

Abschätzung des zukünftigen Klimawandels aus einer Vielzahl von Modellsimulationen

Arne Spekat, Frank Kreienkamp,
Sonja Baumgart und Wolfgang Enke

Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH

Fachtagung INKLIM-A, WCG, Wiesbaden, 4. Juni 2013

Übersicht

- Kontext
- Strategien
 - Ensembles
 - Statistische Regionalisierung
 - Was ist neu?
- Ergebnisse – Klimaprojektionen für zwei zukünftige Entwicklungslinien
 - Szenario A1B
 - Szenario E1, der vermiedene Klimawandel
- Ausblick

*Vortrag bietet Überblick des CEC-Beitrags zu INKLIM-A
– Details im CEC-Bericht*

Abendländischer Dichter und Denker

Hoffentlich wird es nicht so schlimm
wie es bereits ist.

Karl Valentin

Kontext

- Benötigt: Wissensbasis zur Abschätzung des Klimawandels
- Ziel: Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen
- Im Verantwortungsbereich von Landesbehörden
- Umfangreiche Programme seit vielen Jahren in Hessen
- Einbindung von CEC Potsdam GmbH auf der Modellierungs- und Visualisierungsstrecke:
 - Statistische Regionalisierungsmethode WETTREG
 - Klimaprojektionen
 - Beratung bei der Interpretation
 - Methodenentwicklung
 - Gemeinsame Publikationen

Kontext

- Fokus
 - Regionalisierung des Klimawandels
 - Herausarbeiten von Spezifika des Wandels in der Region Hessen
 - Identifikation von potenziell bedrohlichen Klimafolgen
 - Identifikation von Sektoren mit besonderer Sensitivität bezüglich des Klimawandels

Strategien zur Beschreibung des Klimawandels

- **Projektionen** von Klimaänderungen
- Zahlreiche Läufe von numerisch-dynamisch globalen Klimamodellen (GCM)
- Antrieb: Szenarios der Zukunftsentwicklung klimarelevanter Größen
 - Treibhausgase
 - Wirtschaftliche Entwicklung
 - Bevölkerungswachstum
 - Umweltethik
 - ...

Ensembles

- *Durch vieler Zeugen Mund...*
- *Oder: Ein Modell ist kein Modell...*
- **Ensemble** aus mehreren Informationsquellen
- Abschätzung der **Bandbreite** der Klimaentwicklung
- Bisher oftmals ein „Treibhausgas-Antriebs“-Ensemble
- ⇒ Globalmodell ECHAM5 Bedingungen der Szenarios A1B, A2 und B1
- Variante „Initialisierungs“-Ensemble
- ⇒ Mehrere Läufe von ECHAM5 bei gleichem Szenario

Ensembles

- Weiterentwicklung „Multimodell“-Ensemble
- ⇒ Mehrere Modelle, das selbe Szenario
- Königsdisziplin „Multimodell-Multiszenario“-Ensemble
- Im Vorhaben Schritte in diese Richtung: Mehrere Globalmodelle, Szenarios A1B und E1
- Resultate als Antrieb für statistische Regionalisierung mit WETTREG → dazu gleich mehr

Genutzte Modelle - verfügbare Läufe (WR2010v3)

Basis an Modellen

ECHAM5-MPI/OM L1 (A1B, A2, B1)

ECHAM5-MPI/OM ⇒ CCLM L1 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM L2 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM ⇒ CCLM L2 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM L3 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM ⇒ RACMO L3 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM ⇒ REMO L3 (A1B)

CNRM (A1B)

HADCM3 ⇒ CCLM (A1B)

HADCM3 ⇒ HADRM (A1B)

HADGEM2-AO (A1B, E1)

HADCM3C (A1B, E1)

ECHAM5C-MPI/OM (A1B, E1)

Ensembles

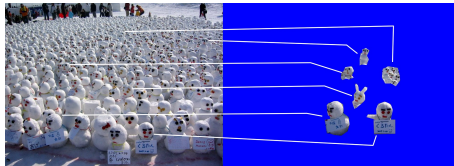
- Ensembles sind ein wichtiges methodisches Werkzeug
- Zusammenschau von Resultaten ist definitiv besser als die Analyse einer einzelnen Projektion
- Beachten: Die verwendeten Modelle sind eine Art **Gelegenheitsensemble** (Ensemble of Opportunity)



- Belastbarkeit und Repräsentativität – gut bei Temperatur, weniger gut bei Niederschlag; gut bei Mittelwerten, weniger gut bei Extremen.

Ensembles

- Ensembles sind ein wichtiges methodisches Werkzeug
- Zusammenschau von Resultaten ist definitiv besser als die Analyse einer einzelnen Projektion
- Beachten: Die verwendeten Modelle sind eine Art **Gelegenheitsensemble** (Ensemble of Opportunity)



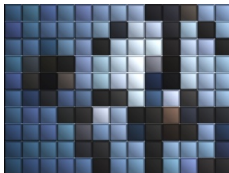
- Belastbarkeit von Repräsentativität – gut bei Temperatur, weniger gut bei Niederschlag; gut bei Mittelwerten, weniger gut bei Extremen.

Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?

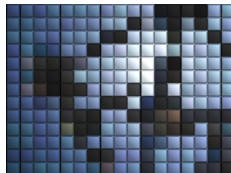
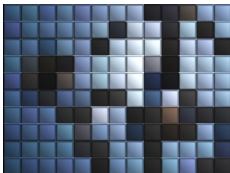
Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?



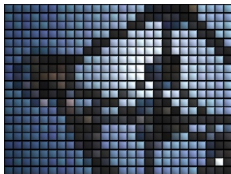
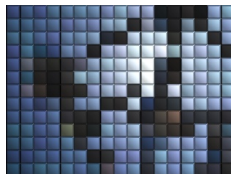
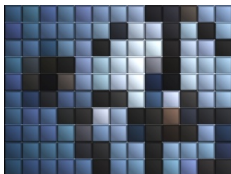
Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?



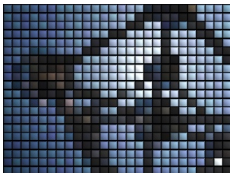
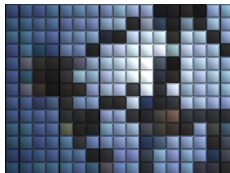
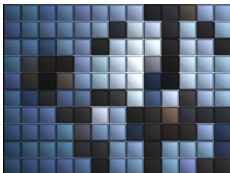
Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?



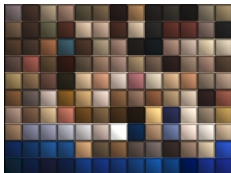
Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?



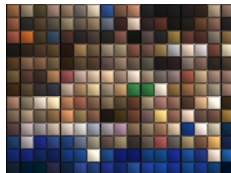
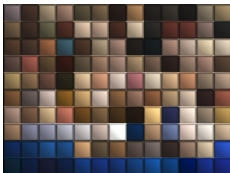
Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?



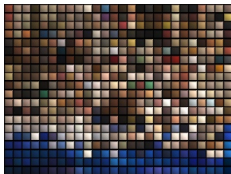
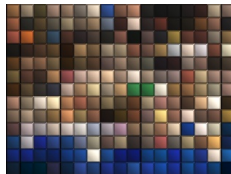
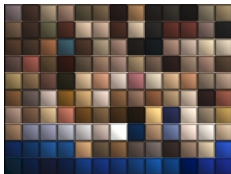
Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?



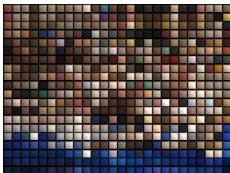
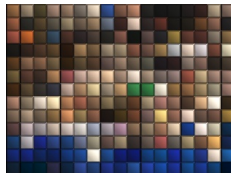
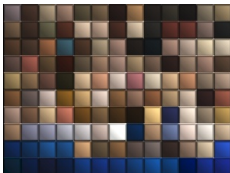
Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?



Regionalisierung

Wie feinmaschig muss meine Information sein?



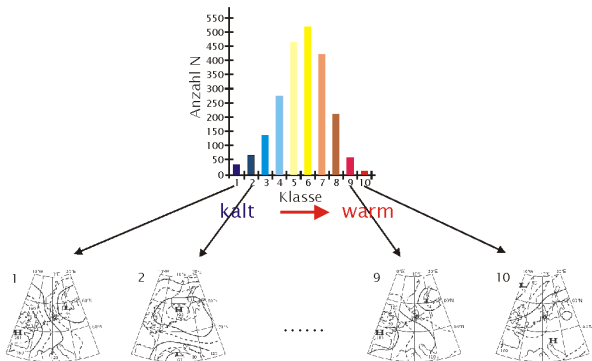
Regionalisierung: Zwei Philosophien

- Regionalisierung (Downscaling) kommt in zwei Geschmacksrichtungen
 - Dynamisch – Regionales Klimamodell (RCM) wie im Vortrag Ahrens beschrieben
 - Hochauflösende Variante eines Globalmodells für eine Region
 - Gitter-Struktur
 - Statistisch – Empirisch-statistisches Downscaling (ESD)
 - Prinzip: Lernen von der Vergangenheit – Übertragen in die Zukunft
 - Stations-Struktur
- Methodisch voneinander unabhängig
- In Ensembles gleich berechnete Stimmen

Beispiel für ein ESD: WETTREG

- **WETT**erlagen-**REG**ionalisierung

- Lernen von der Vergangenheit anhand von Zirkulationsmustern
- Stellen Sie sich Großwetterlagen vor
- Leicht geänderte Fragestellung: **Für die Region Hessen** warme/kalte sowie nasse/trockene Wetterlagen



