

Zukünftige Klimadaten – BIAS-korrigiertes Mitteldeutsches Kernensemble

Region	Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen
Ursprüngliche Datenquelle	CMIP5 - Klimaprojektionsläufe aus EURO-CORDEX https://esgf-metagrid.cloud.dkrz.de/search/cordex-dkrz/
Dokumentation	https://rekis.hydro.tu-dresden.de/wp-content/uploads/2020/07/ReKIS_Steckbrief_Klimaprojektionsdaten_2020-07-14.pdf https://rekis.hydro.tu-dresden.de/wp-content/uploads/2020/05/Dokumentation_Mitteldeutsches_Kernensemble_MDK.pdf
OBS Datensatz zur BIAS-Korrektur	Referenzdatensatz 3.0 (REF3): https://rekisviewer.hydro.tu-dresden.de/viewer/rekis_domain/KlimRefDS_v3.0_1961-2023.Raster.Tag.GK5.html
BIAS-Korrektur	<p>Die BIAS-Korrektur der MDK-Daten erfolgte elementweise mithilfe der Empirical Robust Quantile Mapping (https://doi.org/10.4090/juee.2014.v8n2.142-154). Dazu wurden zunächst die Unterschiede in den täglichen Quantilen (mit einer Schrittweite von 0,01) zwischen Beobachtung (gerasterter Referenzdatensatz 3.0 (REF3)) und historischen Modellläufen (MDK) getrennt für jeden Monat über den verfügbaren Überlappungszeitraum (1961-2020) ermittelt. Für jede MDK-Gitterzelle wurde der Mittelwert der überlagerten REF3-Gitterzellen herangezogen. Für den Niederschlag wurde zusätzlich eine Korrektur für trockene/nasse Tage integriert. Dadurch kann der Anteil der Niederschlagstage zwischen den beobachteten und modellierten Daten berücksichtigt werden. Zur Berechnung der Korrekturen für jedes MDK-Raster wurde das entsprechende Raster des REF3 für jeden Tag gemittelt. Darüber hinaus wurde die Rotation der MDK-Gitterdaten berücksichtigt. Anschließend erfolgte die Anwendung der abgeleiteten Korrekturen auf den gesamten Zeitraum von 1961-2100 für jede Variable.</p>
Variablen	Temperatur 2m [°C]: Mittelwert, Minimum, Maximum; globale Strahlung [J cm ⁻²], relative Luftfeuchtigkeit [%], Niederschlag (Richter-korrigiert) [mm], mittlere Windgeschwindigkeit 10m [m s ⁻¹], X- und Y-Koordinate [Grad]
Ensemble-Inhalt	Kombination aus globalen und regionalen Klimamodellen, 7 Mitglieder für jedes RCP-Szenario (2.6, 4.5, 8.5).
Format	NCDF4
Räumliche Auflösung	0.11 ⁰ (~12.5 km), dasselbe Gitter für alle Ensemble-Mitglieder
Projektion	EPSG:4326 – WGS 84 https://epsg.io/4326
Zeitliche Abdeckung und Auflösung	1961 – 2100, täglich, gregorianischer Kalender
Zugriffslink	https://rekisviewer.hydro.tu-dresden.de/viewer/rekis_domain/MDK_Mitteldeutscheskernensemble.html https://klimakonform-dmp.geo.tu-dresden.de/dataset/tagliche-mdk-projektion-bias-korrigiert-fur-sachsen-thuringen-sachsen-anhalt

Ansprechperson	Technical University of Dresden, Faculty of Environmental Sciences, Institute of Hydrology and Meteorology, Chair of Meteorology Ivan Vorobevskii (ivan.vorobevskii@tu-dresden.de) Rico Kronenberg (rico.kronenberg@tu-dresden.de)
-----------------------	--

Kurze Beschreibung der im MDK-Ensemble verwendeten globalen und regionalen Modelle

Globale Klimamodelle:

CanESM2

Das kanadische Erdsystemmodell der zweiten Generation (CanESM2) besteht aus dem physikalisch gekoppelten Atmosphäre-Ozean-Modell CanCM4, das mit einem terrestrischen Kohlenstoffmodell (CTEM) und einem ozeanischen Kohlenstoffmodell (CMOC) gekoppelt ist. Das 128x64-Gitter deckt das globale Gebiet nach dem T42-Gaußschen Raster ab (2,8125° horizontal, nahezu gleichmäßig).

<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/science-research-data/modeling-projections-analysis/centre-modelling-analysis/models/second-generation-earth-system-model.html>

EC-Earth

EC-Earth basiert auf dem Wettervorhersagemodell des ECMWF in einer Konfiguration für saisonale Vorhersagen. Es kann in verschiedenen Konfigurationen eingesetzt werden (Atmosphäre, Boden, Ozean, Meereis sowie Chemie, Aerosole, Vegetation, Grönland-Eisschild). Im MDK wurde die Atmosphären-Ozean-Zirkulationsmodell-Konfiguration (AOGCM) mit einer Atmosphärenauflösung von ~79 km (T255) und 91 vertikalen Schichten sowie einer Ozeanauflösung von 1° und 75 vertikalen Schichten verwendet.

<http://www.ec-earth.org>

<https://gmd.copernicus.org/articles/15/2973/2022/>

HadGEM2-ES

Hadley Centre Global Environment Model Version 2 wurde vom Met Office Hadley Centre entwickelt und umfasst eine gekoppelte Atmosphäre-Ozean-Konfiguration, mit oder ohne eine vertikale Erweiterung der Atmosphäre zur Einbeziehung einer gut aufgelösten Stratosphäre, sowie eine Erd-System-Konfiguration, die dynamische Vegetation, Ozeanbiologie und atmosphärische Chemie beinhaltet. Die standardmäßige atmosphärische Komponente verfügt über 38 vertikale Schichten, die sich bis in eine Höhe von ca. 40 km erstrecken, mit einer horizontalen Auflösung von 1,25 Grad Breite und 1,875 Grad Länge, was ein globales Gitter von 192 x 145 Gitterzellen ergibt. Dies entspricht einer Oberflächenauflösung von etwa 208 km x 139 km am Äquator, die sich auf 120 km x 139 km bei 55 Grad Breite verringert. Eine vertikal erweiterte Version mit 60 Schichten, die sich bis in eine Höhe von 85 km erstrecken, wird ebenfalls verwendet, um stratosphärische Prozesse und deren Einfluss auf das globale Klima zu untersuchen. Die ozeanische Komponente verwendet ein Breiten-Längen-Gitter mit einer longitudinalen Auflösung von 1 Grad und einer latitudinalen Auflösung von 1 Grad zwischen den Polen und 30 Grad Nord/Süd, von wo aus sie sich gleichmäßig auf ein Drittel Grad am Äquator erhöht, was insgesamt 360 x 216 Gitterpunkte ergibt, sowie 40 ungleichmäßig verteilte Schichten in der Vertikalen (eine Auflösung von 10 m nahe der Oberfläche).

https://www.insc.utah.edu/~reichler/publications/papers/Collins_08_MetOffice_74.pdf

<https://www.metoffice.gov.uk/research/approach/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2>

NorESM1-M

Die NorESM-Modellfamilie basiert auf dem Community Climate System Model Version 4 (CCSM4) der University Corporation for Atmospheric Research, unterscheidet sich jedoch insbesondere durch ein isopyknisches Koordinaten-Ozeanmodell sowie fortschrittliche Schemata für Chemie–Aerosol–Wolken–Strahlungs-Interaktionen. NorESM1-M besitzt eine horizontale Auflösung von ungefähr 2° für die Atmosphären- und Landkomponenten und 1° für die Ozean- und Eiskomponenten.

<https://view.es-doc.org/?renderMethod=name&type=cim.1.software.ModelComponent&name=NorESM1-M&project=CMIP5>

<https://gmd.copernicus.org/articles/6/687/2013/gmd-6-687-2013.html>

<https://gmd.copernicus.org/articles/6/389/2013/gmd-6-389-2013.html>

MPI-M-MPI-ESM-LR

MPI-ESM koppelt die Atmosphäre, den Ozean und die Landoberfläche durch den Austausch von Energie, Impuls, Wasser und Kohlendioxid. Es basiert auf den Komponenten ECHAM6 für die Atmosphäre und MPIOM für den Ozean sowie JSBACH für die terrestrische Biosphäre und HAMOCC für die biogeochemischen Prozesse des Ozeans. JSBACH ist die Landkomponente sowohl von MPI-ESM als auch von ICON-ESM. Die Kopplung von Atmosphäre und Land einerseits sowie von Ozean und Biogeochemie andererseits wird durch das separate Kopplungsprogramm OASIS3 ermöglicht. Die LR-Konfiguration verwendet für die Atmosphäre eine T63/1,9° horizontale Auflösung und 47 hybride Sigma–Druckniveaus, sowie für den Ozean ein bipolares Gitter mit 1,5° Auflösung (in Äquatornähe) und 40 z-Niveaus.

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jame.20038>

[https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)1942-2466.MPIESM1](https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)1942-2466.MPIESM1)

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018MS001400>

MIROC5

Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC) Version 5 ist ein Atmosphäre–Ozean–Allgemeines Zirkulationsmodell, das in gemeinschaftlicher Arbeit von der japanischen Forschungsgemeinschaft entwickelt wurde. Es hat eine Standardauflösung der T85-Atmosphäre und der 1°-Ozeanmodelle. MIROC5 wurde auf Basis von MIROC3.2 entwickelt, jedoch wurden viele der Schemata ersetzt und verbessert. Das Atmosphärenmodell ist das CCSR–NIES–Frontier Research Center for Global Change (FRCGC) AGCM, das auf einem globalen spektralen dynamischen Kern basiert und ein Standard-Physikpaket beinhaltet. Das Ozeanmodell ist das CCSR Ocean Component Model, das auch ein Meereismodell beinhaltet. Ein Landmodell, das ein Flussmodul enthält, ist ebenfalls gekoppelt. Das Ozeanische Allgemeine Zirkulationsmodell, das für MIROC5 verwendet wird, ist COCO Version 4.5. MIROC5 verwendet eine aktualisierte Version des Landoberflächenmodells namens Minimal Advanced Treatments of Surface Interaction and Runoff, welches die Temperatur und Wasserverhältnisse in sechs Bodenschichten bis zu einer Tiefe von 14 Metern, einer Kronenschicht und

drei Schneeschichten vorhersagt. Ein Flux Coupler koppelt diese Atmosphären-, Ozean- und Landoberflächenkomponenten sowie ein Flussroutingschema.

<https://gmd.copernicus.org/articles/4/845/2011/gmd-4-845-2011.pdf>

<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/23/23/2010jcli3679.1.xml>

Regionale Klimamodelle:

EPISODES-2018

EPISODES ist eine empirisch-statistische Methode zur Detaillierung (ESD), die vom DWD entwickelt wurde. Sie implementiert das Downscaling globaler Klimamodelle mit einem zweistufigen Verfahren: Im ersten Schritt werden Zwischenergebnisse mit einer linearen Regressionsmethode basierend auf dem „Perfect-Prog“-Ansatz berechnet. Im zweiten Schritt werden synthetische lokale Zeitreihen in täglicher Auflösung erzeugt, die räumlich und interv variabel konsistent sind. EPISODES ist eine vergleichsweise einfache Methode, die relativ wenig Rechenzeit benötigt. Dies ermöglicht die Verarbeitung großer Ensembles mit vielen Mitgliedern. Das Zielraster entsprach der EURO-CORDEX-Auflösung von $0,11^\circ$ (~ 12 km). EPISODES verwendete die Beobachtungsdatensätze HYRAS und TRY des DWD, die ebenfalls auf das Zielraster aggregiert wurden. Evaluierungsexperimente zeigen eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen den verschiedenen EPISODES-Ergebnissen und den Beobachtungen. Zum Beispiel liegt der Gitterzellen-Bias der mittleren Jahreswerte bei weniger als $0,1^\circ\text{C}$ für die Temperatur und weniger als 10 % für den Niederschlag. Vergleiche der Klimawandelsignale, die aus den EPISODES-Ergebnissen abgeleitet wurden, mit anderen Downscaling-Methoden, wie regionalen Klimamodellen (RCMs), zeigen insgesamt eine hohe Übereinstimmung.

<https://meetingorganizer.copernicus.org/DACH2019/DACH2019-297.pdf>

<https://www.dwd.de/DE/leistungen/episodes/episodes.html;jsessionid=2DA646E8B6760510B958573344CA7794.live21073?nn=645608>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-018-4276-2>

RACMO-22E

Das Regionale Atmosphärische Klimamodell (RACMO) wurde am KNMI (Königliches Niederländisches Meteorologisches Institut) entwickelt. RACMO22E, die Version von 2012, ist die aktualisierte Version des ursprünglichen RACMO2-Modells. Die Dynamik des Modells stammt aus dem numerischen Wettervorhersagemodell HIRLAM (Version 6.3.7). Das Rahmenwerk der physikalischen Parameterisierungen basiert auf dem IFS-ECMWF CY31r1, wobei mehrere Modifikationen vorgenommen wurden, um das Modell besser an die Anforderungen regionaler Klimamodellierung anzupassen. RACMO22E verfügt über einen hydrostatischen dynamischen Kern und verwendet ein hybrides Sigma-Druckkoordinatensystem. Für die räumliche Diskretisierung wird ein rotiertes Breitengrad-Längengrad-Gitter verwendet. Das Modell arbeitet in der Standardkonfiguration mit 40 vertikalen Ebenen. Es umfasst auch ein geteiltes Landoberflächenmodell, um Landoberflächenprozesse besser darzustellen. Trotz seiner Fortschritte zeigte die Evaluierung, dass RACMO22E systematische negative Abweichungen in einigen europäischen Regionen aufweist, was bedeutet, dass seine Vorhersagen in diesen Bereichen oft unterschätzt werden.

<https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubTR/TR302.pdf>

<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/312258>

CCLM-4-8-17

Das COSMO-Modell im Klimamodus (COSMO-CLM) ist ein nicht-hydrostatistisches regionales Klimamodell, das auf dem lokalen Modell (LM) des Deutschen Wetterdienstes und dessen Nachfolger, dem COSMO-Modell, basiert. Es beruht auf den primitiven thermo-hydrodynamischen Gleichungen, die kompressible Strömung in einer feuchten Atmosphäre beschreiben. Die Modellgleichungen sind in rotierten geografischen Koordinaten und einer generalisierten höhenabhängigen Terrain-Koordinate formuliert. Eine Vielzahl physikalischer Prozesse wird durch Parameterisierungsschemata berücksichtigt.

<https://clmcom.scrollhelp.site/clm-community/COSMO-CLM.2785464.html>

<http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/default.htm>

https://www.dwd.de/EN/ourservices/cosmo_documentation/cosmo_documentation.html

WETTREG-2018

Das statistische regionale Klimamodell WETTERlagenbasierte REGionalisierungsmethode (WETTREG) wurde von der Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH (CEC) entwickelt. WETTREG arbeitet nach einer Konditionierungsmethode, bei der die zeitliche Entwicklung der Häufigkeit von Wetterbedingungen und die Eigenschaften einzelner Wetterbedingungen spezifiziert werden. Es erfordert modellierte dynamische Variablen eines Klimamodells. In WETTREG wird nicht die Information an einzelnen Gitterpunkten extrahiert, sondern die simulierte großräumige atmosphärische Situation jedes einzelnen Tages. Die Zeitreihen der Messdaten werden basierend auf der Schlüsselfunktion Temperatur in überdurchschnittlich warme und unterdurchschnittlich kalte Abschnitte unterteilt. Ein Zufallsgenerator wird verwendet, um die Wetterabschnitte zu einer simulierten Zeitreihe neu zu kombinieren, wobei die bestmögliche Annäherung an die spezifizierte Häufigkeitsverteilung der Wetterbedingungen zugrunde gelegt wird. Jeder Tag dieser simulierten Zeitreihe enthält eine Zuordnung zu den Wetterbedingungen des Temperatur- und Feuchtigkeitsregimes sowie die ursprüngliche Datumsreferenz. Der jahreszeitliche Verlauf der meteorologischen Variablen, der als Abweichung vom stationenspezifischen jahreszeitlichen Verlauf vorliegt, wird dann auf die simulierte Zeitreihe angewendet. In dieser Verarbeitungsstufe liegen die simulierten Werte im Wertebereich der gemessenen Werte, aber eine andere Häufigkeitsverteilung kann angewendet werden. WETTREG enthält keine zusätzlichen Kopplungen wie z. B. das Schmelzen von Gletschern oder Veränderungen in der Landnutzung. Es wird davon ausgegangen, dass diese Rückkopplungen in den atmosphärischen Eigenschaften des globalen Klimamodells berücksichtigt sind.

<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/35082>

<http://www.cec-potsdam.de/wettreg.html>