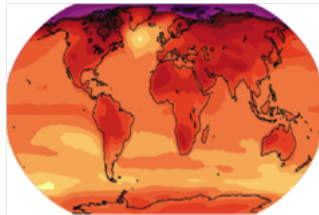




# Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung

**Daniela Jacob**



## Wasserversorgung Uferfiltration (Flußnähe)

**Gefahr:** Hochwasser (Infrastruktur, Wasserqualität)

**Problem:** direkte Lage am Fluss

**Gefahr:** Niedrigwasser (Wasserqualität, konkurrierende Nutzungen)



Wasserwerk Passau (br.de)



Rhein Sept. 2003

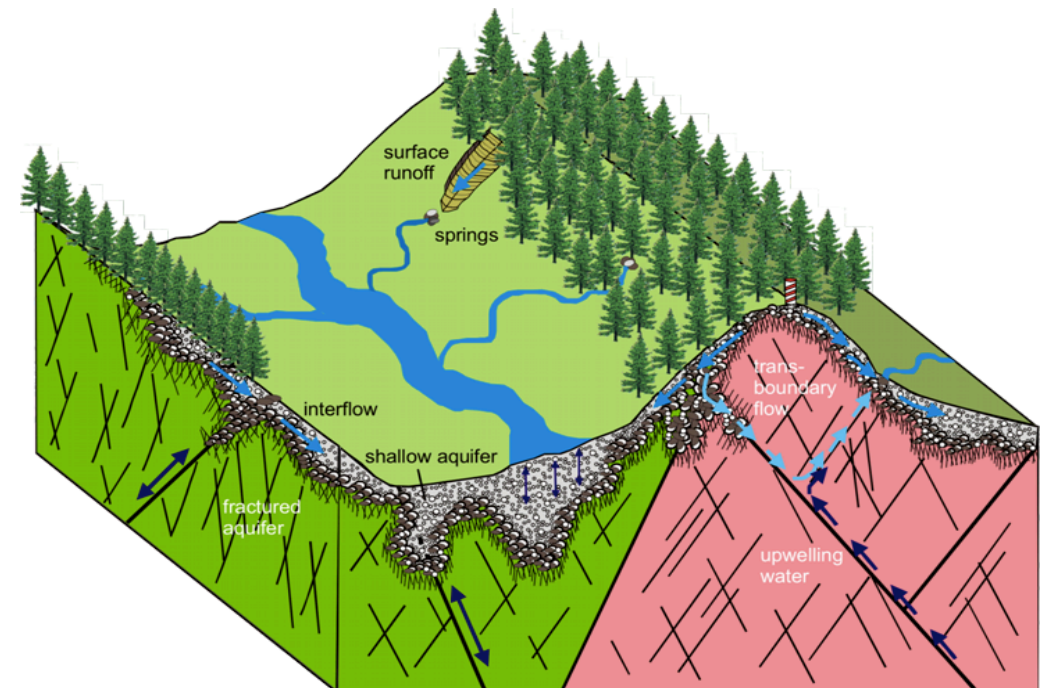


## Wasserversorgung flache Grundwasserleiter und Quellen

**Gefahr:** veränderte saisonale Niederschlagsverteilung

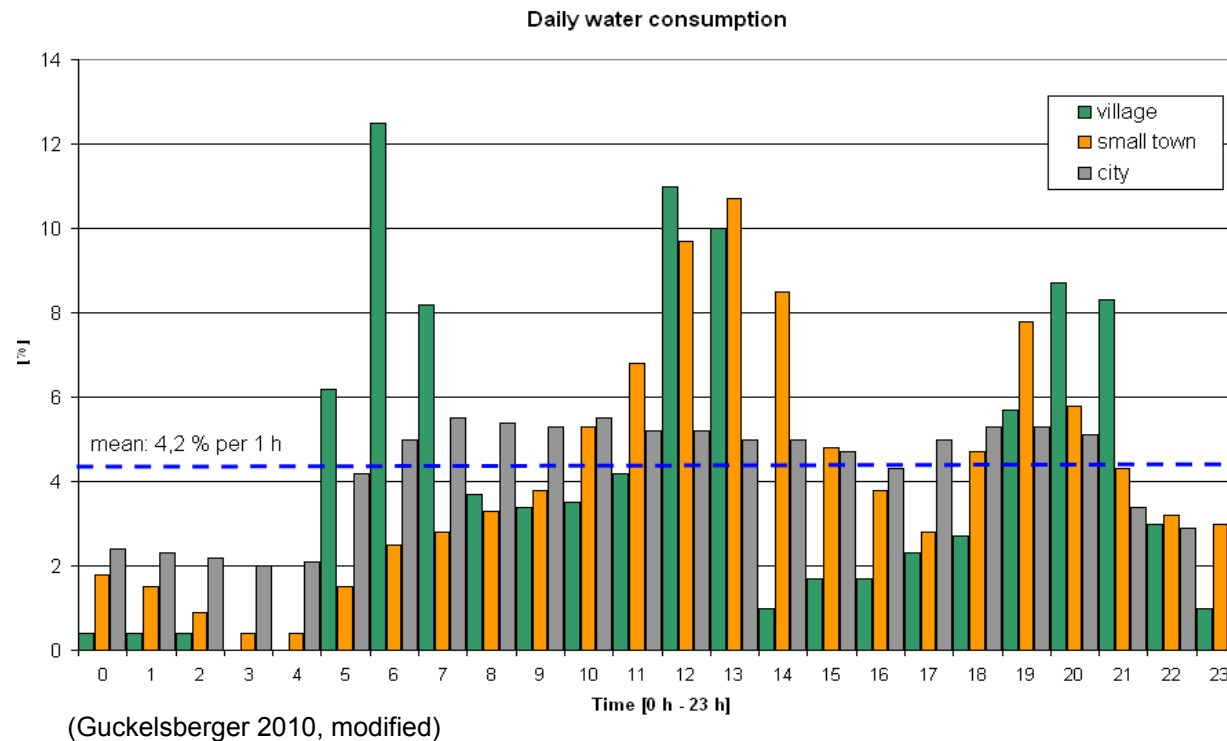
**Problem: Geringes Speichervermögen:**

- Lange Trockenperioden (versiegen von Quellen)
- Starkregen: Großteil fließt an Oberflächen ab,  
kein optimales Auffüllen des Grundwasser-  
speichers



(Bender 2009, verändert)

## Versorgungsnetze



### Problem: Deckung der Spitzenbedarfe während Extremereignissen

- Je kleiner die Versorgungsnetze, desto geringer ist die Flexibilität
- Kleine lokale Wasserversorgungen haben zumeist nur ein Standbein





## Zusammenfassung

---

**Bereits existierende Probleme** werden sich durch den Klimawandel verschärfen (mehr Starkregen, längere Trockenperioden, vermehrte Hochwasserereignisse, neue Niederschlagsmuster, veränderte Grundwasserneubildung...)

**Größte Betroffenheit** bei lokalen Wasserversorgern in Gebirgsregionen (Nutzung von Quellen) und in kleinen Verbundnetzen

**Große Wasserversorger** können durch große Netzwerkstrukturen die meisten lokale Störungen kompensieren. Jedoch sind auch sie nicht ohne Schwachstellen



# Ursachen der Bandbreiten regionaler Klimaprojektionen

## Anthropogener Einfluss

Emissionen von Treibhausgasen und Aerosolen  
Landnutzungsänderungen und -management

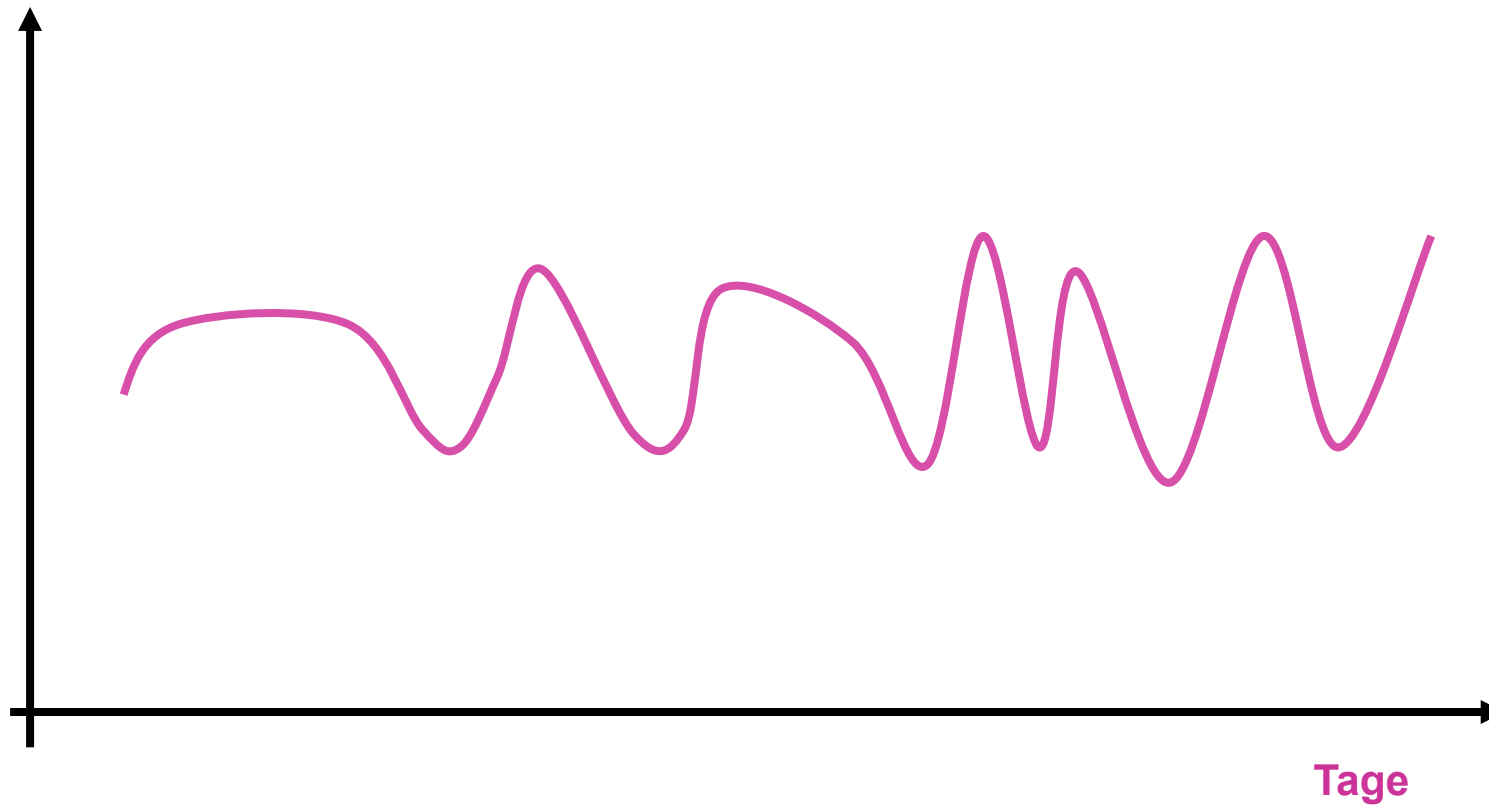
## Natürliche Klimavariabilität

Externer Antrieb: Solare Variabilität, Vulkaneruptionen, ...  
**Interne Klimavariabilität: Interne Wechselwirkungen zwischen den Komponenten des Klimasystems**

## Unsicherheiten der Modellierung

**Globalmodell: Modell und Konfiguration**  
**Regionalmodell: Modell, Konfiguration und Regionalisierungsmethode**

# Wettervorhersage

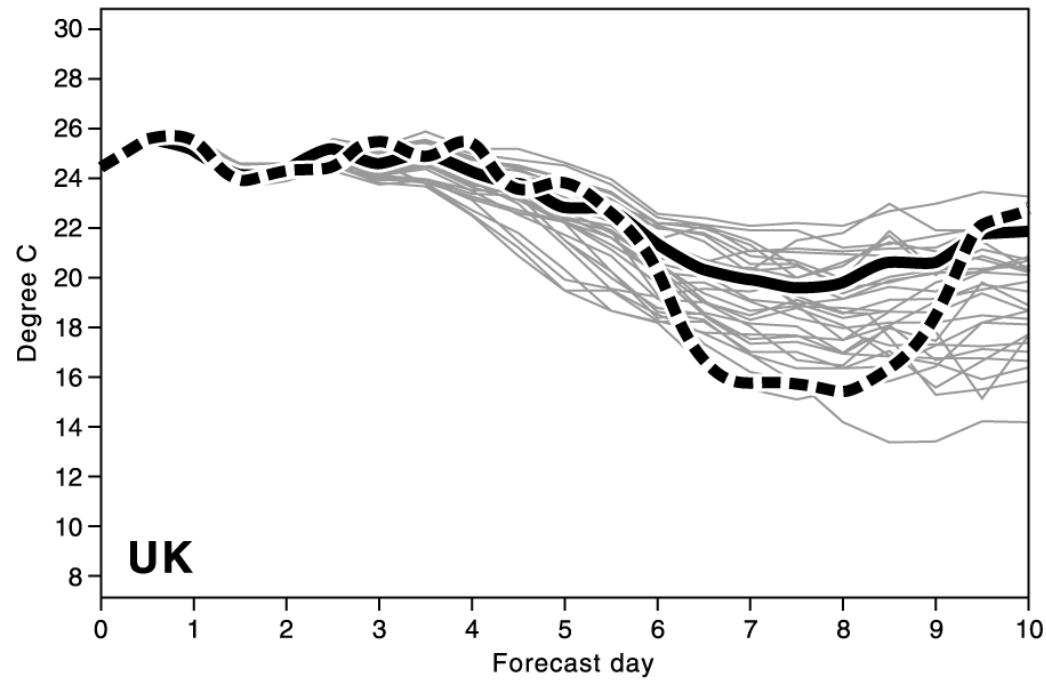




### ECMWF ensemble forecast -Air temperature

Date: 26/06/1995 London Lat: 51.5 Long: 0

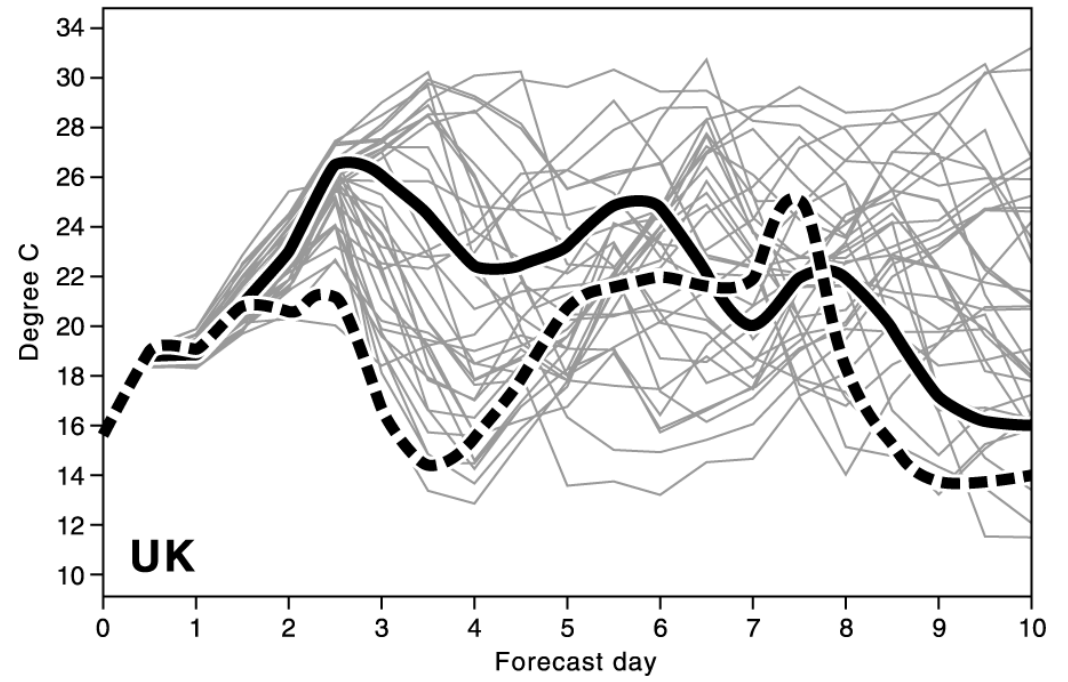
Control Analysis Ensemble



### ECMWF ensemble forecast -Air temperature

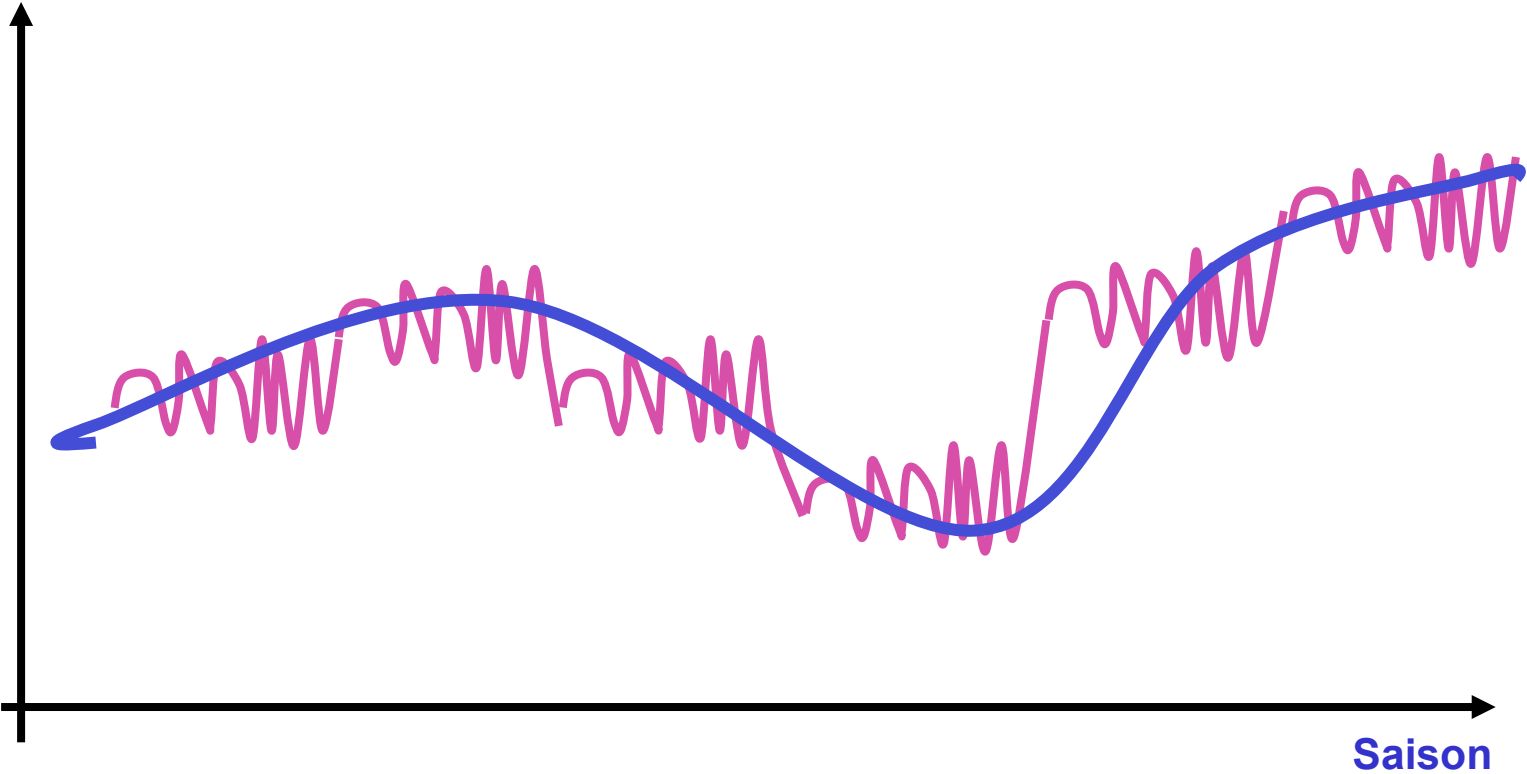
Date: 26/06/1994 London Lat: 51.5 Long: 0

