

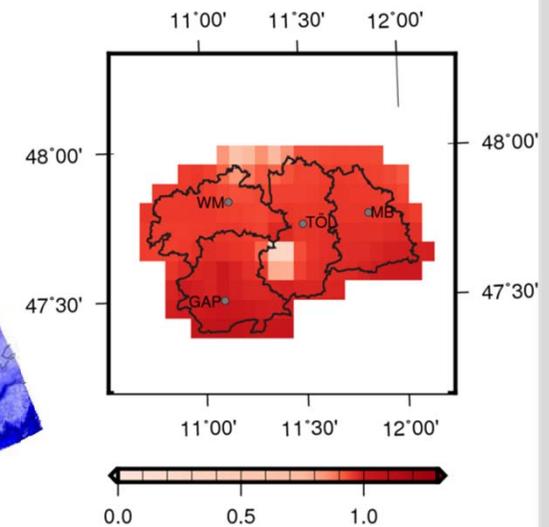
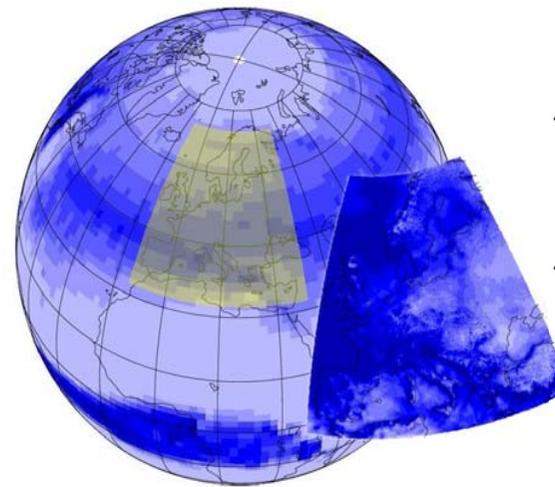
Klimawandel weltweit und regional

Was wir vom Klimawandel wirklich wissen und was wir für die Zukunft erwarten

Geretsried, 22.01.2014

Sven Wagner

Institut für Meteorologie und Klimaforschung, KIT / Institut für Geographie, Universität Augsburg

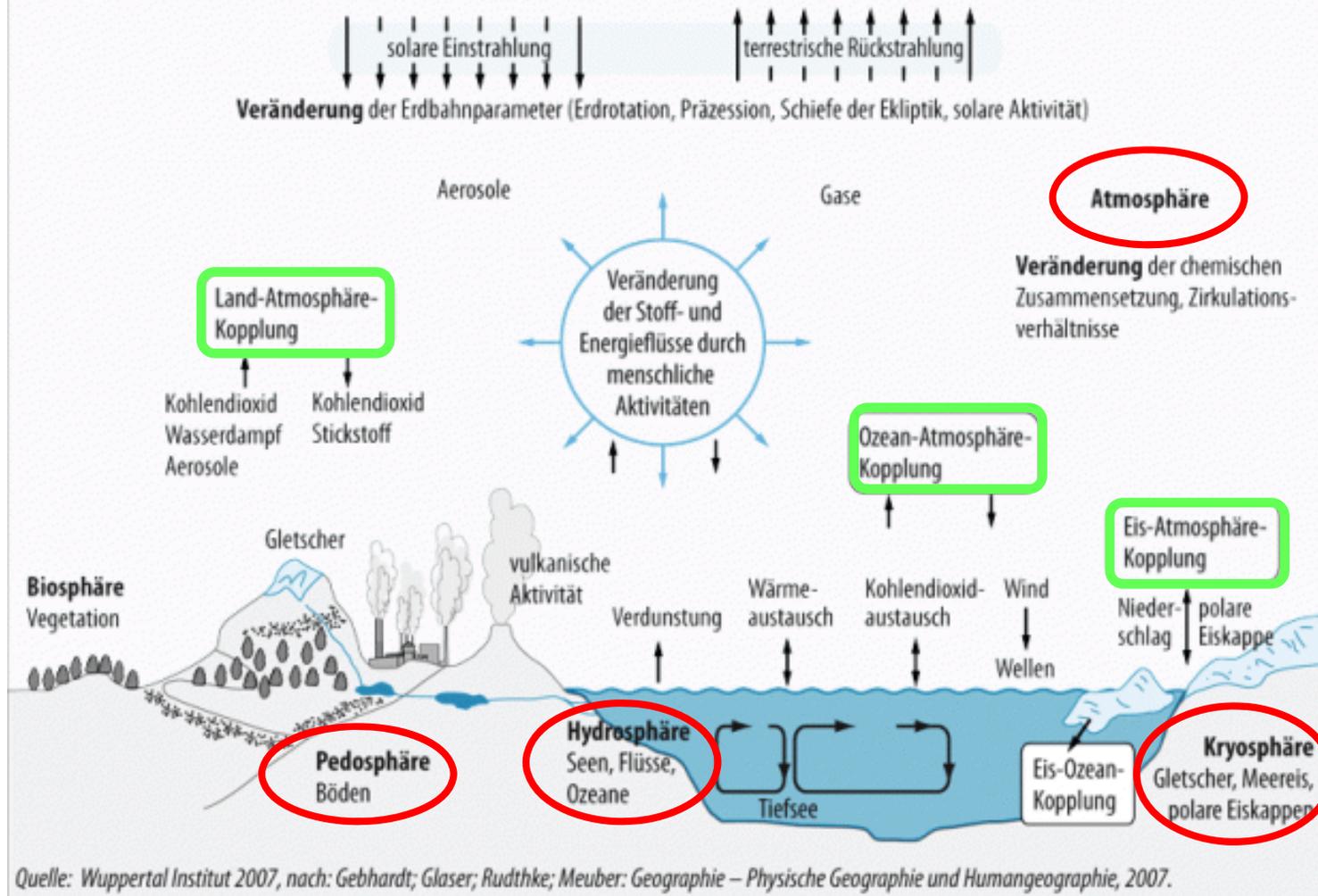


Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU)

- **KIT: Karlsruhe Institut für Technologie**
Zusammenschluss von Forschungszentrum Karlsruhe GmbH und Universität Karlsruhe (2009)
- IMK-IFU ist Campus-Alpin vom KIT
- ungefähr **100 Mitarbeiter plus Studenten aus aller Welt**
- Forschungslabors auf Zugspitze
- TERENO Observatorium Bayerische Vor-/Alpen
- Hochleistungsrechner: z.B. regionale Klimasimulationen
- Forschungsschwerpunkte: **Biosphäre-Hydrosphäre-Atmosphäre**
Wechselwirkungen & Atmosphärenbeobachtung

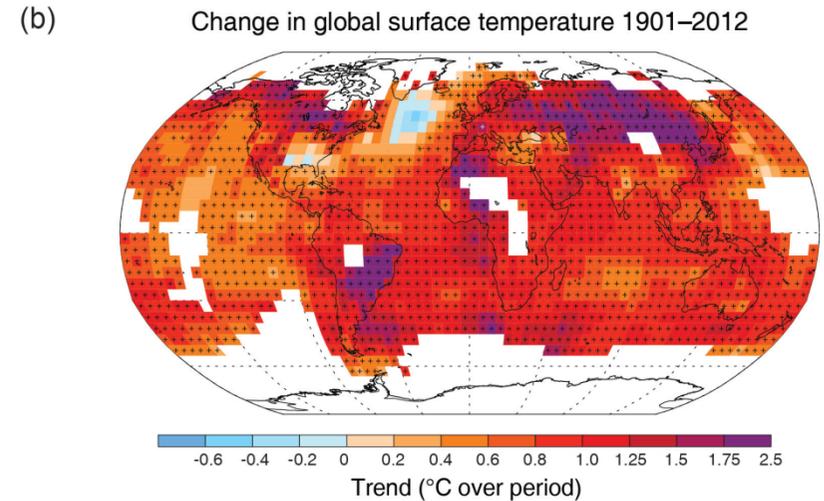
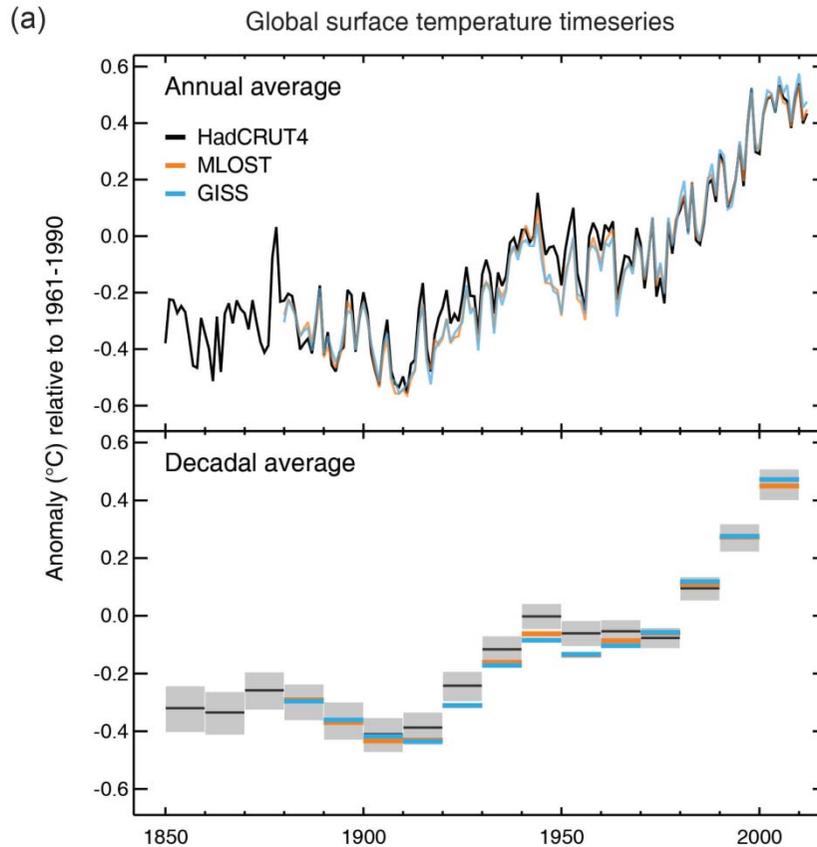


Das Klimasystem der Erde



Beobachtete Globale Erwärmung

IPCC, 5. Sachstandsbericht (2013)



- Ozeane nehmen 90% der zusätzlichen Energie auf
- Versauerung der Ozeane (Aufnahme von 30% CO₂)

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change



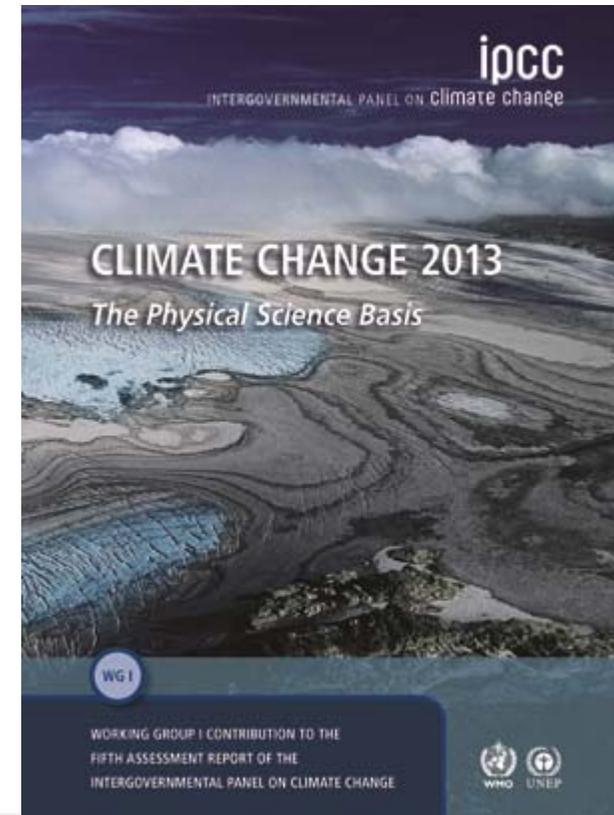
- Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen
- Klimaänderung sehr komplex & potenziellen Folgen für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft
→ 1988 gegründet von WMO und UNEP (United Nations Environ.Programme)
- **MANDAT: objektive Informationsquelle für Entscheidungsträger & Interessierte über Klimaänderungen**
- **AUFGABE: aktuelle Literatur objektiv, offen und transparent zusammenzutragen und zu bewerten**
→ IPCC-Sachstandsberichte
→ IPCC-Sonderberichte (z.B. Klimawandel und Extremereignisse, 2012)
- ausgezeichnet mit Friedensnobelpreis 2007



IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

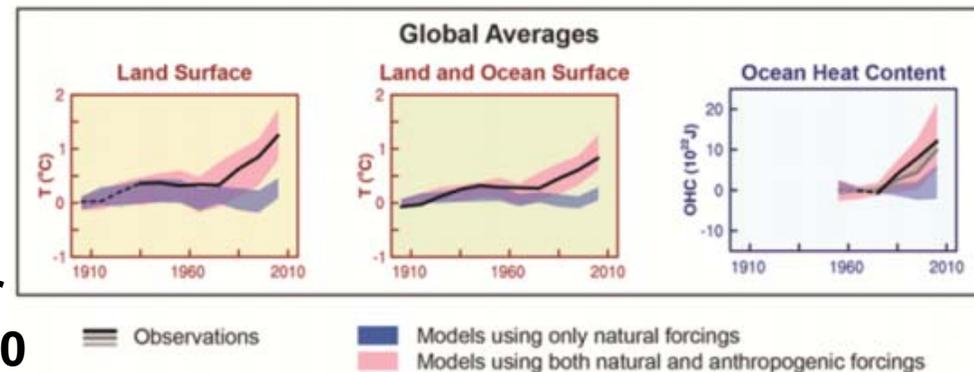
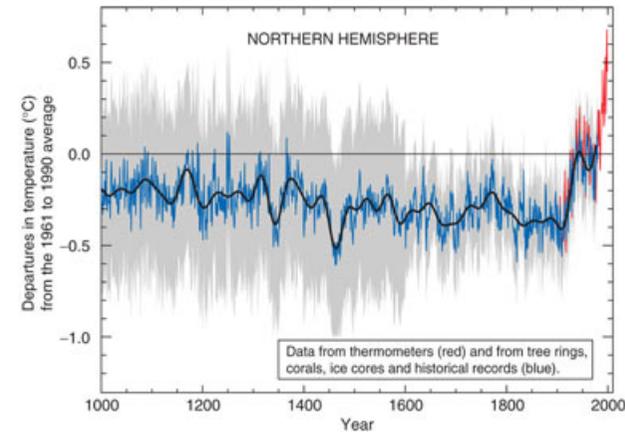
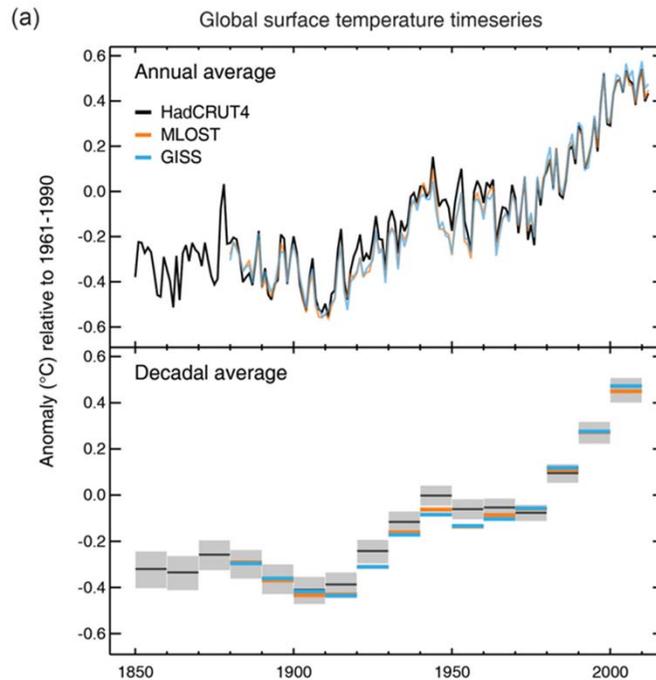
IPCC-Sachstandsberichte

- Themengebiete/Arbeitsgruppen:
 - AG1: Wissenschaftlichen Grundlagen von Klimaänderung
 - AG2: Auswirkungen, Anpassung und Verwundbarkeiten
 - AG3: Verminderung des Klimawandels
- Bisher 4 vollständige Sachstandsberichte:
1990, 1995, 2001, 2007
- 5. Sachstandsbericht:
AG1 (2013), AG2 & AG3 (Oktober 2014)



Beobachtete Klimaerwärmung & Diskussion um Trends (1)

- Klimasystem ändert sich kontinuierlich
- Unterscheidung zwischen natürlichem und anthropogenen Klimawandel

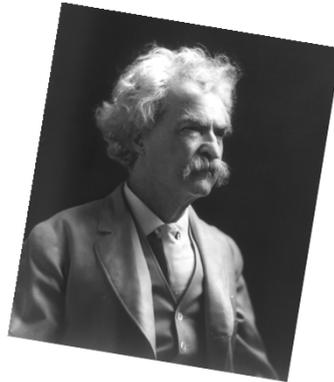


→ Mensch ist dominante Ursache der globalen Klimaerwärmung seit 1950

Aussagen über die Zukunft...



„Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.“
(zugeschrieben Karl Valentin, Mark Twain, Winston Churchill u.a.)



Wie versuchen wir das zukünftige Klima abzuschätzen?

→ Szenarien:

Verschiedene Annahmen zu
Bevölkerungswachstum
Wirtschaftliche Entwicklung
Technischer Fortschritt usw.



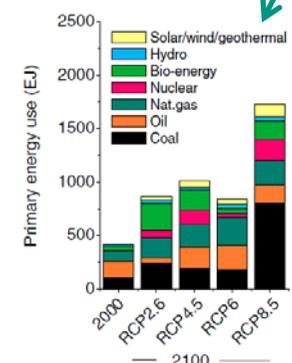
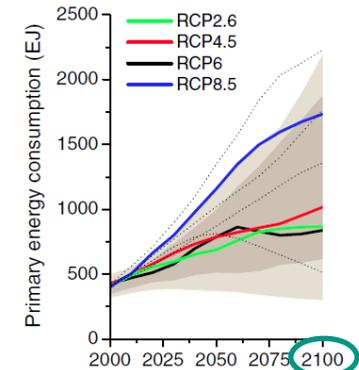
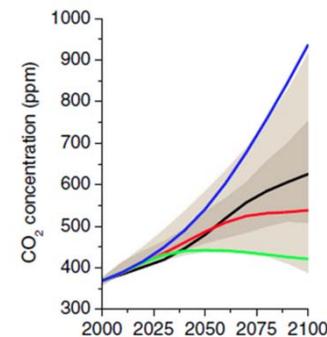
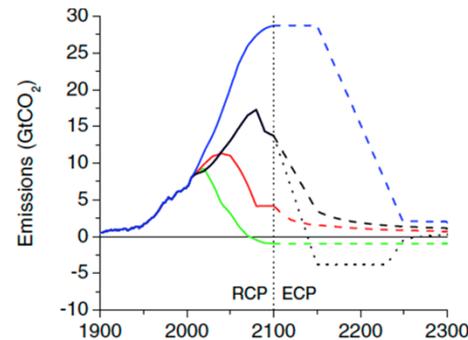
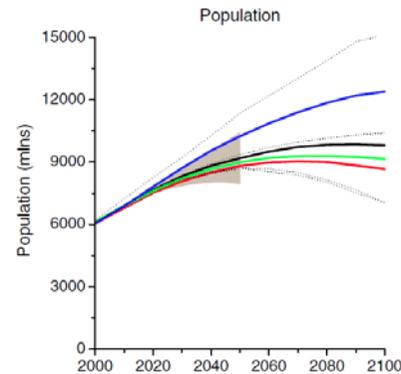
Emissionsszenarien



Integrated Assessment
 Models (IAM)



**Szenarien der
 atmosphärischen
 Zusammensetzung**



Wie versuchen wir das zukünftige Klima abzuschätzen?

- ab dem 5. Sachstandsbericht des IPCC (2013 ff)

Representative Concentration Pathways (RCPs)

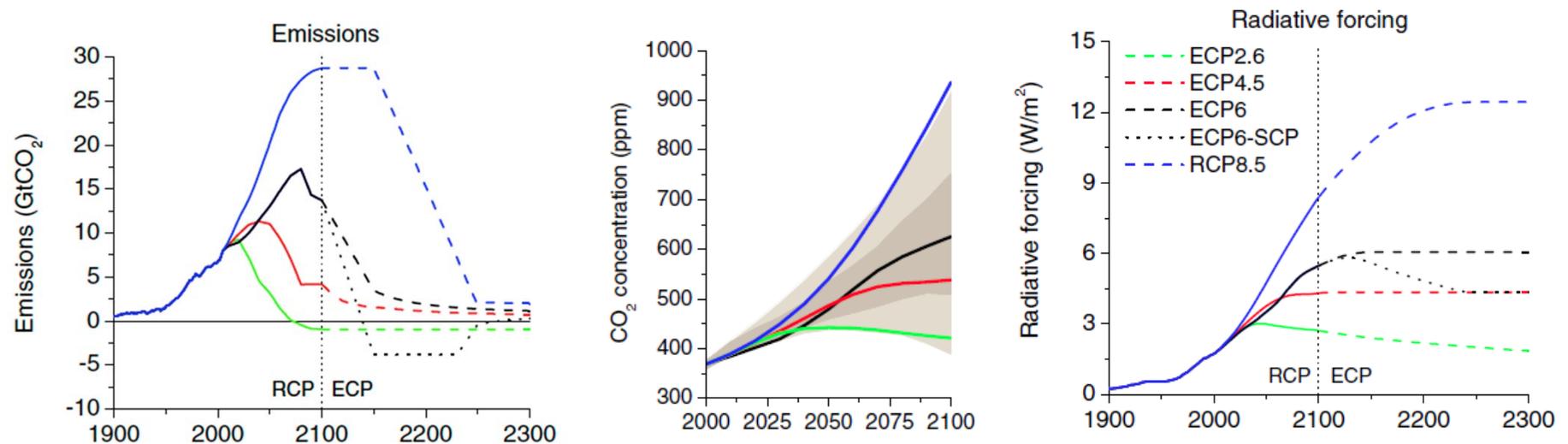
— RCP2.6	$2.6 \text{ Wm}^{-2} \approx 421 \text{ ppm}$
— RCP4.5	$4.5 \text{ Wm}^{-2} \approx 538 \text{ ppm}$
— RCP6	$6.0 \text{ Wm}^{-2} \approx 670 \text{ ppm}$
— RCP8.5	$8.5 \text{ Wm}^{-2} \approx 936 \text{ ppm}$

NEU: inkl. ambitionierter Klimaschutzmaßnahmen

} Bandbreite bisheriger IPCC-Szenarien

zum Vergleich: 2011: 390 ppm
1850: 280 ppm

1 ppm: ein Molekül CO_2 pro einer Million Moleküle Luft



Wie versuchen wir das zukünftige Klima abzuschätzen?

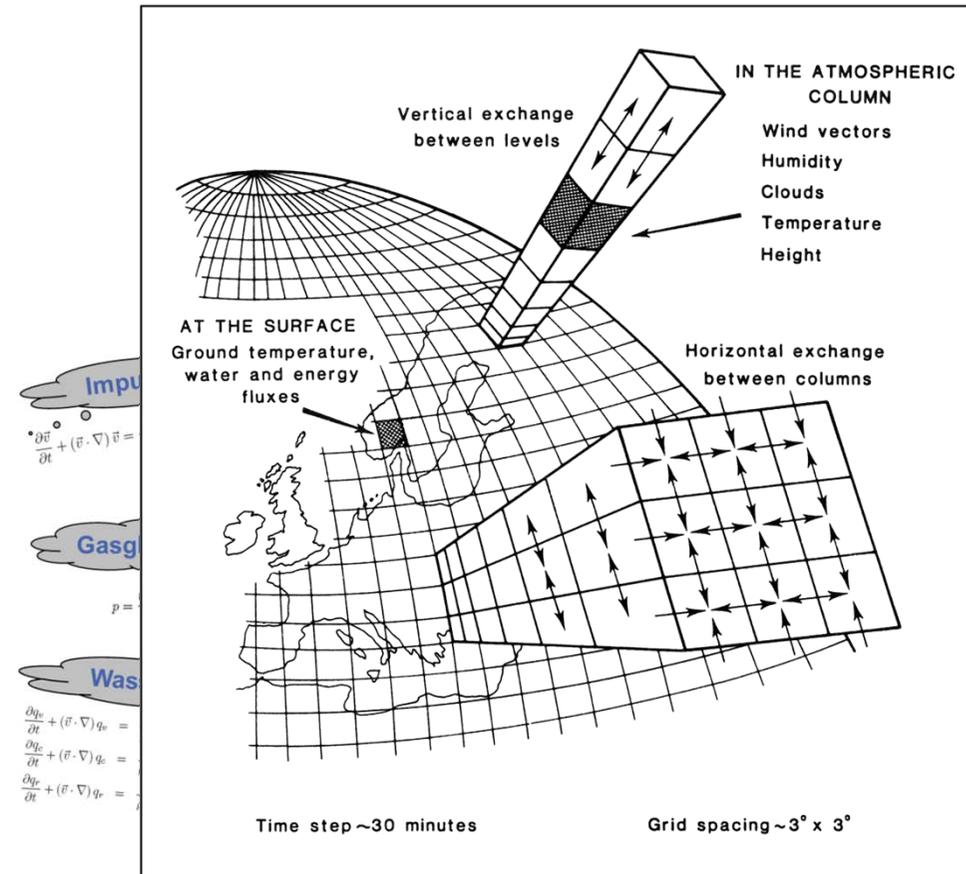
→ Klimamodelle:



Atmosphäre
Kontinente
Ozean
Eisschilde

- Vereinfachte Beschreibung der Klimaprozesse: Strahlung, Wolken- und Niederschlagsbildung, Austausch und Transport, ...
- Zum Teil auf der Grundlage von universellen phys. Gesetzen
- Zum Teil mittels empirischer Parametrisierungsverfahren

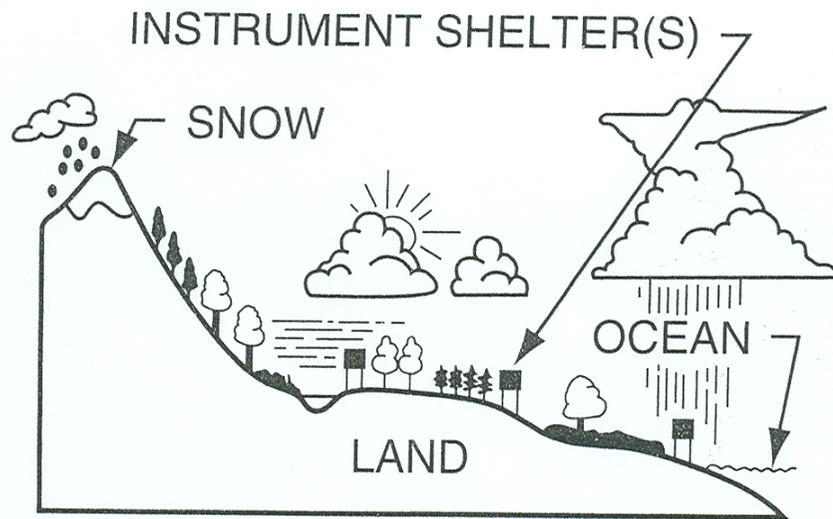
Diskretisierung der Modellwelt



McGuffie and Henderson-Sellers, 1997

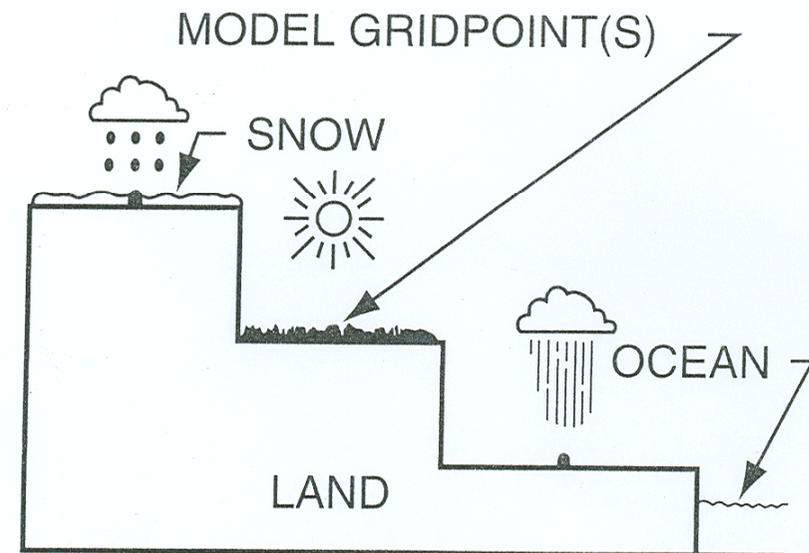
Wie versuchen wir das zukünftige Klima abzuschätzen?

REAL WORLD



Vs.

MODEL WORLD

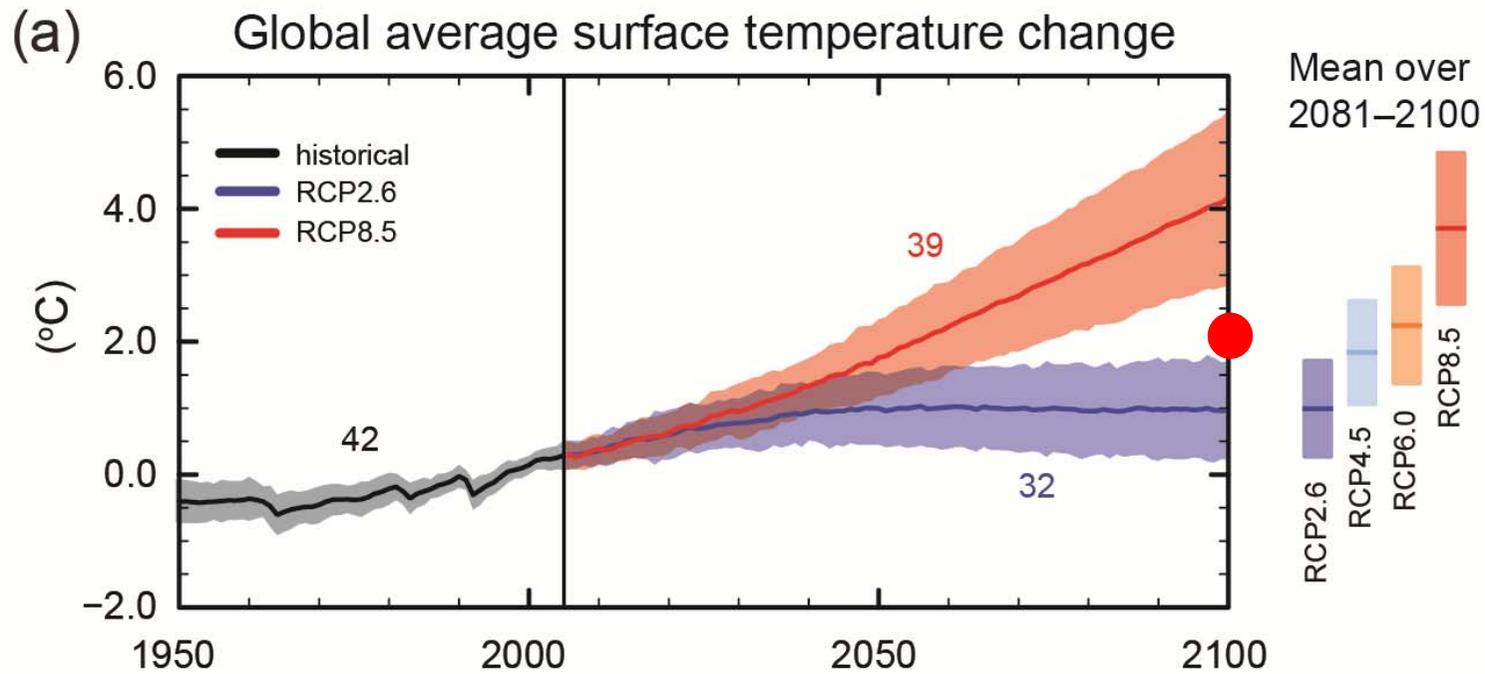


Unsicherheiten in der Modellierung des Klimasystems

- **Unzureichende Kenntnis zukünftiger Einflüsse (modellunabhängig)**
anthropogen → **Szenarien**
natürlich → ... ?
- Breites Ensemble **möglicher Entwicklungspfade** der „Modell-Klimasystems“ bei quasi gleichen Klima Anfangs- und Randbedingungen
→ **mehrere Realisierungen eines Szenarios**
- **Unzulänglichkeiten der Simulationsmodelle:**
Prozesse nur teilweise erfasst (Rückkopplungen) oder vereinfacht
unvollständige/unphysikalische Skalenabdeckung (Parametrisierung)
→ **Ensemble von globalen und regionalen Klimamodellen**
- **Unzureichende räumliche Auflösung**
→ ... **kleinskalige Prozesse (Konvektion) schwer auflösbar**

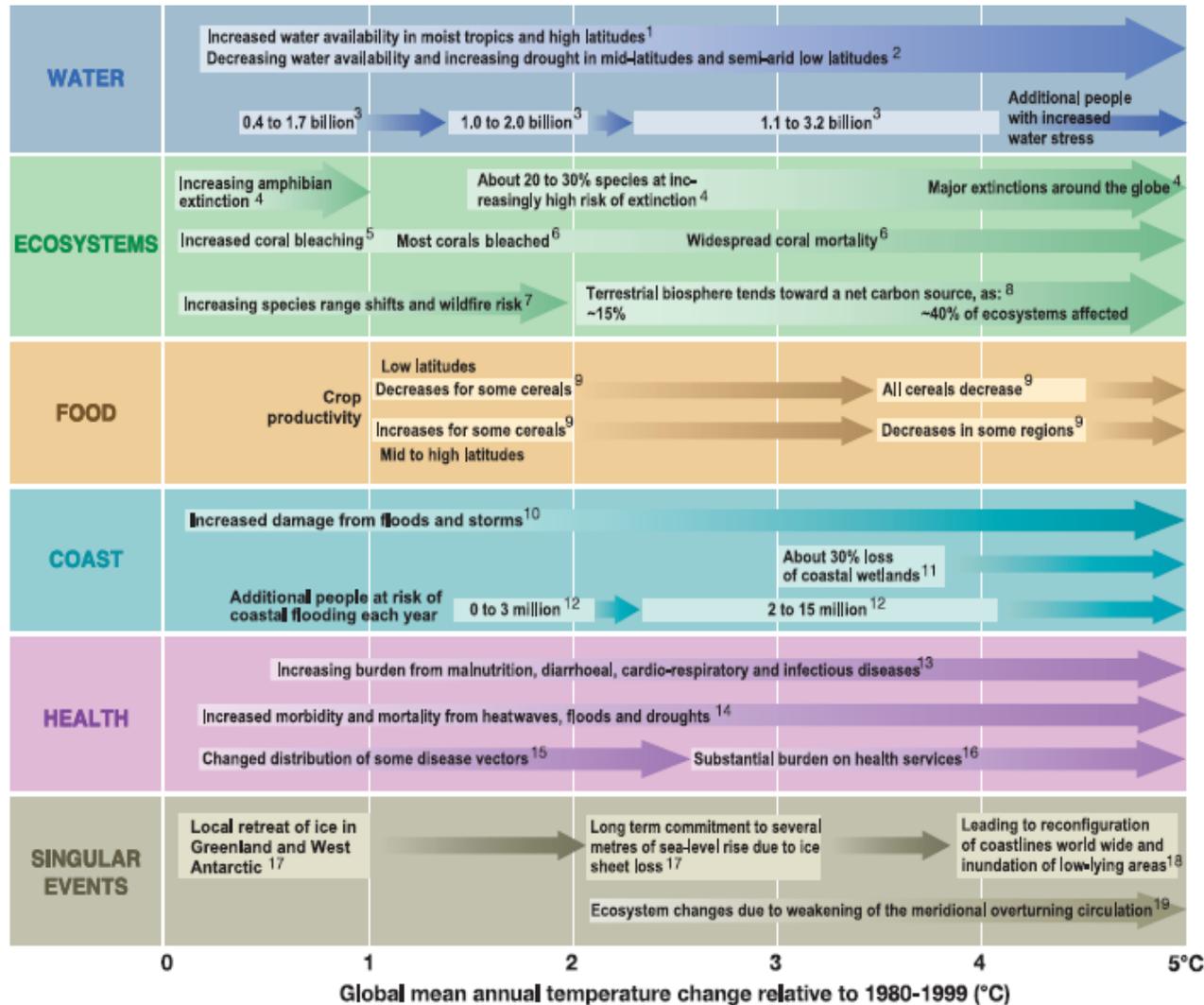
Globaler Klimawandel: was uns erwartet

IPCC, 5. Sachstandsbericht (2013)

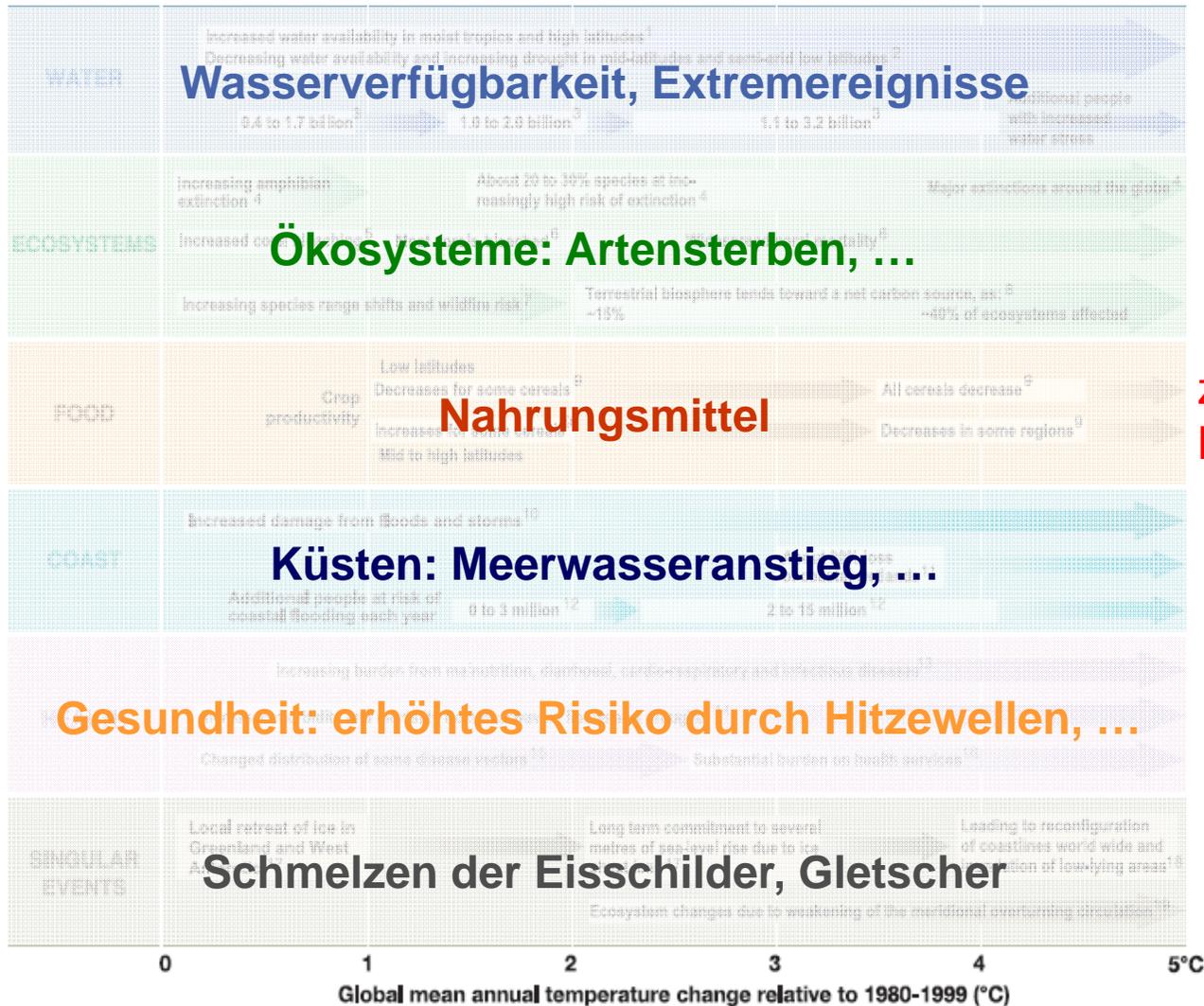


● 2-Grad Ziel für 2100

Globaler Klimawandel: die Folgen



Globaler Klimawandel: die Folgen



z.B. 20% teurere Lebensmittel bis 2050

Warszawski et al, 2013

Welche Klimasorgen haben wir in unserer Region? ... Regionale Ausprägungen des Klimas ...

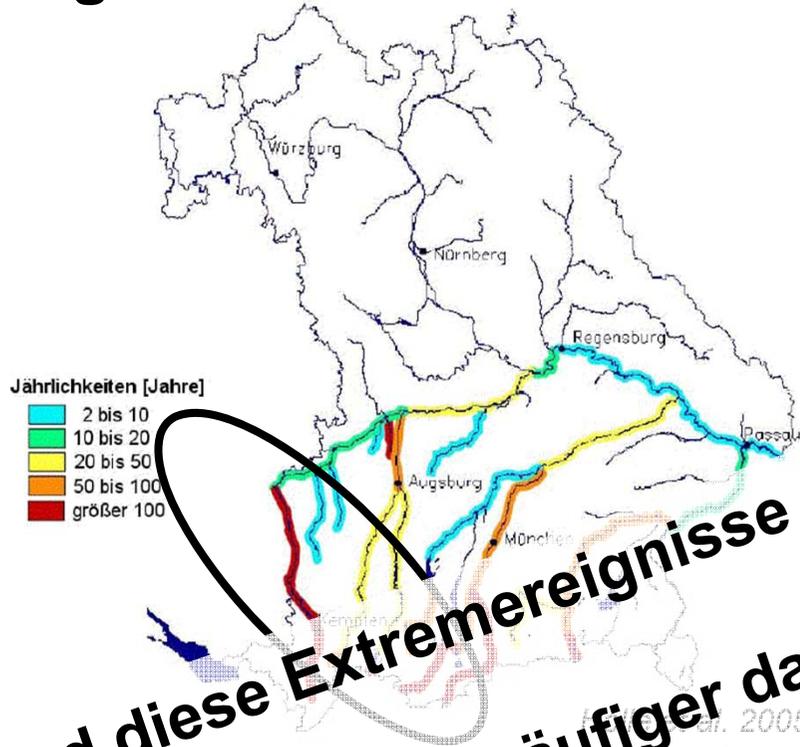
- Junihochwasser 2013: Donau & Elbe

- Auguthochwasser 2005:



- Auguthochwasser 2002
- Pfingsthochwasser 1999
- ...
- Hitzewelle 2003

Augusthochwasser 2005 & Junihochwasser 2013:



Sind diese Extremereignisse Hinweis auf den Klimawandel?

Müssen wir uns häufiger darauf einstellen?

Gemeinsame Wetterlagen Juni 2013 mit August 2005 und August 2002

- Vb ähnliche Wetterlage (Tiefdrucktrog über West-/Mitteleuropa)
- regional zu Rekordniederschlags- und Abflussmengen

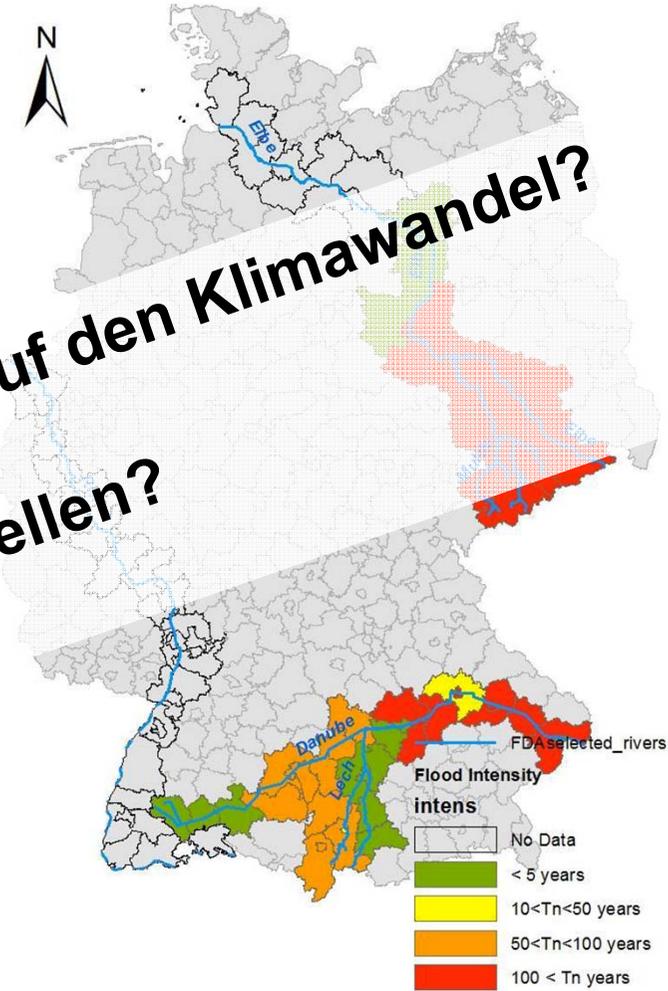
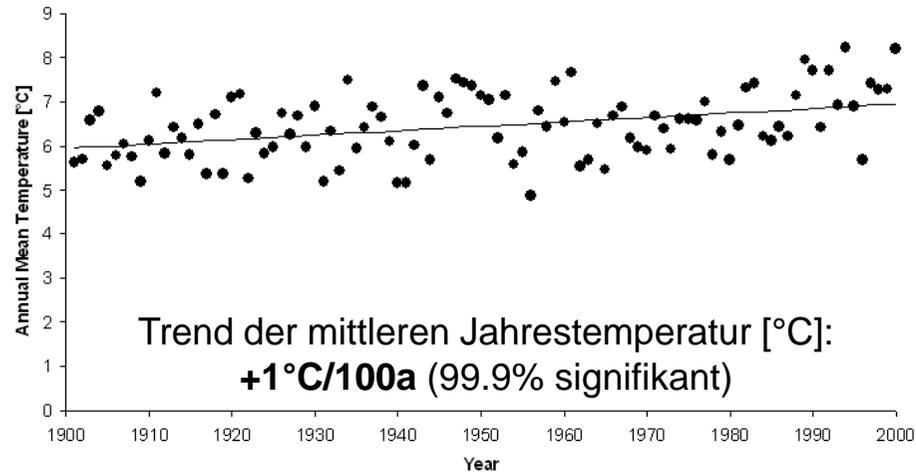


Abb: CEDIM

Was sagen Beobachtungsdatenreihen für unsere Region?

Temperatur & Niederschlag am Hohenpeissenberg

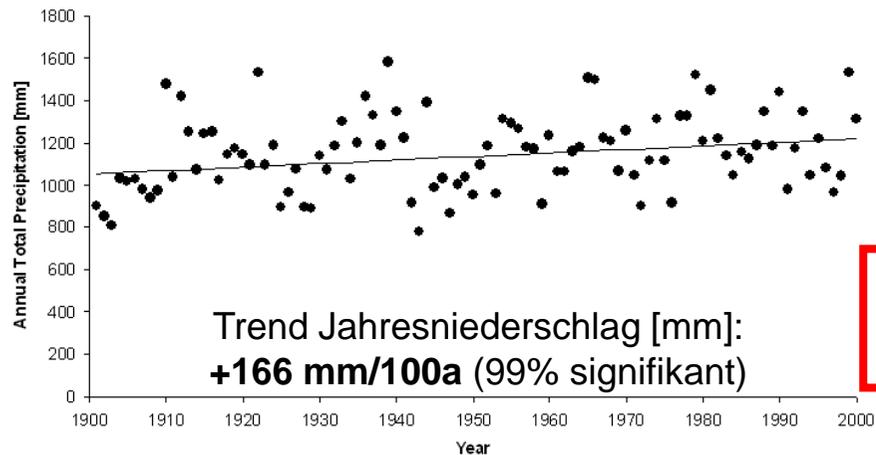


Temperaturanstieg seit 1900:

global 0.8 Grad

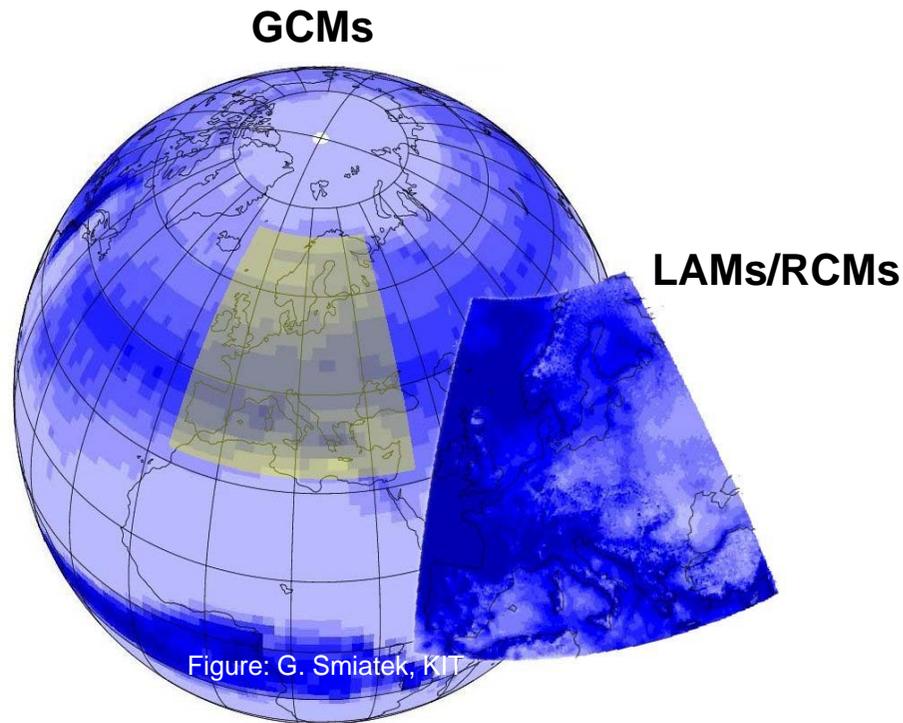
Europa 1.2 Grad

Alpenbereich 2.0 Grad

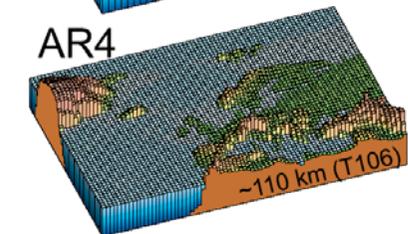
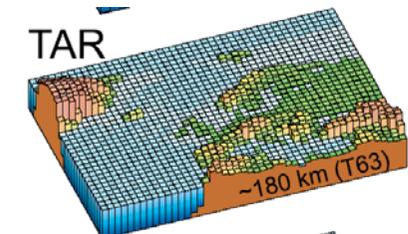
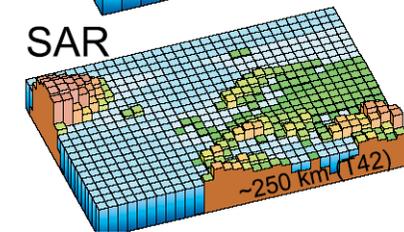
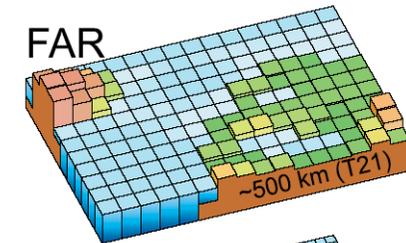


**klimasensitiv:
regionale Änderung > globale Änderung**

Aussagen über die Zukunft auf regionaler Skala ...



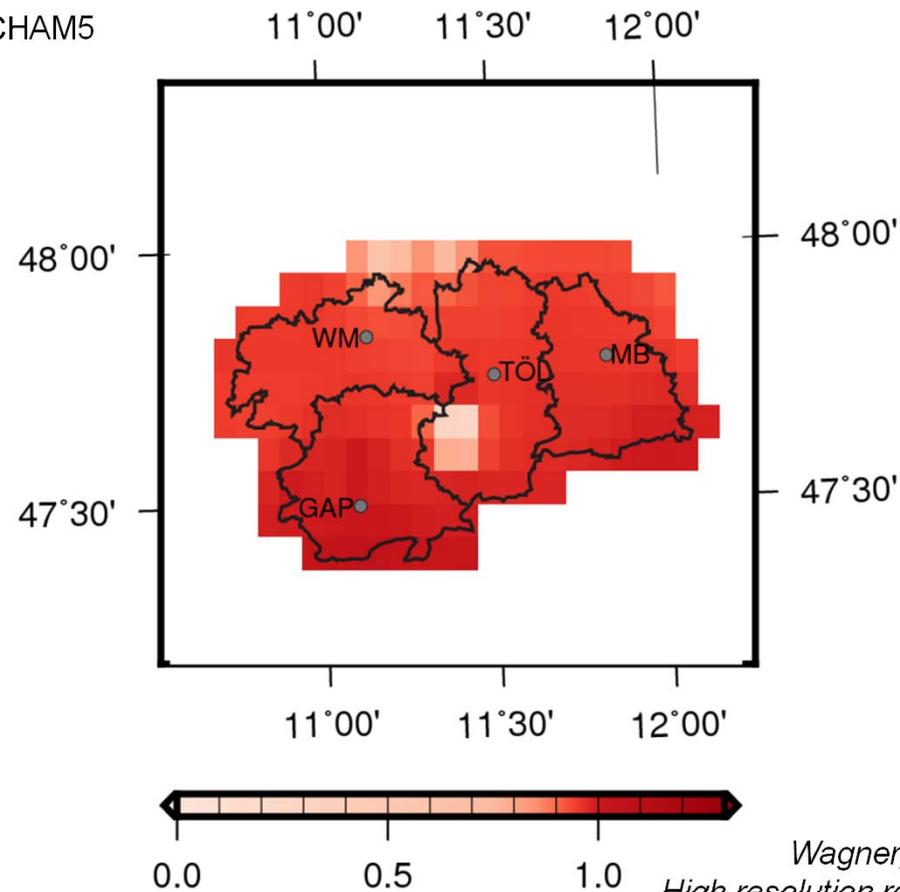
- Bsp.: Regionale Klimasimulationen für Deutschland
GCM: ~ 200 km
RCM: 2 Nest-Stufen: 42km & 7km



Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

Temperaturänderung [°C]: 2021-2050 – 1971-2000

WRF@7km, A1B, ECHAM5

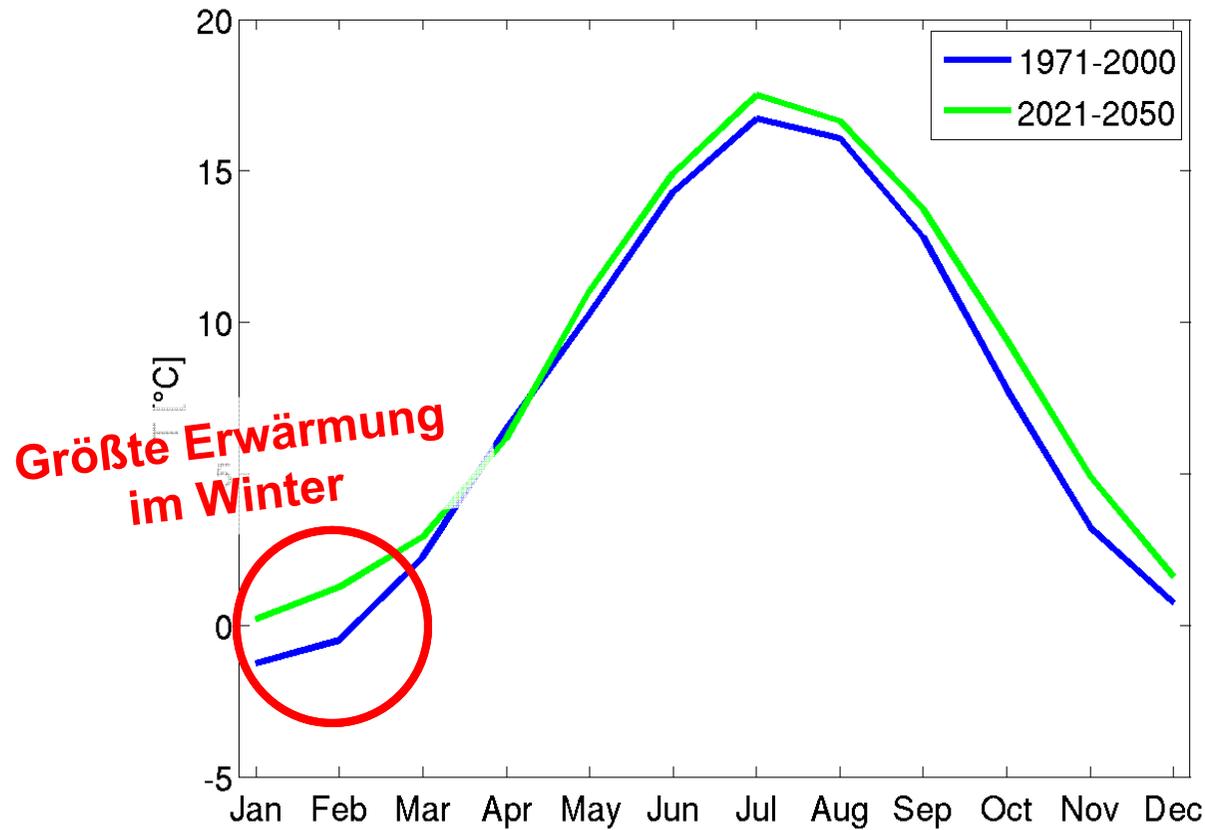


Wagner, Berg, Schädler, Kunstmann (2013):
High resolution regional climate model simulations for
Germany: Part II-projected climate changes. Climate Dyn.

Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

Temperatur: 2021-2050 – 1971-2000

WRF@7km, A1B, ECHAM5



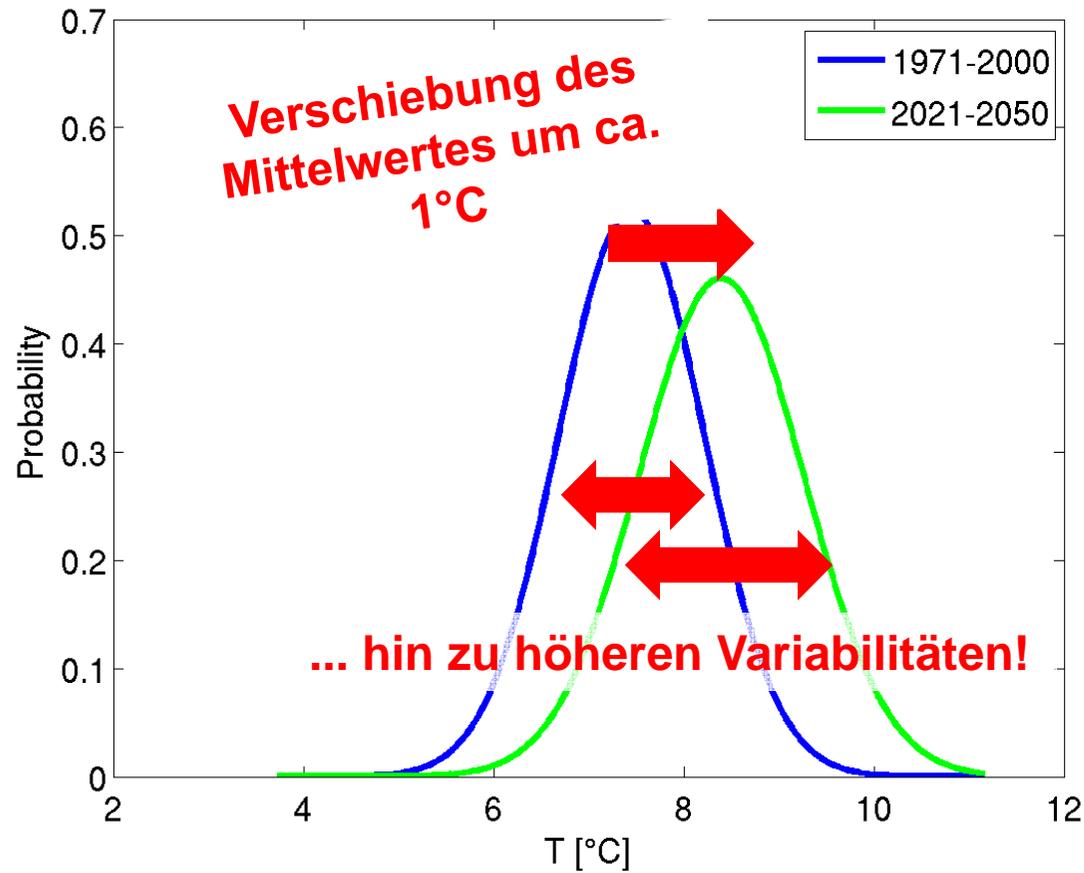
- ~ 18 Tage/Jahr weniger Frosttage
- ~ 5 Tage/Jahr mehr Sommertage (Tmax >25°C)

Wagner et al (2013)

Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

Temperatur: 2021-2050 – 1971-2000

WRF@7km, A1B, ECHAM5

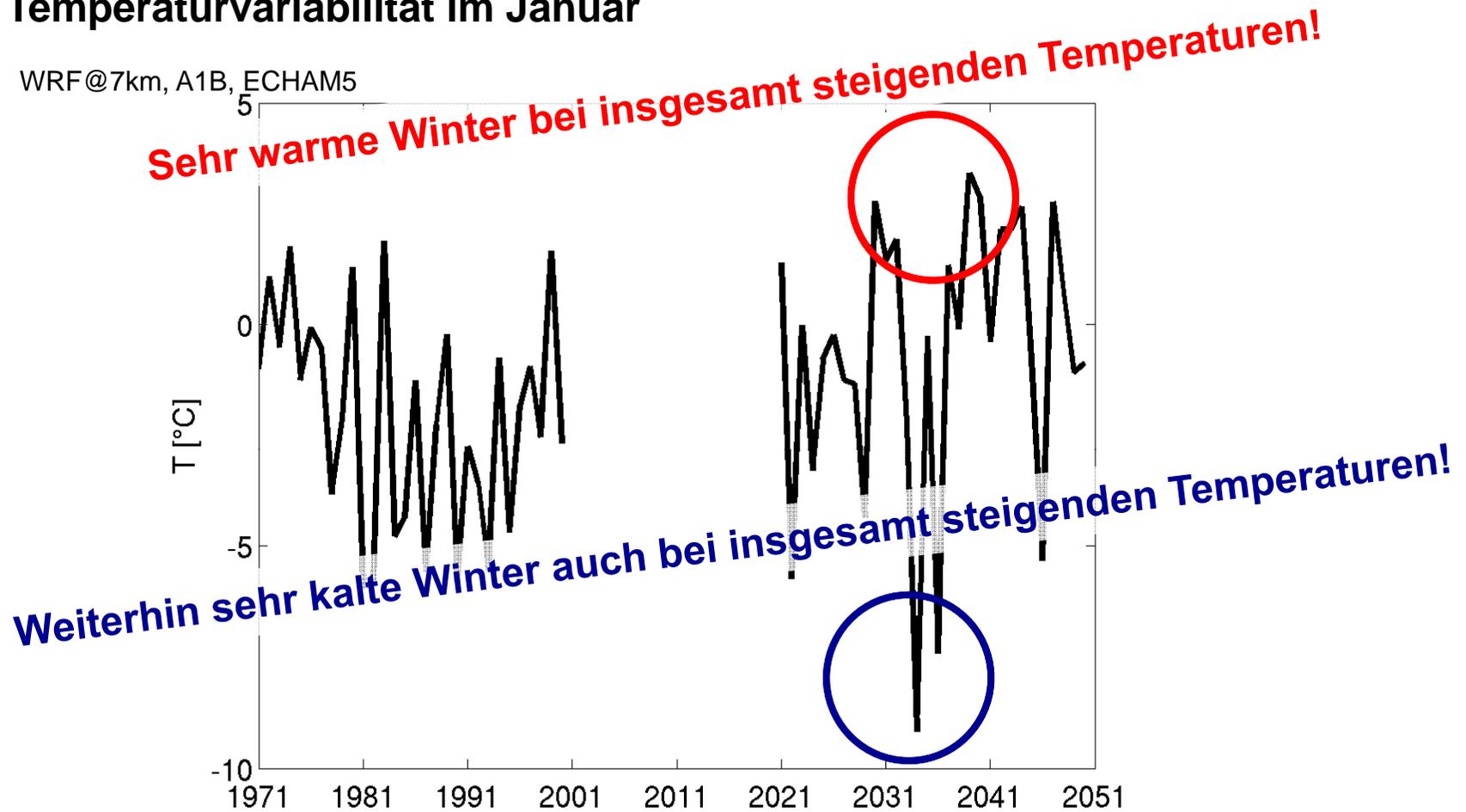


Wagner et al (2013)

Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

Temperaturvariabilität im Januar

WRF@7km, A1B, ECHAM5

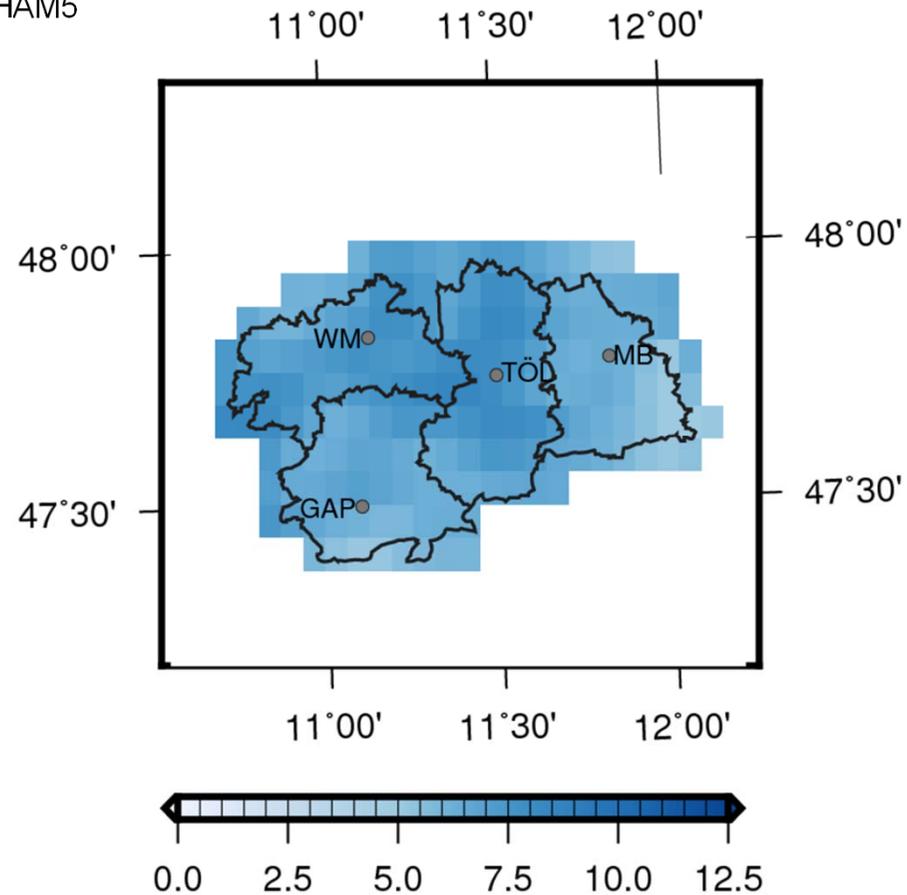


Wagner et al (2013)

Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

Niederschlagsänderung [%]: 2021-2050 – 1971-2000

WRF@7km, A1B, ECHAM5

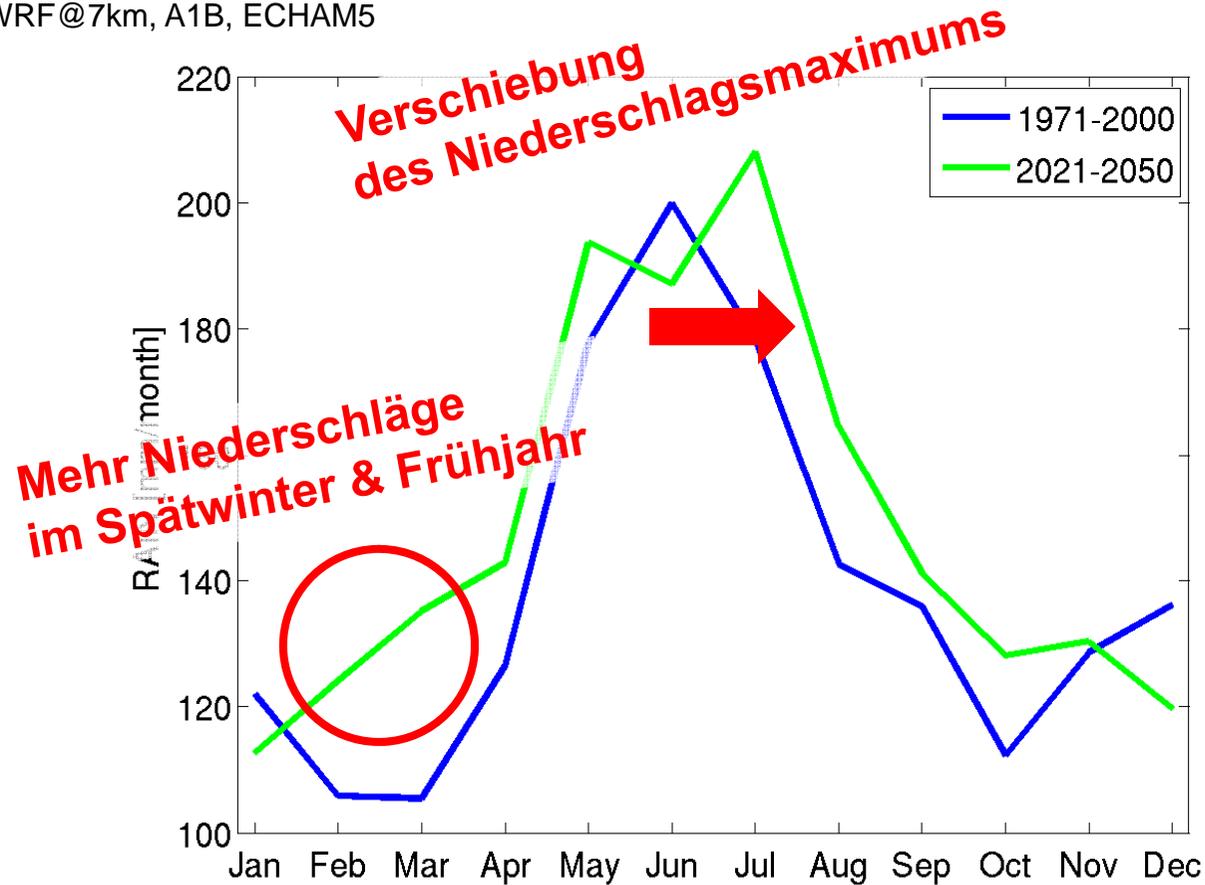


Wagner et al (2013)

Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

Niederschlag: 2021-2050 – 1971-2000

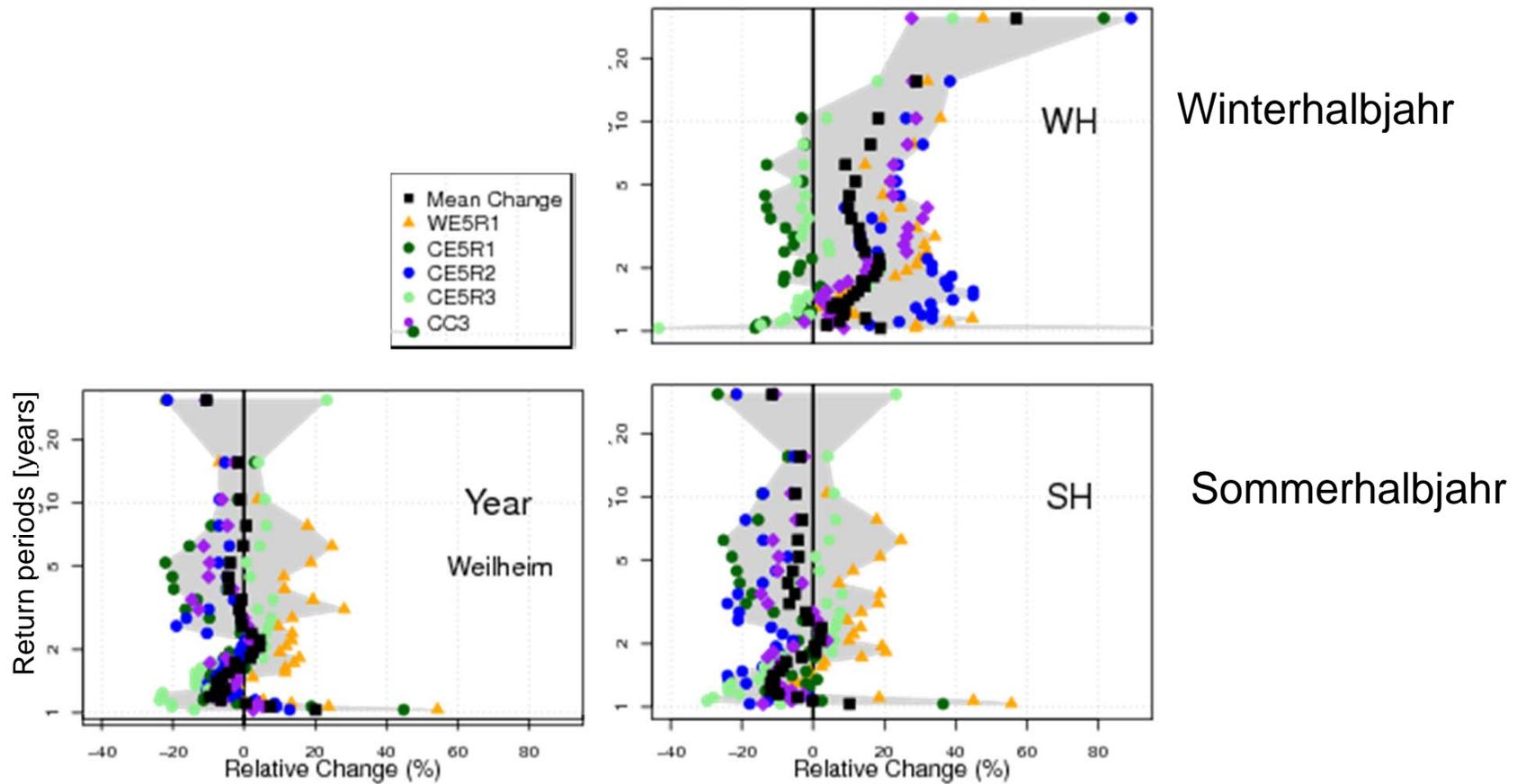
WRF@7km, A1B, ECHAM5



Wagner et al (2013)

Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

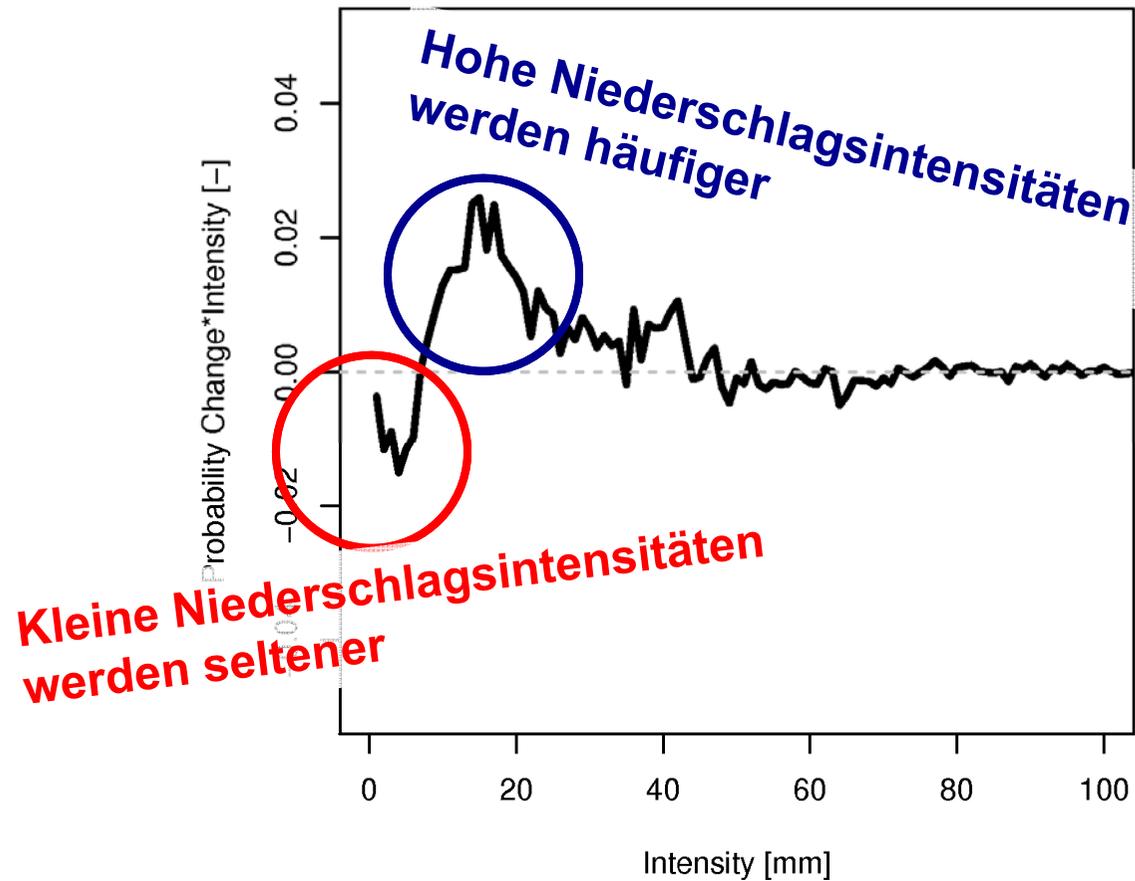
Änderung der Hochwasserhäufigkeiten im Ammer Einzugsgebiet



Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

Niederschlagsintensitäten: 2021-2050 – 1971-2000

WRF@7km, A1B, ECHAM5

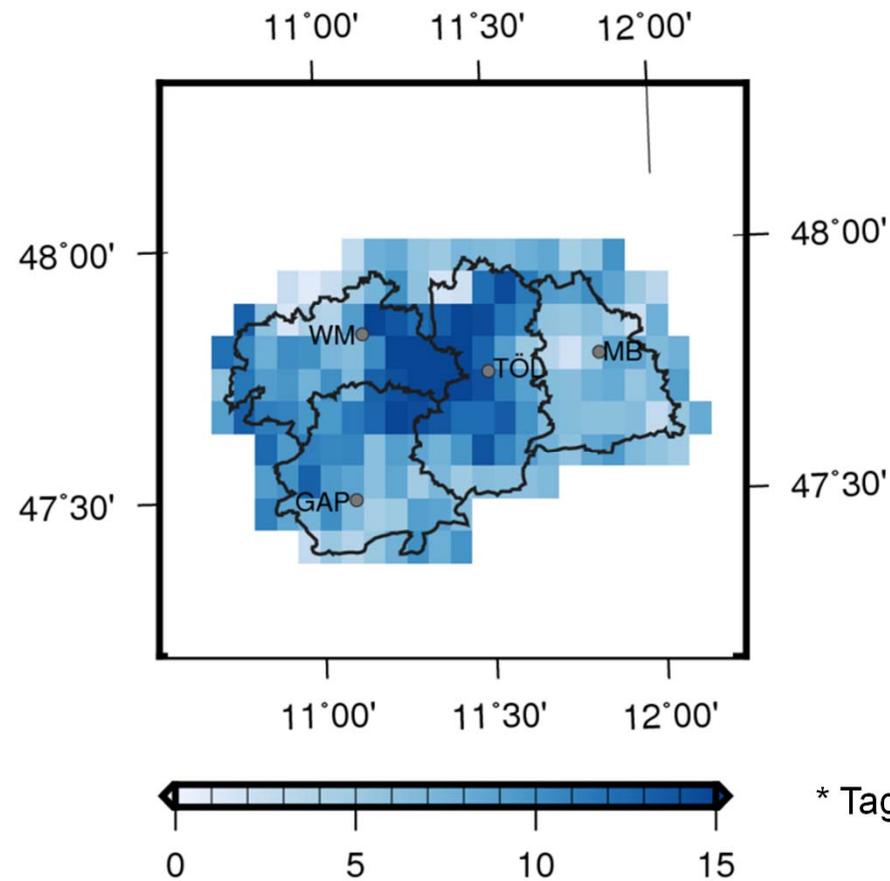


Wagner et al (2013)

Was erwarten wir für die Zukunft in unserer Region?

Veränderung von Starkniederschlägen* [%]: 2021-2050 – 1971-2000

WRF@7km, A1B, ECHAM5



* Tage mit Niederschlag > 20mm

Wagner et al (2013)

Zusammenfassung ...

- **Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig & anthropogen bedingt**
- **Erwärmung des Klimasystems wird sich in Zukunft fortsetzen: wieviel?**
 - **Konsequenzen für gesamte Klimasystem Erde**
 - **Konsequenzen regional unterschiedlich**
- **Projektionen für unsere Region:**
 - **höhere Temperaturen**
 - **höhere Variabilität im Niederschlag**
 - **mehr Extremereignisse**
- **Vermeidungsstrategien zur Verminderung von Treibhausgasemissionen sind nicht ausreichend**
 - **Anpassungsmaßnahmen an Klimawandel erforderlich**
- **Trotz großer Fortschritt in der Modellierung immer noch große Unsicherheiten in der Abschätzung künftiger Klimaentwicklungen**

A winter mountain landscape. In the foreground, a snow-covered path leads towards a large, multi-story building with a snow-covered roof. To the right, there is a smaller wooden structure. The middle ground is filled with dense evergreen forests. In the background, majestic snow-capped mountain peaks rise against a clear blue sky. The text "Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!" is overlaid in the center of the image.

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!**

Globaler Klimawandel: was uns erwartet

IPCC, 5. Sachstandsbericht (2013)