Beispiel für ein ESD: WETTREG

- **WETT**erlagen-**REG**ionalisierung
 - Wie häufig sind die warmen/kalten oder nassen/trockenen Wetterlagen in der Zukunft?
 - Dazu Analyse von Szenariorechnungen von Klimamodellen
 - ⇒ Unterschiedliche Art, wie sich die Häufigkeiten ändern
 - Erste Rückschlüsse auf geändertes Klima
 - Entwicklung der Wetterlagen dient als steuernder Faktor für die Erstellung von Zeitreihen (Temperatur, Niederschlag, Wind, Sonnenschein...) für Orte in Hessen
 - Tragen **Signatur des Klimawandels** ⇒ Abhängigkeit vom Szenario

Zum Vorhaben – Beitrag von CEC

- Laufzeit 2011–2013
- Einsatz von WETTREG auf der Basis der Ergebnisse von mehreren globalen und regionalen Klimamodellen
- Was ist neu?
 - Sensitivitätsstudien mit WETTREG → Modell-spezifische Aufbereitungs- und Bearbeitungsschritte
 - Analyse eines Ensembles aus statistischen und dynamischen Regionalisierungen für die Region Hessen unter Einsatz verschiedener Modellkaskaden
 - Breitere Basis an Aussagen auf Grund von Klimaprojektionen

Ergebnisse – Methodik

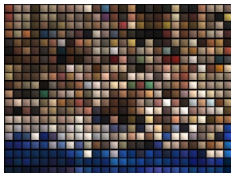
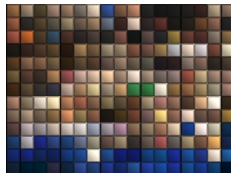
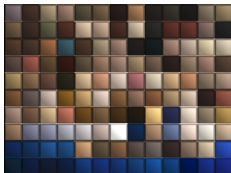
Oder: Das Ziel profitiert davon, wenn wir besser über den Weg Bescheid wissen!

Stichwort: Skalenabhängigkeit

- Zentraler Aspekt von WETTREG: Großräumige Zirkulationsmuster
- Ermittelt aus Druck, Temperatur und Feuchte Feldern und daraus abgeleiteten Feldern – simuliert mit Gitterpunktmodellen
- Verschiedene Skalen/Auflösungen
 - GCM: T31/T42/T63/Txyz, d.h. rund 300×300 km bis rund 100×100 km bei uns
 - RCM: 50 km/25 km/18 km/xyz km
- Folge: Unterschiedliche strukturelle Komplexität

Skalen und Auflösung

Wir erinnern uns



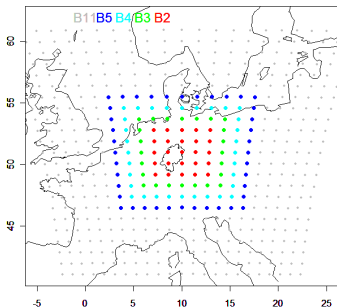
Stichwort: Skalenabhängigkeit

- Unterschiedliche strukturelle Komplexität
- Fragestellung: Welche großräumigen Felder sind hilfreich zur Beschreibung des lokalen Klimas
- Optimierung: Felder mit
 - geringer Skalenabhängigkeit
 - guter Repräsentativität durch die Modelle und
 - Relevanz für die Regionalisierung
- **Ergebnis:** Wiedererkennung profitiert **nicht** in signifikanter Weise von der Nutzung eines engmaschigen Gitters ⇒ Robustheit der WETTREG-Methodik
- **Ergebnis:** Feuchtefelder haben zwar positiven Einfluss auf Teilaspekte von WETTREG, werden aber von Modellen nicht hinreichend zuverlässig simuliert.

Stichwort: Mustererkennung

- Suche nach Ähnlichkeiten/Unähnlichkeiten für Klassifikation
- Fragestellung 1: Worauf muss ich achten, damit meine Klassifikation stark voneinander abgegrenzte Wetterlagen bildet?
- Fragestellung 2: Zu welcher dieser Wetterlagen ist die heutige am ähnlichsten?
- Zusammenhang mit Skalenabhängigkeit
- Sensitivität bezüglich der Gebietsfokussierung:
 - Unterschiedliche Größe der Bestimmungsregion (Domain) – wie weit darf ich „nach draußen“ schauen, und Relevanz für den Raum Hessen erwarten?
 - Unterschiedlicher Bewertung von Teilen der Bestimmungsregion – ist Nähe gleich relevant wie Ferne?

Stichwort: Mustererkennung



Ergebnis: Geringer Einfluss der Gebietsfokussierung und der Domaingröße \Rightarrow Robustheit der Methode

Stichwort: Aufbereitungssequenz

- Methodisches Detail bei WETTREG
- Zwei vorbereitende Schritte zur Verarbeitung großräumige Felder aus einem GCM in WETTREG
- Mathematische und methodenspezifische Notwendigkeit
 - Koordinatentransformation auf ein so genanntes äquidistantes Gitter
 - Ableitung weiterer Größen, die vom GCM nicht direkt verfügbar sind (z.B. rel. Topografien, Divergenzen, Gradienten von Geopotenzial/Temperatur...)
- **Ergebnis:** Es ist wichtig, ob die Transformation vor oder nach der Ableitung der weiteren Größen erfolgt.

Stichwort: Modell-Kaskaden

- Erweiterte Strategie zum Aufbau von Ensembles
- Vier Wege vom GCM zum Regionalklima (RK)
 1. GCM \Rightarrow RK
 2. GCM \Rightarrow RCM \Rightarrow RK (Dynamisches Downscaling)
 3. GCM \Rightarrow ESD \Rightarrow RK (Statistisches Downscaling)
 4. GCM \Rightarrow RCM \Rightarrow ESD \Rightarrow RK (Kaskadiertes Downscaling)

Genutzte Modelle - verfügbare Läufe (WR2010v3)

Basis an Modellen

ECHAM5-MPI/OM L1 (A1B, A2, B1)

ECHAM5-MPI/OM ⇒ CCLM L1 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM L2 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM ⇒ CCLM L2 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM L3 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM ⇒ RACMO L3 (A1B)

ECHAM5-MPI/OM ⇒ REMO L3 (A1B)

CNRM (A1B)

HADCM3 ⇒ CCLM (A1B)

HADCM3 ⇒ HADRM (A1B)

HADGEM2-AO (A1B, E1)

HADCM3C (A1B, E1)

ECHAM5C-MPI/OM (A1B, E1)

Fazit: Weg und Ziel

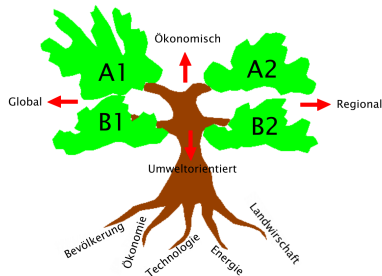
- Erkennen von Bereichen, in denen WETTREG robust gegenüber variablen Randbedingungen ist.
- Erkennen von Sensitivitäten
- Wichtig für Methodenverbesserungen
- Konkret eingeflossen in Entwicklung der ab 2013 verwendeten WETTREG-Methodik

Ergebnisse – Ensemble A1B

Oder: Zahlreiche Quellen zur Darstellung des Klimawandels

Szenario, Typ SRES

- SRES Szenario-Philosophie gültig seit etwa 2000
- Grundlage für Projektionen: Baum von **Emissions**-Szenarios des IPCC
- Familien von plausiblen Geschichten der Zukunftsentwicklung
- Abgeschätzte Grundmuster im Verhalten von Mensch, Gesellschaft, Wirtschaft \Rightarrow Szenarios A1B, A2, B1 etc.
- Ihrerseits Kette von Unsicherheiten



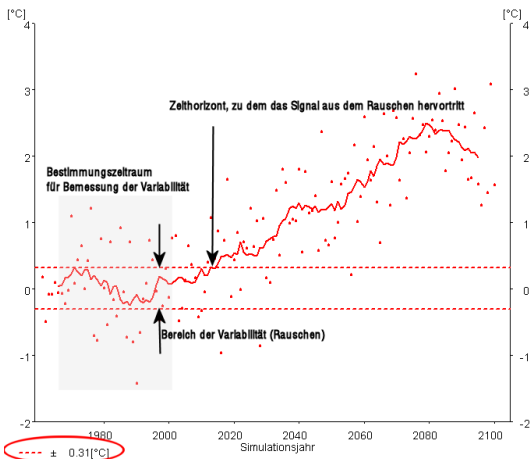
A1B Szenario

- Nach vieljähriger Erfahrung und Abschätzung der Richtung der sich abzeichnenden globalen Entwicklung:
- → Nutzung von Szenario **A1B** im INKLIM-Projekt
- Wir erinnern uns: Einteilung in Szenarios folgt der angenommenen globalen Entwicklung vom **Treibhausgas-Ausstoß**
 - Bei A1B: Im Spannungsfeld Umweltorientiert – ökonomisch mit Tendenz zu *ökonomisch* gesteuerter Entwicklung
 - Bei A1B: Im Spannungsfeld Globaler – regionaler Fokus (Stärke der weltweiten Vernetzung) mit Tendenz zu *globaler Vernetzung*
- A1B-Rechnungen von zahlreichen Modellen
- Zusatzuntersuchung im Vorhaben mit Szenario **E1**, dazu später

Signal und Rauschen

- Ein wenig Begriffsbildung zu den Auswertungen
- Was ist ein **Klimasignal**?
- Konzept von Rauschen und Signal
- Denken Sie an ein Radio und einen schwer empfangbaren Sender
- Sender verfügt mit der Zeit über immer leistungsfähigere Verstärkeranlagen
- In unserem Fall Fragestellung: Wann ist Signal so deutlich, dass Verwechslungsrisiko mit Rauschen gering ist?

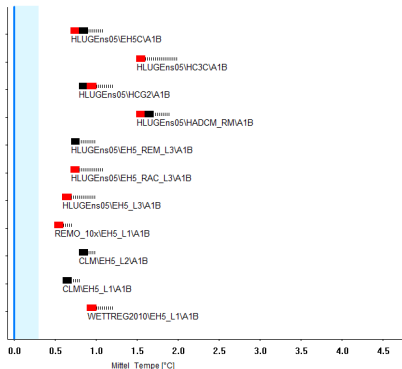
Signal und Rauschen



Ensemble – Temperatursignale

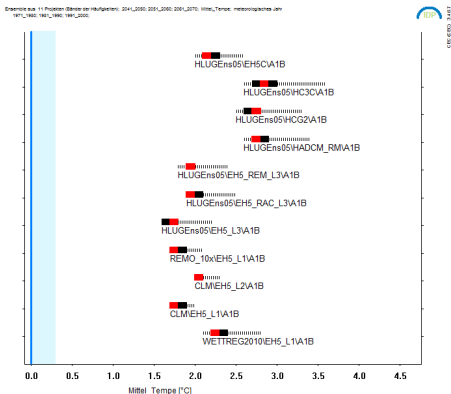
- Wertebereiche der Temperaturveränderung zwischen 1971–2000 und 2011–2040
- Hessen – Szenario A1B – 7 Ensemblemitglieder aus INKLIM-Vorhaben – 4 aus anderen Quellen

Direktiv aus 11 Projekten (Broschüre der Hufgüter): 2011_2020; 2021_2030; 2031_2040; 1000s_Temp; meteorologisches Jahr 1971_1992; 1993_1999; 1999_2000



Ensemble – Temperatursignale

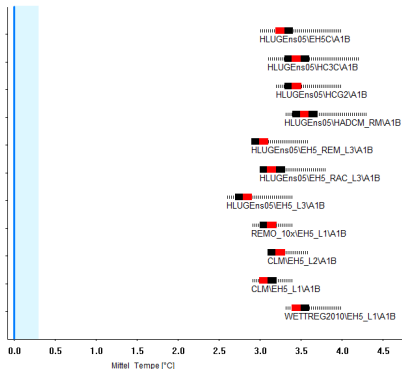
- Wertebereiche der Temperaturveränderung zwischen 1971–2000 und **2041–2070**
- Hessen – Szenario A1B – 7 Ensemblemitglieder aus INKLIM-Vorhaben – 4 aus anderen Quellen



Ensemble – Temperatursignale

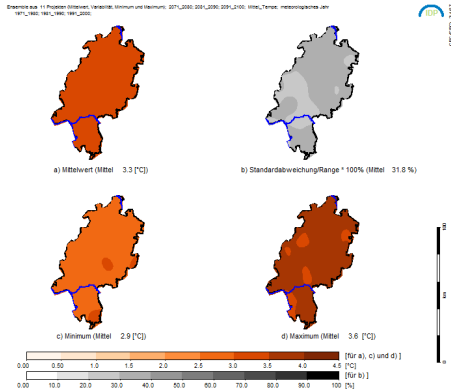
- Wertebereiche der Temperaturveränderung zwischen 1971–2000 und **2071–2100**
- Hessen – Szenario A1B – 7 Ensemblemitglieder aus INKLIM-Vorhaben – 4 aus anderen Quellen

Datenreife aus 11 Projekten (Strom der Aufgabengruppe): 2071_2090; 2091_2100; 2091_2100; 1000s_Tempoc; meteorologisches Jahr
1971_1992; 1993_1999; 1999_2000



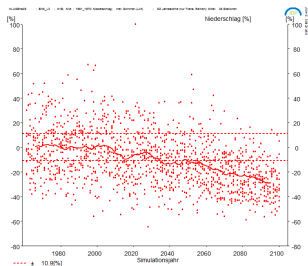
Ensemble – Temperatursignale

- Mittel, Variabilität, zu erwartende stärkste und geringste Temperaturveränderung zwischen 1971–2000 und 2071–2100
- Hessen – Szenario A1B – 7 Ensemblemitglieder aus INKLIM-Vorhaben – 4 aus anderen Quellen

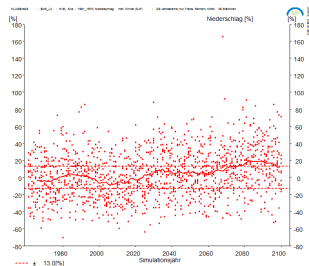


Signal und Rauschen – Niederschlag

- Andere Ausgangslage
 - Jahreszeitlichkeit
 - Unschärfere Signale



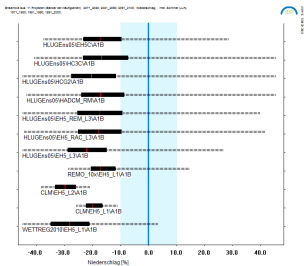
(a) Sommer



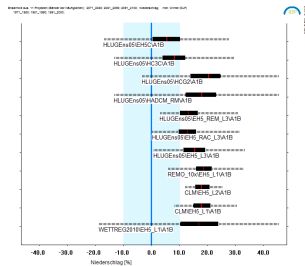
(b) Winter

Ensemble – Niederschlagssignale

- Wertebereiche der Niederschlagsveränderung zwischen 1971–2000 und 2071–2100
- Hessen – Szenario A1B – 7 Ensemblemitglieder aus INKLIM-Vorhaben – 4 aus anderen Quellen



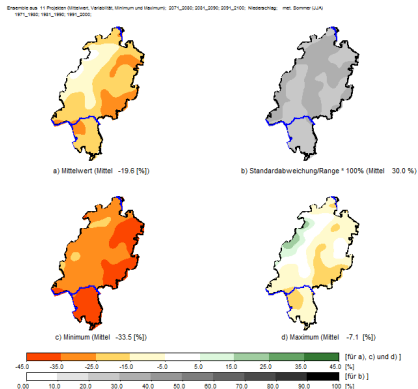
(a) Sommer



(b) Winter

Ensemble – Niederschlagssignal Sommer

- Mittel, Variabilität, zu erwartende stärkste und geringste Niederschlagsveränderung zwischen 1971–2000 und 2071–2100
- Hessen – Szenario A1B – 7 Ensemblemitglieder aus INKLIM-Vorhaben – 4 aus anderen Quellen



Ensemble – Niederschlagssignal Winter

- Mittel, Variabilität, zu erwartende stärkste und geringste Niederschlagsveränderung zwischen 1971–2000 und 2071–2100
- Hessen – Szenario A1B – 7 Ensemblemitglieder aus INKLIM-Vorhaben – 4 aus anderen Quellen

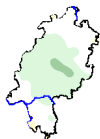
Ergebnis aus 11 Projekten (Wettreg, Verisatlas, Minimum und Maximum), 2071_2090, 2091_2100; Niederschlag; -ms; Winter-GW; 1971_1999; 1991_1999; 1991_2000;



a) Mittelwert (Mittel) 14.1 [%]



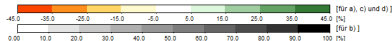
b) Standardabweichung/Range * 100% (Mittel) 31.1 [%]



c) Minimum (Mittel) 3.7 [%]

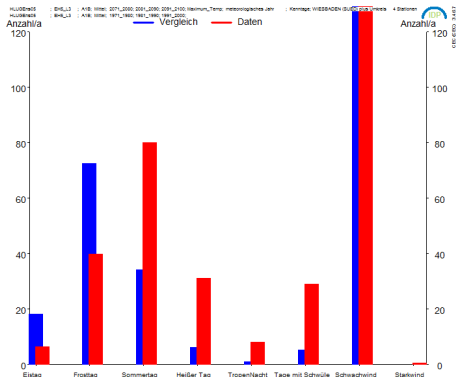


d) Maximum (Mittel) 23.7 [%]



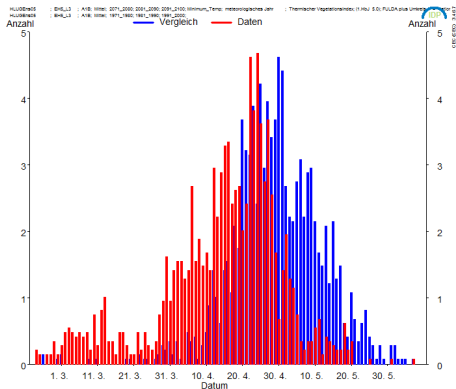
Ensemble – Potenzial für weitere Analysen

- Kenntage, bisher verbreitet auf der Basis eines Modelles
- ⇒ Einblick in Extremverhalten
- Hier: Wiesbaden und 4 Nachbarstationen, ECHAM5/MPI-OM L3, A1B, 1971–2000 vs. 2071–2100



Ensemble – Potenzial für weitere Analysen

- Vegetationsperiode, Beginn
- ⇒ Anwendungs- und Klimafolgen-bezogen
- Hier: Fulda und 4 Nachbarstationen, ECHAM5/MPI-OM L3
⇒ WETTREG, A1B, 1971–2000 vs. 2071–2100



Zwischenbilanz: Ensemble A1B

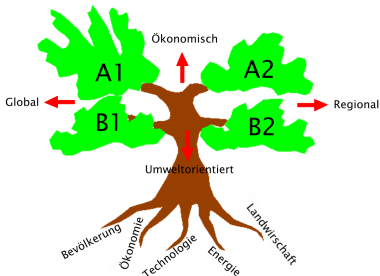
- Breitere Wissensbasis bezüglich der Bandbreite des Klimawandels
- Erweiterung des Analyseumfangs für Hessen durch Multimodell-Ensemble
 - Bisher: Ein Modell und verschiedene SRES-Szenarios
 - Oder bisher: Ein Szenario und *einige wenige* Regionalisierungen
 - Neu: Multimodell-Ensemble
 - Noch anzugehende weitere Ausbaustufe:
Multimodell-Multiszenario-Ensemble mit Katalog der neuen RCP-Szenarios (während der Projektlaufzeit nur in geringem Umfang verfügbar) – Analysen von E1 sind erster Schritt!
- Nicht vergessen – es *ist* ein Ensemble of Opportunity!

