

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

## Estimating the number of heat-related deaths and considering excess mortality; Berlin and Hesse, summer 2018

### ZUSAMMENFASSUNG

Als Folge des Klimawandels treten in Deutschland seit der Jahrtausendwende Hitzewellen in einer ungewöhnlichen Häufigkeit auf; diese führen regelmäßig zu einer erhöhten Mortalität, besonders in den älteren Altersgruppen. Ein zeitnahe Mortalitäts-Monitoring ist in den Bundesländern Berlin und Hessen etabliert. Mit Hilfe eines generalisierten additiven Modells schätzen wir die Anzahl der hitzebedingt verstorbenen Personen, indem wir den systematischen Zusammenhang zwischen dem Mortalitätsverlauf und der Wochenmitteltemperatur quantifizieren. Als alternative Methode schätzen wir die entstandene Exzess-Mortalität. Demnach starben im Sommer 2018 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.

### ABSTRACT

*As a result of climate change, heat waves have occurred in Germany since the turn of the millennium with an unusual frequency. These lead regularly to increased mortality, especially in the older age groups. Timely monitoring of mortality is established in the federal states of Berlin and Hesse. Using a generalised additive model, we estimate the number of heat-related deaths by quantifying the systematic relationship between the course of mortality and the weekly mean temperature. As an alternative approach we analyse the excess mortality. In the summer of 2018, about 490 people died in Berlin due to heat, the excess mortality results in a similar estimate. In Hesse, the number of heat-related deaths is estimated at about 740, here the excess mortality implies a lower estimate. In total, the heat-related mortality in the summer of 2018 in Berlin and Hesse was about 12/100,000 inhabitants. In the age groups of the 75- to 84-year-olds it was about 60/100,000 and in the over-84-year-olds about 300/100,000 inhabitants.*

### EINLEITUNG

Nachdem sich sechs der elf extremsten Hitzewellen zwischen 1950 und 2015 nach dem Jahr 2000 ereignet hatten (an der Heiden et al. 2019), lag der Sommer 2018 mit seiner lang anhaltenden Hitzewelle in den

Statistiken wieder weit vorne (Imbery et al. 2018). Der Sommer war der zweitheißeste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881, der Sommer 2003 war der heißeste (Mücke, Straff 2019).

Vor kurzem widmete sich ein Themenheft des Bundesgesundheitsblattes (05/2019) den

MATTHIAS AN DER HEIDEN<sup>1</sup>,  
UDO BUCHHOLZ<sup>1</sup>,  
HELMUT UPHOFF<sup>2</sup>

- 1 Robert Koch-Institut, Abteilung für Infektionsepidemiologie
- 2 Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen, Zentrum für Gesundheitsschutz (HLPUG)

Rechtlicher Hinweis:  
Der Artikel wurde im  
Epidemiologischen  
Bulletin im Juni 2019  
erstveröffentlicht (DOI  
10.25646/6178) und liegt  
hier in einer inhaltlich  
unveränderten Form vor.



© Miredi / Fotolia.com.

gesundheitlichen Folgen und Herausforderungen des Klimawandels. Dabei wurde in einem Beitrag die Zahl hitzebedingter Sterbefälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015 erstmals systematisch geschätzt (an der Heiden et al. 2019), in weiteren Beiträgen wurde herausgearbeitet wie wichtig es ist, über etablierte Monitoringsysteme einen zeitnahen Blick auf hitzebedingte Auswirkungen auf Morbidität (Steul et al. 2019) und Mortalität (Siebert 2019) 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 bundeswei-

tes 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 Bodenmessnetz 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“ (an der Heiden et al. 2019) beschrieben wurde. Ein ähnliches Modell wurde seitens des Robert Koch-Instituts (RKI) beispielsweise auch schon zur Berechnung zusätzlicher Arztbesuche durch Influenza verwendet (an der Heiden, Buchholz 2017). 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 Humidex (Masterton, Richardson 1979) und der Gefühlten Temperatur (Staiger et al. 2012). 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-binomi-

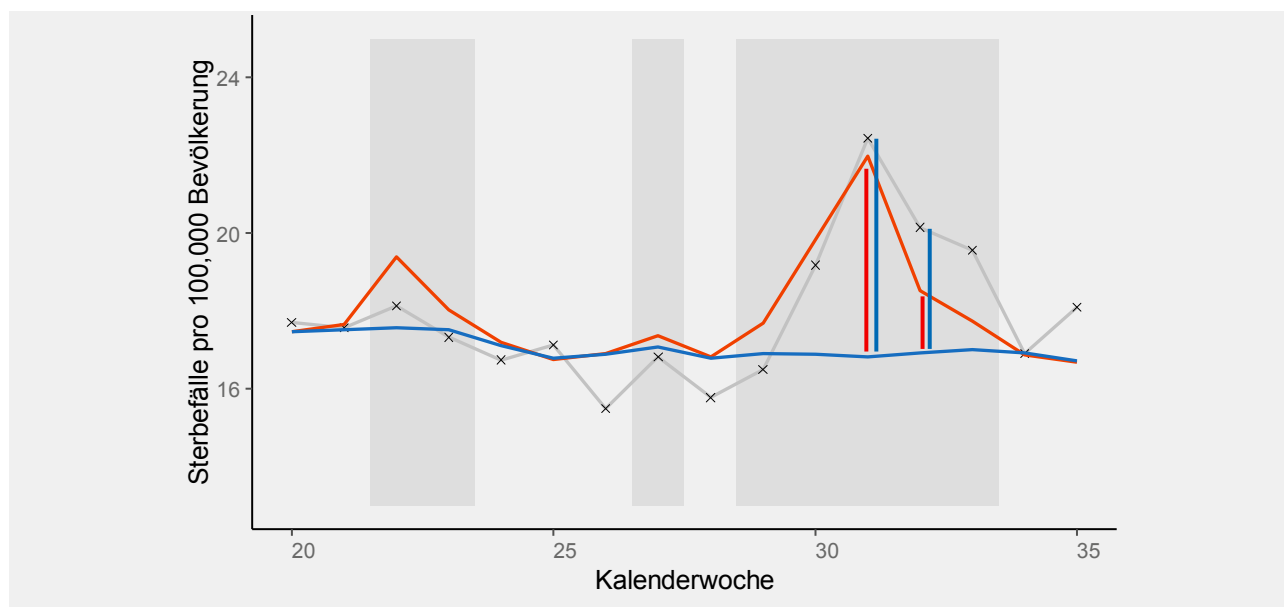
aler Verteilung verwendet (Wood 2006). Die negativ-binomiale Verteilung berücksichtigt (anders als beispielsweise die Normalverteilung), dass es sich bei den Sterbedaten um Anzahlen (ganze, nicht-negative Zahlen) handelt. Die (zeitabhängige) Größe der Bevölkerung in den Altersgruppen wird (als sogenanntes 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 Wochenmitteltemperatu-

ren die Stabilität des Zusammenhangs zur Mortalitätsrate zu gewährleisten.

Wie bei der Modellierung der bundesweiten Daten (an der Heiden 2019), 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 I  
 Quelle: RKI.



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.



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.

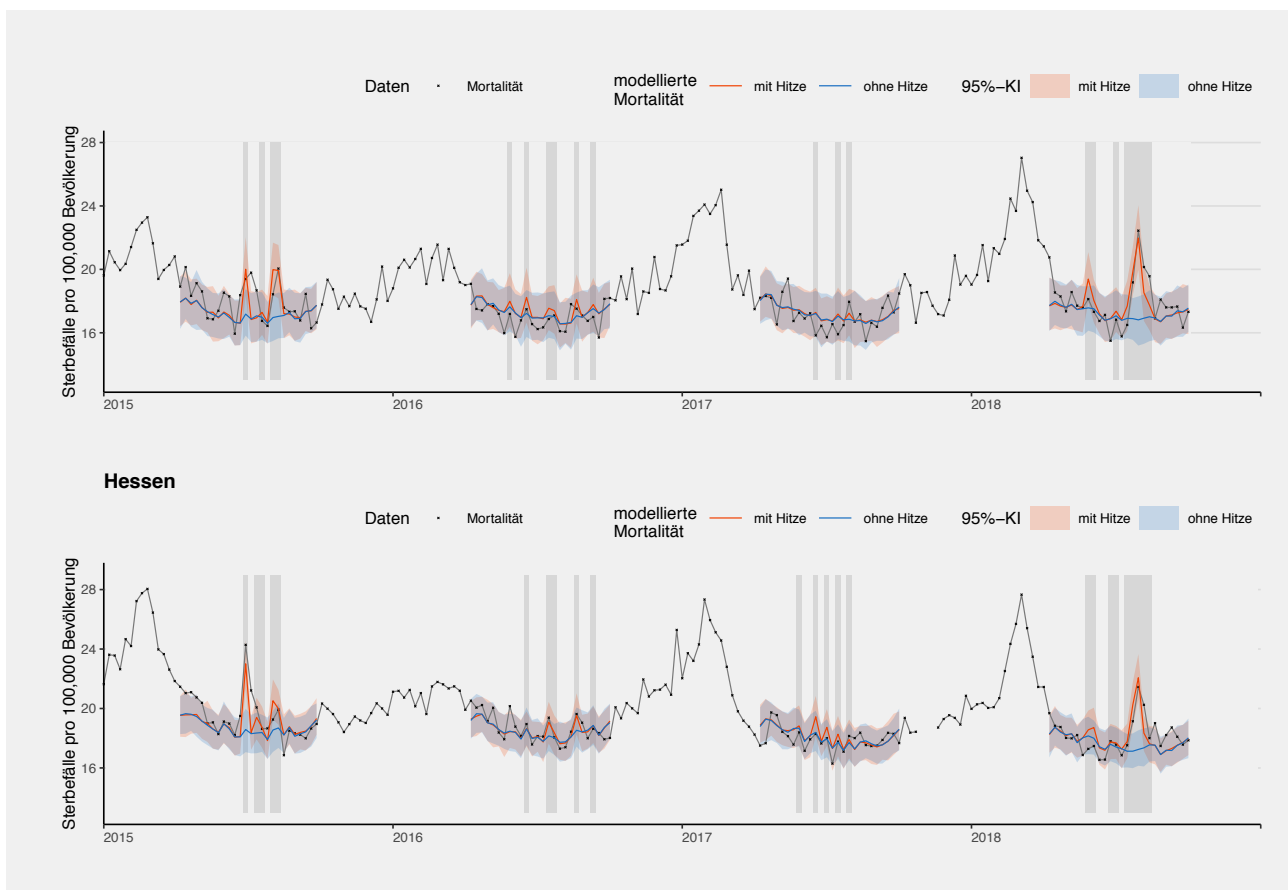
## ERGEBNISSE

### MODELLIERUNG DER MORTALITÄT IN BERLIN UND HESSEN

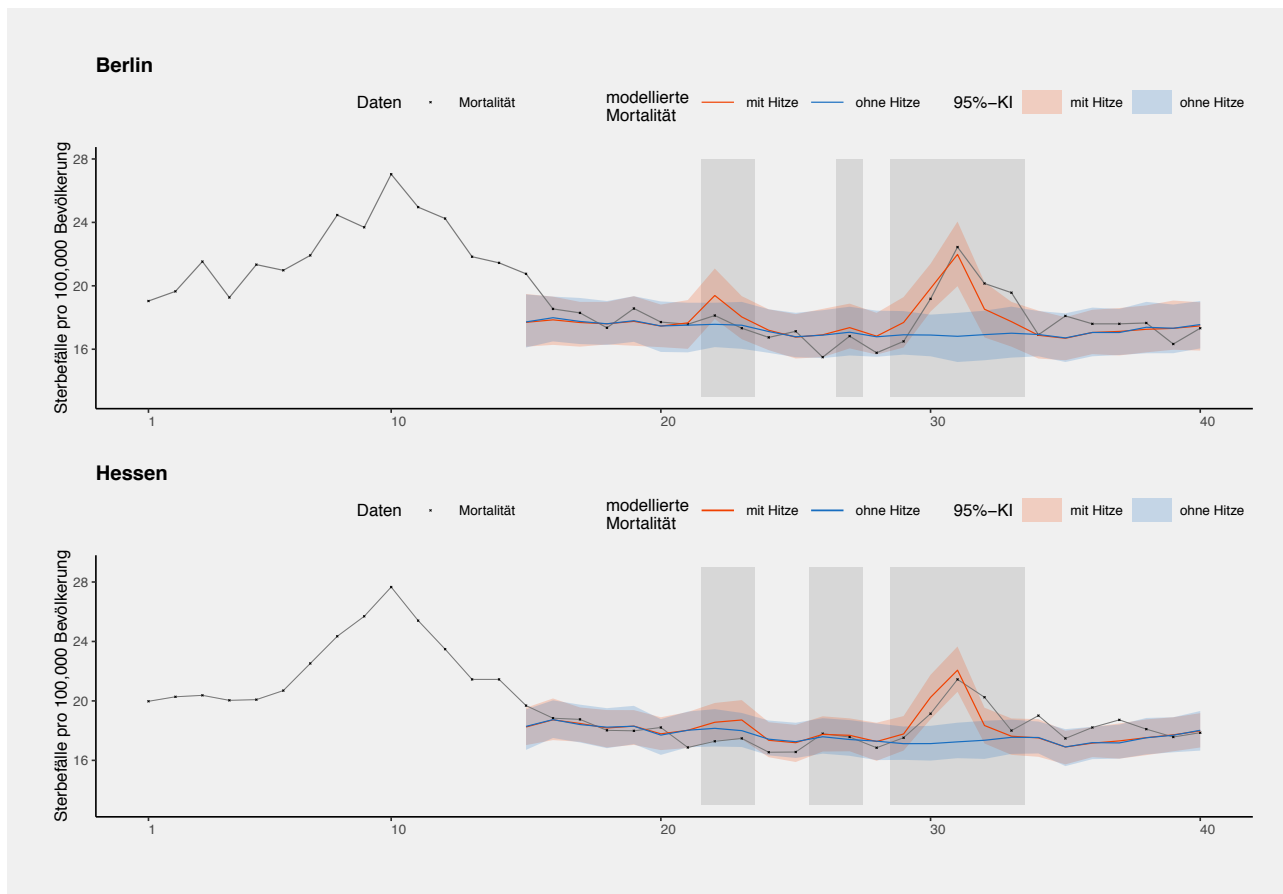
Das GAM kann den beobachteten Verlauf der Mortalität in einem hohen Maß abbilden (adjustierte  $R^2$  82,9% in Berlin und 95,6%

in Hessen; **ABBILDUNG 2**). 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 (**ABBILDUNG 2**). Beispielsweise hatten im Jahr 2018 in Berlin alle Wochen zwischen der 29. und 33. Kalenderwoche eine Mitteltemperatur über 20° C (**ABBILDUNG 3**). Der Einfluss der Temperatur in der 29. und 30. Woche scheint etwas schwächer als vom Modell erwartet gewesen zu sein, demgegenüber 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 (**ABBILDUNG 3**). Dies deutet darauf

**ABBILDUNG 2**  
Quelle: RKI.



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.



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

### ABBILDUNG 3

Quelle: RKI.

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 Hitzeperiode von Bedeutung ist.

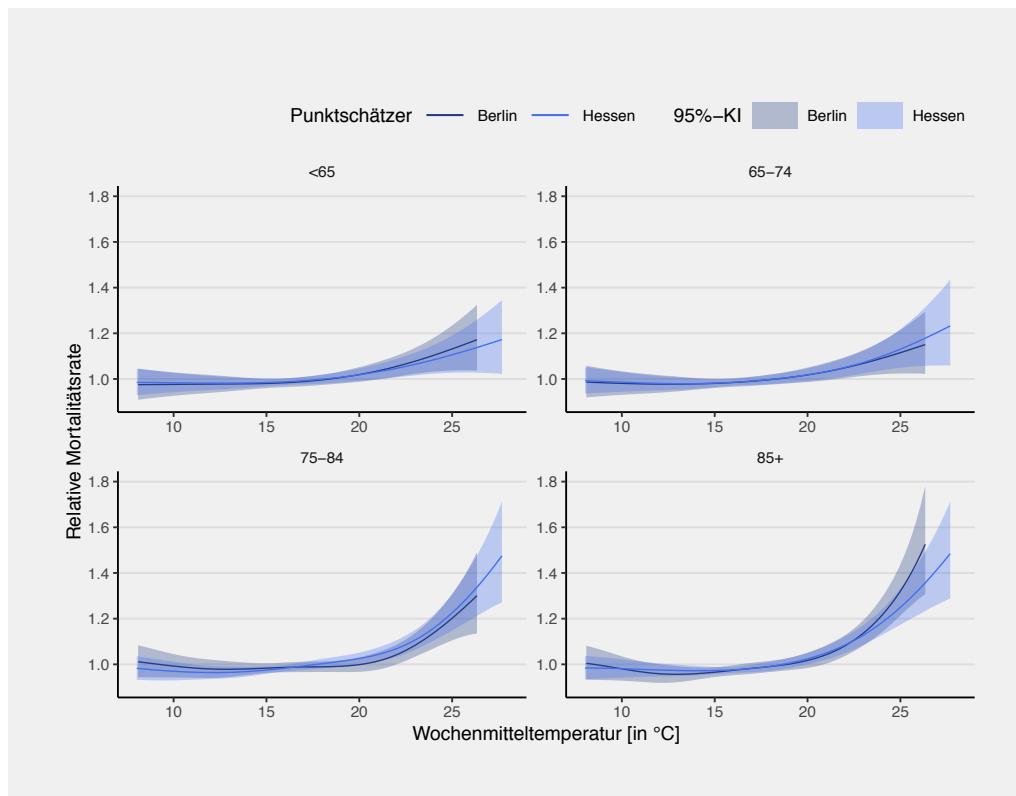
### EXPOSITIONS-WIRKUNGS-KURVEN FÜR BERLIN UND HESSEN

Das GAM schätzt ähnliche Expositions-Wirkungskurven für Berlin und Hessen (ABBILDUNG 4). 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 % Konfidenzintervalls) und beträgt 310 (90 %-KI 10–590) (ABBILDUNG 5, oben). 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 ABBILDUNG 9). Die Anzahl der Exzess-Sterbefälle in Wochen

ABBILDUNG 4  
Quelle: RKI.



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

mit Mitteltemperatur über 20°C liegt besonders hoch in den Jahren 2006, 2010 und 2018, sowie etwas niedriger im Jahr 2015 (ABBILDUNG 6, oben). In den übrigen Jahren liegt sie im Bereich von 100 Sterbefällen oder darunter (ABBILDUNG 6, oben).

In Hessen zeigt sich eine signifikant erhöhte hitzebedingte Mortalität in den Jahren 2003, 2015 und 2018 (ABBILDUNG 5, unten). 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 ABBILDUNG 9). Die geschätzte Exzess-Mortalität (ABBILDUNG 6, unten) zeigt ein ähnliches Muster allerdings mit deutlich geringerer Unsicherheit, im Jahr 2003 liegt

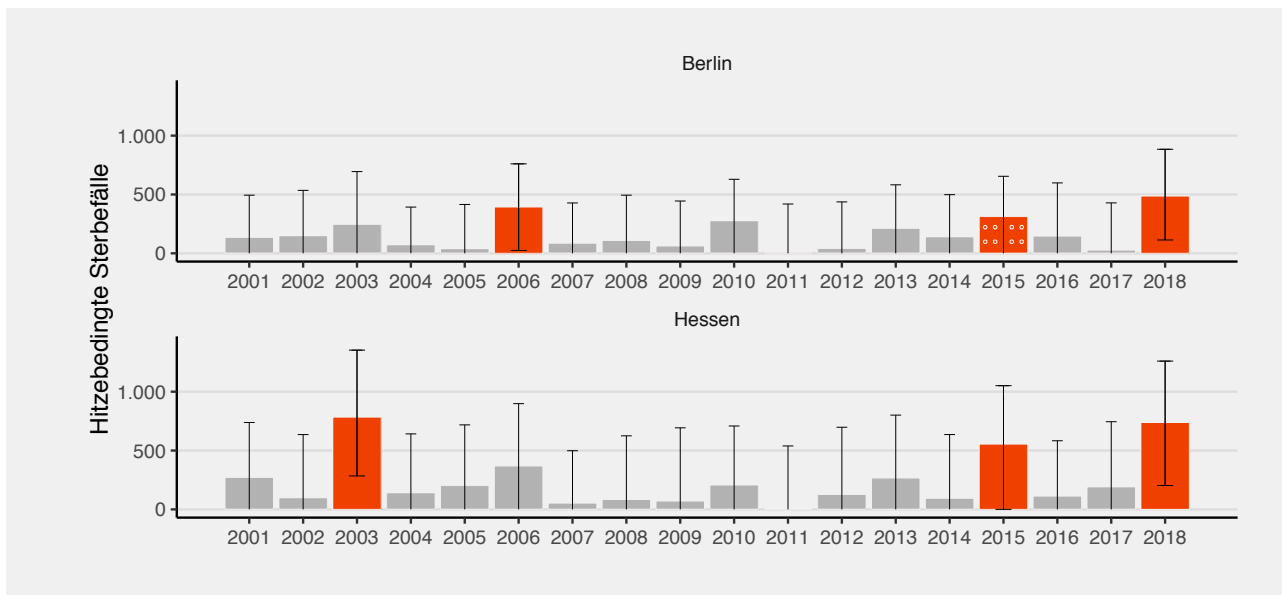
der Wert mit 1.240 (95 %-KI 1.000–1.470) Exzess-Sterbefällen deutlich über der geschätzten Zahl hitzebedingter Sterbefälle.

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 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.

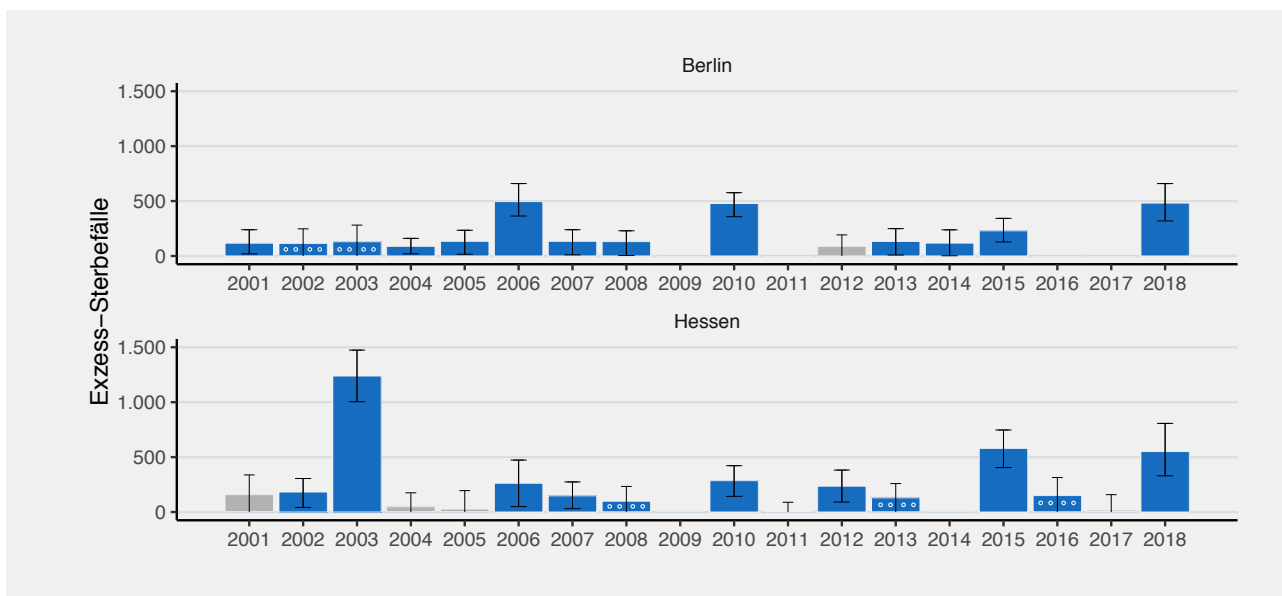
ABBILDUNG 8 verdeutlicht, wie sich die wöchentliche Exzess-Mortalität zu der wöchentlichen hitzebedingten Mortalität verhält.

SCHÄTZUNG DER ZAHL HITZEBEDINGTER STERBEFÄLLE UND BETRACHTUNG DER EXZESS-MORTALITÄT  
 ESTIMATING THE NUMBER OF HEAT-RELATED DEATHS AND CONSIDERING EXCESS MORTALITY



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.

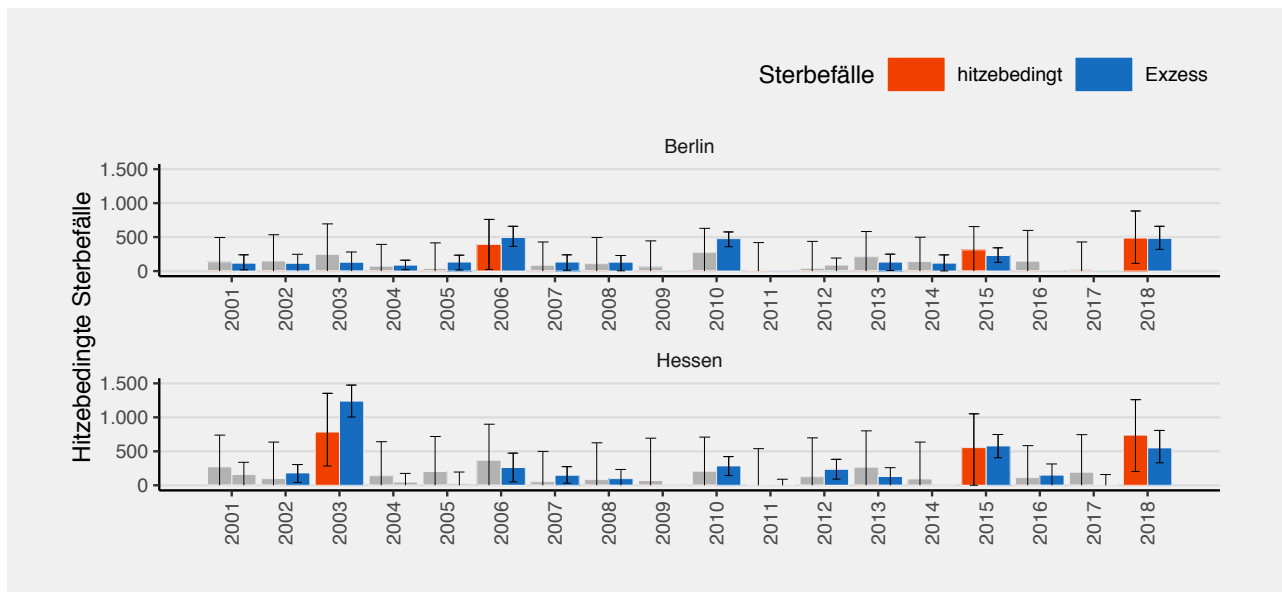
ABBILDUNG 5  
 Quelle: RKI.



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.

ABBILDUNG 6  
 Quelle: RKI.





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, grenzsichernde Anzahlen sind zusätzlich mit weißen Kreisen markiert.

Letztere lässt sich als Mittelung der einzelnen Exzess-Mortalitäten vorstellen.

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 (ABBILDUNG 9). 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 (ABBILDUNG 9, oben). Dagegen liegt die Gesamtzahl der hitzebedingten Sterbefälle in den jeweiligen Altersgruppen im Jahr 2018 deutlich über dem Wert von 2006 (ABBILDUNG 10, oben). Dies lässt sich mit der demografischen Entwicklung erklären, da die beiden hauptbetroffenen Altersgruppen nach 2006 deutlich größer wurden

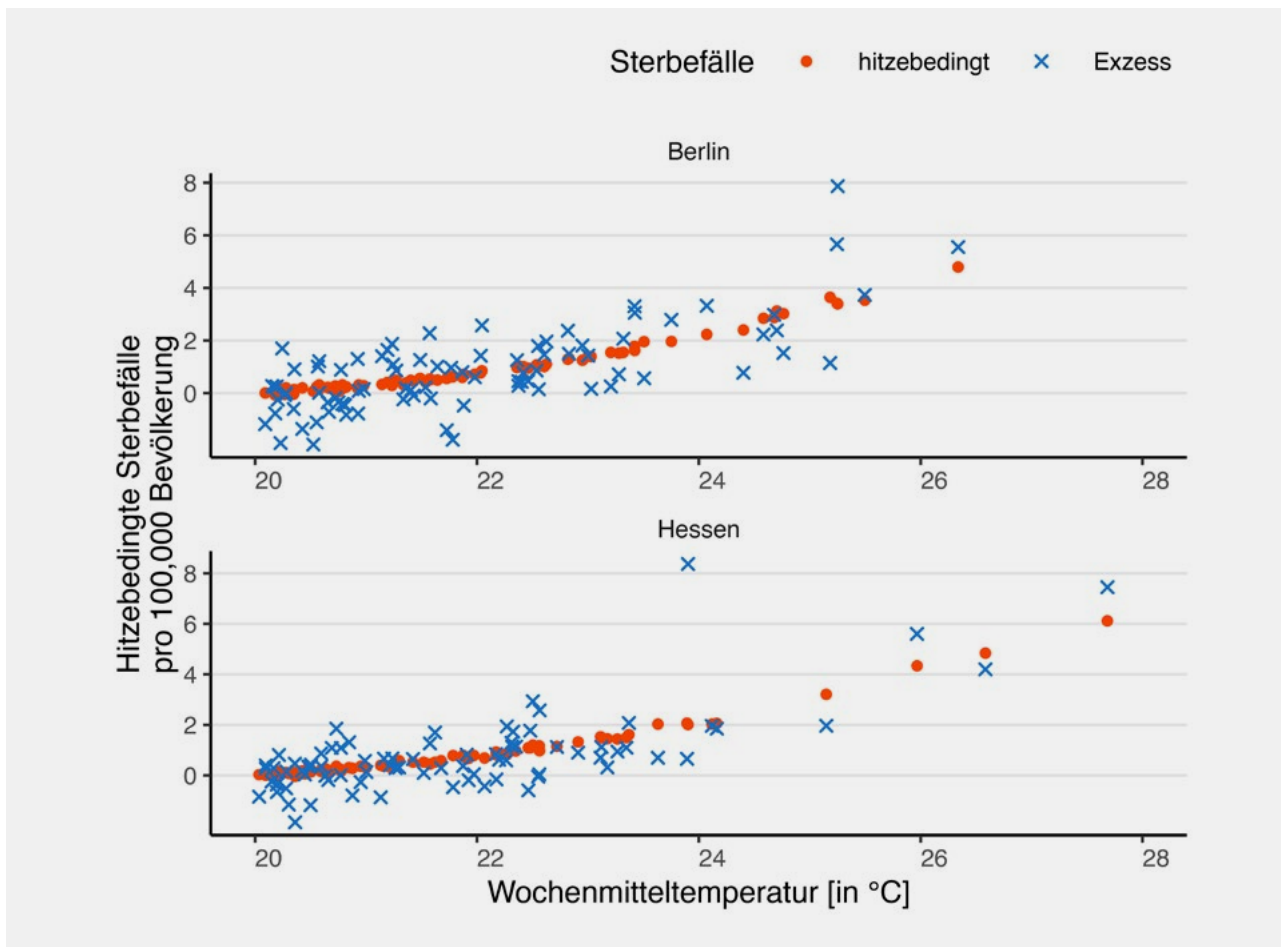
(ABBILDUNG 11). In Hessen gilt Ähnliches für den Vergleich der Auswirkungen der Hitzewellen in den Jahren 2003 und 2018.

ABBILDUNG 7  
Quelle: RKI.

## 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 (ABBILDUNG 5, oben). Von der Hitzewelle des Jahres 2003 war Berlin wenig betroffen; im Jahr 2010 beobachten wir eine erhebliche Exzess-Mortalität (etwa 480 Sterbefälle) (ABBILDUNG 6, oben), 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 (ABBILDUNG 5, unten). Dies sind auch die Jahre, in denen sich eine deutlich erhöhte Zahl von Exzess-



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

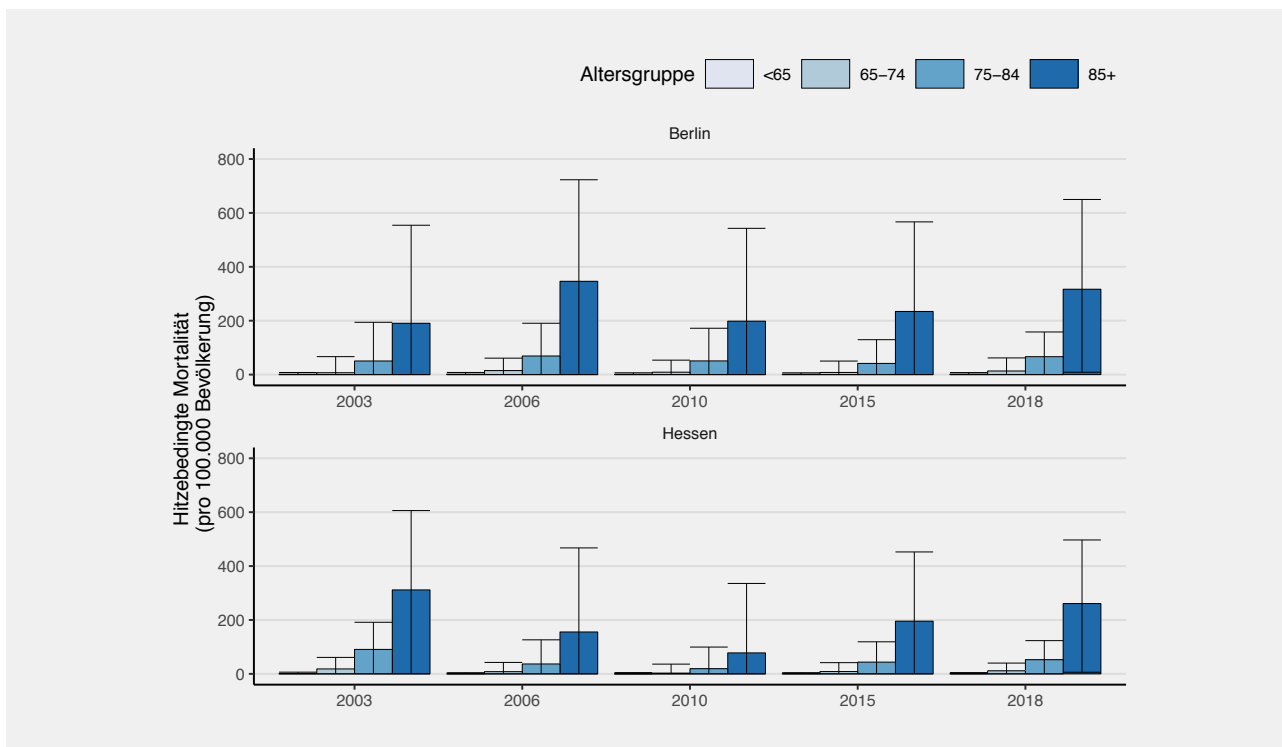
ABBILDUNG 8  
Quelle: RKI.

Sterbefällen (etwa 1.240, 580 und 550) zeigt (ABBILDUNG 6, unten). Diese Zahl ist allerdings im Jahr 2003 noch einmal deutlich höher als durch die Expositions-Wirkungs-Kurve abgebildet wird (ABBILDUNG 7, unten). 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 (siehe KASTEN Seite 89).

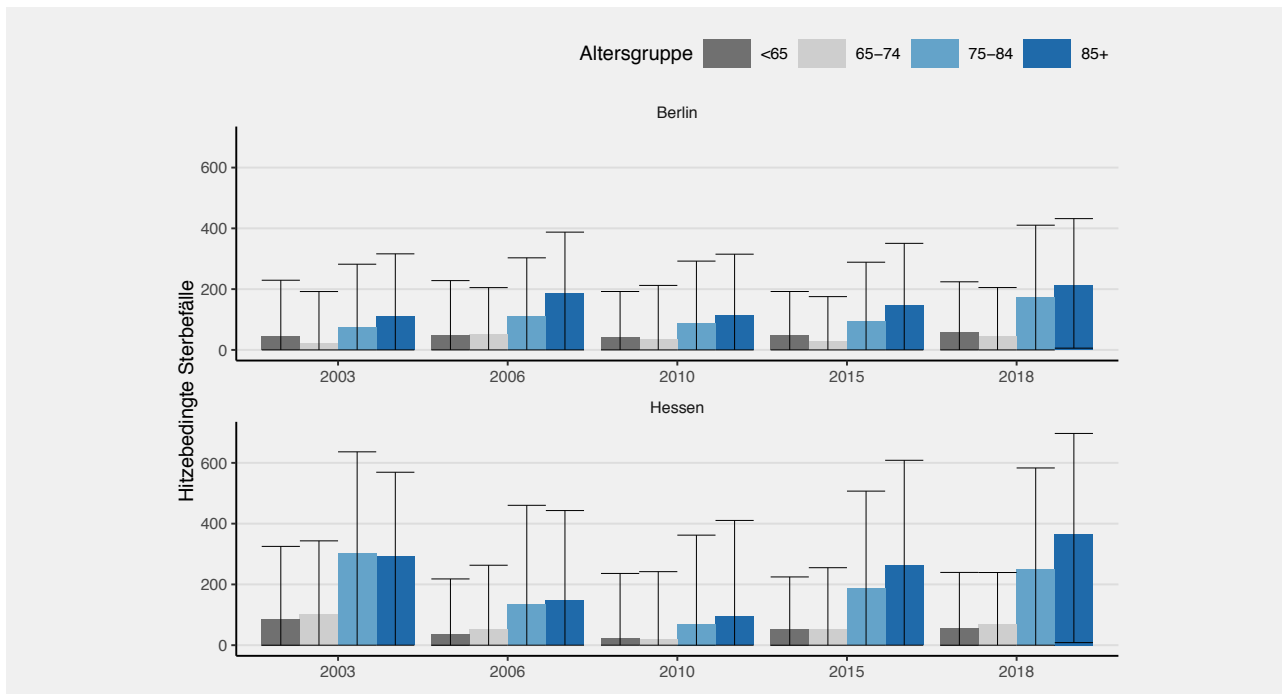
Der Zusammenhang zwischen Hitze und Mortalität wird im generalisierten additiven Modell (GAM) über den Zeitraum von 2001–2018 modelliert, unter der Annahme, dass die Auswirkungen hoher wöchentlicher Mitteltemperaturen auf die Sterblichkeit über diesen Zeitraum in gleicher Weise bestand. Naturgemäß kann 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

SCHÄTZUNG DER ZAHL HITZEBEDINGTER STERBEFÄLLE UND BETRACHTUNG DER EXZESS-MORTALITÄT  
 ESTIMATING THE NUMBER OF HEAT-RELATED DEATHS AND CONSIDERING EXCESS MORTALITY



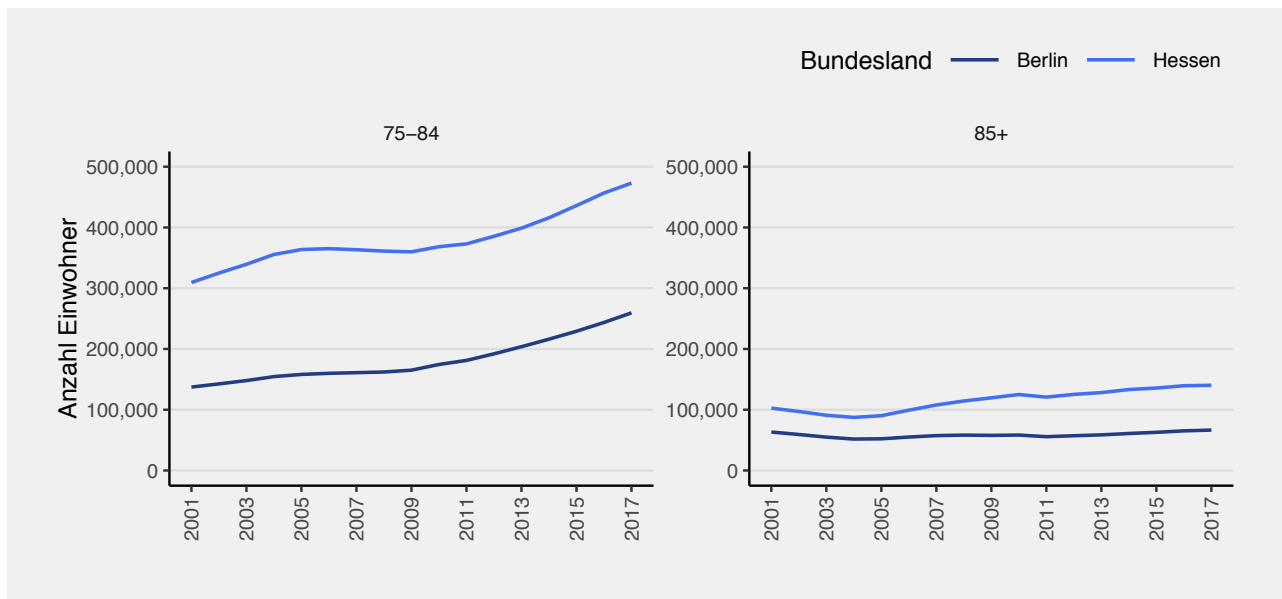
Schätzung der hitzebedingten Mortalitätsrate in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall.

ABBILDUNG 9 Quelle: RKI.



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

ABBILDUNG 10 Quelle: RKI.



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

ABBILDUNG 11  
Quelle: RKI.

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 Konstruktion. Die Betrachtung der modellierten Hitzewirkung führt insgesamt zu etwas vorsichtigeren Schätzungen (ABBILDUNG 5–7).

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 (BMU 2017). 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. ●

## **AUSZUG AUS DEN „HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE ERSTELLUNG VON HITZEAKTIONSPLÄNEN ZUM SCHUTZ DER MENSCHLICHEN GESUNDHEIT“ (BMU 2017)**

### **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 Hitzेरisiken 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.

### **RISIKOGRUPPEN:**

(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.

## LITERATUR

an der Heiden M, Muthers S, Niemann H et al. (2019): Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015 Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz; 62: 571–9.

an der Heiden M, Buchholz U (2017): Estimation of influenza-attributable medically attended acute respiratory illness by influenza type/subtype and age, Germany, 2001/02–2014/15. Influenza Other Respir Viruses ; 11: 110–21.

BMU – Bundesministerium für Umwelt Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit (2017): Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/hap\\_handlungsempfehlungen\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/hap_handlungsempfehlungen_bf.pdf) (Zugriff am 31.05.2019).

Imbery F, Friedrich K, Koppe C, et al. Deutscher Wetter Dienst(2018): 2018 wärmster Sommer im Norden und Osten Deutschlands. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20180906\\_waermster-sommer\\_nordenosten2018.pdf](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20180906_waermster-sommer_nordenosten2018.pdf) (Zugriff am: 03.06.2019).

Masterton J, Richardson F (1979): A method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Downsview, Ontario: Environment Canada.

Mücke HG, Straff W (2019): Zunehmende Wetterextreme sind Gründe, die gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel ernst zu nehmen. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz; 62: 535–6.

Siebert H, Uphoff H, Grewe HA (2019): Monitoring hitzebedingter Sterblichkeit in Hessen. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz; 62: 580–8.

Staiger H, Laschewski G, Gratz A (2012): The perceived temperature - a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. International journal of biometeorology; 56: 165–76.

Steil K, Jung HG, Heudorf U (2019): Hitzeassoziierte Morbidität: Surveillance in Echtzeit mittels rettungsdienstlicher Daten aus dem Interdisziplinären Versorgungsnachweis (IVENA). Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz; 62: 589–98.

Wood SN (2006): Generalized additive models: an introduction with R. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC.

## KONTAKT

Dr. Matthias an der Heiden  
Robert Koch-Institut  
Abteilung für Infektionsepidemiologie, FG 34  
Seestr. 10  
13353 Berlin  
E-Mail: [anderHeidenM@rki.de](mailto:anderHeidenM@rki.de)

[RKI]