

## Indikator-Factsheet: Sommerlicher Wärmeinseleffekt

<b>Verfasser*innen:</b>	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werburg) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106	
<b>Mitwirkung:</b>	für 2015: Deutscher Wetterdienst (DWD), Zentrales Klimabüro (Datenbereitstellung inkl. Beratung) für 2019 und 2023: DWD, Abteilung Klimaüberwachung, Sachgebiet Klimaanalyse	
<b>Letzte Aktualisierung:</b>	14.03.2014	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werburg)
	30.01.2019	<p>Bosch &amp; Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werburg) im Rahmen von UBA FKZ 3716 48 104 0</p> <p>Der Indikator wurde in Abstimmung mit dem DWD methodisch weiterentwickelt, um die Wärmeinselintensität genauer zu fassen. Die nach dem bisherigen Verfahren auf der Grundlage der Tagessminimumtemperaturen berechneten Werte lieferten nur eine Schätzung der Wärmeinselintensität. Das bisherige Verfahren ging von der Annahme aus, dass die Differenz der Temperaturminima an der Stadtclimastation und ihrer jeweiligen Referenzstation die größte Temperaturdifferenz ist. Dies ist in der Regel aber nicht der Fall, da diese Werte zum einen nicht zum gleichen Zeitpunkt eintreten, und zum anderen die größten Temperaturdifferenzen nicht notwendigerweise zum Zeitpunkt des Temperaturminimums bestehen müssen.</p> <p>Eine präzise Ermittlung des Wärmeinseleffekts muss demgegenüber Temperaturdaten zueinander in Bezug setzen, die gleichzeitig gemessen wurden. Bei einer testweisen Auswertung für verschiedene Städte hat der DWD die maximale Wärmeinselintensität anhand der Differenzen von 10-minütlich gemessenen Temperaturwerten ermittelt. Im Vergleich der beiden Verfahren zeigt sich eine Unterschätzung der Wärmeinselintensität durch das bisher angewendete Verfahren. Das Verfahren wurde daher in Abstimmung mit dem DWD an die für die Ermittlung der Wärmeinselintensität beim DWD im Jahr 2018 entwickelte Vorgehensweise angepasst.</p>
	02.08.2022	<p>Bosch &amp; Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werburg): In Rücksprache mit dem DWD, Abteilung Klimaüberwachung, Sachgebiet Klimaanalyse, wurde entschieden, den Zeitraum zur Darstellung von Wärmeinselsituationen auszudehnen und die Monate Mai und September aufzunehmen. Hintergrund ist, dass auch in diesen Monaten an der Messstation Berlin Alexanderplatz in relevantem Umfang Heiße Tage und mitunter auch Troppennächte auftreten können. Auch in diesen Monaten kann der Wärmeinseleffekt daher in relevantem Maß zur Wärmebelastung in der Stadt beitragen.</p> <p>Des Weiteren wurde entschieden, den Indikator weiterhin nur bezogen auf die Wärmeinselsituation in Berlin darzustellen und keine weiteren Stationen in die Darstellung des Indikators aufzunehmen. Wesentliche Gründe hierfür sind, dass bislang zum einen die Datenreihen nur bei wenigen Stationspaaren eine ausreichende lange Zeitreihe des Wärmeinseleffekts nach der ange-</p>

		<p>wandten Methode ermöglichen; zum anderen schränken Veränderungen der Messstandorte, beispielsweise der Station Frankfurt am Main Flughafen, beziehungsweise die geländeklimatischen Charakteristika von Stationen, beispielsweise für die Station München Flughafen, die Möglichkeiten ein, den Indikator auf andere Stationspaare auszuweiten.</p> <p>Des Weiteren wurde die Darstellung des Indikators an die Darstellungsweise in der DWD-Veröffentlichung „Monatlicher Klimastatus Deutschland“ (DWD 2022) angepasst. Das bedeutet, dass zur vollständigen Darstellung aller Tage des jeweiligen Zeitraums nun auch die Tage ohne relevanten Wärmeinseleffekt sowie die Tage, an denen Messwerte fehlen, dargestellt werden.</p> <p>Zudem wurden die angegebenen Links aktualisiert.</p>
	05.05.2023	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werburg): Einarbeitung von Hinweisen zur Weiterentwicklung der Fallstudie.
	07.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
<b>Nächste Fortschreibung:</b>	ab sofort	Die Fallstudie ist aktuell auf die Stadt Berlin bezogen. Für die Berechnung werden derzeit 10-minütliche Temperaturmessungen an den Stationen Berlin-Alexanderplatz und Berlin-Schönefeld verwendet. Bei einer zukünftigen Fortschreibung des Indikators ist zu prüfen, ob die auf Messdaten basierende exemplarische Darstellung durch eine Darstellung ersetzt werden kann, die auf mit einem bundesweiten Stadtklimamodell erzeugten Daten beruht. Das Ziel der Umstellung ist die Entwicklung eines flächenbezogenen Indikators, der die von Wärmeinseleffekten betroffene Fläche nach Intensität der Betroffenheit (Temperaturdifferenz zum Stadtumland) darstellen kann und dabei nicht auf einzelne Städte bezogen ist.

## I Beschreibung

<b>Interne Nr.</b> <b>BAU-I-2</b>	<b>Titel:</b> <b>Sommerlicher Wärmeinseleffekt</b>
	<b>Fallstudie für das Stationspaar Berlin-Alexanderplatz (Stadtklimastation) und Berlin-Brandenburg (Umlandstation)</b>
<b>Einheit:</b> <u>Teil A:</u> Anzahl <u>Teil B:</u> °C <u>Teil C:</u> °C	<p><b>Kurzbeschreibung des Indikators:</b></p> <p><u>Teil A:</u> Häufigkeit von Wärmeinselsituationen in Berlin während des Zeitraums Mai–September im Vergleich der Stadtklimastation Berlin Alexanderplatz (ID 399) und der DWD-Messstationen Berlin Schönefeld (ID 427), unterschieden nach den Kategorien keine relevante Wärmeinselintensität (&lt;1 Kelvin), geringe Wärmeinselintensität (1–3 Kelvin), mittlere Wärmeinselintensität (&gt;3–6 Kelvin) und hohe Wärmeinselintensität (&gt;6 Kelvin); zusätzlich werden Tage erfasst, an denen Messwerte fehlen.</p> <p><u>Teil B:</u> Maximale Wärmeinselintensität während des Zeitraums Mai–September</p> <p><u>Teil C:</u> Mittlere Wärmeinselintensität während des Zeitraums Mai–September</p> <p><b>Berechnungsvorschrift:</b></p> <p>Datengrundlage für die Teile A bis C ist die Ermittlung des Wärmeinseleffekts für die einzelnen Tage im Zeitraum Mai–September. Die tägliche maximale Wärmeinselintensität wird dabei anhand der Differenzen von 10-minütlich gemessenen Temperaturwerten an der Stadtklimastation Berlin-Alexanderplatz und der DWD-Messstation Berlin Schönefeld ermittelt.</p>

	<p>Wärmeinseleffekt <math>T_{\text{Tag}}</math> = Maximale Temperaturdifferenz <math>T_{\text{Innenstadt}} - T_{\text{Umland}}</math> auf Basis 10-minütlich gemessener Temperaturwerte</p> <p><u>Teil A:</u> Häufigkeit von Wärmeinselsituationen in ausgewählten Großstädten (geringe Wärmeinselintensität) = Anzahl der Tage innerhalb des meteorologischen Sommers mit Wärmeinseleffekt <math>T_{\text{Tag}} \geq 1</math> und Wärmeinseleffekt <math>T_{\text{Tag}} \leq 3</math> Analog für Wärmeinselsituationen mittlerer und hoher Wärmeinselintensität sowie für Tage ohne relevanten Wärmeinseleffekt; zusätzliche Zählung von Tage, an denen Messwerte fehlen.</p> <p><u>Teil B:</u> Maximaler Wärmeinseleffekt = Maximaler Wert für Wärmeinseleffekt <math>T_{\text{Tag}}</math> innerhalb des meteorologischen Sommers</p> <p><u>Teil C:</u> Mittlerer Wärmeinseleffekt = <math>\Sigma \text{Wärmeinseleffekt}_{\text{Tag}} / \text{Anzahl der Tage des meteorologischen Sommers}</math></p>
<b>Interpretation des Indikatorwerts:</b>	<p><u>Teil A:</u> Je größer der Indikatorwert, desto häufiger treten in den ausgewählten Großstädten Wärmeinselsituationen in der jeweiligen Intensität auf.</p> <p><u>Teil B:</u> Je größer der Indikatorwert, desto größer ist der maximale Temperaturunterschied bei Wärmeinselsituationen in den ausgewählten Großstädten.</p> <p><u>Teil C:</u> Je größer der Indikatorwert, desto höher liegt der durchschnittliche Temperaturunterschied bei Wärmeinselsituationen in den ausgewählten Großstädten.</p>

## II Einordnung

<b>Handlungsfeld:</b>	Bauwesen
<b>Themenfeld:</b>	Umweltqualität in Städten
<b>Thematischer Teilespekt:</b>	Veränderung des Stadtklimas
<b>DPSIR:</b>	Impact

## III Herleitung und Begründung

<b>Referenzen auf andere Indikatorensysteme:</b>	Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring NRW: 13.1 Wärmeinsel-Intensität Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-BA-5 Sommerlicher Wärmeinseleffekt
<b>Begründung:</b>	Als Auswirkungen des globalen Klimawandels werden für Mitteleuropa in Klimaszenarien unter anderem ein Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen und eine Änderung der Wettercharakteristik erwartet. Letztere wird sich unter anderem in einer Zunahme austauscharmer Wetterlagen, thermischer Extremwerte sowie der Häufigkeit, Dauer und Intensität städtischer Wärmeinselereignisse äußern. In den Sommermonaten kann dies aufgrund des allgemeinen Temperaturanstiegs und der verringerten nächtlichen Abkühlung in den Stadtlagen zu einer zunehmenden Belastung für die Stadtbewohner führen. Von einem relevanten Wärmeinseleffekt wird ab einer Temperaturdifferenz von 1 Kelvin zwischen Stadt und Umland gesprochen (Wienert mdl.). Häufigkeit und Intensität der Wärmeinselereignisse hängen dabei vor allem von der Größe der Stadt ab, daneben spielen aber auch die Wolkenbedeckung und die Windverhältnisse eine wichtige Rolle. Die größten Temperaturunterschiede zwischen Städten und ihrem Umland treten im Winter ebenso wie im Sommer in der Regel in Strahlungsnächten bei den täglichen Temperaturminima auf.

	<p>Hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels spielt vor allem eine Zuspiitung der thermischen Belastung eine Rolle. Eine Berücksichtigung von Monaten, in denen in der Regel keine bzw. keine größeren thermischen Belastungen auftreten, erscheint daher nicht notwendig.</p> <p>Bei der Erstentwicklung des Indikators wurden anhand eines Vergleichs der Stationen Berlin Alexanderplatz im Vergleich zu Berlin Schönefeld, für bei der Indikatorentwicklung u. a. Zeitreihen für die täglichen Temperaturminima zur Verfügung standen, verschiedene Möglichkeiten zur Festlegung eines Bezugszeitraums untersucht. Geprüft wurde ein Bezug zum klimatologischen Kenntag „Sommertag“. Dieser Ansatz wurde allerdings verworfen, da die Anzahl der Sommertage je Jahr sehr stark variiert und das Ergebnis dominiert. Aus dem gleichen Grund wurden auch andere Ansätze mit Bezug zu Temperaturschwellenwerten verworfen.</p> <p>Des Weiteren wurden unterschiedliche Zeiträume hinsichtlich ihrer mittleren Minima der Tagestemperatur untersucht. In diese Untersuchung wurden einbezogen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Meteorologische Sommermonate Juni bis einschließlich August</li><li>• Hydrologisches Sommerhalbjahr Mai bis einschließlich Oktober</li><li>• Sommerhalbjahr April bis einschließlich September des sog. Testreferenzjahrs; das Testreferenzjahr wird von Ingenieuren und Planern für Berechnungen im raumluftechnischen Bereich verwendet. Für die Prüfung extremer Belastungen werden für sehr warme Sommerhalbjahre (April bis September) Daten eines realen Jahreszeitraums verwendet.</li><li>• Gesamtjahr</li></ul> <p>Als Kriterien der Prüfung wurden das mittlere Tagesminimum der Temperatur sowie die Differenz zwischen den mittleren Tagesminima der Temperatur der beiden Stationen Berlin Alexanderplatz und Berlin Schönefeld herangezogen. Im Ergebnis zeigte sich für die meteorologischen Sommermonate die höchste Abweichung der mittleren Tagesminima der Temperatur. Vor allem liegt das mittlere Tagesminimum der Temperatur mit über 15°C um wenigstens 2,4°C höher als in den anderen geprüften Zeiträumen. Damit ist zu erwarten, dass dieser Zeitraum die relevanten thermischen Belastungssituationen besser abdeckt als andere Zeiträume, und dass Wärmeinselsituation bei geringen Temperaturen, die nicht im Zusammenhang mit Belastungssituationen stehen, weitgehend aus der Berechnung ausgeschlossen sind.</p> <p>Bei der Überprüfung des Indikators in Vorbereitung des DAS-Monitoringberichts 2023 wurde mit dem DWD, Abteilung Klimaüberwachung, Sachgebiet Klimaanalyse, vereinbart, den Zeitraum zur Darstellung von Wärmeinselsituationen auszudehnen und die Monate Mai und September zusätzlich zu berücksichtigen. Hintergrund ist, dass in diesen Monaten an der Messstation Berlin Alexanderplatz in relevantem Umfang Heiße Tage und mitunter auch Tropen nächte auftreten können. Auch in diesen Monaten kann der Wärmeinseleffekt daher in relevantem Maß zur Wärmebelastung in Städten beitragen.</p> <p>Für die Darstellung wird eine Einstufung in den drei Kategorien geringe Wärmeinsel-Intensität (1-3 Kelvin), mittlere Wärmeinsel-Intensität (&gt;3 bis 6 Kelvin) und hohe Wärmeinsel-Intensität (&gt;6 Kelvin) vorgenommen. Dabei wird berücksichtigt, dass die maximale festgestellte Wärmeinsel-Intensität, gemessen zwischen Berlin Alexanderplatz und Berlin Schönefeld, 8,8 K betrug. Zudem ist berücksichtigt, dass gemäß einer Auswertung einer großen Anzahl empirischer Studien für unterschiedliche Regionen der Erde eine Beziehung zwischen der maximalen Wärmeinselintensität und der Einwohnerzahl einer Stadt besteht. Danach stellt sich die maximale Wärmeinsel-Intensität in der Regel bei windschwachem, wolkenarmem Wetter ein und erreicht für Großstädte Werte zwischen 6 K (100.000 Einwohner) und 9 K (3 Millionen Einwohner) (Kuttler 1997, zit. nach. BBSR 2012). Untersuchungen für Deutschland weisen ebenfalls eine</p>
--	---

	<p>maximale Wärmeinselintensität von ca. 9 K aus und bestätigen damit die vorgeschlagene Einstufung (z. B. Kuttler W. 2011).</p> <p>Im Zuge der Vorbereitung des DAS-Monitoringberichts 2023 wurde mit dem DWD, Abteilung Klimaüberwachung, Sachgebiet Klimaanalyse, vereinbart, den Indikator an die Darstellungsweise in der DWD-Veröffentlichung „Monatlicher Klimastatus Deutschland“ (DWD 2022) anzupassen. Das bedeutet, dass zur vollständigen Darstellung aller Tage des jeweiligen Zeitraums nun auch die Tage ohne relevanten Wärmeinseleffekt sowie die Tage, an denen Messwerte fehlen, dargestellt werden.</p> <p>Der Indikator konzentriert sich in Rücksprache mit dem DWD für die Darstellung des Wärmeinseleffekts im Zeitraum Mai–September auf das Beispiel Berlin. Da die Wärmeinselintensität wesentlich von der Einwohnergröße abhängt (Kuttler 1997, zit. nach. BBSR 2012), bildet der Indikator durch den Fokus auf Berlin die Stadt mit der potenziellen intensivsten Wärmeinsel in Deutschland ab. Von einer zusätzlichen Einbeziehung von Stationspaaren in Frankfurt am Main und München, die grundsätzlich eine ausreichend lange Zeitreihe bieten könnten, wurde Abstand genommen. Für Frankfurt am Main ist eine entsprechende Analyse derzeit aufgrund der Verschiebung der DWD Messstation am Flughafen nicht sinnvoll. Für München ist die Darstellung nicht sinnvoll, da die Situation am Münchner Flughafen aufgrund des Kühlleffekts durch den feuchten Bodens im Freisinger/Erdinger Moos, unabhängig von der Entfernung zwischen Flughafen und Innenstadt, zu einer starken Überzeichnung der Wärmeinsel-Situation führt.</p> <p>In der ursprünglich entwickelten Fassung des Indikators wurde der Wärmeinseleffekt auf der Grundlage der Differenz der täglichen Minima der Lufttemperatur zwischen den Klimamessstationen Berlin Alexanderplatz (Innenstadt) und Berlin Schönefeld (Umland) dargestellt (vgl. auch Behrens &amp; Grätz 2009). Die Station Berlin Alexanderplatz entspricht in ihrer Charakteristik den Anforderungen zur Bestimmung des Wärmeinseleffekts am besten, ebenso ist die Station Berlin Schönefeld als Stadtumlandstation für die Darstellung geeignet. Aufgrund dieser Eigenschaften wurden auch die längeren Unterbrechungen in den 1990er-Jahren und im Jahr 2011 in Kauf genommen. Durch die Neueinrichtung der ehemaligen Klimamessstation als Stadtclimastation in unmittelbarer Nähe zum früheren Standort ist eine langfristige Verfügbarkeit vergleichbarer Daten gewährleistet.</p> <p>Das entwickelte Verfahren ging von der Annahme aus, dass die Differenz der Temperaturminima an der Stadtclimastation und ihrer jeweiligen Referenzstation die maximale tägliche Temperaturdifferenz ist. Dies ist in der Regel aber nicht der Fall, da diese Werte zum einen nicht zum gleichen Zeitpunkt eintreten, und zum anderen die maximalen Temperaturdifferenzen nicht notwendigerweise zum Zeitpunkt des Temperaturminimums bestehen müssen. Eine vergleichende Untersuchung des DWD hat gezeigt, dass die Verwendung der Tagesminimumtemperaturen als Berechnungsgrundlage im Vergleich zu einem Bezug auf gleichzeitig erhobene Temperaturdaten zu einer Unterschätzung des Wärmeinselintensität führt. Das bedeutet, die nach dem bisherigen Verfahren auf der Grundlage der Tagesminimumtemperaturen berechneten Werte liefern nur eine Schätzung der Wärmeinselintensität. Für eine präzise Ermittlung des Wärmeinseleffekts müssen vielmehr gleichzeitig gemessene, zeitlich möglichst hoch aufgelöste Temperaturdaten zueinander in Bezug gesetzt werden.</p> <p>Bei der Weiterentwicklung des Indikators wurde dieser Erfordernis Rechnung getragen und das Verfahren zur Bestimmung der Wärmeinselintensität in Abstimmung mit dem DWD an eine im Jahr 2018 beim DWD entwickelte Vorgehensweise für die Ermittlung der Wärmeinselintensität angepasst. Die tägliche maximale Wärmeinselintensität als Grundlage für den Indikator wird daher nun anhand der Differenzen von 10-minütlich gleichzeitig gemessenen Temperatur-</p>
--	---

	werten an der Stadtclimastation Berlin-Alexanderplatz und der DWD-Messstation Berlin Schönefeld ermittelt. Die maximale Wärmeinselintensität ist dabei die größte an einem Tag festgestellte Differenz.
<b>Einschränkungen:</b>	<p>Für die Ermittlung des Wärmeinseleffekts sind üblicherweise umfangreiche Messreihen notwendig. Für die Bestimmung der maximalen Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Umland werden dabei zunächst möglichst charakteristische Standorte im Stadtzentrum sowie im Stadtumland ermittelt, an denen möglichst zuverlässig und unter verschiedenen Witterungsbedingungen der Wärmeinseleffekt erfasst werden kann. Die Standortwahl für die Stadtclimastationen des DWD erfolgt nur teilweise mit dem Ziel einer Bestimmung des Wärmeinseleffekts. Mitunter sind auch andere Kriterien für die Standortwahl maßgeblich, z. B. die klimatische Charakterisierung eines bestimmten Standortes. Im Vergleich zur üblichen Vorgehensweise zur Bestimmung von Wärmeinseln kann die Verwendung von Daten von Stadtclima- und Klimamessstationen nur eine Annäherung bedeuten, da keine aufwändigen Untersuchungen zur Bestimmung der hierfür optimalen Standorte durchgeführt werden.</p> <p>In der Vergangenheit ist es immer wieder zu Verlegungen der Messstationen gekommen, die die Temperaturdifferenz zwischen Stadtclimastation und Umlandstation deutlich beeinflussen. Beispielsweise wurde die Station München Flughafen im Jahre 2011 an einen anderen, besser durchlüfteten Standort im Bereich der Start- und Landebahn Süd des Flughafens verlegt. Die stärkere Abkühlung an diesem Standort führt dazu, dass die Temperaturwerte stärker differieren und die Wärmeinselsituation stärker ausgeprägt ist. Die Interpretation der Zeitreihe wird dadurch erschwert bzw. sind die Werte über die Zeitreihe nicht vergleichbar.</p> <p>Grundsätzlich kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass die Daten der Klimamessstationen im Umland der jeweiligen Städte einer Beeinflussung durch städtische Faktoren unterliegen. Z. B. steht für die Station Berlin Schönefeld zu vermuten, dass sie durch Wärmefahne der Stadt Berlin beeinflusst ist.</p> <p>Für den Indikator ist ein erhöhter Berechnungsaufwand erforderlich, da aus den zugrundeliegenden Klimadaten der auszuwertenden Stationen umfangreichere Ableitungen notwendig sind, bis der Indikator erzeugt werden kann.</p> <p>An der Station Alexanderplatz kam es zu Unterbrechungen in der Datenreihe, sodass die Jahre 2011 und 2015 in der Darstellung fehlen. Die Daten für das Stationspaar liegen derzeit nur seit dem Jahr 2008 vor. Erst ab 2008 wurden die Daten einer zumindest formalen Basisprüfung unterzogen. Für die Jahre vor 2008 enthalten die Daten im aktuellen Stand noch zu viele Fehler für eine Darstellung. Die Prüfung der 10-Minutendaten Daten für den Zeitraum 1992-2007 wird durch die zuständigen Stellen des DWD in die Wege geleitet, sodass zukünftig die Datenreihe für den Indikator vervollständigt werden kann.</p>
<b>Erläuterungen zur Fallstudie:</b>	<p>Grundlage für die Fallstudie sind zehnminütliche Messungen für das Stationspaar Berlin-Alexanderplatz (Stadtclimastation) und Berlin-Brandenburg (Umlandstation). Ähnliche Messungen werden auch an anderen Stadtclimastationen durchgeführt. Aufgrund der Darstellungsart ist aber keine Integration weiterer Stationspaare in den Indikator sinnvoll.</p> <p><u>Perspektiven für eine bundesweite Darstellung des Indikators:</u></p> <p>Um zukünftig auch weitere Städte in dem Indikator berücksichtigen oder einen für die urbanen Räume Deutschlands repräsentativen Indikator zu erzeugen, ist die Entwicklung eines anderen Ermittlungsansatzes für den Indikator erforderlich. Ziel der Umstellung kann die Entwicklung eines flächenbezogenen Indikators sein, der die von Wärmeinseleffekten betroffene Fläche oder gegebenenfalls auch Einwohnerzahl nach Intensität der Betroffenheit (Temperaturdifferenz zum Stadtumland) darstellen kann und dabei nicht auf einzelne Städte bezogen ist. Grundlage hierfür kann die derzeit im Rahmen des BMBF-Projekts „Stadtclima im Wandel“ betriebene Weiterentwicklung des hochauflösenden</p>

	Stadtklimamodells PALM4U sein, das perspektivisch fachübergreifende Analysen zur Bewertung des Stadtklimas erlauben soll.
<b>Rechtsgrundlagen, Strategien:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS)</li> <li>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</li> </ul>
<b>In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:</b>	<p>DAS:</p> <p>Kap. 3.2.2: Die Stadtklimaeffekte mit Auswirkungen auf die Gesundheit könnten durch den Klimawandel zusätzlich verstärkt werden.</p> <p>Kap. 3.2.14: Durch das voraussichtlich häufigere Auftreten von Wärmeperioden und Hitzewellen im Sommer werden insbesondere in verdichteten Räumen „Wärmeinseln“ entstehen.</p>
<b>Ziele:</b>	<p>DAS:</p> <p>Kap. 3.2.2 und 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 entgegenwirken.</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 Hitzeffolgen müssen Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete sowie -abflussbahnen im Rahmen der Siedlungsentwicklung freigehalten werden.</p> <p>MKRO 2013, Kap. 3.4: Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld „Schutz vor Hitzeffolgen (bioklimatische Belastungsgebiete)“:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>Räumliche Steuerung der Siedlungsflächen-/Infrastrukturentwicklung: Festlegung von Siedlungszuwachsflächen 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</li> </ul>
<b>Berichtspflichten:</b>	keine

#### IV Technische Informationen

<b>Datenquelle:</b>	Deutscher Wetterdienst (DWD): Klimadaten der Stadtklimastation Berlin Alexanderplatz und der Klimamessstation Berlin Schönefeld.	
<b>Räumliche Auflösung:</b>	Punktdaten	Stationspaare: Berlin: Alexanderplatz (ID 339) und Schönefeld (ID 427)
<b>Geographische Abdeckung:</b>	Berlin	
<b>Zeitliche Auflösung:</b>	jährlich, seit 2008	

<b>Beschränkungen:</b>	keine
<b>Verweis auf Daten-Factsheet:</b>	BAU-I-2_Daten_Waermeinsel.xlsx

## V Zusatz-Informationen

<b>Glossar:</b>	<p><b>Wärmeinseleffekt:</b> Der Wärmeinseleffekt beschreibt die positive horizontale Temperaturdifferenz (<math>\Delta TS-U &gt; 0</math> K) zwischen Stadt und Umland gemessen in 2 Meter Höhe. Städte sind im Jahresmittel u. a. aufgrund der stärkeren Aufwärmung am Tage und der eingeschränkten Abkühlung in der Nacht um etwa 1 bis 2 Grad wärmer als die sie umgebende Landschaft. Besonders große Temperaturunterschiede treten in Strahlungsnächten bei den täglichen Temperaturminima auf. In mitteleuropäischen Großstädten können durchaus maximale Wärmeinselintensitäten von bis zu 10 K beobachtet werden.</p> <p><b>Wärmeinselintensität:</b> Die Wärmeinselintensität beschreibt das Ausmaß der Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Umland.</p> <p><b>Strahlungsnacht:</b> Nacht, in der es aufgrund fehlender oder geringer Bewölkung zu einer ungehinderten terrestrischen Wärmeabstrahlung und somit zu einer starken Abkühlung kommt.</p>
<b>Weiterführende Informationen:</b>	<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. In: UVP-Gesellschaft (Hg.): UVP-Report. Ausgabe 22, 5/2008, Hamm: 205-214.</p> <p>BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung 2012: Handbuch zu den neuen Testreferenzjahren 2011 (TRY). (aktualisiert im Jahr 2017)</p> <p>BBSR 2017: Aktualisierte und erweiterte Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse. <a href="http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2013/testreferenzjahre/try-handbuch.pdf">www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2013/testreferenzjahre/try-handbuch.pdf</a></p> <p>Behrens U. &amp; Grätz A. 2009: Stadtplanung und Klimawandel - Eine Kooperation mit der Stadtentwicklungsverwaltung von Berlin. In: Klimastatusbericht 2008. Deutscher Wetterdienst (Hg.), Offenbach: 24-32.</p> <p>DWD – Deutscher Wetterdienst (Hg.) 2018: Stadtklimamessungen – die städtische Wärmeinsel. Online-Informationen zum gleichnamigen Thema. <a href="http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html">www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html</a></p> <p>DWD 2022: Monatlicher Klimastatus Deutschland. <a href="http://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.html">www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.html</a></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: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 70 (2010), Nr. 7/8.</p> <p>Kuttler W. 2010: Urbanes Klima – Teil 2. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 70 (2010), Nr. 9.</p> <p>Kuttler W. 2009: Zum Klima im urbanen Raum. In Deutscher Wetterdienst (Hg.): Klimastatusbericht 2008. Offenbach: 6-12.</p>

	Kuttler W. 1997: Städtische Klimamodifikation. VDI-Berichte Nr. 1330: 87-108. 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

<b>Aufwands-schätzung:</b>	Daten-beschaffung:	<b>1</b>	nur eine datenhaltende Institution		
	Daten-verarbeitung:	<b>3</b>	Vor der Zusammenführung der Daten zur Darstellung des Indikators ist eine komplexere Datenaufbereitung notwendig.		
	<u>Erläuterung:</u>	Die Fortschreibung des Indikators nimmt etwa 4 Stunden in Anspruch. Die Daten werden vom DWD in ausgewerteter Form, das heißt als Zeitreihe der täglichen maximalen Wärmeinselintensität bereitgestellt. Da die zugelieferten Daten allerdings diejenigen Tage nicht umfassen, an denen z. B. wegen Problemen mit den Messinstrumenten keine Messungen stattfanden, muss die Zeitreihe zumindest bislang dahingehend bearbeitet werden, dass fehlende Kalender-tage vor der Ermittlung des Indikators in den Datensatz imputiert werden.			
<b>Datenkosten:</b>	keine				
<b>Zuständigkeit:</b>	Deutscher Wetterdienst (DWD), Abteilung Klimaüberwachung, Sachgebiet Klimaanalyse				
	<u>Erläuterung:</u>	keine			

## VII Darstellungsvorschlag

