Projektionen des Klimas für die KLAPS-Region – wie geht das?
Projekcje klimatu dla obszaru KLAPS – jak to działa?

A. Spekat (1), W. Enke (1), F. Kreienkamp (2)

(1) Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH
(2) Deutscher Wetterdienst

KLAPS Projektkonferenz, Görlitz, 12. Juni 2014

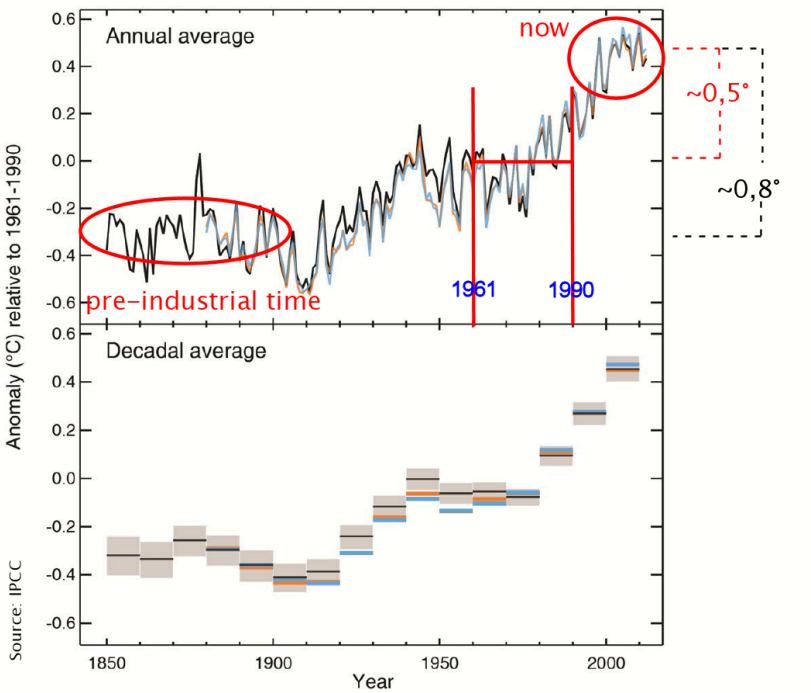
Dank an die Projektpartner und Förderer: LfULG, Dresden – IMGW, Krakow – Univers. Wroclaw

Worüber ich sprechen werde

- Klimawandel, Szenarios, Projektionen
- Für KLAPS verwendete Daten
  $\longrightarrow$ Wofür und wie werden sie eingesetzt?
- Regionale Ergebnisse

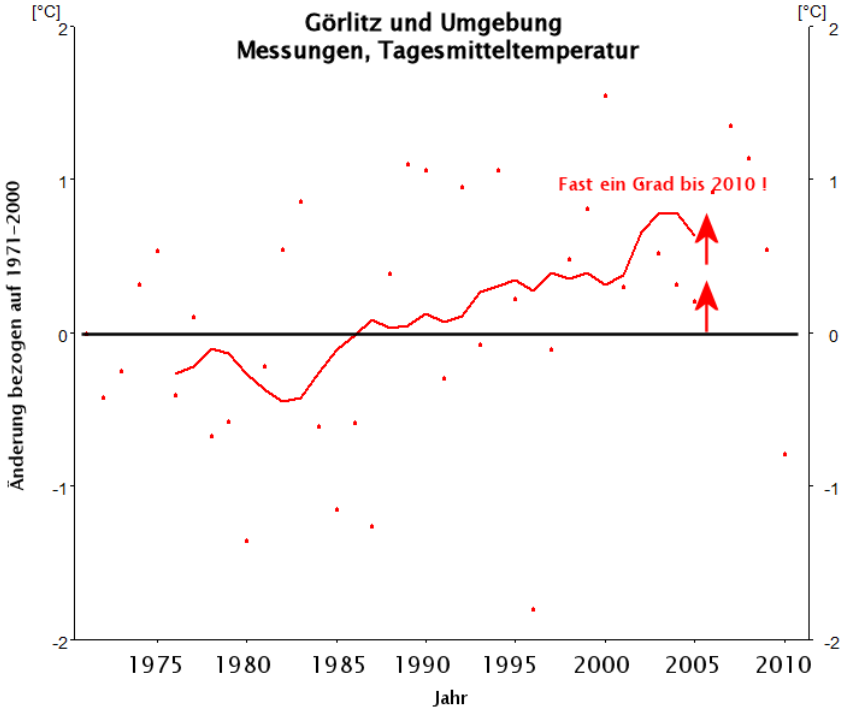
Gegenwärtiges Klima im Wandel

- Gibt es einen globalen Temperaturtrend?
- Information aus dem neuesten IPCC Report (5th IPCC Assessment Report, 2014)
- Fast ein Grad Anstieg seit der vorindustriellen Zeit (ab etwa 1850); davon fast ein halbes Grad seit den 1960ern!



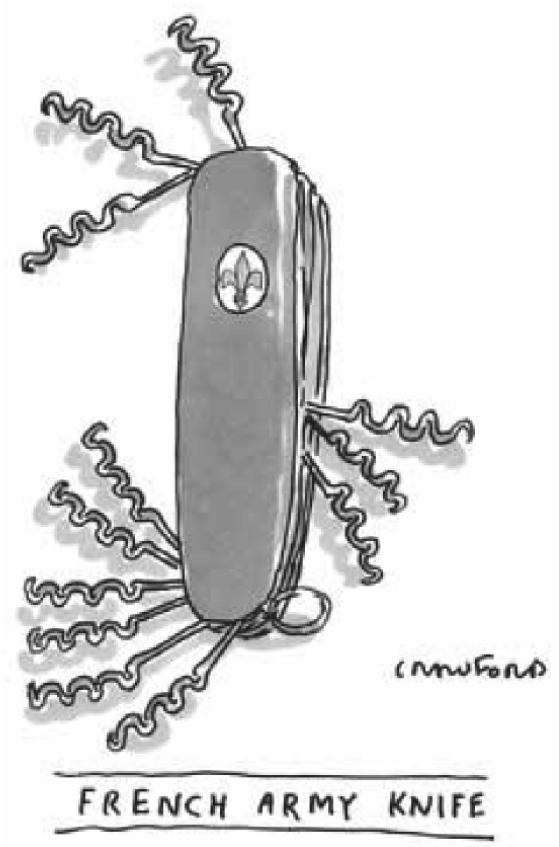
Aber gibt es den Temperaturtrend auch **hier**?

