



1

Der globale Wandel und die Zukunft der Klimapolitik

Mojib Latif

Die globale Erwärmung steht schon seit vielen Jahren im Blickpunkt des öffentlichen Interesses. Eine ungebremste globale Erwärmung würde die Lebensbedingungen auf der Erde erheblich verschlechtern. Der Geochemiker Roger Revelle beschrieb bereits vor über einem halben Jahrhundert die ungeheure Dimension der menschlichen Klimabeeinflussung, indem er von einem „großangelegten Experiment“ sprach, das die Menschen anstellten (Revelle u. Suess 1957). Der Chemie-Nobelpreisträger Paul Crutzen machte den Begriff Anthropozän populär, um den Beginn eines neuen Erdzeitalters zu kennzeichnen, in dem die Menschheit einen ähnlich großen Einfluss auf die Umwelt ausübt wie die natürlichen Faktoren (Crutzen u. Müller 2019). Das Klimaproblem ist hauptsächlich ein Energieproblem und hängt eng mit der Verfeuerung der fossilen Brennstoffe – Kohle, Erdöl und Erdgas – zur Energiegewinnung zusammen. Dabei entstehen große Mengen des Treibhausgases Kohlendioxid (CO_2). Es reichert sich wegen seiner sehr langen Verweildauer von über 100 Jahren in der Luft an, weswegen sich die Erdoberfläche und die unteren Luftschichten erwärmen. Der Zusammenhang zwischen CO_2 und der Temperatur ist schon seit weit über 100 Jahren bekannt (Arrhenius 1896). Andere von den Menschen emittierte Treibhausgase sind Methan und Lachgas. Hier wollen wir uns auf das wichtigste von der Menschheit emittierte Treibhausgas, das CO_2 , beschränken.

1.1 Das Treibhausgas CO_2 und seine Folgen

Wegen seiner langen Verweildauer kann sich das CO_2 über den Globus verteilen, weswegen der Ort des Ausstoßes keine Rolle spielt. Die

Auswirkungen der globalen Erwärmung betreffen demnach alle Länder. Das Klimaproblem kann nur von der Staatengemeinschaft insgesamt gelöst werden, worin eine neue Herausforderung für die Menschheit besteht. Die Lösung des Klimaproblems erfordert schnelle systemi-

sche Veränderungen, insbesondere den Umbau der weltweiten Energiesysteme. Und das ist es, was die Sache so schwierig macht. Fast alle Bereiche unseres Lebens wären davon direkt oder indirekt betroffen. Politik und Wirtschaft handeln zu langsam. Und das hat Folgen. Denn das Klimasystem ist träge. Einige seiner Komponenten, wie die Meeresspiegel, reagieren mit einer erheblichen Zeitverzögerung. Wir spüren das volle Ausmaß der bereits angestoßenen Veränderungen nicht. Es dauert Jahrzehnte, zum Teil Jahrhunderte, bis sich die Auswirkungen des Ausstoßes von Treibhausgasen voll umfänglich zeigen. Wenn wir heute Maßnahmen zum Klimaschutz ergreifen, dann wirken diese erst später. Vorausschauendes Handeln ist geboten. Einen wirksamen internationalen Klimaschutz gibt es bisher nicht. Der weltweite CO₂-Ausstoß steigt nach wie vor. Die Zeit läuft uns davon. Noch ist es aber nicht zu spät, um einen „gefährlichen“ Klimawandel zu vermeiden (IPCC 2016).

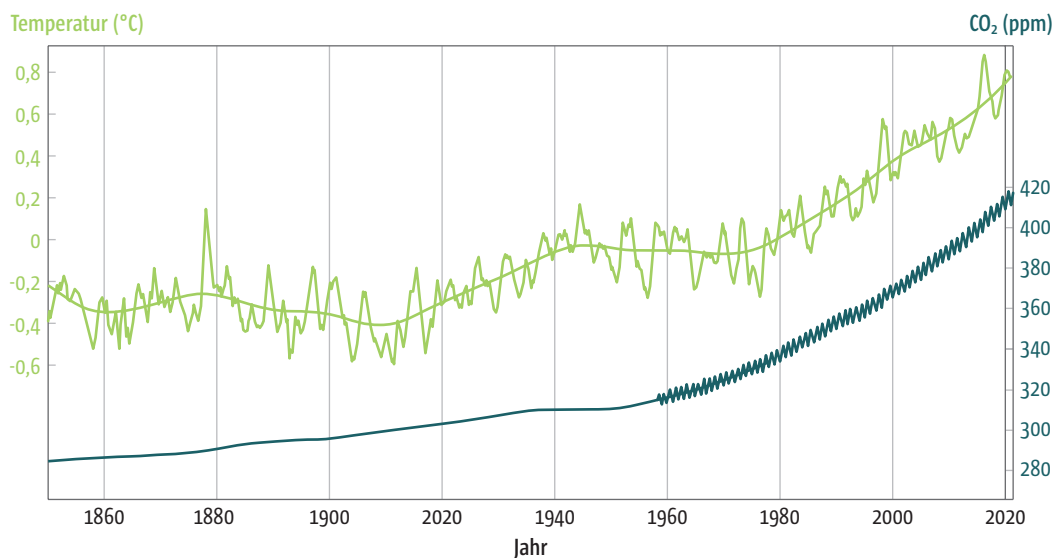
Für alle, die noch zweifeln:

*„Der menschliche Einfluss auf das Klima ist klar.“
(IPCC 2016, S. vii)*

So lautet der wohl wichtigste Satz aus dem vorletzten (fünften) Synthesericht des sogenannten Weltklimarats, dem IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, www.ipcc.ch), der 2014 erschien. So neu war diese Erkenntnis nicht, die Hunderte von Wissenschaftlern aus den verschiedensten Ländern zu Papier gebracht hatten. In allen Berichten des IPCC – der erste erschien 1990 – findet man ähnliche Passagen. Die Belege für die anthropogene, also durch den Menschen verursachte, Klimaänderung sind in der Tat überwältigend. Die Erde hat sich seit Beginn der Industrialisierung um gut ein Grad Celsius erwärmt, parallel mit dem Anstieg des CO₂ in der Atmosphäre (s. Abb. 1). Ohne den Anstieg der Treibhausgase lässt sich die Erwärmung wissenschaftlich nicht erklären. Ein Grad klingt nach wenig. Wenn man bedenkt, dass der globale Temperaturanstieg zwischen einer Eiszeit und einer Warmzeit ca. 4°C beträgt, erscheint ein Grad schon in einem ganz anderen Licht.

Die globale Erwärmung hat bereits vielfältige Auswirkungen. So nehmen Wetterextreme wie Hitzewellen, Dürren oder Starkniederschläge weltweit zu und intensivieren sich. Das Eis der Erde schmilzt immer schneller.

Abb. 1 Atmosphärische CO₂-Konzentration (ppm: parts per million, Teile pro Million) und die global gemittelte Temperatur (°C) als Abweichung vom Mittelwert des 30-Jahre Zeitraum 1881–1910 (Leland McInnes; © CC BY SA 3.0)



In der Arktis zieht sich das Meereis mit einer atemberaubenden Geschwindigkeit zurück, die selbst die Forschenden überrascht hat. Zudem zeigt der Eisschild Grönlands in den letzten Jahren große Massenverluste, so wie auch das Eis der Westantarktis. Die Meeresspiegel steigen infolge von Gletscherschmelze, aber auch wegen der Erwärmung der Ozeane, durch die sich das Meerwasser ausdehnt. In der Tat haben die Meere mehr als 90 Prozent der Wärme aufgenommen, die durch den Anstieg der atmosphärischen Treibhausgase im Klimasystem verblieben ist. Außerdem haben die Ozeane zwischen 30 und 40 Prozent des durch die Menschen emittierten CO₂ aufgenommen. Es droht wegen der CO₂-Aufnahme eine übermäßige Versauerung der Weltmeere, mit unabsehbaren Folgen für die Meeresökosysteme.

Im Jahr 1992 fand der Erdgipfel der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro statt. Er sollte der Aufbruch in eine nachhaltige Entwicklung der Welt sein. Die Kehrtwende in eine Zukunft ohne den Raubbau an der Natur. Gewissermaßen eine Antwort auf den Bericht „Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome aus dem Jahr 1972 (<https://clubofrome.de/>). In der Klimarahmenkonvention von Rio hat sich die Weltgemeinschaft darauf geeinigt:

„die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz 2009).

Zwanzig Jahre später, als man sich 2012 auf der Nachfolgekonzferenz Rio+20 wiedertraf, war die Ernüchterung groß. So sind seit Beginn der 1990er-Jahre die weltweiten Treibhausgasemissionen förmlich explodiert. Das gilt insbesondere für den CO₂-Ausstoß, der um ca. 60 Prozent angestiegen ist. Auf der 21. Weltklimakonferenz in Paris im Jahr 2015 wurde von den Ländern ein neuer Klimavertrag unterzeichnet. Demnach soll die globale Erwärmung auf deut-

lich unter zwei Grad gegenüber der vorindustriellen Zeit (1850–1900) begrenzt, sowie Anstrengungen unternommen werden, die Erwärmung auf 1,5 Grad zu beschränken (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz o.J.). Sollten die weltweiten CO₂-Emissionen auf dem heutigen Niveau verharren, wäre die 1,5-Grad Marke schon in etwa zehn Jahren erreicht. Das zeigt, wie enorm groß der Handlungsdruck ist.

Klar ist aber auch, dass es noch möglich wäre, die globale Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad zu begrenzen. Man hofft, dass sich dann das Überschreiten von Kipppunkten vermeiden lässt, wie das unwiderrufliche Abschmelzen des grönländischen Eisschildes mit einem Meeresspiegelanstieg von global sieben Meter, oder drastische Änderungen in den atmosphärischen und ozeanischen Zirkulationssystemen, sowie auch das Kippen von Ökosystemen. Die Lage der Kipppunkte ist allerdings großen Unsicherheiten unterworfen. Aus diesem Grund ist immer die geringste noch mögliche Erwärmung anzustreben.

Einen Mangel an Wissen über die Ursachen des Klimawandels und seine möglichen Folgen gibt es in keiner Weise. Dazu hat insbesondere der Weltklimarat IPCC beigetragen. Und trotzdem passiert genau das Gegenteil von dem, was eigentlich passieren müsste. Der weltweite Aus-

Einen Mangel an Wissen über die Ursachen des Klimawandels und seine möglichen Folgen gibt es in keiner Weise.

stoß von Treibhausgasen steigt. Man eilt jährlich von Weltklimakonferenz zu Weltklimakonferenz. Auf der 26. Weltklimakonferenz in Glasgow im Jahr 2021 konnte man sich erneut nur auf unverbindliche Absichtserklärungen verständigen. Mit Physik kann man nicht verhandeln und auch keine Kompromisse schließen. Mehr Treibhausgase in der Luft müssen zwangsläufig zu höheren Temperaturen führen.

Die Zahlen sprechen eine deutliche Sprache, sie sind unbestechlich. Internationaler Klimaschutz findet aus naturwissenschaftlicher Sicht



solange nicht statt, bis die weltweiten CO₂-Emissionen sinken. Es gibt derzeit bestenfalls so etwas wie einen „gefühlten“ Klimaschutz: Das Thema steht im Fokus der Weltöffentlichkeit, gehandelt wird jedoch kaum. Dass eine Senkung der Emissionen möglich ist, ohne Einbußen bei der wirtschaftlichen Entwicklung hinnehmen zu müssen, zeigt Deutschland, das seit 1990 seinen Ausstoß um etwa 40 Prozent gesenkt hat. Es wäre sogar noch deutlich mehr möglich gewesen, wenn Lobbyinteressen dem nicht im Wege gestanden hätten. So sind die Emissionen im Verkehrssektor immer noch auf dem Stand von 1990.

Beim Klimawandel handelt es sich um ein sogenanntes systemisches Risiko. Wir leben in einer Zeit beschleunigter technologischer und gesellschaftlicher Entwicklung sowie einer zunehmenden globalen Vernetzung in Wirtschaft, Kommunikation, Politik und Kultur. Einfache Ursache-Wirkung-Prinzipien gelten nicht mehr. Ein als harmlos eingeschätztes Ereignis kann selbst über große Entfernungen oder nach einer langen Zeit ungeahnte Schäden entfalten, die die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems gefährden. Erinnern wir uns an das Ozonloch über dem Südpol, das Anfang der 1980er-Jahre entdeckt worden war. Kein Forscher hat es vorhergesagt, obwohl die ozonzerstörerische Wirkung der FCKWs (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) schon lange bekannt war.

Ein Beispiel aus der jüngeren Vergangenheit ist die letzte große Finanzkrise 2008, die – ausgelöst durch die Immobilienblase in den USA – zu einer weltweiten Rezession geführt hat. Vorherzusehen war der weltwirtschaftliche Einbruch nicht ohne Weiteres. Genauso wenig, wie die Wissenschaft die Folgen einer ungebremsten globalen Erwärmung in allen Details berechnen kann. Denn systemische Risiken sind durch ein hohes Maß an Komplexität, Ungewissheit und Ambiguität gekennzeichnet.

Wir verstehen die komplexen Vorgänge im Klimasystem nicht gut genug, um unausgegorenen Vorschlägen zu folgen und mit der Erde herum zu experimentieren.

Im Umgang mit systemischen Risiken kommt dem Vorsorgeprinzip eine große Bedeutung zu. Und es gilt dieses Prinzip in praktische Maßnahmen umzusetzen. Das zu leisten, wäre die Aufgabe der Politik.

1.2 Fazit

Die beste Strategie zur Lösung des Klimaproblems besteht darin, das Übel an der Wurzel zu packen: Wenn wir ein Problem mit dem CO₂ haben, und darüber besteht kein Zweifel, sollten wir es gar nicht erst entstehen lassen. Wir sollten uns nicht dazu verleiten lassen, unsichere Pfade zu beschreiten. Atomkraft ist das Gegenteil einer nachhaltigen Energieversorgung. Außerdem bremst das Festhalten an der Atomkraft Innovation. Technische Lösungen zur Bewältigung des Klimaproblems sind auch keine Option. Derartige „Climate Engineering“-Methoden (<http://www.spp-climate-engineering.de/>) scheinen vordergründig attraktiv zu sein, würden sie doch ein „weiter so wie bisher“ erlauben. Wir könnten die fossilen Brennstoffe zur Energiegewinnung weiterhin verfeuern. Die vorgeschlagenen Techniken bergen jedoch

enorme ökologische Risiken und erfordern darüber hinaus einen gewaltigen finanziellen Aufwand. Außerdem verstehen wir die komplexen

Vorgänge im Klimasystem nicht gut genug, um unausgegorenen Vorschlägen zu folgen und mit der Erde herum zu experimentieren.

Maßnahmen müssten u.U. über Jahrhunderte, vielleicht sogar Jahrtausende, fortgesetzt werden, um eine spontane Wiedererwärmung der Erde zu verhindern. Ein Beispiel in diesem Zusammenhang wäre das Einbringen von Schwefelsubstanzen in die Atmosphäre zur Kühlung des Planeten. Mit dem Stopp der Maßnahme würde sich die Erde erneut erwärmen,

weil die Wirkung der Treibhausgase immer noch vorhanden wäre. Auch die mit dem Begriff CCS („Carbon Capture and Storage“) belegte Abscheidung und Speicherung von CO₂ birgt ökologische Risiken, die nicht hinreichend erforscht sind. Außerdem würde der Wirkungsgrad der Kraftwerke wegen des hohen zusätzlichen Energiebedarfs deutlich sinken.

Die weltweiten Energiesysteme müssen kohlenstofffrei werden, dafür muss die Weltwirtschaft auf erneuerbare Energien setzen. Sonnen- und Windenergie stehen der Menschheit praktisch unbegrenzt zur Verfügung. Dieser Weg wäre der vernünftigste und sicherste zugleich. Die Techniken zur Nutzung der erneuerbaren Energien existieren, sie funktionieren problemlos, sie sind kostengünstig und können systematisch weiterentwickelt werden. Die volkswirtschaftlichen Kosten wären nicht relevant, wenn man einen Zeithorizont von einigen Jahrzehnten betrachtet. Im Gegenteil, auf lange Sicht würde ein Land wie Deutschland davon profitieren.

Literatur

- Arrhenius S (1896) On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science* 41, 237–276. URL: https://www.rsc.org/images/Arrhenius1896_tcm18-173546.pdf (abgerufen am 16.02.2022)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (o.J.) Bilanz nach 5 Jahren Pariser Abkommen. URL: <https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/internationale-klimapolitik/pariser-abkommen/bilanz-nach-5-jahren-pariser-abkommen> (abgerufen am 16.02.2022)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2009) Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. URL: <https://www.bmu.de/gesetz/rahmenuebereinkommen-der-ver-einten-nationen-ueber-klimaaenderungen> (abgerufen am 16.02.2022)
- Crutzen PJ, Müller M (2019) Das Anthropozän. Schlüsseltexte des Nobelpreisträgers für das neue Erdzeitalter. Oekom
- IPCC (2016) Klimaänderung 2014. Synthesebericht. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf (abgerufen am 14.03.2022)
- Revelle R, Suess HE (1957) Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades. *Tellus* 9, 18–27

Prof. Dr. Mojib Latif

Mojib Latif promovierte 1987 und habilitierte 1989 an der Universität Hamburg. Seit 2003 ist er Professor an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Er hat über 200 wissenschaftliche Veröffentlichungen und mehrere Bücher verfasst. Ihm wurde u.a. 2000 die Sverdrup Gold Medal der Amerikanischen Meteorologischen Gesellschaft, 2015 der Deutsche Umweltpreis und 2019 die Alfred-Wegener-Medaille der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft verliehen.



© Jan Steffen, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel



2

Klimawandel und Gesundheit aus globaler Perspektive – eine Übersicht über Risiken und Nebenwirkungen

Alina Herrmann und Ina Danquah

Bereits 2009 hat die Lancet Kommission zu Gesundheit und Klimawandel festgestellt, dass der Klimawandel die größte Bedrohung für die globale Gesundheit im 21. Jahrhundert darstellt (Costello et al. 2009). Seitdem sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Zusammenhängen zwischen Klimawandel und Gesundheit weiter deutlich angestiegen (Verner et al. 2016). 2015 legte die Lancet Kommission dann dar, dass der Kampf gegen den Klimawandel auch die größte Chance für die globale Gesundheit im 21. Jahrhundert sein kann (Watts et al. 2015a). Dieses Kapitel möchte einen Überblick über relevante wissenschaftliche Erkenntnisse zu Klimawandel und globaler Gesundheit zwischen diesen beiden Polen geben. Dabei werden zunächst die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels betrachtet, um dann darauf einzugehen, wie diese Risiken minimiert werden können. Danach werden die großen gesundheitlichen Chancen (Co-Benefits/„Nebenwirkungen“) von Klimaschutzmaßnahmen beleuchtet. Am Abschluss des Kapitels steht die Vorstellung des Gesundheitskonzepts „Planetary Health“, welches als umfassendes Gesundheitskonzept in Forschung und Praxis neue Wege zur Bewältigung der Klimakrise und anderer menschengemachter Umweltkrisen anbieten möchte.

2.1 Die Auswirkungen des Klimawandels auf die globale Gesundheit

Klimawandel beschreibt einen langfristigen, statistisch messbaren Prozess, bei dem sich die Durchschnittswerte und die Variabilität von Temperaturen und Niederschlägen kontinuierlich verändern (Baede et al. 2007). In Ab-

hängigkeit von der geografischen Region kann das unterschiedliche Auswirkungen auf die aktuelle Wetterlage haben (IPCC 2018). In gemäßigten Breitengraden werden längere und heißere Sommer beobachtet, während in tropischen Regionen Verschiebungen der Regen- und Trockenzeiten sowie gehäufte Extremwetterereignisse auftreten. Obwohl es im Ein-



zelfall schwierig ist, eine direkte Verbindung zwischen Klimawandel und Gesundheitsrisiken herzustellen, sind sich Forscherinnen und Forscher einig darüber, dass der Klimawandel seit der Industrialisierung die menschliche Gesundheit und ihre Determinanten erheblich beeinträchtigt (McMichael u. Anthony 2013). Die tatsächlichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit hängen von vielen Faktoren ab. Dazu zählen Globalisierung, Migration, ökonomische Entwicklung und deren Zusammenwirken. Daraus ergeben sich Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die auf verschiedenen Ebenen vermittelt werden. Grundsätzlich unterscheidet man direkte (primäre) Auswirkungen, ökosystemvermittelte (sekundäre) Auswirkungen und sozial vermittelte (tertiäre) Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit (McMichael u. Anthony 2013; United Nations u. WHO 2009). Diese Phänomene werden im Folgenden an Beispielen illustriert.

Direkte Auswirkungen

Zu den primären Gesundheitsrisiken des Klimawandels zählen solche mit direkten Konsequenzen für die menschliche Gesundheit (Gislason 2015; Haines u. Ebi 2019). Solche unmittelbaren Schädigungen werden hervorgerufen durch extreme Temperaturen (Hitze, Kälte), Extremwetterereignisse (Starkregen, Fluten, Stürme, Brände, Dürren), Luftverschmutzungen im Innen- und Außenbereich sowie ultraviolette Strahlung (s. Abb. 1).

Extremwetterereignisse. Extremwetterereignisse lösen akute Bedrohungen für die menschliche Gesundheit aus. Dazu zählen Unfälle bei

Stürmen (Watts et al. 2015a) oder Ertrinken bei Überschwemmungen (WHO et al. 2012). Durch den Verlust von sauberem Wasser, Elektrizität, Kleidung, Nahrung und Behausung ziehen derlei Naturgewalten weitere Gesundheitsrisiken nach sich. Diese umfassen Infektionskrankheiten, Unterernährung und psychische Traumata (Morita u. Kinney 2014; Shukla 2016). Besonders betroffen sind vulnerable Bevölkerungsgruppen mit einer geringen eigenen Anpassungskapazität an Extremwetterereignisse. Diese Gruppen sind Frauen und Kinder, die ältere Bevölkerung, indigene Bevölkerungsgruppen und Menschen mit stark eingeschränkten finanziellen Möglichkeiten (Casas et al. 2016; Setti et al. 2016).

Hitzeextreme. An heißen Tagen und während Hitzewellen kommt es weltweit zu einer Übersterblichkeit (Exzessmortalität) und einer Zunahme der Krankheitslast (Morbidität) im Vergleich zu Tagen mit durchschnittlicher Temperatur (Åström et al. 2011; Bunker et al. 2016; Xu et al. 2016). Je nach klimatischer Region sind die Schwellenwerte für eine Mortalitätszunahme unterschiedlich: Beim Vergleich von 15 europäischen Städten stieg die hitzebedingte Sterblichkeit in Prag bereits ab einem Schwellenwert von 23,0°C an, während dies in Athen erst ab einem Schwellenwert von 32,6°C der Fall war (Baccini et al. 2011). Diese und andere Beobachtungen legen eine gewisse Anpassungskapazität von Individuen und Gesellschaften nahe (ebd.). So ist die Sterblichkeit bei Hitzewellen zu Beginn des Sommers höher als gegen Ende des Sommers (Baccini et al. 2008). Jedoch kommt es durch den Klimawandel nicht nur zu einer graduellen Verschiebung von Temperaturen, sondern auch zu einer Zunahme der Anzahl, Dauer und Intensität von Hitzewellen als Extremereignis-

Abb. 1 Direkte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit (Abbildungen 1–3 angepasst nach noch unveröffentlichter Dissertation mit dem Arbeitstitel: „Climate Change and Public Health – Regime Types, Perception Patterns and Policy Responses in International Comparison“ von Max Jungmann)



extreme Hitze
extreme Kälte



Fluten und Stürme
Trockenheiten, Brände



Luftverschmutzung



ultraviolette (UV-) Strahlung

sen (Robinson 2001). Daher wird auch unter Berücksichtigung von Anpassungsprozessen eine Zunahme an hitzebedingten Gesundheitsschäden erwartet (Zacharias et al. 2015).

Luftverschmutzung. Städtische Luftverschmutzung wird durch hohe Temperaturen verstärkt (Gislason 2015). Vor allem der Ozongehalt in der Luft steigt durch hohe Umgebungstemperaturen (Patz et al. 2012). Im Vergleich zu den 1990er-Jahren wird der Klimawandel die ozonbedingte Sterblichkeit um 4,5% bis 2050 erhöhen (Patz et al. 2012). Zusätzlich führt der Klimawandel zu einer erhöhten Exposition gegenüber Luftverschmutzung in Innenräumen, weil sich Menschen bei Extremtemperaturen dort häufiger aufhalten werden. In Gebäuden sind sie dann Hausstaubmilben, Mottensporen, Allergenen, Dämpfen von Lacken und Farben sowie Rußpartikeln aus der Verbrennung von Benzin oder Brennholz ausgesetzt (Beggs et al. 2014; Ziska u. Lewis 2016). Dadurch steigt die Anzahl von Menschen mit Asthma und anderen Atemwegserkrankungen (Luber et al. 2014).

Ökosystemvermittelte Auswirkungen

Ökosystemvermittelte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit umfassen biologische, physikalische und ökologische Veränderungen. Dazu gehören verminderte landwirtschaftliche Erträge, Verdünnungen von Nährstoffen in wichtigen Nahrungspflanzen, erschwelter Zugang zu sauberem Wasser und die Verstärkung von Vektor-übertragenen Infektionskrankheiten. Diese Folgen für die menschliche Gesundheit können sowohl durch abrupte Phänomene des Klimawandels als auch durch Langzeitfolgen hervorgerufen werden (McMichael u. Anthony 2013) (s. Abb. 2)

Wasser- und Lebensmittel-übertragene Erkrankungen.

Der Zugang zu sauberem Wasser ist eine der Grundvoraussetzungen für ein gesundes Leben. Der Klimawandel beeinträchtigt die Versorgung mit sauberem Wasser in vielen Teilen der Erde (Shukla 2016). Starke Regenfälle und erhöhte Niederschlagsvariabilität verschlechtern hygienische Bedingungen und Trinkwasserzugang erheblich. Dadurch kommt es zu einer Zunahme von wasserbedingten Infektionskrankheiten. Die Folgen sind gesundheitsschädliche Algenbildung, Infektionen mit Vibrionen inkl. Cholera, Dysenterie, Typhus, Durchfallerkrankungen und Leptospirosis (Nichols et al. 2018; Aparicio-Effen et al. 2016). Belege dafür wurden in den letzten Jahren nicht nur in Indien, China, Brasilien und anderen tropischen Regionen, sondern auch in höheren Breitengraden wie der Ostsee erbracht (Shukla 2016; Baker-Austin et al. 2013). Bedeutend für die menschliche Gesundheit sind auch die Einflüsse des Klimawandels auf unsere Meere, deren Pegel nicht nur ansteigen, sondern die zunehmend versauern (Akpınar-Elci u. Sealy 2013). Dadurch werden nicht nur Flora und Fauna der Meere beeinträchtigt. Es kommt zur Versalzung der Küstenregionen und Kontamination des Frischwassers, wodurch Ackerbau nahezu unmöglich wird (Patz et al. 2012).

Vektor-übertragene Erkrankungen. Die Ausbreitung Vektor-übertragener Erkrankungen wird direkt durch klimatische Faktoren beeinflusst (Leal Filho et al. 2016). So erfahren folgende Erkrankungen im Zuge des Klimawandels eine rasche Zunahme: Dengue, Gelbfieber, West-Nil-Virus, Japanische Enzephalitis, Ross River-Virus und nicht zuletzt Malaria (Veenema et al. 2017). Gleichzeitig breiten sich derlei Krankheiten in bislang davon unbeeinträchtigte Regio-

Abb. 2 Ökosystemvermittelte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit



Wasser und Hygiene



Infektionskrankheiten



Lebensmittel, Landwirtschaft



Allergien



nen aus (McMichael u. Anthony 2013; Semenza 2014). Steigende Temperaturen in größeren Höhenlagen sorgen für verbesserte Fortpflanzungsbedingungen von Stechmücken, sodass diese Vektoren neue geografische Regionen als ihre Lebensräume erschließen können (Rom u. Pinkerton 2013). Zunehmende Luftfeuchtigkeit vervielfacht die Menge abgelegter Insekten Eier, während erhöhte Temperaturen auch zu verkürzter Brutzeit und damit zu mehr Larven pro Zeit führen (Gillis 2016). Nicht zuletzt sorgen stehende Gewässer und Tümpel nach Starkregenfällen für verbesserte Brutbedingungen für Stechmücken und andere Vektoren für Krankheiten. In den letzten Dekaden haben sich die Fälle von Dengue um das 30-Fache auf bis zu 100 Millionen Fälle pro Jahr erhöht. Diese Erkrankung wurde vormals nur in wenigen geografischen Regionen beobachtet. Mittlerweile werden Dengue-Fälle in über 100 Ländern der Welt beobachtet (Cromar u. Cromar 2013).

Ernährungsstatus. Verstärkte Wettervariabilität bedeutet in vielen Teilen der Welt spät einsetzende Regenfälle während der Aussaat oder Starkregen während der Keimung, Dürrephasen während der Wachstumsperioden von Pflanzen und zerstörende Niederschläge während der Ernte. All diese Wetterphänomene des Klimawandels führen zu erheblichen Ernteeinbußen. Gleichzeitig werden Ausdünnungen von Nährstoffen in wichtigen pflanzlichen Nahrungsmitteln beobachtet. Dazu zählen die Verluste von Protein, Zink, Eisen und Selen in Mais, Hirse, Weizen und anderen Getreidesorten (Smith u. Myers 2018; Zhu et al. 2018). Der Klimawandel hat auch Auswirkungen auf die Tierhaltung und Viehzucht: Nomadenfamilien finden nur schwerlich neue Weidegründe für ihre Herden aufgrund der zunehmenden Dürreperioden. Diese Faktoren tragen direkt zur Nahrungsunsicherheit der Bevölkerung bei – vor allem bei Kindern und Frauen in Gesellschaften, die auf Subsistenzwirtschaft angewiesen sind. Basierend auf den Projektionen für CO₂-Emissionen von 550 ppm bis zum Jahr 2050, werden zusätzlich 175 Millionen Menschen mehr einen

Zink-Mangel und zusätzlich 122 Millionen Menschen mehr einen Protein-Mangel aufweisen. Dies bedeutet eine Zunahme von chronischer Mangelernährung und Anämie (Blutarmut) bei 1,4 Milliarden Menschen – hauptsächlich Kindern im Alter von 6 Monaten bis 6 Jahre in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen (Smith u. Myers 2018). Auch in Europa haben extreme Hitze und Trockenheit bereits zu Ernteausschlägen und partiellen Engpässen der landwirtschaftlichen Produktion geführt. Dadurch verteuerten sich im Jahr 2018 Kartoffelprodukte um ein Vielfaches (Machalaba 2015).

Sozial vermittelte Auswirkungen

Auf dieser Ebene sind die Zusammenhänge zwischen Klimawandel und menschlicher Gesundheit komplex und multifaktoriell (McMichael u. Anthony 2013; Haines u. Ebi 2019). Grundsätzlich verschlimmert das Voranschreiten des Klimawandels Lebensumstände, die ohnehin prekär sind, wodurch es zu Migration, bewaffneten Konflikten und Vertreibungen kommt (Gislason 2015; McMichael u. Anthony 2013). Durch den globalisierten Handel und Multilateralismus werden scheinbar unabhängige Phänomene miteinander in Beziehung gesetzt. Das betrifft beispielweise Lebensmittelpreise auf dem Weltmarkt, die durch klimawandelbedingte Ernteeinbußen in einer Region zu einer Verschärfung der Ernährungsunsicherheit in einer anderen Gegend führen können. Hier werden exemplarisch bewaffnete Konflikte und Migration als soziale Mittler für Gesundheitsschäden durch Klimawandel aufgezeigt (s. Abb. 3).

Konflikte, Migration. Eine naheliegende Konsequenz des Klimawandels besteht im veränderten Zugang zu natürlichen Ressourcen. Einer-

Abb. 3 Sozial vermittelte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit



seits ermöglicht das Abschmelzen von Eis und Gletschern den Zugang zu fossilen Energiequellen, wie Erdgas, Rohöl und Erzen (Bowles et al. 2014). Andererseits führen Erwärmung, erhöhte Niederschlagsvariabilität und Wetterextreme zu verschlechtertem Zugang zu sauberem Trinkwasser, fruchtbarem Boden oder Fischeereignissen (Butler et al. 2014). Beides kann zu Verteilungskonkurrenz führen, die wiederum bewaffnete Konflikte und Migration nach sich ziehen kann (Lamothe 2018; Butler et al. 2014). Bereits im Jahr 2009 wurde prognostiziert, dass 2,7 Milliarden Menschen in 46 Staaten zukünftig einem erhöhten Risiko für bewaffnete Konflikte ausgesetzt sind (Barbara 2013). Diese Konflikte verursachen Verletzungen, Tötungen und erhebliche Schwächungen der dortigen Gesundheitssysteme. Sie führen zu Vertreibung, Migration und Isolation, wodurch vor allem die mentale Gesundheit gefährdet wird (Watts et al. 2015a). Dazu zählen posttraumatischer Stress, Depressionen und Angstzustände. Auch Unterernährung, Infektionskrankheiten und Autoaggression können die Folge von Krieg und Vertreibung sein (Leal Filho et al. 2016). Menschen auf der Flucht erleben wiederum direkte Einflüsse des Klimawandels auf ihre Gesundheit aufgrund fehlender Behausung oder Zugang zu Gesundheitsversorgung (Nichols et al. 2018).

2.2 Gesundheitliche Risiken des Klimawandels minimieren

Klimarisiken verstehen: „Avoid the unmanageable, manage the unavoidable.“

Das Risiko, den in Kapitel 2.1 dargestellten gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels ausgesetzt zu sein, ist weltweit unterschiedlich. Das Verständnis davon, wie sich gesundheitliche Risiken des Klimawandels zusammensetzen, ist wichtig, um an einer Minimierung dieser Risiken zu arbeiten (Viner et al. 2020). Abbildung 4 beschreibt, welche Komponenten zu klimawandelbedingten Risiken beitragen und in welchem Bereich Klimaschutz,

Anpassung und Resilienz, also Widerstandsfähigkeit, diese Risiken minimieren können.

Die Gefahrenquelle in Abbildung 4 bezeichnet in diesem Zusammenhang ein durch den Klimawandel beeinflusstes Ereignis, welches Leib und Leben gefährdet, beispielsweise Hitzewellen, Dürren oder Starkregenereignisse (Viner et al. 2020). Solche sind weltweit und auch regional unterschiedlich ausgeprägt. Beispielsweise sind die Vorhersagen zur Intensität von Hitzewellen auch in Deutschland regional durchaus unterschiedlich. Die Exposition beschreibt örtliche Gegebenheiten, die das Risiko beeinflussen, z.B. ob und wie Menschen dort leben, wo eine Hitzewelle eintritt. In einer dicht bebauten Stadt kann die Temperatur durch den städtischen Wärmeinsel-Effekt beispielsweise bis zu 10°C höher sein als in der ländlichen Umgebung (Copernicus Climate Change Service 2020). Vulnerabilität oder Verwundbarkeit beschreibt die Anfälligkeit dafür, negativ vom Klimawandel betroffen zu sein (IPCC 2012). So sind bestimmte Menschen oder Regionen durch besondere Merkmale wie z.B. Vorerkrankungen oder unzureichende Anpassungsmöglichkeiten stärker gefährdet, unter dem Klimawandel zu leiden (Haines u. Ebi 2019).

Wie kann man nun die gesundheitlichen Risiken durch den Klimawandel mindern? Zunächst bleibt festzuhalten, dass eine konsequente Reduktion von Treibhausgasemissionen notwendig ist, um auf die Gefahrenquellen einzuhegen und nicht mehr zu bewältigende Risiken durch den Klimawandel abzuwenden („Avoiding the unmanageable“). Parallel dazu müssen sich Gesellschaften jedoch an nicht mehr vermeidbare Gefahren anpassen und Resilienz entwickeln („Manage the unavoidable“). Im Folgenden werden relevante Aspekte zur Reduktion von gesundheitlichen Klimarisiken in den Bereichen Klimaschutz, Anpassung und Resilienz diskutiert.

