

Indikator-Factsheet: Wärmebelastung in Städten

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werbung) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106	
Mitwirkung:	für 2015: Deutscher Wetterdienst – DWD, Zentrales Klimabüro (Datenbereitstellung inkl. Beratung) für 2019 und 2023: DWD, Abteilung Klimaüberwachung, Sachgebiet Klimaanalyse	
Letzte Aktualisierung:	25.03.2014	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werbung)
	15.01.2018	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werbung) im Rahmen von UBA FKZ 3716 48 104 0 Die Auswahl der Messstellen wird auf das Messnetz der Stadtklimastationen des DWD bezogen, das sukzessive bis auf 10 Stationen ausgebaut werden soll, um die klimatische Entwicklung in dicht besiedelten Gebieten beobachten und im Vergleich zur Klimaentwicklung an gut durchlüfteten Standorten eines unbeeinflussten Freilandklimas bewerten zu können. Derzeit werden für den Indikator die Stationen Berlin Alexanderplatz (ID 399), Frankfurt M. Westend (ID 1424) und München-Stadt (ID 3379) verwendet, für die bereits ausreichend lange Zeitreihen vorliegen. Bei der Überarbeitung des Indikators wurde von Seiten des DWD darauf hingewiesen, dass die dem Indikator zugrundeliegenden Stationen nicht repräsentativ für Deutschland ausgewählt sind. Aus diesem Grund sind die dem Indikator zugrundeliegenden Daten zu den heißen Tagen und den Tropennächten für eine arithmetische Mittelung nicht geeignet. Zudem würden bei einer Hinzunahme weiterer Stationen Sprünge in diesen bislang auf gemittelten Werten beruhenden Zeitreihen auftreten, die auf die veränderte Stationszahl zurückzuführen sind. Die Darstellung wurde daher wie folgt verändert: Es werden die Zeitreihen für die Stadtklimastationen Berlin Alexanderplatz, Frankfurt M. Westend und München Stadt sowie das Gebietsmittel für Deutschland dargestellt. Die Darstellung beschränkt sich auf die heißen Tage, um die Darstellung nicht mit zu vielen Datenreihen zu überfrachten. Eine Darstellung zu den Tropennächten für die drei genannten Städte einschließlich des Gebietsmittels wird als Zusatz-Indikator aufgenommen. Für die Berechnung werden, soweit es für die Stationen erforderlich und sinnvoll ist, homogenisierte Daten verwendet, bei denen nicht-klimatische Einflüsse wie Änderungen des Stationsstandorts, der Stationsumgebung oder der Instrumentierung mithilfe statistischer Verfahren unter Berücksichtigung hoch-korrelierter Referenzstationen ausgeglichen wurden.
	02.08.2022	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werbung): Redaktionelle Anpassungen
	05.05.2023	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werbung): Einarbeitung von Hinweisen zur Weiterentwicklung der Fallstudie.
	07.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links

Nächste Fortschreibung:	ab sofort	<p>Die Fallstudie ist aktuell auf die drei Städte Berlin, Frankfurt am Main und München bezogen. Bei einer zukünftigen Fortschreibung des Indikators sollen vergleichbare Daten zu Hitzetagen für die DWD-Stadtklimastationen Dresden und Freiburg im Breisgau sowie perspektivisch auch für eine Stadtklimastation im Rhein-Ruhr-Gebiet ergänzt werden. Voraussetzung hierfür ist jeweils das Vorliegen einer ausreichend langen Zeitreihe. Grundlage für die Darstellung sollen in der Regel homogenisierte Daten sein, sodass die Zeitreihen nicht die Auswirkungen von Stationsverschiebungen beeinflusst sind.</p> <p>Es ist in Abstimmung mit dem DWD zu prüfen, ob bei zukünftigen Fortschreibungen des Indikators als Datengrundlage die stationsbezogenen Climate Indices des DWD verwendet werden sollen.</p>
--------------------------------	-----------	---

I Beschreibung

Interne Nr. BAU-I-1	<p>Titel: Wärmebelastung in Städten</p> <p>Fallstudie für die DWD-Stadtklimastationen Berlin, Frankfurt am Main und München</p>												
<p>Einheit: <u>Teil A:</u> Anzahl <u>Teil B:</u> Anzahl <u>Zusatz Teil A:</u> Anzahl <u>Zusatz Teil B:</u> Anzahl</p>	<p>Kurzbeschreibung des Indikators: <u>Teil A:</u> Anzahl von heißen Tagen an den DWD-Stadtklimastationen in Berlin, Frankfurt a. M. und München <u>Teil B:</u> Gebietsmittel der heißen Tage für Deutschland <u>Zusatz Teil A:</u> Anzahl von Tropennächten an den DWD-Stadtklimastationen in Berlin, Frankfurt a. M. und München <u>Zusatz Teil B:</u> Gebietsmittel der Tropennächte für Deutschland</p> <p>Berechnungsvorschrift: <u>Teil A:</u> Anzahl von heißen Tagen = Jahressumme der heißen Tage an der DWD Stadtklimastation Berlin analog für die weiteren Stadtklimastationen Dabei gilt: <ul style="list-style-type: none"> • Heißer Tag: Temperaturmaximum mind. 30 °C In den Indikator fließen Werte der folgenden DWD-Stadtklimastationen ein:</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Großstadt</th> <th>ID</th> <th>Stationsname</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Frankfurt a. Main</td> <td>1424</td> <td>Westend</td> </tr> <tr> <td>Berlin</td> <td>399</td> <td>Alexanderplatz</td> </tr> <tr> <td>München</td> <td>3379</td> <td>Stadt</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Teil B:</u> Daten für das Gebietsmittel der heißen Tage können unmittelbar vom DWD übernommen werden. Zur Berechnung des Gebietsmittels durch den DWD s. VIII Anlagen. <u>Zusatz Teil A:</u> Anzahl von Tropennächten = Jahressumme der Tropennächte an der DWD Stadtklimastation Berlin analog für die weiteren Stadtklimastationen (s. o.)</p>	Großstadt	ID	Stationsname	Frankfurt a. Main	1424	Westend	Berlin	399	Alexanderplatz	München	3379	Stadt
Großstadt	ID	Stationsname											
Frankfurt a. Main	1424	Westend											
Berlin	399	Alexanderplatz											
München	3379	Stadt											

	<p>Dabei gilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tropentag: Temperaturminimum mind. 20 °C <p><u>Zusatz Teil B:</u></p> <p>Daten für das Gebietsmittel der Tropennächte können unmittelbar vom DWD übernommen werden.</p> <p>Zur Berechnung des Gebietsmittels durch den DWD s. VIII Anlagen.</p>
Interpretation des Indikatorwerts:	<p><u>Teil A:</u> Je höher der Indikatorwert, desto mehr heiße Tage treten an den ausgewählten DWD-Stadtklimastationen auf.</p> <p><u>Teil B:</u> Je höher der Indikatorwert, desto mehr heiße Tage treten im Gebietsmittel Deutschlands auf.</p> <p><u>Zusatz Teil A:</u> Je höher der Indikatorwert, desto mehr Tropennächte treten an den ausgewählten DWD-Stadtklimastationen auf.</p> <p><u>Zusatz Teil B:</u> Je höher der Indikatorwert, desto mehr Tropennächte treten im Gebietsmittel Deutschlands auf.</p>

II Einordnung

Handlungsfeld:	Bauwesen
Themenfeld:	Umweltqualität in Städten
Thematischer Teilaspekt:	Veränderung des Stadtklimas
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	keine
Begründung:	<p>Als Auswirkungen des globalen Klimawandels werden für Mitteleuropa in Klimaszenarien u. a. ein Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen und eine Änderung der Wettercharakteristik erwartet. Letztere wird sich u. a. in einer Zunahme austauscharmer Wetterlagen, thermischer Extremwerte sowie der Häufigkeit, Dauer und möglicherweise der Intensität städtischer Wärmeinselereignisse äußern. In den Sommermonaten kann dies aufgrund des allgemeinen Temperaturanstiegs und der verringerten nächtlichen Abkühlung in den Stadtanlagen zu einer zunehmenden Belastung für die Stadtbewohner führen.</p> <p>Die steigende thermische Belastung in Städten kann sich zum einen in einer Zunahme von heißen Tagen äußern, an denen 30 °C Lufttemperatur erreicht oder überschritten werden. Besonders belastend für die Bevölkerung sind zum anderen Nächte, in denen die Temperaturen nicht unter 20 °C abkühlen (Tropennächte).</p> <p>Der Indikator stellt die Häufigkeit von heißen Tagen in Großstädten dem Gebietsmittel der heißen Tage in der Bundesrepublik Deutschland gegenüber. Im Zusatz-Indikator wird die Häufigkeit von Tropennächten an den Stadtklimastationen im Vergleich zum Gebietsmittel der Tropennächte in der Bundesrepublik Deutschland ausgewiesen. Inhaltlich wird der Indikator als mittlere Anzahl von heißen Tagen (Tagesmaximum der Lufttemperatur ≥ 30 °C) bzw. als mittlere Anzahl von Tropennächten (Tagesminimum der Lufttemperatur ≥ 20 °C) berechnet.</p>

	<p>Aufgrund des zunehmenden wissenschaftlichen und politischen Interesses baut der DWD seit dem Jahr 2015 ein Netz von Stadtklimastationen auf. Diese Stationen ermöglichen es, die klimatische Entwicklung in dicht besiedelten Gebieten beobachten und im Vergleich zur Klimaentwicklung an gut durchlüfteten Standorten eines unbeeinflussten Freilandklimas bewerten zu können. Das Messnetz soll schrittweise auf zehn Stationen erweitert werden. Mit Stand 2019 werden für den Indikator die Stationen Berlin Alexanderplatz (ID 399), Frankfurt M. Westend (ID 1424) und München-Stadt (ID 3379) verwendet, für die bereits ausreichend lange Zeitreihen vorliegen. Die Messergebnisse weiterer Stationen können zukünftig in den Indikator integriert werden, wobei hierfür die Darstellungsform weiterzuentwickeln ist. Eine wichtige Rolle bei der Auswahl können zudem die Zielstellungen spielen, die der Entscheidung für den jeweiligen Standort zugrunde lagen. Von Interesse sind vor allem Stationen, die mit dem Ziel eingerichtet wurden, die maximale Wärmeinselintensität einer Stadt und damit die höchste Wärmebelastung innerhalb der Stadt zu beobachten. Aufgrund der starken Flächennutzungskonflikte in Städten ist es aber nicht immer möglich, einen solchen Stationsstandort zu realisieren.</p> <p>Wichtiges Kriterium für die Auswahl einer Messstation ist auch die Qualität der konkreten Zeitreihe. Aus unterschiedlichen Gründen kommt es immer wieder zu nicht klimatisch bedingten Änderungen der Messergebnisse, z. B. durch Veränderungen der Instrumentierung, des Stationsstandorts oder der Stationsumgebung (z. B. durch neue Bebauung). Der DWD hat unter Bezug auf Arbeiten zur Homogenisierung von extremen und mittleren täglichen Temperaturmessungen (Della-Marta & Wanner 2006) ein statistisches Verfahren zur Homogenisierung von Zeitreihen von Tagesminima, Tagesmaxima und Tagesmittelwerten entwickelt, um solche Faktoren rechnerisch zu eliminieren und die Messergebnisse zu homogenisieren. Die Homogenisierung erfolgt mit Bezug auf die Temperaturmessungen an hoch-korrelierten Referenzstationen im Umfeld der zu bearbeitenden Station. Homogenisierte Werte werden für die Berechnung der Indikatorwerte für die Stadtklimastationen in Berlin und Frankfurt a. M. verwendet. Die Zeitreihe der Stadtklimastation München ist trotz einer Stationsverlegung ohne Homogenisierung ausreichend konsistent.</p> <p>Eine zusammenfassende Mittelwertbildung über Stationen in unterschiedlichen klimatischen Räumen mit z. T. unterschiedlichen Charakteristika kann zu Fehlinterpretationen führen, da die Städte und die innerstädtischen Stationslagen nur eine zufällige Auswahl sind. Sie sind hinsichtlich ihrer topographischen Lage und ihrer jeweiligen thermischen Situation nicht nachgewiesener Weise repräsentativ für andere deutsche Städte sind. Aus diesem Grund wird von einer Mittelung abgesehen und die Zeitreihen der Stationen werden individuell dargestellt.</p> <p>Um den Einfluss der allgemeinen geografischen Lage auf die Indikatorergebnisse abschätzen zu können, wurde eine Auswertung der stadtklimatisch weitgehend unbeeinflussten Stationen im Umland der gewählten Städte durchgeführt. Diese Auswertung zeigt, dass die Anzahl der heißen Tage und – mit Ausnahme der Station München Flughafen – auch der Tropennächte im Umland der gewählten Städte im Bereich des regionalen Gebietsmittels bzw. über dem Gebietsmittel Deutschlands liegt. Vor allem die Station Frankfurt Main Flughafen zeigt Werte deutlich über dem Gebietsmittel. Die höhere Zahl an heißen Tagen und Tropennächten für die städtischen Stationen ist daher zum Teil auch auf die allgemeine geographische Lage der gewählten Städte zurückzuführen. Bei den städtischen Stationen liegt die Anzahl an heißen Tagen und Tropennächten allerdings noch einmal deutlich höher, sodass der Indikator durchaus die besondere Wärmebelastung in den gewählten Städten zeigt. Bei der perspektivischen Berücksichtigung weiterer DWD-Stadtklimastationen kann auf eine Verbesserung der räumlichen Repräsentativität bzw. zumindest einer gleichmäßigeren räumlichen Abdeckung hingewirkt werden.</p>
--	---

	<p>Bei der Erstentwicklung des Indikators wurde als weitere Indikatoridee u. a. geprüft, die mittlere Anzahl von Sommertagen mit einem Tagesmaximum der Lufttemperatur ≥ 25 °C zu verwenden. Aufgrund des niedrigeren Schwellenwertes kommen diese Tage häufiger vor als Heiße Tage oder auch Tropennächte, und die statistische Auswertung eines darauf aufbauenden Indikators könnte damit auf eine größere Basis gestellt werden. Allerdings sind Sommertage, im Unterschied zu heißen Tagen oder Tropennächten, nicht notwendigerweise mit thermischen Belastungen für die Stadtbevölkerung verbunden. Eine Überwachung der Anzahl der Tropennächte sowie der heißen Tage erscheint auch deswegen angezeigt, da regionale Klimaprojektionen eine Zunahme dieser Ereignistage erwarten lassen (s. www.dwd.de/klimaatlas). Aus diesen Gründen wurde die Indikatorformulierung mit Bezug zu heißen Tagen und Tropennächten bevorzugt.</p> <p>Des Weiteren wurde geprüft, ob anstelle der Gebietsmittel der genannten Ereignistage für ganz Deutschland auch deren mittlere Anzahl an DWD-Messstationen aus dem Umland der Großstädte als Vergleichsgröße für den Indikator verwendet werden könnte. Auf eine weitere Entwicklung dieses Ansatzes wurde aber verzichtet, da der räumliche Bezug von Stadt- und Umlandstationen zwischen den Großstädten sehr unterschiedlich ist, z. B. hinsichtlich Höhenlage, Entfernung, und damit keine Gegenüberstellung aggregierter Werte für Stadt und Umland erlaubt.</p> <p>Die zunehmende thermische Belastung in urbanen Räumen wird als eine der wesentlichen Auswirkungen des Klimawandels und der zunehmenden Urbanisierung diskutiert. Der Indikator kann anhand ausgewählter Großstadtmesstationen das Ausmaß der thermischen Belastung in den urbanen Räumen darstellen.</p>
<p>Einschränkungen:</p>	<p>Die Wärmebelastung für den Menschen wird grundsätzlich anhand von Wärmehaushaltsmodellen des Menschen ermittelt, die alle relevanten Mechanismen des Wärmeaustauschs mit der atmosphärischen Umwelt einschließen. In Deutschland wird dazu in der Regel das Klima-Michel-Modell herangezogen, dessen Bewertung auf der sog. Gefühlten Temperatur basiert (Staiger et al. 2012). Berücksichtigt werden zur Berechnung die Lufttemperatur, die lang- und kurzweiligen Strahlungsflüsse, die Luftfeuchte und die Windgeschwindigkeit. Die für den Indikator verwendete Auswertung der Ereignistage ist insofern lediglich eine Annäherung an das Thema Wärmebelastung anhand von sinnvollen Proxy-Daten.</p> <p>Grundsätzlich kann auch die Verwendung von Schwellenwerten zu Interpretationsschwierigkeiten führen. Der Indikator bildet damit zum einen nur die Häufigkeit der Überschreitungen dieses Schwellenwerts ab, nicht aber die Höhe der Überschreitung; zum anderen werden Situationen knapp unterhalb des Schwellenwerts nicht erfasst. Hinzu kommt, dass sich Menschen in Abhängigkeit von ihrem regionalen Umfeld in unterschiedlichem Maße an Wärmebelastungen gewöhnt sind. Personen aus Südwestdeutschland werden andere Temperaturen als belastend empfinden als Bewohner aus nordöstlichen Teilen Deutschlands. Vor diesem Hintergrund weist auch die Verwendung eines einheitlichen Schwellenwerts für alle Regionen Schwächen auf.</p> <p>Die ausgewählten Stationen sind nicht repräsentativ über das Gebiet verteilt. Eine Auswertung von Stationen im Umland der gewählten Städte zeigt, dass die höhere Zahl an heißen Tagen und Tropennächten für die städtischen Stationen zum Teil auch auf die allgemeine geographische Lage der gewählten Städte in Süd- und Ostdeutschland zurückzuführen ist. Bei den städtischen Stationen liegt die Anzahl an heißen Tagen und Tropennächten allerdings noch einmal deutlich höher, sodass der Indikator die besondere Wärmebelastung in den gewählten Städten zeigt. Bei der Interpretation ist die mangelnde Repräsentativität der gewählten Stationen zu berücksichtigen. Das bedeutet, die Un-</p>

	<p>terschiede in der Belastung dürfen nicht allein auf den städtischen Wärmeinselleffekt bezogen sein, sondern müssen auch die geographische Lage als Einflussfaktor würdigen.</p> <p>Besondere Belastungssituationen ergeben sich insbesondere bei einer längeren Dauer der Wärmebelastung z. B. während Hitzeperioden. Die zeitliche Dauer von Hitzeperioden wird im Indikator nicht berücksichtigt.</p>
Erläuterungen zur Fallstudie:	<p>Grundlage für die Fallstudie sind Messungen an DWD-Stadtklimastationen in den Städten Berlin, Frankfurt am Main und München. Diese Stationen sind nicht repräsentativ für Deutschland, sondern stehen jeweils exemplarisch für ihre Region.</p> <p><u>Perspektiven für eine bundesweite Darstellung des Indikators:</u> Zukünftig könnte die Fallstudie unter der Voraussetzung, dass ausreichend lange und homogenisierte Datenreihen vorliegen, auf andere Stadtklimastationen ausgeweitet werden. Kandidaten für eine Erweiterung sind insbesondere die DWD-Stadtklimastationen in Dresden und Freiburg im Breisgau sowie perspektivisch zudem eine Stadtklimastation für das Rhein-Ruhr-Gebiet. Bei der Weiterentwicklung ist zu klären, ob durch die Hinzunahme der Stationen eine Repräsentativität für urbane Gebiete in Deutschland erreicht wird oder ob es sich um eine Erweiterung der exemplarischen Darstellung handelt.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) • Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels vom 23.01.2013 (MKRO 2013), beschlossen von der Ministerkonferenz für Raumordnung am 06.02.2013
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:	<p>DAS, Kap. 3.2.2: Die Stadtklimaeffekte mit Auswirkungen auf die Gesundheit könnten durch den Klimawandel zusätzlich verstärkt werden.</p>
Ziele:	<p>DAS:</p> <p>Kap. 3.2.1: Geeignete Architektur sowie Stadt- und Landschaftsplanung können beitragen, eine klimatisch bedingte verstärkte Aufheizung der Städte und damit Hitzestress zu lindern. Gerade in Ballungszentren sollte die Frischluftzufuhr über unverbaute Frischluftkorridore gewährleistet sein. Dies kann durch die Anlage unverbaubarer Frischluftschneisen und extensiver Grünanlagen als „Kälteinseln“ erfolgen. Städteplaner und kommunale Behörden sollten dem Trend einer weiteren Versiegelung von Freiflächen durch Siedlungs- und Verkehrsflächen entgegen wirken.</p> <p>Kap. 3.2.14: Die Raumordnung kann bei der Steuerung der Siedlungsentwicklung unter dem Aspekt der Gesundheit zukünftig verstärkt bioklimatischen Belastungsgebieten Rechnung tragen. Zur Milderung von Hitzefolgen müssen Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete sowie -abflussbahnen im Rahmen der Siedlungsentwicklung freigehalten werden.</p> <p>MKRO 2013, Kap. 3.4: Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld „Schutz vor Hitzefolgen (bioklimatische Belastungsgebiete)“:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schutz überörtlich bedeutsamer klimawirksamer Freiräume / Ausgleichsflächen: Die Sicherung oder Schaffung von stadtklimatisch relevanten Freiräumen muss in der übergeordneten Landes- und Regionalplanung ansetzen und später in der Bauleit- und Fachplanung umgesetzt werden. • Räumliche Steuerung der Siedlungsflächen-/Infrastrukturentwicklung: Festlegung von Siedlungszuwachsf lächen als Vorranggebiete sowie Infrastrukturtrassen und -standorte in den Raumordnungsplänen (siehe auch Kap. 2.2); textliche Vorgaben für die Bauleitplanung, wonach bei der Siedlungsentwicklung und anderen raumbedeutsamen Planungen, Maßnahmen und Nutzungen die klimatischen Auswirkungen und erkennbare Gefährdungen durch extreme meteorologische Ereignisse berücksichtigt werden sollen; Darstellung von thermischen Belastungsgebieten

Berichtspflichten:	keine
---------------------------	-------

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Teil A, <u>Zusatz Teil A</u> : Deutscher Wetterdienst (DWD): Klimadaten von ausgewählten Stadtklimastationen (teilweise homogenisiert) Teil B, <u>Zusatz Teil B</u> : Deutscher Wetterdienst (DWD): Gebietsmittel der Ereignistage für Deutschland	
Räumliche Auflösung:	Teil A, <u>Zusatz Teil A</u> : Punktdaten Teil B, <u>Zusatz Teil B</u> : flächenhaft	Teil A, <u>Zusatz Teil A</u> : DWD-Stadtklimastationen in Berlin, München und Frankfurt Teil B, <u>Zusatz Teil B</u> : NUTS 0; das Gebietsmittel der Ereignistage für Deutschland basiert aus Rasterdaten mit 1 km Auflösung. Zur Methodik s. VIII Anlagen
Geographische Abdeckung:	Teil A, <u>Zusatz Teil A</u> : Berlin, München, Frankfurt Teil B, <u>Zusatz Teil B</u> : ganz Deutschland	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 1986	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BAU-I-1_Daten_Waermebelastung.xlsx	

V Zusatz-Informationen

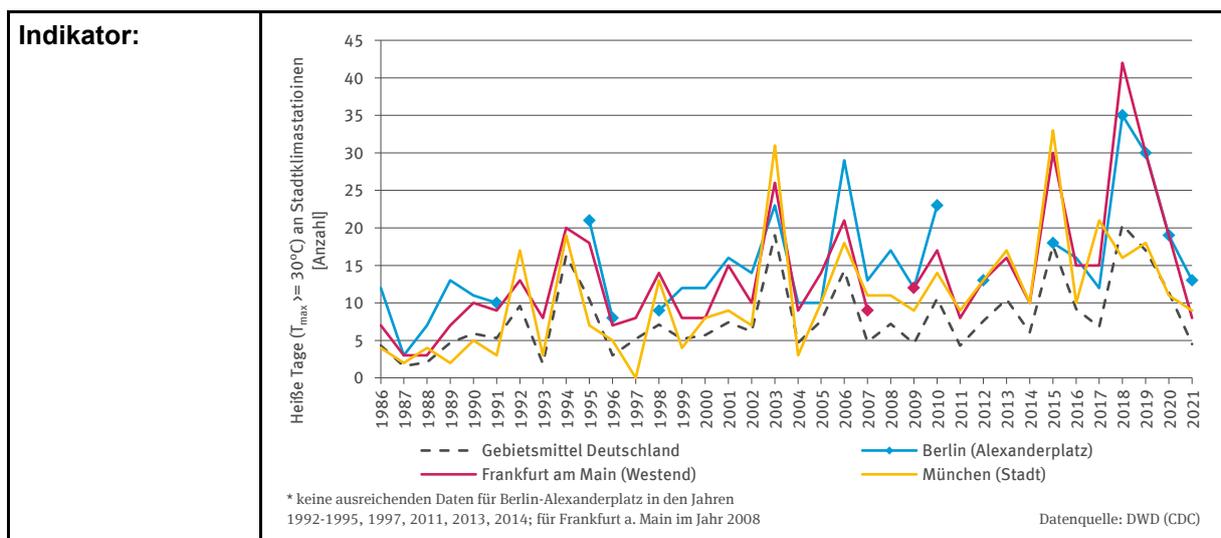
Glossar:	Tropennächte: Tagesminimum der Temperatur ≥ 20 °C Heiße Tage: Tagesmaximum der Temperatur ≥ 30 °C
Weiterführende Informationen:	<p>Åström D., Forsberg B., Ebi K., Rocklöv J. 2013: Attributing mortality from extreme temperatures to climate change in Stockholm, Sweden. <i>Nature Climate Change</i> 3 (2013): 1050-1054; doi: 10.1038/nclimate2022</p> <p>Baumüller J. 2009: Stadtklima und Stadtplanung im Klimawandel. UVP-Gesellschaft (Hg.), UVP-Report. Ausgabe 22, 5/2008, Hamm: 205-214.</p> <p>Della-Marta P.M., Wanner H. 2006: A Method of Homogenizing the Extremes and Mean of Daily Temperature Measurements. <i>Journal of Climate</i> 19 (17): 4179-4197. doi: 10.1175/JCLI3855.1.</p> <p>Früh B., Becker P., Deutschländer T., Hessel J.-D., Koßmann M., Mieskes I., Namyslo J., Roos M., Sievers U., Steigerwald T., Turau H., Wienert U. 2011: Estimation of climate change impacts on the urban heat load using an urban climate model and regional climate projections. <i>Journal Applied Meteorology and Climatology</i>, Vol. 50, No. 1: 167-184.</p> <p>Kuttler W. 2011: Climate change in urban areas – Part 1, Effects. <i>Environmental Sciences Europe</i> 2011, 23: 11. doi: 10.1186/2190-4715-23-11.</p> <p>Kuttler W. 2010: Urbanes Klima – Teil 1. In: <i>Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft</i>, 70 (2010), Nr. 7/8.</p> <p>Kuttler W. 2010: Urbanes Klima – Teil 2. <i>Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft</i>, 70 (2010), Nr. 9.</p> <p>Kuttler W. 2009: Zum Klima im urbanen Raum. <i>Klimastatusbericht 2008</i>. Deutscher Wetterdienst (Hg.), Offenbach: 6-12.</p>

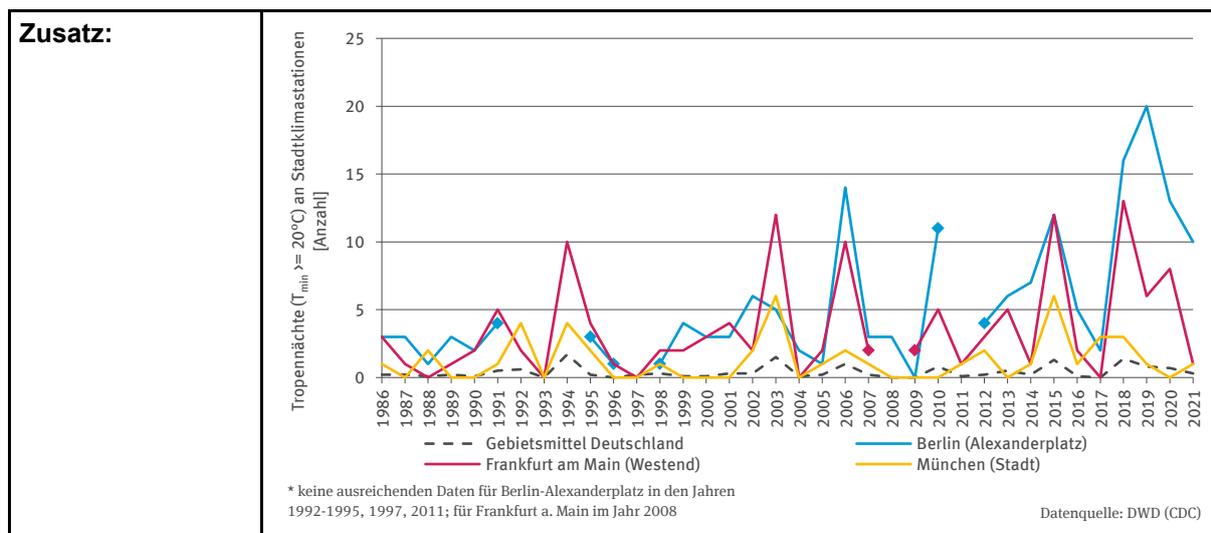
	Staiger H., Laschewski G., Grätz A. 2012: The perceived temperature - a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. International Journal of Biometeorology, Jg. 56 (1): 165-76. doi: 10.1007/s00484-011-0409-6
--	---

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Daten-verarbeitung:	2	Vor der Zusammenführung der Daten zur Darstellung des Indikators ist eine einfache Datenaufbereitung in mehreren Schritten notwendig.
	<u>Erläuterung:</u> Die Fortschreibung des Indikators (ohne Weiterentwicklungen) nimmt etwa 4 Stunden in Anspruch. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Übertragung der umfangreichen Messdaten des DWD in das Daten-Factsheet in mehreren Schritten vorzunehmen ist. Zunächst sind die Daten gemäß den Angaben des DWD aus dem txt-Datenformat in das Excel-Format zu konvertieren. Anschließend sind die Datensätze um die für die Auswertung notwendigen Einträge (Stationsname, Stadt) zu ergänzen. Dabei ist darauf zu achten, dass jeweils identische Eintragungen vorgenommen werden, damit die Funktionalität der im Daten-Factsheet verwendeten Excel-Formeln gewährleistet ist. Im nächsten und letzten Schritt sind die Formeln in den verschiedenen Tabellenblättern fortzuschreiben.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Deutscher Wetterdienst (DWD), Abteilung Klimaüberwachung, Sachgebiet Klimaanalyse		
	<u>Erläuterung:</u> keine		

VII Darstellungsvorschlag





VIII Anlagen

Methodisches Vorgehen zur Berechnung von Gebietsmitteln meteorologischer Daten

(www.dwd.de, Erläuterungen zur Erstellung von Klimakarten im Klimaatlas)

Die im Indikator dargestellten Gebietsmittel sind Mittelwerte von Rasterfeldern von Deutschland mit einer Auflösung von $1\text{ km} \times 1\text{ km}$. Die Übertragung der Stationswerte auf das $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ -Raster erfolgt mittels statistischer Verfahren wie folgt: Für einzelne Regionen wird die lineare Regression zwischen der topographischen Höhe und den klimatologischen Parametern berechnet. Die Regressionskoeffizienten werden den Mittelpunkten der einzelnen Regionen zugeordnet und flächendeckend interpoliert. Mit Hilfe der nun flächendeckend vorliegenden Regressionskoeffizienten werden die klimatologischen Werte an den einzelnen Messstationen auf Meeressniveau reduziert und einzelnen Rastereinheiten zugeordnet.

Die auf Meeressniveau reduzierten klimatologischen Werte werden dann ebenfalls flächendeckend interpoliert. Mit Hilfe eines Rasterfelds der Topographie und des Felds der Regressionskoeffizienten wird das reduzierte Feld schließlich in ein dem Relief entsprechendes Feld des klimatologischen Parameters umgerechnet.

Gegenüber Zeitreihen einzelner Stationen sind die Zeitreihen von Gebietsmitteln weitgehend frei von Inhomogenitäten, die durch Stationsverlegungen oder Veränderungen im Umfeld einer Station entstehen. Außerdem sind sie repräsentativer für ein größeres Gebiet als Einzelstationen oder einfache Kombinationen der verschiedenen Stationen.

Die nachstehenden Abb. 1 und Abb. 2 zeigen Karten bzw. Diagramme, die auf Basis der für das $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ -Raster berechneten Werte erzeugt werden und z. B. für Klimaatlas des DWD, Parameter „Heiße Tage“, Verwendung finden.

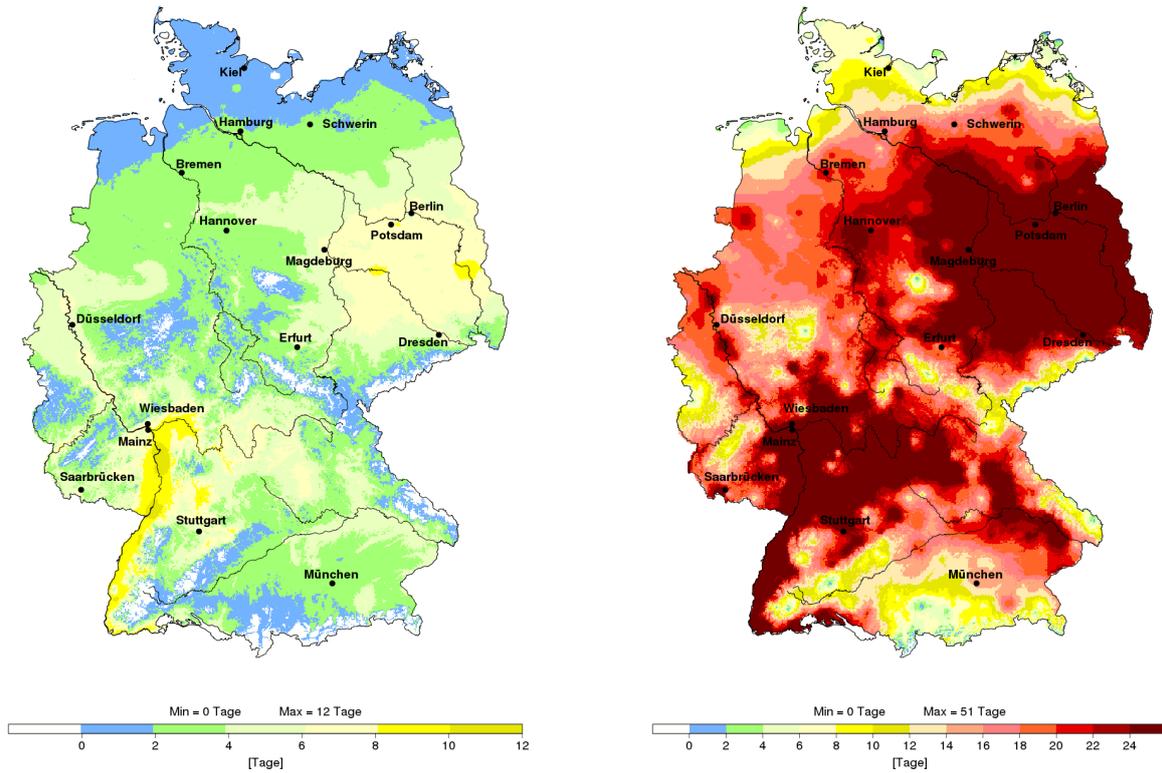


Abb. 1: Gebietsmittel des Parameters „Heiße Tage“ für 1961-1990 (links) und 2018 (rechts)

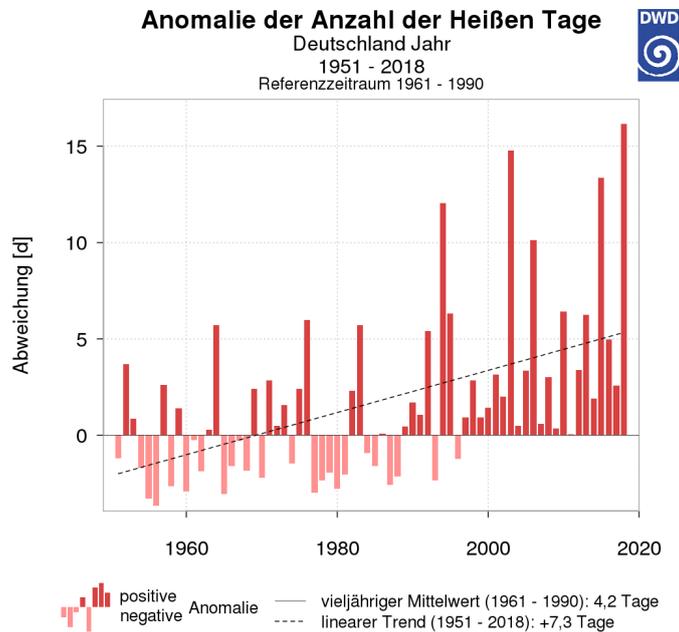


Abb. 2: Anomalie der Anzahl der Heißen Tage für 1951-2018 im Gebietsmittel für Deutschland