Ergebnisse – Ensemble E1

Oder: Der (weitgehend) vermiedene Klimawandel

Szenario, Typ E1

- Szenario-Philosophie ist im Wandel
- Zur Erinnerung: Bisherige Grundlage sind **Emissions**-Szenarios des IPCC

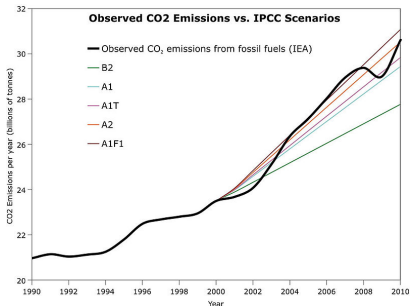


Szenario, Typ E1

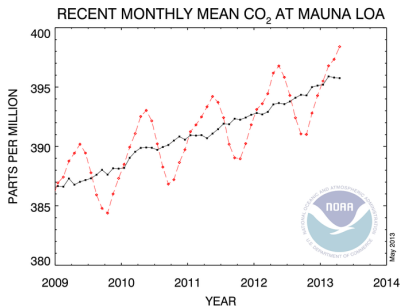
- Weiterentwicklung. Grundlage für eine neue Art von Szenarios: Zeitlicher Verlauf der **Konzentration** von Treibhausgasen (THG) ⇒ so genannte RCP-Szenarios
- Besser durch Messungen zu ermitteln als Emissionen
- Passgenauer zu dem, was die Klimamodelle benötigen
- Möglichkeit der Analyse in Abhängigkeit von *Zielstellungen*
- **Beispiel: E1-Szenario mit dem Ziel, die globale Erwärmung in einer Größenordnung von 2°C zu halten** – gegenüber dem vorindustriellen Niveau!

Wo stehen wir derzeit?

- Blick auf die unmittelbare Vergangenheit
- Emissionen und Konzentrationen (CO₂)



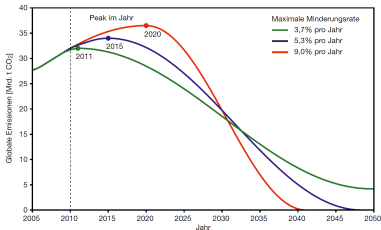
(a) Emissionen



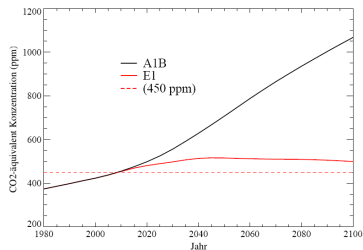
(b) Konzentrationen

Wo müssten wir hin?

- Blick in die nahe bis mittlere Zukunft
- Emissionen und Konzentrationen (CO₂-Äquivalent der THG)



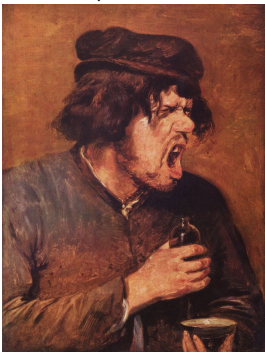
(a) Emissionen



(b) Konzentrationen

Szenario, Typ E1

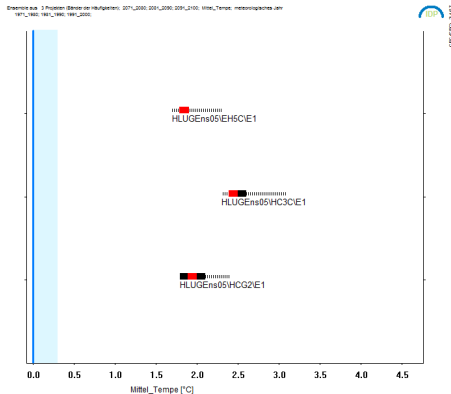
- Es geht um die vermiedenen/begrenzten Klimafolgen
- Doch Vorsicht!



- Ein Teil der Erwärmung ist bereits verbraucht – von jetzt ab nur noch gut 1°C weiterer globaler Anstieg
- Regional – auch bei uns! – kann durchaus höhere Erwärmung als 2°C auftreten

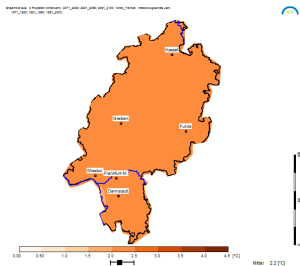
E1-Ensemble – Temperatursignale

- Wertebereiche der Temperaturveränderung zwischen 1971–2000 und 2071–2100
- Hessen – Szenario E1 – 3 Ensemblemitglieder aus INKLIM-Vorhaben

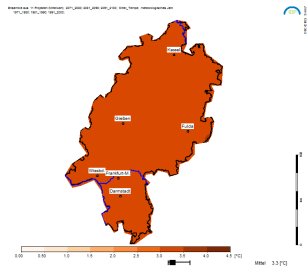


E1-und A1B-Ensemble – Temperatursignale

- Temperaturveränderung zwischen 1971–2000 und 2071–2100
- Hessen – Szenario E1 und A1B – jeweilige INKLIM-Ensembles



