ReKliEs-De – Newsletter

Nr.2 April 2017

ReKliEs-De: Regionales Klimaszenarien Ensemble für Deutschland

Inhalt:

1. Das Projekt ReKliEs-De: Projektziele und Rahmen
2. Erste Projektergebnisse
   2.1. Im Projekt durchgeführte und ausgewertete Simulationen
   2.2. Auswertung erster Simulationen für die Referenzperiode 1971-2000
   2.3. Auswertung erster Simulationen für den Szenario-Zeitraum
3. Nutzerfeedback
   3.1. Nutzerworkshop am 14./15.6.2016 in Potsdam
   3.2. Konsequenzen für das Nutzerhandbuch
   3.3. Konsequenzen für die Datenbereitstellung
   3.4. Weitere Aspekte

1. Das Projekt ReKliEs-De: Projektziele und Rahmen

Das Verbundprojekt ReKliEs-De wurde von den Bundesländern initiiert, um relevantes **Wissen für die Politikberatung** zum Umgang mit dem zu erwartenden Klimawandel zu generieren. Im Zusammenhang mit dem 5. Sachstandsbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013/2014) und den dafür verwendeten RCP-Szenarien (RCP = representative concentration pathway) ist eine Aktualisierung des Wissensstandes über den Klimawandel und seine Folgen auf Deutschland als Beratungsgrundlage notwendig.

Im Projekt ReKliEs-De werden für **Deutschland und die Einzugsgebiete der großen nach Deutschland entwässernden Flüsse** regionale Klimasimulationen für die neuen Szenarien durchgeführt. Diese werden zusammen mit den verfügbaren Simulationen aus EURO-CORDEX (Koordiniertes Regionalisierungs-Experiment für Europa; Giorgi et al, 2009) analysiert.

Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem **Hochemissionsszenario** RCP8.5. Ergänzend werden einige Simulationen für das **Klimaschutzszenario** RCP2.6 durchgeführt und ausgewertet. Sie liefern eine Referenz für die Politikberatung für den zu erwartenden Klimawandel in Deutschland, wenn eine globale Klimaänderung deutlich unter 2°C erreicht werden soll.

Gefördert durch:

Wesentliche **Fragestellungen** im Projekt sind:

1. Zeigen Klimaprojektionen mit den neuen RCP-Szenarien deutlich andere Ergebnisse als Projektionen mit den bisher verwendeten SRES-Szenarien? Sind die bisherigen Abschätzungen des Klimawandels und der daraus resultierenden Folgen auch unter den neuen Szenarien gültig, oder müssen Risiken neu analysiert und bewertet werden?
2. Wie viele Modellsimulationen muss ein Ensemble enthalten, um signifikante Veränderungen durch Herausnehmen oder Hinzufügen einer einzelnen Simulation zu verhindern?
3. Welche systematischen Unterschiede gibt es zwischen den Ergebnissen der dynamischen und statistischen Modelle? Lassen sich deren Ursachen auf methodische Unterschiede der Verfahren zurückführen? Worin unterscheiden sich die Ergebnisse der verwendeten globalen und regionalen Klimamodelle?

Projektpartner sind:
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU),
- Climate Service Center Germany (GERICS),
- Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ),
- Deutscher Wetterdienst (DWD),
- Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG),
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK),
- Universität Hohenheim (UHOH).

2. Erste Projektergebnisse

2.1. Im Projekt durchgeführte und ausgewertete Simulationen

***Tabelle 1**: Dunkelblau: ReKliEs-De-Simulationen, hellblau: EURO-CORDEX-Simulationen (EUR-11, d.h. Auflösung: 0,11°). (Stand: 04/2017)*

RCM + RCP	CCLM	REMO	WRF	WR'13	STARS	RCA4	RACMO	HIRHAM5
EC-EARTH RCP2.6	EURO-CORDEX				ReKliEs-De	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX
HadGEM2-ES RCP2.6					ReKliEs-De		EURO-CORDEX	
MPI-ESM-LR RCP2.6	ReKliEs-De	EURO-CORDEX	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De			
MPI-ESM-LR RCP8.5	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	ReKliEs-De	ReKliEs-De	EURO-CORDEX		
CNRM-CM5 RCP8.5	EURO-CORDEX	ReKliEs-De		ReKliEs-De	ReKliEs-De	EURO-CORDEX		
HadGEM2-ES RCP8.5	EURO-CORDEX	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	
EC-EARTH RCP8.5	EURO-CORDEX	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX
Can-ESM2 RCP8.5	ReKliEs-De	ReKliEs-De		ReKliEs-De	ReKliEs-De			
MIROC5 RCP8.5	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De	ReKliEs-De			
IPSL-CM5A RCP8.5			EURO-CORDEX			EURO-CORDEX		

ReKliEs-De orientiert sich bewusst eng an EURO-CORDEX: Die Eigenschaften der Simulationen (z.B. räumliche Auflösung, Datenspeicherung) entsprechen den Definitionen von EURO-CORDEX. Dadurch entsteht ein beiderseitiger Nutzen. Die Auswertungen in ReKliEs-De können neben den eigenen Simulationen auch die EURO-CORDEX-Simulationen verwenden. Umgekehrt stehen die ReKliEs-De-Simulationen auch für Auswertungen des EURO-CORDEX-Ensembles zur Verfügung. ReKliEs-De enthält zusätzlich zu den in EURO-CORDEX verwendeten dynamischen regionalen Klimamodellen (RCMs) auch zwei empirisch-statistische Regionalisierungsverfahren (ESDs): WR'13 und STARS.

Die Auswahl der in ReKliEs-De verwendeten Globalmodelle erfolgte nach den folgenden Kriterien:

- Die Kombination aus globalem Klimamodell (GCM) mit anschließender Regionalisierung mit einem regionalen Klimamodell (RCM) wurde noch nicht in EURO-CORDEX verwendet.
- Die GCM-Daten sollten die Bandbreite der simulierten Klimaänderungssignale in Temperatur und Niederschlag über Mitteleuropa (siehe Abbildung 1) möglichst gut abdecken.
- Die GCM-Daten sollten eine adäquate Auflösung von mindestens 300 km (T63) besitzen; die Antriebsdaten müssen für den Zeitraum 1971-2100 vollständig verfügbar sein und die Zeitreihen der Klimaparameter müssen kontinuierliche Verläufe zwischen der Referenzperiode und der Projektion aufweisen.

