



Epidemiologisches Bulletin

6. Juni 2019 / Nr. 23

AKTUELLE DATEN UND INFORMATIONEN ZU INFektionsKRANKHEITEN UND PUBLIC HEALTH

Schätzung der Zahl hitzebedingter Sterbefälle und Betrachtung der Exzess-Mortalität; Berlin und Hessen, Sommer 2018

Abstract

Als Folge des Klimawandels treten in Deutschland seit etwa der Jahrtausendwende Hitzewellen in einer ungewöhnlichen Häufigkeit auf. Starke und/oder längere Hitzewellen führen dabei regelmäßig zu einer erhöhten Mortalität, besonders in den älteren Altersgruppen. Im Sommer 2018 war es über eine besonders lange Zeit heiß. Ein zeitnahes Monitoring der Daten zur Sterblichkeit existiert für Gesamtdeutschland nicht, ist aber in den Bundesländern Berlin und Hessen etabliert. Wir schätzen im Folgenden die Anzahl der hitzebedingt verstorbenen Personen mit Hilfe eines generalisierten additiven Modells, das den systematischen Zusammenhang zwischen dem Mortalitätsverlauf und der Wochenmitteltemperatur quantifiziert. Diese Schätzung wird mit der Exzess-Mortalität verglichen. Im Sommer 2018 starben in Berlin etwa 490 Menschen aufgrund der Hitzeeinwirkung, die Betrachtung der Exzess-Mortalität führt zu einer ähnlichen Schätzung. In Hessen wird die Anzahl hitzebedingter Sterbefälle auf etwa 740 geschätzt, über die Exzess-Mortalität ergeben sich etwas weniger Sterbefälle. Insgesamt betrug die hitzebedingte Mortalität des Sommers 2018 in Berlin und Hessen etwa 12/100.000 Einwohner. In den Altersgruppen der 75- bis 84-Jährigen betrug sie etwa 60/100.000 und bei den über 84-Jährigen etwa 300/100.000 Einwohner. Im Zeitraum 2001–2018 hatten die Sommer 2006 und 2018 in Berlin die stärksten Auswirkungen, in Hessen sind dies die Jahre 2003 und 2018. Insgesamt kommen die Schätzungen aufgrund der Hitzewirkung und aufgrund der Exzess-Mortalität zu ähnlichen Ergebnissen und belegen die erheblichen Auswirkungen, die auch die Hitzewelle 2018 auf die Bevölkerung hatte.

Einleitung

Nachdem sich sechs der elf extremsten Hitzewellen zwischen 1950 und 2015 nach dem Jahr 2000 ereignet hatten,¹ lag der Sommer 2018 mit seiner lang anhaltenden Hitzewelle in den Statistiken wieder weit vorne.² Der Sommer war der zweitheißeste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881, der Sommer 2003 war der heißeste.³

Vor kurzem widmete sich ein Themenheft des [Bundesgesundheitsblattes \(Bundesgesundheitsbl 05/2019\)](#) den gesundheitlichen Folgen und Herausforderungen des Klimawandels. Dabei wurde in einem Beitrag die Zahl hitzebedingter Sterbefälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015 erstmals systematisch geschätzt,¹ in weiteren Beiträgen wurde herausgearbeitet wie wichtig es ist, über etablierte Monitoringsysteme einen zeitnahen Blick auf hitzebedingte Auswirkungen auf Morbidität⁴ und Mortalität⁵ werfen zu können. Während die meisten anderen Länder in Europa seit Jahren das Mortalitätsgeschehen zeitnah überwachen und im Rahmen des europäischen EuroMOMO-Projektes (*European monitoring of excess mortality for public health action*) zusammenführen (<http://euromomo.eu/>), gibt es in Deutschland kein

Diese Woche 23/2019

Schätzung der Zahl hitzebedingter Sterbefälle und Betrachtung der Exzess-Mortalität; Berlin und Hessen, Sommer 2018

[Hinweis auf Veranstaltung](#)

[Monatsstatistik nichtnamentlicher Meldungen ausgewählter Infektionen \(März 2019\)](#)

[Aktuelle Statistik meldepflichtiger Infektionskrankheiten 20. Woche 2019](#)



bundesweites zeitnahes Monitoringsystem. In Berlin und Hessen sind seit 2007 regionale Monitoringsysteme etabliert. Eine gesetzliche Grundlage für eine bundesweite Überwachung existiert bisher nicht.

Angesichts des sehr trockenen und über besonders viele Wochen sehr warmen Sommers 2018 war eine hohe Zahl an **hitzebedingten Sterbefällen** zu befürchten. Diese Anzahl soll auf Basis der in Berlin und Hessen vorliegenden Daten geschätzt werden und mit der **Exzess-Mortalität** im gleichen Modell verglichen werden. Weiterhin werden die Auswirkungen von Hitze auf die Mortalität in beiden Bundesländern ab 2001 verglichen und die Betroffenheit verschiedener Altersgruppen analysiert.

Methoden

Epidemiologische Daten

Es wurden aggregierte Mortalitätsdaten des statistischen Bundesamtes (Destatis) und das zeitnahe Mortalitätsmonitoring aus Berlin und Hessen verwendet, die die wöchentliche Gesamtsterblichkeit nach Altersjahrgängen in den Jahren 2001–2016 (Destatis) und 2017–2018 (zeitnahes Monitoring) beschreiben. Für die weitere Analyse wurden die Altersgruppen (0–64), (65–74), (75–84), (85+) betrachtet. Daten zur Mortalität vor 2001 lagen uns bei Verfassen dieses Artikels nicht vor.

Wetterdaten

Die verwendeten Wetterdaten stammen aus dem Bodennetz des Deutschen Wetterdienstes. Für Berlin wurde die Wetterstation in Tempelhof, für Hessen die Stationen in Bad Hersfeld, Frankfurt am Main, Wettenberg (Landkreis Gießen) und Mannheim verwendet. In Hessen wurde der Mittelwert der Wochenmitteltemperatur über diese Stationen berechnet.

Die Stationen wurden auf Basis der folgenden Kriterien ausgewählt:

- ▶ der Zeitraum 2001–2018 wurde ohne größere Stationsverlegungen oder Geräteausfälle abgedeckt,
- ▶ in Hessen wurden Siedlungsschwerpunkte gleichmäßig über die Fläche berücksichtigt, um Südhessen abzudecken wurde die Wetterstation in Mannheim miteinbezogen,
- ▶ besonders hochgelegene Stationen (Bergstationen) wurden ausgeschlossen.

Generalisiertes additives Modell zur Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle

In der Zeitreihe der Mortalität zeigen sich in Wochen mit hoher Mitteltemperatur regelmäßig Ausschläge. Diese beobachtete Exzess-Mortalität gibt Anlass zu einer Untersuchung, inwieweit ein systematischer Zusammenhang zwischen hohen Temperaturen und einer erhöhten Mortalitätsrate besteht.

Zur Schätzung dieses Zusammenhangs in Form einer „Expositions-Wirkungs-Kurve“ und der daraus abgeleiteten hitzebedingten Mortalität wurde die Mortalität in den Wochen zwischen der 15. und der 40. Kalenderwoche der Jahre 2001–2018 analysiert. Wir verwendeten das Modell, das im Beitrag „Schätzung hitzebedingter Sterbefälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015“ des Bundesgesundheitsblatt-Themenheftes „Gesundheitliche Herausforderungen des Klimawandels“¹ beschrieben wurde. Ein ähnliches Modell wurde seitens des [Robert Koch-Instituts \(RKI\)](#) beispielsweise auch schon zur Berechnung zusätzlicher Arztbesuche durch Influenza verwendet.⁶ In dem o.g. Beitrag wurde gezeigt, dass sich der Verlauf der Mortalität besser über die Wochenmitteltemperatur abbilden lässt als über die Wochenmaximaltemperatur und die Wochenminimaltemperatur, sowie die entsprechenden Maße des Humidex⁷ und der Gefühlten Temperatur.⁸ Daher betrachten wir hier nur den Zusammenhang zwischen Wochenmitteltemperatur und Mortalität.

Wir stellen das Modell hier kurz vor: Der Einfluss der **Wochenmitteltemperatur** auf die Mortalitätsrate wird als eine nichtlineare Expositions-Wirkungskurve im Rahmen eines generalisierten additiven Modells (GAM) beschrieben. Wir haben ein GAM mit logarithmischer Link-Funktion und negativ-binomialer Verteilung verwendet.⁹ Die negativ-binomiale Verteilung berücksichtigt (anders als beispielsweise die Normalverteilung), dass es sich bei den Sterbedaten um Anzahlen (ganze, nicht-negative Zahlen) handelt. Die (zeitabhängige) Größe der Bevölkerung in den Altersgruppen wird (als sogenanntes *offset*) im Modell berücksichtigt.

Neben dem Effekt der Wochenmitteltemperatur beschreibt das Modell die **jährliche Periodizität** (Saisonalität) der Mortalitätsrate und einen nichtlinearen **zeitlichen Trend**, um langfristige Änderungen der Mortalitätsrate, etwa aufgrund der steigenden Lebenserwartung, abzubilden. Der langfristige Trend wird relativ starr modelliert (ein Freiheitsgrad pro zwei Jahre Beobachtungszeit, insgesamt für die Jahre 2001–2018 also neun Freiheitsgrade). Insbesondere an den Rändern, also den Jahren 2001 und 2018, könnte es ansonsten zu implausiblen Ausschlägen kommen. Zur Beschreibung des Effekts der Wochenmitteltemperatur wurden acht Freiheitsgrade erlaubt, um insbesondere für vereinzelt auftretende extreme Wochenmitteltemperaturen die Stabilität des Zusammenhangs zur Mortalitätsrate zu gewährleisten.

Wie bei der Modellierung der bundesweiten Daten,¹ verwenden wir auch hier zur Definition von Hitze einen Schwellenwert von 20°C für die Wochenmitteltemperatur. Hierbei ist zu beachten, dass in diesem Mittelwert die Tages- und Nachttemperaturen der Woche eingehen. Um die erwartete Mortalität ohne Hitzeeinfluss zu modellieren, konstruierten wir einen modifizierten Verlauf der Wochenmitteltemperatur, der dem realen Verlauf entspricht, aber bei Werten über 20°C bei konstant 20°C verbleibt, so dass 20°C nie überschritten wird (kontrafaktische Annahme im

Sinne eines Gedankenexperiments). Die Mortalität ohne Hitzeeinfluss entspricht dann den simulierten Werten des GAM für die in dieser Weise modifizierte Wochenmitteltemperatur. Die wöchentliche Anzahl hitzebedingter Sterbefälle ergibt sich als Differenz zwischen der modellierten Anzahl von Sterbefällen mit und ohne Hitzeeinfluss, siehe rote Balken in Abbildung 1.

Zum Vergleich wurde die Exzess-Mortalität in Wochen mit einer Mitteltemperatur über 20°C betrachtet. Diese ergibt sich als die Differenz der beobachteten Mortalität und der modellierten Mortalität ohne Hitzeeinfluss, siehe blaue Balken in Abbildung 1

Zur Anpassung des GAM wurde die Statistik-Software R (Version 3.5.1) und das R-Package „mgcv“ genutzt.

Ergebnisse

Modellierung der Mortalität in Berlin und Hessen

Das GAM kann den beobachteten Verlauf der Mortalität in einem hohen Maß abbilden (adjustierte R^2 82,9 % in Berlin und 95,6 % in Hessen; s. Abb. 2; S. 196). Im Vergleich zu dem GAM ohne den Einfluss der Temperatur, kann dieses Modell in Berlin 68 % und in Hessen 58 % der Varianz der Daten abbilden. Das bedeutet auf der anderen Seite, dass die beobachteten Peaks in der Mortalität in unterschiedlicher Weise von dem modellierten Wert abweichen (s. Abb. 2, S. 196). Beispielsweise hatten im Jahr 2018 in Berlin alle Wochen zwischen der 29. und 33. Kalenderwoche eine Mitteltemperatur über 20°C (s. Abb. 3, S. 196). Der Einfluss der Temperatur in der 29. und 30. Woche scheint etwas schwächer als vom Modell erwartet gewesen zu sein, dem-

gegenüber zeigt sich in den Wochen 32 und 33 eine höhere Mortalität als vom Modell erwartet. Das gleiche Phänomen beobachten wir in diesen Wochen auch in Hessen (s. Abb. 3, S. 196). Dies deutet darauf hin, dass die Wochen zu Beginn einer Hitzeperiode nicht so belastend sind, wie am Ende und suggeriert, dass über die Wochenmitteltemperatur hinaus die Dauer einer Hitzewelle von Bedeutung ist.

Expositions-Wirkungs-Kurven für Berlin und Hessen

Das GAM schätzt ähnliche Expositions-Wirkungs-Kurven für Berlin und Hessen (s. Abb. 4, S. 197). Diese Kurven beschreiben den systematischen Zusammenhang zwischen hohen Wochenmitteltemperaturen und einer erhöhten Mortalitätsrate in der gleichen Woche.

Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle

In den Jahren 2006 und 2018 schätzt das Modell eine signifikante Anzahl hitzebedingter Sterbefälle in Berlin von 390 (95 %-KI 20–760) bzw. 490 (95 %-KI 110–880), 2015 ist die Anzahl grenzsignifikant (signifikant bezüglich eines 90 % Konfidenz-Intervalls) und beträgt 310 (90 %-KI 10–590) (s. Abb. 5, oben; S. 198). Dies entspricht einer hitzebedingten Mortalität im Jahr 2018 von etwa 13/100.000 Einwohnern, besonders betroffen sind die Altersgruppen (75–84) und (85+), hier liegt die hitzebedingte Mortalität bei etwa 67/100.000 bzw. etwa 320/100.000, (vergleiche Abb. 9, s. S. 200). Die Anzahl der Exzess-Sterbefälle in Wochen mit Mitteltemperatur über 20°C liegt besonders hoch in den Jahren 2006, 2010 und 2018, sowie etwas niedriger im Jahr 2015 (s. Abb. 6, oben, S. 198). In den übrigen Jahren liegt sie im Bereich von 100 Sterbefällen oder darunter (s. Abb. 6, oben; S. 198).

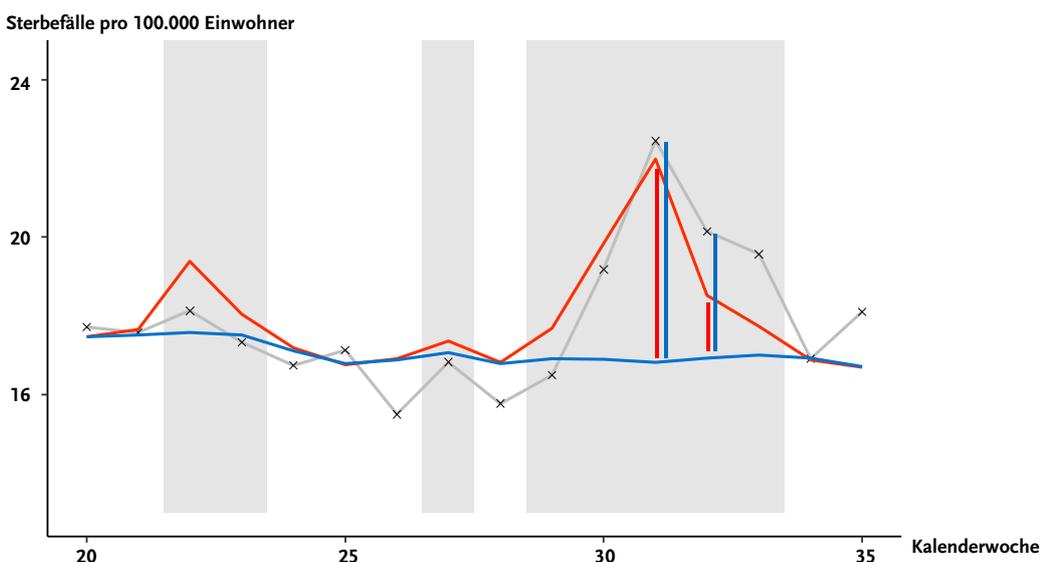


Abb. 1: Schematische Darstellung der beobachteten Zahl der Sterbefälle pro 100.000 Einwohner (Mortalität; schwarze Kreuze verbunden durch graue Linie), der modellierten Mortalität ohne Hitzeeinfluss (blau), und der modellierten Mortalität mit Hitzeeinfluss (rot), hier dargestellt für die Kalenderwochen 20–35 im Jahr 2018 (Berlin). Blaue Balken: Differenz zwischen beobachteter Mortalität und modellierter Mortalität ohne Hitzeeinfluss (Exzess-Mortalität); rote Balken: Differenz zwischen modellierter Mortalität mit und ohne Hitzeeinfluss. Graue, senkrechte Streifen: Perioden mit Wochenmitteltemperatur über 20°C

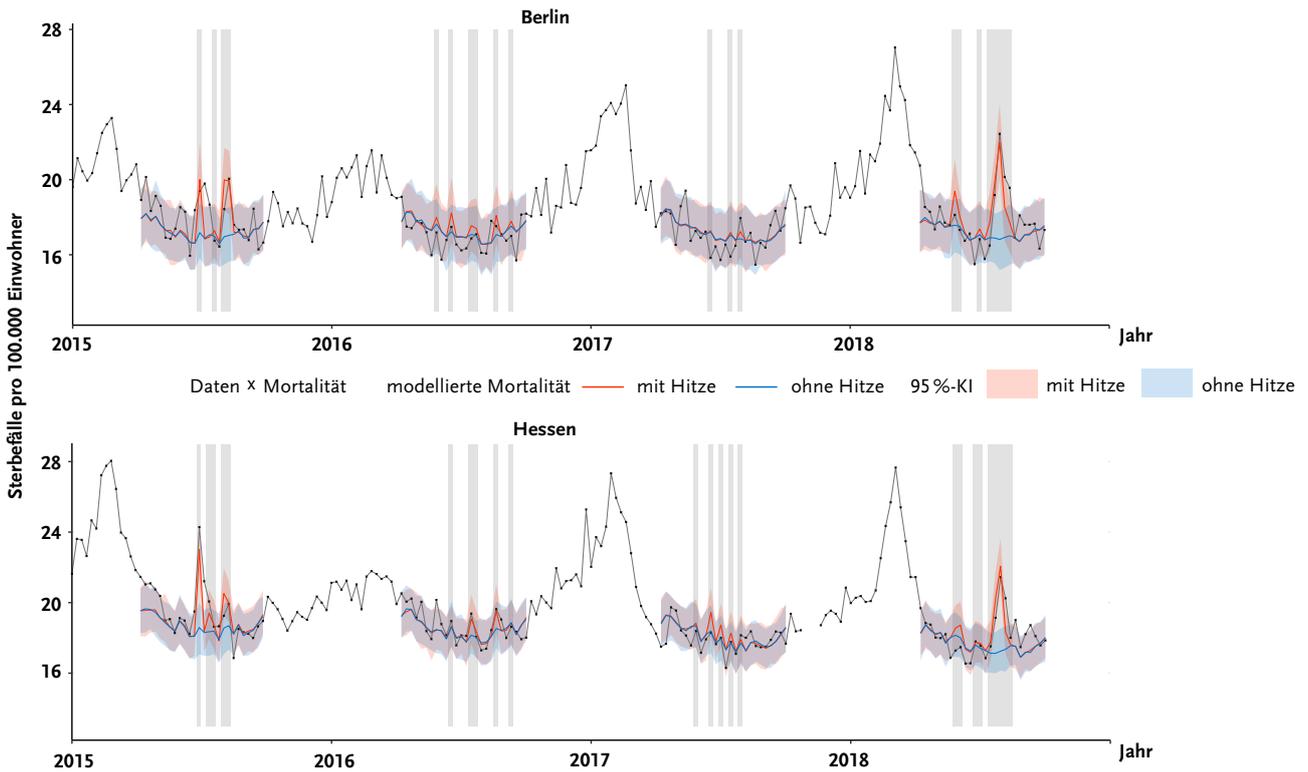


Abb. 2: Anpassung des GAM an den Verlauf der Mortalität in Berlin und Hessen mit 95%-Konfidenz-Intervall (95%-KI) im Jahr 2018, aggregiert über die Altersgruppen. Die vertikalen Bereiche in grau markieren Wochen mit Wochenmitteltemperatur über 20°C

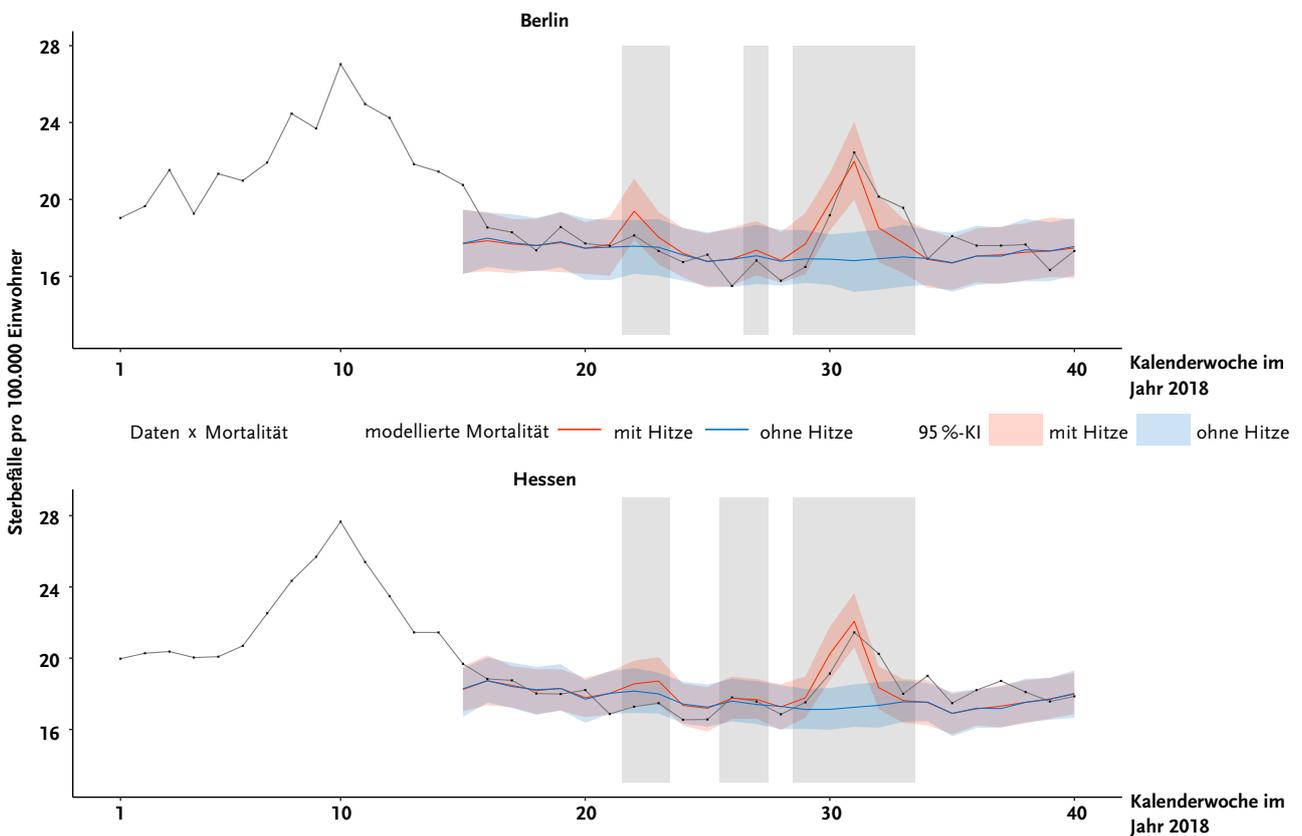


Abb. 3: Anpassung des generalisierten additiven Modells (GAM) an den Verlauf der Mortalität in Berlin und Hessen mit 95%-Konfidenz-Intervall (95%-KI) in den Kalenderwochen 1–40/2018, aggregiert über die Altersgruppen. Die vertikalen Bereiche in grau markieren Wochen mit Wochenmitteltemperatur über 20°C

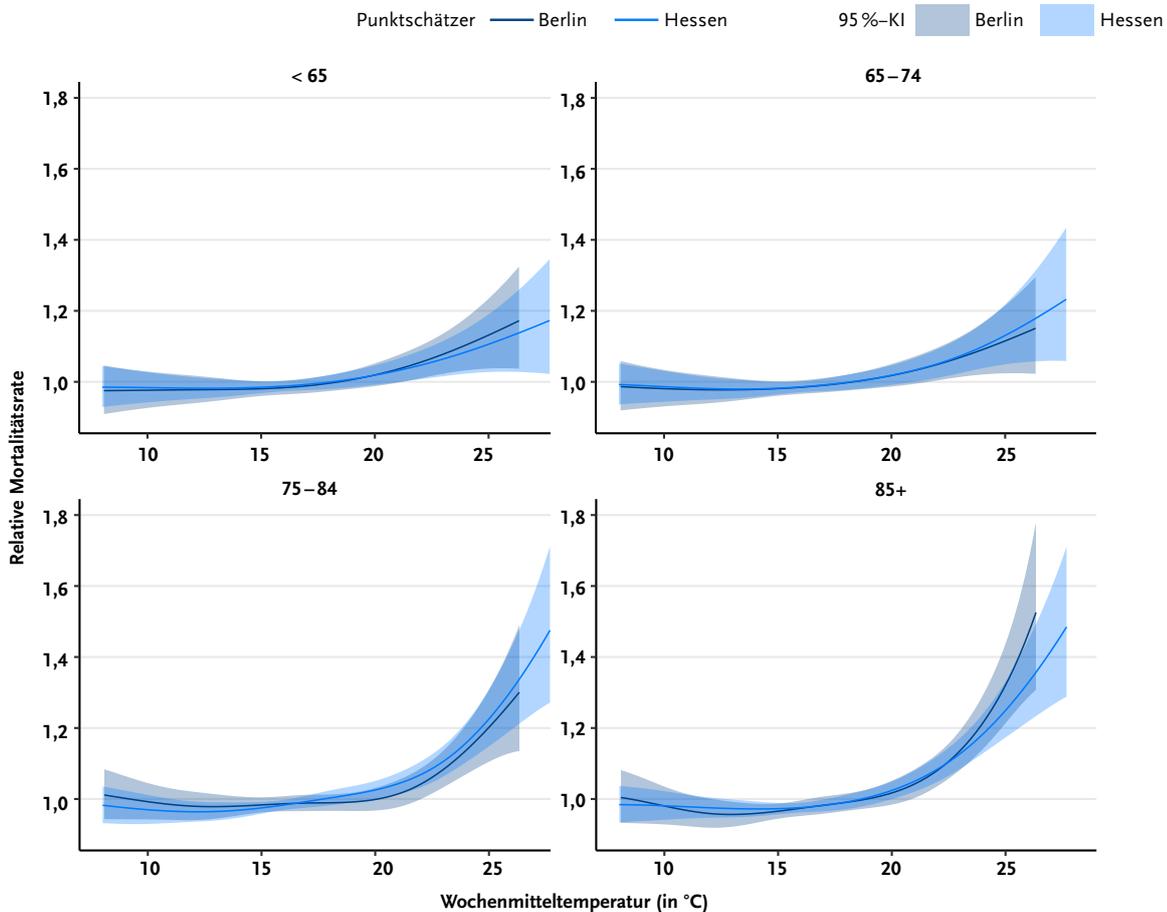


Abb. 4: Expositions-Wirkungs-Kurven nach Altersgruppen für Hessen und Berlin mit 95%-Konfidenzintervall (95%-KI)

In **Hessen** zeigt sich eine signifikant erhöhte hitzebedingte Mortalität in den Jahren 2003, 2015 und 2018 (s. Abb. 5, unten; S. 198). Im Jahr 2003 wurden 780 (95 %-KI 280–1.350), im Jahr 2015 etwa 550 (95 %-KI 73–1.000) und im Jahr 2018 etwa 740 (95 %-KI 200–1.260) hitzebedingte Sterbefälle geschätzt, entsprechend einer Mortalität von 12/100.000 Einwohnern, besonders betroffen sind die Altersgruppen (75–84) und (85+), hier liegt die hitzebedingte Mortalität bei etwa 53/100.000 bzw. etwa 260/100.000, (vergleiche Abb. 9, s. S. 200). Die geschätzte Exzess-Mortalität (s. Abb. 6, unten; S. 198) zeigt ein ähnliches Muster allerdings mit deutlich geringerer Unsicherheit, im Jahr 2003 liegt der Wert mit 1.240 (95 %-KI 1.000–1.470) Exzess-Sterbefällen deutlich über der geschätzten Zahl hitzebedingter Sterbefälle.

Zusammenfassend beobachten wir eine ähnliche Auswirkung des Hitzesommers im Jahr 2018 in Berlin und

Hessen. Die Raten hitzebedingter Mortalität waren am höchsten in den Altersgruppen der 75- bis 84-Jährigen mit etwa 60/100.000 und bei den über 84-Jährigen mit etwa 300/100.000 Einwohner.

Abbildung 7 (s. S. 198) zeigt, dass besonders große Abweichungen zwischen dem GAM und der Exzess-Mortalität im Jahr 2003 in Hessen und im Jahr 2010 in Berlin bestehen. In diesen Jahren liegt der Mortalitätspeak deutlich über dem aufgrund der Wochenmitteltemperatur erwarteten Wert. Dagegen stimmen die geschätzten Werte für die Jahre 2015 und 2018 relativ gut mit den Exzess-Werten überein.

Abbildung 8 (s. S. 199) verdeutlicht, wie sich die wöchentliche Exzess-Mortalität zu der wöchentlichen hitzebedingten Mortalität verhält. Letztere lässt sich als Mittelung der einzelnen Exzess-Mortalitäten vorstellen.

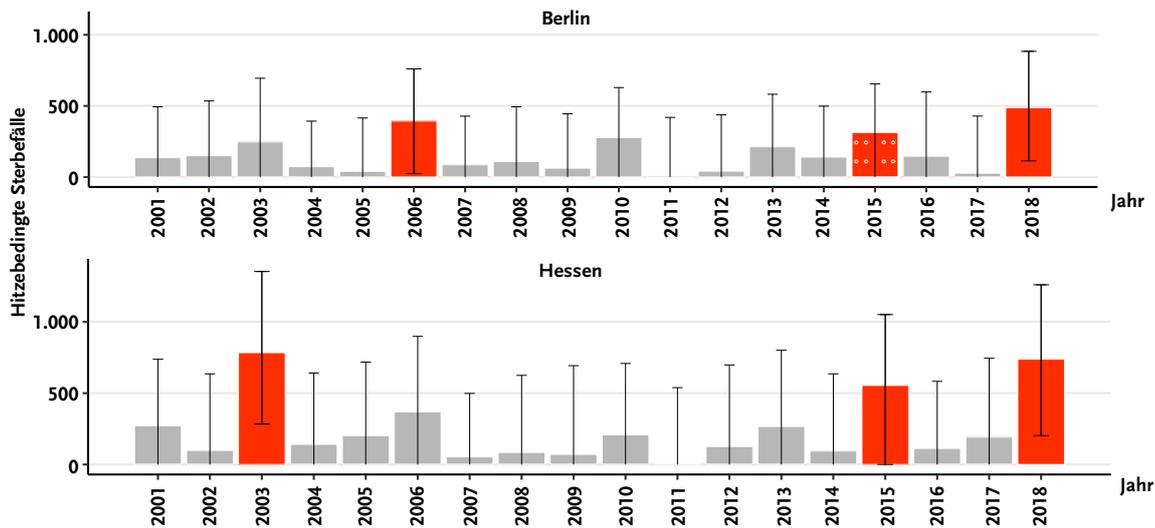


Abb. 5: Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall. Signifikant erhöhte Anzahlen sind in rot, grenzsignifikant erhöhte Anzahlen sind zusätzlich mit weißen Kreisen markiert

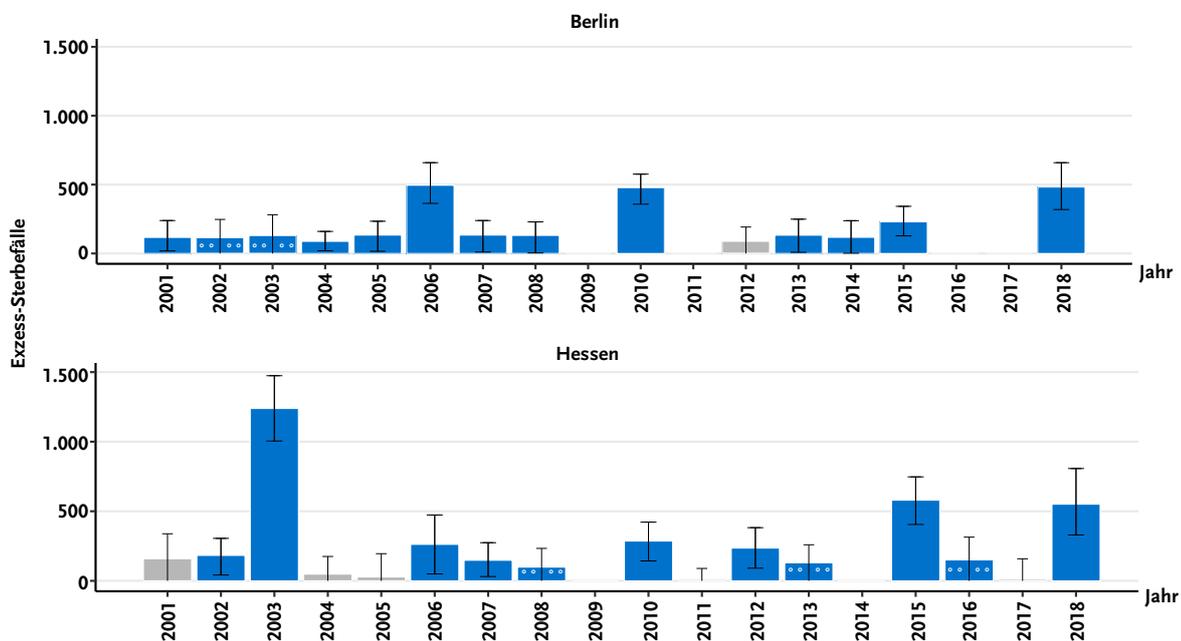


Abb. 6: Schätzung der Exzess-Mortalität in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall. Signifikant erhöhte Anzahlen sind in Blau, grenzsignifikant erhöhte Anzahlen sind zusätzlich mit weißen Kreisen markiert

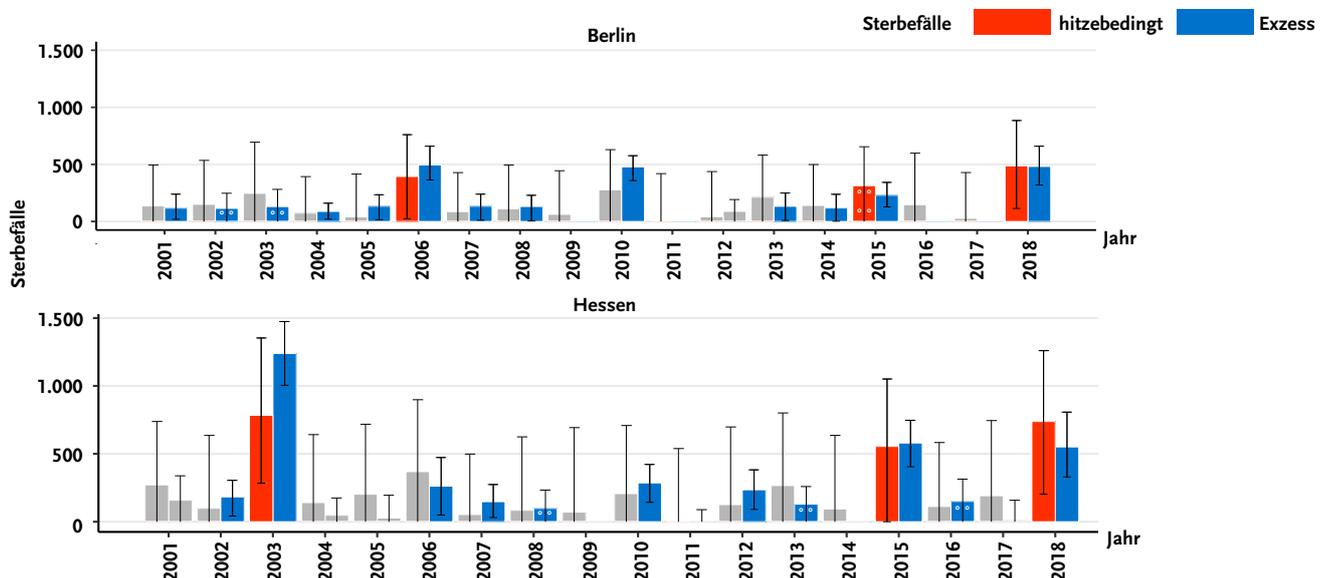


Abb. 7: Vergleich der Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle und der Exzess-Mortalität in den Jahren 2001–2018 in Berlin und Hessen mit 95%-Konfidenz-Intervallen, signifikant erhöhte Anzahlen sind Rot bzw. Blau, grenzsignifikant erhöhte sind zusätzlich mit weißen Kreisen markiert

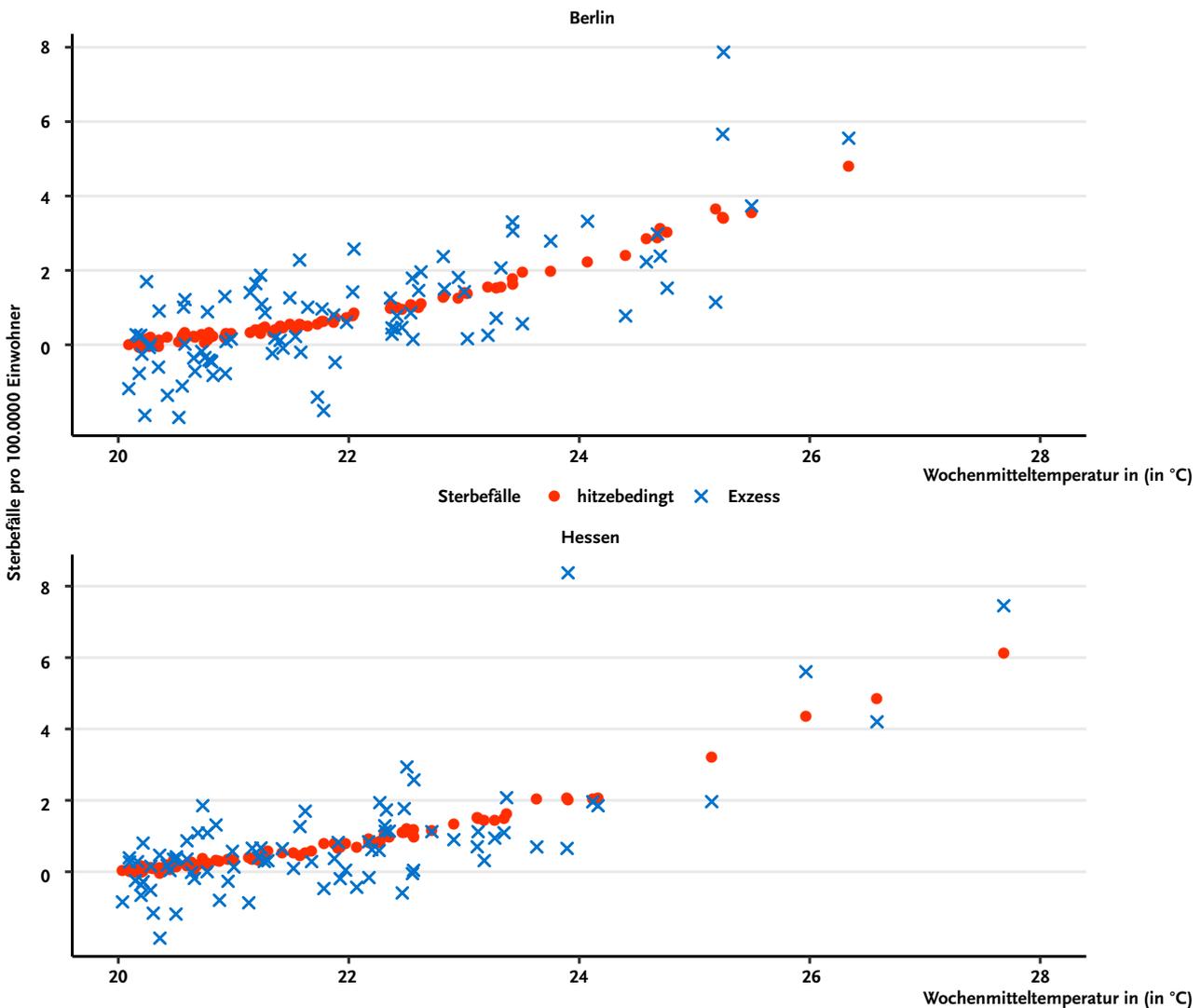


Abb. 8: Vergleich der wöchentlichen Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle und der Sterbefälle nach geschätzter Exzess-Mortalität in den Jahren 2001–2018

Hitzebedingte Sterbefälle nach Altersgruppen (Hessen und Berlin)

Die Expositions-Wirkungs-Kurven zeigen, dass Hitze insbesondere in den älteren Altersgruppen die Mortalitätsrate um einen zweistelligen Prozentwert (bis zu 50 %) erhöht. Da schon die Mortalitätsrate vom Alter abhängt, sind die Unterschiede in der Anzahl von Sterbefällen pro 100.000 Einwohner zwischen den Altersgruppen sehr ausgeprägt (s. Abb. 9, S. 200). Dagegen ist die absolute Anzahl von Sterbefällen in den Altersgruppen (75–84) und (85+) vergleichbar, da es in Deutschland deutlich mehr Menschen in der ersteren Altersgruppe gibt. Vergleicht man die Hitzewellen 2006 und 2018 in Berlin, so fällt auf, dass die Mortalitätsraten 2018 in der ältesten und zweitältesten Altersgruppe in beiden Jahren sehr ähnlich waren (s. Abb. 9, oben; S. 200). Dagegen liegt die Gesamtzahl der hitzebedingten Sterbefälle in den jeweiligen Altersgruppen im Jahr 2018 deutlich über dem Wert von 2006 (s. Abb. 10, oben; S. 200). Dies lässt sich mit der demografischen Entwicklung erklären, da die beiden hauptbetroffenen Altersgruppen nach 2006 deutlich größer wurden (s. Abb. 11, S. 201). In Hessen gilt Ähnliches für den Vergleich der Auswirkungen der Hitzewellen in den Jahren 2003 und 2018.

Diskussion

Unsere Analyse zeigt, dass in Berlin die Hitzewellen der Jahre 2006, 2015 und 2018 zu einer erhöhten Anzahl von Sterbefällen (etwa 390, 310 und 490) geführt hat (s. Abb. 5, oben; S. 198). Von der Hitzewelle des Jahres 2003 war Berlin wenig betroffen; im Jahr 2010 beobachten wir eine erhebliche Exzess-Mortalität (etwa 480 Sterbefälle) (s. Abb. 6, oben, S. 198), und tatsächlich war die Wochenmitteltemperatur in Berlin in den Wochen 26–29 dauerhaft über 20°C. Durch die Berücksichtigung der Dauer einer Hitzewelle im GAM ließe sich hier vermutlich auch ein signifikanter Hitzeeinfluss zeigen.

In Hessen konnten wir für die Jahre 2003, 2015 und 2018 einen signifikanten Einfluss von Hitze auf die Mortalität (etwa 780, 550 und 740 Sterbefälle) zeigen (s. Abb. 5, unten; S. 198). Dies sind auch die Jahre, in denen sich eine deutlich erhöhte Zahl von Exzess-Sterbefällen (etwa 1.240, 580 und 550) zeigt (s. Abb. 6, unten; S. 198). Diese Zahl ist allerdings im Jahr 2003 noch einmal deutlich höher als durch die Expositions-Wirkungs-Kurve abgebildet wird (s. Abb. 7, unten; S. 198).

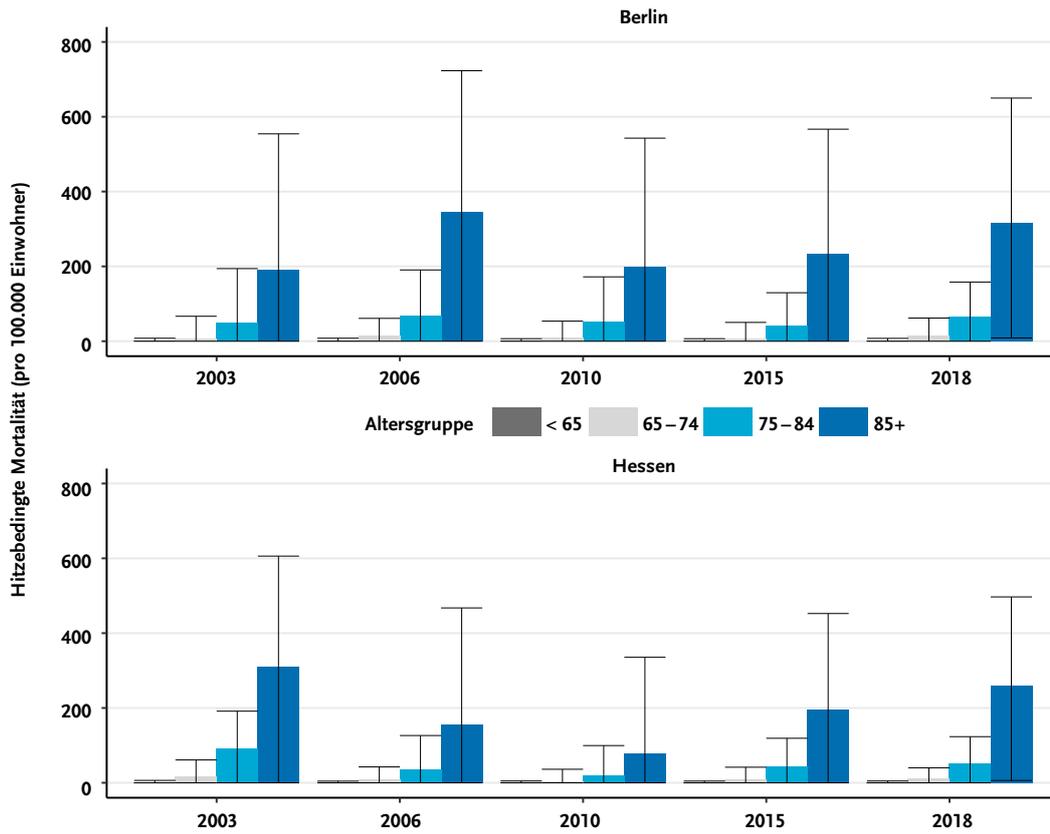


Abb. 9: Schätzung der hitzebedingten Mortalitätsrate in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall

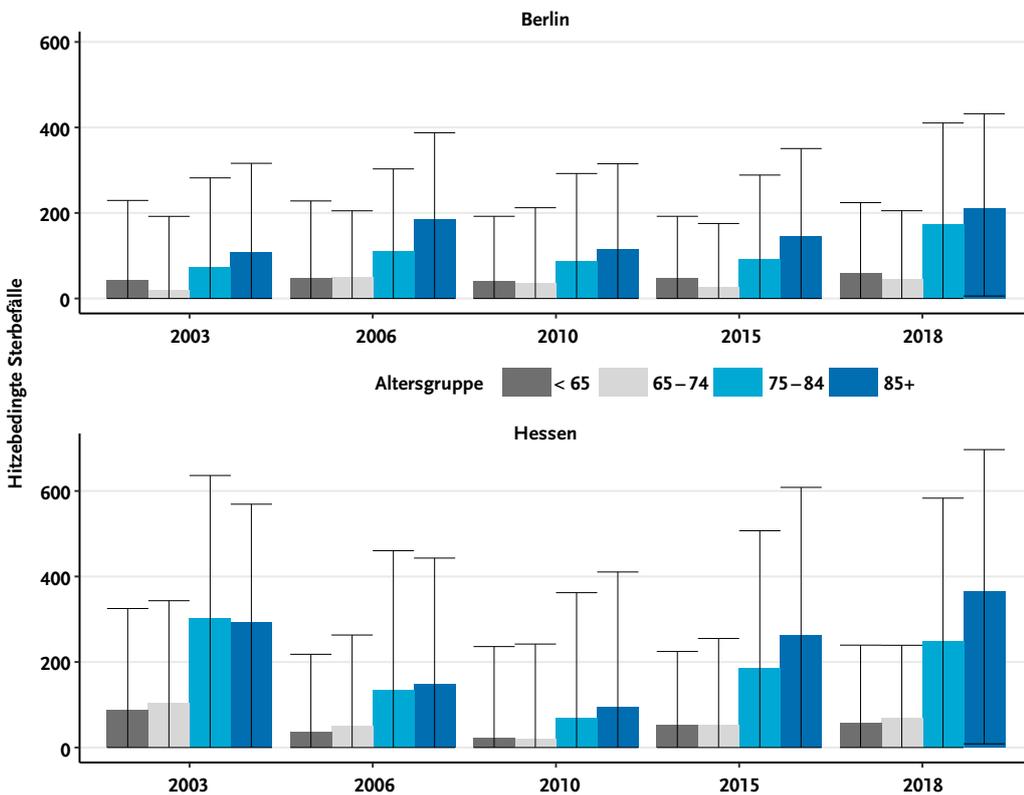


Abb. 10: Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall

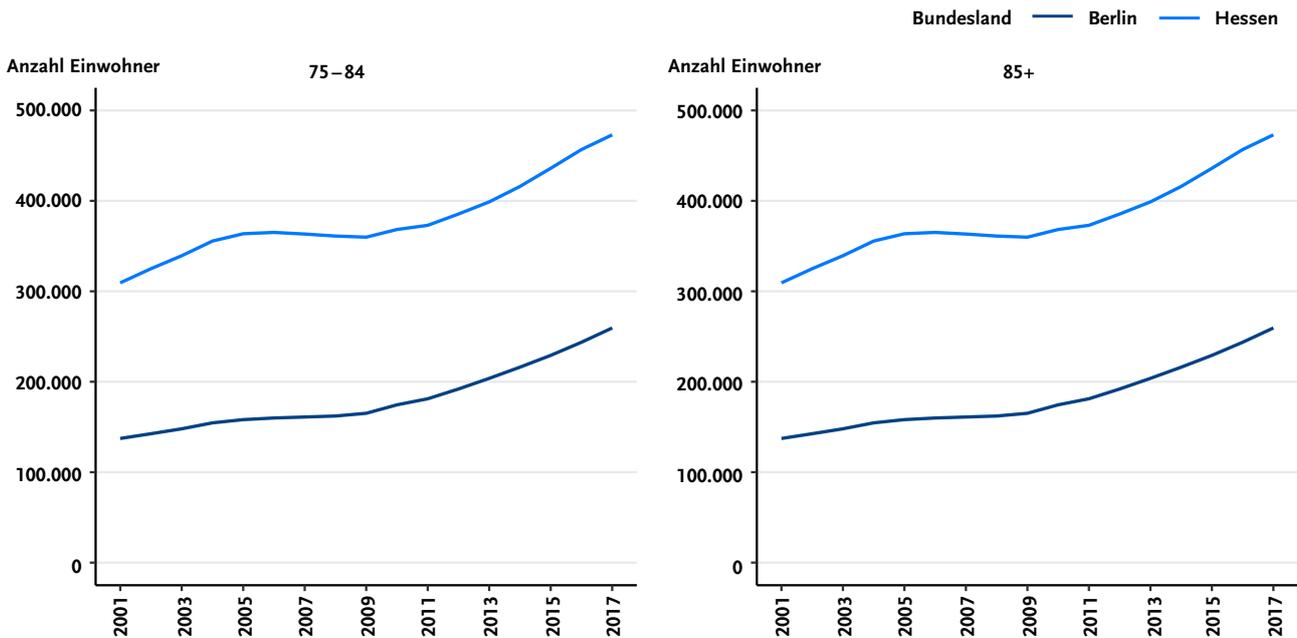


Abb. 11: Einwohnerentwicklung in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2017 in den Altersgruppen (75–84) und (85+)

Der dargestellte Anstieg der geschätzten Zahl der hitzebedingten Sterbefälle in den oberen beiden Altersgruppen bei gleicher oder ähnlicher Mortalität ist darauf zurückzuführen, dass die Größe dieser Altersgruppen über die Zeit zugenommen hat. Da sich diese Entwicklung in den kommenden Jahren weiter fortsetzen wird und die Anzahl bzw. das Ausmaß der Hitzewellen kaum abnehmen wird, erwarten wir einen weiteren Anstieg der Anzahl hitzebedingter Sterbefälle. Dieser könnte eventuell dadurch abgeschwächt werden, dass geeignete Präventionsmaßnahmen noch konsequenter umgesetzt werden (s. Kasten S. 202).

Der Zusammenhang zwischen Hitze und Mortalität wird im generalisierten additiven Modell (GAM) über den Zeitraum von 2001–2018 modelliert, unter der Annahme, dass die Auswirkungen hoher wöchentlicher Mitteltemperaturen auf die Sterblichkeit über diesen Zeitraum in gleicher Weise bestand. Naturgemäß kann dieser Zusammenhang nicht vollständig die beobachteten Ausschläge abbilden. Die Dauer des Hitzeeinflusses und der Zeitpunkt innerhalb des Sommerhalbjahres werden in dem angewandten Modell nicht berücksichtigt. Eine isolierte Woche mit hoher Mitteltemperatur wird aber typischerweise einen geringeren Einfluss auf die Mortalitätsrate ausüben, als eine Woche, deren Vorwoche auch schon heiß war.

Auf der anderen Seite basiert die Schätzung der Exzess-Sterbefälle auf der Konstruktion einer (kontrafaktischen) Mortalität, die ohne Hitzeeinfluss (20° C würden nie überschritten werden) erwartet würde. Diese Basislinie wird in unserem Fall durch das GAM geliefert, könnte aber auch im Rahmen eines anderen Modells erstellt werden. Die Tatsache, dass auch außerhalb von Hitzewellen Ausschläge beobachtet werden, die nicht in jedem Fall einer klaren Ursache zugeordnet werden können, erschwert diese Kon-

struktion. Die Betrachtung der modellierten Hitzewirkung führt insgesamt zu etwas vorsichtigeren Schätzungen (s. Abb. 5–7, S. 198).

Eine weitere Limitation unserer Analyse liegt in der Verwendung von Wochendaten. Die Verwendung von tagesgenauen Daten zur Sterblichkeit böte die Möglichkeit, die Auswirkung von Hitze auf die Mortalität noch genauer zu untersuchen, allerdings wäre für die Analyse der Hitzewirkung dann die Einbeziehung der Dauer einer Hitzewelle und auch auftretender Verzögerungen nach dem Hitzeeinfluss noch bedeutsamer.

Es stellt sich die Frage, inwieweit sich über die Jahre die Auswirkungen der Hitzewellen auf die Bevölkerung verringert, etwa aufgrund besserer Aufklärung über Hitzegefahren, verändertem Verhalten der Bevölkerung oder aufgrund anderer Maßnahmen, wie sie etwa im Hitzeaktionsplan aufgeführt werden.¹⁰ Darauf könnte hindeuten, dass im Zeitraum 2001–2010 die Exzess-Mortalität eher höher als die hitzebedingte Mortalität ausfällt, nach 2010 scheint sich dieser Zusammenhang eher umzukehren. Durch die Berücksichtigung der Dauer und eventuell weiterer wichtiger Aspekte der Hitzeeinwirkung könnte dieser Befund weiter aufgeklärt werden. Schließlich wäre auch eine Erweiterung des Modells mit einer zeitveränderlichen Expositions-Wirkungs-Kurve denkbar, um direkt hierzu Hypothesen zu erstellen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bleibt dies aber unklar und eine Herausforderung für die Zukunft. Insgesamt erscheint der Vergleich zwischen Exzess-Mortalität und modellierter Hitzewirkung hilfreich und ermöglicht ein besseres Verständnis der Limitationen beider Ansätze.

Reduzierung von Hitze in Innenräumen (Kernelement 4):

(Kurzfristige Maßnahmen - Empfehlungen zum Verhalten sowie einfache technische Möglichkeiten)

- ▶ Insbesondere bei direkter Sonneneinstrahlung ist ein Verdunkeln/ Verschatten durch Vorhänge, Jalousien, Markisen, Sonnenschirme, Fenster- oder Rollläden zu empfehlen.
- ▶ Innerhalb eines Hauses/einer Wohnung sollten kühle Räume aufgesucht werden.
- ▶ Ventilatoren können eingesetzt werden, falls dies vertragen oder als angenehm empfunden wird.
- ▶ Das Lüftungsverhalten sollte im Fall ausgeprägter Hitze angepasst werden: So ist es zweckmäßig, nur während der kühleren Nacht- und Morgenstunden die Fenster zu öffnen und zu lüften. Je nach Situation des Umfeldes ist es sinnvoll, vor den entsprechenden Fenstern Mückenschutzgitter anzubringen.
- ▶ Wärme abgebende Geräte sollten möglichst nicht verwendet werden, da sie zu einer zusätzlichen Wärmebelastung führen können.

(Mittelfristige Maßnahmen – Gebäude bezogene Kühlungsmaßnahmen)

- ▶ Installation von Rollläden, Außenjalousien, Blendläden mit Luftschlitzen, Markisen und Sonnensegeln
- ▶ Wand- und Dachisolierungen schützen nicht nur im Sommer vor dem Aufheizen der Gebäude, sondern im Winter auch vor der Auskühlung der Räumlichkeiten.
- ▶ Mikroklimatische Abkühlungseffekte können für Innenräume auch durch Dach- und Fassadenbegrünung sowie durch Laubbäume an Straßen, in Gärten und Grünanlagen erzielt werden.
- ▶ Der Einbau technischer Kühlverfahren (auch Klimaanlage) sollte bei jeder Renovierung z.B. von Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen in Betracht gezogen werden.

Aktive Kühlung von Innenräumen:

- ▶ Klimaanlage (auch mobile Geräte) für den privaten Bereich sind nur dann zu empfehlen, wenn andere Maßnahmen nicht zum Erfolg führen und alle baulichen und technischen Möglichkeiten ausgeschöpft sind. Durch ihren hohen Stromverbrauch und die Abgabe von Wärme an die Außenluft tragen sie zum Klimawandel und zu einer weiteren Aufheizung der allgemeinen Atmosphäre im Außenbereich vor allem in Städten (Wärmeinseleffekt) bei.

Besondere Beachtung von Risikogruppen (Kernelement 5):

Bestimmte Risikopersonen bzw. -gruppen (vulnerable Personengruppen) müssen bei der Auswahl von geeigneten Maßnahmen besonders berücksichtigt werden. Auch hinsichtlich einer geeigneten Herangehensweise bei der Kommunikation von Hitzrisiken für die Gesundheit bestehen Besonderheiten. Dies ist vor allem wichtig vor dem Hintergrund einer älter werdenden Gesellschaft.

Hingewiesen wird auf eine verstärkte Flüssigkeitszufuhr, evtl. Anpassung der Medikation, angemessene Kleidung (luftig, UV-Schutz), Aufenthalt in kühlen Innenräumen.

Als Risikogruppen gelten: (a)ältere Menschen, (b)isoliert lebende Menschen, (c)pflegebedürftige Menschen, (d)Personen mit starkem Übergewicht; (e)Menschen mit chronischen Erkrankungen, (f)Menschen mit fieberhaften Erkrankungen, (g)Menschen mit Demenz, (h)Personen, die Probleme bei der thermophysiologischen Anpassung haben, (i)Säuglinge und Kleinkinder.

Weitere „Empfehlungen für heiße Sommertage in Arbeitsstätten“ finden sich auf der Seite der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin unter: www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Physikalische-Faktoren-und-Arbeitsumgebung/Klima-am-Arbeitsplatz/Sommertipps.html

Kasten: Handlungsempfehlungen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit bei Hitze zum Schutz der menschlichen Gesundheit¹⁰ sowie weitere Empfehlungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Literatur

1. an der Heiden M, Muthers S, Niemann H, et al.: Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015 (German). [Estimation of heat-related deaths in Germany between 2001 and 2015]. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 2019;62(5):571–9
2. Imbery F, Friedrich K, Koppe C, et al.: Deutscher Wetter Dienst. 2018 wärmster Sommer im Norden und Osten Deutschlands. Aufgerufen am: 3.6.2019; verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20180906_waermstersommer_nordenosten2018.pdf
3. Mücke HG, Straff W: Zunehmende Wetterextreme sind Gründe, die gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel ernst zu nehmen.(German) [Increasing weather extremes are reasons to take health adaptation to climate change seriously]. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 2019;62(5):535–6
4. Steul K, Jung HG, Heudorf U: Hitzeassoziierte Morbidität: Surveillance in Echtzeit mittels rettungsdienstlicher Daten aus dem Interdisziplinären Versorgungsnachweis (IVENA). (German) [Heat-related morbidity: real-time surveillance via rescue service operations data from the interdisciplinary care capacity proof system (IVENA)]. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 2019;62(5):589–98
5. Siebert H, Uphoff H, Grewe HA: Monitoring hitzebedingter Sterblichkeit in Hessen.(German) [Monitoring heat-related mortality in Hesse]. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 2019;62(5):580–8
6. an der Heiden M, Buchholz U: Estimation of influenza-attributable medically attended acute respiratory illness by influenza type/subtype and age, Germany, 2001/02–2014/15. Influenza and other respiratory viruses 2017;11(2):110–21
7. Masterton J, Richardson F: A method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Downsview, Ontario: Environment Canada 1979
8. Staiger H, Laschewski G, Gratz A: The perceived temperature – a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. International journal of biometeorology 2012;56(1):165–76
9. Wood SN: Generalized Additive Models: An Introduction with R. New York: Chapman and Hall/CRC 2006:416
10. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit: Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit.(German) (Recommendations for setting up heat action plans for the protection of human health.) Aufgerufen am 31.5.2019. Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/hap_handlungsempfehlungen_bf.pdf

■ *Dr. Matthias an der Heiden | *Dr. Udo Buchholz | **Dr. Helmut Uphoff
Robert Koch-Institut | *Abteilung für Infektionsepidemiologie |
** Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen, Zentrum für Gesundheitsschutz (HLPUG)
Korrespondenz: anderHeidenM@rki.de

■ Vorgeschlagene Zitierweise:
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;23:193–197 | DOI 10.25646/6178

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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