

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

Alina Herrmann und Ina Danquah

C. Günster | J. Klauber | B.-P. Robra | C. Schmuker | A. Schneider (Hrsg.) Versorgungs-Report Klima und Gesundheit.  
DOI 10.32745/9783954666270-2, © MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Berlin 2021

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.

In 2009, the Lancet Commission on Health and Climate Change stated that climate change poses the greatest threat to global health in the 21st century (Costello et al. 2009). Since then, scientific evidence on links between climate change and health has continued to grow significantly (Verner et al. 2016). In 2015, the Lancet Commission suggested that addressing climate change may also be the greatest opportunity for global health in the 21st century (Watts et al. 2015a). This chapter aims to provide an overview of relevant scientific evidence on climate change and global health between these two poles. It first considers the health impacts of climate change, and then address how these risks can be minimized. Moreover, it looks at the major health opportunities (co-benefits) of climate action. The chapter concludes with a presentation of the health concept “Planetary Health”, which aims to provide a comprehensive health concept to address the climate crisis and other man-made environmental crises.

## 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 Abhängigkeit 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 Einzelfall 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 vielzähligen 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.

### 2.1.1 Direkte Auswirkungen

Zu den primären Gesundheitsrisiken des Klimawandels zählen solche mit direkten Konsequenzen für die menschliche Gesundheit (Gislasson 2015; Haines u. Ebi 2019). Solche unmittelbaren

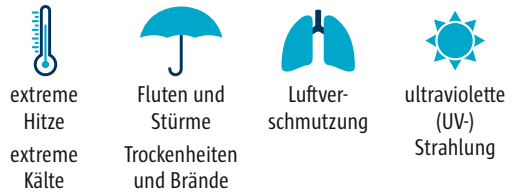


Abb. 1 Direkte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit (Abbildungen 1–3 angepasst nach noch unveröffentlichter Dissertation mit dem Arbeitstitel: „Climate Change and Public Health – Regime Types, Perception Patterns and Policy Responses in International Comparison“ von Max Jungmann)

telbaren 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) (s. Kap. 3) 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 Extremereignissen (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 (s. Kap. 8) (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).

### 2.1.2 Ökosystemvermittelte Auswirkungen

Ökosystemvermittelte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit umfassen biologische, physikalische und öko-



Abb. 2 Ökosystemvermittelte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit

logische Veränderungen. Dazu gehören verminderte landwirtschaftliche Erträge, Verdünnungen von Nährstoffen in wichtigen Nahrungspflanzen, erschwerter Zugang zu sauberem Wasser und die Verstärkung von Vektorübertragenen 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 Regionen 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 Starkregen 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 CO<sub>2</sub>-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 Ernteaussfällen und partiellen Engpässen der landwirtschaftlichen Produktion geführt. Dadurch verteuerten sich im Jahr 2018 Kartoffelprodukte um ein Vielfaches (Mavchalaba 2015).

### 2.1.3 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

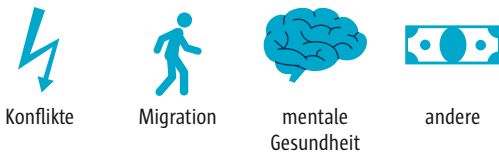


Abb. 3 Sozial vermittelte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit

cherheit 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. Einerseits 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 Fischereigeieten (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

### 2.2.1 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 (s. Kap. 1). 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).

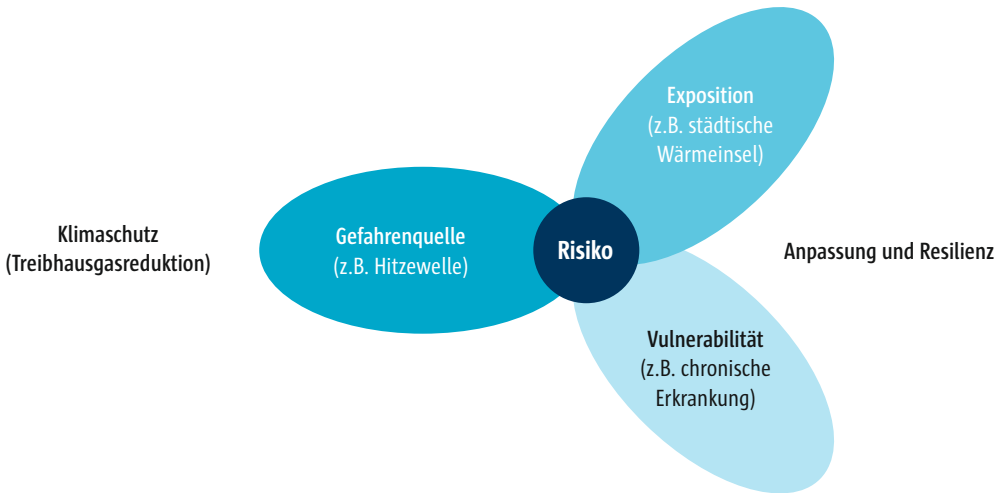


Abb. 4 Klimawandelbedingte Risiken und ihr Verhältnis zu Klimaschutz, Anpassung und Resilienz (adaptiert nach Viner et al. 2020, basierend auf der Risiko-Definition des Weltklimarats [IPCC 2012], veröffentlicht unter Creative Commons-Lizenz)

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 einzuhagen 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.

## 2.2.2 Klimaschutz zur Reduktion von Klimarisiken

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



mens würde es auch weniger wahrscheinlich machen, dass es zu sogenannten Kipppunkten 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).