Abbildung 1 zeigt die Klimaänderungssignale der im 5. Sachstandsbericht des IPCC verwendeten GCMs für einen Ausschnitt über Mitteleuropa (in etwa durch das Gebiet Süd-Italien bis Süd-Skandinavien sowie Irland bis Schwarzes Meer beschrieben). Die in ReKliEs-De als Antrieb verwendeten GCM-Simulationen sind schwarz eingekreist.

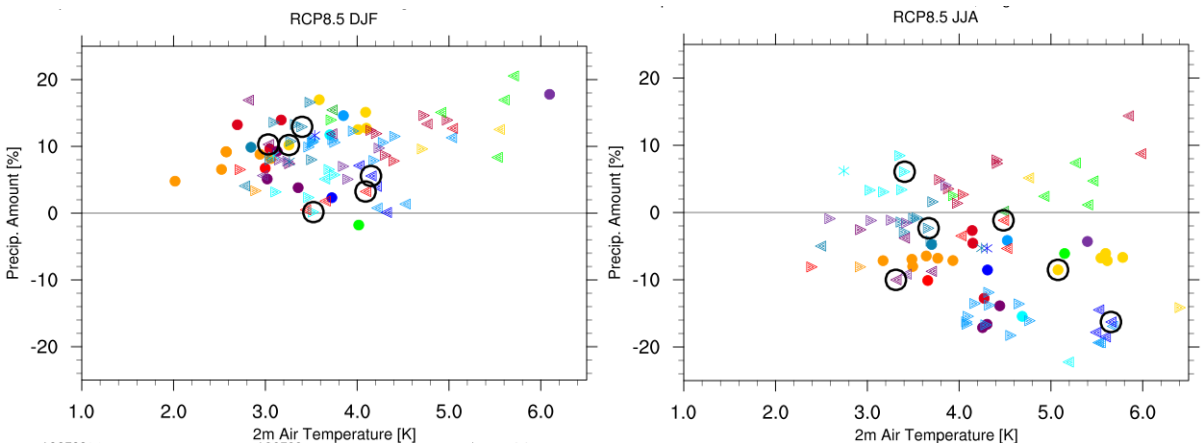


***Abbildung 1**: Klimaänderungssignale der im 5. Sachstandsbericht des IPCC verwendeten GCM-Ergebnisse für alle Gitterpunkte in einem Ausschnitt über Mitteleuropa (40°N-65°N, 15°W-30°O). Links: Winter (Dezember, Januar, Februar), rechts Sommer (Juni, Juli, August). X-Achse: Änderung der 2m-Temperatur (K), y-Achse: Änderung der Niederschlagsmenge (%), Szenario RCP8.5, 2071-2100 im Vergleich zu 1971-2000. Die in ReKliEs-De als Antrieb verwendeten GCM-Simulationen sind schwarz eingekreist. (Abbildung: F. Kreienkamp, DWD)*

2.2. Auswertung erster Simulationen für die Referenzperiode 1971-2000

Um die Ergebnisse der Modelle miteinander und mit den Beobachtungsdaten vergleichen zu können, wurden im Projekt alle Ergebnisse (d.h. statistische Modelle (ESDs), dynamische Modelle (RCMs) und Beobachtungsdaten) auf dasselbe Gitter (CORDEX EUR-11) gebracht. Erst dadurch lassen sich die verschiedenen Modellergebnisse (dynamische RCMs und statistische ESDs) vergleichen.

Es zeigt sich, dass die ESD-Ergebnisse (WR'13 und STARS) im Referenzzeitraum enger an der Beobachtung liegen als die RCM-Ergebnisse. Das ist aufgrund der Methodik auch zu erwarten, denn die ESD-Verfahren werden an Stationsdaten kalibriert. Dies beinhaltet keine Aussage über die Qualität der ESD-Ergebnisse für ein zukünftiges Klima.

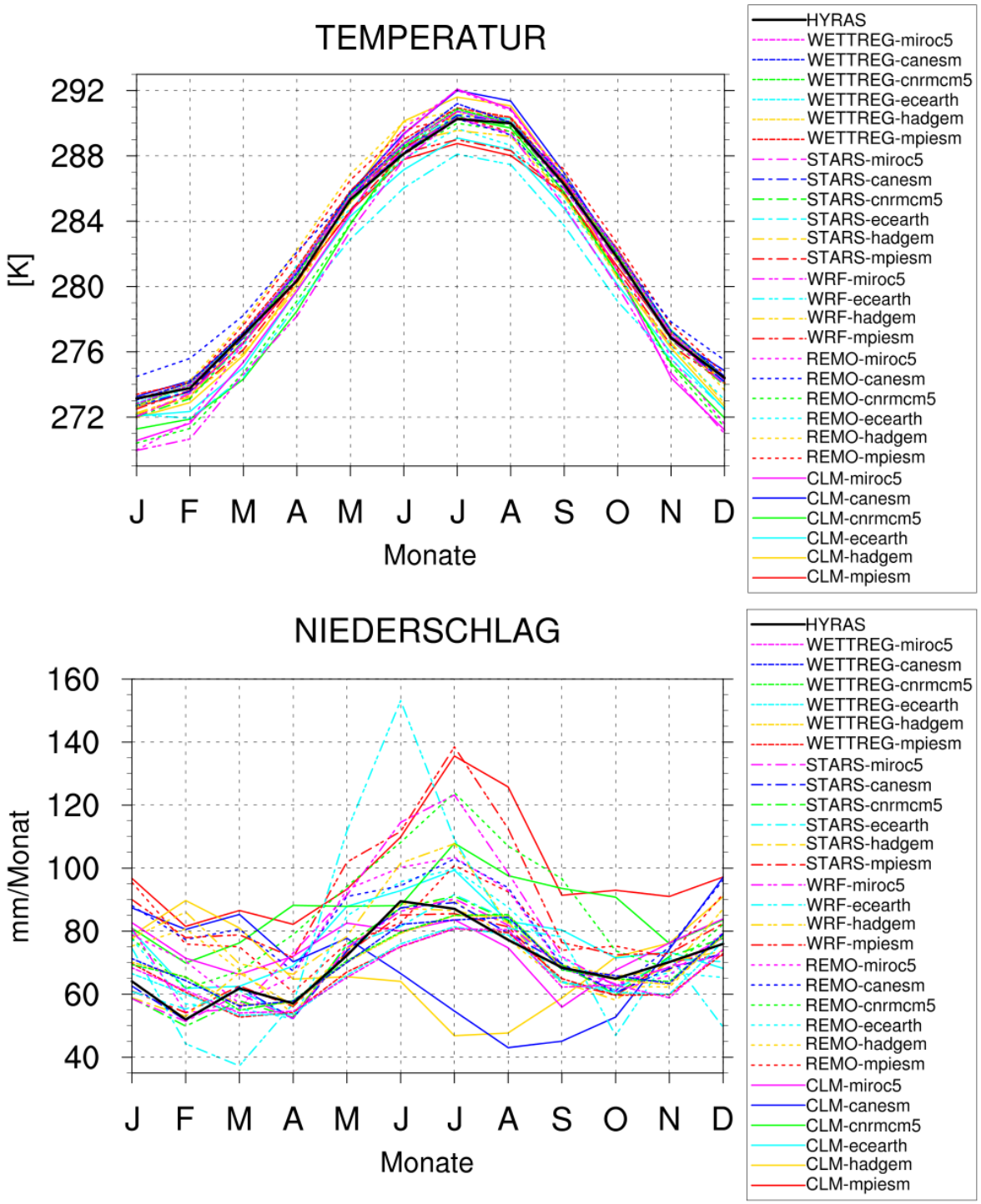


***Abbildung 2**: Jahresgänge ausgewählter Simulationen für die Referenzperiode 1971-2000 für das ReKliEs-De-Gebiet. Temperatur (oben) und Niederschlag (unten) im Vergleich zum Beobachtungsdatensatz HYRAS (schwarz). Dieselbe Farbe steht für dasselbe antreibende GCM, die Linienart (durchgezogene Linie, gepunktet etc.) stellt das Regionalisierungsverfahren dar. (Abbildung: K. Bülow, GERICS)*

Einige Simulationen zeigen für die Referenzperiode 1971-2000 zu kalte Winter, insbesondere bei Verwendung des GCM MIROC5 als Antrieb (pink). Dieser Kalt-Bias kann in einzelnen Simulationen 3 °C in manchen Monaten betragen. Eine Simulation zeigt im Winter einen Warm-Bias von 1,5 °C: REMO mit Antrieb aus CanESM. Im Sommer streuen die Ergebnisse um den Beobachtungswert: einige Simulationen sind zu kalt (insbesondere bei Antrieb mit dem GCM EC-EARTH, cyan), andere sind eher zu warm. Die Über- und Unterschätzung der Temperatur beträgt in den Sommermonaten maximal ±2 °C.
Beim Niederschlag (Abb. 2, unten) zeigen die Simulationen unterschiedliche Abweichungen vom Beobachtungsdatensatz HYRAS (schwarz): einige Simulationen überschätzen den Niederschlag deutlich (z.B. WRF mit Antrieb aus EC-EARTH im Juni), andere unterschätzen den Niederschlag (z.B. CCLM mit Antrieb CanESM im August). Viele Modellkombinationen simulieren im Jahresmittel eher zu viel Niederschlag im Untersuchungsgebiet.

Bei den dargestellten Ergebnissen handelt es sich um Simulationen, die mit globalen *Modellsimulationen* angetrieben wurden, weshalb eine vollständige Übereinstimmung der Ergebnisse mit den Beobachtungsdaten nicht zu erwarten ist. Eine Evaluierung der Modellgüte der mit *Beobachtungsdaten* (ERA-Interim Reanalysen) angetriebenen RCM-Simulationen wird in Kotlarski et al. (2014) beschrieben. Darin sind allerdings die ESD-Simulationen nicht enthalten.

Für ausgewählte Starkregenereignisse wurden im Rahmen von ReKliEs-De Simulationen mit 10-fach höherer Auflösung (1,2 km) durchgeführt, um zu ermitteln, ob die höhere Auflösung (mit der wesentlich höherer Rechenzeitaufwand verbunden ist) eine wesentliche Verbesserung der Ergebnisse für solche Starkregenereignisse liefert.
Als Beispiel wurde die Starkniederschlagsperiode vom 14.-25. März 2002, angetrieben mit Reanalysen (ERA-Interim), simuliert. Die Auswertung erfolgte für das Donaueinzugsgebiet bis zum Pegel Achleiten bei Passau und als Vergleich dienten HYRAS-Daten (räumliche Auflösung: 1 km). Die Ergebnisse zeigen, dass der mittlere Abfluss bereits mit einer Auflösung von 12,5 km recht gut simuliert wird und die höhere Auflösung keine weitere Verbesserung bringt. Das Abflussmaximum wird hingegen in der Simulation mit 12,5 km Auflösung deutlich unterschätzt und in der höheren Auflösung wesentlich besser dargestellt.

Zusammenfassend kann für diese Niederschlagsepisode festgestellt werden:
Die Simulation mit 10-fach höherer Auflösung
- verändert nicht den Gesamteintrag im Einzugsgebiet,
- erzeugt intensivere und lokalere Einzelereignisse,
- verbessert die räumliche Struktur und
- verbessert die Intensitätsverteilung der Tagesniederschläge.

Die Abweichungen zwischen hochaufgelöster Simulation und Referenzdaten verringern sich im Vergleich zur gröber aufgelösten Simulation (12,5 km). Die Ergebnisse repräsentieren aber nur einen Einzelfall und keine klimatologischen Verhältnisse.

2.3. Auswertung erster Simulationen für den Szenario-Zeitraum

Erste Auswertungen für das Szenario RCP8.5 sind in Abbildung 3 dargestellt. In der Abbildung lässt sich bereits ein **systematischer Unterschied zwischen statistischen (ESD) und dynamischen (RCM) Verfahren** identifizieren:
Die Ergebnisse der statistischen Modelle (WR'13 und STARS) bilden einen großen Teil der von den RCMs simulierten Bandbreite der Temperaturänderung ab (x-Achse). Beim Niederschlag (y-Achse) zeigen die Ergebnisse der statistischen Modelle eher eine Niederschlagsabnahme, während die RCMs eher eine Niederschlagszunahme zeigen.
Eine mögliche Interpretation ist: Die beiden verwendeten statistischen Modelle sind an Beobachtungsdaten aus der Vergangenheit trainiert, d.h. sie simulieren das Klima der Zukunft unter Verwendung des beobachteten Klimas der Vergangenheit. In der Vergangenheit waren besonders warme Episoden häufig auch sehr trocken. Daher wird das

in Zukunft wärmere Klima von diesen Modellen häufig als besonders trocken projiziert. Die dynamischen Modelle berücksichtigen unter anderem den im wärmeren Klima erhöhten Wasserdampfgehalt der Atmosphäre. Sie simulieren daher tendenziell eher eine Niederschlagszunahme.
Es zeigt sich außerdem eine systematische Streuung: die kühlsten GCMs sind auch nach der Regionalisierung tendenziell kühler, die wärmsten GCMs liefern auch nach der Regionalisierung eine stärkere Erwärmung.

Vorläufiges Fazit: Die Projektionen aller Regionalmodelle stellen plausible Realisierungen des zukünftigen Klimas dar. Die Identifizierung der Bandbreiten der Klimaprojektionen und deren Spezifika ist eine wesentliche Aufgabe des ReKliEs-De-Projektes. Zur vollständigen Erfassung der Bandbreite sollten alle Ergebnisse für die Klimafolgenforschung genutzt werden.

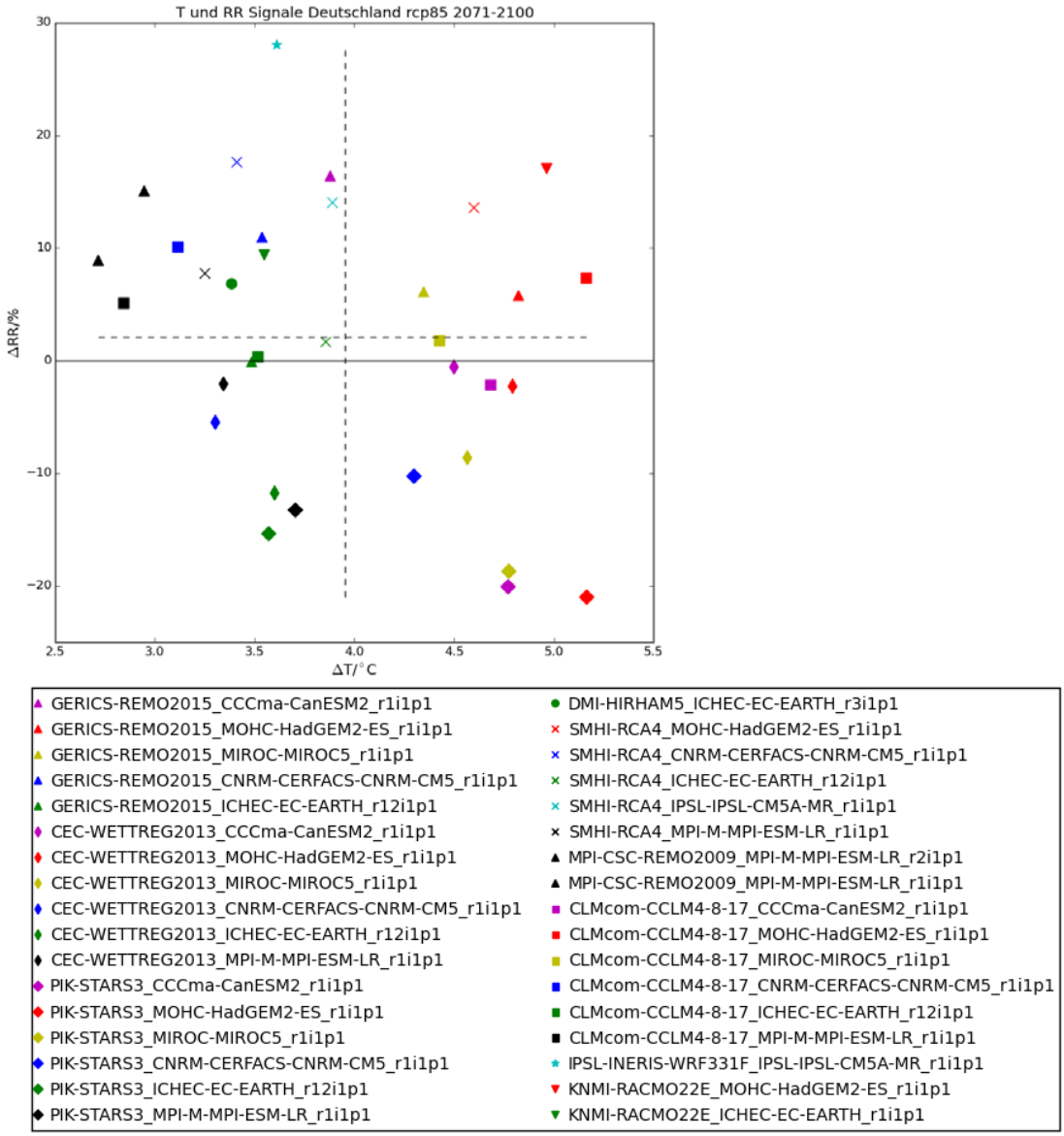


***Abbildung 3**: Änderungssignale der Jahresmittelwerte der Temperatur (ΔT, x-Achse) und des Niederschlags (ΔRR, y-Achse) für 2071-2100 im Vergleich zu 1971-2000 für Gitterpunkte über Deutschland. Gleiche Symbole kennzeichnen dasselbe Regionalmodell, gleiche Farben kennzeichnen dasselbe antreibende GCM. Die dynamischen Modelle sind: REMO, HIRHAM, RCA4, CCLM, WRF und RACMO. Die statistischen Modelle WR'13 und STARS führen je 10 Realisierungen pro Antrieb durch. Hier wurde jeweils nur die erste Realisierung pro GCM dargestellt. Die gestrichelten Linien zeigen den Mittelwert der T- und RR-Änderung über alle Simulationen. Szenario: RCP8.5 (Abb.: C. Steger, DWD)*

Abbildung 4 zeigt einen ersten **Vergleich** von Simulationsergebnissen mit alten und neuen Szenarien (**SRES A1B im Vergleich zu RCP8.5 und RCP2.6**). Die Szenarien stellen unterschiedliche Emissions- bzw. Konzentrationsverläufe dar: RCP8.5 ist aus globaler Sicht ein Hochemissions-Szenario, SRES-A1B ein mittleres Szenario und RCP2.6 ein Niedrigemissions-Szenario. Die Abbildung zeigt die Bandbreiten der simulierten Änderungen in der Anzahl der Frosttage (Tmin < 0°C, oben links), der Sommertage (Tmax > 25 °C, oben rechts) sowie der Tage mit Niederschlag von mehr als 20 mm (unten, JJA links, DJF rechts).
Bei dieser vorläufigen Auswertung ist zu beachten, dass die Ensembles für die verschiedenen Szenarien weder dieselbe Anzahl von Simulationen enthalten (für RCP2.6 liegen derzeit nur 4 Simulationen vor) noch dieselben Modelle (GCMs und RCMs/ESDs) enthalten sind. Zudem liegen zwischen den Simulationen mit Szenario SRES A1B und den Simulationen mit den RCP-Szenarien bis zu 7 Jahre, in denen die verwendeten Global- und Regionalmodelle weiterentwickelt wurden.

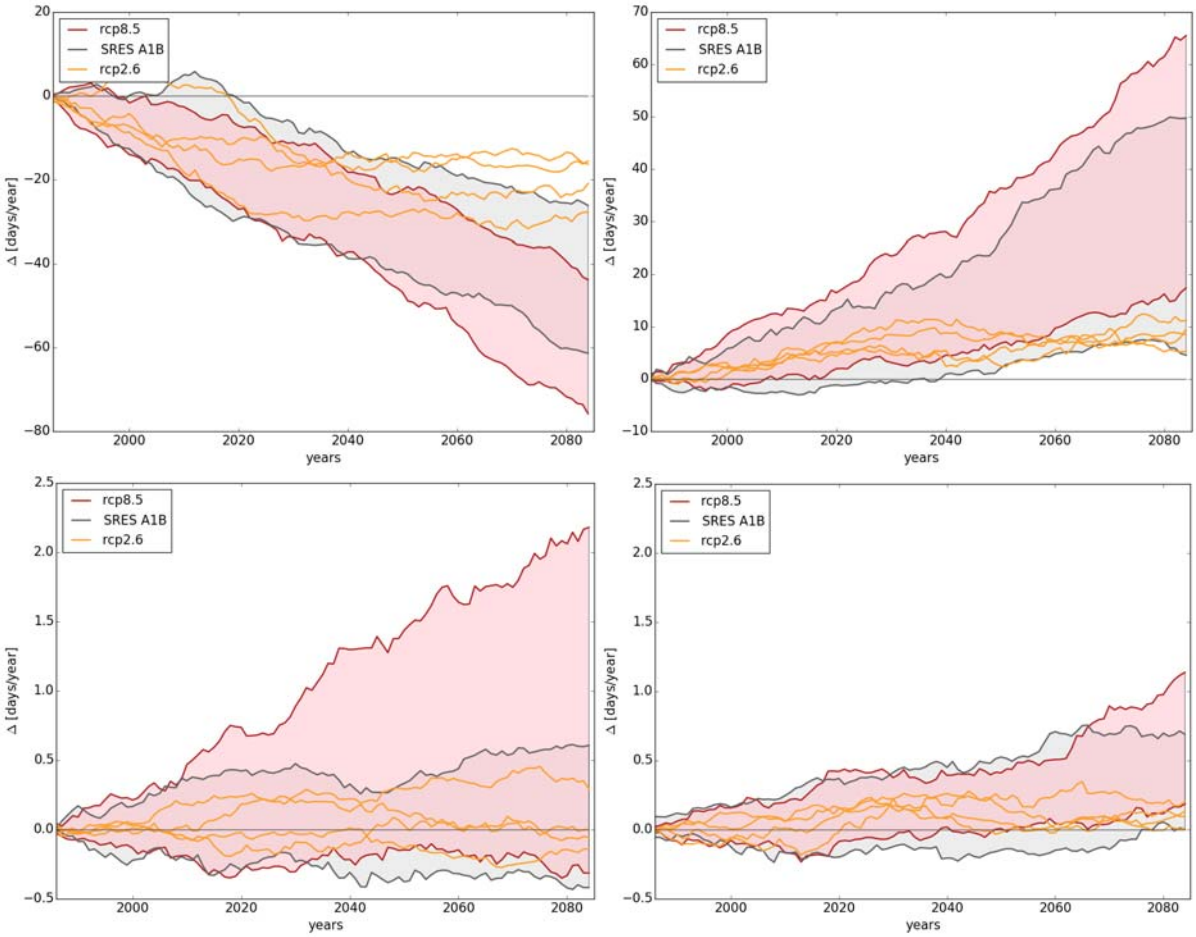


***Abbildung 4**: Ensemble-Minimum und Maximum der Änderung der Anzahl der Frosttage (oben links), Sommertage (oben rechts) und der Anzahl der Tage mit Niederschlag > 20 mm im Sommer (Juni, Juli, August, unten links) und im Winter (Dezember, Januar, Februar, unten rechts). Gebietsmittel über Deutschland, 30 Jahre gleitendes Mittel 1986-2085 minus (1971-2000). Das A1B-Ensemble besteht aus 15 Simulationen (ENSEMBLES-Projekt, 4 GCMs kombiniert mit 8 RCMs, grau), das RCP8.5-Ensemble besteht aus 13 Simulationen (EURO-CORDEX, 5 GCMs mit 6 RCMs kombiniert, rot), die vier Simulationen für RCP2.6 (3 GCMs kombiniert mit 3 RCMs) wurden als einzelne Linien (orange) eingezeichnet. (Abbildung: K. Bülow, GERICS)*

Eine Einordnung der Szenarien zueinander ist jedoch möglich und an den grundsätzlichen Aussagen wird sich bis zum Projektabschluss voraussichtlich auch nichts mehr ändern: Die Ergebnisse für Szenario RCP8.5 zeigen für die Gitterpunkte über Deutschland insgesamt

stärkere Änderungssignale als die Ergebnisse für Szenario SRES A1B, auch wenn sich die Bandbreiten stark überlappen. Dies ist auch zu erwarten, da bei RCP8.5 von einer höheren Treibhausgas (THG)-Konzentration am Ende des 21. Jahrhunderts ausgegangen wird als bei A1B. Bei RCP2.6 erfolgt der Großteil der Änderung bis zur Mitte des Jahrhunderts. In diesem Szenario sind die THG-Emissionen in den nächsten Jahrzehnten stark rückläufig und gehen in der Mitte des Jahrhunderts gegen Null. Ab ca. 2070 werden in diesem Szenario sogar negative Emissionen angenommen, d.h. es müssten THG aus der Atmosphäre entfernt werden.

Eine weitere wichtige Fragestellung im Projekt ist: wie viele Ensemble-Mitglieder muss man bei zufälliger Auswahl mindestens nehmen, um den Großteil der vollen Bandbreite zu bekommen?
Der gegenwärtige Kenntnisstand ist: Bei zufälliger Auswahl der Experimente hängt die minimale Ensemblegröße für eine verlässliche Bandbreitenabschätzung davon ab, welcher Parameter ausgewertet wird und wie viel „Restunsicherheit“ am Ende noch zugelassen werden soll. Liegen die Ergebnisse für eine Variable relativ eng beieinander (z.B. falls alle Simulationen eine ähnliche Erwärmung zeigen), dann reichen relativ wenige Simulationen aus für die Bandbreitenabschätzung. Bei einer breiteren Verteilung (z.B. einige Modelle simulieren eine Niederschlagszunahme, andere eine Niederschlagsabnahme) werden deutlich mehr Simulationen benötigt, bis die Bandbreite sicher abgeschätzt werden kann.

3. Nutzerfeedback

3.1. Nutzerworkshop am 14./15.6.2016 in Potsdam

Am Nutzerworkshop haben ca. 40 Anwender aus unterschiedlichen Bereichen teilgenommen: Landesämter, Klimafolgen-Forscher, Forschungseinrichtungen und Hochschulen, sowie Anwender und meteorologische Dienstleister.

Der Workshop war gezielt in einem interaktiven Format angelegt. Nach einer Begrüßung durch Prof. Schellnhuber und einer kurzen Einleitung durch die Projektleitung bestand der Workshop aus zwei Postersessions und zwei Arbeitsgruppensessions.
Die Poster waren in vier thematische Gruppen gegliedert:

1. Allgemeine Information zu den Simulationen im Projekt
2. Extreme
3. Ensembleauswertungen
4. Daten und Methoden

An jedem der Tage des Workshops erfolgte eine Aufteilung in drei Arbeitsgruppen, so dass jede/r Teilnehmer/in an mehr als einer der thematischen Arbeitsgruppen teilnehmen konnte. Die Arbeitsgruppen hatten folgende Themen:

a) Extreme
b) Ensemble
c) Daten und Methoden

Die Vorstellung der bisherigen Projektergebnisse erfolgte nicht in Vorträgen, sondern auf den Postern. Die Teilnehmer waren zu Beginn des Workshops aufgefordert, sich an den Postern zu informieren, wo Projektpartner für Erläuterungen und Rückfragen bereitstanden. Daran anschließend fand die erste Runde der Arbeitsgruppen statt. Am Abend des ersten Tages gab es die Möglichkeit, die aufgeworfenen Fragen und Ideen in zwangloser Runde zu vertiefen. Der zweite Tag startete mit der zweiten Runde der Arbeitsgruppen. Anschließend wurden die Teilnehmer gebeten, ihre Fragen, Wünsche und Anregungen für das Projekt auf Klebezetteln direkt an den Postern zu vermerken.

Alle Rückmeldungen aus den Arbeitsgruppen und von den Postern wurden nach dem Workshop durch die Projektgruppe ausgewertet. Die wichtigsten Ergebnisse stellen wir hier vor. Eine Publikation dazu ist eingereicht (Huebener et al., submitted).
Programm, Einführungsvortrag, alle Poster und die Impulsvorträge sind auf der Projekt-Webseite (http://reklies.hlnug.de/nutzerworkshop.html) zu finden.

Die Teilnehmer des Workshops haben sich zu vier Themen besonders artikuliert:
- ReKliEs-De-Nutzerhandbuch,
- Reduktion der Zahl der Ensemblemitglieder,
- klimatische Kennzahlen,
- Visualisierung von Ensembleergebnissen.

Besonders von Bedeutung für die Datennutzer sind Erläuterungen zu den Global- und Regionalmodellen. Hierbei ist weniger die Modellphysik relevant, sondern die Eigenschaften, die Eigenheiten der jeweiligen Modelle, z.B. ob bestimmte Modelle oder Modellgruppen besonders trocken oder feucht ausfallen, ob einige Modelle den Niederschlag charakteristisch häufig am Hang statt auf der Kuppe der Berge simulieren, ob Modelle einen Kalt- oder Warm-Bias haben, etc.. Die Nutzer wünschen sich hierfür eine knappe, leicht verständliche „Bewertung“ im Sinne von z.B. Factsheets.

Mit der steigenden Zahl der verfügbaren Klimasimulationen ist es für manche nachgelagerte Anwender schwierig geworden, alle verfügbaren Simulationen zu bearbeiten. Wie kann die Zahl der Ensemblemitglieder reduziert werden, ohne mögliche Entwicklungen auszu-blenden? Gibt es unplausible Ergebnisse oder „gute Gründe“, Modelle auszuschließen? Ist die Bildung eines Kernensembles sinnvoll? Woraus sollte dieser Kern bestehen und wie kann er für die verschiedenen Anwendungsbereiche der Klimafolgenmodellierung modifiziert und ergänzt werden?

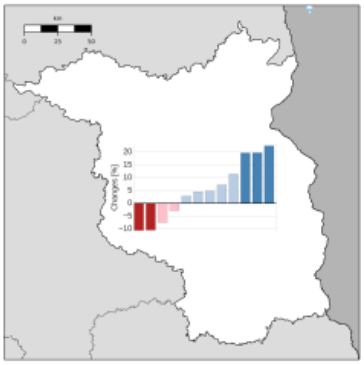
Der Nutzerworkshop offenbarte zudem Wünsche nach zusätzlichen klimatischen Kennzahlen. Heizgradtage, phänologische Größen oder die Grasreferenzverdunstung sind Beispiele. Die erwünschten Kennzahlen werden z.T. in ReKliEs-De bearbeitet, z.T. sind sie in der Erstellung zu aufwändig, um noch in der Projektlaufzeit umgesetzt werden zu können und z.T. lassen sie sich aus den Modelldaten nicht sinnvoll ableiten. Eine genaue Aufschlüsselung, welche gewünschten Kennzahlen in welche der drei Kategorien fällt, wird der Abschlussbericht enthalten.

Die Ergebnispräsentation von Ensembledaten stellt eine nicht ganz neue, aber zunehmend komplexere Herausforderung dar. Die Diskussion beim Nutzerworkshop ergab, dass folgende Informationen immer enthalten sein müssen:
- Klimaparameter (Kennzahl/Index),
- Zeitraum (möglichst dreißigjähriger Zeitraum),
- Bezugszeitraum (z.B. Sommer oder Jahr),
- Bezugsraum (z.B. Bundesland, Naturraum),
- Skalierung der quantitativen Aussage,
- Ensemblezusammensetzung und Datengrundlagen (z.B. Angaben zu GCM, RCM; Bias).

Wünschenswert sind darüber hinaus Angaben zu:
- Signifikanz und Robustheit der Aussage,
- Informationen über Verteilung der Ensemblemitglieder (z.B. Perzentile, Median).

An einem Poster wurden Beispiele für die Visualisierung von Ensemble-Ergebnissen gezeigt und um Feedback der Nutzer gebeten. Bei diesem Feedback ist zu beachten, dass es bei einer anderen Nutzergruppe auch anders ausfallen könnte.
Erstaunlicherweise wurden die Abbildungen, die Zeitverläufe zeigen (wie Abbildung 4), von den anwesenden Nutzern weniger stark nachgefragt, sondern stattdessen Abbildungen mit Mittelwerten über 30-jährige Zeitscheiben bevorzugt.

Als gute Beispiele hinsichtlich der Visualisierung wurden die beiden nachstehenden Präsentationen (Abb. 5 und 6) durch die Workshopteilnehmer bewertet. In beiden Beispielen werden Niederschlagsänderungen für den Sommer für die Periode 2071-2100 im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 dargestellt. (Es wurden unterschiedliche Ensemble genutzt.)



Vorteile:
Information über:
- die Verteilung des Ensembles,
- die Signifikanz der projizierten Änderungen,
- die Übereinstimmung der Richtung des Signals

Nachteile:
- keine räumlichen Muster erkennbar
- Mittelwerte über die Gesamt-Region

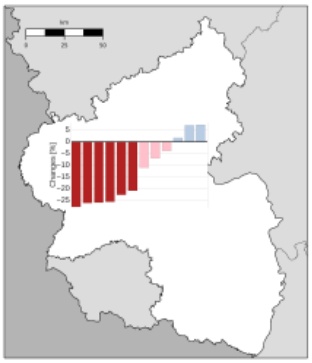


Abbildung 5: Balkendiagramm mit Signifikanz (dunkle Balken) und Flächenbezug, aber ohne Zuordnung der Ergebnisse zu den Ensemblemitgliedern (Abbildung S. Pfeifer, GERICS)

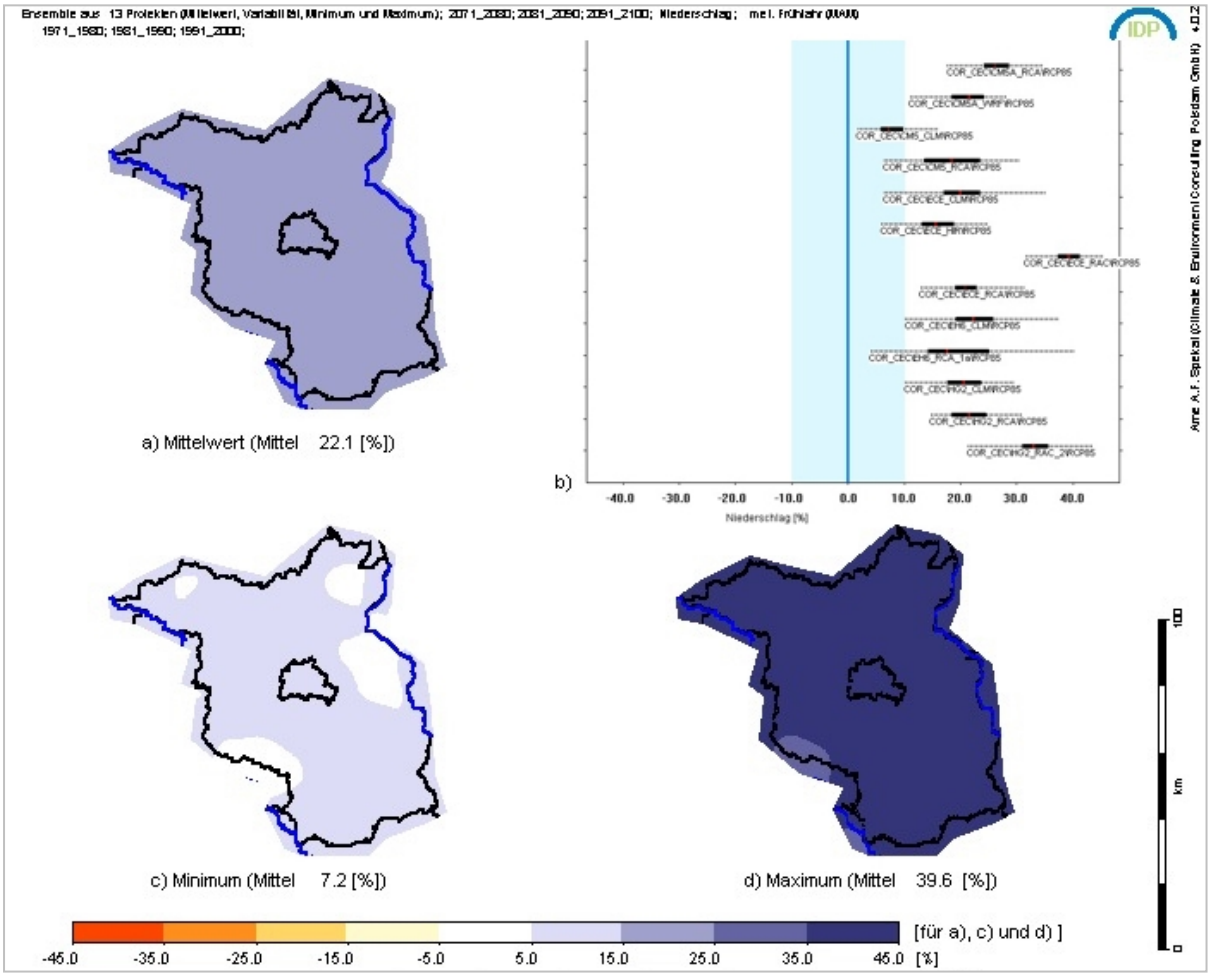


Abbildung 6: Bänderdiagramm mit 13 Ensemblemitgliedern und Angabe des Änderungssignals des Ensembles (Mittel, Minimum und Maximum) (Abbildung: A. Spekat, PIK, modifiziert von C. Linke, LfU Brandenburg)

Bei beiden Beispielen wurde positiv bewertet, dass die Verteilung der einzelnen Ensemble-Mitglieder sichtbar ist (in Abb. 6 im „Bänderdiagramm“ oben rechts). Ebenfalls sichtbar ist, welche der simulierten Änderungen sich signifikant vom Referenzzeitraum unterscheiden und welche nicht. Ein zusätzlicher Vorteil der Abbildung 6 ist, dass die räumliche Verteilung ebenfalls zu erkennen ist.

3.2. Konsequenzen für das Nutzerhandbuch

Für das zu erstellende Nutzerhandbuch ergibt sich die Notwendigkeit eines Teil-Kapitels über GCMs, das Aussagen zur „Performance“ bzgl. verschiedener Parameter (direkte Größen, abgeleitete/berechnete Indices) inkl. Wetterlagen/Blockings enthalten sollte. Ebenso besteht die Notwendigkeit für ein Teil-Kapitel über die in ReKliEs-De verwendeten RCMs, deren Charakteristiken (z.B. statistische versus dynamische) und Performance (sowohl Stärken als auch Schwächen) für verschiedene Parameter und Zeitfenster. Dabei sollen Hinweise zur Nutzung und Interpretation der verwendeten Modelläufe (GCM und RCM) enthalten sein.

Die Nutzer/innen wünschen sich Auswahlkriterien für die Aufnahme/Ablehnung einzelner Modelle in ein Ensemble. Hierzu sind Handreichungen und Erläuterungen notwendig. Des Weiteren sind Anleitungen zur Arbeit mit bzw. der Nutzung von Perzentilen zu erstellen.

3.3. Konsequenzen für die Datenbereitstellung

Eine hohe Zahl der Workshopteilnehmer sind Windows-Nutzer. Somit entsteht ein hoher Bedarf an Hilfestellungen für diese Zielgruppe.

- Alle Projektdaten, die bis Projektende erstellt sind und dem vorgegebenen Archivdesign entsprechen, werden im Langzeitarchiv des DKRZ (d.h. CERA-Datenbank) archiviert und sind dann dort frei verfügbar.
- Um die großen Datenmengen der Klimasimulationen zu reduzieren, stellt das DKRZ geeignete Programme zur Verfügung:
    - Skripte zur Extraktion von z.B. EURO-CORDEX-Daten für einen Deutschland-Ausschnitt werden erstellt und verteilt.
    - Vorhandene Online-Angebote (WPS: Web Processing Service) werden vom DKRZ auf ihre Nutzbarkeit erprobt.
    - Es gibt bereits Internetseiten (z.B. climate4impact.eu), die Programme zur Datenreduktion oder zur Berechnung von Klimakennzahlen anbieten.
    - Das DKRZ wird Workshops zur Benutzung der Programme (z.B. Datenreduktion) anbieten bzw. auf solche hinweisen.
- Automatische Benachrichtigung einer Nutzerliste über neue Daten oder Änderungen der vorhandenen Daten wird im ESGF implementiert (ist in Arbeit).
- Viele Nutzer wünschen die Datenbereitstellung in ASCII-Format; langfristig wäre es besser, wenn die Nutzer ihre Modelle auf NetCDF-Input umstellen würden, da auch in Zukunft die meisten Daten in diesem Format bereitgestellt werden und ASCII-Daten einen erheblich höheren Speicherbedarf haben.

Durch den Workshop wurde deutlich, dass die Nutzer/innen Schulungen für die Verwendung geeigneter Software (z.B. CDO für Windows) benötigen. Zur Bearbeitung der Klimamodelldaten sind Windows-Rechner weniger gut geeignet, besser ist ein Rechner mit Linux oder sogar Zugang zu einem Großrechenzentrum (z.B. DKRZ). Als Ergebnis des Nutzerworkshops lässt sich ebenfalls festhalten, dass alle Nutzer (Forschungseinrichtungen und Behörden) eine grundlegende Einführung zum Umgang mit Klimamodelldaten erhalten sollten. Dies ist allerdings außerhalb des Umfangs von ReKliEs-De.

3.4. Weitere Aspekte

Gerade wegen der unterschiedlichen Hintergründe der Nutzer waren die Diskussionen sehr konstruktiv und engagiert. Die Möglichkeit der Einflussnahme auf das laufende Projekt sowie das interaktive Format wurden gut angenommen und positiv bewertet.

Als Fazit ist festzuhalten, dass die Nutzer von Klimainformationen einen großen Bedarf an Vermittlung und Beratung haben. Die bisherigen Angebote dafür reichen nicht aus, um dem vielfältigen Bedarf gerecht zu werden. Insbesondere wird eine offene Diskussion von Stärken und Schwächen verschiedener Methoden oder Ansätze erwartet („Klartext reden"), die so formuliert ist, dass die Nutzer aus anderen Fachdisziplinen den Argumenten und Empfehlungen der Klimadatenlieferanten folgen können.

Literaturnachweis

Giorgi, Jones and Asrar (2009): Addressing climate information needs at the regional level: The CORDEX framework. WMO Bull 58: 175-183

Huebener, H., P. Hoffmann, K. Keuler, S. Pfeifer, H. Ramthun, A. Spekat, C. Steger und K. Warrach-Sagi: Deriving user-informed climate information from climate model ensemble results. *Adv. Sci. Res.*, *submitted*.

Kotlarski et al., (2014): Regional climate modeling on European scales: a joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble. Geosci. Model Dev., 7, 1297-1333. DOI: 10.5194/gmd-7-1297-2014.

Vorankündigung:

Am 6./7.12.2017 findet der Abschlussworkshop des Projektes in Wiesbaden statt.

Weitere Informationen hierzu können Sie ab Sommer 2017 auf unserer Projekt-Homepage abrufen.

Redaktion

C. Linke, LfU Brandenburg
H. Hübener, HLNUG

Impressum

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (Projektkoordination)
Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden