

I. Basisinformation	
Kontakt	LfULG, Referat 55 Fachzentrum Klima FachzentrumKlima.lfulg@smekul.sachsen.de
Letzte Aktualisierung:	11/2023
Fortschreibungsturnus:	voraussichtlich alle 5 Jahre
Interne Nummer: S-1	Entwicklung der Lufttemperatur in Sachsen
Kurzbeschreibung und Einheit:	<p>A) Zeitliche Entwicklung des Jahresmittels der Lufttemperatur (°C) in Sachsen mit Bruchpunktanalyse.</p> <p>Zeitliche Entwicklung der Anzahl von Sommer- und Frosttagen (-) in Sachsen.</p> <p>B) Entwicklungskorridor der absoluten Abweichung (K) des Jahresmittels der Lufttemperatur für Sachsen auf Basis von Klimaprojektionen für die Zeiträume nahe Zukunft (2021–2050) und ferne Zukunft (2071–2100).</p>
Berechnungsvorschrift:	<p>A) Bruchpunktanalyse der mittleren Jahrestemperatur: Zur Anwendung kommen zwei absolute Homogenitätstests. Zum einen der Pettitt-Test², welcher sehr robust Bruchpunkte in Zeitreihen feststellt. Zum anderen wird der Standard Normal Homogeneity Test³ verwendet. Dieser ist weniger robust, dient jedoch der Bestätigung der Aussagen des Pettitt-Tests.</p> <p>Ermittlung der Sommertage: Bestimmung der Häufigkeit von Tagen mit einem Tagesmaximum der Lufttemperatur (in 2 m Höhe über dem Grund) von größer oder gleich 25 °C.</p> <p>Ermittlung der Frosttage: Bestimmung der Häufigkeit von Tagen mit einem Tagesminimum der Lufttemperatur (in 2 m Höhe über dem Grund) von kleiner 0 °C.</p> <p>B) Berechnung der mittleren absoluten Abweichung des Jahresmittels der Lufttemperatur in Kelvin für alle Realisierungen des Mitteldeutschen Kernensembles⁶ in den Zeiträumen nahe Zukunft (2021 – 2050) und ferne Zukunft (2071 – 2100) im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1961 – 1990 und Ableitung des empirischen 10%- sowie 90 %-Perzentils zur Darstellung des Entwicklungskorridors.</p>
Interpretation des Indikatorwertes:	<p>Die Auswertung der mittleren Jahrestemperatur, Anzahl Frost- und Sommertage stellen verschiedene Aspekte der Temperaturentwicklung in Sachsen dar. Ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur, sowie die Zunahme von Sommertagen und Abnahme von Frosttagen zeigen den Grad der Erwärmung in Sachsen.</p> <p>Die Ermittlung eines Bruchpunktes in der Zeitreihe der Jahresmitteltemperaturen weist ein geändertes Temperaturregime nach.</p>
II. Einordnung	
DPSIR	State
Handlungsfeld:	Atmosphäre
Themenfeld:	Atmosphärische Gegebenheiten/Temperatur
Klimawirkung:	Änderungen im Temperaturregime beeinflussen alle Prozesse unseres Planeten direkt und indirekt. Besonders zu beachten ist der Einfluss der Temperatur auf den Wasserkreislauf, unter anderem auf die Niederschlagsart.

Schwächen:	<p>A) Mit der verwendeten Datengrundlage können mikroklimatische Besonderheiten, nicht bzw. nur teilweise abgebildet werden. Dies gilt beispielsweise für den Stadteffekt oder stark gegliederte Räume wie Mittelgebirge.</p> <p>B) Projektionen weisen immer Unsicherheiten als Folge der Unvorhersehbarkeit einer künftigen sozioökonomischen Entwicklung und deren Wirkung auf die Abbildung klimarelevanter Prozesse in Modellen auf.</p>
III. Bezüge	
Referenz auf andere Indikatorensysteme (z.B. DAS, LIKI):	<p>„Lufttemperatur“ (LANUV NRW)</p> <p>„Lufttemperatur“ (DiBEK Berlin)</p> <p>„Lufttemperatur“ (LAU Sachsen-Anhalt)</p>
Fachpolitischer Bezug (z.B. EKP)	Sächsisches Energie- und Klimaprogramm 2021 , Kapitel 2
Inhaltlicher Bezug:	<p>Jahresrückblicke - Wetter trifft Klima (Klimaportal Sachsen)</p> <p>Regionales Klimainformationssystem (ReKIS)</p>
IV. Technische Informationen	
Datengrundlage:	<p>A) Klima-Referenzdatensatz Sachsen 1961 - 2020¹</p> <p>B) Mitteldeutsches Kernensemble Version 1.0⁶</p>
Räumliche Auflösung:	<p>A) 370 Messstationen, Raster (1 km x 1 km)</p> <p>B) Raster (1km x 1km)</p>
Geographische Abdeckung:	Sachsen und Anrainer (Messstationen), Sachsen (Raster)
Zeitliche Auflösung:	Tag
Beschränkungen, Datenkosten:	Die Fortschreibung der Datengrundlage steht unter Vorbehalt der Projektfinanzierung.
Weiterentwicklung/Ausblick:	<ul style="list-style-type: none"> • Räumliche Darstellung der Abweichungen für Temperaturmittel; Frost- und Sommertage • Inhaltliche Erweiterung um Tropennächte und heiße Tage • Ergänzung des Indikators um eine längere Datenreihe (Flächenmittel des DWD ab 1881) • Statistische Trendanalyse nach DAS Methode⁴ • Ergänzung der Entwicklungskorridore für Frost- und Sommertage basierend auf den Klimaprojektionen des MDK
V. Auswertung und Darstellung	
Kernaussage/Schlüsselsatz:	Das Temperaturniveau in Sachsen ist deutlich gestiegen.
Ausführliche Beschreibung der Ergebnisse:	<p>A) Die Abbildungen 1–3 zeigen die räumliche Verteilung der Jahresmitteltemperatur (°C) in Sachsen für (1) die Klimareferenzperiode 1961–1990, (2) die aktuelle Bezugsperiode 1991–2020 und (3) die letzte Dekade (2011–2020).</p> <p>In der aktuellen Bezugsperiode 1991–2020 (Abb. 2) stieg die Jahresmitteltemperatur in Sachsen im Vergleich zur Klimareferenzperiode um 1 °K. Die letzte Dekade 2011–2020 (Abb. 3) in der aktuellen Bezugsperiode zeigte einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur im Vergleich zur Klimareferenzperiode von 1,6 °K und liegt damit deutlich über dem 30-jährlichen Mittel.</p> <p>Der aktuelle Bezugszeitraum 1991–2020 in Sachsen wies im Flächenmittel im Vergleich zur Klimareferenzperiode 7 Frosttage weniger und 12 Sommertage mehr auf. Die letzte Dekade in der aktuellen Bezugsperiode war im Vergleich zur Klimareferenzperiode mit 15 Frosttagen weniger und 19 Sommertagen mehr noch einmal deutlich wärmer als das entsprechende 30-jährlichen Mittel.</p>

B) In der nahen Zukunft 2021–2050 spannen regionale Klimaprojektionen einen Entwicklungskorridor der relativen Abweichung des Jahresmittels der Lufttemperatur von +1 K bis +2,5 K im Vergleich zur Klimareferenzperiode auf. In der fernen Zukunft 2071–2100 vergrößert sich der Entwicklungskorridor der relativen Abweichung des Jahresmittels der Lufttemperatur auf +1,3 K bis +5,2 K im Vergleich zur Klimareferenzperiode. In den Projektionen ergeben sich für die Frost- und Sommertage folgende mögliche Entwicklungskorridore: in der nahen Zukunft 2021 – 2050 nehmen die Frosttage um 29 bis 25 Tage ab und die Sommertage um 17 bis 22 Tage zu. In der fernen Zukunft 2071 – 2100 ist der Entwicklungskorridor der Frost- und Sommertage kleiner, jedoch die mögliche Abweichung im Vergleich zur Klimareferenzperiode deutlich größer: Frosttage -43 bis -45 Tage und Sommertage + 31 bis +34 Tage.

Abbildung des Indikators im Monitoringbericht

Abb. 1: Jahresmittel der Lufttemperatur (°C) in der Klimareferenzperiode 1961–1990

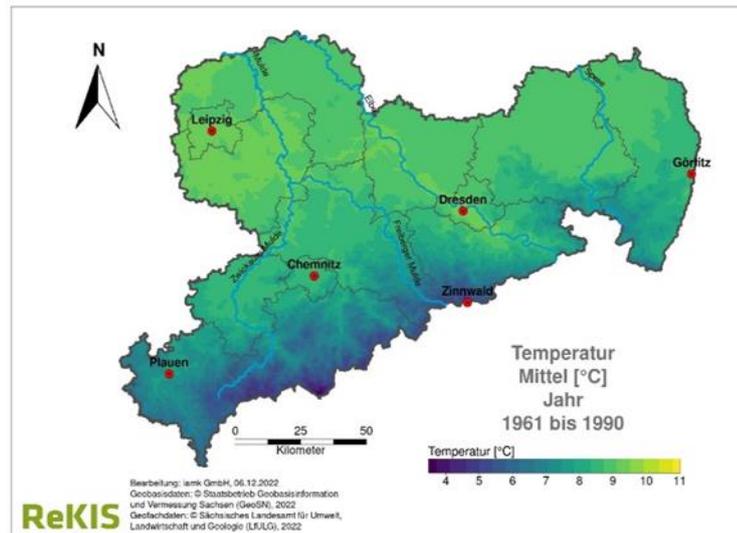


Abb. 2: Jahresmittel der Lufttemperatur (°C) in der aktuellen Bezugsperiode 1961–1990

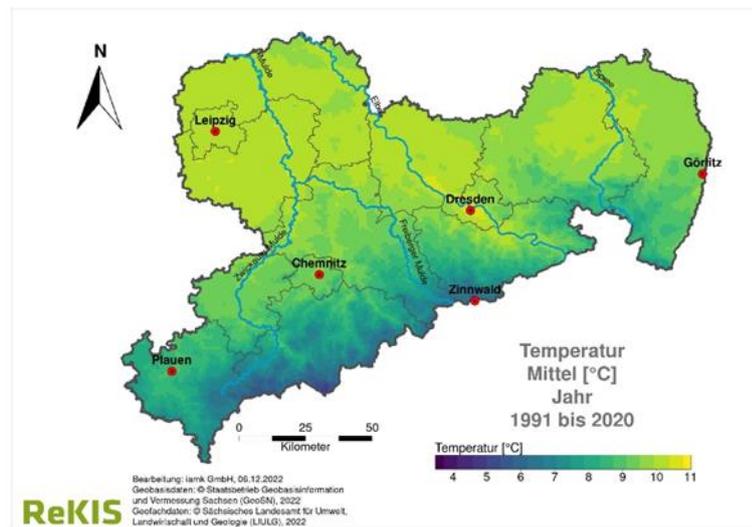


Abb. 3: Jahresmittel der Lufttemperatur (°C) in der letzten Dekade 2011–2020

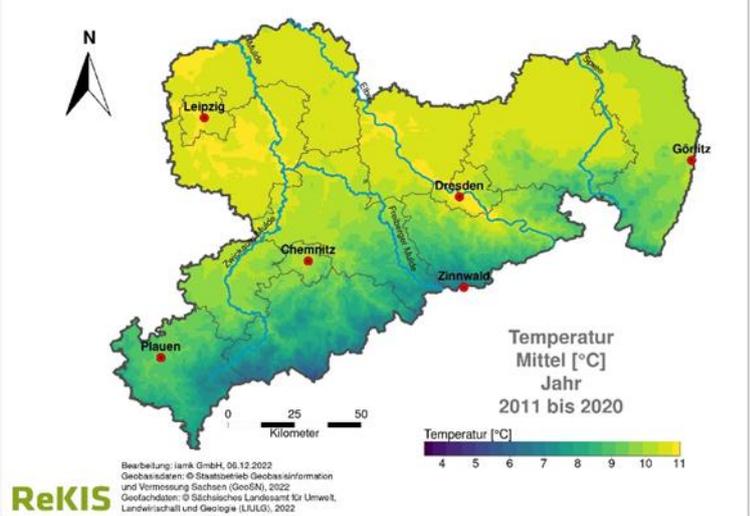
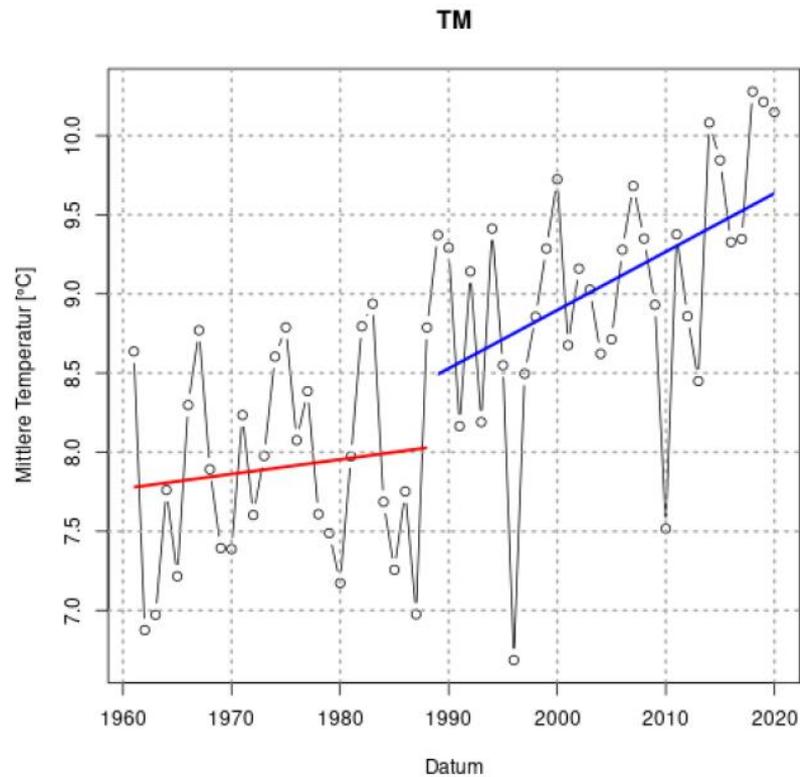
	 <p>Temperatur Mittel [°C] Jahr 2011 bis 2020</p> <p>Temperatur [°C] 4 5 6 7 8 9 10 11</p> <p>ReKIS</p> <p><small>Bearbeitung: Janik GmbH, 06.12.2022 Geobasisdaten: © Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN), 2022 Geofachdaten: © Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LULUG), 2022</small></p>
Zusatz zu A):	<p>Abbildung 4 zeigt das grafische Ergebnis der Bruchpunktanalyse. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Annahme "die Zeitreihe ist homogen" beträgt für alle Zeitreihen (i.e. alle 370 Stationen der meteorologischen Größe Jahresmitteltemperatur im Klima-Referenzdatensatz), gerundet auf die 9. Nachkommastelle, 1,0. Es ist somit sehr sicher, dass alle Zeitreihen von Inhomogenitäten beeinflusst sind. Das Jahr mit der größten Häufung der Bruchpunkte ist das Jahr 1988. Als Ursache für die festgestellten Inhomogenitäten dominieren externen Ursachen (im Gegensatz zu stationsbasierten Inhomogenitäten aufgrund von z.B. Änderungen der Landnutzung im Umfeld der Messstation). Als externe Ursache wurde der Rückgang des sogenannten Dimming-Effektes nachgewiesen⁵: Luftschadstoffe (Aerosole) reflektieren das Sonnenlicht, erhöhen das Reflexionsvermögen der Wolken und haben daher eine kühlende Wirkung auf das Klima. Mit einem deutlichen Rückgang der Schadstoffpartikel in der Atmosphäre einhergehend, hat sich auch deren kühlende Wirkung verringert. Dieser Befund ist jedoch nicht so zu interpretieren, dass mehr Aerosole emittiert werden sollten, um der Temperaturentwicklung entgegen zu wirken. Ganz im Gegenteil: Aerosole sind schädlich für Menschen und Umwelt und sollten deshalb weiter reduziert werden.⁵</p>

Abb. 4: Mittlerer zeitlicher Verlauf der Jahresmitteltemperatur im Flächenmittel Sachsen. Rote Linie: Mittlerer Trend vor dem häufigsten Bruchpunkt. Blaue Linie: Mittlerer Trend nach dem häufigsten Bruchpunkt



Abweichungen zur Klimareferenzperiode:

A) und B)
 Flächenmittel der Jahresmitteltemperatur (°C) sowie Frost- und Sommertage in der Klimareferenzperiode 1961–1990 in Sachsen, sowie deren absolute Abweichungen in der aktuellen Bezugsperiode 1991–2020 und in der letzten Dekade 2011–2020. Entwicklungskorridor für die nahe (2021–2050) und ferne (2071–2100) Zukunft, bezogen auf die Klimareferenzperiode

Zeitraum	Temperatur	Anzahl Frosttage	Anzahl Sommertage
1961–1990	8,2 °C	97	30
1991–2020	+1 K	-7	+12
2011–2020	+1,6 K	-15	+19
2021–2050	+1 K/+2,5 K	-29/-25	+17/+22
2071–2100	+1,3 K/+5,2 K	-43/-45	+31/+34

VI. Zusatz-Informationen

Weiterführende Informationen / Literatur:

- 1) Körner P, Vorobeuskii I, Kronenberg R, Homoudi A, 2022, Erzeugung eines lückenlosen stationsbasierten und rasterbasierten Klima-Referenzdatensatzes für Sachsen für den Zeitraum 1961 bis 2020, Schriftenreihe des LfULG (18)
- 2) Pettitt AN, 1997, A Non-parametric Approach to the Change-Point-Problem, Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics) 28, 126-135, <https://doi.org/10.2307/2346729>
- 3) Alexandersson H, 1986, A homogeneity test applied to precipitation data, Journal of Climatology 6, 661-675, <https://doi.org/10.1002/joc.3370060607>

	<p>4) Meyer Mark, 2019, Quantitative Bewertung von Umweltindikatoren – Sachverständigengutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes, Texte 37/2019. http://www.umweltbundesamt.de/publikationen</p> <p>5) Quaas, J., Jia, H., Smith, C., Albright, A. L., Aas, W., Bellouin, N., Boucher, O., Doutriaux-Boucher, M., Forster, P. M., Grosvenor, D., Jenkins, S., Klimont, Z., Loeb, N. G., Ma, X., Naik, V., Paulot, F., Stier, P., Wild, M., Myhre, G., and Schulz, M., 2022, Robust evidence for reversal of the trend in aerosol effective climate forcing, Atmos. Chem. Phys., 22, 12221–12239, https://doi.org/10.5194/acp-22-12221-2022</p> <p style="padding-left: 40px;">Entsprechende Pressemitteilung der Uni Leipzig: https://www.uni-leipzig.de/newsdetail/artikel/bessere-luft-beschleunigt-globale-erwaermung-2022-09-21</p> <p>6) Struve S, Ehlert I, Pfannschmidt K, Heyner F, Franke J, Kronenberg R, Eichhorn M, 2020, Mitteldeutsches Kernensemble zur Auswertung regionaler Klimamodelldaten – Dokumentation – Version 1.0, Halle (Saale).</p> <p>Daten und Karten sind im Regionalen Klimainformationssystem (ReKIS) frei zugänglich.</p>
--	--