

Z Pneumologie 2023 · 20:123–132
<https://doi.org/10.1007/s10405-023-00501-4>
 Angenommen: 14. Februar 2023
 Online publiziert: 6. April 2023
 © Der/die Autor(en) 2023

Redaktion
 B. Hoffmann, Düsseldorf



Wie beeinflusst der Klimawandel unsere Gesellschaft und damit unsere Gesundheit?

Joost Swiers · Chloe R. Brimicombe · Katharina Wieser · Ilona M. Otto
 Wegener Center for Climate and Global Change, Universität Graz, Graz, Österreich

Zusammenfassung

Der Klimawandel hat negative Auswirkungen auf unser Leben, die Gesellschaft und unsere Gesundheit, wobei die Schwächsten unter uns unverhältnismäßig stark betroffen sind. In diesem Beitrag werden die Auswirkungen des Klimawandels mit Fokus auf die Lungengesundheit untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass es 4 Hauptauswirkungen gibt: Luftverschmutzung, Aeroallergene (Pollen und Schimmelpilze), extreme Hitze und Kälte und Extremwetterereignisse, wie z. B. Überschwemmungen. Diese werden jedes Jahr schlimmer und betreffen außerdem eine immer größere Gruppe an Menschen. Zweitens werden Beispiele für Fälle von bestehender und zunehmender sozialer und gesundheitlicher Ungleichheit und Ungerechtigkeit im Zusammenhang mit dem Klimawandel und seinen Folgen erläutert mit einem Fokus auf die Lungengesundheit. Drittens geben wir einen Überblick über transformative Veränderungen und soziale Gerechtigkeit, um Wege zur Lösung der Klimakrise aufzuzeigen.

Schlüsselwörter

Klimawandelauswirkungen · Lungengesundheit · Gesundheit der Atemwege · Soziale Kippunkte · Gesellschaftliche Transformation

In diesem Beitrag

- Klimawandel in Europa
- Auswirkungen des Klimawandels auf das Gesundheitswesen
 Luftverschmutzung · Aeroallergene: Pollen und Schimmel · Temperaturextreme: Kälte- und Hitzewellen · Überschwemmungen und andere Extremwetterereignisse
- Beispiele für Klimawandelfolgen und Anfälligkeiten
- Transformativer Wandel und soziale Gerechtigkeit

Um gegen den Klimawandel und die mit ihm einhergehenden Ungleichheiten anzukämpfen, müssen wir unsere Gesellschaft transformieren. Das beginnt bei der nachhaltigen Gestaltung unserer Städte mithilfe von grüner Energie und einer neu gestalteten, den kohlenstoffarmen Lebensstil unterstützenden Infrastruktur und reicht bis hin zur weltweiten Reduktion von Treibhausgasen und gefährlichen Chemikalien. Die Folgen des Klimawandels, wie z. B. Stürme, Überschwemmungen und Hitzewellen, treffen gefährdete Gruppen (z. B. Säuglinge, ältere Menschen, Schwangere, Menschen mit Vorerkrankungen und Menschen, die im Freien arbeiten) überproportional stark und verschlechtern ihre bereits prekäre Situation. Es ist klar, dass der Klimawandel die dringlichste globale Herausforderung des 21. Jahrhunderts darstellt, die zu kaskadierenden ökologischen, wirtschaftlichen und politischen Krisen führen kann.

Stattdessen könnte die Klimakrise jedoch auch eine Chance für einen radikaleren Umstieg zu erneuerbaren Quellen in der Energienutzung und für Zirkularität bei der Ressourcennutzung sein.

In diesem Beitrag geben wir eine kurze Einführung zum Klimawandel in Europa. Wir untersuchen hierbei 4 Fälle, in denen sich der Klimawandel auf die Gesundheit auswirkt, mit besonderem Augenmerk auf die Lungengesundheit und Ungleichheiten:

- Umweltverschmutzung einschließlich Luftverschmutzung,
- Aeroallergene: Pollen und Schimmelpilze,
- extreme Hitze und Kälte sowie
- Extremwetterereignisse.

Dann folgen Faktoren, die aus einer Übersicht der European Respiratory Society übernommen worden sind und die als wichtig für die Gesundheit und die



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

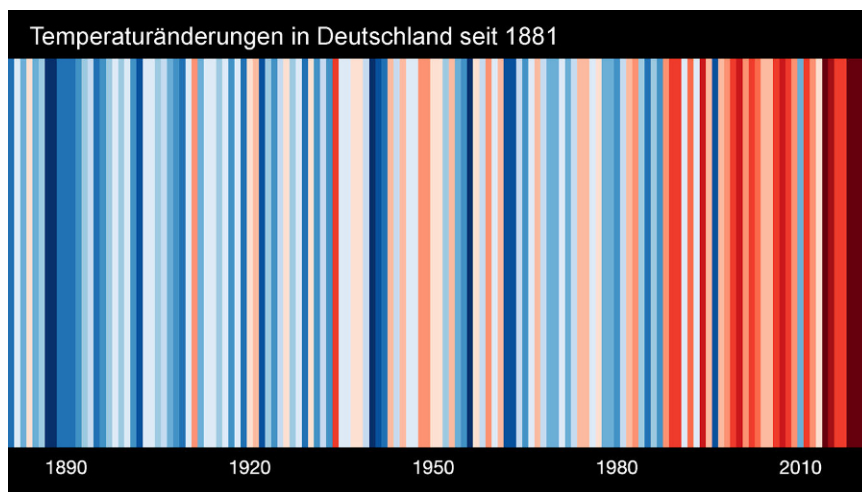


Abb. 1 ▲ Erwärmungstreifen, die den Trend der Erwärmung der Oberflächentemperatur für Deutschland im Durchschnitt von 1881 bis heute darstellen [16]

Lungengesundheit angesehen werden. Schließlich untersuchen wir die Rolle, die soziale Gerechtigkeit und transformativer Wandel spielen.

Klimawandel in Europa

Der Klimawandel hat negative Auswirkungen auf unser Leben, unsere Gesellschaft und unsere Gesundheit [17]. Die Verbrennung von fossilen Brennstoffen und industrielle Verschmutzung führen zu Klimawandel und Luftverschmutzung, wodurch es vermehrt zu Extremwetterereignissen, wie z. B. Dürren, Hitzewellen und Stürme, sowie Infektionskrankheiten kommt. Es besteht ein wissenschaftlicher Konsens, dass die globale Erwärmung durch den Menschen verursacht wird, vorrangig durch Verbrennung fossiler Brennstoffe, die zur Emission von Treibhausgasen, wie z. B. Kohlenstoffdioxid, führen. Diese wirken wie eine Decke in der Atmosphäre, verhindern die Abstrahlung von Wärmeenergie und erwärmen dadurch die Erde. Durch den menschengemachten Klimawandel ist die Rate der Erwärmung schneller als die Rate der evolutionären Anpassung von Tieren und Pflanzen. In Kombination mit Biodiversitätsverlust kann das als Notstand oder Krise angesehen werden.

