

# Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit der Bevölkerung in Deutschland

## The influence of climate change on biotropical weather situations and human health in Germany

*Stefan Zacharias<sup>1</sup>, Christina Koppe<sup>1</sup>, Hans-Guido Mücke<sup>2</sup>*

### Abstract

Biometeorological studies show that weather affects human well-being and health in many ways. Based on relationships identified in a systematic literature review and a representative survey on meteorosensitivity as well as on evaluations between weather factors and mortality for the present climate, the influence of climate change is analyzed from 19 regional models for Germany and future climate impacts on health. The evaluation of climate model simulations shows that the future heat-related health impact in Germany will increase significantly, with at least a doubling by the end of the 21st century. In contrast, the cold-related health impact will decrease. According to the model simulations, also the frequency, duration, and intensity of heat waves will increase significantly. Furthermore, rapid day-to-day temperature changes and diurnal temperature variability which are also associated with enhanced health stress are projected to increase. The obtained results document the fundamental relevance of climate change on human health in Germany and underline the importance of public adaptation strategies to minimize the impact of the expected changes on health.

### Zusammenfassung

Zahlreiche biometeorologische Studien belegen den Einfluss bestimmter Wetterlagen und Wetterelemente auf die menschliche Gesundheit. Aufbauend auf den in einer systematischen Literaturrecherche und einer repräsentativen Wetterfähigkeitsbefragung identifizierten Zusammenhängen zwischen Wetter und Gesundheit sowie auf eigenen Abschätzungen der Beziehung zwischen Wetterfaktoren und Mortalität für das gegenwärtige Klima, wurde der Einfluss des Klimawandels auf Basis von 19 regionalen Klimamodellen für Deutschland analysiert und die Auswirkungen der zukünftigen Entwicklung auf die Gesundheit abgeschätzt. Die Auswertung von Klima-Modellsimulationen zeigt, dass sich die zukünftige Belastung durch hohe Temperaturen in Deutschland bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mehr als verdoppeln wird, während die Belastung durch niedrige Temperaturen eher abnehmen wird. Häufigkeit, Dauer und Intensität von Hitzewellen werden deutlich zunehmen. Des Weiteren kommen rasche Temperaturänderungen zum Vortag und innertägliche Temperaturschwankungen, die ebenfalls mit einer erhöhten biotropen Belastung in Verbindung gebracht werden, in einem zukünftigen Klima häufiger vor. Die erzielten Ergebnisse belegen die Bedeutung des Klimawandels für die Gesundheit der Bevölkerung in Deutschland und unterstreichen die Wichtigkeit von Anpassungsmaßnahmen, um die Auswirkungen der erwarteten Klimaänderungen so gering wie möglich zu halten.

## Einleitung

Biometeorologische Studien aus aller Welt konnten zahlreiche Zusammenhänge zwischen dem täglichen Wetter sowie der Witterung und der menschlichen Gesundheit nachweisen. Dazu gehört insbesondere ein gehäuftes Auftreten von gesund-

heitlichen Beschwerden in bestimmten Jahreszeiten und während bestimmter Wetterlagen. So konnten statistisch signifikante Wettereinflüsse auf Herz- und Gefäßerkrankungen, Atemwegserkrankungen, rheumatische Beschwerden sowie auf Kopfschmer-

---

<sup>1</sup> Deutscher Wetterdienst.

<sup>2</sup> Umweltbundesamt.

zen und Migräne nachgewiesen werden. Auch eine Verbindung zu psychischen Krankheiten und zu allgemeinen Befindlichkeitsstörungen wurde belegt. Hintergrund hierfür ist, dass für bestimmte meteorologische Faktoren (z.B. die thermischen Bedingungen) ein optimaler Bereich existiert, in dem sich der Körper in einem Zustand geringer Belastung befindet, da die nötige Regelungsaktivität auf ein Minimum reduziert wird. Extreme Werte sowie schnelle Änderungen dieser meteorologischen Umgebungsfaktoren erfordern eine vermehrte Anpassungsleistung des Organismus, wobei es bei anfälligen und geschwächten Personen zur Auslösung von Befindlichkeitsstörungen sowie zur Verschlimmerung von Krankheitssymptomen kommen kann.

Der Klimawandel könnte zukünftig zu Änderungen der Häufigkeit von solchen biotropen Wettersituationen führen. So wird erwartet, dass der Klimawandel zu einer erhöhten thermischen Belastung im Sommer beiträgt. Des Weiteren könnte es zu einer Zunahme von Großwetterlagen mit wechselhafter Witterung kommen. Bisher wurde jedoch noch nicht untersucht, ob die hierdurch bedingten häufigeren und stärkeren Wetterwechsel eine größere Belastung für den menschlichen Organismus bedeuten.

Ziel des vom Umweltbundesamt und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit geförderten Projekts (Laufzeit: 2012–2015) des Umweltforschungsplans „Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland“ (FKZ 3711 61 238; UBA-FB 002122) war die Abschätzung der zukünftigen biotropen Belastung der Bevölkerung in Deutschland. Grundlage dafür war die Zusammenstellung des aktuellen Wissensstandes zum Einfluss des Wetters auf die menschliche Gesundheit. Dieser Wissensstand wurde mit Hilfe einer systematischen Literaturrecherche in verschiedenen Datenbanken sowie einer repräsentativen Wetterfähigkeitsbefragung der Bevölkerung in Deutschland erarbeitet. Des Weiteren wurden regionale Klimamodelle in Hinblick auf die Veränderungen der Häufigkeit von biotropen Wetterlagen beziehungsweise von Situationen mit raschen Wetterwechseln sowie deren Auswirkungen auf ischämische Herzerkrankungen analysiert (Zacharias, Koppe 2015).

## Ergebnisse

### **a) Literaturrecherche**

Im Rahmen einer umfangreichen Literaturrecherche wurden mehrere medizinische Datenbanken (u. a. PubMed, DIMDI) nach aktuellen Forschungsergebnissen für den Zeitraum 2002 bis 2012 durchsucht und mehr als 600 nationale und internationale Fachartikel ausgewertet (FKZ 3711 61 238; UBA-FB 002122/ANH.1). Die Auswertung ergab einen gut belegten Einfluss des Wetters auf viele Erkrankungen. Sowohl für direkte als auch indirekte Effekte (z. B. über Luftschadstoffe, Allergene) existieren empirische Nachweise und bekannte Wirkmechanismen. In diesem Zusammenhang ist als wichtigster meteorologischer Faktor der Einfluss der thermischen Bedingungen zu nennen. Mortalität und Auftretshäufigkeit von vielen Krankheiten sind im Winter deutlich erhöht. Auf der anderen Seite üben Perioden hoher Temperatur sowie schnelle Temperaturänderungen (in beide Richtungen) ebenfalls ungünstigen Einfluss auf gesundheitliche Beschwerden aus. Bei wetterfühligen Personen, die zum Beispiel unter Kopfschmerzen, rheumatischen Beschwerden oder Störungen des subjektiven Wohlbefindens leiden, ist die Bestimmung eines kausalen biotropen Wirkfaktors schwieriger. Meteorologische Parameter wirken bei Wetteränderungen oft zusammen, wodurch eine getrennte Bewertung der einzelnen Faktoren schwierig ist. Hinzu kommen individuell ausgeprägte Reaktionen des Organismus auf verschiedene Wetterreize.

### **b) repräsentative Bevölkerungsbefragung**

Die Prävalenz der Wetterfähigkeit ist bislang nicht Gegenstand medizinischer Statistiken und kann daher auf der Bevölkerungsebene nur durch repräsentative Befragungen abgeschätzt werden. Im Rahmen einer Mehrthemenbefragung wurden im Januar 2013 einer repräsentativen Stichprobe von Personen im gesamten Bundesgebiet Fragen zur Wetterfähigkeit gestellt (FKZ 3711 61 238; UBA-FB 002122/ANH.2). Ziel dieser Befragung war es herauszuarbeiten, ob die Wetterfähigkeit für die Bevölkerung in Deutschland von Relevanz ist und welche möglichen Risikofaktoren für wetterfähige Menschen bestehen könnten. Zudem sollten Trends im Vergleich zu einer analogen Befragung aus dem Jahr 2001 herausgearbeitet werden (Höppe et al. 2002). Rund 50 Prozent der Befragten gaben an, dass sie glauben, dass das Wetter einen Einfluss auf ihre Gesundheit hat. Dies entspricht einem leichten

Rückgang im Vergleich zur Studie von Höpfe et al. (2002), in der 54 Prozent einen gesundheitlichen Einfluss des Wetters (Wetterfühligkeit) angaben. In der aktuellen Befragung ergab sich des Weiteren ein signifikanter Unterschied in der Wetterfühligkeit zwischen Männern (42%) und Frauen (57%). Wichtige Einflussmerkmale sind unter anderem das Alter, die Region des Wohnortes und bereits vorhandene Grunderkrankungen. Innerhalb von Personengruppen, die sich selbst als wetterfühlig bezeichnen, leiden 76 Prozent an einer chronischen Erkrankung, beispielsweise Atemwegserkrankungen oder chronischen Schmerzen. Die enge Kopplung der Wetterfühligkeit mit zunehmendem Alter der Personen ist im Zuge des demographischen Wandels von besonderer Wichtigkeit. Die häufigsten Wetterlagen, die mit einem Gesundheitseinfluss in Verbindung gebracht wurden, waren rasche Temperaturrückgänge (38%), stürmisches Wetter (23%) sowie rasche Temperaturanstiege (16%).

### c) Effekte des Wetters auf das Auftreten von ischämischen Herzkrankheiten

Neben der Erhebung des aktuellen Wissensstands aus Literatur und der Bevölkerungsumfrage wurde die Beziehung zwischen Wetterfaktoren und Mortalität für das gegenwärtige Klima untersucht (FKZ 3711 61 238; UBA-FB 002122/ANH.3). Da kardiovaskuläre Erkrankungen in besonderem Ausmaß von Wettereinflüssen betroffen sind, wurde in dieser Teilprojektstudie der Einfluss der atmosphärischen Umwelt auf ischämische Herzerkrankungen für Deutschland analysiert. Dazu wurden tägliche Daten zu ischämisch bedingten (ICD: I20-I25) Sterbefällen und Krankenhauseinlieferungen für den Zeitraum 2001–2010 auf Regierungsbezirksebene vom Forschungsdatenzentrum des Bundes bereitgestellt.

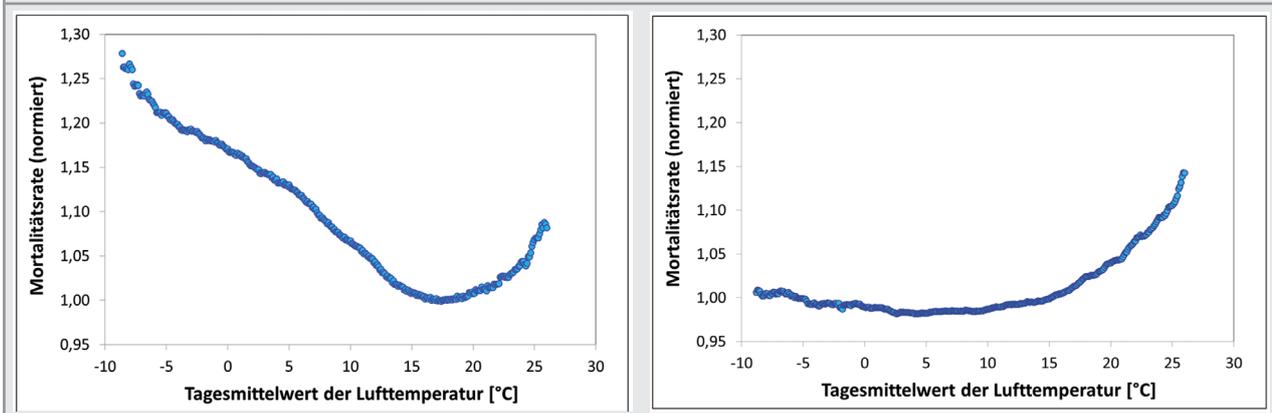
Für die Sterbefalldaten wurde eine starke Abhängigkeit von der thermischen Umwelt gefunden. Die trendbereinigten Daten zeigen einen typischen v-förmigen Zusammenhang mit der thermischen Belastung. Der optimale Lufttemperaturbereich (thermisches Optimum), der mit der geringsten Sterblichkeit einhergeht, liegt im Mittel zwischen 15°C und 19°C Tagesmitteltemperatur. Unterhalb und oberhalb dieses Bereiches steigt die Mortalität fast linear an (**Abbildung 1 links**). Der Anstieg unterhalb des thermischen Optimums ist im Wesentlichen durch den Jahresgang bedingt. Die Sterbefalldaten, die zusätzlich durch den Jahresgang bereinigt wurden, zeigen kein erhöhtes relatives Risiko unterhalb des Optimums mit Ausnahme der Todesursachen ICD Codes I20-I22 (v.a. Herzinfarkte) bei sehr niedrigen Tagesmitteltemperaturen (< -7°C) (**Abbildung 1 rechts**).

Ein zentrales Untersuchungsergebnis ist, dass während einer Hitzewelle das Risiko an einer ischämischen Herzkrankheit (ICD: I20-I25) zu sterben um 10,5 Prozent erhöht ist (Männer: 8,1%; Frauen: 12,2%). Die deutschlandweite Auswertung der hitzebedingten ischämischen Mortalitätseffekte zeigt zum Teil ausgeprägte regionale Unterschiede. So differiert der tägliche Mortalitätsanstieg zwischen 10 und 25 Prozent, mit einem besonderen Schwerpunkt in Westdeutschland (Zacharias et al. 2014). Für die Anzahl der Krankenhauseinlieferungen konnte keine eindeutige Beziehung zu den meteorologischen Parametern ermittelt werden.

### d) Gesundheitseffekte des gegenwärtigen und zukünftigen Klimas

Aufbauend auf den für das gegenwärtige Klima in Deutschland identifizierten Zusammenhängen zwi-

Abbildung 1: (links) Mittelwerte der Mortalitätsraten (normiert auf die minimale Mortalität) für Intervalle des Tagesmittelwerts der Lufttemperatur im Zeitraum 2001–2010; (rechts) wie links nur mit jahresgang-bereinigten Mortalitätsraten. Quelle: Koppe et al. (2013): 28.



schen Wetterfaktoren und Mortalität wurden für die Betrachtung des zukünftigen Klimas darüber hinaus Daten von 19 regionalen Klimamodellen einbezogen, um die Veränderungen der Häufigkeit von biotropen Wettersituationen und deren Auswirkungen auf die Entwicklungen ischämischer Herzkrankheiten zu untersuchen und abzuschätzen (FKZ 3711 61 238; UBA-FB 002122/ANH.4).

Um eine breite statistische Grundlage und ein Maß für die Unsicherheit der Abschätzungen zu erhalten, wurde ein Ensemble von Klimasimulationen verwendet, welche die Entwicklung des zukünftigen Klimas auf Basis des gemäßigten Treibhausgasszenarios A1B projizieren. Insgesamt wurden 19 regionale Klimamodelle mit einer räumlichen Auflösung von 0,25° x 0,25° analysiert. Das Klima von Gegenwart, naher Zukunft und ferner Zukunft wurde durch die Berücksichtigung von drei Zeitperioden mit je 30 Jahren Dauer abgeschätzt (1971–2000, 2021–2050 und 2069–2098). Für die Validierung des Gegenwartsclimas der regionalen Modelle wurden jeweils ERA40-Reanalysedaten des Zeitraums 1971–2000 verwendet.

Aufgrund ihrer großen Bedeutung für die menschliche Gesundheit stand insbesondere die Auswertung der zukünftigen Entwicklung der thermischen Bedingungen, die auf Basis von Lufttemperatur, Humidex, Hitzewellen, raschen Temperaturänderungen und innertäglichen Temperaturschwankungen analysiert wurde, im Fokus der Untersuchungen.

Die Auswertung der Modellsimulationen zeigt, dass sich die zukünftige Belastung durch Tage mit hoher Lufttemperatur bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mehr als verdoppeln wird. Die Untersuchung von zukünftigen Hitzewellen bestätigt diese Erwartung. Die

Belastung durch Tage mit niedriger Temperatur wird dagegen abnehmen, allerdings ist das Ausmaß dieses Rückgangs je nach Auswertemethode verschieden, weshalb eine abschließende Bewertung des Nettoeffekts der zukünftigen Temperaturentwicklung auf die ischämische Mortalität schwierig ist.

Die Abschätzungen der Modellsimulationen in Hinblick auf hohe Lufttemperatur ergeben für beide Betrachtungsweisen (jahresgangbereinigte bzw. nicht-jahresgangbereinigte Mortalitätsraten) eine signifikante zukünftige Zunahme der Gesamtmortalität an Tagen mit hohen Tagesmitteltemperaturen. Dabei liegt der prozentuale Anstieg für die nahe Zukunft 2021–2050 bei jeweils etwa 40 Prozent und für die ferne Zukunft 2069–2098 bei jeweils mehr als 120 Prozent.

Die Untersuchung von Hitzewellen bestätigt die ungünstige Wirkung von hoher Lufttemperatur auf die Gesundheit. Länger andauernde Phasen von Hitzebelastung führen in besonderem Ausmaß zu signifikanten Erhöhungen der Mortalitätsrate. Die Auswertung der Klimasimulationen zeigt, dass Hitzewellen in einem zukünftigen Klima voraussichtlich signifikant häufiger auftreten und eine längere Dauer sowie größere Intensität aufweisen werden. So wird bis zum Ende des 21. Jahrhunderts ein Anstieg von Hitzewellen um mehr als das Doppelte erwartet (**Tabelle 1**). Zusätzlich wird projiziert, dass die mittlere Dauer von Hitzewellen um circa 30 Prozent zunehmen wird, begleitet von einer Erhöhung der mittleren Temperatur während Hitzewellen um etwa 1 Kelvin. Insgesamt wird für Deutschland für den Zukunftszeitraum 2069–2098 eine Verdreifachung der Zahl der jährlichen Hitzewellentage auf fast 40 Tage simuliert, mit dem Regionalschwerpunkt Süddeutschland. Dies entspricht fast der Hälfte der Tage

**Tabelle 1: Anzahl der Hitzewellentage pro Jahr in Deutschland. Regionen gemittelt für die Gegenwart (1971–2000), nahe Zukunft (2021–2050) und ferne Zukunft (2069–2098). Quelle: Zacharias, Koppe (2015): 76.**

	1971–2000	2021–2050	2069–2098
Südwest	12,9	21,4	43,3
Südost	12,9	21,3	43,1
Mitte	12,9	20,1	39,9
West	12,3	18,5	36,1
Nordwest	12,1	18,7	36,6
Nordost	12,0	18,9	36,6
Ost	12,2	18,7	35,8
Deutschland	12,5	19,7	38,6

**Tabelle 2: Anzahl von Tagen pro Jahr mit Humidex-Werten > 40 in Deutschland. Regionen gemittelt für die Gegenwart (1971–2000), nahe Zukunft (2021–2050) und ferne Zukunft (2069–2098). Quelle: Zacharias, Koppe (2015): 76.**

	1971–2000	2021–2050	2069–2098
Südwest	1,6	4,3	12,0
Südost	1,2	3,6	10,4
Mitte	1,4	3,4	9,0
West	1,2	2,7	6,8
Nordwest	0,8	1,6	4,1
Nordost	1,1	2,3	5,6
Ost	1,3	3,0	7,7
Deutschland	1,2	2,9	7,7

im Sommer und würde eine gravierende thermische Belastung durch Hitzewellen sowie eine Zunahme der Mortalität bedeuten (Zacharias et al. 2015).

Die Auswertung des hygrothermischen Indexes Humidex deutet zusätzlich darauf hin, dass das vermehrte Auftreten hoher Temperatur häufig von hoher Luftfeuchtigkeit begleitet sein wird. So wird sich die Anzahl von Tagen mit Humidex-Werten über 40, die oftmals mit gesundheitlichen Beschwerden verbunden ist, in einem zukünftigen Klima voraussichtlich vervielfachen (**Tabelle 2**).

Auch rasche Temperaturänderungen zum Vortag und innertägliche Temperaturschwankungen weisen einen Zusammenhang zur Mortalität auf, wobei die Gesundheitswirkung wesentlich geringer als beim Effekt der absoluten Werte der Temperatur ausfällt. Auswertungen von Klimasimulationen zeigen, dass Tage mit raschen Temperaturänderungen und hohen innertäglichen Temperaturschwankungen in Zukunft in weiten Teilen Deutschlands voraussichtlich häufiger auftreten werden. Die größten Zunahmen mit bis zu 10 Prozent werden im Süden beobachtet, während in Norddeutschland und an den Küsten eher eine Abnahme erwartet wird. Allerdings sind diese Ergebnisse mit relativer Unsicherheit behaftet, da jeweils auch einige der 19 Klimamodelle eine entgegengesetzte Richtung des Klimaänderungssignals aufweisen.

Eine regionale Betrachtung der Klimasignale von hoher Temperatur und Temperaturänderungen zeigt, dass Klimaänderungen, die zu negativen Gesundheitsauswirkungen führen, oft in den Regionen am stärksten sind, die auch heute schon die stärkste biotrope Belastung besitzen. Dies bedeutet, dass vor allem auf Süddeutschland in Zukunft eine stärkere Belastung durch Hitze (insbesondere das gleichzeitige Auftreten von Hitze und hoher Luftfeuchte) und rasche Temperaturänderungen zukommen. Bei den nicht-thermischen meteorologischen Parametern Luftdruck, Luftdruckänderungen, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer konnte in unserer eigenen Analyse jeweils kein signifikanter Effekt auf die Mortalität festgestellt werden.

## Zusammenfassung

Die Studienergebnisse zeigen, dass die meisten der untersuchten Klimaänderungen auf eine zunehmende biotrope Belastung in der Zukunft für die Mehrheit

der Bevölkerung in Deutschland hinweisen. Für viele der untersuchten meteorologischen Parameter werden Klimaänderungen beobachtet, welche vermutlich signifikante Auswirkungen auf Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit nach sich ziehen können, wie **Tabelle 3** zeigt (Zacharias, Koppe 2015).

Insbesondere bei der zukünftigen hitzebedingten Belastung wird ein deutlicher Anstieg erwartet, was auf notwendige Maßnahmen zur Verringerung der individuellen Hitzebelastung hindeutet. So könnten Hitzewarnsysteme in Verbindung mit Hitzeaktionsplänen, klimaangepasstes Bauen, Verbesserungen bei der medizinischen Versorgung sowie hitzeangepasstes Verhalten die Zahl thermisch bedingter Todesfälle reduzieren.

Des Weiteren werden mit schnellen Wetterwechseln verbundene rasche Temperaturänderungen voraussichtlich häufiger auftreten, was ebenfalls zu einer Erhöhung der biotropen Belastung führen könnte, da der Organismus eine erhöhte Regelungsarbeit leisten muss. Allerdings ist zu beachten, dass verschiedene Krankheitsformen unterschiedliche Zusammenhänge zu den individuellen meteorologischen Parametern aufweisen und deshalb jeweils separat betrachtet werden müssen. Darüber hinaus sollte berücksichtigt werden, dass die biotropen Belastungen je nach regionalem Standort wesentlich höher oder niedriger ausfallen können.

Der Vergleich der beiden Zukunftszeitperioden 2021–2050 und 2069–2098 zeigt, dass die stärksten Klimaänderungen erst gegen Ende des 21. Jahrhunderts erwartet werden. Allerdings werden oftmals auch schon gegen Mitte des 21. Jahrhunderts signifikante Änderungen simuliert, die in vielen Fällen etwa ein Viertel bis ein Drittel des gesamten Klimaänderungssignals ausmachen. Die erzielten Ergebnisse belegen die Bedeutung des Klimawandels für die Gesundheit der Bevölkerung in Deutschland und unterstreichen die Wichtigkeit von Anpassungsmaßnahmen, um die Auswirkungen der erwarteten Klimaänderungen so gering wie möglich zu halten.

## Literatur

Höppe P, von Mackensen S, Nowak D et al. (2002): Prävalenz von Wetterfühligkeit in Deutschland. In: Dtsch Med Wochenschr 127: 15–20.

Koppe C, Bernhard D, Zacharias S (2013): Einfluss des Wetters auf das Auftreten von ischämischen Herzkrankheiten (ICD Code: I20–I25) in Deutschland. Anlage 3 (FKZ 3711 61 238; Signatur: UBA-FB 002122/ANH.3).

**Tabelle 3: Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters.** Dargestellt ist die projizierte biotrope Entwicklung hinsichtlich der betrachteten Krankheitsformen (Zeilen) und der untersuchten meteorologischen Parameter (Spalten). Quelle: Zacharias, Koppe (2015): 122.

	Temperatur	Tiefe Temperatur	Hohe Temperatur	Hitzewellen	Humidex > 40	Temp.-Anstieg	Temp.-Rückgang	DTR	Hoher Luftdruck	Tiefer Luftdruck	Druck-Anstieg	Druck-Rückgang	Hohe Windgeschw.	Wenig Sonnenschein	UBW	Biowetterklassen
Gesamtmortalität (m. Jahresgang)	■	■	■													
Gesamtmortalität (o. Jahresgang)	■	■	■	■	■	■	■	■								
Kardiovaskuläre Krankheiten		■	■	■	■	■	■									■
- Ischämische Herzkrankheiten		■	■	■	■	■	■									■
- Herzinfarkt		■	■	■	■	■	■									■
- Schlaganfall		■	■	■	■	■	■									■
- Aortenruptur										■						■
- venöse Thromboembolie										■						■
- Subarachnoidalblutung											■	■				
Atemwegserkrankungen		■	■	■	■	■	■									■
- COPD		■	■	■	■	■	■									■
- Asthma		■	■	■	■	■	■									■
Migräneattacken, Kopfschmerz						■	■		■	■	■	■	■			■
Rheumatische Beschwerden	■	■							■	■	■	■	■			■
Psychische Erkrankungen	■		■	■	■								■	■		■
Wetterfühligkeit															■	■
Leistungsfähigkeit			■	■	■											■
Nierenkoliken	■		■	■	■											■

■ günstige Entwicklung   
 ■ ungünstige Entwicklung   
 ■ keine signifikant veränderte Entwicklung

Aus Platzgründen sind die Ergebnisse jeweils nur für das Deutschland-Mittel und die ferne Zukunft 2069–2098 aufgeführt.

Zacharias S, Koppe C, Mücke HG (2015): Climate Change Effects on Heat Waves and Future Heat Wave-Associated IHD Mortality in Germany. In: Climate 3(1): 100-117. DOI:10.3390/cli3010100.

Zacharias S, Koppe C, Mücke HG (2014): Influence of heat waves on ischemic heart diseases in Germany. In: Climate 2(3): 133-152. DOI:10.3390/cli2030133.

Zacharias S, Koppe C (2015): Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland. UBA-Schriftenreihe 'Umwelt&Gesundheit' 06. Dessau-Roßlau. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-biotropie-des> (Abrufdatum: 31.08.2015).

### Kontakt

Dr. Hans-Guido Mücke  
 Umweltbundesamt  
 Fachgebiet II 1.5 „Umweltmedizin, gesundheitliche Bewertung“  
 Corrensplatz 1  
 14195 Berlin  
 E-Mail: [hans-guido.muecke\[at\]uba.de](mailto:hans-guido.muecke[at]uba.de)

[UBA]