

# Klimadaten und Klimaprognosen für Hessen

Douglas Maraun

Institut für Geographie Justus-Liebig-Universität Gießen

14. September 2009, Gießen

# Übersicht

## Motivation

### Klimawandel - ein Überblick

# Übersicht

## Motivation

Klimawandel - ein Überblick

## Klimadaten für Deutschland

Der Blick zurück

Der Blick nach vorn

# Übersicht

## Motivation

Klimawandel - ein Überblick

## Klimadaten für Deutschland

Der Blick zurück

Der Blick nach vorn

## Ensembles

Systematische Modellfehler

Unterschiede in den Modellprojektionen

Das ENSEMBLES Projekt

Stellungnahmen

# Übersicht

## Motivation

Klimawandel - ein Überblick

## Klimadaten für Deutschland

Der Blick zurück

Der Blick nach vorn

## Ensembles

Systematische Modellfehler

Unterschiede in den Modellprojektionen

Das ENSEMBLES Projekt

Stellungnahmen

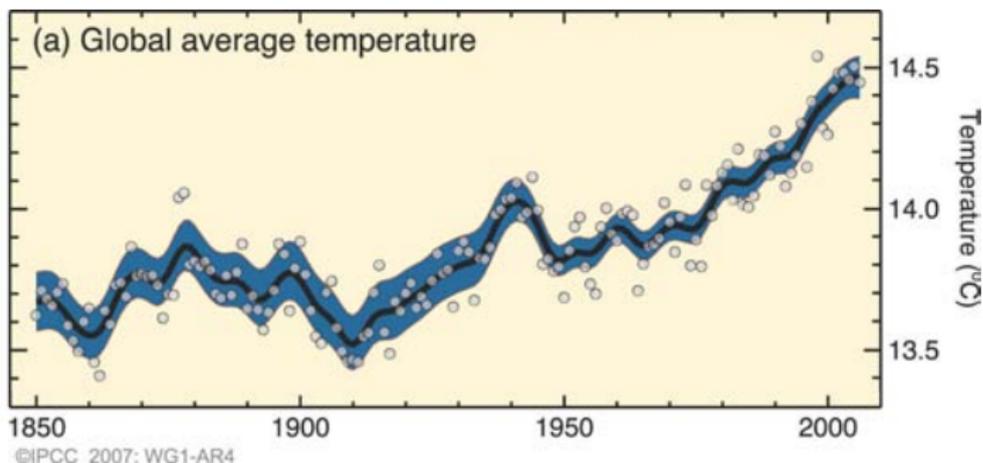
## Zusammenfassung

Take Home Messages

# Motivation · Klimawandel - ein Überblick

# Beobachtete Klimaerwärmung

Globale Mitteltemperatur:



Hessen, Trend 1951-2000 (INKLIM Abschlussbericht):

0.9°C gegenüber globalen 0.7°C

Frühling  
1.1°C

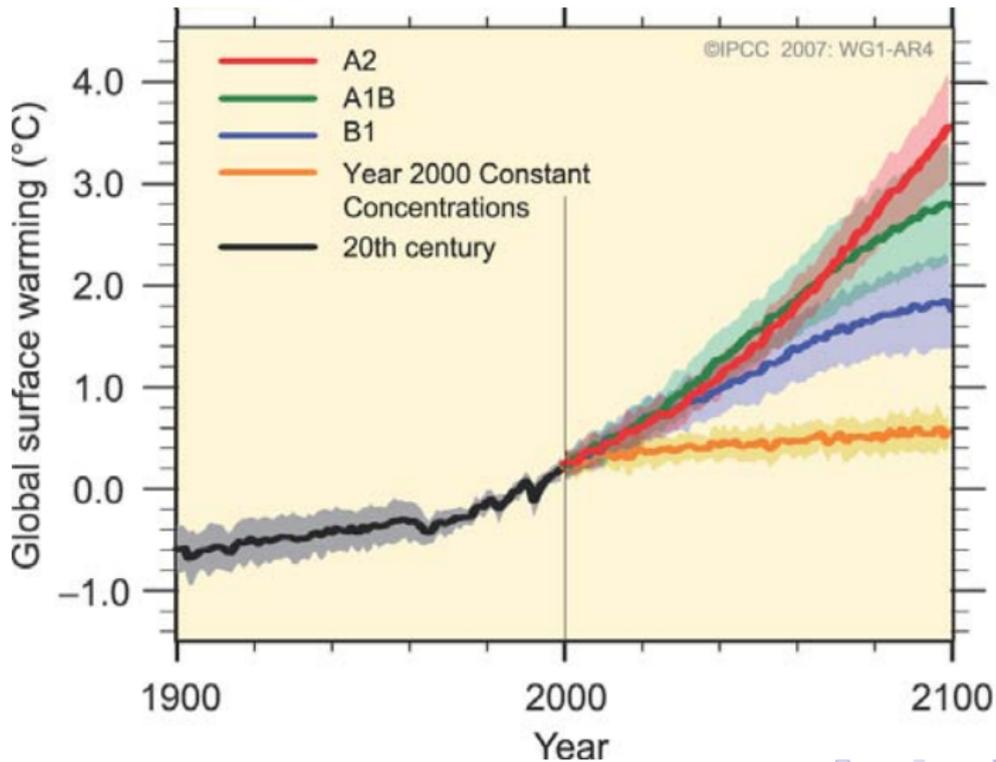
Sommer  
1.0°C

Herbst  
0.2°C

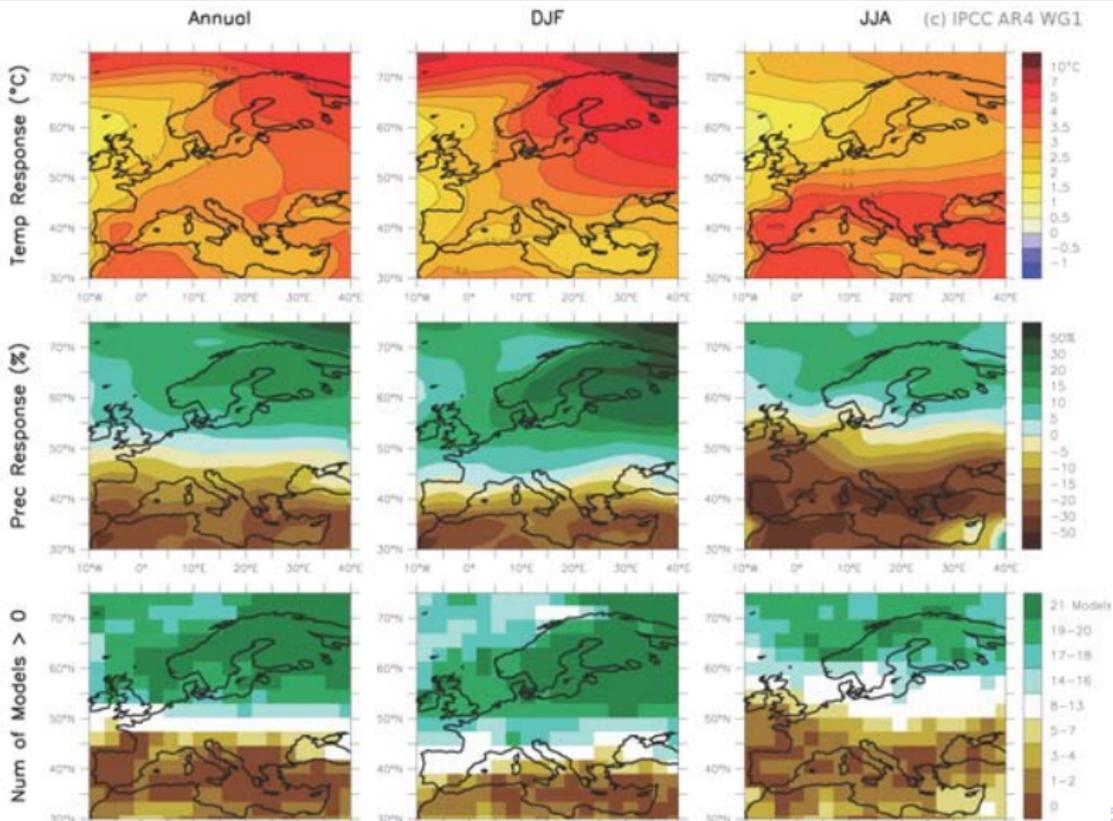
Winter  
1.6°C

Jahr  
0.9°C

# Globale Temperatur-Projektionen



# Projektionen für Europa



# Klimadaten für Deutschland · Der Blick zurück



# Wetterstationen des DWD

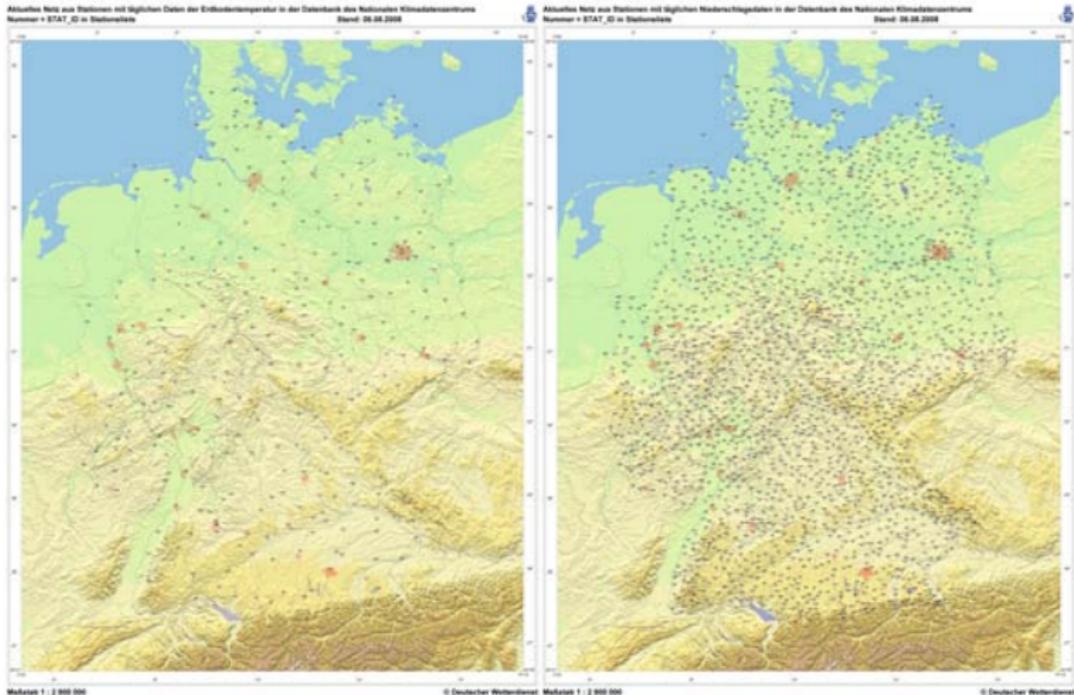
## Überblick

Der DWD verfügt über:

- ▶ 531 Stationen mit Temperatur- und Feuchtemessung
- ▶ 220 Stationen mit Messung des Luftdruckes
- ▶ 2022 Stationen mit Niederschlagsmessung
- ▶ 295 Stationen mit Windmessung (56 davon sind in das Sturmwarnnetz integriert)
- ▶ 311 Stationen mit Messung der Sonnenscheindauer