Jedes Jahr werden die Auswirkungen des Klimawandels intensiver und schädlicher. Während der weltweite Temperaturanstieg zwischen 1,11 und 1,14 °C liegt, hat sich die Landfläche in Europa

inklusive Deutschlands um 1,94–1,99 °C im Vergleich zum vorindustriellen Level (vor 1700) erwärmt. Dieser Sachverhalt ist in **Abb. 1** bildlich dargestellt [10, 16]. Außerdem wurde festgestellt, dass durch den Klimawandel das Hochwasser vom Juli 2021, das verheerende Auswirkungen auf Teile Deutschlands, der Niederlande, Belgiens und Luxemburgs hatte, bis zu 9-mal wahrscheinlicher geworden ist [39].

Innerhalb und zwischen Ländern gibt es starke Unterschiede – einerseits im Beitrag verschiedener Gesellschaftsgruppen zu den Treibhausgasemissionen und andererseits deren Exposition und Anfälligkeit für die Auswirkungen des Klimawandels. In Deutschland z. B. können sich die Treibhausgasemissionen des Bevölkerungsanteils mit der niedrigsten Emission und des Bevölkerungsanteils mit der höchsten Emission um eine Größenordnung von 10 unterscheiden. Einkommen, Bildung, Alter, Geschlecht und regionale Unterschiede (Ost- vs. Westdeutschland) resultieren in abweichenden Emissionsprofilen [31]. Ein Großteil der Literatur belegt, dass Menschen mit einem geringeren sozioökonomischen Hintergrund und in Ländern des globalen Südens stärker vom Klimawandel betroffen sind als andere Mitglieder der Gesellschaft [17]. Darüber hinaus zeigt eine kürzlich erschienene Studie die Ungleichheiten, die in der Gesellschaft existieren und die sich durch den Klimawandel im Hinblick auf die Gesundheit noch stärker manifestieren [32]. Sozial und ökonomisch benachteiligte Gruppen

haben meist geringere Adaptionskapazitäten und sind den Folgen von Klimaextremereignissen stärker ausgesetzt.

Auswirkungen des Klimawandels auf das Gesundheitswesen

Der Klimawandel beeinflusst unsere Gesundheit und in weiterer Folge auch unser Gesundheitssystem, da immer mehr Menschen durch die mit dem Klimawandel assoziierten umweltbedingten Veränderungen neue oder verschlimmerte chronische Erkrankungen entwickeln (z. B. Herz-Kreislauf- oder Atemwegserkrankungen). Extremtemperaturen und Hitzewellen führen z. B. zu mehr hitzebedingten Erkrankungen und Todesfällen bei gefährdeten Gruppen wie älteren Menschen. Ein wärmeres Klima führt zudem zu erhöhten Wassertemperaturen, wodurch schädliche Algenblüten entstehen können, die eine Gefährdung für Menschen mit chronischen Atemwegserkrankungen darstellen. Außerdem gehen wärmere Temperaturen und vermehrte Regenfälle mit einer Zunahme von Mücken und Zecken einher, die Krankheiten übertragen. Dadurch wird das Gesundheitssystem unter Druck gesetzt, und die Kosten für die Gesundheitsversorgung steigen [33]. Eine weitere Belastung des Gesundheitswesens durch das Klima verschärft die bereits bestehenden Ungleichheiten. Wir werden im Abschnitt *Beispiele für Klimawandelfolgen und Anfälligkeiten* näher darauf eingehen.

Der Zugang zur Gesundheitsversorgung kann unterbrochen werden, da z. B. Gesundheitseinrichtungen wie Krankenhäuser bei Extremwetterereignissen den Strom verlieren können oder evakuiert werden müssen. Außerdem kann die Qualität der Gesundheitsversorgung abnehmen, da einige Krankenhäuser schließen müssen und andere überfüllt sind, während Probleme in der Versorgungskette zu einem Mangel an Medikamenten führen. In diesem Abschnitt stellen wir einige der Auswirkungen des Klimawandels auf die Lungengesundheit anhand von 4 Themen vor: Luftverschmutzung, Aeroallergene: Pollen und Schimmelpilze, extreme Hitze und Kälte sowie Überschwemmungen und andere Extremwetterereignisse.

Hier steht eine Anzeige.



Luftverschmutzung

Als Schadstoff gilt jeder Stoff, der Menschen, Tiere, Pflanzen oder Materialien schädigen kann. Luftverschmutzung ist in mehrfacher Hinsicht mit dem Klimawandel verbunden, sei es durch die Produktion von Treibhausgasen (d.h. Gase, die eine erwärmende Wirkung haben) oder durch Landnutzungsänderungen (d.h. die Produktion von Methan durch die Intensivierung der Landwirtschaft) [13].

Schadstoffe erhöhen die Mortalität und Morbidität auf globaler Ebene. Luftverschmutzung ist weltweit der viertwichtigste Risikofaktor für Mortalität und Morbidität, nach Bluthochdruck, Rauchen und schlechter Ernährung [13]. Luftverschmutzung verursacht oxidativen Stress und Entzündungsreaktionen in der Lunge und im gesamten Körper, wobei davon ausgegangen wird, dass der Krankheitsverlauf und Ausgang von individuellen Eigenschaften bestimmt werden [14]. Aus der Literatur geht hervor, dass sich der Beitrag der verschiedenen Arten der Luftverschmutzung zur Gesamtverschmutzung ändern wird, was neue gesundheitliche Herausforderungen mit sich bringen wird, wie z.B. die Zunahme der Ozonmenge während häufigerer Hitzewellen [26].

» Luftverschmutzung ist weltweit der viertwichtigste Risikofaktor für Mortalität und Morbidität

Durch den Smog (Luftverschmutzung) in London im Jahr 1952 sind 4000 Menschen ums Leben gekommen. Dieses Ereignis hat zum Clean Air Act, einem Gesetz zur Luftreinhaltung, geführt und ist ein gutes Beispiel dafür, was Umweltpolitik bewirken kann. Ein aktuelleres Beispiel ist der Clean Air Act der US-Umweltschutzbehörde (Environmental Protection Agency [EPA]), der bewirkt, dass Staaten aufgrund von Luftverschmutzung vor Gericht gehen können. Auch in der Europäischen Union gibt es Richtlinien und Rechtsvorschriften zur Luftreinhaltung. In allen Fällen bestehen jedoch nach wie vor Ungerechtigkeiten.

Es ist auch wichtig, Waldbrände zu berücksichtigen. Waldbrände sind eine Art von Wetterextremen, die Luftverschmutzung verursachen können. Feinstaub aus

dem Rauch der brennenden Wälder gilt als das größte Risiko. Einige dieser Feinstaubpartikel können krebserregend sein [11]. (Man geht davon aus, dass Staubstürme im Zuge des Klimawandels auch in Teilen Europas intensiver geworden sind. Diese stellen eine weitere Form der Luftverschmutzung dar.)

Aeroallergene: Pollen und Schimmel

Allergene sind Stoffe, die für die meisten Menschen harmlos sind, bei manchen jedoch eine allergische Reaktion hervorrufen können. Im Fall des Klimawandels geht es um über die Luft übertragene Allergene wie Pollen und Schimmel. Viele Menschen in den Industrieländern leiden an durch die Luft übertragenen allergischen Erkrankungen, unter anderem allergische Rhinitis und allergisches Asthma, und auch in den Entwicklungsländern nimmt die Zahl stetig zu [7].

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Aeroallergene sind umfassend erforscht. Sowohl Kohlendioxid als auch ein wärmeres Klima führen dazu, dass Pflanzen mehr und schneller wachsen [8, 17]. In der Folge verlängert sich die Vegetationsperiode der Pflanzen, was eine Pollenproduktion zu früheren und späteren Zeitpunkten im Jahr ermöglicht. Die Pollen der Pflanze enthalten Proteine, die Allergene wirken und deren Konzentration ebenfalls zunimmt. Pflanzen siedeln sich in Regionen der Welt (in Richtung der Pole) an, die früher zu kalt für sie waren, die jetzt aber ein milderes Klima haben. All dies führt zu einer längeren und stärkeren Bestäubung, einer höheren und qualitativ veränderten Pollenproduktion und damit zu mehr Allergien beim Menschen.

Das gleiche Prinzip gilt für Schimmelpilze, da höhere Konzentrationen von Kohlendioxid in der Atmosphäre das Wachstum der Pilzsporen fördern. Darüber hinaus ist die Zunahme von Schimmelpilzen, insbesondere in Wohnungen, v. a. auf die zunehmende Versiegelung von Wohngebäuden bei fehlender Lüftung zurückzuführen. Ein weiterer Grund für die Zunahme der Schimmelbelastung ist auch die Zunahme von Überschwemmungen. Eine Zunahme von Pollen und Schimmelpilzen erhöht wiederum die Anfälligkeit auf und Auslösung von al-

lergischen Atemwegserkrankungen wie Asthma [2]. Luftverschmutzung und Aeroallergene stehen in enger Verbindung zueinander. Feinstaub aus Industrieabgasen und Autoabgasen kann sich mit Pollen vermischen, was die allergene Wirkung über das normale Maß hinaus verstärkt. Dieser Effekt in Kombination mit einem Anstieg des Pollenflugs führt dazu, dass die Menschen über einen längeren Zeitraum des Jahres und intensiver an Allergien leiden [5].

Temperaturextreme: Kälte- und Hitzewellen

Es gibt keine weltweit einheitliche Definition für den Begriff Hitzewelle, wenn diese an Land auftritt. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) hat einen Entwurf für eine globale Definition vorgelegt, in dem es heißt, eine Hitzewelle sei: „Eine Periode mit ungewöhnlich heißem Wetter (Maximum-, Minimum- und Tagesdurchschnittstemperatur) über einer Region an mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen während der warmen Jahreszeit auf Basis von lokalen (stationsbezogenen) klimatologischen Bedingungen mit thermischen Bedingungen, die über bestimmten Schwellenwerten liegen“ [37]. In Deutschland wird eine Hitzewelle definiert als: „Eine Periode mit überdurchschnittlichen Temperaturen die 2 oder mehr Tage inklusive der dazwischen liegenden Nacht anhält“ [9].

» Der Klimawandel führt zu einer Veränderung der Temperaturverteilung

Die Häufigkeit, Dauer und Intensität von Hitzewellen hat auf der gesamten Erdoberfläche zugenommen. Dies ist mit sehr hoher Sicherheit auf den Klimawandel zurückzuführen [22]. Der Klimawandel führt zu einer Veränderung der Temperaturverteilung, wobei die globale Temperatur im Durchschnitt um 1,1 °C höher ist als in der vorindustriellen Zeit vor 1700 [22]. Diese Veränderung führt dazu, dass es mehr Hitzewellen gibt und dass diese intensiver sind [29].

In Deutschland werden Kältewellen definiert als „ein Zeitraum von 2 oder mehr Tagen, an denen die Temperatur unter dem

10. Perzentil liegt“ [9]. Es deutet einiges darauf hin, dass im Zuge des Klimawandels die Intensität von Kältewellen in der nördlichen Hemisphäre abnimmt [36]. Aufgrund eines Wetterphänomens, der sog. plötzlichen Stratosphärenwärmung, ist jedoch umstritten, ob Kältewellen im Zuge des Klimawandels seltener auftreten werden [21].

Die Thermoregulation des menschlichen Körpers erfolgt homoiotherm, was bedeutet, dass der Körper unabhängig von der äußeren Temperatur eine optimale Kernbetriebstemperatur von etwa 37 °C aufrechterhalten muss [19]. Wenn während einer Hitzewelle oder einer Kältewelle die Temperatursensoren im Körper anzeigen, dass die optimale Temperatur nicht aufrechterhalten werden kann, signalisiert das der Hypothalamus dem Körper, und es wird versucht die Kerntemperatur zu erhöhen oder zu senken. Wenn dies jedoch nicht möglich ist, besteht die Gefahr des Todes, sollte nicht frühzeitig eingegriffen werden [24]. Grundsätzlich erfordert die Reaktion des Körpers zur Aufrechterhaltung der Kerntemperatur unterschiedliche Maßnahmen bei Hitzewellen verglichen mit Kältewellen: Frösteln vs. Blut, das näher an der Hautoberfläche fließt [19]. Besonders gefährdet sind Säuglinge, ältere Menschen, Schwangere, Menschen mit Vorerkrankungen und Menschen, die im Freien arbeiten.

Überschwemmungen und andere Extremwetterereignisse

Der Klimawandel hat weitgreifende Folgen auf das Wettersystem wie das häufigere Auftreten von Extremwetterereignissen. Nach Angaben des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) gibt es mehrere Kategorien dieser Ereignisse [22]. Es gibt Temperaturextreme, die im Abschnitt „Temperaturextreme: Kälte- und Hitzewellen“ erläutert wurden. Außerdem gibt es noch Starkniederschläge wie Regen oder Hagel. Eine wärmere Welt aufgrund der globalen Erwärmung bedeutet, dass die Luft mehr Wasser aufnehmen kann, was zu einer Zunahme von extremen Niederschlägen führt. Dies wird sich in weiterer Folge auf den saisonalen Monsun und andere regionale Phänomene auswirken. Auch die Intensität von tropischen Stür-

men und Wirbelstürmen nimmt durch rapide Intensivierung zu. Das bedeutet, dass Stürme in kurzer Zeit sehr stark werden. Der Klimawandel begünstigt dieses Phänomen [17].

Überschwemmungen beschleunigen die Erosion, wodurch das betroffene Land weniger widerstandsfähig gegen künftige Ereignisse wird. Sie können außerdem dazu führen, dass Gebiete evakuiert werden und die dort ansässigen Menschen einen Teil ihrer Lebensgrundlage zurücklassen müssen. Als Folge der Überschwemmung kommt es weiterhin dazu, dass die Betroffenen lediglich Zugang zu Wasser von schlechter Qualität haben und dass die Qualität der Nahrung und der Lebensstandard abnehmen. Hinzu kommt der begrenzte Zugang zu medizinischer Versorgung, was zu Atemwegsinfektionen wie Lungenentzündung führen kann. Im Falle einer Überschwemmung, bei der die Häuser bewohnbar bleiben, können Feuchtigkeit und Schimmel zu Atemwegserkrankungen wie z. B. allergischem Asthma führen [4, 22].

Dürren werden von Ault wie folgt beschrieben: *„Dürreperioden sind Zeiträume mit deutlich unterdurchschnittlichen Feuchtigkeitsbedingungen, die sich in der Regel über große Gebiete erstrecken und in denen die eingeschränkte Wasserverfügbarkeit negative Auswirkungen auf verschiedene Komponenten der natürlichen Systeme und Wirtschaftssektoren hat.“* [3] Es gibt mehrere Kategorien von Dürre wie meteorologische (Niederschlagsmangel), ökologische (Wassermangel für Pflanzen), landwirtschaftliche (Wassermangel im Boden, der zu Ernteaussfällen führt) oder hydrologische (Mangel an Wasserspeicherung) Dürren. Die Zunahme von Dürreperioden wird in erster Linie durch thermodynamische Prozesse in einem sich erwärmenden Klima verursacht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es aufgrund der globalen Erwärmung zu einer Zunahme von Ereignissen kommen wird, bei denen nicht nur ein, sondern möglicherweise auch 2 oder 3 dieser Extremwetterereignisse gleichzeitig an einem Ort auftreten.

Beispiele für Klimawandelfolgen und Anfälligkeiten

In diesem Abschnitt werden verschiedene Beispiele für Ungerechtigkeiten in Bezug auf den Klimawandel aufgezeigt.

Bei den meisten negativen Auswirkungen des Klimawandels gibt es eine ungleiche Verteilung innerhalb der Bevölkerung [17]. Zum Beispiel wird Asthma mit einem niedrigeren sozioökonomischen Status in Verbindung gebracht, während die Häufigkeit von Allergien mit einem höheren sozioökonomischen Status verbunden ist [35]. In den USA sind Menschen einer bestimmten Rasse oder mit einem niedrigeren sozioökonomischen Hintergrund eher an Asthma erkrankt, und der Anstieg der Luftverschmutzung im Zusammenhang mit dem Klimawandel erhöht die Wahrscheinlichkeit von Asthmaanfällen [1]. In einer anderen Studie wurde festgestellt, dass Faktoren wie ein geringerer sozioökonomischer Hintergrund, Alter und Religion generell mit der Häufigkeit von Asthma und Allergien in Verbindung gebracht werden können. Im Kontrast dazu ist die Häufigkeit von Allergiediagnosen bei Erwachsenen mit hohem sozioökonomischem Status in Berlin statistisch signifikant höher als in Kleinstädten und in Ostdeutschland mit mittlerem bis niedrigem sozioökonomischem Status [20]. Außerdem gibt es Zusammenhänge zwischen der ethnischen Zugehörigkeit, der Sprache und dem kulturellen Hintergrund einer Person, sodass Menschen von ihrem Gesundheitsdienstleister nicht auf die gleiche Art und Weise behandelt werden [25].

Gruppen, die am stärksten von den Auswirkungen von Hitze- und Kältewellen sowie von extremer Hitze betroffen sind, sind jene, die nur über eine begrenzte Fähigkeit zur Thermoregulation verfügen. Das trifft auf Kinder, schwangere Frauen, ältere Menschen und Menschen mit einer Reihe von Vorerkrankungen, wie z. B. Atemwegserkrankungen, zu. Außerdem sind Personen, die im Freien arbeiten, besonders gefährdet, weil sie über längere Zeit extremer Hitze oder Kälte ausgesetzt sind [23].

Der sozioökonomische Status ist ein wichtiger Faktor für die Fähigkeit, sich während einer Kälte- oder Hitzewelle anpassen zu können. In einer Studie wurde beispielsweise festgestellt, dass in Phoenix, USA, die

Geringverdiener am ehesten sagen, dass Hitze eine Katastrophe sei. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Menschen Hitze sehr unterschiedlich wahrnehmen und anders handeln, je nachdem, ob sie „Hitze als Unannehmlichkeit“, „Hitze als handhabbares Problem“ oder „Hitze als Katastrophe“ ansehen [15]. Außerdem wird in Studien, die sich mit der Gesundheit von Müttern befassen, häufig festgestellt, dass das Geburtsgewicht eines Babys geringer ist, wenn es in utero extremer Hitze oder Kälte ausgesetzt war, und dass der Zusammenhang größer ist, wenn die Mutter aus einem benachteiligten sozioökonomischen Umfeld stammt [6].

Beispiele für die Häufigkeit und Schwere extremer Wetterereignisse sind die Tornados vom Juni 2021 in der Region Mähren in der Tschechischen Republik, die Überschwemmungen vom Juli 2021 in Deutschland, Belgien, Luxemburg und den Niederlanden und die Überschwemmungen vom Juli 2022 in Pakistan.

Es wird geschätzt, dass es nach einer Überschwemmung zu Veränderungen im Wohlstand der Haushalte und der Gesellschaft sowie zu Ungleichheiten und wirtschaftlichen Verlusten kommen wird, die sich auf den sozioökonomischen Status auswirken können [34]. Auch der Wohnort hat einen Einfluss, da Menschen, die in höher gelegenen Gebieten leben, eine geringere Chance haben, von einer Flut betroffen zu sein.

Transformativer Wandel und soziale Gerechtigkeit

Der Klimawandel ist die dringlichste globale gesellschaftliche Herausforderung des 21. Jahrhunderts und bedroht alle Aspekte des menschlichen Lebens und der lebenserhaltenden Ökosysteme. Noch nie da gewesene Klimaextreme werden zur neuen Normalität, bringen neue Einschränkungen und Systemrisiken mit sich und können zu ökologischen, wirtschaftlichen und politischen Krisen führen [30]. Der Klimawandel hat daher eine hohe politische Priorität, die sich im Pariser UNFCCC-Abkommen, den UN-Zielen für nachhaltige Entwicklung, dem Europäischen Green Deal und zuletzt im COP26-Klimapakt von Glasgow widerspiegelt. Der anhaltende Krieg in der Ukraine und die Energieknappheit in

Europa stellen zusätzliche Hürden für die Erreichung der Klimaziele dar. Sie könnten aber auch eine Chance für eine radikalere Umstellung auf erneuerbare Energien zur Energiegewinnung und auf Kreislaufwirtschaft bei der Materialnutzung sein.

Die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2°C oder sogar auf 1,5°C erfordert eine weltweite Transformation mit raschen und tiefgreifenden Emissionssenkungen in allen Sektoren, um bis etwa Mitte des Jahrhunderts Netto-Null-Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) zu erreichen [17, 27]. Der Begriff Netto-Null-Emissionen bezieht sich auf ein System, in dem die anthropogenen CO₂-Emissionen global durch den anthropogenen (CO₂-)Abbau über einen bestimmten Zeitraum (in der Regel 1 Jahr bis 1 Jahrzehnt) ausgeglichen werden. Netto-Null-CO₂-Emissionen werden auch als Kohlenstoffneutralität bezeichnet [17]. Die Bewältigung der vor uns liegenden Herausforderungen erfordert einen grundlegenden Wandel des menschlichen Verhaltens und Lebensstils, der Infrastruktur, der Energieversorgung, der Landwirtschaft und der Landnutzung. Außerdem braucht es Unterstützung in Form von CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre [27].

Es sind tiefgreifende und exponentielle Veränderungen der menschlichen Lebensweise, der sozialen Institutionen, der Regierungsführung, der Infrastruktur und der Technologien erforderlich. Zu den wichtigsten Maßnahmen, die ein schnelles systemweites Umkippen auslösen können, um die Treibhausgasemissionen in diesem Jahrzehnt zu reduzieren, gehören die Abschaffung von Subventionen für fossile Brennstoffe und die Förderung dezentraler Energieerzeugung, der Umbau kohlenstoffneutraler Städte, die Veräußerung von Vermögenswerten, die mit fossilen Brennstoffen verbunden sind, die Offenlegung der moralischen Auswirkungen fossiler Brennstoffe, die Stärkung der Klimabildung sowie die Offenlegung der Treibhausgasemissionen. Sie wirken auf unterschiedlichen Zeitskalen und auf verschiedenen sozialen Strukturebenen (Abb. 2; [27]).

Das Problem des Klimawandels kann jedoch nicht gelöst werden, ohne globale Ungleichheiten zu adressieren. Derzeit sind Gruppen mit hohem Einkommen für

einen unverhältnismäßig hohen Anteil an Treibhausgasemissionen verantwortlich. Die wohlhabendsten 0,5% der Weltbevölkerung emittieren durch ihren Lebensstil mehr Treibhausgase als die ärmsten 50%. Zu den Hauptursachen für die Emissionen der Wohlhabenden gehören die hohe persönliche Mobilität einschließlich häufiger Flugreisen mit Privatjets, mehrere und geräumige Häuser sowie ein übermäßiger Konsum [28]. Einkommensstarke Bevölkerungsgruppen reagieren auch weniger empfindlich auf hohe Energiepreise und Kohlenstoffpreisinterventionen einschließlich Kohlenstoffsteuern. Gleichzeitig wird Energiearmut, d.h. die Unfähigkeit, sich angemessenen Wärme- und Komfort in Innenräumen zu leisten, in den Industrieländern aufgrund des Klimawandels zu einem ernststen Problem, das durch den Ukraine-Krieg noch weiter verschärft wurde. Schätzungen zufolge konnten sich vor 2021 zwischen 50 und 125 Mio. Menschen in Europa keinen angemessenen Wärme- und Komfort in Innenräumen leisten [18]. Der Krieg in der Ukraine und die höheren Energiepreise in 2022 haben dieses Problem weiter verstärkt. Weltweit steigt die Anzahl an Menschen, die Hunger leiden. Die Zahl der Menschen, die von akuter Ernährungsunsicherheit betroffen sind, ist von 135 Mio. im Jahr 2019 auf 345 Mio. im Jahr 2022 angestiegen. Insgesamt 50 Mio. Menschen in 45 Ländern stehen am Rande einer Hungersnot [38].

Aus Perspektive der sozialen Gerechtigkeit ist es notwendig, dass gesellschaftliche Gruppen mit einem kohlenstoffintensiven Lebensstil einen größeren Teil zur Lösung des Problems beitragen und mehr Verantwortung übernehmen. Einkommensstarke Gruppen gehören zu denjenigen, die ein sehr hohes Potenzial haben, ihre Emissionen zu reduzieren, z.B. durch eine bessere Hausisolierung, die Installation von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien auf ihrem Grund und kohlenstoffarme Mobilitätslösungen, die selbst für mittlere Einkommensgruppen noch nicht erschwinglich sind. Änderungen im Verhalten der Wohlhabenden können auch wichtige nachgelagerte Vorteile haben, da ihr Lebensstil als Inspirationsquelle für das Konsumverhalten der übrigen Bevölkerung dient [28]. Da viele der Wohlhabenden eine führende Rolle

Hier steht eine Anzeige.



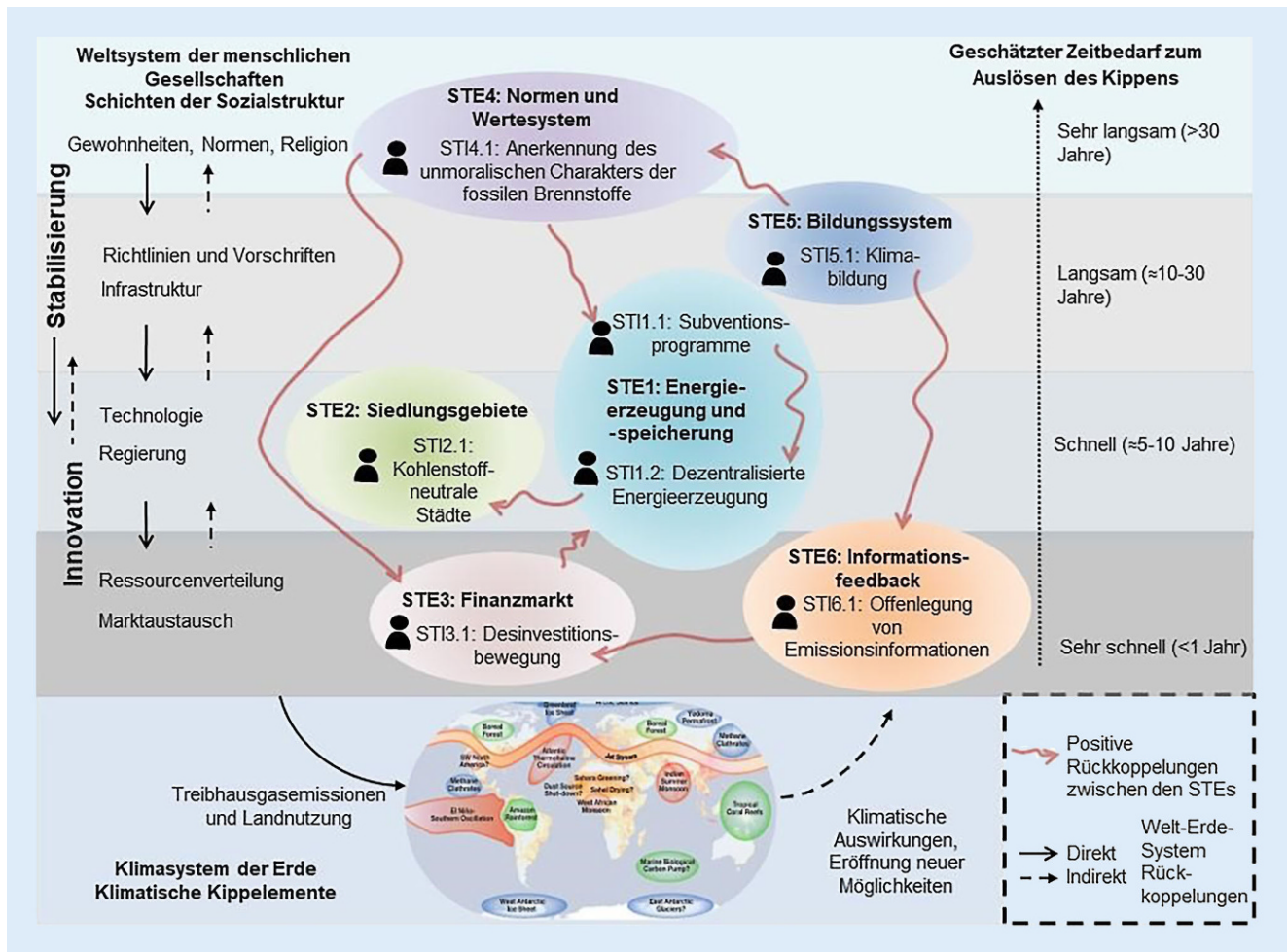


Abb. 2 ▲ Die wichtigsten sozialen Kippelemente (STEs) und Interventionen zur Stabilisierung des Erdklimas (STIs). [27]

le in Wirtschaft und Politik spielen, sind ihr Engagement und ihr Einsatz für einen umfassenderen gesellschaftlichen Wandel unerlässlich.

» Der Klimawandel bringt große Risiken für viele Aspekte der menschlichen Gesundheit mit sich

Die Verknüpfung des Klimawandels und der menschlichen Gesundheit kann dazu beitragen, dass bei öffentlichen und privaten Entscheidungen Klimamaßnahmen priorisiert werden. Die Reaktion auf die Corona-Pandemie hat gezeigt, dass bei Risiken für die öffentliche Gesundheit eine plötzliche und schnelle politische Reaktion möglich und wirksam ist [30]. Da der Klimawandel große Risiken für viele Aspekte der menschlichen Gesundheit mit sich bringt, ist es notwendig, die Gesundheitsbehörden in Bemühungen bei der Trans-

formation zu Netto-Null-Emissionen mit einzubeziehen.

Das öffentliche Gesundheitswesen wird eine Schlüsselrolle bei der Planung und Umsetzung klimapolitischer Maßnahmen spielen, da die Vermeidung von Verletzungen und Krankheiten, eine verbesserte Vorbereitung auf den Klimawandel und Risikoreduktionen wesentlich für die Aufrechterhaltung der öffentlichen Gesundheit sind [4]. Für die Lungengesundheit relevante Anpassungsmaßnahmen sind z. B. klimatisierte Gesundheitseinrichtungen, die vor extremer Hitze und Kälte geschützt sind, resiliente Smart Grids, durch die ein intelligentes Stromnetz und in weiterer Folge effizienteres Energiemanagement ermöglicht werden, Frühwarnsysteme für Extremwetterereignisse, eine verbesserte Luftreinhaltung, um die Auswirkungen von Luftverschmutzung und Pollenallergien zu verringern, und

öffentliche Bildung. Außerdem gibt es Gesundheitsdienste, die vom Gesundheitswesen selbst zur Verfügung gestellt werden können, wie z. B. Monitoring des Gesundheitszustands und anonymisierter Datenaustausch und -zugriff für eine verbesserte Risikoüberwachung und effizientere Anpassungsmaßnahmen, Information, Aufklärung und mehr Rechte für Menschen in Bezug auf Gesundheitsthemen. Am wichtigsten ist jedoch die Zusammenarbeit zwischen Regierungsstellen, Hochschulen, dem privaten Sektor und Nichtregierungsorganisationen (NGOs), um eine kohärente Kommunikation bei Gesundheitsfragen zwischen allen Beteiligten zu gewährleisten [12].

Fazit für die Praxis

- Die Auswirkungen des Klimawandels sind für gefährdete Gruppen weltweit unverhältnismäßig stark spürbar.
- Ungleichheiten werden durch Faktoren wie sozioökonomischer Status, Alter, Geschlecht, ethnische Zugehörigkeit, Wohnort und kultureller Hintergrund verursacht.
- Um den Klimawandel zu bekämpfen, sind tiefgreifende Veränderungen in der Lebensweise der Menschen, den sozialen Einrichtungen, der Regierungsführung, der Infrastruktur und der Technologie erforderlich.
- Interventionen beinhalten zum Beispiel die Förderung dezentraler Energieerzeugung, den Umbau von Städten im Sinne der Kohlenstoffneutralität und verstärkte Klimabildung.
- Im Interesse sozialer Gerechtigkeit müssen gesellschaftliche Gruppen mit einem kohlenstoffintensiven Lebensstil mehr Verantwortung übernehmen.
- Die Verknüpfung von Klimawandel und menschlicher Gesundheit kann dazu beitragen, bei öffentlichen und privaten Entscheidungen Prioritäten für Klimaschutzmaßnahmen zu setzen.

Korrespondenzadresse



Joost Swiers

Wegener Center for Climate and Global Change, Universität Graz
Brandhofgasse 5, 8010 Graz, Österreich
joost.swiers@uni-graz.at

Förderung. CB, KW und IMO: High Horizons grant number: no 101057843, JW und IMO: ENBEL (Enhancing Belmont Research Action to support EU policy making on climate change and health) grant number: no 101003966.

Funding. Open access funding provided by University of Graz.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J. Swiers, C.R. Brimicombe, K. Wieser und I.M. Otto geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. American Lung association (2022) Current asthma demographics. <https://www.lung.org/research/trends-in-lung-disease/asthma-trends-brief/current-demographics>. Zugriffen: 5. Dezember 2022
2. Asthma and Allergy Foundation of America (AAFA) (2022) Climate change and its impact on seasonal allergies. <https://community.aafa.org/blog/climate-change-and-its-impact-on-seasonal-allergies>. Zugriffen: 4. Dezember 2022
3. Ault TR (2020) On the essentials of drought in a changing climate. *Science* 368(6488):256–260. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5492>
4. Ayres JG, Forsberg B, Annesi-Maesano I, Dey R, Ebi KL, Helms PJ, Medina-Ramón M, Windt M, Forastiere F (2009) Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *Eur Respir J* 34(2):295–302. <https://doi.org/10.1183/09031936.00003409>
5. Berger M, Bastl M, Bouchal J, Dirr L, Berger U (2021) The influence of air pollution on pollen allergy sufferers. *Allergol Sel* 5:345–348. <https://doi.org/10.5414/ALX02284E>
6. Bonell A, Hirst J, Vicedo-Cabrera AM, Haines A, Prentice AM, Maxwell NS (2020) A protocol for an observational cohort study of heat strain and its effect on fetal wellbeing in pregnant farmers in The Gambia. *Wellcome Open Res* 5:32. <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.15731.2>
7. D'Amato G, Cecchi L, D'Amato M, Annesi-Maesano I (2014) Climate change and respiratory diseases. *Eur Respir Rev* 23(132):161–169. <https://doi.org/10.1183/09059180.00001714>
8. D'Amato G, Vitale C, de Martino A, Viegi G, Lanza M, Molino A, Sanduzzi A, Vatrella A, Annesi-Maesano I, D'Amato M (2015) Effects on asthma and respiratory allergy of climate change and air pollution. *Multidiscip Respir Med* 10:39. <https://doi.org/10.1186/s40248-015-0036-x>
9. Deutscher Wetterdienst (DWD) (2022) Hitze-warnung. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung.html>. Zugriffen: 7. Dezember 2022
10. European Environment Agency (EEA) (2022) Global and european temperatures. <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures#:~:text=The%20mean%20annual%20temperature%20over,during%20the%20pre%20industrial%20period>. Zugriffen: 3. Dezember 2022
11. Finlay SE, Moffat A, Gazzard R, Baker D, Murray V (2012) Health impacts of wildfires. *PLoS Curr* 4:e4f959951c2c2c. <https://doi.org/10.1371/4f959951c2c2c>
12. Frumkin H, Hess J, Lubert G, Malilay J, McGeehin M (2008) Climate change: The public health response. *Am J Public Health* 98(3):435–445. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2007.119362>
13. Fuller R, Landrigan PJ, Balakrishnan K, Bathan G, Bose-O'Reilly S, Brauer M, Caravanos J, Chiles T, Cohen A, Corra L, Cropper G, Ferraro G, Hanrahan J, Hanrahan D, Hu H, Hunter D, Janata G, Kupka R, Lanphear B et al (2022) Pollution and health: A progress update. *Lancet Planet Health* 6(6):e535–e547. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0)
14. Gangwar RS, Bevan GH, Palanivel R, Das L, Rajagopalan S (2020) Oxidative stress pathways of air pollution mediated toxicity: Recent insights. *Redox Biol* 34:101545. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101545>
15. Guardaro M, Hondula DM, Ortiz J, Redman CL (2022) Adaptive capacity to extreme urban heat: The dynamics of differing narratives. *Clim Risk Manag* 35:100415. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100415>
16. Hawkins E (2022) Temperature changes in Germany since 1881. <https://showyourstripes.info/europe/germany/all>. Zugriffen: 1. Dezember 2022
17. IPCC (2022) Summary for policymakers. Cambridge University Press, Cambridge, S 1–24. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>
18. Jevtic M, Matkovic V, Bouland C (2021) Poverty and energy issues as environmental and health challenges in SDGs. *Eur J Public Health* 31(Supplement_3):ckab164.734. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckab164.734>
19. Kuht J, Farmery AD (2021) Body temperature and its regulation. *Anaesth Intensive Care Med* 22(10):657–662. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2021.07.004>
20. Langen U, Schmitz R, Steppuhn H (2013) Häufigkeit allergischer Erkrankungen in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) Bd. 56. Robert Koch-Institut, Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung, Berlin <https://doi.org/10.1007/s00103-012-1652-7>
21. Lee SH (2021) The January 2021 sudden stratospheric warming. *Weather* 76(4):135–136. <https://doi.org/10.1002/wea.3966>
22. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors SL, Péan C, Berger S, Caud N, Chen Y, Goldfarb L, Gomis MI, Huang M, Leitzell K, Lonnoy E, Matthews JB, Maycock TK, Waterfield T, Yelekçi O, Yu R, Zhou B (Hrsg) (2021) Climate change 2021:

- The physical science basis: contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, New York, S2391
23. McLafferty E (2010) Prevention and management of hyperthermia during a heatwave. *Nurs Older People* 22(7):23–27. <https://doi.org/10.7748/nop2010.09.22.7.23.c7946>
 24. Mora C, Counsell CWW, Bielecki CR, Louis LV (2017) Twenty-seven ways a heat wave can kill you: deadly heat in the era of climate change. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.117.004233>
 25. Ogbogu PU, Capers Q, Apter AJ (2021) Disparities in asthma and allergy care: what can we do? *J Allergy Clin Immunol Pract* 9(2):663–669. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2020.10.030>
 26. Orru H, Ebi KL, Forsberg B (2017) The interplay of climate change and air pollution on health. *Curr Envir Health Rpt* 4(4):504–513. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0168-6>
 27. Otto IM, Donges JF, Cremades R, Bhowmik A, Hewitt RJ, Lucht W, Rockström J, Allerberger F, McCaffrey M, Doe SSP, Lenferna A, Morán N, van Vuuren DP, Schellnhuber HJ (2020) Social tipping dynamics for stabilizing Earth's climate by 2050. *Proc Natl Acad Sci U S A* 117(5):2354–2365. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900577117>
 28. Otto IM, Kim KM, Dubrovsky N, Lucht W (2019) Shift the focus from the super-poor to the super-rich. *Nat Clim Chang* 9(2):82–84. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0402-3>
 29. Perkins-Kirkpatrick SE, Gibson PB (2017) Changes in regional heatwave characteristics as a function of increasing global temperature. *Sci Rep* 7(1):12256. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12520-2>
 30. Ringsmuth AK, Otto IM, van den Hurk B, Lahn G, Reyer CPO, Carter TR, Magnuszewski P, Monasterolo I, Aerts JCJH, Benzie M, Campiglio E, Fronzek S, Gaupp F, Jarzabek L, Klein RJT, Knaepen H, Mechler R, Mysiak J, Sillmann J et al (2022) Lessons from COVID-19 for managing transboundary climate risks and building resilience. *Clim Risk Manag* 35:100395. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100395>
 31. Schuster A, Otto IM (2022) Understanding socio-metabolic inequalities using consumption data from Germany. *Capital Nat Soc*. <https://doi.org/10.1080/10455752.2022.2140066>
 32. Smith GS, Anjum E, Francis C, Deanes L, Acey C (2022) Climate change, environmental disasters, and health inequities: the underlying role of structural inequalities. *Curr Envir Health Rpt* 9(1):80–89. <https://doi.org/10.1007/s40572-022-00336-w>
 33. The Commonwealth Fund (2022) The impact of climate change on our health and health systems. <https://www.commonwealthfund.org/publications/explainer/2022/may/impact-climate-change-our-health-and-health-systems#:~:text=As%20climate%20change%20and%20air,like%20cardiovascular%20or%20respiratory%20illness.> Zugegriffen: 1. Dezember 2022
 34. Tovar Reaños MA (2021) Floods, flood policies and changes in welfare and inequality: Evidence from Germany. *Ecol Econ* 180:106879. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106879>
 35. Uphoff E, Cabiéses B, Pinart M, Valdés M, Antó JM, Wright J (2015) A systematic review of socioeconomic position in relation to asthma and allergic diseases. *Eur Respir J* 46(2):364–374. <https://doi.org/10.1183/09031936.00114514>

How does climate change affect our society and thus our health?

The climate change has negative repercussions on our lives, society and our health, disproportionately affecting the most vulnerable among us. This article examines the impacts of climate change with a focus on pulmonary health. The results show that there are four main impacts of climate change on pulmonary health, namely air pollution, aeroallergens (such as pollen and molds), temperature extremes, such as heat waves and extreme cold, and other extreme weather events, such as floods. These events are getting worse every year and will affect increasingly larger groups of people. Secondly, examples of cases of existing and increasing social and health inequality and injustice related to climate change and its consequences are illustrated. Thirdly, an overview of transformative changes and social justice is given in order to show ways of solving the climate crisis.

Keywords

Climate change impacts · Pulmonary health · Respiratory health · Social tipping points · Societal transformation

36. van Oldenborgh GJ, Mitchell-Larson E, Vecchi GA, de Vries H, Vautard R, Otto F (2019) Cold waves are getting milder in the northern midlatitudes. *Environ Res Lett* 14(11):114004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4867>
37. WMO, WHO (2015) Heatwaves and health: guidance on warning-system development (issue 1142). http://www.who.int/globalchange/publications/WMO_WHO_Heat_Health_Guidance_2015.pdf. Zugegriffen: 2. Dezember 2022
38. World Food programme (WFP) (2022) A global food crisis: 2022: a year of unprecedented hunger. <https://www.wfp.org/global-hunger-crisis>. Zugegriffen: 7. Dezember 2022
39. World Weather Attribution (2021) Heavy rainfall which led to severe flooding in Western Europe made more likely by climate change. <https://www.worldweatherattribution.org/heavy-rainfall-which-led-to-severe-flooding-in-western-europe-made-more-likely-by-climate-change/>. Zugegriffen: 1. Dezember 2022



Umgang mit ChatGPT & Co

Der Hype um den Chatbot ChatGPT des amerikanischen Unternehmens OpenAI ist enorm und künstliche Intelligenz (KI) ist nun fest im Bewusstsein der Öffentlichkeit angekommen. Texte aus der Feder eines Large Language Models (LLM) wie ChatGPT können in Zukunft auch in wissenschaftlichen Arbeiten zu finden sein. Hierzu hat sich die Zeitschrift *Nature* am 24. Januar dieses Jahres in einem bemerkenswerten Editorial geäußert „Tools such as ChatGPT threaten transparent science; here are our ground rules for their use“* und folgende **Grundsätze zur Nutzung von LLMs festgelegt:**

- **Es wird kein LLM-Tool als Autor einer Forschungsarbeit akzeptiert. Das ist der Einsicht geschuldet, dass eine Autorenschaft immer mit Verantwortung und einer Rechenschaftspflicht für die Arbeit einhergeht, und KI-Tools diese Verantwortung nicht übernehmen können.**
- **Autorinnen und Autoren, die LLM-Werkzeuge in ihrer Forschungsarbeit oder zum Verfassen von Texten verwenden, müssen deren Einsatz in ihren Beiträgen dokumentieren.**

*<https://www.nature.com/articles/d41586-023-00191-1>