

Foto: picture alliance/ken Images Roy Scott

Titel **Klima und Gesundheit**

Klimaresilienz – Weg der Zukunft

Veränderte Klimabedingungen haben Folgen für die Gesundheit des Einzelnen. Es gilt, die Hitze, die neuen Infektionsquellen und den aus den veränderten Umweltverhältnissen resultierenden Stress zu meistern. Strategien, diesen komplexen Herausforderungen zu begegnen, gibt es.

Die Weltgesundheitsorganisation WHO hat den Klimawandel nicht ohne Grund zu einer der größten Gefahren für die Gesundheit der Menschen in kommenden Jahrzehnten erklärt. Im Verbund mit der Umweltverschmutzung, die den Klimawandel anfeuert, kommt es zu Erkrankungen, Behinderungen und Todesfällen – die Lebensqualität aller wird beeinträchtigt. So wie der Klimawandel den Globus attackiert, attackieren dessen Folgen den menschlichen Organismus: Lunge, Herz, Gehirn, Haut und andere Organe werden geschädigt, was wiederum erhöhte Erkrankungsrisiken mit sich bringt (1).

Die Forschung unterscheidet direkte und indirekte sowie Kurzzeit- und Langzeit-Effekte auf die Gesundheit. Extreme Wetterereignisse wie Dürren, Überschwemmungen, Erdbeben, Waldbrände und Wirbelstürme wirken schwerwiegend und unmittelbar auf die menschliche Gesundheit ein. Extremwetterereignisse bedingen eine unzureichende Wasserversorgung und Verunreinigungen der Wasserressourcen. Dies bremst die Nahrungsmittelproduktion und

bringt Hungersnöte mit sich. Waldbrände verursachen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen.

Länger andauernde Hitze erhöht die Sterblichkeit, etwa durch Hitzschlag. Sie senkt die Leistungsfähigkeit und Produktivität des Einzelnen und der Gesellschaft und damit der Wirtschaft. In Hitzeperioden kommt es zudem nachweislich zu einem Anstieg der Todesfälle infolge von Verletzungen, insbesondere bei jungen Männern. Direkte Folgen für die Gesundheit sind unmittelbar nachvollziehbar. Etliche weitere Auswirkungen gehen jedoch über das Offensichtliche weit hinaus und manifestieren sich auf unterschiedliche Weise.

Gehirn und Psyche

Die Untersuchung der Effekte des Klimawandels auf die mentale Gesundheit ist ein noch junges, aber bedeutsames Forschungsfeld, um Folgen des globalen Wandels zu analysieren (2). Wichtig ist zum Beispiel, dass alle extremen Wetterereignisse auch psychische Probleme mit sich bringen. Wir wissen, dass Naturkatastrophen und extreme

Wetterereignisse zu Erkrankungen wie posttraumatischen Belastungsstörungen oder Angstzuständen führen können, die Betroffene mitunter lange beeinträchtigen. Die Furcht vor einer ungewissen Zukunft, die durch Umweltveränderungen oder unser Wissen darüber gespeist ist, kann auch ohne unmittelbares Betroffensein zu Angstzuständen führen. Auf einen Zusammenhang von Wetterlagen, Klimawandel und verstärkter Suizidalität gibt es in der Literatur zahlreiche Hinweise (3, 4).

Der Klimawandel betrifft verstärkt Bevölkerungsgruppen, die direkt exponiert und in ihren geografischen Bedingungen verwundbarer sind, denen es am Zugang zu Ressourcen, Informationen und Schutz mangelt – Faktoren, die erfolgreiches Coping erschweren. Dass dies in der Gesellschaft angekommen ist, spiegelt sich in mehreren einschlägigen Neologismen wider: Es ist von Ökoangst, Ökobau, Ökopsychologie, ökologischer Trauer, Solastalgie, biosphärischer Sorge und Umweltpsychiatrie die Rede.

Welche molekularen Mechanismen den Klimawandel, den Anstieg

der globalen Temperatur und mentaler Gesundheit verlinken, bleibt im Detail noch zu erforschen. Klar ist, dass ein Anstieg der Umgebungstemperatur zentralnervöse Funktionen ähnlich beeinträchtigen kann wie Sonneneinstrahlung einen Hitzschlag begünstigt. Die Temperatur für ein einwandfreies Funktionieren unseres Gehirns liegt bei etwa 22 °C (5). Die negativen Auswirkungen der Umweltbelastung auf die Gehirnentwicklung und chronische Inflammation des zentralen Nervensystems spielen sicherlich eine entscheidende Rolle, wenn man die Umwelteffekte auf die mentale Gesundheit insgesamt in den Blick nimmt (6).

Herz, Kreislauf, Lunge

Im Zuge des Klimawandels steigt nicht einfach nur die Temperatur – die gesamten meteorologischen Bedingungen verändern sich. Stabile, lang andauernde Hitzeperioden im Sommer werden wahrscheinlicher. Für den Menschen geht dies mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre, zerebrovaskuläre und respiratorische Sterblichkeit einher (7, 8). Studien zufolge steigt die Anfälligkeit der Bevölkerung für Hitzeeffekte, etwa in Bezug auf die Inzidenz von Herzinfarkten, insbesondere bei Patienten mit Diabetes mellitus und Hyperlipidämie (9).

Synergistische Effekte zwischen Temperatur und Luftverschmutzung verstärken dies (10). Problematisch sind auch extreme Kälteeinbrüche, die gerade in vulnerablen Bevölkerungsgruppen mit erhöhter Mortalität einhergehen (11). Hierzulande beobachten wir eine Zunahme von Schlaganfällen bei bestimmten Wetterlagen (12). Allerdings sind die wetterbedingten Effekte abhängig von individuellen Faktoren und der Art des Infarkts. Die komplexe, interaktive Barriere in Haut und Atemwegen schützt vor zahlreichen Umweltreizen. Daher äußern sich auch viele der durch die Umwelt getriggerten Erkrankungen an Haut, Nase, Augen und Lunge zum Beispiel in Form von Neurodermitis, allergischer Rhinitis, Konjunktivitis oder Asthma. Klima, Wetter und Umweltbedingungen haben einen indirekten Ein-

fluss auf Allergien, indem sie die Konzentration, das allergene Potenzial und die Art der vorhandenen Pollen beeinflussen. Ein allgemeiner Temperaturanstieg verlängert die Pollensaison und kann auch zu neuen Pollenquellen durch invasive Arten führen. Umweltverschmutzung erhöht die Anfälligkeit für atopische Krankheiten – etwa durch Störung der Hautbarriere – und sie verschlimmert die Symptome von Allergien (13, 14). Verschmutzungs- und Klimaszenarien wie hoher CO₂-Gehalt oder Dürre können die Allergenität von Pollen ebenfalls direkt beeinflussen (15). Somit befeuert der Klimawandel eine der häufigsten Erkrankungen des Kindes- und Erwachsenenalters, die Allergien (16). Dieser Effekt ist spürbar: in Deutschland, in Europa, heute schon.

Der Klimawandel führt ferner lokal zu einer Zunahme der Gewitter-

Klimaschutz = Gesundheitsschutz:

Der Klimawandel wirkt sich sowohl mittelbar als auch unmittelbar auf zahlreiche Organsysteme aus. Reduktion von schädlichen Klimaeinflüssen wirkt damit auch präventiv in Sachen Gesundheit.

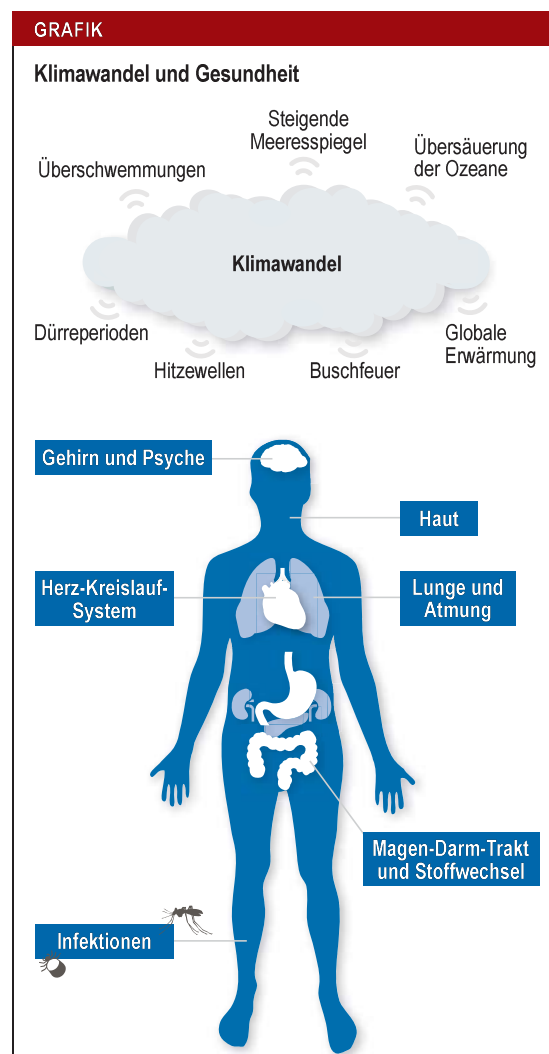
häufigkeit. Schwere Gewitter wiederum verschlimmern nachweislich Asthmaanfälle (17, 18). Umweltverschmutzung als Begleitfaktor ist ein weiterer Trigger, der Asthma und andere Atemwegserkrankungen verschlimmert. Waldbrände, wie die jüngsten Buschbrände in Australien, töten nicht nur unmittelbar; der entstehende Rauch hat auch schwerwiegende Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und kann die Lungenfunktion mitunter dauerhaft beeinträchtigen. Die Rekonvaleszenz kann viele Monate benötigen. Im Dezember 2019 überschritten die PM_{2,5}-Werte in Sydney die Werte der Empfehlungen der WHO-Richtlinien um das Vierfache. Die Zahl und das Ausmaß von Buschfeuern wird mit dem Klimawandel noch zunehmen (19).

Darm, Stoffwechsel und Infekte

Der Magen-Darm-Trakt ist ebenfalls betroffen. Höhere Temperaturen verändern nicht nur die Wasserqualität; manche Erreger von Diarrhö und entzündlichen Darmerkrankungen können sich in wärmeren Gewässern eher vermehren. Laut einem *Lancet*-Bericht zu Klimawandel und Gesundheit sind es vor allem Vibrionen, die als zunehmende Gefahr auf uns zukommen (20). Die Erreger von Magen-Darm- und Wundinfektionen haben sich seit den 1980er-Jahren aufgrund höherer Wassertemperaturen stark vermehrt: Die Anzahl der Tage, an denen man sich mit Vibrionen in der Ostsee anstecken kann, hat sich seither verdoppelt: 2018 waren es schon 107 Tage im Jahr.

Große bevölkerungsbasierte Studien zeigen auch einen Effekt der globalen Erwärmung auf unseren Stoffwechsel. So konnten Assoziationen zwischen erhöhter Außentemperatur und vermehrter Inzidenz von Diabetes und Glukoseintoleranz gefunden werden (21, 22).

Der Klimawandel verändert nicht zuletzt die biologische Vielfalt; die geografische Verteilung der Tierarten wird sich neu ordnen. Auswirkungen auf die Entstehung und Übertragung von Infektionskrankheiten sind unausweichlich (23). Bisherige wissenschaftliche Er-



modifiziert nach: Helmholtz Zentrum

kenntnisse deuten darauf hin, dass ein ungebremster Klimawandel die Dauer der Übertragungssaison und die geografische Reichweite eines beträchtlichen Anteils von Infektionskrankheiten beeinflussen wird. Änderungen der Klimavariablen können das Überleben, die Reproduktion und die Verteilung von Krankheitserregern und Wirten und damit die Übertragungswahrscheinlichkeiten verändern. Das Ausmaß dieser Auswirkungen wird jedoch je nach Krankheit und Ort variieren. Im Falle von Malaria haben Modellrechnungen gezeigt, dass die Gesamtbelastung durch Malaria zunehmen wird. Urbanisierung, Migration, internationaler Handel und Rei-

- Mobilitäts-Konzepte, die das Zufußgehen und Radfahren fördern, reduzieren transportassoziierte Treibhausgasemissionen und kardiovaskuläre Erkrankungen und Diabetes.

Das Klima zu schützen heißt also auch, unsere Gesundheit zu schützen. Was nun kommen muss, und was schon an vielen Orten des Gesundheitssystems begonnen hat, ist die Transformation: Es müssen notwendige Maßnahmen ergriffen werden, um den Klimawandel einzudämmen, Anpassung zu bewältigen und nachhaltige planetare Gesundheit zu schaffen. Dies ist nur mithilfe großer, transdisziplinärer Forschungsansätze möglich. Solch ein Projekt läuft zurzeit bereits bei der

So wie der Klimawandel den Globus attackiert, attackieren dessen Folgen den menschlichen Organismus: Lunge, Herz, Gehirn, Haut und andere Organe werden geschädigt.

sen werden die Inzidenz der Krankheit weiter verstärken (24).

Die durch Aedes-Mücken übertragenen Arbovirusinfektionen Dengue, Zika, Gelbfieber und Chikungunya sind ebenfalls Beispiele für Krankheiten, deren Häufigkeit infolge des Klimawandels steigt und so zu einer erhöhten Belastung im Gesundheitswesen führt. Dabei ist Dengue die sich am schnellsten ausbreitende, von Mücken übertragene Krankheit, mit einem 30-fachen Anstieg der weltweiten Fallzahlen in den letzten 50 Jahren (25).

Für das Klima = für Gesundheit

Drei konkrete Beispiele verdeutlichen, dass die Vorteile für die Gesundheit bei Eindämmung des Klimawandels auf der Hand liegen.

- Der Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energien verbessert die Luftqualität und verringert die Prävalenz an Atemwegserkrankungen.

- Pflanzenbasierte Ernährung mit geringem Anteil an tierischen Lebensmitteln senkt die Treibhausgasemissionen (vor allem Methan) und beugt gleichzeitig dem Auftreten von nichtübertragbaren Erkrankungen als Folge von Über- oder Fehl-Ernährung vor.

Helmholtz-Gemeinschaft (26). Nur so können sinnvolle Strategien zur Abmilderung der Folgen der Klimaveränderung und zur Adaptation gefunden werden. Auch an der Universität Augsburg wird ein Zentrum für Klimaresilienz das Thema Transformation und Transdisziplinarität in den Vordergrund stellen.

Richtig und umfassend verstanden, kann Resilienz ein zentraler Faktor sein, um den Herausforderungen der drohenden Veränderungen zu begegnen. Um Klimaresilienz zu verbessern, lässt sich auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen. Die Menschen können ihr Verhalten ändern, die Infrastruktur verändern oder neue Technologien zur Anpassung nutzen (27). Frühwarnsysteme, die Pollenallergiker auf Gewittergefahren hinweisen oder gefährdete Personen über riskante Wetterlagen bezüglich des Schlaganfallrisikos zu informieren, sind denk- und machbar. Darüber hinaus ist es unerlässlich, soziale und wirtschaftliche Faktoren einzubeziehen, um dem sich verändernden Risiko entgegenzuwirken.

Im Gesundheitsbereich besteht eine wichtige Anpassung darin, in den Lehrplänen für medizinisches Personal und insbesondere für Medizinstudenten den Klimawandel und

seine Auswirkungen auf die Gesundheit zu berücksichtigen. Dies muss sich durch das ganze Curriculum ziehen – mit Berücksichtigung aller klimarelevanten Erkrankungsfolgen und Maßnahmen – und sich nicht nur auf Wahlfächer beschränken. Weiterhin wird sich der Gesundheitssektor, der für 4,6 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich ist, um seine Energiebilanz kümmern müssen (20). Die Produktion, die Versorgungskette und die Lagerung von unentbehrlichen Medikamenten sollte geografisch diversifiziert werden, um die Versorgung während und nach extremen Wetterereignissen zu garantieren.

Medizin als Impulsgeber

All das macht klar, dass der medizinische Bereich beim Thema Klimawandel eine – wenn nicht die – zentrale Rolle spielt und gleichzeitig ein Momentum erfährt. Mediziner und Medizinerinnen können Vorbild sein, möglichst viele Menschen mitnehmen, sie überzeugen und in die Veränderungsprozesse einbinden. Nicht zuletzt die Coronakrise zeigt, zu wie vielen Anpassungen unsere Gesellschaft fähig ist. Die wissenschaftliche Evidenz und wichtige Impulse kamen aus der Medizin. Genauso kann es beim Klimawandel sein. Eine wiederkehrende Frage ist die, warum notwendige Veränderungen trotz Dringlichkeit und Wissen um die desaströsen Folgen nicht längst umfassender umgesetzt wurden.

Unsere Anstrengungen müssen sich auch auf die Überwindung von Widerständen und die professionelle Begleitung des notwendigen, globalen Veränderungsprozesses richten – diese Transformation einer Gesellschaft ist eine Menschheitsaufgabe. Die Medizin könnte entscheidende Impulse geben.

*Prof. Dr. med. Claudia Traidl-Hoffmann
Lehrstuhl und Institut für Umweltmedizin,
TU München und Helmholtz Zentrum München*

Interessenkonflikt

Die Autorin erklärt, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

Dieser Artikel unterliegt nicht dem Peer-Review-Verfahren.

Literatur im Internet:
www.aerzteblatt.de/lit3320
oder über QR-Code.



Zusatzmaterial Heft 33–34/2020, zu:

Klima und Gesundheit

Klimaresilienz – Weg der Zukunft

Veränderte Klimabedingungen haben Folgen für die Gesundheit des Einzelnen. Es gilt, die Hitze, die neuen Infektionsquellen und den aus den veränderten Umweltverhältnissen resultierenden Stress zu meistern. Strategien, diesen komplexen Herausforderungen zu begegnen, gibt es.

Literatur

- Academy of Science of South Africa (ASSAf), Brazilian Academy of Sciences (ABC), German National Academy of Sciences Leopoldina, U.S. National Academy of Medicine (NAM), U.S. National Academy of Sciences (NAS): Air Pollution and Health. A Science-Policy Initiative. <https://air-pollution.health> (last accessed on 10. August 2020).
- Usher K, Durkin J, Bhullar N: Eco-anxiety: How thinking about climate change-related environmental decline is affecting our mental health. *Int J Ment Health Nurs* 2019; 28 (6): 1233–4.
- Schneider A, Hampel R, Ladwig KH, et al.: Impact of meteorological parameters on suicide mortality rates: A case-crossover analysis in Southern Germany (1990–2006). *Sci Total Environ* 2020; 707: 136053.
- Dumont C, Haase E, Dolber T, Lewis J, Coverdale J: Climate Change and Risk of Completed Suicide. *J Nerv Ment Dis* 2020; 208 (7): 559–65.
- Wei W, Lu JG, Galinsky AD, et al.: Regional ambient temperature is associated with human personality. *Nat Hum Behav* 2017; 1 (12): 890–5.
- Hahad O, Lelieveld J, Birklein F, Lieb K, Daiber A, Münzel T: Ambient Air Pollution Increases the Risk of Cerebrovascular and Neuropsychiatric Disorders through Induction of Inflammation and Oxidative Stress. *Int J Mol Sci* 2020; 21 (12): 4306.
- Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, et al.: Changes in Susceptibility to Heat During the Summer: A Multicountry Analysis. *Am J Epidemiol* 2016; 183 (11): 1027–36.
- Giorgini P, Di Giosia P, Petrarca M, Lattanzio F, Stamerra CA, Ferri C: Climate Changes and Human Health: A Review of the Effect of Environmental Stressors on Cardiovascular Diseases Across Epidemiology and Biological Mechanisms. *Curr Pharm Des* 2017; 23 (22): 3247–61.
- Chen K, Breitner S, Wolf K, et al.: Temporal variations in the triggering of myocardial infarction by air temperature in Augsburg, Germany, 1987–2014. *Eur Heart J* 2019; 40 (20): 1600–8.
- Chen K, Wolf K, Breitner S, et al.: Two-way effect modifications of air pollution and air temperature on total natural and cardiovascular mortality in eight European urban areas. *Environ Int* 2018; 116: 186–96.
- Gasparrini A, Guo Y, Sera F, et al.: Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health* 2017; 1 (9): e360–7.
- Ertl M, Beck C, Kühlbach B, et al.: New Insights into Weather and Stroke: Influences of Specific Air Masses and Temperature Changes on Stroke Incidence. *Cerebrovasc Dis* 2019; 47 (5–6): 275–84.
- Heuson C, Traidl-Hoffmann C: Bedeutung von Klima- und Umweltschutz für die Gesundheit mit besonderer Berücksichtigung von Schädigungen der Hautbarriere und allergischen Folgeerkrankungen. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2018; 61 (6): 684–96.
- Eguiluz-Gracia I, Mathioudakis AG, Bartel S, et al.: The need for clean air: The way air pollution and climate change affect allergic rhinitis and asthma. *Allergy* 2020; 10.1111/all.14177.
- Helander ML, Savolainen J, Ahlholm J: Effects of air pollution and other environmental factors on birch pollen allergens. *Allergy* 1997; 52 (12): 1207–14.
- Ring J, Akdis C, Behrendt H, et al.: Davos declaration: allergy as a global problem [published correction appears in *Allergy* 2012 May; 67 (5): 712. multiple author names added]. *Allergy* 2012; 67 (2): 141–3.
- D'Amato G, Annesi-Maesano I, Cecchi L, D'Amato M: Latest news on relationship between thunderstorms and respiratory allergy, severe asthma, and deaths for asthma. *Allergy* 2019; 74 (1): 9–11.
- Damialis A, Bayr D, Leier-Wirtz V, et al.: Thunderstorm Asthma: In Search For Relationships With Airborne Pollen And Fungal Spores From 23 Sites In Bavaria, Germany. *A Rare Incident Or A Common Threat? J Allergy Clin Immunol* 2020; 145 (2): AB336.
- Yu P, Xu R, Abramson MJ, Li S, Guo Y: Bushfires in Australia: a serious health emergency under climate change. *Lancet Planet Health* 2020; 4 (1): e7–8.
- Watts N, Amann M, Arnell N, et al.: The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *Lancet* 2019; 394 (10211): 1836–78.
- Blauw LL, Aziz NA, Tannemaat MR, et al.: Diabetes incidence and glucose intolerance prevalence increase with higher outdoor temperature. *BMJ Open Diabetes Res Care* 2017; 5 (1): e000317.
- Symonds ME, Farhat G, Aldiss P, Pope M, Budge H: Brown adipose tissue and glucose homeostasis – the link between climate change and the global rise in obesity and diabetes. *Adipocyte* 2019; 8 (1): 46–50.
- Keesing F, Belden LK, Daszak P, et al.: Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* 2010; 468 (7324): 647–52.
- Hertig E: Distribution of Anopheles vectors and potential malaria transmission stability in Europe and the Mediterranean area under future climate change. *Parasit Vectors* 2019; 12 (1): 18.
- World Health Organization (WHO): Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control: new edition 2009. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44188> (last accessed on 10. August 2020).
- Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V.: Die Helmholtz-Klima-Initiative. <https://www.helmholtz.de/forschung/klimainitiative/> (last accessed on 10 August 2020).
- Hondula DM, Balling RC, Vanos JK, et al.: Rising Temperatures, Human Health, and the Role of Adaptation. *Curr Clim Change* 2015; 1 (3): 144–54.