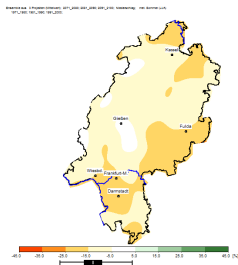
(a) E1



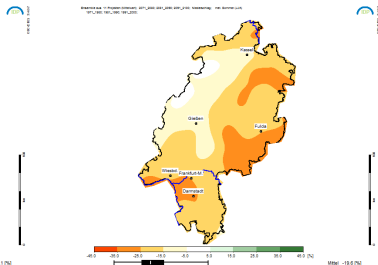
(b) A1B

E1- und A1B – Niederschlagssignale Sommer

- Niederschlagsveränderung zwischen 1971–2000 und 2071–2100
- Hessen – Szenario E1 und A1B – jeweilige INKLIM-Ensembles



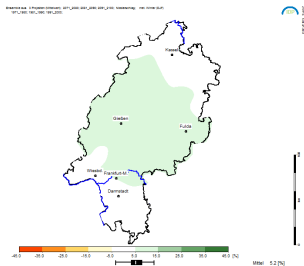
(a) E1



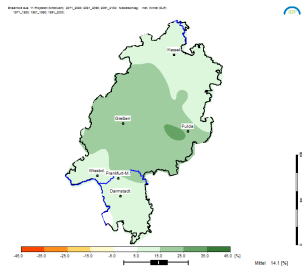
(b) A1B

E1-und A1B – Niederschlagssignale Winter

- Niederschlagsveränderung zwischen 1971–2000 und 2071–2100
- Hessen – Szenario E1 und A1B – jeweilige INKLIM-Ensembles



(a) E1



(b) A1B

Zwischenbilanz: Ensemble E1

- Darstellung des vermiedenen Klimawandels
- „Fahrplan“ der Emissionsminderungen
- Kleines Multimodell-Ensemble aus E1-Projektionen
- Regionales Überschreiten des 2-Gradziels
- Dennoch: Erheblich geringerer Temperaturanstieg als Entwicklung a la Szenario A1B
- Zudem auch geringere Niederschlagsveränderungen

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

- Zwei Schwerpunkte im Vorhaben: **Methodendiagnose** und **Ensemble-Betrachtung**
- WETTREG-Verfahren ist relativ robust
- Für einige vorab als sensitiv eingeschätzte Einflussgrößen hat sich durch die Untersuchungen im Projekt ein geringer „Störcharakter“ herausgestellt.
- Überraschende Sensitivität bezüglich der Reihenfolge, in der aus den großräumigen Feldern die Eingangsfelder für WETTREG auf einem äquidistanten Gitter erzeugt werden.
- Erkenntnisse aus dem INKLIM-A Vorhaben fließen in weiter entwickeltes WETTREG2013 (WR13) ein

Zusammenfassung und Ausblick

- Ensemble aus mehreren Modellen liefert breitere Wissensbasis zur Erstellung von Anpassungsmaßnahmen
- Bandbreite des Klimawandels
- „Ensemble of Opportunity“ ist Teilmenge aller theoretisch möglichen Modelle. Aber:
- Auch Wissen um *Bandbreiten und Ereignisraum des Klimawandels* ist für Entscheidungsprozesse wichtig

Ausblick

- Entwicklungspotenzial besteht bezüglich der Realisierung von Saisonalität in WETTREG
- Modifizierte Herangehensweise zur weiteren Reduktion von möglichen Zäsuren an den Jahreszeitenübergängen
- Seit rund 2 Jahren Entwicklung von WR13
- Viele Ideen aus dem INKLIM-A Vorhaben wurden umgesetzt
 - Skalenunabhängigkeit – überarbeitete Datenaufbereitungsschritte
 - Überarbeiteter Wettergenerator für Zeitreihen mit der Signatur des Klimawandels

Ausblick 2

- Entwicklungspotenzial bezüglich Beschreibung von **Extremen**
- Dynamische Verfahren: Problematik durch Modellauflösung, Diskretisierung, Parametrisierung, Komplexität der Extreme auslösenden Prozesse
- Statistische Verfahren: Bisher Fokus auf Beschreibung des *mittleren Klimazustands* – für Extreme neue methodische Wege
- Verständigung auf Extremindikatoren und „Grad der Extremität“
- Starke raum-zeitliche Variabilität von Extremen
- Extremgrößen-spezifische Zusammenhänge von großräumiger Zirkulation und lokalem Wetter

Kontaktdaten

Dipl.-Met Arne Spekat

Dr. Frank Kreienkamp

Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH

David-Gilly-Str. 1

14469 Potsdam

Tel.: 0331-745 2301

E-Mail: arne.spekat@cec-potsdam.de

E-Mail: frank.kreienkamp@cec-potsdam.de