



Journal of Health Monitoring · 2023 8(S3)

DOI 10.25646/11391

Robert Koch-Institut, Berlin

Elke Hertig¹, Iris Hunger², Irena Kaspar-Ott¹,
Andreas Matzarakis³, Hildegard Niemann⁴,
Lea Schulte-Droesch⁵, Maike Voss⁶

¹ Universität Augsburg,
Medizinische Fakultät

² Robert Koch-Institut, Berlin
Zentrum für Internationalen
Gesundheitsschutz

³ Deutscher Wetterdienst, Freiburg
Zentrum für Medizin-Meteorologische
Forschung

⁴ Robert Koch-Institut, Berlin
Abteilung für Epidemiologie und
Gesundheitsmonitoring

⁵ Bundesamt für Naturschutz, Bonn
Fachgebiet Naturschutz, Gesellschaft
und soziale Fragen

⁶ Centre for Planetary Health Policy, Berlin

Eingereicht: 05.10.2022

Akzeptiert: 23.01.2023

Veröffentlicht: 01.06.2023

Klimawandel und Public Health in Deutschland – Eine Einführung in den Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit 2023

Abstract

Eine globale Erwärmung von 1,5 °C und auch 2 °C wird im Laufe des 21. Jahrhunderts wahrscheinlich überschritten werden. Der Klimawandel stellt weltweit eine Bedrohung dar und hat direkte und indirekte Auswirkungen auf Infektionskrankheiten, auf nicht-übertragbare Erkrankungen und die psychische Gesundheit. Nicht alle Menschen können sich gleich gut gegen die Folgen des Klimawandels schützen; insbesondere Bevölkerungsgruppen, die vulnerabel sind aufgrund individueller Faktoren (Kinder, Ältere, Vorerkrankte oder Immunsupprimierte), sozialer Faktoren (sozial Benachteiligte) oder den Lebens- und Arbeitsbedingungen (z. B. Personen, die im Freien arbeiten) sind einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Konzepte wie One Health oder Planetary Health bieten einen Rahmen, um sowohl den Klimawandel selbst als auch Anpassungsstrategien oder Maßnahmenbündel für die umweltbezogene Gesundheit von Menschen und Tieren einzuordnen. Das Wissen zu den Auswirkungen des Klimawandels ist in den letzten Jahren weitergewachsen und es wurden Strategien zu Klimaschutz (Mitigation) und Anpassung an den Klimawandel (Adaptation) entwickelt.

Dieser Artikel ist Teil der Beitragsreihe zum [Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit 2023](#) und liefert das Hintergrundwissen zu den Fachartikeln, die in diesem und zwei weiteren Special Issues des Journal of Health Monitoring folgen.

◆ PUBLIC HEALTH · KLIMAWANDEL · ADAPTATION · RESILIENZ · GESUNDHEIT

1. Präambel zum Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit 2023

Der Klimawandel stellt weltweit eine der größten Bedrohungen für viele Menschen dar und hat direkte und indirekte Auswirkungen auf übertragbare und nicht-übertragbare Erkrankungen. Angesichts der großen gesundheitlichen Herausforderungen fördert das Bundesministerium für

Gesundheit (BMG) das Projekt „Klimawandel und Gesundheit – Sachstandsbericht/Aktualisierung mit Fachgruppe: Inhalt, Kommunikation, Arbeitsweise“ (KlimGesundAkt), das am Robert Koch-Institut (RKI) koordiniert wird und eine Aktualisierung des Sachstandsberichts zu Klimawandel und Gesundheit von 2010 zum Ziel hat [1]. Das Besondere in der Aktualisierung dieses Berichts liegt auf zwei Ebenen:

(1) in der Ausgestaltung mittels einer interdisziplinären und institutionen-übergreifenden Fachgruppe, die den gesamten Entstehungsprozess des aktualisierten Sachstandsberichts mitbegleitet,

(2) in der nachgelagerten zielgruppenorientierten Kommunikation und Kondensierung der erarbeiteten Ergebnisse in Form von intuitiv verständlichen Kommunikationstools, einschließlich der Formulierung von Handlungsempfehlungen.

Die Schritte dieses partizipativen und transparenten Prozesses unter Einbezug von verantwortlichen Behörden, universitären Einrichtungen und der Zivilgesellschaft werden hier skizziert.

Aufgabe der interdisziplinären und -organisationalen Fachgruppe war es, über Berichtsstruktur, Umfang und Themenschwerpunkte zu beraten. Im Ergebnis ist den Ursachen des Klimawandels weniger Raum beigemessen worden als im Bericht von 2010, wohingegen andere Bereiche wie psychische Gesundheit und soziale Ungleichheit erweitert oder neu aufgenommen wurden. Der Abstimmungsprozess erfolgte im engen Austausch mit der projektunabhängigen RKI-internen Arbeitsgruppe „Klimawandel und Gesundheit“. Diese bringt das im RKI über diverse Organisationseinheiten verteilte vorhandene Wissen zu Themenfeldern wie wasserbürtigen Infektionen, hitzebedingter Mortalität, Vektor-assoziierten Erkrankungen, klimabezogenem Gesundheitsverhalten, Mental Health Surveillance und Allergien ein.

Der Sachstandsbericht wird als Sammlung von Artikeln in der Beitragsreihe Klimawandel und Gesundheit des Journal of Health Monitoring in drei Journalausgaben publiziert (Tabelle 1). Durch diese Art der Veröffentlichung wird der

zeitgemäßen wissenschaftlichen Publikationspraxis Rechnung getragen sowie eine größere Reichweite in der Public-Health-Community erzielt. Primäre Adressaten sind die interessierte Fachöffentlichkeit und Entscheidungstragende mit Public-Health-Bezug. Da das Journal of Health Monitoring auf Deutsch und auf Englisch erscheint, und die englische Ausgabe in PubMed Central archiviert und über die PubMed-Suche zugänglich ist, ist zudem eine internationale Sichtbarkeit gewährleistet.

Auf Basis der zu behandelnden Themen wurden Autorinnen und Autoren mit der gewünschten Expertise identifiziert. Dabei waren Doppelrollen (Prozessbegleitung in der Fachgruppe und Autorin oder Autor) durchaus erwünscht. Weitere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wurden von den Autorinnen und Autoren der einzelnen Kapitel hinzugezogen, wo ihr Fachwissen gebraucht wurde. Aus diesem Prozess entstand eine Gruppe von mehr als 90 Autorinnen und Autoren aus über 30 Forschungseinrichtungen und Behörden, die für die Aktualisierung des Sachstandsberichts zu Klimawandel und Gesundheit verantwortlich zeichnet.

Ein weiterer wichtiger Baustein dieses Projekts ist die gezielte Wissenschaftskommunikation, welche nachgelagert die in den Einzelbeiträgen enthaltenen Ergebnisse und Handlungsempfehlungen durch eine große Bandbreite von Tools (Videos, Fact Sheets, Social-Media-Content, digitale Kanäle, direkte Austauschformate) für spezifische Zielgruppen mit Public-Health-Bezug aufbereitet. Diese parallel zum Sachstandsbericht entwickelte, zielgruppengerechte und wissenschaftsbasierte Kommunikation wurde am RKI in enger Abstimmung mit der Fachgruppe und der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung erarbeitet. Hierbei

Tabelle 1
Übersicht aller Artikel in drei Special Issues der
Beitragsreihe Klimawandel und Gesundheit 2023
im Journal of Health Monitoring

Ausgabe	Thema
Einführung in das Thema Klimawandel und Gesundheit	
1	Einführung in den Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit
Auswirkungen des Klimawandels auf Infektionskrankheiten...	
1	...durch Vektor- und Nagetier-assoziierte Erkrankungen
1	...durch wasserbürtige Infektionen und Intoxikationen
1	...durch lebensmittelassoziierte Infektionen und Intoxikationen
1	...durch antimikrobielle Resistenz
Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Erkrankungen...	
2	...durch Temperaturveränderungen
2	...durch Extremwetterereignisse
2	...durch UV-Strahlung
2	...durch Allergenexposition
2	...durch Luftschadstoffbelastungen
Auswirkungen des Klimawandels auf die psychische Gesundheit	
2	Auswirkungen des Klimawandels auf die psychische Gesundheit
Querschnittsthemen mit Bezug zu Klimawandel und Gesundheit	
3	Soziale Determinanten der gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels
3	Zielgruppenorientierte Kommunikation
3	Handlungsoptionen und Implikationen

sollen einige Kommunikationstools in einem partizipativ-iterativen Prozess unter Einbindung von Zielgruppen, wie Entscheiderinnen und Entscheidern sowie relevanten Stakeholdern auf subnationaler Ebene, erprobt und weiterentwickelt werden. Die Gesundheitskommunikation ist eine maßgebliche Public-Health-Intervention im Bereich Klimawandel und Gesundheit. Die relevanten Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger sowie die Öffentlichkeit müssen steigende Risiken kennen und bewerten, um basierend darauf handeln zu können.

2. Gesundheit, Klima und Klimawandelanpassung in Deutschland

Der hier vorliegende Beitrag bietet einen allgemeinen Überblick zum Thema Klimawandel und Gesundheit als Grundlage des Sachstandsberichts, insbesondere zum klimatischen Hintergrund und klimawandelbedingten Gesundheitsrisiken. Weitere Artikel, die in dieser und zwei weiteren Special Issues des Journal of Health Monitoring folgen (Tabelle 1), fassen die aktuelle Evidenz zu den verschiedenen,

Biodiversität trägt direkt und indirekt zu menschlicher Gesundheit bei.

hier kurz angerissenen Feldern zusammen, in denen sich der Klimawandel in Zusammenspiel mit Tier- und Umwelt auf die menschliche Gesundheit auswirkt.

Die gesundheitliche Situation verbessert sich in Deutschland über einen längeren Zeitraum betrachtet stetig. So ist z. B. die Lebenserwartung der Menschen in Deutschland seit Beginn der 1990er-Jahre bei den Frauen um rund vier Jahre auf 83,4 Jahre und bei den Männern um rund sechs Jahre auf 78,5 Jahre angestiegen [2, 3]. Ungeachtet der steigenden Lebenserwartung werden die Auswirkungen des globalen Klimawandels zunehmend zu einem wichtigen Risikofaktor für die Gesundheit. Gerade in den letzten Jahren zeigte sich, wie schnell die Änderung des Klimas uns erreicht. 2022 war das wärmste Jahr in Deutschland und es trat zum vierten Jahr in Folge eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit auf [4]. Auch Katastrophen wie das Starkregenereignis, das im Juli 2021 zu großflächigen Überschwemmungen vor allem in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen führte, werden durch den Klimawandel häufiger vorkommen. Extremereignisse wie diese können Katastrophen auslösen, die nicht Ergebnis eines einzelnen Ereignisses sind, sondern als Zusammenspiel unterschiedlicher Prozesse, modifiziert durch lokale Gegebenheiten, verstanden werden müssen. Diese Katastrophen können sich unmittelbar, z. B. durch physische Einwirkung, auf die menschliche Gesundheit auswirken. Jedoch können sich durch kaskadierende Effekte auch weitergehende und weitreichende mittelbare gesundheitliche Folgen ergeben, z. B. durch fehlende Erreichbarkeit für Rettungsfahrzeuge oder durch die Entstehung chronischer Leiden oder psychischer Erkrankungen [5]. Am deutlichsten macht sich der Klimawandel in Deutschland durch eine Veränderung der

thermischen Belastung bemerkbar. Zudem kommt es zu Extremwetterereignissen wie Dürren, Niedrigwasser, Starkregen, Sturm, Bränden und Überschwemmungen, die einen starken Einfluss auf die menschliche Gesundheit haben können. Außerdem gibt es auch indirekte, über die natürlichen Systeme moderierte gesundheitliche Auswirkungen, z. B. eine durch Wärme verlängerte Pollenflugsaison mit einhergehender Allergiebelastung, erhöhte Schadstoffexposition und Infektionen durch verminderte Hygiene nach Überschwemmungen [6]. Auch bislang nicht oder kaum in Deutschland auftretende Infektionskrankheiten werden vermehrt erwartet.

Der Klimawandel beeinflusst die menschliche Gesundheit unter anderem auch durch eine Veränderung von Ökosystemen und verschärft als ein Faktor unter vielen den anhaltenden Biodiversitätsverlust. Gleichzeitig spielen Ökosysteme und ihre Biodiversität eine Rolle in der Fluktuation von Treibhausgasen und sind eine wichtige Stellenschraube der Anpassung an den Klimawandel [7]. Beide Krisen müssen daher im Hinblick auf ihre Folgen für die menschliche Gesundheit zusammen gedacht werden (Infobox 1). Es besteht weiterhin Forschungsbedarf bei der Erforschung der Zusammenhänge von Klimawandel, Biodiversität und Gesundheit.

Bislang bilden die Kernbereiche von Public Health (Essential Public Health Functions, EPHFs) der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO) [8] Umweltveränderungen, sowie ihre Rolle bei Klimaschutz und Klimawandelanpassung noch nicht ausreichend ab. Der vorliegende Artikel greift daher auf bestehende Konzepte der Public-Health-Kernbereiche zurück [9] und erweitert diese um Nachhaltigkeitsaspekte und Klimaresilienz.

Der Schutz und die Wiederherstellung von Biodiversität stellen eine wichtige Public-Health-Maßnahme dar.

Infobox 1 Bedeutung der Biodiversität für die menschliche Gesundheit

Biodiversität stellt Ökosystemleistungen bereit, direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen, die auch wesentlich für die menschliche Gesundheit sind. Der dramatische Biodiversitätsverlust stellt somit auch eine Bedrohung der menschlichen Gesundheit dar.

In einer Vielzahl wissenschaftlicher Publikationen konnten Korrelationen zwischen Biodiversität und menschlicher Gesundheit festgestellt werden. Die Erforschung kausaler Zusammenhänge wird in Deutschland seit August 2022 mit einer Richtlinie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert [10].

Die Vielfalt des pflanzlichen Spektrums versorgt uns mit Medizin und Nahrung, reguliert Wasser und Klima und reduziert Umwelttrisiken wie Luftverschmutzung. Zudem besteht ein Zusammenhang von Biodiversität mit Allergien und Immunerkrankungen. So konnte Kontakt mit einer mikrobenreichen Umgebung in der Kindheit, wie z. B. in der Landwirtschaft, als vor Allergien schützender Faktor identifiziert werden [11, 12].

Auch bei Infektionskrankheiten spielt Biodiversität eine Rolle. So kann das Risiko von Pandemien aufgrund der Zerstörung und Veränderung von Ökosystemen durch den Menschen steigen [13]. Nicht-nachhaltiger Konsum, landwirtschaftliche Intensivierung und Wildtierhandel führen zu verstärktem Kontakt zwischen Menschen und Wildtieren und sind damit Auslöser für eine Vielzahl von zoonotischen Erkrankungen. In dieser Hinsicht kommt dem Biodiversitätsschutz eine wichtige präventive Rolle zu.

Beitrag der Biodiversität zu psychischer Gesundheit und menschlichem Wohlergehen

Ein Aufenthalt in der Natur wirkt sich positiv auf menschliches Wohlbefinden und psychische Gesundheit aus, dies ist schon länger gut erforscht. Städtisches Grün, Gärten, Wälder und Gewässer

bieten Gelegenheit zu Erholung [14], zum Stressabbau [15] und zu sozialen Interaktionen.

Ob dieser Effekt aber auch umso stärker ist, je vielfältiger die den Menschen umgebende Natur ist, konnte bisher nicht eindeutig festgestellt werden, da sozioökonomische Faktoren, kultureller Hintergrund und ästhetische Präferenz der Studienteilnehmenden, aber auch die Definition von Biodiversität und Gesundheit der jeweiligen Studie eine Rolle spielen [16–18].

Auch kulturelle Ökosystemleistungen leisten einen wichtigen Beitrag zur psychischen Gesundheit [19]. Menschen schätzen vielfältige Ökosysteme und manche Arten aufgrund ihrer Schönheit, sie fühlen sich mit ihnen verbunden und identifizieren sich mit einer bestimmten Umgebung.

Synergien zwischen Klimawandelanpassung, Public-Health-Strategien und Naturschutz

Angesichts der komplexen Wechselbeziehungen zwischen Klimawandel, Biodiversitätsverlust und menschlicher Gesundheit (Abbildung 1) ergeben sich wichtige Synergien zwischen Klimawandelanpassung, Public-Health-Maßnahmen und Naturschutz [20]. Naturbasierte Lösungen können in dieser Hinsicht positive Erfolge im Hinblick sowohl auf Gesundheit als auch an Anpassung an den Klimawandel erzielen, sogenannte Co-Benefits [21]. Ein Beispiel ist der Ausbau von städtischem Grün und städtischer blauer Infrastruktur. Hierzu gehören Straßenbäume und Straßenbegleitgrün, Begrünung von Fassaden und grüne Dächer sowie größere Grünflächen (Parks, Spielplätze), welche Erholung, Luftreinhaltung und Mikroklima fördern [22]. Um gleichzeitig dem Biodiversitätsschutz zu dienen, sollte dieses Grün möglichst vielfältig gestaltet sein. Besonders sozioökonomisch benachteiligte Menschen profitieren von naturbasierten Gesundheitsinterventionen in Städten [23]. Angesichts zunehmender Urbanisierung weltweit – es wird vorausgesagt, dass 2050 bereits 68 % der Weltbevölkerung in Städten leben wird [24] – ist die Entwicklung städtischen, vielfältigen Grüns als wichtige Public-Health-Maßnahme daher nicht zu unterschätzen.

Konzepte wie One Health und Planetary Health sowie die Public-Health-Kernbereiche werden in Bezug auf ihren Nutzen für die Public-Health-Praxis betrachtet, um gesundheitliche Chancengerechtigkeit im Klimawandel zu ermöglichen.

Auch wenn der Klimawandel eine globale Dimension hat und letztendlich effektiver Klimaschutz nur global gelingen kann, sind Anpassungsmaßnahmen vorwiegend auf regionaler oder lokaler Ebene zu entwickeln und umzusetzen. Klimaschutz (Mitigation) zur Verhinderung des Fortschreitens klimawandelbedingter Veränderungen ist essenziell, daneben ist jedoch auch Klimawandelanpassung (Adaptation) wichtig, die die Menschen befähigt, trotz der Veränderungen gesund zu bleiben. Der vorliegende Sachstandsbericht fokussiert vor allem die Klimawandelanpassung in Deutschland.

3. Klimatische Änderungen

3.1 Klimaentwicklung

Bei der Analyse der langfristigen Klimaentwicklung in Deutschland wird deutlich: Der Klimawandel ist bereits beobachtbar und spürbar. Er ist eindeutig auf die anthropogene Erhöhung der Treibhausgase in der Atmosphäre zurückzuführen (Infobox 2). Das wichtigste anthropogene Treibhausgas stellt dabei das Kohlenstoffdioxid (CO₂) dar, das im Zeitraum 1750–2019 eine Änderung des globalen Strahlungsantriebs von 2,16 W/m² verursachte (Infobox 3). Zusammen mit weiteren Treibhausgasen, wie Methan, Lachgas und Ozon, ergibt sich insgesamt ein zusätzlicher positiver Strahlungsantrieb von 2,72 W/m², der mit einer globalen Temperaturerhöhung von 1,2 °C seit Anfang des 20. Jahrhunderts einhergeht [25]. Seit Beginn flächende-

Infobox 2 Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt ist ein natürlicher Prozess, der die Temperatur auf der Erde maßgeblich bestimmt. Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid sind die zwei wichtigsten natürlichen Treibhausgase, die dazu führen, dass die globale Mitteltemperatur bei angenehmen 15 °C liegt und nicht bei -19 °C, wie es ohne das Vorhandensein der Erdatmosphäre der Fall wäre. Durch die Erhöhung der Konzentrationen von atmosphärischen Spurengasen wie Kohlenstoffdioxid, Methan und Distickstoffoxid entsteht ein zusätzlicher (anthropogener) Treibhauseffekt. Dadurch kommt es zu einer weiteren Erwärmung der unteren Atmosphäre und zu Effekten auf das gesamte Klimasystem.

Infobox 3 Strahlungsantrieb

Der zusätzliche Strahlungsantrieb (radiative forcing) ist die Änderung der Nettoeinstrahlung (Sonneneinstrahlung minus Ausstrahlung, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter, W/m²) am Oberrand der Troposphäre, der untersten Schicht der Erdatmosphäre. Diese Änderung entsteht aufgrund der anthropogenen Klimawandels, vor allem durch die Erhöhung der Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre. Der zusätzliche Strahlungsantrieb wird definiert als die Veränderung im Vergleich zum Jahr 1750. Die Zahlen in der Bezeichnung der Representative Concentration Pathways (RCP)-Klimaszenarien, z. B. RCP2.6 oder RCP8.5, beziehen sich auf die erwartete Veränderung im Strahlungsantrieb von 2,6 W/m² bzw. 8,5 W/m².

ckender Messungen im Jahr 1881 ist die Jahresmitteltemperatur in Deutschland um 1,6 °C Grad gestiegen. Das Tempo des Temperaturanstiegs hat in Deutschland (wie auch weltweit) in den vergangenen 50 Jahren deutlich zugenommen: Seit 1881 wurde es hierzulande im Mittel um 0,12 °C

Der globale menschengemachte Klimawandel wird weiter voranschreiten und die Gesundheit der Menschen beeinflussen.

pro Dekade wärmer, für die letzten 50 Jahre lag die Erwärmungsrate mit $0,38^{\circ}\text{C}$ pro Dekade mehr als dreimal so hoch. Seit den 1960er-Jahren war jedes Jahrzehnt deutlich wärmer als das vorherige. Der Anstieg der mittleren Lufttemperaturen dürfte zudem in den kommenden Jahren zu mehr und intensiveren Wetterextremen führen. Die Zunahme von Hitzewellen und Trockenperioden haben dabei eine sehr große Gesundheitsrelevanz [26].

Laut der deutschen Koordinierungsstelle des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) wird die globale Lufttemperatur bei allen betrachteten Emissionsszenarien bis mindestens Mitte des Jahrhunderts weiter ansteigen. Eine globale Erwärmung von $1,5^{\circ}\text{C}$ und auch 2°C wird im Laufe des 21. Jahrhunderts wahrscheinlich überschritten werden, es sei denn, es erfolgen in den kommenden Jahren drastische Reduktionen der CO_2 - und anderer Treibhausgasemissionen [27]. Viele Veränderungen im Klimasystem werden in unmittelbarem Zusammenhang mit der zunehmenden globalen Erwärmung verstärkt [25]. Natürliche Antriebsfaktoren und interne Schwankungen werden die vom Menschen verursachten Eingriffe modulieren, vor allem auf regionaler Ebene und in naher Zukunft. Es ist wichtig, diese Modulationen bei der Planung für die gesamte Bandbreite möglicher Auswirkungen zu berücksichtigen. Bei weiterer globaler Erwärmung wird es laut Projektionen in fast allen Regionen in zunehmendem Maße zu gleichzeitigen und vielfältigen Modifikationen von klimatischen Antriebsfaktoren mit Relevanz für Klimafolgen (climatic impact-drivers, CIDs) kommen. Dabei sind die regionalen Klimafolgen überwiegend negativer Art, wobei es auch Regionen gibt, die vom Klimawandel profitieren könn-

ten. Änderungen von mehreren CIDs wären bei 2°C im Vergleich zu $1,5^{\circ}\text{C}$ globaler Erwärmung weiter verbreitet und bei höheren Erwärmungsniveaus sogar noch verbreiteter und/oder ausgeprägter. Effekte mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit – wie der Zusammenbruch von Eisschilden, abrupte Veränderungen der Ozeanzirkulation, einige zusammengesetzte Extremereignisse und eine Erwärmung, die wesentlich über die als sehr wahrscheinlich bewertete Bandbreite der künftigen Erwärmung hinausgeht – können nicht ausgeschlossen werden und sind Teil der Risikobewertung [25].

Aus naturwissenschaftlicher Sicht erfordert die Begrenzung der vom Menschen verursachten globalen Erwärmung auf ein bestimmtes Niveau eine Begrenzung der kumulativen CO_2 -Emissionen, wobei zumindest netto null CO_2 -Emissionen erreicht werden müssen, zusammen mit starken Verringerungen anderer Treibhausgasemissionen. Starke, rasche und anhaltende Verringerungen der Treibhausgasemissionen würden auch den Erwärmungseffekt begrenzen, der sich aus der abnehmenden Luftverschmutzung ergibt, da Aerosole (vor allem Feinstaub) einen überwiegend negativen Strahlungsantrieb aufweisen und deren projizierter Rückgang bis Mitte des Jahrhunderts einen zusätzlichen Erwärmungseffekt haben wird [28].

3.2 Klimamodelle und Klimaprojektionen

Über die zukünftige Entwicklung des Klimas geben Klimamodelle Auskunft. Die berechneten Zukunftsprojektionen hängen dabei auch von der angenommenen Entwicklung der menschlichen Gesellschaft ab. Um diese potenziellen globalen Entwicklungen darstellen zu können, wurden über

Die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit hängen stark von der Region, sozialen Faktoren und dem Verhalten der Menschen ab.

die letzten Jahrzehnte Szenarien entwickelt, aus denen sich unterschiedliche Entwicklungspfade von Emissions- und Konzentrationsszenarien von Treibhausgasen und Aerosolen ableiten lassen. Die älteste Szenarienfamilie (Special Report on Emissions Scenarios, SRES) spiegelt den Wissensstand um die Jahrtausendwende wider, die darauffolgende Generation von Szenarien (Representative Concentration Pathways, RCP) wurde für den fünften Sachstandsbericht des IPCC entwickelt, und berücksichtigt nun auch weitere Faktoren, wie die Abschwächung des Klimawandels und die Anpassung daran [29]. Die neueste Generation nennt sich Shared Socioeconomic Pathways (SSP) und fokussiert die Veränderung von sozioökonomischen Faktoren, wie Bevölkerung, Wirtschaftswachstum, Bildung, Urbanisierung und das Tempo der technologischen Entwicklung [30]. Die SSP zeigen dabei fünf verschiedene Möglichkeiten auf, wie sich die Welt ohne Klimapolitik entwickeln könnte und wie unterschiedliche Niveaus der Klimaschutzmaßnahmen erreicht werden könnten. Dabei werden die Klimaschutzziele der RCP mit den SSP kombiniert. Die RCP legen Pfade für die Treibhausgaskonzentrationen und damit das Ausmaß der Erwärmung fest, die bis zum Ende des Jahrhunderts eintreten könnte. Die SSP hingegen geben den Rahmen vor, in dem Emissionssenkungen erreicht (oder eben nicht erreicht) werden [31].

Die fünf sozioökonomischen Entwicklungspfade der SSP-Szenarien (SSP₁ bis SSP₅), werden mit einem zusätzlichen Strahlungsantrieb (1,9 bis 8,5 W/m²) in Zusammenhang gebracht. Szenarien mit niedrigen oder sehr niedrigen Treibhausgasemissionen (SSP_{1-1.9} und SSP_{2.6}) führen im Vergleich zu Szenarien mit hohen und sehr hohen Treibhausgasemissionen (SSP_{3-7.0} oder SSP_{5-8.5}) inner-

halb von Jahren zu erkennbaren positiven Auswirkungen auf die Treibhausgaskonzentrationen sowie die Luftqualität. Bei einem Vergleich dieser gegensätzlichen Szenarien beginnen sich erkennbare Unterschiede zwischen den Trends der globalen Lufttemperatur innerhalb von etwa 20 Jahren von der natürlichen Variabilität abzuheben.

4. Folgen des Klimawandels für die Gesundheit

Die Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland listet acht Klimarisiken im Handlungsfeld menschliche Gesundheit auf, welche auch im Einklang mit der Struktur des Sachstandsberichts und folgenden Ausführungen stehen [32]: Hitzebelastung, UV-bedingte Gesundheitsschädigung, allergische Reaktionen, potenziell schädliche Mikroorganismen und Algen, Verbreitung und Abundanzveränderung von möglichen Vektoren, Atembeschwerden aufgrund von Luftverunreinigung, Verletzungen und Todesfälle infolge von Extremereignissen sowie Auswirkungen auf das Gesundheitssystem.

Diese Auswirkungen des Klimawandels auf die Umwelt und den Menschen sind sehr stark von der geografischen Region, der Nutzung der Umwelt durch den Menschen und von den sozialen Determinanten abhängig [33]. Von Krankheiten, die von Wetter, Witterung und Klima auf unterschiedlicher zeitlicher Skala beeinflusst werden, kann jeder Mensch betroffen sein; dennoch gibt es Bevölkerungsgruppen, die wesentlich vulnerabler gegenüber den gesundheitlichen Folgen (z. B. Hitzewellen) des Klimawandels sind und zum Teil intensiver darauf reagieren. Dies sind insbesondere aufgrund ihres Alters sensible oder durch Vor- oder Immunerkrankungen geschwächte Personen. Darüber hinaus

gibt es Personengruppen, die durch berufliche oder private Aktivitäten gesundheitsgefährdenden Situationen länger und häufiger ausgesetzt sind als andere [33]. Auch die intersektionalen Wechselwirkungen zwischen Alter, Geschlecht, Arbeits- und Wohnverhältnissen und -umgebung, sowie Einkommen bzw. Armut und Bildungsstand spielen hier eine Rolle [34]. In einem folgenden Artikel des Sachstandsberichts Klimawandel und Gesundheit wird auf diese Thematik näher eingegangen (Bolte et al. [35])

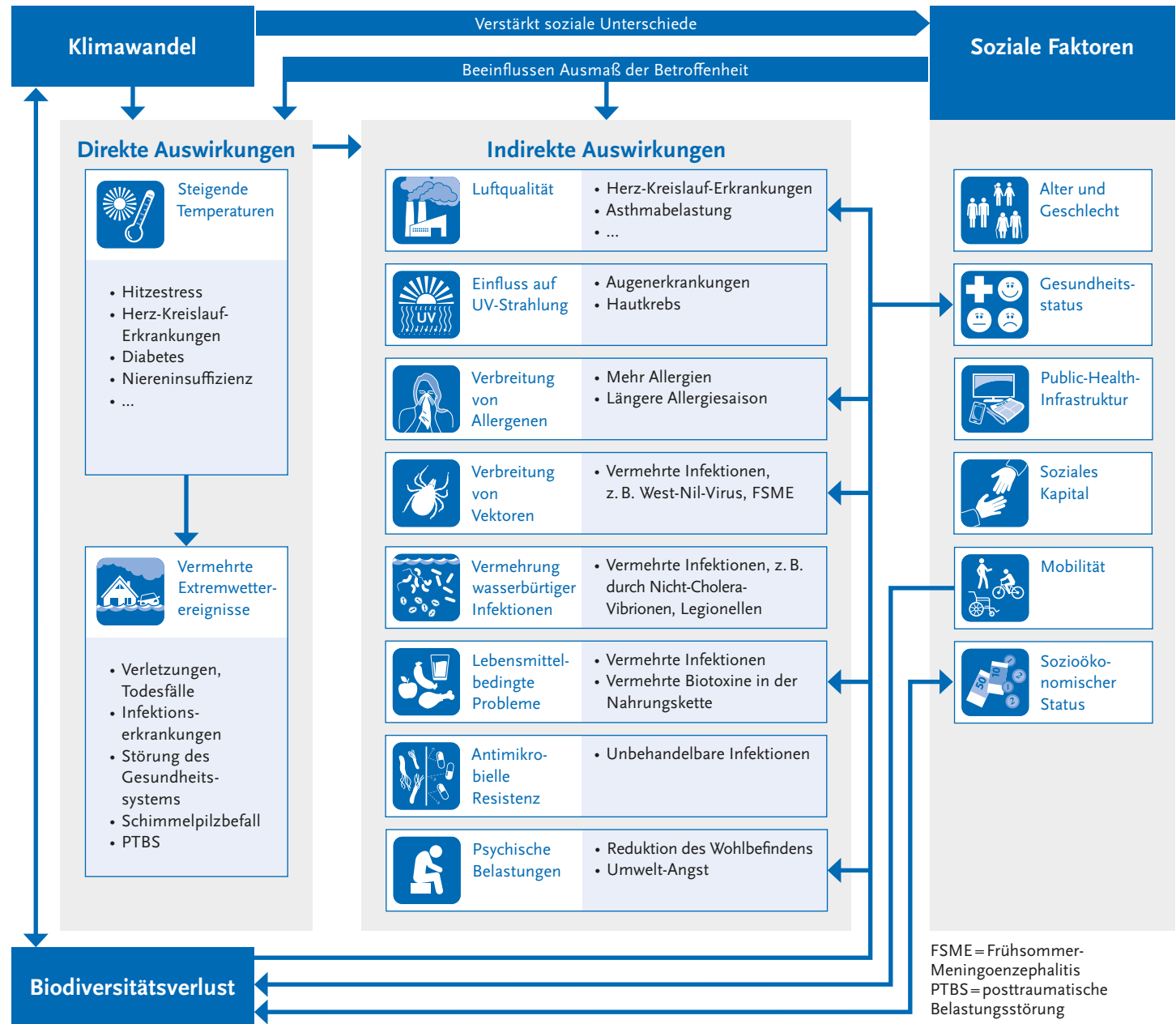
Die unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen haben demnach auch sehr verschiedene Bedürfnisse und Anforderungen an das Gesundheitssystem. Das zeigt, dass die beschriebenen Klimawirkungen nicht nur individuelle Betroffenheiten verursachen, sondern auch bedeutende Auswirkungen auf das Gesundheitssystem und seine Akteurinnen und Akteure und damit organisatorische und volkswirtschaftliche Komponenten haben. Insbesondere der Bereich Gesundheit weist viele Querverbindungen zu anderen Handlungsfeldern auf [36].

Dabei ist zu beachten, dass Gesundheit nicht nur eine individuelle, sondern vor allem auch eine gesellschaftliche Aufgabe darstellt. Um Menschen zu ermöglichen, sich im Sinne einer Anpassung an den Klimawandel und seine Auswirkungen gesundheitsförderlich zu verhalten, können verschiedene Maßnahmen der Prävention und Gesundheitsförderung eingesetzt werden. Dazu zählen Interventionen wie Aufklärungskampagnen, z. B. die [Webseite Klima-Mensch-Gesundheit](#) der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. Diese Maßnahmen sollten aber stets mit einer Veränderung der Lebensbedingungen der Menschen kombiniert werden, denn Gesundheitsverhalten kann nur schwer gegen Widerstände aus dem sozialen Umfeld und

den Lebensumständen durchgesetzt werden. Diese sogenannten verhältnispräventiven Maßnahmen umfassen zum Beispiel den Ausbau von Infrastruktur und Angeboten (z. B. Fahrradwege, klimafreundliches Kantinenessen, verschattete öffentliche Bereiche, Zugang zu Stadtgrün) oder die Preispolitik (z. B. Förderung klimaneutralen Bauens). Diese komplexen Interventionen machen die Einbindung vieler gesellschaftlicher Gruppen und Sektoren jenseits des Gesundheitsbereichs notwendig, indem beispielsweise mit Akteurinnen und Akteuren aus dem Verkehrs-, Bau- oder Umweltsektor kooperiert wird. Ein solcher Ansatz setzt voraus, dass Gesundheit in allen Politikbereichen berücksichtigt wird (Health in All Policies), damit die gesundheitsförderliche Lebensweise für die Menschen auch tatsächlich im Alltag die einfachste wird, wie es die WHO fordert („Make the healthy way the easy way“) [37].

Viele Folgen der globalen Erwärmung stehen in Wechselwirkung zueinander und können sich gegenseitig durch Rückkopplungseffekte verstärken. Neben den direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit, in Westeuropa vornehmlich durch vermehrtes Auftreten extremer Wetterereignisse wie Hitzewellen, lassen sich auch indirekte Auswirkungen feststellen, die über Änderungen in natürlichen Systemen (Atmosphäre, Bio-, Hydro-, Kryo- und Pedosphäre) herbeigeführt werden ([Abbildung 1](#)). Wetterlagen bestimmen dabei in hohem Maß die lokalen meteorologischen sowie luft- und strahlungshygienischen Verhältnisse. So kommt es im Rahmen von lang andauernden sommerlichen Hochdruckwetterlagen nicht nur zu thermischem Stress aufgrund hoher Lufttemperaturen, sondern auch zu einer erhöhten Ozon- und UV-Strahlungsexposition. Der Klimawandel bedingt auch Veränderungen im Bereich

Abbildung 1
Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit
 Illustration: Robert Koch-Institut



FSME = Frühsommer-Meningoenzephalitis
 PTBS = posttraumatische Belastungsstörung

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf die physische und psychische Gesundheit der Menschen. Nicht alle Menschen können sich gleich gut gegen Klimawandelfolgen schützen.

von Infektionskrankheiten, deren Erreger über blutsaugende Arthropoden (Gliederfüßer) übertragen werden, von Infektionen, die wasser- oder nahrungsmittelbezogen sind und Änderungen im Bereich allergieauslösender Pflanzen und Tiere. Darüber hinaus ergeben sich unter den Bedingungen des fortschreitenden Klimawandels weitere gesundheitsrelevante Veränderungen. Zu denken ist hier etwa an die Zunahme von Trockenepisoden, die sich z. B. über eine unzureichende Wasserversorgung, Ernteausfälle oder die Zunahme von Waldbränden indirekt auf die Gesundheit auswirken, oder von Flutereignissen, die zur Ausbreitung bestimmter Krankheitserreger führen können. Beides stellt schon heute eine große Herausforderung dar [38–40].

Die verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit werden hier kurz angerissen und in den folgenden Artikeln dieses und des nächsten Special Issues der Beitragsreihe „Klimawandel und Gesundheit“ detailliert aufgegriffen, mit Bezug sowohl auf übertragbare Krankheiten als auch auf nicht-übertragbare Krankheiten, inklusive Beeinträchtigungen der psychischen Gesundheit.

4.1 Auswirkungen des Klimawandels auf übertragbare Krankheiten

Vektor- und Nagetier-assoziierte Infektionskrankheiten

Laut einer Studie von McIntyre et al. [41] sind nahezu zwei Drittel der in Europa aufzufindenden Erreger von Human- und Haustierkrankheiten klimasensibel. Die klimatischen Bedingungen begünstigen u. a. den Ausbruch von mit Vektoren assoziierten Krankheiten wie Chikungunya, Dengue und West-Nil-Fieber in Europa und tragen zur weiteren geografischen Ausbreitung von Vektoren bei, die die Erreger

der Lyme-Borreliose und Frühsommer-Meningoenzephalitis übertragen.

Die Übertragung von Vektor-assoziierten Krankheitserregern erfordert eine eingeführte oder etablierte Vektorpopulation, einen Erreger und geeignete Umwelt- und Klimabedingungen über den gesamten Zyklus der Erregerübertragung. Die Umwelt- und Klimabedingungen wirken sich auf jeden dieser Bereiche aus, vom Überleben und der Häufigkeit der Vektoren über das Wachstum und Überleben der Erreger in den Vektororganismen bis hin zur Vektoraktivität und den Stechfrequenzen sowie der Exposition des Menschen gegenüber Krankheitsvektoren.

Auch wenn zum Beispiel die Einschleppung von *Aedes albopictus* (Asiatische Tigermücke) in erster Linie durch die Globalisierung begünstigt wird, insbesondere entlang der Verkehrswege [42], so ist doch der Klimawandel mit der aktiven potenziellen Ausbreitung von Vektoren und Erregern assoziiert, weshalb auch in Deutschland in den kommenden Jahren mit einer weiteren Verlagerung bestimmter Zeckenarten in höhere Breiten- und Höhenlagen und einer weiteren geografischen Ausbreitung von Stechmücken- und Sandmückenarten gerechnet werden muss [43]. Ein folgender Beitrag in diesem Sachstandsbericht widmet sich detailliert Vektor- und Nagetier-assoziierten Erkrankungen im Klimawandel (Beermann et al. [44]).

Wasserbürtige Infektionen und Intoxikationen

Durch Wasser übertragene Erreger können ebenfalls dem Einfluss des Klimawandels unterliegen. Der Anstieg der Meeresoberflächentemperaturen, die durch Messungen in der Nordsee und Ostsee belegt sind (in der Nordsee betrug die Temperaturzunahme etwa 1,3 °C in den letzten 50 Jah-

ren) [45] und in Zukunft weiter zunehmen werden, beschleunigt z. B. auch die Vermehrung von Vibrionen [46, 47]. Vibrioneninfektionen äußern sich vor allem durch Wundinfektionen und Durchfallerkrankungen. Die Klimaerwärmung mit den einhergehenden erhöhten Wassertemperaturen könnte zu einer erhöhten Vibrionenkonzentration führen und dadurch eine Zunahme von Infektionen wahrscheinlicher machen [47–49]. Projektionen ergeben, dass sich die Meeresoberflächentemperatur der Nordsee bis Ende des 21. Jahrhunderts um 1–3 °C erwärmen wird, die der Ostsee um 3–4 °C, mit stärksten Erwärmungsraten im nördlichen Teil der Ostsee [50]. Auch extreme Niederschlagsereignisse können zu Ausbrüchen von wasserbürtigen Krankheiten führen [49]. Näher beschäftigt sich mit diesem Thema ein weiterer Beitrag des Sachstandsberichts (Dupke et al. [51]).

Lebensmittelbedingte Infektionen und Intoxikationen

Auch lebensmittelbedingte Infektionen und Intoxikationen spielen eine Rolle im Zusammenhang mit dem Klimawandel, denn die Häufigkeit der damit assoziierten Krankheiten kann durch Temperaturänderungen beeinflusst werden. Beispiele sind bakterielle Magen-Darm-Infektionen durch die zumeist durch Lebensmittel aufgenommenen Erreger *Campylobacter* und *Salmonella*. Die Übertragung auf den Menschen erfolgt meist über Lebensmittel. Krankheitsfälle durch Salmonellen steigen linear mit der Lufttemperatur um 5–10% pro °C [52]. Längere Sommer ermöglichen so die Zunahme von durch Lebensmittel übertragenen Krankheitserregern [49]. Detailliertere Erkenntnisse sind in einem weiteren Beitrag in diesem Sachstandsbericht zu finden (Dietrich et al. [53]).

Antimikrobielle Resistenz (AMR)

Eine bisher wenig beachtete Verbindung zwischen Gesundheit und Klimawandel sind antibiotikaresistente Infektionen [54]. Bakterien, die Infektionen beim Menschen verursachen, können eine Resistenz gegen Antibiotika entwickeln. Die Resistenz gegen antimikrobielle Wirkstoffe (bei Bakterien und anderen Mikroben) verursacht weltweit eine erhebliche Morbidität und Mortalität und stellt damit Gesundheitssysteme sowie grundlegende Funktionen des öffentlichen Gesundheitswesens weltweit vor enorme Herausforderungen. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Antibiotikaresistenz bei Bakterien hauptsächlich unter dem Selektionsdruck des Antibiotikaeinsatzes entwickelt, allerdings können auch andere Faktoren, wie der Klimawandel, zum Anstieg der Antibiotikaresistenz beitragen. MacFadden et al. [55] berichten, dass ein Temperaturanstieg von 10 °C im experimentellen Laborumfeld mit einem Anstieg der Antibiotikaresistenz bei den häufigen Krankheitserregern *Escherichia coli* (+4,2%), *Klebsiella pneumoniae* (+2,2%) und *Staphylococcus aureus* (+2,7%) verbunden ist. In einem weiteren Beitrag dieses Sachstandsberichts liefern Meinen et al. [56] einen systematischen Review zu AMR im Klimawandel.

4.2 Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Krankheiten und die psychische Gesundheit

Gesundheitliche Auswirkungen durch Luftschadstoffe

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Luftqualität in Deutschland dank gezielter Maßnahmen zur Luftreinhaltung erheblich verbessert [57]. Bei gleichbleibenden Emissionen würde als Folge des Klimawandels allerdings

eine Zunahme der bodennahen Ozon- und Feinstaubkonzentrationen erfolgen. Wärmere Sommer und vor allem eine Zunahme von extremen Temperaturereignissen begünstigen die Bildung von bodennahem Ozon, da bei stagnierender Luftzirkulation während ausgeprägter Hochdruckwetterlagen eine Ansammlung des Ozons stattfinden kann und Spitzenwerte über mehrere Tage zulässt [58, 59]. Eine erhöhte Feinstaubbelastung, z. B. durch zunehmend trockene Böden und vermehrte Vegetationsbrände, kann neben einer Beeinträchtigung der Lungenfunktion und ernsthaften Lungenerkrankungen wie Asthma und Lungenkrebs auch Herz-Kreislauf-Erkrankungen hervorrufen. Ebenfalls besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen kardiovaskulärer Mortalität und dem Gehalt an bodennahem Ozon, wobei schon eine kurzfristige Ozonexposition das Gesundheitsrisiko erhöht und bereits mittelhohe Ozonwerte mit steigenden Raten von Herzinfarkten einhergehen [60, 61]. Weitere Effekte auf die Gesundheit entstehen durch gesteigerten Hitzestress, vor allem auch in Kombination mit erhöhten Luftschadstoffen [62, 63]. In einem nachfolgenden Beitrag dieses Sachstandsberichts liefern Breitner-Busch et al. [64] eine Übersicht zu klimawandelbedingten Auswirkungen auf die Gesundheit durch Luftschadstoffe, die für Deutschland besonders relevant sind, und erläutern Effekte der Luftschadstoffe in Interaktion mit der Lufttemperatur. Darüber hinaus wird ein Überblick zu Grenz-, Ziel- und Richtwerten im aktuellen Kontext der Luftsituation in Deutschland gegeben, sowie auf die aktuellen WHO-Richtwerte eingegangen. Entsprechende Empfehlungen für den Public-Health-Sektor werden aufgezeigt.

Gesundheitliche Auswirkungen durch Hitze

Hitze stellt ein Ereignis dar, welches meistens großflächig auftritt und nicht nur einzelne Bevölkerungsgruppen, insbesondere Jüngere und Ältere, betrifft, sondern sektorübergreifend ist [65]. Hitze wird zunehmen in Bezug auf Intensität, Dauer und Häufigkeit (Abbildung 2). Die Charakteristiken von Hitzewellen, ihre Anzahl, Dauer und Intensität sowie ihr zeitliches Auftreten innerhalb eines Jahres sind für die Abschätzung der gesundheitlichen Belastung während und nach hoher thermischer Belastung relevant. Vor allem die Dauer einer Hitzewelle kann die Mortalität verstärken und die überproportionale Zunahme langer Hitzewellen kann daher zu einer stark ansteigenden Zahl von Todesfällen führen [66]. So ergibt sich bei RCP-Szenarien für Deutschland ein Anstieg der Mortalität durch chronische Erkrankungen der unteren Atemwege (chronic lower respiratory diseases, CLRD) während langer Hitzewellen (≥ 10 Tage) von bis zu 150% bis zur Mitte des Jahrhunderts. Je nach Szenario könnte es bis zum Ende des Jahrhunderts einen Anstieg von 260% (RCP4.5) bis maximal 540% (RCP8.5) geben. Die Mortalität durch Ischämische Herzerkrankungen (IHK), bei denen es zu einer zunehmenden Verengung der Herzkranzgefäße kommt, könnte entsprechend nach RCP4.5 und RCP8.5 2021–2050 um 90% (RCP4.5) oder 150% (RCP8.5) höher liegen, 2068–2097 sogar um 330% (RCP4.5) bis maximal 900% (RCP8.5) [67]. Dies zeigt auf, dass selbst unter einem moderaten Klimawandel erhebliche gesundheitliche Auswirkungen durch Hitze zu erwarten sind. Winklmayr et al. [68] widmen sich in einem folgenden Beitrag des Sachstandsberichts den gesundheitlichen Auswirkungen hoher Temperaturen, die insbesondere ältere Personen und Menschen mit bestimmten Vorerkrankungen betreffen.

Abbildung 2a

Anzahl Hitzetage pro Jahr.

Regionale Verteilung der Anzahl heißer Tage mit einer Maximaltemperatur von mindestens 30°C, 2011–2020

Quelle: Deutscher Wetterdienst

2a: Anzahl Hitzetage pro Jahr

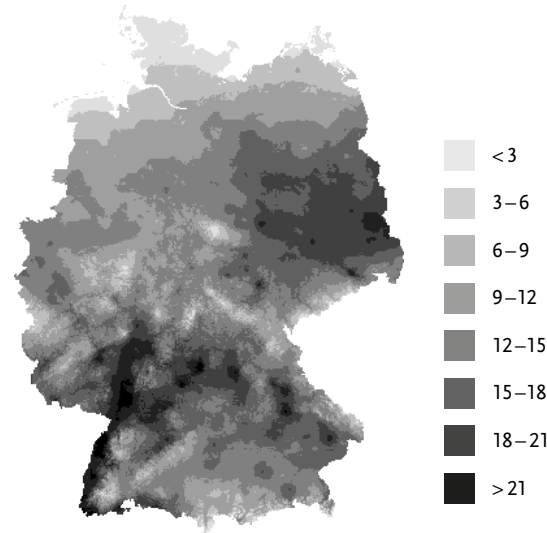


Abbildung 2b

Anzahl Hitzewellen pro Jahr

Abbildung 2c

Anzahl Tage pro Hitzewelle

Abbildung 2d

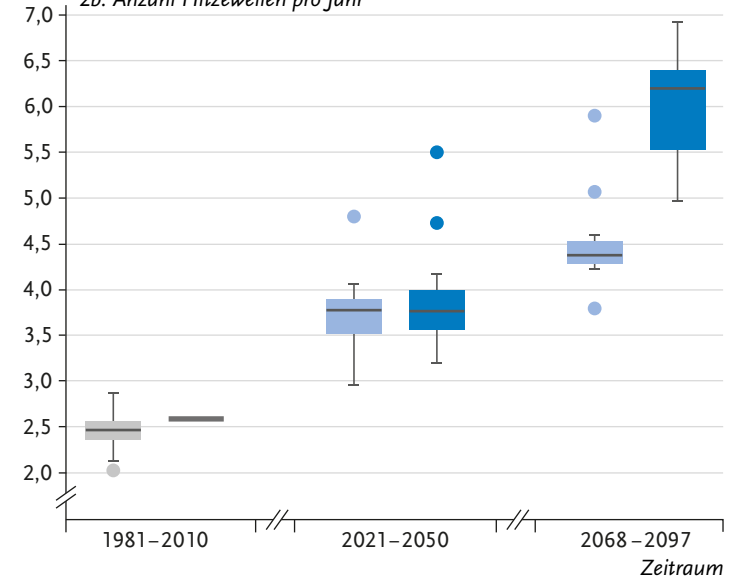
Mittlere Lufttemperatur während Hitzewellen

2b–2d

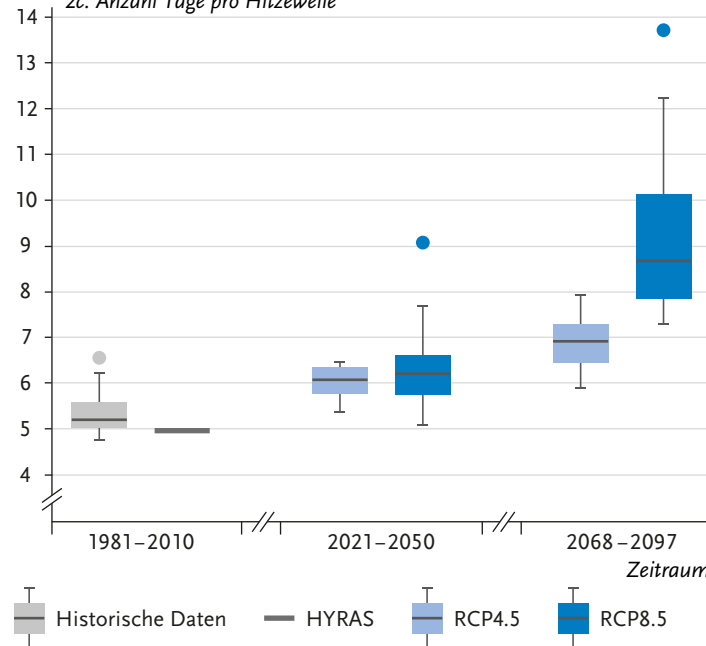
in Deutschland, basierend auf historischen (gemessenen) Datensätzen, HYRAS (Rasterdatensätze) [69] und Projektionen unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5

Quelle: Eigene Darstellung nach Schlegel et al. [67]

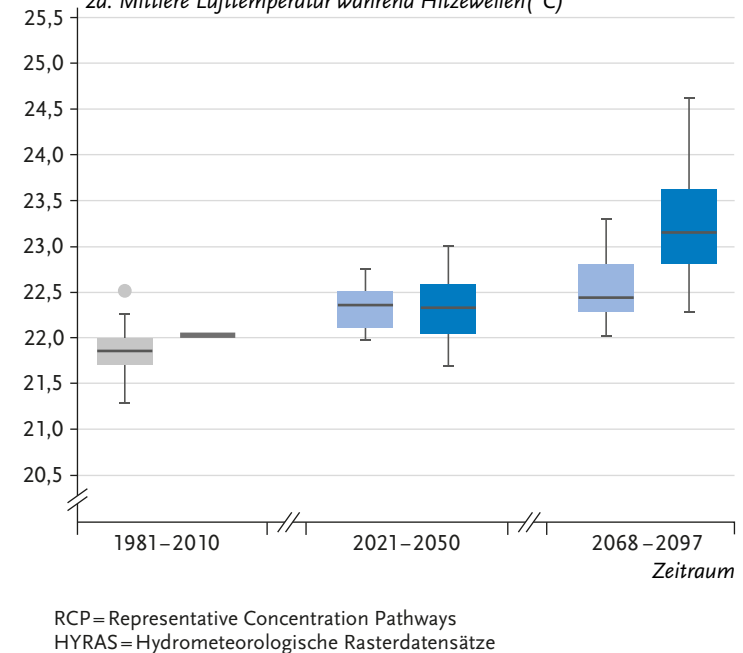
2b: Anzahl Hitzewellen pro Jahr



2c: Anzahl Tage pro Hitzewelle



2d: Mittlere Lufttemperatur während Hitzewellen (°C)



Gesundheitliche Auswirkungen durch Extremwetterereignisse

Durch die Zunahme von intensiven Regenfällen können verheerende Überflutungen auftreten, die das Leben und die Gesundheit der Bevölkerung sowie die Gesundheitsinfrastruktur ganz unmittelbar betreffen. Beobachtbar ist, dass in Deutschland und Westeuropa bereits jetzt die Intensität der Regenfälle durch den Klimawandel um bis zu 19 % zugenommen hat und Überschwemmungsereignisse, wie 2021 in Westdeutschland und Belgien, um bis zu neunmal wahrscheinlicher geworden sind. Nähert sich die globale Erwärmung der 2 °C-Schwelle, wird sich das auch direkt in den Niederschlagsintensitäten (Zunahme um bis zu 6 %) und Überschwemmungswahrscheinlichkeiten widerspiegeln [70].

Vor allem in den Sommermonaten muss aber auch vermehrt mit Trockenheit und Dürre gerechnet werden. Modellierungen haben ergeben, dass bei einer Erwärmung um 3 °C bis zum Ende des Jahrhunderts hierzulande mit doppelt so vielen Dürretagen wie bislang zu rechnen ist [71]. Historische Daten zeigen, dass bereits jetzt verschiedene Regionen Deutschlands unter zunehmender Dürre leiden [72]. Dies kann neben belastenden Situationen in der Landwirtschaft, Niedrigwassern und sinkenden Grundwasserspiegeln auch Auswirkungen auf die Luftqualität haben. Trockene Böden tragen durch Verwehungen zu einer Verschlechterung der Luftqualität durch Staub und Feinstaub bei. Anhaltende Trockenheit begünstigt zudem die Verweildauer von Pollen in der Luft und häufigere Waldbrände tragen lokal zur erhöhten Feinstaubexposition bei. Trockenstress bei Pflanzen verringert außerdem die Aufnahme von Ozon und erhöht dadurch die gesundheitsschädliche bodennahe Ozonkonzentration und damit auch das häufigere Auftreten

von Atemwegserkrankungen [73]. In einem weiteren Beitrag dieses Sachstandsberichts bieten Butsch et al. [74] einen Überblick zu gesundheitlichen Auswirkungen durch im Klimawandel vermehrt auftretende Extremwetterereignisse. Solchen mittelbaren bzw. langfristigen meteorologischen Folgewirkungen kann laut des Beitrags durch Risikomanagement und Katastrophenhilfe begegnet werden, um die gesundheitlichen Folgen von Extremereignissen vor allem für vulnerable Gruppen möglichst abzumildern.

Gesundheitliche Auswirkungen durch erhöhte Allergenexposition

Der Klimawandel hat Einfluss auf die Allergenexposition. So unterstützen eine vermehrte Pollenproduktion und eine früher einsetzende Pollensaison das Auftreten und erhöhen die Häufigkeit von Pollen-assoziierten allergischen Atemwegserkrankungen [75]. Darüber hinaus können höhere Temperaturen und ein Anstieg des CO₂-Gehaltes in der Luft zu einer Zunahme der Allergenität von Pollen führen und somit stärkere Allergie-Reaktionen hervorrufen [76]. Klimawandelbedingte Veränderungen der Vegetationszonen erlauben es außerdem gebietsfremden Arten, sich in Gebieten anzusiedeln und auszubreiten, in denen sie bisher nicht heimisch waren. Für Europa ist hier etwa die Ambrosiapflanze mit ihrem hohen allergenen Potenzial zu nennen [6, 75, 77]. Bergmann et al. [78] widmen sich in einem weiteren Beitrag dieses Sachstandsberichts detailliert dem Thema klimawandelbedingte Veränderungen der Allergenexposition und deren gesundheitlichen Folgen, zeigen den Zusammenhang zu anderen Expositionen wie Lufttemperatur und Luftschadstoffen auf und geben Handlungsempfehlungen.

Gesundheitliche Auswirkungen durch veränderte UV-Strahlungsbelastung

Der Klimawandel hat Einfluss auf die erdbodennahe UV-Bestrahlungsstärke und die UV-Strahlungsjahresdosis. Für Deutschland spielen hier die Auswirkungen der Treibhausgase auf stratosphärisches Ozon und vor allem die Bewölkung eine entscheidende Rolle. Projektionen für das Ozon in der Stratosphäre und die Bewölkungsdichte sind mit sehr großen Unsicherheiten behaftet. In den letzten Jahren ist allerdings eine deutliche Erhöhung der Sonnenscheindauer in Deutschland und damit auch eine Erhöhung der über ein Jahr aufsummierten Tagessummen der erythemwirksamen UV-Bestrahlungsstärke (UV-Strahlungsjahresdosis) verzeichnet worden [79, 80]. Das Auftreten UV-strahlungsbedingter Erkrankungen von Haut und Augen, einschließlich Krebserkrankungen, hängt nicht nur von der herrschenden erdbodennahen UV-Bestrahlungsstärke in der Umgebung (ambient UV radiation) der Menschen und der UV-Strahlungsjahresdosis ab, sondern wird auch entscheidend vom Expositionsverhalten der Menschen bestimmt. Der derzeitige Kenntnisstand zu Auswirkungen des Klimawandels auf die UV-Strahlungsbelastung und gesundheitliche Konsequenzen werden in einem Beitrag dieses Sachstandsberichts von Baldermann et al. [81] beschrieben.

Auswirkungen des Klimawandels auf die psychische Gesundheit

Neben einer zunehmenden allgemeinen Besorgnis vieler Menschen über die Zukunft der Erde kann der Klimawandel weitere Folgen für die psychische Gesundheit haben. Die Auswirkungen von klimawandelbedingten Wetterereig-

nissen und Naturkatastrophen auf die psychische Gesundheit sind bereits seit einiger Zeit bekannt. Sie verursachen Probleme wie Schlafstörungen, Stress, Angst, Depressionen und die Entwicklung von posttraumatischen Belastungsstörungen und Suizidgedanken [82]. Weniger erforscht sind jedoch die psychischen und emotionalen Folgen, die durch das Bewusstsein für die langsamen und allmählichen Veränderungen der Umwelt durch den vom Menschen verursachten Klimawandel erzeugt werden und welche Maßnahmen wirkungsvoll vor allem vulnerable Gruppen schützen können. Studien zeigen, dass Menschen aufgrund der Bedrohung durch den Klimawandel Gefühle von Verlust, Hilflosigkeit und Frustration empfinden – ein Zustand, der heute als Eco Anxiety (auf Deutsch in etwa „Umwelt-Angst“) bezeichnet wird [83]. In einem weiteren Beitrag dieses Sachstandsberichts widmen sich Gebhardt et al. [84] diesem Thema und untersuchen in dem Kontext die Themenfelder Extremwetterereignisse, Temperaturerhöhung, Wahrnehmung und innerpsychische Verarbeitung des Klimawandels, psychologisch-soziologische Aspekte sowie Handlungsfähigkeit und Resilienzfaktoren.

5. Konzeptionelle Rahmen zur Bewältigung der Klimakrise

Die Konzepte One Health und Planetary Health, haben seit Beginn der 2000er-Jahre zunehmende Rezeption erfahren; sie können der Bewältigung der Klimakrise einen Rahmen geben. Inhärent ist ihr systemisch-ganzheitlicher Ansatz, der einen umfassenderen Blick auf mögliche Lösungen von Problemen im Bereich Umweltveränderungen und Gesundheit erlaubt.

Beide Konzepte unterliegen der ständigen Weiterentwicklung und stellen somit auch keine starren Monolithen dar. Beide Ansätze können dadurch einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung vieler Ziele der „2030 Agenda für Nachhaltige Entwicklung“ der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals) sein und somit diese Agenda erheblich stärken und letztendlich die umweltbezogene Gesundheit verbessern [85]. Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen verschieden ineinandergreifende Systeme, wie das Verhältnis von Wirtschaft, Energie, Umwelt und Gesundheit, und sind von daher auch nur systemübergreifend zu begreifen und zu lösen [27]. Um den Schutz der menschlichen Gesundheit zu verbessern, müssen daher die Zusammenhänge zwischen menschlicher und tierischer Gesundheit sowie gesunden Ökosystemen auch auf der Ebene verschiedenster Politikbereiche stärker berücksichtigt werden.

5.1 One Health

Das Konzept zu One Health wurde 1964 von Schwabe [86] aufgegriffen, dabei formte er den Begriff „One Medicine“ für die Bereiche, die die humane und veterinäre Gesundheit umfassen. Inzwischen wurde der Begriff One Health um den Aspekt der Umwelt erweitert: Der Mensch ist dabei ein Teil des Tierreichs, das wiederum in eine gemeinsame Umwelt eingebettet ist [87]. Im Rahmen der „Berlin Principles“ fanden neue Prinzipien Eingang in das One-Health-Konzept [88]. Es wird die Stärkung der Institutionen hervorgehoben, die nötig ist, um die Umsetzung wissenschaftsbasierter Kenntnisse in Politik und Praxis zu gewährleisten, und erstmals gehören auch Maßnahmen zur Bekämpfung der Klimakrise dazu.

Das unter anderem von der WHO einberufene One Health High-Level Expert Panel (OHHLEP) möchte die Umsetzung des One-Health-Ansatzes von der Theorie zur Praxis einleiten. Hier wurden vier Bereiche als essenziell erachtet: Kommunikation, Koordination, Zusammenarbeit und Kapazitätsaufbau [89]. Dabei soll die Ausgewogenheit zwischen Sektoren und Disziplinen beachtet werden, sozialpolitische und multikulturelle Parität, ein sozialökologisches Gleichgewicht, die Verantwortung des Menschen sowie Transdisziplinarität und multisektorale Zusammenarbeit aller relevanten Disziplinen.

Durch das One-Health-Konzept kann eine ganzheitliche Betrachtung aller betroffenen Bereiche synergetische Lösungsansätze entlang jeweils verantwortlicher Verwaltungs- und Exekutivebenen verstärken, mit denen die Auswirkungen des Klimawandels vermindert oder Anpassungsstrategien umgesetzt werden. So könnten beispielsweise die Kosten durch die Entstehung neuer Zoonosen wesentlich geringer ausfallen, wenn sie frühzeitig bereits als potenzielle Zoonosen bei Tieren erkannt werden und nicht erst später beim Menschen auftreten [90].

5.2 Planetary Health

Planetary Health oder planetare Gesundheit, beschreibt ein Konzept, welches die menschliche Gesundheit in Zusammenhang mit den politischen, ökonomischen und sozialen Systemen, sowie den ökologischen Grenzen unseres Planeten bringt [91]. Es zeigt die Dominanz und Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten auf die Gestaltung unserer Umwelt auf, und fordert die damit verbundene Verantwortung und Anerkennung planetarer Grenzen.

Durch eine Transformation hin zu Gesundheit innerhalb planetarer Grenzen werden ökologische Belastungsgrenzen nicht mehr überschritten, während allen Menschen und zukünftigen Generationen ein gesundes, würdevolles Leben in Sicherheit durch effektive und nachhaltige politische, soziale und ökonomische Systeme ermöglicht wird [92]. Planetary Health ist ein auf Kritik fossiler Wachstumslogik und an Nachhaltigkeit orientiertes Gesundheitsnarrativ, welches auf eine interdisziplinäre sowie intersektorale Auseinandersetzung mit den komplexen Beziehungen zwischen und innerhalb von Ökosystemen baut. Das Verständnis von planetarer Gesundheit geht über die isolierte Betrachtung von Umwelt und Klima hinaus. Politisch zielt Planetary Health im bundesdeutschen Kontext und mit Bezug zu Klimawandel und Gesundheit unter anderem, so etwa im Lancet Countdown Policy Brief (2021) für Deutschland formuliert, auf folgende Empfehlungen [93]:

- (1) die systematische und flächendeckende Umsetzung von Hitzeschutzplänen zur Reduktion von hitzebedingten Gesundheitsrisiken,
- (2) die Reduktion des CO₂-Fußabdruck des deutschen Gesundheitssektors und
- (3) die Integration von Klimawandel und Gesundheit/ Planetary Health in Aus-, Fort- und Weiterbildung von Gesundheitsberufen.

5.3 Klimaschutz und Klimawandelanpassung als Aufgaben für das Gesundheitssystem

Das Wissen zu den Auswirkungen des Klimawandels ist in den letzten Jahren weitergewachsen, hat an Evidenz ge-

wonnen und sowohl global als auch national wurden Strategien zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt.

Auf globaler Ebene ist das Pariser Klimaabkommen zentral, das auf der 21. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (COP21) im Dezember 2015 verabschiedet wurde. Die beigetretenen Staaten verpflichteten sich, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst jedoch auf 1,5 °C, gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Auf der Weltklimakonferenz 2021 in Glasgow (COP26) haben sich alle Staaten auf eine beschleunigte globale Energiewende weg von der Kohleverbrennung geeinigt; auf der COP27 2022 in Ägypten war diese Beschleunigung nicht erkennbar.

Die deutsche G7-Präsidentschaft setzte 2022 Klimawandel und Gesundheit auf die politische Agenda von sieben Industriestaaten, die sich als „Gruppe der 7“ zusammengeschlossen haben, und förderte somit die nationale und internationale Aufmerksamkeit für klimaneutrale und klimaresiliente Gesundheitssysteme.

Auf Bundesebene ist das Klimaschutzgesetz auch für das Gesundheitswesen handlungsleitend, um Klimaschutz durchzusetzen. Dieses Gesetz wurde durch einen Beschluss des Bundesverfassungsgerichts nachgebessert, da es nicht der aktuellen Generation zugestehen darf, unter vergleichsweise milder Reduktionslast große Teile des CO₂-Budgets zu verbrauchen, wenn damit zugleich den nachfolgenden Generationen eine radikale Reduktionslast überlassen und deren Leben umfassenden Freiheitseinbußen ausgesetzt würde [94]. Die Bundesregierung hat ein Klimaschutz-Sofortprogramm aufgesetzt und bereitet eine vorsorgende Klimaanpassungsstrategie vor [95]. Auch ein

nationaler Präventionsplan, der unter anderem konkrete Maßnahmen gegen klima- und umweltbedingte Gesundheitsschäden einleitet, ist geplant. Die Nationale Präventionskonferenz skizziert Aufgaben, die in diesem Zusammenhang auf einzelne Akteure zukommen [96]. Ein Klimaanpassungsgesetz soll einen Rahmen schaffen, um gemeinsam mit den Ländern die nationale Klimaanpassungsstrategie mit messbaren Zielen umzusetzen.

Mit der Deutschen Klimaanpassungsstrategie (DAS) hat die Bundesregierung 2008 den strategischen Rahmen gesetzt, um den Folgen des Klimawandels mit dem Fokus auf 16 Handlungsfelder zu begegnen [97]. Ein Netzwerk aus allen Bundesministerien und 28 Bundesoberbehörden ist daran beteiligt. Es werden messbare Ziele in vielen Bereichen erarbeitet, so auch für das Cluster Gesundheit.

Die meisten politischen Aktivitäten mit Bezug zur Klimawandelanpassung sind beim Hitzeschutz sichtbar. Bis 2025 sollen laut eines Beschlusses der 93. Gesundheitsministerkonferenz bundesweit Hitzeaktionspläne in Ländern und Kommunen erstellt werden [98]. Die Handlungsempfehlungen, die hierfür als Vorbild genutzt werden können, wurden gemeinsam vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), dem BMG und den Ländern erarbeitet [99].

Auch wenn bis dato keine Ziel- und Maßnahmenpläne vorliegen, wie das Gesundheitswesen klimaneutral und klimaresilient werden kann, so ist auf der Ebene der Gesundheitsakteure und -institutionen bereits transformatives Handeln erkennbar. Beispielsweise fordert der 125. Deutsche Ärztetag eine nationale Strategie für eine klimafreundliche Gesundheitsversorgung [100]. Im Dezember 2022 erklärten BMG, die Spitzenorganisationen im Gesundheits-

wesen sowie die Länder und kommunalen Spitzenverbände mit dem Klimapakt Gesundheit, dass sie gemeinsam für Klimaanpassung und Klimaschutz im Gesundheitswesen eintreten wollen [101]. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Zuständigkeiten im deutschen Gesundheitswesen sehr heterogen sind, und die Verantwortung auf unterschiedliche Ebenen und im Rahmen der Selbstverwaltung komplex verteilt ist.

Das Gesundheitswesen darf bei der Entwicklung und Umsetzung von Mitigations- und Adaptionsmaßnahmen nicht allein betrachtet werden; Gesundheit muss im Sinne von Health in All Policies in allen Ressorts mitgedacht werden. Durch Maßnahmen, die sowohl gut für das Klima und die Umwelt sind, als auch Vorteile durch Risikoreduktion oder Gesundheitsförderung für die Bevölkerungsgesundheit versprechen, werden Co-Benefits erzielt. Insbesondere die Bereiche der erneuerbaren Energieträger (Emissionsreduzierung und Verbesserung der Luftqualität), muskelbasierter statt motorisierter Mobilität (Emissionsreduzierung, Verbesserung der Luftqualität und Erhöhung der körperlichen Aktivität) und pflanzenbasierter Ernährung (Emissionsreduzierung und Reduzierung nicht-übertragbarer Krankheiten) bergen großes Potenzial für diese Co-Benefits [102]. Aufgrund der Synergien zwischen Klimawandelanpassung, der Verbesserung menschlicher Gesundheit und dem Biodiversitätsschutz sollten verstärkt Partnerschaften zwischen Stadtplanung, Landschaftsgestaltung, Naturschutz und Gesundheitssektor und anderen Sektoren gebildet werden.

Die grundlegenden Funktionen im Bereich der öffentlichen Gesundheit werden durch Klimawandelfolgen stark herausgefordert.

5.4 Transformation hin zu einem resilienten Public-Health-System

Es wird somit deutlich, dass zur Anpassung und zum Klimaschutz insbesondere die systemische Sicht im Sinne der One-Health- und Planetary-Health-Ansätze notwendig ist.

Brown und Westaway [103] beschreiben, dass der erfolgreiche Umgang mit Widrigkeiten und Herausforderungen eine Neuorganisation oder Transformation von Systemen nach sich ziehen kann, in der sich adaptive Funktionen optimieren. Die transformative Konsequenz von resilientem Verhalten findet sich auch in aktuellen Überlegungen zu Umweltveränderungen und sozial-ökologischen Systemen wieder.

Insbesondere die Resilienz-Definition der WHO bietet in diesem Zusammenhang eine umfassende Beschreibung. Die WHO definiert Resilienz als die Fähigkeit eines Gesundheitssystems, sich unter anderem auf Schockergebnisse vorzubereiten und sie zu bewältigen und aus ihnen zu lernen, während gleichzeitig die Kernfunktionen des Gesundheitssystems aufrechterhalten werden [104]. Im Idealfall bedeutet Resilienz nicht eine Rückkehr zum Zustand vor Eintritt des Ereignisses, sondern eine Weiterentwicklung zu etwas Besserem [105]. Transformation als Teil der Resilienz im Gesundheitsbereich kann sich zum einen auf die Fähigkeit des Systems beziehen, Praktiken zu ändern, bestimmte Dienstleistungen oder öffentliche Gesundheitsprogramme neu und zugänglicher zu gestalten, zum anderen auf medizinischen und technologischen Durchbruch. Widerstandsfähigkeit auf Systemebene kann durch die Einführung neuer Finanzierungsmechanismen gestärkt werden; damit lässt sich die

wirtschaftliche Nachhaltigkeit des Systems erhöhen, um mögliche künftige Krisen zu antizipieren und ihnen entgegenwirken zu können.

Neben der Fähigkeit von Gesundheitssystemen, mit klimawandelbedingten Herausforderungen besser umzugehen, müssen Einrichtungen des Gesundheitswesens auch ihren Beitrag zur Mitigation des Klimawandels leisten. Das Gesundheitswesen trägt weltweit erheblich zum Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasen bei. Der Anteil des Gesundheitswesens an den deutschen Treibhausgasemissionen beträgt, je nach Schätzung, zwischen 5,2 % [106] und 6,7 % [107]. Gegenwärtig besteht im deutschen Gesundheitswesen keine gesetzliche Verpflichtung zu einem standardisierten Reporting von Treibhausgasemissionen. Nur wenige Gesundheitseinrichtungen dokumentieren ihre Emissionen freiwillig [93].

Relevante Bereiche für die Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks von Krankenhäusern, der pharmazeutischen Industrie und anderen Gesundheitseinrichtungen sind u. a. die Herstellung und die Lieferketten von Arzneimitteln und Medizinprodukten, die Bauweise, die Energieversorgung, Ernährung bzw. Gemeinschaftspflege, Abfallreduzierung und Mülltrennung, klimafreundliche Alternativen bei Verbrauchsmaterialien (von Narkosegasen über Single-Use-Instrumente bis zu Büromaterialien) sowie umweltfreundliche betriebliche Gesundheitsförderung und Arbeitsschutz. Mit einem hohen Grad an Vertrauen in der Bevölkerung kommt Ärztinnen und Ärzten eine wichtige gesellschaftliche Rolle bei der Bewusstseinsbildung und Verhaltensänderungen zugunsten von Co-Benefits zu, z. B. Ernährung, die wenig CO₂ verursacht und zudem die Gesundheit fördert [108].

Ein klimaresilientes Gesundheitssystem könnte sich an international etablierten Kernbereichen von Public Health (Essential Public Health Functions) orientieren.

Um den Herausforderungen der umweltbedingten Gesundheitsfaktoren zu begegnen und sich ihnen anzupassen, ist ein integrierter und evidenzbasierter Ansatz im Gesundheitswesen, in Public Health und sektorübergreifend erforderlich, der durch gute Regierungsführung, Governance-Praktiken, angemessene Managementmechanismen, politischen Willen auf hoher Ebene und angemessene personelle, technische, technologische und finanzielle Ressourcen ausgestattet ist. Die WHO entwickelt aktuell Ansätze weiter, die den Klimawandel in Gesundheitskonzepten berücksichtigen, wie die EPHFs, einem Modell zur Bewertung und Weiterentwicklung öffentlicher Gesundheitsstrukturen und ihrer Funktionen [9, 109]. Diese Kernbereiche für Public Health bieten Public-Health-Systemen Orientierung; jedoch berücksichtigen Publikationen, die für die europäische Region gelten, bisher Umwelt- und Klimaaspekte zu wenig. Das Zukunftsforum Public Health veröffentlichte im Sommer 2022 einen „Call for and to Action: Klimawandel und Public Health“, in dem erstmalig Handlungsempfehlungen für Public-Health-Akteure und politische Entscheidungstragende zu diesem Themenbereich formuliert wurden. Darin werden die angesprochenen Kernbereiche von Public Health adressiert, jedoch noch nicht vollends ausformuliert [110].

Obgleich die Public-Health-Kernbereiche für Deutschland und Europa bislang noch ohne eine Einbindung von Klimawandel- und Umweltaspekten formuliert wurden, so beziehen sich die Kernbereiche der panamerikanischen Region der WHO (Pan American Health Organization, PAHO) bereits auf Klimaresilienz und Nachhaltigkeit [9]:

(1) Monitoring und Bewertung von Gesundheit und des Wohlbefindens, der Gerechtigkeit und sozialen Determi-

nanten der Gesundheit und ihre Auswirkungen auf Environmental Public Health

(2) Umweltmedizinische Surveillance von Umweltgefahren, Expositionen, Gesundheitsrisiken und Risikomanagementmaßnahmen

(3) Förderung und Management von Forschung und Wissen im Bereich Umwelt und Gesundheit

(4) Entwicklung und Umsetzung von Umwelt- und Gesundheitspolitiken und Förderung der Gesetzgebung in diesem Bereich

(5) Partizipation und soziale Mobilisierung zur Förderung von Kommunikation von Maßnahmen zu Umweltfaktoren der Gesundheit

(6) Aufbau der Humanressourcen für die Schnittstelle zwischen Umwelt und Public Health

(7) Verwendung und Verwaltung von relevanten Arzneimitteln und Gesundheitstechnologien in einer umweltfreundlichen, sicheren und nachhaltigen Weise zum Schutz der öffentlichen Gesundheit

(8) Effiziente und gerechte Finanzierung der umweltbezogenen öffentlichen Gesundheit

(9) Gerechter Zugang zu Gesundheitseinrichtungen, die resilient und ökologisch nachhaltig sind

(10) Gerechter Zugang zu gesundheitsfördernden und umweltschützenden Interventionen

(11) Einbeziehung der Dimension der umweltbezogenen öffentlichen Gesundheit in das Management und die Förderung von Interventionen zu den sozialen Determinanten der Gesundheit.

Die vollständige Erarbeitung eines Konzeptes zu Public Health und Umwelt- und Klimafaktoren steht bisher aus. Die einzelnen Artikel und insbesondere der Schlussartikel

des Sachstandsberichts Klimawandel und Gesundheit können dazu jedoch einen entscheidenden Beitrag leisten und die beschriebenen Vorarbeiten aufgreifen. In den folgenden Artikeln werden Handlungsempfehlungen ausgesprochen, deren Umsetzung die Auswirkungen des Klimawandels für den Public-Health-Bereich verringern kann. Zum Abschluss der Beitragsreihe werden diese Handlungsempfehlungen in einem separaten Artikel aufgegriffen und in Bezug zu den oben erwähnten Public-Health-Kernbereichen gebracht, um Akteurinnen und Akteure des Gesundheitswesens Orientierung bei der Stärkung der Resilienz der Gesundheitssystemstrukturen zu bieten.

Die Autorinnen und Autoren aller im Rahmen des Sachstandsberichts publizierten Artikel legen somit ein aktuelles, auf Deutschland fokussiertes und handlungsorientiertes Werk vor, das unsere Handlungsfähigkeit im Angesicht der Bedrohungen des Klimawandels unterstreicht und den Akteurinnen und Akteuren eine solide Grundlage für konkrete Maßnahmen an die Hand gibt. Die wissenschaftliche Evidenz ist überwältigend, der Sachstandsbericht gibt Orientierung – jetzt muss gehandelt werden.

Korrespondenzadresse

Dr. Ing. Hildegard Niemann
Robert Koch-Institut
Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring
General-Pape-Str. 62–66
12101 Berlin
E-Mail: NiemannH@rki.de

Zitierweise

Hertig E, Hunger I, Kaspar-Ott I, Matzarakis A, Niemann H et al. (2023)
Klimawandel und Public Health in Deutschland – Eine Einführung in
den Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit 2023.
J Health Monit 8(S3):7–35.
DOI 10.25646/11391

Die englische Version des Artikels ist verfügbar unter:
www.rki.de/jhealthmonit-en

Förderungshinweis

Die Koordination der Publikation erfolgte im Rahmen des Projekts KlimGesundAkt, das durch das Bundesministerium für Gesundheit gefördert wird (Kapitel 1504; Titel 54401 HJ2021; Laufzeit 07/2021–06/2024). Elke Hertig wird gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unter der Projektnummer 408057478.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und der Autor geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Beiträge der Autorinnen und Autoren

Alle Autorinnen und Autoren haben vergleichbare Beiträge geleistet und sind nach alphabetischer Reihenfolge aufgelistet.

Danksagung

Die Autorinnen und Autoren danken Stefan Muthers (DWD) für die Bereitstellung der Daten zu Abbildung 2 und den Autorinnen und Autoren der folgenden Artikel dieses Sachstandsberichts für die Kooperation.

Das RKI-Koordinationssteam des Projekts KlimGesundAkt dankt Sophie Gepp, Elke Hertig, Claudia Hornberg, Tanja-Maria Kessel, Andreas Matzarakis, Odile Mekel, Susanne Moebus, Jonas Schmidt-Chanasit, Alexandra Schneider, Klaus Stark, Wolfgang Straff und Maïke Voss für die beratende Tätigkeit in der projektbegleitenden Fachgruppe.

Literatur

1. Eis D, Helm D, Laußmann D et al. (2010) Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. Robert Koch-Institut, Berlin. <https://www.rki.de/DE/Content/Gesund/Umwelteinflusse/Klimawandel/Klimawandel-Gesundheit-Sachstandsbericht.html> (Stand: 19.12.2022)
2. Nowossadeck E, von der Lippe E, Lampert T (2019) Entwicklung der Lebenserwartung in Deutschland – Aktuelle Trends. *J Health Monit* 4(1):41–48 <https://edoc.rki.de/handle/176904/5910> (Stand: 19.12.2022)
3. Statistisches Bundesamt (Destatis) (2022) Durchschnittliche Lebenserwartung (Periodensterbetafel) 2019/21 <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Sterbefeulle-Lebenserwartung/sterbetafel.html> (Stand: 30.03.2023)
4. Imbery F, Kaspar F, Friedrich K et al. (2021) Klimatologischer Rückblick auf 2020: Eines der wärmsten Jahre in Deutschland und Ende des bisher wärmsten Jahrzehnts. Deutscher Wetterdienst, Offenbach. https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20210106_rueckblick_jahr_2020.html (Stand: 19.12.2022)
5. Kemter M, Fischer M, Luna LV et al. (2021) Cascading hazards in the aftermath of Australia's 2019/2020 black summer wildfires. *Earths Future* 9(3):e2020EF001884
6. Kaspar-Ott I, Hertig E, Traidl-Hoffmann C et al. (2020) Wie sich der Klimawandel auf unsere Gesundheit auswirkt. *Pneumo News* 12(4):38–41
7. Pörtner HO, Scholes RJ, Agard J et al. (2021) IPBES-IPCC Co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. IPBES, IPCC. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4782538> (Stand: 19.12.2022)
8. World Health Organization (2021) 21st century health challenges: Can the essential public health functions make a difference? WHO, Geneva. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240038929> (Stand: 19.12.2022)
9. Pan American Health Organization (2022) The essential environmental public health functions. A framework to implement the agenda for the Americas on health, environment, and climate change 2021–2030. PAHO, Washington, D.C. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55673> (Stand: 19.12.2022)
10. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022) Richtlinie zur Erforschung der Zusammenhänge zwischen Biodiversität und menschlicher Gesundheit – Ein Beitrag zur Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt. BMBF. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2022/08/2022-08-09-Bekanntmachung-Biodiversitaet.html> (Stand: 19.12.2022)
11. Ege MJ, Mayer M, Normand AC et al. (2011) Exposure to environmental microorganisms and childhood asthma. *N Engl J Med* 364(8):701–709
12. Riedler J, Braun-Fahrlander C, Eder W et al. (2001) Exposure to farming in early life and development of asthma and allergy: A cross-sectional survey. *Lancet* 358(9288):1129–1133
13. Daszak P, Amuasi J, das Neves CG et al. (2020) Workshop report on biodiversity and pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). IPBES, Bonn. https://ipbes.net/sites/default/files/2020-12/IPBES%20Workshop%20on%20Biodiversity%20and%20Pandemics%20Report_o.pdf (Stand: 19.12.2022)
14. Kaplan S (1995) The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *J Environ Psychol* 15(3):169–182
15. Ulrich RS, Simons RF, Losito BD et al. (1991) Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *J Environ Psychol* 11(3):201–230
16. Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (2019) Biodiversität, eine Garantie für Gesundheit? Swiss Academies Factsheets 14(3):1–10
17. Lovell R, Wheeler BW, Higgins SL et al. (2014) A systematic review of the health and well-being benefits of biodiverse environments. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 17(1):1–20
18. Marselle MR, Stadler J, Korn H et al. (2019) Biodiversity and health in the face of climate change: Challenges, opportunities and evidence gaps. In: Marselle MR, Stadler J, Korn H et al. (Hrsg) Biodiversity and health in the face of climate change. Springer Nature, Cham, S. 1–13
19. Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington D.C.
20. Settele J (2020) Die Triple-Krise: Artensterben, Klimawandel, Pandemien: Warum wir dringend handeln müssen. Edel Books, Hamburg

21. Nesshöver C, Assmuth T, Irvine KN et al. (2017) The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Sci Total Environ* 579:1215–1227
22. Hunter RF, Cleary A, Braubach M (2019) Environmental, health and equity effects of urban green space interventions In: Marselle MR, Stadler J, Korn H et al. (Hrsg) *Biodiversity and health in the face of climate change*. Springer Nature, Cham, S. 381–409
23. Marselle MR, Bowler DE, Watzema J et al. (2020) Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions. *Sci Rep* 10(1):22445
24. United Nations (2018) 2018 revision of world urbanization prospects. United Nations. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf> (Stand: 10.03.2023)
25. IPCC (2021) Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung. In: Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A et al. (Hrsg) *Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag von Arbeitsgruppe I zum Sechsten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimänderungen*. https://www.de-ipcc.de/media/content/AR6-WGI-SPM_deutsch_barrierefrei.pdf (Stand: 20.12.2022)
26. Romanello M, McGushin A, Di Napoli C et al. (2021) The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Code red for a healthy future. *Lancet* 398(10311):1619–1662
27. Romanello M, Di Napoli C, Drummond P et al. (2022) The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Health at the mercy of fossil fuels. *Lancet* 400(10363):1619–1654
28. Szopa S, Naik V, Adhikary B et al. (2021) Short-lived climate forcers. In: Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani, A et al. (Hrsg) *Climate Change 2021: The physical science basis contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. IPCC, Cambridge. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wgi/chapter/chapter-6/> (Stand: 19.12.2022)
29. Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA et al. (2010) The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463(7282):747–756
30. Meinshausen M, Nicholls ZRJ, Lewis J et al. (2020) The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geosci Model Dev* 13(8):3571–3605
31. Riahi K, van Vuuren DP, Kriegler E et al. (2017) The shared socio-economic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Glob Environ Change* 42:153–168
32. Kahlenborn W, Porst L, Voß M (2021) Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021 (Kurzfassung). Umweltbundesamt (Hrsg) *Climate Change* 26/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/kwra2021_teilbericht_zusammenfassung_bf_211027_o.pdf (Stand: 17.01.2023)
33. Mücke HG, Matzarakis A (2017) Klimawandel und Gesundheit. In: Wichman HE, Fromme H (Hrsg) *Handbuch der Umweltmedizin*. ecomed Medizin, Landsberg, S. 1–38
34. Hambrecht E, Tolhurst R, Whittaker L (2022) Climate change and health in informal settlements: A narrative review of the health impacts of extreme weather events. *Environ Urban* 34(1):122–150
35. Bolte G, Dandolo L, Gepp S et al. (demnächst) Klimawandel und gesundheitliche Chancengleichheit: Eine Public-Health-Perspektive auf Klimagerechtigkeit. *J Health Monit* www.rki.de/jhealthmonit
36. Wolf M, Ölmez C, Schönthaler K et al. (2021) Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021, Teilbericht 5: Klimarisiken in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit. Umweltbundesamt (Hrsg) *Climate Change* 24/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/kwra2021_teilbericht_5_cluster_wirtschaft_gesundheit_bf_211027_o.pdf (Stand: 20.12.2022)
37. World Health Organization (1986) Ottawa charter for health promotion, 1986. World Health Organization. Regional Office for Europe. <https://www.who.int/publications/i/item/ottawa-charter-for-health-promotion> (Stand: 12.05.2023)
38. Hertig E (2021) Klimawandel und Gesundheit in Europa. *Geographische Rundschau* 73(3–2021):4–7
39. Kaspar-Ott I, Hertig E (2022) Der Klimawandel: Wo wir stehen und was uns erwartet. In: Scherer M, Berghold J, Hierdeis H (Hrsg) *Klimakrise und Gesundheit: Zu den Risiken einer menschengemachten Dynamik für Leib und Seele*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, S. 23–48
40. Ofori SA, Cobbina SJ, Obiri S (2021) Climate change, land, water, and food security: Perspectives from Sub-Saharan Africa. *Front Sustain Food Syst* 5: 680924

41. McIntyre KM, Setzkorn C, Hepworth PJ et al. (2017) Systematic assessment of the climate sensitivity of important human and domestic animals pathogens in Europe. *Sci Rep* 7(1):7134
42. Ibañez-Justicia A, Poortvliet PM, Koenraadth CJM (2019) Evaluating perceptions of risk in mosquito experts and identifying undocumented pathways for the introduction of invasive mosquito species into Europe. *Med Vet Entomol* 33(1):78–88
43. Semenza JC, Suk JE (2018) Vector-borne diseases and climate change: A European perspective. *FEMS Microbiol Lett* 365(2):fnx244
44. Beermann S, Dobler G, Faber M et al. (2023) Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Vektor- und Nagetier-assoziierte Infektionskrankheiten. *J Health Monit* 8(S3):36–66. www.rki.de/jhealthmonit (Stand: 01.06.2023)
45. Fritsch U, Zebisch M, Voß M et al. (2021) Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021, Teilbericht 3: Klimarisiken im Cluster Wasser. Umweltbundesamt (Hrsg) *Climate Change 22/2021*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/kwra2021_teilbericht_3_cluster_wasser_bf_211027_o.pdf (Stand: 20.12.2022)
46. Loewe P, Frohse A, Schulz A (2009) Temperatur. In: Loewe P (Hrsg) *System Nordsee – Zustand 2005 im Kontext langzeitlicher Entwicklungen*. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, S. 111–134. https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/_Anlagen/Downloads/Meer_und_Umwelt/Berichte-des-BSH/Berichte-des-BSH_44.html (Stand: 20.12.2022)
47. Matzarakis A, Tinz B (2014) Tourismus an der Küste sowie in Mittel- und Hochgebirge: Gewinner und Verlierer. In: Lozán JL, Graßl H, Jendritzky G et al. (Hrsg) *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen*. www.warnsignale.uni-hamburg.de, Elektron. veröffent. <https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/buchreihe/gesundheitsrisiken/kapitel-4-1-tourismus-an-der-kueste-sowie-in-mittel-und-hochgebirge-gewinner-und-verlierer/> (Stand: 20.12.2022)
48. Bundesinstitut für Risikobewertung (2020) *Fördert der Klimawandel das Risiko von Infektionen durch Vibrionen?* Bundesinstitut für Risikobewertung. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/foerdert-der-klimawandel-das-risiko-von-infektionen-durch-vibrionen.pdf> (Stand: 20.12.2022)
49. Semenza JC, Paz S (2021) Climate change and infectious disease in Europe: Impact, projection and adaptation. *Lancet Reg Health Eur* 9:100230
50. Meinke I (2020) Norddeutschland im Klimawandel – Was wissen wir über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Norddeutschland? Helmholtz-Zentrum, Geesthacht. https://www.hereon.de/imperia/md/content/klimabuero/klimaberichte/hzg_norddeutschland-im-klimawandel_e-book.pdf (Stand: 20.12.2022)
51. Dupke S, Buchholz U, Fastner J et al. (2023) Auswirkungen des Klimawandels auf wasserbürtige Infektionen und Intoxikationen. *J Health Monit* 8(S3):67–84. www.rki.de/jhealthmonit (Stand: 01.06.2023)
52. Kovats RS, Edwards SJ, Hajat S et al. (2004) The effect of temperature on food poisoning: A time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. *Epidemiol Infect* 132(3):443–453
53. Dietrich J, Hammerl JA, John A et al. (2023) Auswirkungen des Klimawandels auf lebensmittelassoziierte Infektionen und Intoxikationen. *J Health Monit* 8(S3):85–101. www.rki.de/jhealthmonit (Stand: 01.06.2023)
54. Burnham JP (2021) Climate change and antibiotic resistance: A deadly combination. *Ther Adv Infect Dis* 8:2049936121991374
55. MacFadden DR, McGough SF, Fisman D et al. (2018) Antibiotic resistance increases with local temperature. *Nat Clim Chang* 8(6):510–514
56. Meinen A, Tomczyk S, Wiegand F et al. (2023) Antibiotikaresistenz in Deutschland und Europa – Ein systematischer Review zur zunehmenden Bedrohung, beschleunigt durch den Klimawandel. *J Health Monit* 8(S3):102–119. www.rki.de/jhealthmonit (Stand: 01.06.2023)
57. Schultz MG, Klemp D, Wahner A (2017) Luftqualität. In: Brasseur GP, Jacob D, Schuck-Zöller S (Hrsg) *Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven*. Springer, Berlin, Heidelberg, S. 127–136
58. Jacob DJ, Winner DA (2009) Effect of climate change on air quality. *Atmos Environ* 43(1):51–63
59. Katragkou E, Zanis P, Kioutsioukis I et al. (2011) Future climate change impacts on summer surface ozone from regional climate-air quality simulations over Europe. *J Geophys Res Atmos* 116:D22307

60. Hertig E, Schneider A, Peters A et al. (2019) Association of ground-level ozone, meteorological factors and weather types with daily myocardial infarction frequencies in Augsburg, Southern Germany. *Atmos Environ* 217:116975
61. Katsouyanni K, Samet JM, Anderson HR et al. (2009) Air pollution and health: A European and North American approach (APHENA). *Res Rep Health Eff Inst* 142:5–90
62. Hertig E, Russo A, Trigo RM (2020) Heat and ozone pollution waves in Central and South Europe – Characteristics, weather types, and association with mortality. *Atmosphere* 11(12):1271
63. Jahn S, Hertig E (2020) Modeling and projecting health-relevant combined ozone and temperature events in present and future Central European climate. *Air Qual Atmos Health* 14:563–580
64. Breitner-Busch S, Mücke HG, Schneider A et al. (demnächst) Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Erkrankungen durch erhöhte Luftschadstoffbelastungen der Außenluft. *J Health Monit*
www.rki.de/jhealthmonit
65. Matzarakis A (2021) Hitzeereignisse: Charakteristika, Gesundheitsrelevanz und Anpassungsmöglichkeiten. *Geographische Rundschau* 73(3–2021):8–13
66. Winklmayr C, Muthers S, Niemann H et al. (2022) Hitzebedingte Mortalität in Deutschland zwischen 1992 und 2021. *Dtsch Arztebl Int* 119(26):451–457
67. Schlegel I, Muthers S, Matzarakis A (2021) Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen. Umweltbundesamt (Hrsg) *Umwelt & Gesundheit* 04/2021.
<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-morbiditaet> (Stand: 20.12.2022)
68. Winklmayr C, Matthies-Wiesler F, Muthers S et al. (demnächst) Hitze in Deutschland: Gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Prävention. *J Health Monit*
www.rki.de/jhealthmonit
69. Razafimaharo C, Krähenmann S, Höpp S et al. (2020) New high-resolution gridded dataset of daily mean, minimum, and maximum temperature and relative humidity for Central Europe (HYRAS). *Theor Appl Climatol* 142(3):1531–1553
70. Kreienkamp F, Philip SY, Tradowsky JS et al. (2021) Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021. *World Weather Attribution*
<https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Scientific-report-Western-Europe-floods-2021-attribution.pdf> (Stand: 20.12.2022)
71. Thober S, Marx A, Boeing F (2018) Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Leipzig.
https://www.ufz.de/export/data/2/207531_HOKLIM_Brosch%C3%BCre_final.pdf (Stand: 20.12.2022)
72. UFZ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (2022) Dürremonitor Deutschland – Jährliche Dürrestärken in Deutschland.
<https://www.ufz.de/index.php?de=47252> (Stand: 20.12.2022)
73. Riedel T, Nolte C, aus der Beek T et al. (2021) Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien. Umweltbundesamt (Hrsg) *Texte* 174/2021.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/niedrigwasser-duerre-grundwasserneubildung> (Stand: 20.12.2022)
74. Butsch C, Beckers LM, Nilson E et al. (demnächst) Gesundheitliche Auswirkungen von Extremwetterereignissen – Risikokaskaden im anthropogenen Klimawandel. *J Health Monit*
www.rki.de/jhealthmonit
75. Ludwig A, Bayr D, Pawlitzki M et al. (2021) Der Einfluss des Klimawandels auf die Allergenexposition: Herausforderungen für die Versorgung von allergischen Erkrankungen. In: Günster C, Klauber J, Robra B-P et al. (Hrsg) *Versorgungsreport Klima und Gesundheit*. MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Berlin, S. 133–144.
<https://www.wido.de/publikationen-produkte/buchreihen/versorgungs-report/klima-und-gesundheit/> (Stand: 20.12.2022)
76. Seth D, Bielory L (2021) Allergenic pollen season variations in the past two decades under changing climate in the United States. *Immunol Allergy Clin North Am* 41(1):17–31
77. Lake IR, Jones NR, Agnew M et al. (2017) Climate change and future pollen allergy in Europe. *Environ Health Perspect* 125(3):385–391

78. Bergmann KC, Brehler R, Endler C et al. (demnächst) Auswirkungen des Klimawandels auf allergische Erkrankungen in Deutschland. *J Health Monit*
www.rki.de/jhealthmonit
79. Baldermann C, Lorenz S (2019) UV-Strahlung in Deutschland: Einflüsse des Ozonabbaus und des Klimawandels sowie Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. *Bundesgesundheitsbl* 62(5):639–645
80. Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF (2021) S3-Leitlinie Prävention von Hautkrebs Leitlinienprogramm Onkologie. DKG, DK, AWMF.
<https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/hautkrebs-praevention/> (Stand: 20.12.2022)
81. Baldermann C, Laschewski G, Groß JU (demnächst) Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Erkrankungen durch veränderte UV-Strahlung. *J Health Monit*
www.rki.de/jhealthmonit
82. Clayton S, Manning CM, Speiser M et al. (2021) Mental health and our changing climate: Impacts, inequities, responses. American Psychological Association, and ecoAmerica, Washington, D. C.
<https://www.apa.org/news/press/releases/mental-health-climate-change.pdf> (Stand: 21.12.2022)
83. Cianconi P, Betrò S, Janiri L (2020) The impact of climate change on mental health: A systematic descriptive review. *Front Psychiatry* 11:74
84. Gebhardt N, van Bronswijk K, Bunz M et al. (demnächst) Scoping review zu Klimawandel und psychischer Gesundheit in Deutschland – Direkte und indirekte Auswirkungen, vulnerable Gruppen, Resilienzfaktoren. *J Health Monit*
www.rki.de/jhealthmonit
85. Doyle U, Schröder P, Schönfeld J et al. (2020) Was ist der One Health-Ansatz und wie ist er umzusetzen? *UMID* 02/2020:65–72
86. Schwabe C (1964) *Veterinary medicine and human health*. Williams & Wilkins, Baltimore
87. Zinsstag J, Schelling E, Waltner-Toews D et al. (2011) From “one medicine” to “one health” and systemic approaches to health and well-being. *Prev Vet Med* 101(3–4):148–156
88. Gruetzmacher K, Karesh WB, Amuasi JH et al. (2021) The Berlin principles on one health – Bridging global health and conservation. *Sci Total Environ* 764:142919
89. One Health High-Level Expert P, Adisasmito WB, Almuhairei S et al. (2022) One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. *PLoS Pathog* 18(6):e1010537
90. Zinsstag J, Crump L, Schelling E et al. (2018) Climate change and One Health. *FEMS Microbiol Lett* 365(11):fny085
91. Müller O, Jahn A, Gabrysch S (2018) Planetary Health: Ein umfassendes Gesundheitskonzept. *Dtsch Arztebl* 115(40):A 1751–1752
92. Baltruks D, Gepp S, van de Pas R et al. (2022) Gesundheit innerhalb planetarer Grenzen. Offene Fragen an Politik, Wissenschaft und Gesundheitsakteure. Centre for Planetary Health Policy.
<https://cphp-berlin.de/policy-brief-gesundheit-innerhalb-planetarer-grenzen/> (Stand: 20.12.2022)
93. Matthies-Wiesler F, Herrmann M, Schulz C et al. (2021) The Lancet countdown on health and climate change policy brief für Deutschland.
https://www.klimawandel-gesundheit.de/wp-content/uploads/2021/10/20211020_Lancet-Countdown-Policy-Germany-2021_Document_v2.pdf (Stand: 20.12.2022)
94. Bundesverfassungsgericht (2021) Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich. Pressemitteilung Nr. 31/2021 vom 29. April 2021.
<https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html> (Stand: 20.12.2022)
95. Die Bundesregierung (2022) Sofortprogramm 2022.
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/sofortprogramm-klimaschutz-1934852> (Stand: 20.12.2022)
96. Die Nationale Präventionskonferenz (2022) Prävention, Gesundheits-, Sicherheits- und Teilhabeförderung in Lebenswelten im Kontext klimatischer Veränderungen.
https://www.npk-info.de/fileadmin/user_upload/umsetzung/pdf/gesundheits-_sicherheits-_und_teilhabefoerderung_in_lebenswelten_im_kontext_klimatischer_veraenderungen.pdf (Stand: 17.01.2023)
97. Die Bundesregierung (2008) Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
https://www.bmu.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Stand: 07.03.2023)

98. Gesundheitsministerkonferenz (2020) Beschlüsse der GMK 30.09.2020–01.10.2020.
<https://www.gmkonline.de/Beschluesse.html?id=1018&-jahr=2020> (Stand: 20.12.2022)
99. Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels (2017) Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Bundesgesundheitsbl 60(6):662–672
100. Bundesärztekammer (2021) Ärztetag für Klimaneutralität des Gesundheitswesens bis 2030.
<https://www.bundesaerztekammer.de/presse/aktuelles/detail/aerztetag-fuer-klimaneutralitaet-des-gesundheitswesens-bis-2030> (Stand: 20.12.2022)
101. Bundesministerium für Gesundheit (2022) Gemeinsame Erklärung Klimapakt Gesundheit. Gemeinsam für Klimaanpassung und Klimaschutz im Gesundheitswesen eintreten.
https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/G/Gesundheit/Erklaerung_Klimapakt_Gesundheit_A4_barrierefrei.pdf (Stand: 20.12.2022)
102. Haines A (2017) Health co-benefits of climate action. Lancet Planet Health 1(1):e4–e5
103. Brown K, Westaway E (2011) Agency, capacity, and resilience to environmental change: Lessons from human development, well-being, and disasters. Annu Rev of Environ Resour 36(1):321–342
104. World Health Organization (2022) Health systems resilience toolkit: A WHO global public health good to support building and strengthening of sustainable health systems resilience in countries with various contexts. WHO, Geneva.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240048751> (Stand: 20.12.2022)
105. European Observatory on Health Systems and Policies (2020) How to make health systems more resilient to COVID-19 and other crises. News Release 19.06.2020.
<https://eurohealthobservatory.who.int/news-room/news/item/19-06-2020-how-to-make-health-systems-more-resilient-to-covid-19-and-other-crises> (Stand: 20.12.2022)
106. Karliner J, Slotterback S, Boyd R et al. (2019) Health Care's Climate Footprint. How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. Health Care Without Harm, Arup.
https://noharm-global.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf (Stand: 20.12.2022)
107. Pichler PP, Jaccard IS, Weisz U et al. (2019) International comparison of health care carbon footprints. Environ Res Lett 14(6):064004
108. Betsch C, Eitze S, Sprengholz P et al. (2022) Ergebnisse aus der Planetary Health Action Survey – PACE. Universität Erfurt – Philosophische Fakultät.
https://projekte.uni-erfurt.de/pace/_files/PACE_Wo7-09.pdf (Stand: 20.12.2022)
109. Frumkin H, Hess J, Lubet G et al. (2008) Climate change: the public health response. Am J Public Health 98(3):435–445
110. Zukunftsforum Public Health (2022) Call for and to Action: Klimawandel und Public Health.
<https://zukunftsforum-public-health.de/call-for-action-klimawandel/> (Stand: 20.12.2022)

Impressum

Journal of Health Monitoring

www.rki.de/jhealthmonit

Herausgeber

Robert Koch-Institut
Nordufer 20
13353 Berlin

Redaktion

Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring
Fachgebiet Gesundheitsberichterstattung
General-Pape-Str. 62–66
12101 Berlin
Tel.: 030-18 754-3400
E-Mail: healthmonitoring@rki.de

Verantwortlicher Redakteur

Dr. Thomas Ziese
Stellvertretung: Dr. Anke-Christine Saß

Redakteurinnen und Redakteure

Dr. Martina Groth, Johanna Gutsche, Dr. Birte Hintzpeter,
Dr. Kirsten Kelleher, Dr. Franziska Prütz, Dr. Alexander Rommel,
Dr. Livia Ryl, Dr. Anke-Christine Saß, Stefanie Seeling, Simone Stimm

Satz

WEBERSUPIRAN.berlin

Bildnachweis

Illustration auf Titel und Marginalspalte:
© elenabsl – stock.adobe.com

ISSN 2511-2708

Hinweis

Inhalte externer Beiträge spiegeln nicht notwendigerweise die
Meinung des Robert Koch-Instituts wider.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer
Creative Commons Namensnennung 4.0
International Lizenz.



**Das Robert Koch-Institut ist ein Bundesinstitut im
Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit**