

*Hitzeperioden und Smog machen das Leben in großen Städten zur Qual, extreme Niederschläge sorgen für Überschwemmung, häufige aggressive Pollenattacken, Malaria und Co. erobern mit ihren Mückenfrachtern alle Breitengrade. Bleibt zu hoffen, dass das nicht Alltag wird.*

# Wie sich der Klimawandel auf unsere Gesundheit auswirkt

Dr. Irena Kaspar-Ott und Prof. Dr. Elke Hertig, Universität Augsburg; Prof. Dr. med. Claudia Traidl-Hoffmann, TU München und Helmholtz Zentrum München; Dr. Victoria Fairweather, Universität Augsburg und TU München

Der globale Klimawandel ist eine große Herausforderung für das Gesundheitswesen. Das Folgenspektrum für die Gesundheit ist weitreichend und umfasst fast den gesamten menschlichen Organismus. So erhöhen häufigere Hitzewellen die thermophysiologische Belastung und die steigende Temperatur verlängert die für Allergiker bedrohliche Pollenflugsaison. Auch vektorübertragene Infektionskrankheiten wie Malaria könnten in Europa wieder gehäuft auftreten.

Die Begriffe Klimawandel und globale Erwärmung sind inzwischen omnipräsent in unserer Gesellschaft, denn die Folgen des anthropogen verstärkten Treibhauseffekts sind zu spüren. So ist die global gemittelte Lufttemperatur seit Ende des 19. Jahrhunderts um fast 1°C gestiegen und die letzten Jahrzehnte waren die wärmsten seit 1.400 Jahren. Für den Menschen besonders relevant sind die Veränderungen, die bei meteorologischen Extremen festgestellt werden. Warme Tage und Nächte haben seit der Mitte des 20. Jahrhunderts signifikant zugenommen und Europa, Asien und Australien sind zunehmend von Hitzewellen betroffen. Auch Starkregenereignisse treten häufiger und intensiver auf [1]. Extreme Wetter- und Umweltereignisse wie Dürren, Überschwemmungen, Waldbrände und Wirbelstürme haben schwerwiegende Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Die Folgen des veränderten Klimas und des extremen Wetters wirken sich direkt auf die Gesundheit der Menschheit aus: eine problematische Wasserversorgung, Unterernährung durch Missernten, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Atemwegserkrankungen, wie sie z.B. gehäuft bei Waldbränden

auftreten. Längere Hitzeexposition führt zu gesundheitlichen Auswirkungen, z.B. Hitzschlag, hat aber auch negative Auswirkungen auf die Leistung und Produktivität des Einzelnen, der Gemeinschaft und der Wirtschaft [2].

Mit dem fortschreitenden Klimawandel werden sich auch die sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Faktoren verschärfen, die zu Krankheit und vorzeitigem Tod führen [3]. Die Auswirkungen des Klimawandels sollten nicht isoliert betrachtet werden, sondern es müssen auch Faktoren wie Verschmutzung, Verlust der biologischen Vielfalt und Landnutzungsänderungen einbezogen werden [4]. Dieser Artikel soll Einblick in das hochaktuelle Forschungsfeld „Klima und Gesundheit“ geben und anhand von Beispielen die meist negativen Folgen des vom Menschen verursachten Klimawandels auf die Gesundheit aufzeigen.

## Gesundheitliche Auswirkungen

Der Klimawandel wirkt sich direkt und indirekt auf die Gesundheit aus. Die thermische Belastung, etwa durch häufigere und länger andauernde Hitzewellen, extreme Wetterereignisse wie

starke Unwetter, Stürme und Niederschläge mit Überschwemmungen wirken sich direkt auf die Gesundheit des Menschen aus [5].

Indirekte gesundheitliche Auswirkungen ergeben sich zum Beispiel durch die Verlängerung der Vegetationsperiode und damit der Pollenflugsaison, erhöhte Schadstoffexposition und verminderte Trinkwasserhygiene bei Überschwemmungen [5].

Direkte und indirekte Effekte können auch in Kombination auftreten. Gerade in Regionen, die bereits heute unter einer unzureichenden Wasserversorgung oder Nahrungssicherheit leiden, können Wetterextreme zu einer weiteren Trinkwasserverknappung und Ernteaussfällen führen [5].

### Temperatur- und Schadstoffexposition

Da Temperaturextreme mit dem Klimawandel zunehmen und somit auch die Hitzebelastung für den menschlichen Organismus steigt, nimmt auch die kardiovaskuläre, zerebrovaskuläre und respiratorische Sterblichkeit zu [6]. Von den 11 extremsten Hitzewellen zwischen 1950 und 2015 traten 6 nach dem Jahr 2000 auf. In den heißen Sommern 2003 und 2015 gab es in Deutschland eine erhebliche Zahl von Todesfällen, bei denen Hitze als Todesursache nachgewiesen wurde [7]. In ganz Europa führten die hohen Temperaturen im Jahr 2003 in Verbindung mit der mangelnden Vorbereitung der Gesundheits- und Pflegesysteme in 16 europäischen Ländern zu insgesamt mehr als 70.000 Todesfällen. In Deutschland starben rund 7.000 Menschen an Herzinfarkten, anderen Herz-Kreislauf-Ereignissen, Nierenversagen, Atemwegserkrankungen und Stoffwechselstörungen infolge hitzebedingter Gesundheitsprobleme. Modellberechnungen für Deutschland zeigen, dass die hitzebedingte Sterblichkeit zukünftig um 1 bis 6 Prozent pro °C steigen könnte, was bis Mitte dieses Jahrhunderts mehr als 5.000 zusätzlichen Todesfällen pro Jahr aufgrund von Hitze entsprechen würde [7].

Besonders betroffen ist die Bevölkerung in Städten durch den Effekt der städtischen Wärmeinsel: Das Stadtzentrum speichert tagsüber Wärmestrahlung und gibt sie nachts wieder ab, wodurch die innerstädtische Minimaltemperatur um bis zu 10 °C höher sein kann als in den Vororten. Eine Studie in Berlin für den Zeitraum 2001–2015 zeigte, dass die Zahl heißer Tage (Tageshöchsttemperatur > 30 °C) inner- und außerhalb der Stadt vergleichbar war, Tropennächte (Minimaltemperatur nachts > 20 °C) bei sehr dichter Bebauung aber mehr als dreimal häufiger

ger auftraten als auf Freiflächen [8]. Lange anhaltende Perioden heißer Tage und Tropennächte (Hitzewellen) sind gesundheitlich äußerst problematisch, weil der Mensch tags wie nachts den hohen Temperaturen ausgesetzt ist, keine Erholung eintritt und eine hohe thermophysiological Belastung entsteht.

Neben der direkten Gefahr aufgrund zunehmender Temperaturextreme entstehen auch indirekte Auswirkungen durch Hitzewellen, wie etwa die Brandgefahr in Wäldern. Das australische Buschfeuer im Dezember 2019 hatte eine Feinstaubemission zur Folge, welche die Grenzwerte der Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) um das Vierfache überstieg. Dabei ist eine erhöhte Feinstaubbelastung in Zusammenhang mit schweren Gesundheitsauswirkungen (neben einer Beeinträchtigung der Lungenfunktion auch Herz-Kreislauf-Erkrankungen) zu bringen [9]. Die geringe Größe der Partikel hat eine lange Verweilzeit in der Atmosphäre (bis zu mehreren Wochen) und damit auch ein großes Transportvermögen zur Folge, wodurch die Zahl exponierter Menschen sehr hoch ist. Mit dem Klimawandel werden die gesundheitlichen Schäden durch Buschfeuer zunehmen, denn bei einem Temperaturanstieg von 2°C könnten Brandwetterbedingungen in Australien viermal so häufig vorkommen wie bisher [10]. Auch im Mittelmeerraum und Europa wird sich die Situation voraussichtlich verschärfen.

Grundsätzlich kann Feinstaub auf ganz unterschiedliche Weise in die Atmosphäre emittiert werden. Zu den natürlichen Emissionen gehören zum Beispiel gasförmiger Schwefel aus Vulkanen sowie aus zerfallender Vegetation, die in der Atmosphäre sekundäre Sulfatpartikel bilden können. Anthropogene Quellen sind Kohle- und Ölsäuren, elementarer Kohlenstoff, Schwermetalle und organische Feinstaubarten, die bei der Verbrennung von Kohle und Öl freigesetzt werden. Beide Partikelquellen haben Auswirkungen auf die Gesundheit. Dabei hängen die gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub stark von der Partikelgröße, -zusammensetzung und -konzentration ab. Auch eine Kombination verschiedener Feinstaubarten und tägliche Schwankungen der Feinstaubmasse und -zusammensetzung tragen vermutlich zur Toxizität durch Feinstaub bei [11].

Andere meteorologische Bedingungen und die chemische Zusammensetzung der Luft verändern sich ebenfalls und die Belastung durch Umwelt- und Luftverschmutzung, die zusätzlich durch höhere Temperaturen gefördert wird, steigt [12]. Zum Beispiel besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen kardiovaskulärer Mortalität und dem Gehalt an bodennahem Ozon, wobei schon eine kurzfristige Ozonexposition das Gesundheitsrisiko erhöht [12]. So wurde jüngst festgestellt, dass mittelhohe bis hohe Ozonwerte mit steigenden Raten von Herzinfarkten in der Region Augsburg einhergehen [13].

### Allergenbelastung

Weltweit ist die Pollenallergie ein großes Problem der öffentlichen Gesundheit. Pollen sind eine Hauptursache für Symptome bei Menschen mit allergischen Erkrankungen, aber eine quantitative Einschätzung, wie sich der zukünftige Klimawandel auf die Entwicklung der Pollenallergie beim Menschen auswirken könnte, ist schwierig. Denn ein verändertes Klima wird z. B. das Spektrum der allergenen Arten sowie den Zeitpunkt und die Länge der Pollensaison beeinflussen, und ein erhöhter Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre kann die Pflanzenproduktivität und damit die Pollenproduktion erhöhen. Zudem ist es möglich, dass durch den Klimawandel die Freisetzung und die at-

*Hitzeperioden erhöhen das Risiko für Herz-Kreislauf-Ereignisse mit Todesfolge, das hat etwa der Hitzesommer 2003 schon belegt.*

*Die allergische Sensibilisierung gegen Ambrosia wird sich in Europa bis 2060 klimawandelbedingt wahrscheinlich mehr als verdoppeln.*

mosphärische Verbreitung von Pollen beeinflusst wird. Die Gesamtauswirkung wird eine zeitliche wie auch räumliche Änderung der Pollenexposition zur Folge haben.

Allergische Krankheiten sind ein zentrales Problem der öffentlichen Gesundheit, welches in den letzten Jahrzehnten sowohl in den Industrie- als auch in den Entwicklungsländern rapide zugenommen hat und heute als eine große globale Epidemie anerkannt ist. Bezüglich spezifischer allergischer Erkrankungen schätzt die WHO, dass weltweit 400 Millionen Menschen an allergischer Rhinitis und 300 Millionen an Asthma leiden. In Europa wird die Prävalenz der Pollenallergie in der Allgemeinbevölkerung bereits jetzt auf 40 % geschätzt. Eine Studie zur Ambrosia-Sensibilisierung in Europa zeigt, dass sich diese bis zum Jahr 2060 klimawandelbedingt wahrscheinlich mehr als verdoppeln wird und dass die Bevölkerung in den meisten europäischen Ländern davon betroffen sein dürfte. Dabei wird der größte proportionale Anstieg in Gebieten stattfinden, in denen die Ambrosia-Sensibilisierung derzeit relativ selten ist (z. B. Deutschland, Polen oder Frankreich) [14].

In einer weiteren Studie wird berichtet, dass schwere Gewitter, deren Häufigkeit regional mit dem Klimawandel zunehmen werden, während der Pollenflugzeit Asthmaanfälle verschlimmern können. Hierbei kommt es zu einer plötzlichen Zunahme akuter Bronchospasmen nach einem Sturm während der Pollenflugzeit, die Einweisungen in die Notaufnahme und Krankenhausaufenthalte, manchmal auch endotracheale Intubationen bei schwerem Asthma erforderlich machen [15].

Neben Lunge und Darm erfüllt die Haut eine zentrale Barrierefunktion hinsichtlich der Interaktion des Körpers mit der Umwelt. Hautschädigung kann ein Einfallstor für Trigger aus der Umwelt schaffen und so atopische Krankheiten fördern. Kontinuierliches Einwirken oder die plötzliche starke Exposition von schädlichen Umwelteinflüssen wie verkehrsbedingte (Stickoxide, Feinstaub) und sekundär gebildete (Ozon) Luftschadstoffe gehen einher mit Atopien wie Neurodermitis, Allergien, chronisch entzündlichen Krankheiten und Asthma [16].

## Infektionserkrankungen

Veränderungen von Klimavariablen können das Überleben, die Reproduktion und die Verteilung von Krankheitserregern und

Wirten sowie die Verfügbarkeit und Art und Weise ihrer Übertragungsumgebung verändern. Im Falle von Malaria und Dengue-Fieber haben Modellrechnungen gezeigt, dass die Gesamtbelastung durch Malaria aufgrund des Klimawandels zunehmen wird und bei beiden Krankheiten die Verstärkung, die Migration, der internationale Handel und der Reiseverkehr das Auftreten dieser Krankheiten weiter verstärken werden. Das Vorkommen von vektorfähigen *Anopheles*-Arten sowie veränderte klimatische Bedingungen können zum Wiederauftreten der autochthonen Malaria in Europa und im Mittelmeerraum führen. Im Allgemeinen werden Temperatur- und Niederschlagsänderungen zu einer nördlichen Ausbreitung der Vorkommen von *Anopheles*-Vektoren führen. Für einige Mittelmeergebiete könnten die Eintrittswahrscheinlichkeiten jedoch abnehmen, da dort bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit sinkenden Niederschlagsmengen zu rechnen ist [17].

Eine weitere Bedrohung neben Mücken ist die Übertragung von Krankheiten durch Zecken. Ähnlich wie die Mücken nehmen sie Viren, Bakterien und Protozoen von ihren Wirten auf und übertragen sie auf andere Wirte. Einer der bekanntesten und häufigsten Vertreter Mitteleuropas ist der Gemeine Holzbock (*Ixodes ricinus*). Er ist bekannt für die Übertragung der bakteriellen Krankheitserreger der Lyme-Borreliose und der Frühsommer-Meningoenzephalitis. Steigende Lufttemperatur und -feuchtigkeit sind wesentliche Faktoren für die Zunahme von durch Zecken übertragenen Krankheiten und hängen kausal mit milden Wintern und früherem Frühlingsbeginn zusammen [5].

## Psychische Gesundheit

Die Auswirkungen des Klimawandels und seiner Folgen auf die psychische Gesundheit spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Posttraumatische Belastungsstörungen, Angstzustände, Stress, Schlafstörungen sowie Suizidgedanken können bei Betroffenen extremer Wetterereignisse und Naturkatastrophen entstehen. Alleine das Wissen über Gefahren durch Umweltveränderungen und das Bewusstsein der langsamen, allmählichen Veränderung der Umwelt können ohne direkten Kontakt mit extremen Ereignissen zu mentalen und emotionalen Folgen führen [18].

## Anpassungsstrategien

Da nicht davon auszugehen ist, dass der Klimawandel und seine Folgen in absehbarer Zeit aufzuhalten sind, müssen geeignete Schutzkonzepte und Anpassungsstrategien entwickelt werden, welche die Gesundheit der Menschen vor den Auswirkungen des Klimawandels schützen können. Es muss schnell gehandelt werden, um die Gesundheit und das Wohlergehen der Bevölkerungen auf der ganzen Welt zu gewährleisten, wobei die am stärksten gefährdeten Gemeinschaften nicht nur in Ländern mit hohem, sondern auch in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen Priorität haben. Um dies zu erreichen, müssen maßgeschneiderte Ressourcen entwickelt und vorrangig in die Kerncurricula von Ärzten, Krankenschwestern und anderen Mitarbeitern des Gesundheitswesens integriert werden [19].

In Städten braucht es Strategien des städtischen Risikomanagements zur Eindämmung der Klimawandelfolgen, um die Stadt durch Veränderungen der bebauten Umwelt und der Flächennutzung zu kühlen. Die Umsetzung dieser Pläne könnte den Bewohnern gesundheitliche Vorteile bringen, u. a. die Verringerung der thermophysiological Belastung und der Atemwegserkrankungen [20].

Aufgrund der erheblichen Auswirkungen von Hitze und allergenen Pollen auf die menschliche Gesundheit wird in Deutschland der Aufbau eines Hitzewarnsystems und eines Pollenmonitorings vorangetrieben. Dies ermöglicht den betroffenen Personen eine Meidung von Hitze und Pollen und die gezielte Anwendung geeigneter Verhaltensmaßnahmen [21, 22]. Da vom Menschen verursachte Umweltbelastungen zum großen Teil für die Zunahme umweltbedingter Erkrankungen verantwortlich sind, braucht es umweltpolitische Instrumente, die einen Beitrag zur Prävention leisten.

## Fazit

Der Klimawandel beeinflusst unsere Gesundheit auf vielfältige Weise. Zum Teil sind diese Effekte schon heute zu spüren und werden mit der fortschreitenden Erderwärmung andauern bzw. sich noch verstärken. Zunehmende Hitzewellen, extreme Wetterereignisse wie starke Unwetter, Stürme und Niederschläge mit Überschwemmungen wirken sich direkt auf die Gesundheit des Menschen aus. Aber auch indirekt nimmt der Klimawandel Einfluss auf unsere Gesundheit: etwa durch die Verlängerung der Vegetationsperiode und damit der Pollenflugsaison, erhöhte Schadstoffexposition und verminderte Trinkwasserhygiene bei Überschwemmungsereignissen. So ergeben sich zumeist negative gesundheitliche Folgen wie die Beeinträchtigung der kardiopulmonalen Gesundheit, verstärkte Allergiereaktionen und ein erhöhtes Risiko von Infektionskrankheiten und psychischen Erkrankungen.

## Literatur

- IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- Parker CL, Wellbery CE, Mueller M. American Family Physician. 2019; 100(10):618-26
- Sanson AV, Van Hoorn J, Burke SEL. Child Development Perspectives. 2019;13(4):201-7
- Fleming LE, Leonardi GS, White MP et al. Atmosphere. 2018;9(7).
- Kappas M. Klimawandel und Gesundheit. In: Tamcke M, Hrsg. Armut & Gesundheit. Universitätsverlag Göttingen. 2016:95-118.
- Song XP, Wang SG, Hu YL et al. Science of the Total Environment. 2017;586:241-254.
- an der Heiden M, Muthers S, Niemann H et al. Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015. Bundesgesundheitsbl. 2019;62:571-9.
- Krug A, Mücke HG. Auswertung Hitze-bezogener Indikatoren als Orientierung der gesundheitlichen Belastung. UMD: Umwelt und Mensch – Informationsdienst. 2018;2:67-79.
- Yu P, Xu R, Abramson MJ, Li S, Guo Y. Lancet Planet Health. 2020;4(1):e7-e8.
- van Oldenborgh GJ, Krieken F, Lewis S et al. Attribution of the Australian bushfire risk to anthropogenic climate change. NHESS. 2020. <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-69>
- Davidson CI, Phalen RF, Solomon PA. Aerosol Science and Technology 2005; 39(8):737-749.
- Katsouyanni K, Samet JM, Anderson HR et al. Res Rep Health Eff Inst. 2009(142):5-90.
- Hertig E, Schneider A, Peters A, et al. Atmospheric Environment. 2019;217, 116975.
- Lake IR, Jones NR, Agnew M, Goodess CM. Environmental health perspectives. 2017;125(3):385-91
- D'Amato G, Annesi-Maesano I, Cecchi L, D'Amato M. Allergy 2019;74(1):9-11.
- Heuson C, Traidl-Hoffmann C. Bedeutung von Klima- und Umweltschutz für die Gesundheit mit besonderer Berücksichtigung von Schädigungen der Hautbarriere und allergischen Folgeerkrankungen. Bundesgesundheitsbl. 2019;61:684-96
- Hertig E. Parasit Vectors 2019;12(1):18. doi: 10.1186/s13071-018-3278-6.
- Usher K, Durkin J, Bhullar N. Eco-anxiety: How thinking about climate change-related environmental decline is affecting our mental health. International Journal of Mental Health Nursing. 2019;28(6):1233-4.
- Patz JA, Thomson MC. Climate change and health: Moving from theory to practice. PLoS Med. 2018;15(7):e1002628. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002628>.
- Harlan SL, Ruddell DM. Current Opinion in Environmental Sustainability. 2011;3(3):126-34
- Matzarakis A. Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und seine Relevanz für die menschliche Gesundheit. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2016;76: 457-60
- Baeker R, Bergmann K, Buters J et al. Perspektiven für ein bundesweites Pollenmonitoring in Deutschland. Bundesgesundheitsbl. 2019;62:652-61



**Dr. Irena Kaspar-Ott**

Professur für Regionalen Klimawandel und Gesundheit, Medizinische Fakultät, Universität Augsburg  
Alter Postweg 118, 86159 Augsburg  
[irena.kaspar-ott@med.uni-augsburg.de](mailto:irena.kaspar-ott@med.uni-augsburg.de)



**Prof. Dr. Elke Hertig**

Professur für Regionalen Klimawandel und Gesundheit, Medizinische Fakultät, Universität Augsburg  
Alter Postweg 118, 86159 Augsburg  
[elke.hertig@med.uni-augsburg.de](mailto:elke.hertig@med.uni-augsburg.de)



**Prof. Dr. med. Claudia Traidl-Hoffmann**

Lehrstuhl für Umweltmedizin, UNIKA-T, Technische Universität München und Helmholtz Zentrum München; Christine-Kühne-Center for Allergy Research and Education (CK Care)  
[claudia.traidl-hoffmann@tum.de](mailto:claudia.traidl-hoffmann@tum.de)



**Dr. Victoria Fairweather**

Lehrstuhl und Institut für Umweltmedizin, UNIKA-T, Technische Universität München (TUM) und Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU), Augsburg.  
[victoria.fairweather@tum.de](mailto:victoria.fairweather@tum.de)