Control Analysis Ensemble

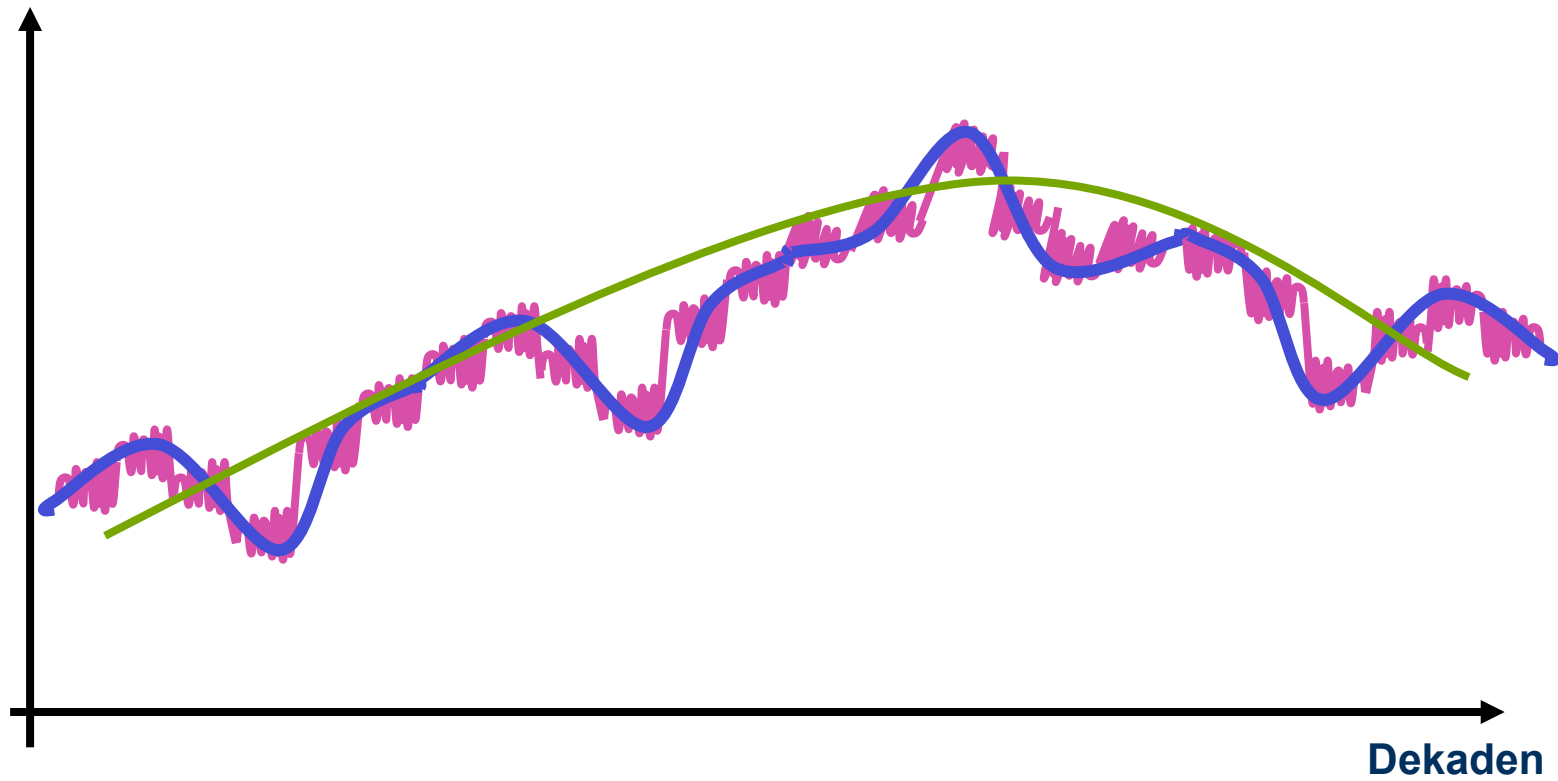


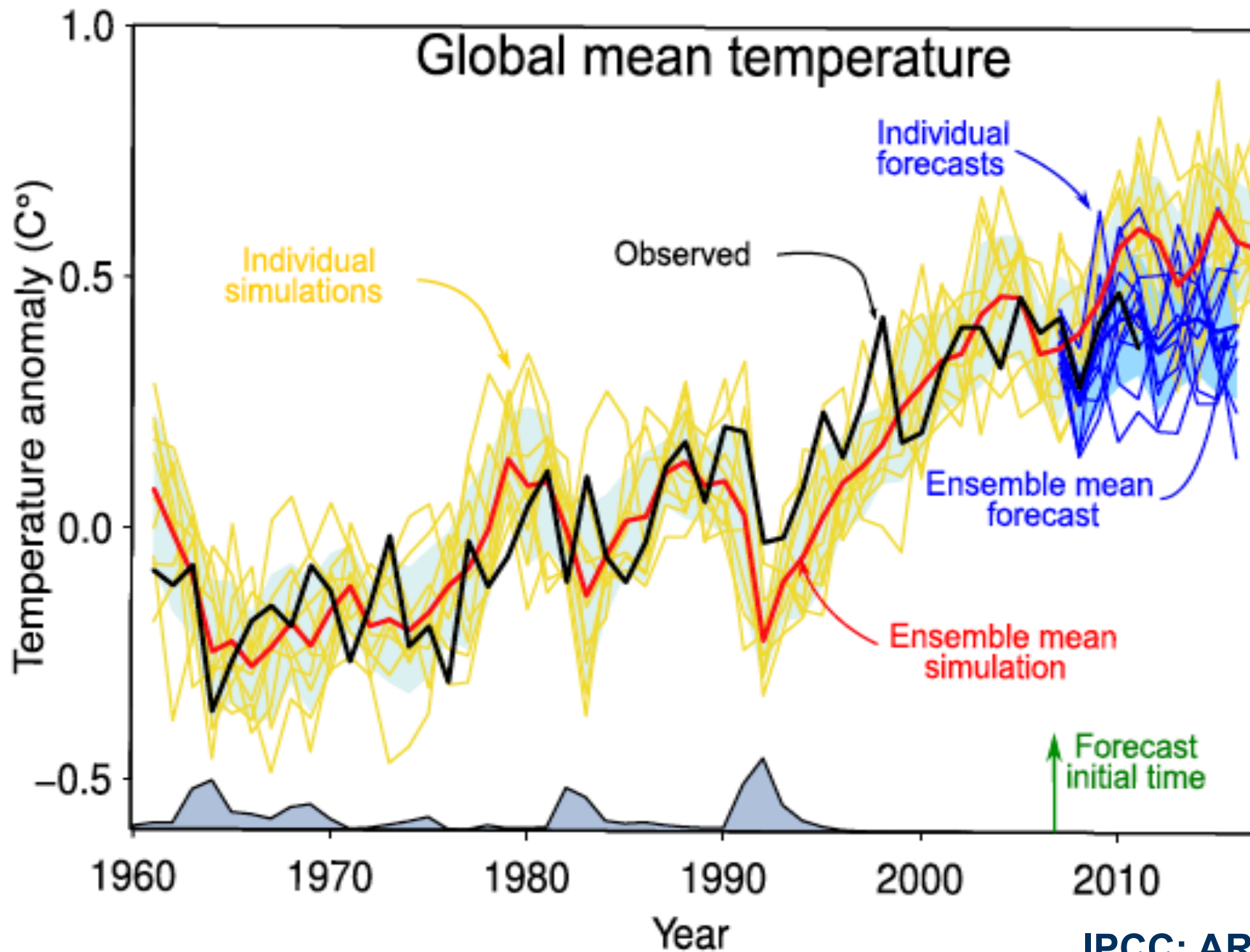


# Saisonale Vorhersage

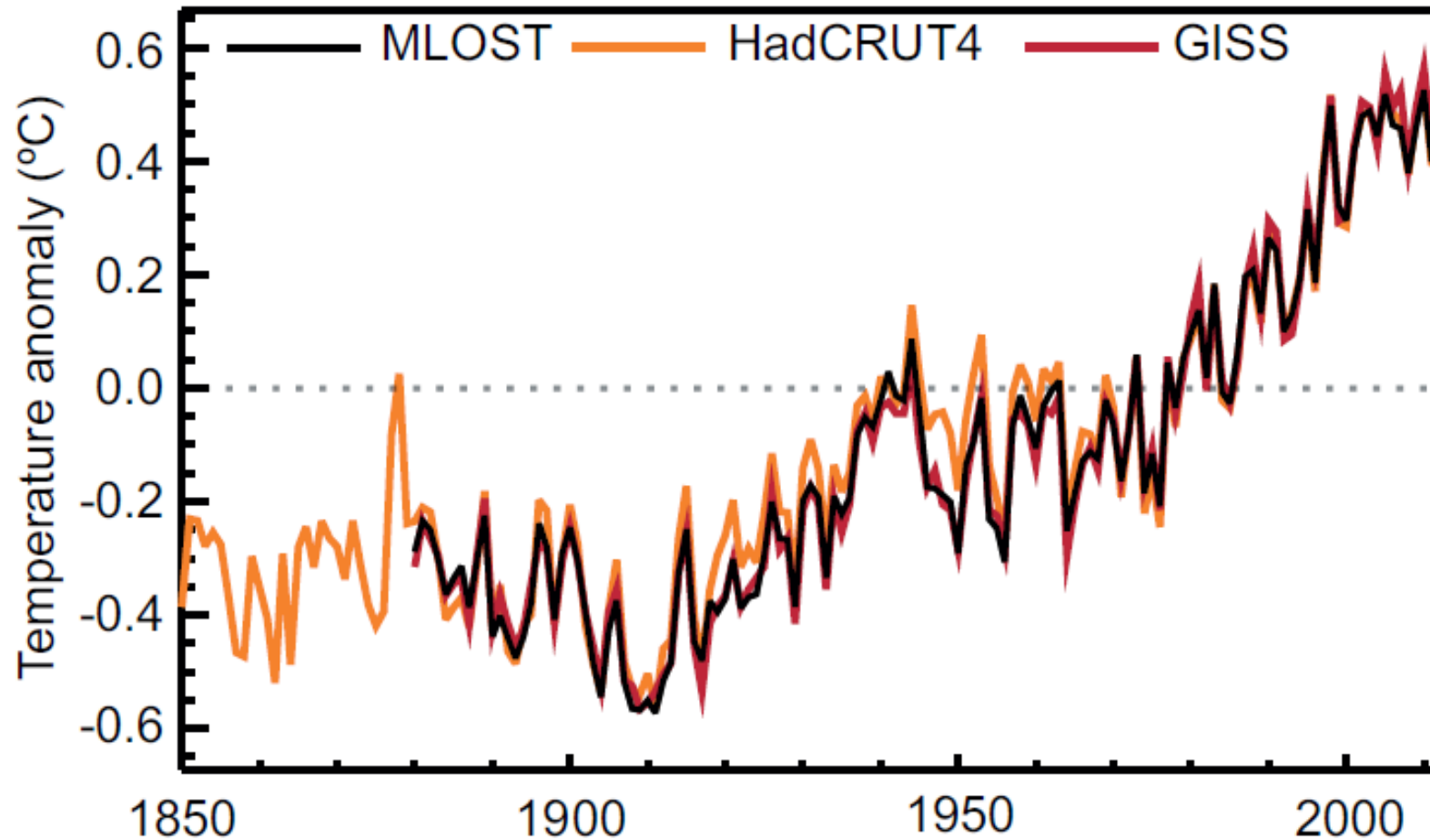


# Dekadische ‚Vorhersage‘



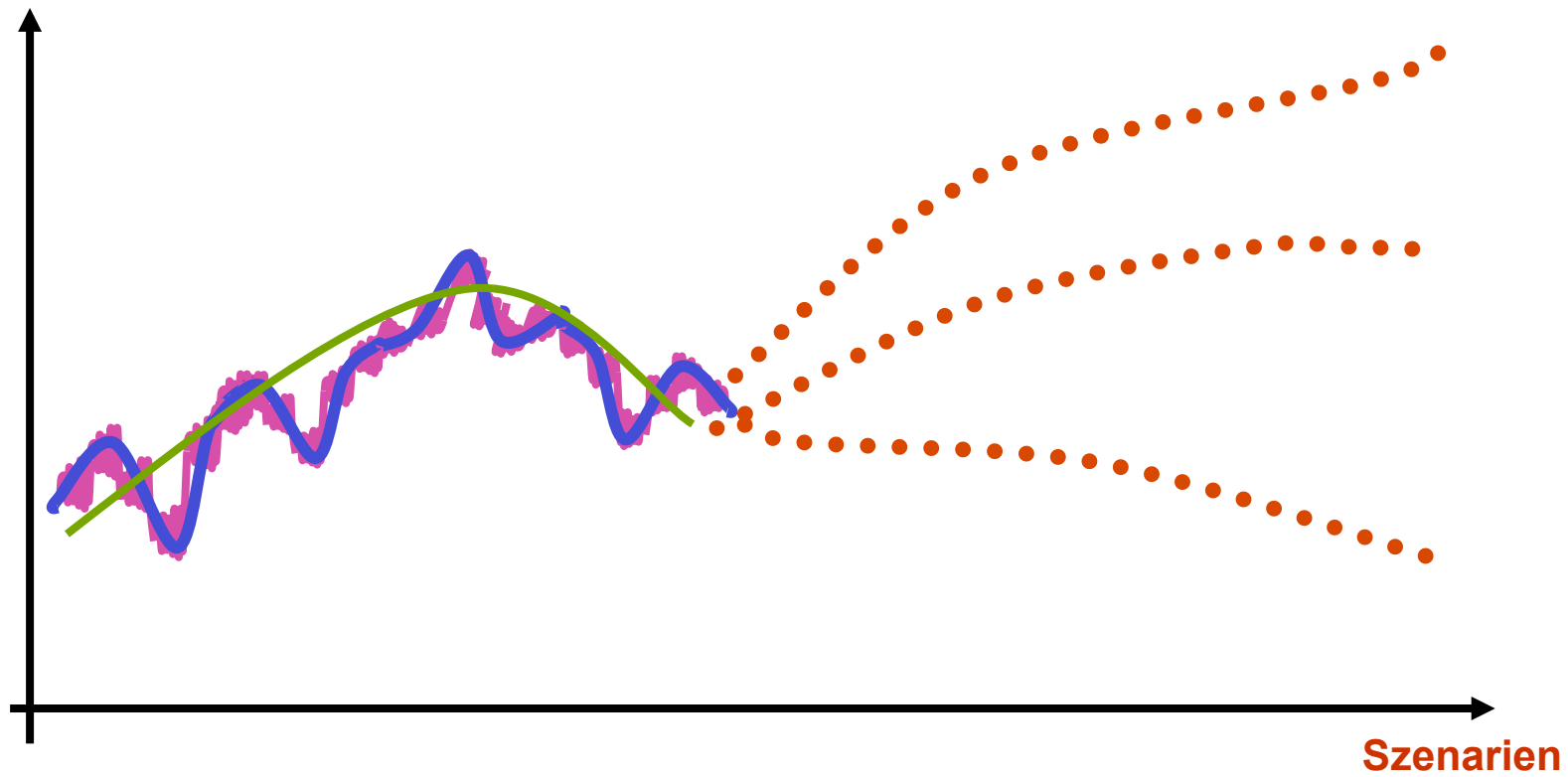


# AR5 IPCC WG1 Box 9.2 zu der “Erwärmungspause” der letzten 15 Jahren

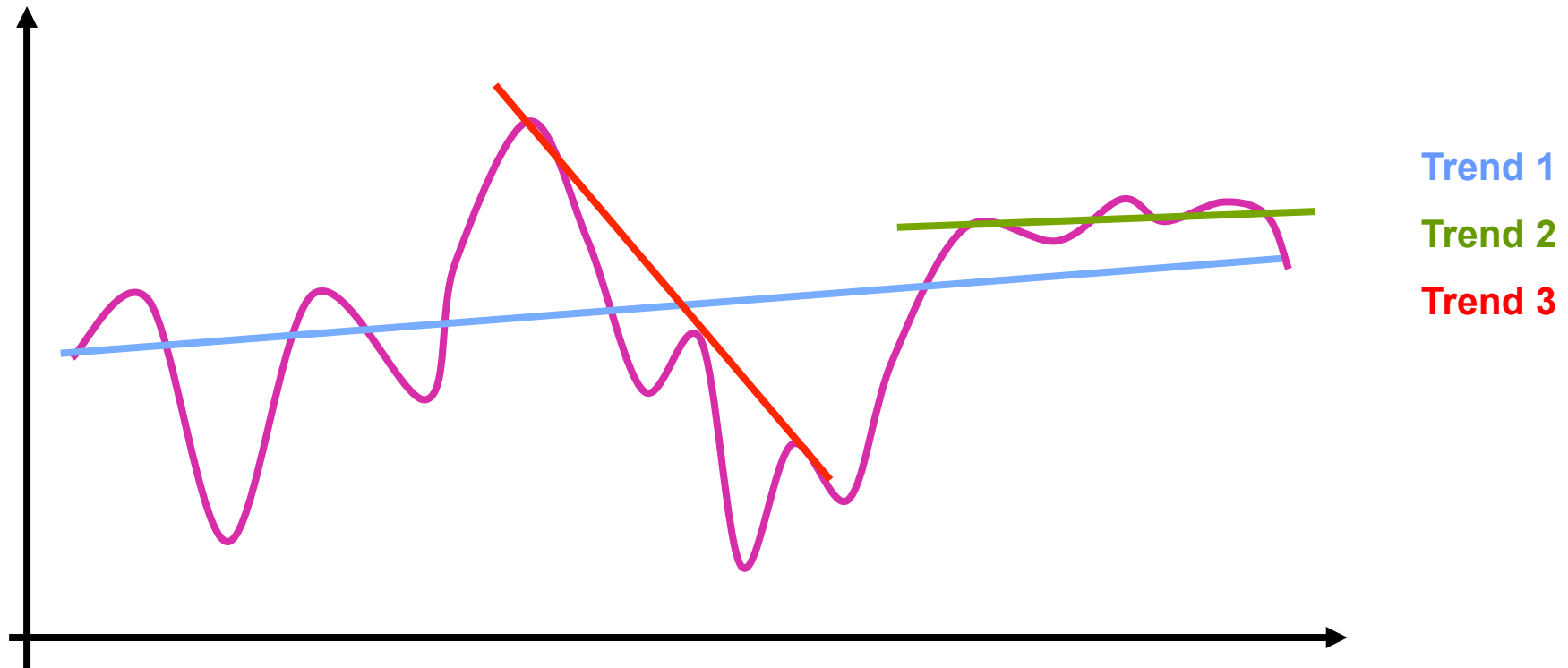




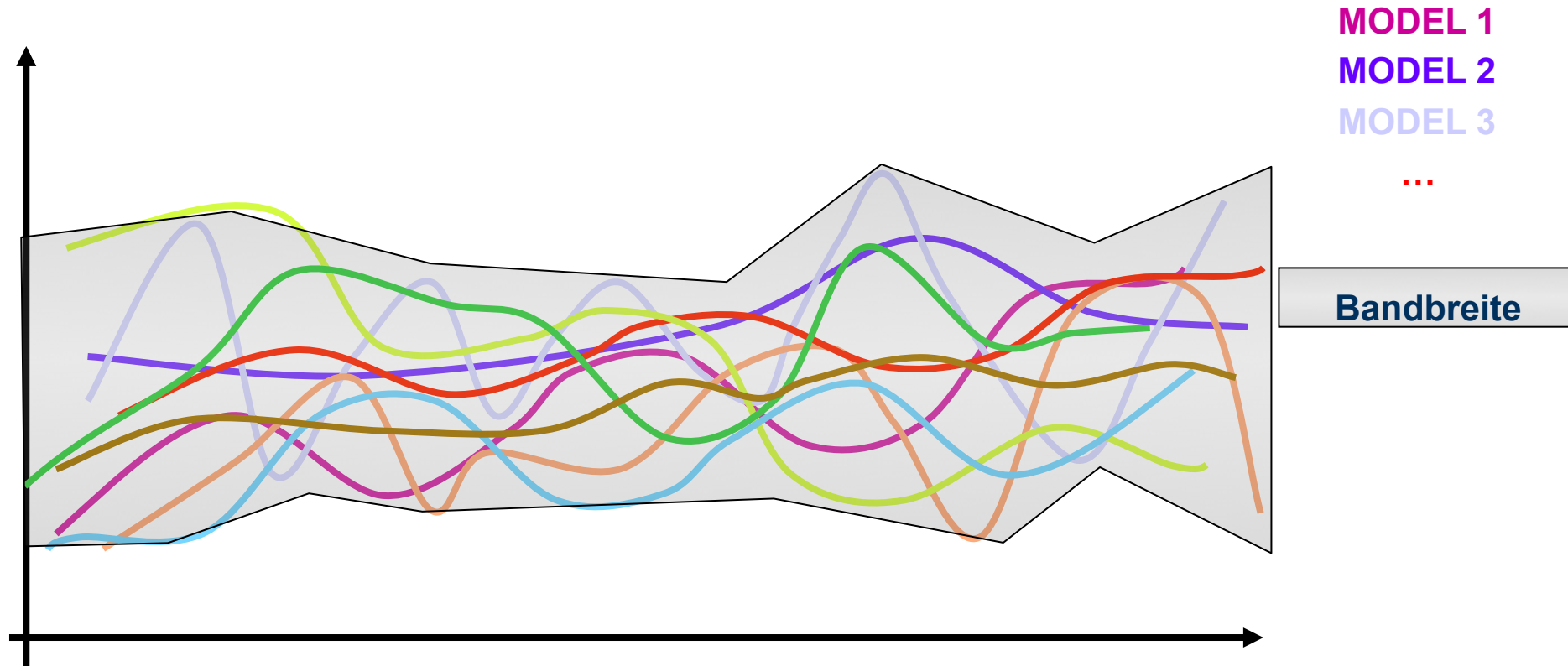
# Von Tagen zum Jahrhundert



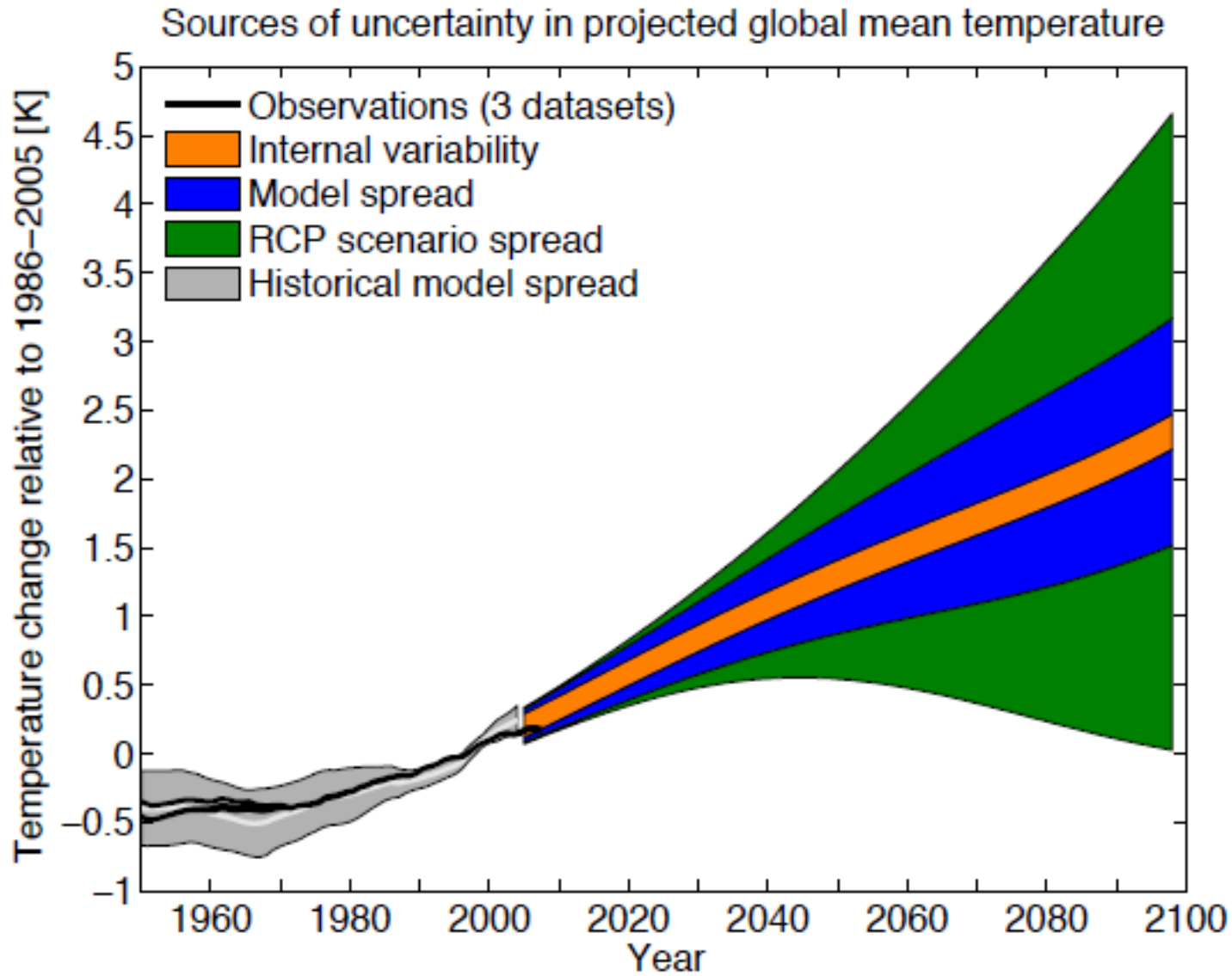
# Trendanalysen und ihre Gefahren



# Welchem Trend möchten Sie glauben?



## Unsicherheit durch Modelvariabilität

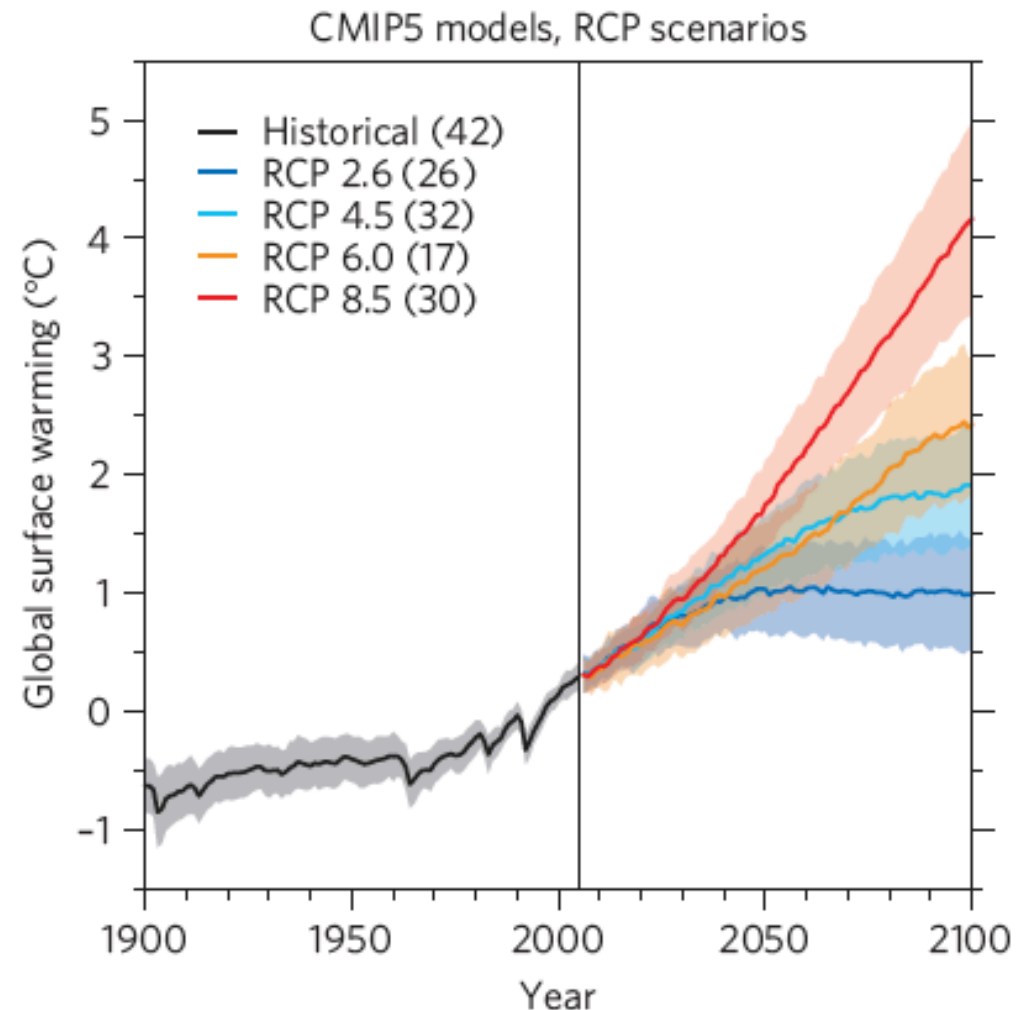
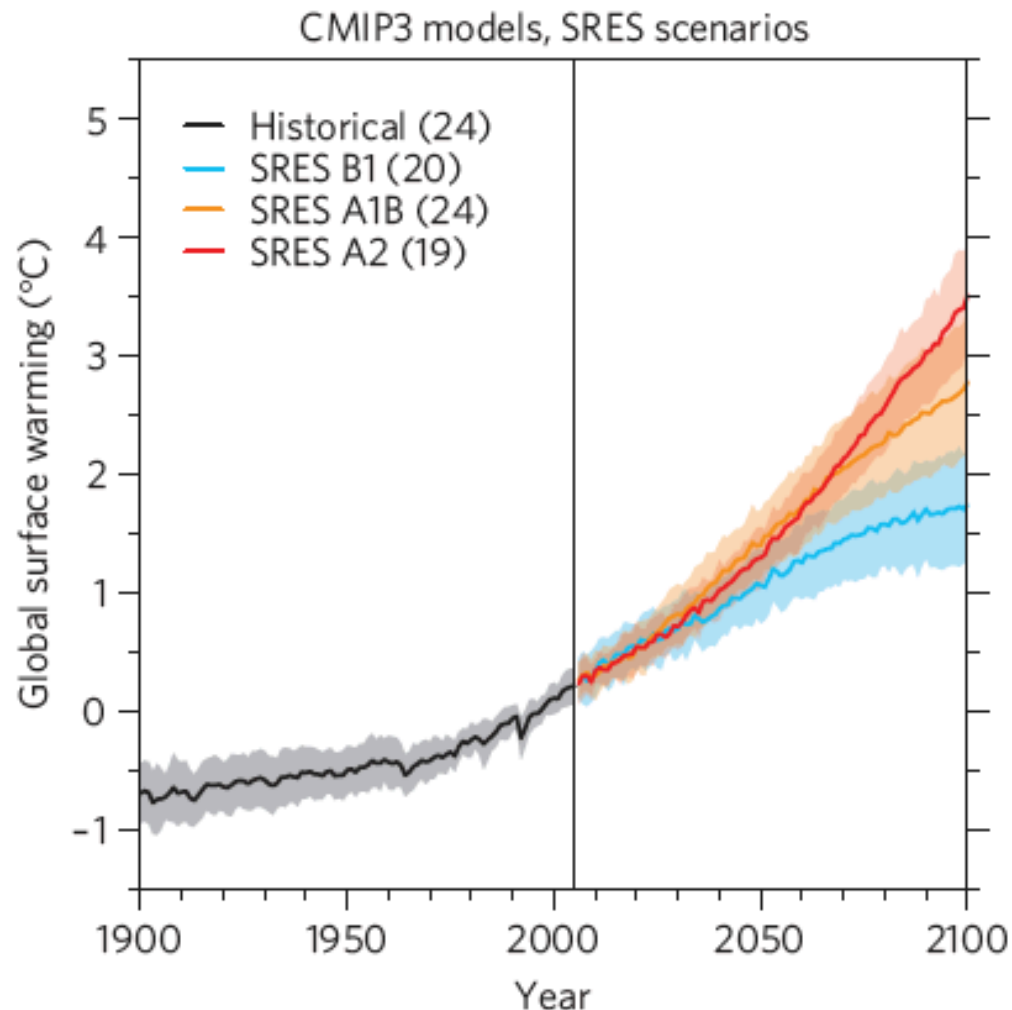




# Globale Klimaprojektionen

---

# Globale Projektionen der Temperaturänderung für SRES und RCPs

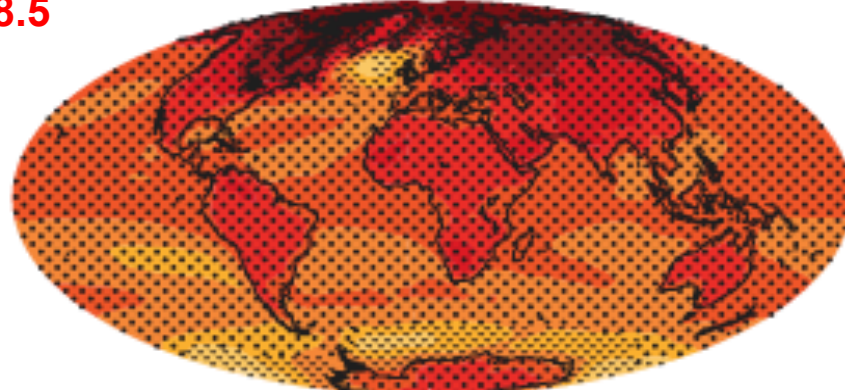


# Globale Projektionen der saisonalen Temperaturänderung

CMIP5  
RCP8.5

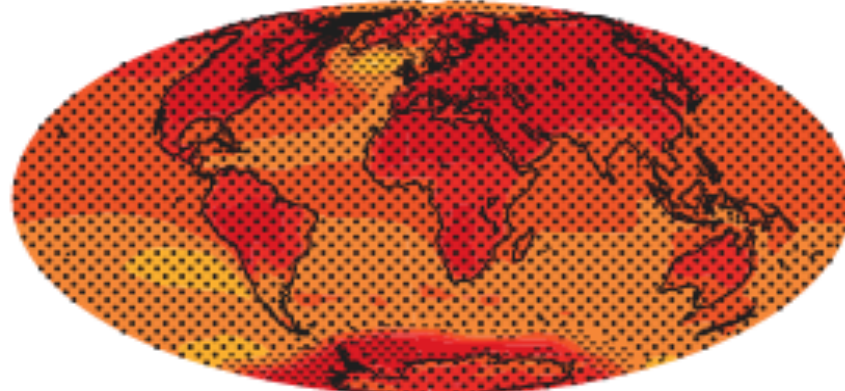
RCP85: 2081-2100

DJF



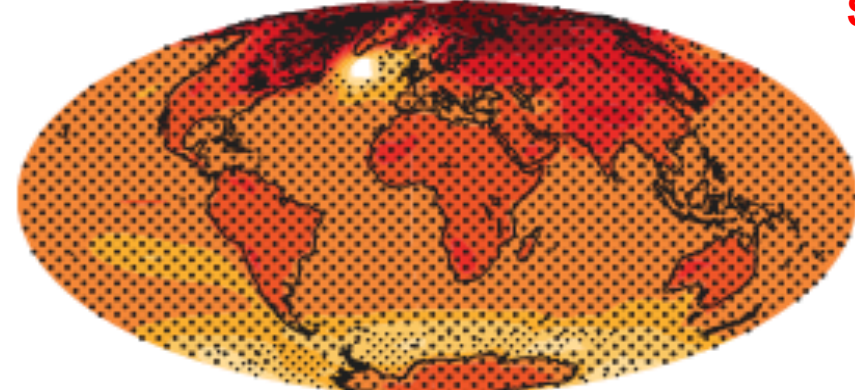
RCP85: 2081-2100

JJA



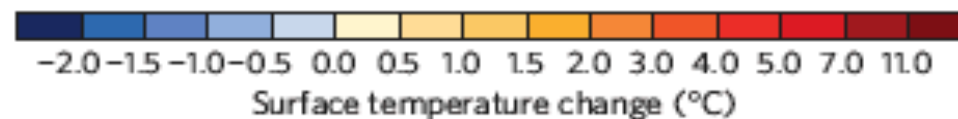
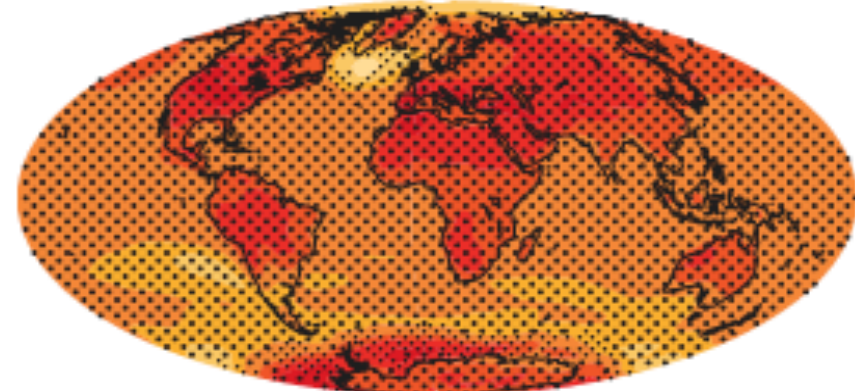
SRESA2: 2081-2100

DJF



SRESA2: 2081-2100

JJA



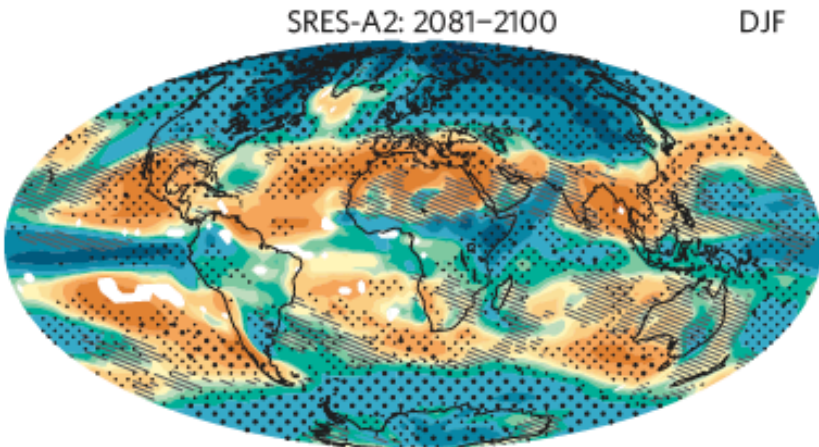
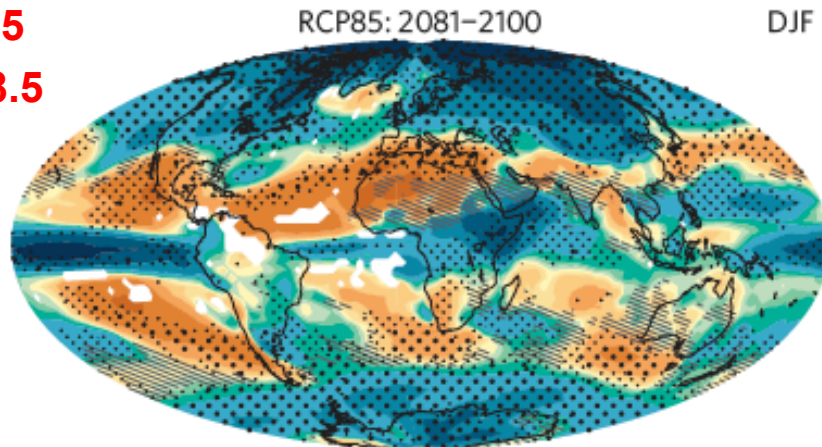
CMIP3  
SRES A2

Stippling marks high robustness, hatching marks no significant  
*Knutti and Sedlacek 2012, Nature Climate Change*