- Das vorher war ja für die ganze Erde, aber was ist mit dem regionalen Temperaturtrend?
- Görlitz und Umgebung (Varnsdorf, Kubschütz, Legnica, Zgorzelec)
- Sogar noch stärker im Zeitraum nach 1971 !



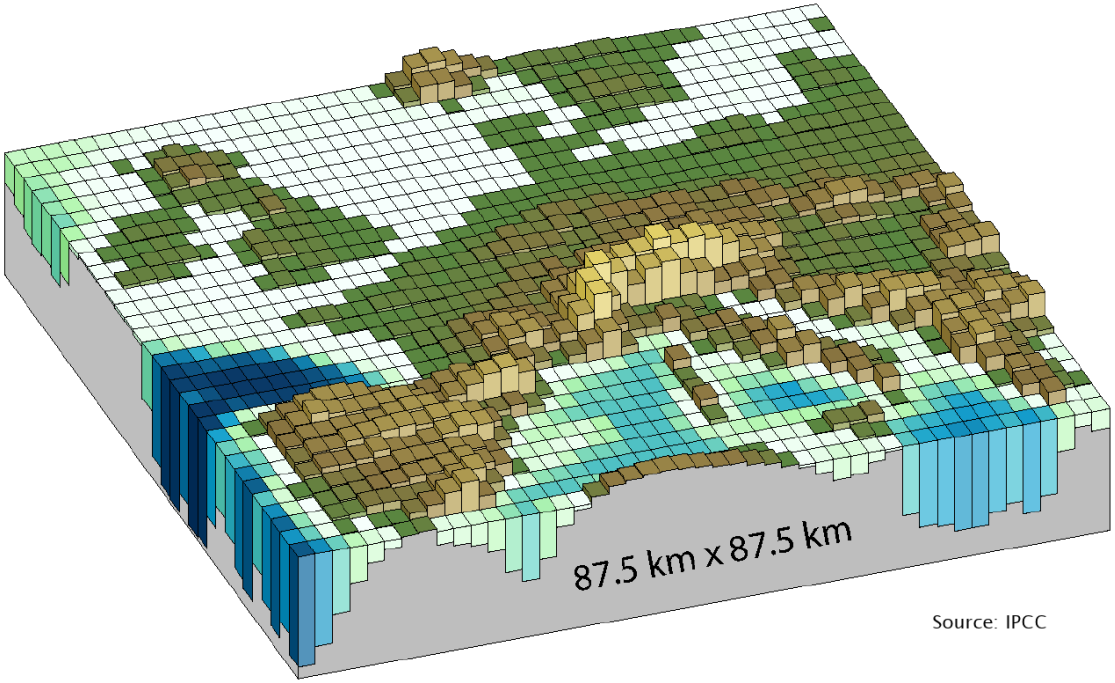
Wie wird ein **zukünftiges** Klima sein?

- Zur Antwort brauchen wir ein Werkzeug



Klimamodellierung

- Werkzeug der Wahl: Klimamodell – besser: mehrere Modelle
- Berechnung des Klimas – Temperatur, Wind, Regen, Wolken, Sonnenschein...
- Auf einem Gitter – für die gesamte Erde



Wie kommt **DIE ZUKUNFT** ins Spiel?

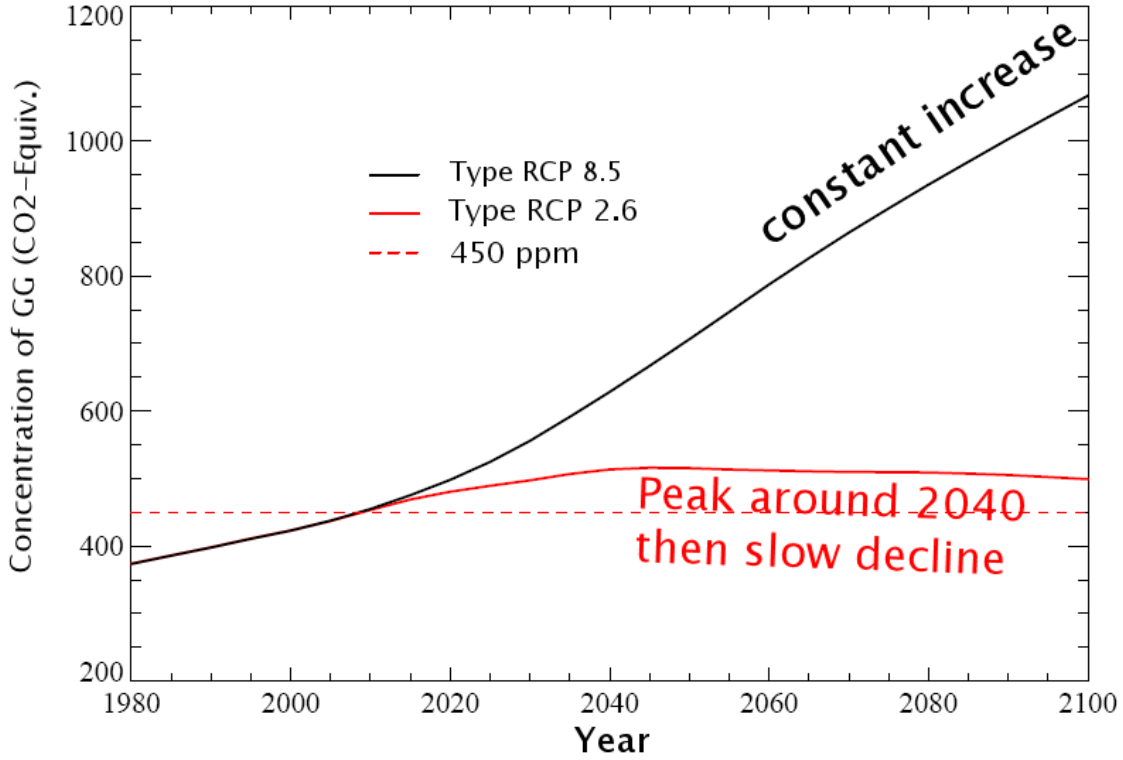
- Wichtigster Faktor bei der Klimaänderung: Treibhausgase (CO_2, Methan, Wasserdampf...)
- Szenarios der zukünftigen Veränderungen bei den Treibhausgasen
  - beziehen sich auf *Konzentration der Treibhausgase* in unserer Atmosphäre
- Szenarios sind Annahmen zu Entwicklung und Fortschritt
  - Wirtschaft
  - Forschung
  - Globalisierung
  - wie wir's mit der Nachhaltigkeit halten...
- Ziel: Klimafolgen so klein wie möglich halten
- Ziel: Wissensbasis für Entscheidungen bekommen