Klimaschutz zur Reduktion von Klimarisiken

Die Treibhausgasreduktion hat nach Abbildung 4 also zum Ziel, die Gefahrenquellen zu

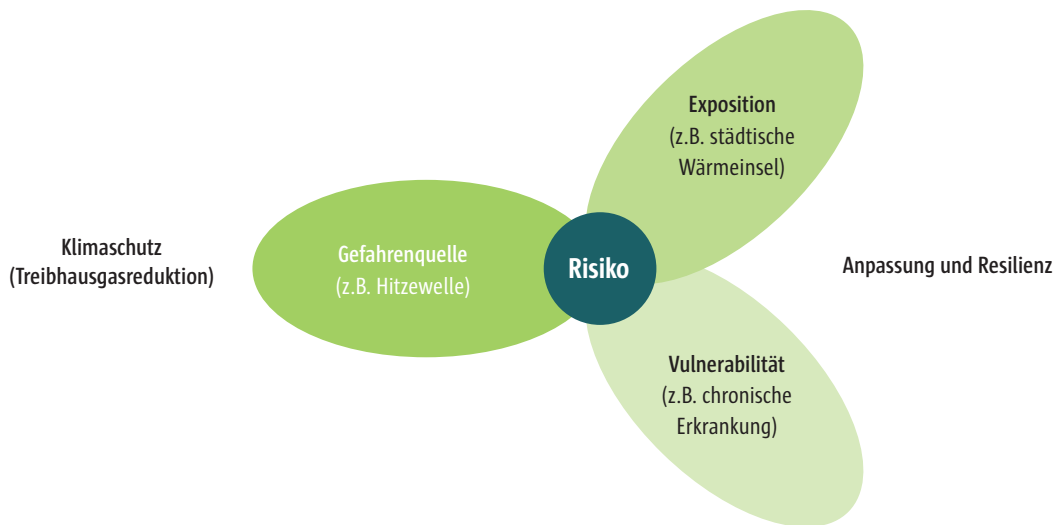


Abb. 4 Klimawandelbedingte Risiken und Verhältnis zu Klimaschutz, Anpassung und Resilienz (adaptiert nach Viner et al. 2020, basierend auf der Risiko-Definition des Weltklimarats [IPCC 2012], veröffentlicht unter Creative Commons-Lizenz)

reduzieren. Der in Deutschland gebräuchliche Begriff „Klimaschutz“ ist missverständlich, weil hiermit nicht (nur) das Klima geschützt werden soll, sondern vor allem die Menschen vor klimawandelbedingten Schäden.

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich 2015 im Abkommen von Paris darauf geeinigt, die Erderwärmung auf 2°C und wenn möglich 1,5°C zu begrenzen (UNFCCC 2015). Wenn alle Staaten der Welt ihre bisher im Rahmen des Paris-Abkommens gesteckten Klimaziele (Nationally Determined Contributions, NDCs) einhielten, würde es bis zum Jahr 2100 zu einer Erwärmung von 2,6–3,1°C kommen (Rogelj et al. 2016). Dies bedeutet, dass die Staaten weitreichendere Maßnahmen umsetzen müssen, um ihr selbst gestecktes Ziel zu erreichen. Der 1,5°C-Sonderbericht des Weltklimarats hat deutlich gemacht, dass eine Limitierung der globalen Erwärmung auf 1,5°C die (gesundheitlichen) Risiken des Klimawandels im Vergleich zu einer Erwärmung auf 2°C oder mehr deutlich reduzieren würde (IPCC 2018). Beispielsweise könnten bei einer Erwärmung von 2°C extreme Hitzewellen, wie die von 2015 in Indien und Pakistan, jährlich auftreten (IPCC 2018). Zudem würden bei einer Erwärmung um

1,5°C statt 2,0°C 10 Millionen Menschen weniger den mit dem Anstieg der Meeresspiegel verbundenen Risiken ausgesetzt sein (Climate Action Tracker 2019). Die Einhaltung des Pariser Klimaschutzabkommens würde es auch weniger wahrscheinlich machen, dass es zu sogenannten Kippunkten kommt. Dies sind durch die graduelle Erwärmung ausgelöste abrupte Veränderungen im Erdsystem, wie das Ausbleiben des Golfstroms oder der Monsun-Wetterlagen, die starke Veränderungen für die Lebensbedingungen und die Gesundheit der Menschen bedeuten würden (Lenton et al. 2020).

Anpassung zur Reduktion von Klimarisiken

Selbst wenn es der Weltgemeinschaft gelingt, die Erderwärmung auf 2°C zu begrenzen, werden gesundheitliche Auswirkungen verbleiben, mit denen die Gesellschaften umgehen müssen. Wie in Abbildung 4 dargestellt, können Risiken aufseiten der Exposition und Vulnerabilität durch Anpassung gemindert werden. Das Schlagwort der Anpassung beschreibt im Klimawandel-Diskurs die Anpassung an vorherrschende oder erwartete Klimabedingungen, um Schäden zu mindern und ggf. weitere