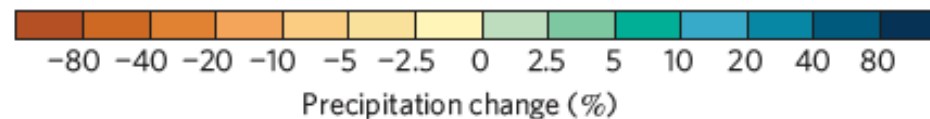
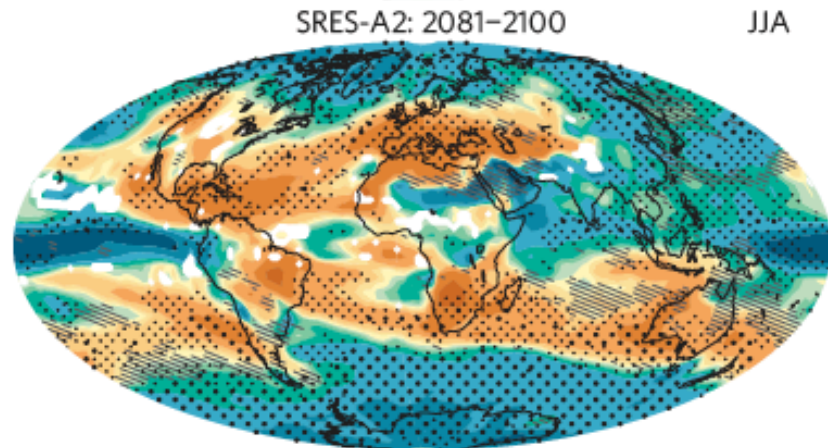
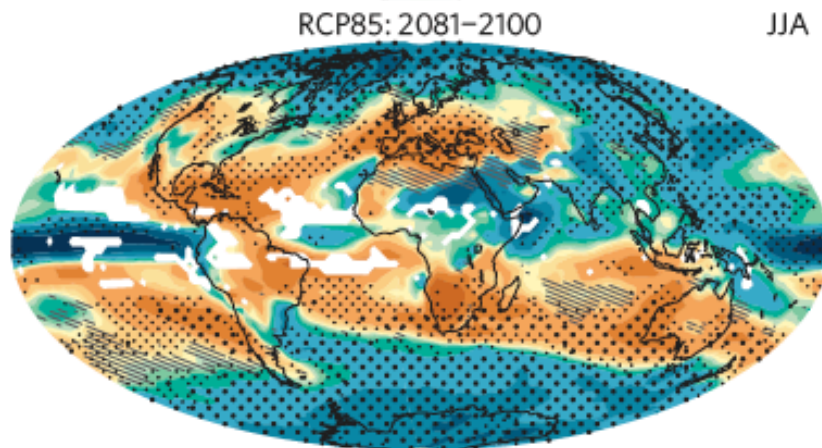


# Globale Projektionen der saisonalen Niederschlagsänderung

CMIP5  
RCP8.5



CMIP3  
SRES A2



Stippling marks high robustness, hatching marks no significant change and white areas mark inconsistent model responses

***Knutti and Sedlacek 2012, Nature Climate Change***

# AR5 IPCC WGI: Beobachtete Änderungen im Klimasystem

- **Atmosphäre:**
  - Anstieg der bodennahen globalen Mitteltemperatur von 1880-2012 um 0,85 °C
- **Ozean:**
  - Erwärmung der oberen 75 Meter von 1971-2010 im Mittel um 0,11 C pro Dekade.
- **Meeresspiegel:**
  - Anstieg des globalen mittleren Meeresspiegels von 1901-2010 um etwa 19 cm
  - Verdopplung des Anstieg in den letzten 20 Jahren auf 3,2 mm pro Jahr
- **Eis und Schnee:**
  - Globaler Rückgang der Gletscher und polaren Eismasse (wenige Ausnahmen)
  - Von 2002-2011 ist 6x soviel Grönlandeis geschmolzen, wie in den 10 Jahren davor
  - Verringerung des arktischen Meereises um 3,5 bis 4,1% pro Dekade im Zeitraum 1979-2012
- **Niederschlag:**
  - Anstieg der Niederschläge in feuchten Regionen der Tropen und mittleren Breiten der Nordhalbkugel
  - Abnahme der Niederschläge in trockenen Regionen und Subtropen zwischen 1950-2008
- **Wetterextreme:**
  - Abnahme der kalten Nächte und Tage,
  - Anstieg der warmen Tage und Nächte seit 1950
  - Häufiges Auftreten von Hitzewellen in Europa, Asien, Australien
  - Häufiger auftretende und intensivere Starkregenereignisse in Nordamerika und Europa

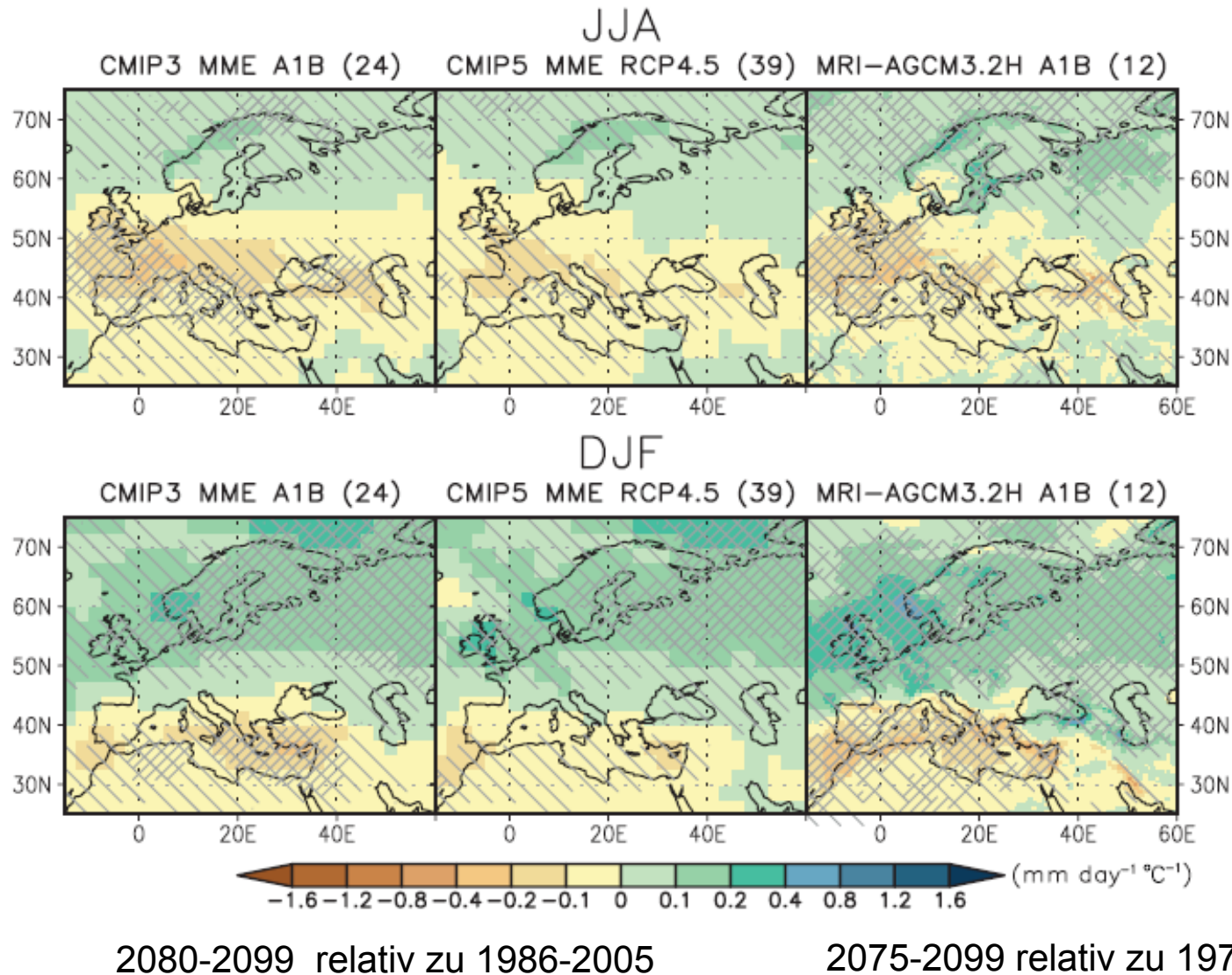
# AR5 IPCC WGI: Globale Projektionen und Kernaussagen über Europa

Fortgesetzte Emissionen von Treibhausgasen werden eine weitere Erwärmung und Veränderungen in allen Komponenten des Klimasystems bewirken. Die Begrenzung des Klimawandels erfordert beträchtliche und anhaltende Reduktionen der Treibhausgas-Emissionen.(AR5 IPCC, WG1; 6,11-14)

- **Erwärmung** in Europa und im Mittelmeerraum im 21. Jahrhundert (“very likely”; high confidence)
- Im Winter stärkere **Erwärmung** in Nordeuropa als in Mitteleuropa und im Mittelmeerraum (“likely”)
- Im Sommer stärkere **Erwärmung** im Mittelmeerraum und in Mitteleuropa als in Nordeuropa
- Die Länge, Frequenz und/oder die Intensität von **Hitzewellen** werden in der ganzen Region zunehmen (“very likely”)
- In Nord- und Mitteleuropa wird der jährliche **mittlere Niederschlag** zunehmen (medium confidence) und im Sommer im Mittelmeerraum abnehmen (likely)
- Zunahme an **Starkniederschlägen** in Verbindung mit Stürmen, geringere Frequenz über der östlichen Region des Mittelmeerraumes



# Globale Projektionen der saisonalen Niederschlagsänderung für Europa



# Kapitel aus AR5 IPCC WGII

- **Natürliche und bewirtschaftete Ressourcen und Systeme und ihre Verwendung** mit den Kapiteln Frischwasserressourcen, Land-und Binnenwassersysteme , Küstensysteme und tief liegende Gebiete, Ozeansysteme, Lebensmittelproduktion
- **Menschliche Siedlungen, Industrie und Infrastruktur** mit den Kapiteln Städtebau, ländliche Gebiete, Schlüsselsektoren der Wirtschaft und Dienstleistungen
- **Menschliche Gesundheit, Wohlbefinden und Sicherheit** mit den Kapiteln menschliche Gesundheit, menschliche Sicherheit, Lebensunterhalt und Armut
- **Anpassung** mit den Kapiteln Anforderungen und Möglichkeiten der Anpassung, Planung und Umsetzung der Anpassung, Chancen, Einschränkungen und Grenzen der Anpassung, Ökonomie der Anpassung
- **Multisektorale Auswirkungen, Risiken, Schwachstellen und Chancen** mit den Kapiteln Erkennung und Zuordnung der beobachteten Auswirkungen, aufkommende Risiken und Vulnerabilitäten, Klimaresiliente Wege: Anpassung, Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung
- **Regionale Kapitel:** Afrika, Europa, Asien, Australasien, Nordamerika, Zentral- und Mittelamerika, Polarregionen, Kleine Inseln, offene Ozeane

# Europa- Kapitel aus AR5 IPCC WGII

- Aktuelle und zukünftige Trends: Nicht klimatische Trends und beobachtete und projizierte Klimaänderungen
- Auswirkungen des Klimawandels auf
  - Produktionsanlagen und Infrastruktur
  - Landwirtschaft, Fischerei und Forstwirtschaft, Bioenergie- Produktion
  - Gesundheit und Soziales
  - den Schutz der Umweltqualität und Naturschutz („biological conservation“)
  - Spartenübergreifende Anpassung, Entscheidungsverfahren und Risikomanagement
- „Co-Benefits“ und unbeabsichtigten Folgen von Anpassung und Vermeidung

## **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability**

The Working Group II (WGII) contribution to the Fifth Assessment Report on impacts, adaptation and vulnerability will be considered in Yokohama, Japan, on 25-29 March

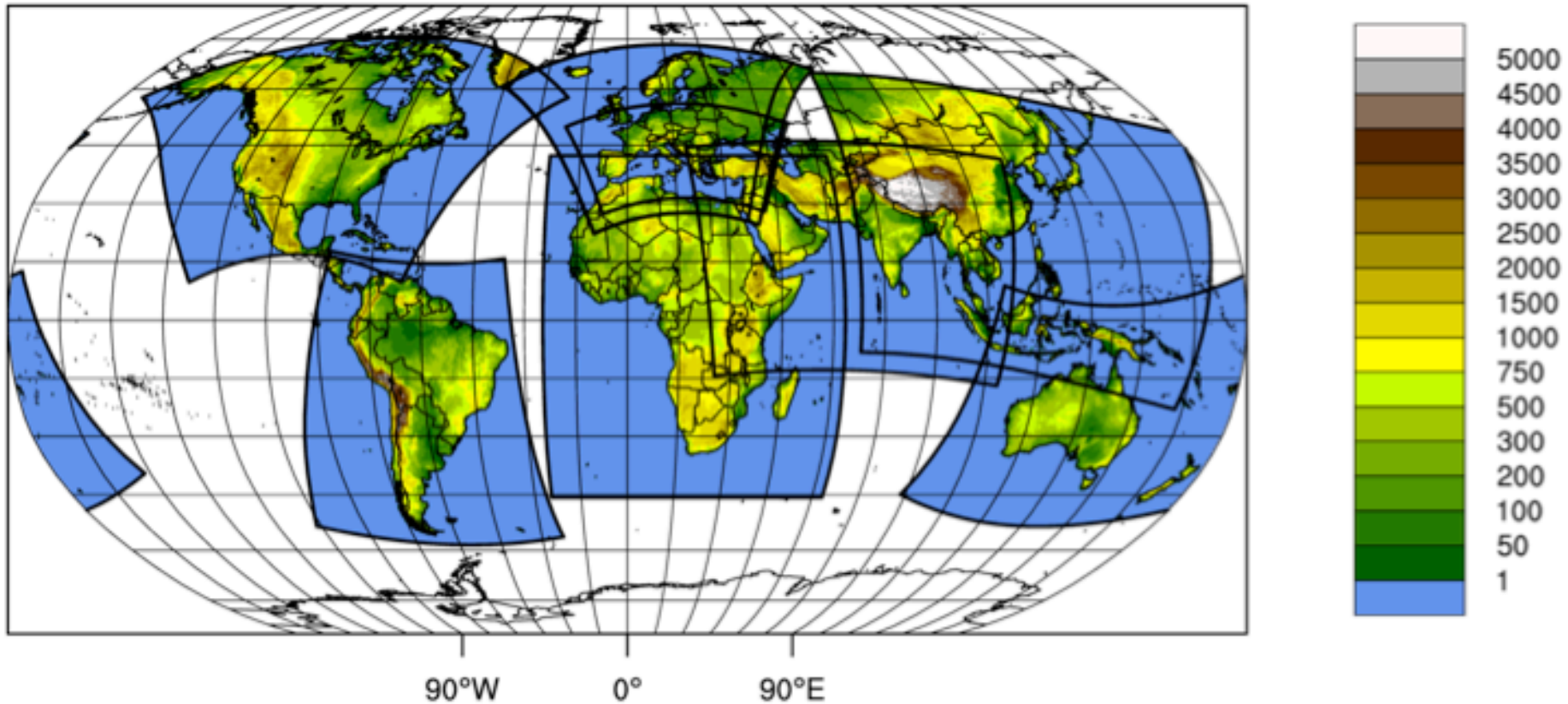
2014.

# Regionale Klimaprojektionen

---

# CORDEX

## COrdinated DOWnscaling EXperiment



Orographie der regionalen Modellgebiete, für die am CSC in Zusammenarbeit mit den Gastwissenschaftlern des MPI-M regionale Klimaprojektionen im Rahmen der weltweit koordinierten CORDEX Initiative erstellt wurden



# International Conference on Regional Climate CORDEX 2013 4-7 November Bruxelles



## Webstreaming

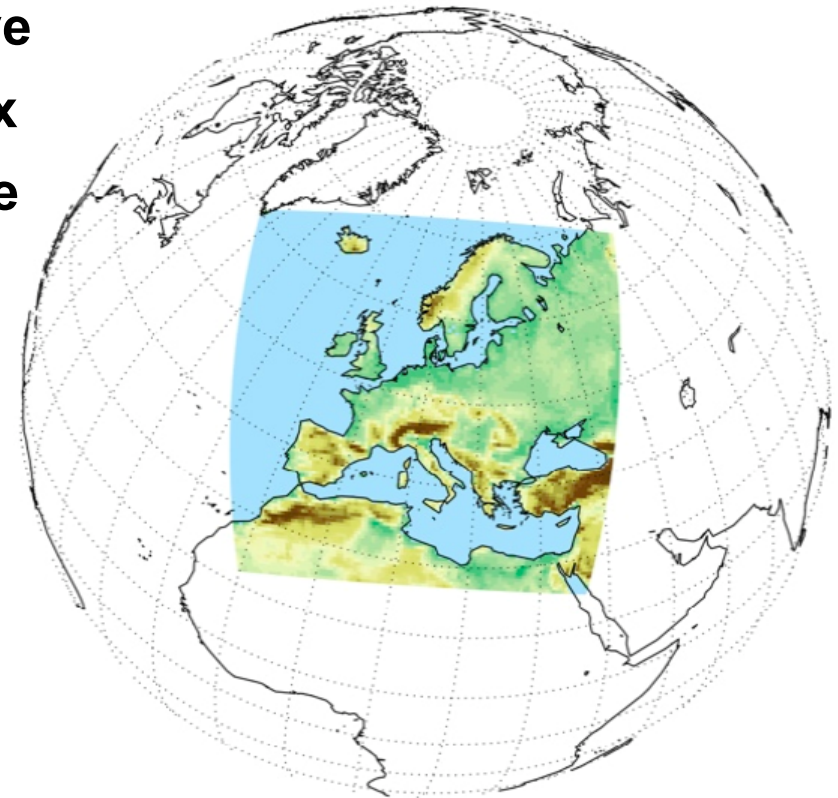
<http://cordex2013.wcrp-climate.org/>



# EURO-CORDEX

**Europäische Zweig der WCRP CORDEX Initiative**  
**Koordinierung der GCM-RCM Simulationsmatrix**  
**Gemeinsame Evaluierung, gemeinsame Analyse**  
**der Klimaprojektionen**  
**Schnittstelle zu den Nutzern**

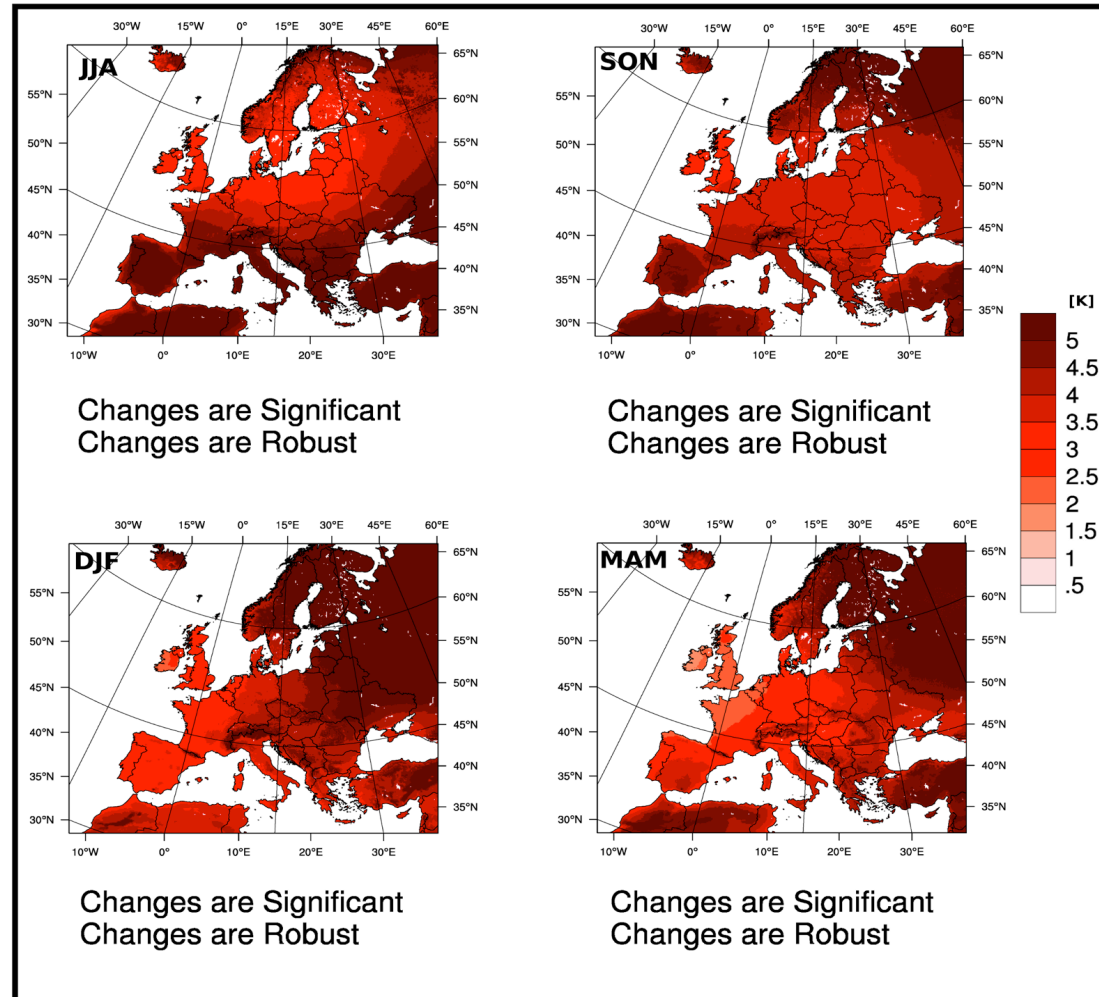
**EURO-CORDEX Community:**  
**26 Modellierergruppen in Europa**  
**Koordination: D. Jacob (CSC) und A. Gobiet**  
**(Universität Graz, Österreich)**



Simulationen (geplant, laufend und beendet):  
Kontrollperiode (6 GCMs, 8 RCMs, 20 Simulationen) – 2 vom CSC  
RCPs: RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 (6 GCMs, 8 RCMs, 31 Simulationen) – 6 vom CSC

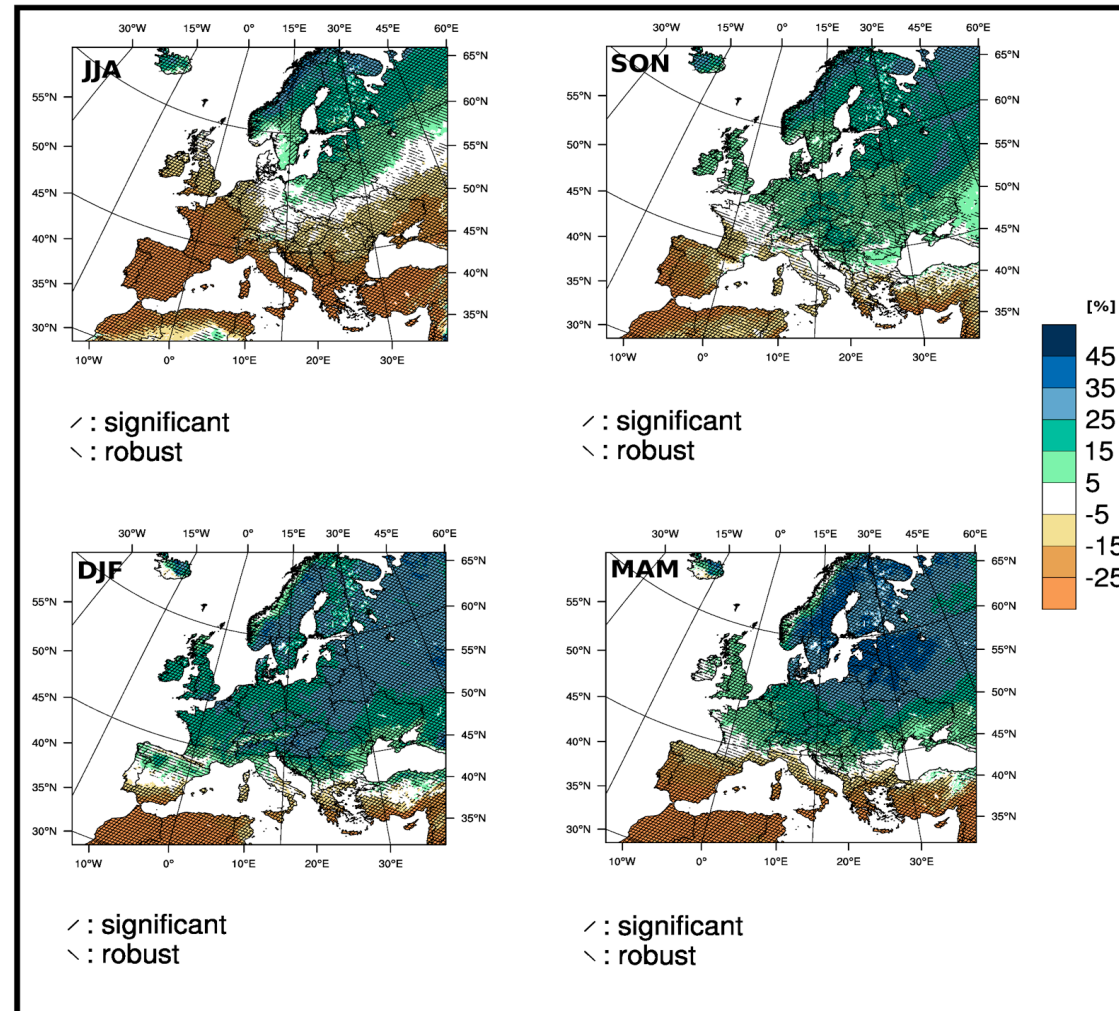


# Regionale Projektionen der saisonalen Temperaturänderung



**Jacob et al. 2013: Figure s3: Projected seasonal changes of temperature [K] based on the RCP8.5 scenario for the period 2071-2100 compared to 1971-2000. Changes are robust and significant across the entire European continent.**

# Regionale Projektionen der saisonalen Niederschlagsänderung



**Jacob et al. 2013: Figure s5: Projected seasonal changes of precipitation [%] based on the RCP8.5 scenario for the period 2071-2100 compared to 1971-2000. Hatched areas indicate regions with robust and/or statistical significant change.**

# **Regionale Klimaprojektionen für Deutschland für das 21. Jahrhundert**

---

# Regionale Klimasimulationen

Simulationen der dynamischen Modelle **REMO** und **CLM**

angetrieben mit **ECHAM5/MPIOM** für die **SRES Szenarien A1B, A2, B1**:

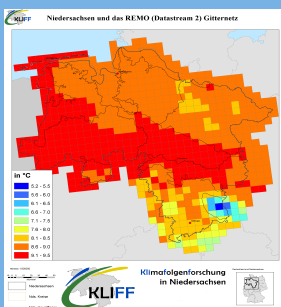
**9 REMO 0.088°**      **3xC20, 3xA1B, 3xA2, 3xB1**

**4 CLM 0.165°**      **2xC20, 2xA1B, 2x B1**

**Betrachtete Zeitscheiben: 1971-2000, 2036-2065, 2071-2100**



CSC Bericht Nr. 6: "Regionale Klimasimulationen für Europa und Deutschland - Ensemble-Simulationen für die Klimafolgenforschung"

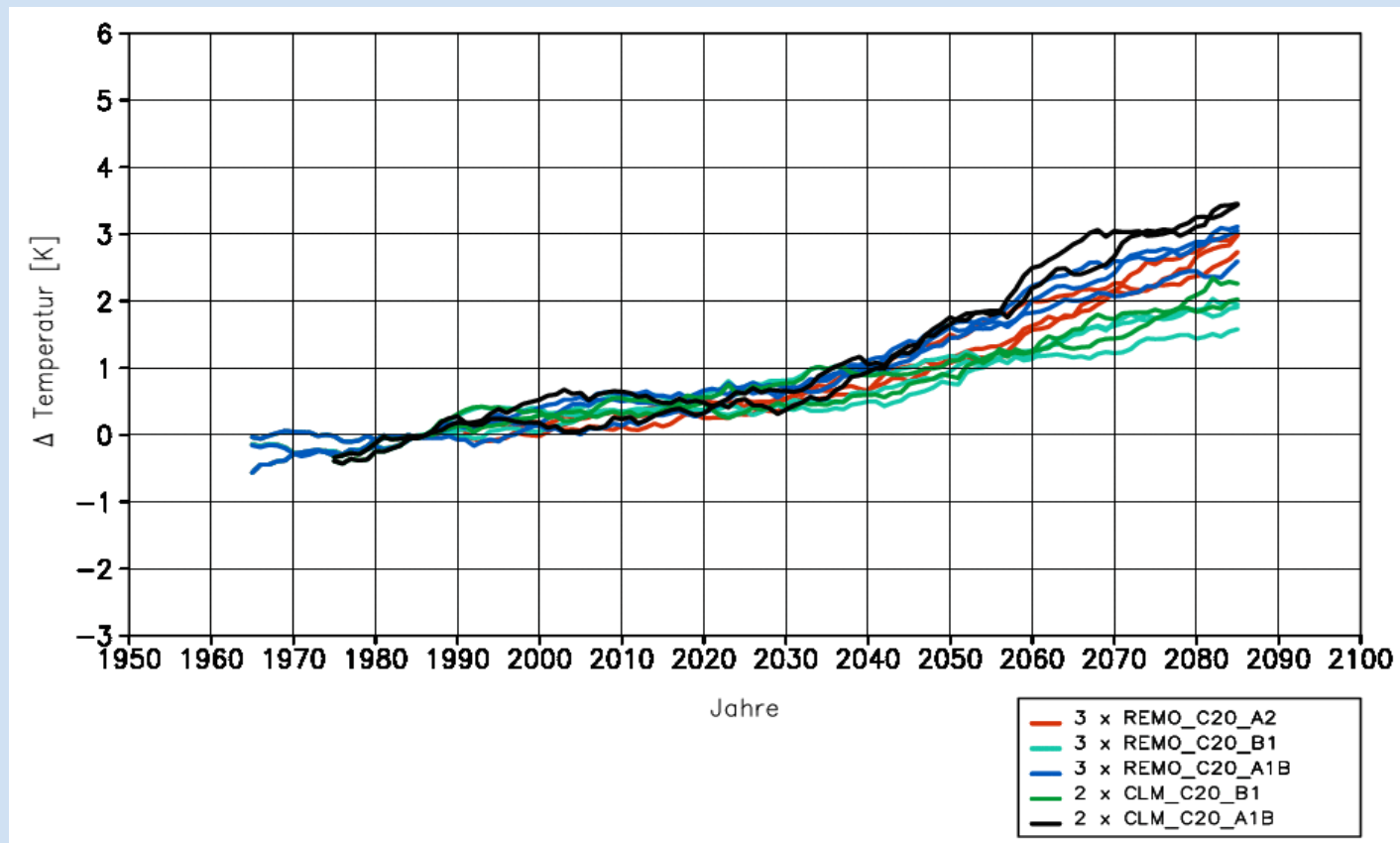


Moseley et al. (2012) Klimaentwicklung und Klimaszenarien. In: Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Regierungskommission Klimaschutz

# Ensemble Simulationen

## Multi-Szenarien / Multi-Member / Multi-Modell Kombinationen

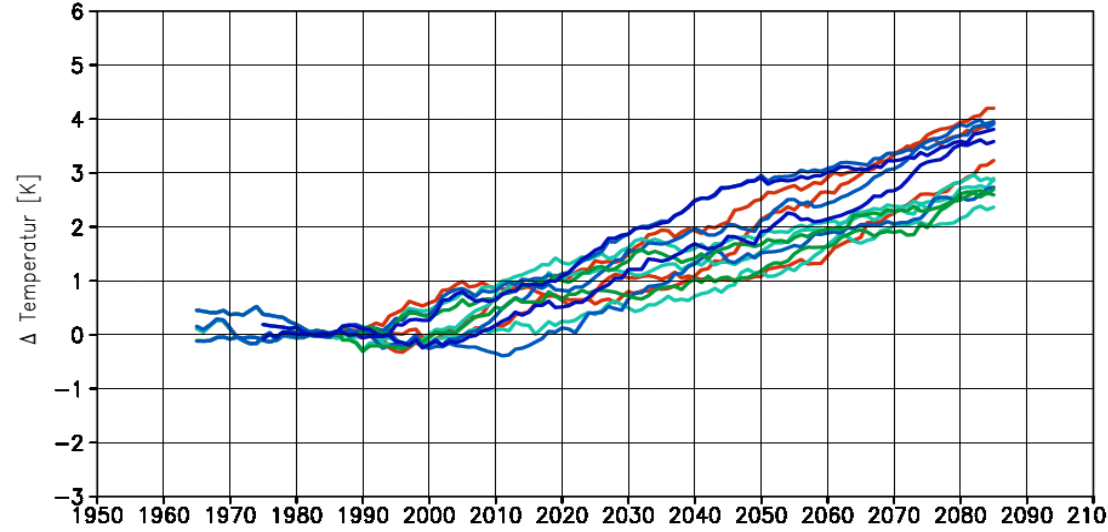
ECHAM5-MPIOM / REMO 3xB1,3xA1b, 3xA2, ECHAM5-MPIOM / CLM 2xB1,2xA1b  
 **$\Delta T$  Deutschland JJA** (gleitende 31-Jahresmittel)



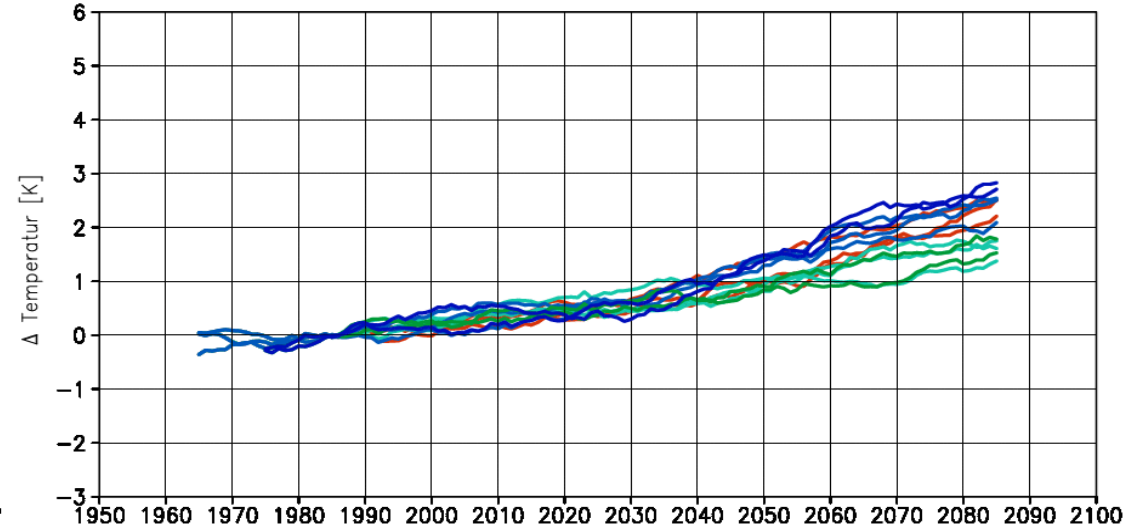


# Temperatur- und Niederschlagsänderungen MRH Winter (DJF) und Sommer (JJA)

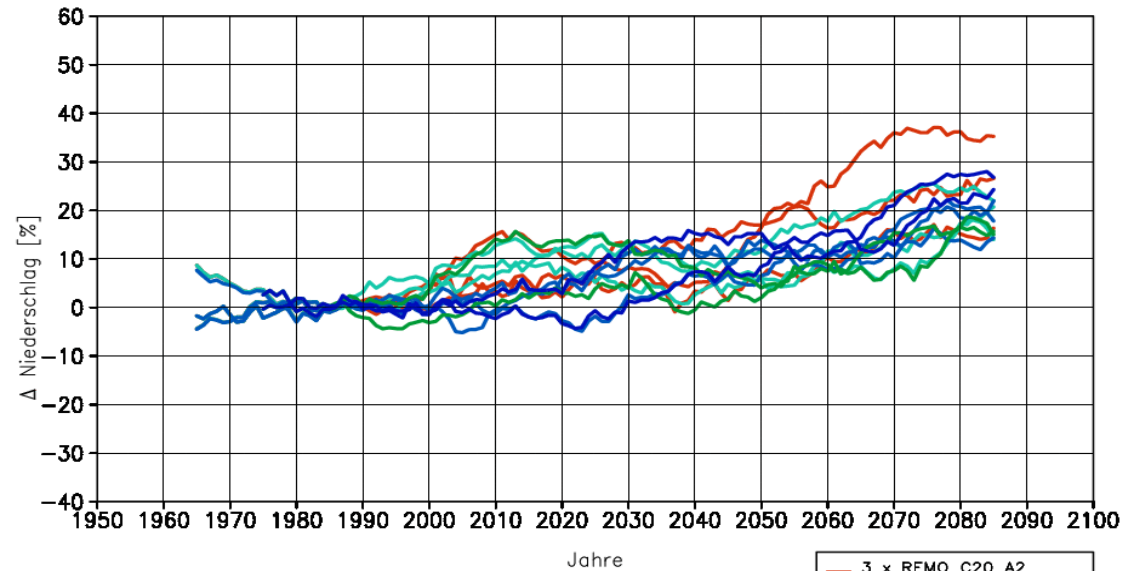
Metropolregion Hamburg: Temperaturaenderung im Winter  
1950–2100 vs. 1971–2000 (gleitendes 31-Jahresmittel)



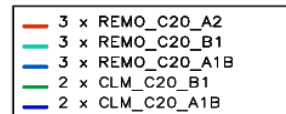
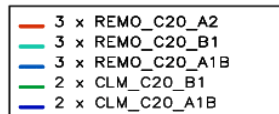
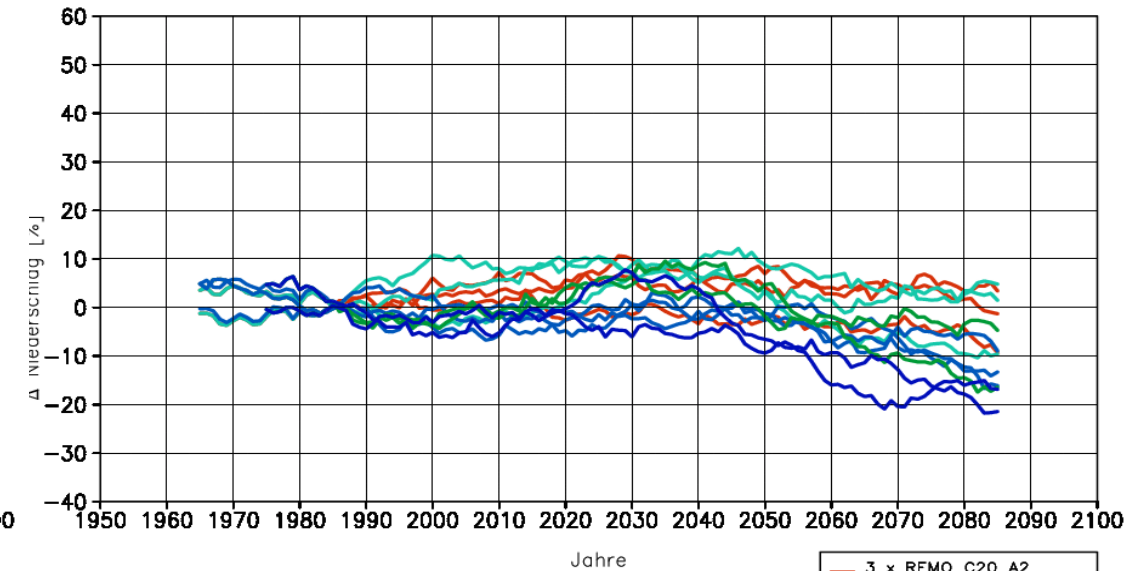
Metropolregion Hamburg: Temperaturaenderung im Sommer  
1950–2100 vs. 1971–2000 (gleitendes 31-Jahresmittel)



Metropolregion Hamburg: Niederschlagsaenderung im Winter  
1950–2100 vs. 1971–2000 (gleitendes 31-Jahresmittel)



Metropolregion Hamburg: Niederschlagsaenderung im Sommer  
1950–2100 vs. 1971–2000 (gleitendes 31-Jahresmittel)



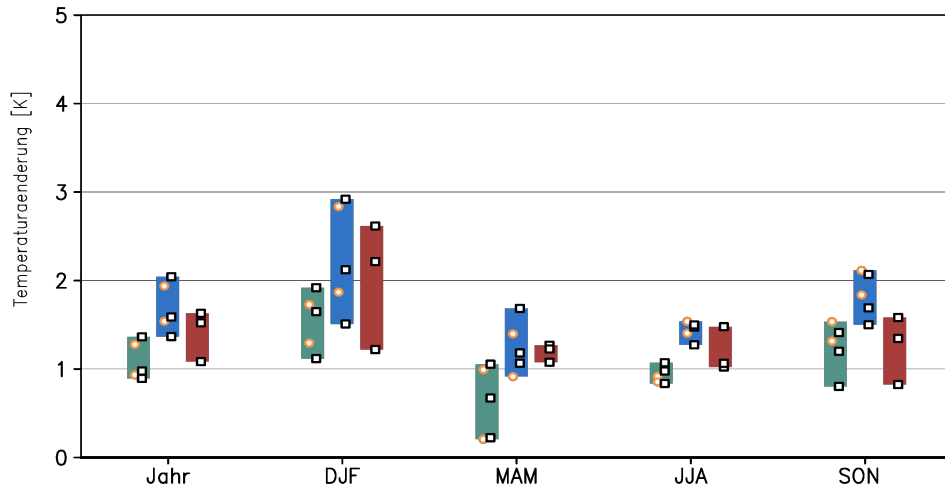


# Bandbreiten Klimaänderung MRH

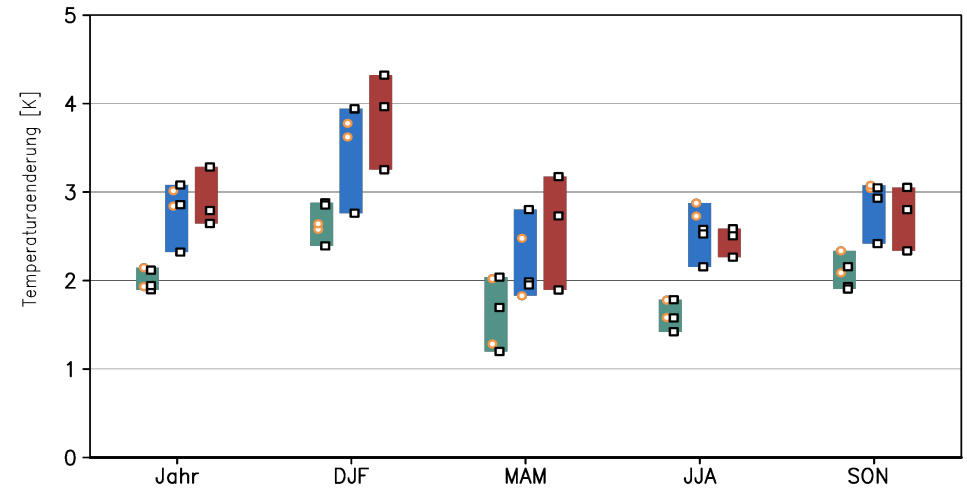
auf der Basis von 9 REMO und 4 CLM Simulationen

## Temperatur

Metropolregion Hamburg: 2036–2065 vs. 1971–2000

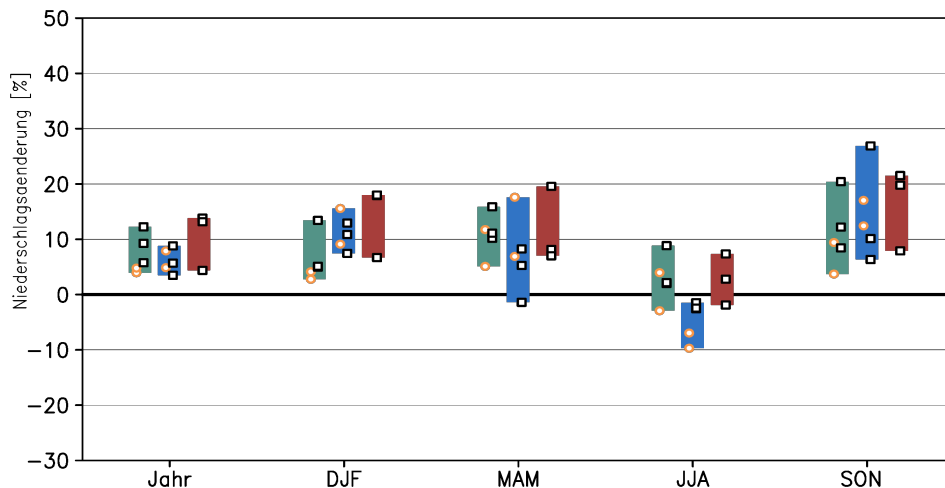


Metropolregion Hamburg: 2071–2100 vs. 1971–2000

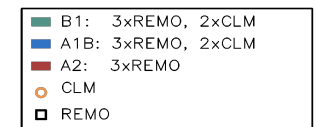
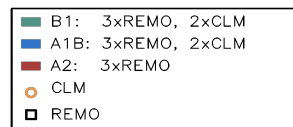
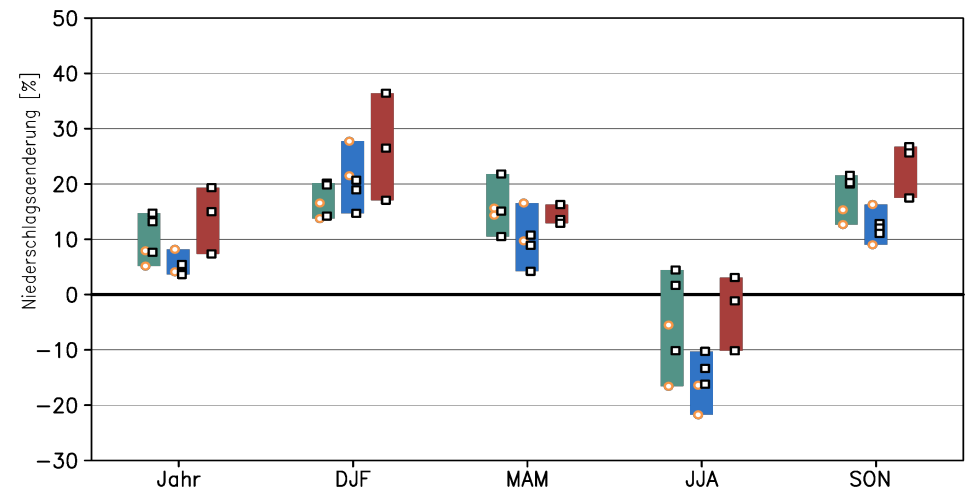


## Niederschlag

Metropolregion Hamburg: 2036–2065 vs. 1971–2000



Metropolregion Hamburg: 2071–2100 vs. 1971–2000





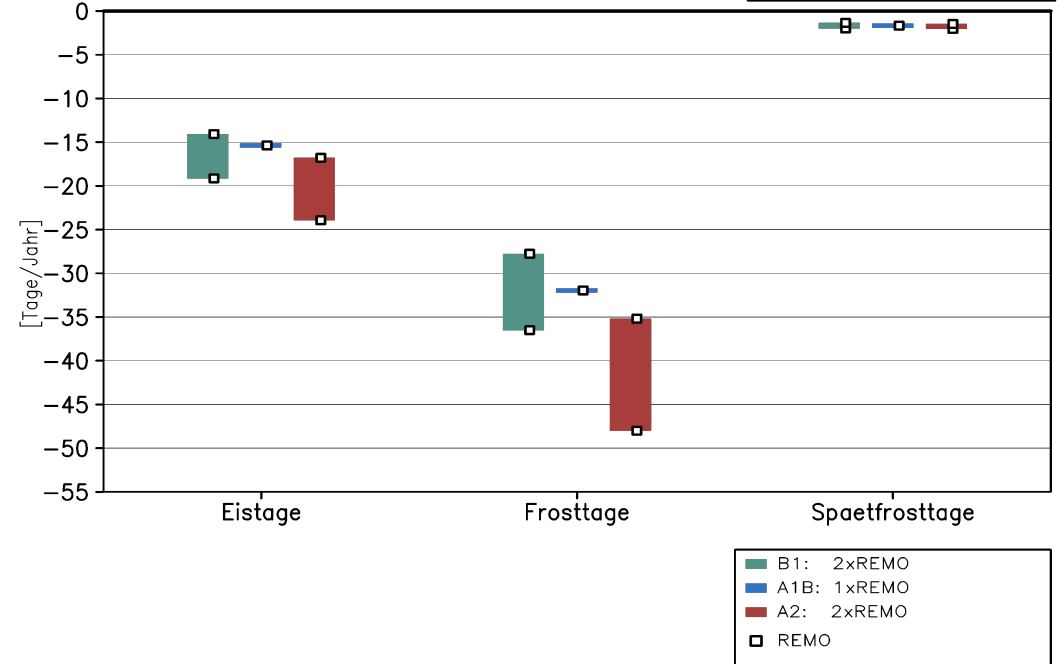
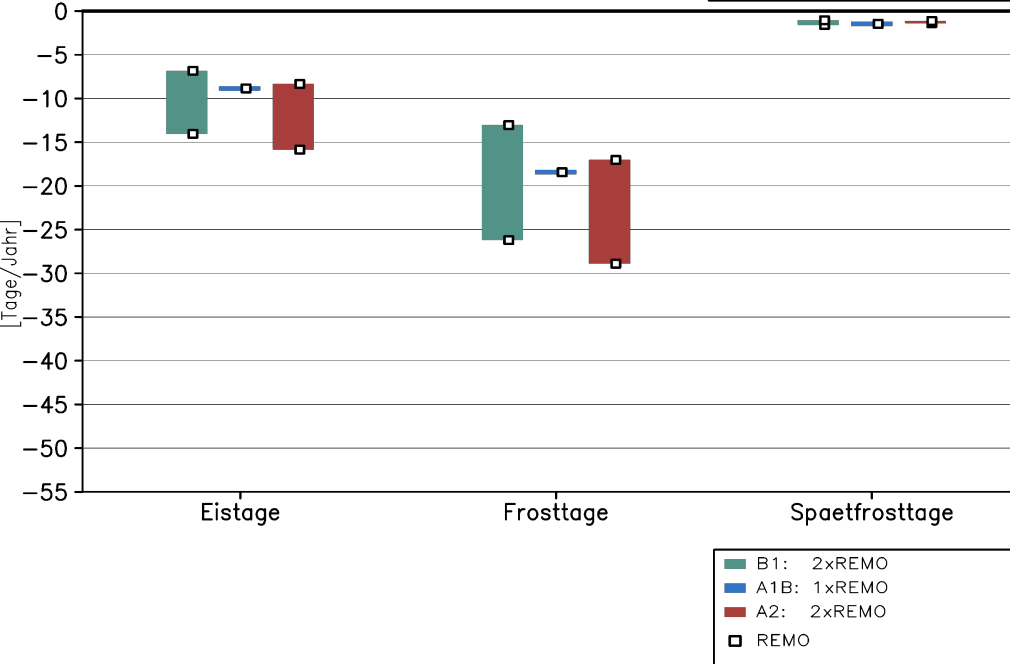
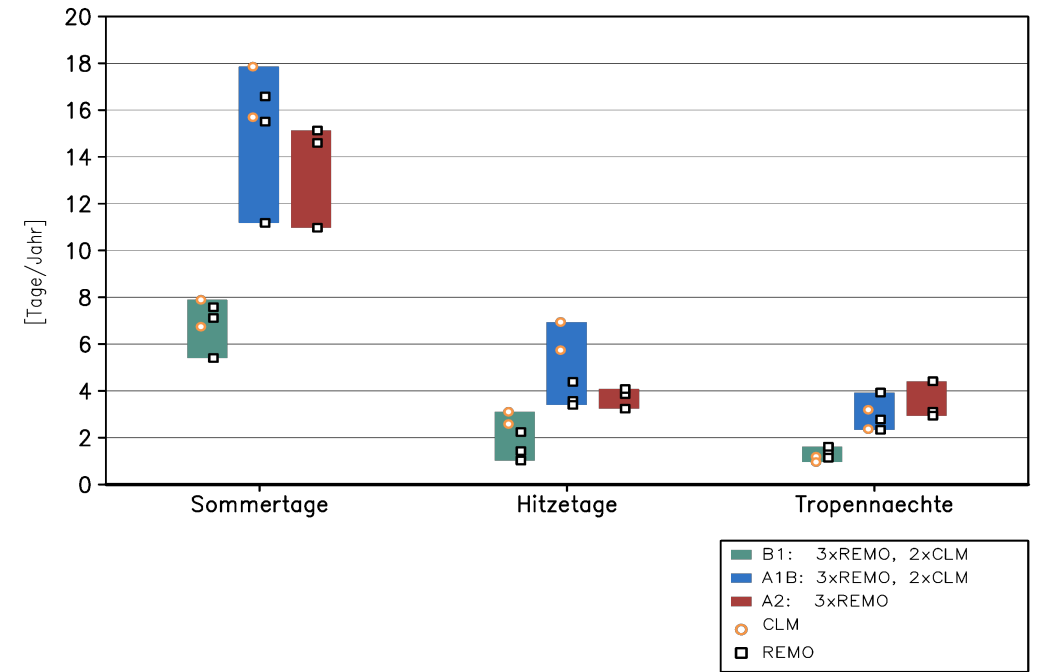
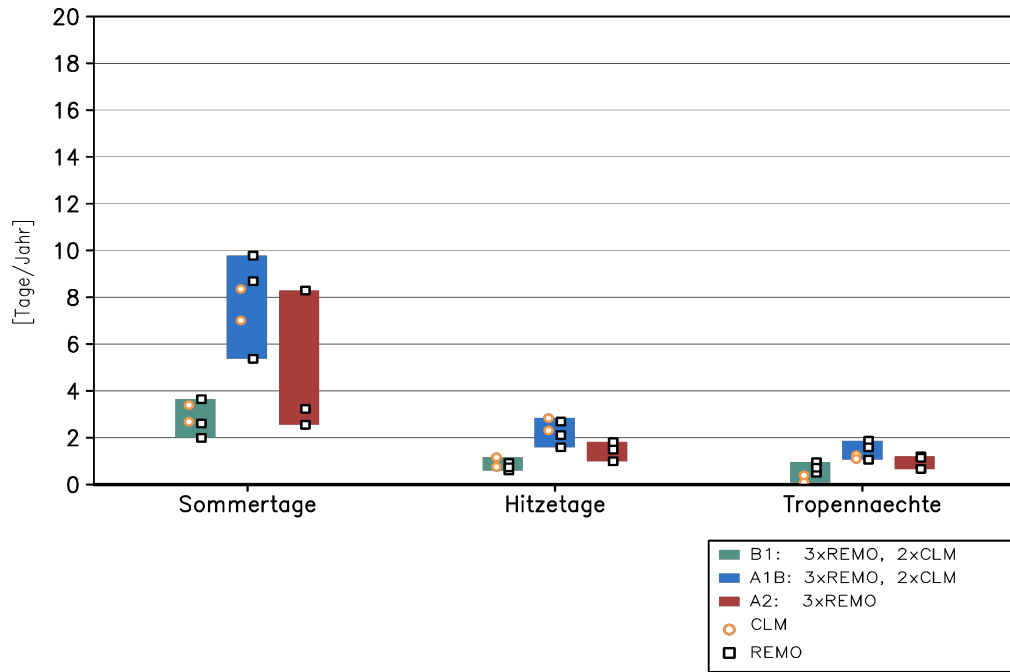


# Bandbreite der Änderung verschiedener Klimaindices

auf der Basis von 9 REMO und 4 CLM Simulationen bzw. 5 REMO

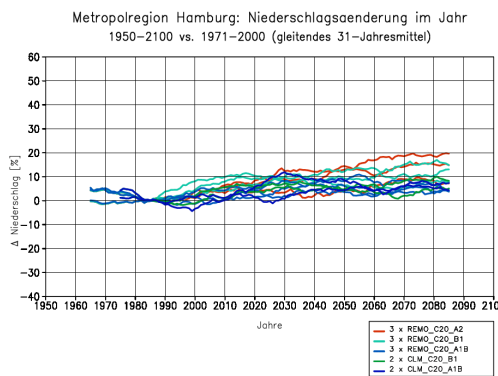
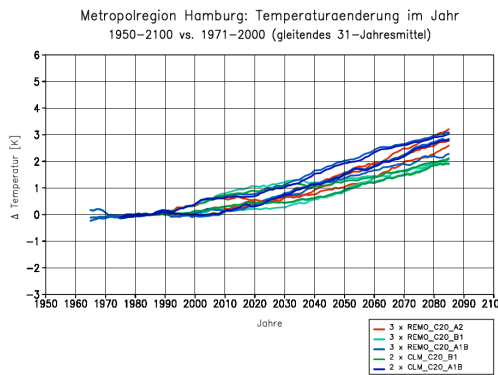
2036-2065 vs. 1971-2000

2071-2100 vs. 1971-2000

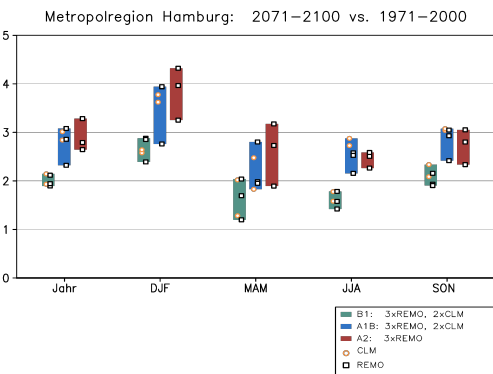


# Ergebnisse für KLIMZUG-NORD Modellgebiete

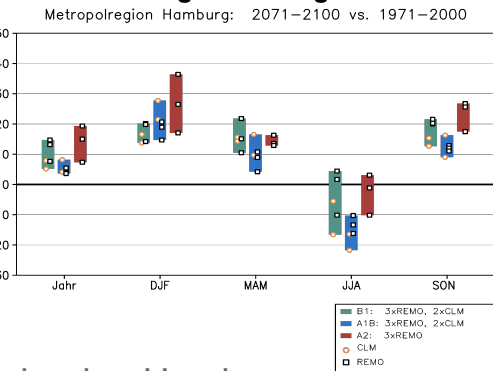
## Bandbreite simulierter Temperatur- und Niederschlagsänderungen in Modellgebieten der Metropolregion Hamburg Ende des 21. Jahrhundert auf Basis von 13 hochaufgelösten regionalen Klimaprojektionen



### Temperaturänderung



### Niederschlagsänderung



Rechid, D., Petersen, J., Schötter, R., Jacob, D. (2014): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. *TuTech Innovation Hamburg, in Druck.*

# FAZIT

- **Einzelne Trends sind irreführend**
  - **Einzelnen Modellsimulationen sind nicht repräsentativ**
- 
- **Verwendung von einer möglichst großen Schar von Modellsimulationen (aus AR4 und AR5)**
  - **Betrachtung von Bandbreiten**
- 
- **Kreativität und neue Methoden**
  - **Geduld und mehr Zeit zur Analyse**
  - **mehr Ressourcen (Geld, Leute, Speicherkapazitäten etc.)**
- 
- **Reduzierung der Fehlentscheidungen, verbesserte Resilienz !**
-



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Kontakt:

Dr. Daniela Jacob  
Climate Service Center  
Abteilung Klimasystem  
Fischertwiete 1  
20095 Hamburg

daniela.jacob@hzg.de  
[www.climate-service-center.de](http://www.climate-service-center.de)