### 2.2.3 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 Vorteile zu erlangen (IPCC 2018). Die Vermeidung gesundheitlicher Schäden ist hier neben ökonomischen Schäden ein wichtiger Aspekt. Bei der Anpassung an Klimawandelfolgen wie Hitzewellen, Überflutungen oder Dürren spielt global gesehen vor allem die Anpassungskapazität eine große Rolle („adaptive capacity“). In Ländern mit niedrigen und mittleren Einkommen ist diese Anpassungskapazität u.a. aus sozio-ökonomischen Gründen oft niedriger als in Ländern mit hohem Einkommen (Adger et al. 2003; Mertz et al. 2009; Filho et al. 2018). So wirken sich verminderte Ernteerträge bei Kleinbauern in Subsistenzwirtschaft beispielsweise direkt auf das Überleben von Kleinkindern in deren Familien aus (Belesova et al. 2018), während Landwirte in Ländern mit hohem Einkommen in diesem Fall vor allem mit ökonomischen Konsequenzen zu rechnen haben. Diese Gegenüberstellung kann an dieser Stelle das noch weitaus größere Thema der Klimagerech-

tigkeit nur anreißen. Während die Einbindung solcher normativer Dimensionen in der Klimawandel-Forschung teilweise kontrovers diskutiert werden (Klinsky et al. 2017), muss anerkannt werden, dass aus gesundheitlicher Sicht der Bedarf zur Klimaanpassung weltweit besteht, jedoch in benachteiligten Gruppen und Regionen besonders groß ist (Pelling u. Garschagen 2019). So gibt es als wichtige Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Landwirtschaft einerseits die Bestrebung, den Anbau von Feldfrüchten zu diversifizieren und klimaangepasste Techniken zu nutzen (Schroth et al. 2009; Chettri et al. 2016), andererseits klimawandelbedingte Ernteausfälle auch für Kleinbauern durch wetterbasierte Versicherungen auszugleichen (Below et al. 2010; Adiku et al. 2017). Sektion III dieses Buches stellt konkrete Anpassungsmaßnahmen im Bereich des deutschen Gesundheitssektors dar.

### 2.2.4 Klimaresiliente und nachhaltige Gesundheitssysteme zur Reduktion von Klimarisiken

Während Gesellschaften als Ganze resilient, also widerstandsfähig gegenüber Klimarisiken sein sollten, geht dieses Kapitel besonders darauf ein, was klimaresiliente und nachhaltige Gesundheitssysteme ausmacht. Laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind klimaresiliente Gesundheitssysteme wie folgt definiert:

*„Ein klimaresilientes Gesundheitssystem ist dazu fähig, klimabedingte Erschütterungen und Belastungen vorausszusehen, auf sie zu reagieren, mit ihnen umzugehen, sich von ihnen zu erholen und sich an sie anzupassen. Damit sorgt ein solches Gesundheitssystem trotz instabiler klimatischer Bedingungen für eine nachhaltige Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung.“ (WHO 2015)*

Klimaresilienz soll also dazu führen, dass Gesundheitssysteme trotz sich verändernder und steigender klimabedingter Belastungen weiter

Tab. 1 Die zehn Komponenten des operationalen Rahmenwerks für klimaresiliente Gesundheitssysteme nach WHO 2015

Bausteine des Gesundheitssystems	10 Komponenten klimaresilienter Gesundheitssysteme
Führung und Steuerung	1. politische Verpflichtung und effektive Steuerung zum Aufbau von Klimaresilienz
Gesundheitspersonal	2. Befähigung von Gesundheitspersonal im Bereich Klimawandel und Gesundheit, z.B. durch Integration in Aus- und Weiterbildung
gesundheitliche Informationssysteme	3. Bewertung von Vulnerabilität, Kapazität und Anpassung 4. umweltbezogenes Risikomonitoring und Frühwarnsysteme (z.B. Hitzewarnsysteme, Pollenmonitoring, UV-Index, Wasserqualität) 5. multidisziplinäre Forschung zu Gesundheit und Klimawandel
Medizinprodukte und Technologien	6. klimaresiliente und nachhaltige Produkte, Technologien und Infrastruktur
Leistungserbringung	7. Anpassung der Katastrophenbereitschaft und des Notfallmanagements an klimabedingte Extremereignisse 8. Einbeziehung klimawandelbezogener Aspekte in Gesundheitsprogramme 9. intersektorales Management von umweltbedingten Gesundheitsdeterminanten unter Berücksichtigung des „Health in all policies“-Ansatzes (Gesundheit in jedem Politikbereich)
Finanzierung	10. Finanzierung zum Aufbau von Klimaresilienz über klimaangepasste Kernfinanzierung des Gesundheitssystems und Finanzierungsmöglichkeiten externer Organisationen

ihrer Grundfunktion nachkommen oder ggf. sogar ihre Leistung verbessern können. Global gesehen geht es vor allem darum, eine bisher nicht selbstverständliche flächendeckende Gesundheitsversorgung („Universal Health Coverage, UHC“) jederzeit, auch im Katastrophenfall, sicher zu stellen (WHO 2015). Tabelle 1 stellt die zehn Komponenten des Rahmenwerks für klimaresiliente Gesundheitssysteme der WHO in Relation zu Grundbausteinen von Gesundheitssystemen dar.