Klimaszenarios ⇒ Projektionen

- Information für Globale Klimamodelle: Verschiedene Szenarios der zukünftigen Entwicklung von Treibhausgasen
- ⇒ Klimaprojektionen für „alternative Zukünfte"
  - **Szenario mit geringen Klimafolgen (RCP2.6)**
    - Hoher Anspruch – große Anstrengungen zur Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen
    - Ziel: Verhinderung eines globalen Temperaturanstiegs um mehr als 2 Grad gegenüber der vorindustriellen Zeit!
    - Wir haben aber bereits seit 1850 ein Grad davon „verbraucht" und können uns nur noch ein weiteres Grad Anstieg „erlauben".
  - **Szenario mit weit reichenden Klimafolgen (RCP8.5)**
    - Wir benehmen uns sehr rücksichtslos – einfach die Verschmutzung weiter laufen lassen, u.s.w.
    - Drastische Klimafolgen
    - Negative Auswirkungen auf Gesundheit, Zivilschutz, Biodiversität...

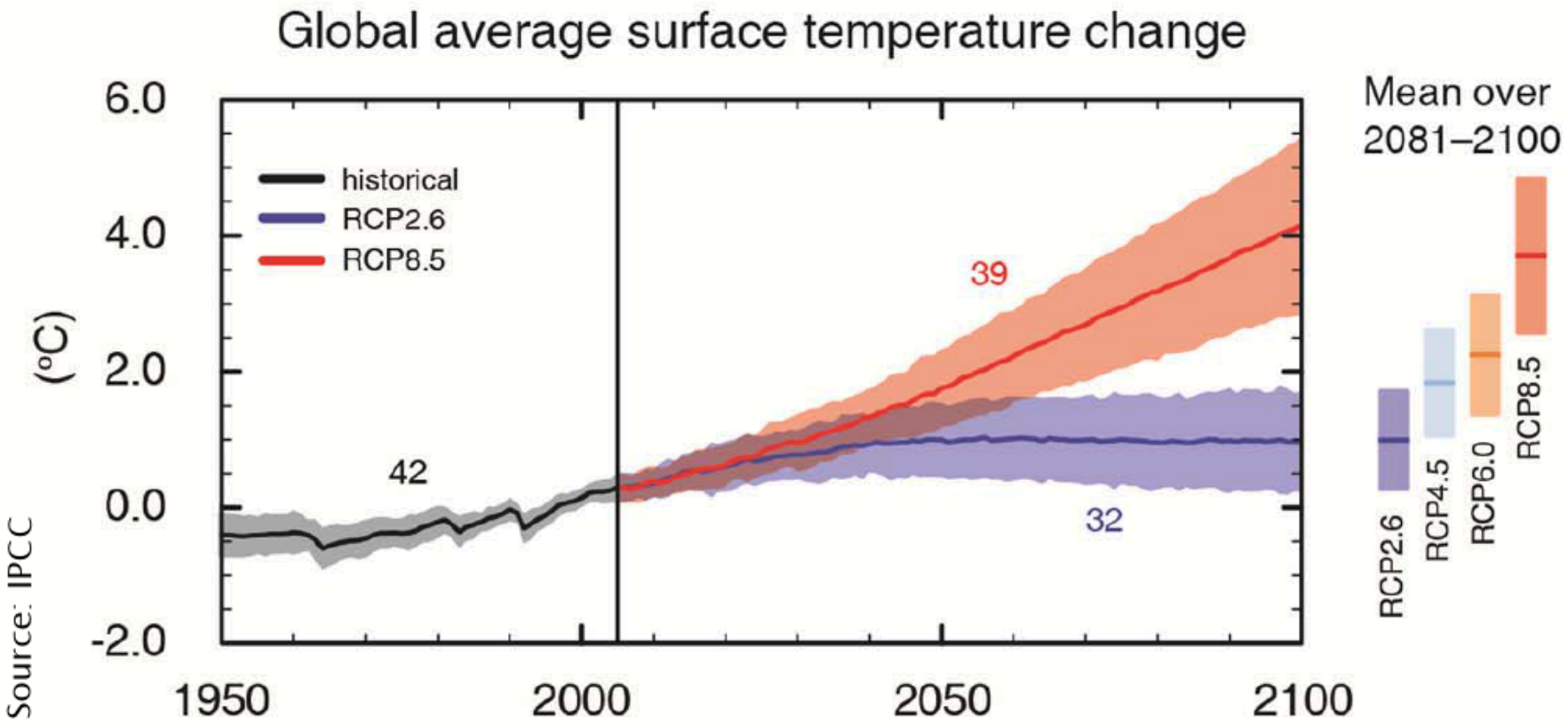
Klimaszenarios ⇒ Projektionen

- Skizze des zeitlichen Verlaufs von Treibhausgas-Konzentrationen
- Laut Szenario 8.5 (starke Folgen) und 2.6 (geringe Folgen)



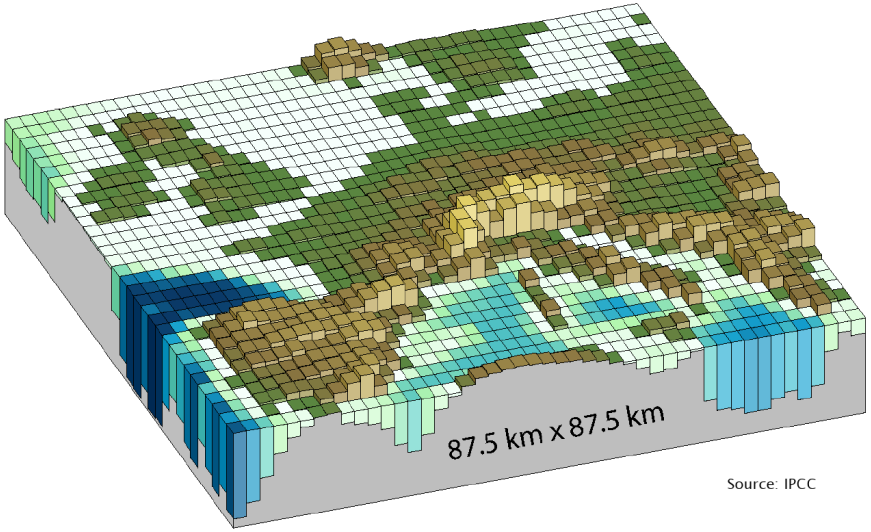
Klimaprojektionen, global

- Beispiel: Temperaturentwicklung 1951–2100
- Verschiedene Treibhausgas-Szenarios
- Rund 40 Läufe von Klimamodellen



Modell-Auflösung

- Wir erinnern uns an das Bild mit dem Modellgitter
- Sehr gut für die Analyse der **globalen** Klimaentwicklung
- Frage: Wo mag Görlitz auf dem Bild sein?
- ⇒ Notwendigkeit der Regionalisierung damit wir den Klimawandel in der Region besser verstehen
  ⇒ WETTREG Regionalisierungsmethode
- CEC stellt regionale Klimaprojektionen her
  ⇒ unser Beitrag zum Projekt KLAPS



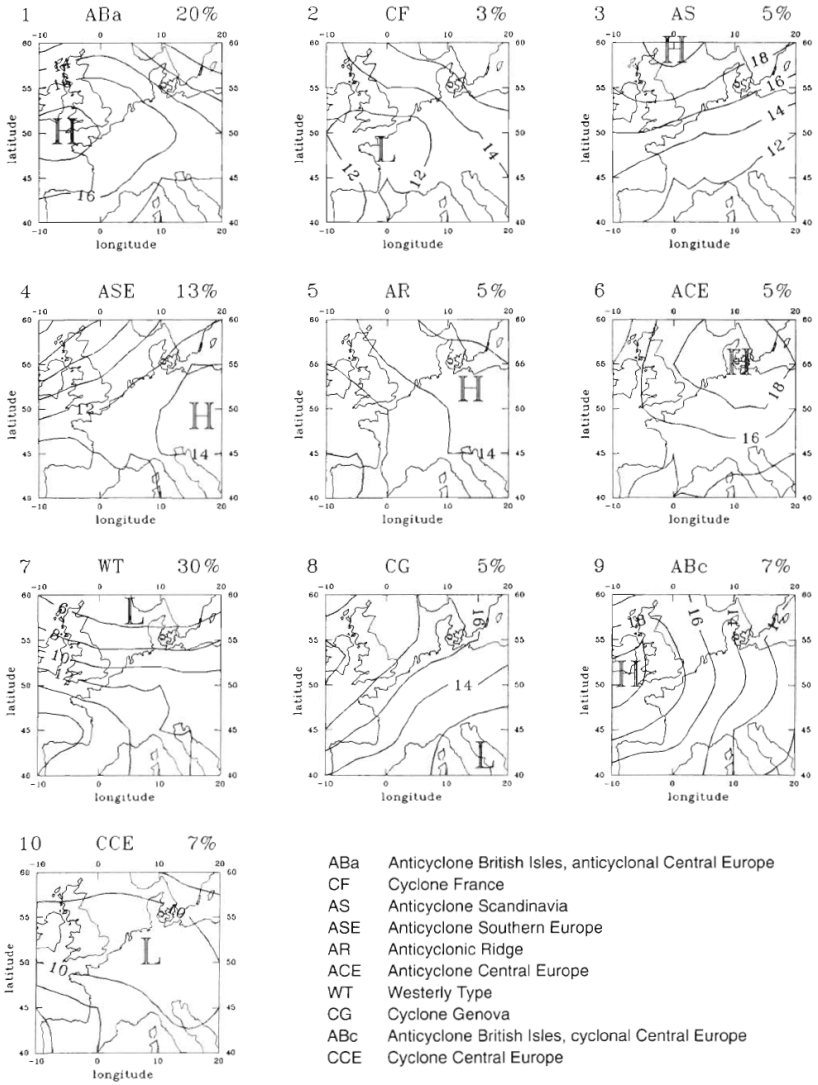
Welche Daten werden für KLAPS benutzt?

- Wetterbeobachtungen von DWD und IMGW
  - Täglich - Temperatur (höchste, mittlere, tiefste), Niederschlag, Relative Feuchte, Luftdruck, Sonne, Bewölkung, Wind
  - Dazu Messdaten von Temperatur, Niederschlag, Bewölkung und Wind zur Mittagszeit
  - Zeitraum 1971–2010
- Klimaprojektionen mit dem Globalmodell aus Hamburg als Basis der Regionalisierungen
  - SRES A1B / ECHAM5 MPI-OM Lauf 1
  - RCP8.5 / MPI-ESM-LR Lauf 1, 2 und 3
  - RCP2.6 / MPI-ESM-LR Lauf 1
  - Zeitraum 1951–2100

Wozu werden die Daten benutzt?

- Wichtig – im Gedächtnis behalten
- Bei der Regionalisierung geht es darum, aus relativ grober Information (z.B. 100 $\times$ 100 km) auf das regionale Klima (z.B. 10 $\times$ 10 km) zu schließen
- Was können die relativ groben Klimamodelle gut?
- Beschreibung der atmosphärischen Zirkulation – zum Beispiel Großwetterlagen
- Dafür brauchen wir die Ergebnisse von Klimamodellen
  - Rekonstruktion der Gegenwart
  - Projektion der Zukunft

Zirkulationsmuster

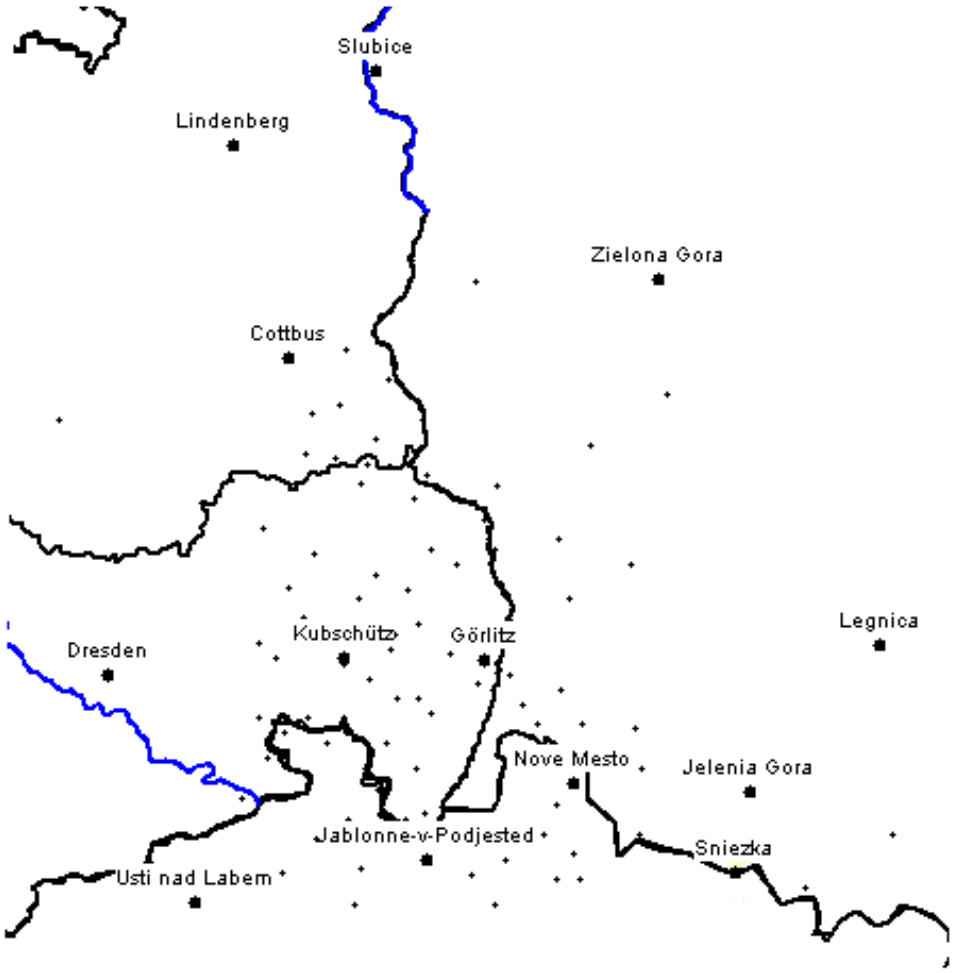


ABa	Anticyclone British Isles, anticyclonal Central Europe
CF	Cyclone France
AS	Anticyclone Scandinavia
ASE	Anticyclone Southern Europe
AR	Anticyclonic Ridge
ACE	Anticyclone Central Europe
WT	Westerly Type
CG	Cyclone Genova
ABc	Anticyclone British Isles, cyclonal Central Europe
CCE	Cyclone Central Europe

Wozu werden die Daten benutzt?

- Es besteht ein Zusammenhang zwischen Zirkulationsmuster XY und relativ ähnlichem regionalen Klima
- Beispiel: Wenn kalte, klare Luft von Norden kommt gibt es
  - selten Gewitter,
  - oft gute Sicht,
  - oft relativ saubere Luft
- Wie heute...
- Um die Verbindung zwischen Muster XY und regionalem Klima zu finden brauchen wir Stationsmessungen

Stationen in der KLAPS-Region



Das Kind hat einen Namen: WETTREG

- Es gibt also „kalte"/„warme"/„nasse"/„trockene" Zirkulationsmuster
- Wenn sich das Klima ändert, ändert sich die Zahl der „kalten"/„nassen"... Muster
- Dafür brauchen wir die Klimaprojektionen
- In der Praxis ist es ein wenig komplizierte, aber so funktioniert das Schema
- **Was bekommen wir durch die Regionalisierung?**
- **An jedem Stationsort geänderte „Messreihen", in denen das geänderte Klima steckt**

Mehr Wissen durch Vergleiche

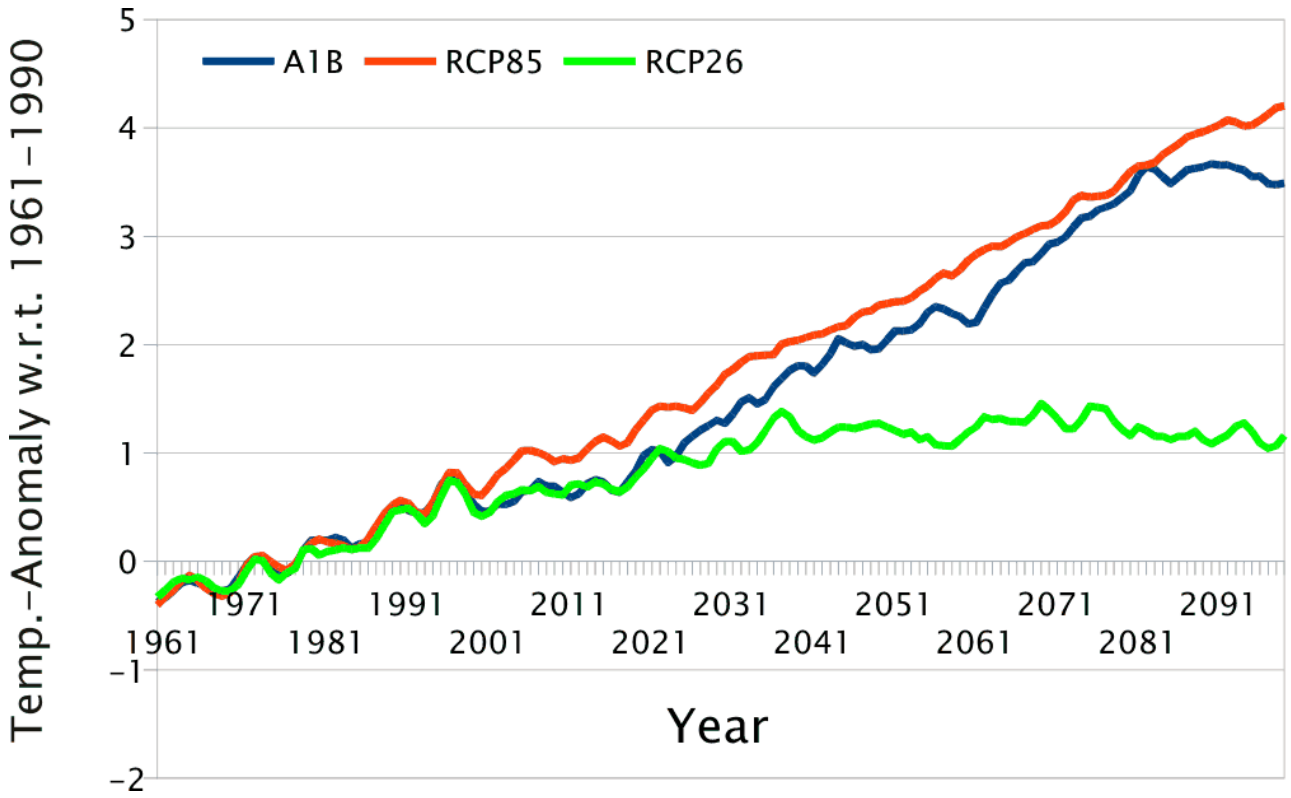
- In KLAPS geht es auch um die Abschätzung der Bandbreite des geänderten Klimas
- Dazu werden mehrere „Zeugen" verwendet (ENSEMBLE)
- Ein „Zeuge" ist die Methode Wir berechnen an jedem Stationsort geänderte „Messreihen", in denen das geänderte Klima steckt
  $\Rightarrow$ **Statistische Regionalisierung – z.B. WETTREG**
- Weitere „Zeugen" benutzen eine ganz andere Methodik:
- Arbeitet wie ein Globales Klimamodell, aber mit höherer Auflösung, dafür in einem kleineren Gebiet
  $\Rightarrow$ **Dynamische Regionalisierung – z.B. REMO oder CLM**

Klimaprojektionen, regional

- Regionalisierungen mit WETTREG ⇒ basierend auf verschiedenen Globalmodellen
  - ECHAM 5 MPI-OM (vorherige Modellversion)
  - MPI-ESM-LR (neueste Modellversion)
- Projektionen mit **drei** verschiedenen Treibhausgas-Szenarios
  - SRES A1B (vor 2013 viel benutzt, starke Klimafolgen)
  - RCP8.5 (neueste Version, starke Klimafolgen)
  - RCP2.6 (neueste Version, geringe Klimafolgen, Temperaturanstieg auf 2 Grad begrenzt)
- Zum Vergleich: Ergebnisse der sächsischen Studie WEREX V (aus dem Jahr 2011 mit einer für Sachsen spezialisierten Version von WETTREG)
  - (REMO, CLM, ECHAM5)→A1B
  - ECHAM5C→E1

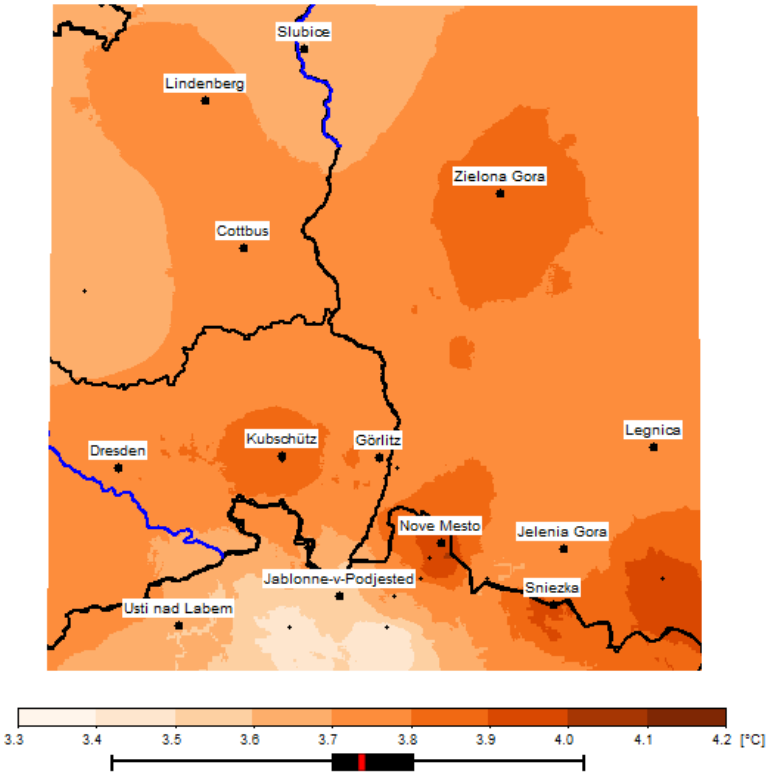
Beispiel 1: Entwicklung der Mitteltemperatur

- WETTREG Regionalisierungen für die **KLAPS-Region** 1961–2100
- Unterschiedliche Szenarios: A1B, RCP 8.5 und RCP 2.6



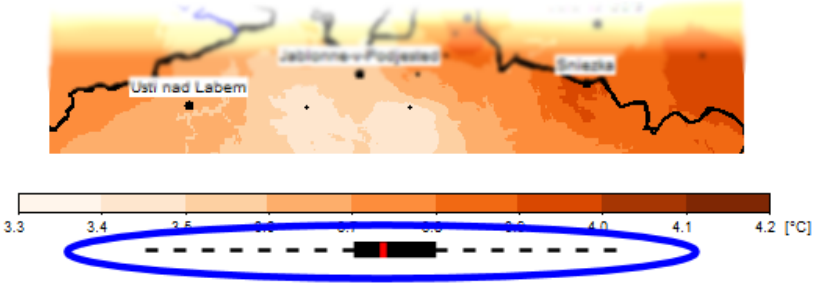
Eine andere Darstellung: Ensemble-Diagramm

- Ensemble-Diagramm – wie entsteht es?
  - Am Anfang: Karten der KLAPS-Region – für jedes Modell des Ensembles; hier ein Beispiel



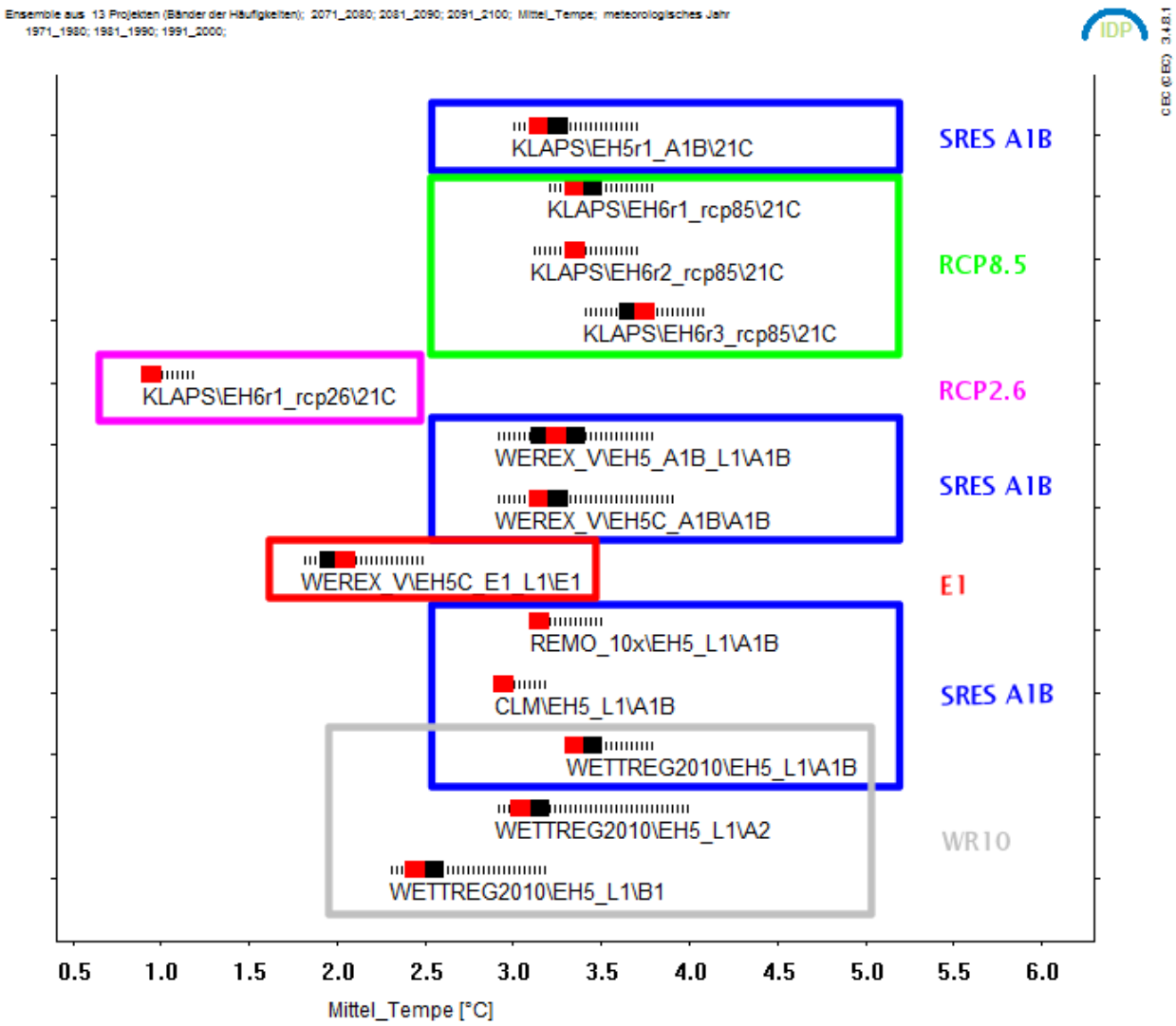
Eine andere Darstellung: Ensemble-Diagramm

- Wir studieren die errechneten Werte der Region
  $\longrightarrow$ Sortieren der Größe nach
- Statistische Analysemethode: Boxplots
  - Median (50% aller Werte sind darüber und 50% darunter) – *rote Linie*
  - Perzentile 25 und 75 (Wert des Median $\pm$ 25% aller Werte, „mittlere 50%") – *breite schwarze Linie*
  - Gesamtbereich aller Werte in der Karte – *gestrichelte Linie*

