



Journal of Health Monitoring · 2023 8(S4)

DOI 10.25646/11645

Robert Koch-Institut, Berlin

Claudia Winklmayr^{1*},

Franziska Matthies-Wiesler^{2,3*},

Stefan Muthers⁴, Sebastian Buchien⁵,

Bernhard Kuch⁶, Matthias an der Heiden^{5§},

Hans-Guido Mücke^{7§}

* geteilte Erstautorenschaft

§ geteilte Letztautorenschaft

¹ Max Delbrück Center für Molekulare Medizin
in der Helmholtz-Gemeinschaft (MDC),
Berlin

² Helmholtz Zentrum München, Neuherberg
Institut für Epidemiologie

³ Deutsche Allianz Klimawandel und
Gesundheit e. V. (KLUG), Berlin

⁴ Deutscher Wetterdienst, Freiburg
Zentrum für Medizin-Meteorologische
Forschung

⁵ Robert Koch-Institut, Berlin
Abteilung für Infektionsepidemiologie

⁶ Stiftungs Krankenhaus Nördlingen
Abteilung für Innere Medizin/Kardiologie/
Intensivmedizin
Donau-Ries-Kliniken

⁷ Umweltbundesamt, Berlin
Abteilung Umwelthygiene

Eingereicht: 05.01.2023

Akzeptiert: 05.06.2023

Veröffentlicht: 06.09.2023

Hitze in Deutschland: Gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Prävention

Abstract

Hintergrund: Der Klimawandel hat in Deutschland bereits zu einer deutlichen Temperaturzunahme geführt. So lag die Mitteltemperatur im vergangenen Jahrzehnt rund 2 °C über dem vorindustriellen Niveau und acht der zehn heißesten Sommer seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 wurden in den letzten 30 Jahren verzeichnet.

Methode: Der Artikel fasst, basierend auf einer selektiven Literaturrecherche und eigenen Auswertungen, den aktuellen Wissensstand zu Hitze und ihren gesundheitlichen Auswirkungen für Deutschland zusammen, geht auf Anpassungsmaßnahmen ein und gibt einen Ausblick auf Umsetzungs- und Forschungsfragen.

Ergebnisse: Hitze kann bestehende Beschwerden wie Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, der Atemwege oder der Nieren verschlimmern und bei zahlreichen Medikamenten teils schwerwiegende Nebenwirkungen auslösen. Während Hitzeperioden wird regelmäßig ein deutlicher Anstieg der Sterbefälle beobachtet. Bisherige Ansätze zur Abmilderung gesundheitlicher Auswirkungen hoher Temperaturen umfassen z. B. die Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes sowie Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen.

Schlussfolgerungen: Die Evidenz zu Gesundheitsauswirkungen von Hitze und das Bewusstsein für die Notwendigkeit von gesundheitsbezogenem Hitzeschutz sind in den letzten Jahren gewachsen, dennoch besteht weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf.

Dieser Artikel ist Teil der Beitragsreihe zum Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit 2023.

🔍 HITZEWELLEN · MORBIDITÄT · MORTALITÄT · HITZEAKTIONSPLAN · VULNERABEL · GESUNDHEITSSCHUTZ · PRÄVENTION

1. Auswirkungen von Hitze auf die Gesundheit in Deutschland

Temperaturanstieg und eine Zunahme von Hitzeperioden gehören zu den am direktesten wahrnehmbaren Folgen des anthropogenen Klimawandels. Weitere Extremwetterereignisse werden an anderer Stelle in diesem Sachstands-

bericht von Butsch et al. [1] diskutiert. Die gesundheitlichen Folgen hoher Temperaturen bis hin zur hitzebedingten Mortalität rücken, auch im internationalen Kontext, zunehmend in den Fokus wissenschaftlicher und politischer Initiativen [2]. Im ersten Teil dieses Artikels fassen wir den aktuellen Wissensstand zu Hitze und ihren gesundheitlichen Auswirkungen für Deutschland zusammen, im Haupt-

Infolge des Klimawandels nehmen Temperaturen und Hitzewellen in Deutschland stärker zu als im globalen Mittel.

teil gehen wir ausführlich auf in Umsetzung befindliche und empfohlene Anpassungsmaßnahmen ein und geben im dritten Teil einen Ausblick auf sich stellende Umsetzungs- und Forschungsfragen. Diese Zusammenstellung wurde Ende Mai 2023 fertiggestellt und spiegelt den Stand der Maßnahmenumsetzung und Handlungsempfehlungen zu diesem Zeitpunkt. Da das Bewusstsein für die gesundheitlichen Auswirkungen von Hitze und die Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen stetig zunehmen, ist es möglich, dass bis zum Publikationszeitpunkt die Umsetzung weiterer Maßnahmen beschlossen wurde und somit einzelnen Empfehlungen bereits nachgekommen wurde.

1.1 Temperaturveränderungen in Deutschland

Der Klimawandel hat bereits in den vergangenen Jahrzehnten zu Temperaturveränderungen in Deutschland geführt. Während die globale Mitteltemperatur über Landflächen im letzten Jahrzehnt (2011–2020) $1,59^{\circ}\text{C}$ (90%-Konfidenzintervall (KI) $1,34\text{--}1,83^{\circ}\text{C}$) höher lag als die durchschnittliche Temperatur im Zeitraum 1850–1900 [3], betrug der Temperaturanstieg in Deutschland bereits $2,0^{\circ}\text{C}$ (2011–2020 relativ zu 1881–1910, [Abbildung 1a](#)). Die Temperaturzunahme hat sich in den Jahrzehnten seit 1990 deutlich verstärkt. Acht der zehn wärmsten Sommer seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen in Deutschland (1881) wurden in den letzten 30 Jahren registriert.

Diese Entwicklung zeigt sich auch in der Anzahl heißer Tage (Tage, an denen die Maximaltemperatur 30°C erreicht: $T_{\text{max}} \geq 30^{\circ}\text{C}$). Dieser Indikator kann ab Mitte des 20. Jahrhunderts in verlässlicher Genauigkeit deutschlandweit aus-

gewertet werden. Auch hier konzentriert sich die stärkste Zunahme auf die letzten drei Jahrzehnte ([Abbildung 1b](#)). Die Zunahme der heißen Tage betrifft nahezu alle Regionen Deutschlands ([Abbildung 1c](#)). Die absolut höchsten Werte treten im Süd-Westen (Oberrheingraben und Rhein-Main-Region) sowie im Osten (Berlin/südl. Brandenburg) auf. Im Süd-Westen wurden in der letzten Dekade regional über 20 heiße Tage pro Jahr verzeichnet, im Osten sind es großflächig über 16 Tage pro Jahr.

Eine Identifikation außergewöhnlicher historischer Hitzewellen ist sehr stark davon abhängig, wie eine Hitzewelle definiert wird und welche Region betrachtet wird. Eine einheitliche Definition des Begriffs Hitzewelle existiert bislang nicht ([Infobox 1](#)). Da Hitzewellen großräumige Ereignisse sind, beschränken sich wissenschaftliche Auswertungen in der Regel nicht auf das Gebiet von Deutschland. Eine interne Auswertung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Region Mitteleuropa ($2^{\circ}\text{--}24^{\circ}\text{O}$ und $45^{\circ}\text{--}55^{\circ}\text{N}$), bei der Hitzewellen definiert wurden als Perioden von mindestens drei Tagen Länge, an denen die Maximaltemperatur über dem 98. Perzentil einer Referenzperiode liegt, ermöglicht ein Ranking der Hitzewellen hinsichtlich der betroffenen Fläche, der aufgetretenen Temperaturanomalien und der Dauer. Wenn die kumulierten Temperaturanomalien als Intensitätsmaß verwendet werden, liegt die Hitzewelle des Augusts 2003 auf Platz 1 aller Hitzewellen seit 1950, gefolgt von der Hitzewelle im Juli/August 1994. Die Hitzewelle 2003 war auch eine mit der bislang längsten Dauer, im Oberrheingebiet registrierte man bis zu 53 heiße Tage im gesamten Sommer. Die heißesten Hitzewellen (bezüglich der kumulierten Temperaturanomalien) sind in den Jahren 1994 und 2015 aufgetreten.

Abbildung 1

Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)

Abbildung 1a (oben)

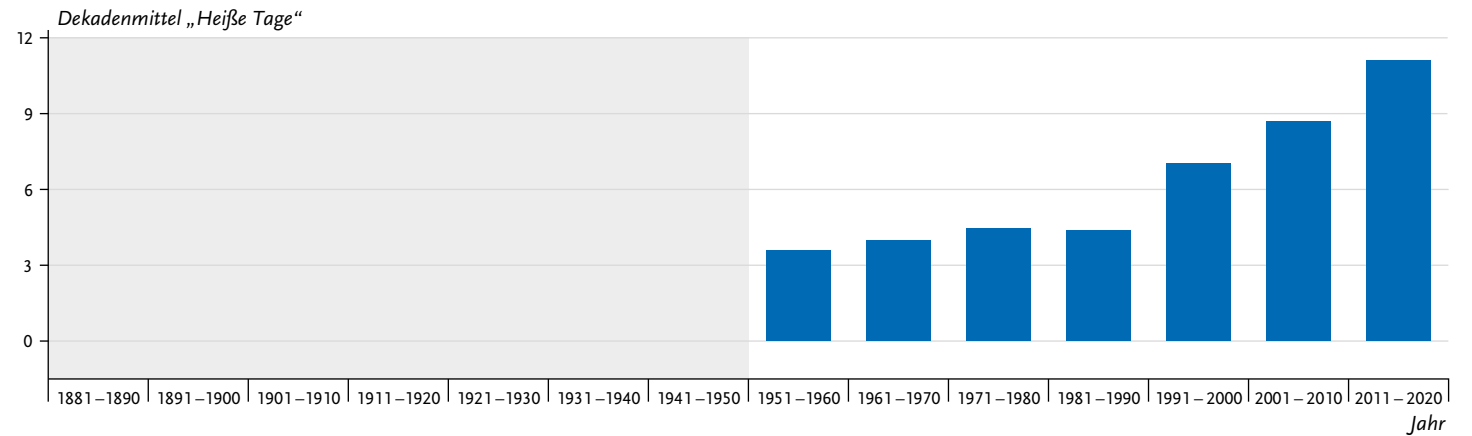
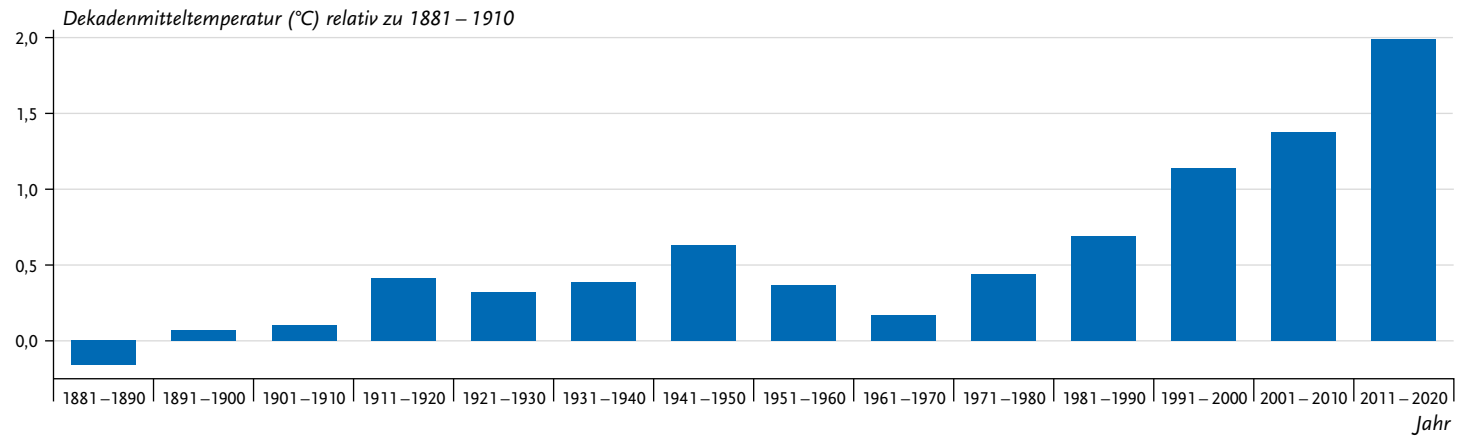
Veränderung der Dekadenmittel der Jahresmitteltemperatur über Deutschland zwischen 1881 und 2020. Dargestellt sind Anomalien der Dekadenmittel relativ zum Mittel des Zeitraums 1881–1910.

Abbildung 1b (Mitte)

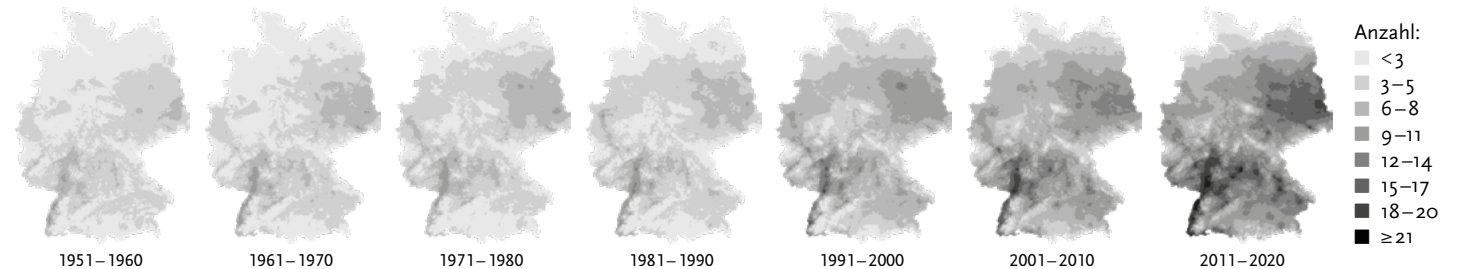
Gebietsmittel der heißen Tage über Deutschland seit 1951. Dargestellt sind Dekadenmittel, vor 1951 liegen keine Gebietsmittel für die Anzahl heißer Tage vor.

Abbildung 1c (unten)

Regionale Verteilung der Anzahl heißer Tage pro Dekade seit 1951. Tagesangaben in der Legende sind auf ganze Zahlen abgerundet.



Regionale Verteilung der mittleren Anzahl heißer Tage pro Dekade



Infobox 1 Hitzewellen

Eine einheitliche Definition des Begriffs Hitzewelle gibt es bislang weder in Deutschland noch international. In der Literatur existieren zahlreiche Vorschläge, die sich durch die verwendeten meteorologischen Parameter, die Methodik zur Wahl von Schwellenwerten und die Kriterien für die minimale Dauer unterscheiden.

Die möglichen Parameter reichen von einfachen Temperaturgrößen (z. B. Tagesmaximum der Lufttemperatur) über kombinierte human-biometeorologische Indizes (z. B. Gefühlte Temperatur [6]) bis zu komplexen Hitzewellen-Indizes (heat wave magnitude index daily [4]). Mitunter werden die Parameter auch noch einer zeitlichen Mittelung unterzogen (z. B. excess heat factor [7]). Auch eine Kombination verschiedener Parameter (z. B. Tagesmaximum und Tagesminimum der Lufttemperatur) werden vereinzelt verwendet.

Bei der Wahl der Schwellenwerte kann zwischen absoluten (z. B. Tagesmaximum der Lufttemperatur $>30^{\circ}\text{C}$) und relativen Schwellenwerten (z. B. auf Basis von Perzentilen) unterschieden werden [8]. Die minimale Dauer, ab der von einer Hitzewelle gesprochen wird, reicht von zwei Tagen (z. B. [9]) bis zu mehreren Tagen (z. B. fünf Tage [8]).