Das WHO-Rahmenwerk wendet sich besonders an Länder mit mittleren und niedrigen Einkommen, wo bereits jetzt nicht immer adäquat auf gesundheitliche Notlagen reagiert werden kann und Mittel für eine flächendeckende Gesundheitsversorgung fehlen (WHO 2015). Für Deutschland kann man sagen, dass Patienten einen universalen Zugang zu qualitativ hochwertiger medizinischer Versorgung haben (Busse et al. 2017) und es strukturierte Systeme zum Katastrophen- und Zivilschutz gibt (Kippnich et al. 2017). Auch gibt es zahlrei-

che Gesundheitsinformationssysteme und umweltbezogene Monitorings (Capellaro u. Sturm 2015; Buters et al. 2020; UBA 2020). Jedoch sind auch in Deutschland die meisten der zehn Kernelemente klimaresilienter Gesundheitssysteme noch völlig unzureichend umgesetzt. Ein erster wichtiger Schritt im Bereich „Führung und Steuerung“ wurde im Jahr 2020 erreicht, als die Gesundheitsministerkonferenz den Klimawandel als eine Herausforderung für das deutsche Gesundheitswesen anerkannt und diesbezügliche Beschlüsse gefasst hat, die auch viele der in Tabelle 1 erläuterten Kernelemente in den Blick nehmen (GMK 2020).

Im Jahr 2020 veröffentlichte die WHO eine Handreichung zur Umsetzung des oben skizzierten Rahmenwerks, welches den Aspekt der Nachhaltigkeit von Gesundheitssystemen noch stärker fokussiert. Diese Handreichung enthält Checklisten mit konkreten, kleinteiligen Maßnahmen zur Erreichung von klimaresilienten und nachhaltigen Gesundheitseinrichtungen (WHO 2020). Nicht zuletzt durch einen viel be-



achteten Bericht der Organisation Health Care Without Harm (HCWH) 2019 erhielt das Thema der nachhaltigen Gesundheitssysteme zu Recht eine größere Aufmerksamkeit (HCWH 2019). Denn allein in Deutschland ist der Gesundheitssektor für etwa 6–7% der nationalen Treibhausgasemissionen verantwortlich (Pichler et al. 2019). Nach dem Prinzip „primum non nocere“, erstens nicht schaden, sollte auch der Gesundheitssektor seine Treibhausgasemissionen reduzieren und somit zur gesellschaftlichen Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit beitragen (WBGU 2011; WHO 2020). Der britische National Health Service (NHS) hat sich bereits das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 gesteckt (NHS 2020).

### 2.3 Die Bedeutung von gesundheitlichen Co-Benefits auf globaler Ebene

Viele Klimaschutzmaßnahmen gehen mit gesundheitlichen Vorteilen (Co-Benefits) einher und zwar sowohl auf der Bevölkerungsebene als auch auf der individuellen Ebene (Herrmann et al. 2019). Im Folgenden werden vor allem gesundheitliche Co-Benefits von Luftschadstoffreduktion und Lebensstilaspekten beleuchtet.

#### 2.3.1 Co-Benefits von Luftschadstoffreduktion

Auf der Bevölkerungsebene wirkt sich vor allem der Wechsel zu erneuerbaren Energien durch eine Reduktion der Luftverschmutzung, insbesondere von Feinstaub, Ruß und bodennahem Ozon positiv auf die Gesundheit aus (Haines et al. 2009). Aktuell kommt es durch Luftverschmutzung jährlich weltweit zu etwa 3,3 Millionen vorzeitigen Todesfällen (Lelieveld et al. 2015). Die meisten dieser Todesfälle ereignen sich in Asien, wo die Ursachen der Luftverschmutzung zumeist beim Heizen und Kochen liegen. In anderen Ländern sind vor allem Emissionen aus der Stromerzeugung, dem Ver-

kehr und der Landwirtschaft ursächlich (Lelieveld et al. 2015). Markandya et al. modellierten, dass in Ländern wie China oder Indien die durch Klimaschutzmaßnahmen gesparten Gesundheitskosten die Ausgaben zur Umsetzung dieser Klimaschutzmaßnahmen übersteigen (Markandya et al. 2018).

Global gesehen ist nicht nur die Luftverschmutzung im Freien, sondern auch die Luftverschmutzung in Innenräumen, vor allem durch das Kochen und Heizen mit offenem Feuer, ein relevantes Gesundheitsrisiko. Besonders Kinder unter fünf Jahren und Frauen leiden durch diesen Risikofaktor beispielsweise vermehrt an Atemwegserkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Blindheit, niedrigerem Geburtsgewicht und versterben früher (Smith u. Mehta 2003). Wilkinson et al. modellierten, dass die Ausstattung mit 150 Millionen sauberen Küchenherden in Indien innerhalb von 10 Jahren 2 Millionen vorzeitige Todesfälle verhindern und gleichzeitig ca. 0,75 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente einsparen könnte (Wilkinson et al. 2009).

#### 2.3.2 Lebensstilaspekte

Lebensstilveränderungen im Bereich Mobilität, Ernährung und Wohnen können bei jedem Einzelnen direkt zu gesundheitlichen Vorteilen führen und sollen hier nur kurz skizziert werden (weitere Ausführungen s. Kap. 13). Aus globaler Perspektive ist im Bereich der Lebensstile zu beachten, dass wachsender Wohlstand häufig mit einem Anstieg des Ressourcenverbrauchs (und damit auch der Treibhausgasemissionen) und sich verändernden Gesundheitsrisiken einher geht (insbesondere chronische Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen durch zu wenig Bewegung und Überernährung) (Whitmee et al. 2015). Unter Berücksichtigung des zunehmenden weltweiten Wohlstands und des Bevölkerungswachstums sind Bemühungen zu nachhaltigen und gesunden Lebensweisen weltweit also beson-

ders wichtig, um die Ziele des Paris-Abkommens zu erreichen und die Belastung durch chronische Erkrankungen zu mindern (Egger 2009).

**Mobilität.** Körperliche Aktivität durch aktive Mobilität, also die Nutzung des Fahrrads oder das Gehen statt der Nutzung des Autos, schützt die Gesundheit schon bei kurzen Strecken (Quam et al. 2017). So wurde für die Region um San Francisco (Kalifornien) untersucht, wie sich die Erhöhung der täglichen Fortbewegung zu Fuß oder mit dem Fahrrad von durchschnittlich vier auf durchschnittlich 22 Minuten bei gleichzeitiger Reduktion der Autofahrten auswirken würde. Es wurde modelliert, dass die Krankheitslast durch Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen und auch die Emissionen von Treibhausgasen um jeweils 14% reduziert werden könnten (Maizlish et al. 2013). Auch die Nutzung von Bus und Bahn wirkt sich aufgrund der fußläufigen Wege zu den Haltestellen positiv auf die Gesundheit aus (Rissel et al. 2012).

**Ernährung.** Moderne Ernährungsweisen sind aufgrund von Viehhaltung, starker Verarbeitung und Verpackung von Produkten sowie oft weiter Transportwege mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden (Tilman u. Clark 2014). Insbesondere eine Limitierung des globalen Verzehrs von rotem Fleisch und Milchprodukten wird bei wachsender Weltbevölkerung entscheidend sein, um die Erwärmung auf unter 2°C zu begrenzen (Hedenus et al. 2014). Der reduzierte Konsum von verarbeitetem Fleisch und vermutlich auch von rotem Fleisch geht mit einem reduzierten Risiko für Darmkrebs einher (Behrens et al. 2018; Boada et al. 2016). Ersetzt man gesättigte Fettsäuren aus tierischen Produkten durch ungesättigte Fettsäuren aus pflanzlichen Produkten, führt dies zudem zu einer besseren kardiovaskulären Gesundheit (Siri-Tarino et al. 2015).

**Wohnen.** Die gute Dämmung von Gebäuden kann Energie sparen und zur Gesundheit beitragen (Wilkinson et al. 2009). Rodgers et al. zeigten zum Beispiel, dass Dämmmaßnahmen und der Einbau von isolierenden Fenstern und

Türen die Hospitalisierungsrate von Hausbewohnern über 60 Jahren in Großbritannien reduziert haben (Rodgers et al. 2018).

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass sowohl die gesundheitlichen Co-Benefits an sich als auch die gesparten Gesundheitskosten durch Klimaschutzmaßnahmen (Jarrett et al. 2012) große Chancen für eine Gesellschaft darstellen. Kommunikation über die gesundheitlichen Vorteile von Klimaschutzmaßnahmen kann klimafreundliches Verhalten von Individuen fördern (Amelung et al. 2019; Van der Linden et al. 2015), muss aber auch von Entscheidungsträgern in Politik und Gesellschaft verstanden werden, damit positive Rahmenbedingungen für solches Verhalten geschaffen werden können (Herrmann et al. 2020; Sauerborn et al. 2009).

### 2.4 Planetary Health als Gesundheitskonzept der Zukunft?

In dem vorliegenden Artikel wurden die gesundheitlichen Risiken des Klimawandels sowie die Chancen des Klimaschutzes für den Gesundheitsschutz ausführlich dargestellt. Das Klimasystem ist jedoch nicht das einzige System, das aufgrund der menschlichen Aktivität auf der Erde fundamental beeinflusst wird. Rockström et al. definierten insgesamt neun planetare Grenzen, deren Überschreitung den sicheren Raum für das Fortbestehen der menschlichen Zivilisation gefährden könnte: Neben dem Klimawandel sind weitere planetare Grenzen der Verlust biologischer Vielfalt, die Ozeanversauerung, Landnutzungsveränderungen, globale Süßwassernutzung, Verschmutzung durch Schadstoffe, atmosphärische Aerosolbelastung, stratosphärischer Ozonabbau und Grenzen für biogeochemische Flüsse (Rockström et al. 2009). In der Erkenntnis, dass die anthropogen bedingten massiven Umweltveränderungen die menschliche Gesundheit und das menschliche Wohlergehen gefährden, wurde unterstützt von einer Kommission der

Rockefeller Foundation und der Fachzeitschrift *The Lancet* das neue Gesundheitskonzept „Planetary Health“ entworfen (Whitmee et al. 2015). Vereinfacht gesagt umfasst „Planetary Health“ die Gesundheit der Menschen und der natürlichen und gesellschaftlichen Systeme, auf denen diese basiert. Die Vision hinter diesem Konzept ist ein „Planet, der die Vielfalt des Lebens, mit der Menschen koexistieren und von der sie abhängen, nährt und erhält“ (Horton et al. 2014). Das Konzept wurde bewusst sowohl als Fachdisziplin, aber auch als gesellschaftliche Bewegung konzipiert. Während dieses Gesundheitskonzept also einerseits global angelegt ist und transdisziplinärer Gesundheitsforschung einen neuen Rahmen gibt, will es Menschen auch dazu anregen, sich lokal konkret für gesunde Menschen auf einem gesunden Planeten zu engagieren (Horton et al. 2014). Inspiriert von „Planetary Health“ engagieren sich beispielsweise Menschen in Gesundheitsberufen für die Umsetzung von Planetary Health-Prinzipien in ihrem professionellen Umfeld (KLUG e.V. 2020). Auch in anderen Bereichen der Klimawandel- und Nachhaltigkeitsforschung ist zu beobachten, dass sich Wissenschaftler zunehmend aktiv gesellschaftlich für Nachhaltigkeit und Klimaschutz einsetzen. So gründete sich 2019 die Gruppierung *Scientists-for-Future*: Etwa 26.800 Wissenschaftler aus dem deutschsprachigen Raum solidarisierten sich darin explizit mit der *Fridays-for-Future*-Bewegung und schlossen sich deren Forderungen an (S4F 2019). Während es für Wissenschaftler lange nicht üblich war, gesellschaftlich Stellung zu beziehen, scheint sich dies aktuell aufgrund der Evidenz zu den Gefahren des Klimawandels und anderer Umweltveränderungen zu ändern. Die in diesem Kapitel dargelegten globalen Zusammenhänge zeigen, warum es insbesondere für Akteure im Gesundheitssektor wichtig ist, mutige Schritte hin zu einem klimaresilienten und nachhaltigen Gesundheitssystem zu unternehmen.

## Literatur

- Adger WN, Huq S, Brown K, Conway D, Hulme M (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in development studies* 3(3), 179–195
- Adiku SGK, Debrah-Afanyede E, Greatrex H, Zougmore R, MacCarthy DS (2017). Weather-Index Based Crop Insurance as a Social Adaptation to Climate Change and Variability in the Upper West Region of Ghana: Developing a participatory approach. CCAFS Working Paper no. 189. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Akpınar-Elci M, Sealy H (2013). Climate Change and Public Health in Small Island States and Caribbean Countries. In: Kent E. Pinkerton and William N. Rom (Hrsg.) *Global Climate Change and Public Health*. 279–292. New York.
- Amelung D, Fischer H, Herrmann A, Aall C, Louis VR, Becher H, Wilkinson P, Sauerborn R (2019). Human health as a motivator for climate change mitigation: results from four European high-income countries. *Global Environmental Change*, 57, 101918.
- Aparicio-Effen M, Arana I, Aparicio J, Ramallo C, Bernal N, Ocampo M, and Nagy GJ (2016). Climate Change and Health Vulnerability in Bolivian Chaco Ecosystems. In: Walter Leal Filho, Ulisses de Miranda Azeiteiro and Fátima Alves (Hrsg.) *Climate change and health: improving resilience and reducing risks*. 231–259. Cham/Heidelberg.
- Åström DO, Bertil F, Joacim R (2011). Heat wave impact on morbidity and mortality in the elderly population: a review of recent studies. *Maturitas*, 69(2), 99–105.
- Baccini M, Biggeri A, Accetta G, Kosatsky T, Katsouyanni K, Analitis A, Danova J et al. (2008). Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology*, 711–719.
- Baccini M, Kosatsky T, Analitis A, Anderson HR, D'Ovidio M, Menne B (2011). Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 65(1), 64–70.
- Baede A, van der Linden P, Verbruggen A (2007). “Annex II – Glossary.” In *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- Baker-Austin C, Trinanen JA, Taylor NG, Hartnell R, Siitonen A, Martinez-Urtaza J (2013). Emerging *Vibrio* risk at high latitudes in response to ocean warming. *Nature Climate Change*, 3(1), 73–77.
- Barbara JS (2013). The Impact of Climate Change on Human Health. In *Impact of Climate Change on Water and Health*, Velma I. Grover (Hrsg.), 75–105. Boca Raton.
- Beggs P (2014). Impacts of Climate Change on Allergens and Allergic Diseases: Knowledge and Highlights from two Decades of research. In *Climate Change and Global Health*, Colin Butler (Hrsg.), 105–113. Canberra.
- Behrens G, Gredner T, Stock C, Leitzmann M, Brenner H, Mons U (2018). Cancers Due to Excess Weight, Low Physical Activity, and Unhealthy Diet: Estimation of the Attributable Cancer Burden in Germany. *Deutsches Ärzteblatt International*, 115.

- Belesova K, Gasparrini A, Sié A, Sauerborn R, Wilkinson P (2018). Annual crop-yield variation, child survival, and nutrition among subsistence farmers in Burkina Faso. *American journal of epidemiology*, 187(2), 242–250.
- Below T, Artner A, Siebert R, Sieber S (2010). Micro-level practices to adapt to climate change for African small-scale farmers. A review of selected literature, 953, 1–20.
- Boada LD, Henríquez-Hernández LA, Luzardo OP (2016). The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: Epidemiological evidences. *Food and Chemical Toxicology*, 92, 236–244.
- Bowles D, Braidwood M, Butler C (2014). Unholy trinity: Climate Change, Conflict and Ill Health. In *Climate Change and Global Health*, Colin Butler (Hrsg.), 144–152. Canberra.
- Bunker A, Wildenhain J, Vandenberg A, Henschke N, Rocklöv J, Hajat S, Sauerborn R (2016). Effects of air temperature on climate-sensitive mortality and morbidity outcomes in the elderly; a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *EBioMedicine*, 6, 258–268.
- Busse R, Blümel M, Knieps F, Bärnighausen T (2017). Statutory health insurance in Germany: a health system shaped by 135 years of solidarity, self-governance, and competition. *The Lancet*, 390(10097), 882–897.
- Buters J, Oteros J, Gebauer R, Heigl K (2020). Automatisches Pollenmonitoring in Deutschland: Eine Arbeit der Sektion Umwelt- und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesellschaft für Allergologie und klinische Immunologie (DGAKI). *Allergo Journal*, 29, 14–16.
- Butler C, Bowles D, McIver L, Page L (2014). Mental Health, Cognition and the Challenge of Climate Change. In *Climate Change and Global Health*, Colin Butler (Hrsg.), 251–259. Canberra.
- Capellaro M, Sturm D (2015) Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit. *Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau*. ISSN 1862-4340
- Casas A, Foroni L, Mendes Dias Santos G, Biscaro Chiocheti N, de Andrade M (2016). Effects of Temperature Variation on the Human Cardiovascular System: A Systematic Review. In *Climate change and health: improving resilience and reducing risks*. Walter Leal Filho, Ulisses de Miranda Azeiteiro and Fátima Alves (Hrsg.), 73–87. Cham/Heidelberg.
- Chhetri A, Aggarwal PK, Joshi PK, Vyas S (2017) Farmers' prioritization of climate-smart agriculture (CSA) technologies. *Agricultural systems*, 151, 184–91.
- Climate Action Tracker (2019). 2100 Warming projections – Emissions and expected warming based on pledges and current policies. URL: <https://climateactiontracker.org/global/temperatures/> (abgerufen am 03.03.2021)
- Copernicus Climate Change Service (2020). Urban heat island intensity for European cities from 2008 to 2017, derived from reanalysis. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/software/app-health-urban-heat-islands-current-climate?tab=overview> (abgerufen am 03.03.2021)
- Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bell S, Bellamy R., Patterson C (2009). Managing the health effects of climate change. *The Lancet*, 373(9676), 1693–1733. doi:10.1016/S0140-6736(09)60935-1
- Cromar L, Cromar K (2013). Dengue Fever and Climate Change. In *Global Climate Change and Public Health*, Kent E. Pinkerton and William N. Rom (Hrsg.), 167–191. New York.
- Egger G (2009). Health, Illth, and Economic Growth: Medicine, Environment, and Economics at the Crossroads. *American Journal of Preventive Medicine*, 37(1), 78–83.
- Filho WL, Balogun AL, Ayal DY., Bethurem EM, Murambadoro M, Mambo J, Mugabe P (2018). Strengthening climate change adaptation capacity in Africa- case studies from six major African cities and policy implications. *Environmental Science & Policy*, 86, 29–37
- Gesundheitsministerkonferenz (2020) Beschlüsse der 93. GMK. TOP 5.1 Der Klimawandel – eine Herausforderung für das deutsche Gesundheitswesen. URL: <https://www.gmkonline.de/Beschluesse.html?id=1018&jahr=2020> (abgerufen am 03.03.2021)
- Gillis, Justin. (2016). In Zika Epidemic, a Warning on Climate Change. *New York Times*, 20.02.2016. URL: [http://www.nytimes.com/2016/02/21/world/americas/in-zika-epidemic-a-warning-on-climate-change.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2016/02/21/world/americas/in-zika-epidemic-a-warning-on-climate-change.html?_r=0) (abgerufen am 03.03.2021)
- Gislason, Maya K. (2015). Climate change, health and infectious disease. *Virulence* 6 (6):539–542.
- Haines A, Ebi K (2019). The Imperative for Climate Action to Protect Health. *N Engl J Med*, 380(3), 263–273. doi:10.1056/NEJMr1807873
- Haines A, McMichael AJ, Smith KR, Roberts I, Woodcock J, Markandya A, Davies M (2009). Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *The Lancet*, 374(9707), 2104–2114.
- HCWH, Health Care Without Harm (2019) Health Care's Climate Footprint. URL: <https://noharm-uscanada.org/ClimateFootprintReport> (abgerufen am 03.03.2021)
- Hedenus F, Wirsenius S, Johansson DJA (2014). The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets. *Climatic Change*, 124(1–2), 79–91. doi:10.1007/s10584-014-1104-5
- Herrmann A, de Jong L, Kowalski C, Sauerborn R (2019). Gesundheitliche Vorteile von Klimaschutzmaßnahmen – wie Haushalte und Politik profitieren können. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 62(5), 556–564.
- Herrmann A, Sauerborn R, Nilsson M (2020). The Role of Health in Households' Balancing Act for Lifestyles Compatible with the Paris Agreement – Qualitative Results from Mannheim, Germany. *International journal of environmental research and public health*, 17(4), 1297.
- Horton R, Beaglehole R, Bonita R, Raeburn J, McKee M, Wall S (2014). From public to planetary health: a manifesto. *The Lancet*, 383(9920), 847. doi:10.1016/S0140-6736(14)60409-8
- IPCC. (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (SREX). Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Masstrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, P.M. Midgley (Hrsg.) Intergovernmental Panel on Climate Change.

- IPCC. 2018. "Summary for Policymakers." In *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor and T. Waterfield (Hrsg.). Geneva.
- Jarrett J, Woodcock J, Griffiths UK, Chalabi Z, Edwards P, Roberts I, Haines A (2012). Effect of increasing active travel in urban England and Wales on costs to the National Health Service. *The Lancet*, 379(9832), 2198–2205.
- Kippnich M, Kowalzik B, Cermak R, Kippnich U, Kranke P, Wurmb T (2017). Katastrophen- und Zivilschutz in Deutschland. *AINS-Anästhesiologie- Intensivmedizin- Notfallmedizin- Schmerztherapie*, 52(09), 606–617.
- Klinsky S, Roberts T, Huq S, Okereke C, Newell P, Dauvergne P, Clapp J (2017). Why equity is fundamental in climate change policy research. *Global Environmental Change*, 44, 170–173.
- KLUG e.V., Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit (2020) Planetary Health Academy. URL: <https://planetary-health-academy.de/> (abgerufen am 03.03.2021)
- Lamothé D (2018). The New Arctic Frontier. *Washington Post*. URL: <https://www.washingtonpost.com/graphics/2018/world/arctic-climate-change-military-russia-china/> (abgerufen am 03.03.2021)
- Leal Filho W, de Miranda Azeiteiro U, and Alves F (2016). "Climate Change and Health: An Overview of the Issues and Needs." In *Climate change and health: improving resilience and reducing risks*, 1–11. Cham/Heidelberg.
- Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525(7569), 367–371. doi:10.1038/nature15371
- Lenton TM, Rockström J, Gaffney O et al. (2020) Climate Tipping Points – too risky to bet against. *Nature* Vol 575, 592–595
- Luber G, Knowlton K, Balbus J, Frumkin H, Hayden, Hess J, McGeehin M, Sheats N, Backer L, Beard CB, Ebi KL, Maibach E, Ostfeld RS, Wiedinmyer C, Zielinski-Gutiérrez E, Ziska L (2014). Ch. 9: Human Health. In *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, J. Melillo, Terese Richmond and G. Yohe (Hrsg.), 220–256. U.S. Global Change Research Program.
- Machalaba C (2015). Climate Change and Health: Transcending Silos to Find Solutions. *Annals of Global Health* 81 (3):445–458.
- Maizlish N, Woodcock J, Co S, Ostro B, Fanai A, Fairley D (2013). Health cobenefits and transportation-related reductions in greenhouse gas emissions in the San Francisco Bay area. *American journal of public health*, 103(4), 703–709.
- Markandya A, Sampedro J, Smith S, Van Dingenen R, Pizarro-Irizar C, Arto I, González-Eguino M (2018). Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 2(3), e126–e133.
- McMichael AJ (2013). Globalization, climate change, and human health. *The New England Journal of Medicine* 368 (14):1335.
- Mertz O, Halsnaes K, Olesen JE, Rasmussen K (2009). Adaptation to climate change in developing countries. *Environ Manage*, 43(5), 743–752. doi:10.1007/s00267-008-9259-3
- Morita H, Kinney P (2014). Wildfires, Air Pollution, Climate Change and Health. In: Butler C (Hrsg.) *Climate Change and Global Health*, 114–123. Canberra.
- NHS, National Health Service (2020) NHS becomes the world's first national health system to commit to become 'carbon net zero', backed by clear deliverable and milestones. URL: <https://www.england.nhs.uk/2020/10/nhs-becomes-the-worlds-national-health-system-to-commit-to-become-carbon-net-zero-backed-by-clear-deliverables-and-milestones/> (abgerufen am 03.03.2021)
- Nichols G, Lake I, Heavise C (2018). Climate Change and Water-Related Infectious Diseases. *Atmosphere* 9 (10).
- Patz J, Corvalan C, Horwitz P, Campbell-Lendrum D, Watts N, Maiero M et al. (2012) *Our Planet, Our Health, Our Future – Human health and the Rio Conventions: biological diversity, climate change and desertification*. Geneva: World Health Organization.
- Pelling M, Garschagen M (2019). Put equity first in climate adaptation. In: *Nature Publishing Group*.
- Pichler PP, Jaccard IS, Weisz U, Weisz H (2019). International comparison of health care carbon footprints. *Environmental Research Letters*, 14(6).
- Quam VG, Rocklöv J, Quam M, Lucas RA (2017). Assessing greenhouse gas emissions and health co-benefits: a structured review of lifestyle-related climate change mitigation strategies. *International journal of environmental research and public health*, 14(5), 468.
- Rissel C, Curac N, Greenaway M, Bauman A (2012). Physical activity associated with public transport use – a review and modelling of potential benefits. *International journal of environmental research and public health*, 9(7), 2454–2478.
- Robinson PJ (2001). On the definition of a heat wave. *Journal of applied Meteorology*, 40(4), 762–775.
- Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin III FS, Lambin E, Schellnhuber HJ (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).
- Rodgers SE, Bailey R, Johnson R, Poortinga W, Smith R, Berridge D, Lyons RA (2018). Health impact, and economic value, of meeting housing quality standards: a retrospective longitudinal data linkage study In *Health impact, and economic value, of meeting housing quality standards: a retrospective longitudinal data linkage study*. Southampton (UK).
- Rogelj J, den Elzen M, Höhne N, Fransen T, Fekete H, Winkler H, Meinshausen M (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 degrees C. *Nature*, 534(7609), 631–639.
- Rom WN, Pinkerton KE (2013). Introduction: Consequences of Global Warming to the Public's Health. In *Global Climate Change and Public Health*, Kent E. Pinkerton and William N. (Hrsg.), Rom, 1–20. New York et al.



