

Originalarbeit

Hitzebedingte Mortalität in Deutschland zwischen 1992 und 2021

Claudia Winklmayr, Stefan Muthers, Hildegard Niemann, Hans-Guido Mücke, Matthias an der Heiden

Abteilung für Infektions-epidemiologie, Robert Koch-Institut (RKI), Berlin: Claudia Winklmayr, M.Sc.; Dr. rer. nat. Matthias an der Heiden

Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, Deutscher Wetterdienst (DWD), Freiburg: Dr. phil.-nat. Stefan Muthers

Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring, Robert Koch-Institut (RKI), Berlin: Dr.-Ing. Hildegard Niemann

Abteilung Umwelt-hygiene, Umweltbundesamt (UBA), Berlin: Dr. rer. nat. Hans-Guido Mücke

Zusammenfassung

Hintergrund: In den Jahren 2018–2020 war es ungewöhnlich warm in Deutschland, und der Sommer 2018 war der zweitwärmste Sommer seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1881. Insbesondere in höheren Altersgruppen kommt es infolge hoher Temperaturen regelmäßig zu einem Anstieg der Mortalität.

Methode: Wir verwendeten wöchentliche Daten zur Gesamtmortalität und mittleren Temperatur im Zeitraum 1992–2021 und schätzten die Anzahl der hitzebedingten Sterbefälle in Deutschland und in den verschiedenen Regionen, unterteilt in „Norden“, „Mitte“ und „Süden“, mithilfe eines generalisierten additiven Modells (GAM). Um langfristige Trends zu charakterisieren, verglichen wir den Effekt von Hitze auf die Mortalität über die Dekaden.

Ergebnisse: Unsere Schätzung zeigt, dass die ungewöhnlich hohen Sommertemperaturen 2018–2020 in allen drei Jahren zu einer statistisch signifikanten Anzahl von Sterbefällen geführt haben: Es gab etwa 8 700 hitzebedingte Sterbefälle im Jahr 2018, etwa 6 900 im Jahr 2019 und etwa 3 700 im Jahre 2020. Im Jahr 2021 kam es nicht zu einer signifikant erhöhten Übersterblichkeit aufgrund von Hitze. Im Vergleich der letzten drei Dekaden beobachteten wir insgesamt einen leichten Rückgang des Effekts von hohen Temperaturen auf die Mortalität.

Schlussfolgerung: Trotz Hinweisen auf eine gewisse Anpassung an Hitze zeigen besonders die Daten der Jahre 2018–2020, dass Hitzeereignisse nach wie vor eine bedeutende Bedrohung für die Gesundheit der Menschen in Deutschland darstellen.

Zitierweise

Winklmayr C, Muthers S, Niemann H, Mücke HG, an der Heiden M: Heat-related mortality in Germany from 1992 to 2021. Dtsch Arztebl Int 2022; 119: 451–7. DOI: 10.3238/arztebl.m2022.0202

Extreme Hitze und andauernde Hitzeperioden sind bedeutende Risikofaktoren für die menschliche Gesundheit. Zahlreiche Studien zeigen nicht nur, dass hohe Temperaturen zu einer erhöhten Belastung des Gesundheitssystems führen (1, 2), sondern können auch einen systematischen Zusammenhang zwischen Hitzeereignissen und einem erhöhten Mortalitätsgeschehen belegen (3–6). Für Deutschland konnte die Auswirkung von Hitze auf das Mortalitätsgeschehen sowohl für einzelne Bundesländer (7–12) als auch bundesweit (3, 13–16) quantifiziert werden.

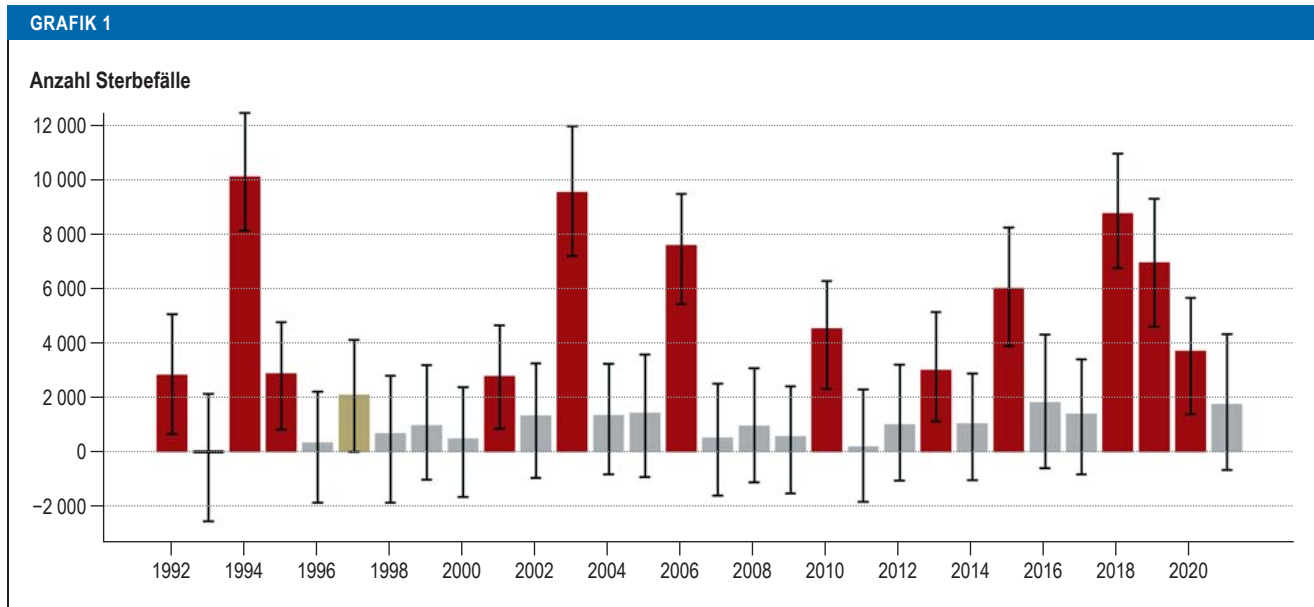
Hohe Außentemperaturen wirken in vielfältiger Weise auf den Körper ein und können beispielsweise das Herz-Kreislauf-System stark belasten, etwa durch reduzierte Blutviskosität aufgrund des höheren Flüssigkeitsverlusts sowie durch die Herausforderung, die Körpertemperatur konstant zu halten (17, 18). Insbesondere können bestehende Beschwerden, wie etwa Atemwegserkrankungen, verstärkt werden (19, 20). Da Hitze nur in seltenen Fällen als direkte Todesursache identifiziert wird, sind statistische Verfahren erforderlich, um die Anzahl der aufgrund von Hitze verstorbenen

Personen abzuschätzen. Die vorliegende Arbeit schließt an die Modellierung der Studien zur hitzebedingten Mortalität für die Jahre 1992–2017 (3) sowie für die Jahre 2001–2015 (15) an und schätzt die Anzahl der hitzebedingten Sterbefälle in den Jahren 1992 bis 2021 mithilfe eines generalisierten additiven Modells (GAM) (21).

Methoden

Daten

Wie in der Studie der Jahre 1992–2017 (3) verwendeten wir Daten des Statistischen Bundesamtes (StBA) zur Gesamtmortalität pro Kalenderwoche im Zeitraum 1992–2021 (22). Diese Daten sind nach vier Altersgruppen (< 65, 65–74, 75–84 und 85+ Jahre) und nach Bundesland aggregiert. Zusätzlich zogen wir die offizielle Bevölkerungsstatistik des StBA von 1992 bis 2020 heran sowie die Ergebnisse der Bevölkerungsprojektion für das Jahr 2021 (Szenario G2-L2-W2, ausgehend von moderaten Entwicklungen in Geburtenhäufigkeit, Lebenserwartung und Wanderungssaldo) (23).



Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle für den Zeitraum 1992–2021 in Deutschland. Jahre mit einer signifikanten Anzahl hitzebedingter Sterbefälle (Signifikanzniveau 5 %) sind rot hervorgehoben. Jahre mit grenzsignifikanter Anzahl hitzebedingter Sterbefälle (Signifikanzniveau 10 %) sind beige hervorgehoben. Die geschätzten Anzahlen hitzebedingter Sterbefälle inklusive 95%-Konfidenzintervallen sind außerdem in *Tabelle* und *eTabelle* gelistet.

Für die Temperaturdaten verwendeten wir stündliche Messungen der Lufttemperatur von 52 Stationen des Bodenmessnetzes des Deutschen Wetterdienstes. Diese Daten wurden zuerst über die 24 Stunden des Tages und dann über Kalenderwoche und Bundesland gemittelt. Wir betrachteten auch den bereits analysierten Zeitraum 1992–2017, einerseits, um durch den längeren Beobachtungszeitraum eine stabile Anpassung des saisonalen Musters zu gewährleisten, und andererseits, um die Vergleichbarkeit mit früheren Schätzungen zu ermöglichen. Wie zuvor analysierten wir nur das Sommerhalbjahr (Kalenderwochen 15–40) und unterschieden drei Dekaden: 1992–2001, 2002–2011 und 2012–2021. Außerdem gruppieren wir die Bundesländer in drei große Regionen: „Norden“ (Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Schleswig-Holstein), „Mitte“ (Berlin, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) und „Süden“ (Baden-Württemberg, Bayern). Dadurch konnten auch regionale Besonderheiten der Wirkung hoher Temperaturen auf die Mortalität berücksichtigt werden.

Modell

Wir verwendeten ein generalisiertes additives Modell (GAM) (21) sowie die Statistiksoftware R (Version 4.0.5, package „mgcv“ [24]), um den beobachteten Verlauf der Gesamtmortalität im Studienzeitraum nachzubilden. Für jede Region und Altersgruppe setzt sich der nachgebildete Verlauf zusammen aus einem Langzeitrend, einem saisonal wiederkehrenden Muster sowie Expositions-Wirkungskurven, die den relativen Einfluss

der mittleren Temperatur auf die Mortalität der gleichen Woche und der drei folgenden Wochen quantifizieren.

Ausgehend von den Expositions-Wirkungskurven identifizierten wir für jede Altersgruppe, Region und Dekade einen Temperatur-Schwellenwert, oberhalb dessen die Temperatur relevant auf die Mortalität einwirkt. Eine Kalenderwoche, deren Mitteltemperatur oberhalb des Schwellenwerts liegt, bezeichnen wir als „Hitzewoche“, zusammenhängende Zeiträume von Hitzezeiten als „Hitzeperioden“. Da diese Schwellenwerte in der Nähe von 20 °C liegen, gebrauchen wir gelegentlich auch diesen Wert als Kennzeichen einer Hitzewoche.

Als „Hintergrundmortalität“ bezeichnen wir die Mortalität, die zu erwarten wäre, wenn die Wochenmitteltemperatur stets unterhalb des Schwellenwerts verbliebe. Die Differenz zwischen dem modellierten Mortalitätsverlauf und der Hintergrundmortalität ergibt die „hitzebedingte Mortalität“. Liegt das 95%-Konfidenzintervall der geschätzten hitzebedingten Mortalität vollständig über Null, so sprechen wir von einer signifikanten Anzahl hitzebedingter Sterbefälle. Für eine detaillierte Beschreibung der Modellierung und der durchgeführten Sensitivitätsanalysen siehe *eSupplement* „Methoden“ und (3).

Ergebnisse

Hitzebedingte Sterbefälle

Grafik 1 zeigt die geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle in Deutschland für den Zeitraum 1992–2021. In den Jahren 2018–2020 treten zum ersten Mal innerhalb des Untersuchungszeitraums in drei aufeinanderfolgenden Jahren signifikante Anzahlen hitze-

bedingter Sterbefälle auf. Insbesondere das Jahr 2018 liegt mit einer geschätzten Anzahl von etwa 8 700 hitzebedingten Sterbefällen in einer ähnlichen Größenordnung wie die historischen Hitzejahre 1994 und 2003 (jeweils rund 10 000 Sterbefälle). Für die Jahre 2019 und 2020 schätzt das Modell etwa 6 900 beziehungsweise 3 700 Sterbefälle. Die Anzahlen von Sterbefällen sind vergleichbar mit jenen in den Jahren 2006, 2010 und 2015. Für das Jahr 2021 wurde keine signifikant erhöhte hitzebedingte Sterblichkeit ermittelt. Die geschätzten Sterbefallzahlen und Konfidenzintervalle für die Dekade 2012–2021 sind auch in der *Tabelle* zusammengefasst, die Ergebnisse für den gesamten Zeitraum seit 1992 finden sich in der *eTabelle*.

Grafik 2 zeigt den zeitlichen Mortalitätsverlauf (Sterbefälle pro 100 000 Einwohner) der Jahre 2018–2021. Vor allem in den Jahren 2018–2020 liegt die nachgebildete und die beobachtete Gesamtmortalität deutlich über der modellierten Hintergrundmortalität.

Die *eGrafiken 1* und *2* zeigen eine feinere Aufschlüsselung des Mortalitätsverlaufs nach den drei Regionen Norden, Mitte und Süden sowie einen Vergleich der hitzebedingten Mortalität nach Region und Altersgruppe. In Übereinstimmung mit bisherigen Ergebnissen (3, 9, 15) wird dort deutlich, dass in allen Regionen die Altersgruppe über 85 Jahre am stärksten betroffen ist. In der Region Norden fallen die Hitzeperioden der Jahre 2018 und 2020 kürzer aus, dennoch kam es in diesen Jahren zu einer hohen Anzahl von hitzebedingten Sterbefällen.

Grafik 3 zeigt den Verlauf der Expositions-Wirkungskurven der aktuellen Woche und der Vorwoche für die Altersgruppe über 85 Jahre in den drei Regionen Norden, Mitte und Süden. Hier wird deutlich, dass der Temperaturschwellenwert, ab dem von einer relevanten Einwirkung der Hitze auf die Mortalität gesprochen werden kann, im Norden etwas niedriger ausfällt (19,7 °C) als in den Regionen Mitte (20,2 °C) oder Süden (20,8 °C). Zusätzlich verzeichnen die Expositions-Wirkungskurven der aktuellen Woche und der Vorwoche im Norden einen deutlich steileren Anstieg für Temperaturen oberhalb des Schwellenwerts. Es zeigt sich also eine von Süden nach Norden hin regional zunehmende Wirkung von Hitze auf die Mortalität, sodass die für eine bestimmte Wochenmitteltemperatur erwartete Anzahl hitzebedingter Sterbefälle (pro 100 000 Einwohnern derselben Altersgruppe) im Norden etwas höher und im Süden etwas niedriger als in der Mitte Deutschlands ausfällt.

Veränderungen in der Schätzung der Expositions-Wirkungskurven

Grafik 4 zeigt die Expositions-Wirkungskurven der Altersgruppe über 85 Jahre, aufgeteilt nach geografischer Region und Dekade. Insgesamt ist für Wochenmitteltemperaturen über 20 °C eine deutliche Erhöhung der Mortalitätsrate zu beobachten. Im Verlauf der Dekaden ist insbesondere in der Region Mitte ein leichtes Abflachen der Kurven zu beobachten, das heißt dieselbe Wochenmitteltemperatur führt im Zeitraum 2012–2021 zu einer weniger starken Erhöhung der Mortalität als beispielsweise im Zeitraum

TABELLE	
Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle inklusive 95%-Konfidenzintervalle für die Jahre 2012–2021*	
Jahr	geschätzte Zahl hitzebedingter Sterbefälle [95%-Konfidenzintervall]
2012	1 000 [–1 100; 3 200]
2013	3 000 [1 100; 5 100]
2014	1 000 [–1 100; 2 900]
2015	6 000 [3 900; 8 200]
2016	1 800 [–600; 4 300]
2017	1 400 [–800; 3 400]
2018	8 700 [6 700; 10 900]
2019	6 900 [4 600; 9 300]
2020	3 700 [1 400; 5 600]
2021	1 700 [–700; 4 300]

*Fett gedruckte Werte sind statistisch signifikant.

1992–2001. Eine Zusammenfassung der Expositions-Wirkungskurven der verschiedenen Regionen und Altersgruppen findet sich im *eSupplement* „Analyse“.

Besonderheiten der Jahre 2018–2020 und Einfluss der Hitzedauer

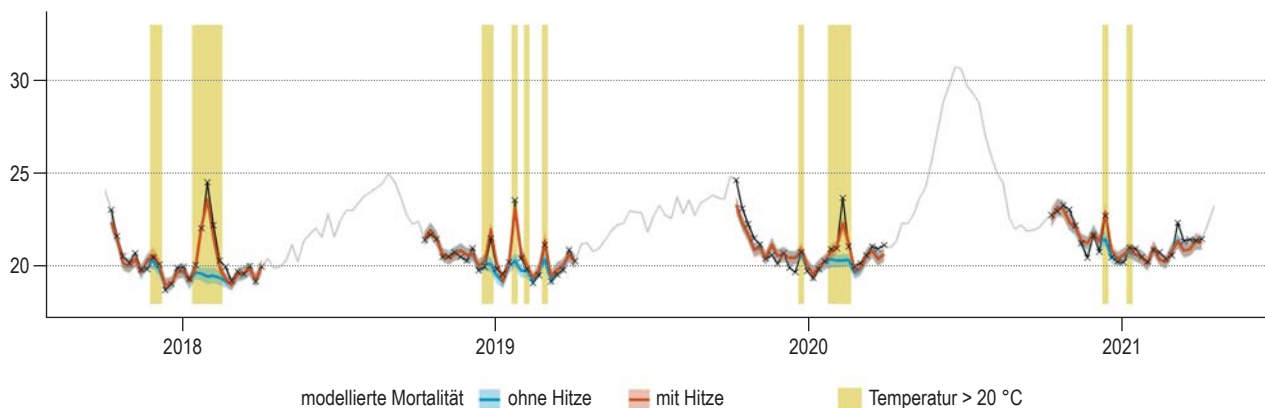
Grafik 2 und *eGrafik 1* zeigen, dass das Modell den Mortalitätsverlauf im Allgemeinen gut nachbilden kann. Allerdings wird die Mortalität während der Hitzeperioden 2018 und 2020 etwas unterschätzt, im Jahr 2019 dagegen leicht überschätzt. Eine mögliche Erklärung dafür liegt im unterschiedlichen Charakter der Hitzeperioden dieser drei Jahre.

Das Jahr 2018 zeichnete sich in allen drei Regionen durch eine ungewöhnlich lange Hitzeperiode aus (bis zu neun Wochen in der Region Süden und bis zu fünf Wochen in den Regionen Norden und Mitte). Zusätzlich wurden in diesem Zeitraum auch auffallend hohe Wochenmitteltemperaturen (bis zu 26,6 °C in den Regionen Mitte und Süden, bis zu 25,1 °C im Norden) gemessen. Im Jahr 2019 wurden zwar ebenfalls sehr hohe Temperaturen gemessen (maximal 25,8 °C in der Region Mitte, 25,7 °C im Süden und 25 °C im Norden), die Hitzeperioden wurden aber immer wieder von Wochen mit niedrigerer Temperatur unterbrochen. Im Jahr 2020 lässt sich schließlich wieder eine langandauernde Hitzeperiode (bis zu fünf Wochen in den Regionen Mitte und Süden, bis zu drei Wochen im Norden) beobachten, die maximale Wochenmitteltemperatur lag jedoch deutlich niedriger als im Jahr 2018 (maximale Wochenmitteltemperatur 24,9 °C).

Eine explizite Berücksichtigung der Hitzedauer in der Modellierung wurde untersucht, führt aber nicht zu einer wesentlich verbesserten Beschreibung der beobachteten Daten. Eine detaillierte Zusammenfassung der wichtigsten Temperaturkennzahlen im Untersuchungszeitraum findet sich im *eSupplement* „Daten“.

GRAFIK 2

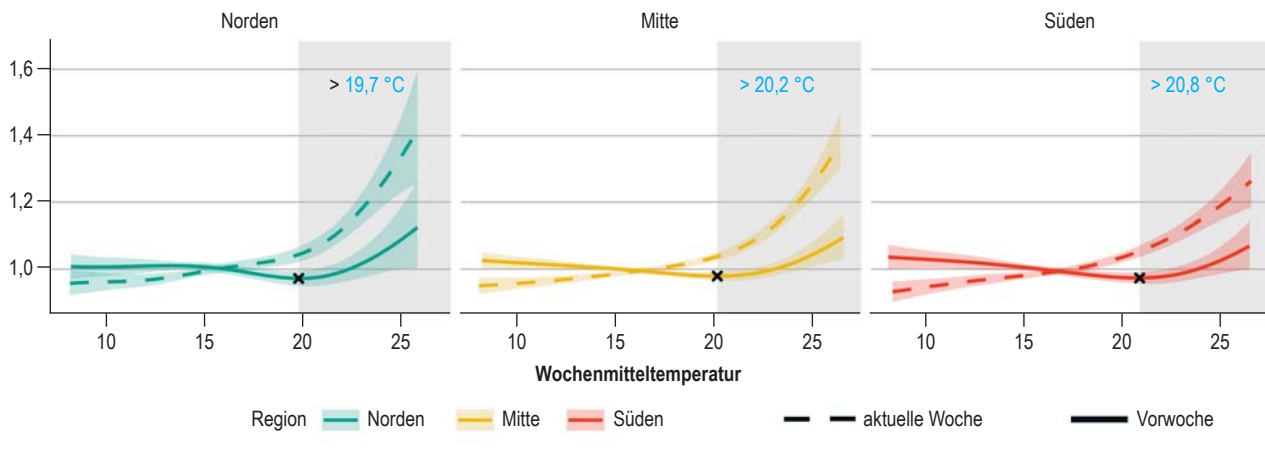
Sterbefälle pro 100 000 Einwohner



Verlauf der Mortalität (Sterbefälle pro 100 000 Einwohner) in den Jahren 2018–2021. Die graue Linie zeigt die gemeldete Gesamtmortalität, die rote Linie zeigt die vom Modell geschätzte Mortalität (nur im Sommerhalbjahr) und die blaue Linie zeigt die geschätzte Hintergrundmortalität (erwartete Mortalität ohne Hitze). Wochen, in denen die Wochenmitteltemperatur (gemittelt über alle Bundesländer) 20 °C übersteigt, sind gelb hinterlegt. Die leicht erhöhte Gesamtmortalität im Frühjahr 2020 sowie die stark erhöhte Gesamtmortalität im Winter 2020/21 sind auf die erste und zweite Welle der COVID-19-Pandemie zurückzuführen. Eine regionale Aufschlüsselung der Zeitreihe findet sich in eGrafik 1.

GRAFIK 3

relative Mortalitätsrate



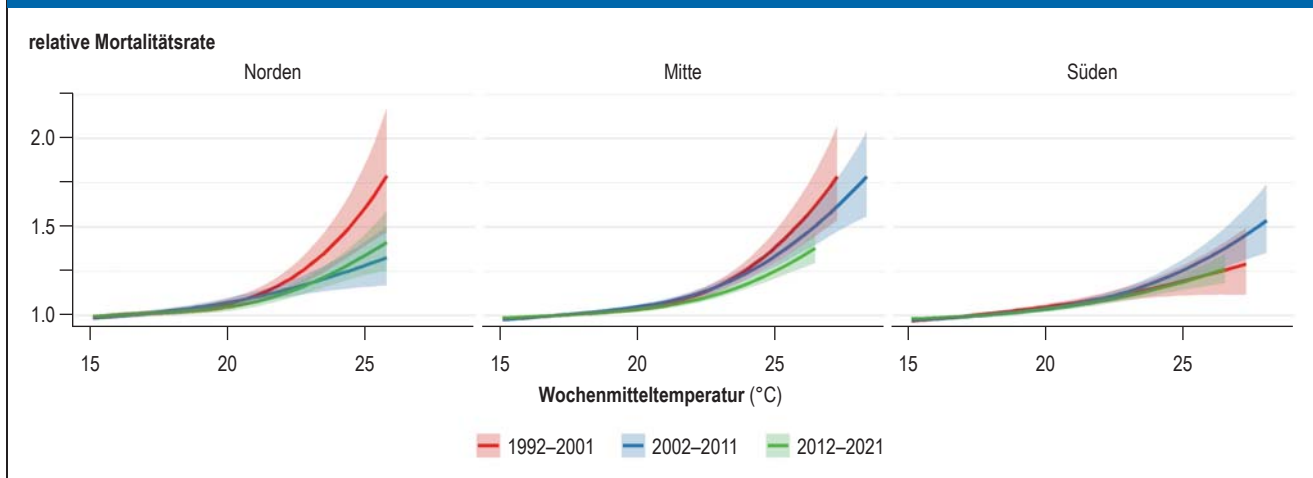
Expositions-Wirkungskurven der aktuellen Woche (gestrichelte Linie) und der Vorwoche (durchgezogenen Linie) für die Altersgruppe 85+ im Zeitraum 2012–2012, aufgeteilt nach den drei Regionen „Norden“, „Mitte“ und „Süden“. Das Minimum der Expositions-Wirkungskurve der Vorwoche ist jeweils mit einem schwarzen „x“ hervorgehoben und kennzeichnet den Temperaturschwellenwert, ab dem sowohl die Temperatur der Vorwoche als auch die Temperatur der aktuellen Woche zu einem Anstieg der Mortalitätsrate führen. Temperaturbereiche oberhalb des Schwellenwerts sind grau hinterlegt. Der Temperaturschwellenwert steigt von Norden nach Süden an.

Diskussion

Die Jahre 2018–2020 weisen jeweils mehr Hitzewochen auf als die anderen Jahre der Dekade 2012–2021. Das Jahr 2018 sticht besonders hervor, da nicht nur überdurchschnittlich lange andauernde Hitzeperioden auftraten, sondern auch besonders hohe Temperaturen gemessen wurden. Die Dauer und Anzahl der Hitzeperioden unterscheiden sich allerdings deutlich zwischen den Regionen, siehe auch eSupplement „Daten“. Auch die hitzebedingte Mortalität liegt in den Jahren 2018–2020

deutlich über den Werten der anderen Jahre der Dekade. Im Jahr 2018 ist die geschätzte Anzahl der hitzebedingten Sterbefälle vergleichbar mit den historischen Hitzejahren 1994 und 2003. Allerdings zeigt eine direkte Gegenüberstellung der Mortalität in den einzelnen Wochen, dass bei vergleichbaren Temperaturen im Jahr 2018 weniger Sterbefälle auftraten als 1994 und 2003 (eSupplement „Analyse“). Im Jahr 2021 waren nur einzelne Hitzewochen zu beobachten, die nicht zu einer signifikanten Erhöhung der Gesamtmortalität geführt haben.

GRAFIK 4



Trend der Expositions-Wirkungskurven über die Dekaden für die drei Regionen „Norden“, „Mitte“ und „Süden“. Dargestellt sind Ergebnisse für die Altersgruppe 85+, da dort die stärksten Effekte zu beobachten sind. Die drei Dekaden 1992 bis 2001 (rot), 2002–2011 (blau) und 2012–2021 (grün) zeigen einen leicht abfallenden Trend, der besonders deutlich in der Region „Mitte“ zu sehen ist. Da Wochenmitteltemperaturen über 25 °C in der Region „Norden“ deutlich seltener auftreten, sind die Schätzungen in diesem Bereich mit größerer Unsicherheit behaftet, was sich an den breiteren Konfidenzintervallen zeigt.

Einfluss der Jahre 2018–2020 auf die Gesamtdekade

Da die Expositions-Wirkungskurven pro Dekade geschätzt werden, führt die Inklusion der vergleichsweise heißen Jahre 2018–2020 zu einer Neuschätzung der Expositions-Wirkungskurven der Dekade 2012–2021, die im Vergleich mit dem Modell auf Basis der Daten bis 2017 (3) einen steileren Anstieg verzeichnen. Dies impliziert, dass auch die geschätzte Anzahl der hitzebedingten Sterbefälle für diese Dekade leicht nach oben korrigiert werden muss. Die aktualisierten Schätzwerte liegen im Rahmen der 95%-Konfidenzbereiche der früheren Schätzung (eSupplement „Analyse“).

Dauer von Hitzeperioden

Eine Berücksichtigung der Dauer von Hitzeperioden führte nur zu geringfügigen Verbesserungen der Modellpassung und nicht zu signifikanten Veränderungen in den Schätzungen der hitzebedingten Sterbefälle. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass Kalenderwochen als Untersuchungseinheit zu grob sind, um den zeitlichen Verlauf einer lang anhaltenden Hitzeperiode vollständig zu erfassen. Insbesondere ein Wechsel zwischen heißen und kühleren Tagen innerhalb einer Woche sowie die Stärke der nächtlichen Abkühlung können auf Basis wöchentlicher Werte nicht eindeutig differenziert werden, sodass zum Beispiel die Dauer einer Hitzeperiode in den wöchentlichen Daten tendenziell überschätzt wird (eSupplement „Daten“). Die Untersuchung tagesebener Mortalitätsdaten könnte dabei helfen, eine optimale Zeiteinheit zu identifizieren.

Schließlich könnten auch andere Phänomene abgesehen von der Temperatur eine Rolle spielen, etwa das Auftreten und die Konzentration von Luftschadstoffen, die Luftfeuchtigkeit und möglicherweise auch die Lage einer Hitzeperiode im Kalenderjahr

(25). So wurde beispielsweise in (26) gezeigt, dass der Mortalitätsverlauf während der ersten Tage der Hitzewellen 2003 und 2015 trotz vergleichbarer Temperaturverläufe starke Unterschiede aufwies. Erklären ließen sich die Unterschiede mit der deutlich höheren Luftfeuchtigkeit während der Hitzewelle 2015.

Vergleich mit anderen Modellen

Einzelne Bundesländer, zum Beispiel Hessen (10), Baden-Württemberg (11), Berlin und Brandenburg (27), veröffentlichen regelmäßige Schätzungen der Anzahl hitzebedingter Sterbefälle. Die Hintergrundmortalität wird in diesen Modellen mithilfe der durchschnittlichen Mortalität der Vorjahre berechnet, wobei Zeiträume mit bekannten Hitzeereignissen ausgeschlossen werden. Diese Modelle haben gegenüber der hier verwendeten Modellierung den Vorteil der vereinfachten Handhabung, da sie auch ohne spezielle Statistiksoftware ausgewertet werden können. Andererseits stehen sie vor der Problematik, dass die zunehmende Frequenz extremer Hitzeereignisse den Ausschluss immer größerer Zeiträume bedingt, was zu einer Verzerrung der geschätzten Hintergrundmortalität führen kann. Außerdem kann der Expositions-Wirkungszusammenhang nicht direkt quantifiziert werden, weshalb Temperatur-Schwellenwerte und Anpassungsprozesse auf anderem Wege beschrieben werden müssen.

Das Thema hitzebedingte Mortalität rückt auch zunehmend in den Fokus internationaler Untersuchungen. So wurde etwa im Jahr 2020 der Indikator „heat-related mortality“ in den „Lancet Countdown on health and climate change“ aufgenommen. Weltweit wurde die Anzahl der hitzebedingten Sterbefälle im Jahr 2018 mit 296 000 beziffert, von denen allein 20 000 auf Deutschland entfallen (6). Allerdings wurde für diese Schätzung

eine weltweit einheitliche Expositions-Wirkungskurve angenommen und auch saisonale Unterschiede in der Mortalität wurden nur pauschal berücksichtigt. Eine solche vereinfachte Herangehensweise erlaubt zwar, die weltweite Größenordnung der hitzebedingten Mortalität einzuschätzen, kann aber für einzelne Staaten zu deutlichen Über- beziehungsweise Unterschätzungen führen (zur Bedeutung regionaler Unterschiede in den Expositions-Wirkungszusammenhängen siehe auch [28]).

Anpassung an Hitzeperioden in Deutschland

Die in *Grafik 4* dargestellte Entwicklung der Expositions-Wirkungskurven im Verlauf der Dekaden zeigt, dass im Allgemeinen dieselbe Wochenmitteltemperatur in der Dekade 2012–2021 weniger stark auf die Mortalität einwirkte als etwa in der Dekade 1992–2001. Dies kann als Hinweis auf eine gewisse Anpassung der Bevölkerung an wiederkehrende Hitzeperioden interpretiert werden.

Die von uns analysierten Daten erlauben keine Rückschlüsse auf die Ursachen dieser begrenzten Anpassung. Denkbar sind zum Beispiel individuelle Verhaltensänderungen durch stärkere Sensibilisierung, wie etwa das Tragen luftiger Kleidung, ausreichende Flüssigkeitszufuhr oder das Aufsuchen schattiger oder klimatisierter Räume (29). Information zu Hitzeereignissen erfolgt beispielsweise auch über das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes (30).

Da ältere Menschen und Menschen mit Vorerkrankungen besonders betroffen sind, steht das Thema Hitzeprävention im Gesundheits- und Pflegewesen auf der Basis erster Umsetzungserfahrungen weiter im Fokus (2). Um Anpassungsstrategien auf Ebene der Kommunen zu initiieren, ist die Koordination und fachübergreifende Interaktion essentiell (31, 32). Hierzu betonte die Gesundheitsministerkonferenz 2020 in ihrem entsprechenden Beschluss die Erfordernis von Hitzeaktionsplänen, mit dem Hinweis diese bis 2025 zu erstellen (33).

Ausblick

Zahlreiche Untersuchungen gehen davon aus, dass durch den Klimawandel auch in Deutschland vermehrt mit extremen Hitzeereignissen mit teilweise drastischen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit gerechnet werden muss (4, 20, 34–38). Die Untersuchung der hitzebedingten Mortalität stellt dabei einen wesentlichen Beitrag zur Einschätzung gesundheitlicher Risiken dar. Die Aktualisierung unserer Analyse zeigt erstmalig in drei aufeinanderfolgenden Jahren signifikant Anzahlen hitzebedingter Sterbefälle und verdeutlicht damit noch einmal, dass Hitzeereignisse weiterhin eine ernstzunehmende Bedrohung für die Gesundheit der Menschen in Deutschland sind. Insgesamt bestehen nach wie vor die Notwendigkeit und Herausforderung, den Umgang mit Hitzeperioden in Deutschland deutlich zu verbessern und vulnerable Bevölkerungsgruppen adäquat zu schützen.

Förderung

Diese Arbeit ist im Rahmen des Projekts „DAS: Weiterentwicklung und Harmonisierung des Indikators zur hitzebedingten Übersterblichkeit in Deutschland“ (FKZ 3720 48 203 1) entstanden und wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) gefördert und im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durchgeführt.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Manuskriptdaten

eingereicht: 21.12.2021, revidierte Fassung angenommen: 13.04.2022.

Literatur

1. Bunker A, Wildenhain J, Vandenbergh A, et al.: Effects of air temperature on climate-sensitive mortality and morbidity outcomes in the elderly; a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *EBioMedicine* 2016; 6: 258–68.
2. Herrmann A, Haefeli WE, Lindemann U, Rapp K, Roigk P, Becker C: Epidemiology and prevention of heat-related adverse health effects on elderly people. *Z Gerontol Geriatr* 2019; 52: 487–502.
3. an der Heiden M, Muthers S, Niemann H, Buchholz U, Grabenhenrich L, Matzarakis A: Heat-related mortality: an analysis of the impact of heatwaves in Germany between 1992 and 2017. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117: 603–9.
4. Eis D, Helm D, Laußmann D, Stark K: Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. *DAZ* 2008; 148: 66–71.
5. Gasparrini A, Armstrong B: The impact of heat waves on mortality. *Epidemiology* 2011; 22: 68–73.
6. Watts N, Amann M, Arnell N, et al.: The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *Lancet* 2021; 397: 129–70.
7. Breitner S, Wolf K, Peters A, Schneider A: Short-term effects of air temperature on cause-specific cardiovascular mortality in Bavaria, Germany. *Heart* 2014; 100: 1272–80.
8. Rai M, Breitner S, Wolf K, Peters A, Schneider A, Chen K: Impact of climate and population change on temperature-related mortality burden in Bavaria, Germany. *Environ Res Lett* 2019; 14.
9. an der Heiden M, Buchholz U, Uphoff H: Schätzung der Zahl hitzebedingter Sterbefälle und Betrachtung der Exzess-Mortalität; Berlin und Hessen, Sommer 2018. *Epid Bull* 2019; 23: 193–7.
10. Siebert H, Uphoff H, Grewe HA: Monitoring heat-related mortality in Hesse. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 2019; 62: 580–8.
11. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg.: Baden-Württemberg: Annähernd 1700? »Hitzetote« im Sommer 2019. 2020. www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2020171 (last accessed on 12 May 2022).
12. Huber V, Krummenauer L, Peña-Ortiz C, et al.: Temperature-related excess mortality in German cities at 2 °C and higher degrees of global warming. *Environ Res* 2020; 186: 109447.
13. Zacharias S, Koppe C, Mücke HG: Climate change effects on heat waves and future heat wave-associated IHD mortality in Germany. *Climate* 2015; 3: 100–17.
14. Zacharias S, Koppe C, Mücke HG: Influence of heat waves on ischemic heart diseases in Germany. *Climate* 2014; 2: 133–52.
15. an der Heiden M, Muthers S, Niemann H, Buchholz U, Grabenhenrich L, Matzarakis A: Estimation of heat-related deaths in Germany between 2001 and 2015. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 2019; 571–9.
16. Karlsson M, Ziebarth N: Population health effects and health-related costs of extreme temperatures: comprehensive evidence from Germany. *J Environ Econ Manage* 2018; 91: 93–117.
17. Havenith G: Temperature regulation, heat balance and climatic stress. In: *Extreme weather events and public health responses*. Berlin, Heidelberg: Springer 2005; 69–80.
18. Keatinge WR, Coleshaw SRK, Easton JC, Cotter F, Mattock MB, Chelliah R: Increased platelet and red cell counts, blood viscosity, and plasma cholesterol levels during heat stress, and mortality from coronary and cerebral thrombosis. *Am J Med* 1986; 81: 795–800.
19. Michelozzi P, Accetta G, De Sario M, et al.: High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *Am J Respir Crit Care Med* 2009; 179: 383–9.
20. Schlegel I, Muthers S, Matzarakis A: Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen. 2021. www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-morbiditytaet (last accessed on 12 May 2022).

21. Wood SN: Generalized additive models: An introduction with R. Second edition. New York: Chapman and Hall/CRC. 2006.
22. Statistisches Bundesamt (DESTATIS): Sonderauswertung Sterbefälle. www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Sterbefaelle-Lebenserwartung/Tabellen/sonderauswertung-sterbefaelle.html. (last accessed on 12 May 2022).
23. Statistisches Bundesamt (DESTATIS): Bevölkerung im Wandel. Annahmen und Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. 2019. www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2019/Bevoelkerung/pressebroschuere-bevoelkerung.pdf?__blob=publicationFile (last accessed on 12 May 2022).
24. R Core Team: R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria 2017. www.r-project.org/ (last accessed on 12 May 2022).
25. Ragettli MS, Röösli M: Gesundheitliche Auswirkungen von Hitze in der Schweiz und die Bedeutung von Präventionsmassnahmen. Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut: Schlussbericht Juli 2020. www.nccs.admin.ch/dam/nccs/de/dokumente/website/sectoren/gesundheitswissstph-2020-gesundheitliche-auswirkungen-von-hitze-2019-vergleich.pdf.download.pdf/SwissTPH_2020_Gesundheitliche_Auswirkungen_von_Hitze_2019_Vergleich_2003-2015-2018_def.pdf (last accessed on 12 May 2022).
26. Muthers S, Laschewski G, Matzarakis A: The summers 2003 and 2015 in South-West Germany: heat waves and heat-related mortality in the context of climate change. *Atmosphere (Basel)* 2017; 8: 224.
27. Axnick M: Hitzebedingte Sterblichkeit in Berlin und Brandenburg. *Zeitschrift für amtliche Stat Berlin Brand* 2021: 34–9.
28. Vicedo-Cabrera AM, Sera F, Gasparini A: Hands-on tutorial on a modeling framework for projections of climate change impacts on health. *Epidemiology* 2019; 30: 321–9.
29. Gosling SN, Hondula DM, Bunker A, et al.: Adaptation to climate change: a comparative analysis of modeling methods for heat-related mortality. *Environ Health Perspect* 2017; 125: 1–14.
30. Matzarakis A, Laschewski G, Muthers S: The heat healthwarning system in Germany—application and warnings for 2005 to 2019. *Atmosphere (Basel)* 2020; 11: 1–13.
31. Kaiser T, Kind C, Dudda L, Sander K: Klimawandel, Hitze und Gesundheit: Stand der gesundheitlichen Hitzevorsorge in Deutschland und Unterstützungsbedarf der Bundesländer und Kommunen. *Climate change, heat and health: status of heat prevention in Germany and need for support of federal states*. UMID – Umwelt + Mensch Informationsdienst 01/2021, 27–37.
32. Blättner B, Janson D, Grewe HA: Heat-health action plans in the parliaments of the German federal states: political discourses on health protection and climate change. *Prävention und Gesundheitsförderung* 2020; 15: 296–302.
33. Gesundheitsministerkonferenz: TOP: 5.1 Der Klimawandel – eine Herausforderung für das deutsche Gesundheitswesen. 2020. www.berlin.de/sen/archiv/gpg-2016-2021/2020/pressemitteilung.998587.php (last accessed on 12 May 2022).
34. Christidis N, Jones G, Stott P: Dramatically increasing chance of extremely hot summers since the 2003 European heatwave. *Nat Clim Chang* 2015; 5: 46–50.
35. Deuschländer T, Mächel H: Temperatur inklusive Hitzewellen. In: *Klimawandel in Deutschland Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum* 2017; 47–56.
36. Kahlenborn W, Porst L, Voß M, et al.: Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. 2021. www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Zusammenfassung (last accessed on 12 May 2022).
37. Vicedo-Cabrera AM, Scovronick N, Sera F, et al.: The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nat Clim Chang* 2021; 11: 492–500.
38. Mücke HG, Litvinovitch J: Heat extremes, public health impacts, and adaptation policy in Germany. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 7862;.

Anschrift für die Verfasser

Claudia Winklmayr, M.Sc.
Abteilung für Infektionsepidemiologie
Robert Koch-Institut
Nordufer 20, 13353 Berlin
winklmayrc@rki.de

Zitierweise

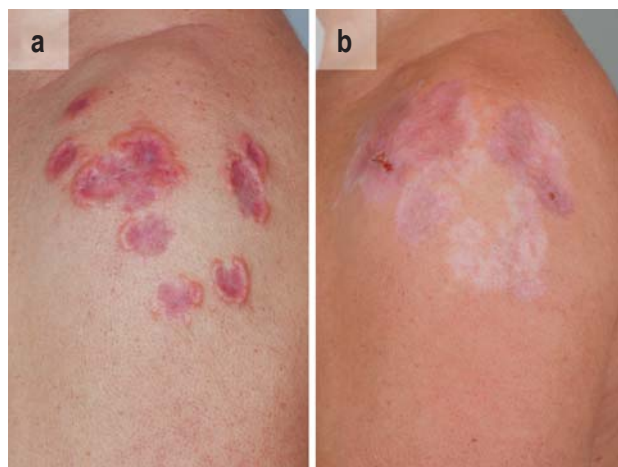
Winklmayr C, Muthers S, Niemann H, Mücke HG, an der Heiden M: Heat-related mortality in Germany from 1992 to 2021. *Dtsch Arztebl Int* 2022; 119: 451–7. DOI: 10.3238/arztebl.m2022.0202

► Die englische Version des Artikels ist online abrufbar unter: www.aerzteblatt-international.de

Zusatzmaterial
eTabelle, eGrafiken, eSupplement:
www.aerzteblatt.de/m2022.0202 oder über QR-Code



KLINISCHER SCHNAPPSCHUSS



M. Karsten, D. Hildemagen/Universitätsklinikum Leipzig

Syphilitische kutane Gummata

Ein 54-jähriger Patient stellte sich mit persistierenden anulären Plaques vor, die ausschließlich an beiden Oberarmen auftraten. Die Herde zeigten eine erhabene indurierte Begrenzung und zentrale Atrophie (Abbildung a, 03/2018). Die Biopsie deutete mit zahlreichen Makrophagen, mehrkernigen Riesenzellen, Lymphozyten und Plasmazellen auf ein infektiöses Geschehen hin. Serologisch wurde eine Syphilis nachgewiesen (mit positivem Treponema-pallidum-Partikel-Agglutinations-Test und Westernblot). Der Patient erhielt intramuskuläre Injektionen von 2,4 Mio Einheiten Tardocillin/Tag 1, die an Tag 8 und 15 wiederholt wurden. Die Gummata heilten unter Bildung größerer hypopigmentierter Narben ab (Abbildung b, 02/2019). Der serologische Titer der Cardiolipin-Antikörper (VDRL-Test) war sechs Wochen später deutlich gesunken. Sobald die Diagnose einer tertiären Syphilis mit kutanen Gummata gestellt wird, sollten weitere Organbeteiligungen ausgeschlossen werden (kardiovaskuläre, neurologische Beteiligung, Augen, Leber, Knochen,

Gelenke). Die Inzidenz ist in Deutschland auf mehr als 9 Meldungen pro 100 000 Einwohner pro Jahr gestiegen. Die Mortalität liegt unbehandelt bei bis zu 50–60 %. Eine Kontaktverfolgung wird angeraten, insbesondere in Bezug auf kongenitale Syphilisinfektionen.

Dr. med. Robin Reschke, Prof. Dr. med. Manfred Kunz, PD Dr. med. Mirjana Ziemer, Klinik und Poliklinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie, Universitätsklinikum Leipzig, robin.reschke@medizin.uni-leipzig.de

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Zitierweise: Reschke R, Kunz M, Ziemer M: Gummatous cutaneous syphilis. *Dtsch Arztebl Int* 2022; 119: 457. DOI: 10.3238/arztebl.m2022.0050

► Vergrößerte Abbildung und englische Übersetzung unter: www.aerzteblatt.de

Zusatzmaterial zu:

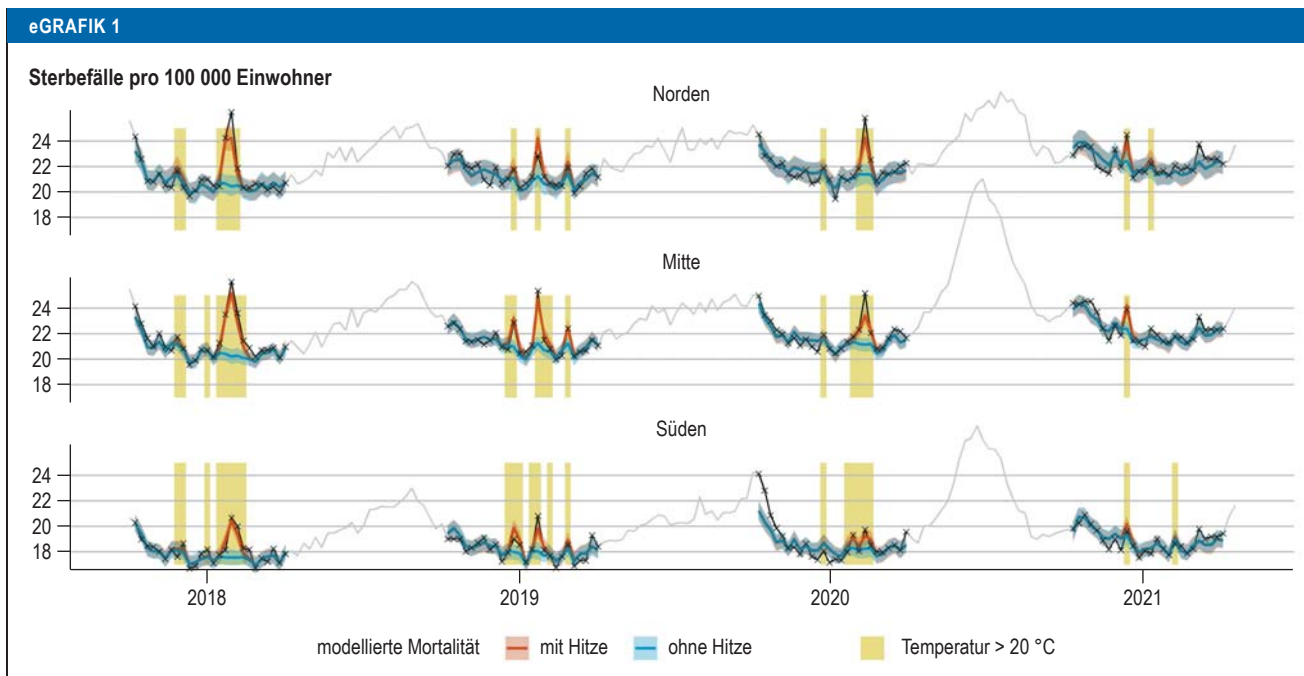
Hitzebedingte Mortalität in Deutschland zwischen 1992 und 2021

Claudia Winklmayr, Stefan Muthers, Hildegard Niemann, Hans-Guido Mücke, Matthias an der Heiden

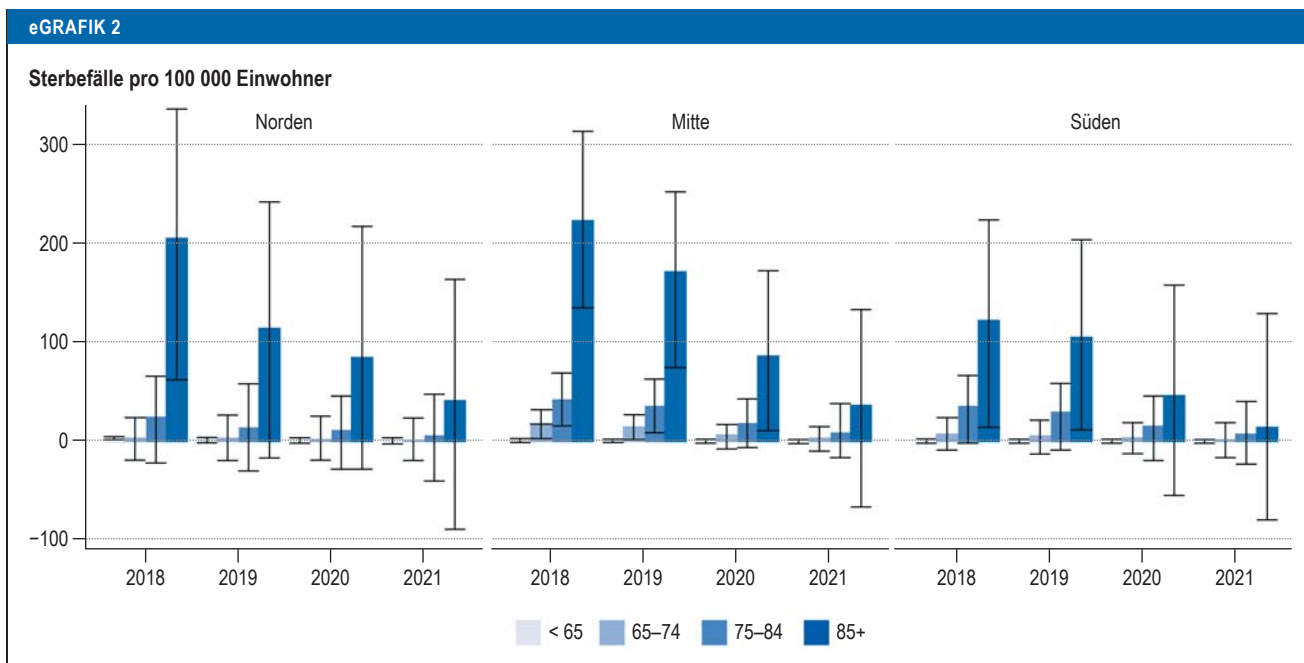
Dtsch Arztebl Int 2022; 119: 451–7. DOI: 10.3238/arztebl.m2022.0202

eTABELLE	
Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle inklusive 95%-Konfidenzintervall für die Jahre 1992-2021*	
Jahr	geschätzte Zahl hitzebedingter Sterbefälle [95%-Konfidenzintervall]
1992	2 800 [600; 5 000]
1993	0 [-2 600; 2 100]
1994	10 100 [8 100; 12 400]
1995	2 800 [800; 4 700]
1996	300 [-1 900; 2 200]
1997	2 100 [0; 4 100]
1998	600 [-1 900; 2 800]
1999	900 [-1 000; 3 200]
2000	400 [-1 700; 2 400]
2001	2 700 [800; 4 600]
2002	1 300 [-1 000; 3 200]
2003	9 500 [7 200; 12 000]
2004	1 300 [-800; 3 200]
2005	1 400 [-900; 3 600]
2006	7 500 [5 400; 9 500]
2007	500 [-1 600; 2 500]
2008	900 [-1 100; 3 100]
2009	500 [-1 600; 2 400]
2010	4 500 [2 300; 6 300]
2011	100 [-1 900; 2 300]
2012	1 000 [-1 100; 3 200]
2013	3 000 [1 100; 5 100]
2014	1 000 [-1 100; 2 900]
2015	6 000 [3 900; 8 200]
2016	1 800 [-600; 4 300]
2017	1 400 [-800; 3 400]
2018	8 700 [6 700; 10 900]
2019	6 900 [4 600; 9 300]
2020	3 700 [1 400; 5 600]
2021	1 700 [-700; 4 300]

* Fett gedruckte Werte sind statistisch signifikant.



Zeitreihe der Mortalität (Sterbefälle pro 100 000 Einwohner) für die Jahre 2018–2021, aufgeteilt nach den Regionen Norden, Mitte und Süden. Die graue Linie zeigt die gemeldete Gesamt mortalität, die rote Linie zeigt die vom Modell geschätzte Mortalität (nur im Sommerhalbjahr) und die blaue Linie zeigt die geschätzte Hintergrundmortalität. Wochen, in denen die Wochenmitteltemperatur (gemittelt über alle Bundesländer) 20 °C übersteigt, sind gelb hinterlegt. In den Jahren 2018 und 2020 fällt die kürzere Dauer der Hitzeperioden in der Region Norden auf. Die erhöhte Mortalität im Frühling 2020 in der Region Süden ist auf die erste Welle der COVID-19-Pandemie zurückzuführen. Die hohen Mortalitätszahlen aufgrund der zweiten Welle der COVID-19-Pandemie im Winter 2020/2021 wurden über die Grenzen der y-Achse hinaus gezeichnet, um die Darstellung der Sommermortalität nicht zu verzerren.



Hitzebedingte Mortalität (Sterbefälle pro 100 000 Einwohner) in den Jahren 2018–2021 aufgeteilt nach Region und Altersgruppe. Trotz der kürzeren Dauer der Hitzeperioden (eGrafik 1) in der Region „Norden“ ist die hitzebedingte Mortalität der ältesten Altersgruppe in dieser Region vergleichbar mit den Regionen „Mitte“ und „Süden“.