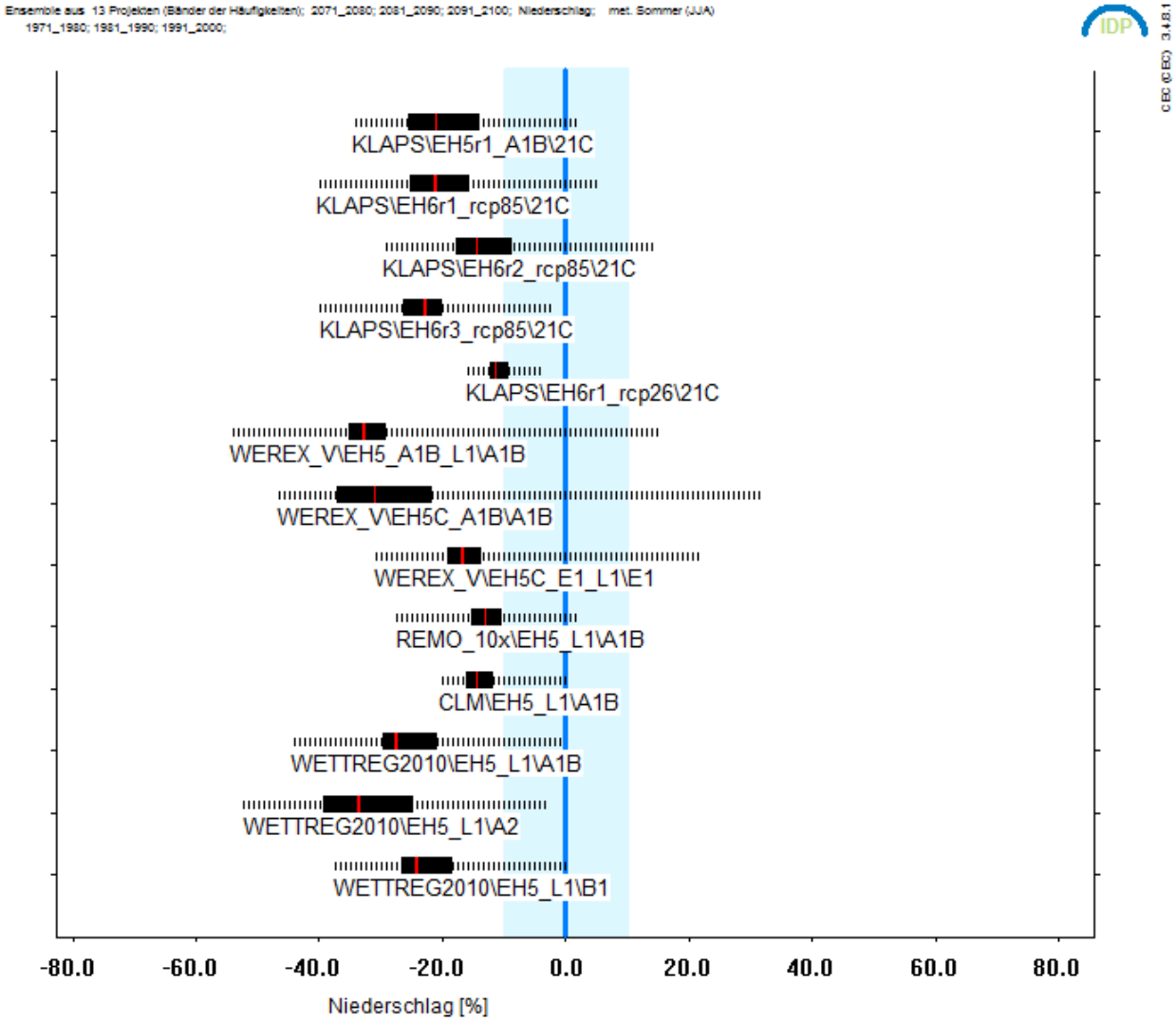


- Ein Band für jedes Modell

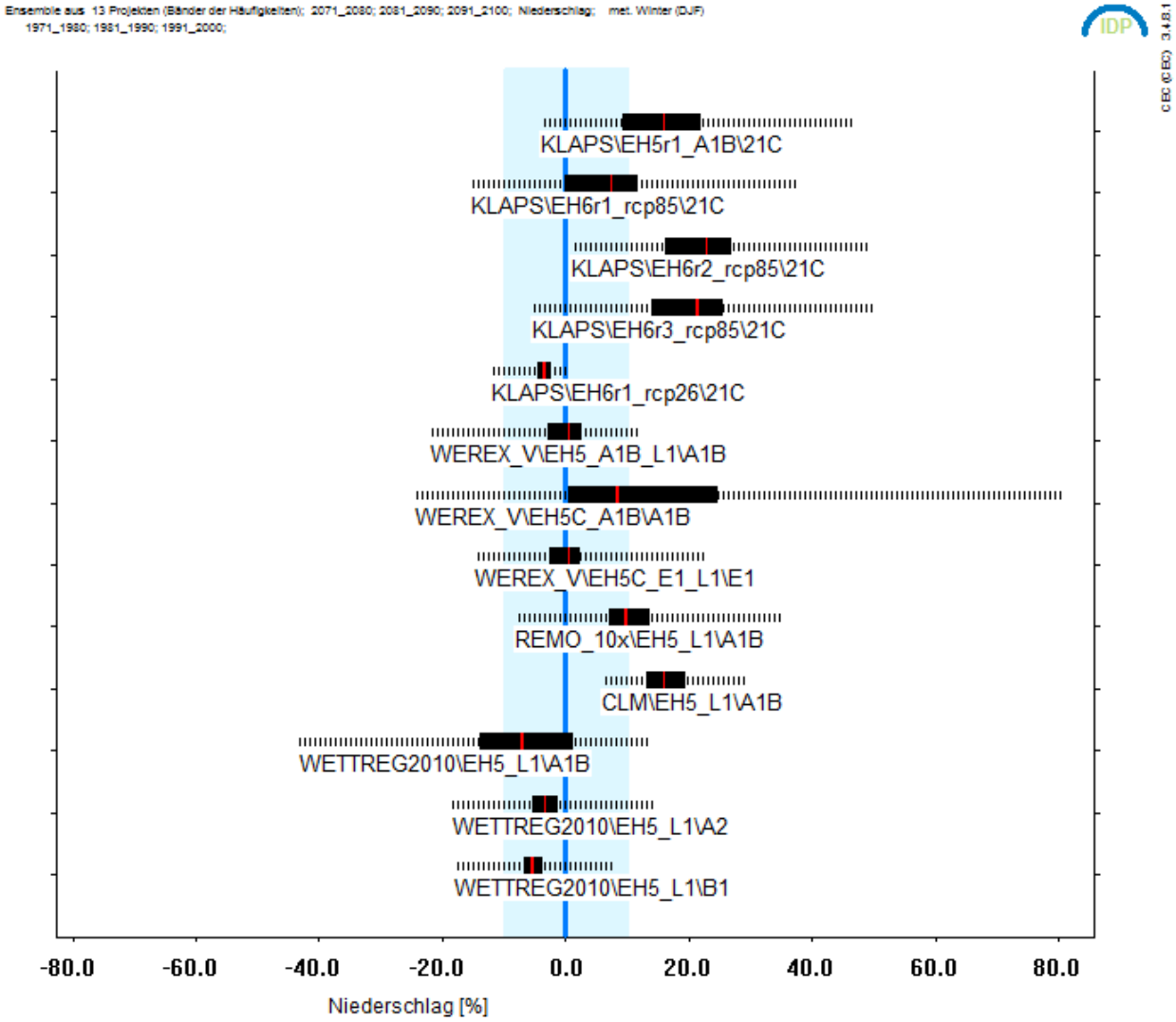
Beispiel 2: Temperaturentwicklung (Ensemble)



Beispiel 3: Niederschlag Sommer (2071–2100 minus 1971–2000)



Beispiel 3: Niederschlag Winter (2071–2100 minus 1971–2000)



Ausgangmaterial für weitere Analysen

- ⇒ Beitrag von CEC zu KLAPS: Errechnung der regionalisierten Daten für weitere Analysen
- Zum Beispiel für Vergleiche
  - SRES A1B zum Vergleich von Regionalisierungsmethoden
  - RCP8.5 zum Vergleich von Läufen des selben Modells
  - RCP2.6 Vergleich mit den bisherigen E1 Daten
  - Verschiedene Szenarios, gleiche Regionalisierungsmethode
- Ein Beispiel haben wir eben gesehen – Mitteltemperatur von einem Modellensemble projiziert
- Wichtige Grundlage für Entscheidungsprozesse: Welche Spannweite von Temperatur, Niederschlag, Wind... sind in einen zukünftigen Klima zu erwarten
- Details in anderen Vorträgen hier auf der Tagung

Dziękuję bardzo für Ihre Aufmerksamkeit

Adresse

Arne Spekat & Wolfgang Enke
Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH
David-Gilly-Str. 1
14469 Potsdam
Tel.: +49 331-745 2301
E-Mail: arne.spekat@cec-potsdam.de

Frank Kreienkamp
Deutscher Wetterdienst
Michendorfer Chaussee
14469 Potsdam