

Peter Frankopan

Zwischen Erde und Himmel

Klima – eine Menschheitsgeschichte

Aus dem Englischen von Henning Thies und
Jürgen Neubauer

Rowohlt · Berlin

Deutsche Erstausgabe

Veröffentlicht im Rowohlt · Berlin Verlag, Juni 2023

Copyright © 2023 by Rowohlt · Berlin Verlag GmbH, Berlin

Die Originalausgabe erschien 2023 unter dem Titel «The
Earth Transformed: An Untold History» im Verlag

Bloomsbury, London

Copyright © 2023 by Peter Frankopan

Karten und Grafiken nach der Originalausgabe im Verlag

Bloomsbury, London

Satz aus der Adriane bei Dörlemann Satz, Lemförde

Druck und Bindung CPI books GmbH, Leck

ISBN 978-3-7371-0098-4

Die Rowohlt Verlage haben sich zu einer nachhaltigen
Buchproduktion verpflichtet. Gemeinsam mit unseren
Partnern und Lieferanten setzen wir uns für eine
klimaneutrale Buchproduktion ein, die den Erwerb von
Klimazertifikaten zur Kompensation des CO₂-Ausstoßes
einschließt.

www.klimaneutralerverlag.de



Einleitung

5

Drei Dinge üben beständig Einfluss auf das Denken der Menschen aus: das Klima, die Regierung und die Religion.

Voltaire, Über den Geist und die Sitten der Nationen (1756)

Des Menschen erste Widersetzlichkeit», schrieb John Milton am Anfang von *Paradise Lost*, bestand darin, dass er die Frucht des «untersagten Baumes» im Garten Eden aß. Diese Entscheidung brachte «Tod (...) und unser ganzes Leid». Der Verlust des Paradieses verwandelte die Welt – von einem Ort der Schönheit und Fülle in einen Ort von Sorgen und Traurigkeit, wo «Ruh und Frieden nimmer weilen mag» und «Hoffnung nicht, die sonst zu allen kommt». Das Leben wurde zu einer «endlosen Qual».¹

Miltons episches Gedicht, das 1677 erschien, ist eine Nacherzählung der biblischen Schöpfungsgeschichte vom Anfang des 1. Buches Mose (Genesis), wo erklärt wird, wie der Mensch zum Architekten des eigenen Niedergangs wurde. Indem sie sich von der «höllischen Schlange» verführen ließen, verdamnten Adam und Eva alle zukünftigen Generationen der Menschheit

¹ J. Milton, *Paradise Lost*, Hg. S. Orgel und J. Goldberg (Oxford, 2004), S. 4–6; dt. *Das verlorene Paradies*, Übers. H. H. Meier (Stuttgart, 2. Aufl. 2008), S. 6–8 (1. Buch, V. 1–8, 76 f.).

zu einem Leben der ökologischen Herausforderung, in dem die Umwelt nicht mehr nur freundlich und wohlgesonnen war, in dem man nicht mehr ständig leicht an Nahrung gelangen konnte. Die Menschen mussten nun arbeiten, statt von Gott mit Gaben bedacht zu werden. Das Paradies war verloren.

6 In der heutigen Welt sind die Art und Weise, wie unsere Spezies das Land bearbeitet, die natürlichen Ressourcen ausbeutet und mit dem Thema Nachhaltigkeit umgeht, Gegenstand heftiger Diskussionen geworden – nicht zuletzt, weil viele glauben, dass die menschlichen Aktivitäten so umfassend und schädlich geworden sind, dass sie das Klima verändern. Im vorliegenden Buch gilt der Blick unserem Planeten, unserem eingegrenzten Garten (so die wörtliche Bedeutung von «Paradies»), wie er sich seit Anbeginn der Zeit verändert hat – manchmal als Ergebnis menschlicher Eingriffe und Aktivitäten, als Ergebnis von Kalkulation und Fehlkalkulation, manchmal aber auch aufgrund einer ganzen Fülle anderer Akteure, Faktoren, Einflüsse und Impulse, die die Welt, in der wir leben, gestaltet haben – oftmals auf eine Art und Weise, an die wir nicht gedacht haben oder die wir nicht verstehen. Dieses Buch wird erklären, wie unsere Welt schon immer von Veränderung, Übergang und Wandel geprägt war. Denn außerhalb des Gartens Eden steht die Zeit niemals still.

Dem menschlichen Einfluss auf Umwelt und Klimawandel bin ich erstmals in einer Kindersendung im Fernsehen begegnet; sie hieß «John Craven's Newsround» und lief, als ich ein kleiner Junge war, täglich im britischen Fernsehen. «Newsround» war ein BBC-Flaggschiffprogramm, eine Lebensader, die jüngere Zuschauer mit der Welt jenseits der Britischen Inseln verband. Diese Sendung war eine der wenigen, die meine Geschwister und ich mit Erlaubnis unserer Eltern se-

hen durften. Durch sie lernte ich das Leid der Menschen in Kambodscha unter den Roten Khmer kennen, die politischen Komplexitäten im Nahen Osten, die Realitäten des Kalten Krieges.

Eines der Themen, die in den späten 1970er und frühen 1980er Jahren ständig zur Sprache kamen, war der saure Regen. Ich kann mich noch daran erinnern, wie gebannt ich war vom schrecklichen Anblick der Bäume, die ihr Laub verloren hatten, und vom Gedanken, dass menschliche Aktivitäten für diese Entgleisung der Natur verantwortlich waren. Die Vorstellung, dass Fabriken Emissionen ausstießen, die die Wälder verheerten, Tiere töteten und den Boden kontaminierten, schockierte mich. Schon als kleiner Junge schien mir klar zu sein, dass die Entscheidungen, die wir getroffen hatten, um Güter und Produkte herzustellen, Langzeitauswirkungen haben würden – für uns alle.

Verstärkt wurden diese Befürchtungen noch durch die Angst vor atomaren Verwüstungen, die meine Kindheit prägte. Ich bin Teil einer Generation, die mit dem Glauben aufwuchs, dass die Welt einen globalen Atomkrieg zwischen den Vereinigten Staaten und der Sowjetunion erleben werde. Dieser würde zu einem Massensterben führen, nicht nur durch die Explosion zahlreicher Interkontinentalraketen mit Atomsprenghköpfen, sondern auch durch den drohenden atomaren Winter, verursacht durch die Atompilze nach Explosion der Sprengköpfe. Ein Zeichentrickfilm, der Mitte der achtziger Jahre herauskam, *When the Wind Blows* (deutsche Fassung: *Wenn der Wind weht*), zeichnete ein schmerzlich ergreifendes, schreckliches Bild dessen, was auf uns zukam: Trübsal, Leid, Hunger und Tod – und alles nur, weil die Menschheit in der Lage war, Massenvernichtungswaffen zu erfinden, die durch

Feuerstürme und Explosionen nicht nur Millionen Menschen töten, sondern auch das Klima der Erde so drastisch verändern würden, dass schon das reine Überleben einem Wunder glich.

8 Die Detonation von Dutzenden atomarer Waffen würde so viel Staub und Fallout in die Erdatmosphäre schleudern, dass wir alle lernen müssten, mit ständigen Minustemperaturen zu leben. Das Sonnenlicht würde durch undurchdringliche Staubwolken blockiert werden, und infolgedessen würden die Pflanzen sterben. Anschließend würde es den Tieren ähnlich ergehen – und damit würden alle Menschen, die die Atomschläge überlebt hätten, nicht nur vor Kälte zittern, sondern obendrein auch noch hungern. Strahlender Fallout würde Flora und Fauna kontaminieren und alle Formen des Lebens vergiften. Es konnte nur noch darum gehen, diese Apokalypse irgendwie zu überstehen – in der Hoffnung, überhaupt zu den Überlebenden zu gehören. Langfristig allerdings, so hofften wir, würde sich das Klima beruhigen und einen Neuanfang ermöglichen. Man müsste dann erst einmal sehen, wie viele Menschen noch lebten, wo sie lebten, und von Neuem beginnen.

Die Ängste meiner Generation nahmen durch diverse Unglücke und Unfälle noch weiter zu. Der dramatischste Vorfall war 1986 die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl in der heutigen Ukraine. Die Berichte über diese Katastrophe, die tagelang von den sowjetischen Behörden verschwiegen wurde, dienten als mahnende Bestätigung, dass Fehlkalkulationen, Fehleinschätzungen und Inkompetenz die ganze Welt, in der wir lebten, beeinflussen konnten. In den folgenden Monaten studierte ich Landkarten, auf denen der Weg der Wolken mit dem atomaren Fallout verzeichnet war, und achtete sorgfältig auf das, was ich aß. Zudem wurde mir schmerzhaft bewusst,

welche Gefahren nun durch potenzielle Klimaveränderungen drohten.

Unsere Sommer verbrachten wir an einem See in Mittelschweden, und wir sagten, dorthin würden wir fliehen, wenn es je zum Ausbruch eines Atomkriegs käme. Wie die meisten wissen, gehört Schweden im Winter nicht gerade zu den wärmsten Ländern, aber mich beruhigte der Gedanke, dass wir auf diese Weise Soldaten, Panzern und Raketen aus dem Weg gehen könnten. Tröstlich war für mich auch das Wissen, dass Blaubeeren (die noch heute zu meinen Lieblingsfrüchten zählen) kälteresistent sind. Neben meinem Bett stand immer eine kleine gepackte Tasche, die jedes Jahr auf den neuesten Stand gebracht wurde, für den Fall, dass die Zeit gekommen war (*ob* sie kommen würde, war keine Frage mehr), sich an den globalen Klimawandel anzupassen. Sie enthielt einen Schokoriegel, ein Schweizer Offizierstaschenmesser (damit ich mir Pfeil und Bogen schnitzen konnte), ein paar Wollhandschuhe, ein Kartenspiel und drei Bälle, zwei Kugelschreiber (für den Fall, dass eine Tintenmine leer wäre) und etwas Papier.

9

Tatsächlich wurden meine Vorbereitungen niemals benötigt – obwohl in diesem Punkt wahrscheinlich mehr Glück als Können im Spiel war. Wie wir heute wissen, wurden mehrmals beinahe Raketen abgeschossen, weil Bären bei der Nahrungssuche Drahtzäune durchbrochen hatten oder weil es bei Militärmanövern Missverständnisse gab, die eine der beiden Seiten zu der Annahme verleiteten, ein feindlicher Angriff stehe unmittelbar bevor. Wetterballons wurden fälschlicherweise für ballistische Waffensysteme gehalten. Kurz, ich wuchs in einer Welt auf, die von Beinahe-Katastrophen und menschlichen Irrtümern bestimmt war.

Natürlich gab es noch viel anderes, was mich als Heran-

wachsenden in Angst und Schrecken versetzte: Die 1970er und 1980er Jahre waren eine Zeit der Ungerechtigkeiten, des Hasses, der Instabilität, des Terrorismus, der Hungerkatastrophen und Völkermorde. In meinem Hinterkopf beschäftigten mich stetig auch ökologische Verheerungen, Klima und Klimawandel als Probleme der Gegenwart, die in Zukunft nur noch schlimmer werden konnten. Für meine Generation gab es nur wenige Gewissheiten. Eines war absolut klar: Wir würden so gut wie garantiert auf einem Planeten leben müssen, der feindlicher, instabiler und gefährlicher war als der, auf dem wir unsere Kindheit verbracht hatten. Ich nahm an, dass die Ursache für diese Verschlechterung ein Weltkrieg oder große Unfallkatastrophen sein müssten.

Es wäre mir damals nicht in den Sinn gekommen, dass das Ende des Kalten Krieges in ein Zeitalter münden würde, in dem die Umwelt unter noch größeren Stress geriet, und dass die globale wirtschaftliche Zusammenarbeit zu einem massiven Anstieg der CO₂-Emissionen führen würde – und zu einer Welt, die sich immer stärker erwärmte. Meine Erziehung führte schlicht und einfach zu der festen Annahme, die Katastrophe müsse aus den Schrecken des Krieges herrühren. Das hatte ich schließlich in der Schule gelernt. Frieden und Harmonie hingegen sollten die Lösung sein – und nicht ein Teil des Problems.

Und so führte mich mein Weg, der vor vielen Jahren mit der Kindernachrichtensendung «Newsround» begann, dahin, intensiv über menschliche Eingriffe in die Natur nachzudenken, über mögliche Klimaveränderungen in der Vergangenheit und vor allem darüber, welche Rolle das Klima in der Ausformung der Weltgeschichte gespielt hat.

Wir leben heute wegen des Klimawandels in einer Welt am Rande der Katastrophe. «Jede Woche bringt neue klimabedingte Verwüstungen», sagte der Generalsekretär der Vereinten Nationen, António Guterres, im Jahr 2019. «Überflutungen. Dürren. Hitzewellen. Waldbrände. Extremstürme.» Und das sei keine apokalyptische Prophezeiung, sagte er, denn «die Klimastörungen sind bereits im Gange, und zwar für uns alle». Was die Zukunft anbelangt, fuhr er fort, bestehe kaum Hoffnung. Denn uns erwarte nichts weniger als «eine Katastrophe für das Leben, wie wir es kennen».²

11

Es gebe viele Probleme, mit denen die Menschheit konfrontiert sei, sagte US-Präsident Barack Obama in der vorletzten Rede seiner Amtszeit, der Ansprache zur Lage der Nation am 20. Januar 2015. «Und keine Herausforderung – keine – stellt für zukünftige Generationen eine größere Bedrohung dar als der Klimawandel.»³ – «Die heutige ökologische Krise, insbesondere der Klimawandel», sagte Papst Franziskus 2019, «bedroht die gesamte Zukunft der menschlichen Familie.» Die Lage sei düster. «Zukünftige Generationen werden eine schwer beschädigte Welt erben», fügte er hinzu. «Unsere Kinder und Enkel sollten nicht die Kosten für die Verantwortungslosigkeit unserer Generation tragen müssen.»⁴

Regierungsvereinbarungen über den Umgang mit CO₂-Emissionen und der globalen Erderwärmung seien die «Min-

² «Secretary General's remarks to Climate Summit Preparatory Meeting», 30. Juni 2019; <https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2019-06-30/secretary-generals-remarks-climate-summit-preparatory-meeting>.

³ The White House, «Remarks by the President in State of Union Address», 20. Januar 2015; <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/01/20/remarks-presidentbarack-obama-prepared-delivery-state-union-address>.

⁴ Address of His Holiness Pope Francis, «The Energy Transition and Care of our Common Home», 14. Juni 2019.

destschritte, die zum Schutz der Erde, unserer gemeinsamen Heimat, unternommen werden müssen», bemerkte der chinesische Präsident Xi Jinping 2020. «Die Menschheit kann es sich nicht länger leisten, die wiederholten Warnungen der Natur zu ignorieren.» Es sei deshalb unbedingt erforderlich, «eine grüne Revolution auf den Weg zu bringen und sich noch mehr zu beeilen, eine grüne Entwicklung und ein grünes Leben zu schaffen, die Umwelt zu bewahren und Mutter Erde zu einem besseren Ort für alle zu machen».⁵

Andere brachten die bedrohliche Lage persönlich mit markanten Worten zum Ausdruck: «Ihr habt mit euren leeren Worten meine Träume und meine Kindheit gestohlen. Und doch gehöre ich zu den Glücklichen», sagte Greta Thunberg beim New Yorker UN-Klimagipfel im September 2019. «Die Menschen leiden. Die Menschen sterben. Ganze Ökosysteme brechen zusammen. Wir stehen am Beginn einer Massenvernichtung. Und alles, worüber ihr reden könnt, ist Geld und das Märchen vom ewigen Wirtschaftswachstum. Wie könnt ihr das wagen!»⁶

Wenn der Klimawandel das alles beherrschende Thema des 21. Jahrhunderts wird – oder schon ist –, weil er zu Wassermangel führt, zu Hungersnöten, Massenmigration, militärischen Konflikten und einem Massensterben, dann sollte ein Verständnis dessen, was die Zukunft bereithält, von grundlegender Bedeutung sein – nicht nur für Politiker, Wissenschaftler und Aktivisten, sondern für jeden Einzelnen. Als Historiker

⁵ «Statement by HE Xi Jinping, President of the People's Republic of China, at the General Debate of the 75th Session of the United Nations General Assembly», *China Daily*, 23. September 2020.

⁶ «Transcript: Greta Thunberg's Speech at the UN Climate Action Summit», NPR (National Public Radio), 23. September 2019; <https://www.youtube.com/watch?v=GMYhpYTDLZg>.

weiß ich, dass die beste Herangehensweise an komplexe Probleme ein Blick zurück in die Vergangenheit ist, denn dieser schafft einen Kontext und eine Perspektive für gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen. Überdies lehrt die Geschichte wertvolle Lektionen, die helfen können, die richtigen Fragen zu stellen – und vielleicht sogar Antworten zu finden für einige der großen Themen und Probleme, die vor uns liegen.

13

Das gilt besonders für das Verhältnis von menschlichen Aktivitäten, Umwelt und Natur in jenen Regionen und Orten, die ich seit Jahrzehnten erforsche. In vielen dieser Gegenden, wenn nicht gar in allen, sind die Verfügbarkeit und Nutzung von Wasser, die Ausweitung der Nahrungsmittelproduktion, die Herausforderungen der Geographie und die Möglichkeiten für lokalen und Fernhandel nicht nur wichtige Lebensfaktoren, sondern auch grundlegende Elemente für den weiten Bogen der Geschichte. Wie Fernand Braudel gesagt hat, geht es beim Studium der Vergangenheit nicht nur um den Wettbewerb zwischen Mensch und Natur; nein, dieses Studium *ist* der Wettbewerb zwischen Mensch und Natur.⁷

Als ich mich mit den Sassaniden- und Abbasidenreichen beschäftigte, lernte ich schnell, dass Erfolg und Stabilität des Staates in enger Beziehung zur Bewässerung der Felder standen, die ein Anwachsen der landwirtschaftlichen Ernteerträge und damit die Ernährung größerer Bevölkerungen ermöglichte.⁸ Der Blick in chinesische Geschichtsdarstellungen motivierte

⁷ F. Braudel, *La méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II*, Bd. 1: *La Méditerranée: L'espace et l'histoire* (Paris, 1949), S. 27; dt. *Das Mittelmeer und die mediterrane Welt in der Epoche Philipps II.*, Übers. G. Seib, 3 Bde., Frankfurt/Main, 1990, Bd. 1, S. 20–23.

⁸ A. Watson, *Agricultural Innovation in the Early Islamic World: The Diffusion of Crops and Farming Techniques, 700–1100* (Cambridge, 2008).

mich zu Forschungen, die zu dem Ergebnis kamen, dass Aufstieg, Niedergang und Verschwinden chinesischer Kaiserdynastien über einen Zeitraum von mehr als tausend Jahren eng mit Temperaturveränderungen zusammenhängen; kältere Phasen waren Zeiten des Bevölkerungsschwunds, des demographischen Niedergangs, der Konflikte und der Ersetzung kaiserlicher Herrscher durch neue Regime.⁹

Auf ähnliche Weise verdeutlichte die Lektüre von Gedichten wie *Meghadūtam* («Der Wolkenbote») des berühmten Sanskrit-Dichters Kalidasa (5. Jahrhundert n. Chr.), welche fundamentale Rolle Monsun, Regen und Jahreszeiten in der Literatur, der Kultur und den Geschichten Südasiens spielen.¹⁰ Vor langer Zeit lernte ich auch, dass in der jüngeren Vergangenheit die sowjetische Politik der 1950er Jahre in Zentralasien nicht nur unter Umweltgesichtspunkten katastrophal verlief, sondern dass sie auch signifikante Auswirkungen auf den Kalten Krieg hatte; noch heute spielt sie in der Region beim Einsatz von Zwangsarbeitern eine Rolle.¹¹ Aus eigener Erfahrung weiß ich, wie scharf, schädlich und gefährlich die Luftverschmutzung an diversen Orten ist, die ich regelmäßig besuche: In puncto Luftqualität rangieren Städte wie Neu-Delhi, Bischkek und

⁹ D. Zhang u. a., «Climatic Change, Wars and Dynastic Cycles in China over the Last Millennium», *Climate Change* 76 (2006), S. 459–477; D. Zhang u. a., «Climate Change and War Frequency in Eastern China over the Last Millennium», *Human Ecology* 35 (2007), S. 403–414.

¹⁰ Kalidasa, *Meghadūtam: With the Kātāyani Sanskrit Commentary and English translation*, Übers. C. Maharaj (Varanasi, 1973); Kalidasa, *Werke*, Übers. J. Mehlig (Leipzig, 1983), S. 231–252; I. Rajamani, «Monsoon Feelings», in I. Rajamani, M. Pernau und K. Butler Schofield (Hg.), *Monsoon Feelings: A History of Emotions in the Rain* (New Delhi, 2018), S. 11–43.

¹¹ Zur Zwangsarbeit vgl. Uzbek Forum for Human Rights, *Tashkent's Reforms Have Not Yet Reached Us: Unfinished Work in the Fight against Forced Labour in Uzbekistan's 2019 Cotton Harvest* (Berlin, 2019).

Lahore unter den schlimmsten der Welt. In Taschkent, der Hauptstadt Usbekistans, wurde die Luftqualität im Laufe des Jahres 2020 an 80 Prozent der Tage als gefährlich eingestuft.¹²

So habe ich mich also darangemacht, die Umweltgeschichte zu erforschen, um besser zu verstehen, was uns die Vergangenheit über menschliches Verhalten erzählt, über vom Menschen verursachte Veränderungen in der natürlichen Welt und darüber, wie extreme Wetterereignisse, langfristige Wettermuster und klimatische Veränderungen die Geschichte beeinflusst und verändert haben. Ich wollte beurteilen können, warum wir anscheinend am Rande des Abgrunds angekommen sind, wo die Zukunft unserer Spezies, ebenso wie die eines signifikanten Teils der Tier- und Pflanzenwelt, ernsthaft in Gefahr ist. Es ist etwa so wie bei Ärzten, die eine gründliche Kenntnis der Krankheit haben sollten, bevor sie darangehen, diese zu kurieren. Auch die Erkundung der Ursachen für die gegenwärtigen Probleme ist von zentraler Bedeutung, wenn wir fundierte Vorschläge machen wollen, wie mit den Krisen umzugehen sei, denen wir jetzt alle ausgesetzt sind.

15

Historiker erleben gegenwärtig so etwas wie ein Goldenes Zeitalter, weil es unzählige neue Belege und ganz neue Arten von Material gibt, die dabei helfen können, unser Verständnis der Vergangenheit zu verbessern. Maschinelles Lernen, Computermodelle und Datenanalysen bieten uns nicht nur eine neue Optik für die Betrachtung anderer historischer Perioden, sondern sie stoßen uns auch auf eine große Fülle von Dingen,

¹² Central Asia Bureau for Analytical Reporting, «Насколько опасен воздух в Центральной Азии», 15. Januar 2020; <https://cabar.asia/ru/naskolko-opasen-vozduh-v-tsentralnoj-azii-obyasnyaem-na-grafikah>.

die wir bislang nicht gewusst oder erkannt haben. Dass zum Beispiel ganze Netzwerke von Dörfern im Amazonas-Regenwald vor vielen Jahrhunderten so angelegt wurden, dass sie den ganzen Kosmos widerspiegelten, konnte jetzt mithilfe der radarähnlichen LIDAR-Lasertechnik herausgefunden werden (LIDAR = Light Detection and Ranging).¹³ Fortschritte bei der kostengünstigen Sichtbarmachung von Spektroskopiedaten aus dem Bereich der Infrarot- und Kurzwellenstrahlung im Labor haben bahnbrechende Erkenntnisse ermöglicht, zum Beispiel Schlussfolgerungen zu den gesellschaftlichen Veränderungen im 12. Jahrhundert in der Region des südafrikanischen Nationalparks Mapungubwe am Zusammenfluss der Flüsse Limpopo und Shashi.¹⁴ Isotopendaten aus menschlichen Gräbern und Schweinezähnen im heutigen Papua-Neuguinea werfen nicht nur neues Licht auf Siedlungsmuster, sondern auch auf menschliche Ernährungsgewohnheiten in puncto Meeresfrüchte vor über 2000 Jahren.¹⁵ Mithilfe neuer Technologien konnte auch der Mineralisierungsprozess bei Samenkörnern identifiziert und analysiert werden, die sich in Abfall- und Jauchegruben aus dem Jerusalem der Abbasiden-Zeit erhalten hatten, was begründete Schlussfolgerungen über die

¹³ J. Itriarte, «Geometry by Design: Contribution of Lidar to the Understanding of Settlement Patterns of the Mound Villages in SW Amazonia», *Journal of Computer Applications in Archaeology* 3.1 (2020), S. 151–169.

¹⁴ O. Lokawalo Thabeng, E. Adam und S. Merlo, «Spectral Discrimination of Archaeological Sites Previously Occupied by Farming Communities Using In Situ Hyperspectral Data», *Journal of Spectroscopy* (2019), S. 1–21.

¹⁵ N. Athfield u. a., «Influence of marine sources on ¹⁴C Ages: isotopic data from Watom Island, Papua New Guinea inhumations and pig teeth in light of new dietary standards», *Journal of the Royal Society of New Zealand* 38.1 (2008), S. 1–23.

Westexpansion des Handels mit Ernteprodukten in der Frühzeit des Islam zulässt.¹⁶

Einige der aufregendsten Fortschritte gab es im Bereich der Möglichkeiten, das Klima früherer Epochen zu erfassen und zu verstehen. Dazu gehört auch ein gewisser Erfindungsreichtum bei der Auswertung schriftlicher Quellen, die bisher kaum oder nur unzureichend genutzt wurden. Muschelschalen von der peruanischen Pazifikküste ermöglichen Klimarekonstruktionen durch chemische Veränderungen, die sie aufweisen und die Rückschlüsse auf die Wassertemperatur des Meeres zulassen. So können Forscher nun auf Jahres-, Monats- und sogar Wochenbasis die Meerestemperaturen der Vergangenheit ermitteln.¹⁷ Aufzeichnungen über Kirschblütenfeste in Japan, die bis zum Anfang des 9. Jahrhunderts n. Chr. zurückreichen und jeweils das Datum des Kirschblütenbeginns festhalten, tragen dazu bei, dass wir über viele Jahrhunderte den Frühlingsbeginn jeweils exakt datieren können.¹⁸ Von den Hafenbehörden in Tallinn, Estland, aufbewahrte Schifffahrtsregister für die letzten fünf Jahrhunderte zeigen, wann jeweils das erste Schiff des Jahres eintraf; daraus ergibt sich nicht nur, ab wann die Ostsee eisfrei war, sondern es zeigen sich auch langfristige Muster von längeren und wärmeren Frühjahren.¹⁹ Treibholz von den Svalbard-Inseln in der Arktis belegt eine beträchtliche

17

¹⁶ O. Amichay u. a., «A bazaar assemblage: reconstructing consumption, production and trade from mineralised seeds in Abbadi Jerusalem», *Antiquity* 93 (2019), S. 199–217.

¹⁷ J. Warner u. a., «Investigating the influence of temperature and seawater $\delta_{18}\text{O}$ on *Donax obesulus* (Reeve, 1854) shell $\delta_{18}\text{O}$ », *Chemical Geology* 588 (2022), S. 1–14.

¹⁸ Y. Aono und K. Kazui, «Phenological Data Series of Cherry Tree Flowering in Japan and its Application to Reconstruction of Springtime Temperatures», *International Journal of Climatology* 28 (2008), S. 905–914.

¹⁹ A. Tarand und O. Nordli, «The Tallinn Temperature Series Reconstructed Back Half a Millennium by Use of Proxy Data», *Climatic Change* 48 (2001), S. 189–199.

Variabilität des Meereises im Zeitraum von 1600 bis 1850, was wiederum auf ungewöhnliche klimatische Muster in diesem Zeitraum verweist.²⁰

18 Vor allem jedoch kommen ständig aufregende neue «Klimaarchive» hinzu; viele davon werden in diesem Buch eine Rolle spielen. Wir werden uns die Informationen ansehen, die sich aus den Jahresringen der Bäume im zentralasiatischen Altaigebirge gewinnen lassen, und die Mineralablagerungen in spanischen Höhlen, die Rückschlüsse auf Temperaturveränderungen und Regenfälle zulassen. Wir werden die Lufteinschlüsse in Eisbohrkernen aus Grönland und aus europäischen Alpengletschern betrachten und dabei Hinweise auf Vulkanausbrüche wie auch auf menschliche Aktivitäten finden, etwa Metallurgie und verbrannte Feldfrüchte, Waldbrände oder fossile Brennstoffe. Wir werden versteinerten Pollen aus Oman begegnen und Pollenablagerungen in Seeabflüssen in Anatolien, die Einblick in Veränderungen der Vegetation gewähren, sowohl natürliche als auch vom Menschen verursachte Veränderungen. Wir beschäftigen uns mit verkohlten und eingetrockneten Samen aus Südostasien, getrockneten Nussschalen aus Nordaustralien sowie mit verdauten und teilverdauten Nahrungsresten aus Palästina; dabei lernen wir etwas über Speisepläne und Krankheiten. Wir untersuchen die Klimabedingungen, die zur Ausbreitung von parasitischen Krankheitserregern in Süd-, Mittel- und Nordamerika führten, und schauen uns die Belege für Erntezyklen in Westafrika

²⁰ G. Hole u. a., «A Driftwood-Based Record of Arctic Sea Ice during the Last 500 Years from Northern Svalbard Reveals Sea Ice Dynamics in the Arctic Ocean and Arctic Peripheral Seas», *Journal of Geophysical Research: Oceans* 126 (2021), S. 1–20.

an. Außerdem die phylogenetischen Stammbäume der Pest in Äthiopien, Kirgistan und Cambridgeshire.

Viele neue Quellen mit Klimadaten, die uns ein besseres Verständnis der natürlichen Welt in ferner Vergangenheit ermöglichen, sind verfügbar geworden. Zum Beispiel arbeitet ein Forscherteam an einer 80 Meter tiefen Schicht von Sedimentablagerungen im Südosten Kasachstans, die als ein natürliches Archiv der Bodenfeuchtigkeit anzusehen sind. Dabei gewinnen wir Einblicke in die Rolle Zentralasiens bei der globalen Klimaentwicklung im Allgemeinen und speziell in den Wasserkreislauf von Land, Atmosphäre und Meereswasser auf der Nordhalbkugel. Diese Erkenntnisse haben große Bedeutung, nicht nur für Klimaanalysen der Vergangenheit, sondern auch für zukünftige Langzeitanalysen des globalen Klimas.²¹ Gleiches gilt für neue Forschungen im tibetanischen Hochland. Hier legen Modellierungen, die auf Funden in Höhen jenseits der Baumgrenze basieren, wo mehr Arten zu Hause sind als in den Bergwäldern, den Schluss nahe, dass die Artenvielfalt in der alpinen Vegetation in den kommenden Jahrhunderten deutlich abnehmen wird.²²

Solche Quellen und Belege haben dazu geführt, dass revolutionäre neue Ideen entwickelt wurden. Jüngste Klimadaten bieten zum Beispiel Erkenntnisse zu einer sehr unruhigen Zeit im Römischen Reich um die Mitte des dritten nachchristlichen Jahrhunderts. Einige Forscher versuchen hier Verbindungen zu ziehen zum reduzierten Niveau der Sonnenaktivität, zum Anwachsen des Meereises und zu mehreren größeren

²¹ C. Prud'homme u. a., «Central Asian Modulation of Northern Hemisphere moisture transfer over the Late Cenozoic», *Communications Earth and Environment* 2 (2021), S. 1–8.

²² S. Liu u. a., «Sedimentary ancient DNA reveals a threat of warming-induced alpine habitat loss to Tibetan plateau plant diversity», *Nature Communications* 12 (2021), S. 1–9.

Vulkanausbrüchen, die zu einer schnellen Abkühlung des Klimas, zu Störungen der Nahrungsmittelproduktion und zu einer Reihe politischer, militärischer und monetärer Krisen führten – alles genau in diesem Zeitraum.²³ Daten zur Judenverfolgung in Europa aus fast tausend Städten im Zeitraum von 1100 bis 1800 zeigen, dass ein Absinken der Durchschnittstemperatur während der Vegetationsperiode um rund ein Drittel Grad Celsius mit einer deutlich höheren Wahrscheinlichkeit korrelierte, dass in den darauffolgenden fünf Jahren die Juden angegriffen wurden – wobei jene Juden, die in oder in der Nähe von Gegenden mit schlechteren Ackerböden und schwächeren Institutionen wohnten, mit einem nochmals erhöhten Risiko leben mussten, in Zeiten von Nahrungsmittelknappheit und hohen Preisen als Sündenböcke attackiert zu werden.²⁴

Nach einem Vergleich von Phasen mit kälteren Temperaturen und höheren Weizenpreisen in Europa wurden neue Modelle entwickelt, die zeigen, welche Städte gegen Preisschocks resistenter waren als andere. Dieser Vergleich führte auch zu Hypothesen, denen zufolge das kühlere Wetter im England der Frühen Neuzeit zu einer landwirtschaftlichen Revolution führte, die wiederum die Entwicklung neuer Technologien nahelegte und belohnte, was eine Energiewende mit sich

²³ M. McCormick u. a., «Climate Change during and after the Roman Empire: Reconstructing the Past from Scientific and Historical Evidence», *Journal of Interdisciplinary History* 43.2 (2012), S. 169–220.

²⁴ R. Anderson, N. Johnson und M. Koyama, «Jewish Persecutions and Weather Shocks: 1100–1800», *Economic Journal* 127 (2015), S. 924–958.

brachte und letztlich das Zeitalter der globalen europäischen Kolonialreiche einläutete.²⁵

Solche Hypothesen haben große Aufmerksamkeit erregt und, kaum überraschend, zu lebhaften Diskussionen geführt, gelegentlich auch zu hitzigen Debatten unter Historikern. Dabei wurden vor allem Vorbehalte gegen einen historischen oder einen Klimadeterminismus angemeldet; man wies darauf hin, dass genau auf den Unterschied von Korrelation und Kausalzusammenhang zu achten sei.²⁶ Derart weitreichenden Interpretationen stehen auch andere Hindernisse im Wege, etwa wenn es um die Verhältnisse auf dem indischen Subkontinent geht, eine Region, die ökologisch und kulturell äußerst divers ist und die ein weites Spektrum aus «sesshaften Dorfbewohnern, Jägern und Sammlern, Brandrodungsbauern, nomadischen Viehzüchtern und Fischern» beherbergt; hinzu kommen eine erstaunliche Artenvielfalt und eine große klimatische Vielfalt. Weil das so ist, argumentieren einige Wissenschaftler nicht nur, dass Generalisierungen über den Subkontinent als Ganzes gefährlich seien, sondern auch, dass darüber hinaus Vergleiche mit anderen Teilen der Welt schlicht unangemessen seien.²⁷

21

Mit solchen Überlegungen hängt ein weiterer umstrittener Punkt zusammen: dass Autoren, die über das Klima und seine Auswirkungen schreiben, sich oft einseitig auf den

²⁵ M. Waldinger, «The Economic Effects of Long-Term Climate Change: Evidence from the Little Ice Age», Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper 239 (2015); J. Martínez-González u. a., «Assessing climate impacts on English economic growth (1645–1740): An econometric approach», *Climatic Change* 160 (2020), S. 233–249.

²⁶ N. Stehr und H. van Storch, «Von der Macht des Klimas: Ist der Klimadeterminismus nur noch Ideengeschichte oder relevanter Faktor gegenwärtiger Klimapolitik?», *Gaia* 9 (2000), S. 187–195.

²⁷ D. Arnold und R. Guha (Hg.), *Nature, Culture, Imperialism: Essays on the Environmental History of South Asia* (Delhi, 1995), S. 1–20.

Zusammenbruch ganzer Gesellschaften konzentrieren, meist unter Heranziehung sehr weniger Beispiele – Paradedfälle sind etwa die Mayas, die Osterinsel und der «Untergang» des Römischen Reiches. All diese «Untergänge» wurden in neueren Bestsellern mit einem Klimawandel in Verbindung gebracht.²⁸ Fast schon üblich ist es dabei, dass komplexe Abläufe und Erzählungen übermäßig vereinfacht wiedergegeben und so für verengte Erklärungsversuche instrumentalisiert werden. Manche Autoren verspüren darüber hinaus den Drang, eine Lektion zu verabreichen – eine Lektion über die Erschöpfung der natürlichen Ressourcen, die gescheiterte Anpassung an einen Wandel der Umweltbedingungen und die Resultate eines nicht nachhaltigen Lebensstils. Dieser Ansatz kann leicht zu einem Musterbeispiel dafür werden, wie der Schwanz mit dem Hund wedelt. Soll heißen: Der Blick in die Vergangenheit erfolgt vorrangig durch die Brille der gegenwärtigen Probleme.²⁹

Viel hängt deshalb von einer gewissen souveränen Leichtigkeit im Umgang mit neuartigem Quellenmaterial ab – genauso, wie gute Geschichtsschreibung beim Umgang mit schriftlichen Quellen und materieller Kultur ein gesundes Urteilsvermögen verlangt. Das Problem ist also nicht, dass Klimawissenschaft, Klimadaten oder neue methodische Ansätze womöglich fehlerbehaftet sind, sondern dass man sorgfältig damit umgehen

²⁸ Gute Beispiele sind: J. Diamond, *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed* (London, 2005); dt. *Kollaps. Warum Gesellschaften überleben oder untergehen* (Frankfurt / Main 2005); D. Webster, *The Fall of the Ancient Maya: Solving the Mystery of the Maya Collapse* (London, 2002); K. Harper, *The Fate of Rome: Climate, Disease and the End of an Empire* (London, 2017); dt. *Fatum. Das Klima und der Untergang des Römischen Reiches* (München, 2020).

²⁹ J. Tainter, «Collapse, sustainability, and the environment: How authors choose to fail or succeed», *Reviews in Anthropology* 37 (2008), S. 342–371.

und Kontexte schaffen muss, die ausgewogen, überzeugend und angemessen sind.³⁰

Im Großen und Ganzen wurden Wetter-, Klima- und Umweltfaktoren bislang nur selten als Hintergrund für die menschliche Geschichte betrachtet, geschweige denn als eine wichtige Perspektive für den Blick auf die Vergangenheit. Natürlich gibt es einige bekannte Fälle, in denen das Klima eine prominente Rolle bei geschichtlichen Abläufen spielte, auch wenn solche Berichte nicht immer plausibel sind. Da ist zum Beispiel die berühmte Geschichte von König Xerxes, der den Befehl gab, dem Hellespont dreihundert Schläge zu verabreichen, nachdem ein Unwetter dort Brücken weggerissen hatte, wodurch sich die persische Invasion in Griechenland im Jahr 480 v. Chr. verzögerte. Es handelt sich aber wohl eher um eine apokryphe Erzählung, dazu gedacht, ein Schlaglicht auf den irrationalen Zorn eines barbarischen, tyrannischen Herrschers zu werfen, als um eine zuverlässige Darstellung der Fakten.³¹

23

Die beiden im späten 13. Jahrhundert von Kublai Khan, dem Enkel des großen Dschingis Khan, befohlenen Angriffe auf Japan wurden durch «göttliche Winde» oder «Kamikaze» gestoppt, von den Göttern gesandt, um die Angreifer zu entmutigen. Diese Erzählung sagt allerdings mehr darüber aus, wie diese Ereignisse im Kontext der japanischen Geschichte gedeutet wurden, als darüber, warum die mongolische Yuan-

³⁰ D. Degroot u. a., «Towards a rigorous understanding of societal responses to climate change», *Nature* 591 (2021), S. 539–550.

³¹ Herodotus, *The Histories*, Hg. R. Waterfield und C. Dewald (Oxford, 1998), 7.34–35, S. 420; dt. Herodot, *Historien*, Übers. J. Feix (Düsseldorf, 2004), S. 454.

Dynastie, die damals den größten Teil des heutigen Chinas beherrschte, nicht in der Lage war, Japan zu erobern.³²

24

Der berühmteste derartige Fall ist jedoch der Einbruch des harten russischen Winters, der in populären Vorstellungen entscheidend dafür verantwortlich war, dass Napoleons unbe-dachter Angriff auf Moskau im Jahr 1812 scheiterte und dass die deutsche Wehrmacht bei Hitlers Angriff auf die Sowjetunion im Jahr 1941 vor Moskau steckenblieb – als erster Anfang der Wende im verlorenen Weltkrieg. Diese populäre Denkfigur verschleiert in beiden Fällen die Tatsache, dass allzu ehrgeizige Ziele, nicht funktionierende Nachschublinien, nicht durch-dachte strategische Entscheidungen und eine noch schlechtere Umsetzung der Pläne am Boden die wahren Gründe waren, warum die Invasionen scheitern mussten – weit mehr noch als Eis und Schnee.³³

Im Allgemeinen ignorieren wir jedoch das Klima, langfris-tige Klimamuster oder Klimaveränderungen völlig, wenn wir die Geschichte betrachten. Die meisten Menschen können große Führer und wichtige Schlachten der Vergangenheit be-nennen, hingegen nur die wenigsten die stärksten Stürme, die schwersten Fluten, die strengsten Winter, die schlimmsten Dürreperioden; kaum jemand vermag zu sagen, wann diese Naturereignisse zu massiven Ernteaussfällen, zu politischem Druck und zu Unruhen führten oder als Katalysator für die

³² J. Woodruff u. a., «Depositional evidence for the Kamikaze typhoon changes in typhoon climatology», *Geology* 43 (2015), S. 91–94; R. Sasaki, *The Origin of the Lost Fleet of the Mongol Empire* (College Station, TX, 2008).

³³ Vgl. zu Napoleons Angriff A. Roberts, *Napoleon the Great* (London, 2014), und D. Lieven, *Russia against Napoleon: The Battle for Europe, 1807–1814* (London, 2009); dt. *Russland gegen Napoleon. Die Schlacht um Europa* (München, 2011); zu Hitlers Angriff A. Beevor, *Stalingrad* (London, 2007; dt. München, 2010), und D. Stahel, *Kiev, 1941: Hitler's Battle for Supremacy in the East* (London, 2012).

Ausbreitung von Seuchen und Krankheiten dienten. Menschliche Geschichte und Naturgeschichte wieder zusammenzuführen, ist nicht nur eine sinnvolle Übung; nein, es ist von fundamentaler Bedeutung, wenn wir die Welt um uns herum angemessen verstehen wollen.³⁴

Wer den historischen Einfluss und die Bedeutung von Wetter, Extremereignissen, langfristigen Klimamustern und Klima-
veränderungen bestimmen will, benötigt ein detailliertes Verständnis davon, wie das globale Klimasystem und die klimatischen Subsysteme miteinander vernetzt sind. Das Klima der Erde wird nämlich von mehreren eng miteinander verbundenen Faktoren und Systemen gestaltet. Da ist zunächst das globale Wettersystem, das sich ständig neu regulieren und anpassen muss, weil sich die atmosphärischen Bedingungen, die Meeresströmungen und das Verhalten der Eisschollen ändern, aber auch aufgrund geologischer Aktivitäten wie der Plattentektonik und den Oszillationen in den Eisenströmen des Erdkerns am Erdmantel. Die Neigung der Erdachse, leichte Abweichungen in der Umlaufbahn der Erde um die Sonne und die ungleiche Energieverteilung zwischen der Äquatorregion und den Polkappen beeinflussen das Wetter und die Klima-

25

³⁴ D. Chakrabarty, «The Climate of History: Four Theses», *Critical Inquiry* 35 (2009), S. 197–222.

muster ebenfalls – im Einzelnen wie auch im Zusammenspiel all dieser Faktoren.³⁵

26 Die Hauptquelle saisonaler Klimaanomalien ist «El Niño» (span. «das Christuskind»), genauer die El-Niño-Südliche-Oszillation (ENSO). Bezeichnet wird damit die Beziehung zwischen den atmosphärischen und den ozeanischen Bedingungen im äquatorialen Pazifikraum, also die Schwankungen eines ozeanographisch-meteorologischen Systems, zu dem Richtung und Stärke der Passatwinde, die Oberflächentemperatur des Meerwassers und der Luftdruck gehören. Der ENSO-Zyklus alternierender warmer El-Niño- und kalter El-Niña-Phänomene ist das dominante jährliche Klimasignal auf der Erde.³⁶ Es beeinflusst das Niederschlagsvolumen in Südamerika, aber auch das Wettergeschehen in Südasien, Ostafrika und Australien. Der indische Monsun kann außerdem noch durch episodische Klimaveränderungen im Nordatlantik beeinflusst werden.³⁷

Auch andere Subsysteme spielen eine bedeutende Rolle bei den Temperatur- und Klimaverhältnissen und deren

³⁵ Eine gute Einführung in den Themenkomplex bieten: R. Hide, D. Boggs und J. Dickey, «Angular momentum fluctuations within the earth's liquid core and torsional oscillations of the core – mantle system», *Geophysical Journal International* 143 (2000), S. 777–786; R. Gross, I. Fukumori und D. Menemenlis, «Atmospheric and oceanic excitation of decadal-scale Earth orientation variations», *Journal of Geophysical Research* 110 (2005), S. 1–15; J.-E. Lee u. a., «Hemispheric sea ice distribution sets the glacial tempo», *Geophysical Research Letters* 44.2 (2017), S. 1008–1014; E. Zorita, S. Wagner und F. Schenk, «The Global Climate System», in S. White, C. Pfister und F. Mauelshagen (Hg.), *The Palgrave Handbook of Climate History* (London, 2018), S. 21–26.

³⁶ M. McPhaden, S. Zebiak und M. Glantz, «ENSO as an Integrating Concept in Earth Science», *Science* 314 (2006), S. 1740–1745.

³⁷ A. Turner und H. Annamalai, «Climate change and the South Asian summer monsoon», *Nature Climate Change* 2 (2012), S. 587–595; P. Borah u. a., «Indian monsoon derailed by a North Atlantic wavetrain», *Science* 370 (2020), S. 1335–1338.

Variationen über Jahre oder gar Dekaden hinweg. Die Nordatlantische Oszillation (NAO) etwa, deren Gegenstand Balance und Schwankung der Luftdruckverhältnisse auf Meereshöhe zwischen einem Azoren-Hoch und einem Island-Tief sind, verursacht Perioden von Tiefdruck- und Hochdruckwetter mit Einfluss auf Westeuropa, aber auch auf die winterlichen Niederschläge im Mittelmeer- und Schwarzmeerraum. Die NAO lenkt zudem kalte Polarluftmassen aus Sibirien und dem Nordmeer nach Mittel- und Westeuropa.³⁸ Die Eisschmelze in der Antarktis und in Grönland produziert Schmelzwasser, das zu einer stärkeren Erwärmung des Meerwassers unter der Oberfläche führt – wenngleich neuere Forschungen belegen, dass dessen Einfluss auf den südlichen Ozean für die globalen Temperaturverhältnisse und den globalen Meeresspiegel weit größere Bedeutung hat als der Einfluss auf die arktischen Regionen.³⁹

Die Sonnenaktivität hat bei jahreszeitlichen Veränderungen, die durch den Erdumlauf induziert sind, eine bedeutende Funktion in den globalen Klimaverhältnissen, weil die Sonne sich variabel verhält, besonders in ihren magnetischen Aktivitäten. Die wichtigsten dieser Phänomene sind Sonnenflecken und das Polarlicht, die normalerweise elfjährigen Zyklen

³⁸ J. Luterbacher u. a., «Circulation Dynamics and its Influence on European and Mediterranean January–April Climate over the Past Half Millennium: Results and Insights from Instrumental Data, Documentary Evidence and Coupled Climate Models», *Climatic Change* 101 (2010), S. 201–234.

³⁹ J. Hansen u. a., «Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modelling and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous», *Atmospheric Chemistry and Physics* 16 (2016), S. 3761–3812.

folgen.⁴⁰ Auch durch Langzeitvariationen wird die Sonnenaktivität moduliert; sie äußern sich in Phasen eher großer und eher mäßiger Sonnenaktivität, sogenannter Maxima und Minima.⁴¹ Das jüngste Beispiel für ein solches Minimum, das sogenannte Maunder-Minimum, lag etwa zwischen den Jahren 1645 und 1715; in dieser Periode war die Sonnenfleckenaktivität extrem reduziert.⁴²

28

Vulkanische Aktivitäten sind ebenfalls ein wichtiger Faktor für zwangsläufige Klimaveränderungen. 1991 zum Beispiel schleuderte der Pinatubo auf den Philippinen bei seinem Ausbruch 20 Megatonnen Schwefeldioxid in die Erdatmosphäre, die dann oxidierten und in der Stratosphäre kleine Partikel bildeten: Sulfataerosole. Diese breiteten sich aus und verstärkten dabei die Lichtundurchlässigkeit (Opazität) der Stratosphäre. Zu den verblüffenden Ergebnissen gehörten eine Reduktion der direkten Sonneneinstrahlung um 21 Prozent und eine verringerte Wärmeisolierung, wodurch die globale Durchschnittstemperatur um ein halbes Grad Celsius absank.⁴³

Hinter diesen globalen Zahlen verbergen sich wichtige regionale Klimamuster. Während die Wassertemperatur im Nordatlantik um fünf Grad Celsius gegenüber der Durchschnittstemperatur absank, war der anschließende Winter in Sibirien, Skandinavien und im Zentrum Nordamerikas deut-

⁴⁰ S. McIntosh, «Deciphering solar magnetic activity: On the relationship between the sunspot cycle and the evolution of small magnetic features», *Astrophysical Journal* 792 (2014), S. 1–19.

⁴¹ I. Usoskin, «A history of solar activity over millennia», *Living Reviews in Solar Physics* 14.3 (2017), S. 1–97.

⁴² I. Usoskin u. a., «The Maunder minimum (1645–1715) was indeed a grand minimum: A reassessment of multiple datasets», *Astronomy and Astrophysics* 581 (2015), S. 1–19.

⁴³ J. Proctor u. a., «Estimating global agricultural effects of geoengineering using volcanic eruptions», *Nature* 560 (2018), S. 480–483.

lich wärmer als normal. Im Jahr nach der Eruption gab es im Süden der Vereinigten Staaten umfangreiche Überschwemmungen, dagegen markanten Wassermangel und Dürren im Afrika südlich der Sahara, in Süd- und Südostasien sowie in weiten Teilen Mittel- und Südeuropas. Zusammengenommen waren die Auswirkungen dramatisch. Die Reduktion der kurzwelligen Sonnenstrahlung führte dazu, dass die Meerestemperatur im globalen Mittel um 0,4 Grad Celsius sank – das entspricht ungefähr dem hundertfachen jährlichen Energieverbrauch auf der ganzen Welt.⁴⁴

29

Vulkanausbrüche bringen auch andere weitreichende Folgen für die Natur mit sich. Dazu gehören die Phytoplanktonblüte, induziert durch in den Ozean gelangende Lavaströme, und die lokale Erwärmung von Tiefseewasserschichten, die anschließend aufsteigen und die sonnenbeschienenen Wasserschichten an der Oberfläche mit Nährstoffen versorgen.⁴⁵ Wie wir noch sehen werden, können Vulkanausbrüche zu markanten Verlusten in der landwirtschaftlichen Produktion führen, was wiederum schwere wirtschaftliche, soziale und politische Krisen zur Folge hat. Wir werden auch untersuchen, welche Auswirkungen Eruptionen auf die Lebensbedingungen von krankheitsübertragenden Spezies haben; oder wie sie als Katalysatoren für diverse enzootische Zyklen bei Krankheitserregern wirken können. Es entwickeln sich dann, wie es ein

⁴⁴ C. Oppenheimer, *Eruptions that Shook the World* (Cambridge, 2011), S. 64–66; G. Stenichkov u. a., «Volcanic signals in oceans», *Journal of Geophysical Research* 114 (2009), S. 1–13.

⁴⁵ S. Wilson u. a., «Kilauea lava fuels phytoplankton bloom in the North Pacific Ocean», *Science* 365 (2019), S. 1040–1044.

Forscher einmal trefflich formuliert hat, regelrechte «Epidemie-Schnellstraßen».⁴⁶

30 Ein entscheidender Faktor bei Vulkanausbrüchen ist, dass der Zeitpunkt des Ausbruchs genauso wichtig sein kann wie dessen Stärke oder Ausmaß. Neuere, durch Supercomputer gestützte Forschungen mit tausendfachen Simulationen haben gezeigt, dass Vulkanausbrüche, die sich im Sommer ereignen, weit größere Auswirkungen auf das globale Klima haben als solche, die im Winter oder im Frühjahr erfolgen.⁴⁷ Wo die Vulkane liegen, bei denen es zu großen Ausbrüchen kommt, ist ebenfalls wichtig; Modelle belegen jetzt, dass Vulkane außerhalb der tropischen Regionen in den vergangenen dreizehn Jahrhunderten für stärkere Abkühlungen des Klimas ganzer Hemisphären gesorgt haben als tropische Vulkane.⁴⁸ Untersuchungen von Vulkanen und Vulkangebieten haben auch gezeigt, dass in neuerer Zeit das Ausströmen von CO₂-Gasen signifikant zugenommen hat; die Emissionen bei reinen Gasausstößen der Vulkane sind dabei wesentlich größer als die bei relativ kurzen Vulkanausbrüchen freigesetzten Gase.⁴⁹

Es gibt noch weitere Phänomene, bei denen das Klima signifikante Auswirkungen auf die Welt der Natur hat. Schwere Regenfälle in der Ebene von Indus und Ganges im Norden des indischen Subkontinents können die Erdkruste stark unter

⁴⁶ D. Arnold, «The Indian Ocean as a Disease Zone, 1500–1950», *South Asia: Journal of South Asian Studies* 14.2 (1991), S. 1–21.

⁴⁷ E. Predybaylo u. a., «El Niño / Southern Oscillation response to low-latitude volcanic eruptions depends on ocean pre-conditions and eruption timing», *Communications Earth & Environment* 1 (2020), S. 1–13.

⁴⁸ M. Toohey u. a., «Disproportionately strong climate forcing from extratropical explosive volcanic eruptions», *Nature Geoscience* 12 (2019), S. 100–107.

⁴⁹ M. Burton, G. Sawyer und D. Granieri, «Deep Carbon Emissions from Volcanoes», *Reviews in Mineralogy & Geochemistry* 75 (2013), S. 323–354.

Stress setzen, was in der angrenzenden Himalajaregion zur Abnahme mikroseismischer Aktivitäten (also kleiner Erderschütterungen) führt.⁵⁰ Belege für Zusammenhänge zwischen starken Taifunen im Osten Taiwans und der seismischen Aktivität unter der Insel legen den Schluss nahe, dass Wetterphänomene nicht nur geologische Reaktionen auslösen können, sondern dass dies möglicherweise in kleinen, moderaten Dosen regelmäßig geschieht, wodurch Einzelereignisse wie große, verheerende Erdbeben vermieden werden.⁵¹

31

Klima- und Temperatureinflüsse prägen auch die Biodiversität: Die Anzahl der Arten sinkt drastisch, je weiter man sich vom Äquator in Richtung der Pole entfernt. Manche Experten schätzen, dass in den tropischen Regenwäldern mehr als die Hälfte aller Arten von Flora und landbasierter Fauna auf der ganzen Welt versammelt sind. Neuerdings konnte jedoch gezeigt werden, dass die tropischen Wälder zwar ein erstaunliches Spektrum an Pflanzen und Tieren beherbergen, dass dies aber das Ergebnis allmählicher Veränderungen über längere Zeiträume hinweg ist. Neue Arten entstehen in der Tat schneller in Gegenden mit kalten, trockenen, instabilen und extremen Klimabedingungen.⁵²

Historiker haben schon vor längerer Zeit festgestellt, dass die Sonnenaktivität, langfristige Wetterzyklen und die Auswirkungen vulkanischer Aktivitäten zusammengenommen

⁵⁰ L. Bollinger u. a., «Seasonal modulation of seismicity in the Himalaya of Nepal», *Geophysical Research Letters* 34 (2007), S. 1–5; D. Panda u. a., «Seasonal modulation of deep slow-slip and earthquakes on the Main Himalayan Thrust», *Nature Communications* 9 (2018), S. 1–8.

⁵¹ C. Liu, A. Linde und S. Sacks, «Slow earthquakes triggered by typhoons», *Nature* 459 (2009), S. 833–836.

⁵² M. Harvey u. a., «The evolution of a tropical biodiversity hotspot», *Science* 370 (2020), S. 1343–1348.

Muster bilden, die sich über Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte erstrecken können. Einigen dieser Perioden hat man Namen gegeben, um ihren Zusammenhang deutlich zu machen. Diese Namensgebung richtet sich meistens an der Sonnenaktivität aus, samt deren Auswirkungen auf die komplexen globalen Klimasubsysteme. Das «Optimum der Römerzeit», auch «Römische Warmzeit» genannt, das sich von ca. 100 v. Chr. bis ca. 200 n. Chr. erstreckte, und die «Mittelalterliche Klimaanomale» (ca. 900 bis 1250) sind zwei Beispiele dafür. Beides waren offenbar Zeiten mit günstigen, überdurchschnittlich warmen, vor allem jedoch stabilen Bedingungen, während die «Kleine Eiszeit» von ca. 1550 bis ca. 1800 ein Zeitalter mit deutlich kühleren Temperaturen, weniger Sonnenschein und globalen Krisen war. In diesen Zeitraum fallen zum Beispiel der Dreißigjährige Krieg und die Französische Revolution.⁵³

Eine der großen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Klimawissenschaft besteht jedoch darin, dass neue Belege aus anderen Regionen und immer genauere Daten eindeutig zeigen: Was in einem Teil der Welt gilt, kann in einem anderen ganz anders sein. Während zum Beispiel der mittlere und östliche Pazifik im 15. Jahrhundert anscheinend ungewöhnlich kalt waren, galt dies offenbar anderswo nicht, wengleich auch Nordwesteuropa und die südöstlichen Teile der Vereinigten Staaten im kühleren 17. Jahrhundert unter

⁵³ McCormick u. a., «Climate Change during and after the Roman Empire», *Journal of Interdisciplinary History* 43.2 (2012), S. 169–220, bes. S. 174–191; E. Le Roy Ladurie, *Times of Feast, Times of Famine: A History of Climate since the Year 1000* (1971; frz. Original Paris, 1967); H. H. Lamb, *Climate: Past, Present and Future* (London, 1972); dt. *Klima und Kulturgeschichte: Der Einfluss des Wetters auf den Gang der Geschichte* (Reinbek, 1989); G. Parker, *Global Crisis: War, Climate Change and Catastrophe in the Seventeenth Century* (London, 2013).

härteren Wetterbedingungen zu leiden hatten als andere Regionen. Tatsächlich gibt es für die zwei Jahrtausende vor der Industriellen Revolution keine tragfähigen Beweise für global kohärente Warm- oder Kaltzeiten.⁵⁴

Wie viel Sorgfalt bei der Interpretation erforderlich ist, lässt sich am Beispiel des Zeitraums von ca. 1220 bis 1250 zeigen. In diesem relativ engen Zeitfenster waren die hydroklimatischen Bedingungen für die Getreideproduktion im östlichen Mittelmeerraum und in der südlichen Levante, also ungefähr im heutigen Israel, Palästina und Jordanien, recht günstig. Aber nur wenige Hundert Kilometer entfernt, im zentralen Mittelmeerraum, in Sizilien und Süditalien, war die Lage schon ganz anders.⁵⁵ Es ist, mit anderen Worten, wichtig, dass man nicht zu weitreichende Schlüsse aus ortsspezifischen Informationen zieht und diese auf andere Orte überträgt, für die man keine eigenen Belege hat – entweder weil dort keine eingehenden Untersuchungen durchgeführt wurden oder weil solche Untersuchungen kein Material geliefert haben, das die betreffende These unterstützen würde.



Häufigkeit extremer Meereshitze in den Meeresbecken von 1900 bis 2019.

Die Frage der regionalen Klimakohärenz ist auch in der heutigen Welt ein wichtiges Thema, wo die globale Erwärmung 98 Prozent der Erdoberfläche betrifft. Ausgenommen ist hier allein die Antarktis, wo es noch keine genauen Beobachtungen

⁵⁴ R. Neukom, «No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era», *Nature* 571 (2019), S. 550–554.

⁵⁵ E. Xoplaki u. a., «Modelling Climate and Societal Resilience in the Eastern Mediterranean in the Last Millennium», *Human Ecology* 46 (2018), S. 363–379.

gibt, die den ganzen Kontinent umfassen.⁵⁶ Die Erwärmungsmuster betreffen nicht alle Teile der Welt in gleicher Weise, auch nicht in ihrem Ausmaß. Es ist tatsächlich so, wie es kürzlich ein IWF-Bericht festhielt: Die Mehrzahl der Länder in der ganzen Welt wird die schädlichen Auswirkungen des Klimawandels zu spüren bekommen, eine kleine Zahl von Ländern wird jedoch auch davon profitieren.⁵⁷

Indes, noch bevor man sich überhaupt mit Fragen der Genauigkeit oder Fehlerhaftigkeit bei Prognosen zukünftiger Klimamodelle befassen kann, sorgen schon die Analysen im Hier und Jetzt für starke Ernüchterung. Die Atlantische Meridionale Umwälzzirkulation (engl. AMOC, umgangssprachlich auch «Golfstrom») – ein System verbundener Oberflächen- und Tiefenströmungen im Atlantik, das weitgehend für die relative Wärme auf der Nordhalbkugel verantwortlich ist – ist heute so schwach wie seit fast 2000 Jahren nicht mehr.⁵⁸ Frühwarnindikatoren auf der Grundlage multipler Messungen der Oberflächenwassertemperatur und des Salzgehalts im gesamten Atlantikbecken legen den Schluss nahe, dass die Strömungen in Kürze zum Erliegen kommen werden – was ernsthafte Störungen im globalen Klimasystem zur Folge hätte und zu einem Dominoeffekt führen könnte: Betroffen wären dann auch die Verteilung des tropischen Monsunregens und das

⁵⁶ B. Stenni u. a., «Antarctic climate variability on regional and continental scales over the last 2000 years», *Climate of the Past* 13 (2017), S. 1609–1634.

⁵⁷ IMF, *World Economic Outlook: Seeking Sustainable Growth – Short-term Recovery, Long-term Challenges* (Washington, DC, 2017), S. 117–183.

⁵⁸ D. Thonralley, «Anomalously weak Labrador sea convection and Atlantic overturning during the past 150 years», *Nature* 556 (2018), S. 227–230; vgl. zu AMOC M. Buckley und J. Marshall, «Observations, inferences, and mechanisms of the Atlantic Meridional Overturning Circulation: A Review», *Reviews of Geophysics* 54 (2016), S. 5–63.

Abschmelzen des Antarktikeises.⁵⁹ Manche Wissenschaftler erkennen in diesen Risiken nichts weniger als «eine existenzielle Bedrohung der Zivilisation».⁶⁰

Die großen gegenwärtigen Veränderungen im globalen Klima sind beinahe ausschließlich ein Ergebnis menschlicher Einwirkungen auf die Umwelt. Seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts haben solche vom Menschen ausgehenden Eingriffe immer mehr zugenommen, mit immer radikaleren Folgen. Die Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt führte zu Energie- und Industrierevolutionen, die die Produktionsverhältnisse und die menschlichen Gesellschaften nachhaltig veränderten. Es war der Beginn eines fundamental veränderten Verhältnisses von Mensch und Natur. Das mit der Industriellen Revolution einsetzende Zeitalter wurde deshalb «Anthropozän» benannt. Man folgte damit einem Vorschlag des Chemie-Nobelpreisträgers Paul J. Crutzen aus dem Jahr 2002. Charakterisiert wird damit eine Periode immer höherer Ausstöße von CO₂ und Methangas, ununterbrochen und steil ansteigend.⁶¹ Jüngst kam eine Zusammenkunft renommierter internationaler Wissenschaftler überein, das Anthropozän als eine entscheidende historische Schwelle zu betrachten, beginnend allerdings in der Mitte des 20. Jahrhunderts, als die durch den Menschen verursachten CO₂-Emissionen stark zunahmen.⁶²

-
- ⁵⁹ N. Boers, «Observation-based early-warning signals for a collapse of the Atlantic Meridional Overturning Circulation», *Nature Climate Change* 11 (2021), S. 680–688;
L. Jackson u. a., «Global and European climate impacts of a slowdown of the AMOC in a high resolution GCM», *Climate Dynamics* 45 (2015), S. 3299–3316.
- ⁶⁰ T. Lenton u. a., «Climate», *Nature* 575 (2019), S. 592–595.
- ⁶¹ P. Crutzen, «Geology of mankind», *Nature* 415 (2002), S. 23.
- ⁶² Subcommittee on Quaternary Stratigraphy, Working Group on the «Anthropocene», Results of Binding Vote by AWG, 21 May 2019.

Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Kohle und Erdöl entstehen Wasserdampf, Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Stickstoffoxid (N_2O) und indirekt Ozon, die die Wärme daran hindern, ins All zu entweichen, und deshalb auch Treibhausgase genannt werden. Bevölkerungswachstum, erhöhter Energiebedarf, sinkende Produktionspreise und massive Infrastrukturinvestitionen haben zu einem dramatischen Anstieg des Verbrauchs von fossilen Brennstoffen geführt. Das wiederum führte zu einem massiven Anstieg der Emissionen und zu starken Temperaturanstiegen. In den 800 000 Jahren bis zum Beginn der Industriellen Revolution kamen auf eine Million Luftmoleküle 250 CO_2 -Moleküle. Bis 2018 stieg dieser Anteil auf mehr als 408 Partikel an – das ist ein Niveau, das seit dem Pliozän vor mehr als drei Millionen Jahren nicht mehr erreicht wurde. Damals lag der Meeresspiegel fast 25 Meter über dem heutigen, die Durchschnittstemperaturen lagen um zwei bis drei Grad Celsius höher als heute.⁶³ Im Sommer 2022 lagen die CO_2 -Werte sogar noch höher; im Mauna Loa Atmospheric Baseline Observatory auf Hawaii wurden im Monatsdurchschnitt 421 Partikel pro Million gemessen.⁶⁴

In dieser Situation sind multiple Dominoeffekte zu verzeichnen: Die globale Erwärmung führt zum Abschmelzen des Eises auf den Polarkappen, wodurch der Meeresspiegel steigt. Ein einziger Eisberg, unter dem Namen A68 bekannt, der 2017

⁶³ J. Brigham-Grette, «Pliocene Warmth, Polar Amplification, and Stepped Pleistocene Cooling Recorded in NE Arctic Russia», *Science* 340 (2013), S. 1421–1427; J. Blundon und S. Arndt (Hg.), *State of the Climate in 2019*, Special Supplement, *Bulletin of the American Meteorological Society* 101 (2020); O. Dumitru, «Constraints on global mean sea level during Pliocene warmth», *Nature* 574 (2019), S. 233–236.

⁶⁴ US National Oceanic and Atmospheric Administration, «Carbon dioxide peak for 2022 more than 50 % higher than pre-industrial levels», 3. Juni 2022; <https://phys.org/news/2022-06-carbon-dioxide-peak-higher-pre-industrial.html>.

in der Antarktis vom Larsen-C-Schelf abbrach, führte dem Ozean jeden Tag rund 1,5 Milliarden Tonnen Frischwasser zu, bis er sich 2021 ganz aufgelöst hatte.⁶⁵ Die Konsequenzen für die größten Städte der Welt, von denen viele am Meer liegen, sind offenkundig. Modellrechnungen mithilfe künstlicher Intelligenz und sehr genauer Bestimmungen der jeweiligen Höhenlage über dem Meeresspiegel kommen zu dem Ergebnis, dass Landstriche, die gegenwärtig von 300 Millionen Menschen bewohnt werden, bis zum Jahr 2050 alleamt mindestens einmal überflutet werden; am schlimmsten wird es die Bevölkerungen in Asien treffen. Tatsächlich lebt rund eine Milliarde Menschen bereits in Gebieten, die bei Flut weniger als zehn Meter über dem Meeresspiegel liegen; bei 230 Millionen Menschen, die in Städten und Dörfern an der Küste leben, beträgt der Abstand zum Meeresspiegel nicht einmal einen Meter.⁶⁶

Die Energieinfrastruktur Großbritanniens ist schon bei einem geringfügigen Anstieg des Meeresspiegels anfällig; alle 19 Atomkraftwerke des Landes liegen an der Küste, wie auch alle größeren Kraftwerke in Schottland, Wales und Nordirland, die fossile Brennstoffe verfeuern.⁶⁷ Nach einigen Schätzungen besteht für Grundstücke und Anlagen in den Vereinigten Staaten im Wert von drei bis elf Billionen US-Dollar die Gefahr,

⁶⁵ A. Braakman-Foglmann u. a., «Observing the disintegration of the A68A iceberg from space», *Remote Sensing of Environment* 270 (2022), S. 1–9.

⁶⁶ S. Kulp und B. Strauss, «New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding», *Nature Communications* 10 (2019), S. 1–12.

⁶⁷ UK Office for Science, *Future of the Sea: Current and Future Impacts of Sea Level Rise on the UK* (London, 2017).

dass sie überflutet werden, je nachdem, wie hoch und wie schnell die Meeresspiegel steigen.⁶⁸

38 Es könnte in die «Katastrophe» führen, warnt der IWF, wenn keine geeigneten Schritte unternommen würden, um die Emissionen zu senken. Die Folgen wären dann Ernteaufschläge, häufige Wirtschaftskrisen, Zerstörungen der Infrastruktur, Beeinträchtigungen der Gesundheit und eine starke Zunahme von Infektionskrankheiten.⁶⁹ Laut UNICEF ist schon heute eine Milliarde Kinder – fast die Hälfte aller Kinder der Welt – durch die Auswirkungen der Klimakrise «extrem stark gefährdet».⁷⁰

Das Ausmaß der Herausforderung, die Folgen der schnellen Erderwärmung in den kommenden Jahrzehnten zu minimieren, ist kaum zu überschätzen. Neuere Modellrechnungen haben ergeben, dass die Öl- und Gasproduktion global bis 2050 pro Jahr um 3 Prozent sinken muss – und dass 60 Prozent der Reserven an Erdöl und Erdgas sowie 90 Prozent der Kohlereserven nicht abgebaut werden dürfen, wenn das CO₂-Budget eingehalten werden soll, was zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 Grad Celsius unabdingbar ist.⁷¹ Die Tatsache, dass keine einzige der größeren Volkswirtschaften der Welt, einschließlich aller G20-Staaten, im Jahr 2021 die eigenen Zielvorgaben im Rahmen des Pariser Klimaabkommens

68 J. Hinkel u. a., «Coast Flood Damage and Adaptation Costs under 21st Century Sea-Level Rise», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 111 (2014), S. 3292–3297.

69 IMF, *World Economic Outlook: A Long and Difficult Ascent* (Washington, DC, 2020), S. 86.

70 UNICEF, *The Climate Crisis is a Child Rights Crisis* (New York, 2021).

Vgl. <https://www.unicef.de/informieren/aktuelles/presse/-/report-klimawandel-auswirkungen-auf-kinder/277206>.

71 D. Welsbey u. a., «Unextractable fossil fuels in a 1.5 °C world», *Nature* 597 (2021), S. 230–234.

von 2015 eingehalten hat, zeigt, dass wir uns wirklich auf das Schlimmste vorbereiten müssen (statt auf die optimistischste Variante) – auch wenn einige Kommentatoren nicht müde werden zu betonen, dass in den Weltuntergangsszenarien wenig bis kein Spielraum gelassen sei für Anpassungen, für technische Innovationen oder die Milderung einiger oder gar aller besonders schlimmen Probleme.⁷²

39

Man könnte natürlich einiges über die Gefahren sagen, die damit einhergehen, wenn man sich zu sehr auf die doppelte Versuchung von Schwarzmalerei und dem Blick in die Kristallkugel verlässt. Gleichwohl weisen neuere Modelle sogar in eine noch weit schlimmere Zukunft als bisherige Prognosen; hier ist von einer Erderwärmung bis 2100 um etwa vier Grad Celsius die Rede. In einem Bericht der US-Autobahnverwaltung (US National Highway Traffic Safety Administration) aus dem Jahr 2018 heißt es sogar, es ergebe kaum Sinn, Benzineinsparungsvorschriften für Autos zu erlassen, weil diese langfristig kaum praktische Auswirkungen hätten. Eine Abkehr von fossilen Brennstoffen würde erfordern, dass «die Wirtschaft und die Fahrzeugflotte» auf eine Art und Weise betrieben würden, die «gegenwärtig weder technisch machbar noch wirtschaftlich praktikabel» sei.⁷³ Viele deuteten die Aussage so, dass man also annehme, das Schicksal unseres Planeten sei

⁷² B. Lomborg, «Welfare in the 21st century: Increasing development, reducing inequality, the impact of climate change and the cost of climate policies», *Technological Forecasting & Social Change* 156 (2020), S. 1–35.

⁷³ US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, «The Safer Affordable Fuel-Efficient (SAFE) Vehicles Rule for Model Year 2021–2026 Passenger Cars and Light Trucks», Draft Environmental Impact Statement, S. 5–30.

ohnehin besiegelt – diese Annahme gelte zumindest für Teile der US-Regierung.⁷⁴

40 Kaum mehr zu bestreiten sind jedoch massive Probleme, die bereits Teil der Gegenwart sind, nicht erst der nahen oder ferneren Zukunft. Die Energierevolution des industriellen Zeitalters hat katastrophale Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Das Ausmaß der Luftverschmutzung ist in manchen Städten zehnmal höher, als es die Minimalstandards der Weltgesundheitsorganisation vorsehen. Tatsächlich leben 92 Prozent der Weltbevölkerung an Orten, an denen diese Grenzwerte der Luftverschmutzung überschritten werden.⁷⁵ Schlechte Luft ist aber nicht einfach ein Ergebnis der Verbrennung fossiler Brennstoffe; sie resultiert auch aus der Müllverbrennung unter freiem Himmel. Geschätzte 40 Prozent des Mülls auf der ganzen Welt werden auf diese Weise entsorgt. Dabei entweicht ein beträchtliches Maß an Emissionen von Feinstaub und polyzyklischen Kohlenwasserstoffverbindungen in die Erdatmosphäre.⁷⁶

Luftverschmutzung ist tödlich. 2015 führte sie zu rund neun Millionen vorzeitigen Todesfällen weltweit.⁷⁷ Die neuesten Angaben für Indien beziffern die Zahl der jährlichen Todesfälle durch Luftverschmutzung auf mehr als 1,6 Millionen, wobei

⁷⁴ Vgl. z. B. «Trump administration sees a 7-degree rise in global temperatures by 2100», *Washington Post*, 28. September 2018.

⁷⁵ World Health Organisation, *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease* (Genf, 2016), S. 33.

⁷⁶ C. Wiedinmyer, R. Yokelson und B. Gullett, «Global emissions of trace gases, particulate matter and hazardous air pollutants from open burning of domestic waste», *Environmental Science & Technology* 18 (2014), S. 9523–9530.

⁷⁷ P. Landrigan, «The Lancet Commission on pollution and health», *Lancet* 391 (2018), S. 462–512.

die höchste Sterblichkeit in Bundesstaaten mit einem niedrigen Pro-Kopf-Einkommen zu verzeichnen ist.⁷⁸ Tatsächlich war die Zahl der Todesfälle infolge von Luftverschmutzung im kriegsgeplagten Afghanistan 2017 fast zehnmal höher als die Zahl der zivilen Todesopfer durch den Krieg.⁷⁹

Während chronische Luftverschmutzung vor allem weite Teile der Entwicklungsländer betrifft, zahlen auch die Bewohner wohlhabenderer Länder den Preis dafür, dass ihre Regierungen die Umweltgefahren nicht im vollen Umfang verstehen oder berücksichtigen. In Europa lassen sich 8 Prozent der Sterbefälle auf Feinstaubeinwirkungen zurückführen, auf Feinstaubpartikel mit einem Durchmesser von bis zu 2,5 Mikrometer, sowie auf den Einfluss von Stickoxiden (NO₂) – mit anderen Worten, fast 500 000 Sterbefälle jährlich.⁸⁰ Neuere Forschungen gehen sogar noch weiter: Demnach sind 18 Prozent der weltweiten Todesfälle im Jahr 2018 auf Luftverschmutzung durch fossile Brennstoffe zurückzuführen.⁸¹

Wie bei vielen anderen Problemen hängt auch die Luftverschmutzung eng mit dem sozioökonomischen Status und dem Einkommensniveau vor Ort zusammen – auch in wohlhabenden, hochentwickelten Ländern. Fabriken und Firmen, die die Luft verpesten, liegen bevorzugt in Gemeinden, deren Bevölkerung einen hohen Anteil an Minderheiten und

⁷⁸ India State-Level Disease Burden Initiative Air Pollution Collaborators, «Health and economic impact of air pollution in the states of India: The Global Burden of Disease Study 2019», *Lancet Planetary Health* (2020), S. 1–14.

⁷⁹ I. Flores, «Afghanistan's Air is Deadlier Than its War», *Foreign Policy*, 26. Mai 2019.

⁸⁰ S. Khomenko, «Premature mortality due to air pollution in European cities: A health impact assessment», *Lancet Planetary Health* (2021), S. 1–14.

⁸¹ K. Vohra u. a., «Global mortality from outdoor particulate pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOM-Chem», *Environmental Research* 195 (2021), S. 1–8.

Geringverdienern aufweist.⁸² Und der durch Luftverschmutzung verursachte Schaden geht noch viel weiter: Feinstaub hat starke und sehr schädliche Auswirkungen auf die kognitiven Funktionen; er führt zu Gedächtnis- und Orientierungsproblemen, beeinträchtigt den Sprachfluss und die Fähigkeit zum räumlichen Sehen.⁸³ Das Einatmen von Stickoxiden und Feinstaub als Kind oder Jugendlicher ist ein Risikofaktor für mentale Erkrankungen im Erwachsenenalter, bis hin zur Demenz. Auch das Risiko für Selbstverletzungen ist erhöht.⁸⁴ Nur einen einzigen Tag in der Kindheit starker Luftverschmutzung ausgesetzt zu sein, kann bereits im Herz-Kreislauf- und Immunsystem für das spätere Leben starke Schädigungen verursachen; die Gene werden entsprechend gesteuert, mit schädlichen Auswirkungen für die langfristige Gesundheit.⁸⁵ Einer neueren Studie der Weltbank zufolge belaufen sich die Kosten von gesundheitlichen Schäden durch Luftverschmutzung auf 8,1 Billionen US-Dollar – oder mehr als 6 Prozent des globalen Bruttoinlandsprodukts.⁸⁶ Menschliches Verhalten, menschliche Lebensstile und menschliche Eingriffe in die Umwelt führen nicht nur dazu, dass Menschen sterben. Diese

⁸² D. De Silva u. a., «Firm behaviour and pollution in small geographies», *European Economic Review* 136 (2021), S. 1–33.

⁸³ M. Shehab und F. Pope, «Effects of short-term exposure to particulate matter air pollution on cognitive performance», *Scientific Reports* 9 (2019), S. 1–10.

⁸⁴ A. Reuben u. a., «Association of Air Pollution Exposure in Childhood and Adolescence with Psychopathology at the Transition to Adulthood», *JAMA Network Open* 4 (2021), S. 1–14; P. Mok u. a., «Exposure to ambient air pollution during childhood and subsequent risk of self-harm: A national cohort study», *Preventive Medicine* 152 (2021), S. 1–7.

⁸⁵ M. Prunicki u. a., «Air pollution exposure is linked with methylation of immunoregulatory genes, altered immune cell profile and increased blood pressure in children», *Scientific Reports* 11 (2021), S. 1–12.

⁸⁶ Weltbank, *The Global Health Cost of PM_{2.5} Air Pollution: A Case for Action Beyond 2021*; <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36501>.

Faktoren haben auch Auswirkungen darauf, wie Menschen sich verhalten, wie sie denken und miteinander kommunizieren.

Menschliche Eingriffe in die natürliche Umwelt haben fast überall und in fast jeder Hinsicht verheerende Ergebnisse gebracht: von der Wasserverschmutzung bis zur Bodenerosion, vom Eindringen kleiner Plastikteilchen in die Nahrungsketten bis zum Überlebensdruck auf Tiere und Pflanzen – einem Druck, der so groß geworden ist, dass in einem Bericht der Vereinten Nationen aus dem Jahr 2019 zu lesen ist, der Rückgang der Biodiversität habe ein Ausmaß und Tempo erreicht, das in der menschlichen Geschichte ohne Beispiel sei. Es drohe auf der ganzen Welt eine Erosion «der Grundlagen unserer Wirtschaft, unseres Lebensunterhalts, unserer Ernährungssicherheit, unserer Gesundheit und unserer Lebensqualität».⁸⁷

43

Menschliche Aktivitäten belasten die Flüsse, Seen und Meere der Welt mit Plastikabfällen, die schon vor mehr als zehn Jahren in allen großen Ozeanbecken zu finden waren – darunter zu leiden haben die Tiere durch Kontamination, Verdauungsstörungen, innere Verletzungen und Verstrickungen.⁸⁸ Das Ausmaß der Verunreinigungen und Schadstoffe ist atemberaubend; allein in Großbritannien kommen pro Woche geschätzt neun Billionen Mikroplastikfasern aus den Waschmaschinen – als Abrieb von synthetischen Kleidungsstücken.⁸⁹

⁸⁷ IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), *The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services* (Paris, 2019).

⁸⁸ N. Welden, «The environmental impacts of plastic pollution», in T. Letcher (Hg.), *Plastic Waste and Recycling: Environmental Impact, Societal Issues, Prevention, and Solutions* (London, 2020), S. 195–222.

⁸⁹ National Federation of Women's Institutes, *In a Spin: How our Laundry is Contributing to Plastic Pollution* (2018).

Solche Mikrofasern finden sich in erstaunlichen Mengen bereits überall auf dem Planeten; bei einer Erhebung in der Arktis wurden durchschnittlich 40 Mikroplastikteilchen pro Kubikmeter Meerwasser gefunden.⁹⁰ Laut Studien in den Vereinigten Staaten nehmen die Menschen dort jährlich zwischen 74 000 und 121 000 Mikroplastikteilchen in sich auf; andere Studien zeigen, dass sich Mikroplastik in der Plazenta von Schwangeren findet, in hoher Konzentration auch im Stuhl von Kleinkindern sowie bei allen Menschen im Blut.⁹¹

Der Druck auf die Umwelt ist inzwischen so groß, dass 40 Prozent der Pflanzen auf der Welt als gefährdet gelten.⁹² Das hat zum Teil damit zu tun, dass ganze Insektenpopulationen zusammengebrochen sind, was wiederum durch Waldrodungen, massiven Pestizideinsatz, die Urbanisierung und den Klimawandel verursacht wurde – Entwicklungen, die mittlerweile nicht nur die Nahrungsketten von Tieren und Pflanzen bedrohen, sondern die auch Katastrophenpotenzial für die Landwirtschaft und die Nahrungsmittelproduktion haben.⁹³ Nach manchen Schätzungen sind jährlich weltweit bereits

⁹⁰ P. Ross u. a., «Pervasive distribution of polyester fibres in the Arctic Ocean is driven by Atlantic inputs», *Nature Communications* 12 (2021), S. 1–9.

⁹¹ K. Cox u. a., «Human Consumption of Microplastics», *Environment, Science and Technology* 53 (2019), S. 7068–7074; A. Ragusa u. a., «Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta», *Environment International* 146 (2021), S. 1–8; J. Zhang u. a., «Occurrence of Polyethylene Terephthalate and Polycarbonate Microplastics in Infant and Adult Feces», *Environment, Science and Technology Letters* 8:11 (2021), S. 989–994; H. Leslie u. a., «Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood», *Environment International* 163 (2022), S. 1–8.

⁹² E. Nic Lughadha, «Extinction risk and threats to plants and fungi», *Plants People Planet* 2 (2020), S. 389–408.

⁹³ F. Sánchez-Bayo und K. Wyckhuys, «Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers», *Biological Conservation* 232 (2019), S. 8–27.

Ernteerträge im Wert von 600 Milliarden US-Dollar durch fehlende Bestäubung bedroht.⁹⁴

Im Zeichen der alljährlichen Rodung von Millionen Hektar tropischen Regenwalds und der Überfischung der Weltmeere reagieren die Tiere auf den Klimawandel und verändern ihre Lebensräume – und nicht nur das. Manche Tierarten reagieren auf das wärmere Klima mit einer Veränderung ihrer Wärmeregulierungssysteme zur Abkühlung. Gliedmaßen, Ohren, Schnäbel und andere Anhänge des Rumpfes ändern infolge der steigenden Temperaturen ihre Gestalt und / oder ihre Größe.⁹⁵ Mütterlicher Hitzestress reduziert bei Kälbern das Wachstum, speziell von Organen, die mit dem Immunsystem vernetzt sind – was natürlich Folgen für die Milch- und Fleischproduktion hat.⁹⁶

45

Landtiere, die an Berghängen leben, ziehen in größere Höhen, um das sich erwärmende Flachland zu meiden, während Fische durch die Erwärmung des Oberflächenwassers in die Tiefe der Meere getrieben werden. Ganze Gruppen von Landlebewesen bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 17 Kilometern pro Jahrzehnt in Richtung der Pole, Meereslebewesen ziehen in dieselbe Richtung, nur im gleichen Zeitraum mehr als viermal so weit.⁹⁷ Viele Schmetterlings- und Mottenarten sind auf der Suche nach besseren Lebensbedingungen

⁹⁴ IPBES, *Global Assessment Report*, S. 11.

⁹⁵ S. Ryding u. a., «Shape-shifting: Changing animal morphologies as a response to climatic warming», *Trends in Ecology & Evolution* (2021), S. 1–13.

⁹⁶ B. Ahmed u. a., «Maternal heat stress reduces body and organ growth in calves: Relationship to immune status», *JDS Communications* 2 (2021), S. 295–299.

⁹⁷ E. Stokstad, «New global study reveals the ‹staggering› loss of forests caused by industrial agriculture», *Science*, 13. September 2018; G. Pecl u. a., «Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being», *Science* 355 (2017).

im Himalaja tausend oder mehr Meter nach oben gezogen.⁹⁸ Meerestiere wie Fische, Krustentiere und Kopffüßler (wie Kraken, Tintenfische und Sepia) ziehen im Mittelmeer auf der Suche nach kälterem Wasser um durchschnittlich 55 Meter in die Tiefe.⁹⁹

46 Die Durchschnittsgröße der Populationen von Wirbeltierarten, die genauer beobachtet wurden, sank in den letzten fünfzig Jahren um fast 70 Prozent.¹⁰⁰ Die Zahl der Vögel in Nordamerika hat sich seit 1970 um fast drei Milliarden verringert, mehr als 40 Prozent der Amphibienarten sind gefährdet.¹⁰¹ Modelle zur Abschätzung der potenziellen Aussterberaten errechnen dramatische Zusammenbrüche von Arten; und sie unterschätzen den Niedergang von Spezies hinsichtlich ihres Gesamtvorkommens und ihrer Verteilung wahrscheinlich noch.¹⁰²

Der Niedergang verläuft nicht gleichförmig – und tatsächlich geht es, während einige Spezies und Ökosysteme kollabieren, anderen gar nicht mal so schlecht; in einigen Fällen blühen sie sogar auf, wie sich bei einigen Baumarten im nördlichen Nadelwaldgürtel Ostkanadas zeigt.¹⁰³ Darüber hinaus eröffnet der Niedergang einiger Arten neue Möglich-

⁹⁸ K. Chandra u. a., *Assemblages of Lepidoptera in Indian Himalaya through Long Term Monitoring Plots* (Kolkata, 2019).

⁹⁹ S. Chalkin, S. Dubiner und J. Belmaker, «Cold-water species deepen to escape warm water temperatures», *Global Ecology & Biogeography* (2021).

¹⁰⁰ R. Almond, M. Grooten und T. Peterson (Hg.), *Living Planet Report 2020: Bending the Curve of Biodiversity Loss*, World Wildlife Fund (Gland, 2020).

¹⁰¹ K. Rosenberg, «Decline of the North American avifauna», *Science* 366 (2019), S. 120–124; IPBES, *Global Assessment Report*, S. 24.

¹⁰² E. Schulz u. a., «Climate-driven, but dynamic and complex? A reconciliation of competing hypotheses for species' distributions», *Ecology Letters* 25 (2022), S. 1–14.

¹⁰³ V. Danneyrolles u. a., «Scale-dependent changes in tree diversity over more than a century in eastern Canada: Landscape diversification and regional homogenization», *Journal of Ecology* 109 (2021), S. 273–283.

keiten für andere Arten.¹⁰⁴ Einige Wissenschaftler weisen auch darauf hin, wie wichtig es ist, die Dinge eher auf lokaler Ebene zu bewerten als im globalen Maßstab; sie schlagen vor, den katastrophalen Verlust bei den Populationen einiger Spezies lieber als Cluster extremen Niedergangs (oder Anstiegs) zu betrachten, als davon auszugehen, dass solche Verluste Ausdruck allgemeiner, weit verbreiteter (und potenziell irreführender) Muster seien.¹⁰⁵

47

Gleichwohl besteht unter Wissenschaftlern weithin Konsens darüber, dass vor unseren Augen eine Art «biologische Vernichtung» voranschreitet, die als «Massensterben» zu bezeichnen mittlerweile üblich geworden ist.¹⁰⁶ Forschungen zu den Polarmeeren legen den Schluss nahe, dass Veränderungen in den Nahrungsketten bereits im Gange sind, mit gravierenden Implikationen nicht nur für die Meeressysteme, sondern für große globale Ökosysteme.¹⁰⁷ Viele warnen vor einem «Dominoeffekt bei der Erosion der Biodiversität» und vor einem «gemeinsamen Aussterben», das alle Ebenen von Flora und Fauna betreffe.¹⁰⁸ Das «sechste Massenaussterben», so wird betont,

¹⁰⁴ M. Dornelas u. a., «A balance of winners and losers in the Anthropocene», *Ecology Letters* 22 (2019), S. 847–854.

¹⁰⁵ B. Leung u. a., «Clustered versus catastrophic global vertebrate declines», *Nature* 588 (2020), S. 267–271.

¹⁰⁶ G. Ceballos, P. Ehrlich und R. Dirzo, «Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 114 (2017), S. 6089–6096.

¹⁰⁷ K. Martin u. a., «The biogeographic differentiation of algal microbiomes in the upper ocean from pole to pole», *Nature Communications* 12 (2021), S. 1–14.

¹⁰⁸ Vgl. etwa J. Memmott, N. Waser und M. Price, «Tolerance of pollination networks to species extinctions», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 271 (2004), S. 2605–2611; J. Herrera, J. Moody und C. Nunn, «Predictions of primate–parasite coextinction», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 376 (2021), S. 1–8.

unterscheide sich von den vorangegangenen, weil dieses Mal eine Tierart dafür verantwortlich sei – der Mensch.¹⁰⁹ In einem kürzlich erschienenen Bericht werden die Dinge unverblümt beim Namen genannt: «Das Ausmaß der Bedrohungen für die Biosphäre und all ihre Lebensformen – einschließlich der menschlichen – ist in der Tat so groß, dass es kaum zu erfassen ist, selbst für gut informierte Experten nicht.»¹¹⁰

Dieses Buch handelt nicht davon, was in Zukunft geschehen wird. Auch besteht das Ziel nicht darin, die erdrückend übereinstimmenden Äußerungen der wissenschaftlichen Gemeinschaft infrage zu stellen – weder auf der Grundlage der gegenwärtigen globalen Bedingungen noch durch eine Untersuchung, welche Schritte man unternehmen könnte, um einige oder gar viele der schlimmsten Probleme abzumildern, die sich durch den Klimawandel ergeben, sei es durch Anpassung, sei es durch Einführung neuer Technologien. Die Zielsetzung lautet vielmehr, in die Vergangenheit zu schauen und zu verstehen und zu erklären, wie unsere Spezies die Erde so weit verwandeln konnte, dass wir nun einer existenzbedrohenden Zukunft entgegensehen.

Ursprünglich war ich davon ausgegangen, dass ich ein Buch schreiben würde, das sich als historische Darstellung nur damit befasste, wie das Klima die Welt um uns herum gestaltet hat, sowie damit, wie Veränderungen der globalen Temperaturen, der Regenfälle und der Meeresspiegel – einschließlich Extremereignisse wie schwerer Stürme, Vulkanausbrüche und

¹⁰⁹ R. Cowie, P. Bouchet und B. Fontaine, «The Sixth Mass Extinction: Fact, fiction or speculation?», *Biological Reviews* (2022), S. 1–24.

¹¹⁰ C. Bradshaw u. a., «Underestimating the Challenges of Avoiding a Ghastly Future», *Frontiers in Conservation Science* 1 (2021), S. 1–10.

Meteoriteneinschläge – die Vergangenheit beeinflusst haben. Ich wollte Momente, Zeiträume und Themen darstellen, die erklären, welche wichtige Rolle das Klima in der Weltgeschichte gespielt hat.

Mir wurde allerdings schon im Frühstadium, als ich begann, eingehender über dieses Buch nachzudenken, sehr klar, dass ich beim Einstieg in Fragen des Klimas, des Wandels von Wettermustern und von menschlichen Eingriffen in die Natur auf weit umfassendere Fragestellungen und Herausforderungen stoßen würde. Es würde dann auch um Themen gehen wie den Zusammenhang zwischen landwirtschaftlichen Überschüssen und den Anfängen des bürokratischen Staates; das Verhältnis von Viehzüchtern und Nomaden einerseits und sesshaften Gesellschaften in Dörfern, kleinen und großen Städten andererseits; um die Rolle und Entwicklung von Religionen und Glaubenssystemen als Funktion von Klima, Umwelt und Geographie; um Rassen und um Sklaverei als Teil des Ressourcengewinnungsprozesses; um die Ausbreitung von Feldfrüchten und Nahrungsmitteln, Krankheitserregern und Seuchen; um Demographie, Armut und Konsummuster in den Jahrhunderten seit der Industriellen Revolution; um Globalisierung, die Standardisierung von Industrie, Landwirtschaft, Lebensmitteln und modischer Kleidung im letzten Jahrhundert; und schließlich um die Frage, warum ausgerechnet das 21. Jahrhundert in einer Krise steckt.

So hat dieses Buch nunmehr drei Ziele. Das erste besteht darin, das Klima in die Erzählung der Vergangenheit zu reintegrieren – zu zeigen, dass Klima ein grundlegendes, entscheidendes und doch häufig übersehenes Thema der Weltgeschichte ist. Es soll dargestellt werden, wo, wann und wie das Wetter, langfristige Klimamuster und Klimaveränderungen,

egal, ob vom Menschen verursacht oder anderweitig bedingt, wichtigen Einfluss auf die Welt nahmen und weiterhin nehmen.

Das zweite Ziel ist die Darstellung der Geschichte menschlicher Interaktion mit der Natur im Laufe der Jahrtausende. Es geht also darum, wie unsere Spezies die Umwelt nach Gutdünken ausbeutete, formte und unterjochte, im Guten wie im Schlechten.

50

Das dritte Ziel schließlich besteht darin, den Horizont unserer Geschichtsbetrachtung zu erweitern. Das Studium der Vergangenheit war bisher weitgehend beherrscht von besonderer Aufmerksamkeit für den «globalen Norden», für die wohlhabenden Gesellschaften Europas und Nordamerikas, während der Geschichte anderer Kontinente und Regionen oft nur zweitrangige Bedeutung beigemessen wurde, wenn sie nicht gleich ganz ignoriert wurde. Dasselbe Muster wiederholt sich in der Klimawissenschaft und in den Forschungen zur Klimageschichte, wo große Lücken klaffen, weil ganze Bereiche nicht behandelt und untersucht wurden. Anscheinend lohnte es sich hier nicht, Arbeit zu investieren, was wiederum Bände spricht – über eine lange vorherrschende und akzeptierte Sicht der Vergangenheit, über die Prioritäten der Forschungsfinanzierung (und die Prioritäten von intellektuellen Informationsspeichern) sowie über die Art und Weise, wie sich diese Verzerrungen in der akademischen Praxis entwickelt und vertieft haben.

Wenn sich allein daraus schon ein wichtiger Grund für die Neubewertung der Geschichte ergibt, so gilt Gleiches auch im Hinblick auf die massive Überbewertung seitens der Historiker von kleinen und großen Städten und Staatswesen, die einander sehr ähnlich sind, wenn es um Fragen der Führung, der Bürokratie und der Verhaltensweisen geht. In der Tat verweist schon der Begriff «Zivilisation» buchstäblich auf das

Leben in Städten, auf deren Bewohner und auf all jene, die auf dieser Grundlage Macht entwickelten und aus den Städten heraus regierten. Das findet seinen Niederschlag in fast allen schriftlichen historischen Quellen – seien es Erzählungen, Urkunden von Landverkäufen, Steuerquittungen und anderes mehr. Sie alle dienten der Stärkung und Bestätigung von hierarchischen Verwaltungen. Große Teile der Geschichtsschreibung stammen de facto von Menschen, die in Städten lebten, für Menschen in Städten schrieben und sich auf das Leben von Stadtbewohnern konzentrierten. Jeder diese Aspekte verzerrt unsere Sicht der Vergangenheit und unseren Blick auf die Welt um uns herum.¹¹¹

51

Gleichwohl gilt, dass «Zivilisation» der bei weitem größte Einzelfaktor ist, wenn es um die Degradierung der Umwelt geht, und der wichtigste Grund für den menschengemachten Klimawandel – wegen der Anforderungen, die die Stadtbevölkerungen an die Energieversorgung und an den Verbrauch natürlicher Ressourcen stellen, einschließlich Nahrungsmittel und Wasser. Auch wenn Städte nur 3 Prozent der Landoberfläche der Erde bedecken, lebt in diesen städtischen Gebieten mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung. Die Städte sind nicht nur für einen substanziellen Anteil der Erderwärmung verantwortlich, sondern sie werden in den kommenden Jahrzehnten auch massiv davon betroffen sein.¹¹²

Es ist deshalb kein Zufall, dass das letzte Jahrhundert, das eine rapide Ausweitung der Anzahl, Größe und Einwohner-

¹¹¹ L. Borck, «Constructing the Future History: Prefiguration as Historical Epistemology and the Chronopolitics of Archaeology», *Journal of Contemporary Archaeology* 5.2 (2018), S. 229–238.

¹¹² L. Zhao, «Global multi-model projections of local urban climates», *Nature Climate Change* (2021), S. 1–19.

schaft der Großstädte gesehen hat, auch den bedenklichsten Raubbau an der Natur und das schnellste Wachstum beim Verbrauch von Umweltressourcen erlebt hat. Wenn die Städte wachsen, wächst auch der Druck auf die Natur, die Artenvielfalt und die Nachhaltigkeit des Wirtschaftens – durch Veränderungen der Landnutzung, durch Bodenversiegelung, aufgrund von Veränderungen des Wasserkreislaufs und infolge der Auswirkungen veränderter und beschädigter biogeochemischer Zyklen.¹¹³ Allein in den Jahren 2001 bis 2018 nahmen die bebauten Flächen in China um 47,5 Prozent zu, in den USA um 9 Prozent. Auf der Grundlage gegenwärtiger demographischer Trends lautet die Vorhersage, dass die in Städten lebende Weltbevölkerung bis 2050 um rund drei Milliarden Menschen auf dann sieben Milliarden anwachsen wird.¹¹⁴ Zur historischen Einordnung: 1900 lebten nur etwas mehr als 15 Prozent der Weltbevölkerung in kleinen und großen Städten; 2050 werden es mehr als 70 Prozent sein.¹¹⁵

Neue Technologien, die die Produktion beschleunigen und Produktionskosten senken, haben zu radikalen Veränderungen bei Herstellungs-, Transport- und Konsummustern geführt. Geschätzt mehr als 75 Prozent der fabrikneuen Plastikmaterialien, die je produziert wurden, sind inzwischen zu Abfall geworden. 9 Prozent davon wurden recycelt, 12 Prozent verbrannt, und der Rest – rund fünf Milliarden Tonnen oder 60 Prozent des bisher produzierten Plastiks – hat sich bei der

¹¹³ N. Grimm, «Global change and the ecology of cities», *Science* 319 (2008), S. 756–760.

¹¹⁴ Liqun Sun u. a., «Dramatic uneven urbanisation of large cities throughout the world in recent decades», *Nature Communications* 11 (2020), S. 1–9.

¹¹⁵ H. Ritchie und M. Roser, «Urbanization», *Our World in Data*, <https://ourworldindata.org/urbanization#how-many-people-will-live-in-urban-areas-in-the-future>.

Landverfüllung und auf Deponien angesammelt, oder aber in der natürlichen Umwelt.¹¹⁶

Auch wenn dieser Wert nicht genau zu bemessen ist: Von Menschen hergestellte Masse wie Beton, Baumaterial und Metalle machte im Verhältnis zur gesamten Biomasse der Erde vor ungefähr einem Jahrhundert etwa 3 Prozent aus; heute ist es deutlich mehr. Denn heutzutage kommt durchschnittlich jede Woche vom Menschen hergestellte Masse hinzu, die das Körpergewicht aller Menschen auf der Welt übertrifft. Dieses Phänomen ist natürlich eng mit dem Aufstieg der Städte und Megacities verbunden, aber auch mit dem hohen Konsumniveau bei Lebensmitteln, Wasser, Energie und unverderblichen Gütern.¹¹⁷ Dies wiederum hängt eng mit der Globalisierung zusammen, mit Lieferketten und Netzwerken. Dabei entsteht zum einen ein positiver Kreislauf aus Hypervernetzung, Standardisierung und Hochgeschwindigkeit beim Güter- und Finanzaustausch und, daraus resultierend, niedrigen Preisen, zum anderen aber auch ein negativer Kreislauf aus Raubbau, Ressourcenschwund und Umweltschäden.

Auf der anderen Seite wurden im Verlauf der Geschichte Bauern, Viehzüchter und Nomaden, indigene Völker und Jäger und Sammler – alles Menschen, die die Grenzen der Landnutzung verstehen und sich selbst an moderate Veränderungen stets anpassen mussten – aus den Erzählungen der Vergangenheit weitgehend ausgeblendet; oder aber sie wurden darin als barbarisch, unberechenbar und primitiv charakterisiert. Wer keine Stadt braucht, schrieb Aristoteles, «ist ein Tier oder

¹¹⁶ R. Geyer, J. Jambeck und K. Law, «Production, use, and fate of all plastics ever made», *Science Advances* 3 (2017), S. 1–5.

¹¹⁷ E. Elhacham u. a., «Global human-made mass exceeds all living biomass», *Nature* 588 (2020), S. 442–444.

ein Gott».¹¹⁸ Die Nomaden in Zentralasien waren, wie ein chinesischer Autor einige Jahrhunderte später vermerkte, «vom Himmel verlassen». Ibn Faḍlān, der im 10. Jahrhundert n. Chr. schrieb, stimmte diesem Urteil zu, nachdem er wandernde Viehzüchter erlebt hatte: «Sie leben in Armut wie umherziehende Esel», heißt es bei ihm. «Sie verehren Gott nicht und sind auch der Vernunft nicht zugänglich.»¹¹⁹

In vielen Teilen der Welt herrscht diese Einstellung noch heute vor. Sie zeigt sich oft auch bei der Schaffung von Naturschutzgebieten und Reservaten, aus denen die einheimische Bevölkerung vertrieben wird; so entsteht etwas, das den Städtern wie ein Naturparadies vorkommt, weil es menschenleer ist. Ein schönes Beispiel dafür ist der Grand Canyon im Südwesten der USA. Dieser sei, sagte Präsident Theodore Roosevelt nach einem Besuch im Jahr 1903, als «Naturwunder (...) im Rest der Welt absolut beispiellos». Er fügte hinzu: «Der Mensch kann es nur verderben.» Diese Aussage spricht Bände, weil die Natur demnach nur dann «natürlich» ist und als rein und unberührt gelten kann, wenn sie vor menschlichen Eingriffen geschützt wird. Es dauerte nur ein gutes Jahrzehnt, bis der Grand Canyon zum Nationalpark wurde. Das hatte dann Einschränkungen und Regierungskontrollen in Gebieten zur Folge, in denen die Havasupai und andere indigene Völker seit mehr als 700 Jahren gelebt hatten.¹²⁰

In der heutigen Welt erleben wir regelmäßig aggressive, offen rassistische Kampagnen gegen indigene Völker, Jäger

¹¹⁸ Aristoteles, *Politik*, I. 2, Übers. O. Gigon (Zürich, 1971) oder F. F. Schwarz (Stuttgart, 2010).

¹¹⁹ Ibn Faḍlān, *Book of Ahmad ibn Faḍlān*, in *Ibn Fadlan and the Land of Darkness: Arab Travellers in the Far North*, Übers. P. Lunde und C. Stone (London, 2011), S. 12.

¹²⁰ R. Keller und M. Turek, *American Indians and National Parks* (Tucson, AZ, 1998), S.

und Sammler, etwa gegen die Buschmänner in Botswana, die Baka in Westafrika, die Adivasi-Völker in Indien und traditionelle Nomadenstämme in weiten Teilen Zentralasiens. Aufgrund ihrer angeblich «primitiven» Lebensweise werden diese Gruppen abschätzig beurteilt und behandelt. Das entbehrt nicht der Ironie, denn gerade sie sind es, die ihre Wälder intakt halten, somit mehr CO₂ speichern, als sie ausstoßen, und die Strategien entwickeln, wie man die Artenvielfalt erhalten und nachhaltig im Einklang mit der Natur leben kann.¹²¹

55

Eine der großen Schwierigkeiten für die Geschichtsschreibung besteht darin, dass es oftmals unweigerlich an Quellen und Materialien fehlt. Zwar nutzen Geschichtswissenschaftler heute neue und zunehmend ausgeklügelte Methoden, um die mündlich überlieferte Geschichte von Gesellschaften, die keine literarischen Zeugnisse hinterließen, zu sichern und zu interpretieren – etwa im Südwesten der USA oder in der Mount-Saint-Elias-Region im Nordwesten Kanadas und in Alaska.¹²² Aber der Mangel an schriftlichen Hinterlassenschaften in weiten Teilen der Welt, etwa in Australien oder im Süden Afrikas, bedeutet leider auch, dass ein Buch wie das vorliegende, was den geographischen Fokus betrifft, nicht völlig ausgewogen sein kann. Die Tatsache, dass Forschungen zum Klima sich ebenfalls auf Länder konzentrieren, die bereits eingehend erkundet sind und gute Ressourcen bieten,

¹²¹ S. Garnett u. a., «A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation», *Nature Sustainability* 1 (2018), S. 369–734; W. Walker, «The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of amazon Indigenous territories and protected areas», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 117 (2020), S. 3015–3025.

¹²² J. Cruikshank, *Do Glaciers Listen? Local Knowledge, Colonial Encounter and Social Imagination* (Vancouver, 2005); N. Zappia, *Traders and Raiders: The Indigenous World of the Colorado Basin, 1540–1859* (Chapel Hill, NC, 2014), bes. S. 28–42.

verschärft das Problem der Unausgewogenheit noch weiter. Und das ist besonders ironisch angesichts der Tatsache, dass die Auswirkungen des Klimawandels sich vor allem in den ärmsten Regionen und Ländern bemerkbar machen werden, genau jenen, deren Stimmen stumm blieben oder von der Geschichtsschreibung ignoriert wurden – seit Jahrzehnten, Jahrhunderten und Jahrtausenden.¹²³

Solche Probleme lassen sich in einem einzigen Buch nicht lösen. Was indes selbst ein einziges Buch sehr wohl kann: Es vermag eine breitere Perspektive zu bieten; Themen, Regionen und Fragen einzuführen, die die Grenzen und das Spektrum der Geschichtsschreibung erweitern, auch für zukünftige historische Forschungen. Vielleicht kann dieses Buch überdies Gründe für einen gewissen Optimismus liefern und konstruktive Vorschläge machen, wie man am besten durch eine Zeit kommt, die nicht nur von profunden klimatischen Veränderungen geprägt sein wird, sondern auch von massiven technologischen, politischen und ökonomischen Veränderungen.

Die Arbeit an diesem Buch hat mich zahlreiche Lektionen gelehrt, wenn es darum ging, wie wir die Welt um uns herum in Begriffe fassen. Sie hat mich aber auch zu der Erkenntnis gebracht, dass der tiefere Grund, warum wir uns heute in einer so gefährlichen Lage befinden, verfestigte Trends sind, die tief in der Vergangenheit wurzeln. So weit unsere schriftlichen Quellen zurückreichen, haben sich die Menschen stets um den richtigen Umgang mit der Natur gesorgt. Und sie haben auf die Gefahren einer übermäßigen Ressourcenausbeutung und

¹²³ M. Burke, S. Hsiang und E. Miguel, «Global non-linear effect of temperature on economic production», *Nature* 527 (2015), S. 235–239.

langfristige Umweltschäden hingewiesen. Es könnte durchaus sein, dass wir jetzt an dem Punkt angekommen sind, wo wir endgültig Opfer unseres eigenen Erfolgs als Spezies werden. Womöglich hat der Dauerstress, in den wir unsere Ökosysteme durch unser Verhalten versetzt haben, uns an den Kipppunkt – oder sogar schon darüber hinaus – gebracht, jenen Punkt, an dem nun katastrophale Konsequenzen drohen. Was wir allerdings nicht sagen können, ist, dass wir nicht gewarnt worden seien.