Die große Bandbreite möglicher Hitzewellendefinitionen erschwert einen Vergleich der Studienlage. Der deutliche negative Effekt von Hitzewellen auf die menschliche Gesundheit lässt sich aber für jede Hitzewellendefinition finden. Im gesamten Artikel verwenden wir den weiter gefassten Begriff „Hitzeperiode“, um einen längeren Zeitraum mit stark erhöhten Umgebungstemperaturen ohne nähere Angaben zu Dauer und Intensität zu bezeichnen. Wenn wir uns auf eine bestimmte Hitzewellendefinition beziehen, werden wir dies ausdrücklich erwähnen.

Auch europaweite Vergleichsstudien identifizieren die bezüglich Intensität und Dauer ausgeprägtesten Hitzewellen in Deutschland in den Jahren 1994 und 2003. An dritter Stelle finden sich (je nach Kriterium) die Jahre 2006, 2018 oder 2019 [4, 5].

1.2 Weitere Entwicklung gemäß verschiedenen Klimaszenarien

Infolge des Klimawandels werden heiße Tage und Hitzewellen in Deutschland weiter zunehmen. Das Ausmaß der Zunahme ist u. a. abhängig von der zukünftigen Entwicklung der Treibhausgaskonzentrationen. Mit Hilfe von regionalen Klimamodellen und unter Annahme von Emissionsszenarien ist es jedoch möglich, die zukünftige Entwicklung und die vorhandenen Unsicherheiten für Deutschland abzuschätzen (siehe auch [10]).

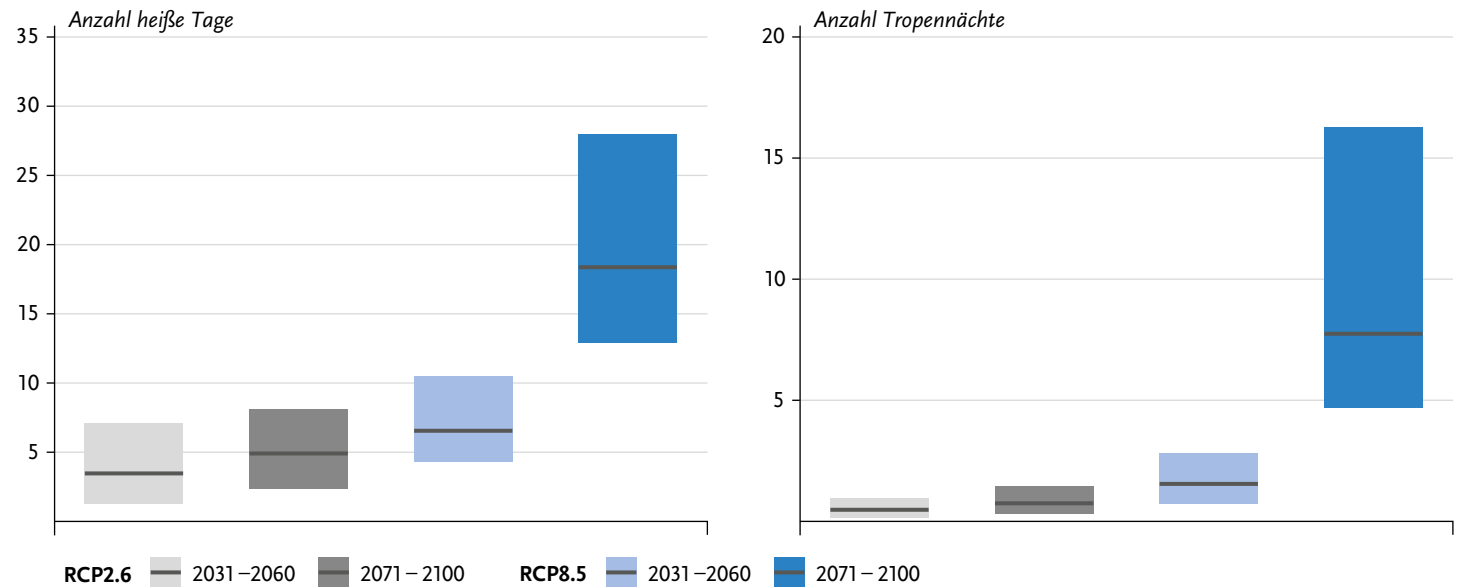
Brienen et al. [11] haben eine solche Abschätzung für die Emissionsszenarien RCP2.6 (Klimaschutzszenario), RCP4.5 (moderates Szenario) und RCP8.5 (weiter-wie-bisher-Szenario) und die Zeiträume 2031–2060 (nahe Zukunft) und 2071–2100 (ferne Zukunft) und einem Ensemble von regionalen Klimamodellen für verschiedene Regionen in Deutschland durchgeführt. Unter RCP8.5 wird die Temperatur bis zum Ende des Jahrhunderts – je nach Region und Jahreszeit – um 3,0 bis 4,2 °C im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971–2000 ansteigen (Ensemblemedian). Heiße Tage werden infolge des Klimawandels in den meisten Regionen deutlich zunehmen (**Abbildung 2**). Im Deutschlandmittel wird die Anzahl heißer Tage unter RCP8.5 bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um etwa 18 Tage zunehmen, mit Unsicherheiten zwischen +13 und +28 Tage (**Abbildung 2**). Regional sind die Zunahmen dabei unterschiedlich, und in manchen Regionen könnte die Anzahl heißer Tage im Mittel auf über 40 Tage pro Jahr ansteigen. Auch die Küsten und höheren Lagen verzeichnen deutliche Zunahmen.

Neben der maximalen Belastung am Tag spielen bei Hitzewellen auch die Bedingungen in der Nacht eine Rolle.

Abbildung 2

Projizierte Klimaänderung der heißen Tage und Tropennächte (Deutschlandmittel; in Tagen) im Vergleich zum Bezugszeitraum (1971–2000) für die nahe und die ferne Zukunft unter Verwendung der Szenarien RCP2.6 und RCP8.5. Dargestellt sind der Ensemblemedian sowie die Bandbreite der Änderungssignale.

Quelle: Brienen et al. [11]



Tropennächte, d. h. Nächte, in welchen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C fällt, sind in Deutschland bislang vergleichsweise selten. Lediglich an einzelnen, überdurchschnittlich warmen Stationen werden im Mittel zwei bis drei jährliche Tropennächte registriert. In Jahren mit sehr heißen Sommern wie 2003 wurden an einigen Stationen allerdings über zehn Tropennächte beobachtet. So gab es 2003 in Kehl bei Straßburg 21 Tropennächte. Infolge des voranschreitenden Klimawandels werden Tropennächte in Deutschland jedoch häufiger auftreten. Im Deutschlandmittel könnten bis zum Ende des Jahrhunderts bis zu 16 zusätzliche Tropennächte pro Jahr zu verzeichnen sein (Abbildung 2), in besonders warmen Regionen sogar bis zu 30 zusätzliche Nächte.

Auch Hitzewellen werden infolge des Klimawandels weiter zunehmen, sowohl hinsichtlich der Dauer, der Häufig-

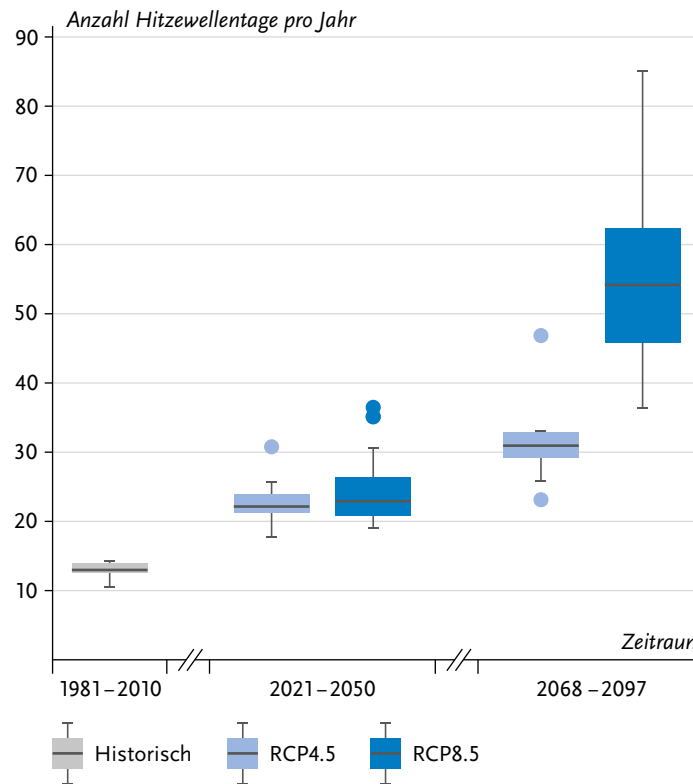
keit als auch der Intensität [12]. Bei einer Definition von Hitzewellen als Perioden von mindestens drei Tagen, an denen der Tagesmittelwert der Lufttemperatur über dem 95. Perzentil einer Referenzperiode liegt, konnten Schlegel et al. [12] eine Zunahme der Hitzewellentage auf 22 bis 23 Tage pro Jahr für den Zeitraum 2021–2050 (jeweils RCP4.5 und RCP8.5) gegenüber 13 Tagen im Referenzzeitraum (1981–2010) berechnen (Abbildung 3). Für die ferne Zukunft (hier definiert als die Periode 2068–2097) ergeben sich größere Unterschiede zwischen den Emissionsszenarien. Im RCP4.5 steigen die Hitzewellentage auf 31 Tage pro Jahr an, im RCP8.5 erfolgt eine Zunahme auf 54 Tage pro Jahr. Gegenüber der Referenzperiode bedeutet dies eine mehr als Vervielfachung der Hitzewellentage.

Abbildung 3

Mittlere Anzahl der Hitzewellentage im Referenzzeitraum 1981–2010 (links) und in den beiden Emissionsszenarien RCP4.5 (moderates Szenario) und RCP8.5 (weiter-wie-bisher-Szenario), jeweils für die nahe und ferne Zukunft.

Die Boxplots zeigen den Interquartilsbereich (IQR) als Box, die Ausdehnung der Daten als Whiskers (Linien mit maximal 1.5*IQR) und Ausreißer als Punkte außerhalb der Whiskers.

Quelle: Schlegel et al. [12]



1.3 Hitzebedingte Mortalität

Die gesundheitsgefährdenden Auswirkungen hoher Temperaturen zeigen sich besonders drastisch in der Mortalitätsstatistik. In heißen Wochen kann regelmäßig ein deutlicher Anstieg der Gesamtmortalität beobachtet werden (Abbildung 4). Allerdings wird nur für einen sehr kleinen Teil der während Hitzeperioden aufgetretenen Sterbefälle Hitze als Todesursache identifiziert (z. B. zwischen 7 und 60 Todesfälle in der Todesursachengruppe T67 „Schäden durch Hitze und Sonnenlicht“ in den letzten 20 Jahren [13]). Daher müssen statistische Verfahren herangezogen werden, um den Zusammenhang zwischen Hitze und Mortalität zu quantifizieren.

Methoden zur Schätzung der hitzebedingten Mortalität

Es gibt verschiedene Ansätze zur Quantifizierung der hitzebedingten Mortalität. Zunächst gibt es Verfahren, die den erwarteten Verlauf der Mortalität ohne Hitze (Hintergrundmortalität) abschätzen: Dazu kann die durchschnitt-

Abbildung 4

Beispiel der Modellierung hitzebedingter Sterbefälle. Die leicht erhöhte Gesamtmortalität im Frühjahr 2020 sowie die stark erhöhte Gesamtmortalität im Winter 2020/2021 sind auf die erste und zweite Welle der COVID-19-Pandemie zurückzuführen.

Quelle: Adaptiert nach Winklmayr et al. [14]

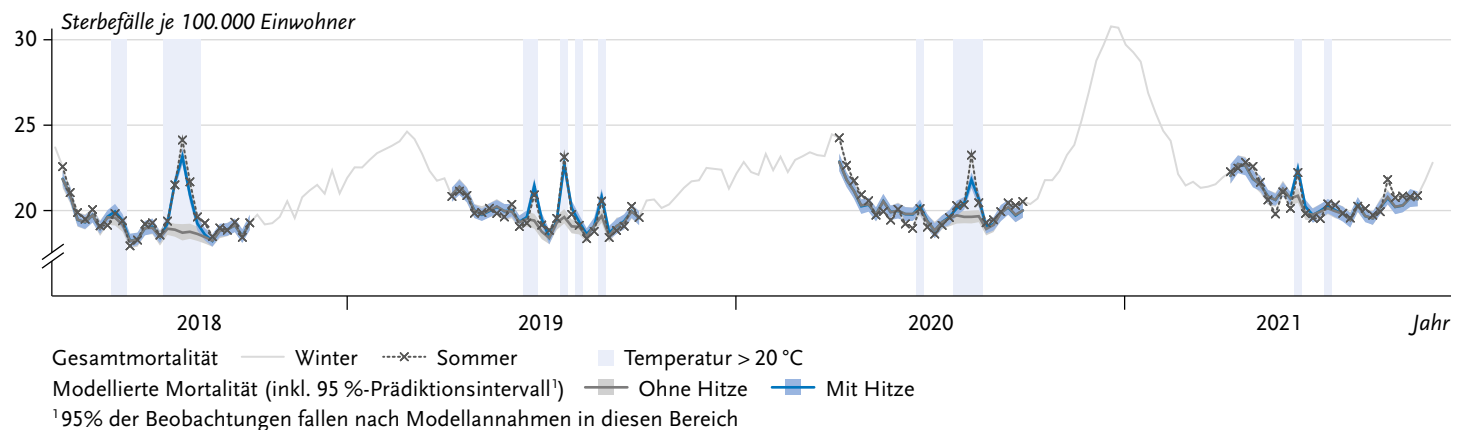
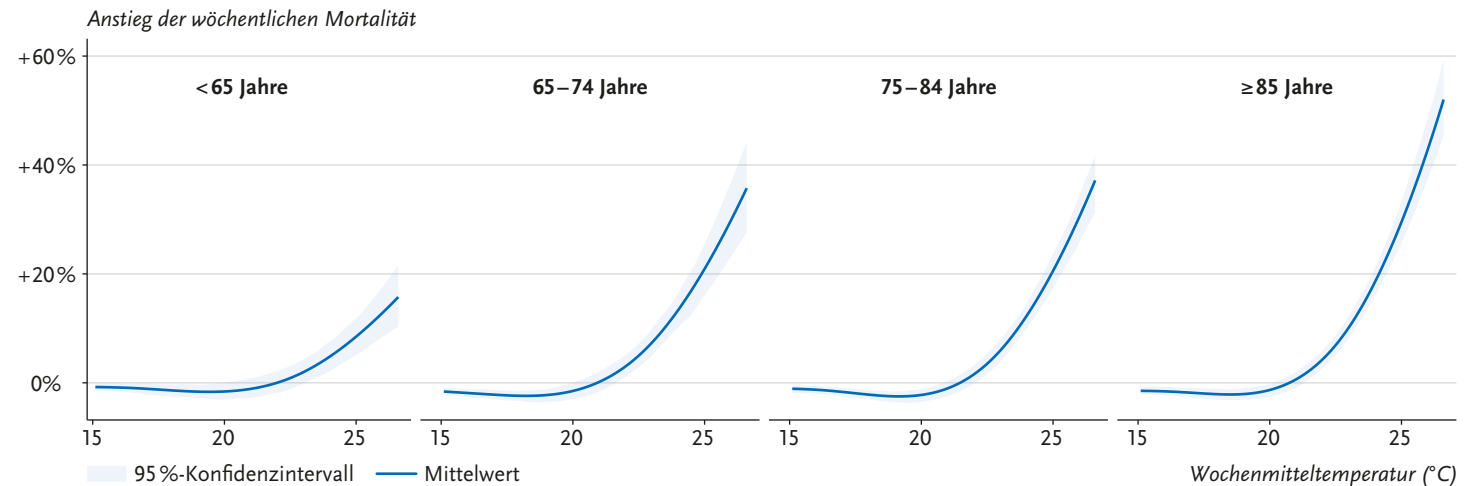


Abbildung 5

Expositions-Wirkungskurven zeigen den Anstieg der wöchentlichen Mortalität abhängig von der Wochenmitteltemperatur für vier Altersgruppen (Beispiel für Großregion in Deutschland im Zeitraum 2012 bis 2021)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Modellierung in Winklmayr et al. [14]



liche Mortalität der Vorjahre verwendet werden [15, 16] oder der saisonale Verlauf der Mortalität kann mit einer periodischen Funktion, wie zum Beispiel einer Sinuskurve mit jährlicher Periode, nachgebildet werden [17, 18]. Beide Verfahren benötigen eine Zeitreihe der Mortalität über mehrere Jahre und müssen sicherstellen, dass in den Vorjahren aufgetretene Übersterblichkeiten die erwartete Anzahl von Todesfällen nicht verzerren. Die Anzahl der hitzebedingten Sterbefälle ergibt sich dann als Differenz zwischen der (während einer Hitzeperiode) beobachteten Mortalität und der erwarteten Hintergrundmortalität.

Ein weiterer, ebenfalls häufig verwendeter Ansatz besteht darin, den Einfluss der Außentemperatur auf die Gesamtmortalität mittels sogenannter Expositions-Wirkungskurven zu beschreiben [19, 20] (Abbildung 5). Mithilfe solcher Kurven können prozentuale Veränderungen der Mortalität als Funktion der Temperatur quantifiziert und der systematische Zusammenhang zwischen hohen Außentemperaturen und einer erhöhten Mortalitätsrate unter-

sucht werden. Insbesondere können auch Unterschiede zwischen geografischen Regionen oder demografischen Gruppen dargestellt werden oder Veränderungen der Expositions-Wirkungskurven über die Zeit analysiert werden, die Hinweise auf erfolgreiche Anpassung geben können. Beispielsweise zeigen die in [Abbildung 5](#) dargestellten Expositions-Wirkungskurven, dass im Mittel Personen ab einem Alter von 85 Jahren bei gleicher Wochenmitteltemperatur eine deutlich stärkere Erhöhung der Mortalitätsrate erfahren als Personen, die jünger als 65 Jahre sind.

Hitzebedingte Mortalität in Deutschland

Eine bundesweite Schätzung der hitzebedingten Mortalität in Deutschland wurde erstmals 2019 berichtet [21]. In den darauffolgenden Jahren wurde die Methodik weiterentwickelt und die Schätzungen konnten bis in das Jahr 2022 ausgedehnt werden [14, 22]. Zusätzlich berichten auch einzelne Bundesländer regelmäßig eigenständige Schätzungen [15, 23].

In Hitzeperioden wird, insbesondere in den höheren Altersgruppen, regelmäßig ein deutlicher Anstieg der Mortalität beobachtet.

In den Jahren 2018 bis 2020 wurden erstmalig in drei aufeinanderfolgenden Jahren signifikante Anzahlen hitzebedingter Sterbefälle geschätzt. Insgesamt beläuft sich die Schätzung im Jahr 2018 auf etwa 8.300 hitzebedingte Sterbefälle. Im Jahr 2019 waren es rund 6.900 Sterbefälle und etwa 3.600 im Jahr 2020. Im Jahr 2021 war die Zahl der hitzebedingten Sterbefälle in Deutschland nicht statistisch signifikant. Im Jahr 2022 wurden dann rund 4.500 hitzebedingte Sterbefälle geschätzt [22]. Zwar ist die zunehmende Frequenz von Jahren mit signifikanten Anzahlen hitzebedingter Sterbefälle auffällig, dennoch ist hitzebedingte Mortalität kein völlig neues Phänomen. Auch in den historischen Hitzesommern 1994 und 2003 wurden jeweils rund 10.000 hitzebedingte Sterbefälle geschätzt [14].

Die Anzahl hitzebedingter Sterbefälle in der Bevölkerung hängt von einer Kombination verschiedener Faktoren ab: von der Intensität und Dauer von Hitzeperioden (Hitzeexposition), der Größe besonders vulnerabler Bevölkerungsgruppen, aber auch davon, wie erfolgreich Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden konnten. Der größte Anteil hitzebedingter Sterbefälle (75 %) entfällt auf die Altersgruppe ab 75 Jahren. Im Zuge des demografischen Wandels ist bereits in naher Zukunft mit einem starken Wachstum der ältesten Bevölkerungsgruppen zu rechnen [24], wodurch sich auch die Zahl der potenziell von hitzebedingter Mortalität Betroffenen vergrößert.

Aufgrund der höheren Lebenserwartung von Frauen machen diese rund 60 % der Altersgruppe ab 75 Jahren aus und sind damit zahlenmäßig stärker von hitzebedingter Mortalität betroffen [23]. Pro 100.000 Einwohner derselben Altersgruppe treten bei Frauen und Männern hitzebedingte Sterbefälle in vergleichbarem Ausmaß auf. Allerdings schei-

nen sich auch die Risikofaktoren bei Frauen und Männern zu unterscheiden [25].

Die Intensität einer Hitzeperiode hängt nicht nur von der Lufttemperatur ab, sondern kann durch andere meteorologische Parameter verstärkt werden. So konnten Muthers et al. [26] zeigen, dass die Mortalität während der Hitzewelle 2015 in Baden-Württemberg deutlich stärker zunahm als während der Hitzewelle 2003 und dass dieser Unterschied durch die deutlich höhere Luftfeuchte während der Hitzewelle 2015 erklärt werden kann. Darüber hinaus können auch regionale Unterschiede etwa hinsichtlich der Bebauungsstruktur, der Gesundheitsversorgung oder der Alterszusammensetzung der Bevölkerung bei vergleichbarer Hitzeexposition zu Unterschieden in der Anzahl hitzebedingter Sterbefälle führen.

Des Weiteren bilden sich in Städten urbane Wärmeinseln aus. In städtischen Gebieten sind bodennah im Durchschnitt höhere Lufttemperaturen zu beobachten als in ländlichen Gebieten. Der Wärmeinseleffekt ist vor allem in den Sommermonaten von Bedeutung und tritt nachts stärker in Erscheinung. Die Intensität der Wärmeinsel in einer Stadt hängt unter anderem von der Größe der Stadt bzw. des Ballungsraumes und der Bebauungsdichte ab. An klaren Sommerabenden wurden maximale Unterschiede von 10 °C und mehr zwischen Stadtzentren und ländlichen Gebieten festgestellt [27].

In der Region Berlin-Brandenburg wurde im Zeitraum 1994 bis 2006 ein Zusammenhang zwischen der Übersterblichkeit während Hitzewellen und der Bebauungsdichte bzw. dem Anteil versiegelter Flächen gefunden [28]. Mit erhöhter Versiegelung ging eine erhöhte Mortalität einher, wobei im Stadtzentrum die höchsten Mortalitätsraten ge-

Hohe Temperaturen und Hitzewellen können hitzebedingte Erkrankungen auslösen, bereits bestehende Vorerkrankungen verschlimmern und bis zum Tod führen.

funden wurden. Insgesamt betrachtet ist hitzebedingte Mortalität aber sowohl in städtischen als auch in ländlich geprägten Räumen ein bedeutendes Problem.

Hitzebedingte Mortalität im europäischen Ausland

In den letzten Jahrzehnten (1979–2016) wurde eine Zunahme des Hitzestresses im Sommer um bis zu 1 °C beobachtet [29]. Hitzestress wurde in der Untersuchung mithilfe des Universellen Thermischen Klimaindex (universal thermal climate index, UTCI) bestimmt, der mittels einer Äquivalenttemperatur eine Aussage über das durchschnittliche subjektive thermische Empfinden des Menschen liefert. Dabei werden für den menschlichen Wärmehaushalt relevante meteorologische Größen wie Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und mittlere Strahlungstemperatur miteinbezogen. Die Korrelation mit Mortalitätsdaten aus 17 europäischen Staaten ergab, dass die Beziehung zwischen dem UTCI und der Zahl der Sterbefälle vom thermischen Bioklima des jeweiligen Staates abhängt und die Sterbefallzahl bei mäßigem (26–32 °C UTCI) und starkem Hitzestress (>32 °C UTCI) zunimmt. Dabei zeigen sich unterschiedliche Mortalitätsverläufe in Abhängigkeit der thermischen Belastung. Es gibt Staaten, welche eine Zunahme der Mortalität sowohl bei hohem als auch bei niedrigem UTCI aufweisen, Staaten, bei denen nur unter Hitzeeinfluss eine Zunahme der Mortalität zu beobachten ist, sowie Staaten ohne sichtbaren Einfluss des UTCI [29].

1.4 Hitzebedingte Morbidität

Der menschliche Körper reagiert mit zwei maßgeblichen physiologischen Schutzmechanismen auf Hitzestress:

(a) einer Umverteilung des Blutstroms zur Haut hin (Vasodilatation), um Wärme aus den Muskeln an die Umgebung abzuführen und (b) der Absonderung von Schweiß, der den Körper über Verdunstung kühlt [30]. Diese Mechanismen wiederum haben Auswirkungen auf andere Organe des Körpers: Die Vasodilatation benötigt mehr Leistung des Herzens mit reduziertem Füllungsdruck. Es muss in der Folge stärker und schneller schlagen, was eine höhere Sauerstoffversorgung voraussetzt. Bei Menschen mit Vorerkrankungen am Herzen kann das zu einem Ungleichgewicht zwischen Sauerstoffversorgung und -bedarf führen, was zu einer Durchblutungsstörung (Ischämie), Infarkt oder Kreislaufkollaps führen kann.

Hohe Temperaturen und Hitzeperioden können als direkte Effekte Hitzeerkrankungen auslösen (hitzebedingte Erkrankungen) oder bereits bestehende Vorerkrankungen verschlimmern (hitzesensitive Erkrankungen) und zum Tod führen (Abbildung 6). Zu den milden und moderaten Hitzeerkrankungen zählen Hitzeausschlag, Hitzeödem, hitzebedingte Bewusstlosigkeit (Hitzesyndrome), Hitzekrämpfe und Hitzeerschöpfung, während ein Hitzschlag eine lebensbedrohliche Folge von Hitze darstellt [31, 32]. An heißen Tagen und während Hitzeperioden steigt das Unfallrisiko, z. B. bei handwerklichen Berufen oder in der Freizeit (Ertrinken beim Baden). Zudem kommt es nach Auswertungen der Gesetzlichen Krankenversicherung während Hitzeperioden nachweislich zu einer Abnahme der Leistungsfähigkeit und einem Anstieg hitzebedingter Arbeitsunfähigkeitstage [33].

Das Gesundheitssystem ist durch Krankenhauseinweisungen und hitzebedingte Notfälle zusätzlich belastet [30]. Gleichzeitig können die Strukturen des Gesundheits-

Abbildung 6
Direkte und indirekte Effekte von
Hitze auf die Gesundheit
 Quelle: Adaptiert nach
 World Health Organization [35]



systems durch Unterbrechungen ihrer Versorgung beeinträchtigt werden (z. B. Stromausfälle). Auch das medizinische Personal ist am Arbeitsplatz einer besonderen Hitzebelastung ausgesetzt, nicht zuletzt durch Schutzkleidung wie während der COVID-19-Pandemie [34].

Herz-Kreislauf-Erkrankungen

In Deutschland, wie auch in vielen anderen westlichen Ländern, sind Herz-Kreislauf-Erkrankungen die häufigste Todesursache. Auf Basis von Daten im Zeitraum 1993 bis 2015 für deutsche Großstädte wurde geschätzt, dass knapp ein Prozent der jährlichen Todesfälle durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen auf Hitze zurückzuführen ist [36]. In einer Studie wurde berechnet, dass die Morbidität an Herz-Kreislauf-Erkrankungen während einer Hitzeperiode um 2,2 % pro 1 °C Lufttemperaturzunahme steigt [37].

Daten des Augsburger Herzinfarktregisters zeigen, dass starke Temperaturschläge das Risiko für einen Herzinfarkt erhöhen können [38]. In anderen Studien von Sun et al. [39] konnte dargelegt werden, dass an Tagen mit steigender Temperatur und den darauffolgenden Tagen eine erhöhte Anzahl an Krankenhausaufnahmen mit der Diagnose Herzinfarkt zu verzeichnen war. Hitze ist außerdem verbunden mit einer erhöhten Rate an Todesfällen durch Herzinsuffizienz und Schlaganfälle. Stark gefährdet sind insbesondere hochaltrige Personen und Personen mit bestehenden Vorerkrankungen (insbesondere Herz-Kreislauf-Erkrankungen).

Atemwegserkrankungen

Hitzebedingte Lungenprobleme (z. B. Lungenödem, akutes Atemnotsyndrom, erhöhter pulmonaler Stress durch hitzebedingte Hyperventilation und erhöhte Luftverschmut-

zung bei hohen Außentemperaturen) stellen nach Herz-Kreislauf-Erkrankungen die zweithäufigste Ursache für Mortalität und Morbidität während Hitzeperioden dar [30]. Verkehrsbedingte Luftverschmutzung vor allem in Großstädten hat einen zur Hitze zusätzlichen indirekten Effekt auf das Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko für Patientinnen und Patienten mit chronischen Atemwegserkrankungen [40] (siehe auch Beitrag in diesem Sachstandsbericht zu Luftschadstoffen von [Breitner-Busch et al.](#) [41]). In den Sommermonaten kommt es an heißen Tagen in Großstädten häufiger zu teils lebensbedrohlichen Verschlechterungen (Exazerbationen) im Krankheitsverlauf von Patientinnen und Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (chronic obstructive pulmonary disease, COPD). Bei Hitze gibt der Körper nicht nur über die Haut, sondern auch über die Lunge Wärme ab, wobei sich die Atemfrequenz leicht erhöht. Dieser Wärmetransport ist bei Lungenvorgeschädigten allerdings eingeschränkt, sodass ein effizientes Abatmen der Wärme nur begrenzt funktioniert. Darüber hinaus führt die erforderliche Muskelarbeit für die vermehrten Atembewegungen auch selbst zu einer Steigerung der Körpertemperatur. Schließlich wird durch eine dehydrierungsbedingte Minderdurchblutung der Lunge eine größere Infektanfälligkeit bewirkt [42].

Metabolische Erkrankungen

Auch Personen mit Diabetes tragen ein erhöhtes Risiko, während einer Hitzeperiode ins Krankenhaus eingeliefert zu werden. Ähnlich wie bei Lungenerkrankten besteht bei diesen Patientinnen und Patienten in der Lunge eingeschränkte thermoregulatorische Reaktionsfähigkeit auf vasculärer Ebene, da Hitzeeinwirkung die Selbstregulation der

Blutgefäße beeinflusst, was zu einer verstärkten Neigung zu Gerinnselbildung führt [43].

Nierenerkrankungen

Reduziertes Blutvolumen durch Dehydrierung kann zu einer Schädigung der Nieren führen. Wie vor allem in heißen Regionen der Erde bei Menschen, die draußen arbeiten, beobachtet wurde, kann chronische Dehydrierung eine Nierenfibrose (Vernarbung der Niere) und chronische Nierenerkrankung verursachen [30].

Auswirkungen auf Schwangere

Es liegt vermehrt Evidenz vor, dass hohe Temperaturen sich auf Schwangere und den Verlauf der Schwangerschaft auswirken können, z. B. durch eine reduzierte Blutversorgung über die Plazenta, Dehydrierung oder entzündliche Prozesse, die Frühgeburten auslösen können [44, 45]. Eine Metaanalyse berechnet zum Beispiel, dass die Wahrscheinlichkeit einer Frühgeburt pro 10 °C Temperaturanstieg 1,05 (95 %-Konfidenzintervall (KI): 1,03–1,07) mal höher liegt und 1,16 (95 %-KI: 1,10–1,23) mal höher während Hitzeperioden (definiert als zwei oder mehr Tage, deren Temperatur über dem 90. Perzentil liegt). Hitzeexposition der Schwangeren über den Verlauf der Schwangerschaft kann zudem zu geringem Geburtsgewicht (< 2.500 Gramm) des Neugeborenen führen [46].

Wechselwirkungen mit Arzneimitteln

Neben den oben erwähnten Einflussfaktoren spielt auch die Einnahme von Medikamenten eine wesentliche Rolle in den Auswirkungen von Hitze auf den individuellen Menschen [47, 48]. [Tabelle 1](#) listet eine Reihe von Arzneimitteln

Verschiedene Arzneimittelgruppen, insbesondere blutdrucksenkende oder entwässernde Präparate, können bei Hitze gefährliche Nebenwirkungen entfalten.

und Wirkstoffgruppen, die bei Hitze gefährliche Nebenwirkungen entfalten können. Insbesondere ergänzt [Tabelle 1](#) die Tabelle in [48].

Hitzebedingte Vasodilatation kann den blutdrucksenkenden Effekt vieler Herz-Kreislauf-Mittel deutlich verstärken mit der Folge von Synkopen mit möglicherweise schwerer Verletzungsfolge (beispielsweise durch Stürze) oder kritischen Organischämien (Organdurchblutungsstörungen) bis hin zum Herzinfarkt. Besonders gefährdet sind hier Personen mit systolisch bedingter Herzinsuffizienz (Herzschwäche), sowie Patientinnen und Patienten mit Bluthochdruck. Blutdrucksenkende Medikamente (Antihypertensiva), die häufig auch als Mittel gegen Herzinsuffizienz verschrieben werden, können bei Hitze zu einer zu starken Blutdrucksenkung führen. Besonders problematisch ist die Kombination mit Medikamenten zur Entwässerung (Diuretika). Diese werden (allein oder in Kombination mit anderen Antihypertensiva) zur Blutdrucksenkung, aber auch zur Entwässerung bei Personen mit Herzinsuffizienz eingesetzt [48].

Auch Arzneimittel, welche die Wirkung des Neurotransmitters Acetylcholin hemmen (Anticholinergika), können bei Hitze zu Komplikationen führen, da sie die zentrale Temperaturregulierung beeinflussen und das Schwitzen unterbinden. Diese anticholinerge Wirkung ist in vielen Arzneimitteln enthalten, die für ein breites Spektrum von Beschwerden (Asthma bronchiale bis Harninkontinenz) eingesetzt werden [49].

Weitere große Arzneimittelgruppen, die bei Hitze unerwünschte Wirkungen entwickeln können, sind Wirkstoffe, die zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen eingesetzt werden (Antiarrhythmika), Wirkstoffe zur Behandlung der koronaren Herzkrankheit (Antianginosa) sowie Anti-

diabetika. Auch verschiedene Schmerzmittel tragen ein hohes Interaktionspotenzial, besonders aber Opiate, die zur Aufnahme über die Haut verabreicht werden [50].

Auch bei jüngeren, weniger häufig vorerkrankten Personen zeigen bestimmte Arzneimittel bei Hitzeexposition potenziell gefährliche Nebenwirkungen. So konnte kürzlich in der Analyse des Augsburger MONICA/KORA-Herzinfarktregisters gezeigt werden, dass Patientinnen und Patienten, die Plättchenhemmer oder Betablocker einnehmen, vulnerabler für nicht-tödliche Herzinfarkte infolge von Hitzeexposition sind als Personen ohne diese Medikamente [51].

Die vergleichsweise neue Wirkstoffgruppe der SGLT2-Inhibitoren, welche bei der Behandlung von Diabetes eingesetzt werden, kann bei Hitze ebenfalls zu unerwünschten Effekten führen. Hier kommt es zu einer vermehrten Glukose- und damit Volumenausscheidung über den Harn. Diese Medikamentengruppe ist insofern wichtig zu beachten, da sie aufgrund ihrer deutlichen Indikationserweiterung (neben Diabetes nun auch bei allen Formen der Herzinsuffizienz und bald auch bei Niereninsuffizienz) leitliniengerecht bei sehr vielen Patientinnen und Patienten eingesetzt werden wird [52, 53].

Darüber hinaus muss zum einen berücksichtigt werden, dass die Lagerfähigkeit von Arzneimitteln im Allgemeinen durch Hitze beeinträchtigt wird, wodurch die Wirksamkeit verringert werden kann [54]. Zum anderen haben viele Medikamente ein umfassendes Interaktionspotenzial, welches durch die Einwirkungen von Hitze massiv gesteigert werden kann.

Tabelle 1

Medikamenteninteraktion/Nebenwirkungspotenzial in Hitzeperioden, unterteilt nach Wirkstoff/Indikationsklassen

Quelle: Adaptiert und erweitert nach Kuch [48]

Wirkstoff/Indikationsklasse	Beispiele	Art der durch Hitze aggravierten Nebenwirkung
Anticholinerge Arzneimittel (dazu zählen viele Psychopharmaka, Antidepressiva, aber auch Bronchoinhalativa etc.)	Viele Benzodiazepine (Schlafmittel), Atosil (Antipsychotikum), trizyklische Antidepressiva, Ipra-/Tiotropiumbromid (COPD), Trosipiumchlorid, (gegen Dranginkontinenz), Biperiden, Oxybutinin (Antiparkinsonmittel), Butylscopolamin (Magen-Darm-Krämpfe), Scopalamin (gegen Übelkeit, z. B. bei Reisekrankheit), Dimenhydrinat (gegen Übelkeit, Beruhigung), Antihistaminika (gegen Allergien)	Hemmung der zentralen Temperaturregulierung → Schwitzen verringert, Kognitionseinschränkung; Blutdruckabfälle und andererseits Blutdruckkrisen
Antihypertensiva (AHT, Bluthochdruckmittel)	Betablocker, ACE-Inhibitoren, Sartane, Kalziumantagonisten, Clonidin, Moxonidin (letztere zentral wirksam)	Einerseits Verhinderung der Erweiterung der Blutgefäße (Betablocker) in der Haut → Hitzeableitung durch Konvektion verringert, Erhöhung der Schweißsekretionsschwelle (zentrale AHT); andererseits Verstärkung der blutdrucksenkenden Wirkung durch Vasodilatation → Blutdruckabfälle
Diuretika (als Bluthochdruckmittel oder bei Herzinsuffizienz)	Hydrochlorothiazid, in vielen Kombinationspräparaten enthalten, Chlortalidon, Indapamid, Torasemid, Furosemid, Spironolacton	Verstärkung der Blutdrucksenkung, Austrocknung, Nierenversagen, gefährliche Elektrolytentgleisung
Antianginosa (bei koronarer Herzerkrankung)	Nitrate wie ISMN, ISDN, Molsidomin	Besondere gefäßerweiternde Wirkung → gefährliche Blutdruckabfälle
Antiepileptika	Carbamazepin, Valproinsäure, Lamotrigin, Benzodiazepine, Barbiturate	Beeinträchtigung der kognitiven Wachsamkeit, Verstärkung von Elektrolytentgleisungen (Hyponatriämie) [55, 56]
Schmerzmittel	NSAR (Ibuprofen, Diclofenac, Coxibe), Opiate/Opioide (Fentanylpflaster, orale Medikamente wie Morphin, Hydromorphon, Codein, Dihydrocodein, Pethidin, Tilidin, Tramadol)	Gefahr des Nierenversagens, Auslösung von Bluthochdruckentgleisungen, Verschlechterung von Herzinsuffizienz bei Exsikkose, bei Opiaten/Opioiden Gefahr der Akkumulation bzw. verstärkter Wirkstofffreisetzung bei transdermalen Systemen → kognitive Beeinträchtigung, Atemdepression, anticholinerge Nebenwirkungen
Insuline	Basalinsuline, schnellwirksame Insuline etc.	Unter Hitzebedingungen gegebenenfalls rascheres Anfluten mit Gefahr der Hypoglykämie (Unterzuckerung)
SGLT2-Inhibitoren (bei Diabetes, Herzinsuffizienz und Niereninsuffizienz)	Dapagliflozin, Empagliflozin, Ertugliflozin	Gefahr der Exsikkose, Erhöhung der Gefahr atypischer Ketoazidose unter Volumenmangel

ACE = Angiotensin Converting Enzyme, AHT = Antihypertensiva, COPD = chronisch obstruktive Lungenerkrankung, ISDN = Isosorbiddinitrat, ISMN = Isosorbidmononitrat, NSAR = nicht-steroidale Antirheumatika, SGLT2-Inhibitoren = Natrium-Glukose-Cotransporter 2-Inhibitoren

1.5 Vulnerable Bevölkerungsgruppen

Zu den Bevölkerungsgruppen, die aufgrund ihrer Risikofaktoren vulnerabel für hitzebedingte Morbidität und Mortalität sind, zählen ältere Menschen (insbesondere Alleinlebende), Vorerkrankte (hier vor allem Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Atemwegserkrankungen, Nierenerkrankungen, Übergewicht, Diabetes), Schwangere, Säuglinge und Kleinkinder, Menschen, die im Freien schwer arbeiten oder intensiv Sport treiben, Menschen mit körperlichen und geistigen Beeinträchtigungen, sozial schlechtergestellte Personen und Obdachlose [31]. Das Thema gesundheitliche Chancengleichheit im Klimawandel wird auch in einem Artikel dieses Sachstandsberichts von Bolte et al. [57] behandelt.

Um hitzebedingte Krankheits- und Sterbefälle so weit wie möglich zu vermeiden, sollten Hitzeaktionspläne (HAP, auf die im [Abschnitt 2.2 Hitzeaktionspläne zum Schutz der Gesundheit](#) ausführlich eingegangen wird) und andere Maßnahmen vor allem jene Personen in den Blick nehmen, die ein erhöhtes gesundheitliches Risiko während Hitzeperioden tragen. [Tabelle 2](#) gibt einen Überblick über die betroffenen Bevölkerungsgruppen.

2. Anpassungsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit bei Hitze

2.1 Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes

Um Anpassungsmaßnahmen an Hitzeperioden zu ermöglichen, ist es im ersten Schritt notwendig, bevorstehende Hitzeperioden zu erkennen und die Bevölkerung sowie das Gesundheitssystem über diese rechtzeitig zu informieren. Diese Aufgabe übernimmt in Deutschland das Hitzewarn-

system des DWD [59], das im Sommer 2005 bundesweit in Betrieb genommen wurde. Ausschlaggebend für die Entwicklung waren die Erfahrungen des Sommers 2003, der europaweit zu zahlreichen zusätzlichen Todesfällen geführt hatte (z. B. [60]).

Eine physiologisch relevante Bewertung von Hitzeperioden muss neben der Lufttemperatur auch den Wasserdampfgehalt der Luft (Schwüle), sowie die Wind- und Strahlungsverhältnisse berücksichtigen. Beim Hitzewarnsystem des DWD erfolgt dies über die „Gefühlte Temperatur“ [6]. Die Gefühlte Temperatur beschreibt das Temperaturempfinden eines „Standard-Menschen“ (Klima-Michel) und übersetzt dazu die aktuellen thermischen Bedingungen in die Lufttemperatur einer Standardumgebung. Für die Gefühlte Temperatur existieren Belastungsklassen, die eine thermisch relevante Bewertung der aktuellen Bedingungen ermöglichen [6].

Hitzewarnungen werden vom DWD auf Landkreisebene jeweils für den aktuellen und den folgenden Tag herausgegeben. Bei den Warnungen wird dabei die Höhenlage im Landkreis berücksichtigt, sodass eine Warnung auch nur für Teile des Landkreises (z. B. Gebiete unterhalb von 800 m Höhe) gültig sein kann. Bei den Hitzewarnungen werden zwei Warnstufen unterschieden: Eine „Warnung vor starker Wärmebelastung“ wird veröffentlicht, wenn die Gefühlte Temperatur, die Schwelle von $32\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ überschreitet; eine „Warnung vor extremer Wärmebelastung“ hingegen, wenn erwartet wird, dass die Gefühlte Temperatur am frühen Nachmittag (14 Uhr) die Schwelle von 38 °C überschreitet. Die Schwelle für eine starke Wärmebelastung variiert im Laufe des Sommers in Abhängigkeit von der meteorologischen Vorgeschichte. Waren die vorausgehenden Wo-

Tabelle 2
Bevölkerungsgruppen, die bei Hitzeperioden ein größeres gesundheitliches Risiko tragen
 Quelle: Aktualisiert und ergänzt nach World Health Organization [31]

Kategorie	Risikogruppe
Physiologische Anpassungskapazität	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ältere Menschen (>65 Jahre) ▶ Säuglinge und Kleinkinder ▶ Schwangere
Vorerkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kardiovaskuläre Erkrankungen (z. B. arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz) ▶ Zerebrovaskuläre Erkrankungen (z. B. Schlaganfall) ▶ Respiratorische Erkrankungen (z. B. COPD, Asthma bronchiale) ▶ Stoffwechselerkrankungen (z. B. Diabetes mellitus) ▶ Neurologische Erkrankungen (z. B. Morbus Parkinson durch krankheitsbedingt beeinträchtigte Thermoregulation) ▶ Psychische Erkrankungen (z. B. Depression, Schizophrenie, Drogenabhängigkeit) ▶ Nierenerkrankungen (z. B. Niereninsuffizienz) ▶ Übergewicht ▶ Einnahme von bestimmten Medikamenten zur Behandlung der genannten Erkrankungen (siehe Tabelle 1)
Menschen mit Behinderung	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Körperliche Behinderungen (z. B. Rückenmarksverletzungen [58]) ▶ Geistige Behinderungen, da sich Personen mit schweren kognitiven Einschränkungen schlechter selbst vor Hitze schützen können.
Funktionelle Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Bettlägerigkeit ▶ Unterbringung in Pflegeeinrichtung
Sozioökonomische Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Soziale Isolation, insbesondere im hohen Alter ▶ Obdachlosigkeit ▶ Ungünstige Wohnsituation
Körperliche Anstrengung bei hohen Außentemperaturen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Im Freien Arbeitende (z. B. in der Landwirtschaft, im Bausektor) ▶ Im Freien Sporttreibende ▶ Gesundheitspersonal, v. a. in Kombination mit persönlicher Schutzausrüstung
Beschäftigte, die ihren Arbeitsplatz auch bei hohen Innenraumtemperaturen während Hitzewellen nicht verlassen können	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mitarbeitende in Medizin- und Pflegeeinrichtungen, v. a. in Kombination mit persönlicher Schutzausrüstung

COPD = chronisch obstruktive Lungenerkrankung

chen kühler (wärmer), liegt die Schwelle etwas tiefer (höher) [18]. Dieser Ansatz ermöglicht es, die kurzfristige Anpassung an die Hitze, wie sie im Laufe eines jeden Sommers stattfindet, zu berücksichtigen.

Neben den Bedingungen am Tag wird bei den Warnungen vor starker Wärmebelastung auch die Nacht berücksichtigt. Da sich die meisten Menschen in der Nacht in Gebäuden aufhalten, wird dazu über ein Gebäudesimula-

Hitzeaktionspläne dienen als Instrument zur Etablierung gezielter Interventionsmaßnahmen zum präventiven Gesundheitsschutz und der Gesundheitsförderung.

tionsmodell die Innenraumtemperatur eines Standardgebäudes ermittelt [61]. Diese Temperatur muss über bestimmten, regional differenzierten Schwellenwerten liegen, damit eine Warnung vor starker Wärmebelastung herausgegeben werden kann. Die Warnungen werden ergänzt durch Zusatzmodule, die genauer auf die Belastung von alten und pflegebedürftigen Menschen eingehen und den Effekt der städtischen Wärmeinsel berücksichtigen.

In Deutschland werden aktuelle Hitzewarnungen über einen E-Mail-Newsletter, die DWD-Warnkarte oder via verschiedene Smartphone-Apps verteilt. Außerdem werden die Hitzewarnungen über die Warnsysteme des Katastrophenschutzes verbreitet. Der E-Mail-Newsletter beinhaltet auch situationsspezifische Verhaltensempfehlungen. Pflegeheime und andere Träger des Gesundheitssystems werden von Seiten der Landesgesundheitsämter angehalten, den DWD-Newsletter zu abonnieren.

Ist eine Hitzewarnung herausgegeben, sind die zuständigen Gesundheitsbehörden der Bundesländer aufgerufen Interventionsmaßnahmen einzuleiten. Ergänzend zur Hitzewarnung für die nächsten 48 Stunden stellt der DWD auch eine Hitzevorinformation für die nächsten zwei bis acht Tage bereit [62].

2.2 Hitzeaktionspläne zum Schutz der Gesundheit

Bis zu den Ereignissen des extremen Hitzesommers 2003 in Westeuropa mit seinen katastrophalen Gesundheitseffekten fehlte in den meisten europäischen Staaten eine geeignete Vorsorgeplanung zum Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Auswirkungen extremer Hitze. Auf der Basis erster Studienergebnisse, Erkenntnisse und Er-

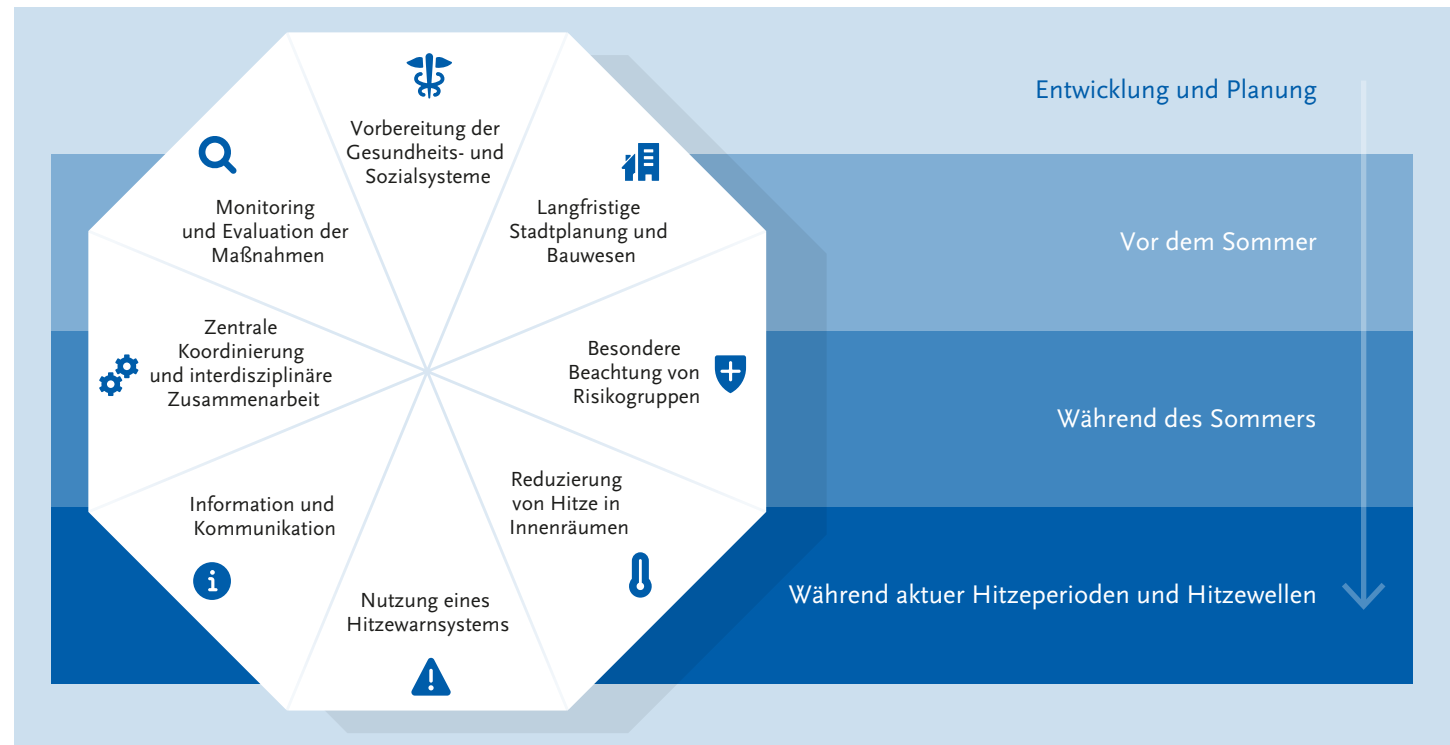
fahrungen hat das Regionalbüro Europa der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO) 2008 einen Leitfaden für Hitzeaktionspläne (HAP) zum Schutz der Gesundheit veröffentlicht [63]. HAP dienen als Instrument zur Etablierung gezielter Maßnahmen zum präventiven Gesundheitsschutz, und wurden seither in mehreren europäischen Staaten, wie zum Beispiel in Frankreich, Italien und der Schweiz, etabliert.

Das übergeordnete Ziel ist es, das Gesundheitsrisiko extremer Hitzeperioden zu reduzieren und die individuelle Widerstandsfähigkeit gegenüber ungünstigen Entwicklungen zu stärken. Um besser auf die (zum Teil bereits eingetretenen) durch den Klimawandel bedingten Umweltveränderungen vorbereitet zu sein, sind neben Klimaschutz auch zielgerichtete Anpassungsmaßnahmen notwendig. Deshalb hat eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe auf der Basis des WHO-Leitfadens [63] im Auftrag der Bundesministerien für Umwelt und Gesundheit im Jahr 2017 Handlungsempfehlungen für die Erarbeitung von HAP zum Schutz der menschlichen Gesundheit erstellt, mit deren Hilfe Bundesländer und Kommunen konkrete Maßnahmenpläne erarbeiten und in die Umsetzung bringen sollen [64]. Sie skizzieren kurz-, mittel- und langfristige Optionen für gesundheitliche Anpassungsmaßnahmen für eine zeitnahe und schrittweise Realisierung regional bzw. lokal angepasster HAP. Diese Empfehlungen basieren auf acht Kernelementen und setzen einen Rahmen für die Entwicklung von individuellen Sofortmaßnahmen, die während einer akuten Hitzeperiode primär präventiv umzusetzen sind, über Vorbereitungs-, Präventiv- und Behandlungsmaßnahmen in Einrichtungen der Gesundheitsversorgung und der Pflege unter be-

Abbildung 7

Die acht Kernelemente eines gesundheitsbezogenen Hitzeaktionsplans mit ihrer zeitlichen Umsetzung: Die meisten Kernelemente kommen in jeder Vorbereitungs- und Schutzphase zur Umsetzung

Quelle: Adaptiert nach World Health Organization [63] und Straff et al. [64]



sonderer Berücksichtigung vulnerabler Bevölkerungsgruppen bis zu Anpassungen der Bau- und Stadt- bzw. Raumplanung, die erst längerfristig Erfolg zeigen können (Abbildung 7).

Während die Bundesebene den Rahmen für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels vorgibt, wie mit der Regierungsstrategie „Deutsche Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ [65] und den HAP-Handlungsempfehlungen [64], liegt die Umsetzungszuständigkeit konkreter Anpassungsmaßnahmen überwiegend auf kommunaler Ebene [66]. Da extreme Hitzeereignisse und ihre Folgen jedoch nicht in gleicher Weise überall in Deutschland auf-

treten, müssen regional und lokal spezifische Gegebenheiten berücksichtigt werden. Darum folgen Anpassungsmaßnahmen dem Subsidiaritätsprinzip, d. h. konkrete Maßnahmen sollen auf der am besten geeigneten Ebene kompetent und verantwortlich umgesetzt werden. Die Umsetzung von HAP auf kommunaler Ebene wird dringend empfohlen [34, 67], ist jedoch bislang rechtlich nicht vorgeschrieben. Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, so auch an Hitze, wird bundesseitig mit verschiedenen Förderprogrammen unterstützt, über die Finanzmittel zur Durchführung entsprechender Projekte insbesondere von Kommunen beantragt werden können.

Mehrere Studien haben in den letzten Jahren untersucht, ob und wie die HAP-Handlungsempfehlungen von Ländern und Kommunen aufgegriffen und welche Pläne und Anpassungsmaßnahmen zur Vermeidung von gesundheitlichen Hitzeschäden bereits umgesetzt wurden [68–71].

Die Ergebnisse einer bundesweiten, im Frühjahr 2020 durchgeführten Online-Erhebung zeigen, dass die Gesundheitsrelevanz von Hitze als Querschnittsthema auf den Ebenen des Bundes, der Länder und Kommunen präsent ist und sich sowohl die Umwelt- als auch Gesundheitsressorts hiermit befassen [70, 72]. In einigen Kommunen und jüngst auch auf Länderebene befinden sich HAP in der Umsetzung [15, 70, 73]. Besonders aktiv sind die Bundesländer und Kommunen in der Kommunikation von Informationen und Bildungsmaterialien. Damit tragen sie zur Eigenvorsorge gegenüber Hitzeextremen im Rahmen der Verhaltensprävention bei. Dabei handelt es sich oft um niedrigschwellige, leicht umzusetzende Anpassungsmaßnahmen im individuellen Bereich. Viele Städte listen beispielsweise auf ihren Webseiten oder in gedruckten Ratgebern Tipps zum richtigen Verhalten bei Hitze für ihre Bürgerinnen und Bürger auf. Insgesamt ist festzustellen, dass nach der Einführung, Verbreitung und Bewerbung der HAP-Handlungsempfehlungen [64] seit 2017 die Anzahl von hitzepräventiven Maßnahmen und Projekten in Deutschland stetig steigt [74] und dass in jüngerer Vergangenheit auf der Ebene der Kommunen und Bundesländer HAP erarbeitet werden ([Abschnitt 2.4 Positivbeispiele für gesundheitsbezogenen Hitzeschutz](#)). Unklar bleibt indes, ob damit die Kriterien für einen wirksamen kurz- und mittelfristigen Schutz erfüllt sind, da einzelne Projekte nur manche der acht Kernelemente der Handlungsempfehlungen umfassen [68].

2.3 Weitere Empfehlungen zur Hitzeprävention und zum Hitzeschutz

Die Evidenz für wirksamen Hitzeschutz ist bei Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern zum großen Teil bekannt. Eine breite Auswahl an Informationsmaterialien ist verfügbar, die Beispiele für konkrete Interventionen und Maßnahmenpläne im Gesundheits- und Pflegebereich werden mehr und das Angebot an Bildungsmodulen zum Thema nimmt seit einigen Jahren stetig zu, wie eine Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung eines HAP für Städte und Kommunen mit konkreten Umsetzungsbeispielen aus der kommunalen Praxis zeigt ([Infobox 2](#)) [75]. Unter Berücksichtigung der Anfang 2020 eingetretenen COVID-19-Pandemie wurden einige Informationsmaterialien und Empfehlungen für Maßnahmen im Gesundheitssektor an die Situation angepasst (z. B. [34, 76]).

Im Sommer 2021 wurden Schlüsselpersonen aus dem deutschen Gesundheitswesen in semi-strukturierten Interviews zur Umsetzung von integrierten HAP befragt, um die Empfehlungen des Lancet Countdown on Health and Climate Change Policy Briefs für Deutschland von 2019 zu überprüfen [67]. In Übereinstimmung mit bundesweiten Erhebungen [68, 70, 75] schätzten die befragten Expertinnen und Experten, dass bislang nur wenige Kommunen umfassende und integrierte HAP umgesetzt haben, in denen es gelungen ist, Akteure aus dem Gesundheitssektor, wie Ärzteschaft und Pflege, Rettungsdienste und Kliniken, in die Entwicklung der Pläne umfassend einzubinden. Es ist eine Voraussetzung, dass die zuständigen Behörden und Akteurinnen und Akteure im Gesundheitsbereich gesundheitsbezogenen Hitzeschutz als ihre Pflicht verstehen

Der Gesundheitssektor sollte bei der Entwicklung und Umsetzung von Hitzeaktionsplänen eine Schlüsselrolle einnehmen.

und sich daraus entsprechende Initiative und aktive Beteiligung entwickelt. Kaiser et al. [70] zeigen allerdings auch, dass allein die Existenz und Bekanntheit der Handlungsempfehlungen nicht ausreicht, damit Kommunen erfolgreich HAP erarbeiten können. So fehlt es einigen Kommunen etwa an Finanzmitteln und Personal, um HAP zu entwickeln und zu implementieren [70]. Auch wird auf das Fehlen einer rechtlichen Basis hingewiesen, die ein verbindliches Handeln mit eingeplanten Ressourcen ermöglicht. Im Juni 2022 entschied sich die Gesundheitsministerkonferenz für ein Umsetzungskonzept unter Einbindung unterschiedlicher Länder-Arbeitsgruppen des Gesundheitswesens zur Begleitung des Beschlusses aus 2020 [77]. Zwischenzeitlich haben erste Bundesländer, wie u. a. Hessen und Nordrhein-Westfalen, Erklärungen bzw. Beschlüsse für die Umsetzung von HAP gefasst. Der 125. Deutsche Ärztetag fasste im Herbst 2021 zudem unter dem Tagesordnungspunkt „Klimaschutz ist Gesundheitsschutz“ mehrere Beschlüsse [78], letzthin um den hohen Anteil von zwischen 5–6,7% der durch den Gesundheitssektor verursachten gesamtdeutschen Treibhausgasemissionen zu mindern und sich auf Klimaneutralität auszurichten [41, 79].

2.4 Positivbeispiele für gesundheitsbezogenen Hitzeschutz

Zum gesundheitsbezogenen Hitzeschutz gibt es in Deutschland eine Reihe von positiven Beispielen, die in der Praxis bereits umgesetzt sind. Sie reichen von der Entwicklung von Informationsmaterialien für vulnerable Bevölkerungsgruppen und Einrichtungen bis zu HAP und Aktionsbündnissen im Gesundheitssektor. Auch Fortbildungs- und

Infobox 2 Auswahl von Angeboten und Empfehlungen zur Hitzevorsorge für die Anwendung im Gesundheitssektor

Gesundheitsschäden durch Hitze und extreme Hitzeperioden lassen sich weitgehend vermeiden. Ihre Prävention erfordert eine Reihe von Maßnahmen unterschiedlicher Ebenen: von der Vorsorge des Gesundheitswesens, die mit meteorologischen Frühwarnsystemen abgestimmt ist, über rechtzeitige amtliche und ärztliche Hinweise bis zu Verbesserungen in Wohnungsbau und Stadtplanung. Hierzu dienen nachfolgend die ausgewählten aktuellen Materialien:

- ▶ [WHO-Gesundheitshinweise zur Prävention hitzebedingter Gesundheitsschäden](#) – Neue und aktualisierte Hinweise für unterschiedliche Zielgruppen (2019)
- ▶ [Klimawandel und Bildung](#). Unterschiedliche Bildungsmodule für verschiedene Berufsgruppen (u. a. für Kinder- und Jugendärztinnen und -ärzte, Medizinische Fachangestellte und Pflegekräfte, Jugendarbeit) im Gesundheitswesen der Ludwig-Maximilians-Universität München (2020–2022)
- ▶ [Handlungsfeld Hitze der Deutschen Allianz Klimawandel und Gesundheit e. V.](#) (2022)
- ▶ [Klima-Mensch-Gesundheit](#). Webseite der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, u. a. auch zu Hitze und Hitzeschutz (2022)
- ▶ [Klimawandel und Gesundheit: Tipps für sommerliche Hitze und Hitzewellen](#). Deutscher Wetterdienst/Umweltbundesamt-Ratgeberbroschüre (2019)
- ▶ [Der Hitzeknigge: Tipps für das richtige Verhalten bei Hitze](#). Umweltbundesamt-Broschüre zum Hitzeschutz und zur Vorsorge (2021)
- ▶ [Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans](#) für Kommunen der Hochschule Fulda (2023)
- ▶ [Bund/Länder-Handlungsempfehlungen](#) für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit (2017)

Diese Zusammenstellung ist eine Auswahl und hat nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Qualifizierungstools zu Hitze und Gesundheit, wie z. B. die Bildungsmaterialien der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) oder der Deutschen Allianz Klimawandel und Gesundheit (KLUAG), sind verfügbar. Im Folgenden soll eine Auswahl vorgestellt werden.

Erste Hitzeaktionspläne

Die HAP-Handlungsempfehlungen [64] wurden seit ihrer Veröffentlichung 2017 kontinuierlich und vielseitig über diverse Kommunikationskanäle gestreut, auf unterschiedlichen Veranstaltungen dem Fachpublikum aus Wissenschaft und öffentlicher Verwaltung sowie der erweiterten Fachöffentlichkeit wie Stakeholdern vorgestellt (z. B. auf nationalen Fachtagungen, Konferenzen und Fort- und Weiterbildungen des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (ÖGD)) und

in verschiedenen Journalen publiziert. Darüber hinaus erhielten 2021/2022 einige Kommunen und Länder erste Beratungen für die konkrete HAP-Umsetzung durch die Hochschule Fulda, durch Landesinstitutionen, wie das NRW-Landeszentrum Gesundheit, durch das Zentrum Klimaanpassung und andere Forschungs-, Beratungs- und Nichtregierungsorganisationen.

Die oben beschriebene Online-Erhebung 2020 zeigte, dass die Befragten die HAP-Handlungsempfehlungen überwiegend positiv als eine hilfreiche Basis für ihre Arbeit und einen gut verständlichen und praktikablen Leitfaden für einen HAP betrachten. In einigen Bundesländern und Kommunen konnten bereits eine Reihe von Impulsen und Entwicklungen angestoßen bzw. erste gesundheitsbezogene Anpassungsmaßnahmen zur Hitzeprävention initiiert werden [70]. Seither wurden auch die ersten Konzepte für HAP auf kommunaler Ebene auf der Basis der Handlungsempfehlungen erarbeitet, wie [Infobox 3](#) verdeutlicht.

Infobox 3

Auswahl von ersten Hitzeaktionsplänen

Seit der Veröffentlichung der Bund/Länder-Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen (HAP) in 2017 sind bis Ende 2022, überwiegend unterstützt durch unterschiedliche Förderprogramme der Projektfinanzierung des Bundes, erste HAP auf kommunaler Ebene erarbeitet worden. Dazu gehören u. a.:

- ▶ [Offenbach am Main 2020](#)
- ▶ [Mannheim 2021](#)
- ▶ [Köln 2022: HAP speziell für ältere Menschen](#)
- ▶ [Worms 2022](#)
- ▶ [Land Brandenburg 2022: Gutachten für einen HAP](#)
- ▶ [Land Berlin 2022: Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin](#) (erste Musterhitzeschutzpläne für die ambulante und stationäre Pflege, Praxen und den Öffentlichen Gesundheitsdienst)
- ▶ [Land Hessen 2023: Hessischer Hitzeaktionsplan](#)

Die Hitze-Toolbox nach Schweizer Vorbild

Basierend auf der Ursprungsvorlage aus der Schweiz von 2017 [80] wurde durch das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit die Hitze-Toolbox Bayern erarbeitet [81]. Auf übersichtlichen Faktenblättern gibt sie beispielhaft eine orientierende Unterstützung bei der Gestaltung, Planung und Erstellung von HAP. Zudem werden erfolgreiche Beispiele aus der Umsetzung vorgestellt [81]. Die Erfahrungen der Hitzeaktionsplanung aus der Schweiz zeigen, dass eine erfolgreiche Prävention sowohl auf einer Vielzahl von Maßnahmen basiert (vor, während und nach dem Sommer), als auch gesundheitsfördernd die individuelle Gesundheitskompetenz stärkt.

Vor allem in den wärmeren Regionen der Westschweiz wurde in den letzten Jahren eine Reduktion des hitzebedingten Sterberisikos beobachtet. Es gibt Hinweise darauf, dass die kantonalen HAP und somit die koordinierten Aktivitäten zur Prävention von negativen Hitzeauswirkungen auf die Bevölkerung zu dieser Reduktion beigetragen haben. Generell wichtig erscheint die gezielte Information der Bevölkerung über hitzebedingte Gesundheitsrisiken. Die diversen Projekte zur Untersuchung der Auswirkungen von Hitze auf die Gesundheit in der Schweiz haben in den letzten Jahren zu einer Verbesserung der Wissens- und Handlungsgrundlagen geführt. Die Präsentation und Verbreitung der Ergebnisse auf Stakeholder-Meetings und in der breiten Öffentlichkeit via Medien hat maßgeblich zur Bewusstseins-schärfung für diese Thematik beigetragen [80].

Erste Evaluationen berichten von Erfolgen für die Regionen mit HAP gegenüber denen mit vereinzelt Maßnahmen [80]. Dies entspricht internationalen Erfahrungen, auch wenn bislang nur wenige Studien zur HAP-Evaluation vorliegen [82]. Für Rom (Italien) wird allerdings auch schon von Erfolgen eines Programms („Long Live the Elderly“) berichtet [68], welches darauf beruht nachbarschaftliche, ehrenamtliche Helferinnen und Helfer einzubinden, dem sogenannten Buddy-System. Dies muss sich in Deutschland erst noch entwickeln.

Erfahrungen aus dem Pflegesektor

Als Reaktion auf hitzebedingte Sterbefälle im Sommer 2003 wurden in Hessen ein Hitzewarnsystem und ein Maßnahmenpaket für stationäre Einrichtungen in der Alten- und Behindertenpflege zum Schutz von vulnerablen Personen während Hitzeperioden entwickelt. Dies wurde von einem

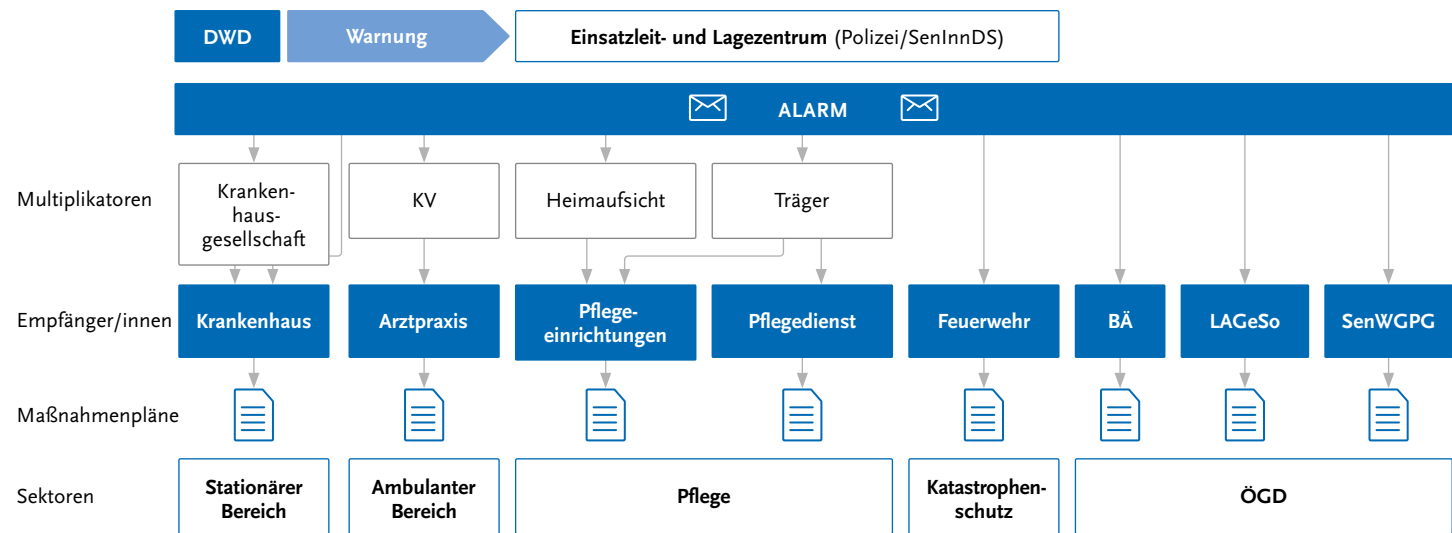
interdisziplinären Kreis von Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern und in der Pflege involvierten Akteurinnen und Akteuren vorangetrieben [83]. Die praktikablen Handlungsempfehlungen, die 2009 erstmals veröffentlicht und 2017 aktualisiert wurden, decken Themenbereiche von der Identifizierung besonders gefährdeter Bewohnerinnen und Bewohner bis zu Hitzeschutz-Maßnahmen in der Betreuung und Pflege ab. Auch Möglichkeiten zur Regulierung der Raumtemperatur und des Raumklimas werden dargestellt. Seit 2004 überprüft und berät die Hessische Betreuungs- und Pflegeaufsicht an Hitzewarntagen stationäre Einrichtungen zu Sofortmaßnahmen, legitimiert durch einen Erlass des Hessischen Sozialministeriums. Die Ergebnisse werden dokumentiert. Es wird berichtet, dass sich seit der Einführung dieses Systems gesundheitsbezogener Hitzeschutz in den Betreuungs- und Pflegeeinrichtungen in Hessen maßgeblich etabliert hat [83].

Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin

Das Pilotprojekt „Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin“, das im März 2022 ins Leben gerufen wurde, priorisiert Hitzeschutzmaßnahmen im Gesundheits- und Pflegesektor, die in einer akuten Hitzesituation den Schutz vulnerabler Bevölkerungsgruppen erhöhen [73]. Die Bildung eines essenziellen, interdisziplinären Akteurs-Netzwerks mit der Zentralsetzung von Hitzeprävention und -anpassung im medizinischen Bereich gelang über die Verantwortlichkeit, Einsicht und Initiative der Akteurinnen und Akteure im Gesundheitssektor. Vom Akteurs-Netzwerk selbst wurden die Hitze-Warnkaskade für den Gesundheitssektor (Abbildung 8) und die konkreten Interventionen entwickelt, die in sektorspezifischen Maßnahmenplänen festgehalten wur-

Abbildung 8
Etablierte Warnkette in der Pilotphase des
Aktionsbündnisses Hitzeschutz Berlin

Quelle: Barker [84]



BÄ=Bezirksämter, DWD=Deutscher Wetterdienst, KV=Kassenärztliche Vereinigung, LAGeSo= Landesamt für Gesundheit und Soziales, ÖGD=Öffentlicher Gesundheitsdienst, SenInnDS=Senatsverwaltung für Inneres, Digitalisierung und Sport, SenWGPG=Senatsverwaltung für Wissenschaft, Gesundheit, Pflege und Gleichstellung

den [73, 84]. Das Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin und seine Erfahrungswerte können als Beispiel für andere Städte, Kreise und Bundesländer hilfreich sein, konkret vor allem auch die Muster-Hitzeschutzpläne für verschiedene Einrichtungen, die als niedrigschwellige Checklisten konzipiert wurden.

3. Ausblick: Handlungs- und Forschungsbedarfe

Aktuelle Klimaprojektionen lassen für Mitteleuropa vermuten, dass sich die Eintrittswahrscheinlichkeit von Hitzeperioden bis zum Ende des Jahrhunderts um mehr als das Doppelte erhöht und sie um 30 Prozent länger andauern könnten. Als Folge ist zu erwarten, dass die Hitzebelastung in einer alternden deutschen Gesellschaft zunehmen wird

und daher auch hitzebedingte Krankheitssymptome und Sterbefallzahlen weiter ansteigen könnten, wenn keine effektiven Gegenmaßnahmen ergriffen werden [85].

Zunehmende und intensivere Hitzeperioden könnten dazu führen, dass Gesundheitseinrichtungen ihren Aufgaben zeitweise nicht in vollem Umfang nachkommen können, weil sie überlastet sind oder die notwendige Infrastruktur ausfällt. Unbestritten ist, dass der Klimawandel und die wachsenden Herausforderungen durch extreme Hitze mittelfristig voraussichtlich erhebliche zusätzliche Kosten für das Gesundheitswesen verursachen werden, die zum einen durch die Versorgung von Patientinnen und Patienten, aber auch durch Aufklärungskampagnen, die Anpassung der Infrastruktur und die Schulung von Personal entstehen. Langfristig könnten die Kosten für das Gesund-

Hitzeschutz muss stets im Kontext von Klimaschutz gedacht werden. Letztendlich ist Klimaschutz insbesondere auch nachhaltiger Gesundheitsschutz.

heitswesen aber auch wieder sinken, sofern Präventionsmaßnahmen erfolgreich umgesetzt werden [85].

Verhältnispräventive Anpassungsmaßnahmen an hohe Temperaturen und Hitzeperioden, wie die Schaffung von Grünanlagen und Parks, bringen einerseits Vorteile für das lokale Klima bzw. Stadtklima, andererseits leisten sie einen Beitrag für die Gesundheit der Bevölkerung u. a. durch die Verbesserung der Luftqualität und als Erholungsräume. Darüber hinaus resultieren aus einem klimafreundlichen Individualverhalten (Verhaltensprävention) neben dem Klimaschutz in der Regel auch substantielle eigene gesundheitliche Vorteile, sogenannte Health Co-Benefits (siehe auch [10]). Verhaltenspräventive Empfehlungen, die außerdem klimafreundlich sind, beinhalten also auch Potenziale zur Gesundheitsförderung. Die Offenheit und auch das Verständnis für die Notwendigkeit von HAP ist innerhalb der Gesundheitsberufe, den Verbänden im Gesundheits- und Pflegebereich, im Öffentlichen Gesundheitsdienst und in den Kommunen zuletzt sehr deutlich gewachsen.

3.1 Handlungsempfehlungen

Es ist nach wie vor notwendig, den gesundheitsbezogenen Hitzeschutz und die Hitzeprävention in Deutschland zu verbessern. Dafür ist erforderlich, (a) das übergeordnete Strukturdefizit des Öffentlichen Gesundheitsdienstes zu adressieren, (b) Hitzeaktionspläne, die akute und mittel- bis langfristige Maßnahmen der acht Kernelemente integrieren, systematisch und flächendeckend umzusetzen und (c) Hitzeschutz/Hitzevorsorge vor allem im Gesundheitssektor und in der Allgemeinheit zu verankern. Konkrete Empfehlungen zu Maßnahmen in den Handlungsfeldern

Verhältnisprävention, Gesundheitsförderung, -versorgung und -schutz, Katastrophenschutz, Bildung und Weiterbildung, Gesundheitsaufklärung und Kommunikation, Surveillance, Bau- und Stadtplanung und Arbeitsschutz, die zu diesen drei Zielen beitragen, sind in [Tabelle 3](#) zusammengefasst. Sie reichen von der Setzung politischer Rahmenbedingungen für die Umsetzung von HAP über die aktive Einbindung der Gesundheitsakteurinnen und -akteure bis hin zur Überprüfung von Bau- und Arbeitsschutzgesetzen.

Umsetzungs- und Begleitforschung bei konkreten Projekten trägt dazu bei herauszufinden, welche Faktoren die Umsetzung von HAP und gesundheitsbezogenen Hitzeschutzmaßnahmen in relevanten Einrichtungen, Kommunen, Landkreisen und Bundesländern fördern und welche sie erschweren. Die Ergebnisse helfen, den Umsetzungsprozess in neuen Projekten gezielt fördern zu können. Ein kontinuierliches Monitoring und die Evaluation von HAP (sowohl Prozess- als auch Wirksamkeitsevaluierung) ist erforderlich, um die Wirksamkeit von HAP und der integrierten Maßnahmen im gesundheitsbezogenen Hitzeschutz zu bestimmen ([Tabelle 3](#)). Sie können Aufschluss darüber geben, welche Faktoren Einfluss auf die Anpassungsfähigkeit und Anpassungsmöglichkeit der Bevölkerung an hohe Temperaturen und Hitze haben und welche Maßnahmen hilfreich sind, um die Bevölkerung in der Adaptation zu unterstützen und resilienter zu machen.

Tabelle 3

Handlungsempfehlungen zur Stärkung des gesundheitsbezogenen Hitzeschutzes in Deutschland (Stand: Ende Mai 2023)

Ziel	Maßnahme	Ansatzpunkt	Akteursebene	Umsetzbarkeit	Handlungsfeld
Systematische und flächen-deckende Erstellung und Umsetzung von Hitzeaktionsplänen (HAP)	Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle, finanzielle Förderung für Kommunen durch Bund und Länder ermöglichen, erleichtern und breiter aufstellen	Einzelne Kommunen haben bereits HAP erstellt und beginnen diese umzusetzen; es gibt bereits Good-Practice-Beispiele für die Erstellung	Bund, Länder und Kommunen	In den Kommunen von personellen und finanziellen Ressourcen sowie von regulativen Vorgaben wie ÖGD-Gesetzen der Länder und Bundesgesetzgebung abhängig	Verhältnisprävention, Gesundheitsförderung, Gesundheits- und Katastrophenschutz
Stärkung des Gesundheitssektors in seiner zentralen Rolle im gesundheitsbezogenen Hitzeschutz und der entsprechenden Vorsorge	Aktivierung von Gesundheitsakteurinnen und -akteuren als zentraler Pfeiler der HAP, vor allem für die Umsetzung von akutpräventiven Anpassungsmaßnahmen	Erste Aktionsbündnisse im Gesundheitssektor [84]	Gesundheitseinrichtungen, Pflegeeinrichtungen und Pflegedienste, Hausärztinnen und -ärzte, Öffentlicher Gesundheitsdienst, Feuerwehr und Notdienste, Vereinigungen und Verbände, Ehrenamt	Aus der ärztlichen Verantwortung heraus; Eigeninitiative der Akteurinnen und Akteure	Gesundheitsversorgung
Verankerung von Problembewusstsein und Kompetenz im Umgang mit Hitze in der Bevölkerung	Kommunikationsstrategie	Vielfältiges Informationsmaterial ist bereits vorhanden	Bund, Länder und Kommunen	Abstimmung von Bund, Ländern und Kommunen, unterschiedliche Kanäle erforderlich	Gesundheitsaufklärung, Gesundheitsförderung, Gesundheitsschutz
Gesundheitseffekte infolge von Hitzebelastungen zeitnah kleinräumig sowie in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen einschätzen	Zeitnahes Hitze-Monitoring der Mortalität ausbauen, Monitoring der Morbidität und Arbeitssituation in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen bei Hitze etablieren	Zeitnahe Mortalitätssurveillance am Robert Koch-Institut, HEAT-Projekte in Hessen [15]	Bund, Länder und Kommunen	Aufwand für die Erhebung, Analyse und Speicherung der Daten	Surveillance
Hitzeresilientes Gesundheitssystem	Investitionen in das Gesundheitssystem zur Stärkung der Zuverlässigkeit von Infrastrukturen bei Hitze	Bestehende Krankenhausalarm- und Einsatzplanung (KAEP)	Bund, Länder, Einrichtungen	Fördermöglichkeiten bisher begrenzt	Finanzierung und Ressourcen
Hitzekompetentes Gesundheitspersonal	Aus- und Weiterbildung der Beschäftigten im Gesundheitssystem im Bereich Hitzeschutz/ Vorsorge, Präventionskampagnen [71, 77, 78, 85]	Bestehende Ausbildungsangebote und Materialien, zum Beispiel Projekte der LMU zu Hitzeschutz in der Pflege	Bund, Länder, Einrichtungen	Bestehendes Schulungsangebot enthält bisher wenig zu Hitzeschutz	Bildung

Tabelle 3 Fortsetzung nächste Seite

Ziel	Maßnahme	Ansatzpunkt	Akteursebene	Umsetzbarkeit	Handlungsfeld
Hitzeresiliente Gebäudestruktur mit besonderem Augenmerk auf Krankenhäuser und Pflegeheime	Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Bau- und Arbeitsschutzgesetze [71] im Hinblick auf ihre Wirksamkeit für gesundheitsbezogenen Hitzeschutz	Besonderer Schutz von Mitarbeitenden im Gesundheitssystem erforderlich, bestehende Gesetzgebung zu passiver Kühlung von Gebäuden sollte beachtet werden	Bund und Länder	Umsetzung auf der Basis der Empfehlungen des European Network Architecture for Health [86]	Bau- und Stadtplanung, Arbeitsschutz
Fortlaufende, evidenzbasierte Umsetzung und Weiterentwicklung von HAP	Evaluierung von HAP und entsprechender Maßnahmen	Kommunen, in denen ein HAP bereits besteht und umgesetzt wird, Anlehnung an Methodik von WHO Europa, auch anderer Regionen, beispielsweise England [87,88]	Beobachtung und Analyse der HAP-Umsetzung in Ländern und Kommunen durch den Bund	Zuständigkeitsverteilung zwischen den Bereichen Umwelt und Gesundheit unklar	Verhältnisprävention, Gesundheitsförderung, Gesundheits- und Katastrophenschutz
Evidenzbasierte Behandlung von Patientinnen und Patienten in Hinblick auf Risiken im Zusammenhang mit Hitze	Konzeptentwicklung zum Umgang mit hitzesensitiven Medikamenten, z. B. Zusammenfassung der Evidenz, Machbarkeitsstudien, Entwicklung einer Warn-App	Wissensstand zu Wechselwirkungen von Medikamenten und hohen Temperaturen	Bund und Länder	Guidelines/Standards für die Medikamentengabe bei Hitze (Dosierungsanpassung bis Aussetzung) existieren bisher nicht	Weiterbildung, Kommunikation

HAP=Hitzeaktionspläne, LMU=Ludwig-Maximilians-Universität, ÖGD=Öffentlicher Gesundheitsdienst, WHO=World Health Organization

Tabelle 3 Fortsetzung
Handlungsempfehlungen zur Stärkung
des gesundheitsbezogenen Hitzeschutzes
in Deutschland (Stand: Ende Mai 2023)

3.2 Forschungsbedarfe in Medizin, Epidemiologie und Versorgungsforschung

Auch wenn im Bereich „Gesundheitsauswirkungen von hohen Temperaturen und Hitze“ die breite Basis an Evidenz in den letzten Jahren gestärkt wurde, gibt es nach wie vor eine Reihe von offenen Forschungsfragen zu den verschiedenen relevanten Themen- und Handlungsfeldern. Entsprechend der hier gelisteten und zukünftig auftretenden Forschungsfragen ist es wichtig, dass auch Förderprogramme der jeweils zuständigen Behörden entsprechend ausgestattet und inhaltlich ausgerichtet werden.

Medizinisch/epidemiologische Fragestellungen

Genauere Erkenntnisse sind vor allem notwendig zu den Auswirkungen von hohen Temperaturen bzw. Hitze auf die Morbidität: Hier stellen sich Fragen nach der Rolle von Vorerkrankungen (z. B. Herzinsuffizienz, Herzinfarkte, Schlaganfälle, Diabetes, Nierenerkrankungen, COPD, Asthma) und eine Abschätzung der Anzahl Betroffener, z. B. über die Berechnung der Anzahl verlorener Lebensjahre (years of life lost, YLLs) und der entstandenen Anzahl von Lebensjahren mit Behinderung oder Krankheit (years lived with disability or disease, YLDs). Mögliche Langzeiteffekte von hohen Temperaturen und Hitze wurden bisher noch kaum untersucht. Auch die Frage, wie genau Schwangerschafts-

komplikationen mit der Temperatur zusammenhängen und wie die pathophysiologischen Mechanismen aussehen, ist noch nicht im Detail beantwortet. Interaktionen bei der kombinierten Einnahme verschiedener hitzesensitiver Medikamente bedürfen weiterer Untersuchung, zusammen mit der Entwicklung entsprechender Präventionsmaßnahmen. Auch die Frage nach der Auswirkung zusätzlicher Umweltfaktoren, die die Auswirkungen von Hitze auf die Morbidität und Mortalität stark beeinflussen (Interaktionen und Synergien), sollte näher untersucht werden.

Versorgungsforschung

Laut der Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland von 2021 [85] untersuchen nur wenige Studien die Folgen des Klimawandels auf das Gesundheitssystem oder die Gesundheitswirtschaft; auch hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Im Kontext der Versorgungsforschung stellt sich die Frage, welche Rolle hitzebedingte Sterbefälle in Krankenhäusern, in Betreuungseinrichtungen und im privaten Wohnumfeld spielen [85]. Für die Vorbereitung von Gesundheitsdiensten auf die Auswirkungen von Hitzewellen ist es wichtig zu untersuchen, wie viele Patientinnen und Patienten während Hitzeperioden zusätzlich in Arztpraxen und Notaufnahmen versorgt werden müssen und welche Kosten damit verbunden sind. Genauere Kenntnisse darüber, inwiefern Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen bei hohen Temperaturen (v. a. auch in den Innenräumen) in ihrer Arbeitsfähigkeit eingeschränkt sind, sind zu ihrem Schutz und zur Gewährleistung der medizinischen Versorgung und der Pflege während Hitzeperioden notwendig.

4. Fazit

Mit fortschreitendem Klimawandel wird eine weitere Zunahme der Häufigkeit, Dauer und Intensität von Hitzeperioden in Deutschland erwartet. Vor allem auf besonders extreme Ereignisse sind die Bevölkerung, das Gesundheitssystem und die Kommunen nicht hinreichend vorbereitet. Hitzeereignisse sind als zunehmendes Gesundheitsrisiko ernst zu nehmen und Bund, Länder und Kommunen sowie die Einrichtungen des Gesundheitswesens und der Pflege stehen in der Pflicht, Maßnahmen zur Risikominimierung unter Einbeziehung neuer Erkenntnisse zu stärken bzw. zu ergreifen und den Aufbau resilienter Strukturen zu unterstützen [84]. Der Gesundheitssektor sollte dabei eine zentrale Rolle spielen.

Korrespondenzadresse

Claudia Winklmayr
Max Delbrück Center | MDC-BIMSB
Hannoversche Str. 28
10115 Berlin
E-Mail: claudia.winklmayr@mdc-berlin.de

Zitierweise

Winklmayr C, Matthies-Wiesler F, Muthers S, Buchien S, Kuch B et al. (2023)
Hitze in Deutschland: Gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Prävention.
J Health Monit 8(S4): 3–34.
DOI 10.25646/11645

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

Förderungshinweis

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

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Danksagung

Die Autorinnen und Autoren danken Nathalie Nidens, Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e. V., für ihren Beitrag zum Abschnitt über das Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin, die Grafik dazu, sowie die Mitarbeit an Tabelle 2. Sie danken Alexandra Schneider, Institut für Epidemiologie, Helmholtz Zentrum München, für wertvolle Hinweise und Kommentare zum Abschnitt über Hitzeperioden und Morbidität.

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

Literatur

- Butsch C, Beckers LM, Nilson E et al. (2023) Gesundheitliche Auswirkungen von Extremwetterereignissen – Risikokaskaden im anthropogenen Klimawandel. *J Health Monit* 8(S4):35–60. www.rki.de/jhealthmonit (Stand: 06.09.2023)
- Romanello M, Di Napoli C, Drummond P et al. (2022) The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Health at the mercy of fossil fuels. *Lancet* 400(10363):1619–1654
- Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A et al. (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 (IPCC). IPCC, Cambridge. www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-6 (Stand: 20.06.2023)
- Russo S, Sillmann J, Fischer EM (2015) Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. *Environ Res Lett* 10(12):124003
- Becker FN, Fink AH, Bissolli P et al. (2022) Towards a more comprehensive assessment of the intensity of historical European heat waves (1979–2019). *Atmos Sci Lett* 23:e1120
- Staiger H, Laschewski G, Grätz A (2012) The perceived temperature – A versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: Scientific basics. *Int J Biometeorol* 56(1):165–176.
- Nairn JR, Fawcett RJ (2014) The excess heat factor: A metric for heatwave intensity and its use in classifying heatwave severity. *Int J Environ Res Public Health* 12(1):227–253
- Muthers S, Matzarakis A (2018) Hitzewellen in Deutschland und Europa. In: Lozán JL, Breckle SW, Graßl H et al. (Hrsg) Warnsignal Klima: Extremereignisse. www.warnsignale.uni-hamburg.de, Elektron. veröffentl. www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/buchreihe/die-wetterextreme/kapitel-2-3-hitzewellen-in-deutschland-und-europa (Stand: 21.06.2023)
- Robinson PJ (2001) On the definition of a heat wave. *J Appl Meteorol Climatol* 40(4):762–775
- Hertig, E, Hunger I, Kaspar-Ott I et al. (2023) Klimawandel und Public Health in Deutschland – Eine Einführung in den Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit 2023. *J Health Monit* 8(S3):7–35. <https://edoc.rki.de/handle/176904/11074> (Stand: 22.06.2023)
- Brienen S, Walter A, Brendel C et al. (2020) Klimawandelbedingte Änderungen in Atmosphäre und Hydrosphäre: Schlussbericht des Schwerpunktthemas Szenarienbildung (SP-101) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertenetzwerks. www.bmdv-expertenetzwerk.bund.de/DE/Publikationen/TFSPTBerichte/SPT101.html (Stand: 22.06.2023)

12. Schlegel I, Muthers S, Matzarakis A (2021) Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegs-erkrankungen. Umweltbundesamt (Hrsg) Umwelt & Gesundheit 04/2021.
www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-morbidityaet (Stand: 21.06.2023)
13. Statistisches Bundesamt (2022) Todesursachenstatistik. Sterbefälle, Sterbeziffern (ab 1998).
www.gbe-bund.de (Stand: 11.07.2023)
14. Winklmayr C, Muthers S, Niemann H et al (2022) Heat-related mortality in Germany from 1992 to 2021. Dtsch Arztebl Int 119(26):451–457
15. Siebert H, Uphoff H, Grewe HA (2019) Monitoring hitzebedingter Sterblichkeit in Hessen. Bundesgesundheitsbl 62(5):580–588
16. Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023) Sterbefallzahlen und Übersterblichkeit.
www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Corona/Gesellschaft/bevoelkerung-sterbefaelle.html (Stand: 21.06.2023)
17. EuroMomo (2023) Methods.
www.euromomo.eu/how-it-works/methods (Stand: 21.06.2023)
18. Koppe C, Jendritzky G (2005) Inclusion of short-term adaptation to thermal stresses in a heat load warning procedure. Meteorologische Zeitschrift 14(2):271–278
19. an der Heiden M, Muthers S, Niemann H et al. (2020) Heat-related mortality: An analysis of the impact of heatwaves in Germany between 1992 and 2017. Dtsch Arztebl Int 117(37):603–609
20. Gasparrini A, Armstrong B (2011) The impact of heat waves on mortality. Epidemiology 22(1):68–73
21. an der Heiden M, Muthers S, Niemann H et al. (2019) Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015. Bundesgesundheitsbl 62(5):571–579
22. Winklmayr C, an der Heiden M (2022) Hitzebedingte Mortalität in Deutschland 2022. Epid Bull 42:3–9
23. Axnick M (2021) Hitzebedingte Mortalität in Berlin. Stadtforschung und Statistik: Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker 34(1):92–97
24. Statistisches Bundesamt (Destatis) (2019) Bevölkerung im Wandel: Annahmen und Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2019/Bevoelkerung/pressebroschuere-bevoelkerung.pdf?__blob=publicationFile (Stand: 21.06.2023)
25. Schneider A, Schuh A, Maetzel FK et al. (2008) Weather-induced ischemia and arrhythmia in patients undergoing cardiac rehabilitation: Another difference between men and women. Int J Biometeorol 52(6):535–547
26. Muthers S, Laschewski G, Matzarakis A (2017) The summers 2003 and 2015 in south-west Germany: Heat waves and heat-related mortality in the context of climate change. Atmosphere 8(11):224
27. Oke TR (1973) City size and the urban heat island. Atmos Environ 7(8):769–779
28. Gabriel KM, Endlicher WR (2011) Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. Environ Pollut 159(8-9):2044–2050
29. Di Napoli C, Pappenberger F, Cloke HL (2018) Assessing heat-related health risk in Europe via the Universal Thermal Climate Index (UTCI). Int J Biometeorol 62(7):1155–1165
30. Ebi KL, Capon A, Berry P et al. (2021) Hot weather and heat extremes: Health risks. Lancet 398(10301):698–708
31. World Health Organization (WHO) Regionalbüro für Europa (2019) Gesundheitshinweise zur Prävention hitzebedingter Gesundheitsschäden: Neue und aktualisierte Hinweise für unterschiedliche Zielgruppen. WHO.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/341625> (Stand: 21.06.2023)
32. Sorensen C, Hess J (2022) Treatment and Prevention of Heat-Related Illness. N Engl J Med 387(15):1404–1413
33. Mücke HG (2021) Gesundheitsrisiken durch den Klimawandel. Gute Arbeit 8–9/2021
34. Bose-O'Reilly S, Daanen H, Deering K et al. (2021), COVID-19 and heat waves: New challenges for healthcare systems. Environ Res 198:111153

35. World Health Organization (WHO) (2018) Heat and Health. WHO. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health (Stand: 21.06.2023)
36. Huber V, Krummenauer L, Peña-Ortiz C et al. (2020) Temperature-related excess mortality in German cities at 2 °C and higher degrees of global warming. *Environ Res* 2020. 186:109447
37. Phung D, Thai PK, Guo Y et al. (2016) Ambient temperature and risk of cardiovascular hospitalization: An updated systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ* 550:1084–1102
38. Chen K, Breitner S, Wolf K et al. (2019) Projection of temperature-related myocardial infarction in Augsburg, Germany: Moving on from the Paris Agreement on climate change. *Dtsch Arztebl Int* 116(31-32):521–527
39. Sun Z, Chen C, Xu D et al. (2018) Effects of ambient temperature on myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. *Environ Pollut* 241:1106–1114
40. Breitner S, Pickford R, Schneider A (2021) Interaktion von Temperatur und Luftschadstoffen: Einfluss auf Morbidität und Mortalität. In: Günster C, Klauber J, Robra BP et al. (Hrsg) Versorgungsreport Klima und Gesundheit. MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Berlin, S. 105–117. www.wido.de/publikationen-produkte/buchreihen/versorgungsreport/klima-und-gesundheit (Stand: 21.06.2023)
41. Breitner-Busch S, Mücke HG, Schneider A et al. (2023) Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Erkrankungen durch erhöhte Luftschadstoffbelastungen der Außenluft. *J Health Monit* 8(S4):111–131. www.rki.de/jhealthmonit (Stand: 06.09.2023)
42. Hoffmann C, Hanisch M, Heinsohn JB et al. (2018) Increased vulnerability of COPD patient groups to urban climate in view of global warming. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 13:3493–3501
43. Lavigne E, Gasparrini A, Wang X et al. (2014) Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: Assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. *Environ Health* 13(1):5
44. Samuels L, Nakstad B, Roos N et al. (2022) Physiological mechanisms of the impact of heat during pregnancy and the clinical implications: Review of the evidence from an expert group meeting. *Int J Biometeorol* 66(8):1505–1513
45. Syed S, O'Sullivan TL, Phillips KP (2022) Extreme heat and pregnancy outcomes: A scoping review of the epidemiological evidence. *Int J Environ Res Public Health* 19(4):2412
46. Chersich MF, Pham MD, Areal A et al. (2020) Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: Systematic review and meta-analysis. *BMJ* 371:m3811
47. Kälin P, Kondo Oestreicher M, Pfluger T (2007) Sommerliche Hitzewellen: Die Medikation von Risikopersonen überprüfen. *Swiss Medical Forum* 2007/31
48. Kuch B (2021) Der Einfluss des Klimawandels auf das Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Handlungsansätze und die besondere Herausforderung durch Arzneimittel-wechselwirkungen. In: Günster C, Klauber J, Robra BP et al. (Hrsg) Versorgungsreport Klima und Gesundheit. MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Berlin, S. 53–62. www.wido.de/publikationen-produkte/buchreihen/versorgungsreport/klima-und-gesundheit (Stand: 21.06.2023)
49. Geisslinger G, Menzel S, Gudermann T et al. (Hrsg) (2020) Mutschler Arzneimittelwirkungen: Pharmakologie-Klinische Pharmakologie-Toxikologie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
50. Pharmazeutische Zeitung (2010) Schmerzpflaster: Überdosierung durch Hitze. *Pharmazeutische Zeitung* 30/2010. www.pharmazeutische-zeitung.de/ausgabe-302010/ueberdosierung-durch-hitze (Stand: 21.06.2023)
51. Chen K, Dubrow R, Breitner S et al. (2022) Triggering of myocardial infarction by heat exposure is modified by medication intake. *Nat Cardiovasc Res* 1(8):727–731
52. Fischer von Weikersthal G (2021) SGLT-2-Inhibition bei chronischer Niereninsuffizienz: Nicht nur beim Diabetes effektiv. *Dtsch Arztebl* 118(42):A-1940
53. Goldenberg RM, Berard LD, Cheng AYY et al. (2016) SGLT2 inhibitor-associated diabetic ketoacidosis: clinical review and recommendations for prevention and diagnosis. *Clin Ther* 38(12):2654–2664
54. Bundesministerium für Gesundheit (2022) Arzneimittel richtig aufbewahren und entsorgen. www.bundesgesundheitsministerium.de/arzneimittelentsorgung-und-aufbewahrung.html (Stand: 21.06.2023)

55. Falhammar H, Lindh JD, Calissendorff J et al. (2018) Differences in associations of antiepileptic drugs and hospitalization due to hyponatremia: A population-based case-control study. *Seizure* 59:28–33
56. Mattson RH (2004) Cognitive, affective, and behavioral side events in adults secondary to antiepileptic drug use. *Rev Neurol Dis* 1:Suppl 1:S10–7
57. Bolte G, Dandolo L, Gepp S et al. (demnächst) Klimawandel und gesundheitliche Chancengleichheit: Eine Public-Health-Perspektive auf Klimagerechtigkeit. *J Health Monit* www.rki.de/jhealthmonit
58. Trbovich MB, Handrakis JP, Kumar NS et al. (2020) Impact of passive heat stress on persons with spinal cord injury: Implications for Olympic spectators. *Temperature* 7(2):114–128
59. Matzarakis A, Muthers S (2020) Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD). *Public Health Forum* 28(1):26–28
60. Robine JM, Cheung SLK, Le Roy S et al. (2008) Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C R Biol* 331(2):171–178
61. Pfafferott J, Becker P (2008) Erweiterung des Hitzewarnsystems um die Vorhersage der Wärmebelastung in Innenräumen. *Bauphysik* 30(4):237–243
62. Deutscher Wetterdienst (DWD) (2023) Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes. www.hitzewarnungen.de (Stand: 21.06.2023)
63. World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe (2008). Heat-health action plans: Guidance. WHO. www.who.int/publications/i/item/9789289071918 (Stand: 21.06.2023)
64. Straff W, Mücke HG (2017) Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/hap_handlungsempfehlungen_bf.pdf (Stand: 21.06.2023)
65. Die Bundesregierung (2008) Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. www.bmu.de/download/deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel (Stand: 21.06.2023)
66. Mücke HG, Straff W (2020) Empfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen – Handeln für eine bessere Gesundheitsvorsorge. *Public Health Forum* 28(1):29–32
67. Matthies-Wiesler F, Gabrysich S, Peters A et al. (2019) The Lancet Countdown on health and climate change policy brief für Deutschland. <https://klimagesund.de/wp-content/uploads/2021/05/Policy-Brief-2019.pdf> (Stand: 21.06.2023)
68. Blättner B, Janson D, Roth A et al. (2020) Gesundheitsschutz bei Hitzeextremen in Deutschland: Was wird in Ländern und Kommunen bisher unternommen? *Bundesgesundheitsbl* 63(8):1013–1019
69. Kaiser T, Kind C, Dudda L (2021) Bund/Länder-Handlungsempfehlungen zur Erarbeitung von Hitzeaktionsplänen: Bekanntheit und Rezeption in Bundesländern und Kommunen. *UMID* 01/2021:17–25
70. Kaiser T, Kind C, Dudda L et al. (2021) Klimawandel, Hitze und Gesundheit: Stand der gesundheitlichen Hitzevorsorge in Deutschland und Unterstützungsbedarf der Bundesländer und Kommunen. *UMID* 01/2021:27–37
71. Matthies-Wiesler F, Herrmann M, Schulz C et al. (2021) The Lancet countdown on health and climate change policy brief für Deutschland. www.klimawandel-gesundheit.de/wp-content/uploads/2021/10/20211020_Lancet-Countdown-Policy-Germany-2021_Document_v2.pdf (Stand: 20.06.2023)
72. Janson D, Kaiser T, Kind C et al. (2023) Analyse von Hitzeaktionsplänen und gesundheitlichen Anpassungsmaßnahmen an Hitzeextreme in Deutschland. Umweltbundesamt (Hrsg) *Umwelt & Gesundheit* 03/2023. www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-von-hitzeaktionsplaenen-gesundheitlichen (Stand: 20.06.2023)
73. Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin (2023) Gesundheitsbezogener Hitzeschutz: Das Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin. <https://hitzeschutz-berlin.de/> (Stand: 21.06.2023)
74. Hannemann L, Janson D, Grewe HA et al. (2023) Heat in German cities: A study on existing and planned measures to protect human health. *J Public Health (Berl.)*. <https://doi.org/10.1007/s10389-023-01932-2>

75. Blättner B, Grewe HA, Janson D et al. (2023) Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans für Kommunen.
www.hs-fulda.de/fileadmin/user_upload/FB_Pflege_und_Gesundheit/Forschung___Entwicklung/Klimawandel_Gesundheit/Arbeitshilfe_zur_Entwicklung_und_Implementierung_eines_Hitzeaktionsplans_fuer_Kommunen_21.03_final.pdf (Stand: 26.07.2023)
76. Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit (KLUAG) (2023) Gemeinsam handeln für Klima und Gesundheit.
www.klimawandel-gesundheit.de (Stand: 21.06.2023)
77. Gesundheitsministerkonferenz (GMK) (2020) Beschlüsse der GMK 30.09.2020 – 01.10.2020. TOP 5.1: Der Klimawandel – Eine Herausforderung für das deutsche Gesundheitswesen. Teil 1. Hitzeaktionspläne.
www.gmkonline.de/Beschluesse.html?id=1018&jahr=2020 (Stand: 21.06.2023)
78. Bundesärztekammer (2021) Ärztetag für Klimaneutralität des Gesundheitswesens bis 2030.
www.bundesaerztekammer.de/presse/aktuelles/detail/aerztetag-fuer-klimaneutralitaet-des-gesundheitswesens-bis-2030 (Stand: 21.06.2023)
79. Böhme C, Franke T, Preuß T et al. (2021) Kooperative Planungsprozesse zur Stärkung gesundheitlicher Belange – Modellhafte Erprobung und Entwicklung von Ansätzen zur nachhaltigen Umsetzung. Umweltbundesamt (Hrsg) Umwelt & Gesundheit 06/2021.
www.umweltbundesamt.de/publikationen/kooperative-planungsprozesse-zur-staerkung (Stand: 22.06.2023)
80. Ragettli MS, Rössli M (2019) Hitzeaktionspläne zur Prävention von hitzebedingten Todesfällen – Erfahrungen aus der Schweiz. Bundesgesundheitsbl 62(5):605–611
81. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) (2023) Hitzeaktionspläne in Kommunen – Unterstützung bei der Erstellung von Maßnahmen und Konzepten. Toolbox. LGL.
www.bestellen.bayern.de/shoplink/lgl_ges_00090.htm (Stand: 22.06.2023)
82. Benmarhnia T, Bailey Z, Kaiser D et al. (2016) A difference-in-differences approach to assess the effect of a heat action plan on heat-related mortality, and differences in effectiveness according to sex, age, and socioeconomic status (Montreal, Quebec). Environ Health Perspect 124(11):1694–1699
83. Regierungspräsidium Gießen (2022) Betreuungs- und Pflegeaufsicht Hessen. Außergewöhnliche Hitzeperioden.
https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/2022-04/broschuere_handlungsempfehlungen_hitzeperioden_bf.pdf (Stand: 22.06.2023)
84. Barker M (2022) Klimawandel als Herausforderung für das Gesundheitswesen. Das Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin. Pädiatrische Allergologie 04/2022:44–47
85. Wolf M, Ölmez C, Schönthaler K et al. (2021) Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021, Teilbericht 5: Klimarisiken in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit. Umweltbundesamt (Hrsg) Climate Change 24/2021.
www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/kwra2021_teilbericht_5_cluster_wirtschaft_gesundheit_bf_211027_o.pdf (Stand: 20.06.2023)
86. Matthys S (2021) Klimaresiliente Gesundheitsbauten.
www.management-krankenhaus.de/news/klimaresiliente-gesundheitsbauten (Stand: 22.06.2023)
87. Williams L, Erens B, Ettelt S et al. (2019) Evaluation of the Heatwave Plan for England. Final report. Policy Innovation and Evaluation Research Unit.
www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/the-2022-heatwaves-englands-response-and-future-preparedness-for-heat-risk (Stand: 22.06.2023)
88. Howarth C, Armstrong A, McLoughlin N et al. (2023) Policy brief. The 2022 heatwaves: England's response and future preparedness for heat risk. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.
www.preventionweb.net/publication/2022-heatwaves-englands-response-and-future-preparedness-heat-risk (Stand: 22.06.2023)

Impressum

Journal of Health Monitoring

www.rki.de/jhealthmonit

Herausgeber

Robert Koch-Institut
Nordufer 20
13353 Berlin

Redaktion

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

Verantwortlicher Redakteur

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

Redakteurinnen

Johanna Gutsche, Dr. Birte Hintzpeter, Dr. Kirsten Kelleher,
Dr. Livia Ryl, Simone Stimm

Satz

WEBERSUPIRAN.berlin, Alexander Krönke

Bildnachweis

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

ISSN 2511-2708

Hinweis

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



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



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