

Hinweise für REMO - Datennutzer

Stand: Juli 2011

0. Verfügbarkeit der Daten

Regionale Klimadaten des Modells REMO stehen über die CERA Datenbank des Welt Datenarchivs für die Klimaforschung zentral zur Verfügung. Die Informationen über die bereitgestellten Daten (Metadaten) sind frei abrufbar auf CERA (<http://cera-www.dkrz.de/>). Die Daten sind ebenfalls frei verfügbar und werden nach Registrierung und Unterzeichnung einer Nutzervereinbarung zugänglich gemacht. Dafür schicken Sie bitte eine E-Mail mit Ihren Kontaktinformationen sowie einer kurzen Information zur voraussichtlichen Nutzung der Daten an remo-daten@lists.zmaw.de. Sie erhalten dann vom DKRZ per Email ihre Zugangsdaten.

Die Daten liegen als binäre Daten auf dem rotierten Modellgitter vor (Datenstrom 2, D2). In D2 wurden Stundenmittel und Monatsmittel abgespeichert.

Für die REMO-UBA Simulation wurde von der Service Gruppe Anpassung (SGA, Modelle & Daten) der so genannte *Datenstrom3* prozessiert. Er enthält REMO-Simulationsdaten und Klimakenntage auf einem regulären 0.1 Grad Gitter im netCDF Format. Diese Daten stehen ebenfalls über die CERA Datenbank zur Verfügung.

1. Datenformat

Die Zeitreihen der REMO-Daten in der CERA Datenbank sind im so genannten IEG Format abgelegt. Das Format ist ein FORTRAN Format und enthält zu jedem Zeitpunkt und zu jeder Variable einen Datenheader, welcher eindeutig das Gitter, das Produkt sowie das Datenfeld beschreibt.

Die Beschreibung der Elemente des Datenheaders finden Sie im Anhang 1.

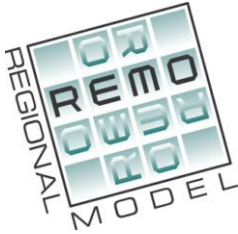
Zum Einlesen der Daten können Sie das FORTRAN Programm im Anhang 2 verwenden oder unter LINUX und UNIX mit den Climate Data Operators (CDOs) die Daten in ASCII umwandeln und dann einlesen. Unter Windows sind die CDOs nur mit Hilfe von Emulatoren (z. B. Cygwin) lauffähig.

Die CDOs sowie eine ausführliche Dokumentation sind frei verfügbar und können unter der folgenden Internetseite heruntergeladen werden:

www.mpimet.mpg.de/~cdo/

Dateiformat:

Das IEG-Format ist im IEEE Binärformat abgespeichert, wobei zwei computerabhängige Formatierungen vorliegen, die sich durch die Anordnungen der Bytes unterscheiden, das sogenannte Big-Endian und Little-Endian Format. Alle Daten



Hinweise für REMO - Datennutzer

in der CERA Datenbank liegen im Big-Endian Format vor und können mit FORTRAN Programmen unter UNIX problemlos eingelesen werden. Linux und Windows Computer verwenden das Little-Endian Format. Daher müssen die Daten evtl. vorher umformatiert werden, nur dann nicht, wenn der FORTRAN Compiler in der Lage ist auch Big-Endian Formate einzulesen.

Die CDOs können mit beiden Datenformaten umgehen, so dass hier keine Konvertierung notwendig ist.

Rotation:

REMO verwendet standardmäßig ein rotiertes Kugelkoordinatensystem. Das geographische Längen-/Breiten- Gitter wird so rotiert, dass der Äquator durch das Modellgebiet verläuft. Jede Gitterbox ist durch ihren Mittelpunkt eindeutig durch die geographische Länge und Breite definiert. Die Angaben über die reale geographische Breite finden Sie in der Variable PHI (Code 614) und die reale geographische Länge in RLA (Code 615).

Vorzeichenkonvention:

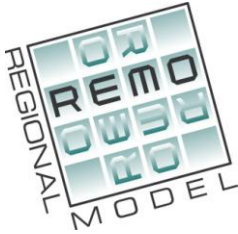
In REMO ist die Definition aller Flüsse, wie z. B. Niederschlag, Verdunstung, sensible und latente Wärmeflüsse, kurzwellige und langwellige Strahlungsflüsse etc. so, dass alle Flüsse Richtung Boden positiv und Richtung Atmosphäre negativ sind. D. h. wenn 10 mm Wasser verdunsten, steht im Datenfeld EVAP eine -10 und bei einer Taubildung von 0.1 mm eine +0.1.

Zeitliche Ausgabe-Intervalle und Mittelungsmethoden:

Die 2-dimensionalen REMO Ausgabeparameter werden stündlicher zeitlicher Auflösung und die 3-dimensionale Atmosphärenparameter werden in 6-stündiger Auflösung abgespeichert. Dabei werden die zeitlichen Ausgabewerte unterschiedlich behandelt, was im Folgenden erklärt und entsprechend in der REMO Codeliste gekennzeichnet ist:

Mittelwerte: Bei den Mittelwerten wird über das Ausgabeintervall (i. d. R. 1 h) gemittelt. Alle Variablen, die über das Ausgabeintervall gemittelt wurden, sind in der Codeliste (Anhang 3) mit m gekennzeichnet. Das Mittel bezieht sich immer auf den Zeitraum Ausgabezeitpunkt minus Ausgabeintervall bis zum Ausgabezeitpunkt.
Für die Bestimmung des Tagesmittels müssen daher alle Zeitpunkte zwischen 1:00 Uhr bis 0:00 Uhr des Folgetags gemittelt werden.

Instantane Werte: Einige Größen wie die Wolkenbedeckung wurden doppelt abgespeichert. ACLCOV ist dabei die gemittelte Wolkenbedeckung



Hinweise für REMO - Datennutzer

der letzten Stunde (gekennzeichnet mit m) und ACLCV die simulierte Wolkenbedeckung zum Ausgabezeitpunkt. Es gibt auch Variablen, die nur instantan abgespeichert wurden. Instantane Werte sind nicht extra gekennzeichnet.

Min/Max-Werte: Bei den Minimumwerten/(Maximumwerten) wird der minimal/(maximal) Wert während des Ausgabeintervalls (i. d. R. 1 h) abgespeichert. Min/Max-Werte sind in der Codeliste (Anhang 2) nicht gekennzeichnet, sind aber durch min/max im Namen zu erkennen.

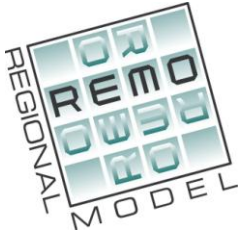
Summenwerte: Bei den Summenwerten werden die Größen über das Ausgabeintervall aufsummiert. Summengrößen wie Niederschlag und Abfluss sind in der Codeliste mit s gekennzeichnet.

Zudem werden die REMO Variablen auch als Monatsmittel und eine Auswahl als Tagesmittel abgespeichert:

Monatsmittel: Das Mittel umfasst den Zeitraum von 01:00 Uhr des gemittelten Monats bis 0:00 Uhr des Folgemonats. Bei den Monatsmitteln wurden die Summenwerte ebenfalls gemittelt, d. h. der Niederschlag hat die Einheit mm/h (bei einem Ausgabeintervall von 1 h). Für die Bestimmung der Monatssumme muss der Niederschlag mit 24 (mm/Tag) sowie mit der Anzahl der Tage pro Monat multipliziert werden (mm/Monat). Diese Berechnungen können problemlos mit den CDOs durchgeführt werden. Auch die instantanen Werte wurden gemittelt. Bei den Min/Max-Werten wurden zuerst die Tagesminima/maxima bestimmt und dann diese gemittelt.

Tagesmittel: Ein Tagesmittel umfasst immer 1:00 Uhr des Tages bis 0:00 Uhr des Folgetages. Die Summenwerte wurden ebenfalls gemittelt, d. h. der Niederschlag hat die Einheit mm/h (bei einem Ausgabeintervall von 1 h). Für die Bestimmung der Tagessumme (mm/Tag) muss der Niederschlag mit 24 multipliziert werden. Auch die instantanen Werte wurden gemittelt.

Achtung: Bei der nachträglichen Berechnung von konsistenten Tagesmitteln aus den Stundenwerten mittels CDOs ist zunächst der Operator `cdo shifttime, -1hour` zu verwenden, damit auch der 0:00 Termin des Folgetages in die Mittelung mit einbezogen wird.



Hinweise für REMO - Datennutzer

2. Erläuterungen zu einigen Variablen

Bodennahe Lufttemperatur:

Die Lufttemperatur in 2 m Höhe steht in der Variable TEMP2 (Code 167).

Oberflächentemperatur:

Die Oberflächentemperatur (Code 139) umfasst das Mittel der Temperaturen von Land-, Wasser- und Meereisanteilen, die in REMO innerhalb einer Gitterzelle subskalig unterschieden werden. Die Oberflächentemperatur der Landanteile (Code 54) ohne Schnee repräsentieren die Temperatur in 3.25 cm Tiefe unter der Bodenoberfläche (Mittel der obersten von fünf thermischen Bodenschichten). Die Oberflächentemperatur der Wasseranteile (Code 55) wird in REMO nicht berechnet, sondern als seitliche Randbedingung aus den globalen Eingabedaten übernommen und auf das feinere Modellgitter interpoliert. Diese Größe ist damit nicht als REMO Ergebnis in der CERA Datenbank abgespeichert.

Bodentemperaturen:

Die Bodentemperaturen repräsentieren jeweils die Mitte der folgenden Bodenschichtdicken:

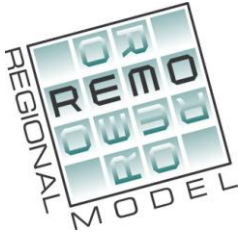
TD3:	0.0 m	bis	-0.065 m
TD2:	-0.065 m	bis	-0.319 m
TD3:	-0.319 m	bis	-1.232 m
TD:	-1.232 m	bis	-4.134 m
TDCL:	-4.134 m	bis	-9.834 m

Niederschlag:

Der Niederschlag im Modell ist getrennt nach dem vom Modell aufgelösten Niederschlag (Variable APRL, Code 142) und nicht aufgelösten (subskaligen) Niederschlag (Variable APRC, Code 143). Um den Gesamtniederschlag zu bestimmen, müssen die Variablen APRL und APRC addiert werden. Diese Summe wurde in TPREC abgespeichert. **Es ist physikalisch nicht sinnvoll, die einzelnen Variablen APRL und APRC getrennt zu betrachten!** Der Niederschlag enthält sowohl flüssigen als auch festen Niederschlag – also auch Schnee. Der Schneefall ist zudem separat in der Variable APRS (Code 144) als Wasseräquivalent abgespeichert.

Verdrifteter Niederschlag:

Auf der CERA Datenbank ist zudem die Variable DPREC abgelegt. Diese Größe berücksichtigt die Verdriftung des Niederschlags durch Wind und wurde im REMO Postprocessing aus dem Gesamtniederschlag und Windgrößen berechnet. Da DPREC nachträglich berechnet wurde, ist diese Variable nicht mit den anderen Wasserhaushaltsgrößen in einer Gitterbox konsistent und sollte damit nur gesondert betrachtet werden. Inzwischen ist die Niederschlagsverdriftung durch Wind als Parameterisierung in das REMO Modell integriert und wird damit im Niederschlag TPREC direkt berücksichtigt.



Hinweise für REMO - Datennutzer

Bodennahe Luftfeuchte:

In REMO wird die 2 m Taupunkttemperatur DEW2 (Code 168) als Variable abgespeichert. Aus DEW2 und TEMP2 kann mittels der Magnusformel die relative Luftfeuchte in 2 m Höhe berechnet werden; aus Taupunkttemperatur DEW2 (und Bodenluftdruck APS) kann weiterhin die spezifische Feuchte in 2 m Höhe berechnet werden.

Hinweis: In Datenstrom D3 auf der CERA Datenbank wird die relative Feuchte in 2 m Höhe bereits berechnet zur Verfügung gestellt.

Verdunstung:

In REMO repräsentiert der latente Wärmefluss AHFL (Code 147) bzw. BFLQDS (Code 457) die Verdunstung E, sie kann mit $E = \text{BFLQDS} \cdot 3600 / 2.45E+$ berechnet werden. Die Verdunstung EVAP (Code 182), die auch auf CERA abgespeichert ist, berücksichtigt zunächst nur die physikalischen Prozesse, die in REMO innerhalb eines Rechenzeitschrittes (30 s bei 10 km Horizontalauflösung) vor den dynamischen Prozessen berechnet werden. Diese beeinflussen den latenten Wärmefluss nachträglich, der wiederum Ausgangsgröße zur Berechnung der meteorologischen Parameter des nächsten Rechenzeitschrittes ist. Damit ist AHFL konsistent zu den anderen Modellgrößen, während EVAP nicht immer konsistent, aber für gesonderte Betrachtungen der Oberflächenprozesse von Interesse ist.

Abfluss:

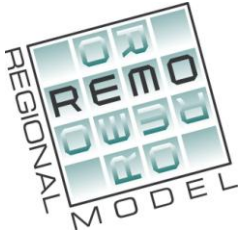
REMO bestimmt zwei Arten von Abfluss, den Gesamtabfluss (Variable RUNOFF, Code 160) und die Drainage (DRAIN, Code 53). Um den Oberflächenabfluss separat zu bestimmen, muss die Drainage vom Gesamtabfluss abgezogen werden (RUNOFF-DRAIN).

Strahlung:

In REMO wird die kurzwellige (SRADS, Code 176) und langwellige Strahlungsbilanz (TRADS, Code 177) sowie die kurzwellige (SRADSU, Code 204) und langwellige Rückstrahlung (TRADSU, Code 205) an der Erdoberfläche abgespeichert. **Die Globalstrahlung kann mit SRADS-SRADSU berechnet werden.** Weiterhin werden die Bilanzen am Oberrand der Atmosphäre berechnet, die kurzwellige (SRAD0, Code 178) und langwellige Strahlungsbilanz (TRAD0, Code 179) ; sowie die kurzwellige Rückstrahlung (SRAD0U, Code 203) am Oberrand der Atmosphäre. **Die Gesamt-Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche ergibt sich aus SRADS+TRADS und die Gesamt-Strahlungsbilanz am Oberrand der Atmosphäre ergibt sich aus SRAD0+TRAD0.**

10m Wind:

Da REMO auf einem rotierten Modellgitter rechnet, sind auch die Windgeschwindigkeiten in u- und v- Richtung rotiert. Die im Modell verwendeten Windkomponenten zeigen also nicht in geographische Nord/Süd bzw. West/Ost Richtung sondern entlang der gedrehten Modellgitterachsen.



Hinweise für REMO - Datennutzer

U10m bzw. V10m enthalten diese rotierten Windkomponenten, während U10er und V10er ("er" steht für ent-rotiert) die Windkomponenten entlang der realen Nord/Süd bzw. Ost/West Koordinaten enthalten.

Land-See-Maske:

Die fraktionelle Verteilung der Land- und Wasseranteile in den REMO Gitterzellen ist in dem Feld LSM (Code 172) abgespeichert.

Reale Längen- und Breiten:

Die realen Längen- und Breitengrade, die den Mittelpunkten der rotierten Gitterzellen entsprechen, sind in PHI (Code 614) und RLA (Code 615) abgespeichert.

3. Vergleich mit anderen Daten

Die REMO Variablen repräsentieren den räumlichen Mittelpunkt einer Gitterbox, nur die Windkomponenten sind jeweils auf den Mittelpunkten der Gitterbox-Seitenflächen definiert.

Der Zeitraum der Vergleichsdaten muss mit dem Zeitraum der Modellergebnisse übereinstimmen.

Gegebenenfalls sind See- und Land- Gitterboxen zu unterscheiden.

Niederschlag:

Eine Beobachtungsstation muss mit einem Mittel von mindestens vier bis neun Gitterboxen verglichen werden. Das Modell ist nicht gitterpunktsgenau, deshalb ist nur ein Mittel über mehrere Gitterboxen sinnvoll.

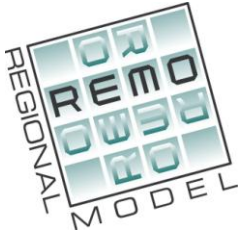
Wenn es sich um unkorrigierte Niederschlagsbeobachtungen handelt, muss ein systematischer Messfehler berücksichtigt werden. Abhängig von der Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Aggregatzustand und Jahreszeit, kann er zwischen 10-50 % (Rudolf and Rubel, 2005) oder mehr (hierzu den Wetterdienst vor Ort um Rat fragen) liegen.

Mittelungen:

Bei orographisch stark strukturiertem Gelände könnten aufwendige räumliche Mittelungen notwendig werden. Z. B. fällt unterschiedlich viel Niederschlag auf der Luv- und Lee-Seite eines Berges. Die Modellergebnisse sollten gewichtet gemittelt werden. Eine Methode wäre z. B. die von Barnes (1964). Eine detaillierte Beschreibung zu der Methode geben Hagemann et al. (2003).

Vergleiche von Gebietsmitteln sind vorzuziehen:

Es empfiehlt sich größere Gebiete wie z. B. Einzugsgebiete für den Vergleich heranzuziehen, nicht einzelne Stationen. Da Beobachtungsdaten nur für Stationen



Hinweise für REMO - Datennutzer

vorliegen, empfiehlt es sich einen Einzugsgebiets entsprechenden Verbund von Stationen zum Vergleich zu verwenden.

2m Temperatur:

Die Temperaturbeobachtungen müssen höhenkorrigiert werden. Die Höhe der Messstation stimmt nicht immer mit der zugehörigen Höhe im Modell überein. Klassischerweise nutzt man für die Höhenkorrektur einen konstanten Gradienten von etwa 0,64 °C pro 100 m.

Hinweis für die REMO-UBA und –BfG Simulationen auf der CERA-Datenbank (C20_1, C20_2, A1B_1, A1B_2, B1, A2: Beim Vergleich der Häufigkeitsverteilung der simulierten bodennahen Lufttemperatur mit Beobachtungen fällt eine unrealistische Häufung des 0 Grad Wertes auf, was aus der Formulierung des Wärmetransports im Boden im Zusammenhang mit der Parametrisierung der Gefrier- und Schmelzprozesse in der damaligen Modellversion REMO5.7 folgte. In der Modellversion REMO6.0 wurde diese Parametrisierung verbessert und diese sogenannte “ 0 Grad Problem“ damit beseitigt.

Abfluss:

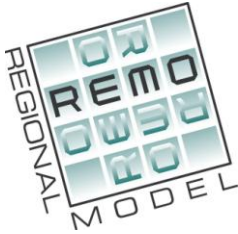
Jahreswerte des Abfluss können mit beobachteten Abflussdaten verglichen werden, höhere zeitliche Auflösungen wie z. B. Monatsmittel von größeren Einzugsgebieten jedoch nicht. Der von REMO simulierte Abfluss müsste mit Hilfe eines Abflussmodells (z. B. HD-Modell, Hagemann and Dümenil Gates, 2001) lateral auf der Landoberfläche weitertransportiert wird. In REMO findet kein lateraler Transport der Abflusskomponenten statt.

4. Klimaläufe

Kontroll- und Szenarienläufe von REMO werden von einem globalen gekoppelten Atmosphäre-Ozean-Zirkulationsmodell (z. B. ECHAM5/MPI-OM) angetrieben. Das Globalmodell sowie REMO rechnen transient. Das Globalmodell sowie REMO benutzen für den Kontrolllauf die beobachteten Treibhausgaskonzentrationen und für die Szenarienläufe die Treibhausgaskonzentrationen für die Zukunft, wie sie für die einzelnen Szenarien vorgegeben sind (IPCC).

Der Kontrolllauf stellt das heutige Klima nur im Mittel dar, das Wettergeschehen kann nicht dargestellt werden. Daher sollten mittlere Zustände und Statistiken verglichen werden. Die Szenarienläufe sollten mit dem zugehörigen Kontrolllauf verglichen werden.

Die Änderungen der meteorologischen und hydrologischen Größen unter Klimaänderungsbedingungen werden dargestellt als Differenz (δ) zwischen Kontrolllauf und Szenarienlauf.



Hinweise für REMO - Datennutzer

Der Kontrolllauf kann nicht direkt mit Beobachtungen verglichen werden. Es lassen sich jedoch die Trends und die Variabilitäten miteinander vergleichen. Die absoluten Werte können jedoch voneinander abweichen.

Klimaprojektionen für Deutschland:

Die globalen IPCC/AR4-Klimasimulationen A2, A1B und B1 des gekoppelten Modellsystems ECHAM5/MPI-OM (Roeckner et al. 2003; Jungclaus et al. 2006) wurden mit dem regionalen Klimamodell REMO zunächst für Europa zu einer Auflösung von 0.44° (50 km) dynamisch verfeinert. Im zweiten Nestungsschritt wurden im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) die jeweils 1. Realisierungen von C20 sowie A1B, A2 und B1 für Zentraleuropa auf ein Zielgitter mit horizontaler Auflösung von 10 km dynamisch weiter verfeinert (Jacob et al. 2008). Die globalen IPCC/AR4 ECHAM5/MPI-OM sind in der MPI Broschüre vereinfacht erläutert: <http://www.mpimet.mpg.de/fileadmin/grafik/presse/Klimaprojektionen2006.pdf>

Noch ein Hinweis zu den Simulationen der Kontrollperiode 1950-2000: als Input für REMO wurden die globalen Simulationen verwendet, die nur die beobachteten und projizierten Treibhausgasänderungen berücksichtigen (ohne Variabilität der Solarkonstante und ohne vulkanischen Aerosoleffekt). Die genaue Experimentkennung z. B. der C20_1 Läufe, wie sie auf der CERA Datenbank bezeichnet sind: „IPCC-AR4 MPI-ECHAM5_T63L31 MPI-OM_GR1.5L40 20C3M run no.1“- Acronym: „EH5-T63L31_OM-GR1.5L40_20C_1“ und entsprechende REMO Simulation in 10km: REMO CLIMATE OF THE 20th CENTURY RUN, UBA PROJECT, 0.088 DEGREE RESOLUTION, RUN NO. 006210 - Acronym: REMO_UBA_C20_1_R006210.

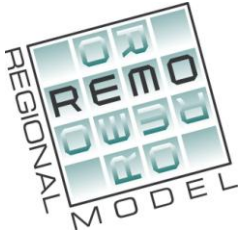
5. Weiteres zur Verwendung der Daten

Randwerte:

REMO ist ein regionales Klimamodell und berechnet Klimaszenarien nur für räumlich begrenzte Gebiete, aber dafür mit einer vergleichsweise hohen Auflösung. Damit das Modell Informationen außerhalb des Modellgebiets erfährt, wird es in Globalmodelle oder größeren Modellgebieten eingebettet. Der Informationstransfer vom größeren Modellgebiet zu REMO erfolgt über die acht Randgitterboxen jeder Seite, die sogenannten Relaxationszone. Die Relaxationszone sollte daher für Anwendungsstudien und Vergleiche nicht herangezogen werden.

Klimalauf:

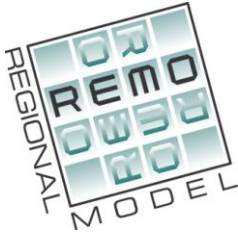
Daten aus den Klimäläufen sollten nicht eins-zu-eins für Impactstudien herangezogen werden, sondern nur die Änderung zum Kontrolllauf (siehe auch 4. Klimäläufe).



Hinweise für REMO - Datennutzer

Mittelungen:

Mit den Daten kann man nicht das Wetter vom 12.05.2057 noch von einem anderen Tag vorhersagen. Die Wettervorhersagbarkeit ist auf etwa zehn Tage beschränkt. Wettervorhersagen werden von Wetterdiensten erstellt. Mit REMO werden keine Wettervorhersagen sondern Klimaszenarien durchgeführt (siehe hierzu auch FAQs im Anhang). Man darf daher immer nur längere Mittelungszeiträume und deren Statistik vergleichen. Eine klassische Mittelungsperiode beträgt 30 Jahre.



Hinweise für REMO - Datennutzer

Häufige Fragen:

Was ist der Unterschied zwischen einer Wettervorhersage und einer Klimaprojektion?

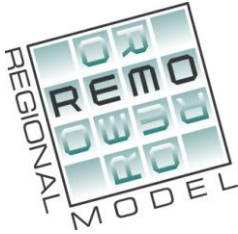
Kann man das Wetter für z. B. den 23. Februar 2097 vorhersagen? Nein, das funktioniert grundsätzlich nicht, da die Vorhersagbarkeit der Atmosphäre auf etwa zehn Tage beschränkt ist. Wieso kann man dann mögliche Klimaänderungen weit in die Zukunft hinein berechnen mit anderen Worten: Was ist der Unterschied zwischen einer Wettervorhersage und einer Klimaprojektion?

Bei der Wettervorhersage wird der Zustand der Atmosphäre für die nächsten Tage berechnet - oder bei der Kurzfristvorhersage für die nächsten Stunden. Bei der Klimaprojektion umgangssprachlich häufig auch als Klimavorhersage bezeichnet (siehe Frage 2) - wird nicht der Zustand selbst, sondern die Statistik des Zustandes der Atmosphäre und der anderen Komponenten des Klimasystems, wie Ozean, Eismassen, marine und terrestrische Biosphäre und Erdreich, ermittelt. Während bei der Wettervorhersage z. B. das Eintreffen eines Extremereignisses, wie Hurrikan oder Starkregen, so genau wie möglich vorhergesagt werden soll, steht bei der Klimaprojektion die Eintrittswahrscheinlichkeit von Extremereignissen über eine längere Zeitspanne, z. B. mittlere Häufigkeit von Hurrikans in einer Dekade, im Vordergrund. Konkret bedeutet dies für die vorgestellten regionalen Klimarechnungen, dass die Daten der Modellläufe zwar stündlich abgespeichert wurden, jedoch eine Vorhersage eines Klimazustandes auf dieser Zeitskala im Sinne einer Wettervorhersage unmöglich ist.

Was ist der Unterschied zwischen einer Klimaprojektion und einer Klimavorhersage?

Warum sprechen Klimaforscher von einer Klimaprojektion, statt von einer Klimavorhersage, wo doch jede Berechnung in die Zukunft hinein eigentlich eine Vorhersage ist? Der Unterschied zwischen Projektion und Vorhersage liegt in der Kenntnis des Klimaantriebs wie z. B. der Sonneneinstrahlung, die Stellung der Erde zur Sonne und der Treibhausgasemissionen, um nur einige zu nennen.

Nur wenn der Klimaantrieb bekannt ist, spricht man - wie z. B. bei der Vorhersage des El-Nino-Phänomens einige Monate im Voraus - von einer Klimavorhersage. Im Allgemeinen jedoch ist der Klimaantrieb nicht genau bekannt oder kann nur grob abgeschätzt werden. So ändern sich die Treibhausgasemissionen im Zeitraum von einigen Tagen nicht sonderlich, so dass bei der Wettervorhersage die aktuellen Treibhausgaskonzentrationen auch im Vorhersagezeitraum ausreichend sind. Um das Klima vorzuberechnen, muss jedoch eine Annahme über deren zukünftige Änderungen getroffen werden, die maßgeblich durch die künftige Emission von Treibhausgasen durch den Menschen bestimmt werden. Hierfür werden mögliche Entwicklungslinien des Weltwirtschaftswachstums und der des Bevölkerungswachstums zu Hilfe genommen (siehe IPCC Sachstandsberichte; www.ipcc.ch). Es werden



Hinweise für REMO - Datennutzer

verschiedene, gleich plausible Annahmen über deren zukünftige Entwicklung erstellt, auf deren Basis dann die Klimasimulationen durchgeführt werden. Die Klimaprojektionen, oder manchmal auch Klimaszenarien genannt, sind also bedingte Klimavorhersagen. Sie dienen nicht der Vorhersage des Klimas im Sinne einer Wettervorhersage, sondern der Abschätzung verschiedener möglicher Klimaentwicklungen ein für die Klimafolgenforschung wichtiges Instrument.

Sind Klimaprojektionen für Deutschland robust?

Hinsichtlich der großskaligen räumlichen Muster stimmen die REMO-Ergebnisse mit anderen Klimaprojektionen überein, die von diversen europäischen Forschungsgruppen erzielt wurden. Hier ist zum Beispiel das EU-Projekt PRUDENCE zu nennen, in dem regionale Klimasimulationen über Europa mit zehn verschiedenen Klima-Modellen durchgeführt wurden.

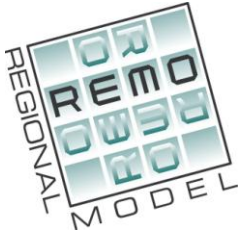
Mit REMO wurden die drei globalen Klimaänderungsszenarien A2, A1B und B1 des globalen Klimamodell ECHAM5-MPIOM mit jeweils drei Realisierungen für Europa auf ein Zielgitter mit einer horizontalen Auflösung von 50 km dynamisch verfeinert. Im nächsten Schritt wurden im Auftrag des UBA (Jacob et al. 2008) jeweils die erste Realisierung dieser drei Szenarien für Deutschland auf ein Zielgitter mit einer horizontale Auflösung von 10 km dynamisch verfeinert.

In allen drei Klimaszenarien sind regionale räumliche Muster im Klimasignal, insbesondere die des Niederschlags, zu erkennen, die dominant durch das Geländere Relief beeinflusst sind. Diese Muster erscheinen sehr robust. Sie treten in allen Simulationen und Jahreszeiten auf.

Ist eine mögliche Änderung des Golfstroms in den Klimaszenarien berücksichtigt?

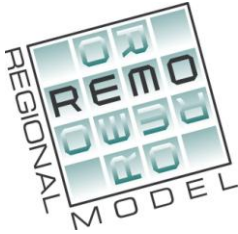
Die großräumige Ozeanzirkulation im Nordatlantik spielt eine wesentliche Rolle für das europäische Klima. Diese sogenannte thermohalinen Zirkulation verfrachtet oberflächennah warme Wassermassen aus den Tropen nach Norden, was allgemein als "Golfstrom" bezeichnet wird, und kalte Wassermassen in großer Tiefe nach Süden. Eine Abschwächung dieser thermohalinen Umwälzbewegung, führt zu einer Reduzierung des ozeanischen Wärmetransports nach Norden und somit zu einer möglichen geringeren anthropogenen Klimaerwärmung in Europa.

Die hier vorgestellten Studien enthalten als Antrieb Informationen von unserem gekoppelten Ozean/Atmosphärenmodell ECHAM5-MPI-OM, welches Änderungen der globalen Ozeanzirkulation berechnet. Die Klimasimulationen zeigen für das 21. Jahrhundert eine Reduzierung der Umwälzbewegung mit zunehmender globaler Erwärmung: Bis zum Ende des Jahrhunderts wird eine Verringerung von bis zu 30 %



Hinweise für REMO - Datennutzer

erwartet. Der verringerte Wärmetransport wirkt der Erwärmung entgegen, so dass im nordatlantischen Raum geringere Erwärmungsraten berechnet werden. In den regionalen Klimasimulationen für Deutschland sind diese Effekte berücksichtigt.

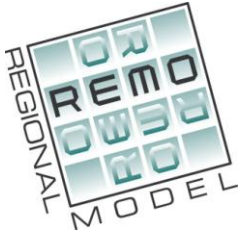


Hinweise für REMO - Datennutzer

Anhang 1

Gitterinformation (im FORTRAN Programm abgespeichert in IGDB, REF, AK und BK)

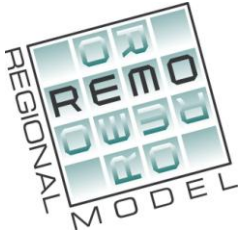
1		Länge des Gitterinformationsblocks in Octets
2		Anzahl der ungenutzten Bits am Ende des GDB
3		Reserviert
4		Daten Repräsentierungsart (10 für rotiertes Gitter)
5		Anzahl der Gitterpunkte in X-Richtung
6		Anzahl der Gitterpunkte in Y-Richtung
7		Breite der linken unteren Ecke in 10^{-3} Grad
8		Länge der linken unteren Ecke in 10^{-3} Grad
9		Flag
10		Breite der rechten oberen Ecke in 10^{-3} Grad
11		Länge der rechten oberen Ecke in 10^{-3} Grad
12		Längeninkrement in X-Richtung in 10^{-3} Grad
13		Längeninkrement in Y-Richtung in 10^{-3} Grad
14		Scanning Mode
15-16		Reserviert
17		Geographische Breite des rotierten Südpols in 10^{-3} Grad
18		Geographische Länge des rotierten Südpols in 10^{-3} Grad
19		Rotationswinkel in REF abgespeichert
20		Unbenutzt
21		Unbenutzt
22		Unbenutzt
ab 23		Vertikalkoordinaten-Parameter in AK und BK abgespeichert



Hinweise für REMO - Datennutzer

Produktinformation (im FORTRAN Programm abgespeichert in IPDB)

1		Länge des Produktinformationsblocks in Octets
2		Editionsnummer
3		Stationskennung
4		Typ Kennung
5		Katalog Nr.
6		Block Flag, zeigt an, ob weitere Blöcke folgen
7		Code Nummer oder Elementkennung
8		Level-Typ
9-10		Level abhängig von 8
11		Jahr
12		Monat
13		Tag
14		Stunden
15		Minuten
16		Zeiteinheit
17		Nicht belegt
18		Nicht belegt
19		10: Vorhersagezeitpunkt 4: Summe über einen Vorhersagezeitpunkt 3: Mittel über einen Vorhersagezeitpunkt
20		Für gemittelte Werte
21		Reserviert
22		Frei



Hinweise für REMO - Datennutzer

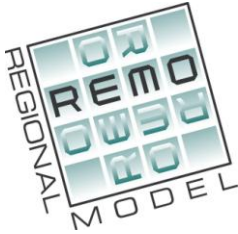
Anhang 2

Testprogramm in FORTRAN 90 zum Einlesen und Herausschreiben der Daten.

```

PROGRAM copy
IMPLICIT NONE ! Alle verwendeten Variablen muessen vorher definiert werden
!
!*****
! Definition der Variablen
!
! Feldgroesse
INTEGER, PARAMETER :: XMAX=109, YMAX=121
!
! Datenheader
INTEGER :: IPDB(37) ! Produktbeschreibung
INTEGER :: IGDB(22) ! Gitterbeschreibung
REAL :: REF ! Rotationswinkel gehört zur Gitterbeschreibung
REAL :: AK(50), BK(50) ! Vertikalkoordinatenparameter gehört zur Gitterbeschreibung
!
! Datenfeld
REAL :: DATEN(XMAX,YMAX)
!
! Statusvariable beim einlesen
INTEGER :: IOSTATUS
!
INTEGER :: I, J
!
!*****
! Input und Output-Dateien oeffnen
OPEN(10,FILE="infile",FORM="UNFORMATTED",ACTION="READ")
OPEN(20,FILE="outfile",FORM="UNFORMATTED",ACTION="WRITE")
!
!*****
! Alle Variablen einlesen und gleich wieder herausschreiben = Datei kopieren
!
! Schleife ueber alle Datensaeetze
DO
! Datenheader einlesen und dann Datenfeld
READ(10,iostat=IOSTATUS) IPDB,(IGDB(I),I=1,18),REF,(IGDB(J),J=20,22),AK,BK
READ(10,iostat=IOSTATUS) DATEN
IF (IOSTATUS>0) THEN
PRINT*, 'Beim einlesen ist ein Fehler aufgetreten'
EXIT
ELSEIF (IOSTATUS<0) THEN
PRINT*, 'Datei wurde abgearbeitet'
EXIT
ENDIF
! Datenheader und Datenfeld herausschreiben
WRITE(20,iostat=IOSTATUS) IPDB,(IGDB(I),I=1,18),REF,(IGDB(J),J=20,22),AK,BK
WRITE(20,iostat=IOSTATUS) DATEN
IF (IOSTATUS/=0) THEN
PRINT*, 'Beim Schreiben ist ein Fehler aufgetreten'
EXIT
ENDIF
ENDDO
!
! Dateien schliessen und Programm beenden
CLOSE(10)
CLOSE(20)
STOP
END

```

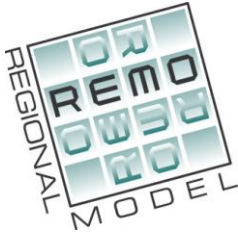


Hinweise für REMO - Datennutzer

Anhang 3

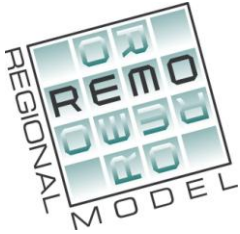
Die hier verwendeten Namen stimmen nicht exakt mit denen in der Datenbank überein!

code	levels	name	type	variable
112	1	QDB	g	specific humidity surface [kg/kg]
84	1	QDBL	g	specific humidity surface (land) [kg/kg]
85	1	QDBW	g	specific humidity surface (water) [kg/kg]
86	1	QDBI	g	specific humidity surface (ice) [kg/kg]
129	1	GEOSP	g	surface geopotential (orography) [m]
134	1	APS	g	Surface pressure [Pa]
139	1	TS	g	surface temperature [K] (see also code 169)
54	1	TSL	g	surface temperature (land) [K]
55	1	TSW	g	surface temperature (water) [K]
56	1	TSI	g	surface temperature (ice) [K]
140	1	WS	g	soil wetness [m]
141	1	SN	g	snow depth [m]
142	1	APRL	g s	large scale precipitation [mm]
143	1	APRC	g s	convective precipitation [mm]
144	1	APRS	g s	snow fall [mm]
145	1	VDIS	g m	boundary layer dissipation [W/m**2]
146	1	AHFS	g m	surface sensible heat flux [W/m**2]
69	1	AHFLS	g m	surface sensible heat flux (land) [W/m**2]
70	1	AHFSW	g m	surface sensible heat flux (water) [W/m**2]
71	1	AHFSI	g m	surface sensible heat flux (ice) [W/m**2]
147	1	AHFL	g m	surface latent heat flux [W/m**2]
66	1	AHFLS	g m	surface latent heat flux (land) [W/m**2]
67	1	AHFLW	g m	surface latent heat flux (water) [W/m**2]
68	1	AHFLI	g m	surface latent heat flux (ice) [W/m**2]
151	1		g	mean sea level pressure [Pa]
159	1	USTAR3	g m	ustar**3 [m**3/s**3]
160	1	RUNOFF	g s	surface runoff [mm]
53	1	DRAIN	g s	drainage [mm] (part of 160)
162	19	ACLC	g	cloud cover [fract.] (see also 223)
163	1	ACLCV	g	total cloud cover [fract.] (see also 164)
164	1	ACLCOV	g m	total cloud cover [fract.]
165	1	U10	g m	10m u-velocity [m/s]
166	1	V10	g m	10m v-velocity [m/s]
167	1	TEMP2	g m	2m temperature [K]
168	1	DEW2	g m	2m dew point temperature [K]
170	1	TD	g	deep soil temperature [K]
171	1	WIND10	g m	10m windspeed [m/s]
172	1	SLM	g	land sea mask [0.: sea, 1.: land]
173	1	AZ0	g	surface roughness length [m]
72	1	AZOL	g	surface roughness length (land) [m]
73	1	AZOW	g	surface roughness length (water) [m]
74	1	AZOI	g	surface roughness length (ice) [m]
174	1	ALB	g	surface background albedo [fract.]
175	1	ALBEDO	g	surface albedo [fract.]
75	1	ALSOL	g	surface albedo (land) [fract.]
76	1	ALSOW	g	surface albedo (water) [fract.]
77	1	ALSOI	g	surface albedo (ice) [fract.]
176	1	SRADS	g m	net surface solar radiation [W/m**2]
177	1	TRADS	g m	net surface thermal radiation [W/m**2]
178	1	SRAD0	g m	net top solar radiation [W/m**2]
179	1	TRAD0	g m	top thermal radiation (OLR) [W/m**2]
180	1	USTR	g m	surface u-stress [Pa]
57	1	USTRL	g m	surface u-stress (land) [Pa]
58	1	USTRW	g m	surface u-stress (water) [Pa]
59	1	USTR I	g m	surface u-stress (ice) [Pa]
181	1	VSTR	g m	surface v-stress [Pa]
60	1	VSTR L	g m	surface v-stress (land) [Pa]
61	1	VSTR W	g m	surface v-stress (water) [Pa]
62	1	VSTR I	g m	surface v-stress (ice) [Pa]
182	1	EVAP	g s	surface evaporation [mm]
63	1	EVAP L	g s	surface evaporation (land) [mm]
64	1	EVAP W	g s	surface evaporation (water) [mm]
65	1	EVAP I	g s	surface evaporation (ice) [mm]



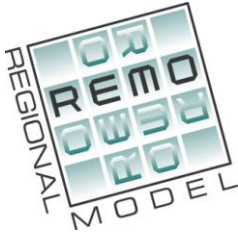
Hinweise für REMO - Datennutzer

183	1	TDCL	g	soil temperature	[K]
185	1	SRAFS	g m	net surf. solar radiation (clear sky)	[W/m**2]
186	1	TRAFS	g m	net surf. thermal radiation (clear sky)	[W/m**2]
187	1	SRAF0	g m	net top solar radiation (clear sky)	[W/m**2]
188	1	TRAF0	g m	net top thermal radiation (clear sky)	[W/m**2]
189	1	SCLFS	g m	surface solar cloud forcing	[W/m**2]
190	1	TCLFS	g m	surface thermal cloud forcing	[W/m**2]
191	1	SCLF0	g m	top solar cloud forcing	[W/m**2]
192	1	TCLF0	g m	top thermal cloud forcing	[W/m**2]
193	1	WL	g	skin reservoir content	[m]
194	1	WLM1	g	skin reservoir content (t-1)	[m]
195	1	USTRGW	g m	u-gravity wave stress	[Pa]
196	1	VSTRGW	g m	v-gravity wave stress	[Pa]
197	1	VDISGW	g m	gravity wave dissipation	[W/m**2]
198	1	VGRAT	g	vegetation ratio	
199	1	VAROR	g	orographic variance (for surface runoff)	
200	1	VLT	g	leaf area index	
201	1	T2MAX	g	maximum 2m-temperature	[K]
202	1	T2MIN	g	minimum 2m-temperature	[K]
203	1	SRAD0U	g m	top solar radiation upward	[W/m**2]
204	1	SRADSU	g m	surface solar radiation upward	[W/m**2]
205	1	TRADSU	g m	surface thermal radiation upward	[W/m**2]
206	1	TSN	g	snow temperature [K] (see description below)	
207	1	TD3	g	soil temperature [K]	" "
208	1	TD4	g	" [K]	" "
209	1	TD5	g	" [K]	" "
210	1	SEAICE	g	sea ice cover	[fract.]
211	1	SICED	g	sea ice depth	[m]
212	1	FOREST	g	vegetation type	
213	1	TEFF	g	(effective) sea-ice skin temperature	[K]
214	1	TSMAX	g	maximum surface temperature	[K]
215	1	TSMIN	g	minimum surface temperature	[K]
216	1	WIMAX	g	maximum 10m-wind speed	[m/s]
217	1	TOPMAX	g	maximum height of convective cloud tops	[Pa]
218	1	SNMEL	g s	snow melt	[mm]
219	1	RUNTOC	g	surface runoff into ocean	
220	1	TSLIN	g m	land: residual surface heat budget	[W/m**2]
				sea-ice: conductive heat flux	[W/m**2]
93	1	AHFICE	g m	sea-ice: conductive heat	[W/m]
94	1	QRES	g m	residual heat flux for melting sea ice	[W/m**2]
221	1	DSNAC	g s	snow depth change	[mm]
226	1	FAO	g	FAO data set (soil data flags)	[0...6.]
227	1	RGCGN	g	heat capacity of soil	
228	1	SODIF	g	soil diffusivity	
229	1	WSMX	g	field capacity of soil	
230	1	QVI	g m	vertically integrated specific humidity	[kg/m**2]
231	1	ALWCVI	g m	vertically integrated liquid water cont.	[kg/m**2]
232	1	GLAC	g	glacier mask	[0.: no, 1.: yes]
233	1	RUNLND	g	surface runoff not running into ocean	
260	1		g m	total precipitation (142+143)	
261	1		g m	total top radiation (178+179)	
262	1		g m	total surface radiation (176+177)	
263	1		g m	net surface heat flux (146+147+176+177-220-C*218)	
				C=Lf*RhoH2O	Lf: Latent heat of fusion
					RhoH2O: Density of water
264	1		g m	total surface water (142+143+182-160-221)	
96	1	QDBOXS	g m	horizontal transport of water vapour	[kg/m**2]
97	1	QWBOXS	g m	horizontal transport of cloud water	[kg/m**2]
98	1	EKBOXS	g m	horizontal transport of kinetic energy	
				[(3600*J)/m**2]	
99	1	FHBOXS	g m	horizontal transport of sensible heat	
				[(3600*J)/m**2]	
100	1	FIBOXS	g m	horizontal transport of potential energy	
				[(3600*J)/m**2]	
101	1	TLAMBDA	g	heat conductivity of dry soil	[W/(K*m)]
103	1	DLAMBDA	g	parameter for increasing the heat conductivity of the soil due to soil moisture (TLAMBDA+DLAMBDA gives the heat conductivity of saturated soil)	
104	1	PORVOL	g	pore volume	
105	1	FCAP	g	field capacity of soil	



Hinweise für REMO - Datennutzer

106	1	WI3	g	fraction of frozen soil (layers analogous soil temp.)
107	1	WI4	g	"
108	1	WI5	g	"
109	1	WI	g	"
110	1	WICL	g	"
271	1	GHPBL		geopotential height of the planetary boundary layer [GPM]
272	1	BETA		Beta-Parameter due to subgrid capacity distribution []
273	1	WMINLOK		Subgrid minimum water holding capacity [m]
274	1	WMAXLOK		Subgrid maximum water holding capacity [m]
275	1	VBM10M		10 metre gust wind [m/s]
614	1	PHI		phi geographical coordinates [grad]
615	1	LAMDA		lamda geographical coordinates [grad]



Hinweise für REMO - Datennutzer

Literatur:

- Barnes, S., 1964, A technique for maximizing details in numerical map analysis, J. Appl. Meteorol., 3, 395-409
- Hagemann, S., L. Bengtsson and G. Gendt, 2003, On the determination of atmospheric water vapor from GPS measurements, J. Geophys. Res., Vol. 108, No. D21, 4678
- Hagemann, S. and Dümenil Gates, L., 2001, 'Validation of the hydrological cycle of ECMWF and NCEP reanalyses using the MPI hydrological discharge model', J Geophys Res 106, 1503-1510.
- Jacob D, Göttel H, Kotlarski S, Lorenz P, Sieck K (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland mit dem Klimamodell REMO. Forschungsbericht 204 41 138 Teil 2, i.A. des UBA Dessau
- Rudolf, B. and Rubel, F., 2005, 'Global precipitation'. Chapter 11 of Hantel, M., Ed. (2005), Observed Global Climate, Landolt-Boernstein (Numerical Data and Functional Relationships), Springer-Verlag. in press.