

„Klimawandel: Ursachen, Auswirkungen, Maßnahmen“

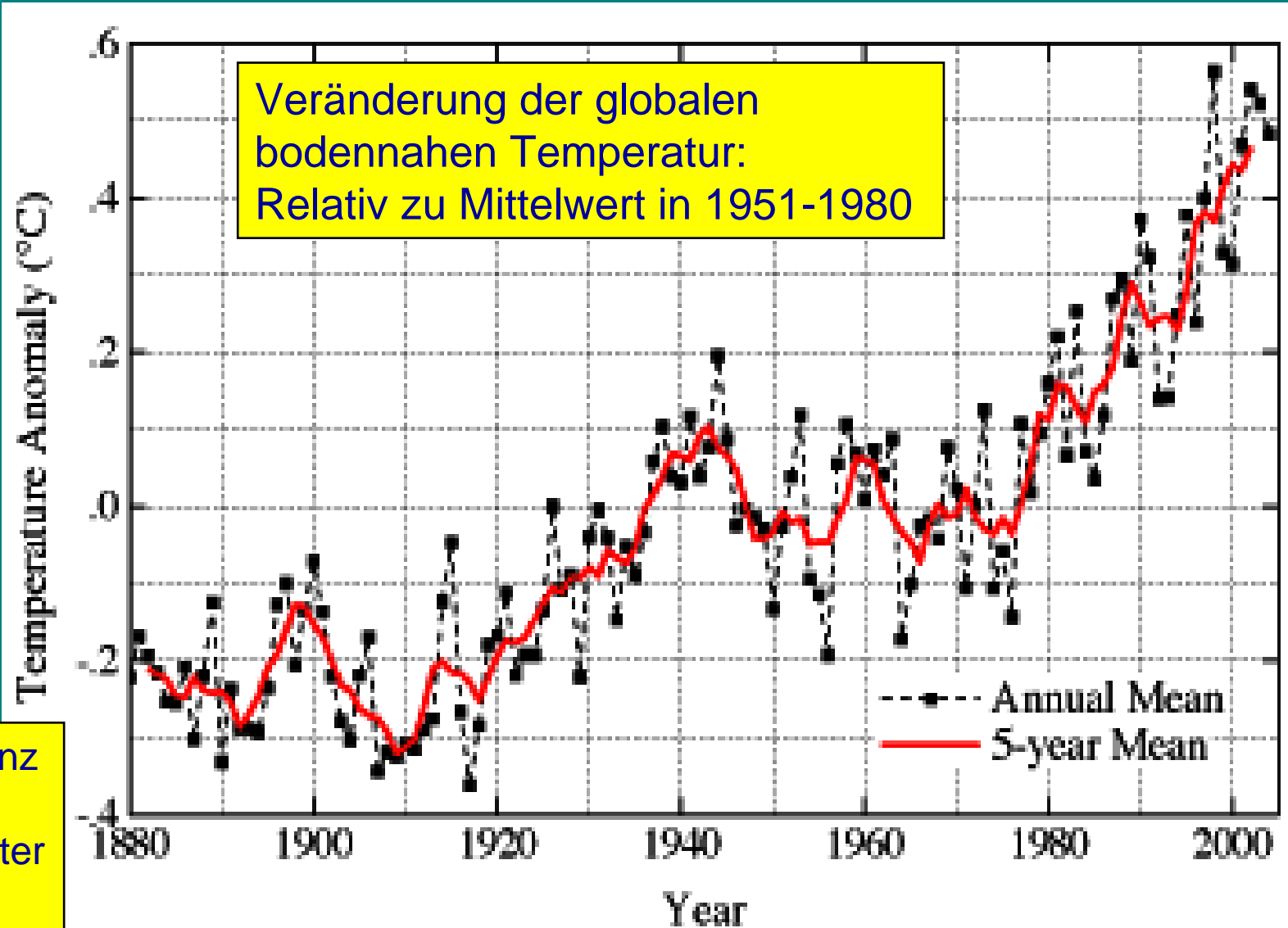
Fortbildungstag der DMG
03. Juni 2005
Regensburg

Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU)
Forschungszentrum Karlsruhe

82467 Garmisch-Partenkirchen
Kreuzeckbahnstr. 19

Wolfgang.Seiler @imk.fzk.de)

Befinden uns inmitten eines
umfangreichen
**globalen und regionalen
Klimawandels**
mit erheblichen **ökologischen,**
ökonomischen und **sozialen**
Auswirkungen.



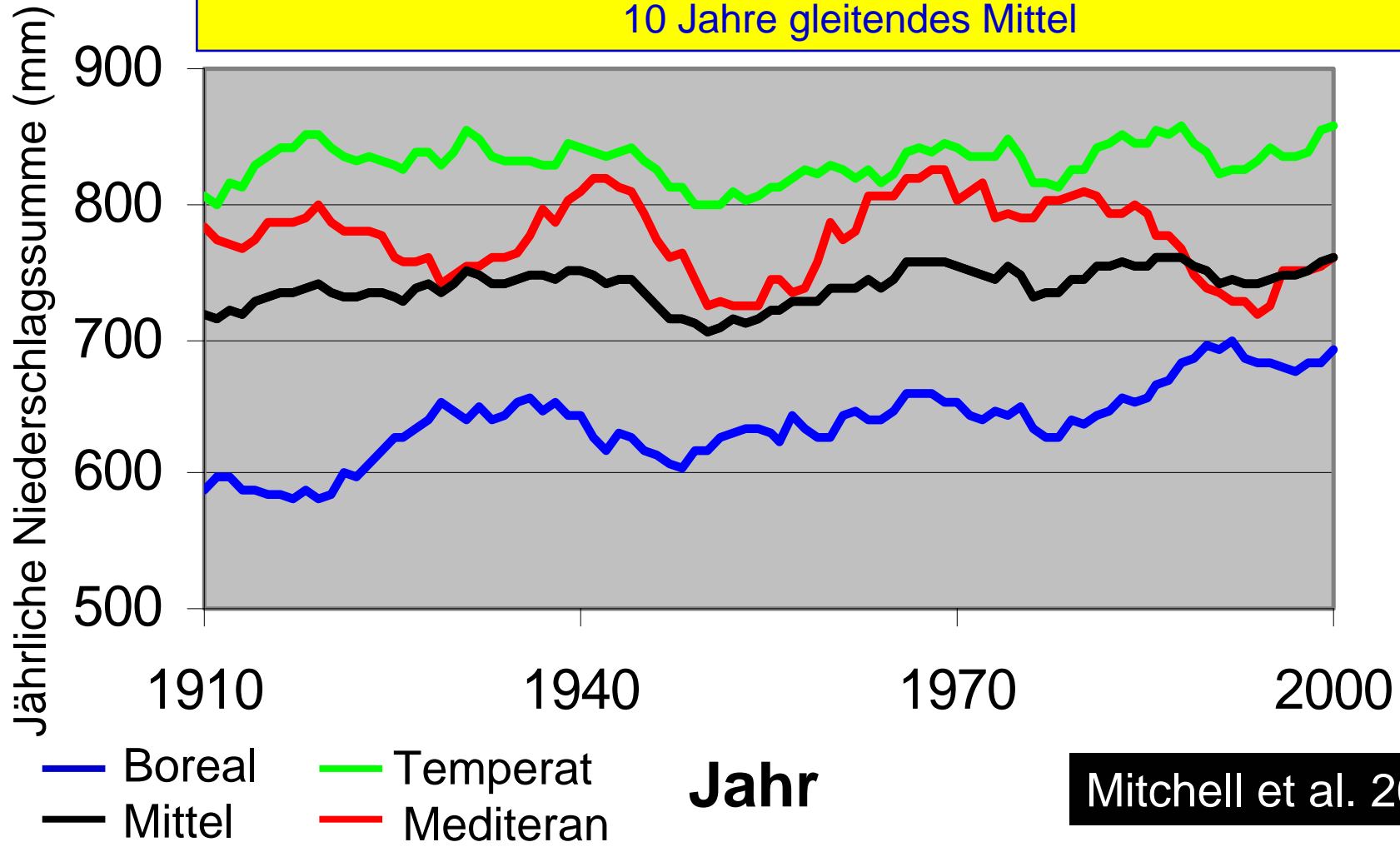
Temperaturdifferenz
zwischen heutiger
Warmzeit und letzter
Eiszeit: ca. 4°C

Die Klimadebatte konzentriert sich derzeit nahezu ausschließlich auf Änderungen der Temperatur, nicht aber auf **Änderungen der Niederschläge**, obwohl

- die Niederschlagsänderungen für die **größten beobachteten Schäden** verantwortlich sind,
- die Wasserverfügbarkeit die Grundvoraussetzung für **Leben und Wachstum** darstellt und
- die Änderungen der Niederschlagsverteilung die **Vegetation und Ökosysteme** beeinflussen.

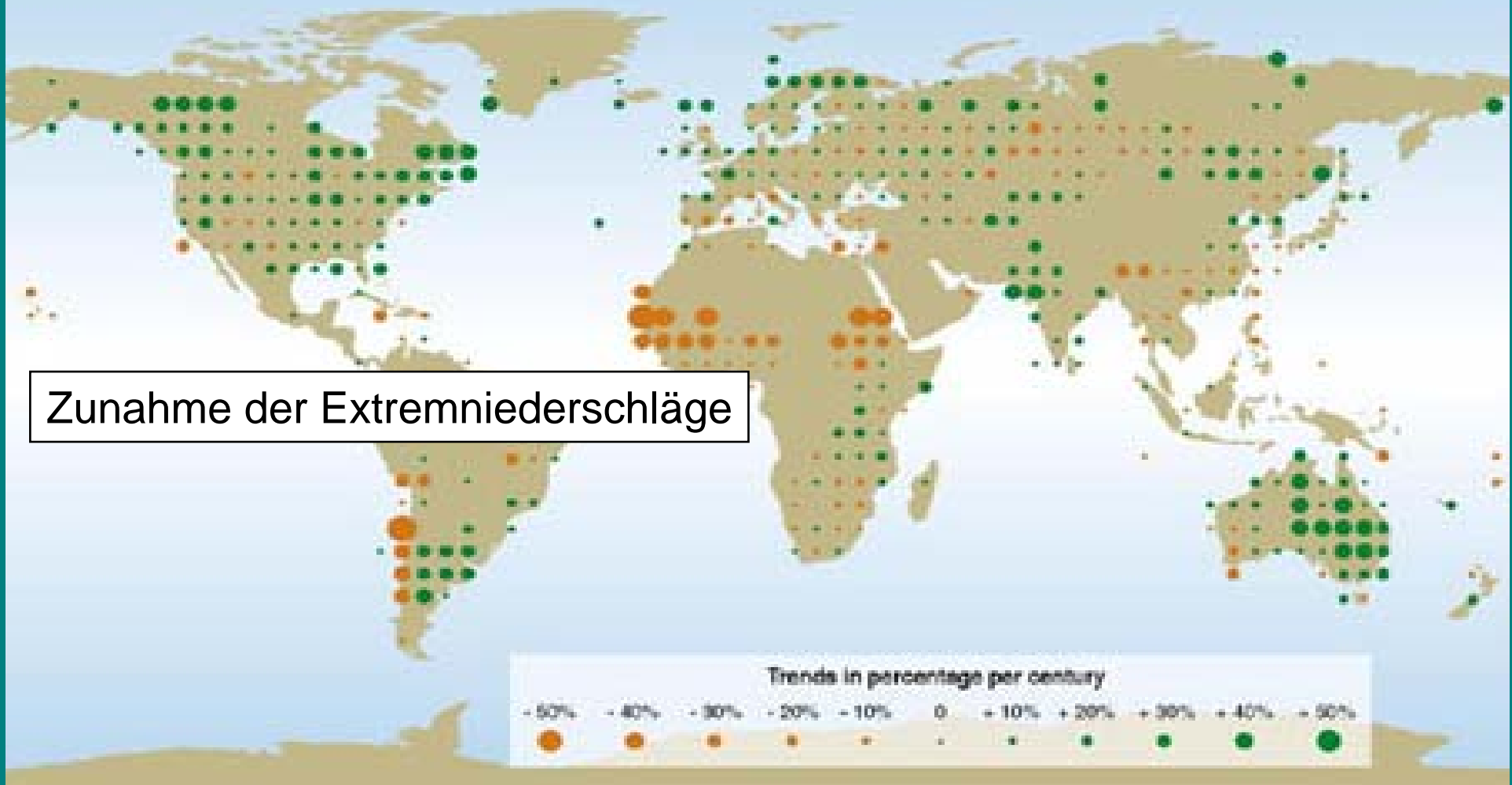
Jährliche Niederschlagssumme (1910 – 2000)

10 Jahre gleitendes Mittel



Mitchell et al. 2004

Annual precipitation trends: 1900 to 2000



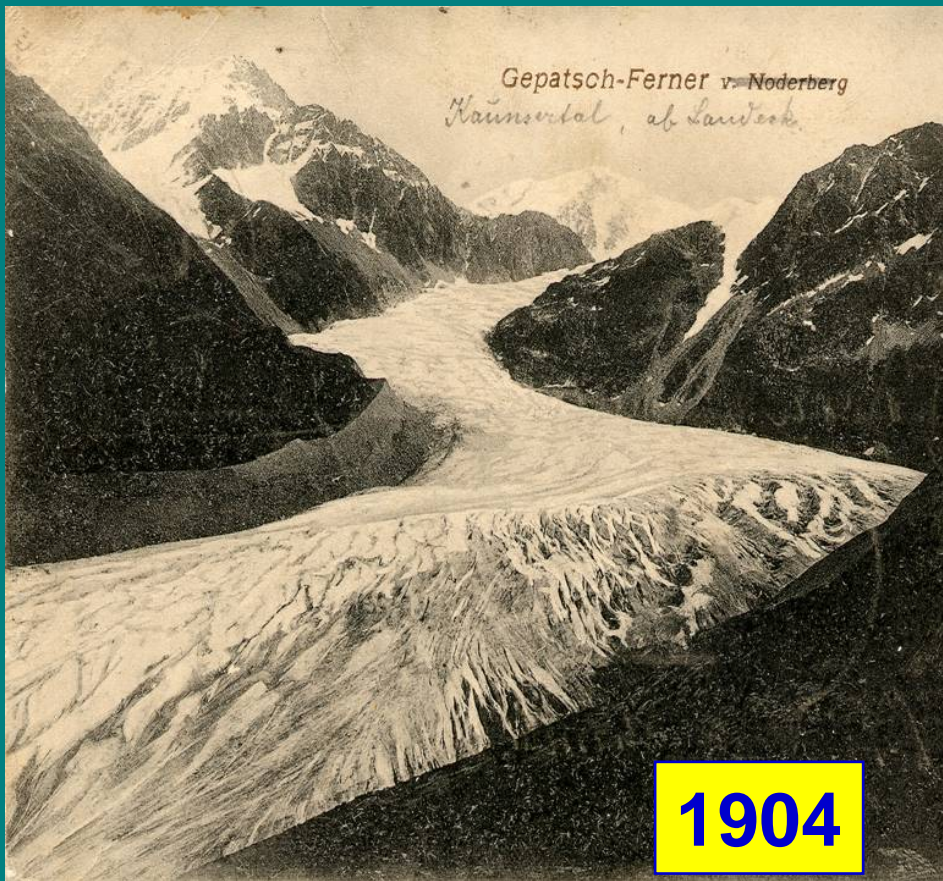
Klimaänderungen in Süddeutschland in letzten 50 Jahren

- Anstieg der **Temperatur** um ca. 1.0 – 1.4°C
- Zunahme der **Niederschlagssumme im Frühjahr** um ca. 20 - 30%
- Rückgang der **Niederschlagssumme im Sommer** um mehr als 20%
- Zunahme der Frequenz und Intensität von meteorologischen **Extremereignissen** (Hitzewellen, Starkniederschläge, Stürme)
- Zunahme der Amplitude und Frequenz von Temperatursprüngen

Indikatoren für Klimawandel in Deutschland

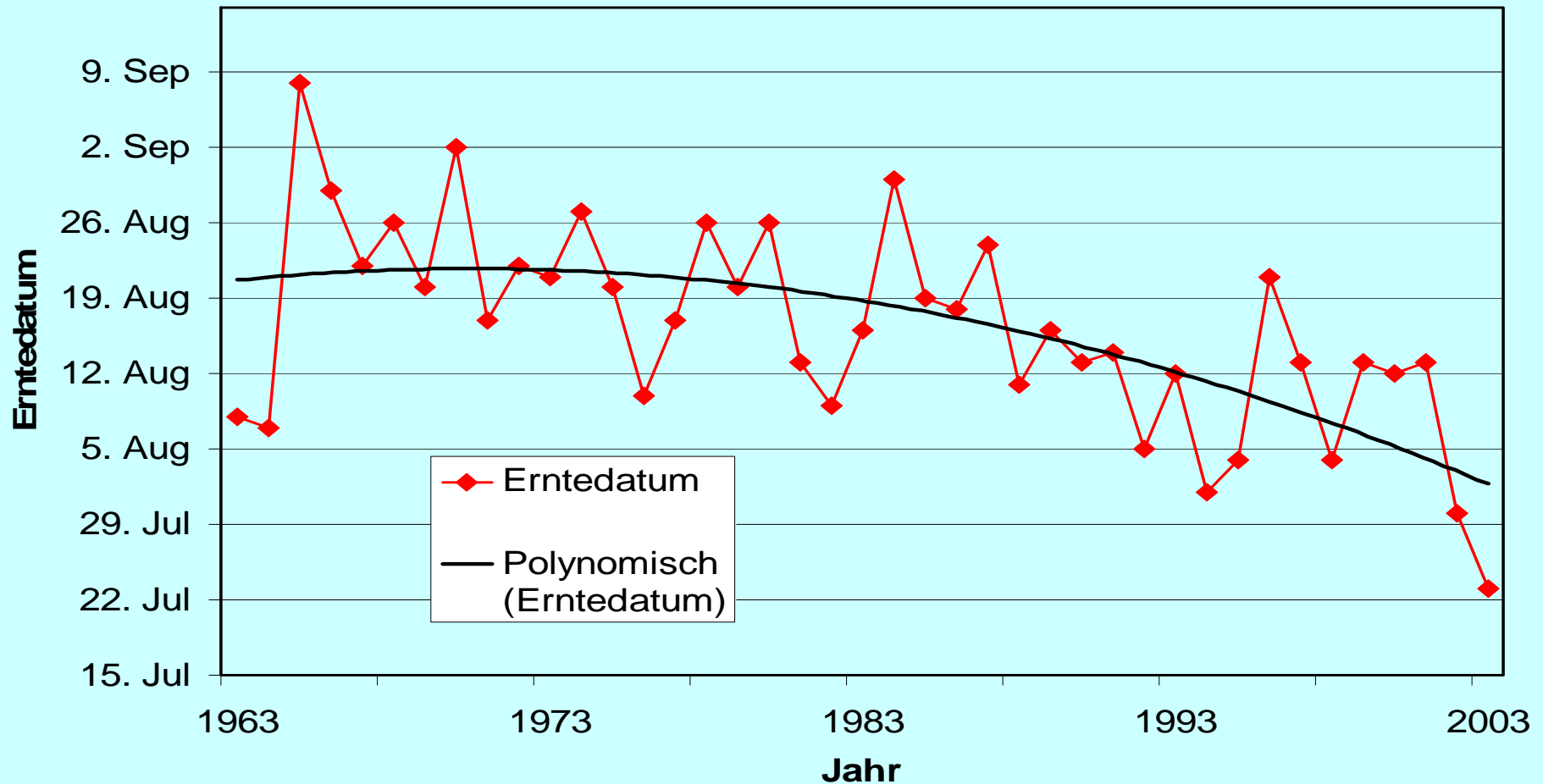
- Verlängerung der **Vegetationsperiode** um ca. 2 bis 3 Wochen in den letzten 40 Jahren
- Änderung des Brut- und Zugverhaltens der **Zugvögel** und Invasion von **Vegetation und Lebewesen**
- Ausbreitung von **Schädlingen** (Borkenkäfer, Fichtenblattwespe) und **Krankheitserregern** (z.B. durch Zecken)
- Zunahme der meteorologischen **Extremereignisse** (Hinweis auf Unwetterwarnungen durch Wetterdienste)
- Anstieg der **Schneefallgrenze** um 100 - 200 Metern und Rückzug des **Permafrosts**
- Rückgang der **Gletscher** (Fläche, Volumen) in den Alpen

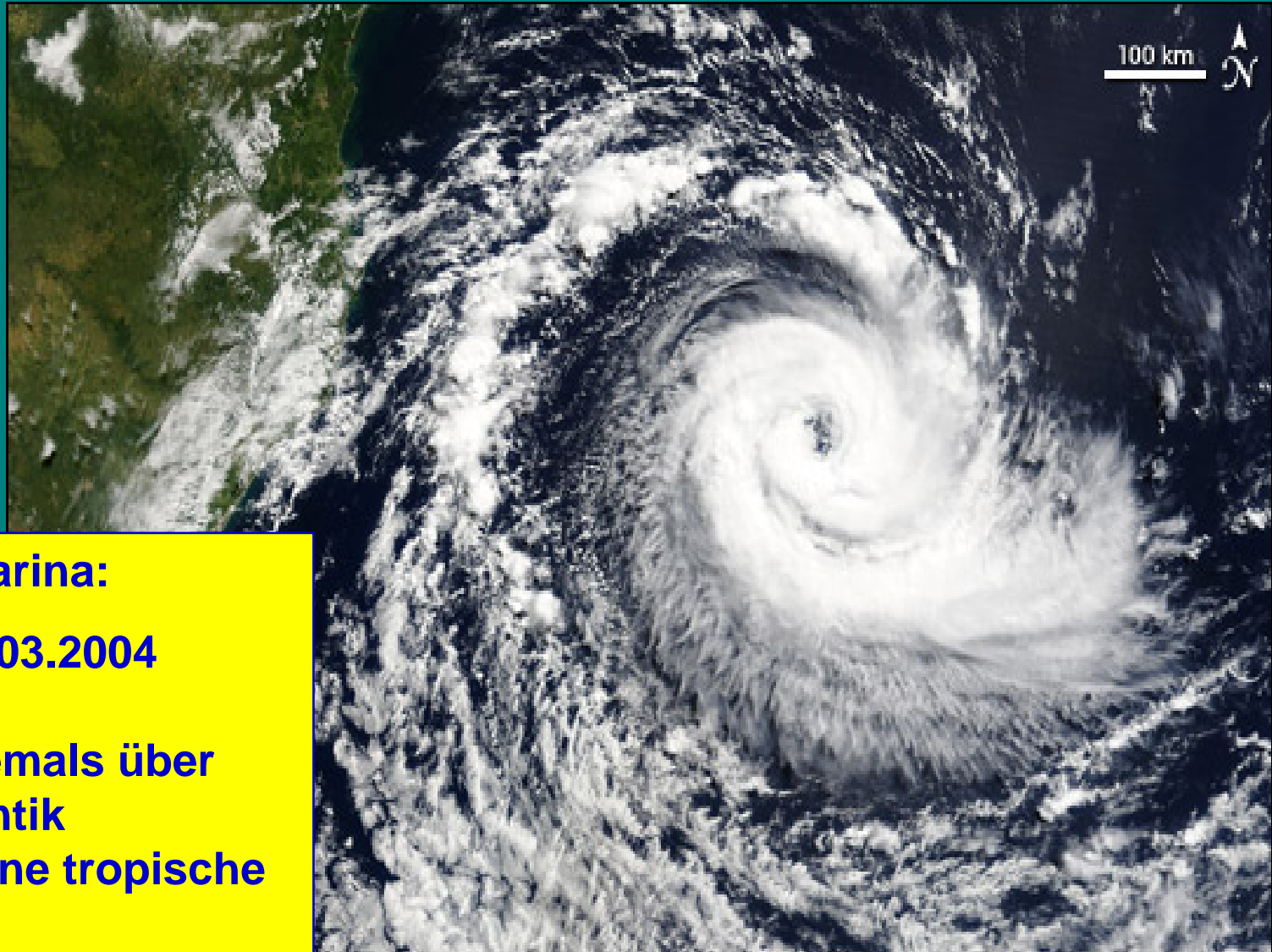
Rückgang des Gepatsch-Ferner, Kaunertal (Tirol)



Quelle: Gesellschaft für ökologische Forschung, München

Erntedatum Winterweizen in Niederbayern





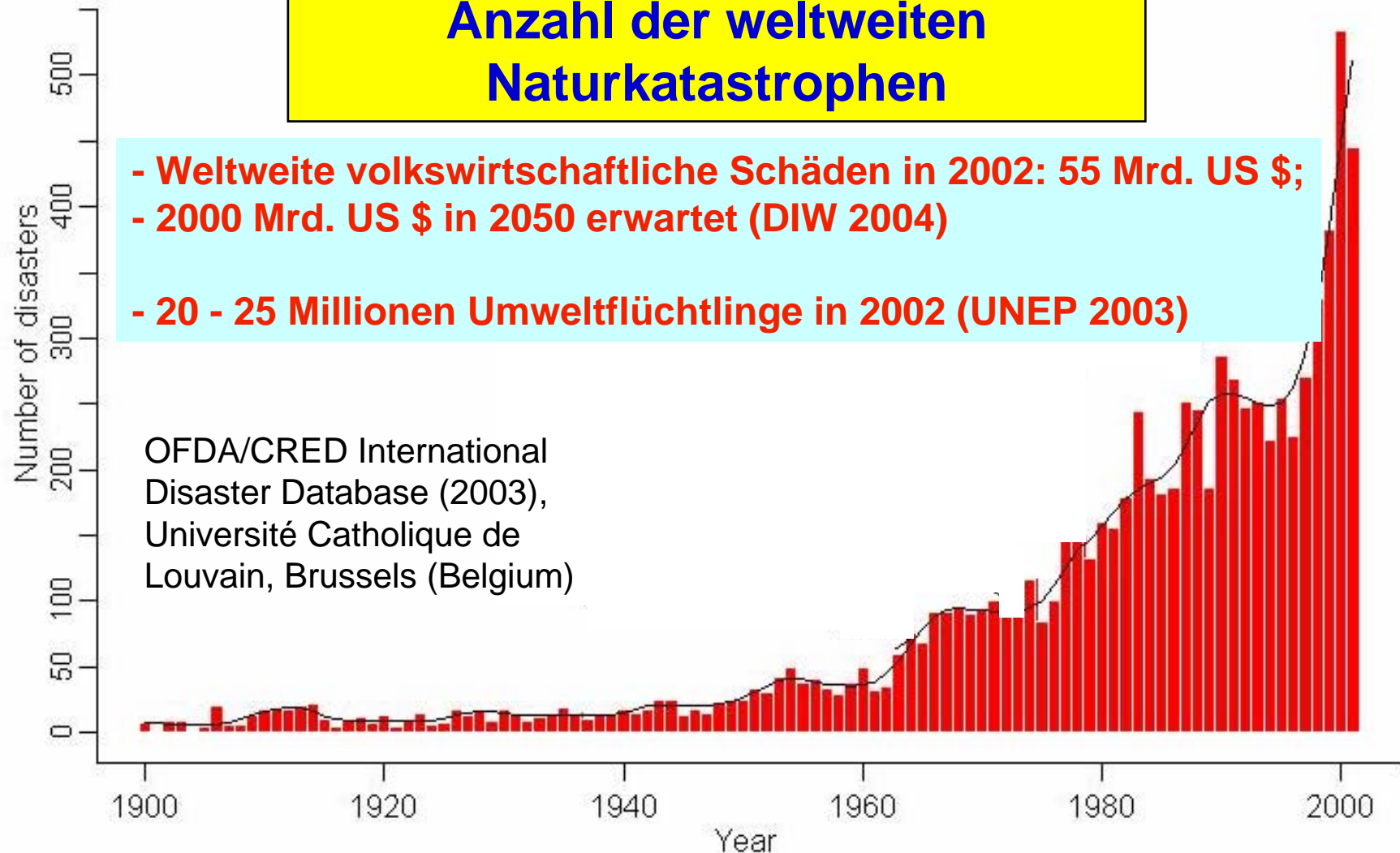
Hurrikan Catarina:

Brasilien, 26.03.2004

**...der erste jemals über
dem Südatlantik
nachgewiesene tropische
Wirbelsturm!**

Anzahl der weltweiten Naturkatastrophen

- Weltweite volkswirtschaftliche Schäden in 2002: 55 Mrd. US \$;
- 2000 Mrd. US \$ in 2050 erwartet (DIW 2004)
- 20 - 25 Millionen Umweltflüchtlinge in 2002 (UNEP 2003)



Schäden: Tropische Wirbelstürme

Pensacola, Florida:
nach Hurrikan Ivan
18. September 2004

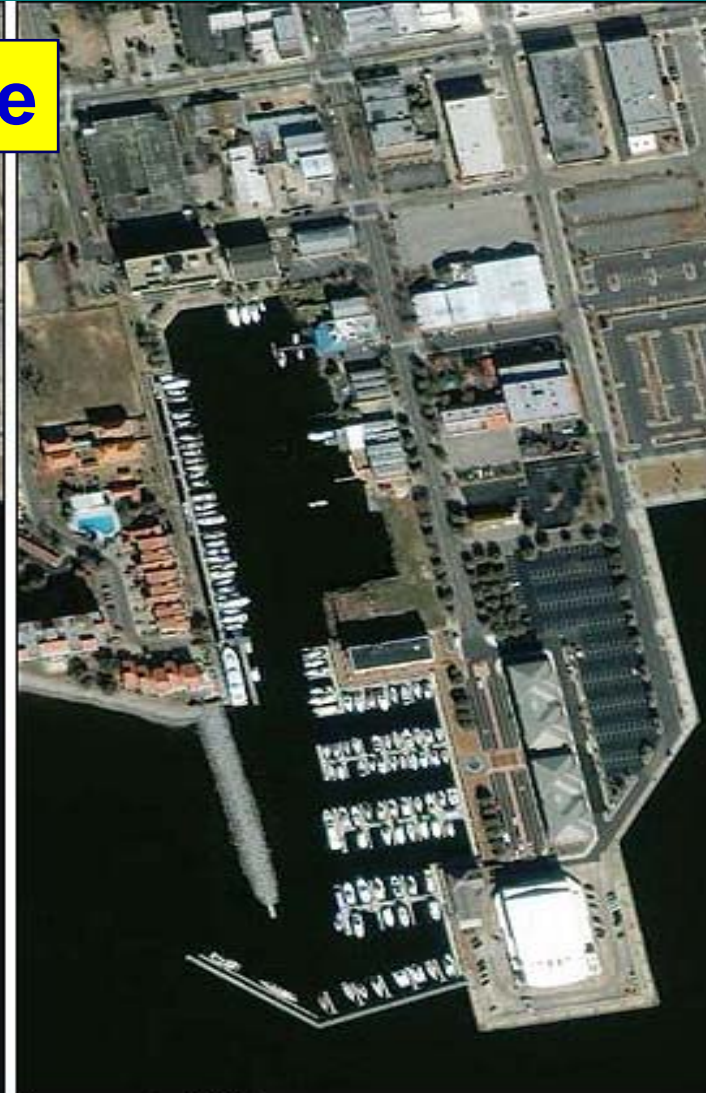
Gesamtschäden in 2004:

Charley, Frances, Ivan,
Jeanne, Karl, Lisa

Gesamt: ca. 30 Mrd. US \$



September 18, 2004



January 4, 2003

Schäden: Überschwemmungen (2002)



Grimma (Sachsen), 12.08.2002



Schäden: Hitzewellen (2003)

Erhebliche Schäden in
Landwirtschaft und Forsten



Herz-Kreislaufkrankungen mit
ca. **35.000 Tote im Sommer 2003**
in Europa (mehr als Verkehrstote)

Schäden: Tornado (2004)



18.Juli 2004: Innenstadt von Duisburg
August 2004: Ort Micheln in Sachsen-Anhalt

Ursachen des Klimawandels



Sonnenstrahlung: ca. 30%

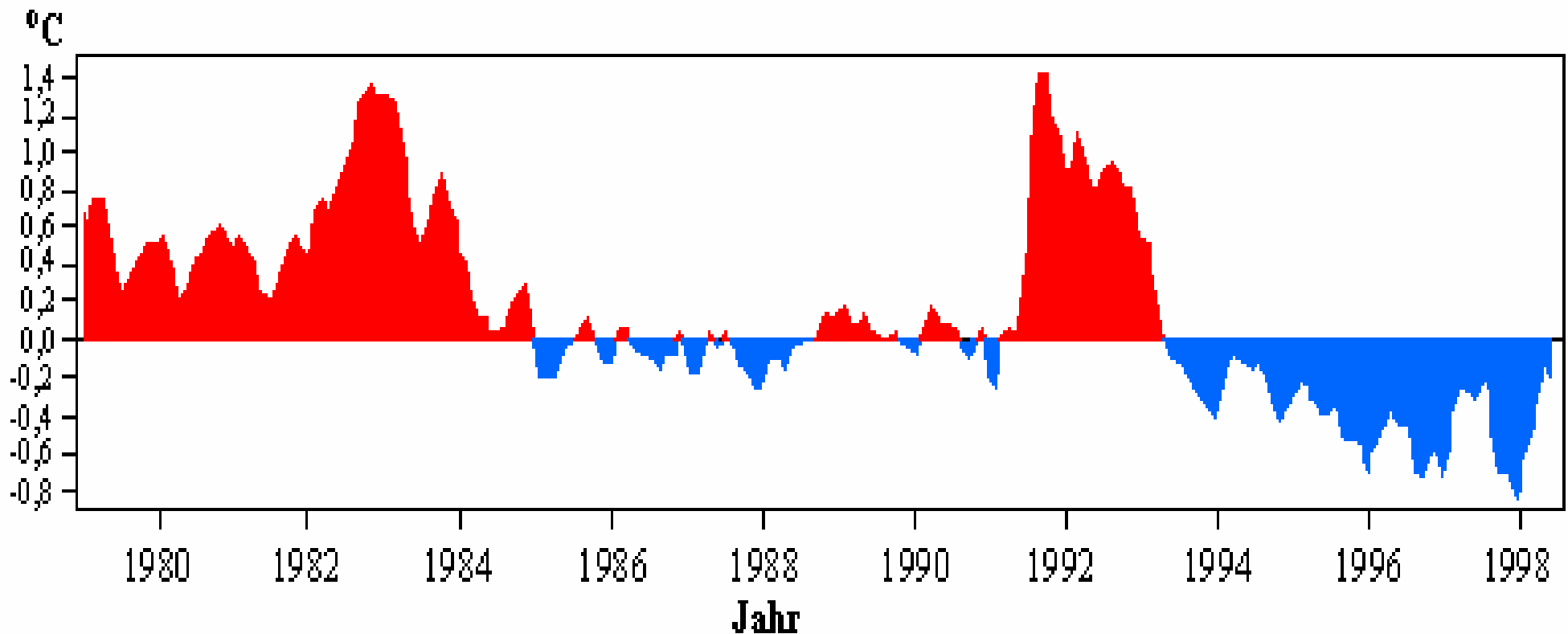


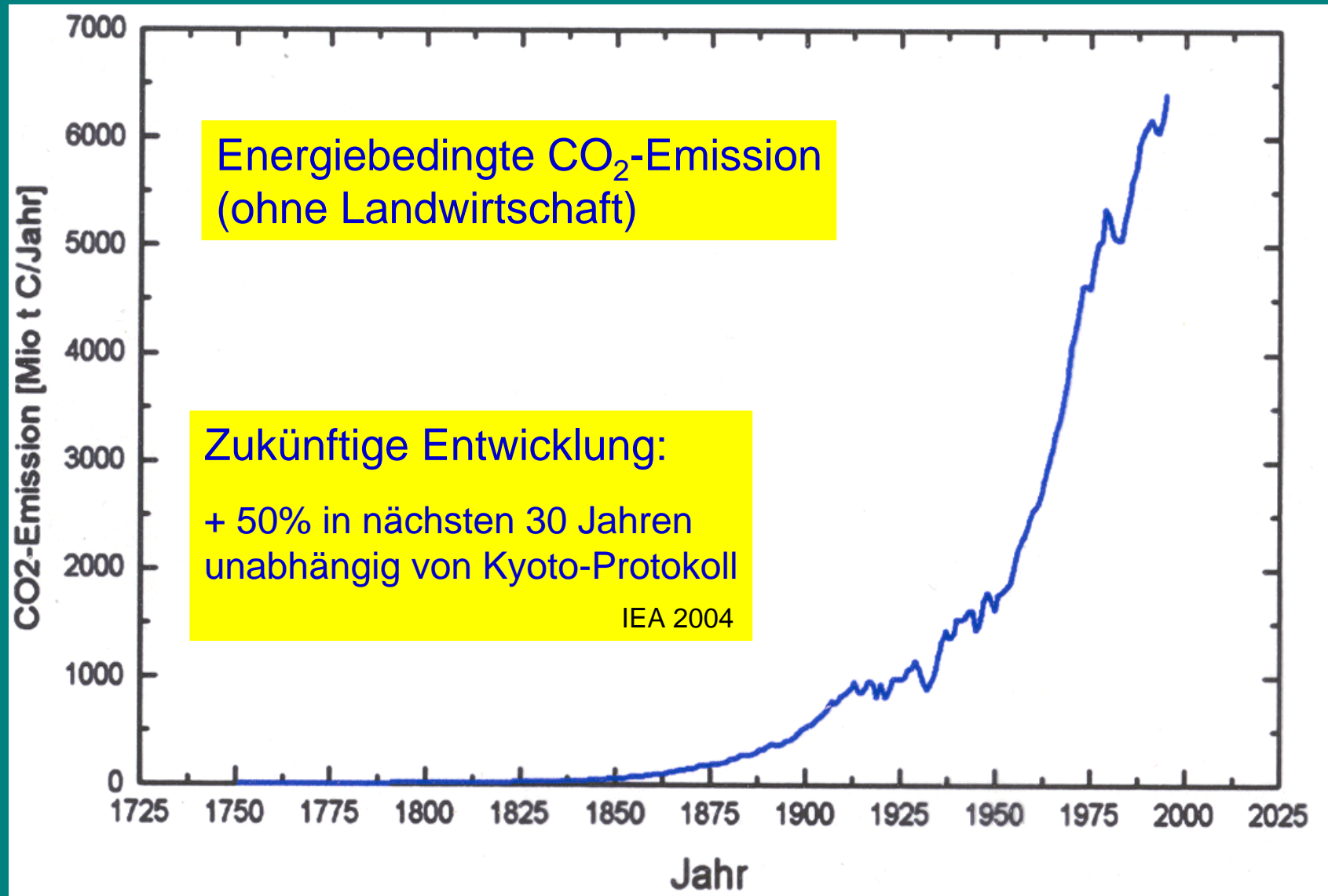
Anthropogene Aktivitäten: ca. 70%

Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, O₃, FCKW)

-18°C → +15,5°C

Temperaturänderung in der unteren Stratosphäre 1979-98

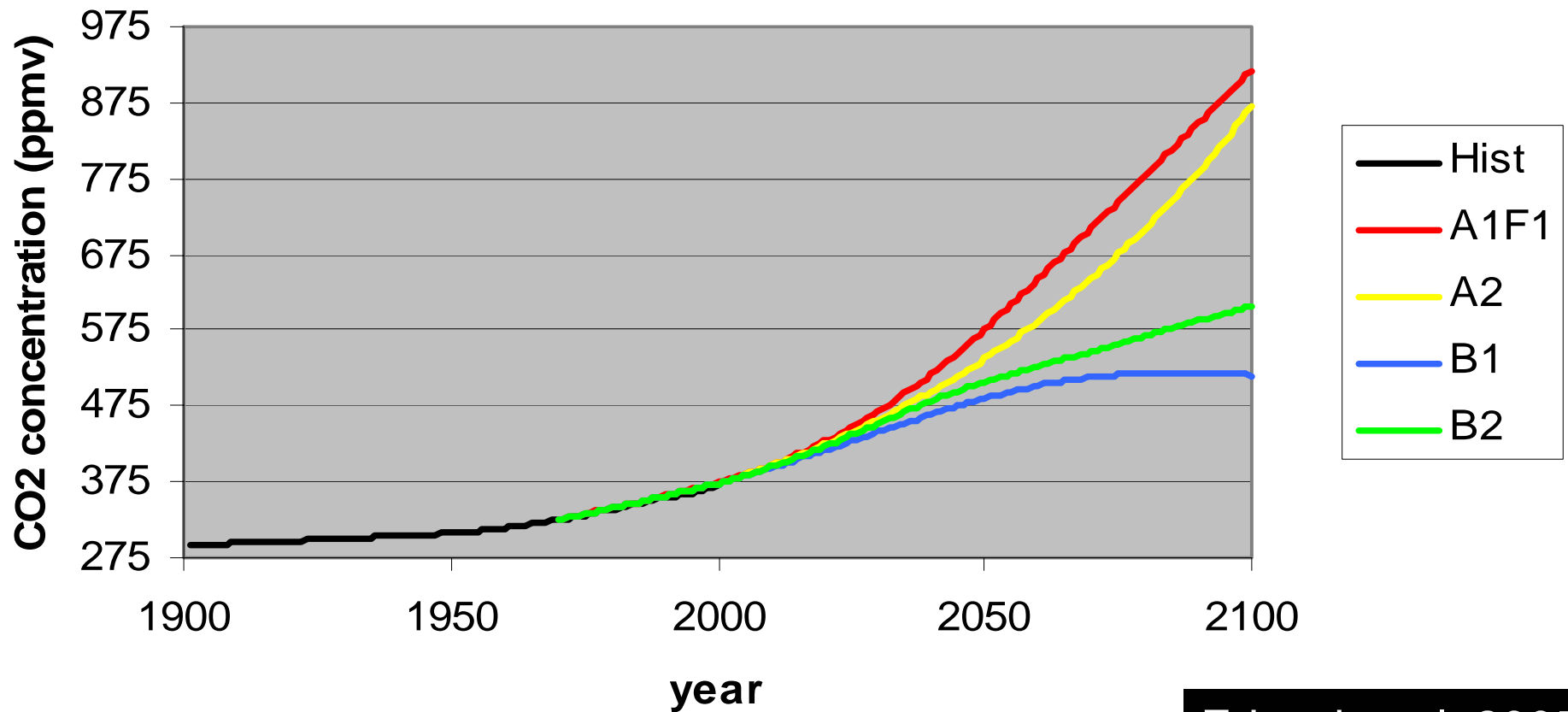




Ein weiterer Klimawandel in nächsten 30 Jahren ist nicht mehr vermeidbar!

- Träges zeitliches Verhalten des **Energieverbrauchs** und Zunahme der **Weltbevölkerung** (Anstieg der weltweiten CO₂-Emissionen um ca. 50% in nächsten 30 Jahren)
- Verzögerter Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre gegenüber Zunahme der CO₂-Emission wegen langer **Verweilzeit**
- Verzögerung der Klimaentwicklung durch **Wärmeaustausch** zwischen Atmosphäre und Ozean

Atmospheric CO2 concentration

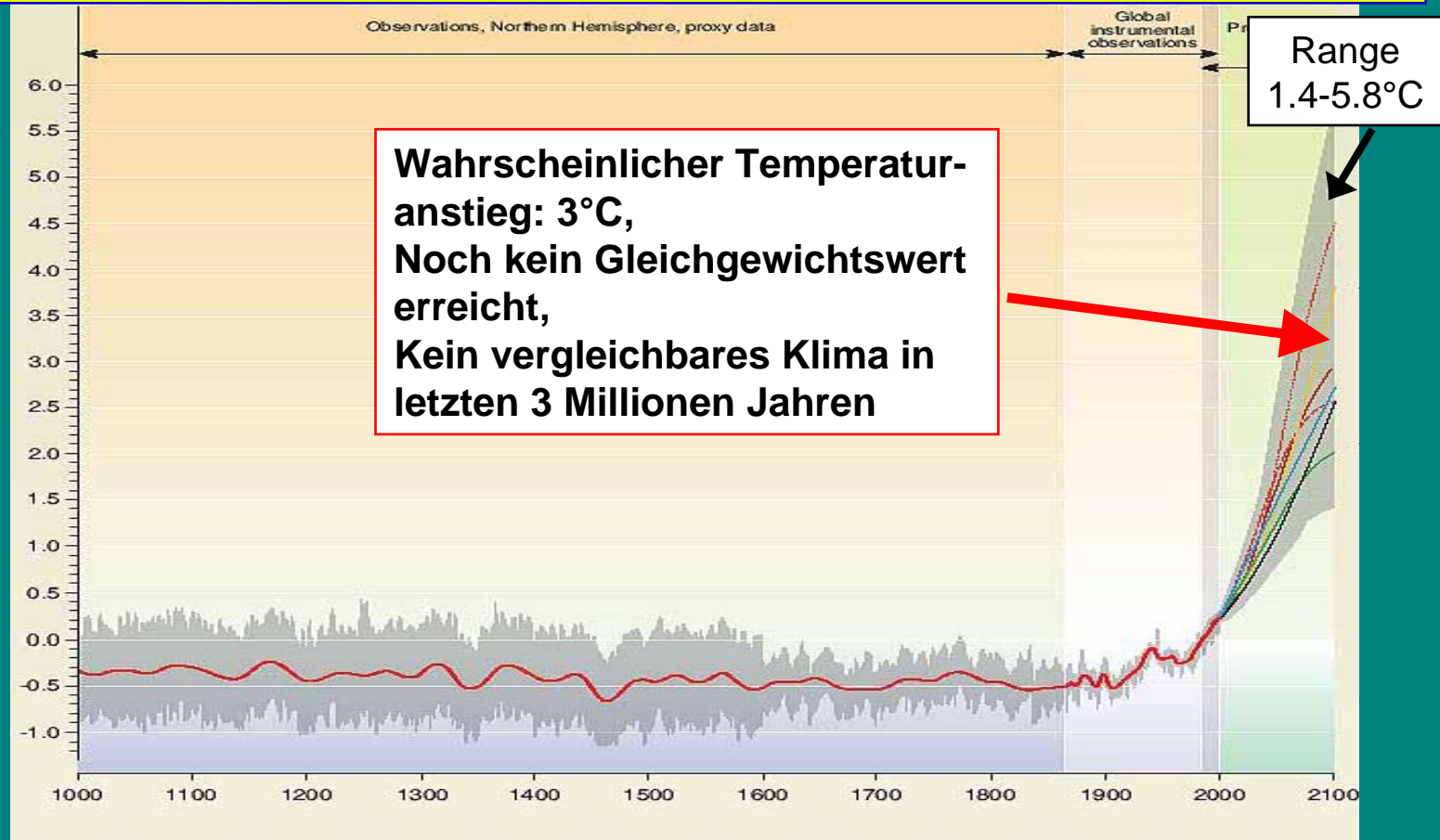


Erhard et al, 2005

Temperaturentwicklung: Vergangenheit und Zukunft



**Neueste
Abschätzung:
ca. 5°C
Jones et al. 2003**



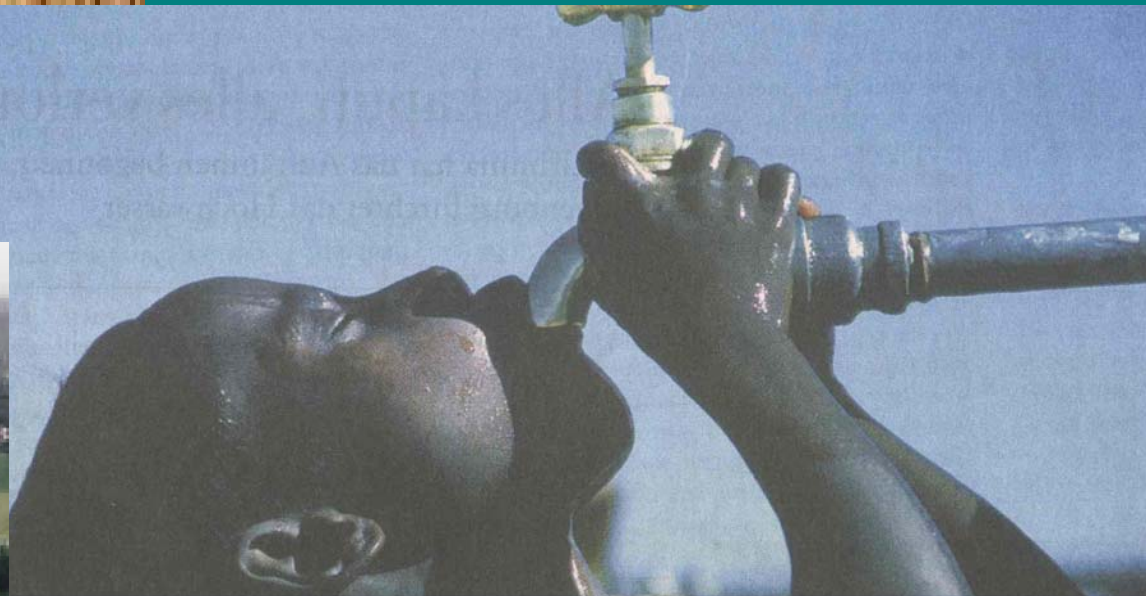
IPCC 1999

Unsicherheiten der Klimavorhersage

- Zunahme der **anthropogenen Emissionen** der wichtigsten Treibhausgase (ibs. über lange Zeiträume) und Wirkung der **Aerosole**
- **Rückkopplung** zwischen Klimaänderung und der terrestrischen Vegetation (Veränderung der natürlichen Quellen und Senken)
- Änderung der **CO₂-Aufnahme durch den Ozean** (u.a. Coral Bleaching, Anstieg des Meeresspiegels)
- Änderungen des **Golfstroms** durch Änderungen der Niederschläge und Zuflüsse von Kontinenten
- Änderungen der **Wolken** (Typ, Masse, Ausbreitung) und Auswirkung auf Strahlungshaushalt

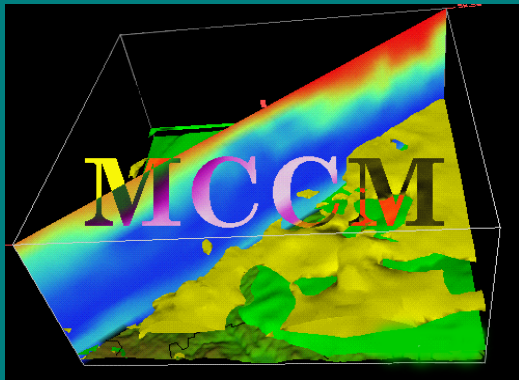


Größte globale Herausforderung: Wasserverfügbarkeit

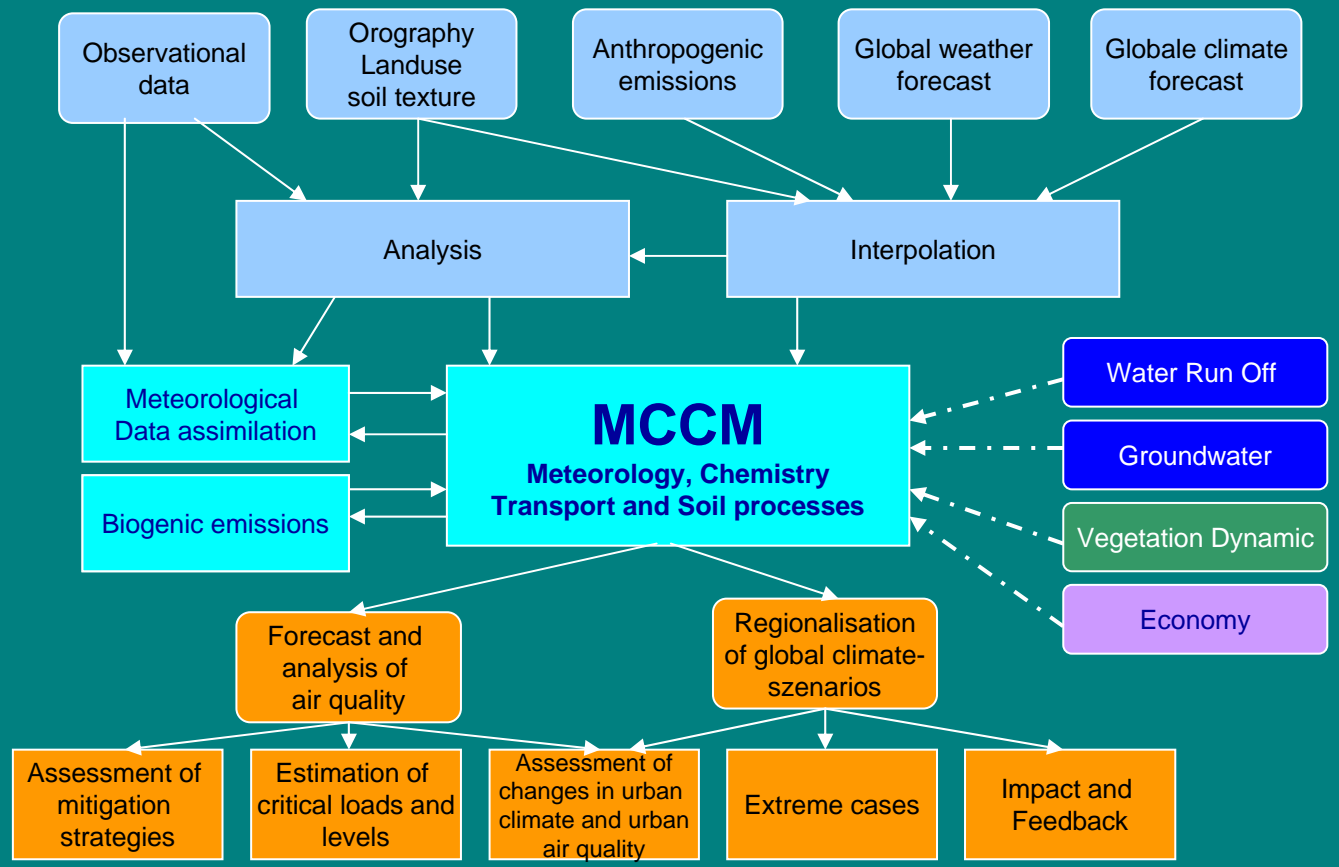


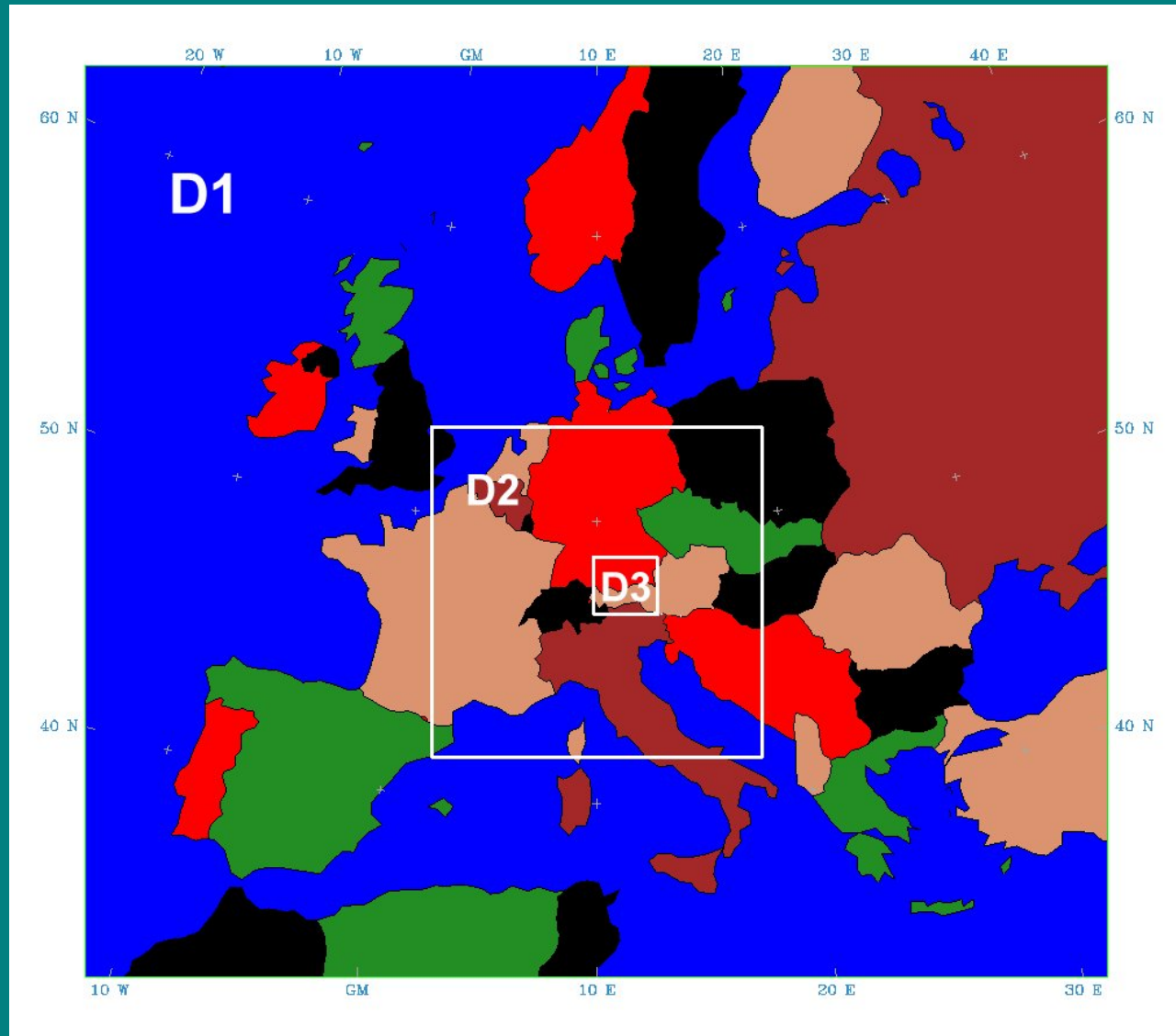
- **Verlierer und Gewinner**
- **Kriege um die Wasserressourcen**
- **Jahrhundert der modernen Völkerwanderung**

Nicht-hydrostatisches multiskaliges regionales Klimamodel (MCCM)



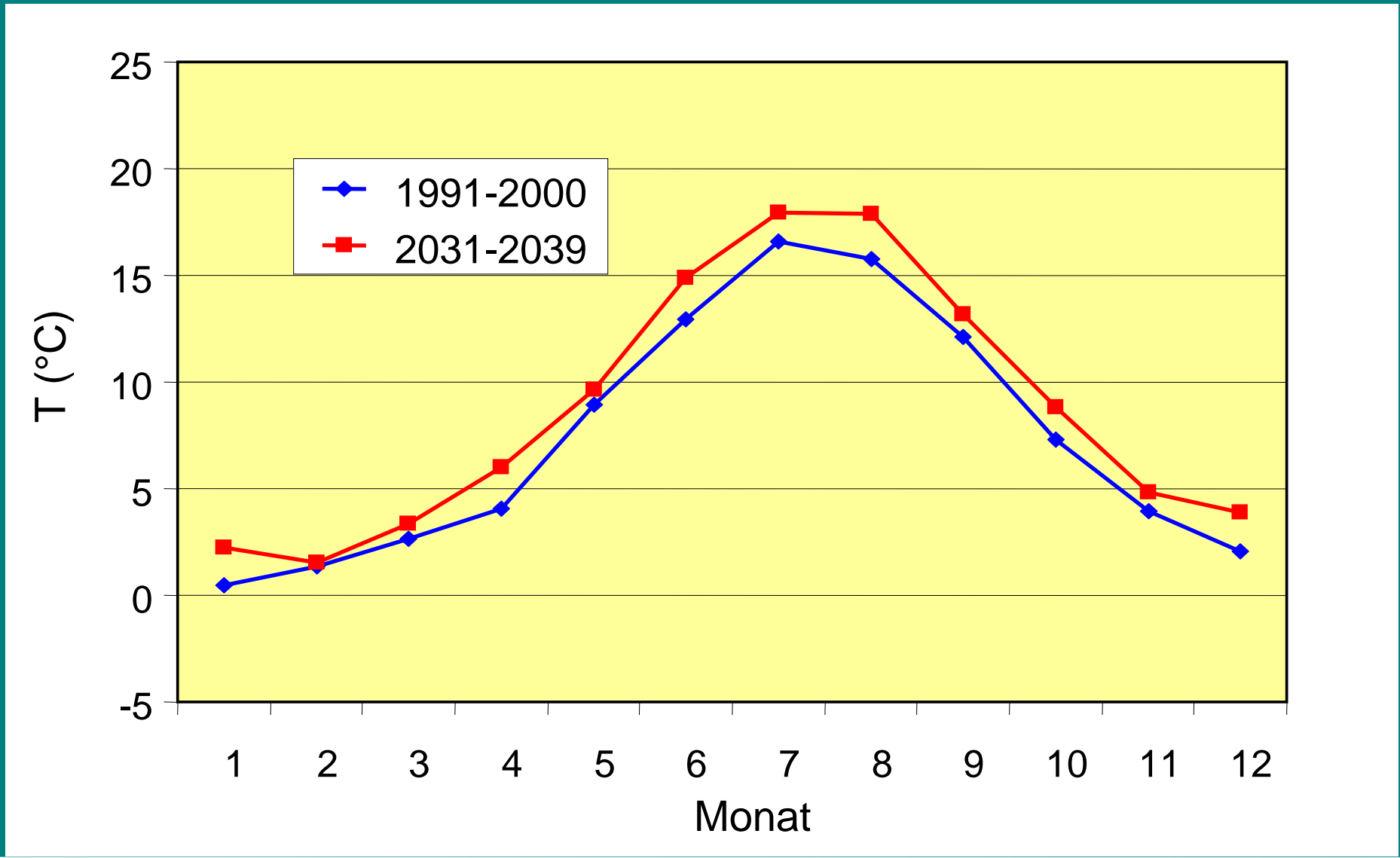
Hohe räumliche und zeitliche Auflösung:
1x1km², 1 h



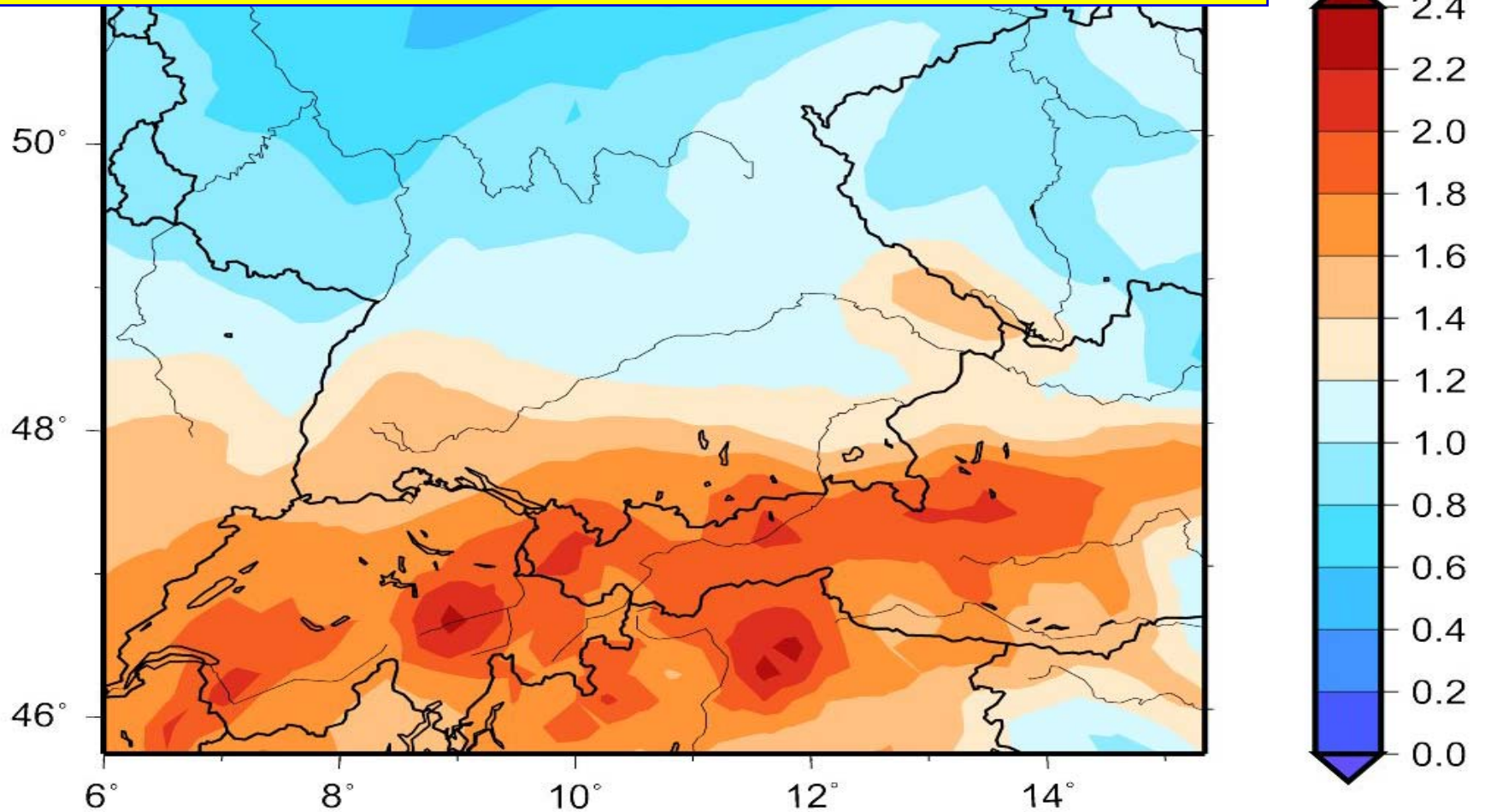


Die globale Klimaprognose bis 2040 (ECHAM4 - A1- Szenario)

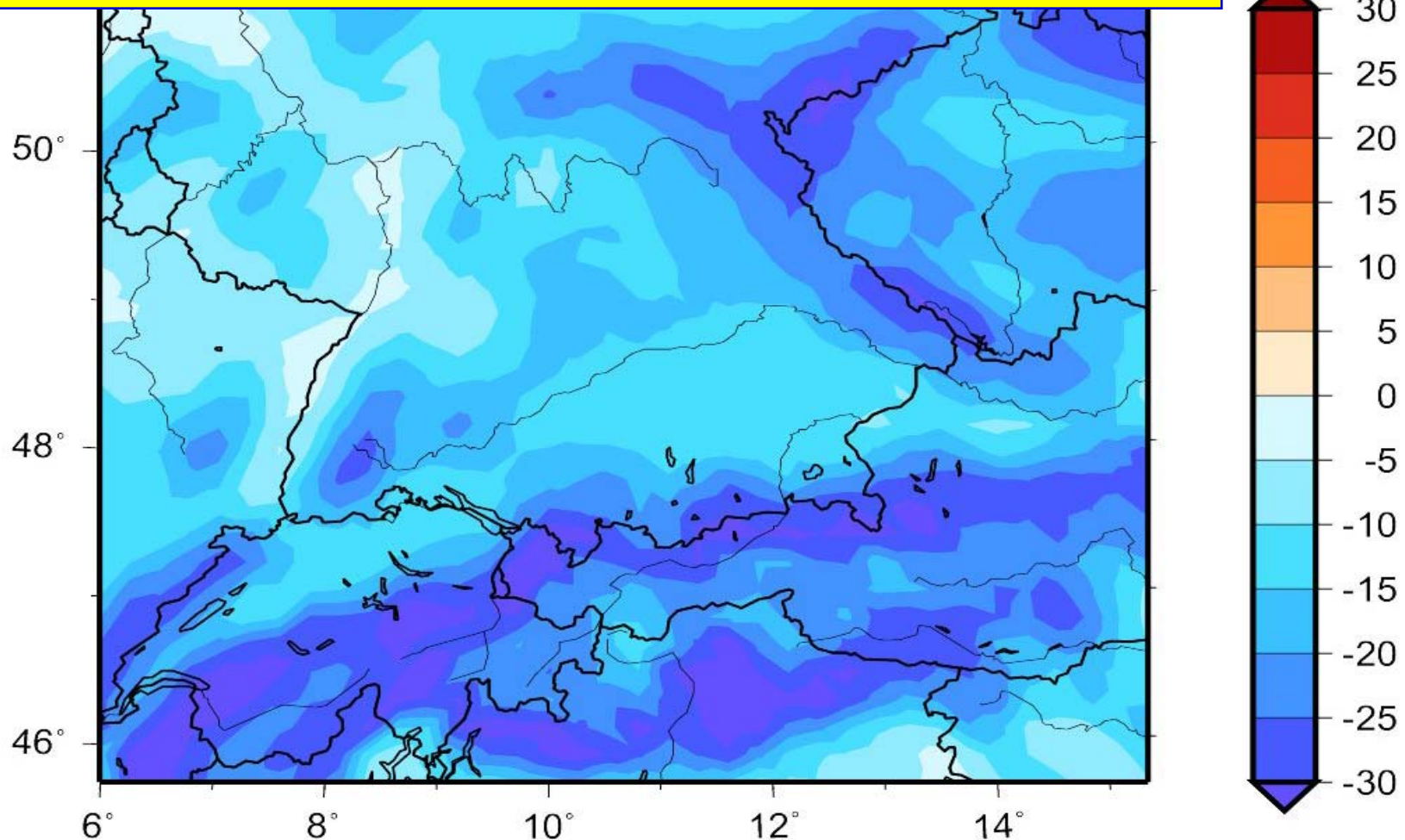
- Weitere Zunahme der globalen **CO₂-Emissionen** um ca. 50%
- Anstieg der mittleren globalen **Temperatur** um ca. 1°C
- Zunahme der globalen **Niederschlagsmengen** um bis zu 10% (mit starken **regionalen Abweichungen**)



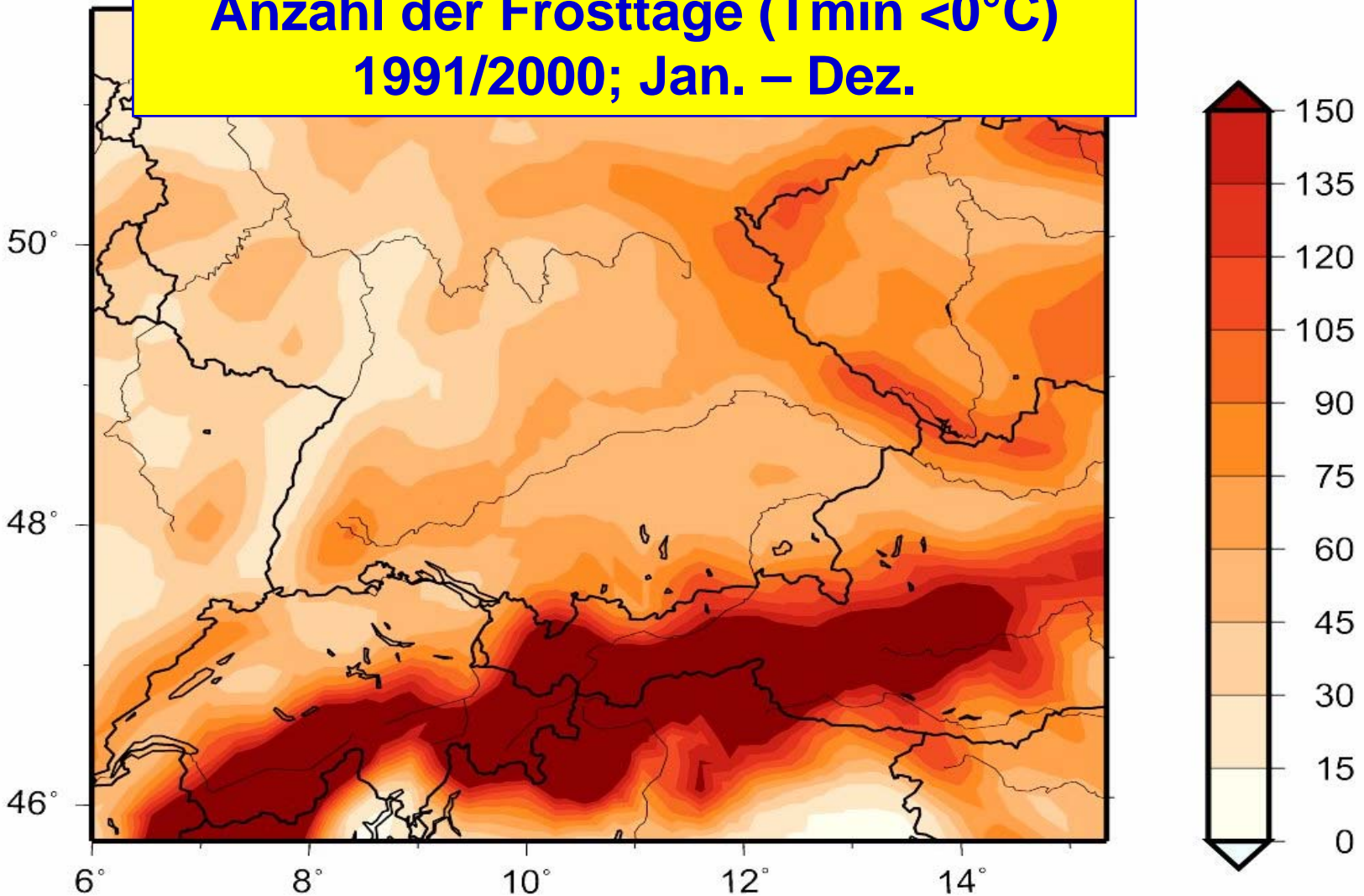
Änderung der Wintertemperatur (Dez. – Febr.) (2030/1990)



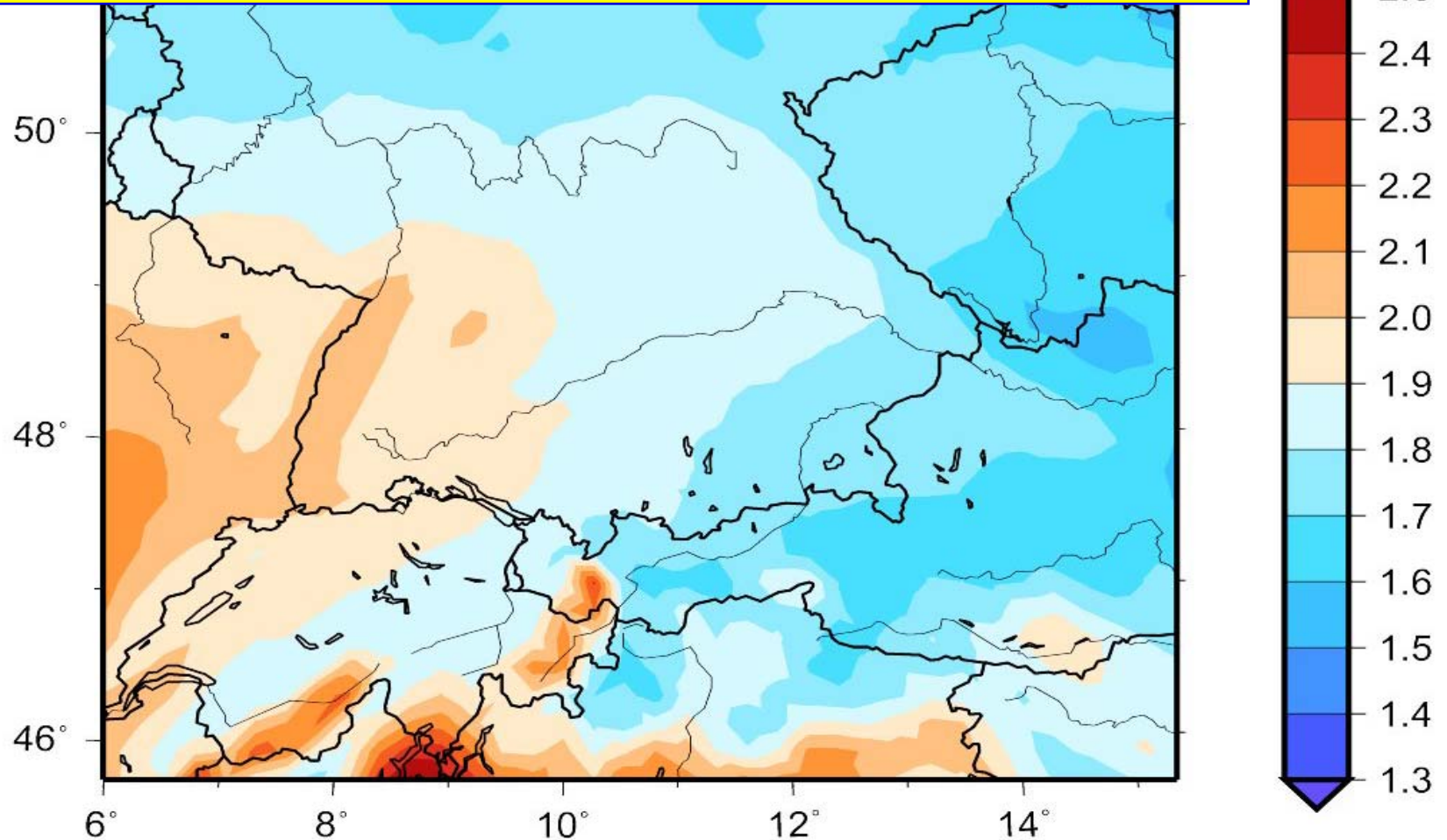
Änderung der Anzahl der Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) 2030/1990; Jan. – Dez.



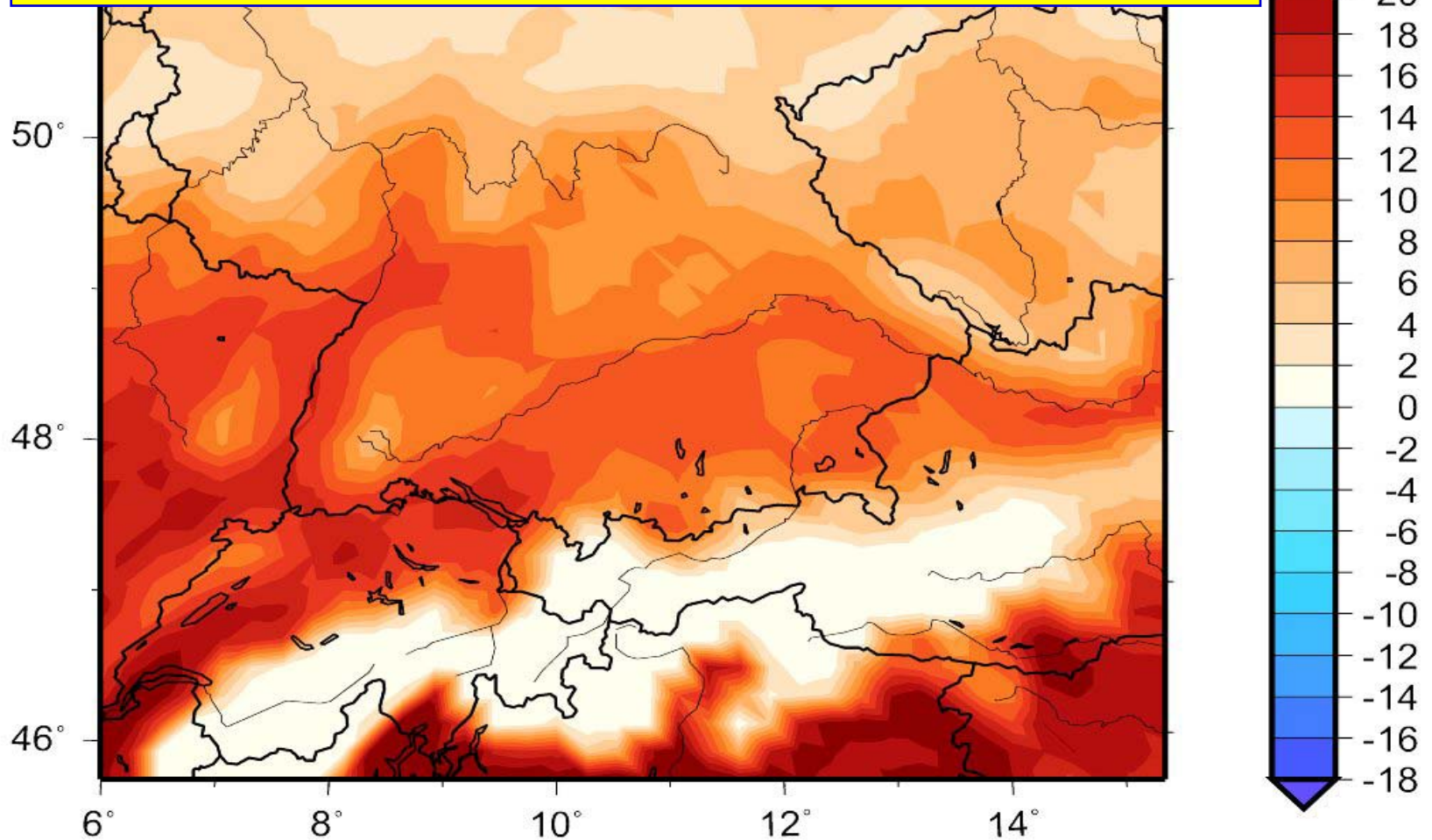
**Anzahl der Frosttage ($T_{min} < 0^{\circ}C$)
1991/2000; Jan. – Dez.**



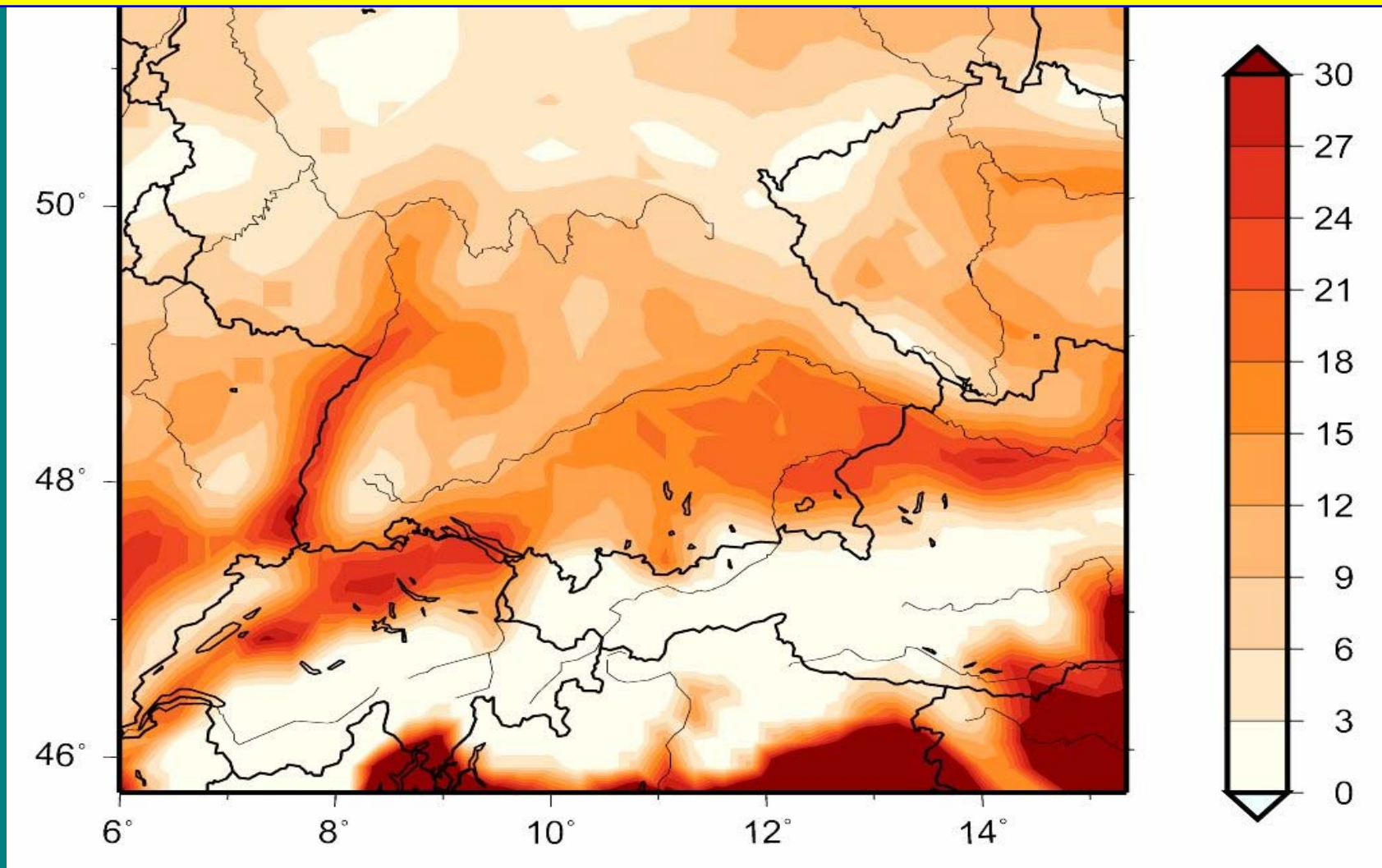
Änderung der Sommertemperatur (Juni – Aug.) (2030/1990)



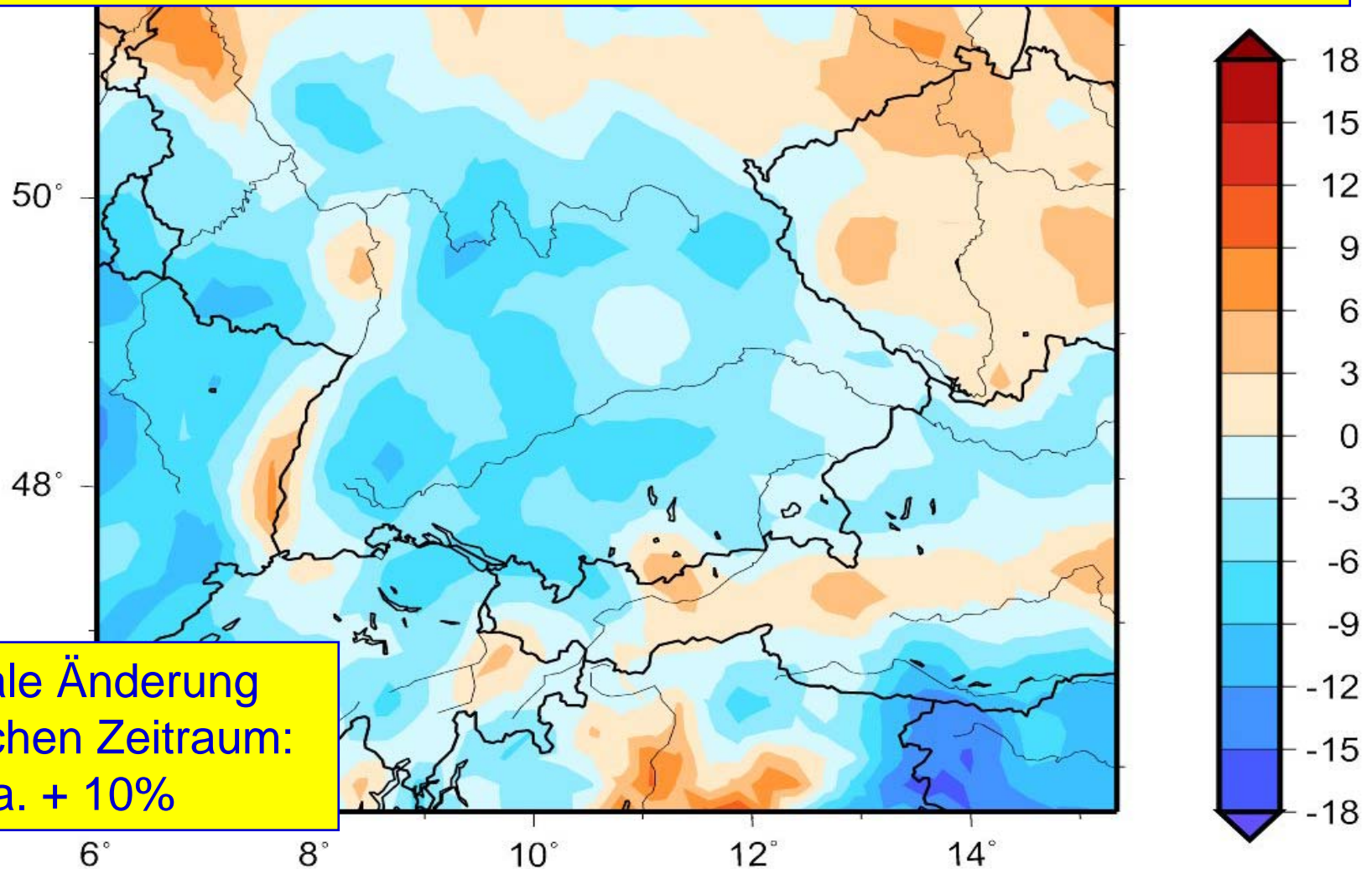
**Änderung der Anzahl der Sommertage ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$)
2030/1990; Jan. – Dez.**



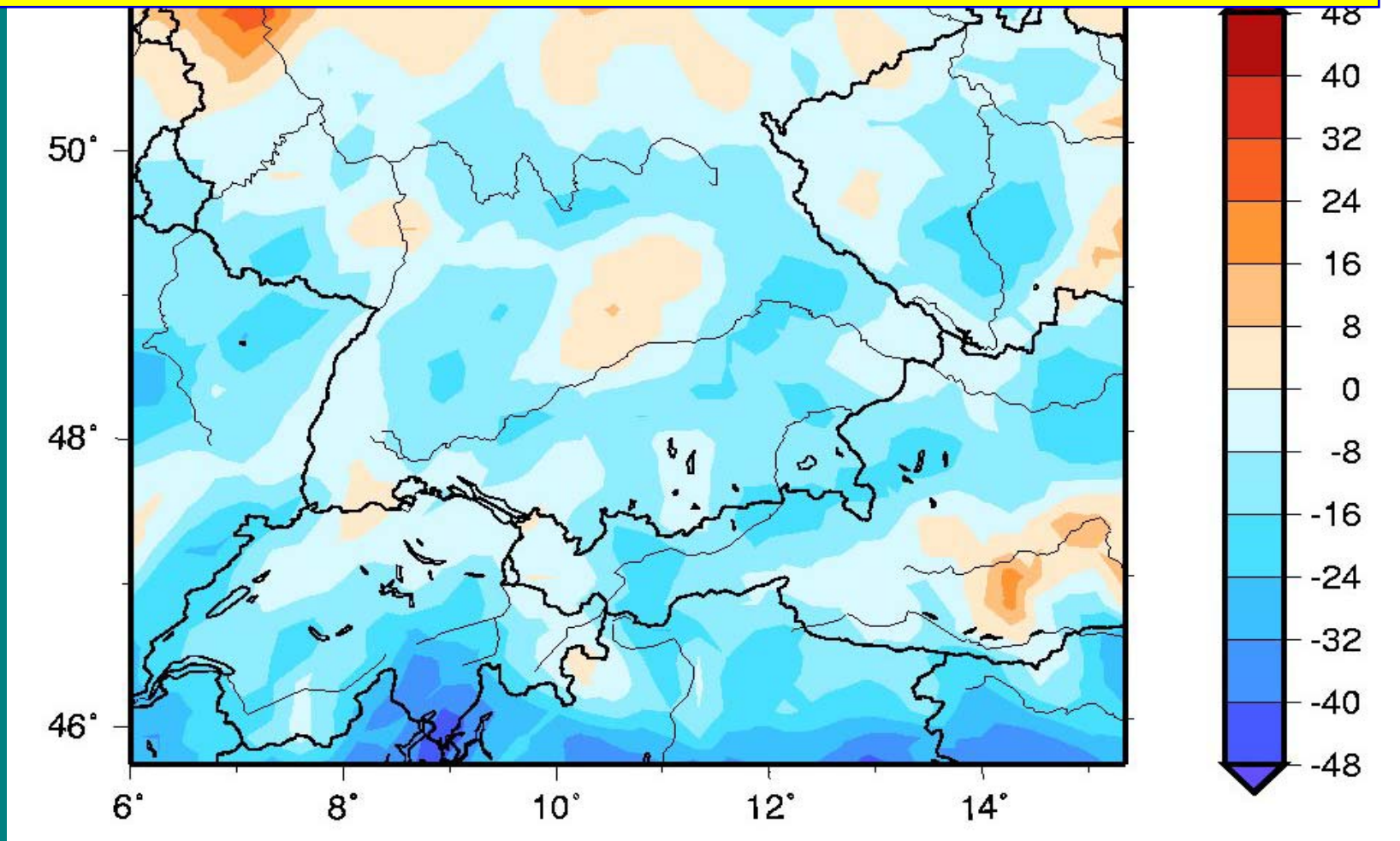
Anzahl der Sommertage ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) (1991/2000; Jan. – Dez.)



Änderung der jährlichen Niederschlagswerte in % (2030/1990)



Änderung der sommerlichen Niederschläge in % (Juni - Aug.) (2030/1990)



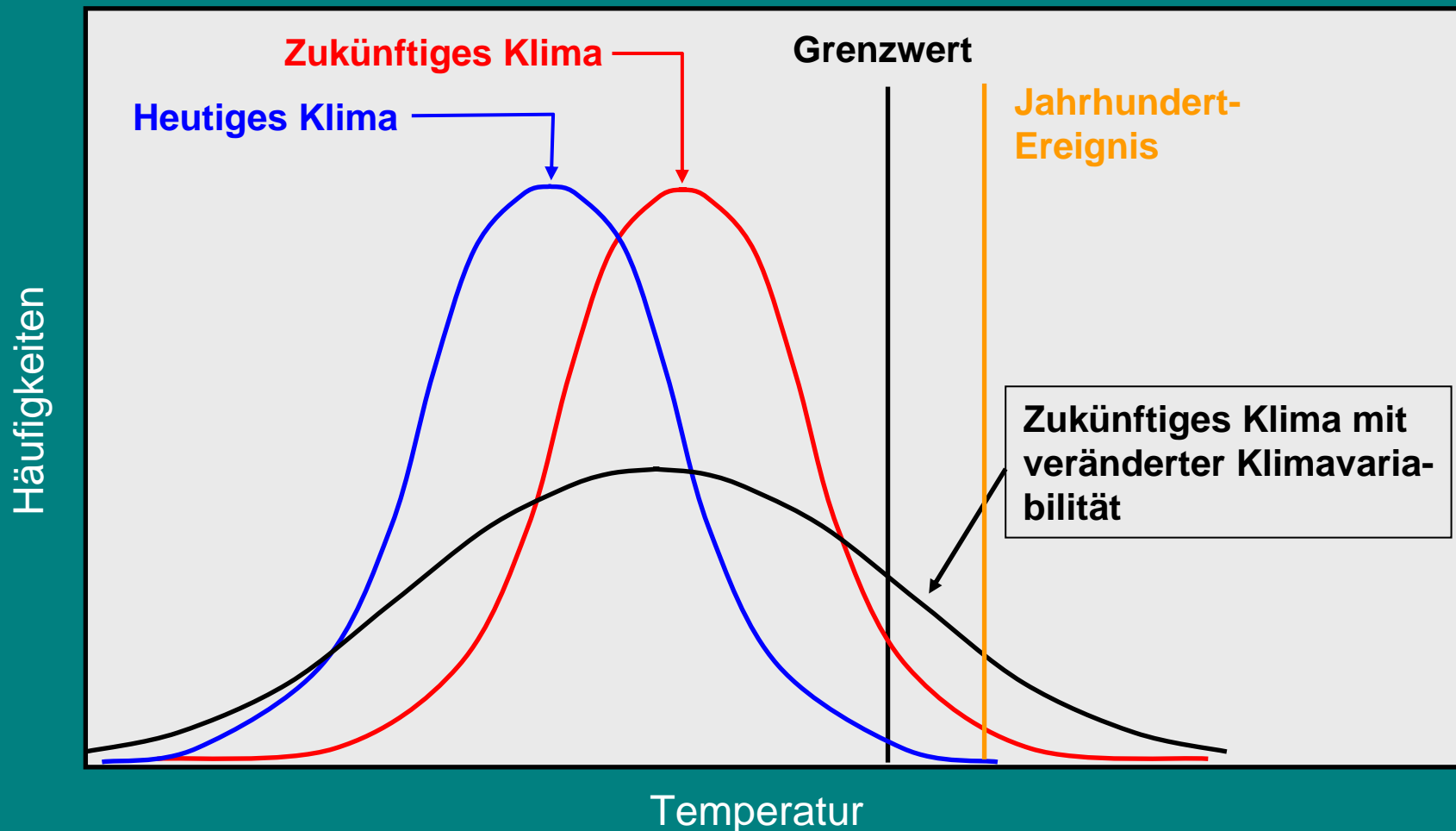
Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland

- Änderung der naturnahen und **land- bzw. forstwirtschaftlich genutzten Ökosysteme** (u. a. durch Dürren, Waldbrände, Schädlinge)
- **Abnehmende Wasserverfügbarkeit** und **Grundwasserneubildung** (Trinkwasserversorgung, Wasserkraft, Kraftwerke, Landwirtschaft)
- **Ansteigende Schadenssummen** durch Sturmereignisse (Windbruch, Ernteeinbußen, Gebäudeschäden und Gesundheit)
- Zunehmende **Hochwassersituationen** (kleine Fließgewässer, Wohngebiete) durch Intensivierung der Niederschlagsereignisse und Wechsel von Schnee in Regen
- **Gesundheitliche Folgen** durch hohe Temperaturen und Ausbreitung von Krankheiten bzw. Krankheitserregern
- Rückgang der Tage mit Schneefall (**Wintersport**)

Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland



Drastische Zunahme der Extremwertereignisse bei sich änderndem Klima





Die zu erwartenden volkswirtschaftlichen Schäden, aber auch die Verantwortung gegenüber den nachkommenden Generationen machen **umfangreiche und schnelle Klimaschutzmaßnahmen** dringend erforderlich!



Erforderliche Maßnahmen

- Verringerung bis zum Jahr 2100 relativ zum Bezugsjahr 1990:
Global: - 50%; **Industrieländer: - 80%**
- Keine Utopie: alle technischen Voraussetzungen vorhanden, aber es fehlen der **Leidensdruck** und **politische Wille**
- **Große umweltpolitische Erfolge** erzielt bei „Sauerem Regen“, FZKW, Abwasser und Abfall (und bei CO₂-Emissionen?)
- **Kein „Königsweg“**, sondern Bündel von Maßnahmen notwendig (aufeinander abgestimmt, sozial verträglich und laufend auf dem Prüfstand)
- **Ordnungspolitische Rahmenbedingungen** müssen stimmen
- **Sanktionen** bei Nichteinhaltung des Kyoto-Protokolls zu erwarten

Möglichkeiten der CO₂-Emissionsminderung

Energieeinsparung durch Steigerung der Effizienz

- Persönliches Verhalten (Verkehr, Haushalt, Arbeitsplatz...)
- Kaufverhalten (Fahrzeug, Haushaltsgeräte, Regionalprodukte...)
- Technische Maßnahmen (Isolation, Kraft-Wärme-Kopplung, Steigerung der Effizienz, Lüftung...)

Substitution / Austausch von CO₂-emittierenden Prozessen

- Austausch von Kohle und Erdöl durch Erdgas
- Einsatz CO₂-freier Energie (erneuerbare Energie, Kernenergie)
- Entwicklung und Einsatz neuer CO₂-freier Technologien (Wasserstofftechnologie, Fusionsenergie...)

Ordnungspolitische Rahmenbedingungen

- Änderung der Raumordnung, des Mietrechts, der Kraftfahrzeugsteuer, Wärmeschutzverordnung, Honorarverordnung für Architekten und Ingenieure...
- Aufkommensneutrale Lenkungsabgabe, Internalisierung der Kosten, CO₂-Zertifikate...

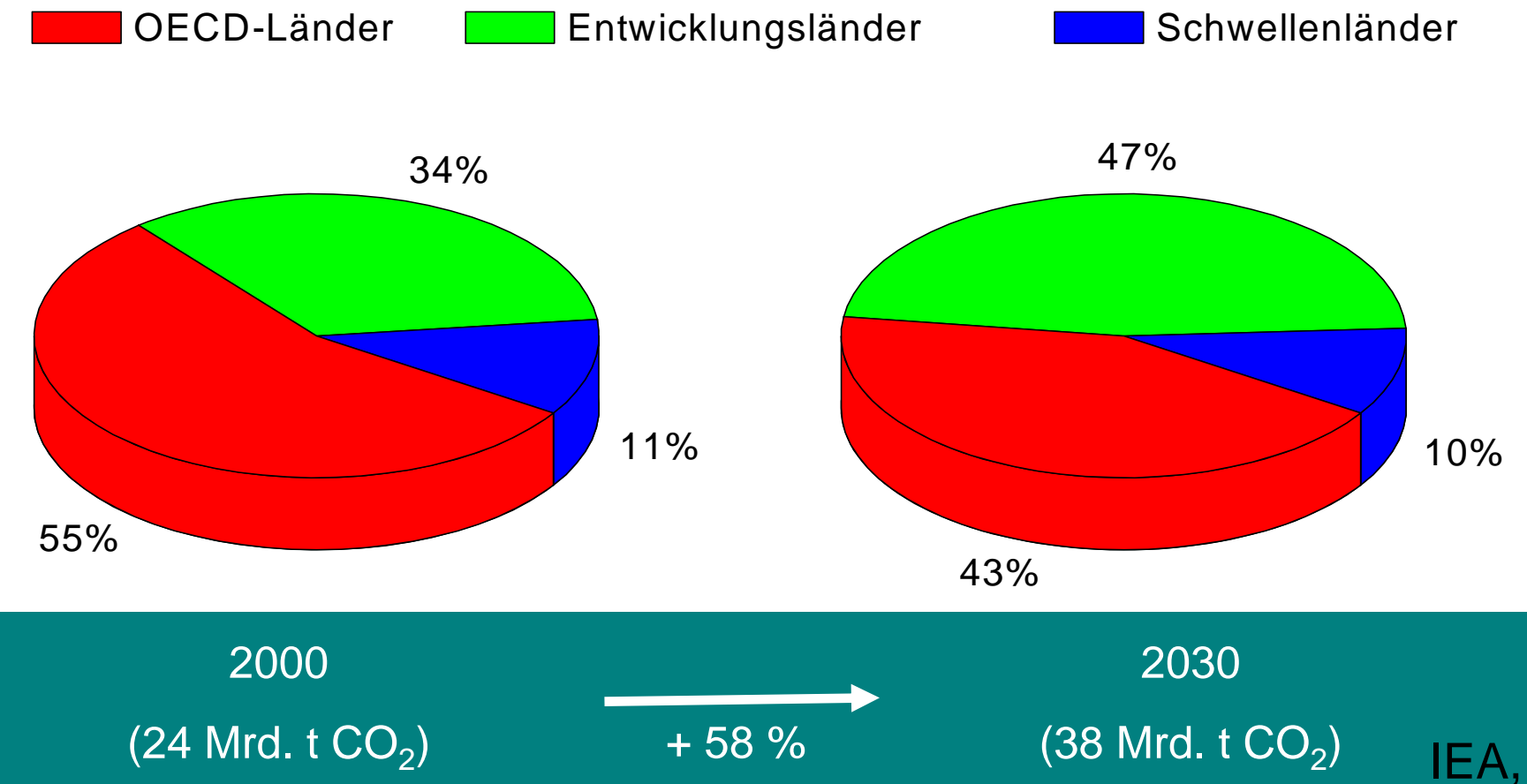
Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien zwingend erforderlich

- **Hochwasserschutz** (Dämme, Retentionsflächen, Renaturierung der Flussläufe)
- Sicherung der Wasserverfügbarkeit im Sommer durch Bau von **Stauseen** und durch **effizientere Nutzung** des Wassers
- **Waldumbau** (Naturverjüngung, Wechsel von Fichte auf Laubgehölze) und Erhöhung der **Speicherkapazität**
- Anpassung der **Entwässerungssysteme** in Städten

Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien erfordern Zeithorizonte von bis zu 30 Jahren, also vorausschauende Politik



Unterstützung der Länder der Dritten Welt



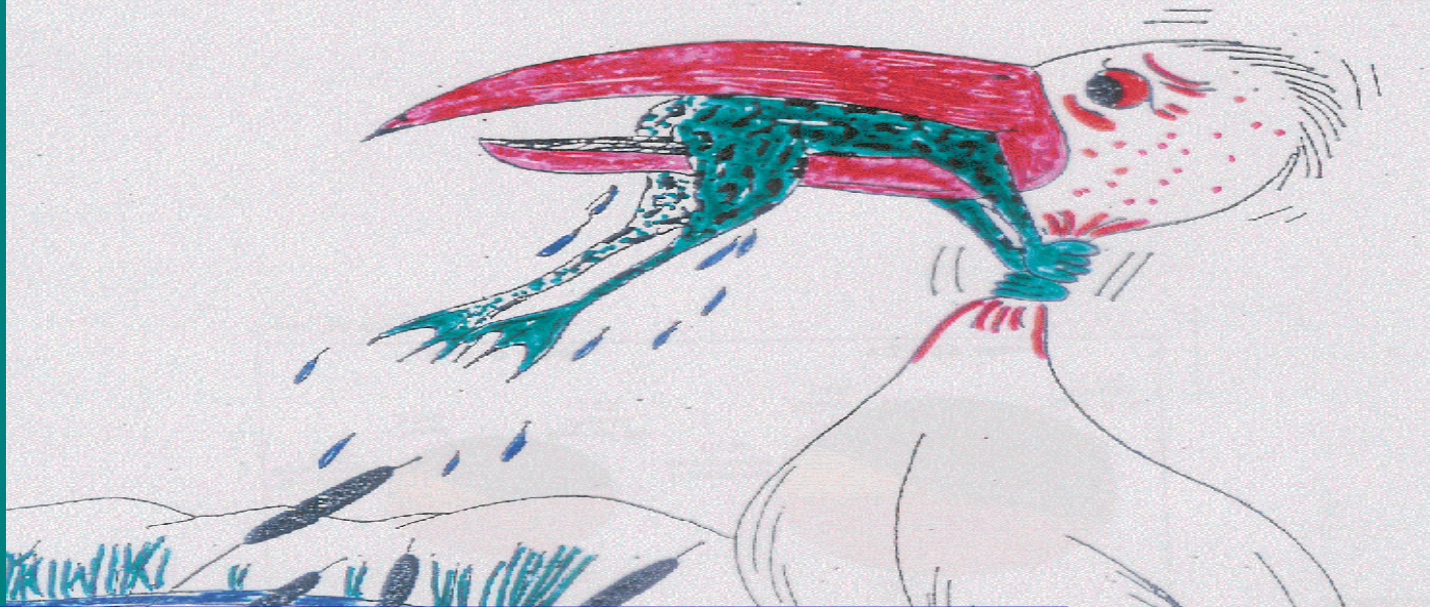
IEA, 2002



Jeder von uns ist gefordert: Denke global, handel lokal

(Quelle:
Nebelspalter 27/1989)

**Gebe niemals auf! Wir
haben noch alle Chancen!**



**Klimaschutz ist eine Herausforderung,
aber auch eine Chance für die Wirtschaft
und für die Sicherung von Arbeitsplätzen!**