassung von Heisenberg ist mit der Lehre von Descartes die für unsere Kultur typische und schon in der Antike begonnene „Spaltung zwischen Materie und Geist oder zwischen Körper und Seele (...) jetzt vollständig“ geworden. Auch sei der Einfluss dieser Weltsicht auf die gesamte Denkweise der Menschen kaum zu überschätzen. Sie müsse kritisch gesehen und schließlich überwunden werden. Ist diese Sichtweise doch inzwischen „sehr tief in das menschliche Denken eingedrungen, und es wird noch lange Zeit dauern, bis sie durch eine wirklich neue Auffassung vom Problem der Wirklichkeit verdrängt“ sein wird, so Heisenberg (10).

In der westlichen Medizin führte die Trennung von Körper und Geist dazu, dass der Mensch nicht mehr als ein ganzheitliches Wesen wahrgenommen wurde. Bei einer Erkrankung sei sich deshalb auch nur „auf die von der Krankheit direkt betroffenen Teile seines Körpers, also auf ganz bestimmte, rein körperliche Symptome“, zu konzentrieren.

Die einseitige Sicht auf den menschlichen Organismus hat schließlich „zu einer technischen Auffassung der Gesundheit geführt, die Krankheit auf mechanische Pannen zurückführt und medizinische Therapie zur technischen Manipulation macht“. Vertrauen in den eigenen Organismus wird auf diese Weise nicht gestärkt. Hilfe kann, im Rahmen einer solchen Herangehensweise, dann nur noch von „außen“ kommen. Für die Öffentlichkeit ergibt sich daraus das Bild vom menschlichen Organismus als „einer Maschine, die ständig störanfällig ist, wenn sie nicht von Ärzten überwacht und mit Medikamenten versorgt wird“ (11).

Als die eigentliche Ursache von Krankheiten werden meist nur äußere Einflüsse, die auf den Körper des Menschen in verschiedenster Form einwirken können, verantwortlich gemacht. Dass die Ursache einer Erkrankung aber auch im eigenen Verhalten, in der eigenen Lebensweise oder sogar in der eigenen Weltanschauung und dem damit in Beziehung stehenden Wertesystem liegen kann, wird dagegen kaum für möglich gehalten beziehungsweise immer wieder verdrängt.

Aber auch anderen Aspekten, wie den Selbstheilungskräften des Organismus, der Stärkung der natürlichen Immunität, den krankheitsfördernden Auswirkungen von Stress und Ängsten oder dem Einfluss der Lebensgewohnheiten auf Gesundheit und Krankheit, wird in der Öffentlichkeit – nicht zuletzt auch aus wirtschaftlichen Gründen des Gesundheitswesens und der Pharmaindustrie – viel zu wenig Beachtung geschenkt.

Mathematische Simulationsmodelle als wissenschaftliche Grundlage staatlicher Maßnahmen

Zuerst etablierten sich die mathematischen Simulationsmodelle in der Physik, später dann in den anderen Naturwissenschaften. Inzwischen sind sie nicht mehr nur auf diese beschränkt und werden zunehmend auch in den sogenannten Humanwissenschaften angewandt. So sieht es die Abteilung System-Immunologie am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI) als ihre Aufgabe an zu beweisen, dass auch die Forschung in der Biologie und Medizin von solch theoretischen Vorhersagen profitieren kann.

Ziel ist es dabei, „das Immunsystem mit Hilfe der Mathematik zu verstehen“ (12). Dazu sollen „experimentelle Daten mit Methoden

der Informatik und der Computersimulation analysiert“ werden, um daraus mathematische Modelle zu erstellen und Vorhersagen zu treffen (13).

Mathematische Prognosen können eine zukünftige Entwicklung richtig vorhersagen. Sie können in ihren Aussagen aber auch völlig danebenliegen. So sind mathematische Prognosen zum Verhalten des Menschen von vornherein schon mit einer Reihe von Unsicherheiten behaftet. Sie kommen nicht ohne bestimmte Annahmen, Schätzungen oder Vermutungen aus und stellen damit keine gesicherte wissenschaftliche Erkenntnis dar. Vielmehr handelt es sich bei ihnen um die mehr oder weniger vereinfachte Darstellung oder um Teilaspekte einer weitaus komplexeren Wirklichkeit.

In seinem Corona-Podcast sprach Christian Drosten über die Irrtümer der Modellierer während der Rinderseuche BSE im Jahre 2002. Damals habe man prophezeit, „ganz England wird in den nächsten Monaten BSE bekommen, und solche Geschichten“. Auf diese Weise sei das „epidemiologische Modellieren in ein schlechtes Licht gebracht“ worden. Inzwischen wäre aber „so viel Zeit vergangen“ und „so viel dazugelernt worden“, wodurch er glaube, dass derart grobe Fehler heute nicht mehr gemacht würden (14).

Im November 2009 warnte Drosten vor einer drastischen Zunahme der Schweinegrippe in Deutschland. Unter der Überschrift „Die Welle hat begonnen“ rief er in der *Süddeutschen Zeitung* (SZ) die Bevölkerung dringend dazu auf, sich impfen zu lassen. Es handle sich bei der Erkrankung „um eine schwerwiegende allgemeine Virusinfektion, die erheblich stärkere Nebenwirkungen zeitigt als sich irgendjemand vom schlimmsten Impfstoff vorstellen kann“, so Drosten (15).

Der nationale Pandemieplan sagte für einen Zeitraum von nur acht Wochen „6,5 bis 21,8 Millionen Arztbesuche, 187.000 bis 624.000

Klinikeinweisungen und mindestens 51.500 Todesfälle voraus. Für Krankenhäuser, Apotheken und Pharmafirmen gab es Notfallpläne – man hatte sogar an Polizeischutz von Apotheken für den Fall gedacht, dass sich eine panische Bevölkerung antivirale Medikamente mit Gewalt beschaffen will“ (16).

Andere Experten sagten voraus, dass sich in nur wenigen Monaten jeder Dritte weltweit mit dem Schweinegrippe-Virus H1N1 infiziert haben könnte (17). Aus der prognostizierten Krankheitswelle wurde jedoch nichts. Die mathematischen Modelle hatten sich – wieder einmal – als unzutreffend erwiesen. Vor allem aber war es „nicht gelungen, Vertrauen in die Maßnahmen zur Bekämpfung der neuen Grippe zu wecken. Viele hielten die Risiken der Impfung für gravierender als die der Krankheit“. Man war „auf einen gefährlichen Tiger vorbereitet – doch aus dem Urwald kam nur ein Kätzchen“, schrieb damals der Virologe Alexander Kekulé (18).

Noch im September 2018 bezeichnete das Nachrichtenmagazin *Der Spiegel* den Umgang mit der Schweinegrippe als „ein Lehrstück dafür, was passieren kann, wenn Hektik und hochkochende Emotionen die Diskussion bestimmen – und nicht Nachdenklichkeit, Fakten, Ehrlichkeit und ein klarer Kopf“. Auch sei dies geradezu „ein Paradebeispiel dafür, was passieren kann, wenn Querdenker nicht gehört werden“ (19). Inzwischen verzichteten die marktbeherrschenden Medien nahezu gänzlich auf solch kritische Analysen.

Doch auch beim Coronavirus können – nach Aussage des Robert Koch-Instituts (RKI) – „mathematische Modellierungen einen möglichen zukünftigen Verlauf nur entsprechend vage beschreiben“. Bei ihren Ergebnissen „handelt es sich um Beispielszenarien, um eine Einschätzung möglicher Verläufe der Epidemie zu bekommen“, wobei „viele Annahmen im Modell (...) mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet“ sind (20).

Dass die Ergebnisse solcher Modellrechnungen aber von Teilen der Politik als gesicherte wissenschaftliche Erkenntnis dargestellt und dann noch zum Maßstab für die Einschränkung von Grundrechten sowie für repressive Maßnahmen gegenüber der Bevölkerung gemacht wurden, ist ein unerhörter Vorgang, der einer näheren Aufklärung bedarf.

Die Bewegung der Planeten um die Sonne „genügt einigermaßen einfachen mathematischen Gesetzen“. Ihre Theorie wurde „zum Grundstein der neuzeitlichen Wissenschaft“. Das Wesen des Menschen ist jedoch weniger einfach zu bestimmen. So wird man die Handlungen des Menschen auch „höchstwahrscheinlich nie mathematisch exakt vorhersagen“ können (21).

Es ist „sicher leichter, eine Maschine zu planen als das Verhalten von Menschen, die ihren freien Willen betätigen wollen. Deshalb ist es leichter, das Verhalten der Menschen zu planen, wenn wir sie behandeln, als wären sie Maschinen. Knechtschaft ist leichter zu planen als Freiheit“ (22), so der Physiker und Philosoph Carl Friedrich von Weizsäcker.

Quellen und Anmerkungen:

(1)

https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-03-11-de.pdf?__blob=publicationFile

https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-03-11-de.pdf?__blob=publicationFile

(2) <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/vereinbarung-zwischen-der-bundesregierung-und->

den-regierungschefinnen-und-regierungschefs-der-bundeslaender-angesichts-der-corona-epidemie-in-deutschland-1730934 (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/vereinbarung-zwischen-der-bundesregierung-und-den-regierungschefinnen-und-regierungschefs-der-bundeslaender-angesichts-der-corona-epidemie-in-deutschland-1730934>)

(3) **https://video.bundesregierung.de/2020/03/16/tf2rsx-20200316_1-master.mp4?download=1**

(https://video.bundesregierung.de/2020/03/16/tf2rsx-20200316_1-master.mp4?download=1)

(4) **https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf**

(<https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/ide/gida-fellowships/Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf>)

(5) **https://www.ndr.de/nachrichten/info/16-Coronavirus-Update-Wir-brauchen-Abkuerzungen-bei-der-Impfstoffzulassung,podcastcoronavirus140.html**

(<https://www.ndr.de/nachrichten/info/16-Coronavirus-Update-Wir-brauchen-Abkuerzungen-bei-der-Impfstoffzulassung,podcastcoronavirus140.html>)

(6) Gerhard Harig: Galileis „Dialog über die beiden hauptsächlichen Weltsysteme“ – alte und neue Wissenschaft im Widerstreit. In: Galileo Galilei: Schriften, Briefe, Dokumente, Band 2. München 1987, S. 275f.

(7) Fritjof Capra: Wendezeit. Bausteine für ein neues Weltbild. Gütersloh o.J., S. 53f.

(8) Gerd Irrlitz: Versuch über Descartes. In: René Descartes: Ausgewählte Schriften. Leipzig 1980, S. 373.

(9) Werner Heisenberg: Physik und Philosophie. Stuttgart 1972, S. 66.

(10) Werner Heisenberg: Physik und Philosophie. Stuttgart 1972, S. 63-66.

(11) Fritjof Capra: Wendezeit. Bausteine für ein neues Weltbild.

Gütersloh o.J., S. 131-133; S. 158.

(12) <https://www.helmholtz-hzi.de/de/forschung/forschungsschwerpunkte/immunantwort-und-interventionen/system-immunologie/unsere-forschung/>

(<https://www.helmholtz-hzi.de/de/forschung/forschungsschwerpunkte/immunantwort-und-interventionen/system-immunologie/unsere-forschung/>)

(13) <https://www.helmholtz-hzi.de/de/wissen/glossar/entry/systemimmunologie/>

(<https://www.helmholtz-hzi.de/de/wissen/glossar/entry/systemimmunologie/>)

(14) <https://www.ndr.de/nachrichten/info/16-Coronavirus-Update-Wir-brauchen-Abkuerzungen-bei-der-Impfstoffzulassung,podcastcoronavirus140.html>

(<https://www.ndr.de/nachrichten/info/16-Coronavirus-Update-Wir-brauchen-Abkuerzungen-bei-der-Impfstoffzulassung,podcastcoronavirus140.html>)

(15) <https://www.sueddeutsche.de/wissen/schweinegrippe-die-welle-hat-begonnen-1.140006>

(<https://www.sueddeutsche.de/wissen/schweinegrippe-die-welle-hat-begonnen-1.140006>)

(16) Alexander S. Kekulé: Was wir aus der Schweinegrippe lernen können. In: Krisenjahr 2009. Bundeszentrale für politische Bildung. Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). Bonn

2009. <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/31516/was-wir-aus-der-schweinegrippe-lernen-koennen/>

(<https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/31516/was-wir-aus-der-schweinegrippe-lernen-koennen/>)

(17) Johann Grolle; Veronika Hackenbroch: Sehnsucht nach der Pandemie. Gespräch mit dem Epidemiologen Tom Jefferson. In: Der Spiegel 30/2009.

[https://www.spiegel.de/wissenschaft/sehnsucht-nach-der-pandemie-a-5d07ef59-0002-0001-0000-000066133688?](https://www.spiegel.de/wissenschaft/sehnsucht-nach-der-pandemie-a-5d07ef59-0002-0001-0000-000066133688?context=issue)

[context=issue \(](https://www.spiegel.de/wissenschaft/sehnsucht-)

[nach-der-pandemie-a-5d07ef59-0002-0001-0000-000066133688?
context=issue\)](https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/31516/was-wir-aus-der-schweinegrippe-lernen-koennen/?context=issue)

(18) Alexander S. Kekulé: Was wir aus der Schweinegrippe lernen können. In: Krisenjahr 2009. Bundeszentrale für politische Bildung. Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). Bonn 2009.

<https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/31516/was-wir-aus-der-schweinegrippe-lernen-koennen/>
(<https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/31516/was-wir-aus-der-schweinegrippe-lernen-koennen/>)

(19) Veronika Hackenbroch: Nebenwirkung Vertrauensschwund. In: Spiegel.de, 21. September 2018.

<https://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/schweinegrippe-pandemrix-nebenwirkungen-ignoriert-futter-fuer-impfgegner-a-1229428.html>
(<https://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/schweinegrippe-pandemrix-nebenwirkungen-ignoriert-futter-fuer-impfgegner-a-1229428.html>)

(20) Matthias an der Heiden; Udo Buchholz: Modellierung von Beispielszenarien der SARS-CoV-2-Epidemie 2020 in Deutschland. Robert Koch-Institut (RKI), 20. März 2020.

https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/6547.2/Modellierung_Beispielszenarien_Deutschland.pdf?sequence=1&isAllowed=y
(https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/6547.2/Modellierung_Beispielszenarien_Deutschland.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

(21) Carl Friedrich von Weizsäcker: Die Tragweite der Wissenschaft. Stuttgart 1990, S. 14f.

(22) Carl Friedrich von Weizsäcker: Die Tragweite der Wissenschaft. Stuttgart 1990, S. 12.



Wolfram Rost, Jahrgang 1948, ist diplomierter Philosoph und Ingenieur. Er arbeitete in verschiedenen Bereichen, zuletzt als Lehrer in der beruflichen Erwachsenenbildung.

Dieses Werk ist unter einer **Creative Commons-Lizenz (Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>))** lizenziert. Unter Einhaltung der Lizenzbedingungen dürfen Sie es verbreiten und vervielfältigen.