

Indikator-Factsheet: Kühlgradtage

Verfasser:	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werburg) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3716 48 104 0	
Mitwirkung:	Deutscher Wetterdienst (DWD), Regionales Klimabüro Essen, Klima- und Politikberatung – Know-How-Center für technische Klimatologie (Heiz- und Klimatechnik) (Guido Halbig)	
Letzte Aktualisierung:	30.07.2019	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werburg)
Nächste Fortschreibung:	ab sofort für 2023	Für den Monitoringbericht 2023 ist zu prüfen, ob der Indikator anstelle des Bezugs auf konkrete Messstationen nicht unter Bezugnahme auf den Basisdatensatz der Testreferenzjahre (TRY) flächendeckend für die Sommerklimaregionen nach DIN 4108-2:2013-2 berechnet werden können. Ggf. kann auch geprüft werden, ob auf der Grundlage des Basisdatensatzes Simulationsrechnungen für einen definierten Gebäudetyp möglich sind, mit denen sich die Wärmebelastung im Innenraum als jährliche Über-temperaturgradstunden (Summe des Produkts aus der Anzahl der Stunden, an den innerhalb des simulierten Gebäudes eine Raumtemperatur von 26 °C überschritten wird, multipliziert mit der Höhe der jeweiligen Überschreitung) ermittelt wird (vgl. Schlitzberger 2014).

I Beschreibung

Interne Nr. BAU-I-3	Titel: Kühlgradtage
Einheit: <u>Teile A, B, C:</u> Kelvin*Tag	Kurzbeschreibung des Indikators: <u>Teil A:</u> Kühlgradtage in der Sommerklimaregion A, gerechnet als arithmetisches Mittel der zwei ausgewählten Klimamessstationen <u>Teil B:</u> Kühlgradtage in der Sommerklimaregion B, gerechnet als arithmetisches Mittel der drei ausgewählten Klimamessstationen <u>Teil C:</u> Kühlgradtage in der Sommerklimaregion C, hier repräsentiert durch die Station Mannheim
<u>Zusätze:</u> %	<u>Zusatz Teil A:</u> Prozentuale Abweichung der Kühlgradtage in der Sommerklimaregion A vom arithmetischen Mittel der Klimanormalperiode 1961-1990 <u>Zusatz Teil B:</u> Prozentuale Abweichung der Kühlgradtage in der Sommerklimaregion B vom arithmetischen Mittel der Klimanormalperiode 1961-1990 <u>Zusatz Teil C:</u> Prozentuale Abweichung der Kühlgradtage in der Sommerklimaregion C vom arithmetischen Mittel der Klimanormalperiode 1961-1990
	Berechnungsvorschrift: <u>Teil A:</u> Kühlgradtage in der Sommerklimaregion A = Summe der Kühlgradtage an den DWD-Messstationen Bremerhaven und Stötten im jeweiligen Jahr / Anzahl der ausgewählten DWD-Messstationen

	<p><u>Teil B:</u> Kühlgradtage in der Sommerklimaregion B = Summe der Kühlgradtage an den DWD-Messstationen Potsdam, Essen und Hamburg-Fuhlsbüttel im jeweiligen Jahr / Anzahl der ausgewählten DWD-Messstationen</p> <p><u>Teil C:</u> Kühlgradtage in der Sommerklimaregion C = Summe der Kühlgradtage an der DWD-Messstationen Mannheim</p> <p><u>Zusatz Teil A:</u> Prozentuale Abweichung der Kühlgradtage in der Sommerklimaregion A = (Teil A – Summe der Kühlgradtage an den DWD-Messstationen Bremerhaven und Stötten in den Jahren 1961-1990 / Anzahl der ausgewählten DWD-Messstationen) / Summe der Kühlgradtage an den DWD-Messstationen Bremerhaven und Stötten in den Jahren 1961-1990 *100</p> <p><u>Zusatz Teil B:</u> Prozentuale Abweichung der Kühlgradtage in der Sommerklimaregion B = (Teil B – Summe der Kühlgradtage an den DWD-Messstationen Potsdam, Essen und Hamburg-Fuhlsbüttel in den Jahren 1961-1990 / Anzahl der ausgewählten DWD-Messstationen) / Summe der Kühlgradtage an den DWD-Messstationen Potsdam, Essen und Hamburg-Fuhlsbüttel in den Jahren 1961-1990 *100</p> <p><u>Zusatz Teil C:</u> Prozentuale Abweichung der Kühlgradtage in der Sommerklimaregion C = (Teil C – Summe der Kühlgradtage an der DWD-Messstation Mannheim in den Jahren 1961-1990) / Summe der Kühlgradtage an der DWD-Messstation Mannheim in den Jahren 1961-1990 *100</p> <p><u>Dabei gilt:</u> Die Kühlgradtage (Cooling Degree Days, <i>CDD</i>) werden als Jahressumme der täglichen Kühlgrade (<i>CDD</i>) nach der von Spinoni et al. (2015) entwickelten Methode errechnet.</p> $CDD = \sum_{i=1}^{365^*} CDD_i$ <p>* Für Schaltjahre werden 366 Tage berücksichtigt. Die Kühlgrade werden dabei je Tag nach der folgenden Vorschrift ermittelt.</p> $CDD_i = \begin{cases} 0 & T_b \geq T_X \\ \frac{T_X - T_b}{4} & T_M \leq T_b < T_X \\ \frac{T_X - T_b}{2} - \frac{T_b - T_N}{4} & T_N \leq T_b < T_M \\ T_M - T_b & T_b \leq T_N \end{cases} \text{ wenn}$ <p>Dabei bedeuten: T_b: Schwellenwert der Temperatur (Baseline-Temperatur) = 22°C T_X: Tagesmaximum der Temperatur T_M: Tagesmittelwert der Temperatur T_N: Tagesminimum der Temperatur</p>
--	---

Interpretation des Indikatorwerts:	<p><u>Teil A:</u> Je höher der Indikatorwert, desto mehr Kühlgradtage treten im Mittel in Sommerklimaregion A auf.</p> <p><u>Teil B:</u> Je höher der Indikatorwert, desto mehr Kühlgradtage treten im Mittel in Sommerklimaregion B auf.</p> <p><u>Teil C:</u> Je höher der Indikatorwert, desto mehr Kühlgradtage treten im Mittel in Sommerklimaregion C auf.</p> <p><u>Zusatz Teil A:</u> Je höher der Indikatorwert, desto stärker weicht die Anzahl der Kühlgradtage in Sommerklimaregion A im jeweiligen Jahr vom arithmetischen Mittel der Klimanormalperiode 1961-1990 ab.</p> <p><u>Zusatz Teil B:</u> Je höher der Indikatorwert, desto stärker weicht die Anzahl der Kühlgradtage in Sommerklimaregion B im jeweiligen Jahr vom arithmetischen Mittel der Klimanormalperiode 1961-1990 ab.</p> <p><u>Zusatz Teil C:</u> Je höher der Indikatorwert, desto stärker weicht die Anzahl der Kühlgradtage in Sommerklimaregion C im jeweiligen Jahr vom arithmetischen Mittel der Klimanormalperiode 1961-1990 ab.</p>
---	---

II Einordnung

Handlungsfeld:	Bauwesen
Themenfeld:	Gebäudefunktionalität
Thematischer Teilaspekt:	Veränderung der Aufenthaltsqualität in Gebäuden
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Indikatoren zu Klimawandelanpassung der Europäischen Umweltagentur: Heating and cooling degree days
Begründung:	<p>Die Aufenthaltsqualität in Gebäuden und letztlich auch deren Funktionalität hängt eng mit dem Innenraumklima zusammen. Zunehmende Temperaturen in den Sommermonaten können dabei zu Wärmebelastungen in Gebäuden führen bzw. bedingen einen höheren Kühlbedarf, um solche Belastungen zu vermeiden. Im Winter erfolgt eine gegenläufige Entwicklung. Aus Anpassungssicht kommt der Entwicklung des Kühlenergiebedarfs dabei eine höhere Relevanz zu.</p> <p>Für die Beurteilung des Kühlenergiebedarfs während der Sommermonate kann man sogenannte Kühlgradtage verwenden. Die Kühlgradtage sind dabei eine (fiktive) Größe, die ausgehend von der Überschreitung eines Temperaturschwellenwerts berechnet wird. Mit der erwarteten Klimaerwärmung wird eine Zunahme an Kühltagen und Kühlgradtagen erwartet. Zunehmende Kühlgradtage weisen vordergründig auf einen zunehmenden Klimatisierungs- bzw. Kühlenergiebedarf von Gebäuden hin. Um allerdings Klima- und Umweltschutzziele nicht zu konterkarieren, z. B. durch einen erhöhten Energiebedarf für den Einsatz von Klimaanlageanlagen und die damit verbundenen Emissionen, ist darauf hinzuwirken, dass vorwiegend passive und energieneutrale Maßnahmen ergriffen und eine vorausschauende, präventive Stadt- und Quartiersplanung betrieben werden, um ein Aufheizen von Gebäuden soweit als möglich zu vermeiden. Vor diesem Hintergrund kann dem Parameter der Kühlgradtage künftig auch im stadtplanerischen Abwägungsprozess eine steigende Bedeutung zukommen. (Matzarakis et al. 2009: 323)</p>

	<p>Die Berechnung des Kühltage bzw. Kühlgradtage folgt dem Prinzip der Berechnung der sogenannten Heiztage bzw. Heizgradtage, die zur Abschätzung des Heizenergiebedarfs für die Wintermonate ermittelt werden. Dazu wird für jeden Tage der Heizperiode bei Unterschreitung eines festgelegten Schwellenwerts die Differenz zwischen Schwellenwert und Tagesmitteltemperatur ermittelt und anschließend die Summe der errechneten Differenzen gebildet. Während es in Deutschland für die Ermittlung von Heiztagen bzw. Heizgradtagen (VDI 3807) bzw. Gradtagszahlen (nach VDI 2067) eingeführte Verfahren gibt, ist dies für die Kühlgradtage nicht der Fall. Nach Prüfung unterschiedlicher Ansätze (z. B. Matzarakis et al. 2009, Eurostat 2018) wurde für die Berechnung des Indikators entschieden, ein von Spinoni et al. (2015) ausgehend von einem Ansatz des britischen Wetterdienstes entwickeltes Verfahren zu wählen. Bei der Auswahl war zu berücksichtigen, dass es keinen allgemein gültigen Temperaturschwellenwert für Kühlgradtage gibt, sondern dieser u. a. in Abhängigkeit von der zu bearbeitenden Region gewählt werden muss. Das gewählte Verfahren und der darin verwendete Schwellenwert von 22°C wurden für mittlere europäische Breiten entwickelt und können damit auch für Deutschland angewendet werden. (In den beiden anderen Verfahren werden Schwellenwerte von 18,3°C bzw. 24°C bezogen auf die Tagesmitteltemperatur verwendet.) Hinzu kommt, dass das Verfahren auch als Grundlage für einen von der Europäischen Umweltagentur (EUA) publizierten Indikator dient und somit grundsätzlich ein europäischer Referenzrahmen für die Einordnung der ermittelten Indikatorwerte besteht. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, dass die Überschreitungen des Schwellenwertes in gewichteter Form in die Bewertung eingehen. Im Unterschied zu den anderen Ansätzen, die jede Überschreitung gleich werten, wird damit zwischen geringen und höheren Überschreitungen differenziert. Auch die Ausprägung der Minimaltemperatur als Maß für die nächtliche Abkühlung wird bei der Bewertung berücksichtigt.</p> <p>Im Unterschied zum Verfahren von Spinoni et al. (2015) werden hier die Kühlgradtage für alle Tage eines Kalenderjahres ermittelt. Räumlich wird der Indikator differenziert für die drei Sommerklimaregionen nach DIN 4108-2:2013-2 berechnet. Für die Sommerklimaregionen wird die mittlere Anzahl von Kühlgradtagen anhand der im Folgenden genannten Stationen des Deutschen Wetterdienstes ermittelt, die jeweils Repräsentanzstationen für die sogenannten Testreferenzjahre (TRY) des TRY-Datensatzes 2011 (BBSR 2014) sind:</p> <p>Sommerklimaregion A: Bremerhaven, Stötten Sommerklimaregion B: Potsdam, Essen, Hamburg-Fuhlsbüttel Sommerklimaregion C: Mannheim</p> <p>DIN 4108-2:2013-2 beschreibt die Anforderungen an den sommerlichen Mindestwärmeschutz und legt Verfahren für deren Beurteilung fest. Das Standardverfahren für den Nachweis, dass die Mindestanforderungen eingehalten werden, ist das sogenannte Sonneneintragskennwert-Verfahren, als weiteres Verfahren können Simulationsrechnungen zur Anwendung kommen (vgl. Schlitzberger 2014). Die einzuhaltenden Anforderungen richten sich unter anderem nach der räumlichen Lage eines Vorhabens in einer der drei Sommerklimaregionen. Bei beiden Verfahren werden die individuellen Vorhaben einer der drei Sommerklimaregionen zugeordnet und dadurch unterschiedliche Anforderungen zugrunde gelegt. Die Sommerklimaregionen können daher auch für die räumlich Differenzierung des Indikators verwendet werden.</p> <p>Der Indikator ermöglicht die Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Kühlgrade für die drei Sommerklimaregionen der DIN 4108-2:2013-2. Die Darstellung der Kühlgradtage weist aufgrund der Konstruktion der Berechnung den Vorteil auf, dass nicht nur die Häufigkeit der Überschreitungen des Schwellenwerts ermittelt werden, sondern auch die Intensität der Überschreitung erfasst wird. Als Zusatz-Indikator wird die Abweichung der Kühlgradtage vom Mittel der Klimanormalperiode 1961-1990 berechnet.</p>
--	--

Schwächen:	<p>Der Indikator kann nur einen groben Hinweis auf die tatsächliche Wärmebelastung in den Innenräumen von Gebäuden geben. Diese wird durch eine Reihe weiterer Faktoren beeinflusst. DIN 4108-2:2013-2, in der die Anforderungen an den sommerlichen Mindestwärmeschutz für Neubauten und Erweiterungen formuliert sind, zeigt, welche Faktoren ggf. zu berücksichtigen sind. Für das Standardverfahren, das sogenannte Sonneneintragskennwertverfahren, sind neben der Sommerklimaregion die Bauart des Gebäudes, der grundflächenbezogenen Fensterflächenanteil, die Art der Nachtlüftung, das Vorhandensein einer Sonnenschutzverglasung, die Fensterneigung und -orientierung und der dem Einsatz passiver Kühlungssysteme zu berücksichtigen. Alternativ können Simulationsrechnungen erforderlich sein, in denen weitere Parameter wie die Bedienbarkeit von Sonnenschutzeinrichtungen, die Verschattung durch eine Nachbarbebauung, Bodenreflexionen, Raumbeziehungen innerhalb des Gebäudes und Ähnliches Berücksichtigung finden. Unabhängig von Gebäudeparametern spielt für die Wärmebelastung die diffuse solare Strahlung eine wichtige Rolle. Bei einer Weiterentwicklung sollte dieser zusätzliche Klimaparameter berücksichtigt werden.</p> <p>Die Auswahl der Messstationen beruht auf langjährigen Erfahrungswerten der Mitarbeitenden des DWD. Die Stationen wurden bereits als repräsentative Messstationen für die für frühere Fassungen der Testreferenzjahre abgegrenzten 15 TRY-Regionen verwendet; sie können die klimatische Entwicklung dieser Regionen grundsätzlich gut abbilden. Die 3 Sommerklimaregionen beziehen sich allerdings nur z. T. auf diese TRY-Regionen und fassen deutlich unterschiedlichere Räume zusammen. Die Stationsauswahl wurde nicht darauf geprüft, ob die für den Indikator berücksichtigten DWD-Messstationen repräsentativ für die jeweilige Sommerklimaregion sind. Innerhalb der Sommerklimaregionen können die tatsächlichen Belastungen daher deutlich von den errechneten Mittelwerten abweichen.</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 (nach Jendritzky 1990). Berücksichtigt werden zur Berechnung die Lufttemperatur, die lang- und kurzweiligen Strahlungsflüsse, die Luftfeuchte und die Windgeschwindigkeit. In welchem Umfang für die Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden tatsächliche Belastungen entstehen, kann durch den Indikator nicht abgebildet werden.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS)
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:	<p>DAS, Kap. 3.2.2: Klimafolgenforscher erwarten, dass sich der Klimawandel zunehmend auch auf das Bauwesen auswirken könnte. Denn lang anhaltende Hitzewellen im Sommer [...] könnten eine Gefahr für Gebäude, Bauwerke und die zugehörigen Infrastrukturen (wie die Kanalisation) darstellen. [...] Grundsätzlich könnten sich hieraus aber Anforderungen an das Bauwesen zur Vorsorge und zum Schutz von Menschen und Sachgütern vor Auswirkungen des Klimawandels ergeben.</p>
Ziele:	<p>DAS, Kap. 3.2.1: Auch bei der Gebäudeplanung und der technischen Ausstattung sollten Anpassungen an klimatisch bedingte Veränderungen berücksichtigt werden. [...] Dagegen wird in der Gebäudeplanung und Gebäudetechnik eine stärkere Anpassung an höhere durchschnittliche Sommertemperaturen und zwischenzeitlich längere Hitzeperioden notwendig sein, insbesondere für Dachgeschosswohnungen.</p>
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Teile A, B, C und Zusätze: Deutscher Wetterdienst (DWD): ausgewertete Klimadaten von ausgewählten DWD-Messstationen	
Räumliche Auflösung:	Teile A, B, C und Zusätze: flächenhaft	Teile A, B, C und Zusätze: Mittelwertbildung für nicht repräsentativ ausgewählte DWD-Messstationen in den Sommerklimaregionen A und B sowie Verwendung einer Station für die Region C
Geographische Abdeckung:	Teil A, Zusatz Teil A: Sommerklimaregion A Teil B, Zusatz Teil B: Sommerklimaregion B Teil C, Zusatz Teil C: Sommerklimaregion C	
Zeitliche Auflösung:	Teil A, B, C und Zusätze: 1951-2017	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BAU-I-3_Daten_Kuehlgrade.xlsx	

V Zusatz-Informationen

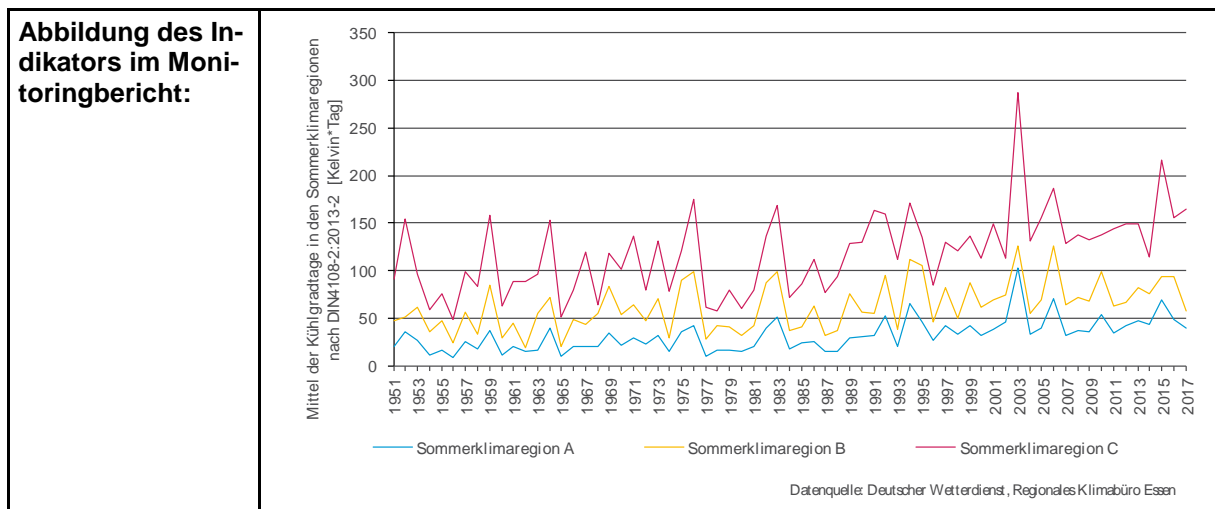
Glossar:	<p>Kühltag: Tag, an dem Tagesminimum, Tagesmittelwert oder Tagesmaximum die Außenlufttemperatur den Schwellenwert von 22 °C überschreiten.</p> <p>Kühlgradtage: Jahressumme der gewichteten Temperaturdifferenzen zwischen dem Tagesmaximum bzw. dem Tagesmittelwert bzw. dem Tagesminimum der Außenlufttemperatur und dem Basiswert der Außenlufttemperatur für Kühltag (22 °C), gerechnet über alle Kühltag eines Kalenderjahres. (s. Berechnungsvorschrift)</p> <p>Gradtagszahl: Summe aus den Differenzen einer angenommenen Rauminnentemperatur und dem jeweiligen Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur über alle Tage eines Zeitraums, an denen dieser unter der Heizgrenztemperatur des Gebäudes liegt.</p>
Weiterführende Informationen:	<p>BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung am Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) 2014: Handbuch - Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse. Ergebnis eines gemeinsamen Projekts der Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH und des Deutschen Wetterdienst (DWD) im Auftrag des BBR. Online unter: https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Regelungen/Testreferenzjahre/Testreferenzjahre/TRY_Handbuch.pdf</p> <p>EUA – Europäische Umweltagentur (Hrsg.) 2016: Heating and cooling degree days. In: Data and Maps – Indicators – Climate Change Adaptation. Online unter: www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/heating-degree-days/assessment (Abruf am 23.11.2018)</p> <p>Eurostat 2018: Energy statistics – cooling and heating degree days. Online unter: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_chdd_esms.htm (Abruf am 08.01.2019)</p> <p>Matzarakis A., Thomsen F., Mayer H. 2009: Klimawandel und Heizgradtage in Freiburg im Breisgau, Südwestdeutschland. In: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 69 (2009) Nr. 7/8, 319-324.</p> <p>Schlitzberger S. 2014: Anpassung und Entwicklung von Planungswerkzeugen für den sommerlichen Mindestwärmeschutz und zur Komfortbewertung des Sommerfalls. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr. Ing. an der Universität Kassel, angenommen im Jahr 2014.</p>

	Spinoni J., Vogt J., Barbosa P. 2015: European degree-day climatologies and trends for the period 1951–2011. In: International Journal of Climatology 35 (1), S. 25–36. DOI: 10.1002/joc.3959.
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbe-schaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Datenver-arbeitung:	1	Zusammenführung der Daten zur Darstellung des Indikators ohne vorhergehende Datenaufbereitung möglich
	<u>Erläuterung:</u> Die Fortschreibung des Indikators nimmt etwa 2 Stunden in Anspruch. Die Da-ten werden vom DWD in direkt verwendbarer Form zur Verfügung gestellt.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Deutscher Wetterdienst (DWD), Regionales Klimabüro Essen		
	<u>Erläuterung:</u> Der DWD, Regionales Klimabüro Essen, berechnet die Kühlgradtage mit einer Softwareroutine inkl. Qualitätsprüfung eigens für die Zwecke des Monitoringbe-richts.		

VII Darstellungsvorschlag



Zusatz:

