

Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und seine Relevanz für die menschliche Gesundheit

A. Matzarakis

Zusammenfassung Hitzewellen haben in den letzten Jahrzehnten gezeigt, dass es zu einer Erhöhung der Mortalität kommen kann. Die negativen Implikationen der sehr starken Hitzewellen im Jahr 2003 haben den akuten Handlungsbedarf deutlich gemacht. Um die allgemeine Bevölkerung und spezifische Bevölkerungsgruppen zu schützen, wurde beim Deutschen Wetterdienst ein Hitzewarnsystem entwickelt und in die Routinevorhersage integriert. Die Warnungen basieren für die Tagsituation auf der gefühlten Temperatur und für die Nachtsituation auf der minimalen Temperatur oder einer berechneten Temperatur für Innenräume. Zusätzlich wird auch die Anzahl der Tage mit Hitze-warnung angegeben. Die Informationen können direkt über einen Newsletter oder das Internet abgerufen werden. Die Warnungen des Hitzewarnsystems führen dazu, dass sich die Menschen, insbesondere bestimmte Bevölkerungsgruppen (u. a. Altenheimbewohner, Pflegedienste und Rettungsdienste) besser auf Hitzebelastungen und Hitze-implikationen vorbereiten und entsprechend reagieren können.

The heat health warning system of the German Meteorological Service (DWD) and its relevance for human health

Abstract Heat waves in recent decades have shown that there may be an increase in mortality. The negative implications of the intense heat waves in 2003 have revealed that action is urgently required. In order to protect the general population and specific population groups, the German Weather Service (DWD) has developed a heat health warning system and integrated this into the routine forecast. The warnings are based on the perceived temperature for the daytime and on the minimum temperature or a calculated temperature for indoor applications for the nighttime. In addition, the number of days with heat warning is provided. The warnings of the heat health warning system enable people and certain groups (among others retirement homes, nursing services and emergency services) to prepare better for heat stress and other heat implications and react accordingly.

1 Einleitung

Nicht nur die Hitzewellen im Jahr 2003, die in Mittel- und Westeuropa Zehntausende hitzebedingte Todesfälle verursacht haben, sind den Menschen in Erinnerung geblieben, sondern auch die Forderungen, in solchen Fällen Schutzmaßnahmen zu ergreifen. In den letzten Jahrzehnten ist das Bewusstsein dafür gestiegen, dass extreme Sommersituationen in einem sich ändernden Klima mit überwiegend wärmeren Verhältnissen in Zukunft öfter vorkommen werden [1; 2]. Derartige Situationen mit lang anhaltend hohen Temperaturen können negative Konsequenzen für Öko- und Gesellschaftssysteme haben und –

auf individueller Ebene – auch direkt die menschliche Gesundheit beeinflussen.

Neben der Lufttemperatur spielen dabei Faktoren wie Luftfeuchte, Windverhältnisse und Sonnenscheindauer eine wichtige Rolle [2; 3]. Für die Beschreibung und Quantifizierung des Einflusses der atmosphärischen Bedingungen auf die menschliche Gesundheit können die Human-Biometeorologie und Medizin-Meteorologie Methoden und Möglichkeiten bereitstellen, die eine integrale Bewertung erlauben [3; 4]. Weitere Aspekte, die die menschliche Gesundheit beeinflussen können und berücksichtigt werden sollten, sind soziale Faktoren, wie das Verhalten im Tagesverlauf sowie die Exposition in verschiedenen Umgebungen (Innenraum, Außenraum) – vor allem in Ballungsbieten [2; 5; 6]. Neben den atmosphärischen Einflüssen kommen auch die körperliche Fitness und das zunehmende Alter zum Tragen.

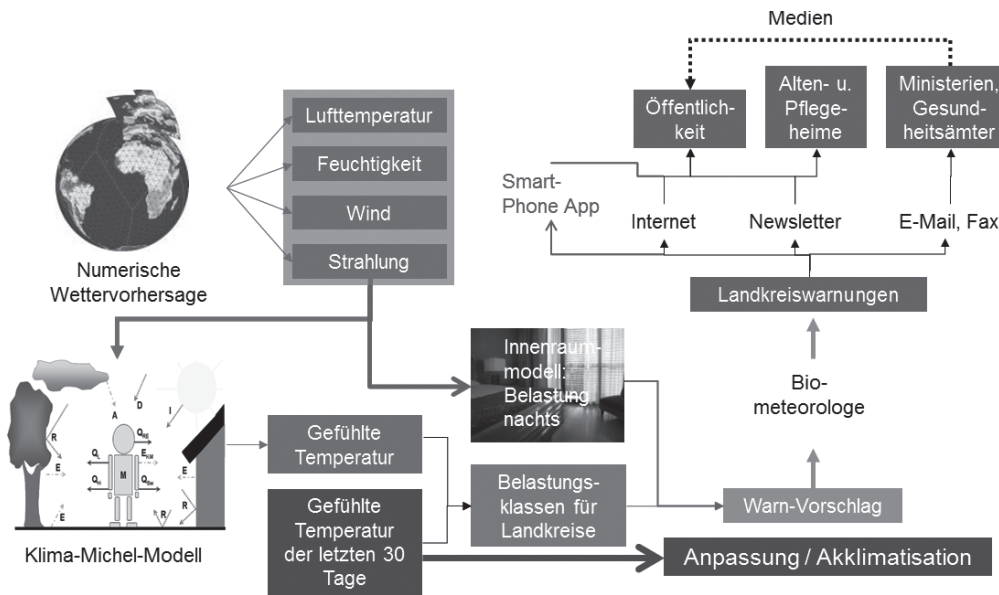
Die Quantifizierung von Hitze ist nicht nur im Rahmen der Klimawandeldiskussion wichtig, sondern auch, um statistische Beziehungen und kausale Zusammenhänge festzustellen und zu bestimmen [7 bis 10]. Ziel ist es zum einen, die Bevölkerung, insbesondere vulnerable Bevölkerungsgruppen, rechtzeitig über mögliche Hitzegefahren zu informieren und Handlungsempfehlungen auszusprechen. Zum anderen können mit den Ergebnissen der wissenschaftlichen Untersuchungen Routinedienste aufgebaut werden, mit denen sich zuständige Entscheidungsträger (Ministerien, Behörden, Rettungsdienste) auf Hitzewellen vorbereiten und spezifische Bevölkerungsgruppen (z. B. Bewohner in Pflege- und Altenheimen) besser schützen können.

Nach den außergewöhnlichen Hitzewellen 2003 in Europa wurden in vielen betroffenen Ländern Hitzewarnsysteme eingerichtet. Hitzewarnsysteme verwenden die aktuellen Wettervorhersagen dazu, Episoden mit hoher thermischer Belastung, die mit negativen Folgen für die Gesundheit (erhöhte Morbidität oder Mortalität) verbunden sein könnten, vorherzusagen [11]. Das Hitzewarnsystem (HHWS = Heat Health Warning System) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) besteht aus mehreren Komponenten und enthält Faktoren, die automatisch über die Wettervorhersage berechnet werden, ergänzt um Entscheidungen durch Biometeorologen. In diesem Beitrag wird erläutert, welche Faktoren eine Rolle spielen und wie die Ergebnisse, Informationen und Warnungen vermittelt und verbreitet werden.

2 Was ist Hitze bzw. eine Hitzewelle?

Die Witterung ist im Sommer in Mitteleuropa durch Abschnitte mit warmen und heißen Tagen gekennzeichnet. Perioden mit ungewöhnlich hohen Temperaturen und fehlender nächtlicher Abkühlung, die mehrere Tage andauern, werden oft als „Hitzewellen“ bezeichnet und können verschiedene Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die

Prof. Dr. Andreas Matzarakis,
Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung,
Deutscher Wetterdienst, Freiburg.



Flussdiagramm des Hitzewarnsystems und Kommunikationswege.

Bisher gibt es noch keine allgemein gültige Definition für Hitze oder Hitzewelle, die auf quantitativen Kenngrößen beruht. Eine entsprechende Definition ist wünschenswert, denn sie würde den räumlichen und zeitlichen Vergleich von Hitzeereignissen ermöglichen. Es sind zwar geeignete Kriterien, die jedoch aus vielfältigen Gründen nicht überall Gültigkeit haben. Die Definition von Hitzewelle sollte auch die Auswirkungen auf Menschen berücksichtigen, die nicht nur auf der Lufttemperatur, sondern auch auf anderen meteorologischen Größen beruhen [20].

Gesundheit der Bevölkerung haben sowie zu einem Anstieg der Mortalität und Morbidität führen [11; 12]. Für den außergewöhnlich heißen Sommer 2003 gehen Schätzungen von einer starken Erhöhung der Mortalität in Mittel- und Westeuropa mit über 52 000 hitzebedingten Todesfällen aus [13]. Qualitativ ist eine Hitzewelle damit definiert als eine andauernde Periode mit ungewöhnlicher Wärmebelastung, während der die nächtliche Abkühlung nur unzureichend ist.

Hitzewellen sind im Gegensatz zu lokalen Extremereignissen (z. B. Tornados, Gewitter) großflächige Ereignisse, die sich meistens mit der Zeit aufbauen, einige Tage andauern und daher über die Wettervorhersage relativ gut berechenbar sind. Meteorologisch sind Hitzewellen häufig mit stabilen Hochdrucksystemen im Sommer verbunden, die mit viel Sonnenschein und geringen Windgeschwindigkeiten einhergehen [14]. Ist die Luftmasse zusätzlich sehr feucht, wird die Wärmebelastung verstärkt und die nächtliche Abkühlung gedämpft.

Zur Einschätzung der Auswirkungen einer Hitzewelle auf die menschliche Gesundheit sind neben deren Dauer auch die Belastungen durch Hitze in Innenräumen und somit die Koppelung des Außen- und des Innenraumklimas relevant [15]. Dabei kann es durch die Gebäudecharakteristika und das Nutzerverhalten (z. B. Öffnen von Fenstern) zu einer starken Modifikation der Bedingungen im Innenraum kommen. Da die thermischen Gebäudeeigenschaften sehr heterogen sind, ist eine Individualisierung der Bewertung der thermischen Belastung sinnvoll [15 bis 17]. Weiterhin spielen der Einfluss des Stadtklimas (Wärmeinsel) und die räumliche Verteilung der Hitze in verschiedenen Stadtquartieren eine wichtige Rolle [18; 19]. Zu den hier genannten Faktoren, insbesondere der nächtlichen Abkühlung, sowie über die zeitlichen Verzögerungen bei den Temperaturanpassungen zwischen innen und außen besteht noch großer Forschungsbedarf. Die gesundheitlichen Auswirkungen auf ein Individuum hängen zudem von physiologischen Faktoren wie Alter oder Gesundheitszustand ab. Die Akklimatisation und Adaptation von Menschen an Hitze spielt in Abhängigkeit von der Jahreszeit ebenfalls eine wichtige Rolle.

3 Das Hitzewarnsystem des DWD

Für ein Hitzewarnsystem ist es nicht ausreichend, Hitzewellen nur vorherzusagen. Es sollten auch Mechanismen festgelegt sein, die Interventionsmaßnahmen auslösen und in einfacher und verständlicher Form die Bevölkerung erreichen. Die einzelnen Faktoren des DWD-Hitzewarnsystems sowie die Kommunikationswege (Bild) werden nachfolgend beschrieben.

3.1 Bewertung der thermischen Belastung für die Tag-situation durch die gefühlte Temperatur

Zur Beurteilung der Wirkung von Hitze auf Menschen sollten alle Einflussfaktoren zusammengefasst und in einem einfachen Index wiedergegeben werden können [21]. Ein gutes Beispiel hierfür ist die gefühlte Temperatur, die in °C angegeben wird und auf dem Wärmeaustausch des Menschen mit seiner Umgebung beruht [22]. Die gefühlte Temperatur ist vor allem tagsüber und während Perioden mit Hitze weitaus höher als die Lufttemperatur.

3.2 Kurzzeitanpassung und nächtliche Bedingungen

Im Laufe des Sommers stellt sich der menschliche Organismus besser auf hohe Lufttemperaturen ein, z. B. durch Erhöhung der Schweißrate zur effizienteren Wärmeabgabe. Um diese Akklimatisation berücksichtigen zu können, wurde ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, den Schwellenwert des Behaglichkeitsbereichs in Abhängigkeit von den thermischen Verhältnissen der letzten 30 Tage anzupassen [11], indem die Schwellenwerte für die thermischen Belastungsklassen angepasst werden. Die Schwellenwerte für die einzelnen Belastungsklassen unterscheiden sich somit von Region zu Region, wenn in den letzten 30 Tagen unterschiedliche Witterungsbedingungen geherrscht haben. So sind sie im Sommer im Südwesten Deutschlands in der Regel höher als im Norden. Um herauszufinden, wie sich die unterschiedlichen thermischen Belastungsklassen auf die Gesundheit auswirken, wurden Mortalitätsdaten aus unterschiedlichen Regionen Europas untersucht [11]. Als Indikator für die Gesundheitsauswirkungen wurde die Gesamtsterblichkeit gewählt und

es konnte gezeigt werden, dass in allen untersuchten Gebieten eine mindestens „starke Wärmebelastung“ mit einem deutlichen Anstieg der Mortalität einherging. Sie ist an Tagen mit starker Wärmebelastung im Mittel um rund 15 % erhöht [11]. Auch mäßige Wärmebelastung ist bereits mit einer deutlich erhöhten Sterblichkeit verbunden. Die erhöhte Sterblichkeit bei Hitzewellen lässt sich jedoch durch angepasstes Verhalten verringern. Hitzewarnsysteme können dabei helfen, entsprechende Verhaltensweisen zu fördern.

Zur Bewertung der nächtlichen Situation wird ein Gebäudesimulationsmodell eingesetzt, das die Innenraumbedingungen berechnen kann [16] und bei der Entscheidung über die Herausgabe einer Hitzewarnung berücksichtigt wird.

3.3 Hitzewarnungen und Kommunikationswege

Der DWD warnt täglich von Mai bis Ende August für den aktuellen Tag und den Folgetag, wenn die gefühlte Temperatur um 12:00 UTC (Universal Time Coordinated) die Warnschwellen überschreitet. Basierend auf der numerischen Wettervorhersage für die nächsten zwei Tage wird berechnet, ob und bis zu welcher Höhenlage im jeweiligen Landkreis die Hitzewarnschwelle „starke Wärmebelastung“ überschritten wird. Gleichzeitig wird auch überprüft, ob die nächtliche Innenraumtemperatur unter einen bestimmten Schwellenwert fällt, da bei entsprechender nächtlicher Abkühlung eine Erholungsphase gewährleistet ist. Während lang andauernder Hitzewellen kann es durch die Anpassung der Schwellenwerte an die Witterungsbedingungen der letzten Wochen vorkommen, dass der Schwellenwert für eine „starke Wärmebelastung“ sehr hoch liegt. Um sicherzustellen, dass während solcher – für die Gesundheit durch die lang anhaltende Belastung auch gefährlicher – Situationen gewarnt wird, wurde die maximale Höhe der Warnschwelle auf 34 °C gefühlte Temperatur festgelegt. Bei einer gefühlten Temperatur von 38 °C und höher wird ohne Berücksichtigung der Nachtsituation automatisch gewarnt. Daraus ergibt sich ein Warnvorschlag, der durch Biometeorologen überarbeitet wird. Diese haben sowohl die Möglichkeit, Warnungen aus dem Warnvorschlag herauszunehmen, als auch Warnungen hinzuzufügen, wenn ihrer Einschätzung nach eine kritische Situation eintreten könnte. Neben den vom Wärmebelastungsmodell bereitgestellten Daten beziehen die Biometeorologen auch Informationen aus einem Gebäudesimulationsmodell, das Auskunft über die thermische Belastung in Innenräumen gibt, in ihre Entscheidung mit ein. Die Warnungen stehen auf Landkreisebene zur Verfügung und berücksichtigen verschiedene Höhenstufen in 200-m-Schritten und die jeweilige Topografie.

Das deutsche Hitzewarnsystem richtet sich insbesondere an Alten- und Pflegeheime, aber auch die Allgemeinbevölkerung. In Deutschland werden aktuelle Hitzewarnungen über ein Newsletter-System, das Internet oder via Smartphone-App verteilt [14]. Aufgrund der fehlenden einheitlichen Definition von „Hitzewelle“ und der unterschiedlichen Zielgruppen der Warnungen unterscheiden sich auch die Kriterien für Hitzewarnungen von Land zu Land. Der Deutsche Wetterdienst warnt beispielsweise dann, wenn an mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen eine mindestens starke Wärmebelastung (Schwellenwert der gefühlten Temperatur etwa 32 °C) erreicht wird und es

nachts nicht zu einer ausreichenden Abkühlung in den Innenräumen kommt. Warnungen werden zudem ausgesprochen, wenn an einem Tag die Schwelle nahe an einer extremen Wärmebelastung liegt oder diese überschritten wird. Ist eine Hitzewarnung herausgegeben, leiten die zuständigen Gesundheitsbehörden der Bundesländer Interventionsmaßnahmen ein [14]. Diese sind dafür verantwortlich, eine Liste dieser Maßnahmen zusammenzustellen und deren Umsetzung zu überprüfen. Darüber hinaus haben sie die Möglichkeit, die Warnung weiter über Radio und Fernsehen an die Bevölkerung zu verbreiten. Ergänzend zur Hitzewarnung für die nächsten 48 Stunden stellt der DWD auch eine Hitzevorinformation für die nächsten zwei bis sieben Tage bereit.

4 Evaluation des DWD-Hitzewarnsystems

Im Rahmen einer Studie des Umweltbundesamtes wurden verschiedene Informations- und Frühwarnsysteme für umweltbedingte Gesundheitsgefahren, u. a. das Hitzewarnsystem des DWD, hinsichtlich ihrer Bekanntheit sowie ihrer Nutzung durch die Bevölkerung und durch Einrichtungen des Umwelt- und Gesundheitswesens evaluiert [23; 24]. Ebenso wurde untersucht, in welchem Umfang Warnsysteme Anpassungsmaßnahmen auslösen können. Hierbei wurde kritisiert, dass die Verbreitung der Informationen in den Bundesländern nicht einheitlich ist. Als Kritikpunkt wurde weiter angemerkt, dass Ärzte weder in die institutionalisierten Informationswege eingebunden sind noch flächendeckend die Hitzewarnungen beziehen [24]. Dabei kommt dieser Berufsgruppe bei der Reduktion von hitzebedingter Morbidität und Mortalität eine bedeutende Rolle zu. Die Evaluation des Hitzewarnsystems durch das Umweltbundesamt zeigte, dass das System gerade im Bereich der stationären Altenpflege angenommen wird.

5 Schlussfolgerung

Hitzewellen sind ein ernsthaftes Problem für das Gesundheitswesen, wie das Jahr 2005 gezeigt hat. Als Folge davon haben viele europäische Staaten Hitzewarnsysteme aufgebaut und in die Routine der Wettervorhersage eingebaut. Im Zuge des anthropogenen Klimawandels gilt es laut Weltklimarat (IPCC) als gesichert, dass es in den letzten Jahrzehnten bereits zu einer Zunahme von heißen Tagen und Hitzewellen gekommen ist und er bewertet es als „sehr wahrscheinlich“, dass sich dieser Trend weiter fortsetzt [25]. Studien zur zukünftigen Entwicklung der hitzebedingten Mortalität zeigen, dass es auch hier zu einer Zunahme kommen wird [26].

Der DWD verwendet zur Bewertung einer Hitzewelle die gefühlte Temperatur, die neben der Lufttemperatur auch die Luftfeuchte, die Windgeschwindigkeit und die Sonnenstrahlung berücksichtigt. Die Hitzewarnungen beruhen auf der Überschreitung von entsprechenden Schwellenwerten und berücksichtigen dabei die kurzzeitige Anpassung des menschlichen Körpers an die Witterungsbedingungen der letzten 30 Tage (Akklimation). Als einzige Institution weltweit zieht der DWD bei seinem Hitzewarnsystem auch die thermischen Bedingungen in Innenräumen in die Prognosen ein.

Im Rahmen des anthropogenen Klimawandels deuten sich häufigere und intensivere Hitzewellen an und es ist daher

wichtig, Interventionsmaßnahmen weiterzuentwickeln und auch auf Bereiche außerhalb der stationären Pflege anzuwenden.

Literatur

- [1] *Schär, C.; Vidale, P. L.; Lüthi, D.; Frei, C.; Häberli, C.; Liniger, M.; Appenzeller, C.*: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427 (2004), S. 75-79.
- [2] *Matzarakis, A.*: Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 73 (2013) Nr. 3, S. 115-118.
- [3] *Matzarakis, A.*: Climate, human comfort and tourism. In: *Amelung, B.; Blazejczyk, K.; Matzarakis, A.* (Hrsg.): *Climate change and tourism: Assessment and coping strategies*, S. 139-154. Maastricht – Warsaw – Freiburg, 2007. www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/Book_Nato.pdf
- [4] *Höppe, P.*: Aspects of human biometeorology in past, present and future. *Int. J. Biometeorol.* 40 (1997) Nr. 1, S. 19-23.
- [5] *Matzarakis, A.*: Climate Change: Temporal and spatial dimension of adaptation possibilities at regional and local scale. In: *Schott, C.* (Hrsg.): *Tourism and the implications of Climate Change: Issues and Actions. Bridging Tourism Theory and Practice* Vol. 3, S. 237-259. Bingley: Emerald Group Publishing 2010.
- [6] *Matzarakis, A.; Endler, C.*: Adaptation of thermal bioclimate under climate change conditions – The example of physiologically equivalent temperature in Freiburg, Germany. *Int. J. Biometeorol.* 54 (2010), S. 479-483.
- [7] *Koppe, C.; Kovats, S.; Jendritzky, G.; Menne, B.* et al.: Heatwaves: risks and responses. World Health Organization. Regional Office for Europe. *Health and Global Environmental Change*, Series No. 2, Copenhagen, Denmark 2004.
- [8] *Kovats, S. R.; Jendritzky, G.*: Heatwaves and human health. In: *Menne, B.; Ebi, K. L.* (Hrsg.): *Climate change and adaptation strategies for human health*, S. 63-90. Darmstadt: Steinkopff 2006.
- [9] *Kovats, R. S.; Koppe, C.*: Heat waves: past and future impacts on health. In: *Ebi, K. L.; Smith, J. B.; Burton, I.* (Hrsg.): *Integration of public health with adaptation to climate change – lessons learned and new directions*, S. 136-160. Leiden: Taylor and Francis 2005.
- [10] *von Wichert, P.*: Hitzewellen und thermophysiologische Effekte bei geschwächten bzw. vorgeschädigten Personen. In: *Lozán, J. L.; Graßl, H.; Jendritzky, G.; Karbe, L.; Reise, K.* (Hrsg.): *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen*. 2. Aufl. 2014. www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/gefahren-fur-pflanzentiere/gesundheitsrisiken_kap3_1_11/
- [11] *Koppe, C.*: Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* Nr. 226, Offenbach 2005.
- [12] *Matzarakis, A.; Muthers, S.; Koch, E.*: Human-biometeorological evaluation of summer mortality in Vienna. *Theor. Appl. Climatol.* 105 (2011), S. 1-10.
- [13] *Larsen, J.*: Setting the record straight: More than 52,000 Europeans died from heat in summer 2003. Earth Policy Institute 2006. www.earth-policy.org/plan_b_updates/2006/update56
- [14] *Koppe, C.*: Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes. In: *UMID Themenheft Klimawandel und Gesundheit* Nr. 3, S. 39-43. Berlin: Umweltbundesamt 2009.
- [15] *Rosenfelder, M.; Koppe, C.; Pfafferoth, J.; Matzarakis, A.*: Effects of ventilation behavior on indoor heat load based on test reference years. *Int. J. Biometeorol.* 60 (2016), S. 277-287.
- [16] *Pfafferoth, J.; Becker, P.*: Erweiterung des Hitzewarnsystems um die Vorhersage der Wärmebelastung in Innenräumen. *Bauphysik* 30 (2008) Nr. 4, S. 237-243.
- [17] *Matzarakis, A.*: Die thermische Komponente des Stadtklimas. *Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg* Nr. 6. Freiburg 2001.
- [18] *Ketterer, C.; Ghasemi, I.; Bertram, A.; Reuter, U.; Rinke, R.; Kapp, R.; Matzarakis, A.*: Veränderung des thermischen Bioklimas durch stadtplanerische Umgestaltungen – Beispiel Stuttgart-West. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 73 (2013), Nr. 7/8, S. 323-329.
- [19] *Ketterer, C.; Matzarakis, A.*: Comparison of different methods for the assessment of the urban heat island in Stuttgart, Germany. *Int. J. Biometeorol.* 59 (2015), S. 1299-1309.
- [20] *Robinson, P. J.*: On the definition of a heat wave. *J. Appl. Meteorol.* 40 (2001), S. 762-775.
- [21] VDI 3787 Blatt 2: Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Berlin: Beuth 2008.
- [22] *Staiger, H.; Laschewski, G.; Grätz, A.*: The perceived temperature – A versatile index for the assessment of the human thermal environment Part A: Scientific Basics. *Int. J. Biometeorol.* 56 (2012), S. 165-176.
- [23] *Capellaro, M.; Sturm, D.*: Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit – Band 1: Anpassung an den Klimawandel: Evaluation bestehender nationaler Informationssysteme (UV Index, Hitzewarnsystem, Pollenflug- und Ozonvorhersage) aus gesundheitlicher Sicht – Wie erreichen wir die empfindlichen Bevölkerungsgruppen? *Umwelt & Gesundheit* 03/2015. Hrsg.: Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau 2015. www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluation-von-informationssystemen-zu-klimawandel
- [24] *Capellaro, M.; Sturm, D.*: Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit – Band 2: Anpassung an den Klimawandel: Strategie für die Versorgung bei Extremwetterereignissen. *Umwelt & Gesundheit* 04/2015. Hrsg.: Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau 2015. www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluation-von-informationssystemen-zu-klimawandel-0
- [25] *Climate Change 2013: The physical science basis*. Hrsg.: Working Group I, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Genf 2013.
- [26] *Muthers, S.; Matzarakis, A.; Koch, E.*: Climate change and mortality in Vienna – A human biometeorological analysis based on regional climate modeling. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 7 (2010), S. 2965-2977.