



Globaler Klimawandel Regionale Klimaprojektionen

**Dipl.-Met. Wilfried Küchler
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie**

Globaler Klimawandel

Regionale Klimaprojektionen

- **Heißestes Thema der Gegenwart**
- **Trends und neuartige Extremereignisse**
- **Problem positive Rückkopplung**
- **Globale und sächsische Klimaprojektionen**

Globaler Klimawandel



Wir stehen am Anfang eines neuen
Phänomens: Zum ersten Mal greift der
Mensch maßgeblich in das Klima ein.

Aktuelles:

Erfolgreicher EU-Gipfel Brüssel 8. März 2007

CO₂-Reduktion bis 2020:

20 % (Basis 1990)

Ausbau der Ern. Energien bis 2020:

von derzeit 6 % auf 20 %

-> *Pöttering (Präsident EU-Parlament)*
Vorschlag 30 % bzw. 25 %

***Wenn sich andere wichtige Staaten anschließen,
steuert EU 30 % CO₂-Reduktion an***

Wie viele Jahre haben wir verschlafen??

William K. Reilly, EPA-Chef, Washington Post, 1989:

„The atmosphere has a 30- to 50-year lag time.
Every year we delay reducing emissions
we're putting additional global warming
in the bank for our children and grandchildren“
It's not so much the profound changes that are alarming.
It is the speed at which they will unfold“

-> *Forderung der Umwelt- und Klimaexperten der USA:*

- (1) *Internationale Konvention zur Globalen Erwärmung*
- (2) *Reduzierung der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2000 gegenüber 1989 um 20%*

-> Reaktion von D. Allan Bromley*:

„The magnitude and effect of global warming
remains uncertain and major cuts in carbon-dioxide emissions
could do serious harm to the economy“

-> *Konvention wurde 1989 vom Weißen Haus abgelehnt*

* wiss. Berater des US-Präsidenten Bush (senior)



Wie kam es zu dem gegenwärtigen Bewusstseinswandel?

Weltweit Häufung außergewöhnlicher Extremereignisse

Wissenschaftliche Beweiskette (IPCC-Klimabericht)

**Sensibilisierung der breiten Öffentlichkeit für Problem Klimawandel
(Al Gore; Tim Flannery – Bücher, Film)**

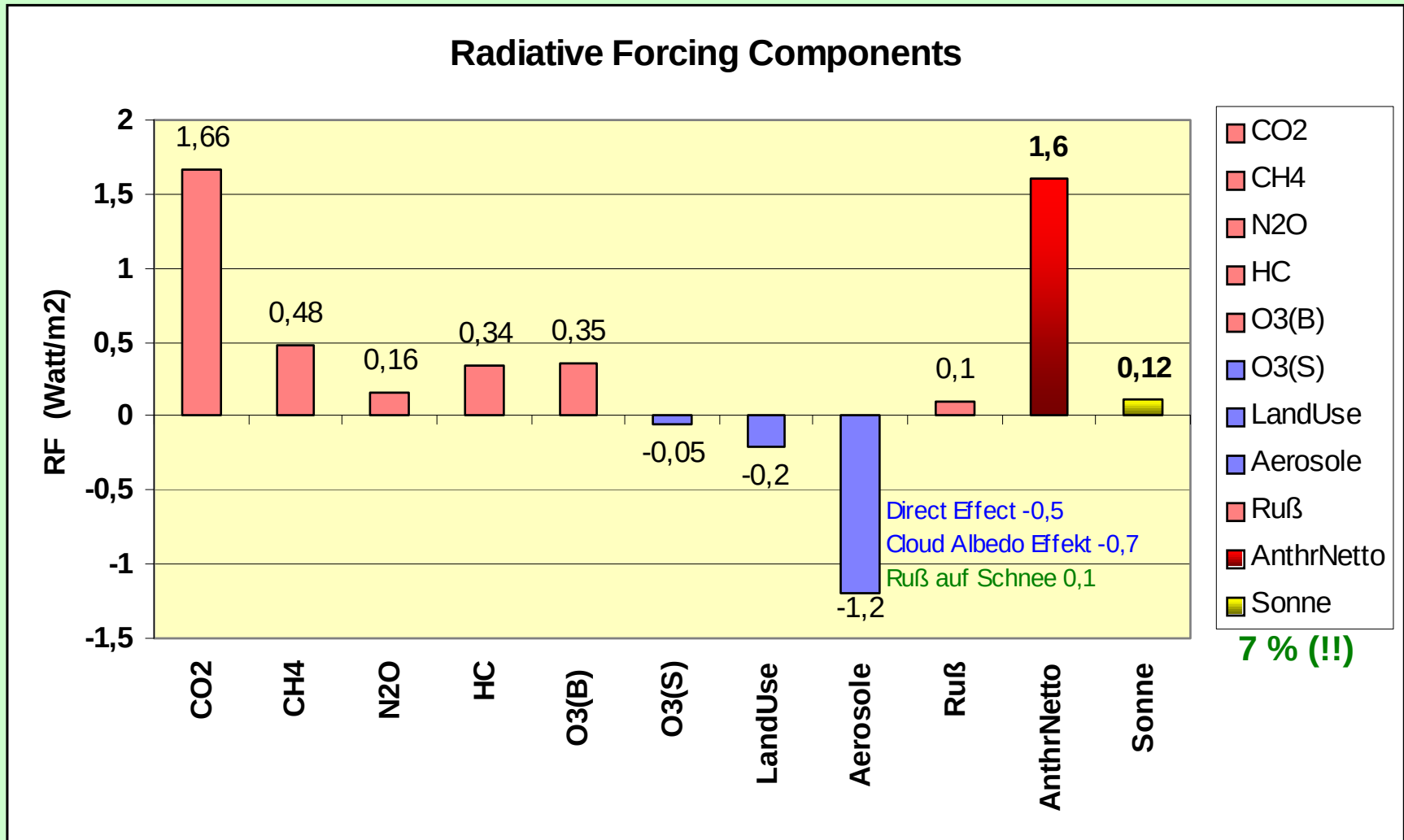
**„Stern-Report“ / Weltwirtschaftskrise ungeahnten Ausmaßes
(Sir Nicholas Stern - ehemaliger Chefökonom der Weltbank)**



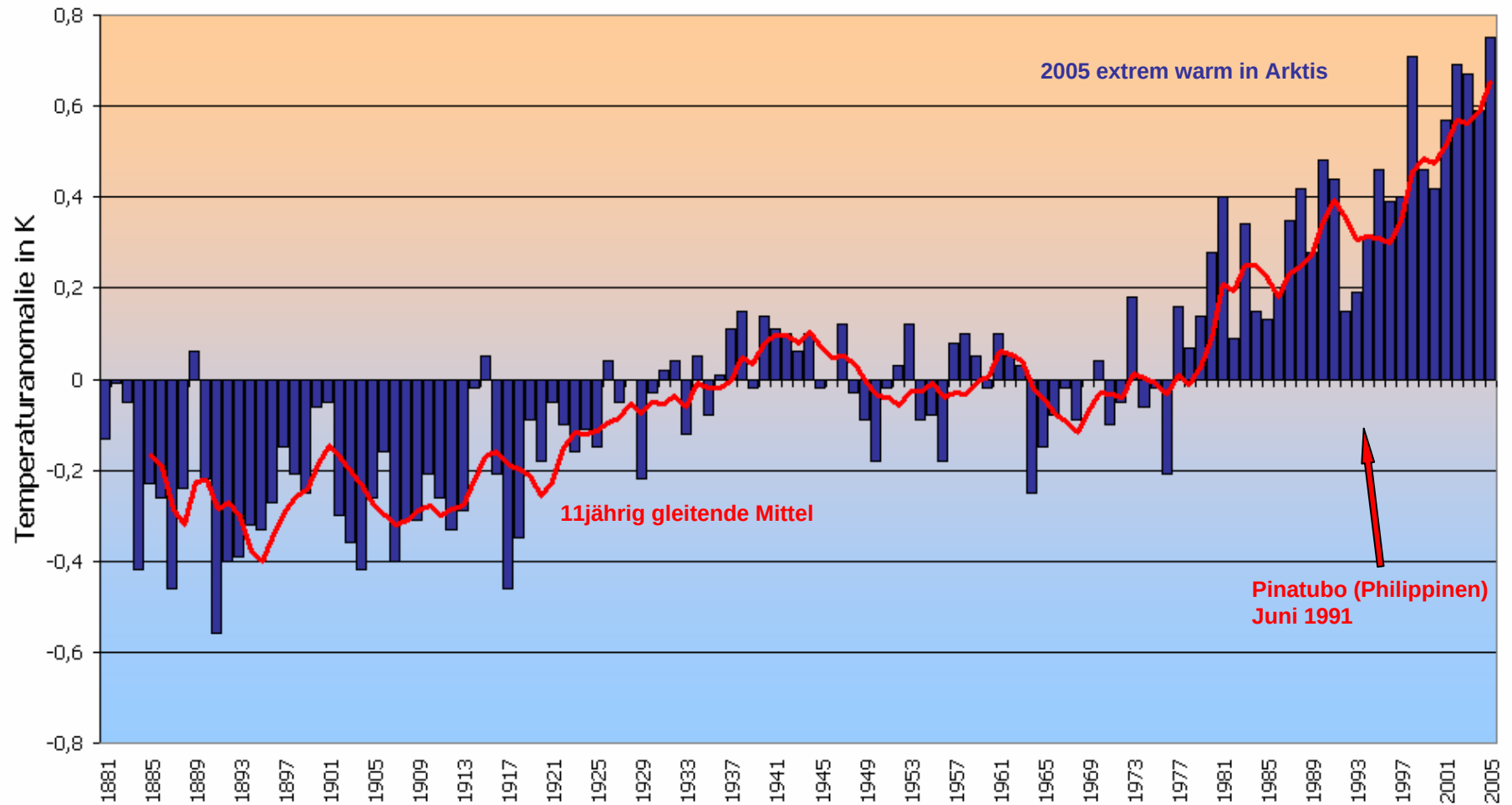
Globaler Klimawandel



Strahlungsantriebe nach IPCC



2005 war w  rmstes Jahr seit über einem Jahrhundert US-Raumfahrtorganisation NASA / Referenz 1951-80



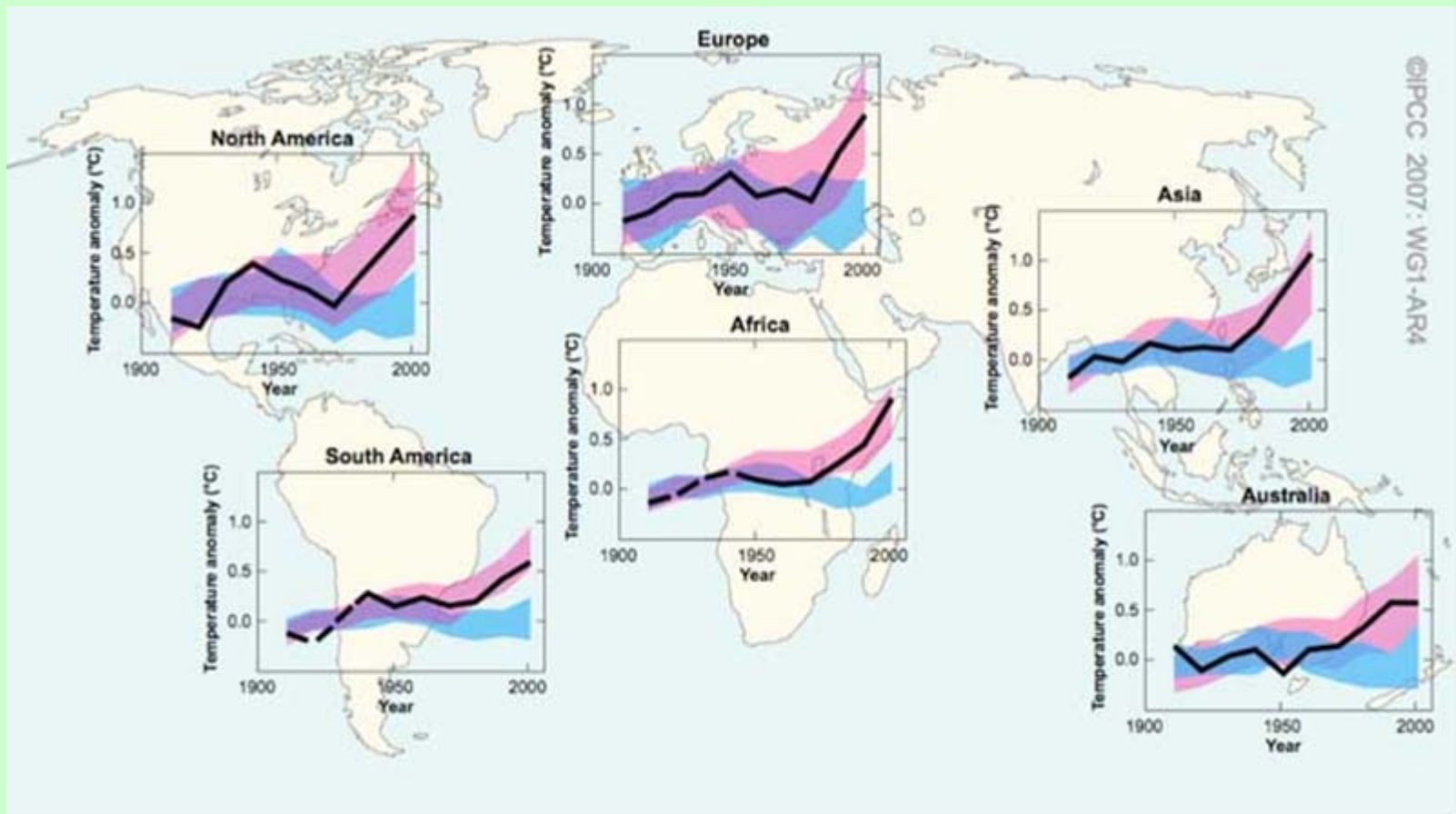
Pinatubo-Ausbruch (Philippinen) am 12. Juni 1991



Temperatortrend 1906-2005

Abweichung gegenüber 1901-1950 (schwarz)

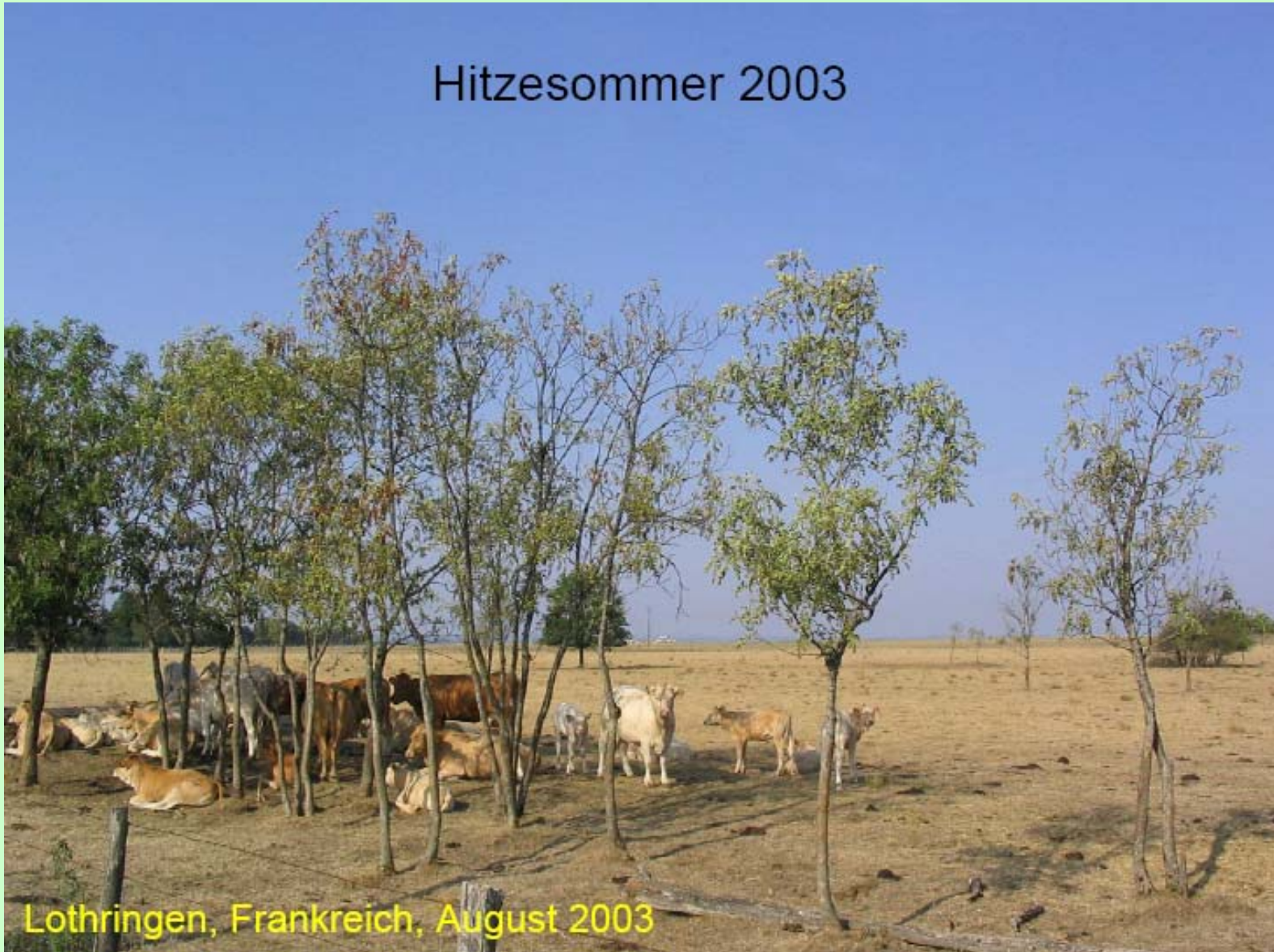
Projektion unter Einbeziehung natürlicher Faktoren (blau)
sowie natürlicher und anthropogener Faktoren (rot)



Extremereignisse

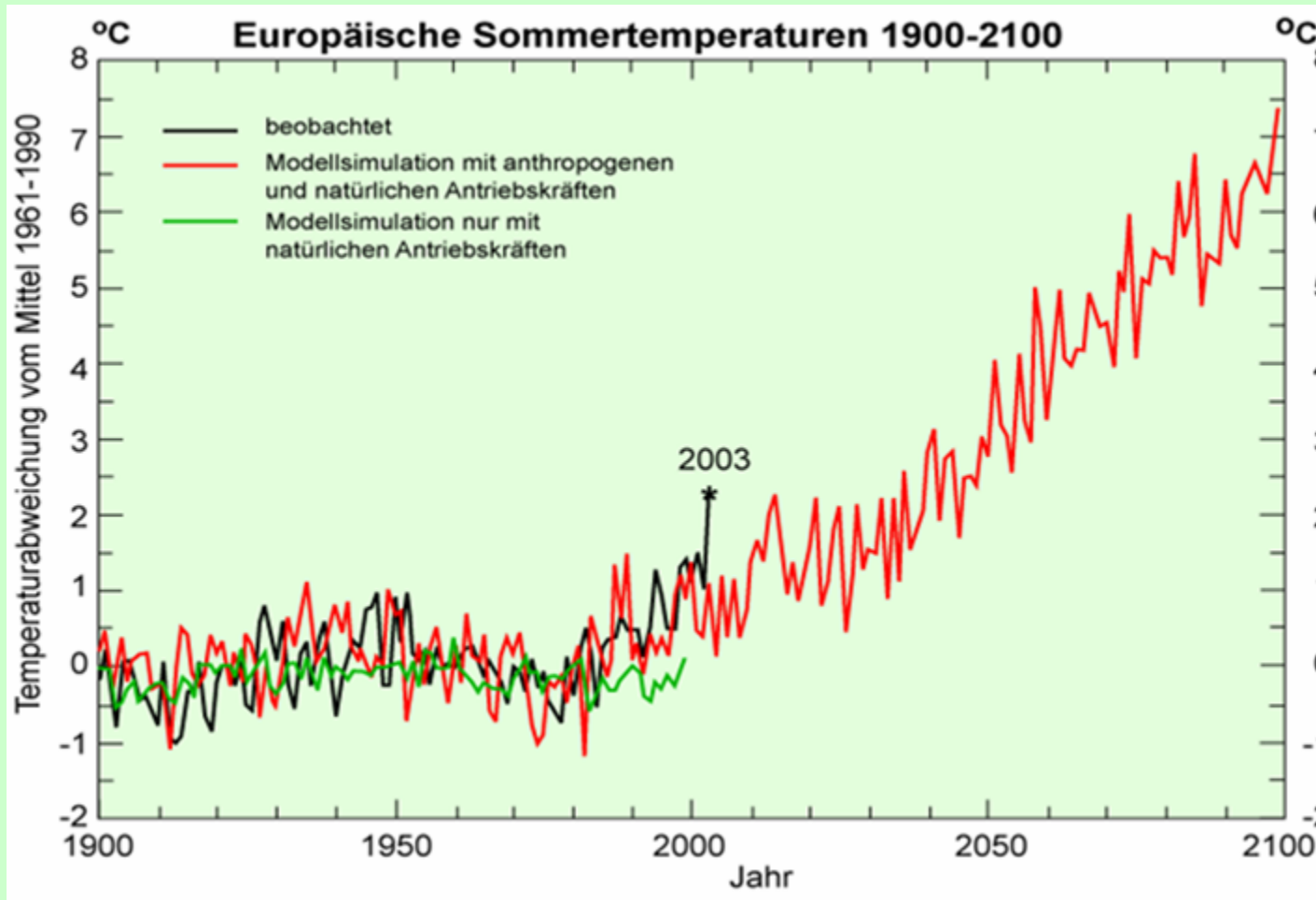


Hitzesommer 2003



Lothringen, Frankreich, August 2003

Abweichung der Sommertemperaturen (Juni-August) in Mittel- und Südeuropa 1900-2100 vom Mittel der Jahre 1961-1990.



Stott, P.A., D.A. Stone, and M.R. Allen (2004): Human contribution to the European heatwave of 2003, *Nature* 432, 610-614

Rekord-Hitze in Sachsen und regional Rekord-Dürre - vor allem in Ostsachsen - im Juli 2006

Der Juli 2006 war der heißeste Monat in Deutschland seit Beginn der Temperaturmessungen

In Berlin z.B. lagen die Temperaturen um 6,1 Grad Celsius höher als im Durchschnitt. In Folge der großen Dürre trockneten Bäche und einige Flüsse in Brandenburg und in Sachsen aus. Es folgte schließlich der wärmste Herbst seit Beginn der Aufzeichnungen. Die Temperaturen lagen um drei bis vier Grad Celsius über dem Durchschnitt.

In Ostsachsen (hier Görlitz) war der Juli 2006 der bislang bei weitem trockenste seit etwa 150 Jahren

Der bis 2006 gültige Minimalwert aus dem Jahre 1928 (18,0 mm) wurde erheblich unterschritten (7,0mm). Der Durchschnittswert 1858-2003 liegt übrigens bei 87,2 mm. Noch bedeutender war die Hitze. Flächendeckend lassen sich für Sachsen neue Rekordwerte seit etwa 100 Jahren (länger reichen die meisten Reihen nicht zurück) feststellen:

Beispiel Dresden -> Mittelwert Lufttemperatur Juli 2006: 23,5°C (Abweichung + 5,6 Grad Celsius !!)

Rekord-Herbst 2006 und Rekord-Winter 2006/07 in Mitteleuropa

Der Herbst 2006 brach in Europa alle Rekorde seit Beginn der Temperaturmessungen.

Die Durchschnittstemperaturen lagen bis zu 5 K über den klimatologischen
Mittelwerte

GB: Messungen seit 1659

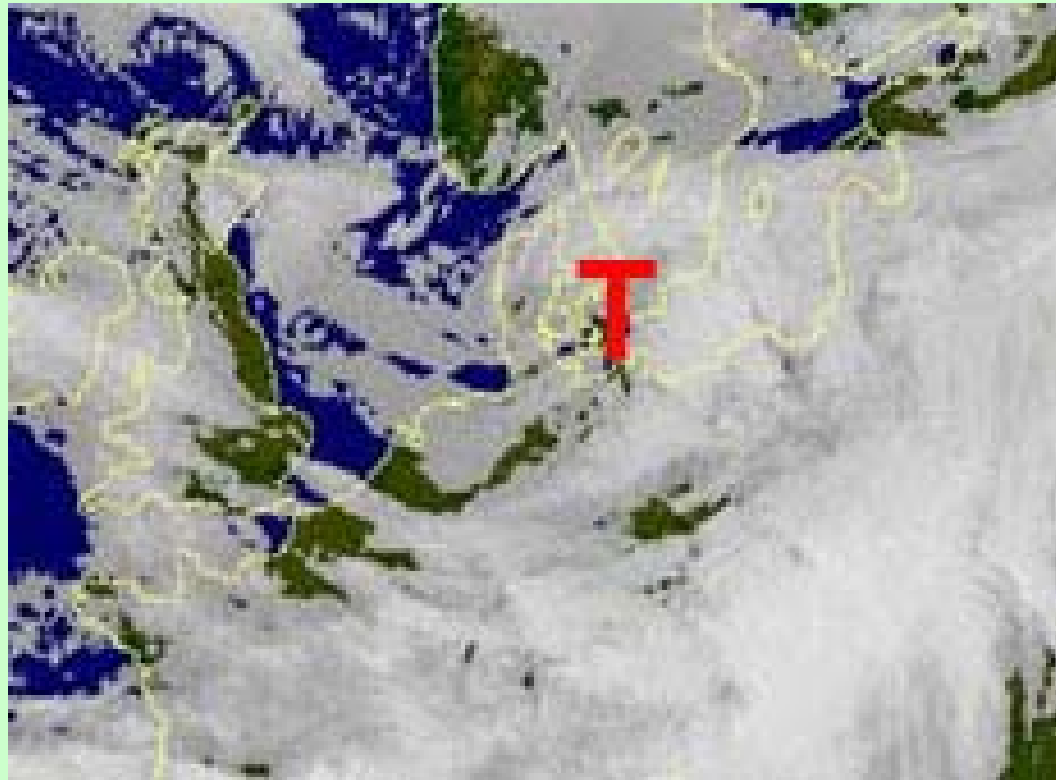
NL: Messungen seit 1706

Der Winter 2006/2007 war der wärmste seit Beginn der Temperaturmessungen

Die globale Erwärmung könnte Europa über bisher unbekannte Rückkopplungen im Klimasystem
einheizen. "Wäre die Wärme-Anomalie statt im Herbst im Sommer aufgetreten", heißt es in einer Mitteilung der
europäischen Wetterdienste, "hätte sie ähnliche Folgen gehabt wie der Katastrophen-Sommer 2003."
Damals starben letzten Schätzungen zufolge bis zu 50.000 Europäer.



Orkantief "Kyrill"



Orkantief "Kyrill" / Tornado in Wittenberg am 18.01.2006

Windgeschwindigkeiten bis zu 202 km/h



Quelle: Sävert

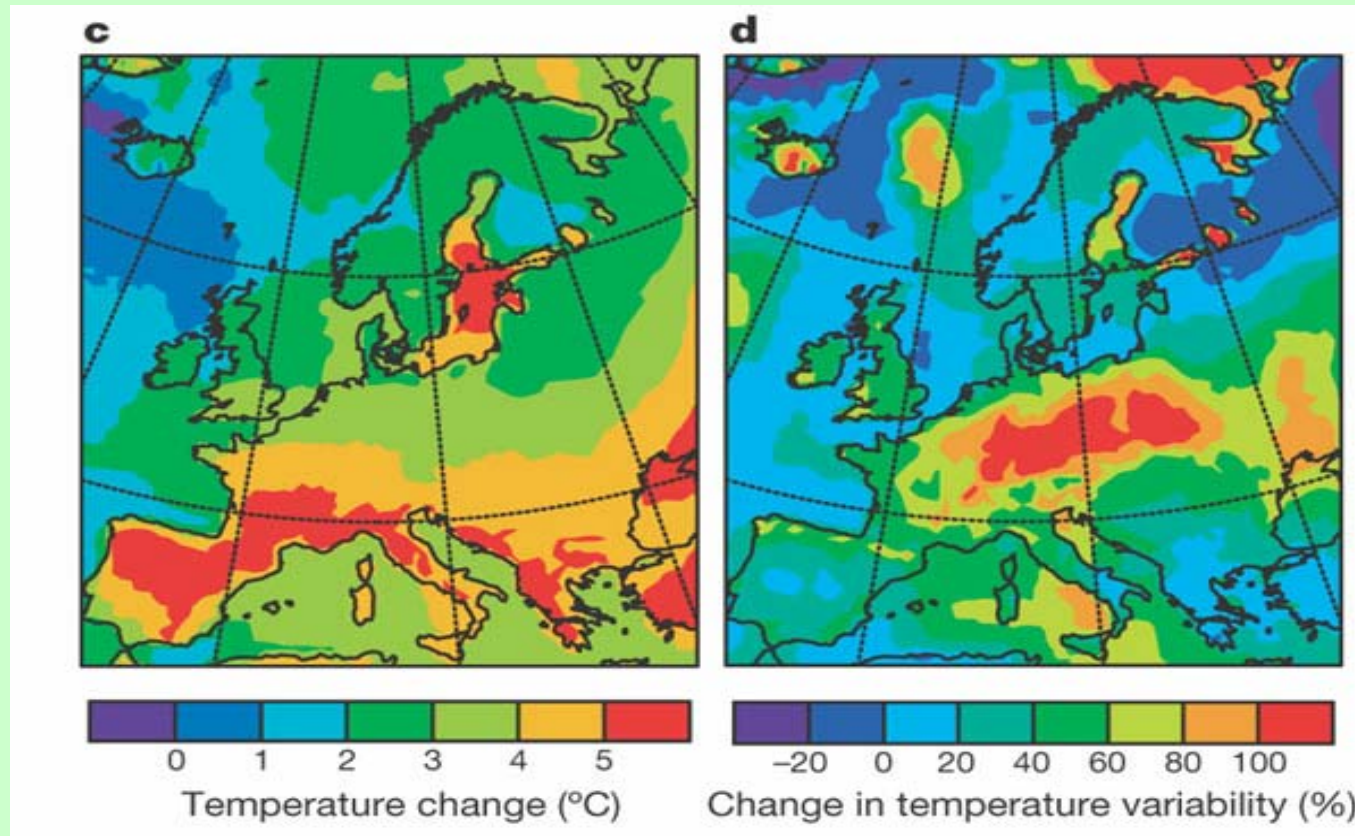
Orkanschäden in Kodersdorf am 18.01.2007



Quelle: LfUG



Resultate eines Regionalen Klimamodells Änderung bis 2071-2100 gegenüber 1961-1990

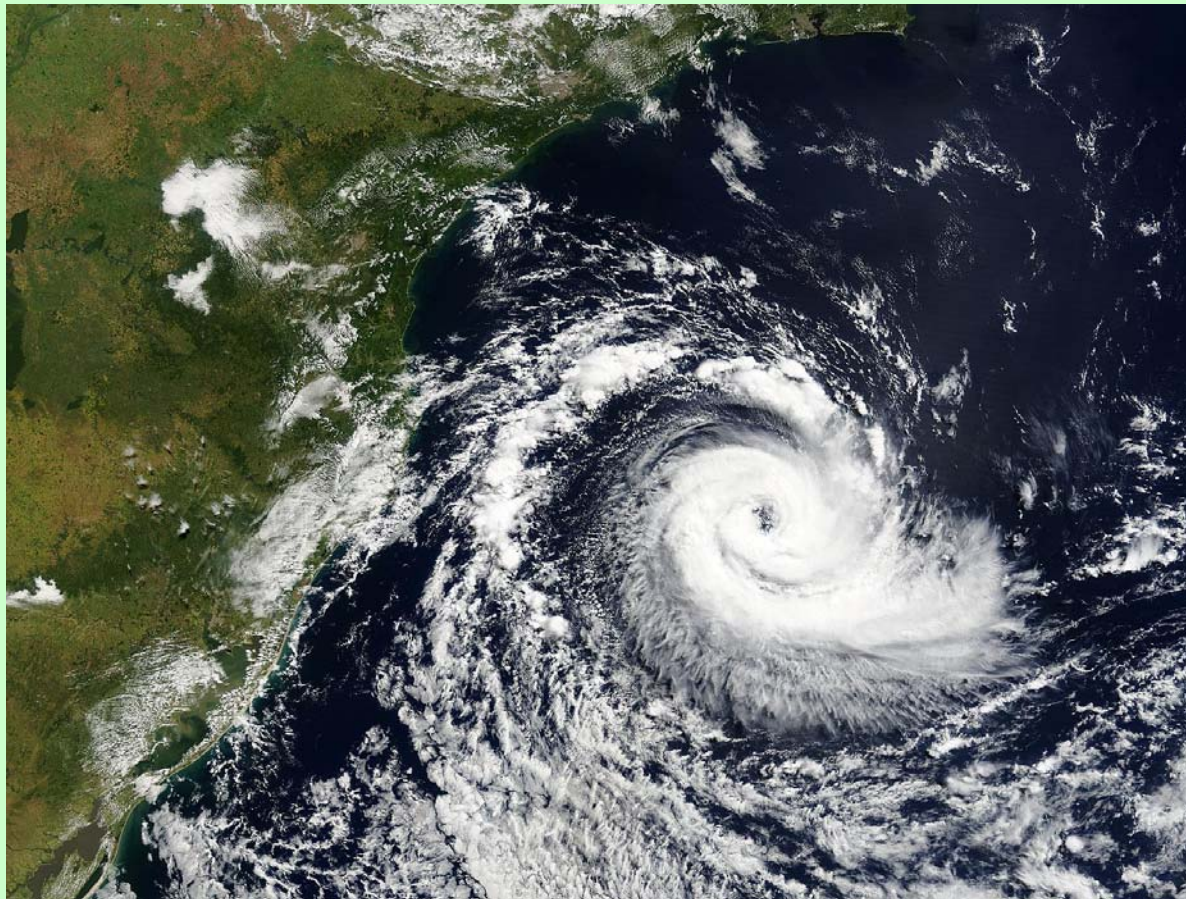


Quelle: Ch. Schär et al,
Nature 2004

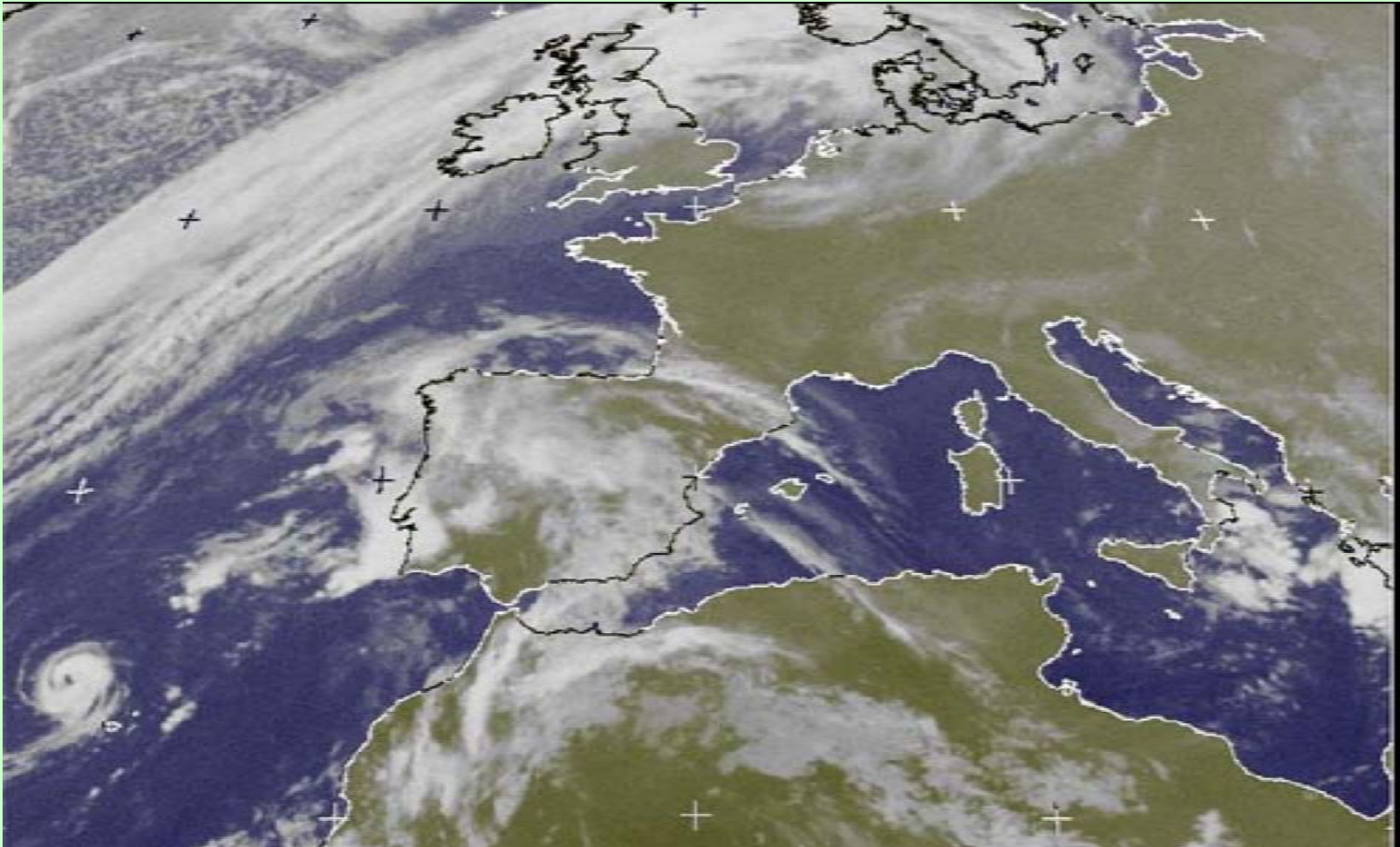
Die Klimatologen müssen ihre Lehrbücher umschreiben; Alte Lehrsätze gelten nicht mehr



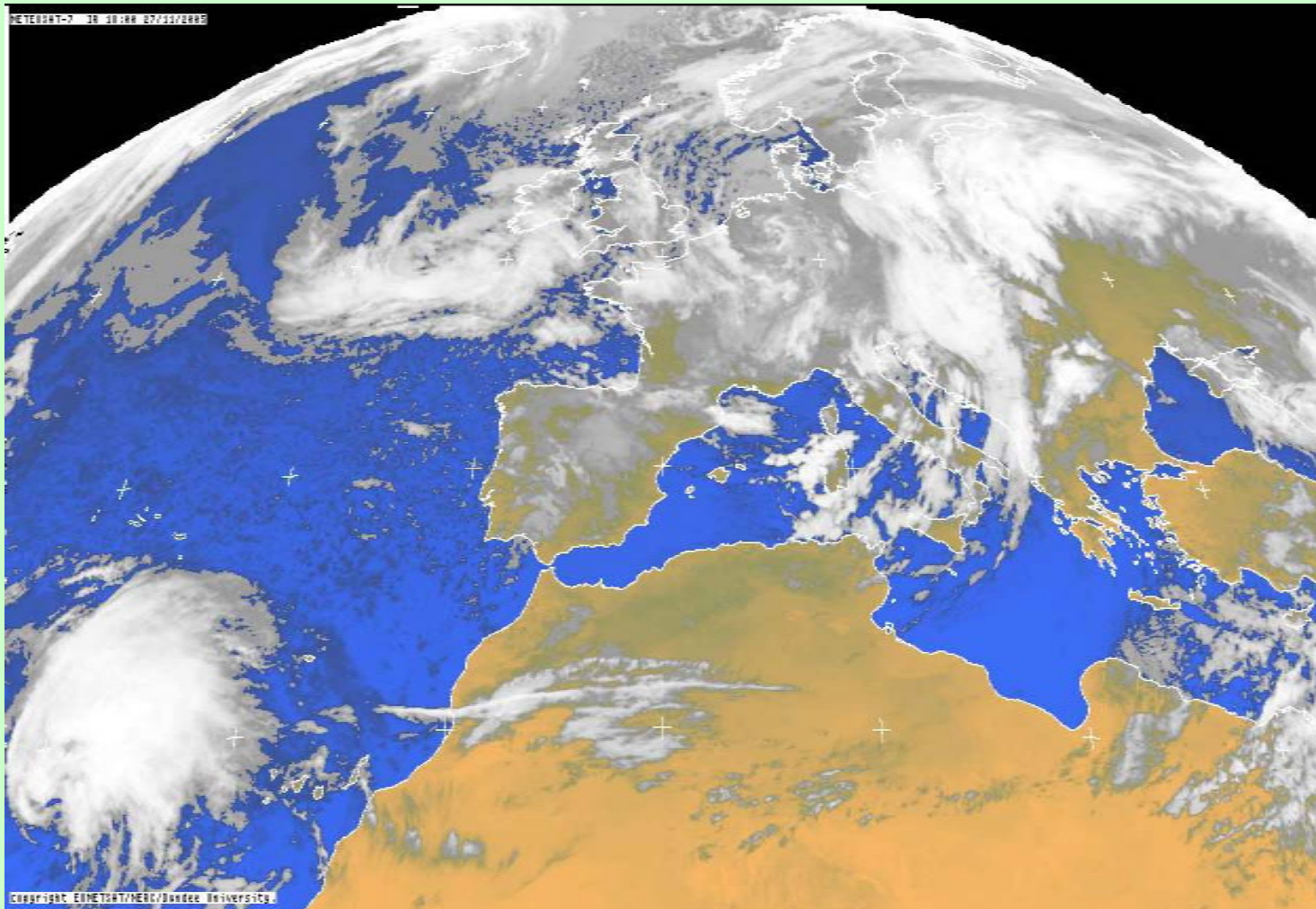
Im März 2004 bildete sich zum ersten Mal seit Beginn der Aufzeichnungen auch auf dem Südatlantik ein voll ausgebildeter Hurrikan („Catarina“)



Hurrikan „Vince“ in einer bisher hurrikanfreien Region am 9. Oktober 2005 (östlicher Nordatlantik, Madeira)



Erster Tropensturm „DELTA“ am 27. November 2005 auf den Kanarischen Inseln



Verheerende Dürre im Amazonas-Becken Brasiliens 2005



Jahrhundertdürre in Portugal / bislang 70.000 ha verbrannt NASA-Aufnahme vom 5.08.2005



Extreme Trockenheit in Australien: «Jahrtausenddürre 2006»



© Torsten Blackwood/AFP



Rückkopplung

Das größte und schwerwiegendste Problem
der Klimaforschung



Beispiel: **Einstrahlungs-Rückkopplung** hier: **positive** Rückkopplung

(Anstoß: **Natürliche oder anthropogene Klimaänderung**)

Zunahme der LT

Abnahme des Schneeanteils am Niederschlag

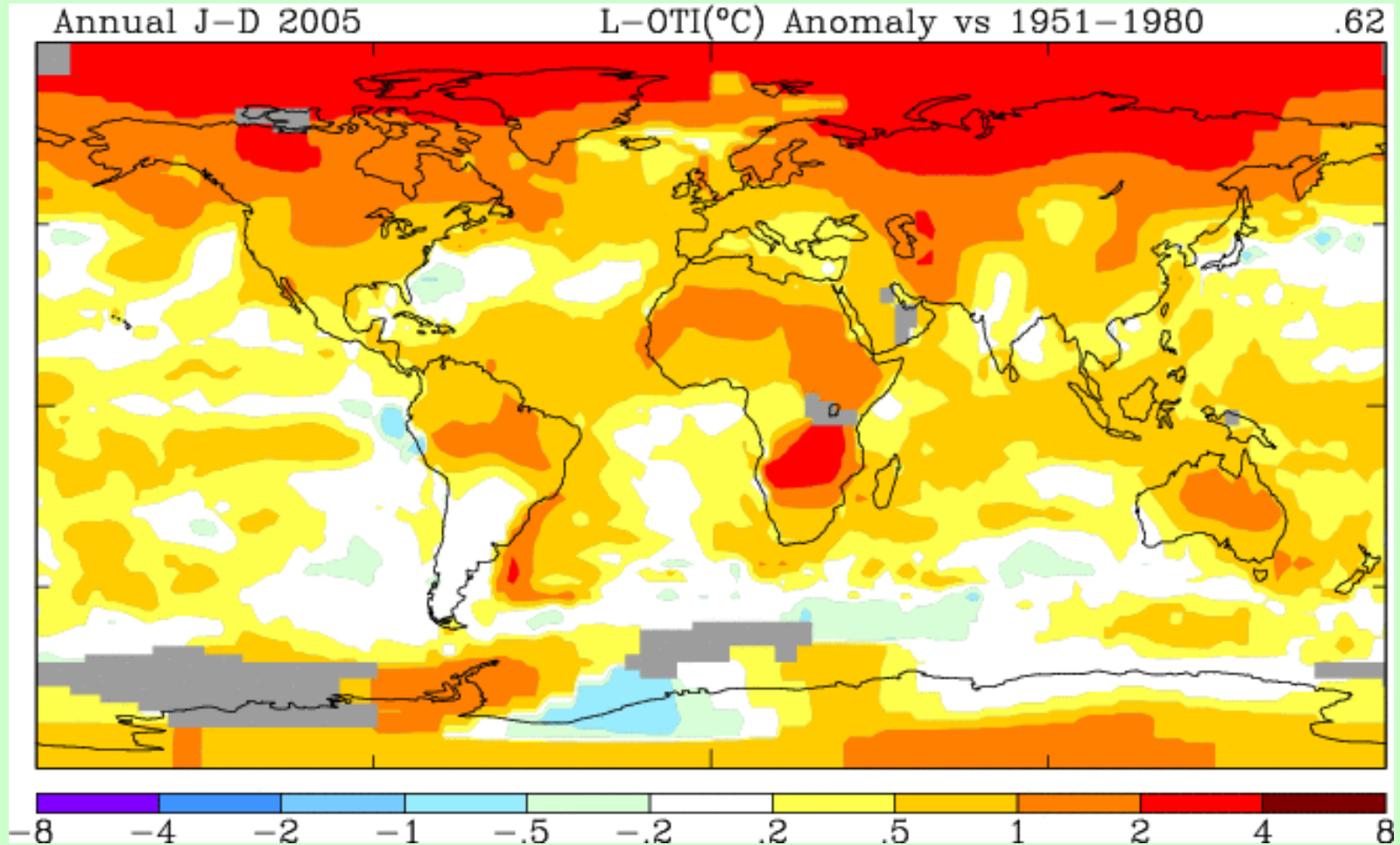
Schrumpfung der Schnee- und Eisflächen

Verringerte Albedo (Reflexion der Sonnenstrahlung)

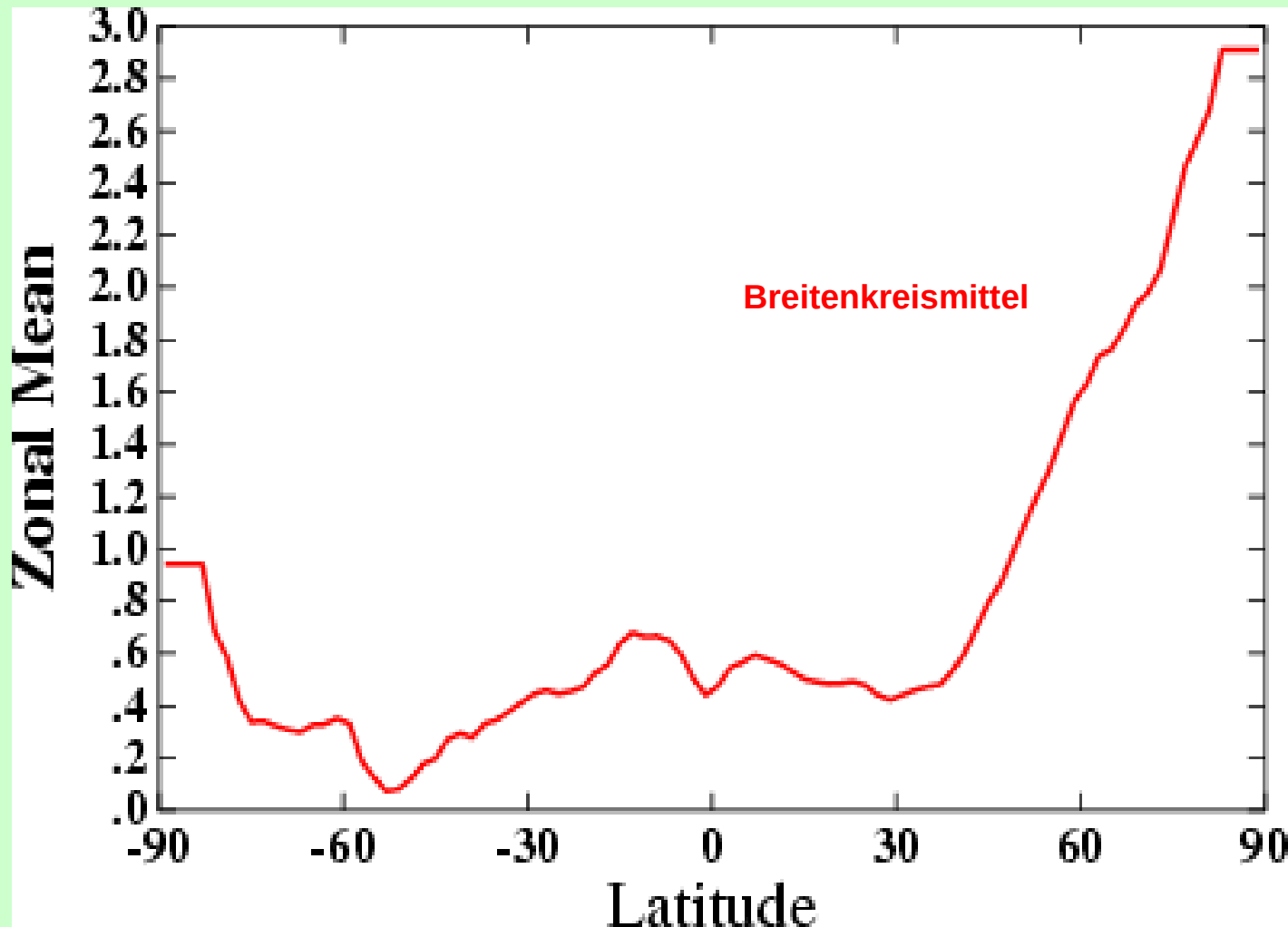
Verstärkte Zunahme der LT

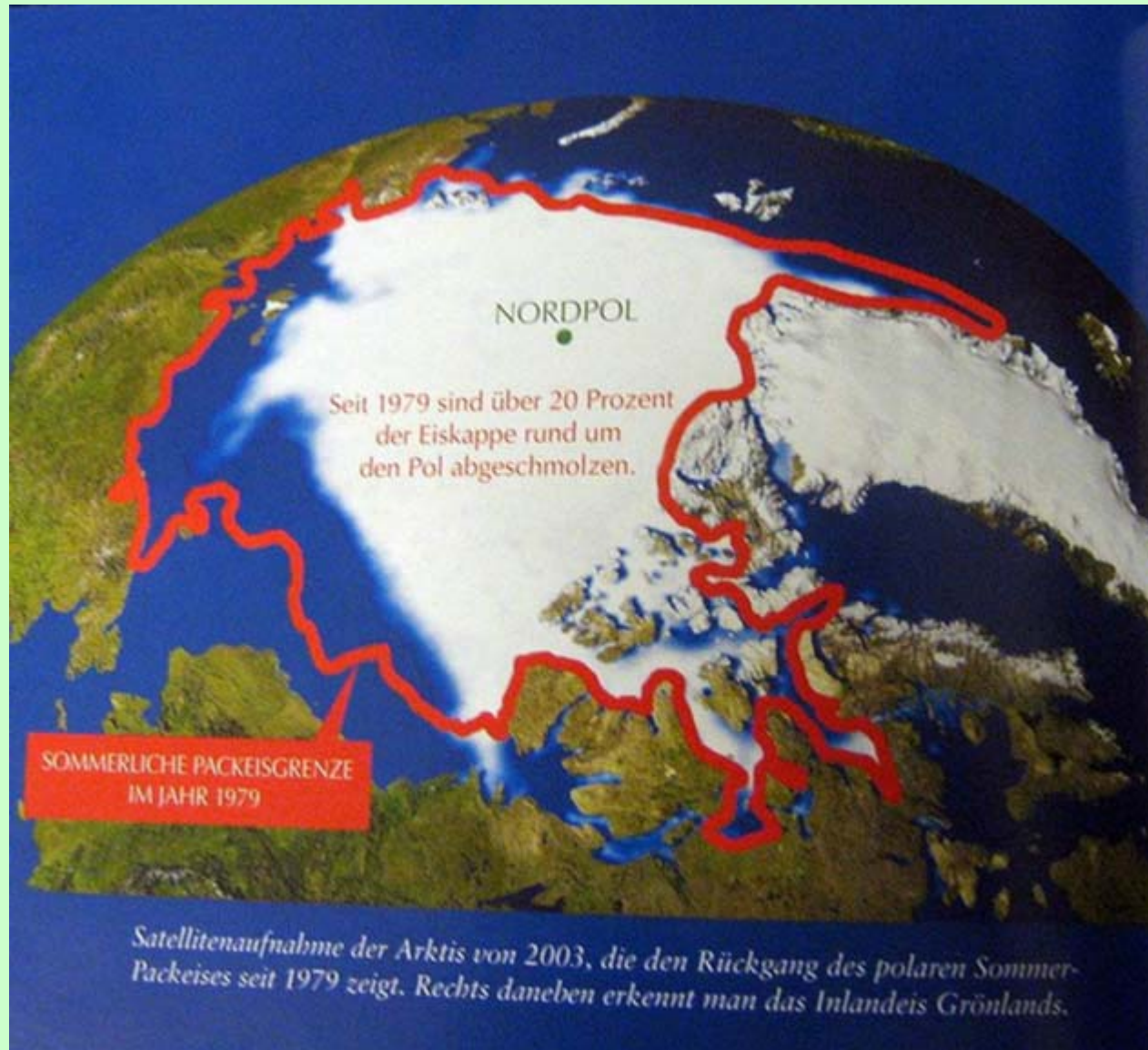


Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2005 vs 1951-1980



Anomalien der Jahresmitteltemperatur 2005 vs 1951-1980





**Arktis
2003
versus
1979**

....und 40% dünner

Quelle: Flannery

Positive Rückkopplung

Die globale Erwärmung verstärkt sich selbst

„Diese Kipp-Punkte sind die Achillesferse unseres Planeten. Wir sollten diese Kippschalter tunlichst nicht aktivieren. Manche könnten zu Punkten ohne Wiederkehr geraten“

Im schlimmsten Fall droht mittels selbst verstärkender Effekte sogar ein „galoppierender Treibhauseffekt“

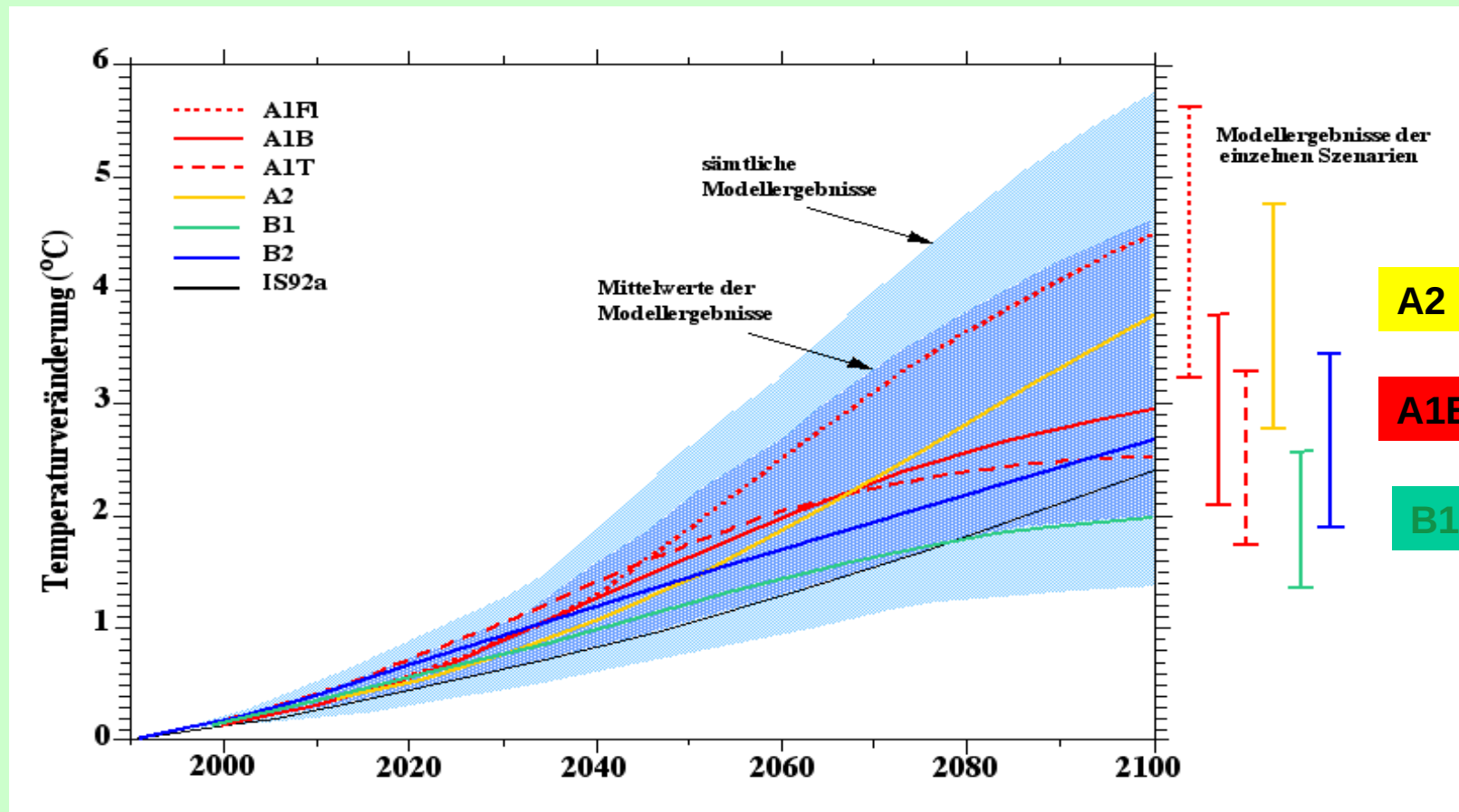
*Prof. H.J. Schellnhuber; Chefberater der Bundeskanzlerin
und des Bundesumweltministers*

Aktuelle Klimaprojektionen

global und regional



Erwartete Änderungen der globalen Mitteltemperatur bis 2100 für die SRES-Emissionsszenarien (Special Report on Emission Scenarios) : 1,4 bis 5,8 Grad (*Europa: 2,0 bis 6,3 Grad*)



Sind die Klimamodelle zu konservativ?

„Im Moment müssen wir feststellen,
dass die uns vorliegenden Klimaszenarien die tatsächlichen Trends
(Lufttemperatur; Extreme) eher unterschätzen“

Quelle: LfUG; PIK Potsdam

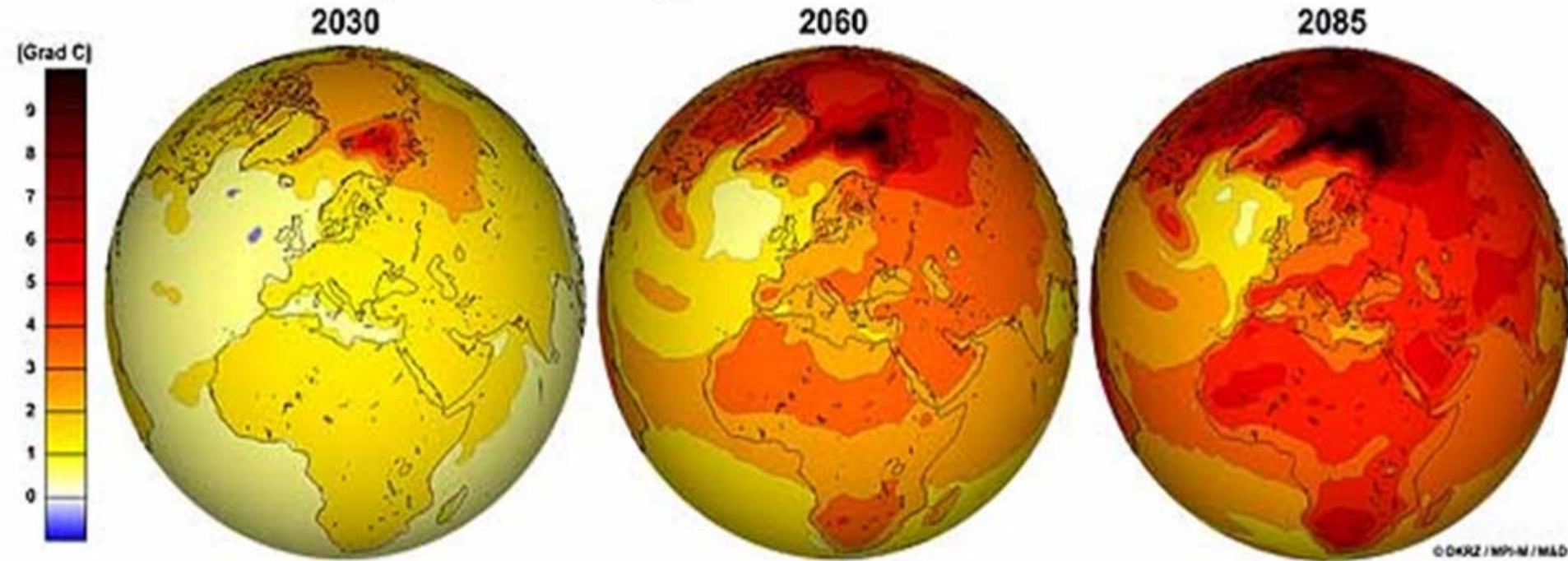
IPCC-Resultate

4. Klimabericht der UNO

**Climate Change 2007: The Physical
Science Basis
Paris, 2. Februar 2007**



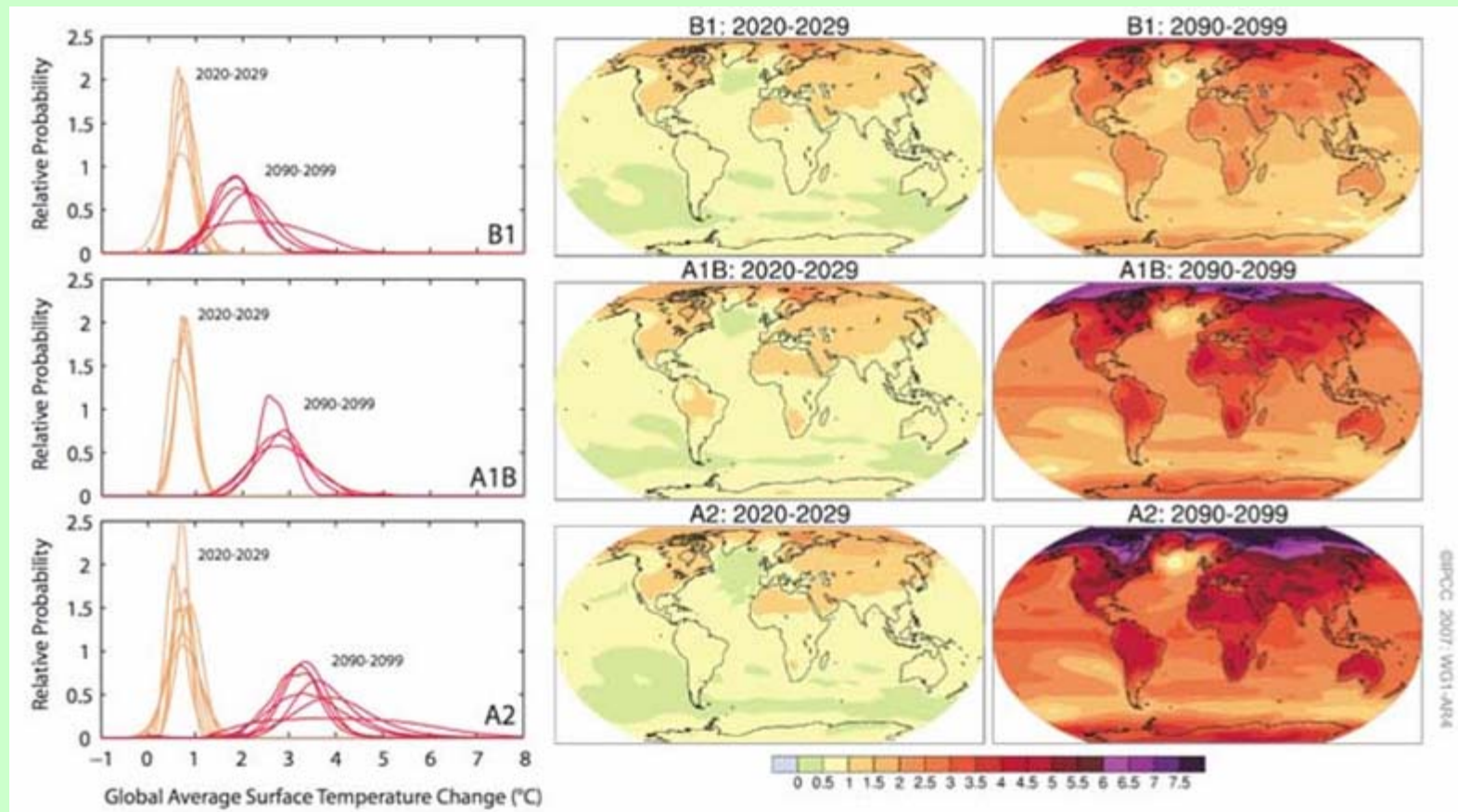
Simulierte Temperaturänderung mit ECHAM5 / MPI-OM: IPCC Szenario A1B



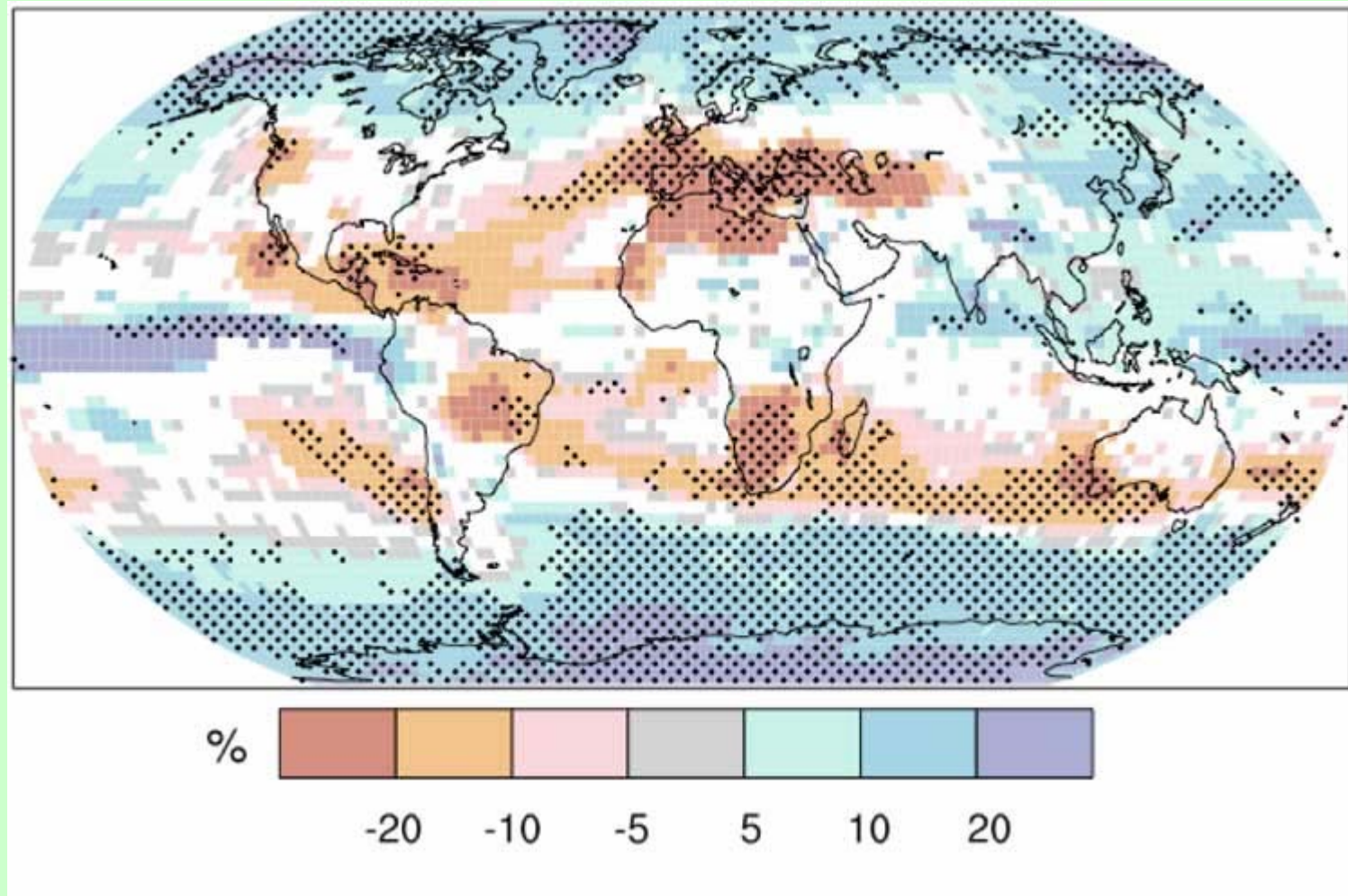
Quelle: IPCC

Projektion der globalen Erwärmung

Szenario B1 setzt Nutzung klimaschonender Technologien voraus. Szenario A1B steht für weiter starken CO₂-Ausstoß. A2 steht für eine langfristig besonders erwärmungsträchtige Entwicklung



Relative Änderungen des Niederschlags im Sommer Vergleich 2090-2099 vs 1980-1999





Was kommt auf uns zu?

**Wir befinden uns am Beginn einer außergewöhnlichen
Heißzeit, wie sie die Menschheit noch nicht annähernd
erlebt hat**

Diagnostizierte und projizierte Temperaturtrends Änderung im 20. bzw. 21. Jahrhundert

Diagnose

Global
Europa

0,7 K
0,95 K

Beispiele: Schweiz *bis 1,6 K*
Diagnose Deutschland *0,9 K*
Polen *0 bis 0,7 K*

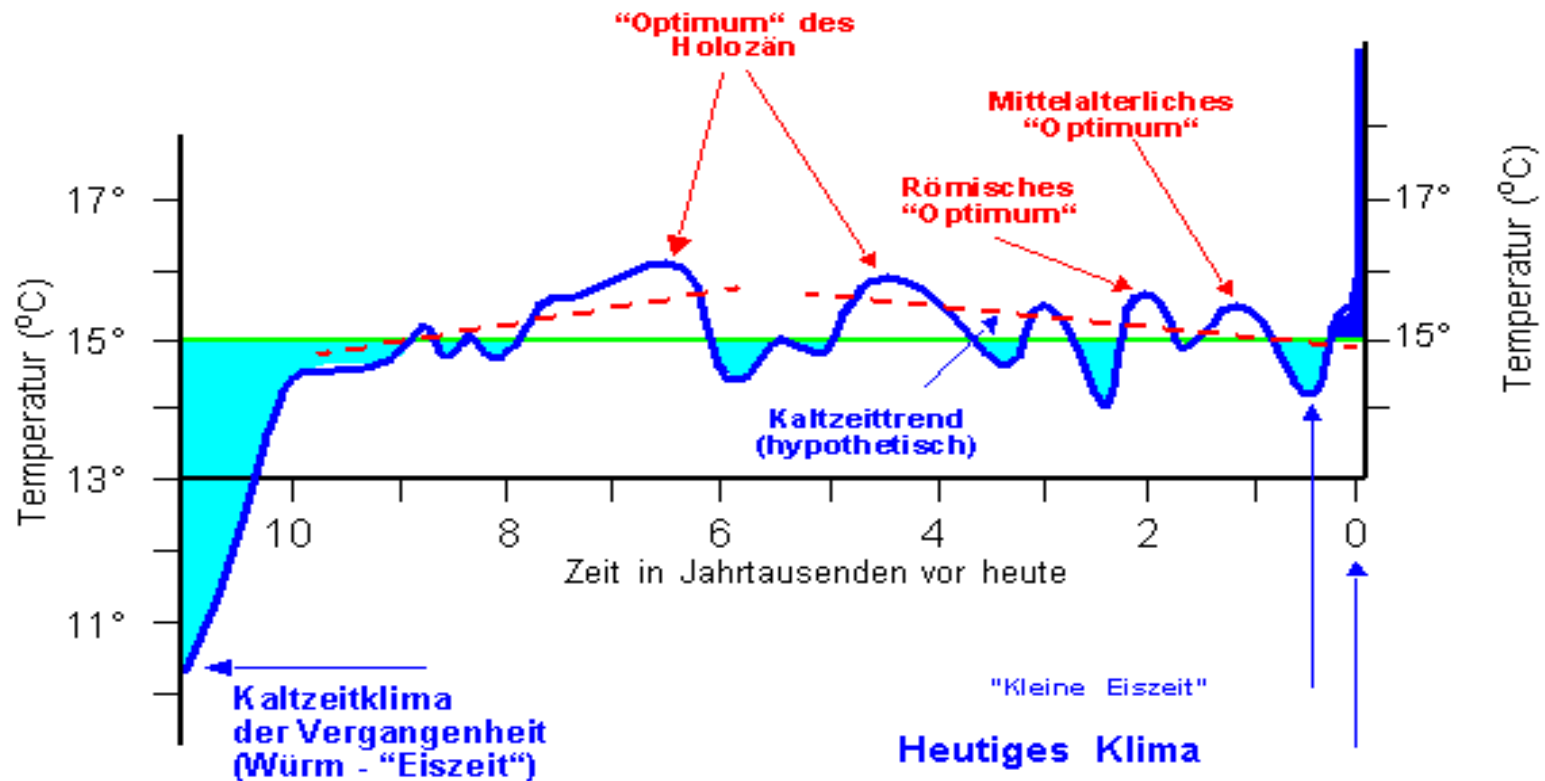
Projektion

Global2001
Europa
Global2007

1,4 - 5,8 K
2,0 - 6,3 K
1,1 - 6,4 K



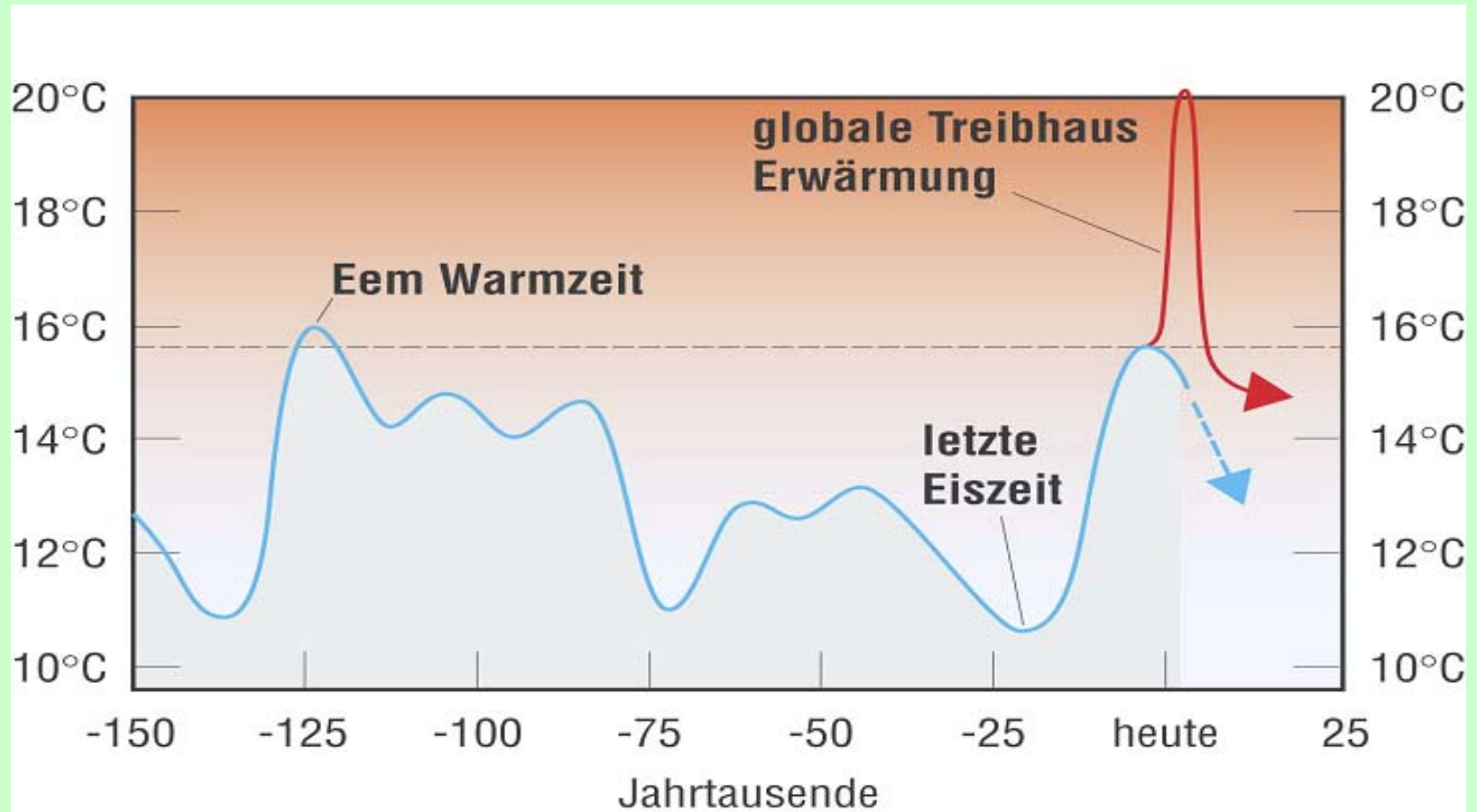
Entwicklung der globalen Lufttemperatur



(nach: Christian Schönwiese, Klimaänderungen, 1995)

letzte 10.000 Jahre

Entwicklung der globalen Lufttemperatur



letzte 150.000 Jahre

Projizierter Klimawandel für das 21. Jahrhundert
ist von vergleichbarer Größenordnung wie am Ende der letzten Eiszeit,
nur erfolgt er voraussichtlich *30 mal schneller*

Tagesschau Dezember 2006



Beispiele möglicher Folgen eines globalen Temperaturanstiegs um 4 bis 5 Grad

Mittelmeerraum wird zur Wüste

Steppe dehnt sich bis zur Ostsee aus
(partielle Versteppung in Sachsen und Brandenburg bereits im Gange)

Kollaps des Amazonasregenwaldes (wird Wüste)

Kollaps der globalen Meereszirkulation

Totales Abschmelzen des Grönlandeises

Galoppierender Treibhauseffekt

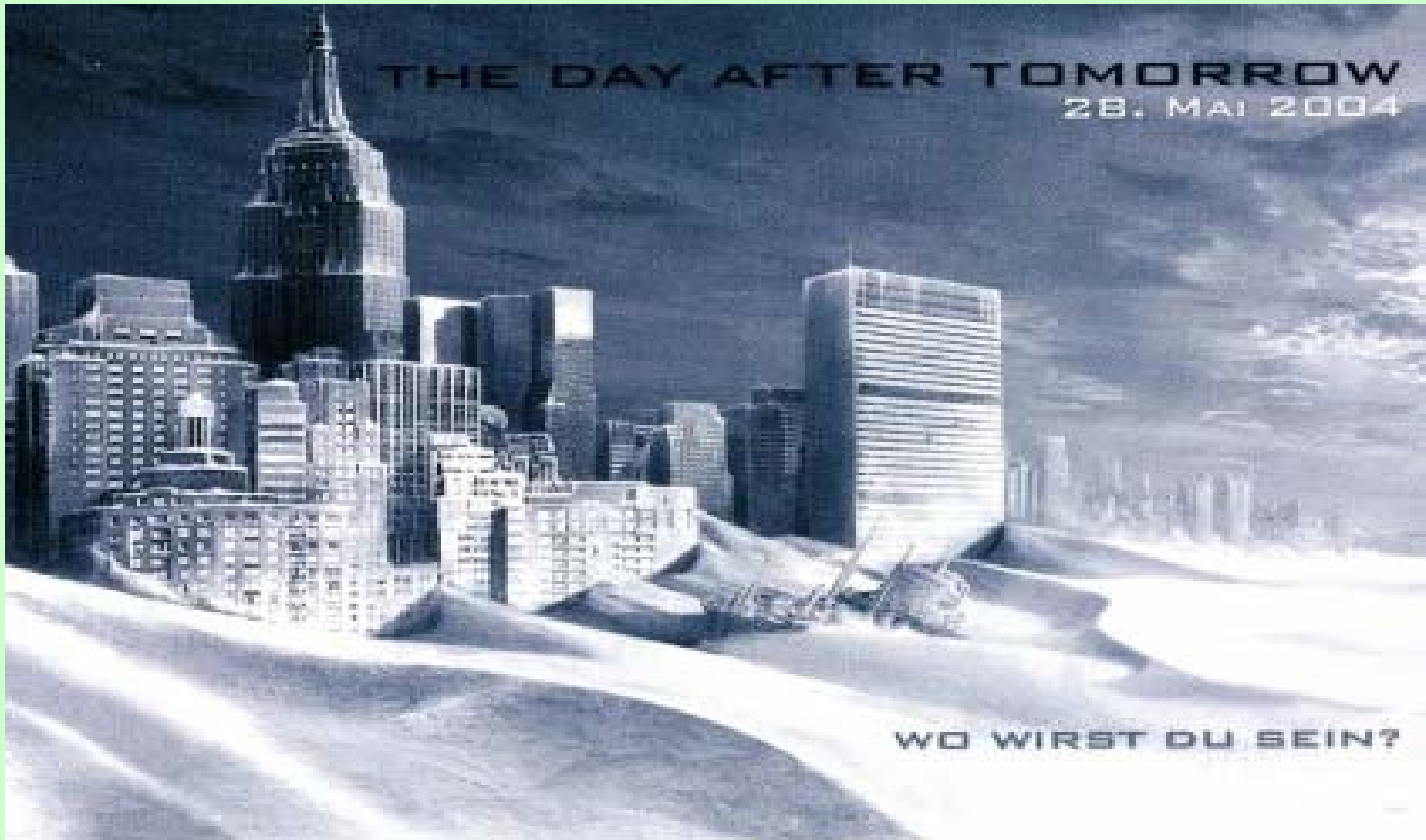
**Das gewohnte Antlitz unserer Erde würde sich bei
ungebremster globaler Erwärmung erheblich wandeln.**

**Es würde hässlicher,
den schlimmsten Szenarien nach sogar total entstellt sein.**

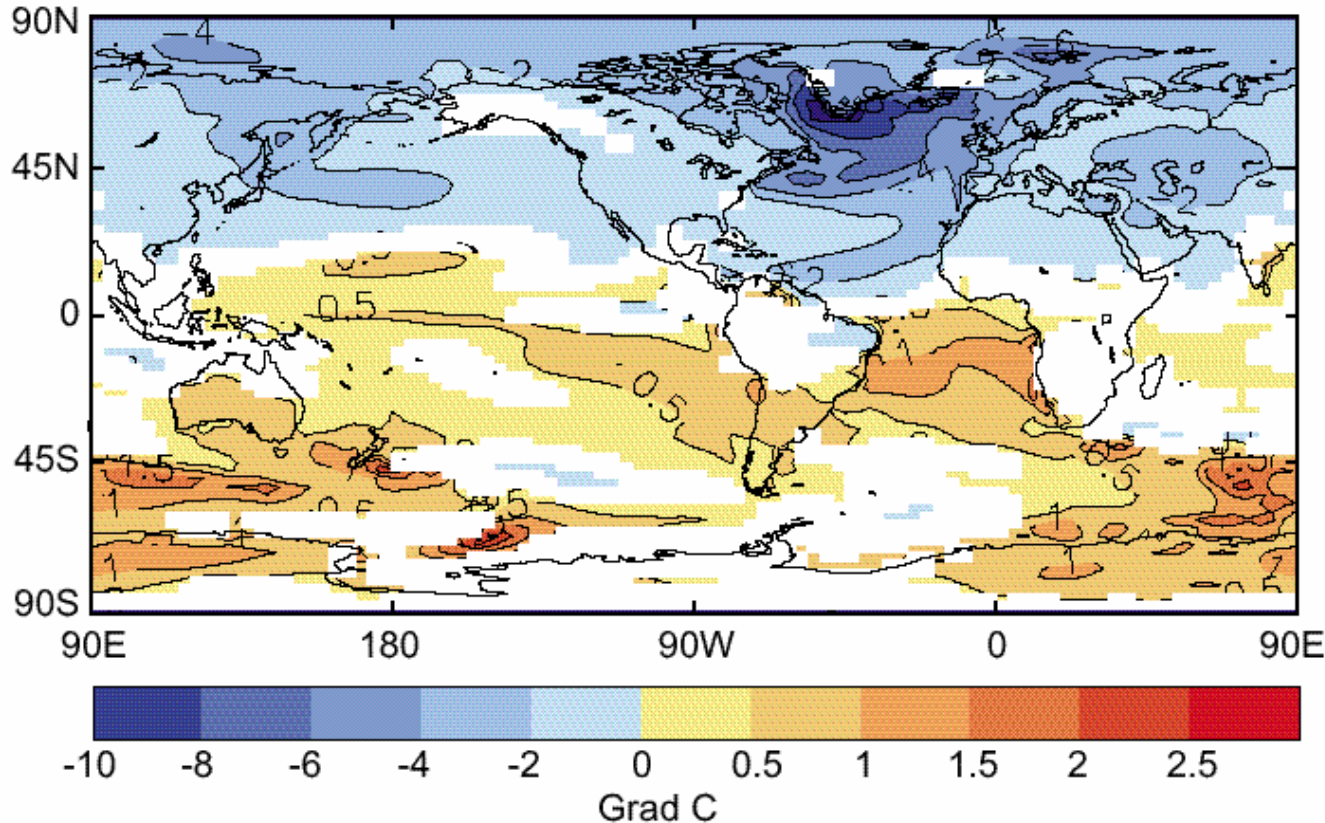
Quelle: PIK, FAZ vom 2. März 2007



Apokalypse a la Hollywood Droht uns tatsächlich eine neue Eiszeit ??



Änderung der bodennahen Lufttemperaturen nach einem Zusammenbruch der thermohalinen Zirkulation im Nordatlantik



Fall Jahr 2100

Europa über - 3 K
Nordamerika unter - 3 K

Australien, Südamerika
Südafrika + 2 K

Pentagon-Studie, 2003
Flannery, 2006

Quelle: MPI Hamburg



**Klimawandel schwächt im 21. Jahrhundert Golfstrom um 30%
..... es droht aber *keine neue Eiszeit***

Konsequenzen:

In Europa überlappen sich

die anthropogene Erwärmung der Atmosphäre

und die Abkühlung durch nachlassende Ozeanzirkulation

... im Verhältnis 3:1 (Erwärmung dominant !)

Quelle: MPI Hamburg



Klimaprojektionen für Deutschland



Erste Pilotstudien zur regionalen Klimaentwicklung in Deutschland

Bayern-Studie / Dynamische Methode
Bayerischer Klimaforschungsverbund 1995 und 1999

Brandenburg-Studie / Statistisches Modell
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung 1996

Sachsen-Studie / Statistisches Downscaling
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie 2000

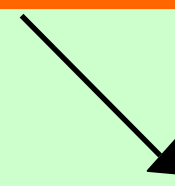
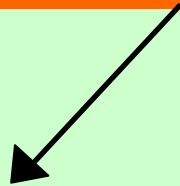


Klimaprojektionen für Deutschland mit den Klimamodellen **REMO und WETTREG**





Regionale Klimamodelle 2006



Statistisches Downscaling

Bezüge zwischen den Resultaten
des *globalen Modells* und den lokalen
Messreihen von Klimagrößen

Modell WETTREG des CEC Potsdam

Dynamische Methode

Einbettung eines zeitlich und räumlich
höher aufgelöstes dynamisches Modell
in ein *globales Modell*

Modell REMO des MPI-M Hamburg

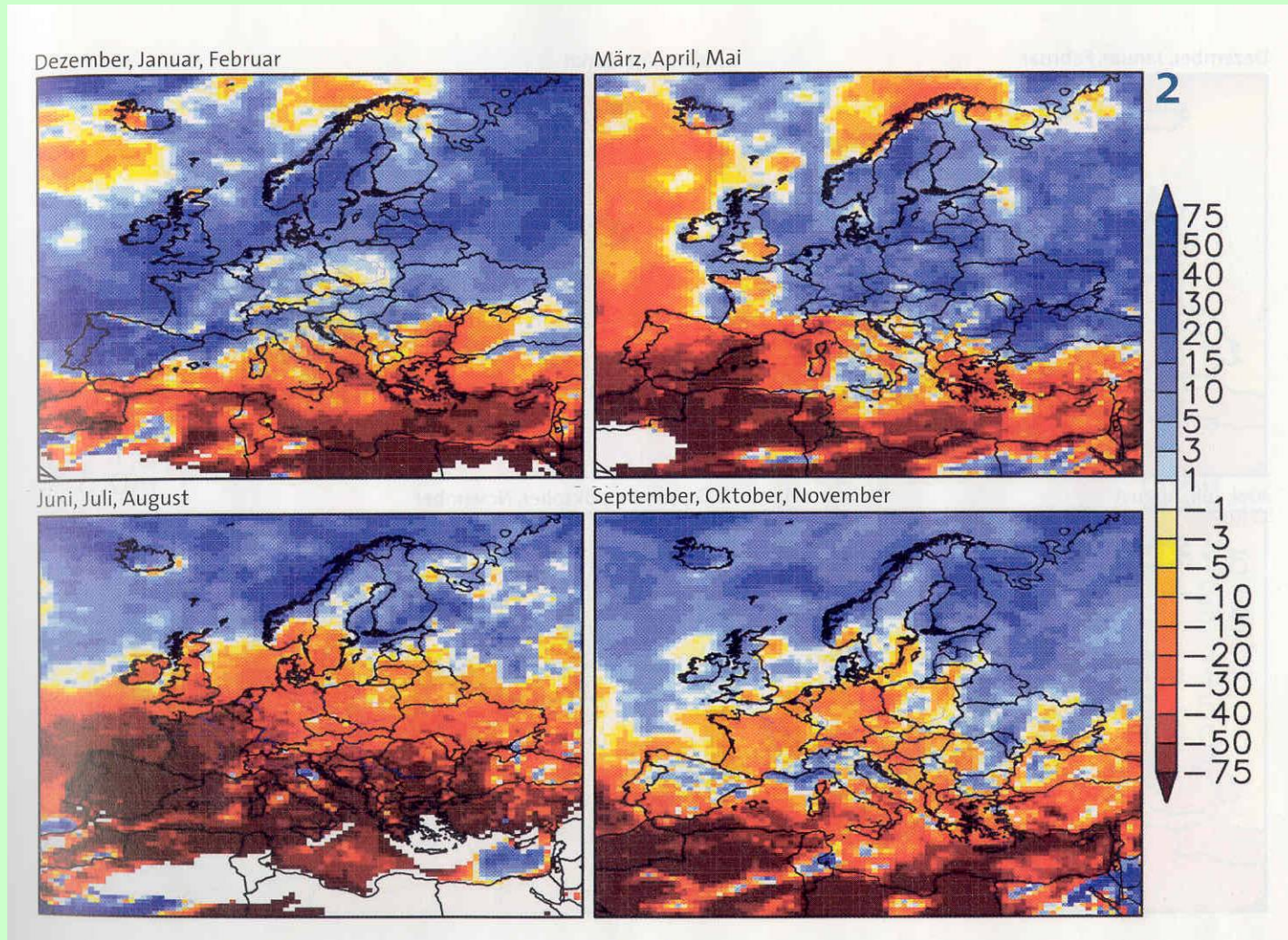
**Basis: Globale Klimasimulationen mittels
ECHAM5/MPI-OM für die
SRES-Emissionsszenarien A1B, A2 und B1
des IPCC**

CEC ->
MPI ->

Climate & Environment Consulting GmbH Potsdam
Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg

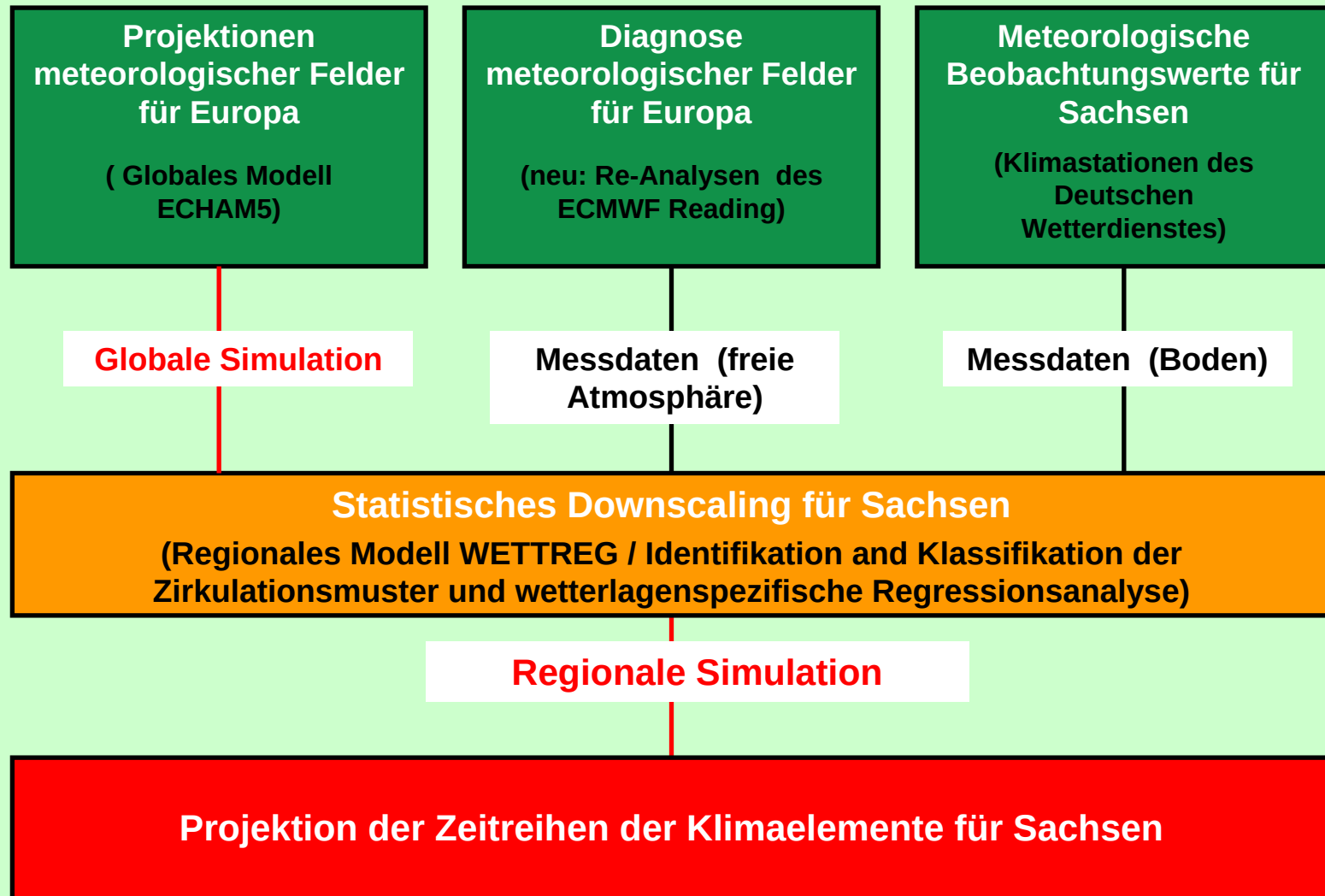


Niederschlagsdifferenz 2091-2100 zu 1961-1990 in % (Modell REMO / Szenario A1B)



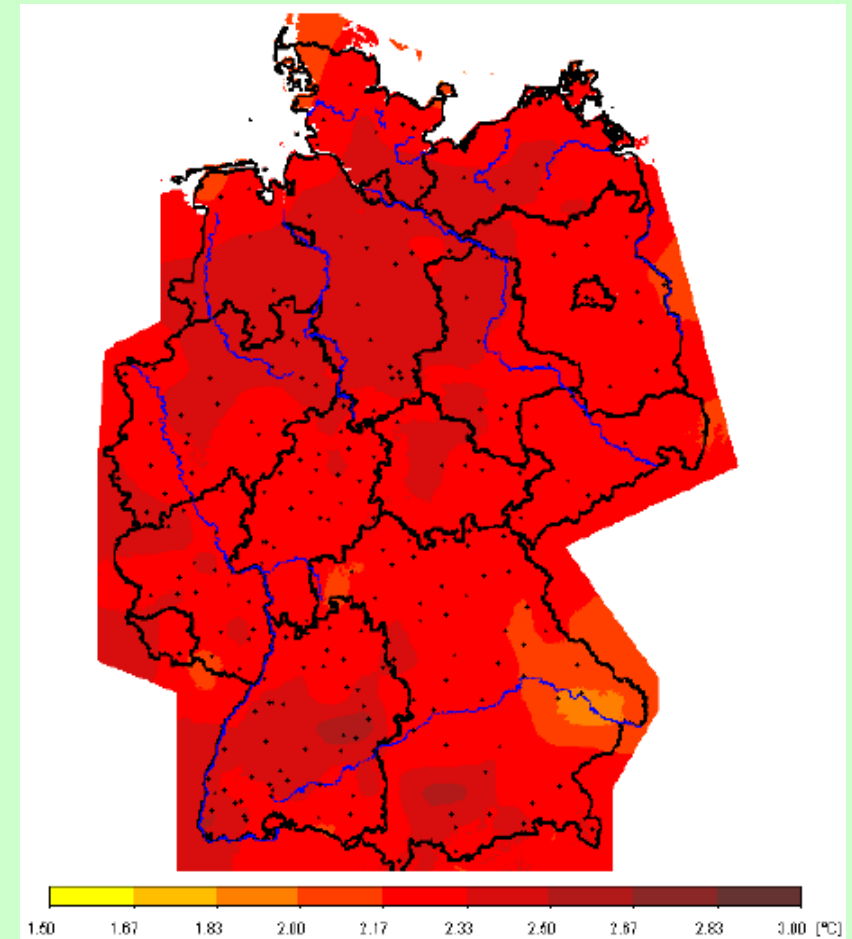
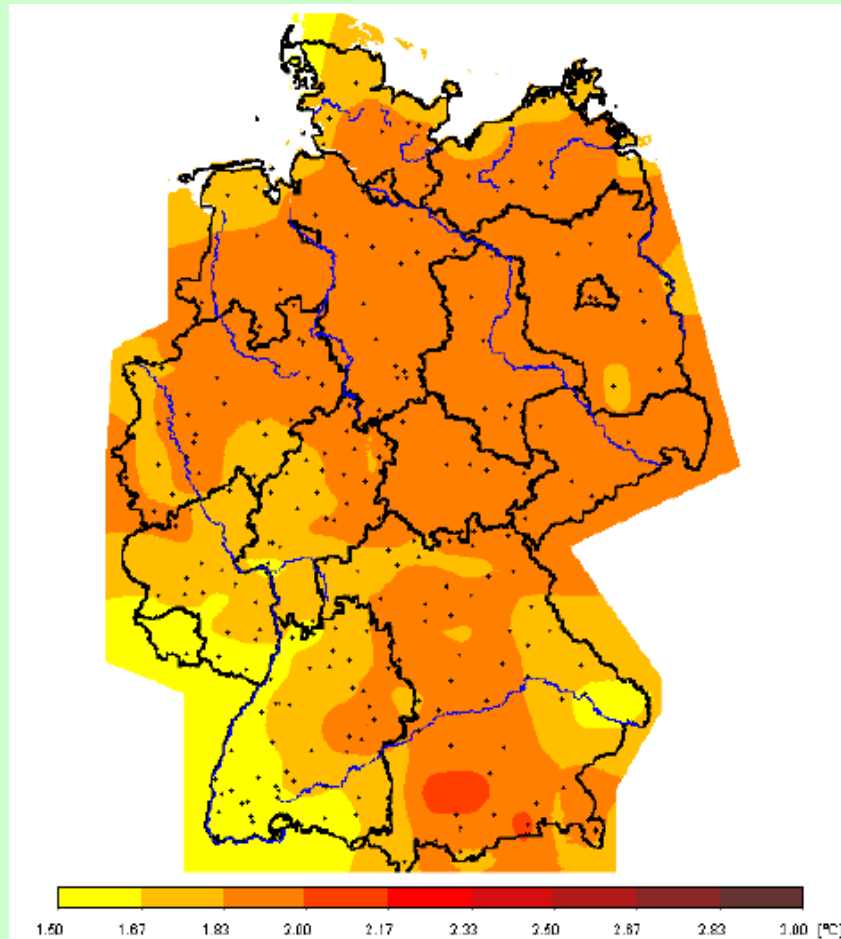
Projektionen für Deutschland mit dem sächsischen Klimamodell **WETTREG**





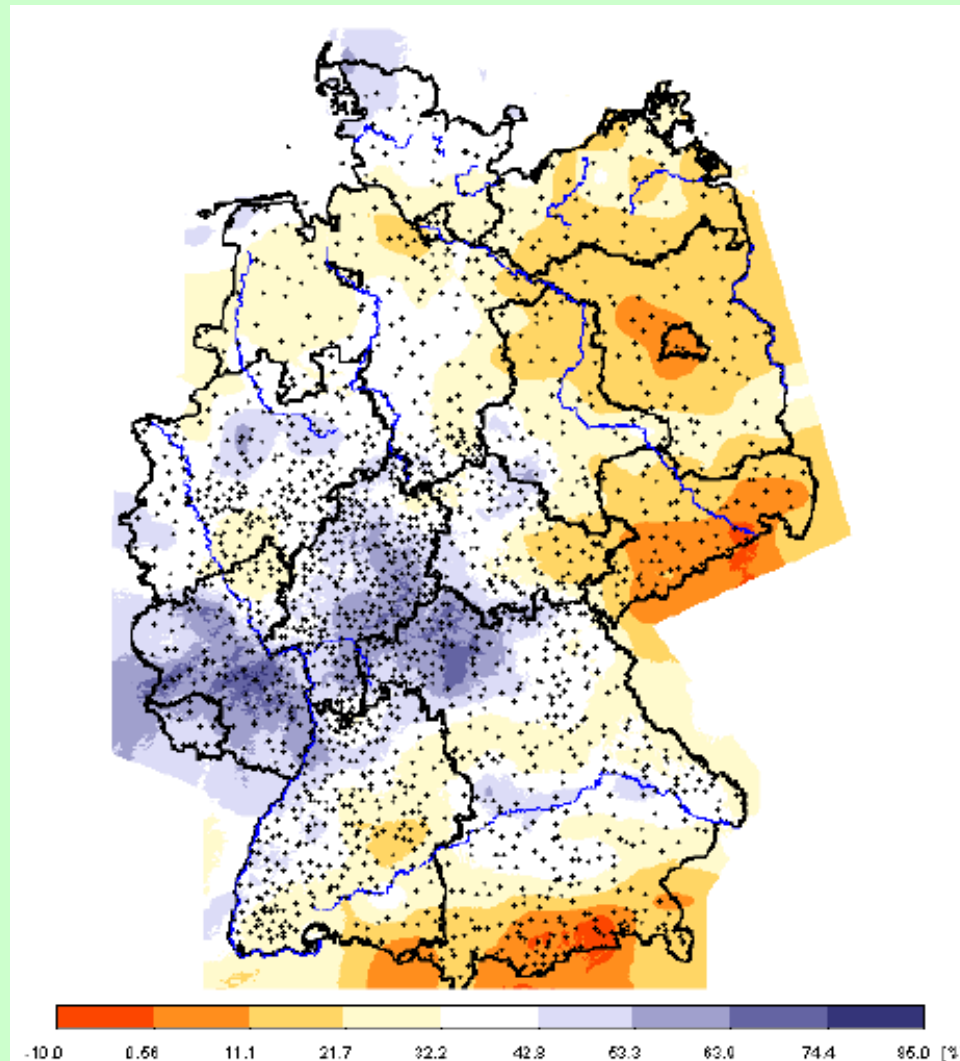
Tagesmitteltemperatur / Szenarios B1 und A1B

Differenz 2071-2100 vs 1961-1990 / Flächenmittel 1,8 bzw. 2,3 K



Niederschlag im Winter / Szenario A1B

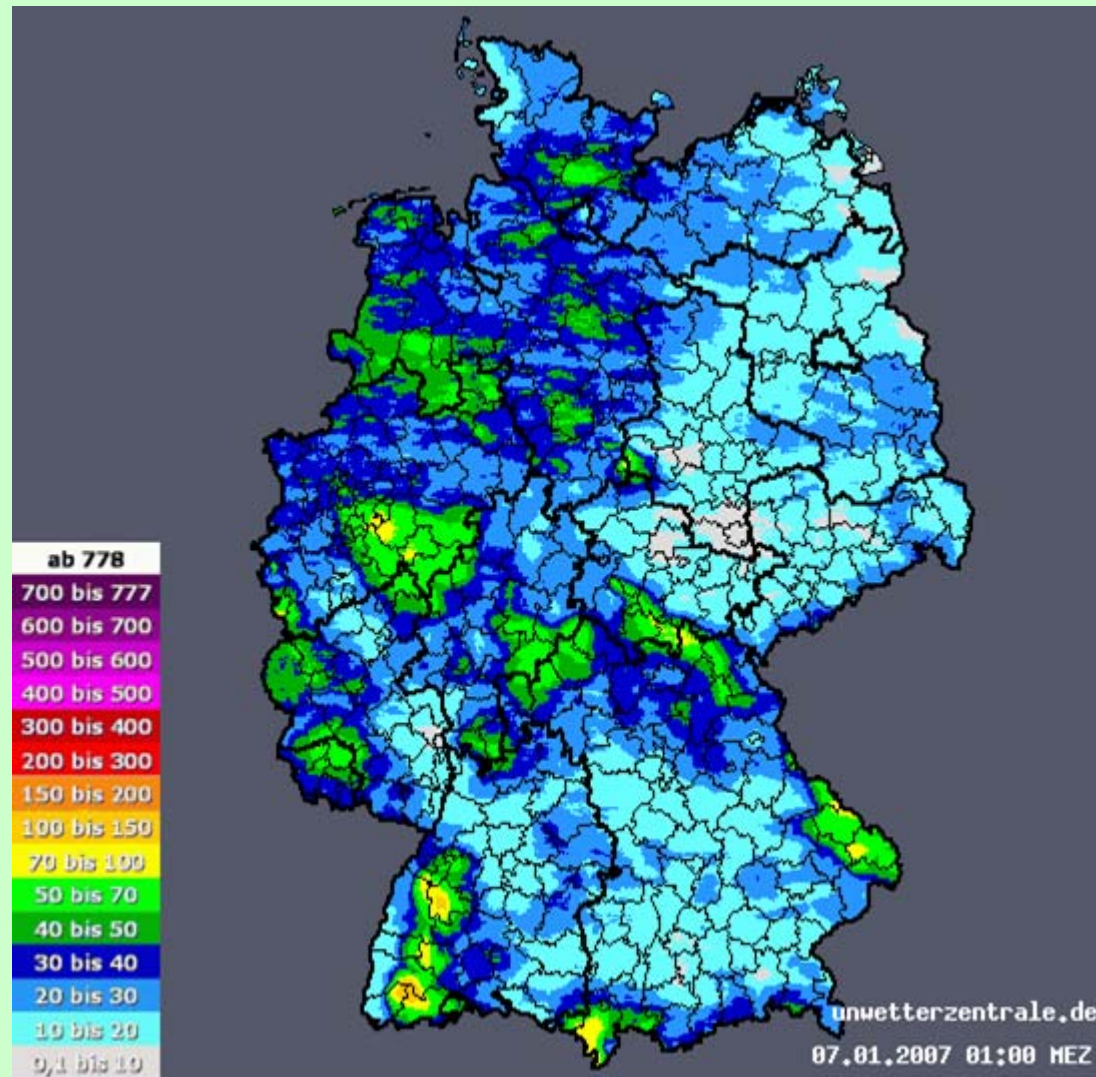
Prozentuale Änderung 2071-2100 vs 1961-1990 / Flächenmittel 30 %



Quelle: CEC

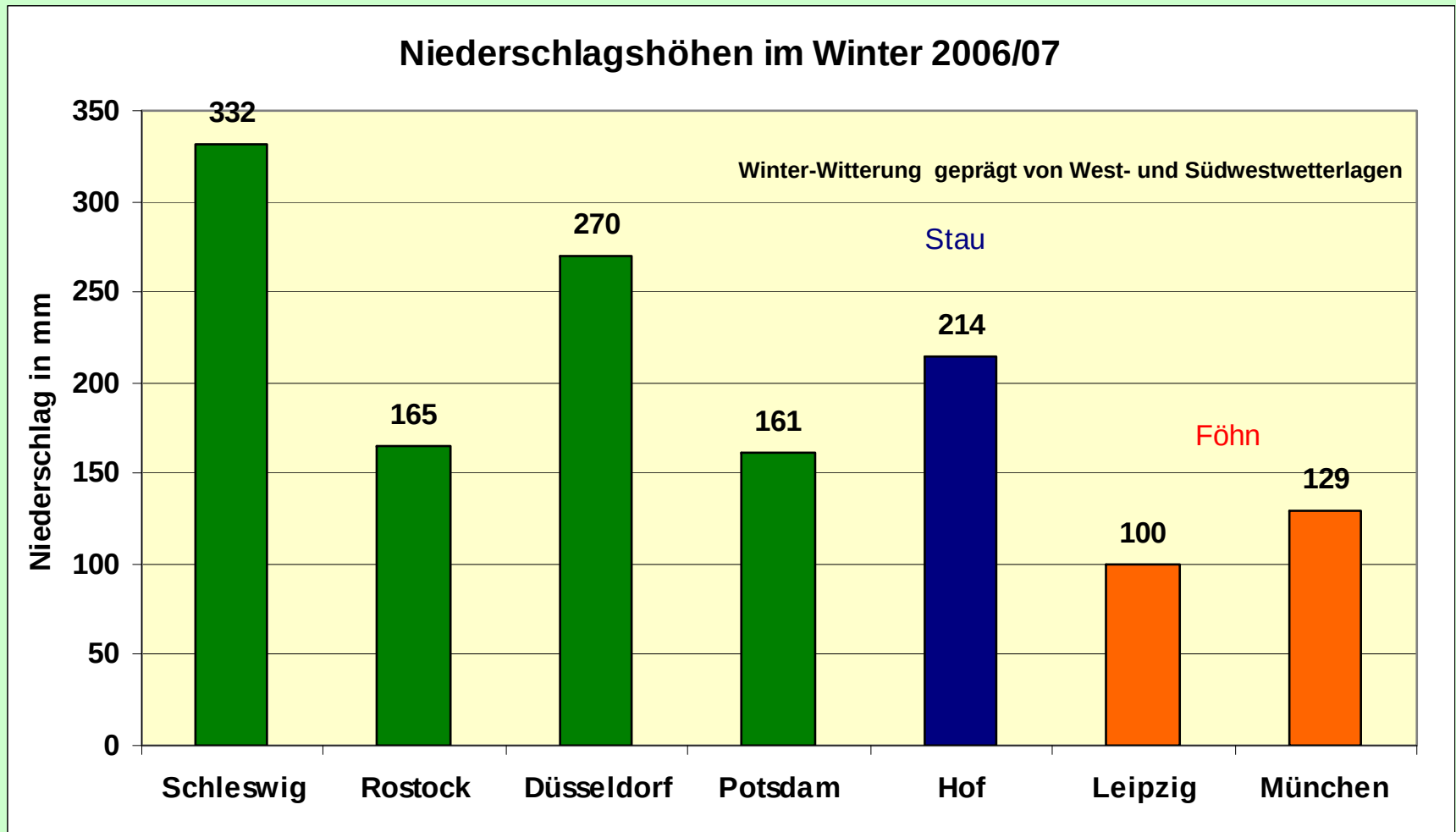


Niederschlagssummen über 7 Tage / 07.01.2007 01:00 MEZ



Quelle: DWD

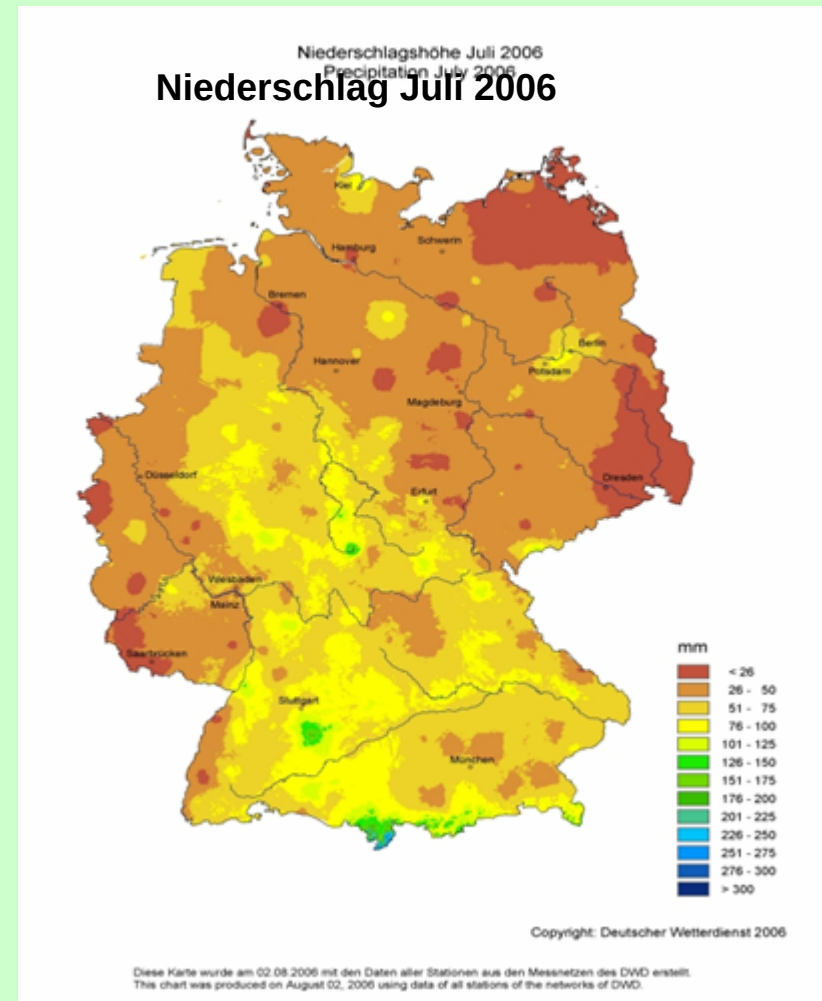
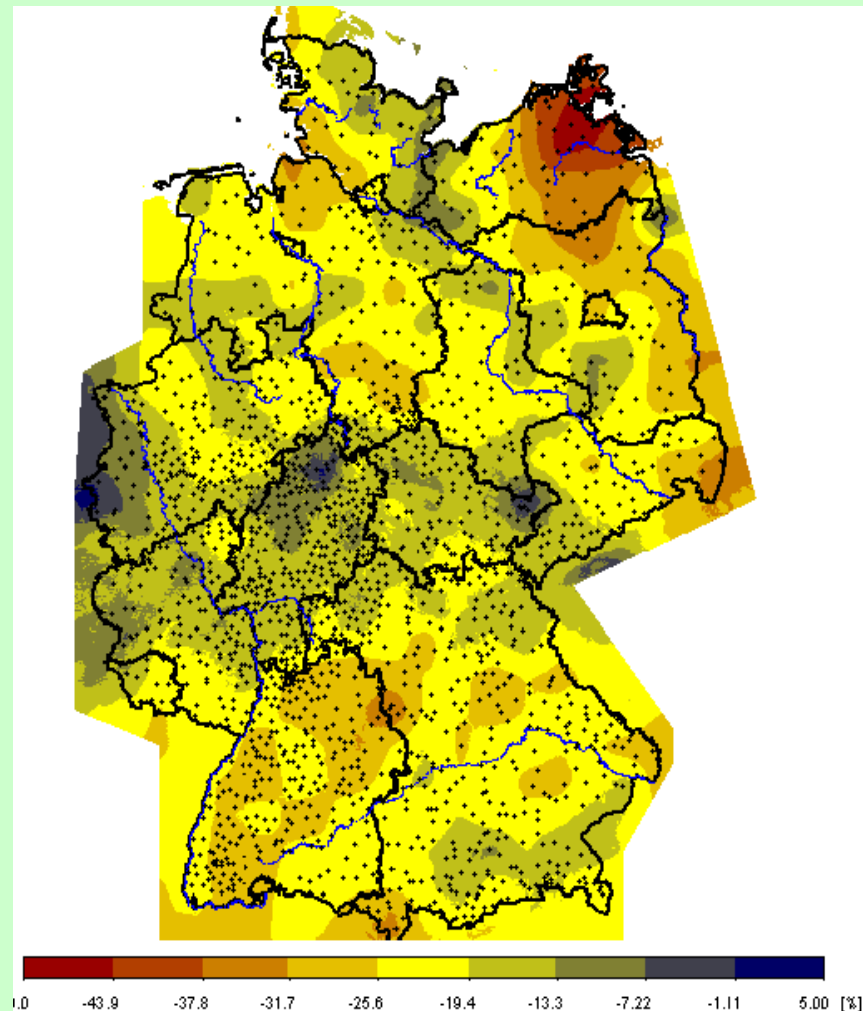




Quelle: LfUG



Niederschlag im Sommer / Szenario A1B Prozentuale Änderung 2071-2100 versus 1961-1990 (links) Fallbeispiel Juli 2006 (rechts)



Projektionen für Sachsen

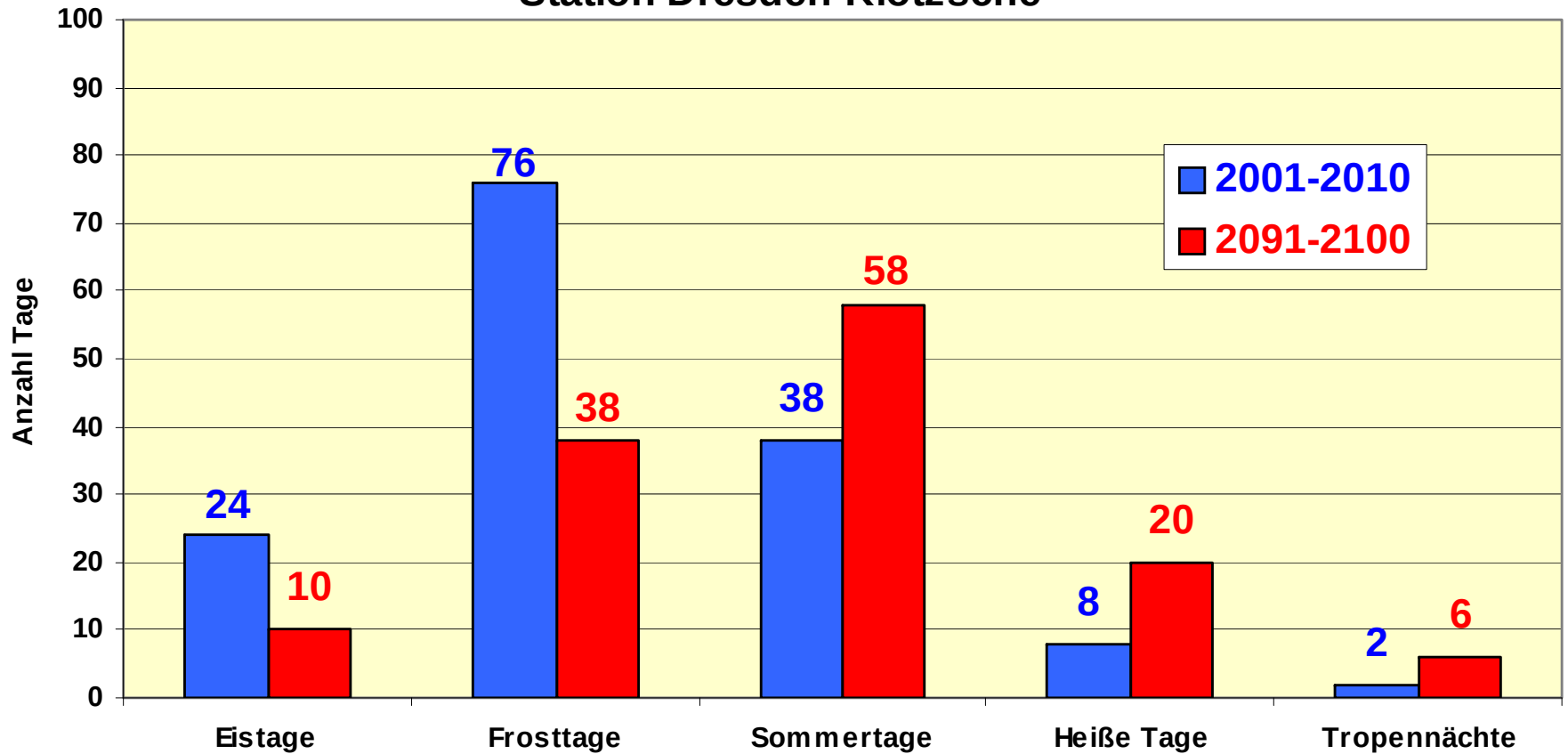
WETTREG



Lufttemperatur



Projektion der Häufigkeiten der Kenntage Station Dresden-Klotzsche

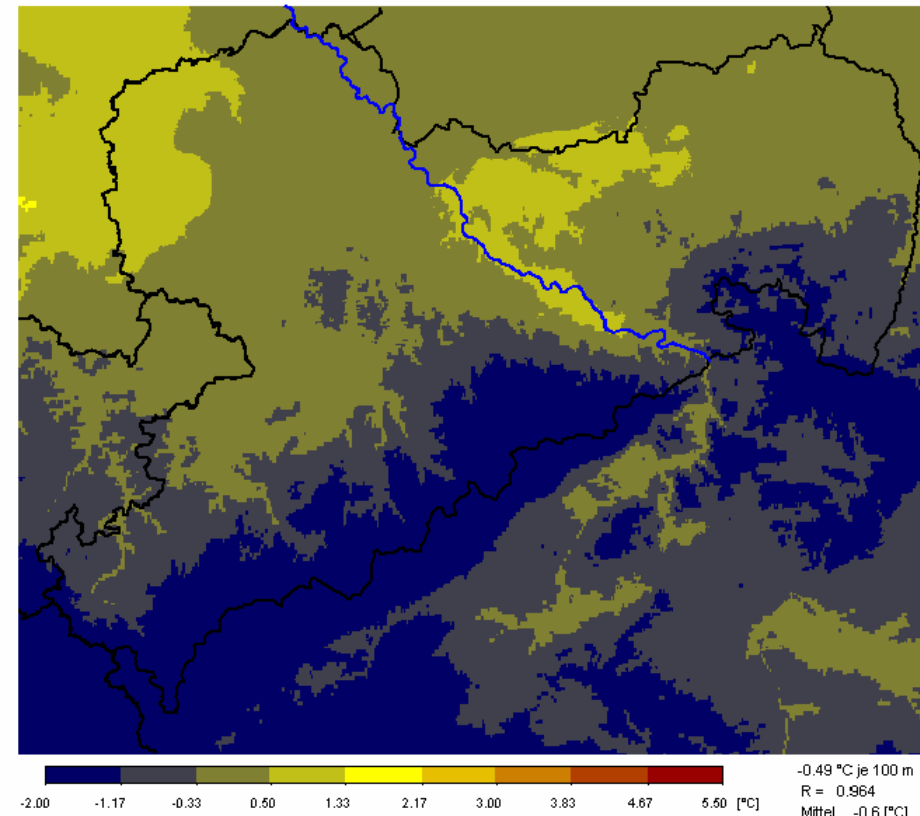


Quelle: LfUG

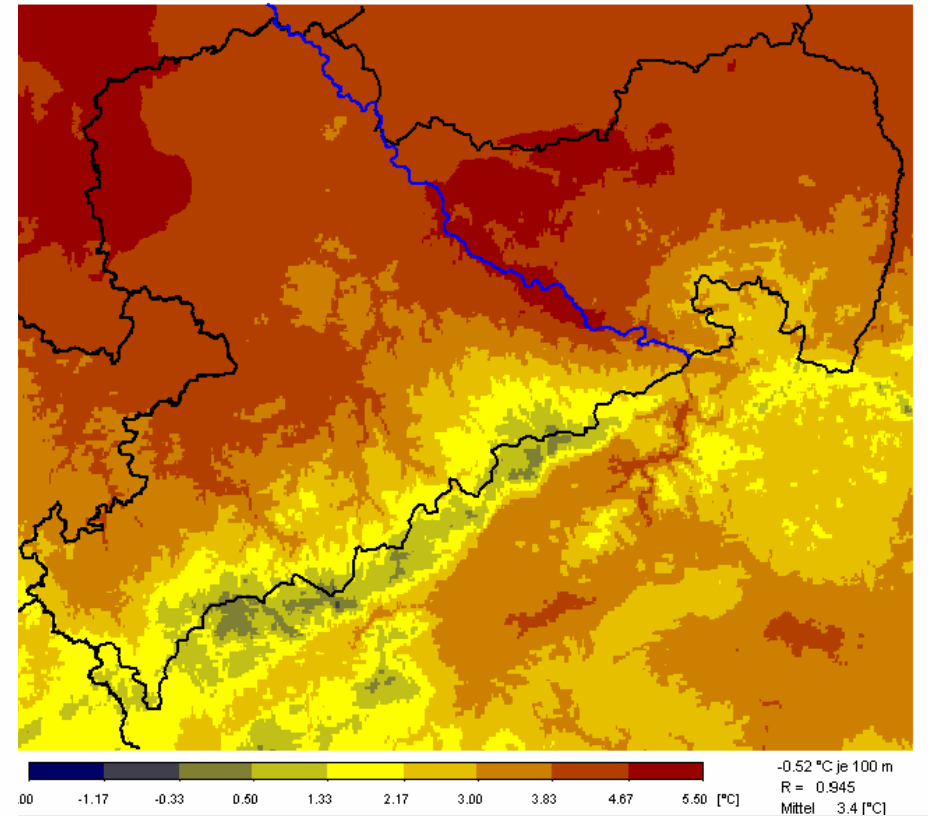


Projizierte mittlere Lufttemperatur 2071-2100 in Sachsen Monate DJF / Referenz 1971-2000

WERK IV ; EC-HAMS; A2; Mittel; 1971_1980; 1981_1990; 1991_2000; Mittel_Tempe; me1.Värder (DJF)



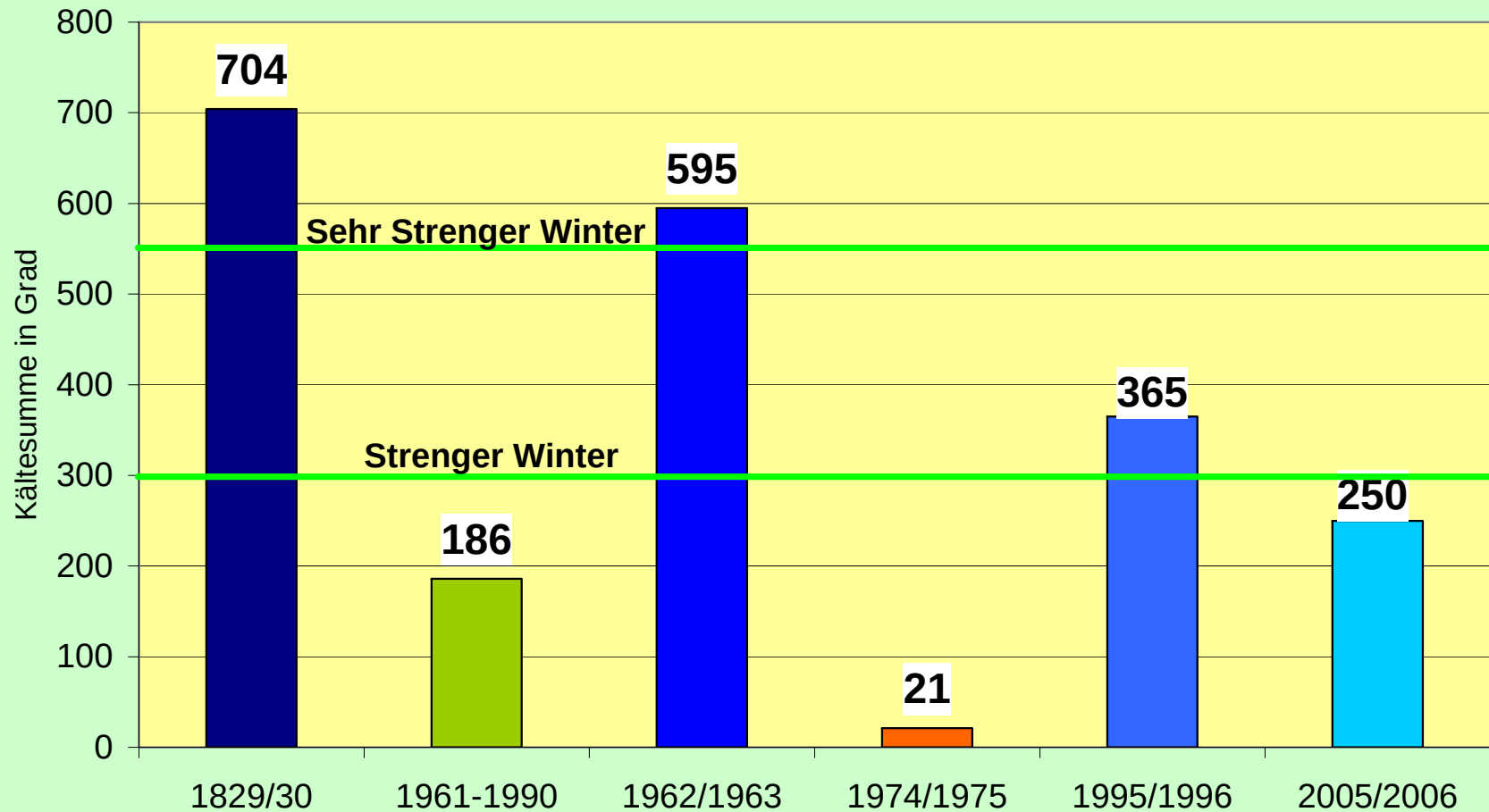
X IV ; EC-HAMS; A2; Mittel; 2071_2080; 2081_2090; 2091_2100; Mittel_Tempe; me1.Värder (DJF)



*Wird es in den nächsten Jahren
noch strenge Winter geben.....
Was zeigen eigene Untersuchungen?*



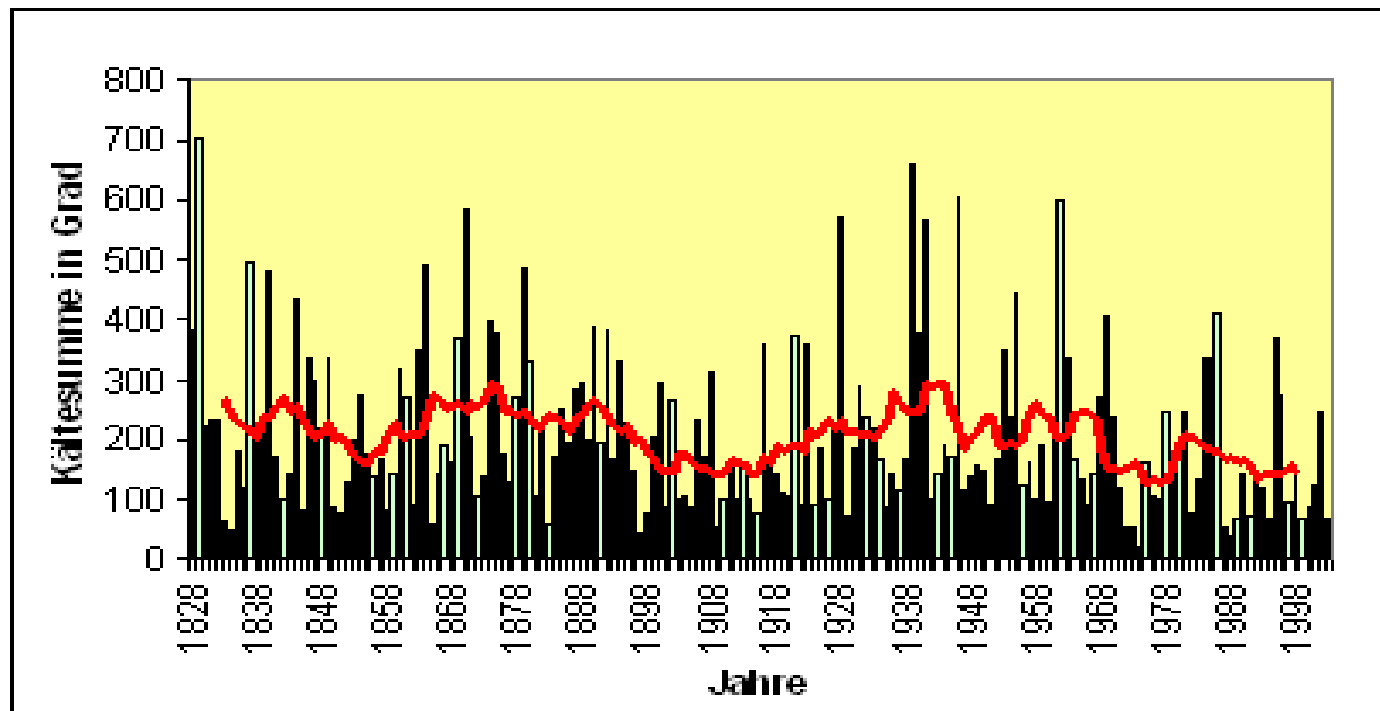
Kältesummen vom Raum Dresden



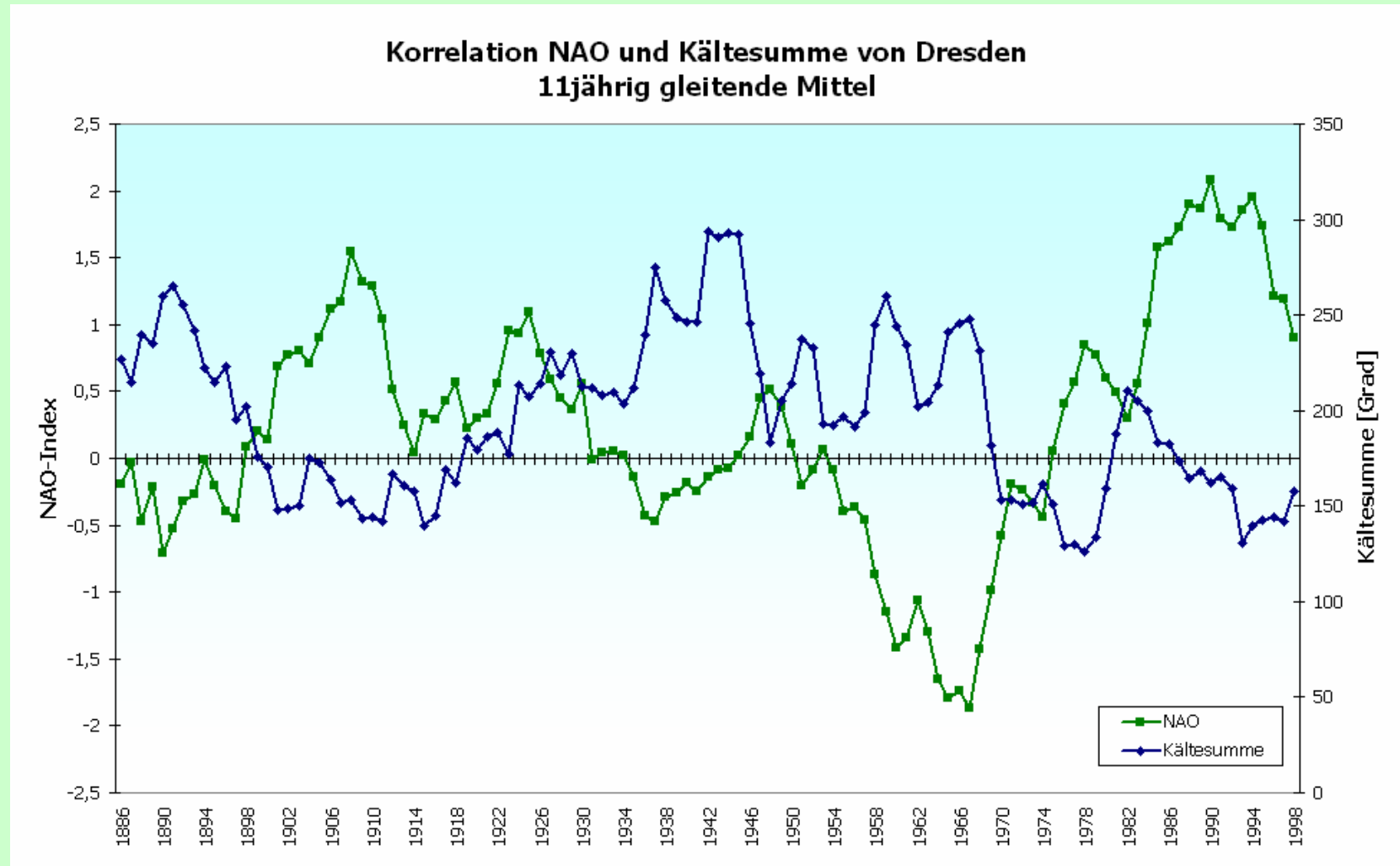
Quelle: LfUG



Kältesummen der Winterhalbjahre 1828/29 bis 2003/04 und 11-jährig gleitende Mittel für den Raum Dresden



Quelle: LfUG

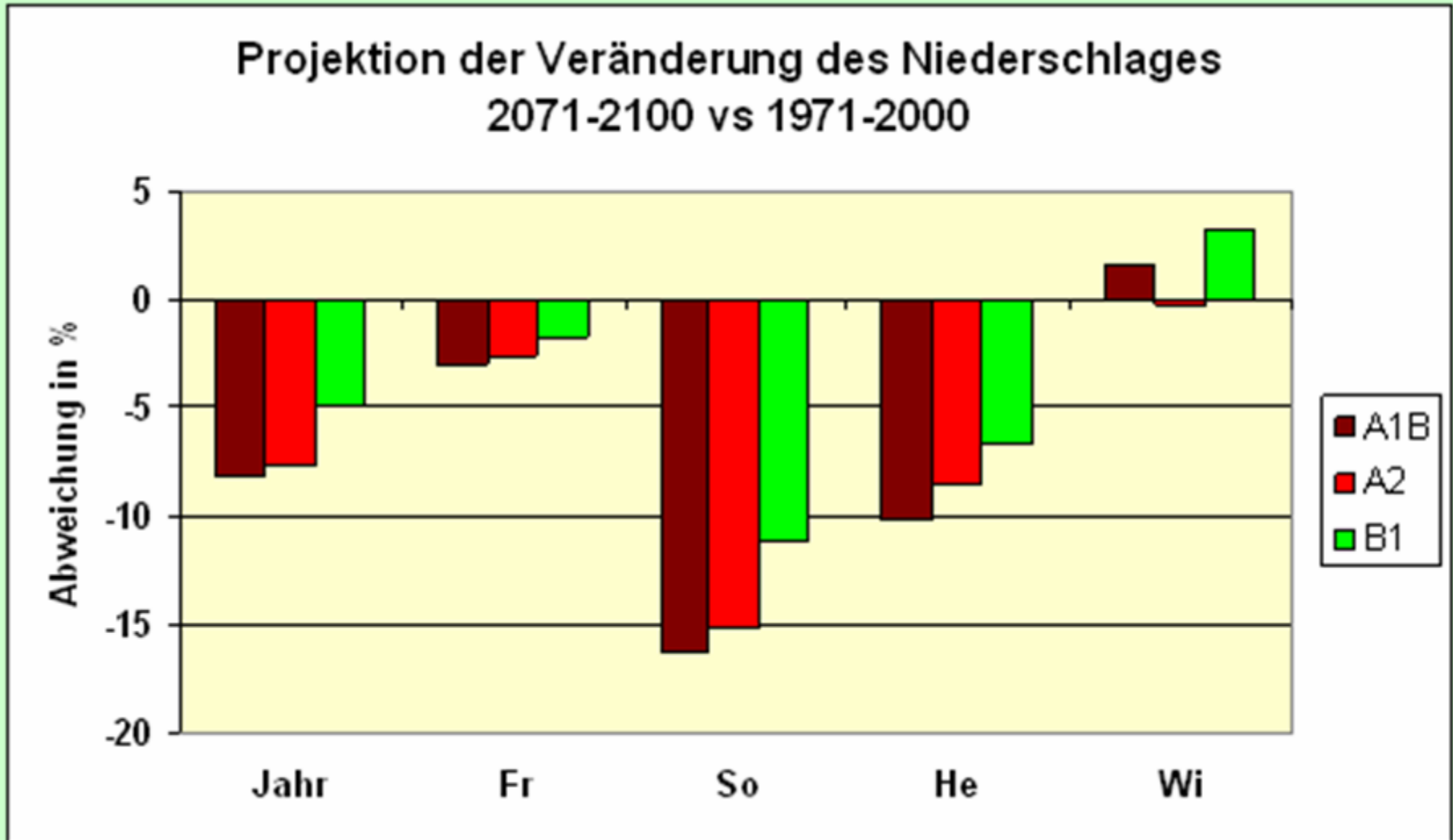


Quelle: LfUG



Niederschlag

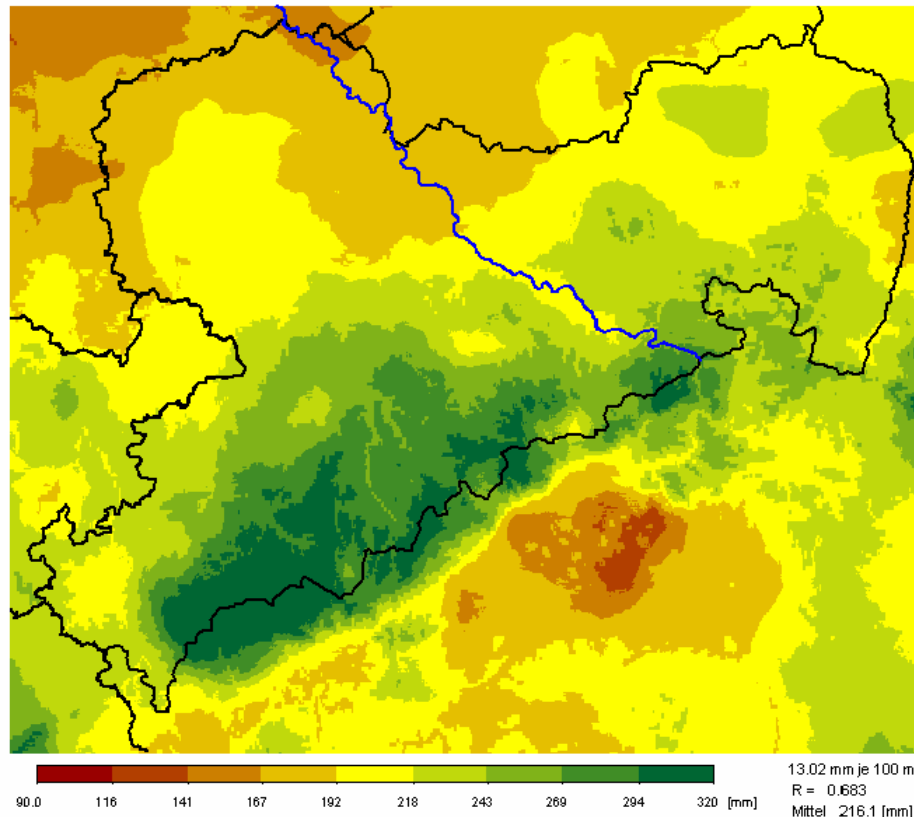




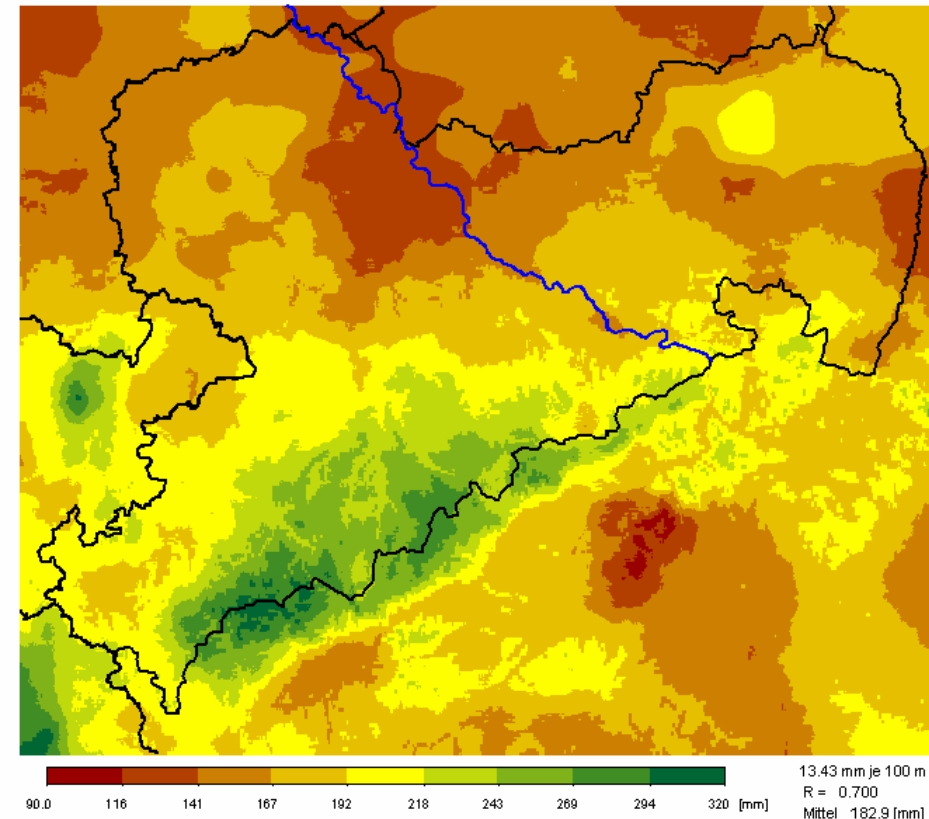
Quelle: LfUG

Projizierte mittlere Niederschlagshöhen 2081-2100 in Sachsen Monate JJA / Referenz 1981-2000

WEREX IV ; EC-HAMS; A2 ; Mittel; 1981_1990; 1991_2000; Niederschlag; mit L. Sommer (JJA)



WEREX IV ; EC-HAMS; A2 ; Mittel; 2081_2090; 2091_2100; Niederschlag; mit L. Sommer (JJA)



Dresden 2050: Palmen im Osten DIE ZEIT Nr. 47 vom 16. November 2006



.....übrigens breitet sich die Hanfpalme
gegenwärtig in einigen Gebieten der Schweiz aus

Resümee: **Trockenheit und Dürre ->
Voraussichtlich Problem Nr. 1 in Sachsen
im 21. Jahrhundert**

- **Gravierender Temperaturanstieg (stärkere Verdunstung)**
- **Markanter Rückgang der Niederschläge in der Vegetationsperiode**
- **Keine nennenswerte Zunahme der Winterniederschläge in Sachsen**
- **Rückgang der Niederschläge findet vor allem in Regionen statt, die a priori sehr wenig Niederschlag aufweisen (Nord- und Ostsachsen; südliches Brandenburg; Gebiete in Sachsen-Anhalt und Thüringen)**

Leiter des UNO-Umweltprogramms Achim Steiner (Nachfolger von Klaus Töpfer)



Die Beweise liegen nun auf dem Tisch.

Jetzt muss die Weltgemeinschaft endlich handeln. Wer nun noch untätig bleibt, wird als **verantwortungslos** in die Geschichte eingehen.

Der Klimawandel ist **die** Herausforderung des 21. Jahrhunderts.

***Besten Dank für die
Aufmerksamkeit***