# Wetterstationen des DWD

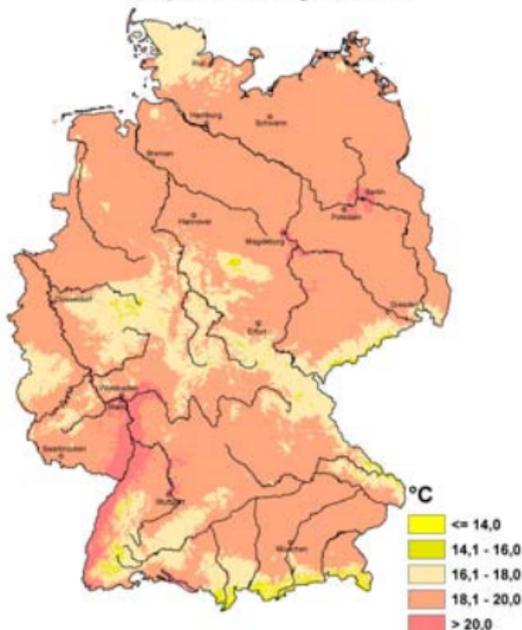
Bodentemperatur (links), Niederschlag (rechts), täglich, meist seit 1958



# Interpolierte (gerasterte) Daten

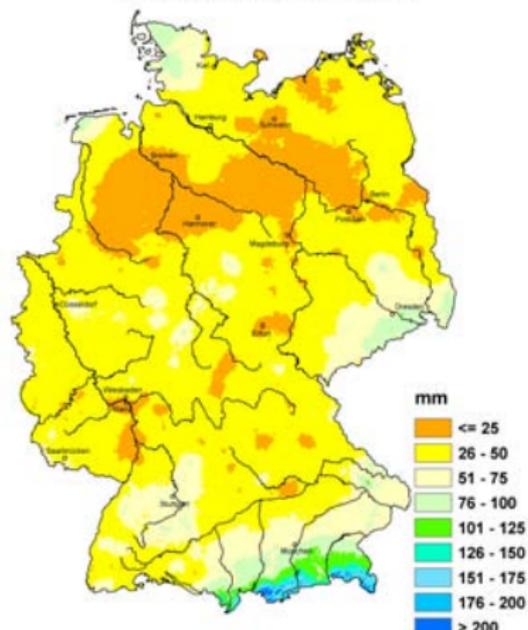
1km x 1km, monatlich (für Niederschlag auch täglich, aber kostenpflichtig)

**Lufttemperatur August 2009**  
Temperature August 2009



© Deutscher Wetterdienst 2009  
Diese Karte wurde am 02.09.2009 mit den Daten aller Stationen aus den Messnetzen des DWD erstellt.  
This chart was produced on September 02, 2009 using data of all stations of the networks of DWD.

**Niederschlagshöhe August 2009**  
Precipitation August 2009



© Deutscher Wetterdienst 2009  
Diese Karte wurde am 02.09.2009 mit den Daten aller Stationen aus den Messnetzen des DWD erstellt.  
This chart was produced on September 02, 2009 using data of all stations of the networks of DWD.

# Reanalyse Daten

## Kombination eines Wettervorhersagemodells mit Messdaten

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA):

- ▶ NCEP: 1948 - 2007, 6-stündlich, 2,5 x 2,5 Grad

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF):

- ▶ ERA40: 1957-2002, 6-stündlich, 2.5 x 2.5 Grad
- ▶ ERA Interim: 1989-2009 , 6-stündlich, 1.5 x 1.5 Grad

# Klimadaten für Deutschland · Der Blick nach vorn



# Regionalisierung (Downscaling)

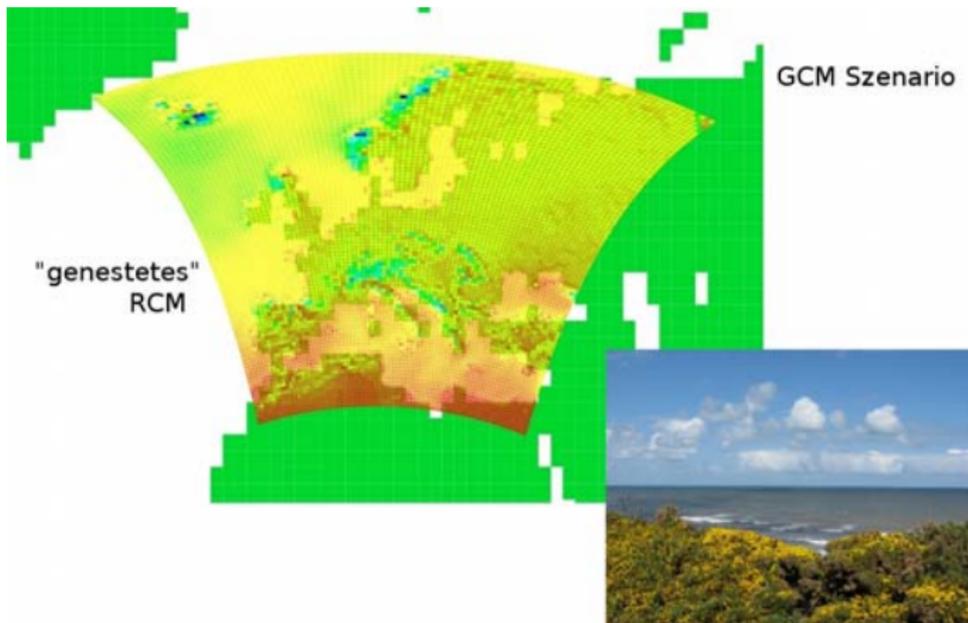
Gegeben: Globales Klimamodell, gesucht: lokales Klima





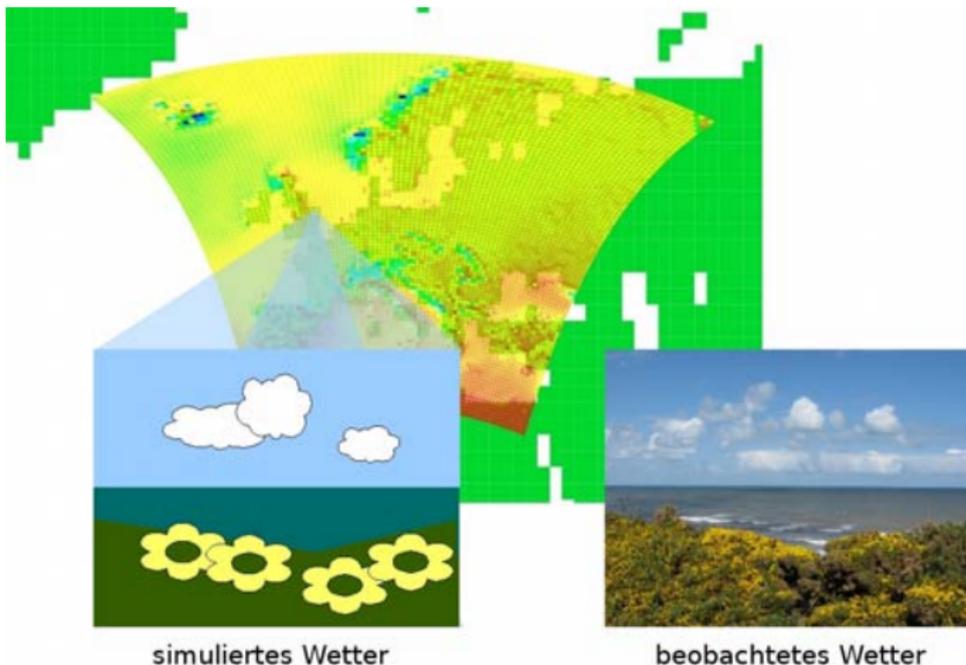
# Dynamisches Downscaling

Modelliere die Physik der Atmosphäre



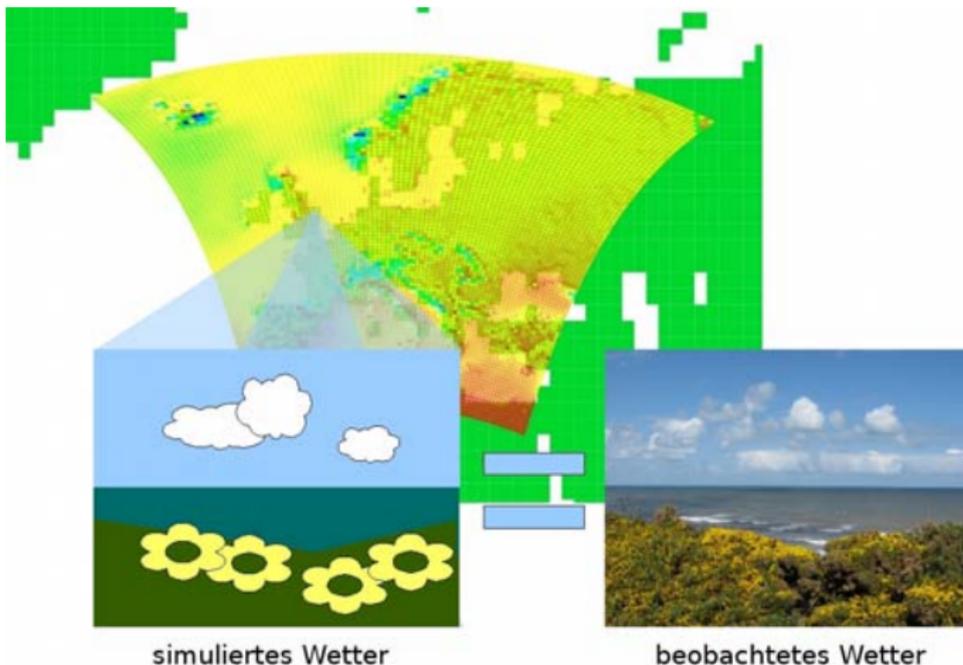
# Dynamisches Downscaling

Modelliere die Physik der Atmosphäre



# Dynamisches Downscaling

Modelliere die Physik der Atmosphäre





# Statistisches Downscaling

Nutze statistische Zusammenhänge zwischen großen und kleinen Skalen



# Statistisches Downscaling

Nutze statistische Zusammenhänge zwischen großen und kleinen Skalen



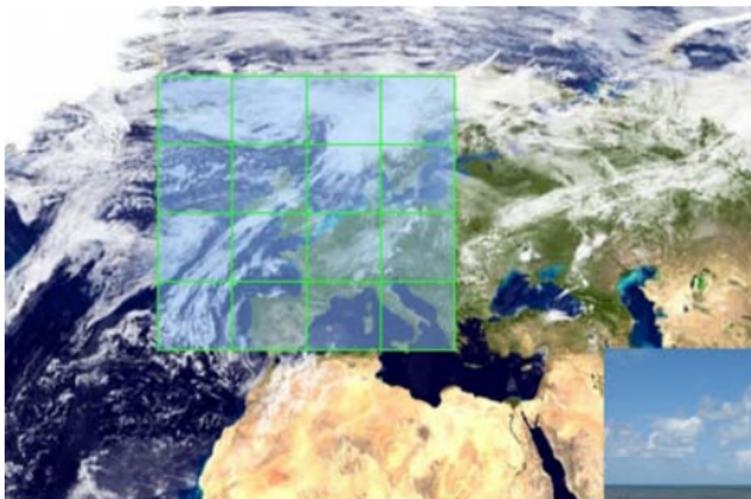
beobachtetes  
großskaliges  
Wetter



beobachtetes lokales Wetter

# Statistisches Downscaling

Nutze statistische Zusammenhänge zwischen großen und kleinen Skalen



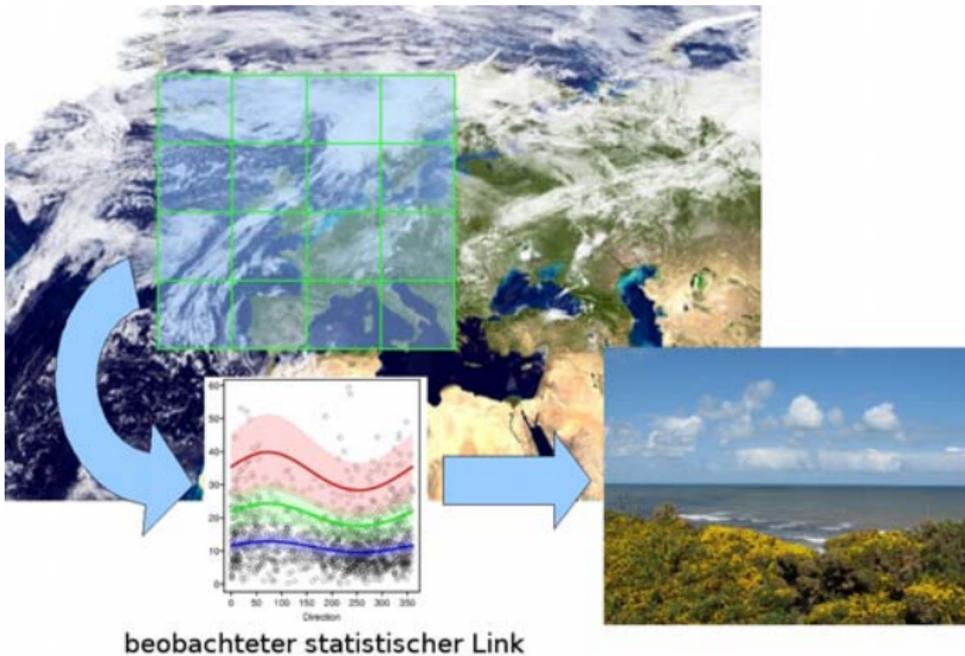
beobachtetes  
großskaliges  
Wetter



beobachtetes lokales Wetter

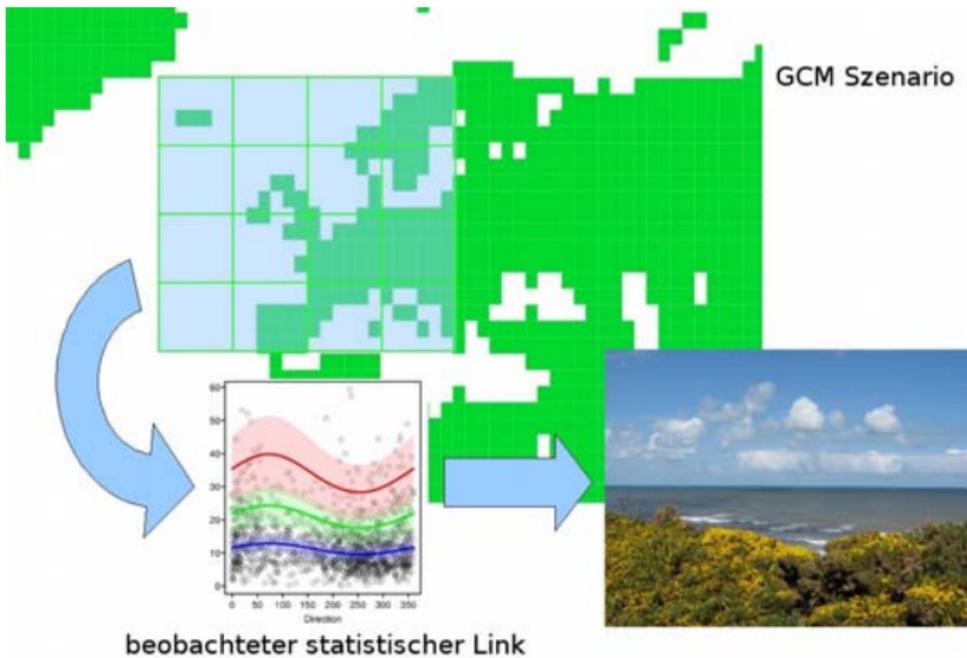
# Statistisches Downscaling

Nutze statistische Zusammenhänge zwischen großen und kleinen Skalen



# Statistisches Downscaling

Nutze statistische Zusammenhänge zwischen großen und kleinen Skalen



# Projektionen vs. Vorhersagen

## Vorhersagen:

Vorhersagen versuchen die wahrscheinlichste Entwicklung des Klimasystems in der Zukunft vorherzusagen

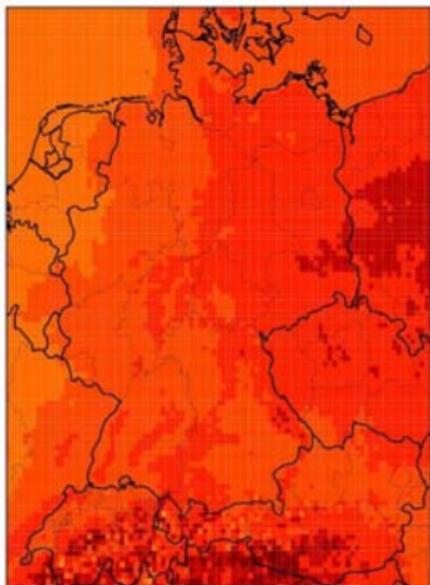
## Projektionen

Projektionen beschreiben die Reaktion des Klimasystems auf einen möglichen externen Antrieb (Szenario) und vernachlässigen dabei natürliche interne Schwankungen und Wetter

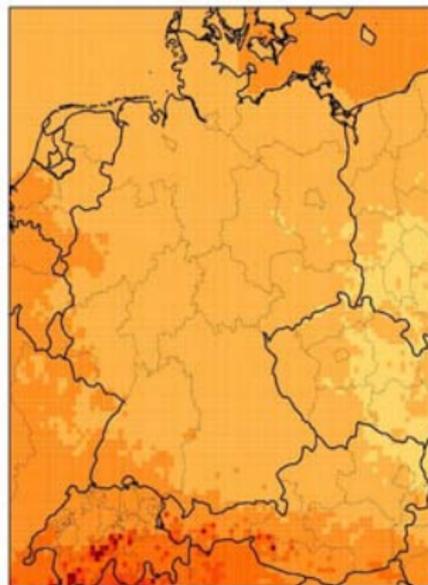
# REMO UBA - 10km x 10km, täglich

Temperaturänderung, A1B, 2031-2060 vs. 1971-2000, Winter (links) und Sommer (rechts)

A1B: 2031/2060 minus 1971/2000  
Winter: 2m Lufttemperatur [°C]



A1B: 2031/2060 minus 1971/2000  
Sommer: 2m Lufttemperatur [°C]



(Quelle: MPI-MET)

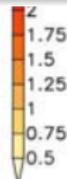
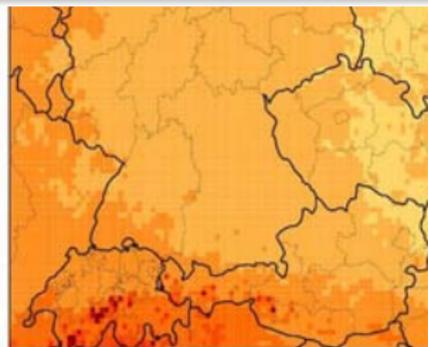
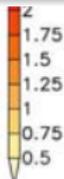
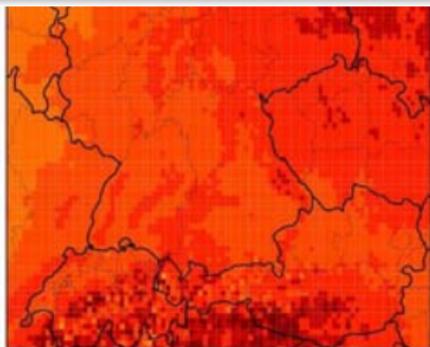
# REMO UBA - 10km x 10km, täglich

Temperaturänderung, A1B, 2031-2060 vs. 1971-2000, Winter (links) und Sommer (rechts)

A1B: 2031/2060 minus 1971/2000  
Winter: 2m Lufttemperatur [°C]

A1B: 2031/2060 minus 1971/2000  
Sommer: 2m Lufttemperatur [°C]

- ▶ Achtung! Klimamodelle simulieren EINE mögliche Zukunft, KEINE Vorhersage.



(Quelle: MPI-MET)

# REMO UBA - 10km x 10km, täglich

Temperaturänderung, A1B, 2031-2060 vs. 1971-2000, Winter (links) und Sommer (rechts)

A1B: 2031/2060 minus 1971/2000  
Winter: 2m Lufttemperatur [°C]

A1B: 2031/2060 minus 1971/2000  
Sommer: 2m Lufttemperatur [°C]

- ▶ Achtung! Klimamodelle simulieren EINE mögliche Zukunft, KEINE Vorhersage.



- ▶ Deshalb 4-9 Gitterpunkte mitteln, 30 Jahre mitteln

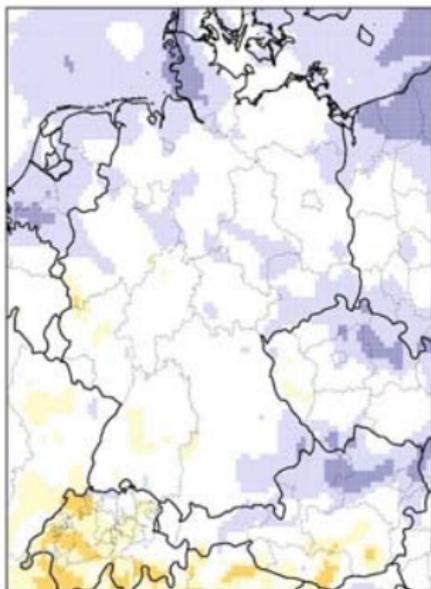


(Quelle: MPI-MET)

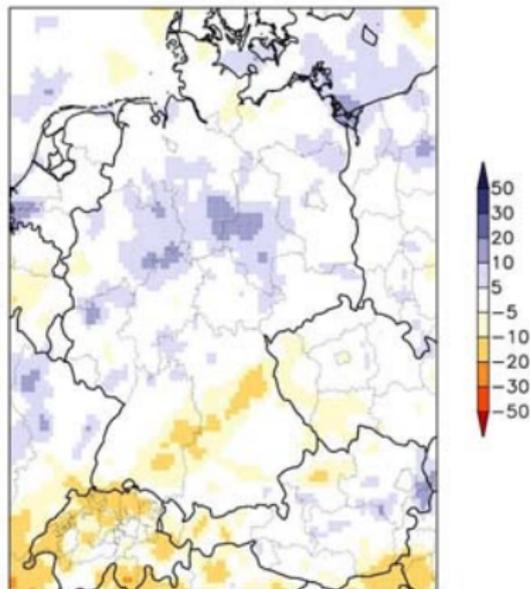
# REMO UBA - 10km x 10km, täglich

Niederschlag, A1B, 2031-2060 vs. 1971-2000, Winter (links) und Sommer (rechts)

A1B: 2031/2060 minus 1971/2000  
Winter: relative Niederschlagsänderung [%]



A1B: 2031/2060 minus 1971/2000  
Sommer: relative Niederschlagsänderung [%]

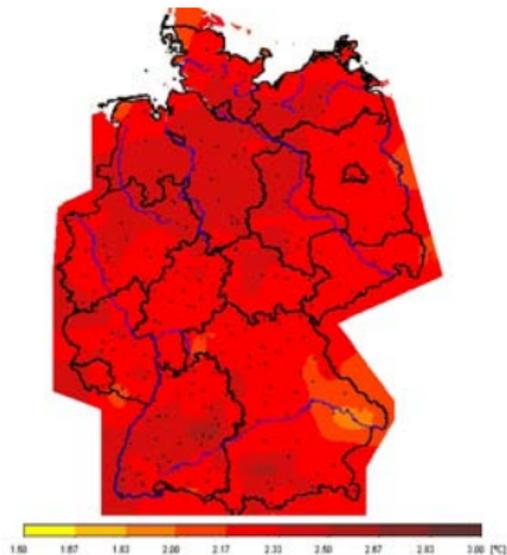


(Quelle: MPI-MET)

**ACHTUNG: 4-9 Gitterpunkte mitteln, 30 Jahre mitteln**

# Wettreg

Temperaturänderung, A1B, 2070-2100 vs. 1961-1990, Jahresmittel

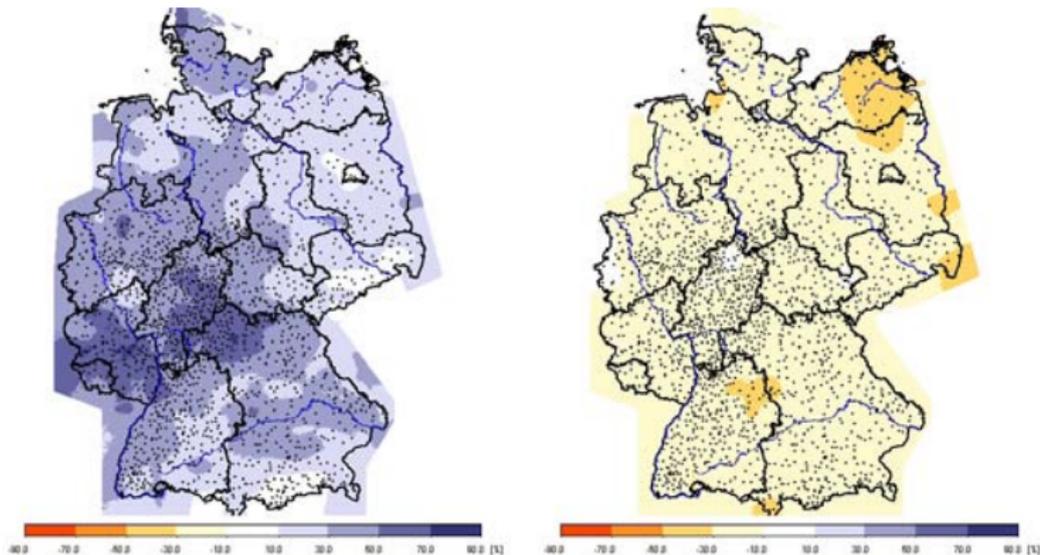


(Quelle: UBA 2007)

Geschätzt an Messstationen, interpoliert.

# Wetter

Niederschlagsänderung, A1B, 2070-2100 vs. 1961-1990, Winter (links), Sommer (rechts)



(Quelle: UBA 2007)

Geschätzt an Messstationen, interpoliert.

# Zwek

Projekt des DWD zum Regionalisierungsvergleich:

- ▶ REMO
- ▶ CLM
- ▶ WETTReg
- ▶ STAR

Bis jetzt allerdings nur saisonale Ergebnisse.

NB: Es gibt noch unzählige andere statistische Downscaling Verfahren als Alternativen zu WETTReg oder STAR.

# Ensembles · Systematische Modellfehler

# Niederschlag, 5 Jahres Wiederkehrwerte (Sommer)

- ▶ Verschiedene Modelle unterscheiden sich systematisch
- ▶ Es gibt kein “bestes” Modell

# Ensembles · Unterschiede in den Modellprojektionen

# Unterschiedliche Projektionen für Starkniederschläge

Änderungen 2070-2099 gegenüber 1970-1999; DJF: Winter, JJA: Sommer

- ▶ Je nach Modell und Anfangswerten werden unterschiedliche Trends vorausgesagt

# Unterschiedliche Projektionen für Starkniederschläge

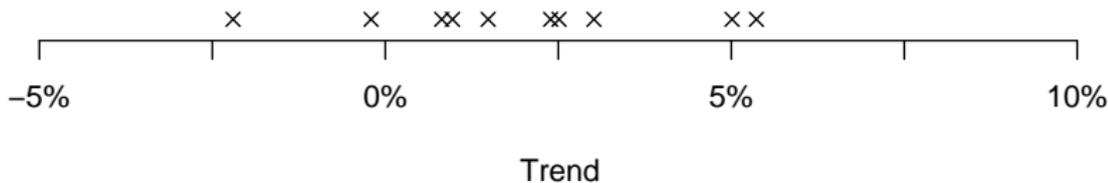
Änderungen 2070-2099 gegenüber 1970-1999; DJF: Winter, JJA: Sommer

- ▶ Je nach Modell und Anfangswerten werden unterschiedliche Trends vorausgesagt
- ▶ Es ist nicht klar, ob extreme Sommerniederschläge in Hessen zu- oder abnehmen werden.

# Ausweg: wo sind Änderungen robust?

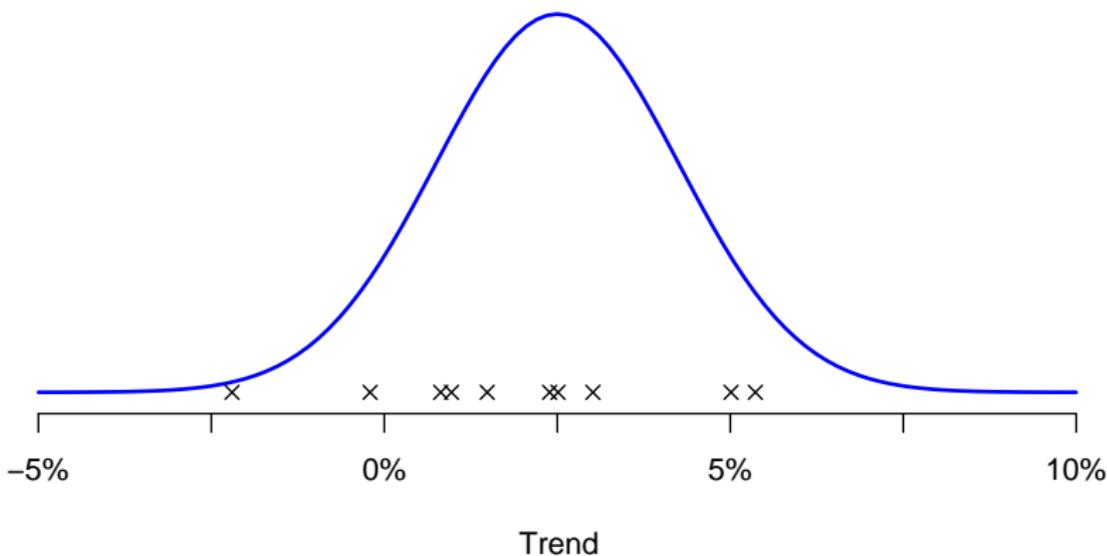
# Ensemble Projektionen

## Beispiel: Projektionen von Niederschlagstrends



# Ensemble Projektionen

## Beispiel: Projektionen von Niederschlagstrends



# Ensemble Projektionen

## Beispiel: Projektionen von Niederschlagstrends

- ▶ Kombination von Modellen
- ▶ Quantifizierung von Unsicherheiten



# Ensembles · Das ENSEMBLES Projekt

# ENSEMBLES: Ziele, Partner und Modelle

- ▶ Projekt der EU im 6th Framework Programme
- ▶ Entwicklung eines Ensemble Vorhersagesystems
- ▶ QUANTIFIZIERUNG VON UNSICHERHEITEN
- ▶ Research Theme 3: Regionale Klimamodelle
- ▶ Partner: DMI, KNMI, SMHI, MetOffice, Meteo France, MPI-Met, CHMI, ETHZ, GKSS, ICTP, INM, Met.No,...
- ▶ ERA40 getriebene Läufe 1961-2000 von 13 regionalen Klimamodellen (u.a. REMO)
- ▶ Transiente Läufe 1951-2050 oder 2100 von 3 globalen Klimamodellen gekoppelt mit 10 regionalen Klimamodellen
- ▶ Viele dieser Läufe in 25km Auflösung

# Ensembles · Stellungnahmen

# IPCC zu Ensembles

- ▶ Ein Großteil der Ergebnisse des AR4 basiert auf sogenannten Multi Model Ensembles, um Unsicherheiten zu quantifizieren.
- ▶ Aus den “Guidance Notes for Lead Authors of the IPCC Fourth Assessment Report on Addressing Uncertainties”:  
*Use of scenarios spanning a plausible range, clearly stating assumptions, limits considered, and subjective judgments. Ranges from ensembles of model runs.*

# Deutsche Klimaanpassungsstrategie

Aus der Deutschen Klimaanpassungsstrategie (beschlossen vom Bundeskabinett am 17.12.2008):

*Aus dieser Ensembleauswertung lassen sich einigermaßen robuste Aussagen zu Veränderungskorridoren ableiten. Hieraus wird die Empfehlung abgeleitet, bei künftigen Planungen, bei denen der Bund - aber auch andere Akteure - zu erwartende Chancen und Risiken des Klimawandels bewerten müssen, diese Bewertungen nicht auf einzelne Szenarien oder Modelle abzustützen, sondern die Spannbreite künftiger klimatischer Entwicklungen, die sich aus der Analyse verschiedener Emissionsszenarien und einer Vielzahl von Klimamodellen ergibt, einschließlich deren Unsicherheiten, zu berücksichtigen. Damit wird explizit nicht der vielfach erhobenen Forderung gefolgt, der Bund möge ein Szenario vorgeben, an dem sich die verschiedenen Akteure bei der Entwicklung ihrer jeweiligen Anpassungsstrategien und -maßnahmen orientieren können.*

## Zusammenfassung · Take Home Messages

# Zusammenfassung

## Beobachtungsdatensätze:

- ▶ DWD Stationsnetz (täglich)
- ▶ DWD Rasterdaten (monatlich)
- ▶ NCEP und ERA Reanalysedaten (6-stündlich)

## Regionale Klimaszenarien:

- ▶ REMO UBA (10km)
- ▶ Wettreg und andere statistische Verfahren (stationsbasiert)
- ▶ ENSEMBLES (25km)

## NB:

- ▶ Projektionen sind keine Vorhersagen, natürliche Schwankungen werden nicht korrekt vorhergesagt!
- ▶ Ensembles sind essentiell um einigermaßen robuste Aussagen zu treffen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

[douglas.maraun@geogr.uni-giessen.de](mailto:douglas.maraun@geogr.uni-giessen.de)