- S4F, Scientists for Future (2019) Stellungnahme. URL: <https://www.scientists4future.org/stellungnahme/unterschriften/> (abgerufen am 03.03.2021)
- Sauerborn R, Kjellstrom T, Nilsson M (2009). Health as a crucial driver for climate policy. *Global Health Action*, 2(1), 2104.
- Schroth G, Laderach P, Dempewolf J, Philpott S, Hagggar J, Eakin H, Ramirez-Villegas J (2009). Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(7), 605–625. doi:10.1007/s11027-009-9186-5
- Semenza J (2014). Climate Change Adaptation to Infectious Diseases in Europe. In *Climate Change and Global Health*, Colin Butler (Hrsg.), 193–205. Canberra.
- Setti Freitas AF, Ribeiro H, Gallo E, Alves F, Azeiteiro UM (2016). Climate Change and Health: Governance Mechanisms in Traditional Communities of Mosaico Bocaina/Brazil. In: Leal Filho W, Azeiteiro UM, Alves F (Hrsg.) *Climate change and health: improving resilience and reducing risks*, 329–351. Cham/Heidelberg.
- Shukla J (2016). Extreme Weather Events: Addressing the Mental Health Challenges. In: Leal Filho W, Azeiteiro UM, Alves F (Hrsg.) *Climate change and health: improving resilience and reducing risks*, 15–27. Cham/Heidelberg.
- Siri-Tarino PW, Chiu S, Bergeron N, Krauss RM (2015). Saturated Fats Versus Polyunsaturated Fats Versus Carbohydrates for Cardiovascular Disease Prevention and Treatment. *Annual Review of Nutrition*, 35(1), 517–543.
- Smith MR, Myers SS (2018). Impact of anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions on global human nutrition. *Nature Climate Change* 8: 834–839.
- Smith KR, Mehta S (2003). The burden of disease from indoor air pollution in developing countries: comparison of estimates. *Int J Hyg Environ Health*, 206(4–5), 279–289.
- Tilman D, Clark M (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528), 518–522.
- Umweltbundesamt (2020) Wasserqualität in Badegewässern. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/wasserqualitaet-in-badegewaessern#wie-erhalte-ich-informationen-zur-aktuellen-badegewasserqualitaet> (abgerufen am 03.03.2021)
- UNFCCC United Nations Framework Convention on Climate Change (2015) Paris Agreement. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (abgerufen am 03.03.2021)
- United Nations, World Health Organization. 2009. Protecting health from climate change: Connecting Science, Policy and People. Geneva.
- Van der Linden S, Maibach E, Leiserowitz A (2015). Improving public engagement with climate change: Five “best practice” insights from psychological science. *Perspectives on Psychological Science*, 10(6), 758–763.
- Veenema TG, Thornton CP, Lavin RP, Bender AK, Seal S, Corley A (2017) Climate change-related water disasters’ impact on population health. *Journal of Nursing Scholarship*, 49(6), 625–34.
- Verner G, Schütte S, Knop J, Sankoh O, Sauerborn R (2016). Health in climate change research from 1990 to 2014: positive trend, but still underperforming. *Global Health Action*, 9(1), 30723. doi:10.3402/gha.v9.30723
- Viner D, Ekstrom M, Hulbert M, Warner NK, Wreford A, Zommers Z (2020). Understanding the dynamic nature of risk in climate change assessments—A new starting point for discussion. *Atmospheric Science Letters*, 21(4). doi:10.1002/asl.958
- Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W, Costello A (2015a). Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet*, 386(10006), 1861–1914. doi:10.1016/S0140-6736(15)60854-6
- Watts N, Campbell-Lendrum D, Maiero M, Fernandez Montoya L, Lao K (2015b). Strengthening Health Resilience to Climate Change – Technical Briefing for the World Health Organization Conference on Health and Climate. Geneva: United Nations, World Health Organization.
- WBGU Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011) *Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin. ISBN 978-3-936191-38-7. URL: <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/welt-im-wandel-gesellschaftsvertrag-fuer-eine-grosse-transformation#sektion-downloads> (abgerufen am 03.03.2021)
- Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon AG, de Souza Dias BF, Yach D (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *Lancet*, 386(10007), 1973–2028. doi:10.1016/S0140-6736(15)60901-1
- WHO (2020) WHO guidance for climate-resilient and environmentally sustainable health care facilities. Geneva: World Health Organization. ISBN 978-92-4-001222-6
- WHO. (2015). Operational framework for building climate resilient health systems (ISBN 978 92 4 156507 3). Retrieved from Geneva, Switzerland:
- Wilkinson P, Smith KR, Davies M, Adair H, Armstrong BG, Barrett M, Chalabi Z (2009). Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: household energy. *The Lancet*, 374(9705), 1917–1929. doi:10.1016/S0140-6736(09)61713-x
- World Health Organization, United Nations, and United Nations World Meteorological Organization. (2012). *Atlas of Health and Climate*. Geneva: World Health Organization.
- Xu Z, FitzGerald G, Guo Y, Jalaludin B, Tong S (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: a systematic review and meta-analysis. *Environment international*, 89, 193–203.
- Zacharias S, Koppe C, Mücke HG (2015). Climate change effects on heat waves and future heat wave-associated IHD mortality in Germany. *Climate*, 3(1), 100–117.
- Zhu C, Kobayashi K, Loladze I, Zhu J, Jiang Q, Xu X, Liu G, Seneweera S, Ebi KL, Drewnowski A, Fukagawa NK, Ziska LH. (2018). Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries. *Scientific Advancements* 4(5): eaaq1012.
- Ziska LH (2016). Impacts of Climate Change on Allergen Seasonality. In *Impacts of Climate Change on Allergens and Allergic Diseases*, Paul Beggs (Hrsg.), 92–112. Cambridge.





### Dr. med. Alina Herrmann

Alina Herrmann studierte in Heidelberg Medizin und promovierte am dortigen Global Health Institut zur Rolle von Hausärzten im Gesundheitsschutz älterer Menschen in Hitzewellen. In ihrer weiteren Tätigkeit als Wissenschaftlerin beschäftigt sich Alina Herrmann vor allem mit gesundheitlichen Co-Benefits von Klimaschutzmaßnahmen im europäischen und afrikanischen Kontext. Als Weiterbildungsassistentin für Allgemeinmedizin ist sie außerdem besonders an Handlungsmöglichkeiten zu Klimaschutz und -anpassung innerhalb des Gesundheitssystems und der Gesundheitsberufe interessiert.



### Prof. Dr. Ina Danquah

Ina Danquah hat in Potsdam und Accra (Ghana) Ernährungswissenschaft studiert. Sie promovierte am Institut für Tropenmedizin und Internationale Gesundheit, Charité – Universitätsmedizin Berlin zu den Beziehungen zwischen Ernährungszustand, Malaria und Typ-2-Diabetes. Ina Danquah erhielt einen Master of Science in Epidemiologie von der London School of Hygiene and Tropical Medicine und habilitierte sich am Institut für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitsökonomie der Charité Berlin im Fach Epidemiologie und Public Health. Durch die vielschichtigen Untersuchungen zu Unter- und Überernährung bei afrikanischen Bevölkerungsgruppen hat sie sich in ihrer Forschung den Möglichkeiten zur Klimaanpassung und -abschwächung in Bezug auf Ernährung zugewandt. Dafür erhielt sie 2019 die Robert Bosch-Juniorprofessur für die Erforschung der nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen.