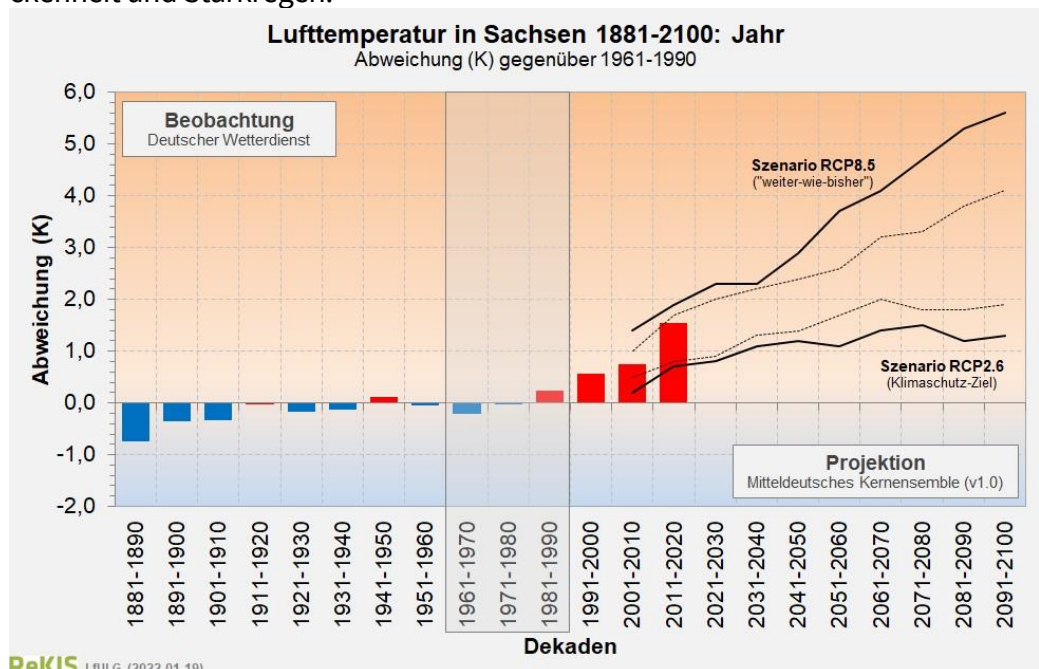


## Klimafolgenmonitoring

### S-1 Lufttemperatur

#### Basisinformationen

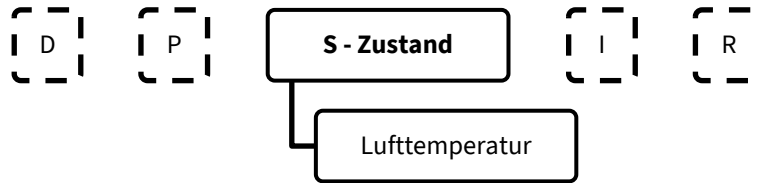
Inhalt	Verlaufs- und Trendentwicklung verschiedener Aspekte der Lufttemperatur in Sachsen
Klimawirkung	Temperatur ist eine physikalische Größe, die den Zustand eines thermodynamischen Systems beschreibt und mit einem Thermometer gemessen werden kann. Die Atmosphäre strebt wie jedes physikalische System nach einem Gleichgewicht. Der beobachtete Atmosphärenzustand (Wetter, Witterung und Klima) ist eine Folge dieser Ausgleichsbestrebungen (hier: von warm zu kalt). Ändert sich die Temperatur wird dieser Ausgleich stärker oder schwächer (geänderte atmosphärische Zirkulationsmuster) mit den entsprechenden Folgen wie beispielsweise Trockenheit und Starkregen.



**Abbildung 1: Dekadische Abweichung der Lufttemperatur vom 30-jährigen Mittel der Klimareferenzperiode (1961 bis 1990) seit 1881 bis 2020. Projiziert sind auch die möglichen Entwicklungskorridore bis in Jahr 2100.**

Inhaltsbeschreibung	Gemessen wird die Lufttemperatur in Grad Celsius in 2 Meter Höhe über dem Grund. Die Veränderungen der Lufttemperatur werden hier über die mittlere Jahrestemperatur (TM) und damit einhergehende Ereignistage dargestellt.
Befund	In Sachsen hat sich die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur erwärmt.
Inhaltlicher Rahmen	Sächsisches Klimafolgenmonitoring ( <a href="http://Klimaentwicklung.in.Sachsen-Klima-sachsen.de">Klimaentwicklung in Sachsen - Klima - sachsen.de</a> )
Weitere Indikatoren im Handlungsfeld	S-1b Ereignistage, S-2 Niederschlagsentwicklung, S-2b Starkregen, S-2c Schnee, S-3 Gras-Referenzverdunstung, S-4 Potenzielles Wasserdargebot, S-5 Sonnenschein

## Einordnung und Systematik



DPSIR-Schema

Präambel	Es besteht die Möglichkeit inhaltlicher und methodischer Abweichungen der Indikatoren im sächsischen Klimafolgenmonitoring von denen anderer Monitoringsysteme. Grund dafür sind unter anderem die Indikatorherleitung und die verwendete Datengrundlage. Entsprechende Indikatoren sind dadurch nur eingeschränkt mit denen anderer Monitoringsysteme vergleichbar.
Bund	Monitoring der deutschen Anpassungsstrategie (DAS Monitoring) → kein Indikator <u>A1 Temperaturabweichungen (Länderinitiative Kernindikatoren (LiKi))</u>
Andere Bundesländer	<u>A1 Temperatur (Sommer/Winter/Niederschlagshöhe) (LAU Sachsen-Anhalt)</u> <u>S-TP Temperatur (Zweiter Monitoringbericht Thüringen LUBN)</u>
Sachsen	Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021 Maßnahmeplan zur Umsetzung des EKP 2021, Nummer 9.03
Thematischer Bezug	<u>Jahresrückblicke - Wetter trifft Klima (Klimaportal Sachsen)</u> <u>Regionales Klimainformationssystem (ReKIS)</u>

## Materialien und Methoden

Indikator	Jahresmitteltemperatur in °C Anzahl Sommer- und Frosttage (d) Abweichung der Jahresmitteltemperatur in Kelvin (K)
Berechnungsvorschrift	<u>Jahresmitteltemperatur</u> Berechnung des Flächenmittels aus den flächeninterpolierten Daten des Klimareferenzdatensatz [4]  <u>Bruchpunktanalyse der mittleren Jahrestemperatur</u> Zur Anwendung kommen zwei absolute Homogenitätstests. Zum einen der Pettitt-Test [5], welcher sehr robust Bruchpunkte in Zeitreihen feststellt. Zum anderen wird der Standard Normal Homogeneity Test [6] verwendet. Dieser ist weniger robust, dient jedoch der Bestätigung der Aussagen des Pettitt-Tests.  <u>Ermittlung der Sommertage:</u> Bestimmung der Häufigkeit von Tagen mit einem Tagesmaximum der Lufttemperatur (in 2 m Höhe über dem Grund) von größer oder gleich 25 °C.  <u>Ermittlung der Frosttage:</u> Bestimmung der Häufigkeit von Tagen mit einem Tagesminimum der Lufttemperatur (in 2 m Höhe über dem Grund) von kleiner 0 °C.  <u>Entwicklungskorridore</u> Berechnung der mittleren absoluten Abweichung des Jahresmittels der Lufttemperatur in Kelvin für alle Realisierungen des Mitteldeutschen Kernensembles 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 [7,8]

## Klimafolgenmonitoring

### Einschränkungen in der Interpretierbarkeit

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.

Projektionen weisen immer Unsicherheiten als Folge der Unvorhersehbarkeit einer künftigen sozioökonomischen Entwicklung und deren Wirkung auf die Abbildung klimarelevanter Prozesse in Modellen auf.

Datengrundlage	Aus Stationsdaten interpolierter Klima-Referenzdatensatz Sachsen 2.0 1961 – 2020 im 1 km x 1km Raster [4] Mitteldeutsches Kernensemble Version 1.0 1961 – 2100 im Raster 12 km x 12 km [7]
Zeitliche Auflösung	Tag
Datenverfügbarkeit	Daten und Karten sind im <u>Regionalen Klimainformationssystem (ReKIS)</u> frei zugänglich. Die Fortschreibung der Datengrundlage steht unter Vorbehalt der Projektfinanzierung
Ausblick	Aktualisierung der Datengrundlage

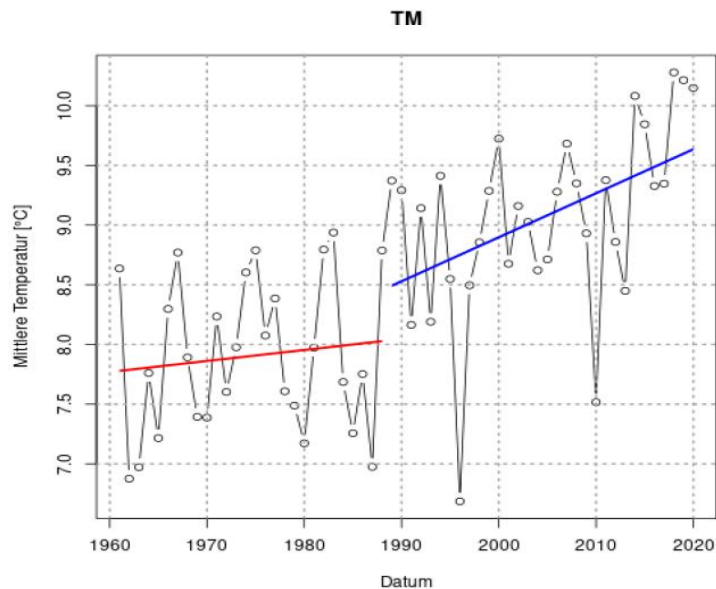
## Auswertung und Darstellung

Befund	In Sachsen hat sich die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur erwärmt.
Ergebnisbeschreibung	<p>Die Abbildungen 3–5 zeigen die räumliche Verteilung der Jahresmitteltemperatur (°C) in Sachsen für die Klimareferenzperiode 1961–1990, die aktuelle Bezugsperiode 1991–2020 und die letzte Dekade (2011–2020).</p> <p>In der aktuellen Bezugsperiode 1991–2020 (Abb. 3) 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-jährigen Mittel.</p> <p>Der aktuelle Bezugszeitraum 1991–2020 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-jährigen Mittel.</p> <p>Abbildung 2 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 nachgewiesen [4]: 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</p>

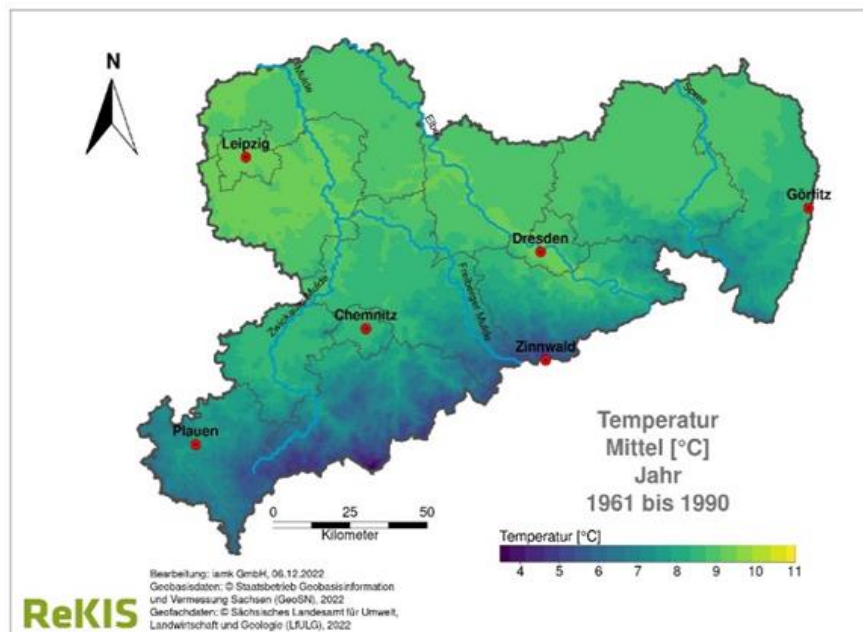
## Klimafolgenmonitoring

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. [12]

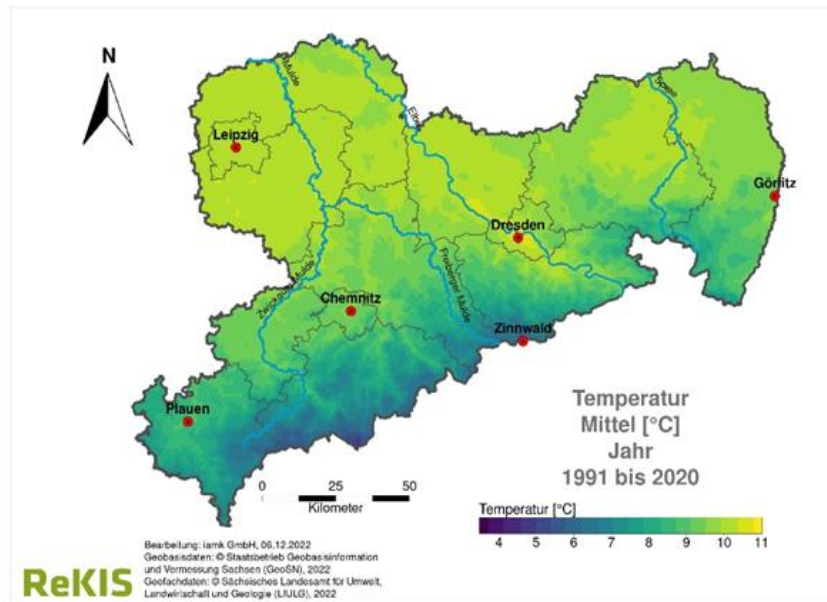
### Abbildungen



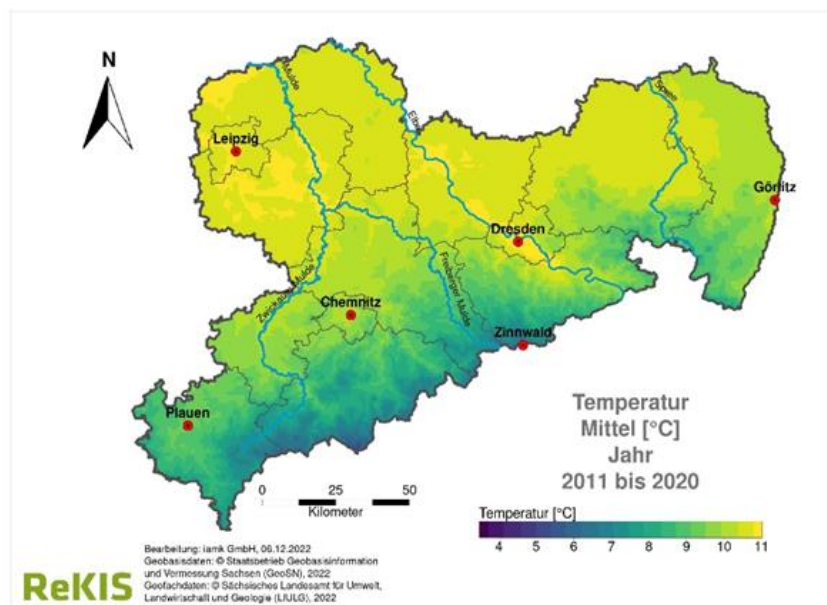
**Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der mittleren Jahrestemperatur in Sachsen mit der Trendlinie vor dem Bruchpunkt (rot) und dem Trend nach dem Bruchpunkt (blau). Die Ermittlung eines Bruchpunktes in der Zeitreihe der Jahresmitteltemperatur weist ein insgesamt geändertes Temperaturregime, in Form einer beschleunigten Temperaturzunahme, für Sachsen nach.**



**Abbildung 3: Räumliche Verteilung der Jahresmittel der Lufttemperatur (°C) in der Klimareferenzperiode 1961–1990**



**Abbildung 4: Räumliche Verteilung der Jahresmittel der Lufttemperatur (°C) in der aktuellen Bezugsperiode 1961–1990**



**Abbildung 5: Räumliche Verteilung der Jahresmittel der Lufttemperatur (°C) in der letzten Dekade 2011–2020**

## Entwicklung

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 (Abbildung 1). 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

## Klimafolgenmonitoring

Vergleich zur Klimareferenzperiode deutlich größer: Frosttage -43 bis -45 Tage und Sommertage + 31 bis +34 Tage.

**Tabelle 1: Flächenmittel der Jahresmitteltemperatur (°C), Frost- und Sommertage in Sachsen, sowie deren absolute Abweichungen für verschiedene Bezugszeiträume.**

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

Die Ergebnisse der Trendszenarien für Sachsen sind vergleichbar mit den für Europa errechneten Trends[13]. In Sachsen setzt sich die Entwicklung hin zu einem Temperaturanstieg bei zunehmender Anzahl an Sommertagen und Abnahme an Frosttagen fort. Je nach verwendetem Projektionsmodell ist dieser Trend mehr oder weniger stark ausgeprägt und schwankt mit den Eingabegrößen, insbesondere den Treibhausgasemissionen. Auch in Sachsen tragen diese als Einflussfaktor zur Klimaentwicklung bei [14].

## Literaturverzeichnis

1. SMEKUL SACHSEN, 2021, ENERGIE UND KLIMAPROGRAMM 2021, ENERGIE- UND KLIMAPROGRAMM SACHSEN 2021 UND DAZUGEHÖRIGER EKP-MAßNAHMENPLAN - ENERGIE - SACHSEN.DE, LETZTER ZUGRIFF 15.10.2024
2. SMEKUL SACHSEN, 2023, MAßNAHMEPLAN ZUM ENERGIE UND KLIMAPROGRAMM 2021, STAND 4. JULI 2023, LFULG SACHSEN, ENERGIE- UND KLIMAPROGRAMM SACHSEN 2021 UND DAZUGEHÖRIGER EKP-MAßNAHMENPLAN - ENERGIE - SACHSEN.DE, LETZTER ZUGRIFF 15.10.2024
3. EEA, 1999, ENVIRONMENTAL INDICATORS: TYPOLOGY AND OVERVIEW, TECHNICAL REPORT NO 25, ENVIRONMENTAL INDICATORS:TYPOLOGY AND OVERVIEW — EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EUROPA.EU), LETZTER ZUGRIFF 15.10.2024
4. KÖRNER P, VOROBEVSKII 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)
5. 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](https://doi.org/10.2307/2346729)
6. ALEXANDERSSON H, 1986, A HOMOGENEITY TEST APPLIED TO PRECIPITATION DATA, JOURNAL OF CLIMATOLOGY 6, 661-675, [HTTPS://DOI.ORG/10.1002/JOC.3370060607](https://doi.org/10.1002/joc.3370060607)
7. 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), MITTELDEUTSCHES KERNENSEMBLE (MDK) ZUR AUSWERTUNG REGIONALER KLIMAMODELLDATEN - DOKUMENTATION (TU-DRESDEN.DE), LETZTER ZUGRIFF: 15.10.2024
8. STRUVE, EHLERT, PFANNSCHMIDT, HEYNER, FRANKE, KRONENBERG, EICHHORN, 2020: MITTELDEUTSCHES KERNENSEMBLE ZUR AUSWERTUNG REGIONALER KLIMAMODELLDATEN – DOKUMENTATION – VERSION 1.0 (2020), HALLE (SAALE), MÄRZ 2020“ MITTELDEUTSCHES KERNENSEMBLE (MDK) ZUR AUSWERTUNG REGIONALER KLIMAMODELLDATEN - DOKUMENTATION (TU-DRESDEN.DE)

## Klimafolgenmonitoring

9. VAN RÜTH, P., SCHÖNTHALER K., VON ADRIAN-WERBURG S., WOLF M., GABRIEL M, 2023, MONITORINGBERICHT 2023 ZUR DEUTSCHEN ANPASSUNGSSTRATEGIE AN DEN KLIMAWANDEL – BERICHT DER INTERMINISTERIELLEN ARBEITSGRUPPE ANPASSUNGSSTRATEGIE DER BUNDESREGIERUNG, MONITORINGBERICHT 2023 | UMWELTBUNDESAMT, LETZTER ZUGRIFF: 15.10.2024
10. KÖNIG J., EICHHORN M., FRIEß H., HERZIG S., MOSHAKO O., RADEMACHER J., SCHWERMER S., SPOHR J., 2022, 7. ERFAHRUNGSBERICHT 2022 ZU UMWELTBEZOGENEN NACHHALTIGKEITSINDIKATOREN DER BLAG KLINA, ERFAHRUNGSBERICHT-07-2022.PDF (NRW.DE), LETZTER ZUGRIFF: 15.10.2024
11. KLIMAWANDELFOLGEN IN THÜRINGEN - ZWEITER MONITORINGBERICHT (THUERINGEN.DE)
12. HBS, GLOBALE KLIMATISCHE WIRKUNG VON AEROSOLEN, [HTTPS://BILDUNGSSERVER.HAMBURG.DE/THEMENSCHWERPUNKTE/KLIMAWANDEL-UND-KLIMAFOLGEN/KLIMAWANDEL/AEROSOLE/AEROSOLE-GLOBALE-WIRKUNG-ARTIKEL-746046](https://bildungsserver.hamburg.de/themenschwerpunkte/klimawandel-und-klimafolgen/klimawandel/aerosole/aerosole-globale-wirkung-artikel-746046), LETZTER ZUGRIFF: 15.10.2024
13. EEA, 2024, EUROPEAN CLIMATE RISK ASSESSMENT – EXECUTIVE SUMMARY, [HTTPS://WWW.EEA.EUROPA.EU/PUBLICATIONS/EUROPEAN-CLIMATE-RISK-ASSESSMENT](https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment), LETZTER ZUGRIFF: 15.10.2024
14. SMEKUL, 2024, UMSETZUNGSBERICHT ZUM ENERGIE- UND KLIMAPROGRAMM 2021 SOWIE FORTSCHRITTSBERICHT ÜBER DIE ENTWICKLUNG DER TREIBHAUSGASEMISSIONEN IM FREISTAAT SACHSEN 2024, [HTTPS://PUBLIKATIONEN.SACHSEN.DE/BDB/ARTIKEL/45342](https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/45342), LETZTER ZUGRIFF: 15.10.2024

### Glossar

DAS – Deutsche Anpassungsstrategie

LiKi – Länderinitiative Kernindikatoren

Autor: Katrin Hermasch, Florian Kerl, Daniel Hertel; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 5; Referat 55; Telefon: 0351 2612-5502; E-Mail: [FachzentrumKlima.lfulg@smekul.sachsen.de](mailto:FachzentrumKlima.lfulg@smekul.sachsen.de); Redaktionsschluss: 30.01.2025; [www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)