



POTSDAM-INSTITUT FÜR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG



Neue Erkenntnisse zum Klimawandel und seinen möglichen Folgen

Prof. Dr. Manfred Stock

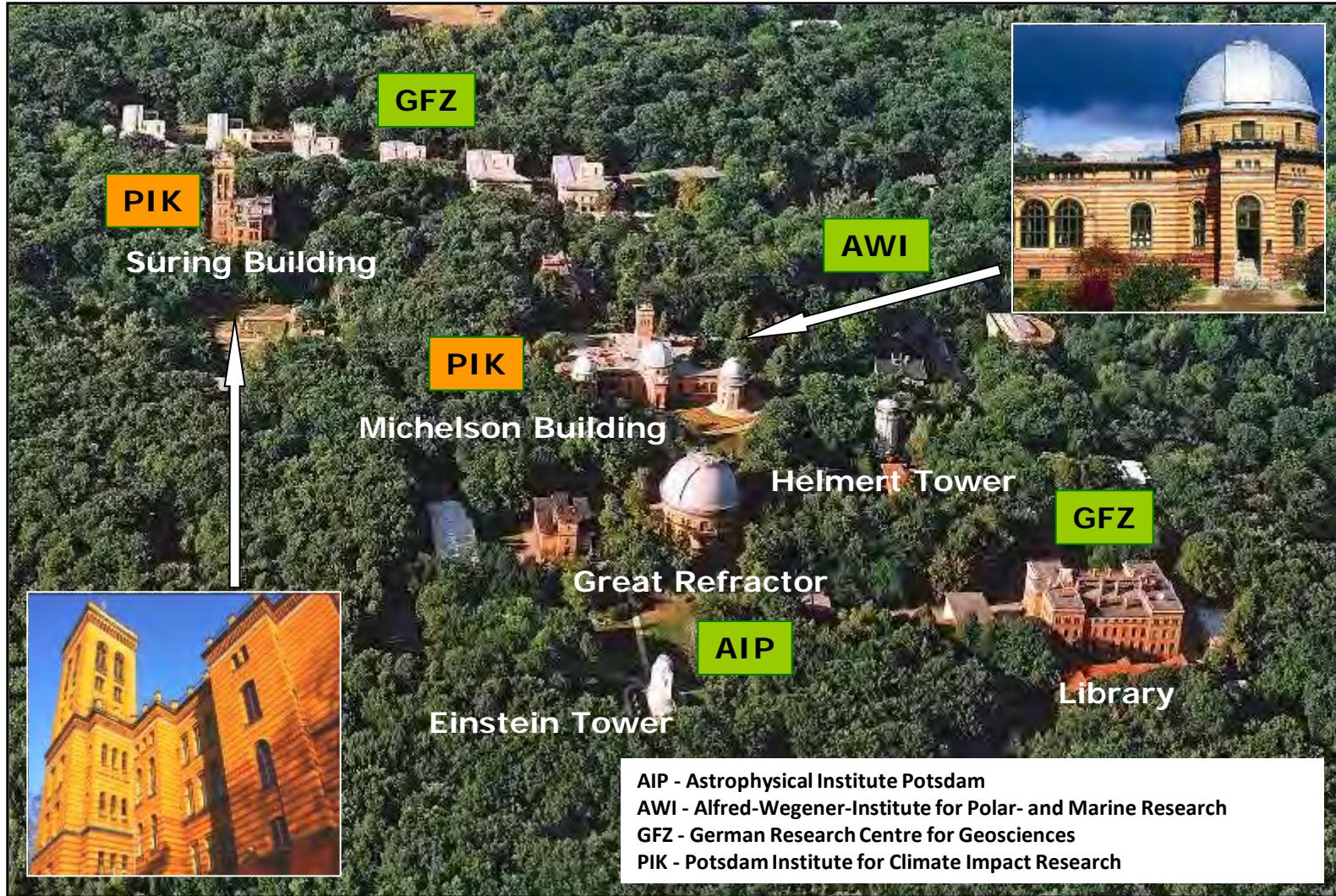
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK),
Forschungsbereich Klimawirkungen

**Vorlesung im Wahlpflichtkurs „Tourismus und Klimawandel,
Potsdam, 10. Juni 2014**

Neue Erkenntnisse zum Klimawandel und seinen möglichen Folgen

- I. Kurzvorstellung: Klimafolgenforschung am PIK**
- II. Computersimulationen mit Modellen:
von Wetterprognosen zu Klimaprojektionen**
- III. Einordnung des heutigen Klimawandels im
Vergleich zu Klimaänderungen in der Erdgeschichte**
- IV. Neue Erkenntnisse aus dem aktuellen fünften
Bericht des Weltklimarates IPCC**
- V. Zum Umgang mit den möglichen Folgen des
Klimawandels: Klimaschutz und Anpassung**

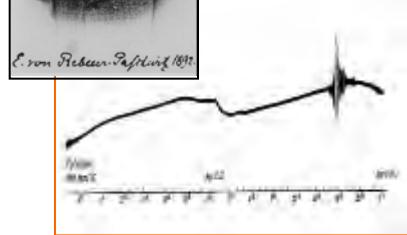
Telegraph Hill: Location



Telegraph Hill: Scientific Breakthroughs



Ernst von Rebeur-Paschwitz
1861-1895



1889 First Record of
Teleseismic Earthquake



1832/33 Opto-
Mechanical
Telegraph Line
Station No. 4
Potsdam

Secular Station Potsdam



Reinhard Süring
1866-1950



Albert Einstein
1879-1955



Karl Schwarzschild
1873-1916



1904 Interstellar Matter
Large Refractor



Johannes Hartmann
1865-1936



1870-1950 Potsdam Datum Point
Helmert Tower



1881 Michelson Experiment

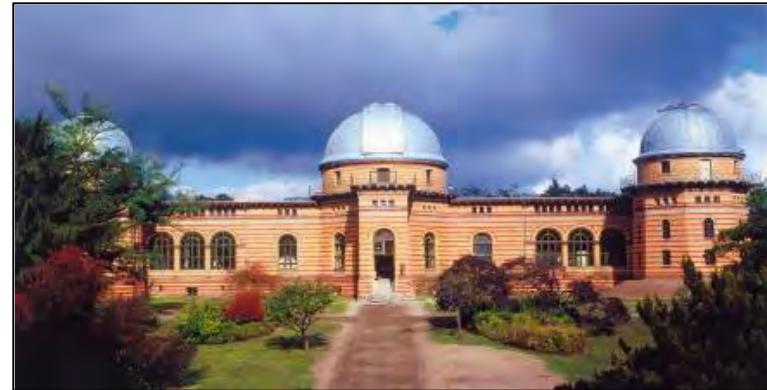


Albert Abraham Michelson, 1852-1931



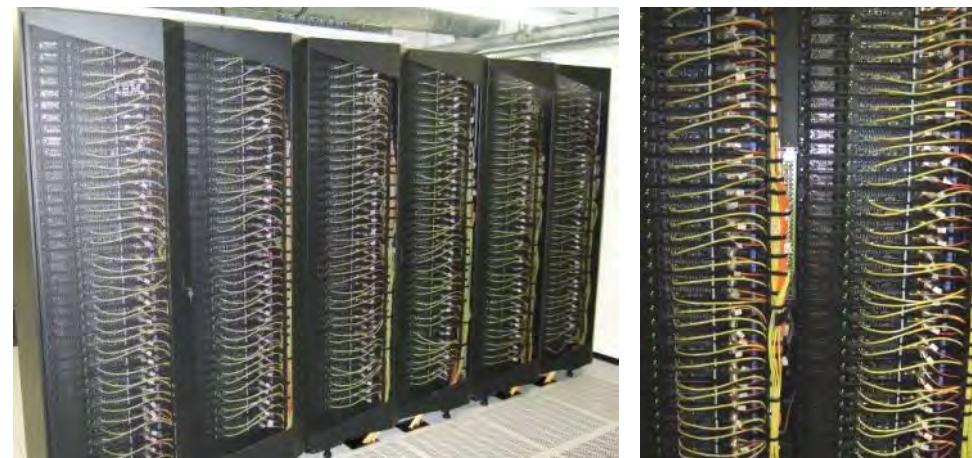
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

- Gründung 1992: 32 Mitarbeiter
- Situation 2013: 350 Mitarbeiter
Natur- & Sozialwissenschaften
- Institutionelle Förderung je 50%
Wissenschaftsetat Bund/Land
Leibniz-Gemeinschaft
- **Forschungsbereiche am PIK:**
 1. Erdsystemanalyse
 2. Klimawirkung und Vulnerabilität
 3. Nachhaltige Lösungsstrategien
 4. Transdisziplinäre Konzepte
& Methoden

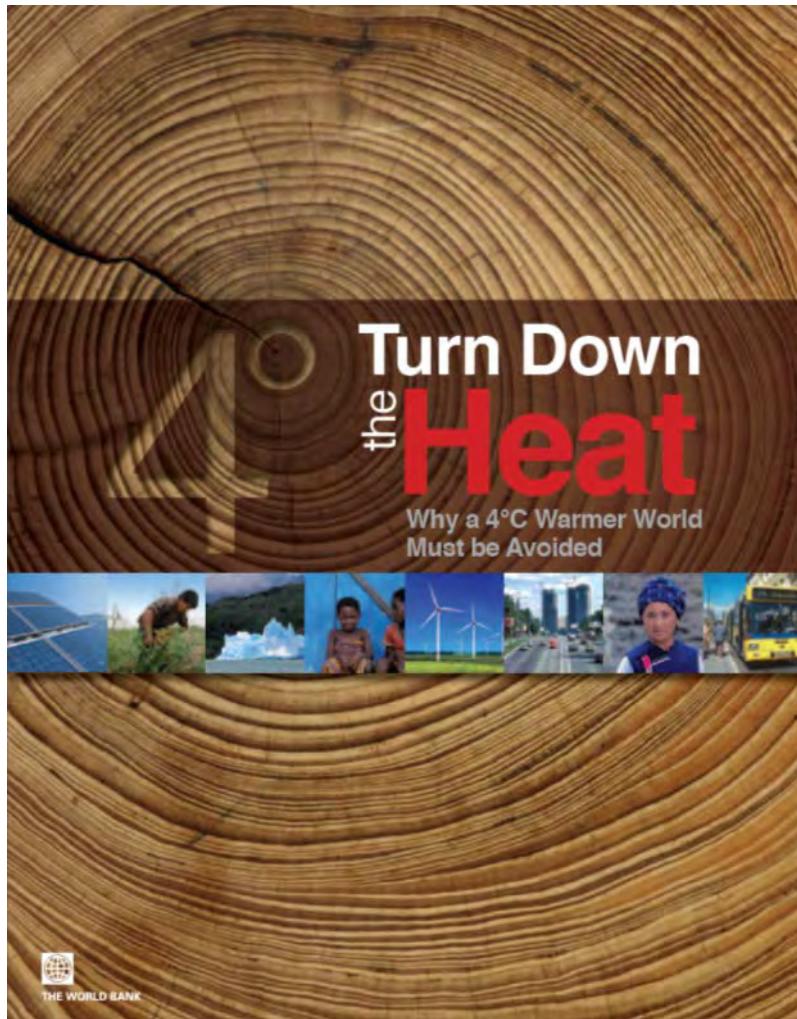


PIK: iDataPlex computer

- Supercomputer with IBM iDataPlex
- Processing Power: 30 teraflops
(30 trillions calculations per second)
- New computer-based simulation methods
(extreme, short-term phenomena such as torrential rain or drought)
- Integration of supercomputer power und energy efficiency



Bericht für die Weltbank



November 2012

Ein Bericht des Potsdam-Instituts für
Klimafolgenforschung für die Weltbank

Hans Joachim Schellnhuber, William Hare, Olivia Serdeczny,
Sophie Adams, Dim Coumou, Katja Frieler, Maria Martin, Ilona
M. Otto, Mahé Perrette, Alexander Robinson, Marcia Rocha,
Michiel Schaeffer, Jacob Schewe, Xiaoxi Wang, and Lila
Warszawski

Frage: Ist eine erfolgreiche Anpassung
an eine globale Erwärmung von 4 Grad
möglich und machbar?

Antwort: höchstwahrscheinlich nicht!

Nonlinear detection of paleoclimate-variability transitions possibly related to human evolution

Jonathan F. Donges^{a,b,1}, Reik V. Donner^{a,c}, Martin H. Trauth^d, Norbert Marwan^a, Hans-Joachim Schellnhuber^a, and Jürgen Kurths^{a,b,e}

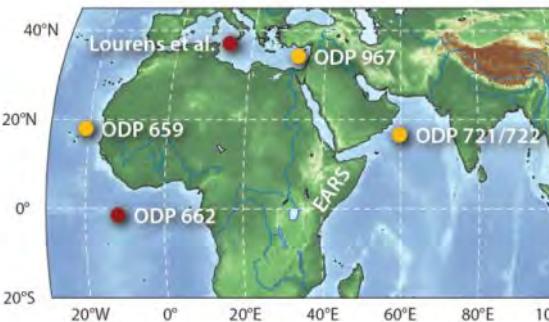


Fig. 1. Map displaying the locations of the marine sediment cores analyzed in this study (orange; ODP 659 (East Atlantic) (34), 721/722 (Arabian Sea) (1, 2), and 967 (Eastern Mediterranean Sea) (66)). In addition, locations of additional complementary records of Pleistocene climate evolution (red) in the Atlantic (ODP site 662 (61)) and the Mediterranean (composite sequence of marine sediments at the Sicilian and Calabrian coast (69)) as well as the East African Rift System (EARS) are shown.

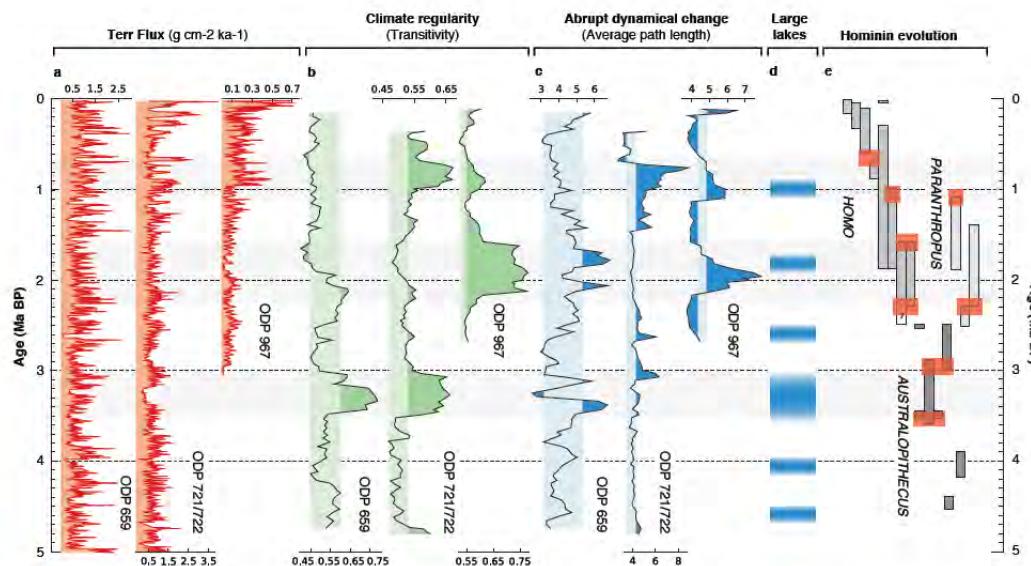


Fig. 2. (a) Terrestrial dust flux records from the three considered ODP sites (1, 2, 34, 66). (b, c) Results of RN analysis of the three dust flux records including 90% confidence bands (vertical shadings) of a stationarity test (SI text). Comparing both measures for all records reveals significant and synchronous large-scale regime shifts in dust flux dynamics (horizontal shadings). (d) Time intervals with geological evidence for large lakes in East Africa, comprising collected information from different areas in the EARS (3) and additional results from the Afar basin (65, 70). (e) Major known steps of human evolution in East Africa (simplified from (3)). Red bars indicate epochs where the possible emergence and/or extinction of known hominin species coincides with detected climate transitions (SI text).

6 | www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0709640104

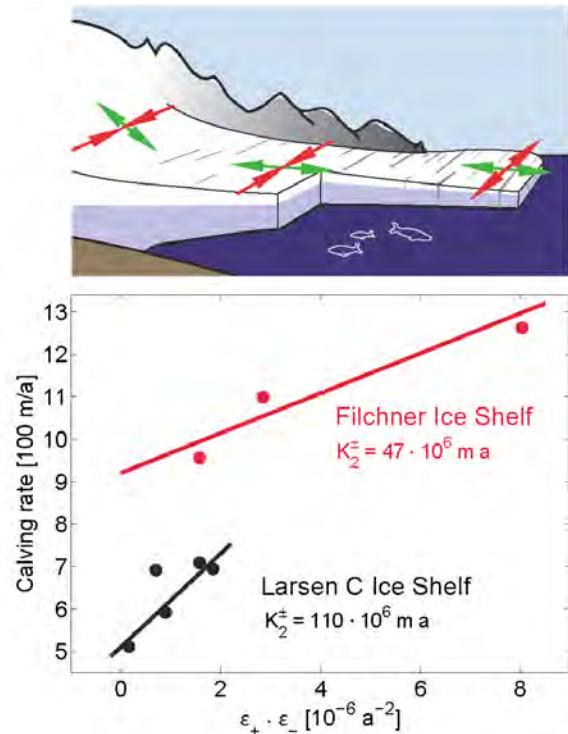
Footline Author

Paranthropus - nutcracker specialist - died out while generalist (*homo sapiens*) survived

www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1117052108

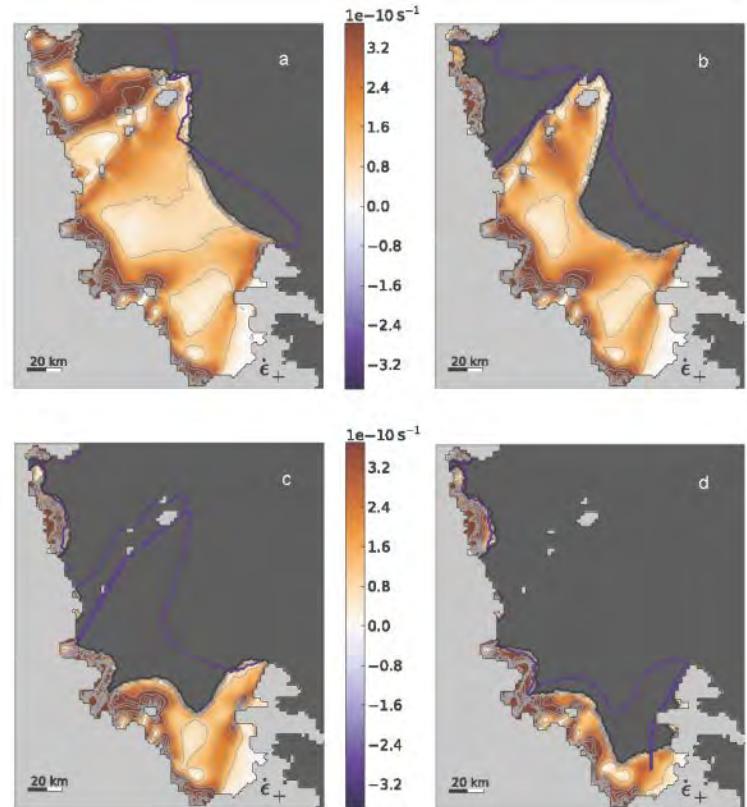
Kinematic first-order calving law implies potential for abrupt ice-shelf retreat

A. Levermann, T. Albrecht, R. Winkelmann, M. A. Martin, M. Haseloff and I. Joughin



Concept of eigen-calving –

- (a) Schematic illustrating proposed kinematic calving law.
- (b) The observed calving rate increases with the product of the two eigenvalues.



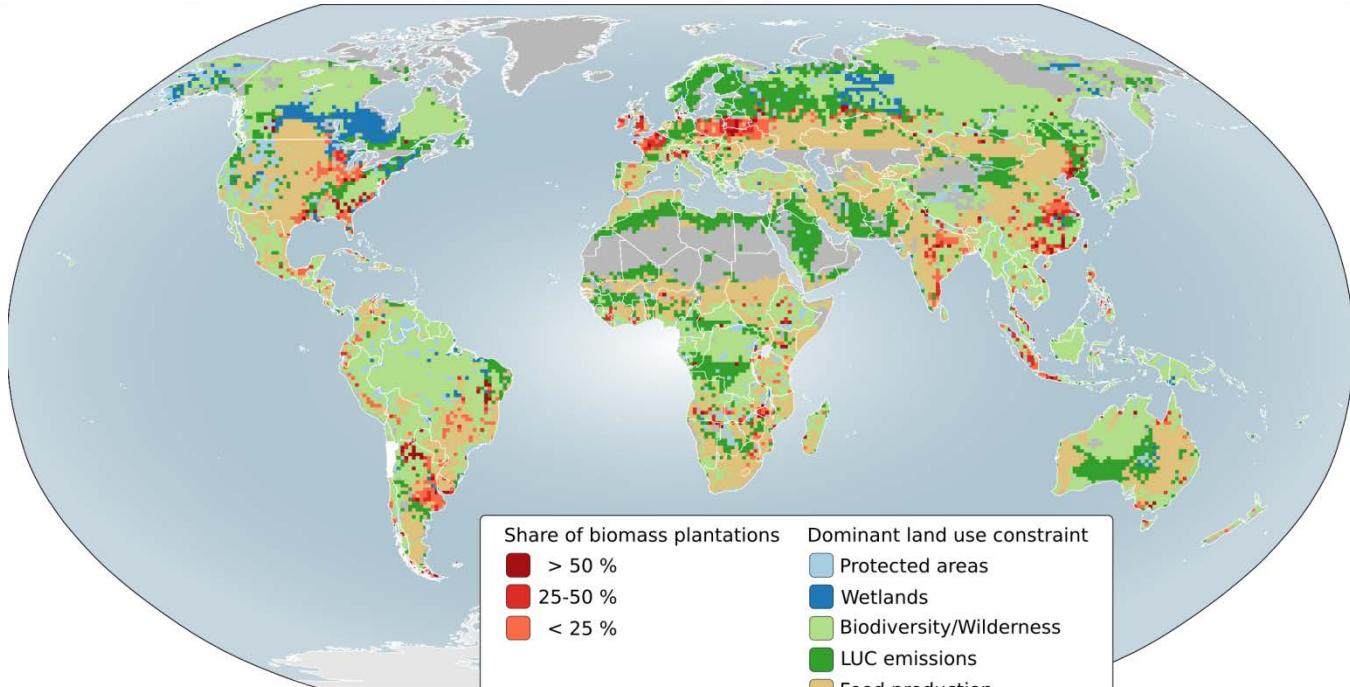
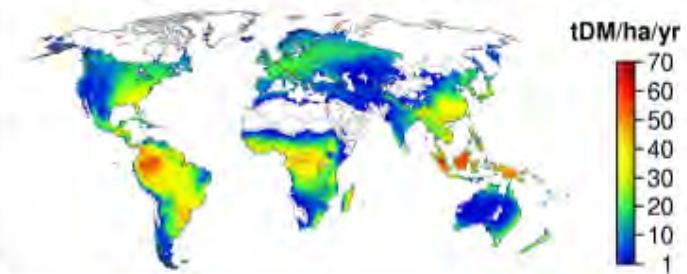
Simulation of multiple stable calving front position of ice shelves Larsen A and B..

Sustainable global bioenergy potential

Exclusion of areas
valuable for
climate protection,
biodiversity
and food production



Biosphere model



D. Gerten

Energy from biomass pays even with forest protection in the long term

- 08/18/2011 - Forest protection – safeguarding woodland from being cleared and converted to fields for energy crops – reduces the global economic potential of bioenergy only in the short term. If less additional land is available for cultivation, this can be compensated by higher rates of yield-raising investments.



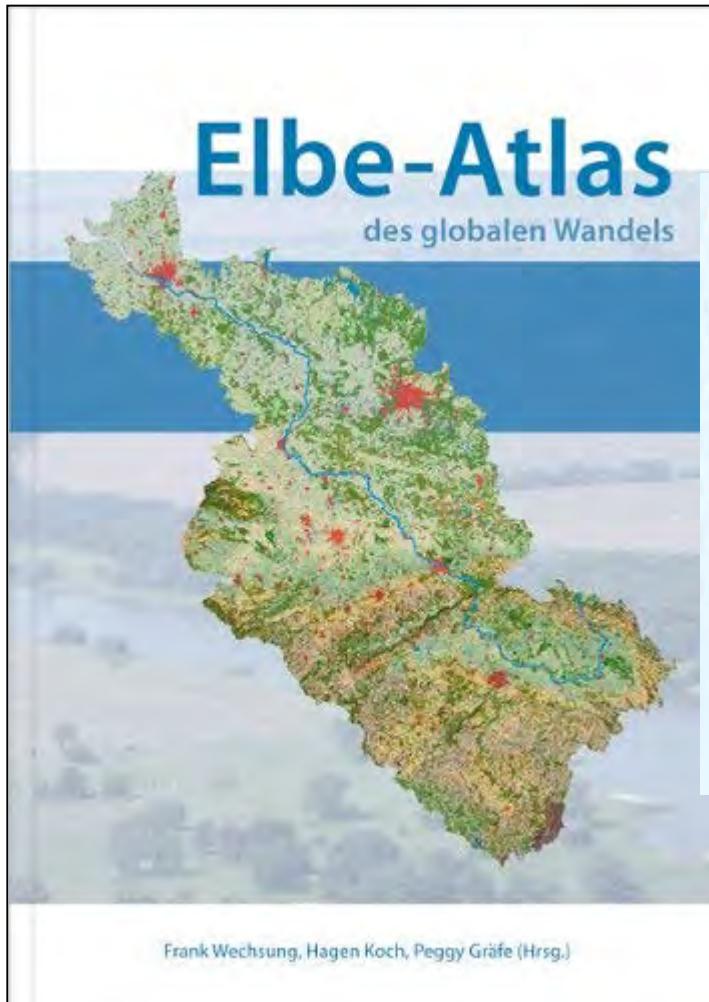
Climate risks of bioenergy underestimated

- 03/08/2012 - Energy from biomass presents underappreciated risks, new research published in Nature Climate Change shows.

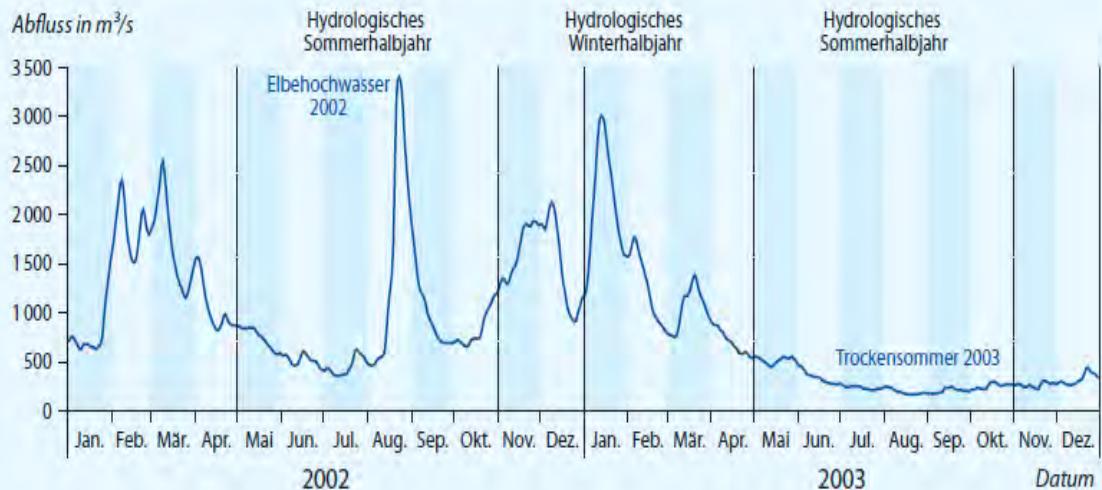
<http://www.pik-potsdam.de/news/press-releases>

GLOWA-Elbe

Auswirkungen des globalen Wandels auf Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet

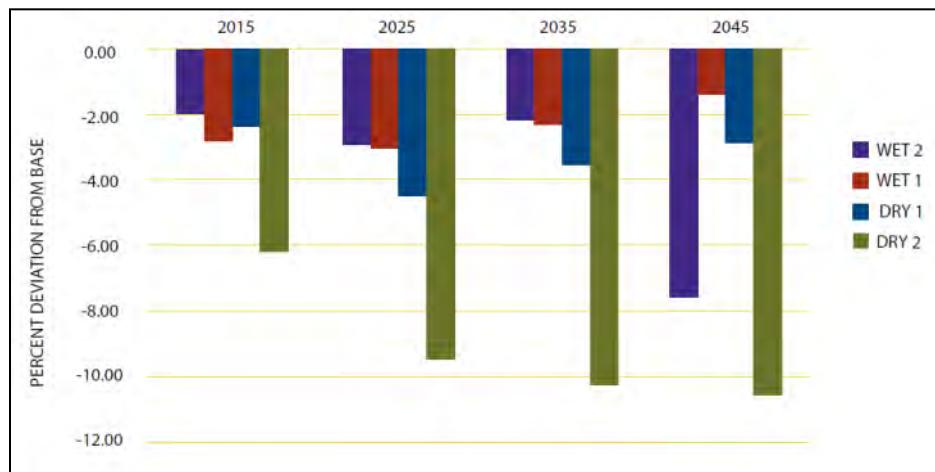
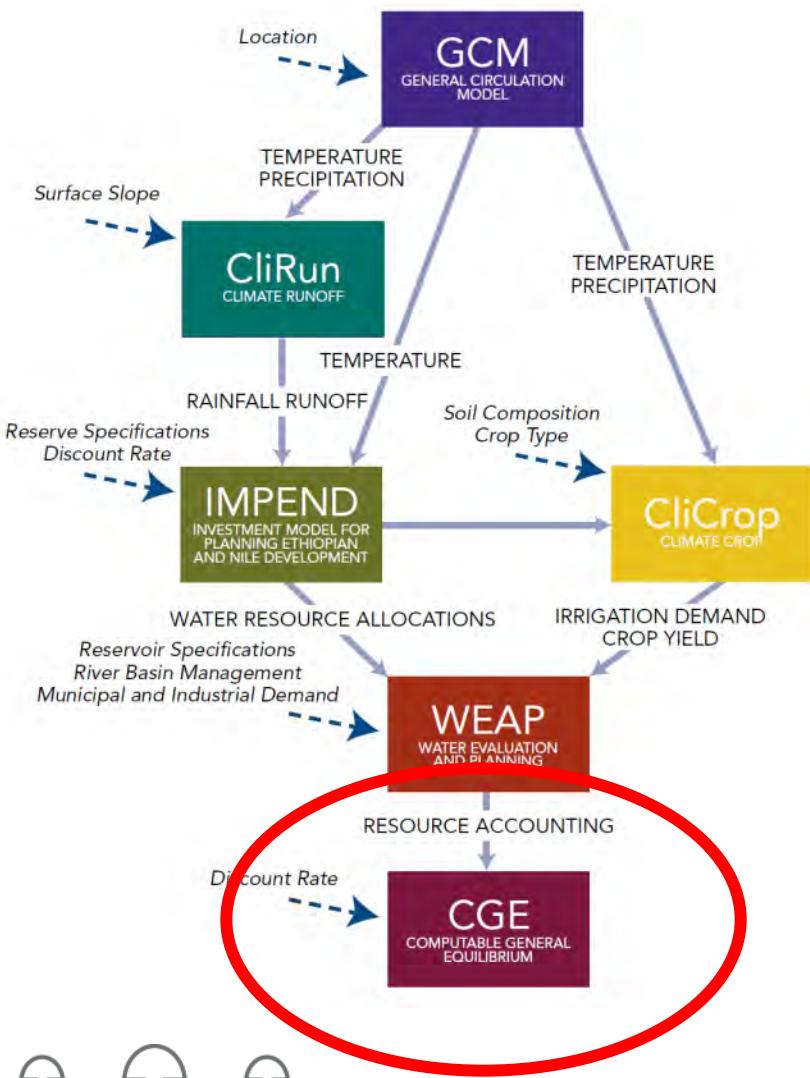


2 Jahresgang der Abflüsse am Pegel Neu Darchau/Elbe 2002-2003



Wechsung, Frank; Koch, Hagen; Gräfe, Peggy
(Hrsg.), Weißensee-Verlag, Dez. 2011, 102 Seiten
<http://www.glowa-elbe.de/>

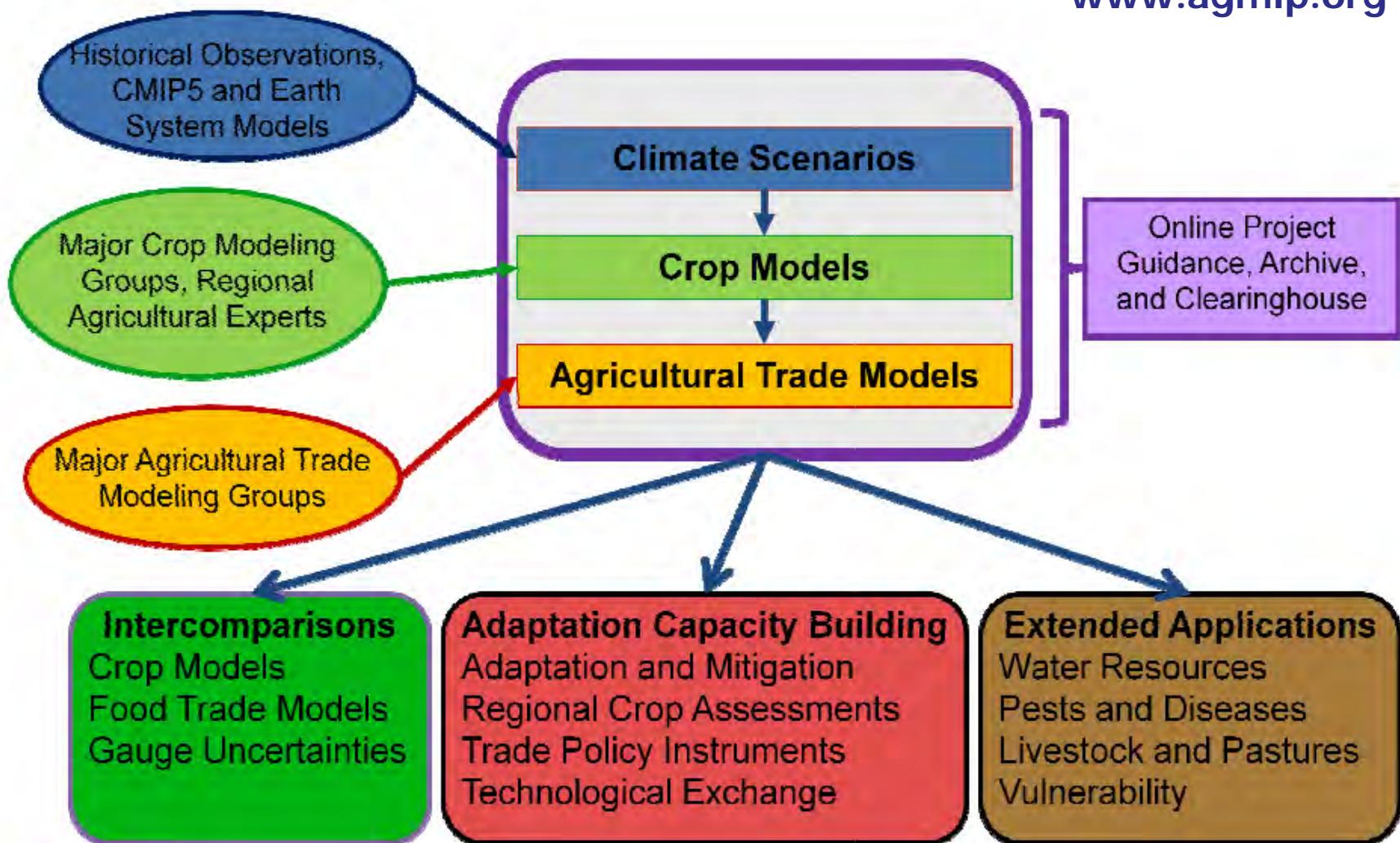
How can multi-sector biophysical impacts be translated into aggregated socio-economic damages?



World Bank, 2011

AgMIP: Agricultural Model Intercomparison Project

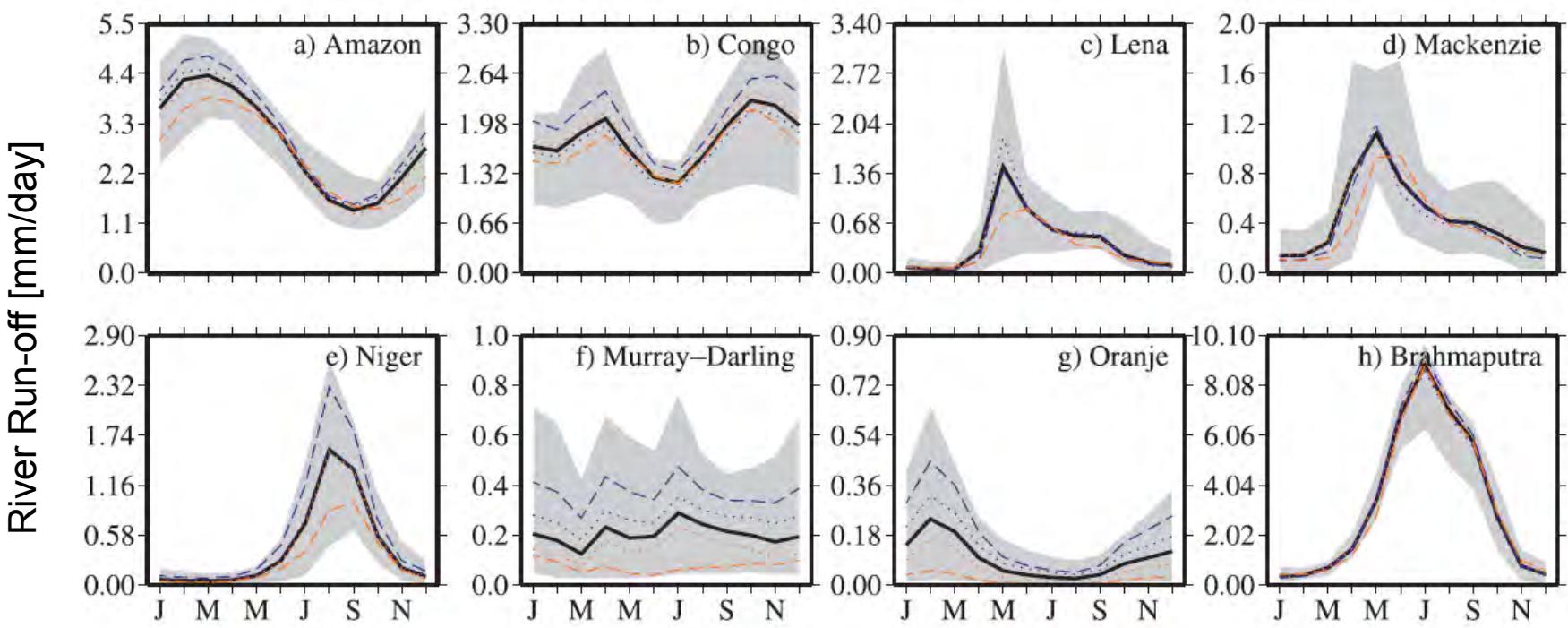
www.agmip.org



ISI-MIP: Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project

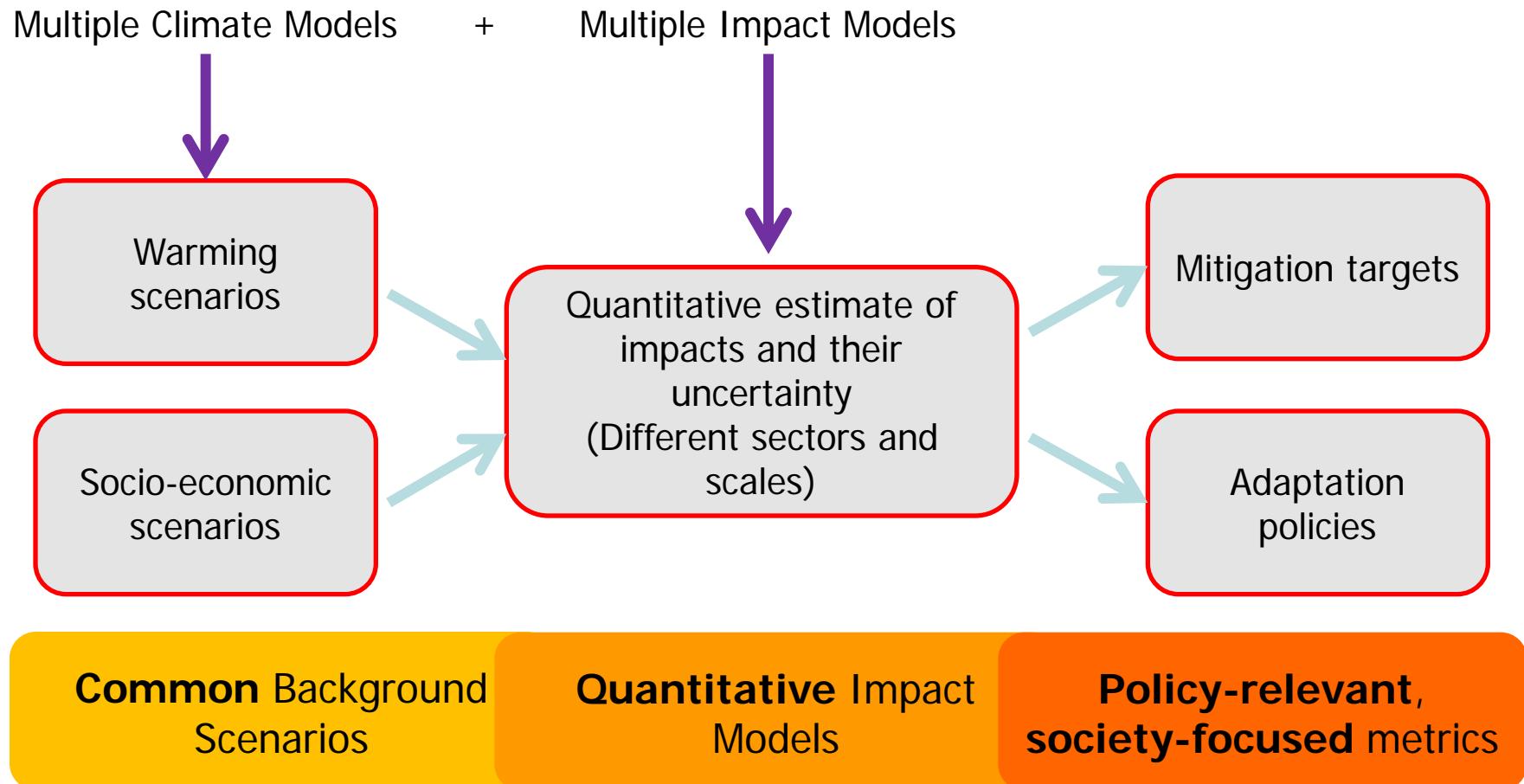
Comprehensive assessment of uncertainties

Inter-model spread of up to 200% of median



WaterMIP: Haddeland, 2011

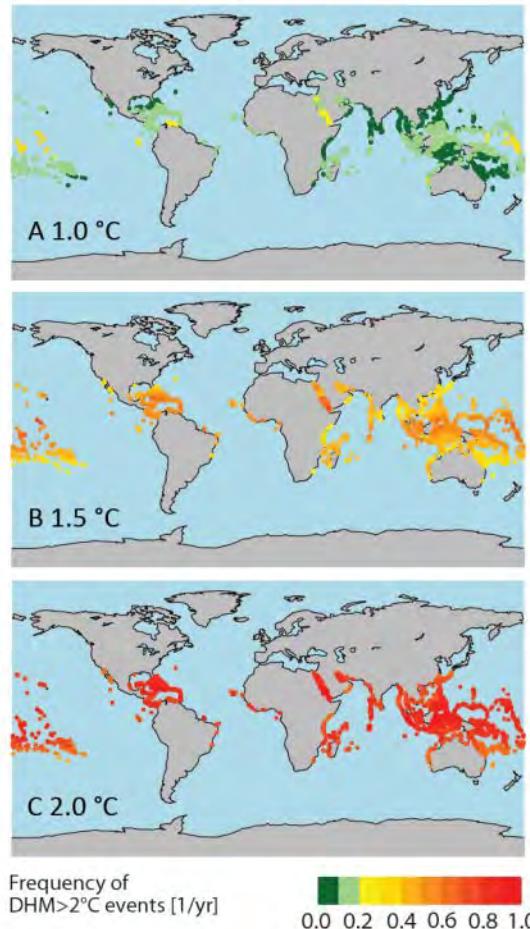
The ISI-MIP idea



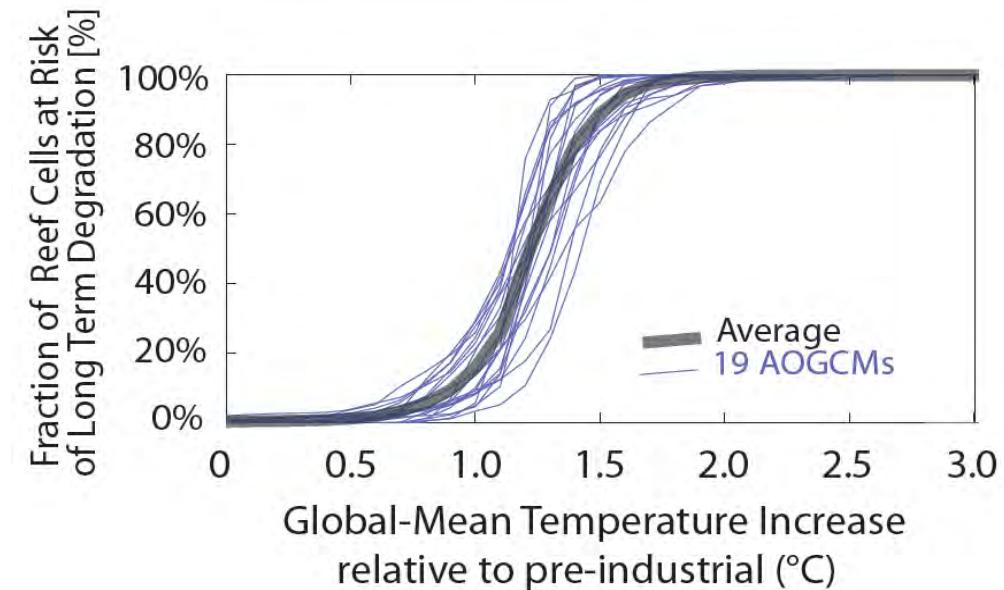


ISI-MIP: Synthesis of impacts and uncertainties at different levels of global warming

Frieler et al., submitted

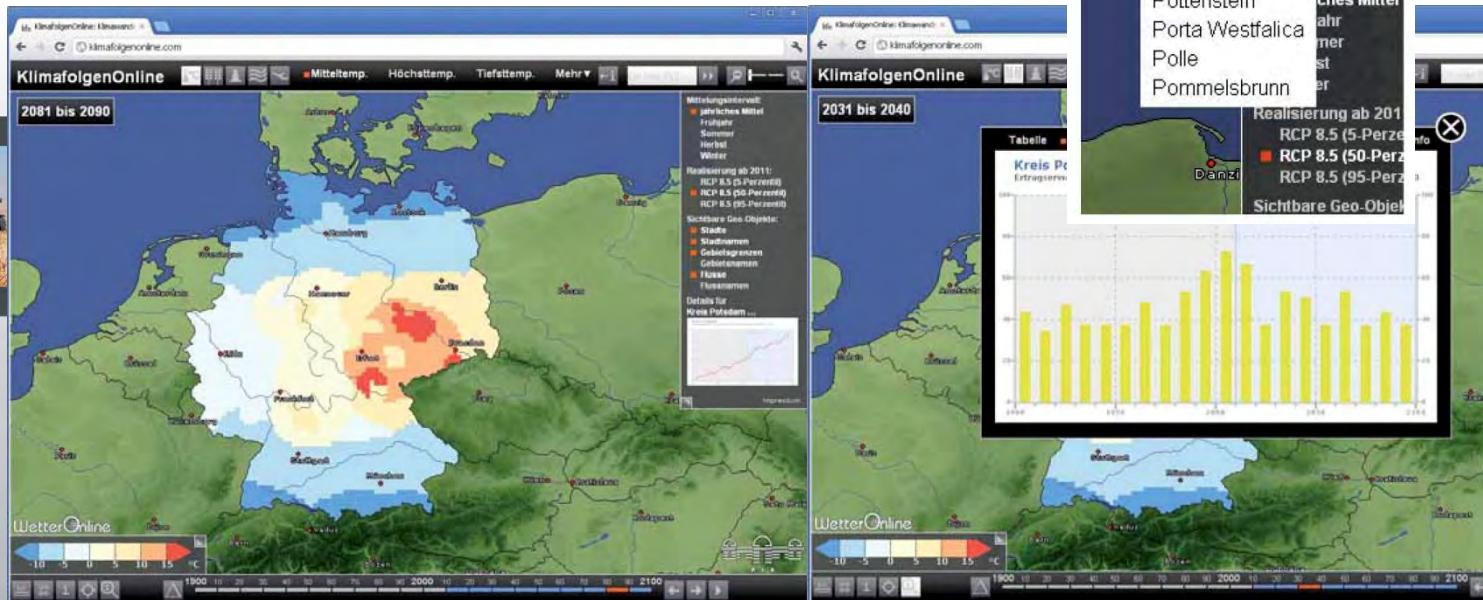


Number of reef cells at risk of long term degradation



Frequency of coral bleaching events at different levels of global warming

Web Portal KlimafolgenOnline



KLIMAWANDEL
UND KLIMAFOLGEN
VERSTÄNDLICH
VERMITTELN

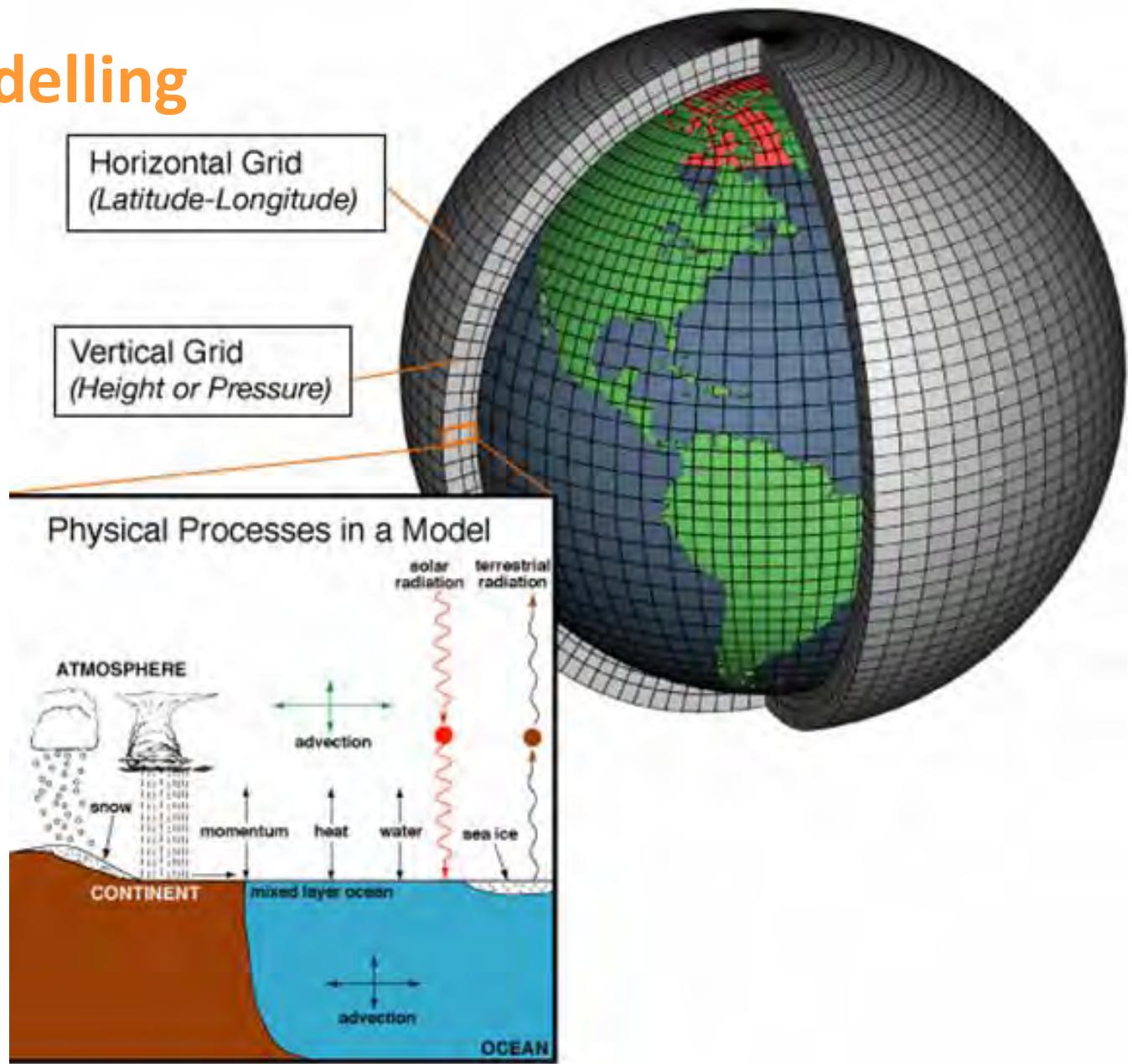
-> online seit 1. Dezember 2012
www.KlimafolgenOnline.com



Neue Erkenntnisse zum Klimawandel und seinen möglichen Folgen

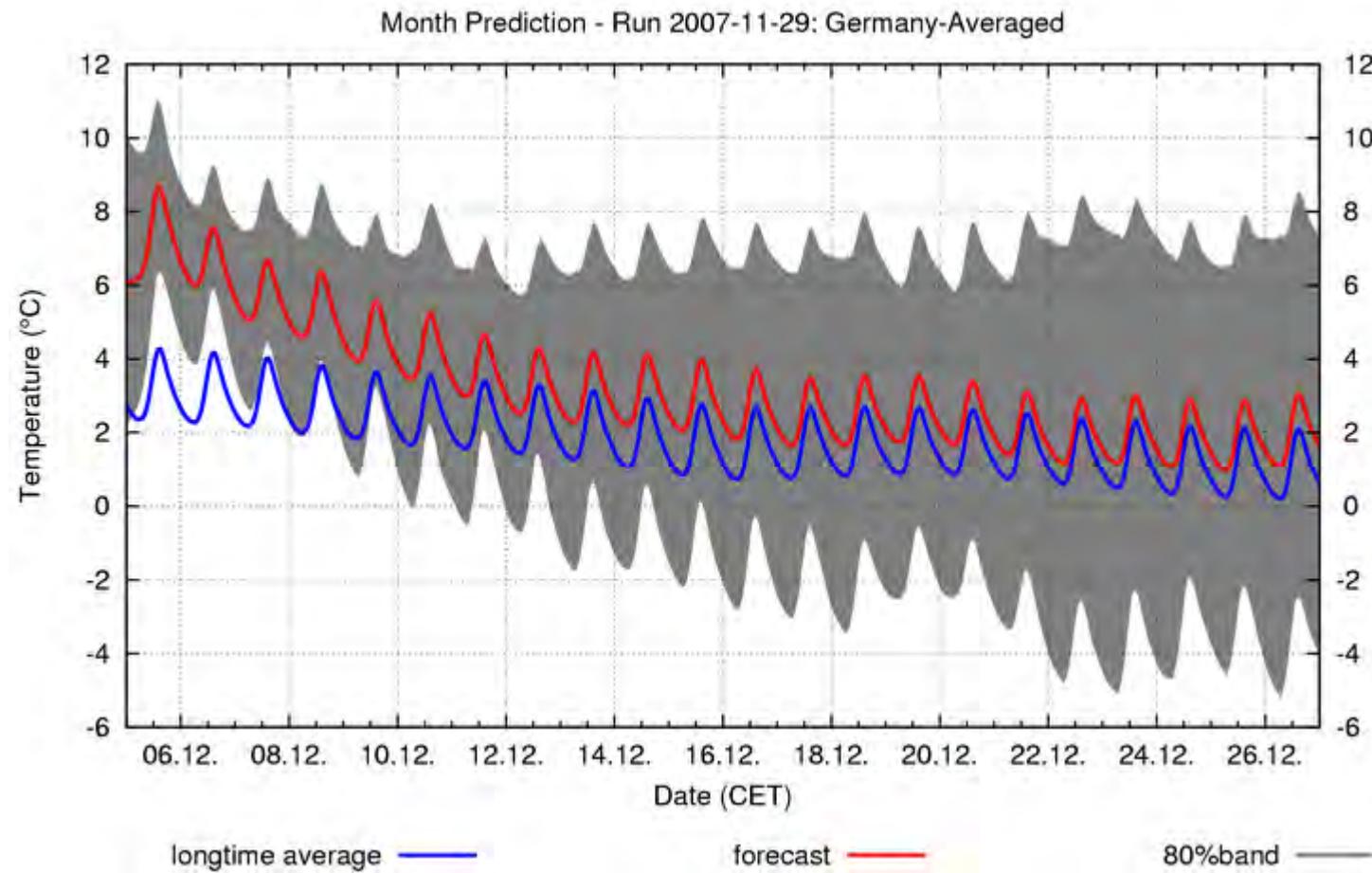
- I. Kurzvorstellung: Klimafolgenforschung am PIK**
- II. Computersimulationen mit Modellen:
von Wetterprognosen zu Klimaprojektionen**
- III. Einordnung des heutigen Klimawandels im
Vergleich zu Klimaänderungen in der Erdgeschichte**
- IV. Neue Erkenntnisse aus dem aktuellen fünften
Bericht des Weltklimarates IPCC**
- V. Zum Umgang mit den möglichen Folgen des
Klimawandels: Klimaschutz und Anpassung**

Climate Modelling



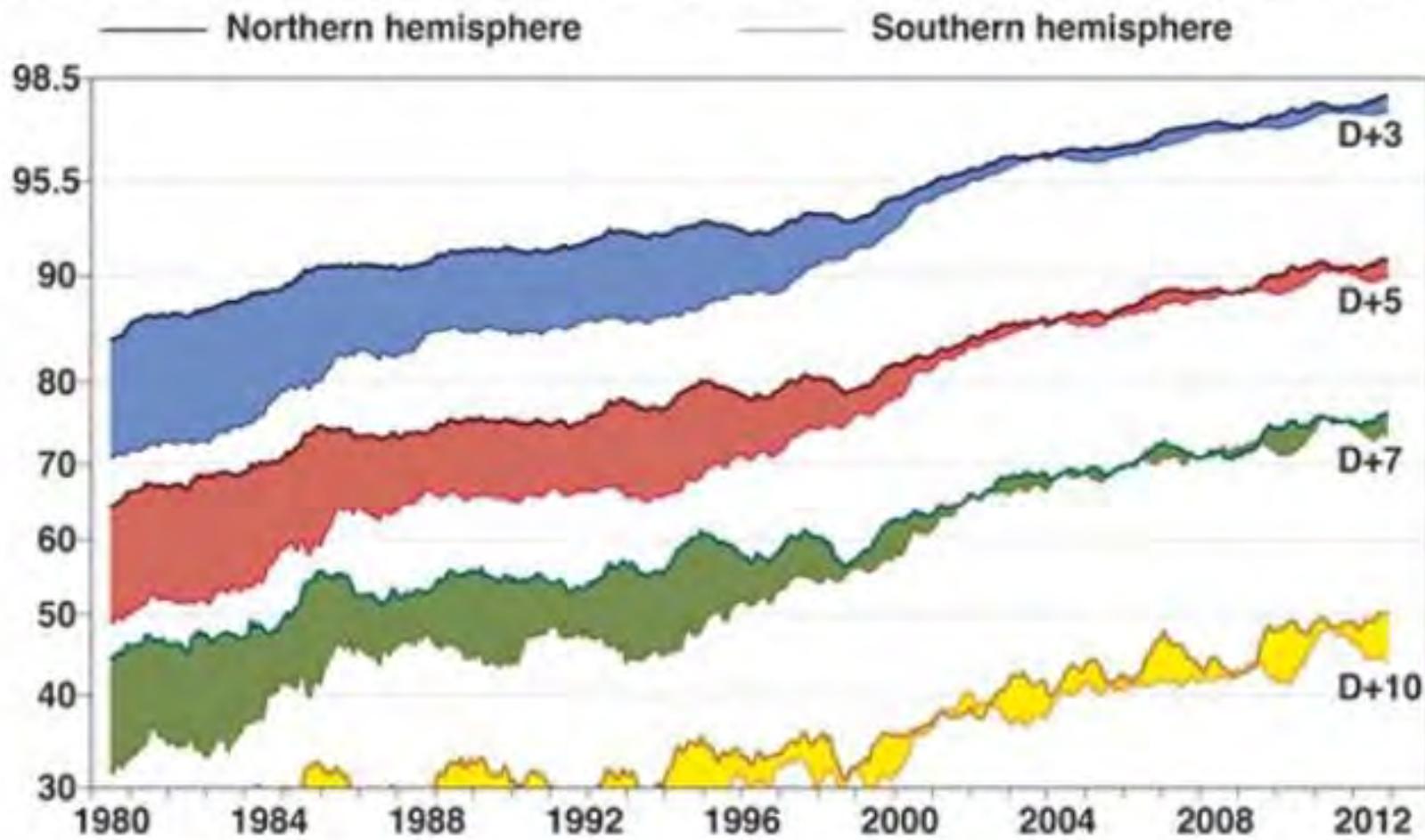
Wettervorhersage

28-Tages-Prognose, gemittelt für Deutschland: von 'viel zu mild' in Richtung 'etwas zu mild' mit großer Unsicherheit (www.wetter24.de)



Verbesserungen von Wettervorhersagen

Twelve-month running means of anomaly correlation (%) of 500hPa height forecasts



Source: European Center for Medium-Range Weather Forecasts

What is Climate?

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Climate in a narrow sense is usually defined as the “**average weather**”, or more rigorously, as the statistical description in terms of the mean and variability of relevant quantities over a period of time ranging from months to thousands or millions of years. The classical period is **30 years**, as defined by the World Meteorological Organization (WMO). These quantities are most often surface variables such as temperature, precipitation, and wind. Climate in a wider sense is the state, including a statistical description, of the climate system.

Lässt sich die Zukunft vorhersagen?

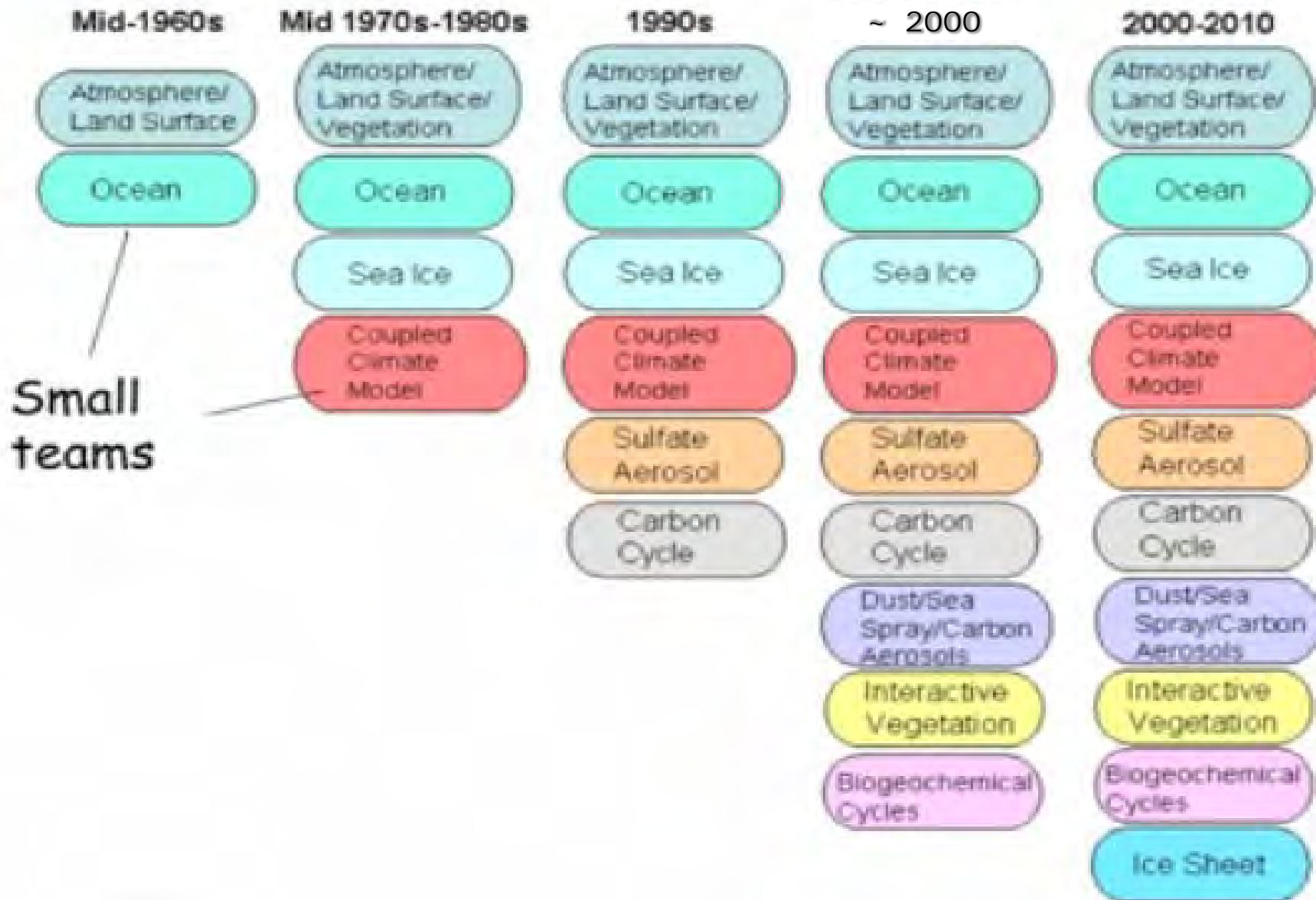
„Prognosen sind schwierig,
besonders wenn sie die Zukunft betreffen.“

zugeschrieben Niels Bohr, Karl Valentin, Mark Twain, Winston Churchill u.a.

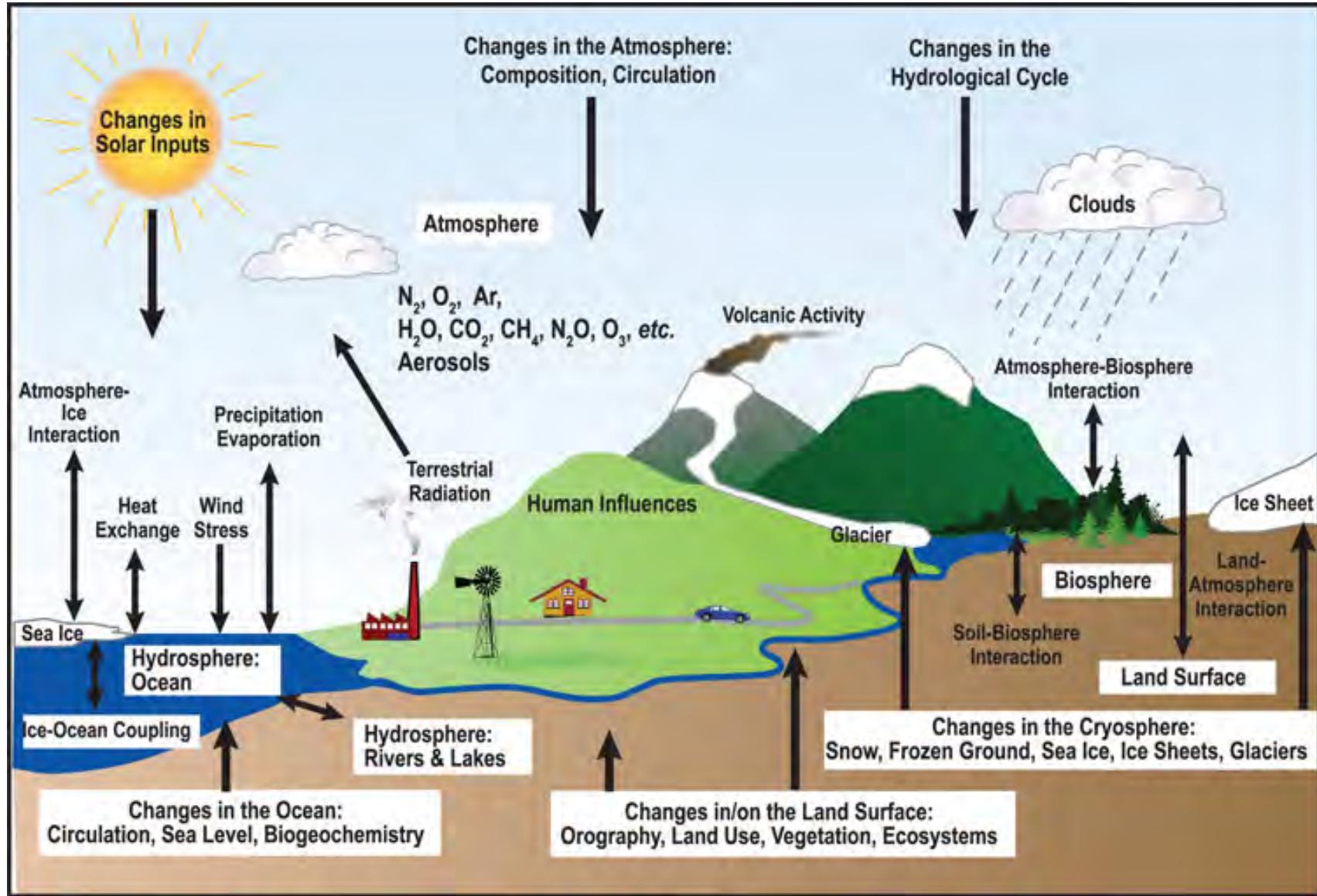
„Die beste Art, die Zukunft vorauszusagen,
ist, die Zukunft zu erfinden“.

Alan Kay, Informatiker

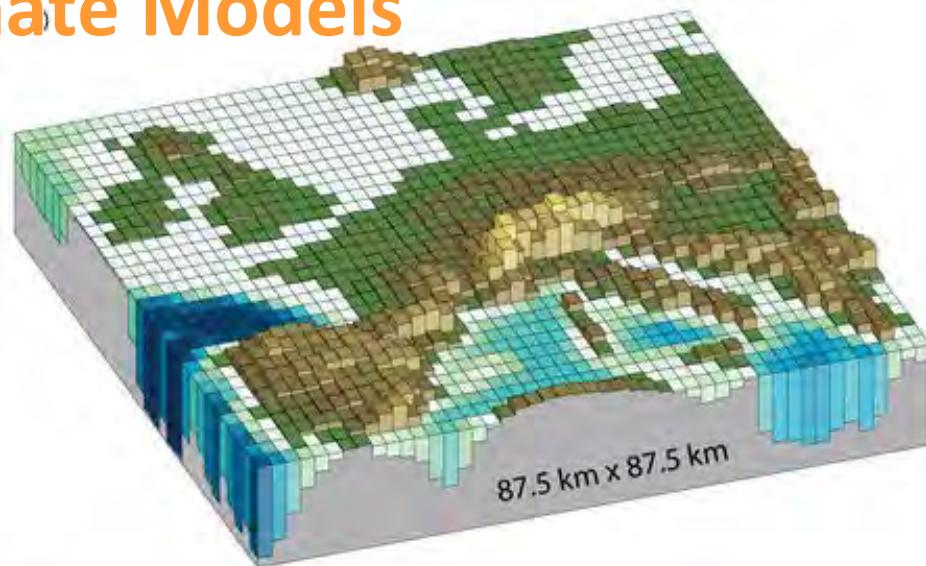
Timeline of Climate Model Development



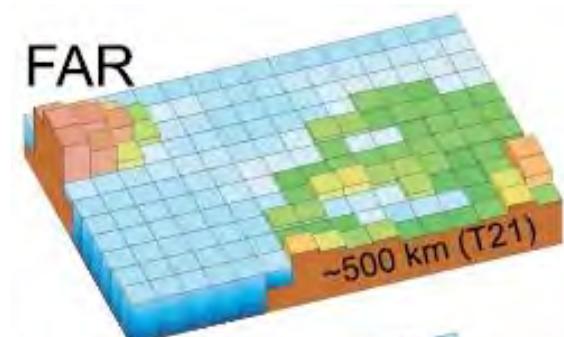
Climate Modelling (IPCC)



Horizontal Resolution (Grids) of Climate Models



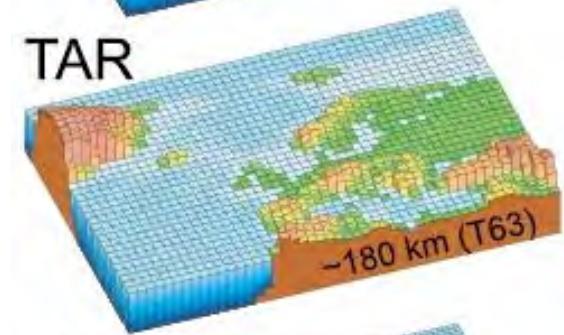
AR5



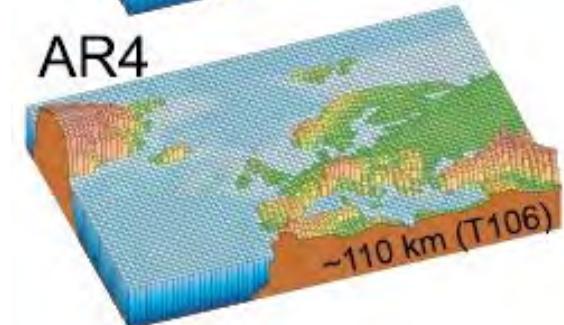
SAR



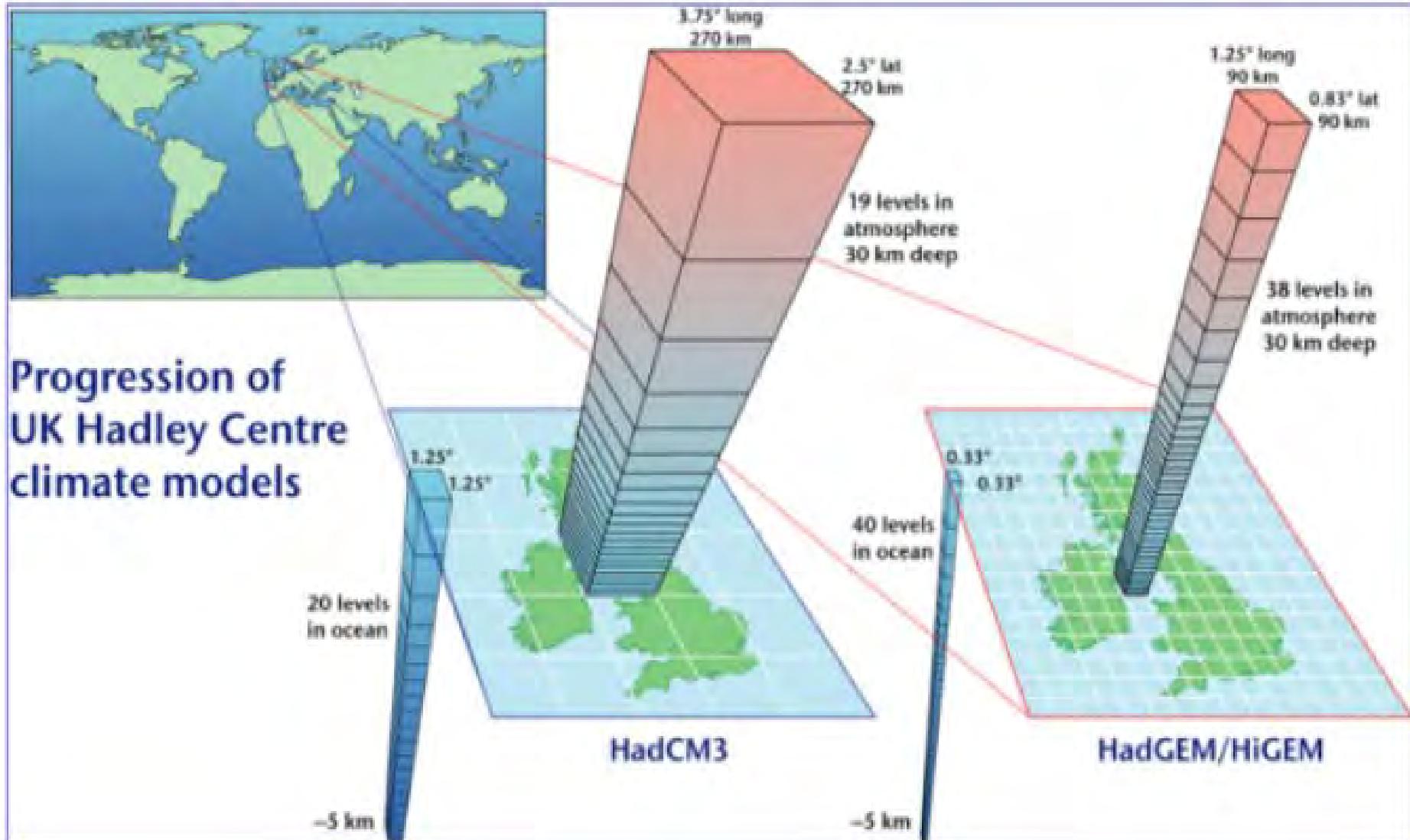
TAR



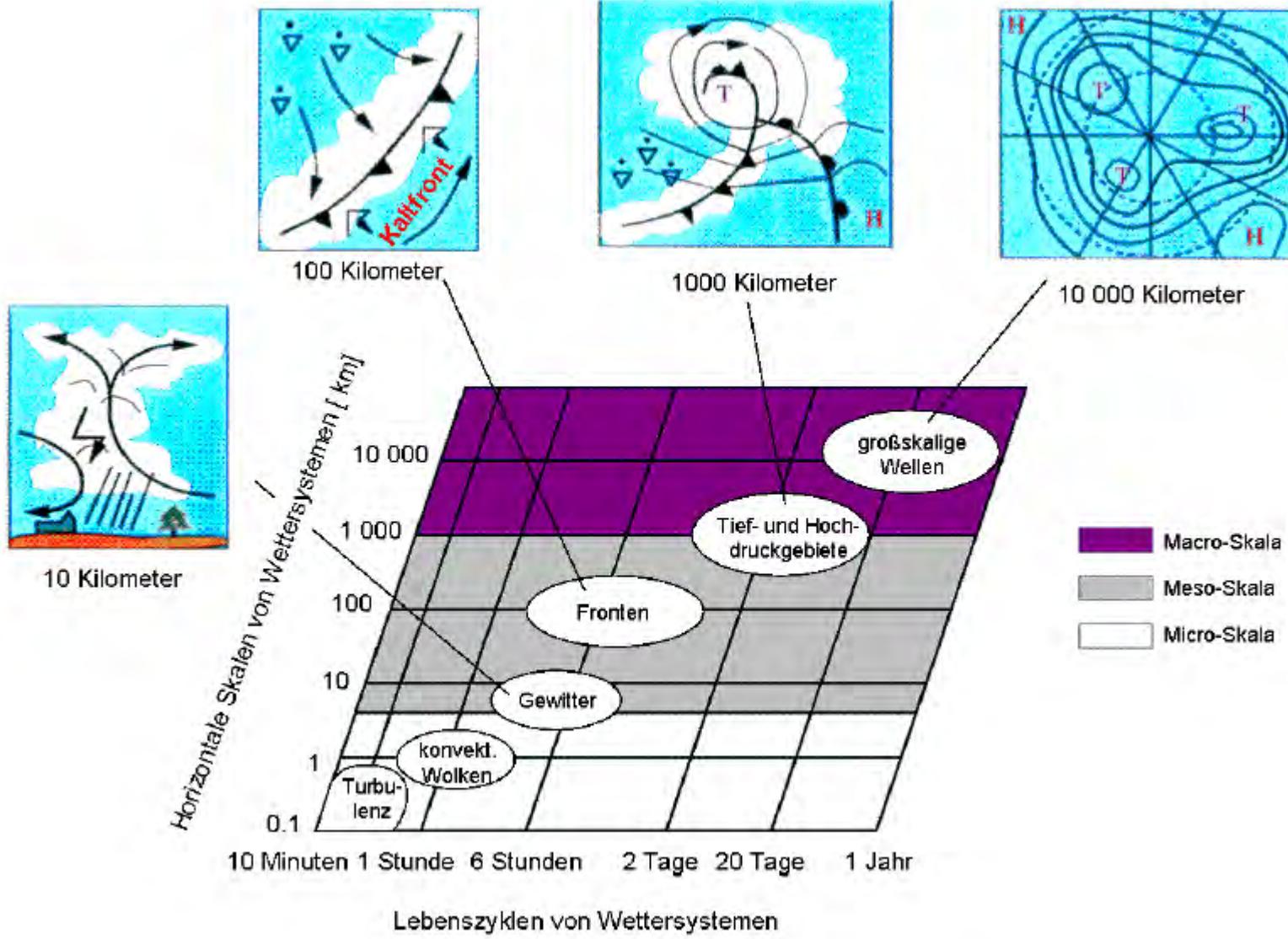
AR4



Vertical Resolution of the *Hadley* Climate Model

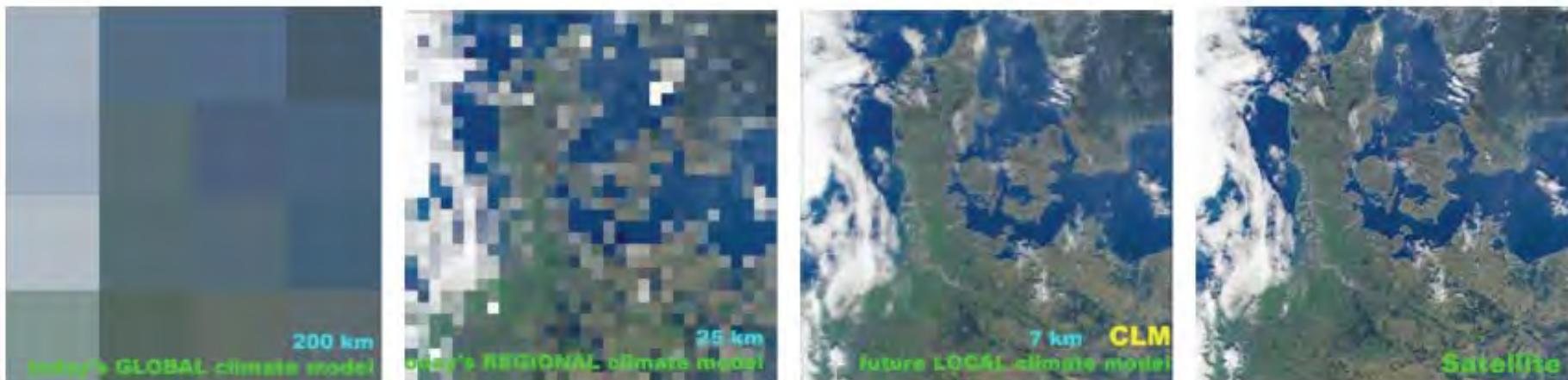


Regional Scale

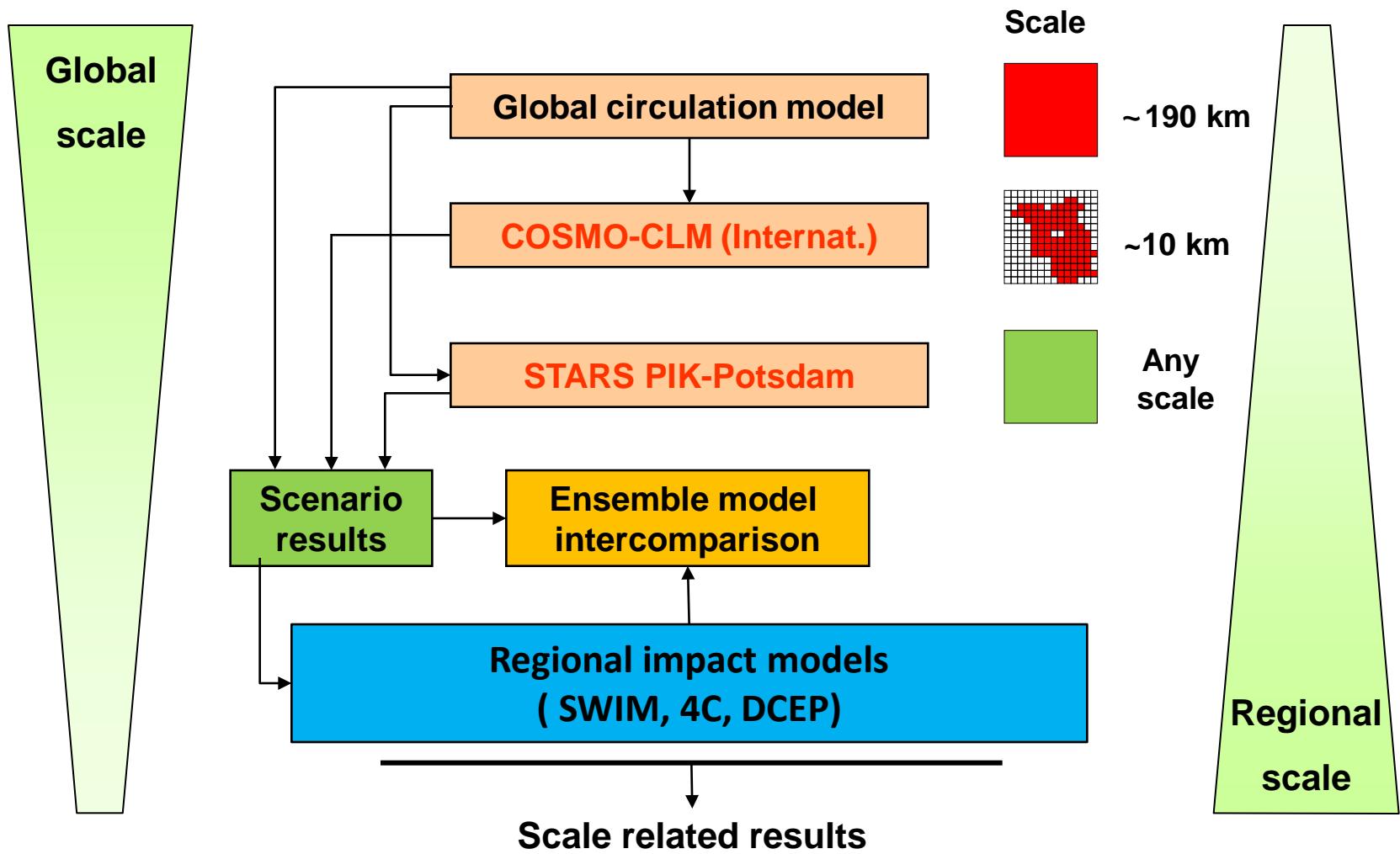


Why Regional Modeling?

- global coupled circulation models of atmosphere and ocean capture effects of
 - drivers on planetary scale and
 - anomalies connected with large scale regional drivers
- small-scale regional and local drivers are not neglected (examples: orography, difference land–sea)
- resolve small/fast meteorologic phenomena not captured by GCMs



Comparative Regional Impact Studies: RD2 modelling approach



© Gerstengarbe

Statistical Regional Models (STARS)

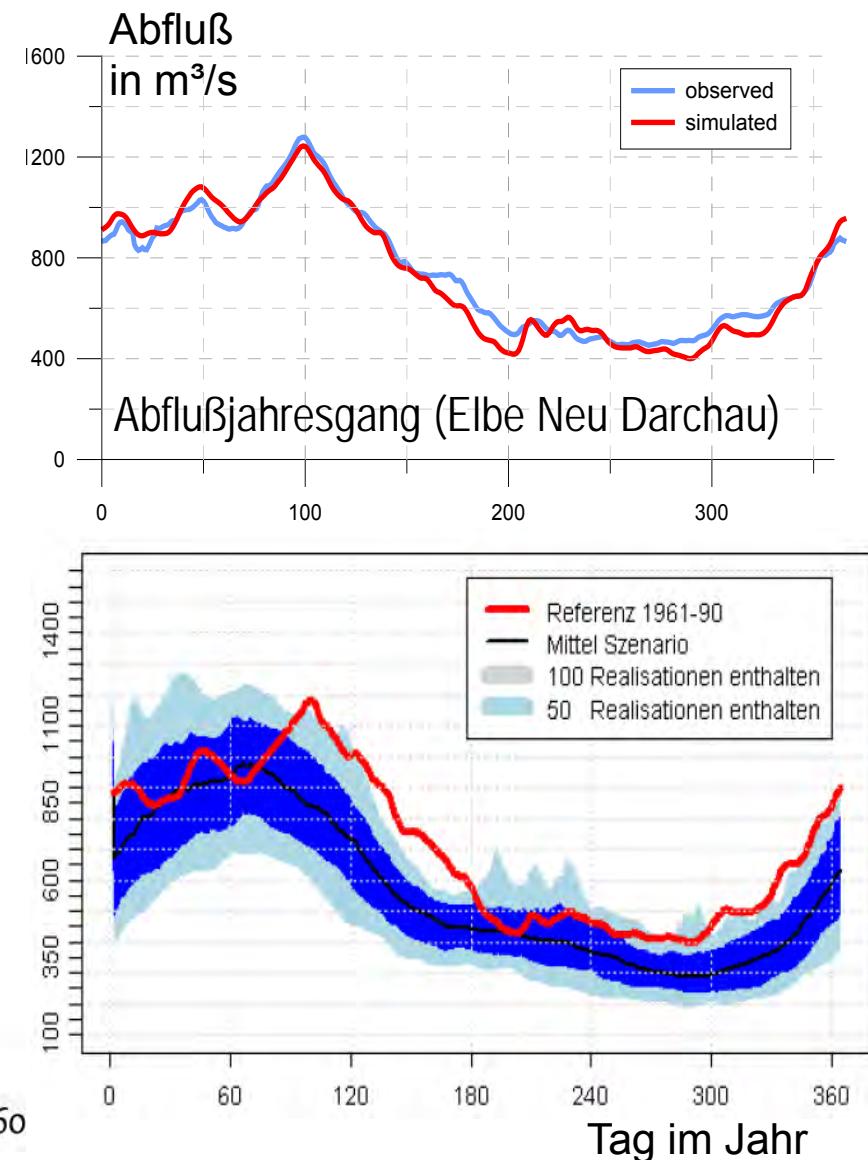
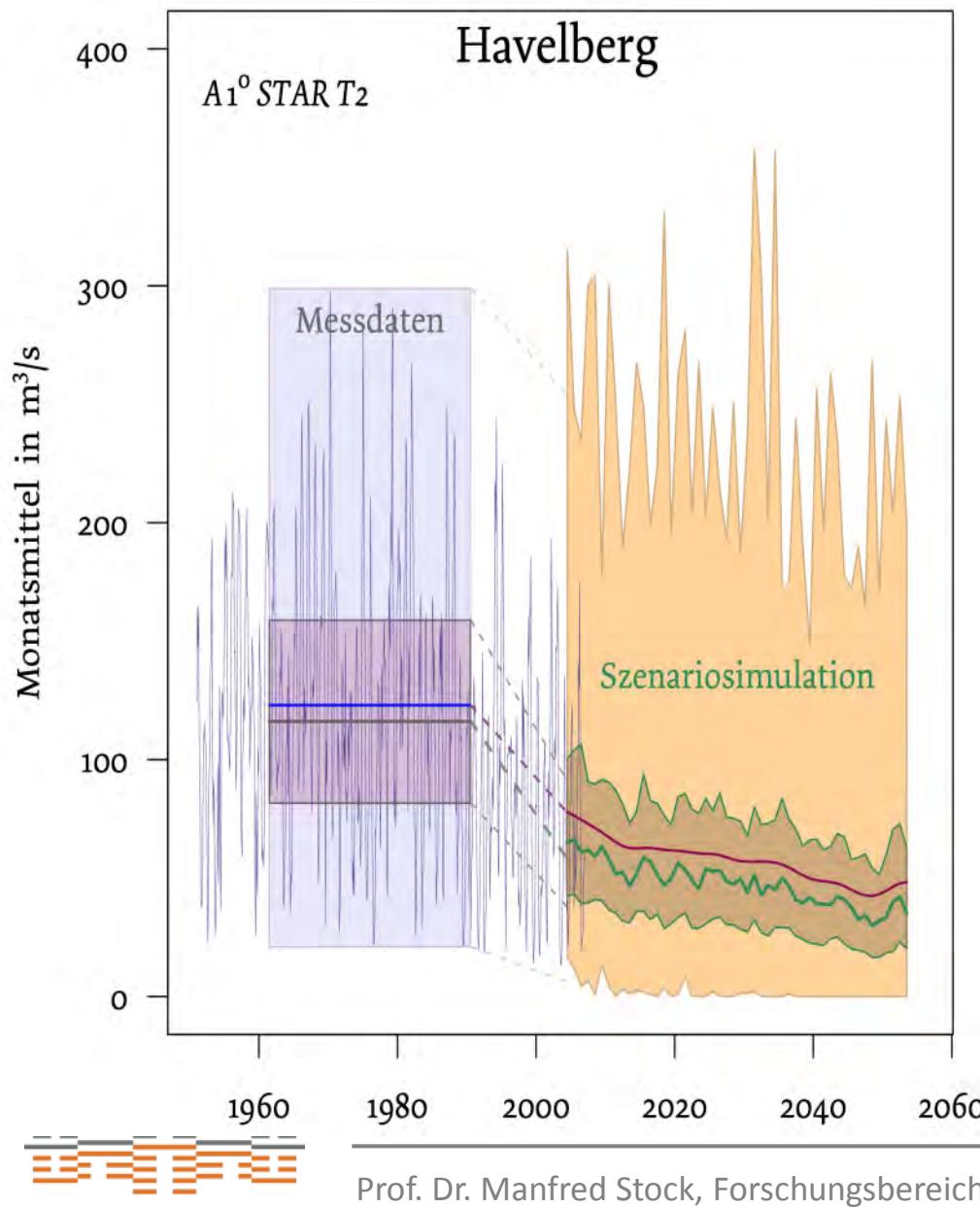
Advantages:

- high spatial resolution is possible (depending on the density of stations)
- physically consistent
- low calculation costs → ensembles are easily generated
- so far statistical models perform better than dynamical models in validations

Disadvantages:

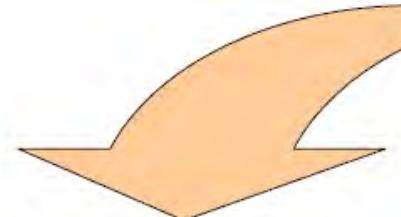
- no direct simulation of physical processes so e.g. no study of a single physical process possible
- basic assumption: no qualitative change of climate
- only locations with a measurement stations/observables measured are accessible
- no new extremes can be seen

Abflussänderung: Monatsmittel und Jahresgang



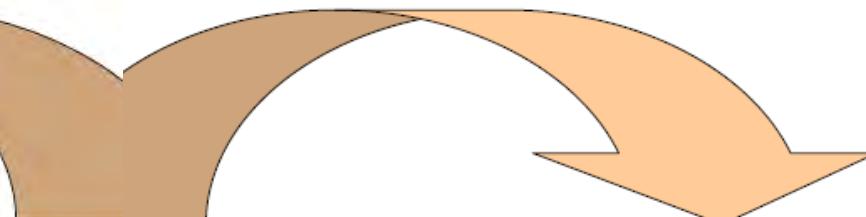
Ermittlung zukünftiger Schadensentwicklungen mit Regionalen Klimamodellen und Versicherungsdaten

1. Resimulation der bekannten Vergangenheit

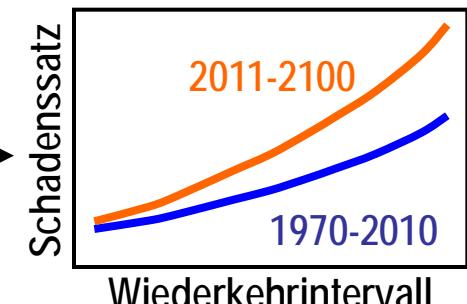
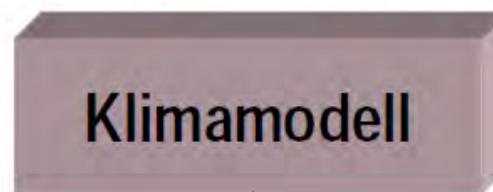


z.B. 1970-2000

2. Simulationen der veränderten Zukunft

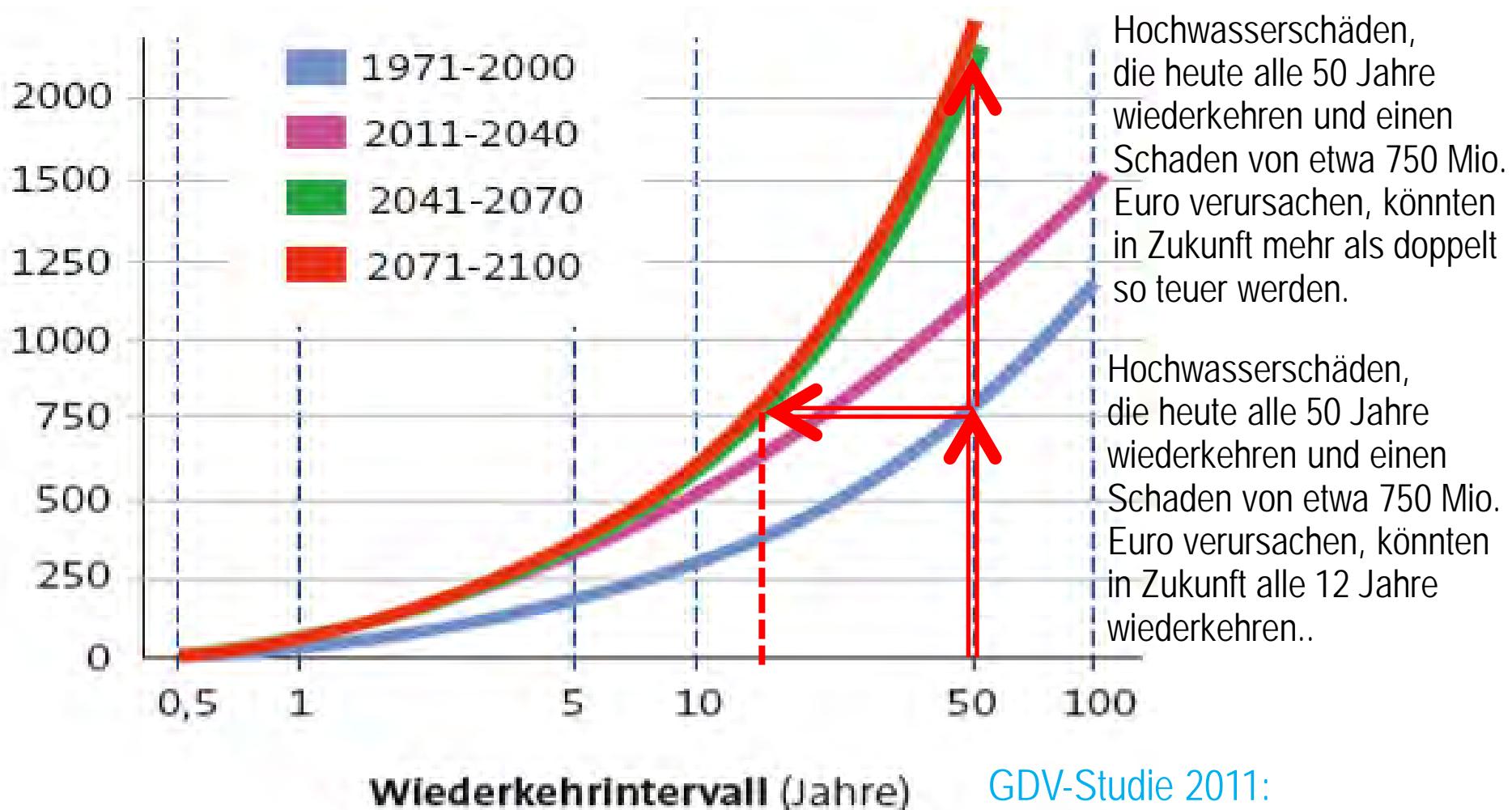


2011-2100

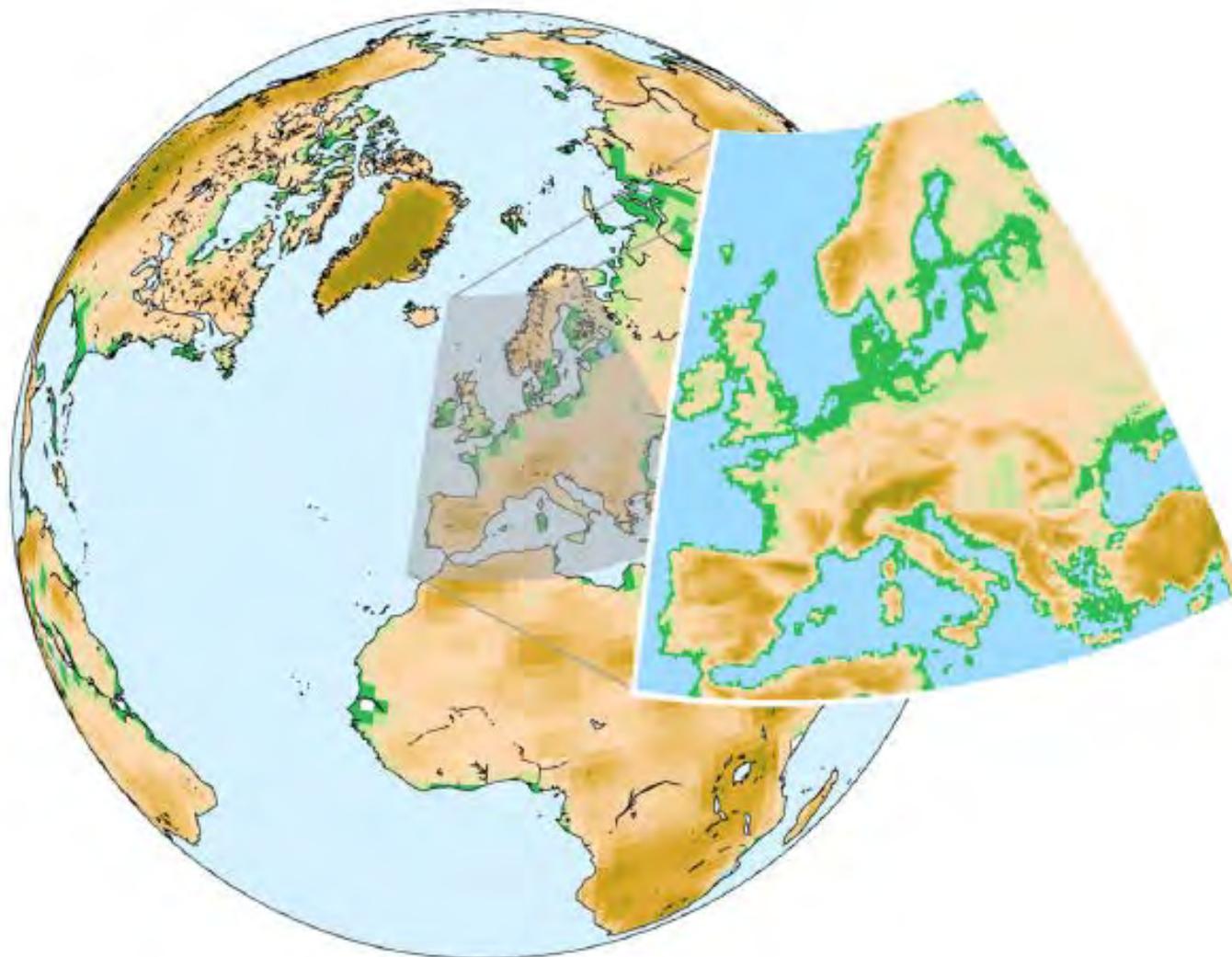


3. Kopplung von Klimadaten mit Schadensdaten

Mittlerer Hochwasserschaden pro Wiederkehrintervall in Millionen Euro (inflationsbereinigt), Modell PIK, Szenario A1B

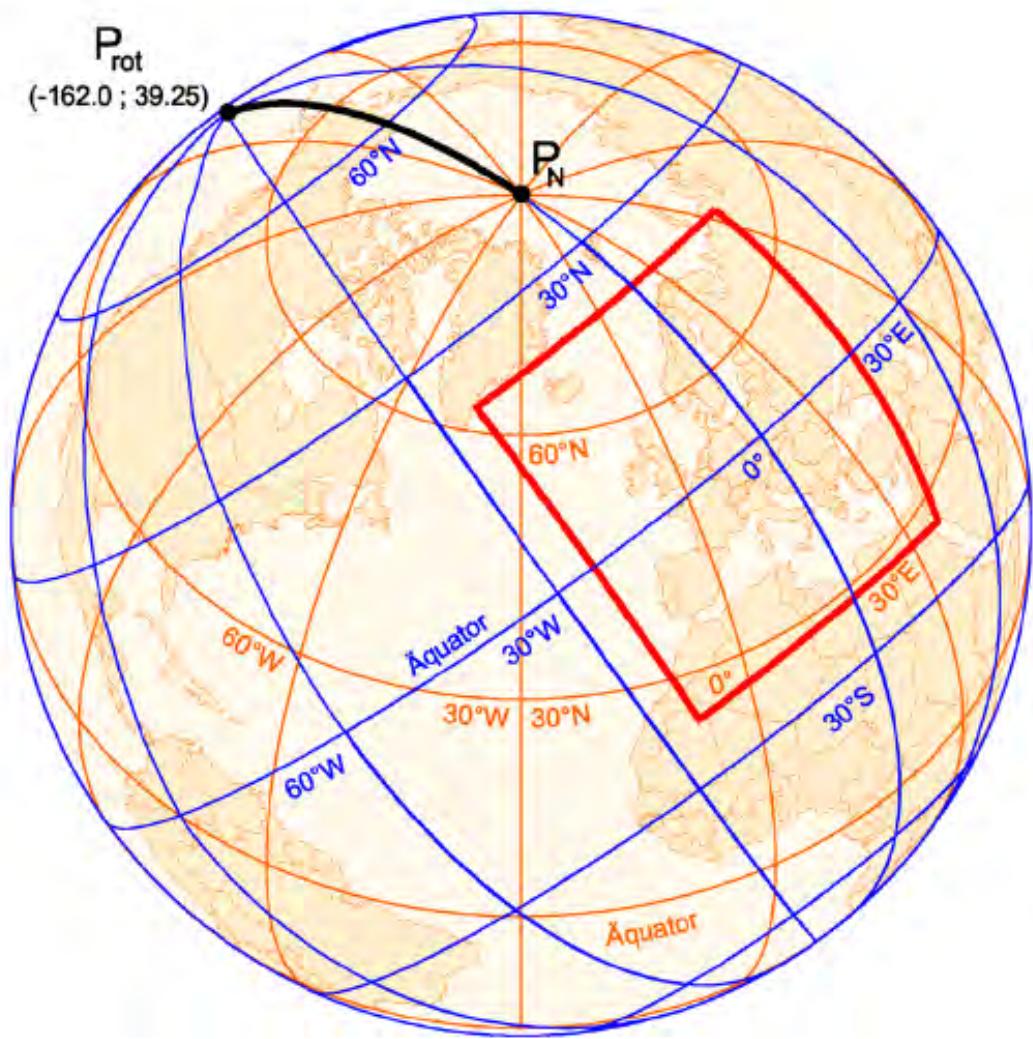


Dynamical Regional Model CCLM Setup



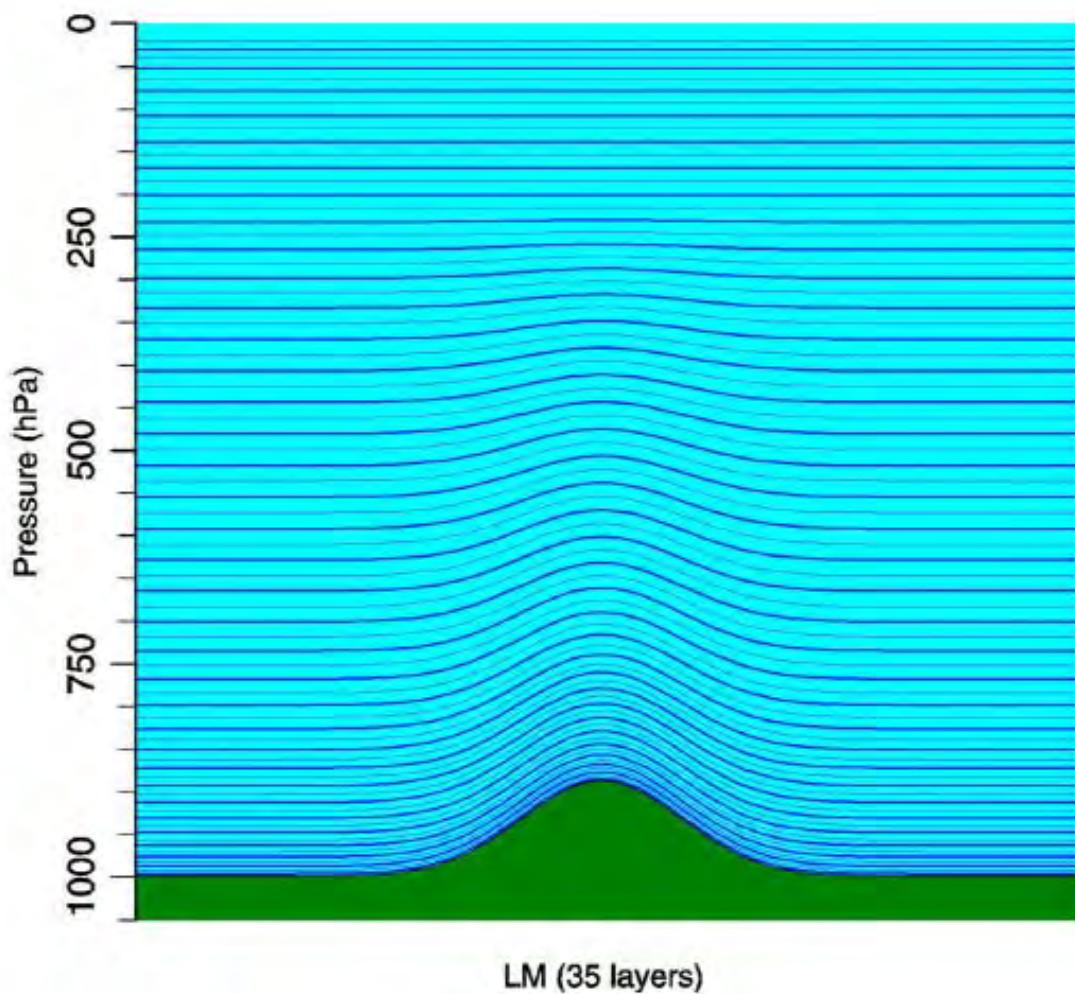
Coordinate system: horizontal

- rotated geographic coordinate system (longitude, latitude, “rotated WGS84”): new equator in the simulation region simplifies numerics
- user defined grid spacing (approx. 50 km to 1 km)

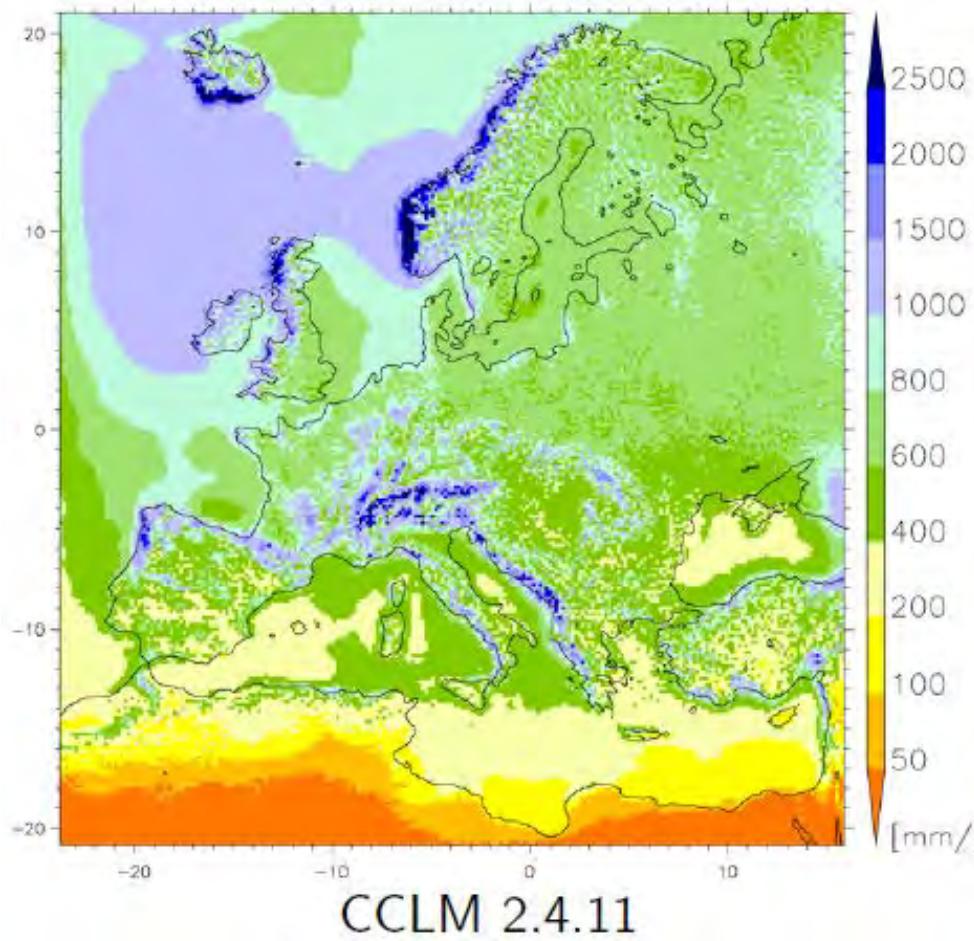


CCLM Coordinate System: vertical

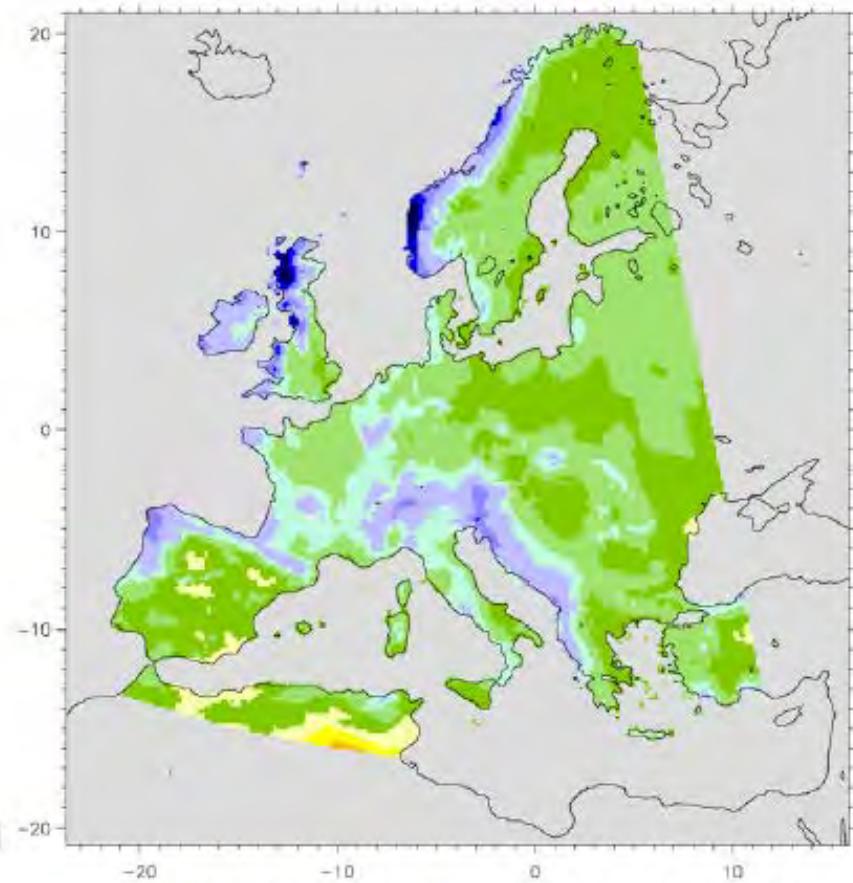
- terrain following height coordinates with user defined grid spacing
- simplifies formulation of equations near the surface
- height levels become flat at a certain height (approx. 12 km)
- typical max. height: approx. 22 km



Validation: Average Yearly Precipitation 1979{1998}

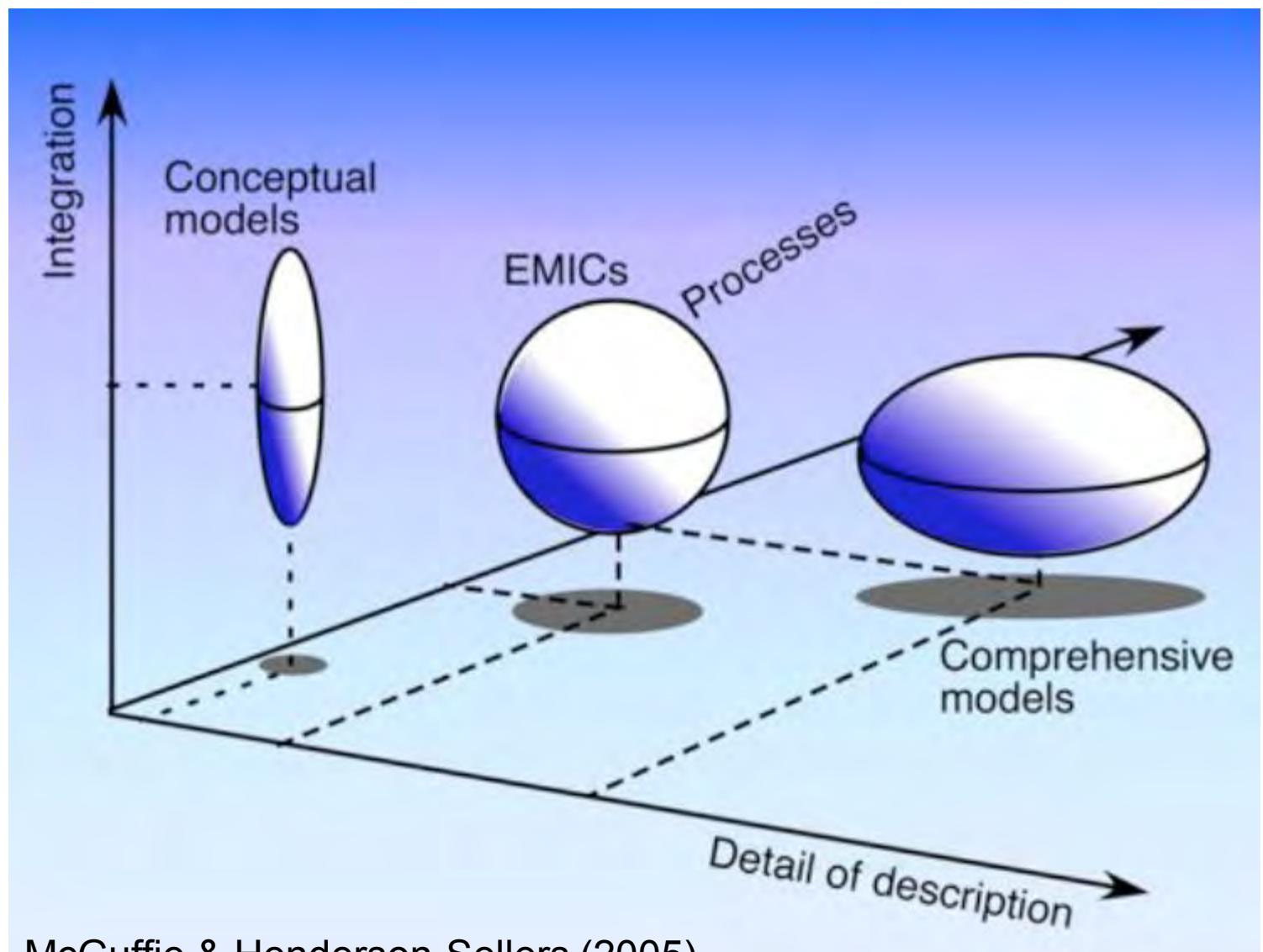


CCLM 2.4.11



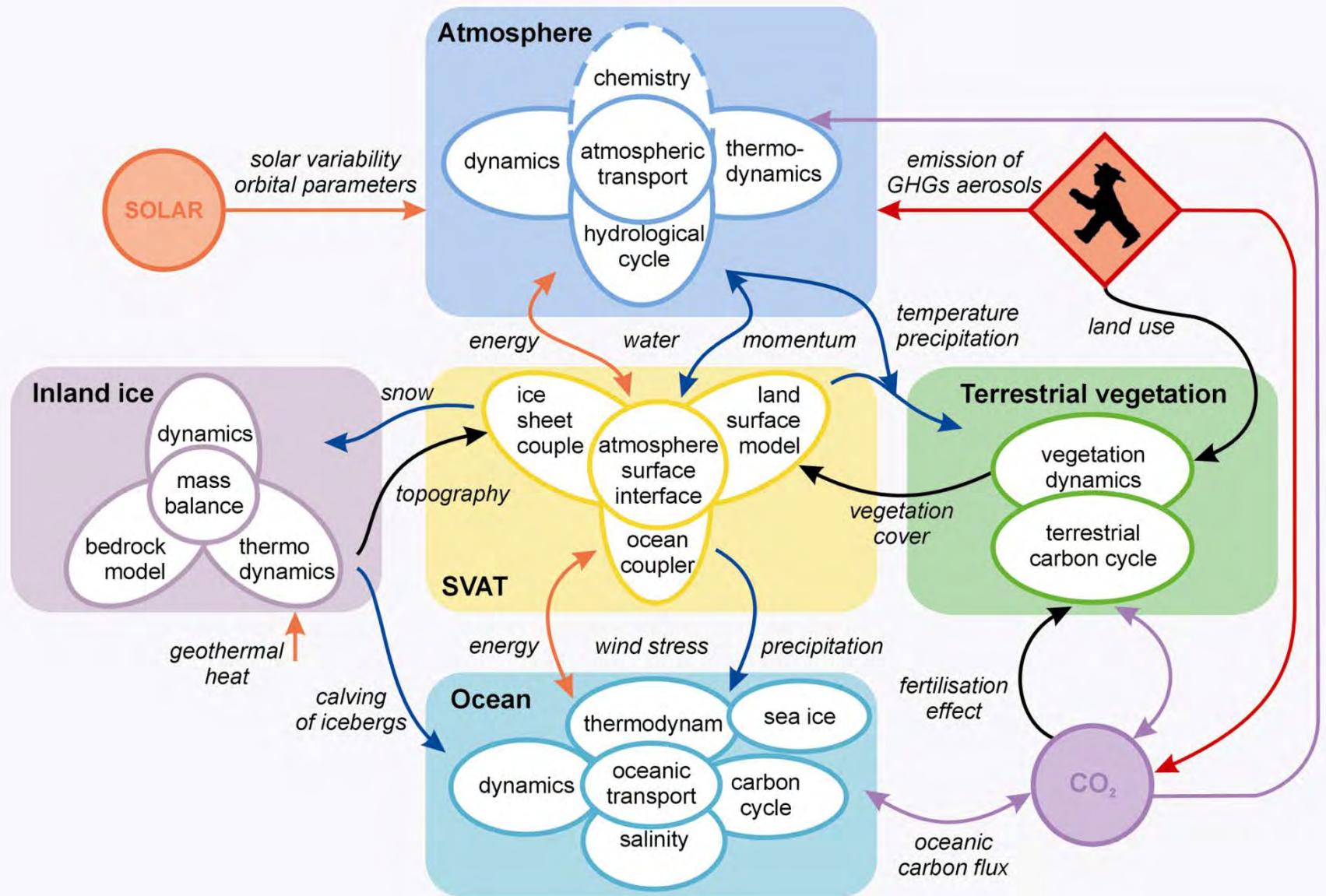
CRU (Europe high resolution)

Climate Model Hierarchy



McGuffie & Henderson-Sellers (2005)

Beispiel für ein globales Klimamodell: CLIMBER-2

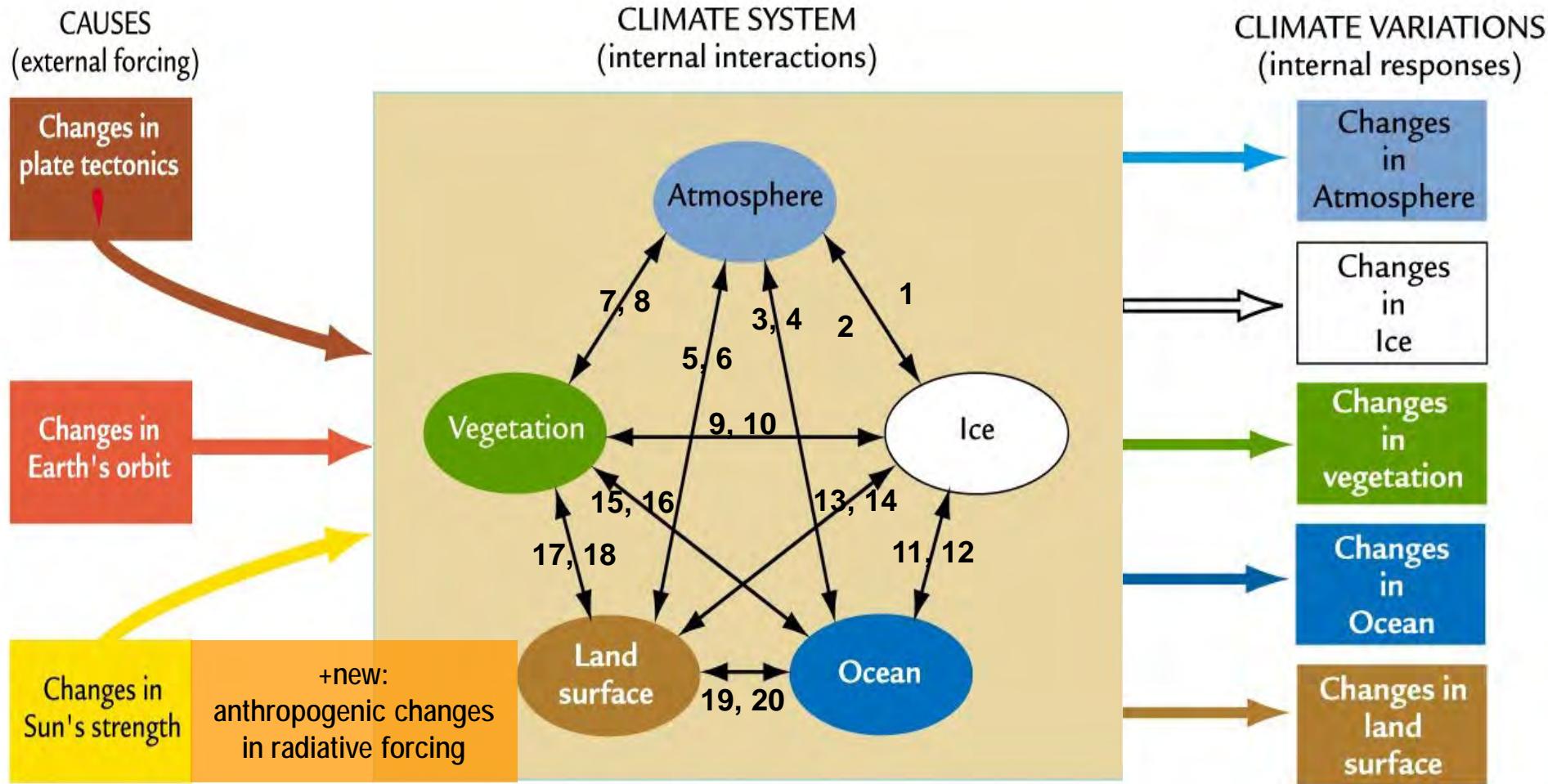


Neue Erkenntnisse zum Klimawandel und seinen möglichen Folgen

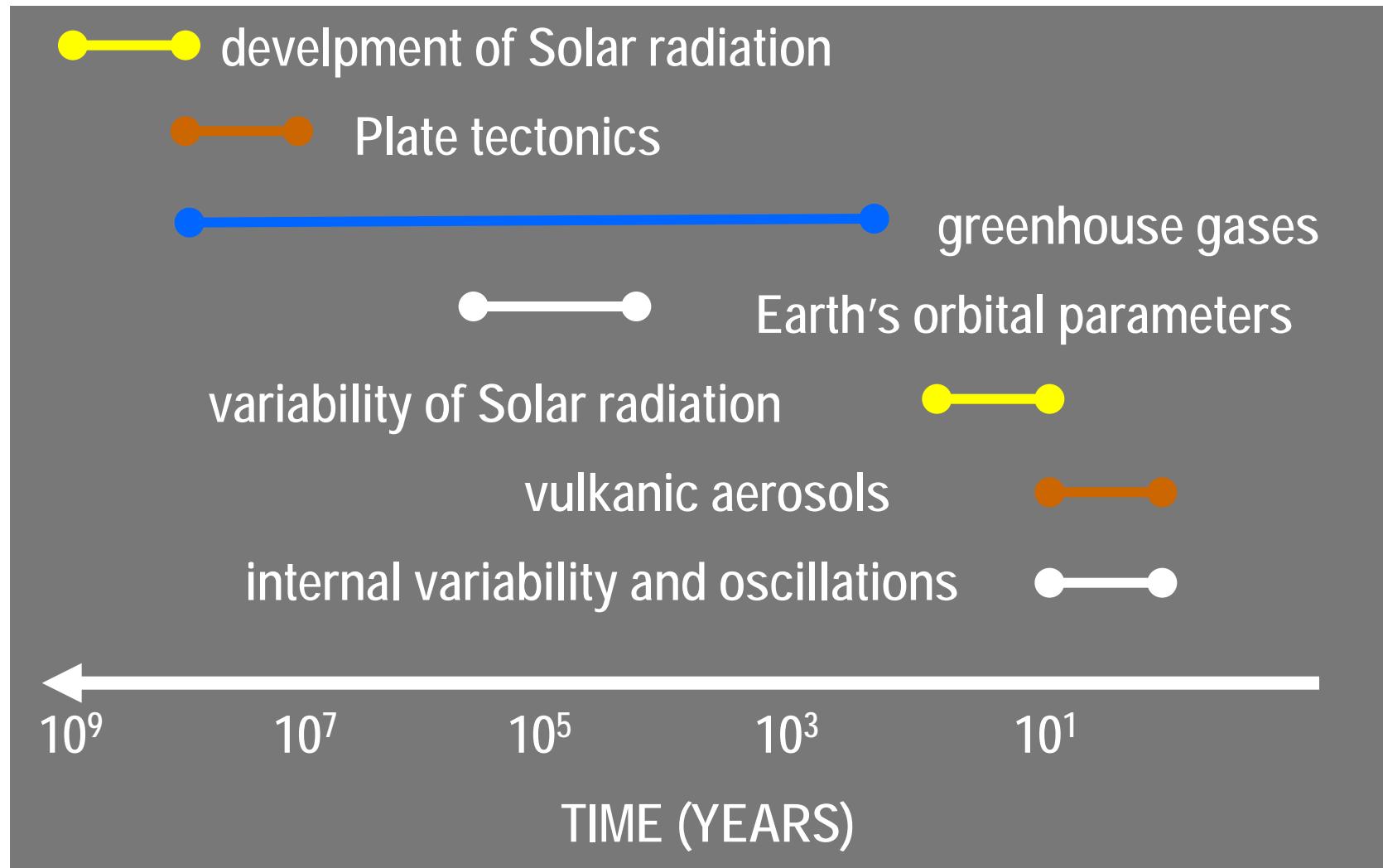
- I. Kurzvorstellung: Klimafolgenforschung am PIK**
- II. Computersimulationen mit Modellen:
von Wetterprognosen zu Klimaprojektionen**
- III. Einordnung des heutigen Klimawandels im
Vergleich zu Klimaänderungen in der Erdgeschichte**
- IV. Neue Erkenntnisse aus dem aktuellen fünften
Bericht des Weltklimarates IPCC**
- V. Zum Umgang mit den möglichen Folgen des
Klimawandels: Klimaschutz und Anpassung**

Complex Climate System → Nonlinear Internal Interactions

Complex systems are characterized by multiple causes, nonlinear interactions, and nonlinear cause-effect-response

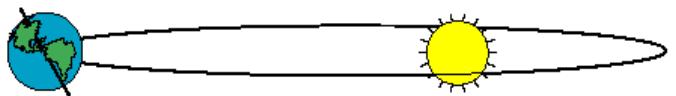


Time scales of different climatic driving forces

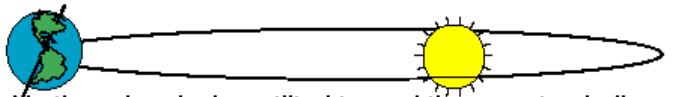


Milankovitch Cycles

Precession of the Equinoxes (19 and 23 k.y.)

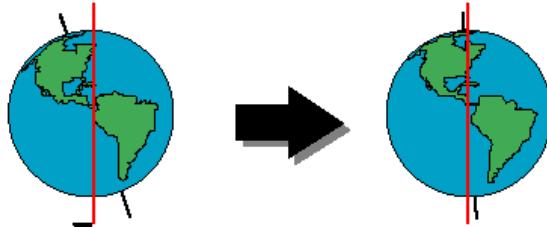


Northern Hemisphere tilted away from the sun at aphelion.



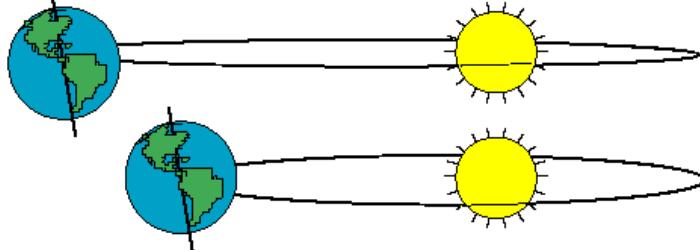
Northern hemisphere tilted toward the sun at aphelion.

Obliquity Cycle (41 k.y.)

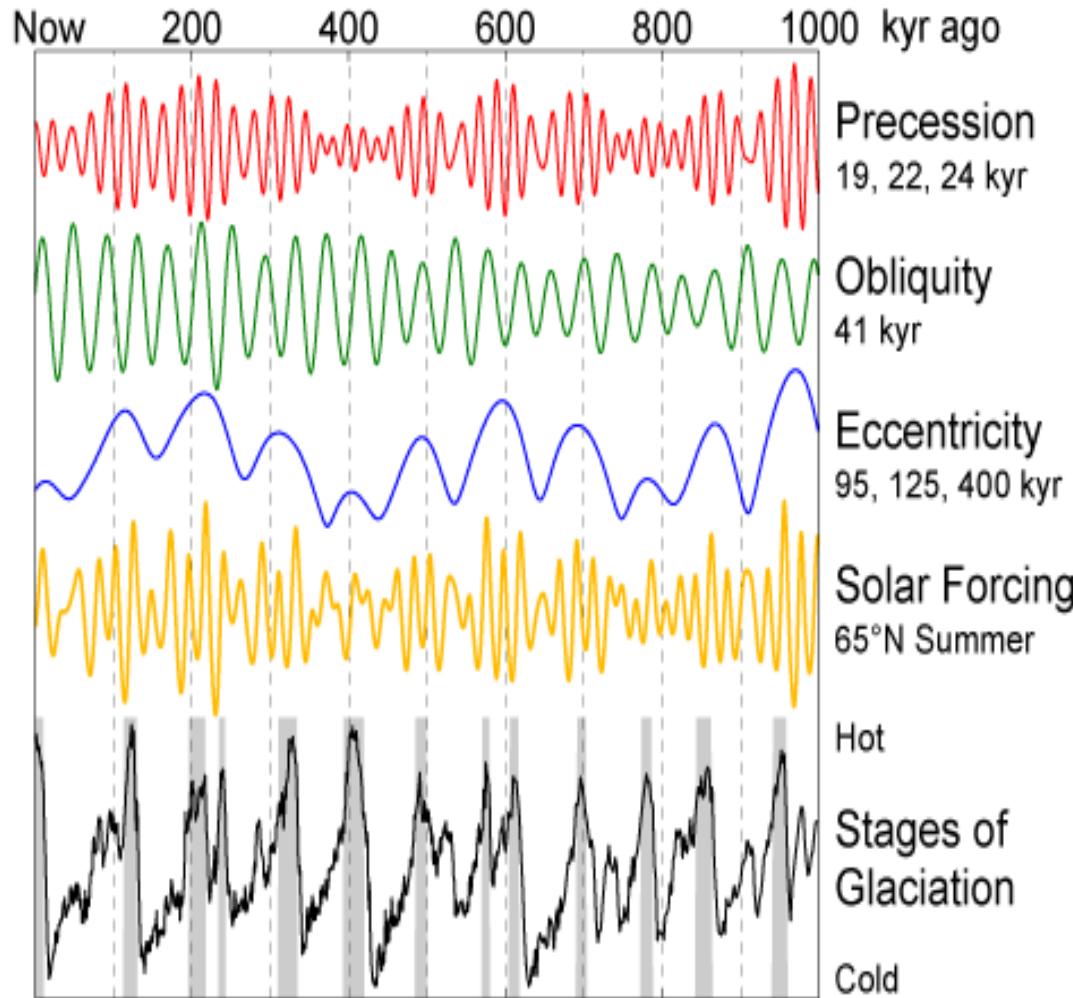


© Scott Rutherford (1997)

Eccentricity Cycle (100 k.y.)

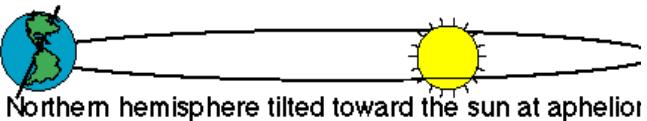
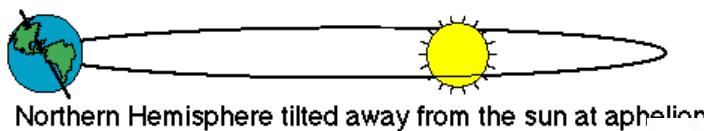


- circular orbits: $e = 0$
- elliptic orbits: $0 < e < 1$
- parabolic trajectories: $e = 1$
- hyperbolic trajectories: $e > 1$

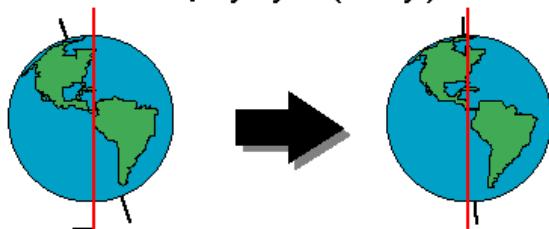


Milankovitch Cycles

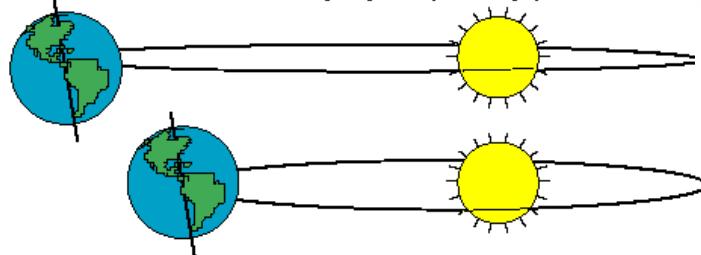
Precession of the Equinoxes (19 and 23 k.y.)



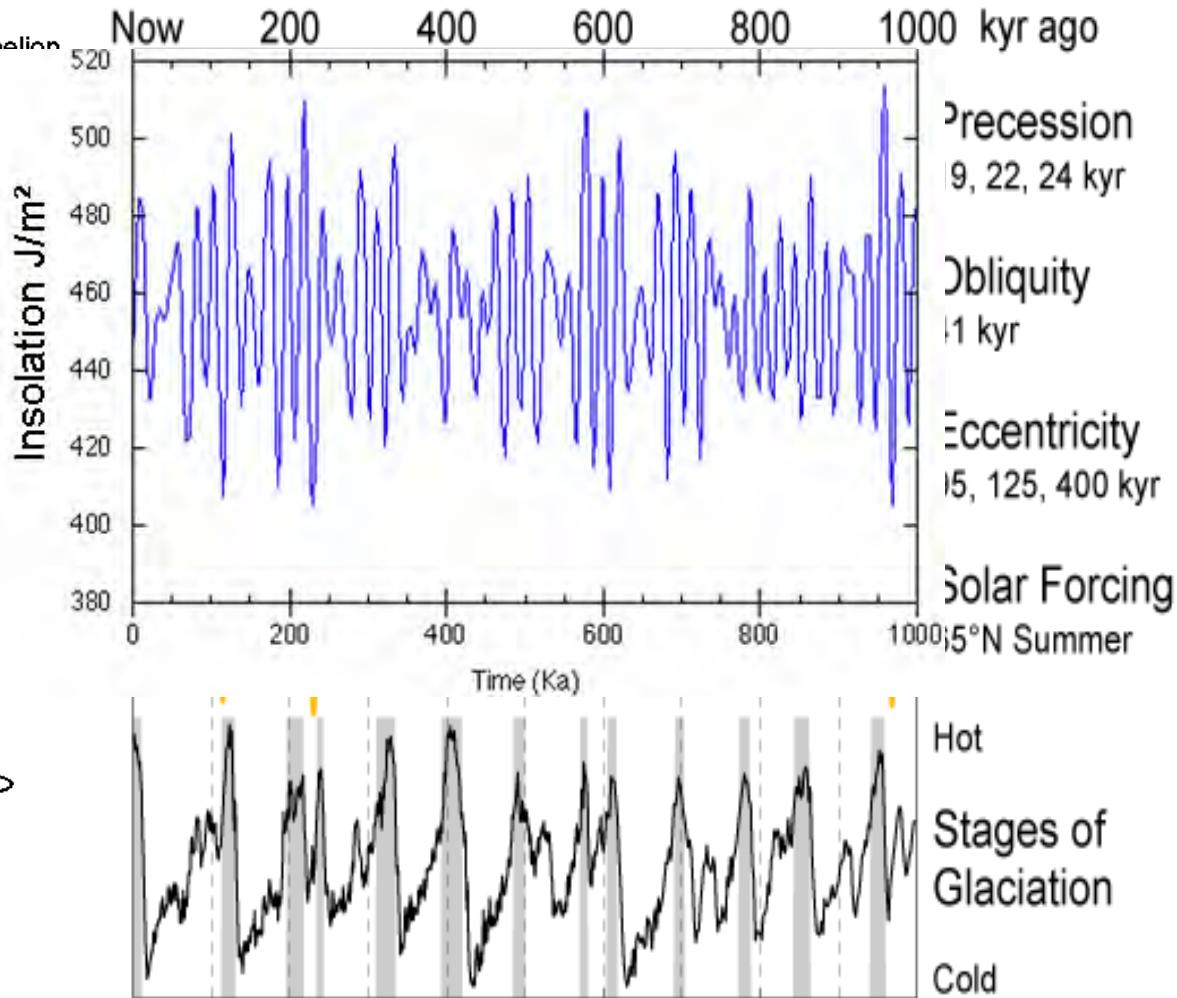
Obliquity Cycle (41 k.y.)



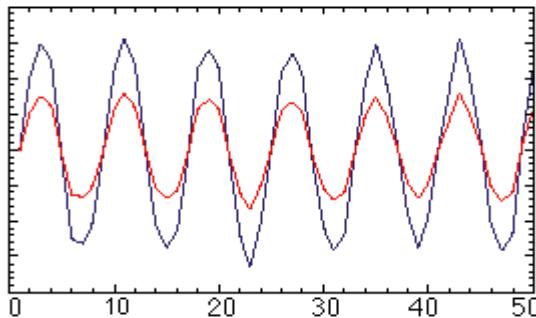
Eccentricity Cycle (100 k.y.)



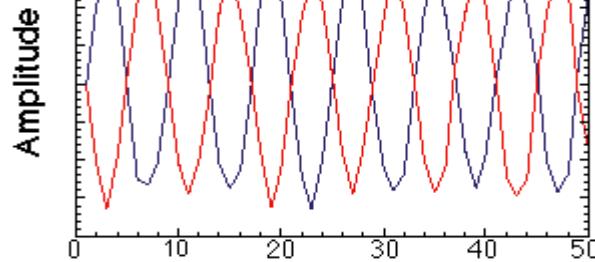
- circular orbits: $e = 0$
- elliptic orbits: $0 < e < 1$
- parabolic trajectories: $e = 1$
- hyperbolic trajectories: $e > 1$



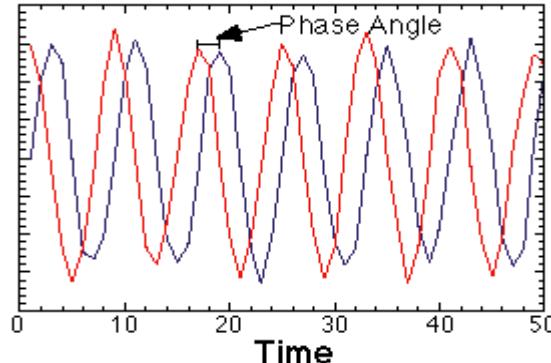
Two Waves In Phase



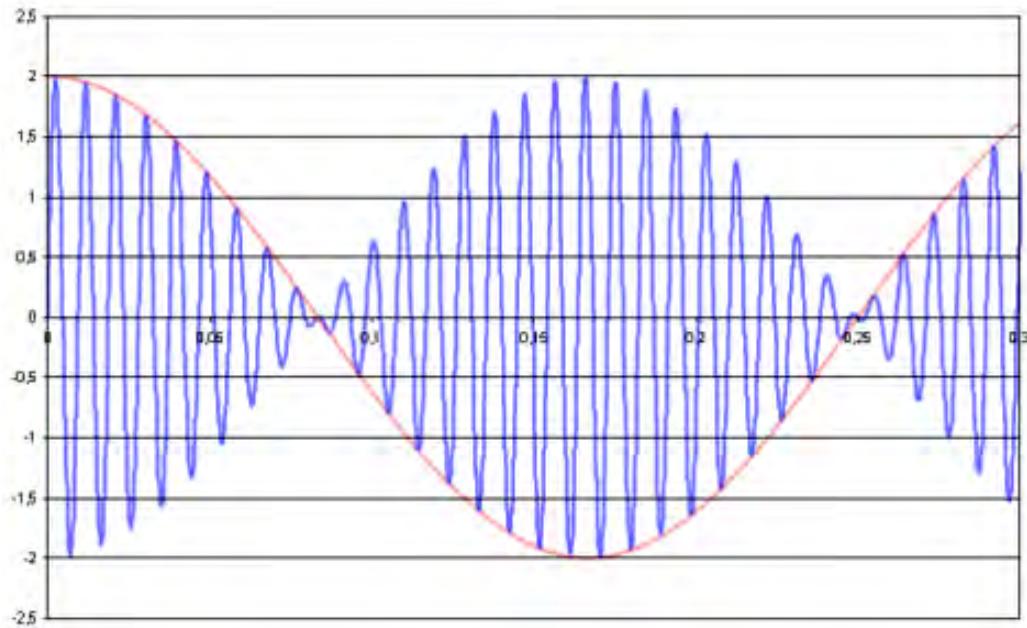
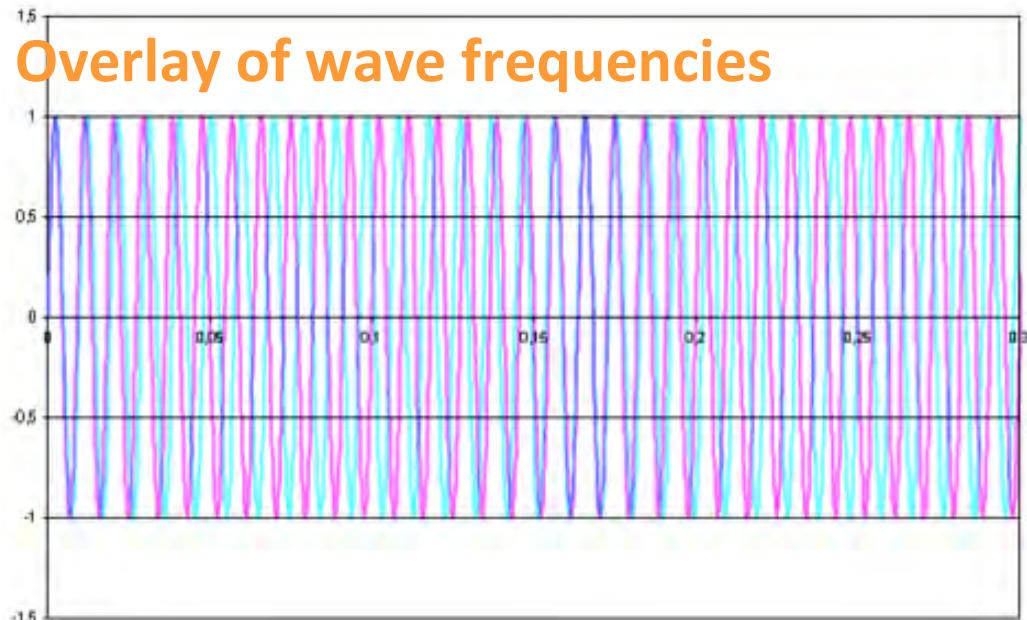
Two Waves 180° Out of Phase

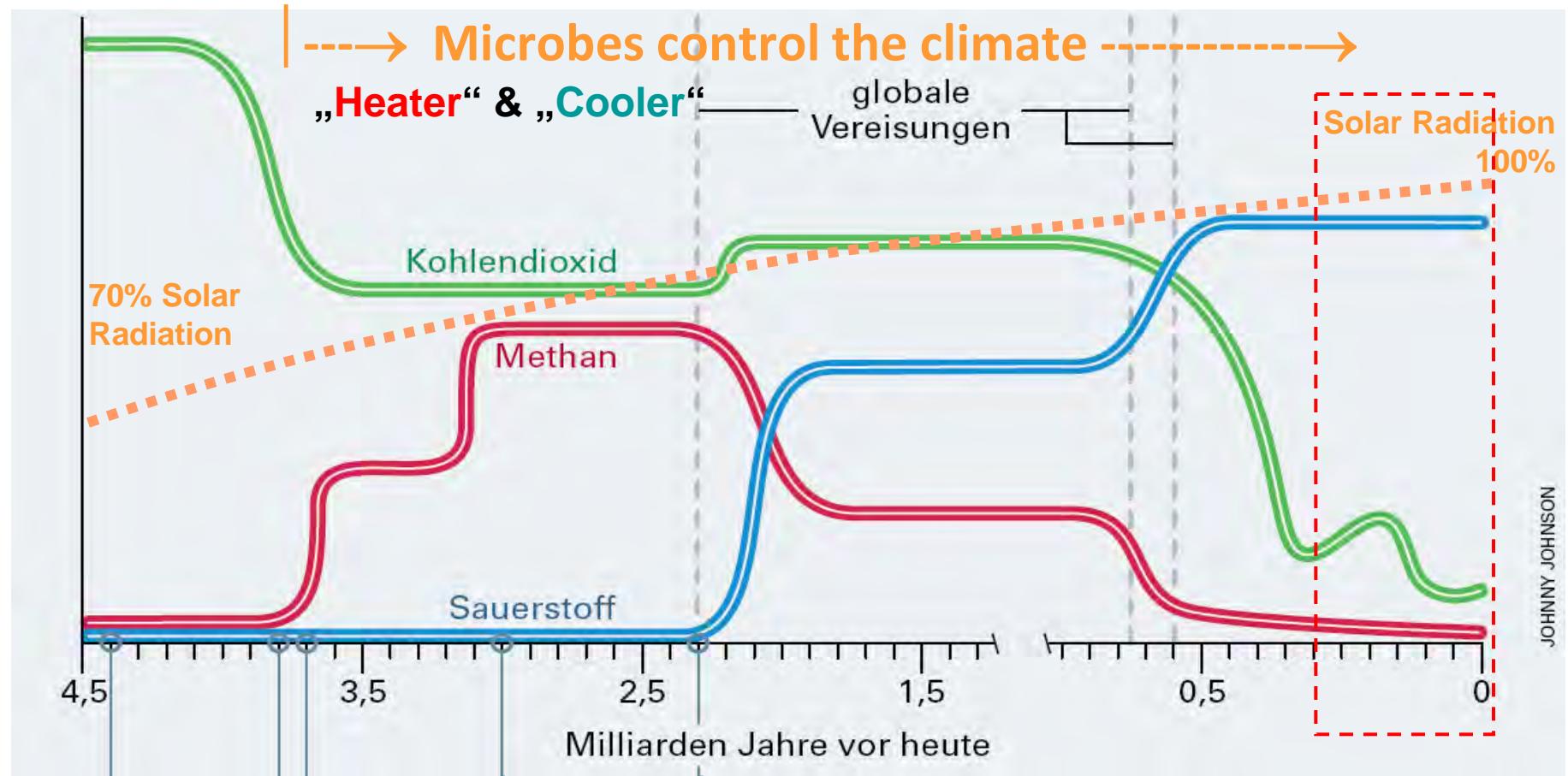


Two Waves Slightly Out of Phase



Overlay of wave frequencies



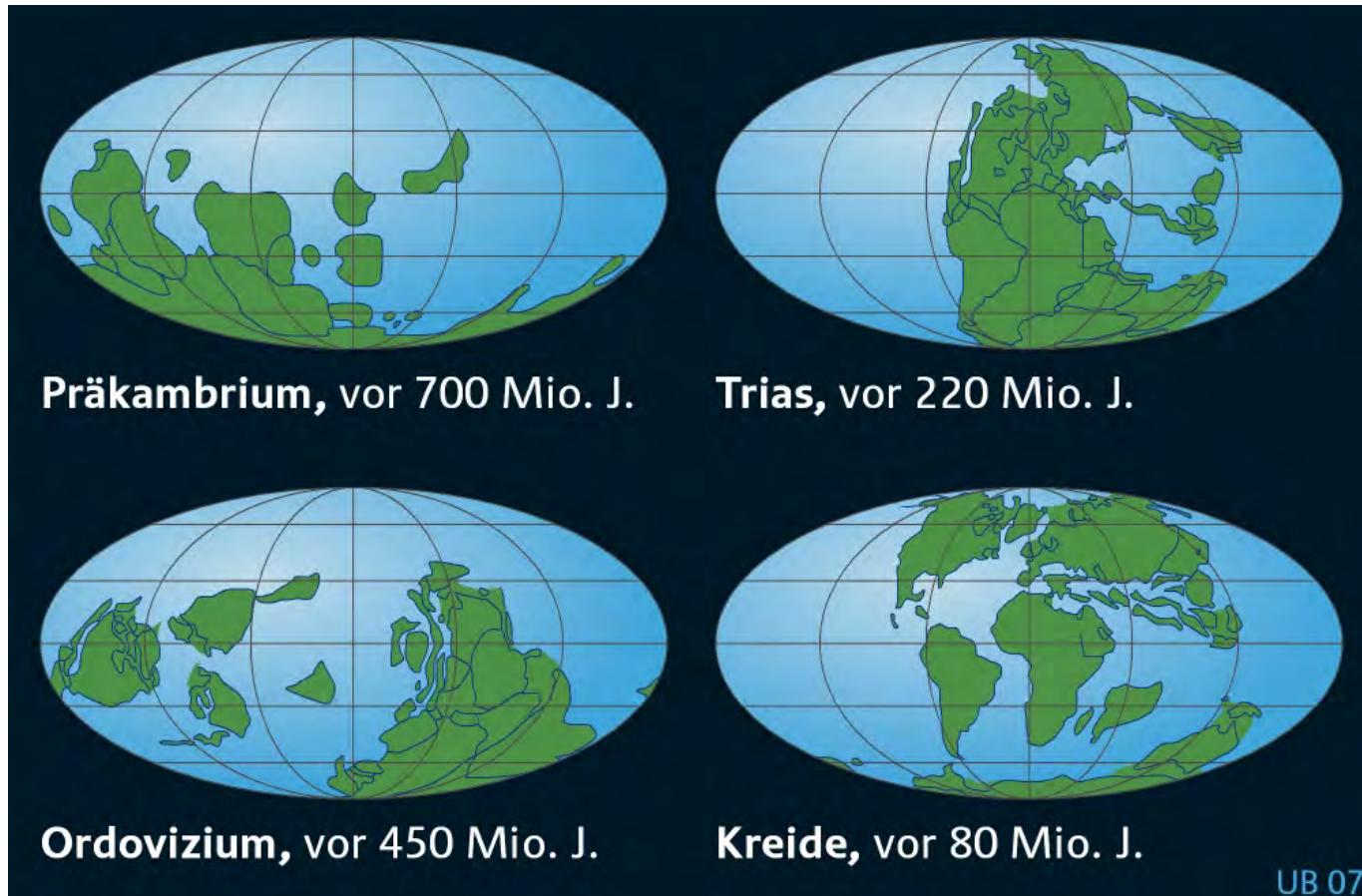
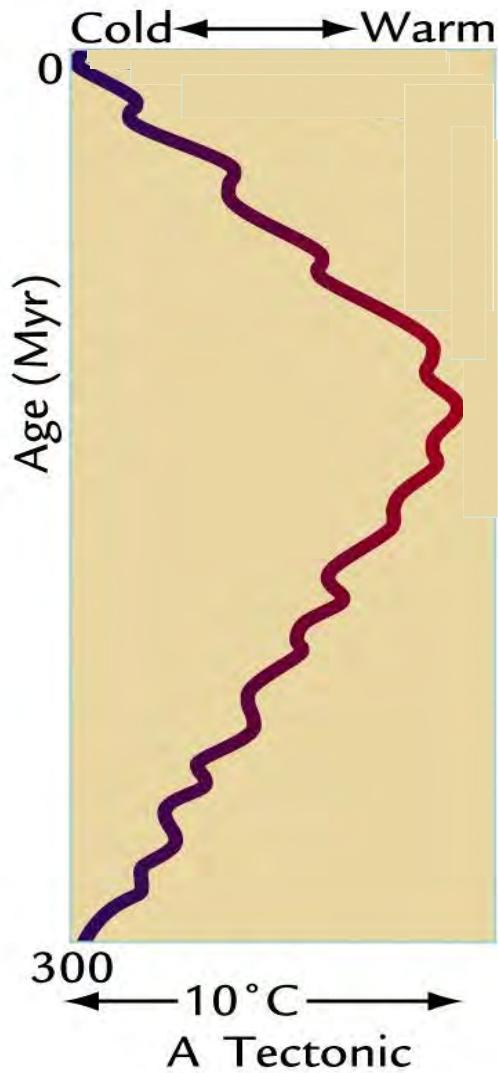


High amount of carbon dioxide compensates the weak radiation of the young sun

Quelle: James F. Kasting (2004): „Als Mikroben das Klima steuerten“; <http://www.spektrum.de/artikel/839578>

Long Term Climate Variability

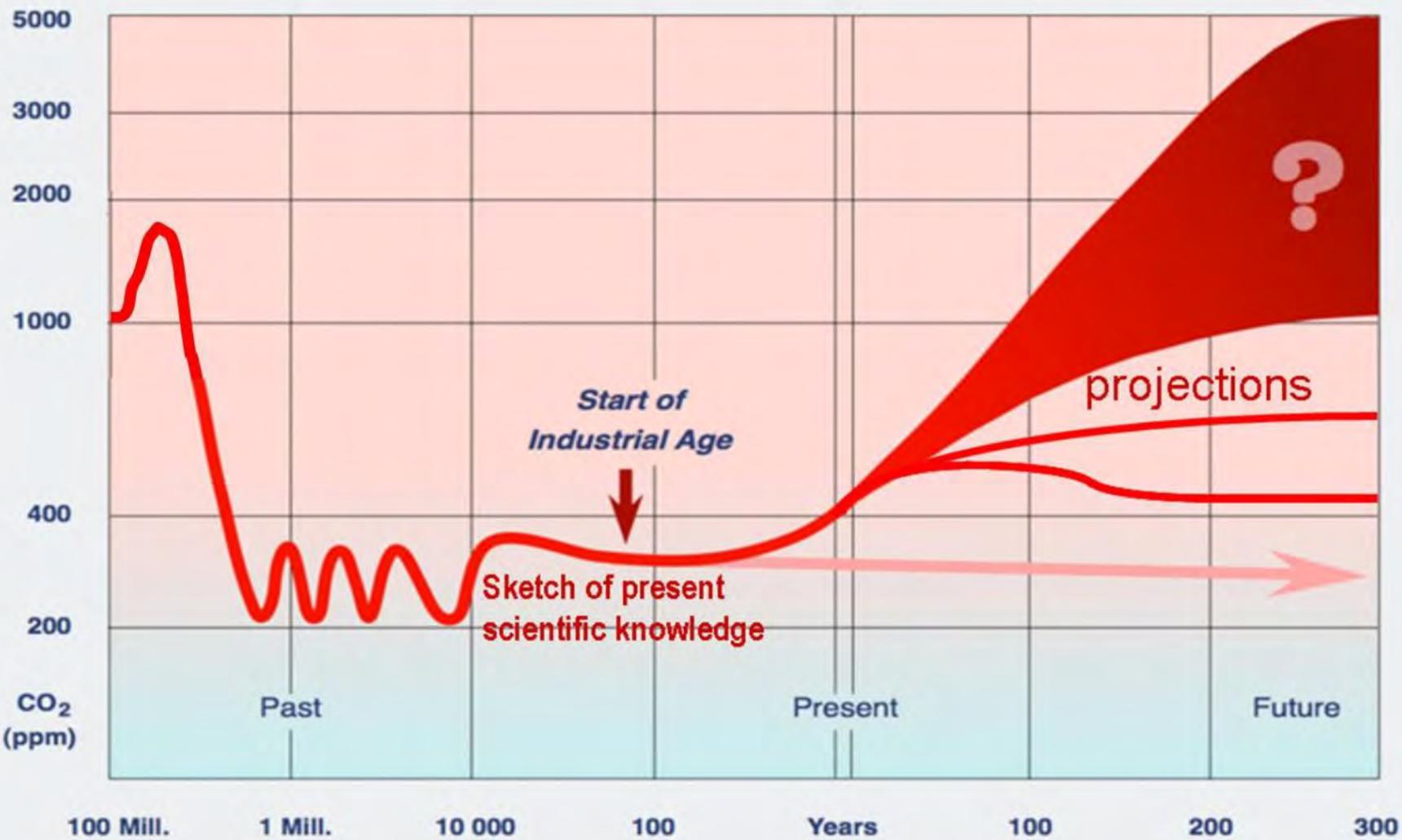
Global mean temperature



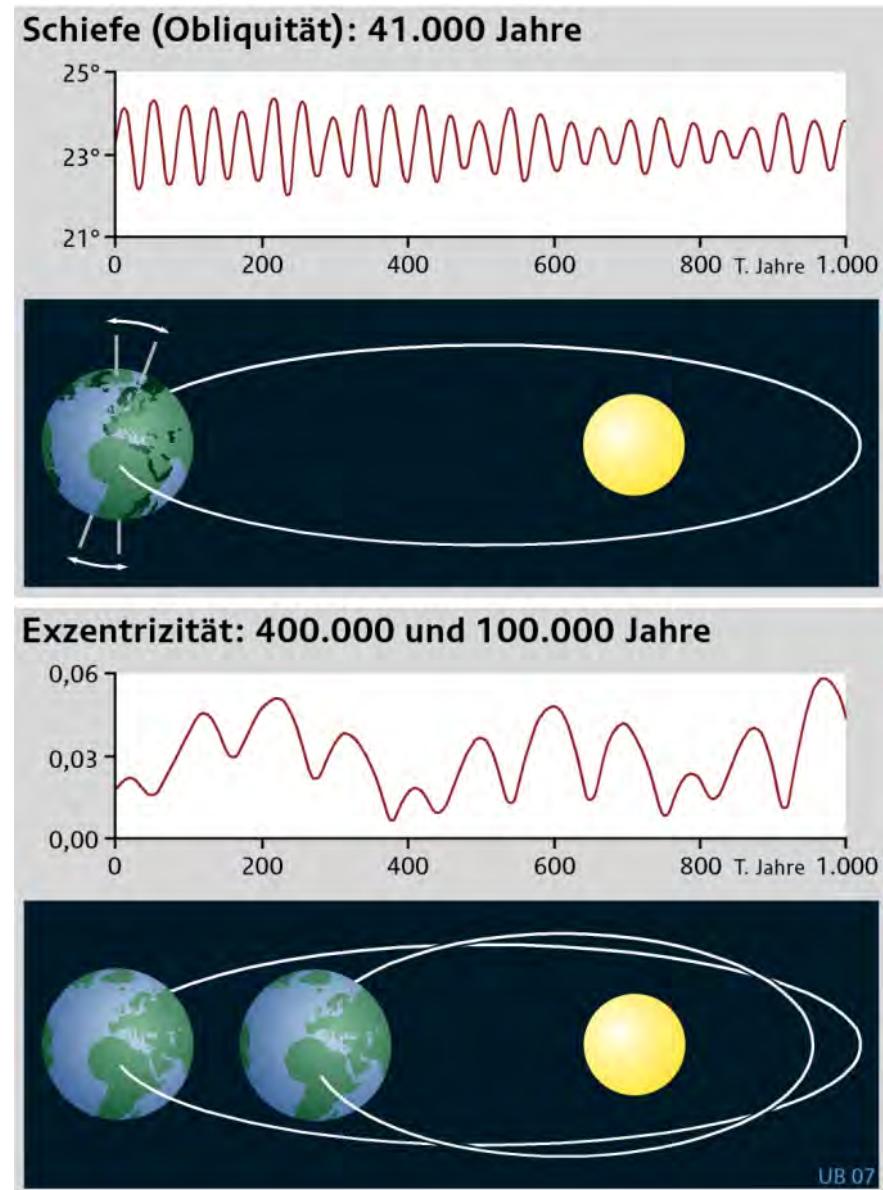
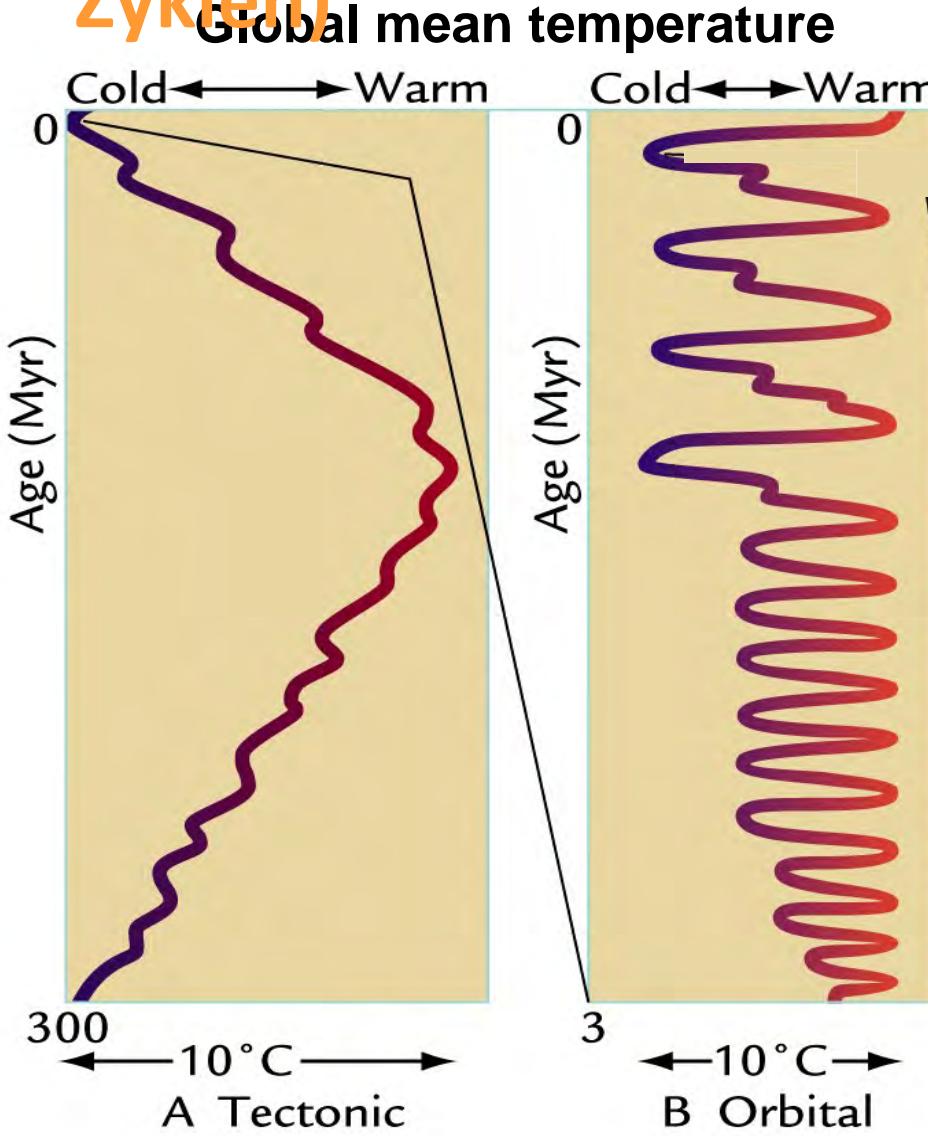
UB 07

Olaf Bubenzer und Ulrich Radtke, 2007:
„Natürliche Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte“
<http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel-28044/17/PDF/17.pdf>

Variability of CO₂-concentration over a long time

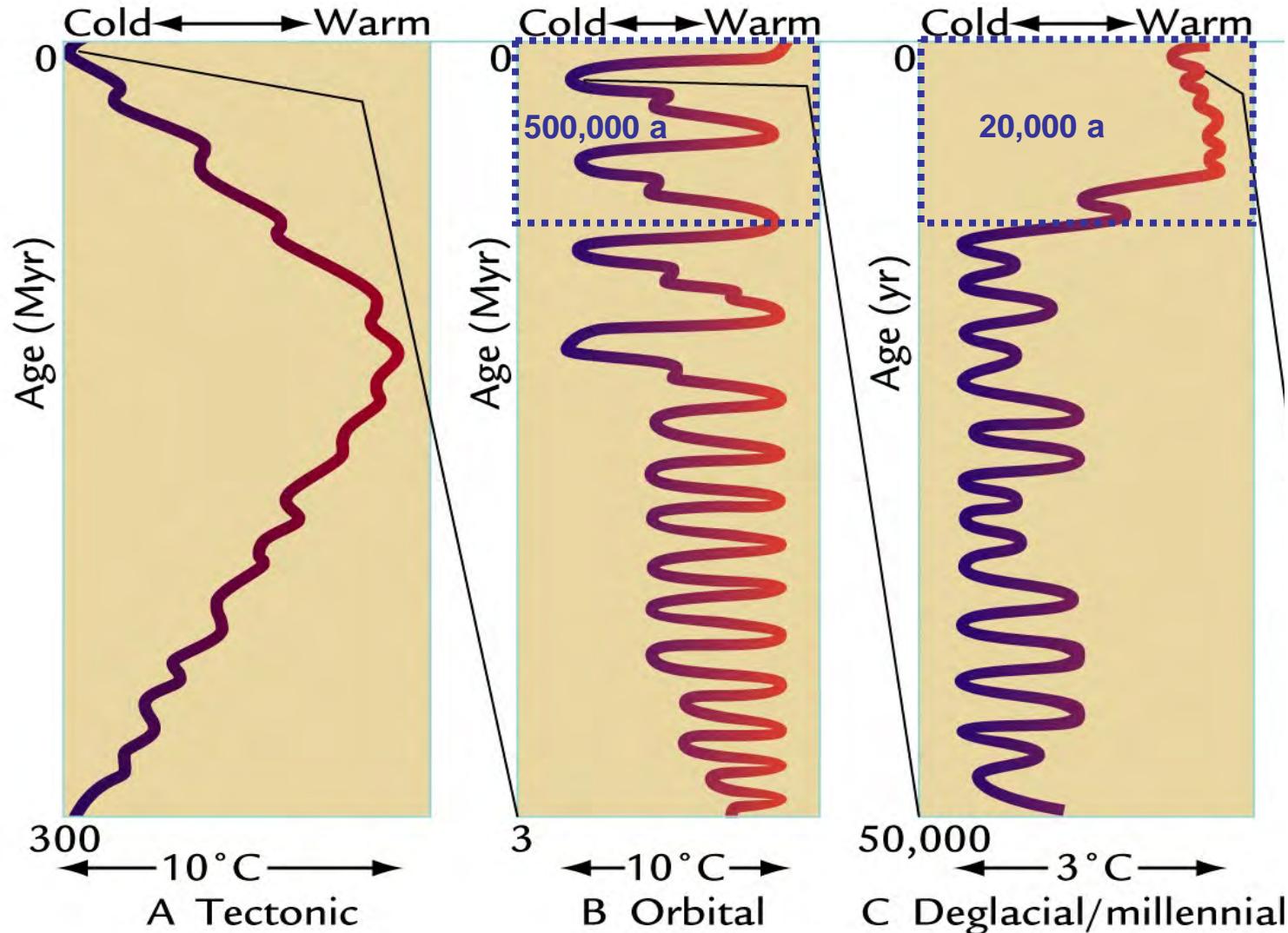


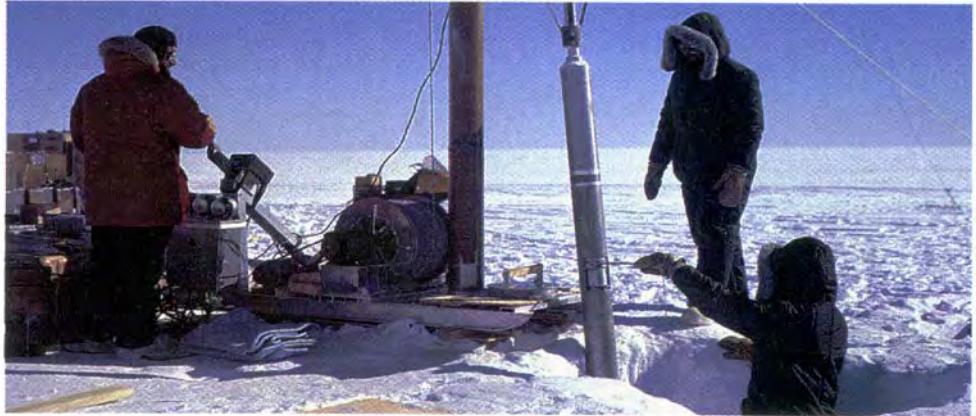
Änderungen der Erdbahnparameter (Milanković-Zyklen)



Long Term Climate Variability

Global mean temperature





Climate Archive from Ice Drilling Cores

Ice cores can be used to reconstruct the history of the climate over the past one hundred thousand years. This is a picture of Dr. Sigrún Johnsen in the laboratory, analysing a 50,000-year-old-sample of ice extracted from a depth of 3,400 m.

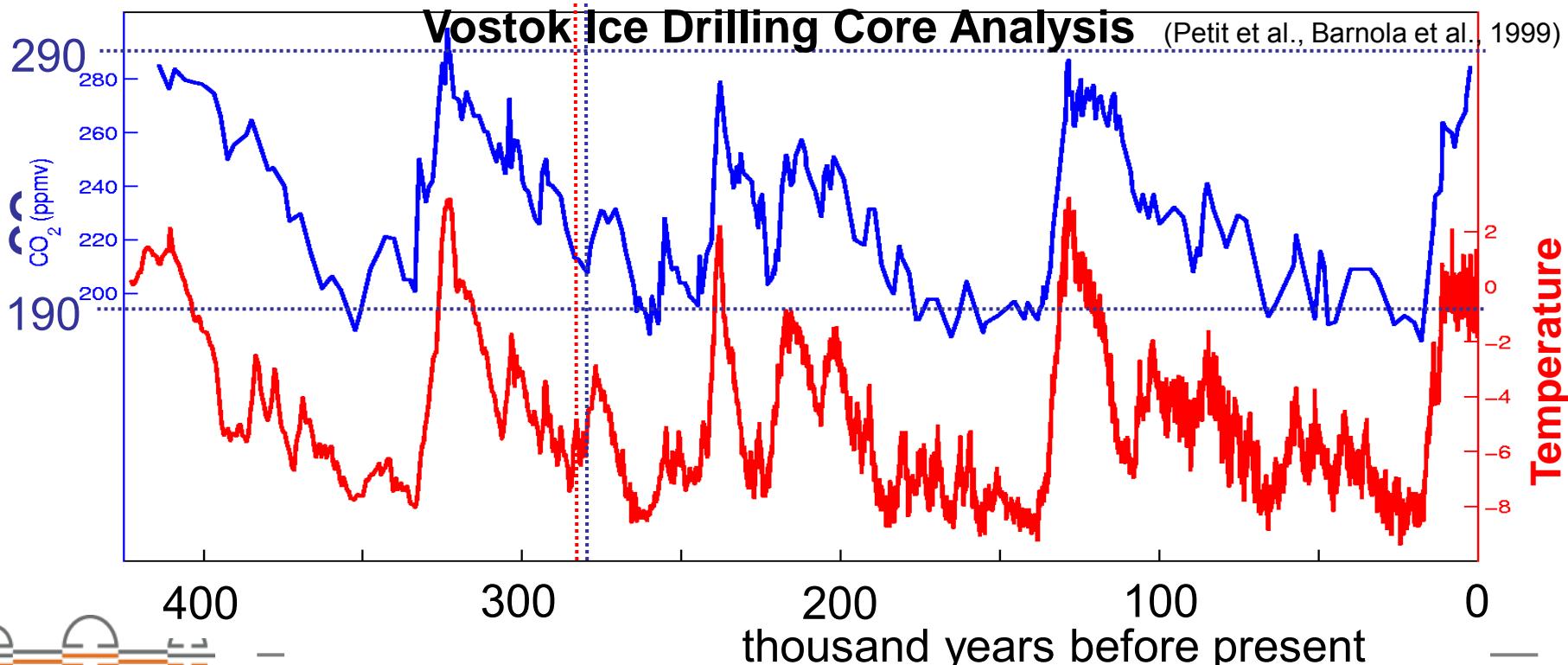


Example: Analysis and Simulation of Glacial Cycles

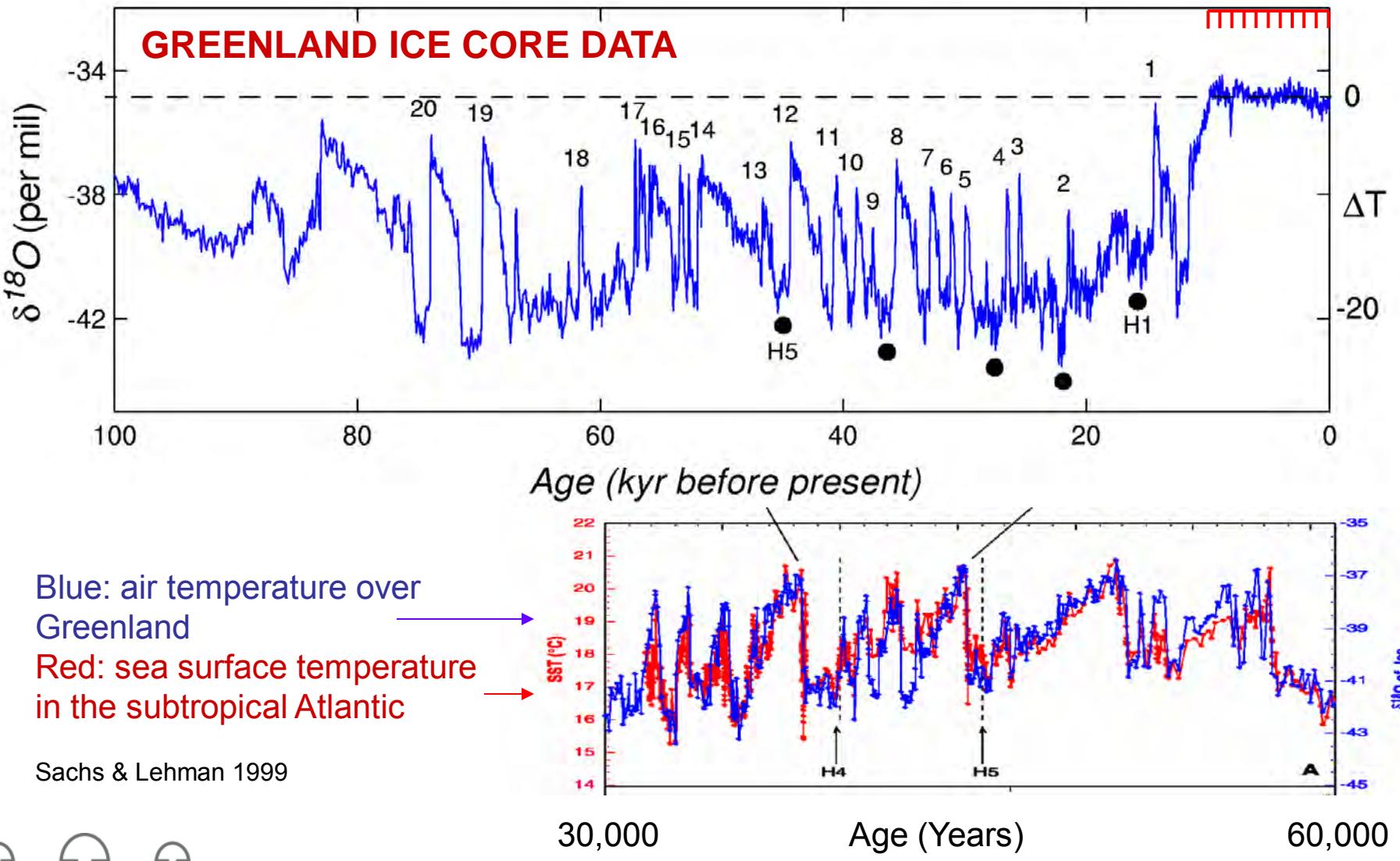


Warming starts before rise of CO₂
⇒ CO₂ is not relevant for warming??

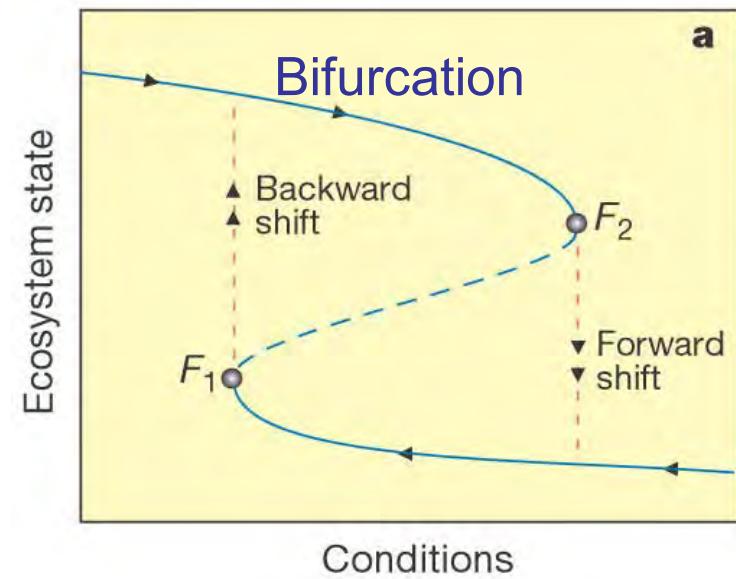
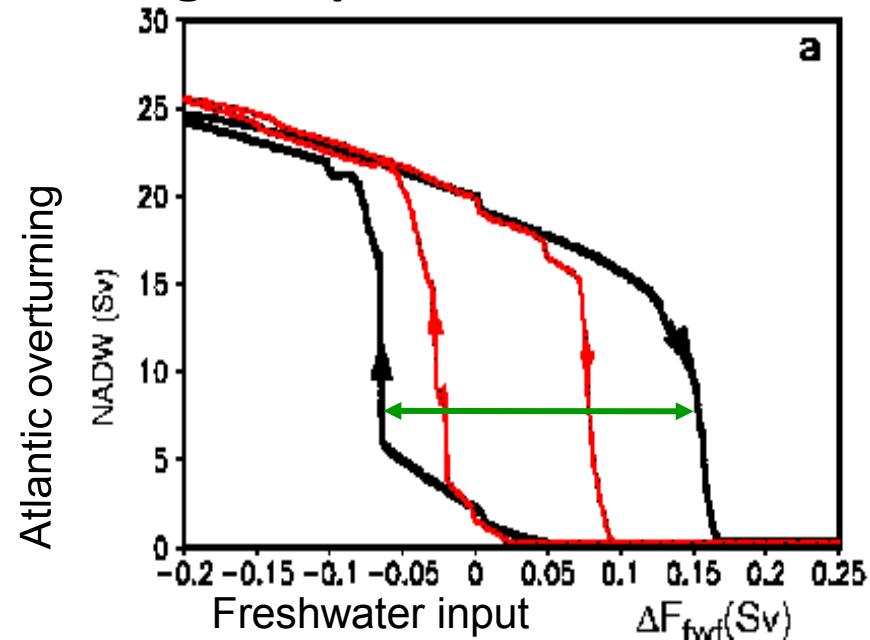
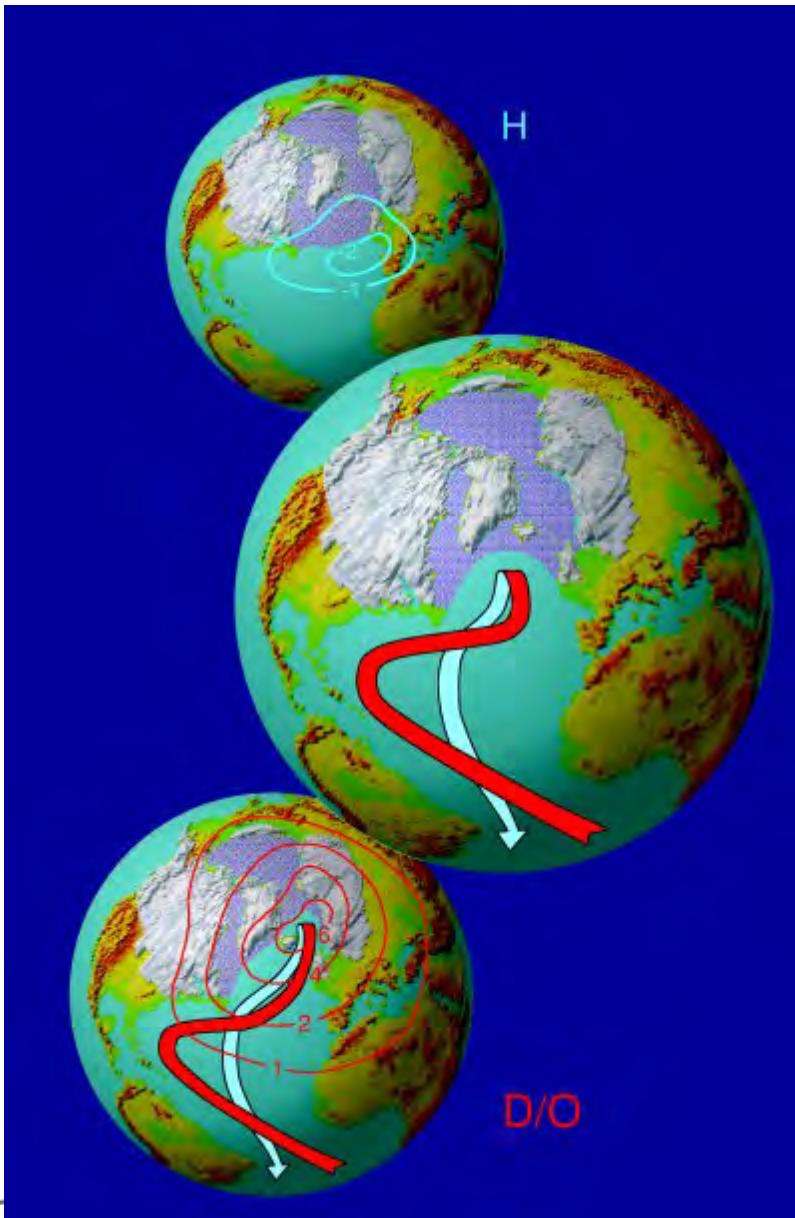
1. initial glacial state of ice covered Earth
2. slight increase of incoming solar radiation by changing axis and orbital parameters
3. fast start of rising temperature due to melting of ice and higher absorption of radiation
4. slower processes releasing greenhouse gases lead to further increased temperature



Fast Climate Changes During the Last Ice Age: Observations



Fast Climate Changes During the Last Ice Age: Explanation



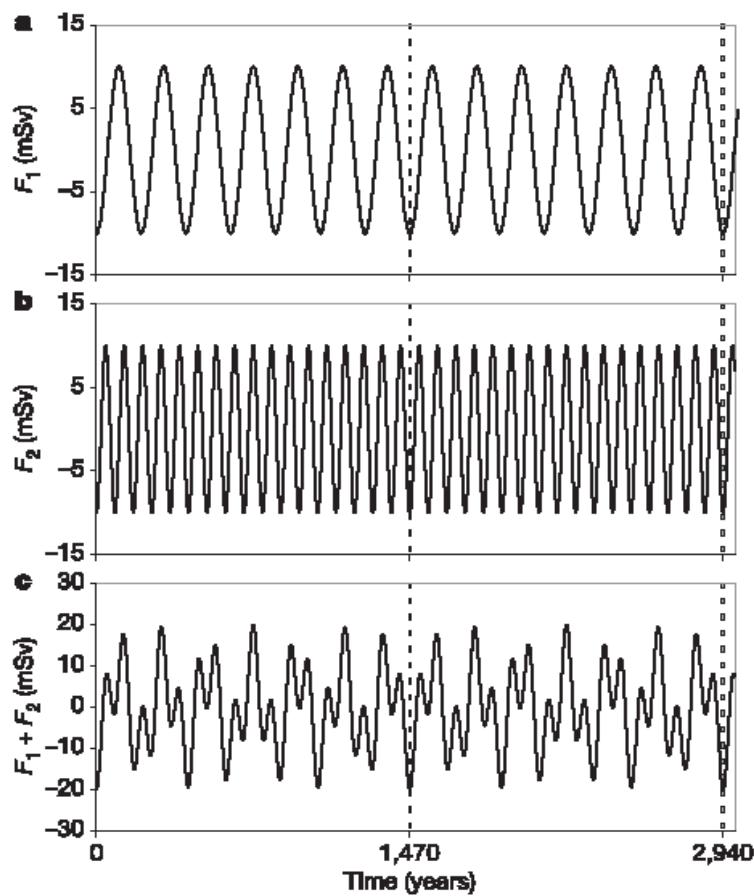


Figure 1 | Applied freshwater forcing in the simulation. **a, b,** To represent the DeVries and Gleissberg solar cycles we consider two sinusoidal components: DeVries component F_1 with period $T_1 = 210$ years (**a**) and Gleissberg component F_2 with period $T_2 \approx 86.5$ years (**b**). **c,** Total forcing with different values for the offset K . The dashed lines indicate the period of 1,470 years in the forcing. In the figure, the amplitudes A_1 and A_2 are chosen to be 10 mSv and the phases φ_1 and φ_2 to be 0. The additional offset K is not shown here.

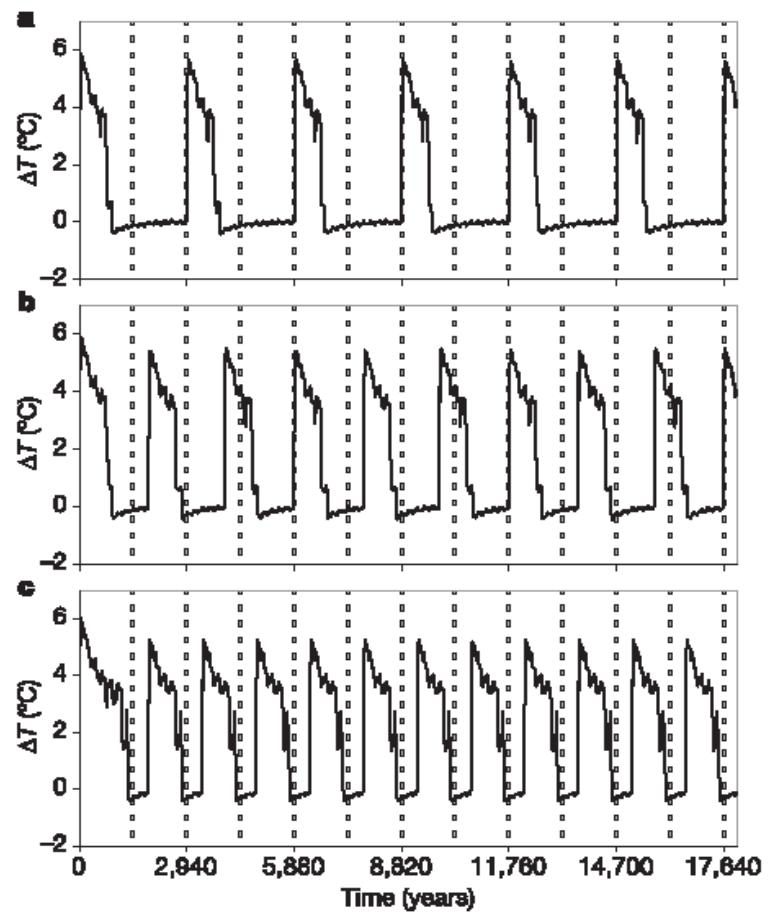
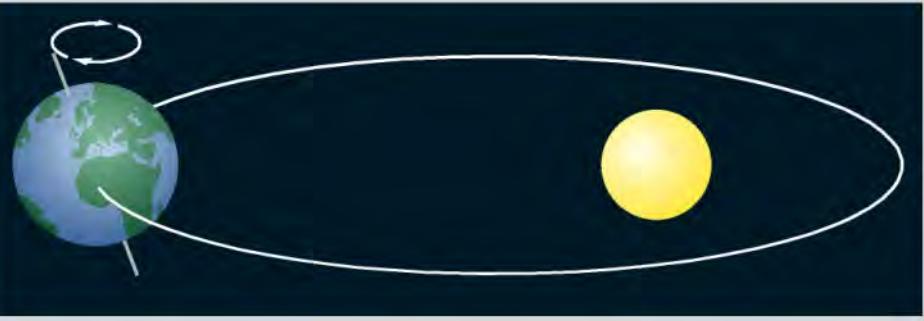
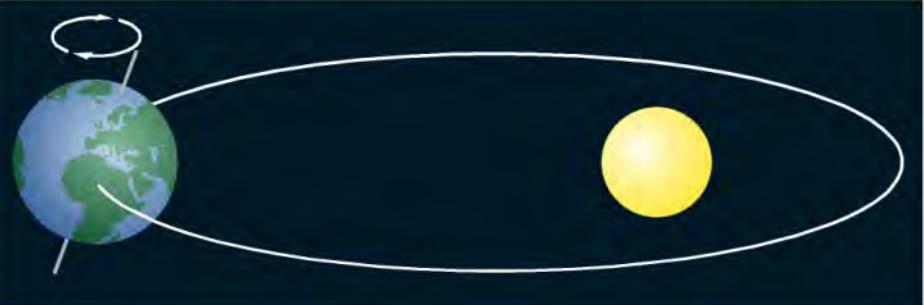
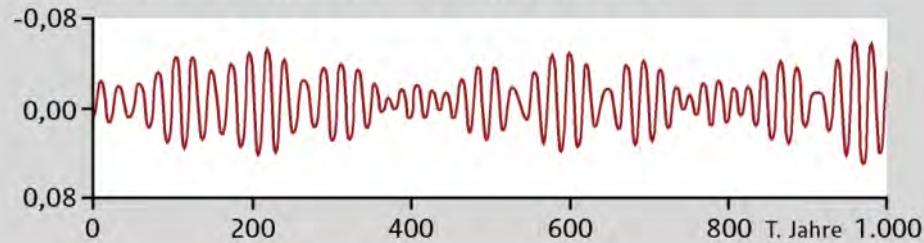


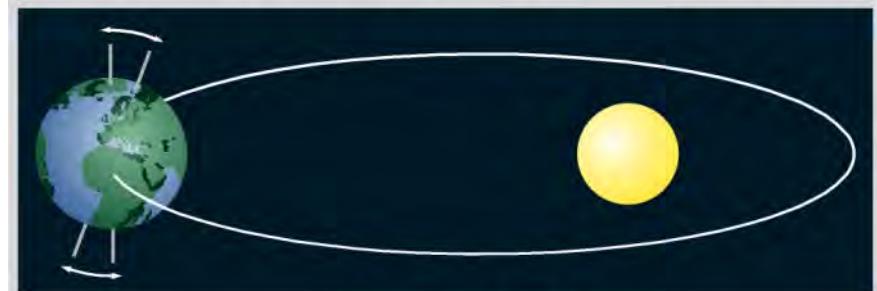
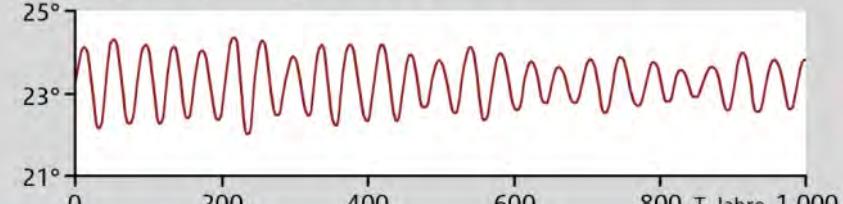
Figure 2 | Simulated changes ΔT in Greenland surface air temperature. The amplitudes A_1 and A_2 of the two forcing cycles are chosen to be 10 mSv, **a**, $K = -9$ mSv; **b**, $K = -14$ mSv; **c**, $K = -19$ mSv. The dashed lines indicate the first-order minima in the forcing (that is, the maxima in the salinity flux), which show a period of 1,470 years (see Fig. 1).

Variability of Earth Orbit Parameters

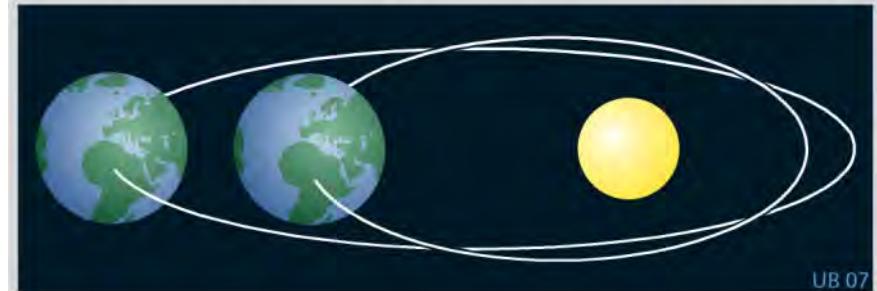
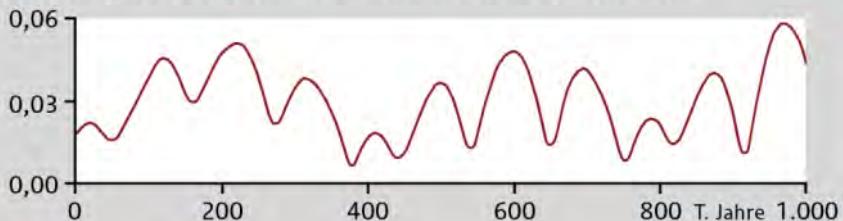
Präzession: 19.000 und 23.000 Jahre



Schiefe (Obliquität): 41.000 Jahre



Exzentrizität: 400.000 und 100.000 Jahre

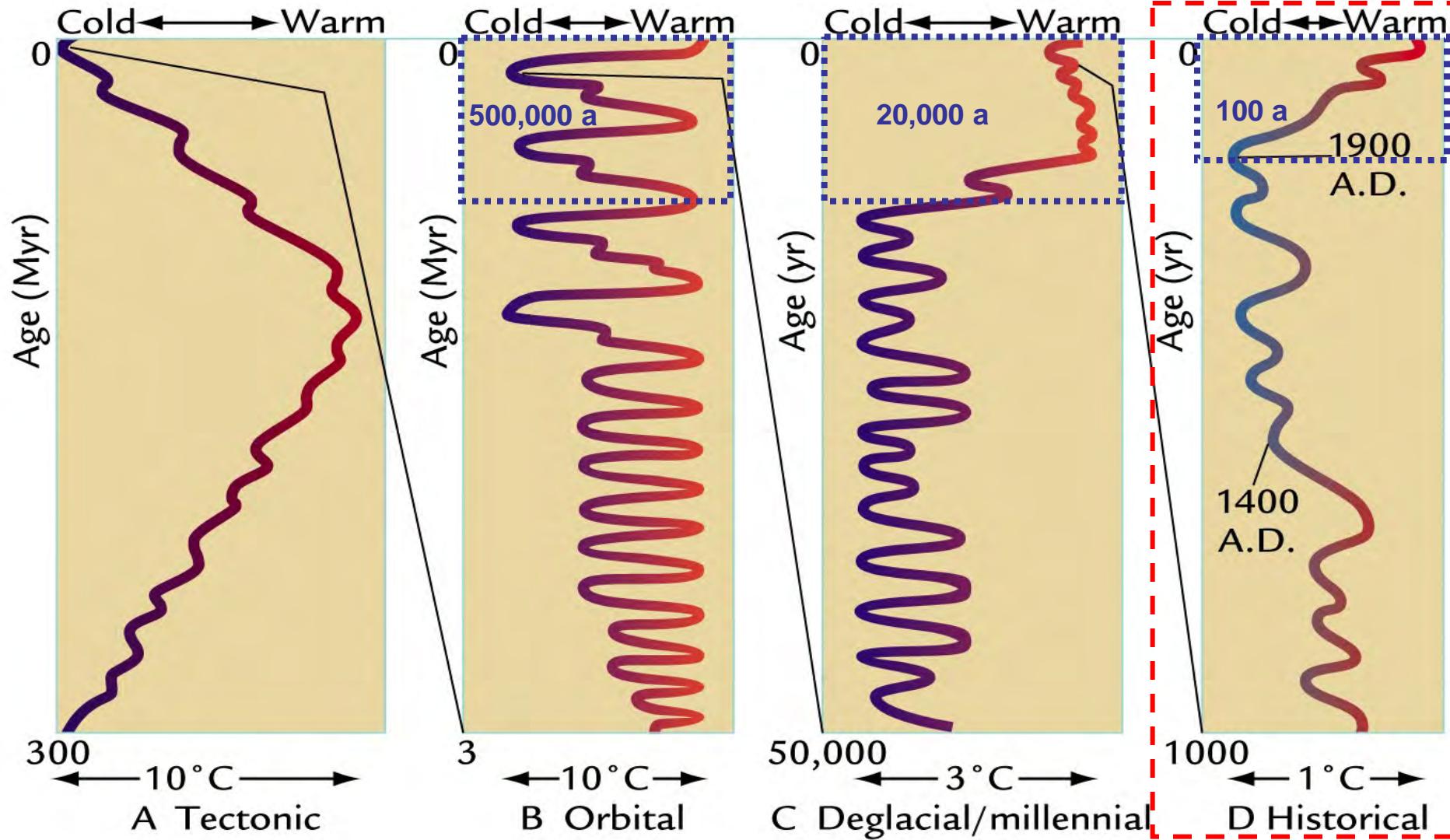


Olaf Bubenzer und Ulrich Radtke, 2007: „Natürliche Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte“

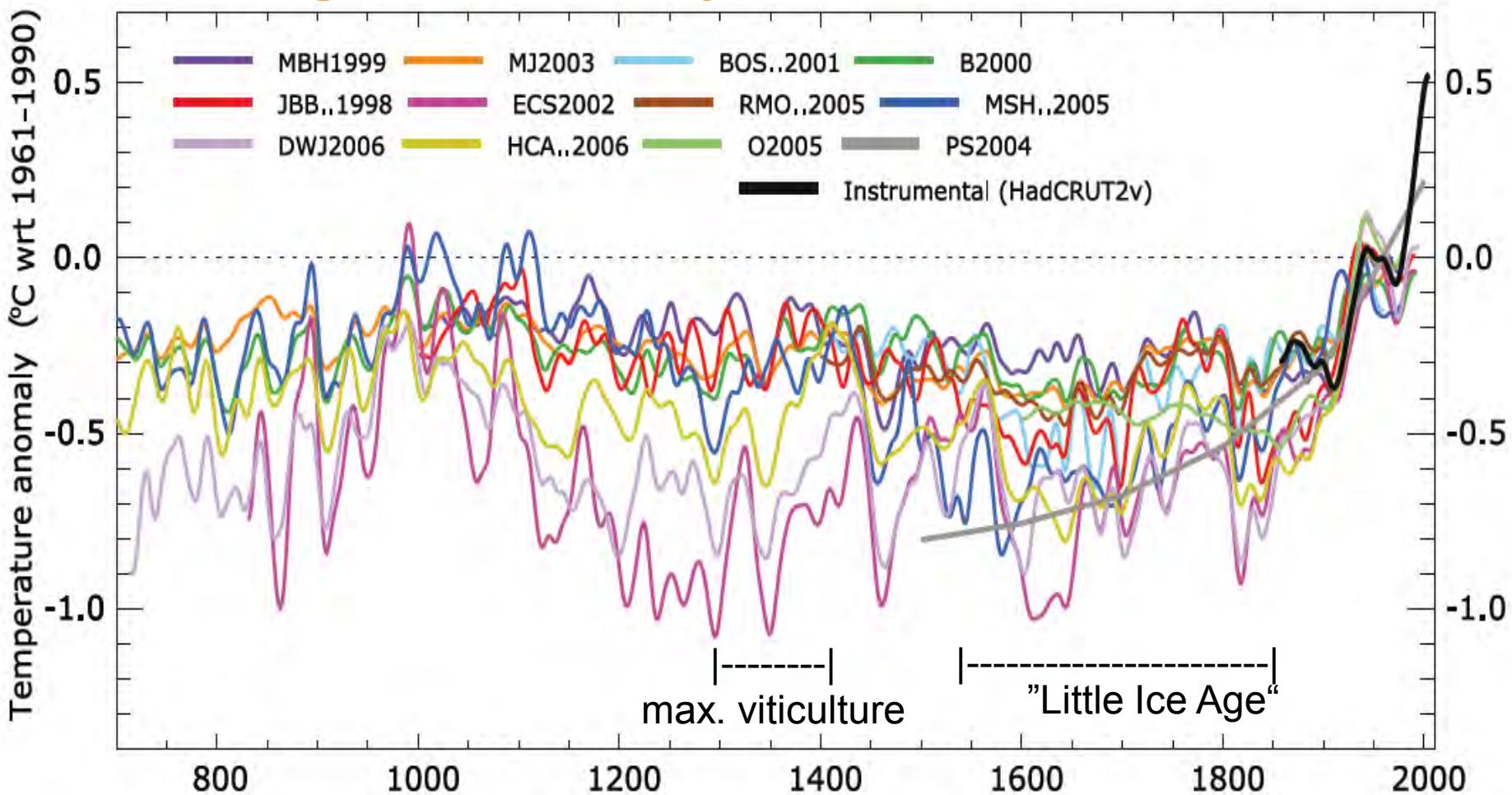
<http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel-28044/17/PDF/17.pdf>

Long Term Climate Variability

Global mean temperature



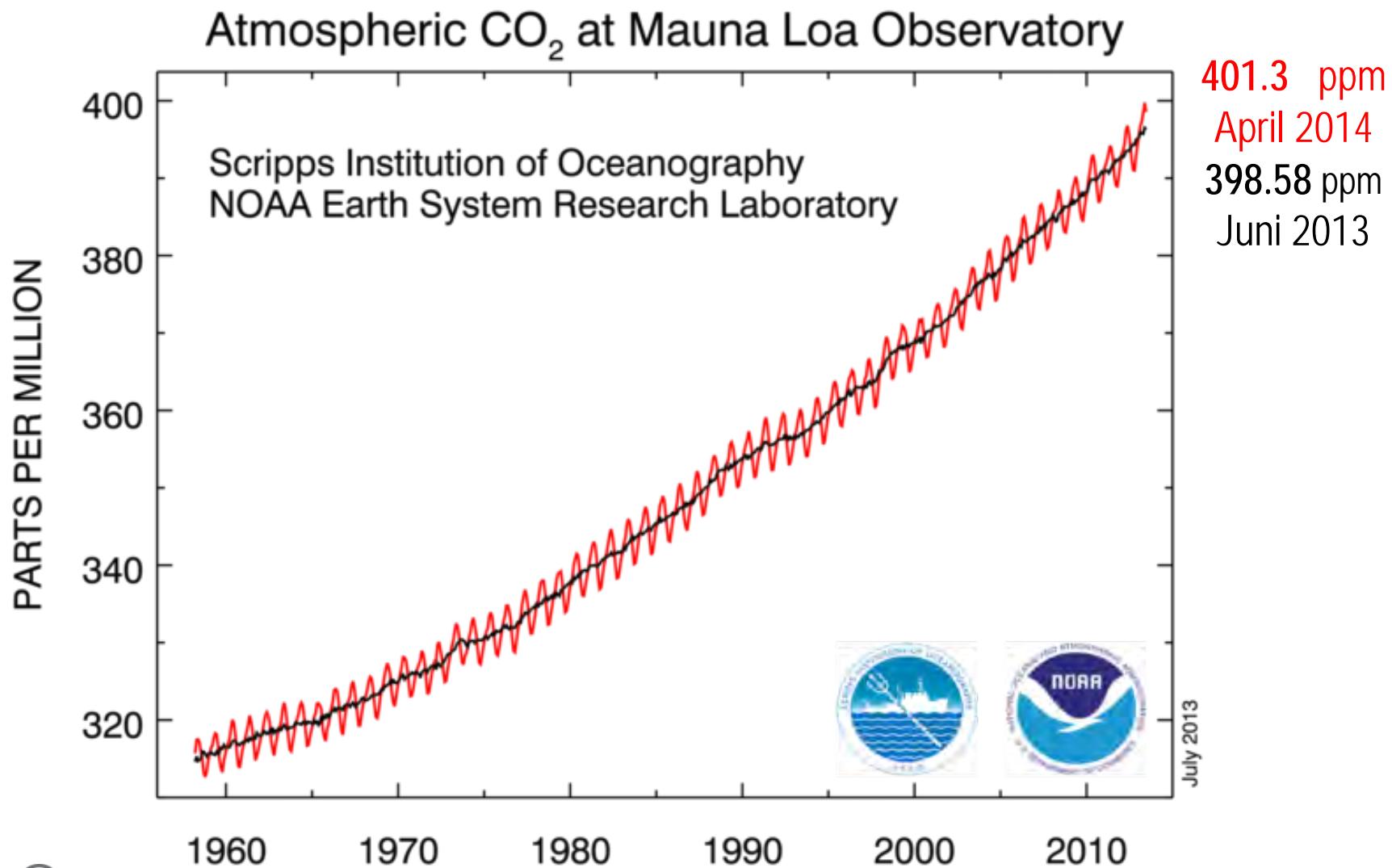
Temperature variability on Northern Hemisphere during the last 1300 years



colour: 12 Reconstructions based on various Proxy-Data
(z.B. Ice cores, sediments, treerings,).

black: Measurements, Source: Jansen et al., 2007. IPCC

Der Anstieg von CO₂ in der Atmosphäre



Neue Erkenntnisse zum Klimawandel und seinen möglichen Folgen

- I. Kurzvorstellung: Klimafolgenforschung am PIK**
- II. Computersimulationen mit Modellen:
von Wetterprognosen zu Klimaprojektionen**
- III. Einordnung des heutigen Klimawandels im
Vergleich zu Klimaänderungen in der Erdgeschichte**
- IV. Neue Erkenntnisse aus dem aktuellen fünften
Bericht des Weltklimarates IPCC**
- V. Zum Umgang mit den möglichen Folgen des
Klimawandels: Klimaschutz und Anpassung**

Bericht des Weltklimarats (IPCC) 2013/2014

- I. Der fünfte Sachstandsbericht (AR5) hat die bestehenden Erkenntnisse zum derzeitigen Klimawandel und dem Einfluss der anthropogenen Treibhausgasemissionen bestätigt und weiter konkretisiert.
- II. Verstärkt sich der Klimawandel in den kommenden Jahrzehnten weiter, nimmt Hitzestress zu, Extremereignisse werden voraussichtlich häufiger und führen zu stärkeren negativen Folgen: Risiken bestehen z.B. durch Extremtemperaturen, Dürreperioden, Stürme und Überflutungen.
- III. Aber: Das Zwei-Grad-Ziel ist machbar – mit technologischem und institutionellem Wandel!



What Does the New IPCC Report (AR5-WG1) Say About Climate Change?

- 1. The warming is unequivocal.**
- 2. Humans caused the majority of it.**
- 3. The warming is largely irreversible.**
- 4. Most of the heat is going into the oceans.**
- 5. Current rates of ocean acidification are unprecedented.**
- 6. We have to choose which future we want very soon.**
- 7. To stay below 2°C of warming, the world must become carbon negative.**
- 8. To stay below 2°C of warming, most fossil fuels must stay buried in the ground.**

Thanks to Steve Easterbrook: <http://www.easterbrook.ca/steve/2013/10/what-does-the-new-ipcc-report-say-about-climate-change/>



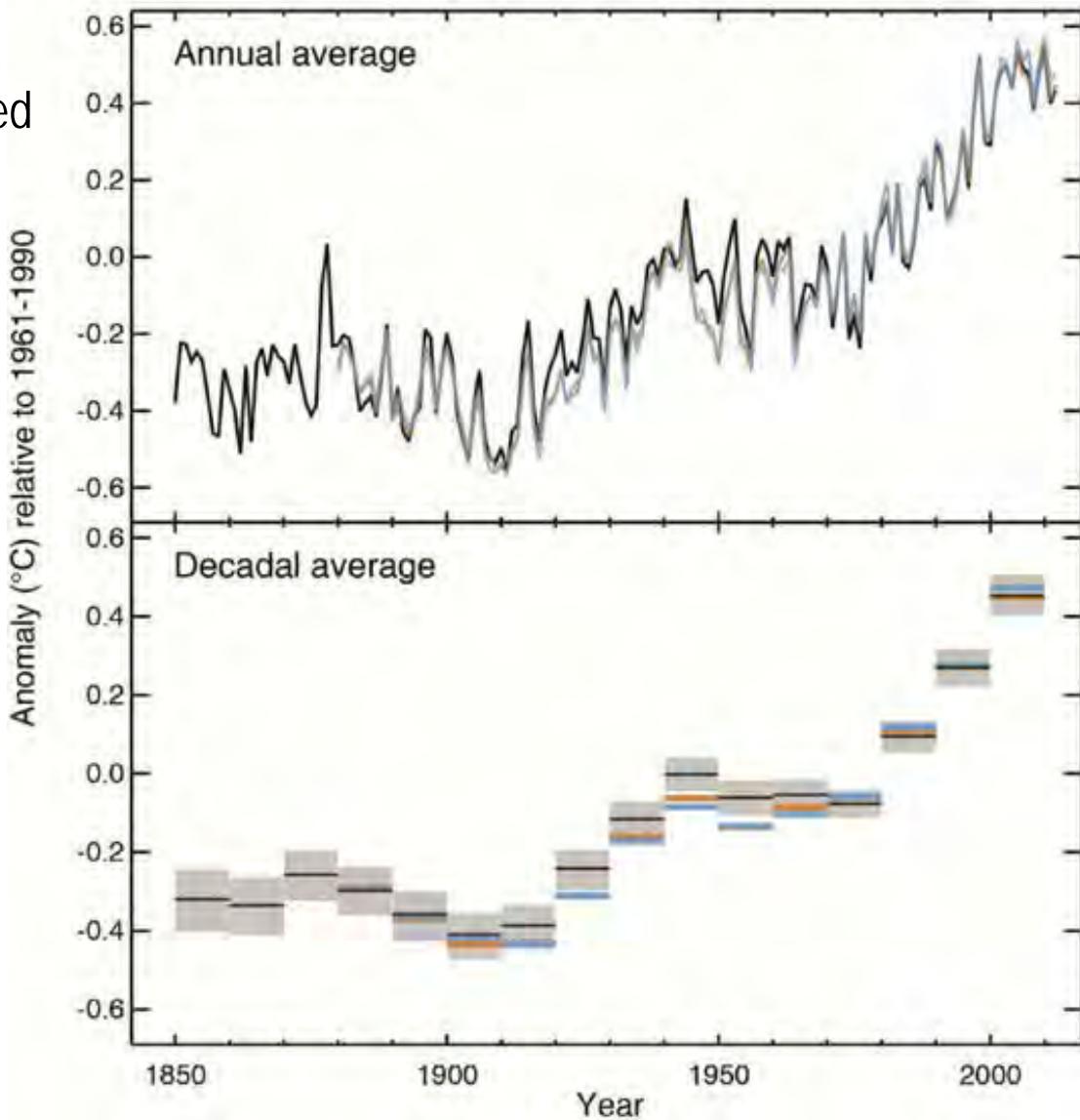
(1) The warming is unequivocal

Fig. SPM.1:

Observed globally averaged combined land and ocean surface temperature anomaly 1850-2012.

SPM:

"Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, sea level has risen, and the concentrations of greenhouse gases have increased."



Macht der Klimawandel Pause oder nicht?

Abb. 1: Temperaturrentwicklung seit 1850

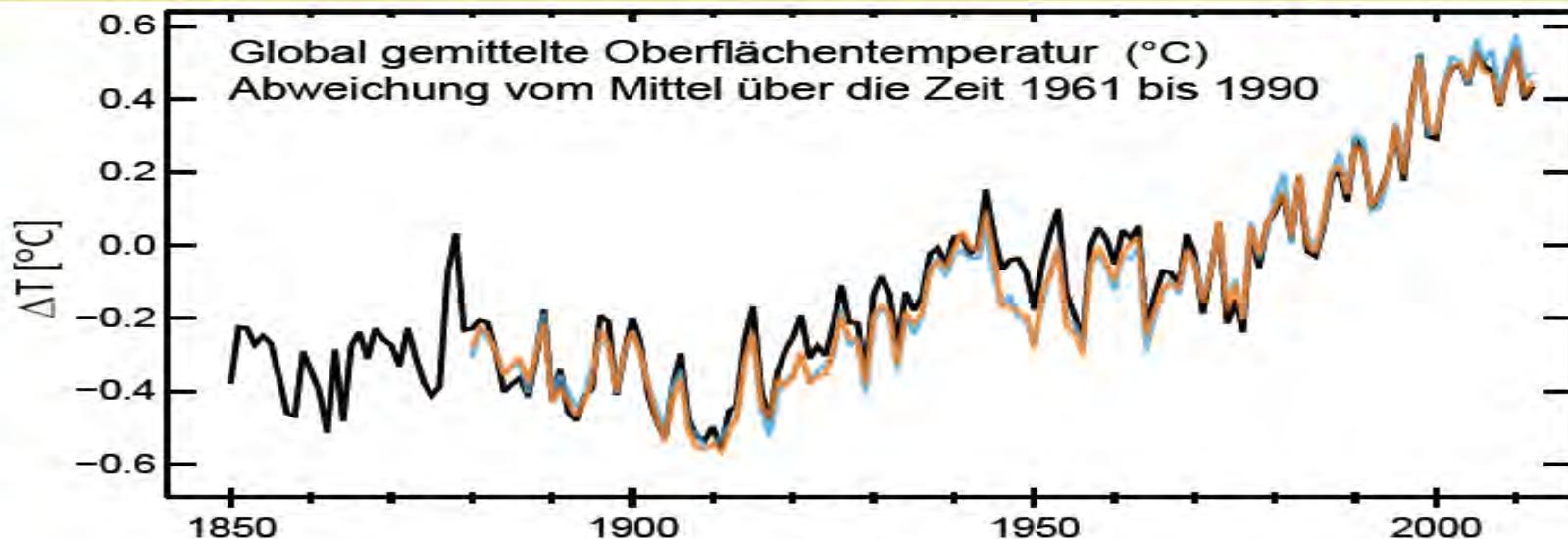
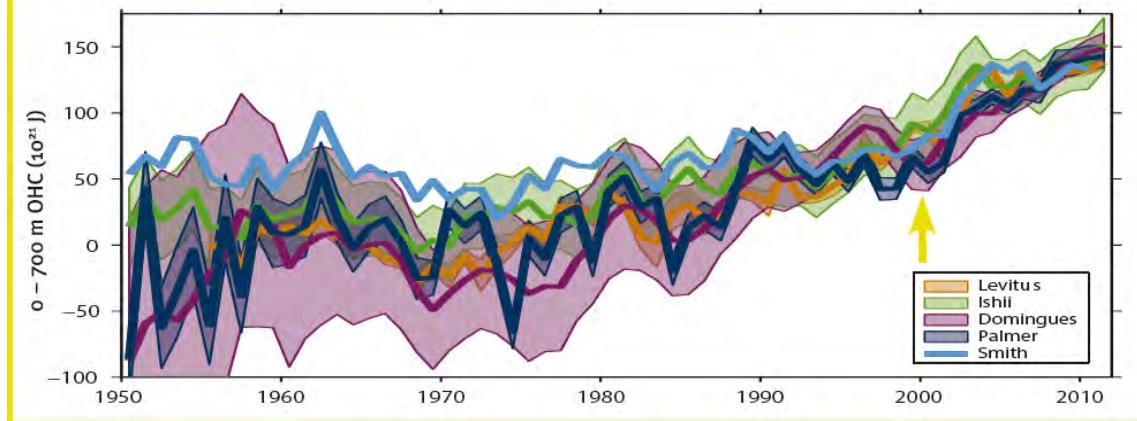
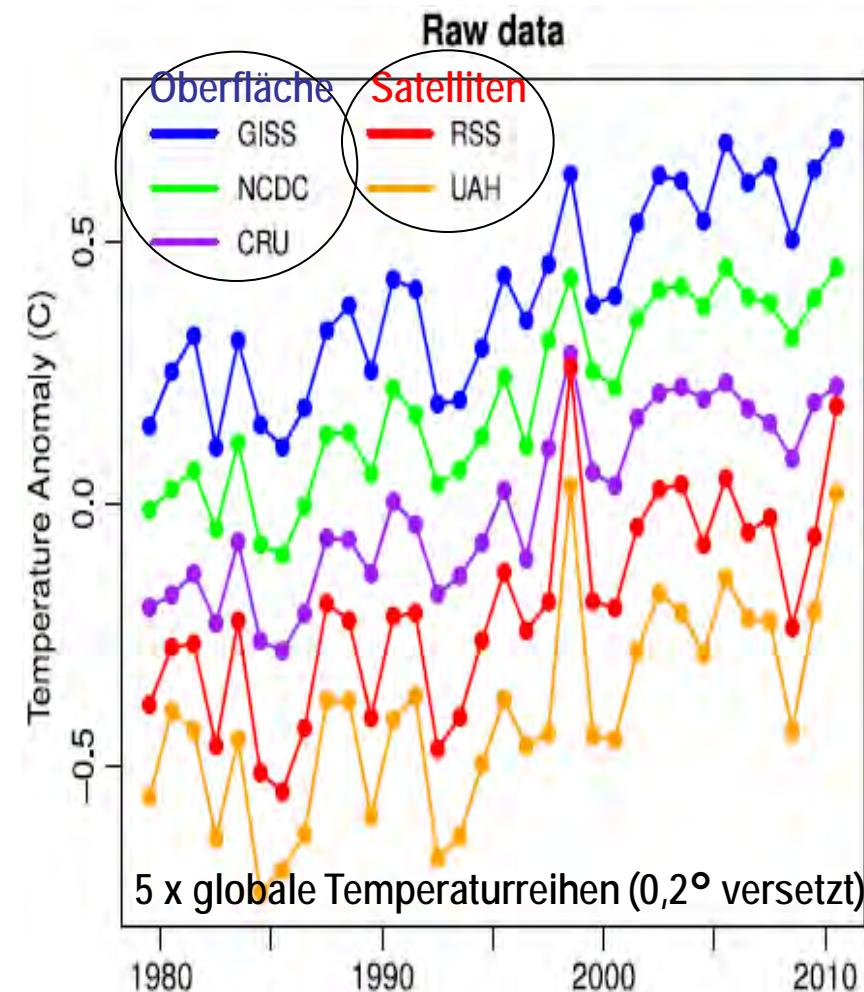
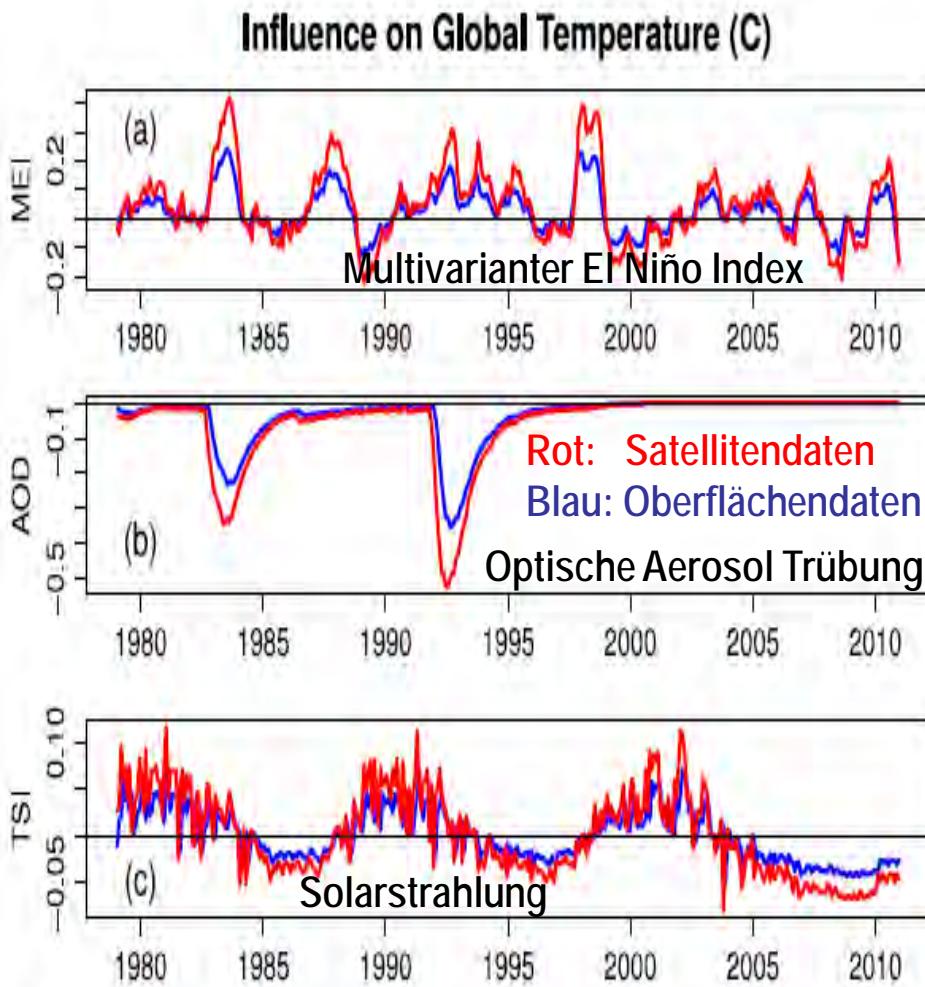


Abb. 2: Der Ozean als größter Energiespeicher im Klimasystem



http://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/physik_konkret/pix/Physik_Konkret_19.pdf

Globale Erwärmung: Natürliche Einflüsse und anthropogene Treibhausgase



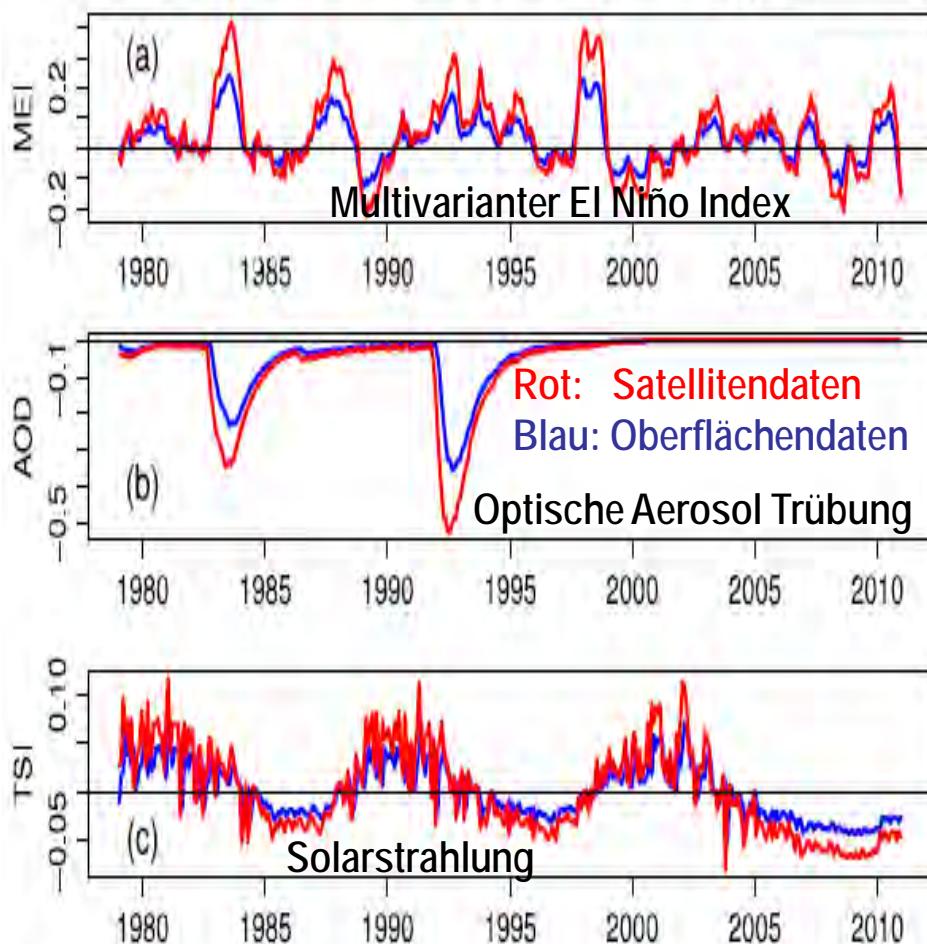
Quelle: Grant Foster and Stefan Rahmstorf 2011 Environ. Res. Lett. 6

Globale Erwärmung

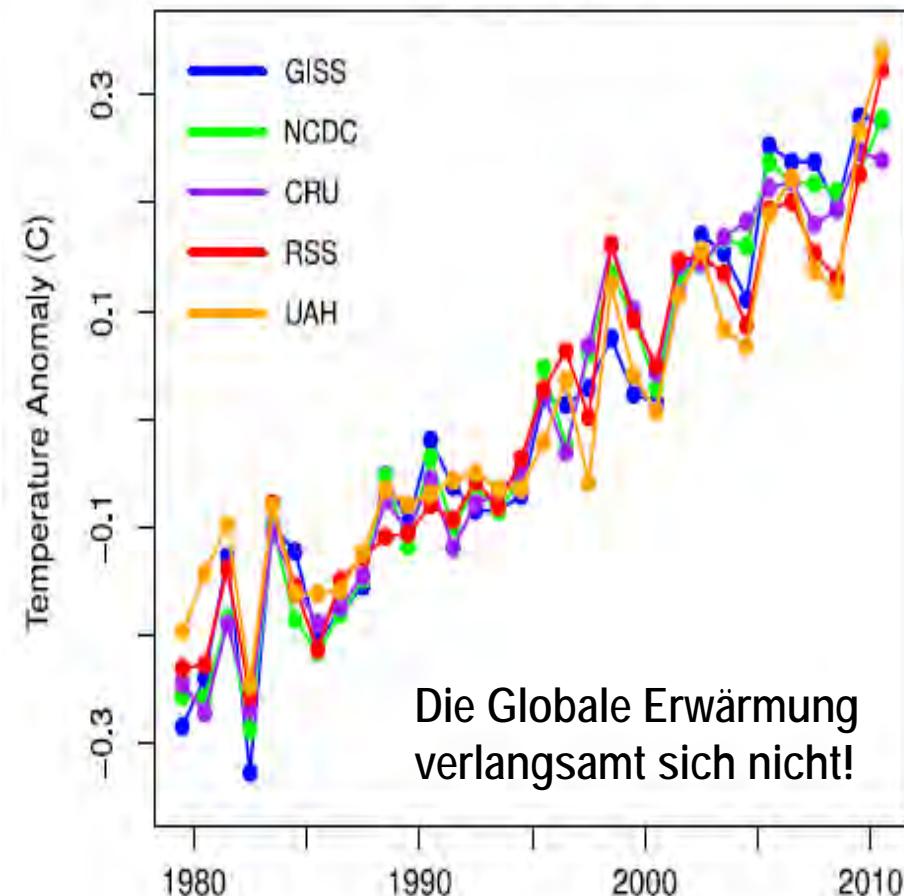
links: Natürlich bedingte Temperaturänderungen

rechts: Globale Erwärmung ohne natürliche Einflüsse

Influence on Global Temperature (C)



Adjusted data



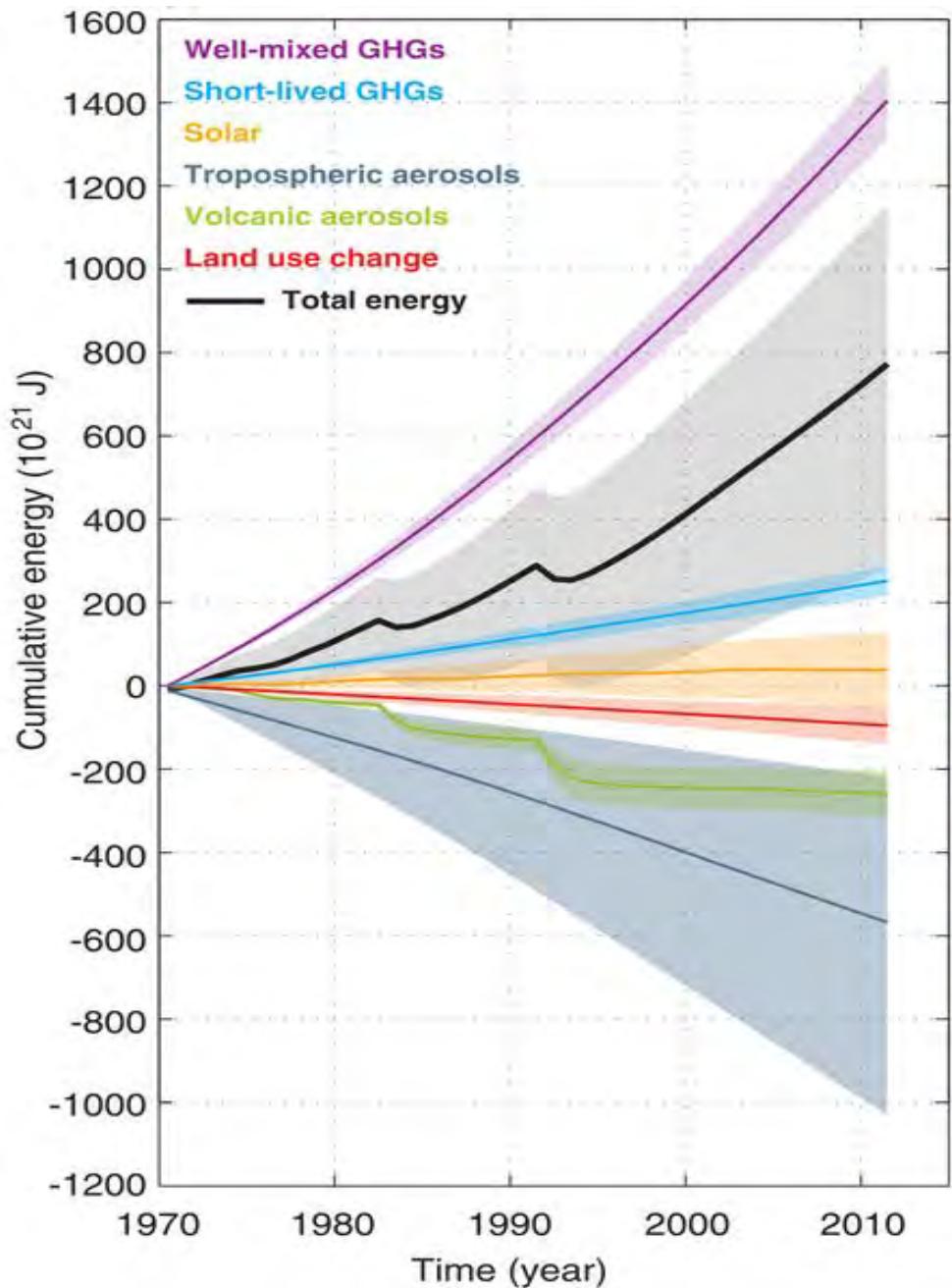
(2) Humans caused the majority of the warming

Box 13.1 fig. 1:
The Earth's changing energy budget
in ZJ from 1970 to 2011

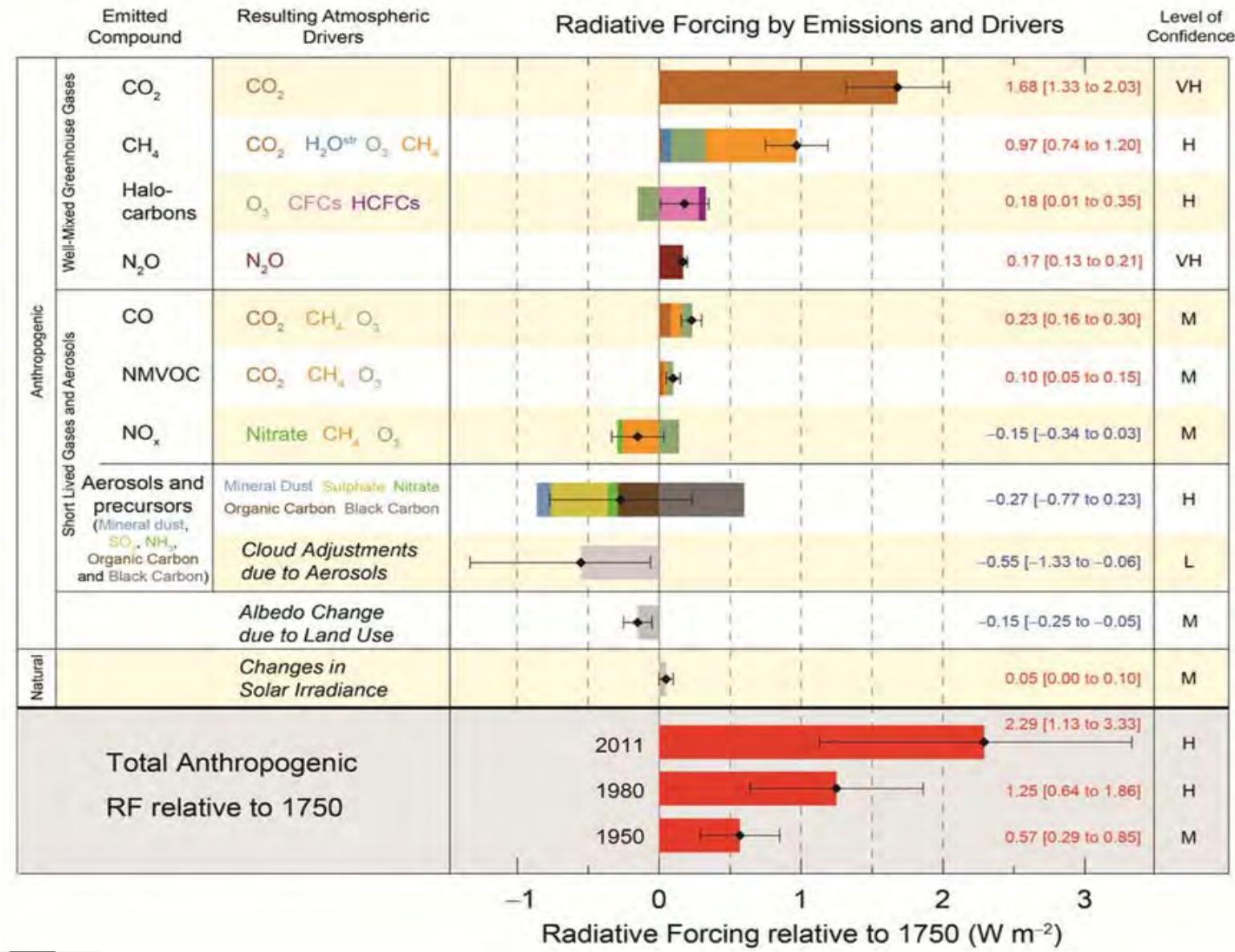
(1 ZJ = 10^{21} J)

SPM:

“It is extremely likely that human influence has been the dominant cause of the observed warming since the mid-20th century”.



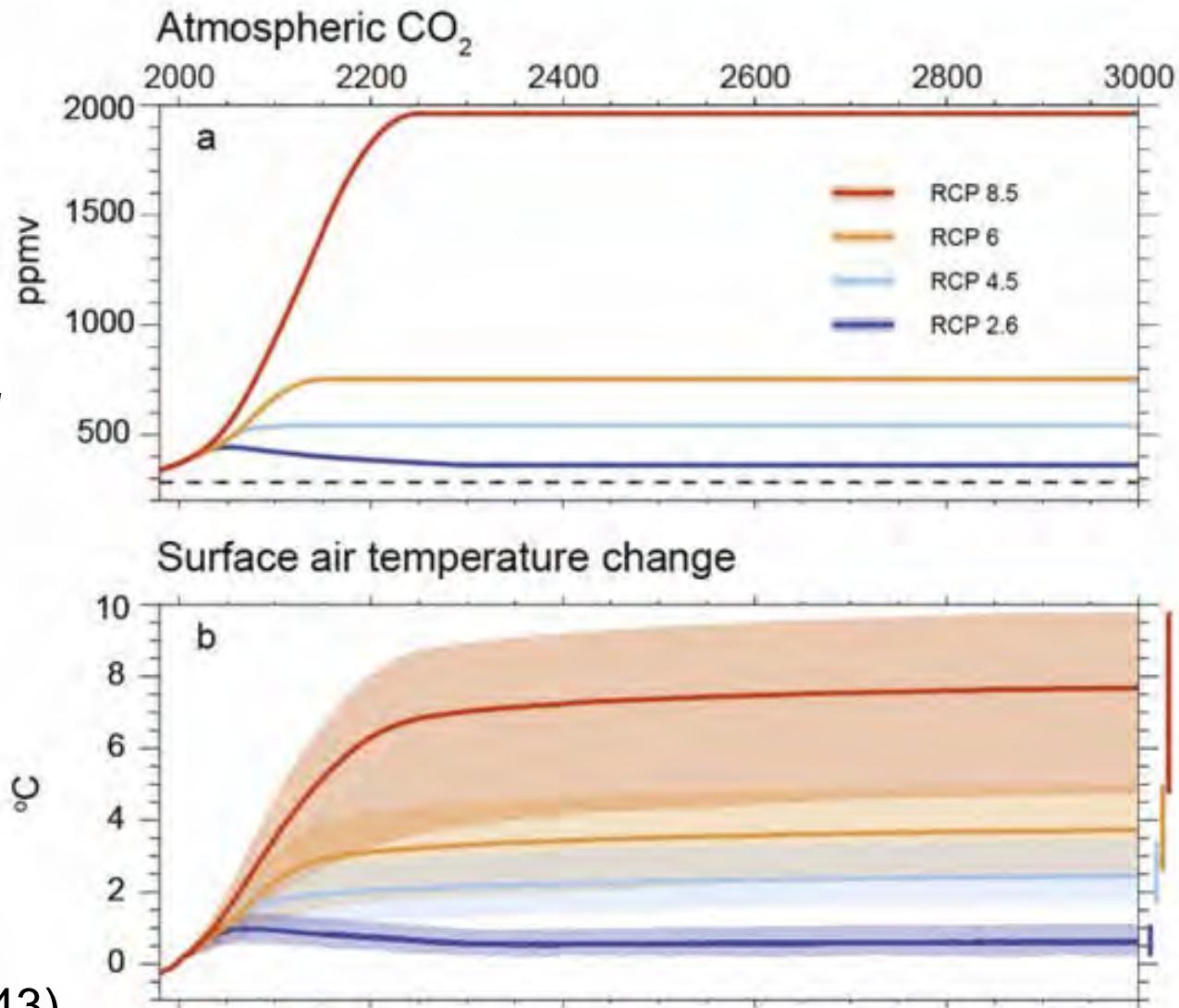
The Radiative-Forcing bar chart: AR5 version



(3) The warming is largely irreversible

SPM:

"A large fraction of anthropogenic climate change resulting from CO₂ emissions is irreversible on a multi-century to millennial time scale, except in the case of a large net removal of CO₂ from the atmosphere over a sustained period. Surface temperatures will remain approximately constant at elevated levels for many centuries after a complete cessation of net anthropogenic CO₂ emissions."

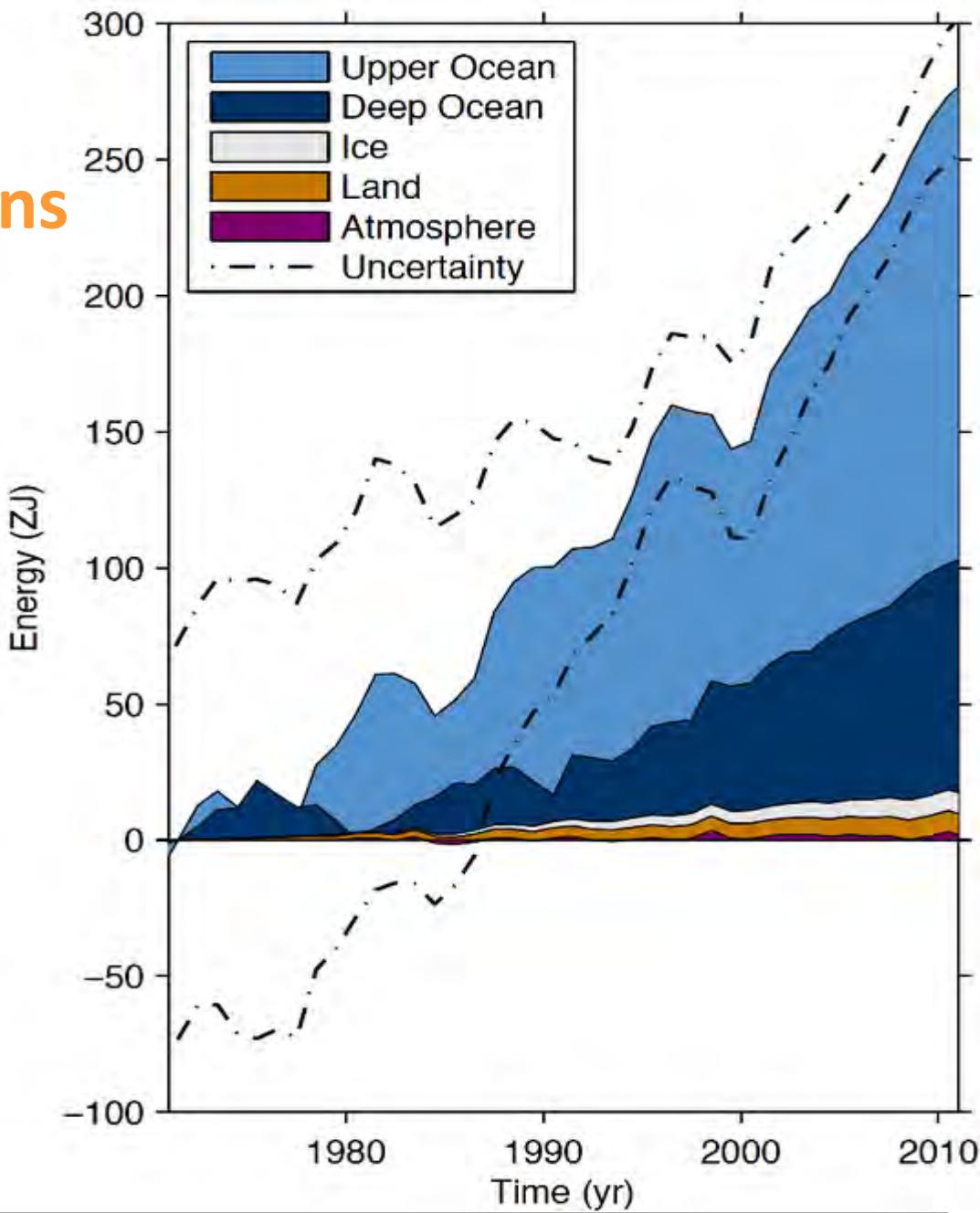


(Fig 12.43)

(4) Most of the heat is going into the oceans

Box 3.1 Fig 1: Plot of energy accumulation in ZJ within distinct components of Earth's climate system relative to 1971 and from 1971–2010

(1 ZJ = 10^{21} J)



Earth's energy uptake by human activities

(2) Earth's cumulative energy budget from 1970 to 2011 = 800 ZJ (input)
and

(4) Earth's energy accumulation from 1970 to 2011 = 300 ZJ (storage)

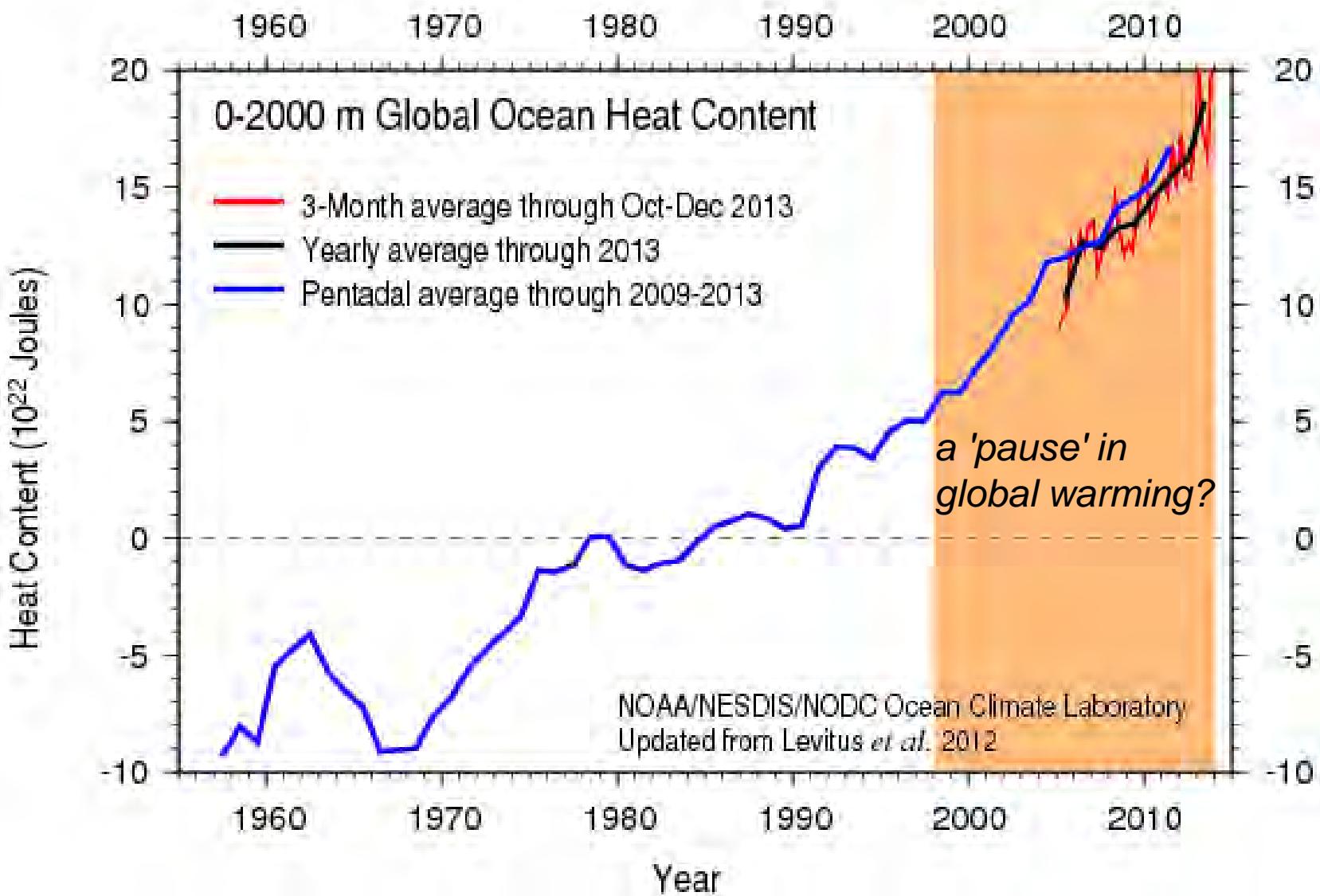
Where remains the difference in energy?

For comparison, one zettajoule (10^{21}J) is about the energy
that would be released from 200 million Hiroshima bombs.

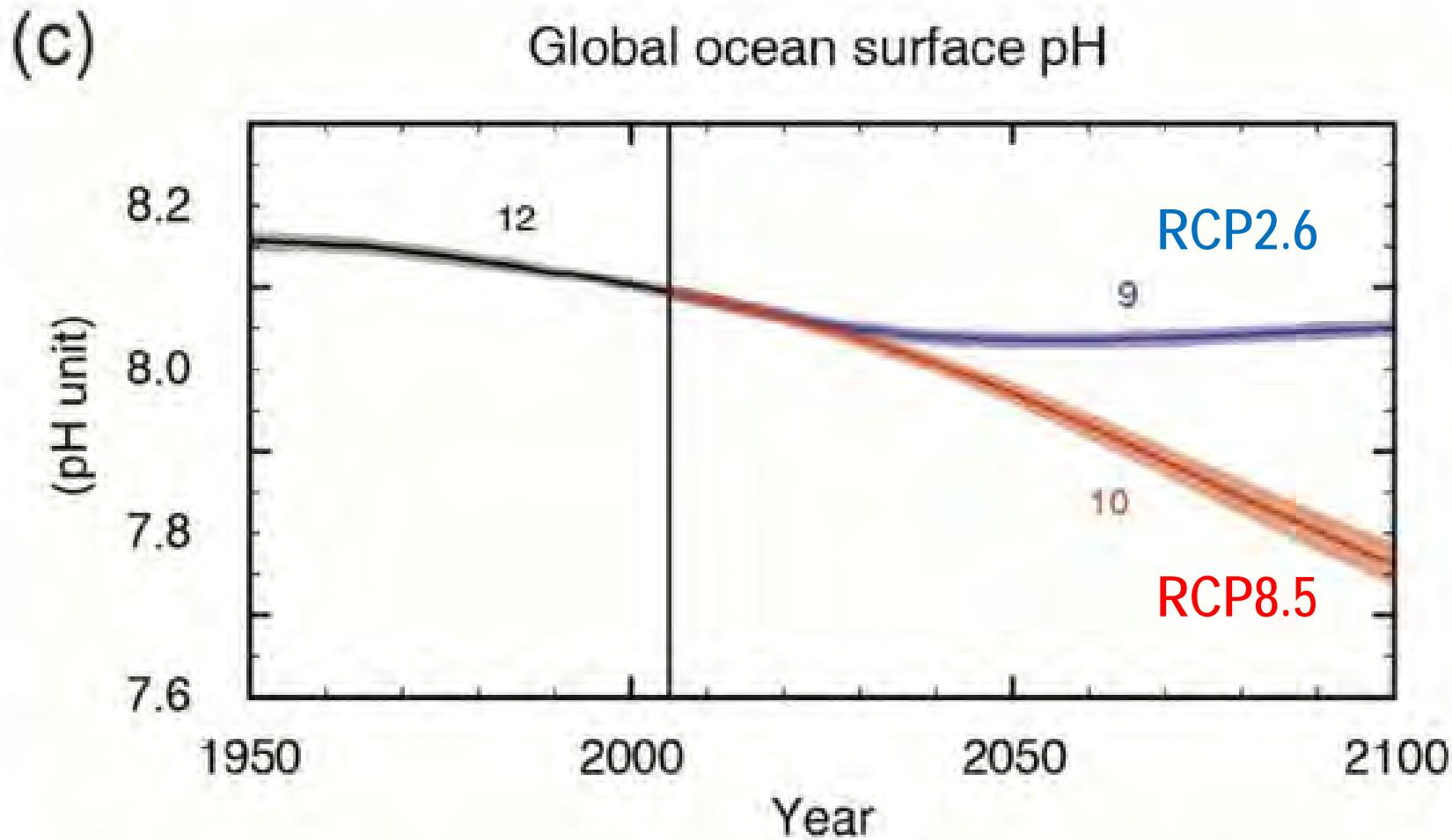
The world's total annual global energy consumption is about 0.5 ZJ,
about 3 Hiroshima bombs per second.

The global warming effect by GHG is comparable
to about 4 Hiroshima bombs per second.

Ocean Heat Uptake



(5) Current rates of ocean acidification are unprecedented (Fig. SPM.7c)

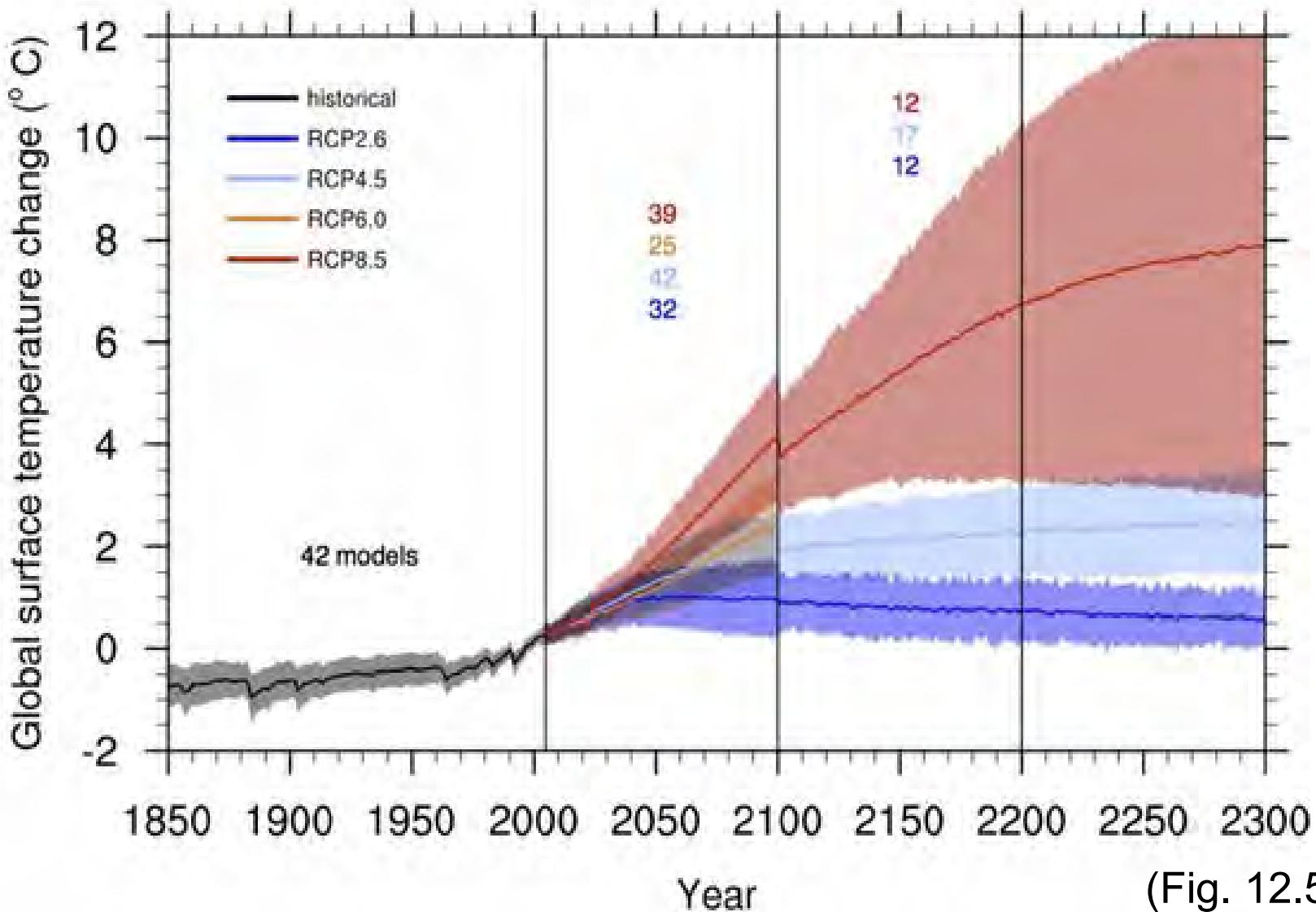


What Does the New IPCC Report (AR5-WG1) Say About Climate Change?

1. The warming is unequivocal.
2. Humans caused the majority of it.
3. The warming is largely irreversible.
4. Most of the heat is going into the oceans.
5. Current rates of ocean acidification are unprecedented.
6. We have to choose which future we want very soon.
7. To stay below 2°C of warming, the world must become carbon negative.
8. To stay below 2°C of warming, most fossil fuels must stay buried in the ground.

Thanks to Steve Easterbrook: <http://www.easterbrook.ca/steve/2013/10/what-does-the-new-ipcc-report-say-about-climate-change/>

Global Annual Mean Surface Air Temperature Anomalies (relative to 1986–2005)



(Fig. 12.5)

(7) To stay below 2°C of warming, the world must become carbon negative.

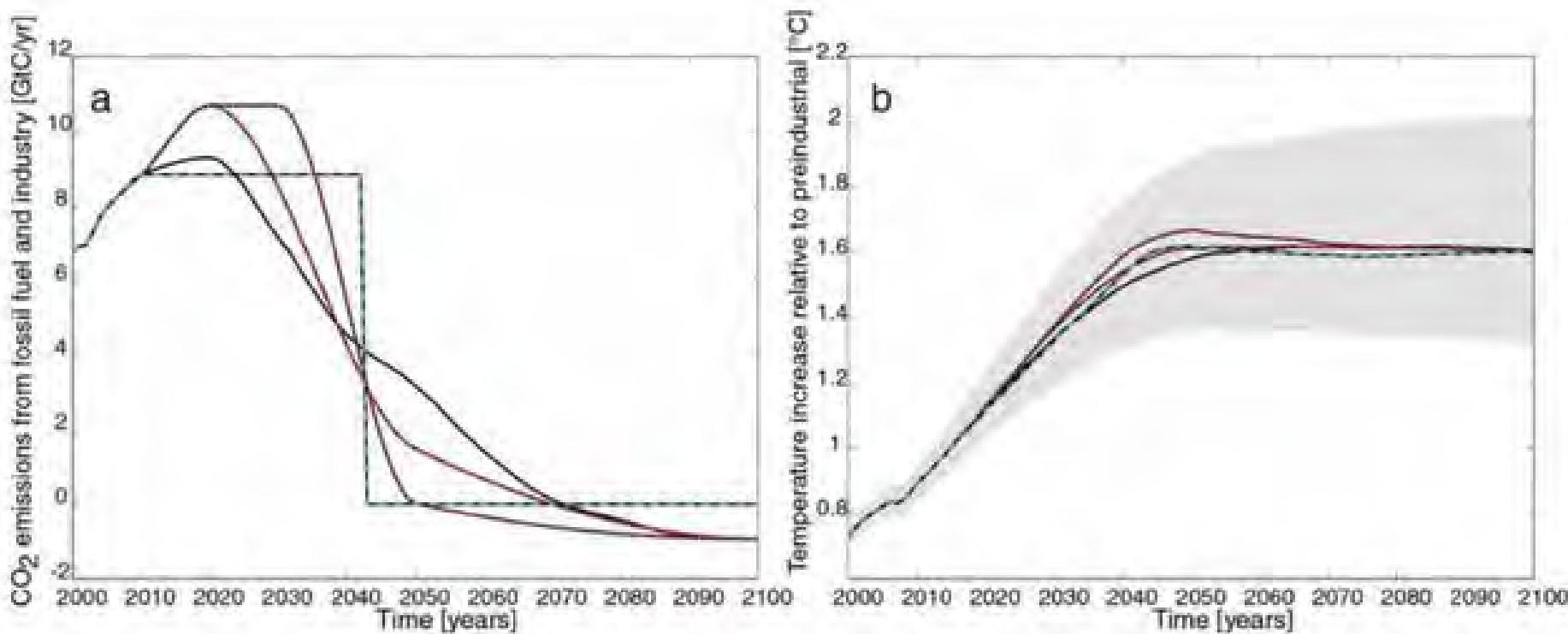
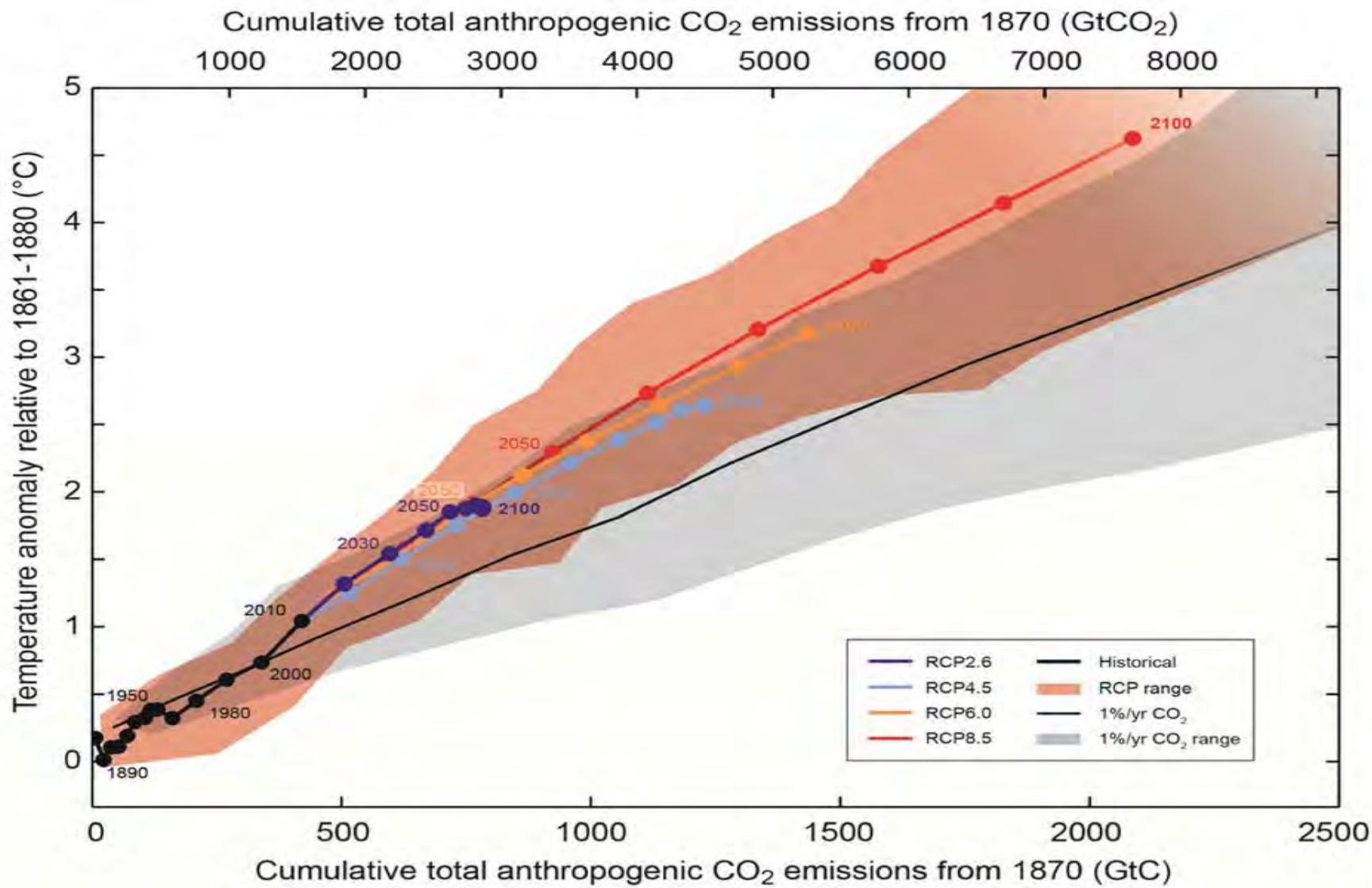


Figure 12.46: a) CO₂ emissions for the RCP2.6 scenario (black) and three illustrative modified emission pathways leading to the same warming, b) global temperature change relative to preindustrial for the same pathways

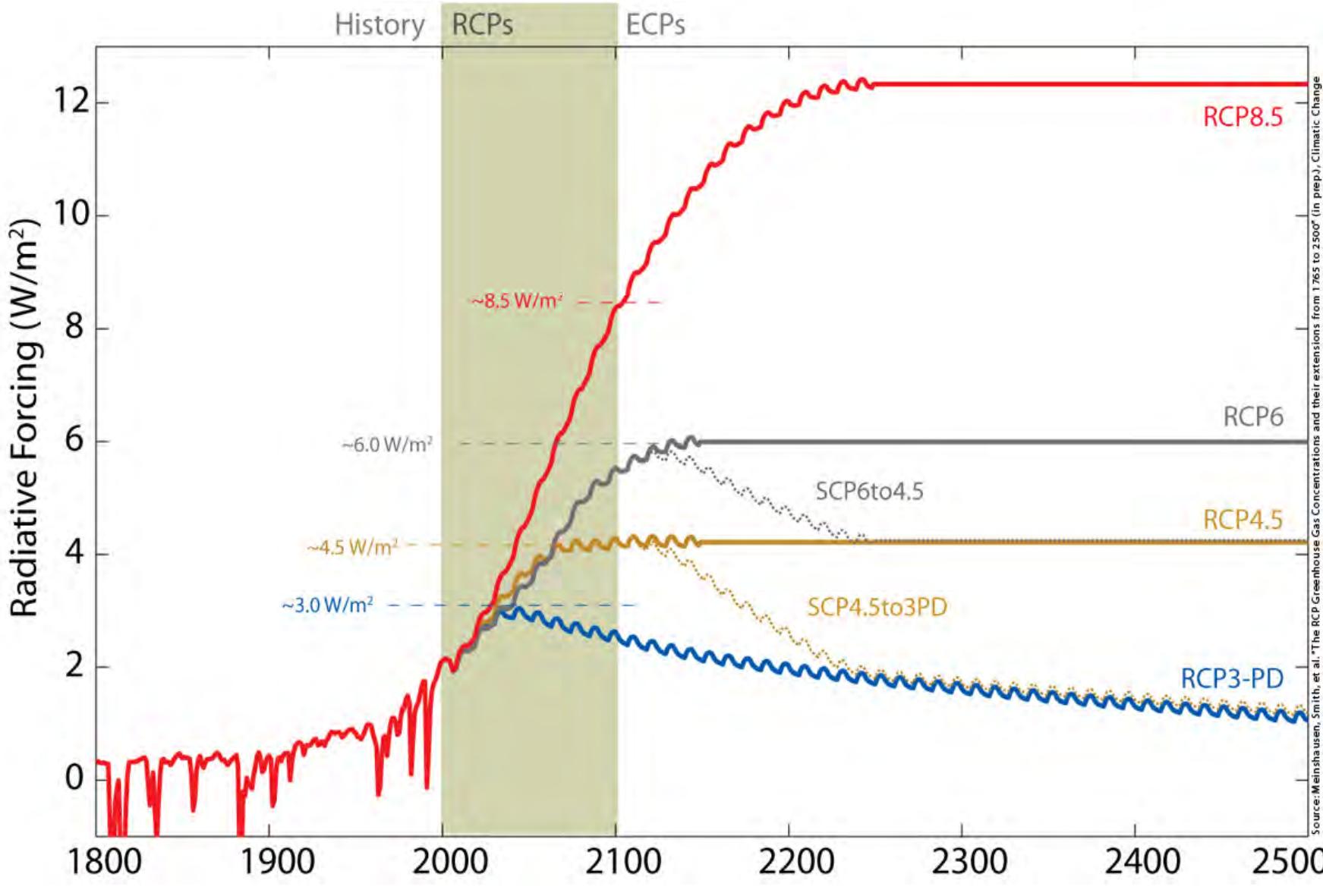
(8) To stay below 2°C of warming, most fossil fuels must stay buried in the ground.

- To give us a one third (33%) chance of staying below 2°C of warming over pre-industrial levels, we cannot ever emit more than 880 gigatonnes of Carbon.
- To give us a 50% chance, we cannot ever emit more than 840 gigatonnes of Carbon.
- To give us a 66% chance, we cannot ever emit more than 800 gigatonnes of Carbon.
- Since the beginning of industrialization, we have already emitted a little more than 500 gigatonnes of Carbon
- So our remaining budget is somewhere between 300 and 400 gigatonnes of carbon.
- Existing known fossil fuel reserves are enough to release at least 1000 gigatonnes. New discoveries and unconventional sources will likely more than double this.
- → ***Most of the remaining fossil fuel reserves must stay buried in the ground.***

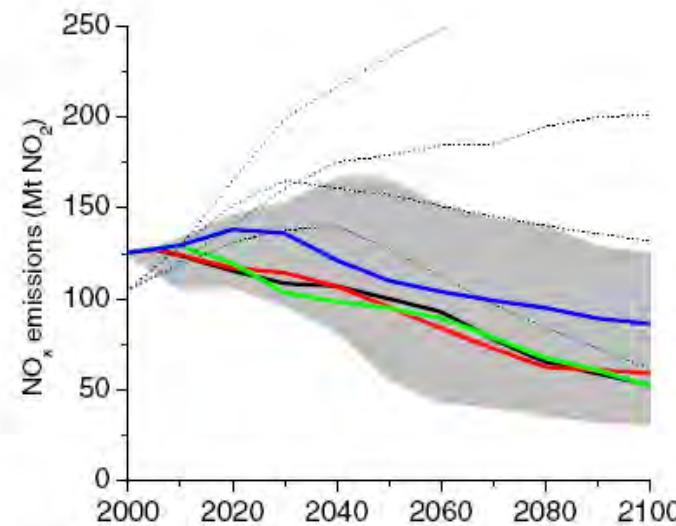
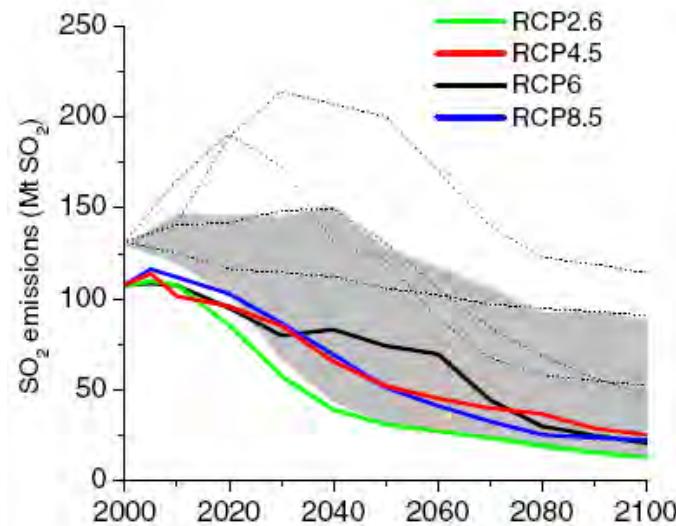
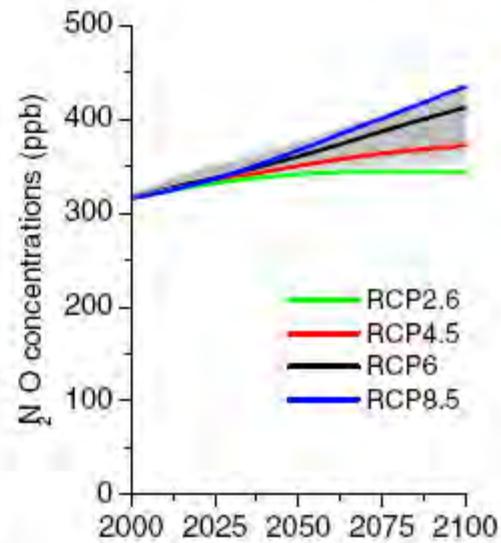
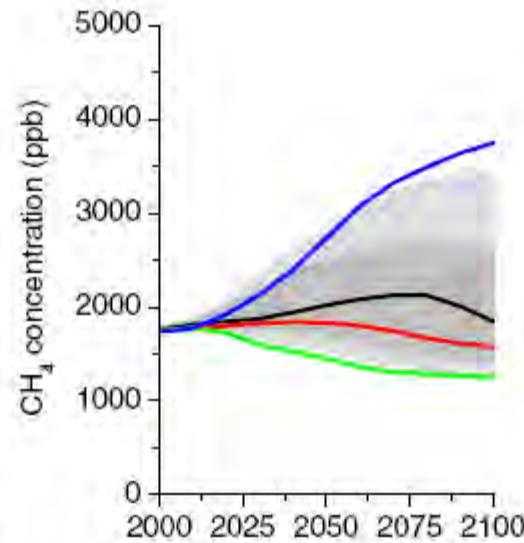
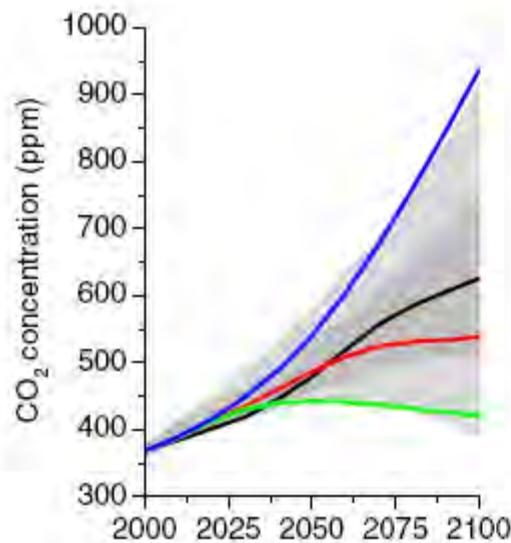
(8) To stay below 2°C of warming, most fossil fuels must stay buried in the ground.



Representative Concentration Pathways (RCPs)

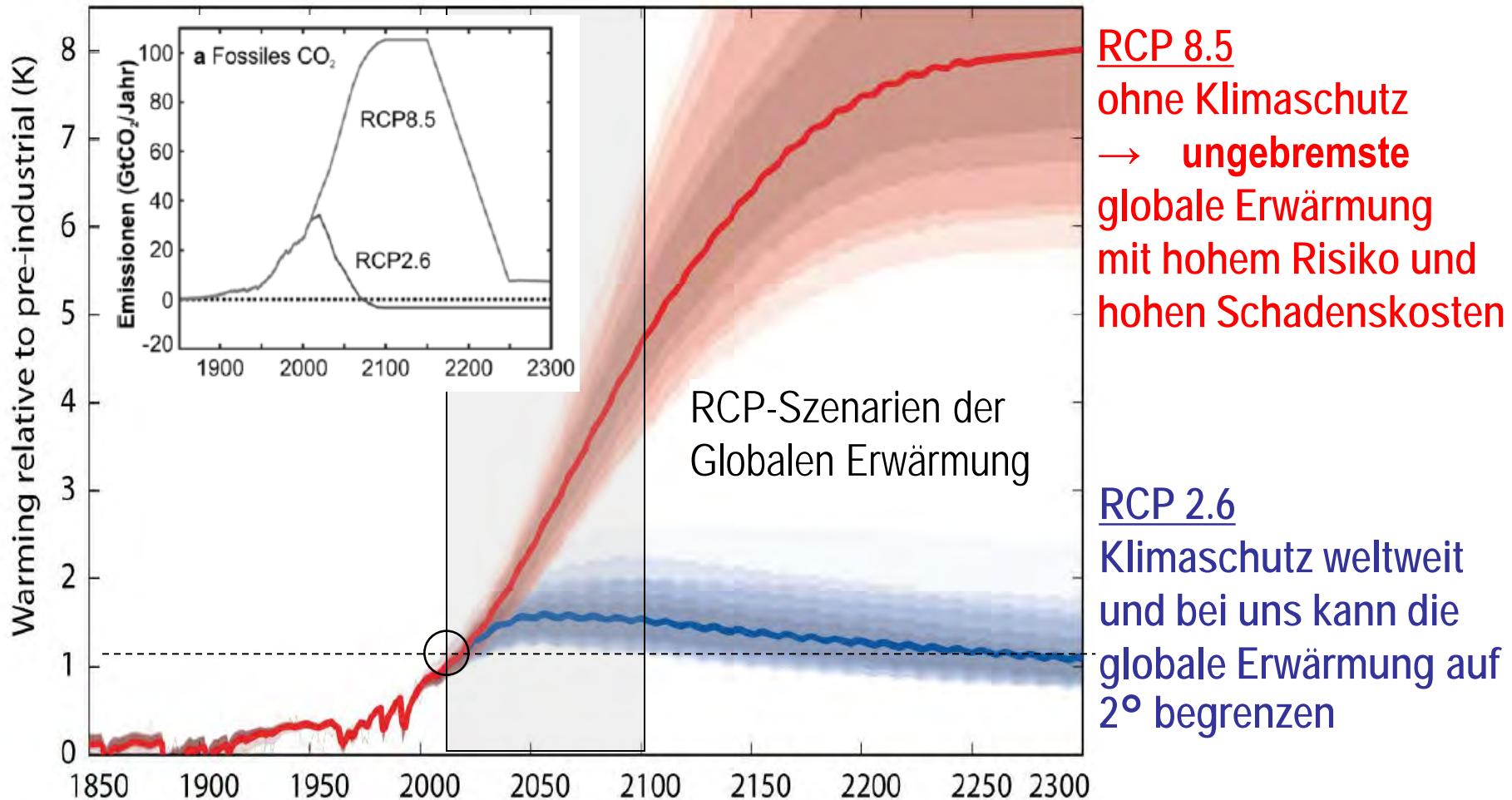


Representative Concentration Pathways (RCPs)



(van Vuuren et.al. 2011)

Was die Zukunft bringen kann, beeinflussen heutige Entscheidungen



Neue Erkenntnisse zum Klimawandel und seinen möglichen Folgen

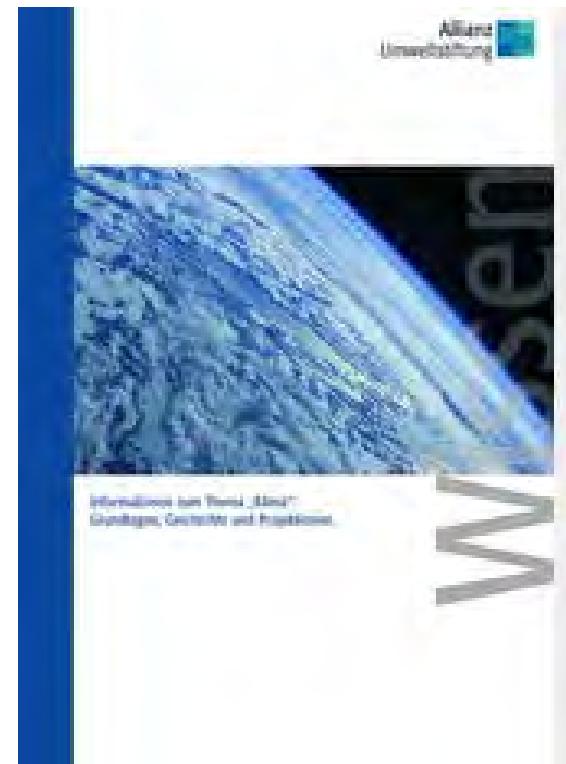
- I. Kurzvorstellung: Klimafolgenforschung am PIK**
- II. Computersimulationen mit Modellen:
von Wetterprognosen zu Klimaprojektionen**
- III. Einordnung des heutigen Klimawandels im
Vergleich zu Klimaänderungen in der Erdgeschichte**
- IV. Neue Erkenntnisse aus dem aktuellen fünften
Bericht des Weltklimarates IPCC**
- V. Zum Umgang mit den möglichen Folgen des
Klimawandels: Klimaschutz und Anpassung**

V. Zum Umgang mit den möglichen Folgen des Klimawandels: Klimaschutz und Anpassung

- 1. Werden Überflutungen und andere Wetterextreme häufiger und heftiger?**
- 2. Wie können wir mit Hochwasser, anderen Extremereignissen und dem Klimawandel umgehen?**

<https://umweltstiftung.allianz.de/publikationen/wissen/index.html>

Informationen zum Thema "Hochwasser": Ursachen, Schutz und Vorsorge.



Informationen zum Thema "Klima":
Grundlagen, Geschichte und Projektionen.

Öffentlicher Vortrag zum Klimawandel in Lauenburg am 6. Juni 2014



Prof. Dr. Manfred Stock

POTSDAM-INSTITUT FÜR
KLIMAFOLGENDFORSCHUNG

Lauenburger Klimatag, 6. Juni 2014

Wie häufig sind Jahrhunderthochwasser? Zum Umgang mit Wetterextremen im Klimawandel

Lauenburg, Juni 2013



Passau, Juni 2013



Hochwasserfaktor 1: Wandel in Fluss & Landschaft

Veränderung der Auen.

Quelle: Bayerisches Landesamt
für Wasserwirtschaft (2004)

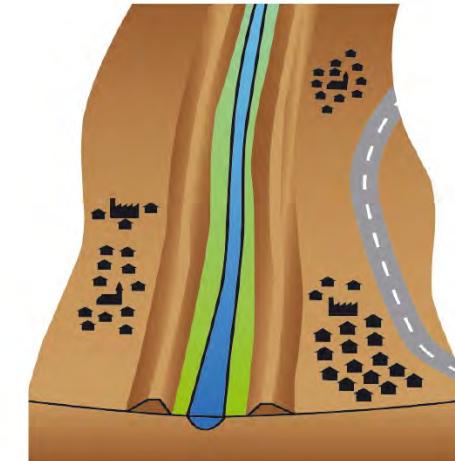
- █ Fluss
- █ Auwald
- █ Ackerfläche
- █ Grünland
- █ Siedlung
- █ Deich



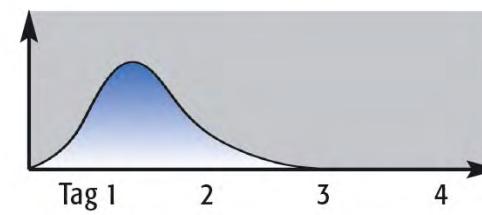
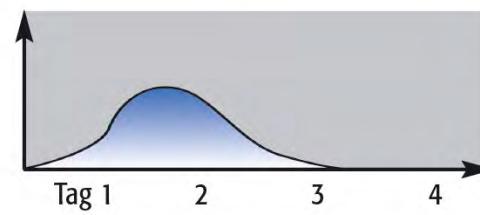
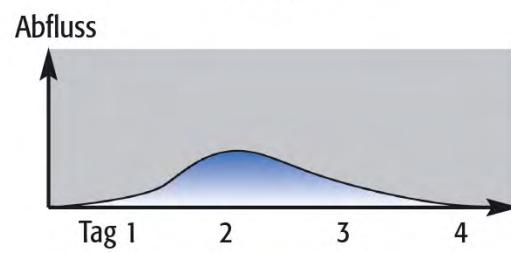
Urzustand



1900

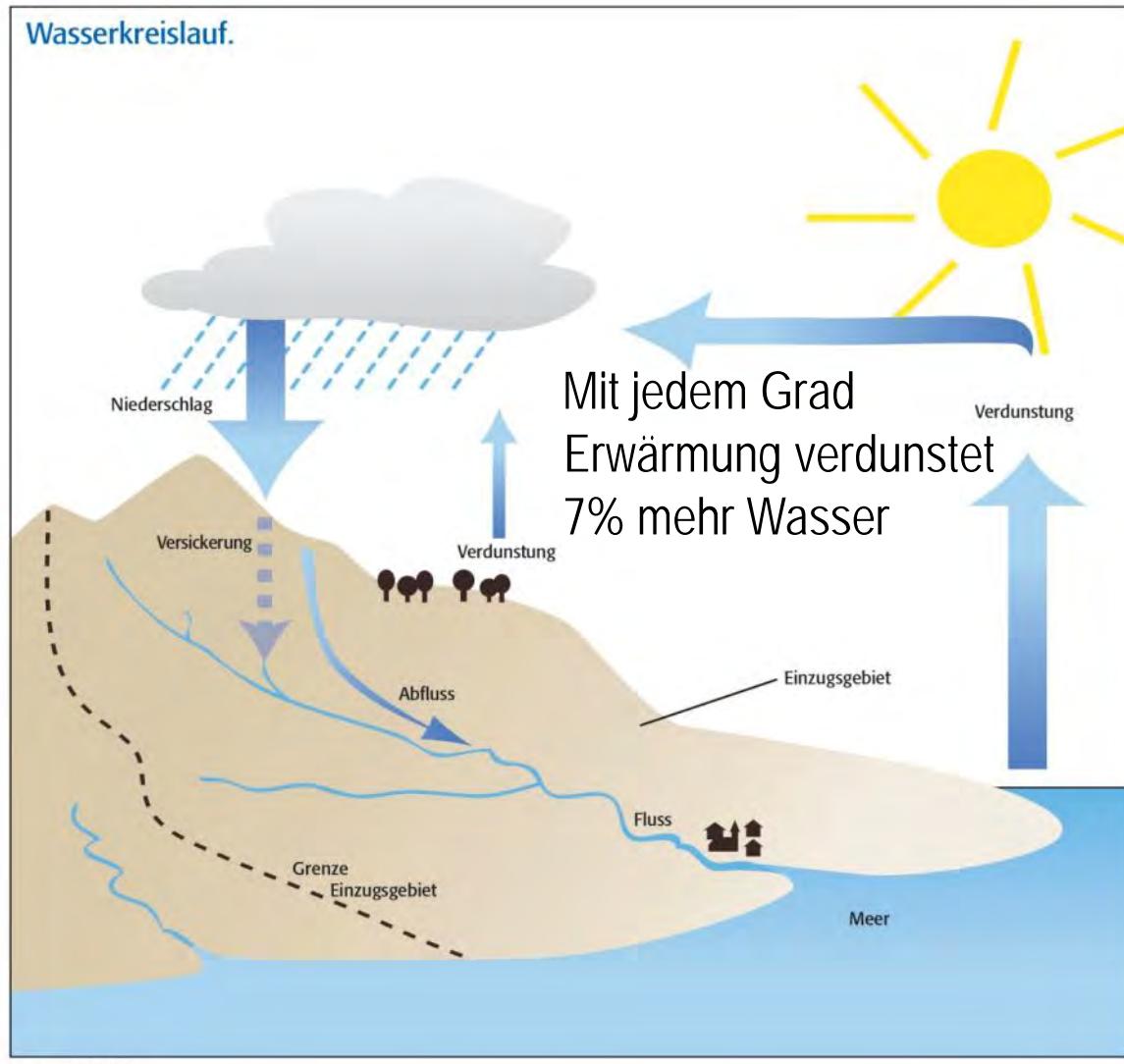


2000

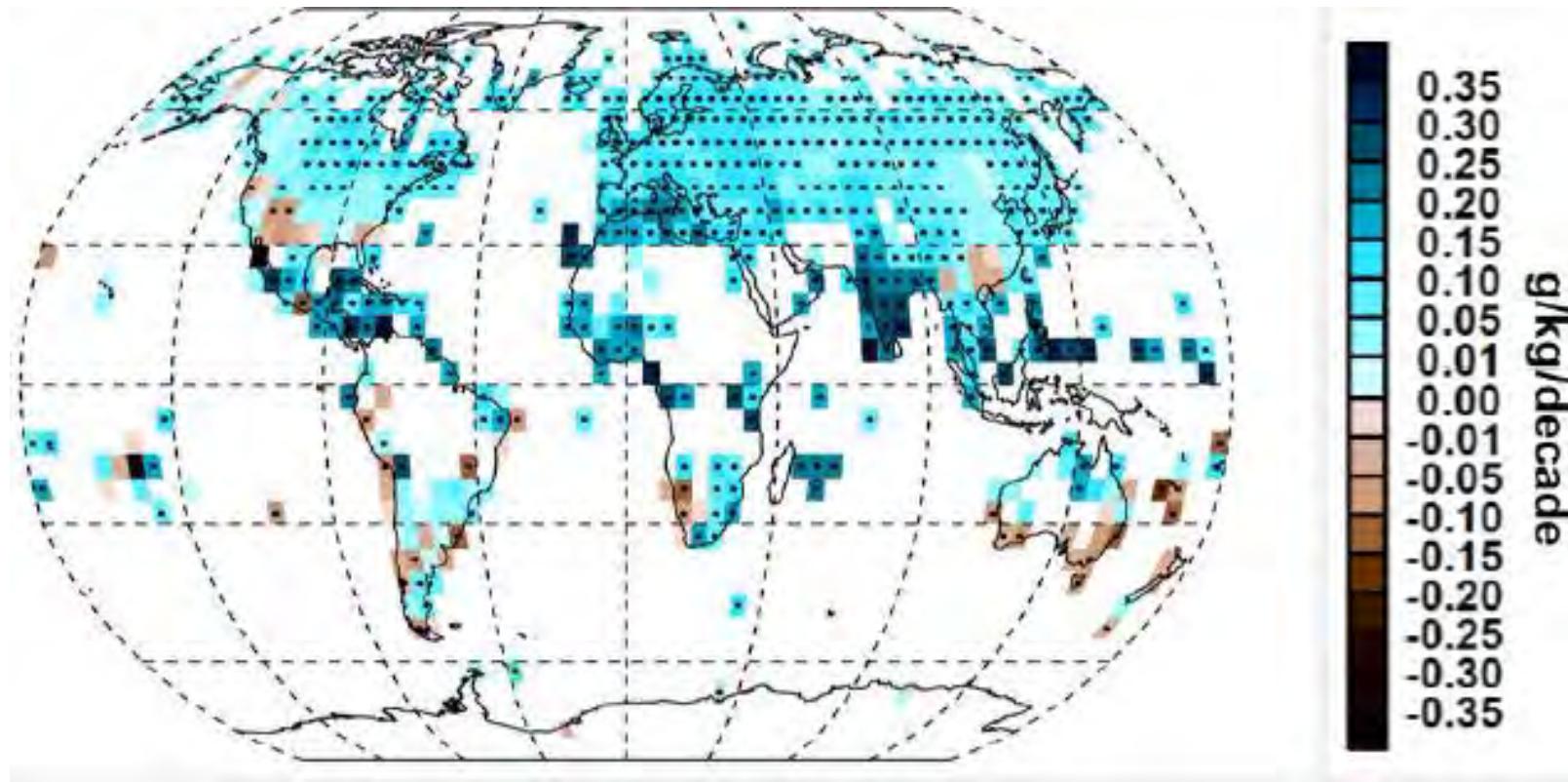


© Allianz Umweltstiftung

Hochwasserfaktor 2: mehr Wärme → mehr Wasser



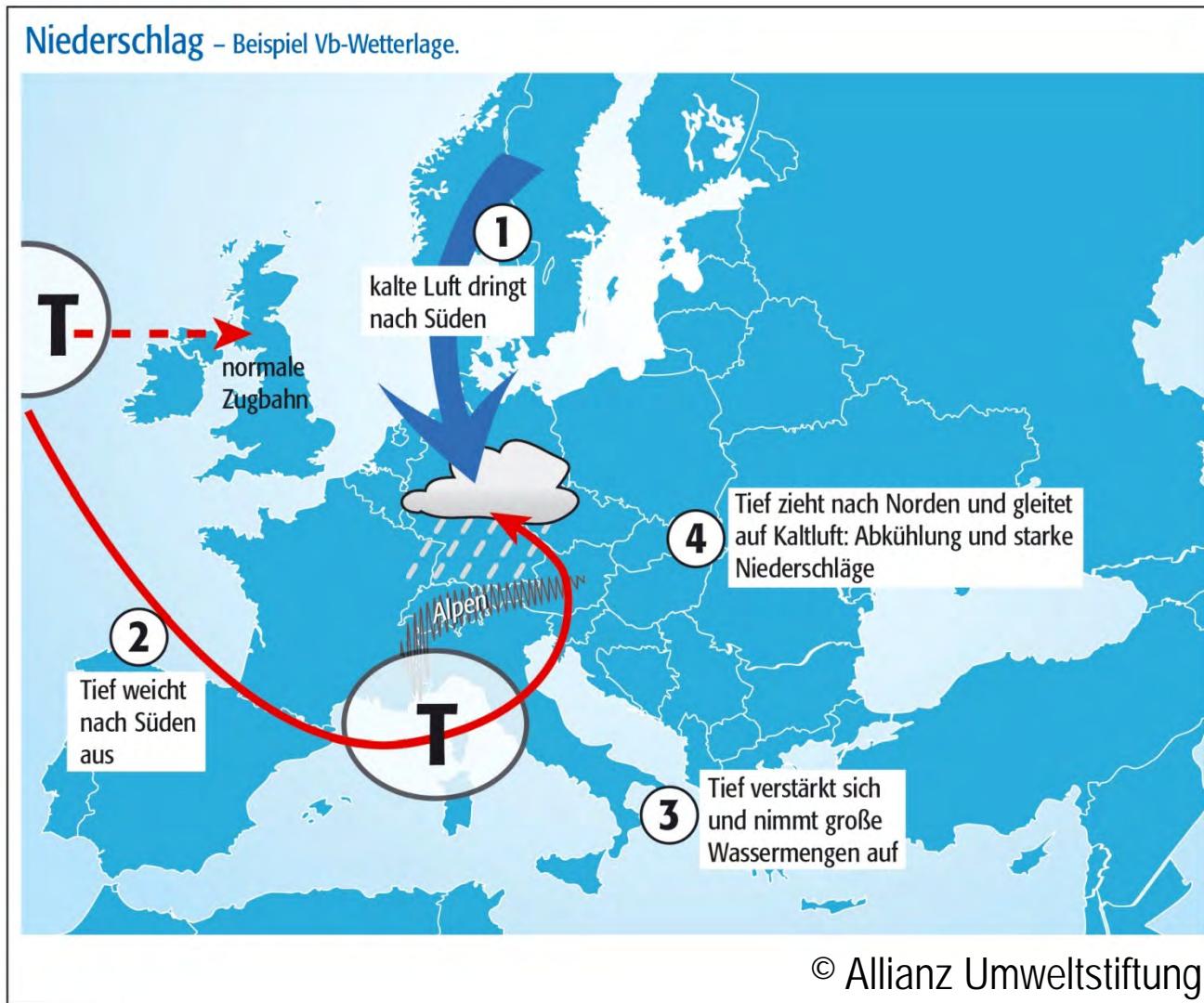
Veränderung der Spezifischen Feuchte der unteren Atmosphäre zwischen 1973 und 2012



Quelle: Willett et. al. (2013), Clim. Past, 9, 657–677

Klimamodell-Studien zeigen: Anstieg auf Grund des anthropogenen Klimawandels zu erwarten

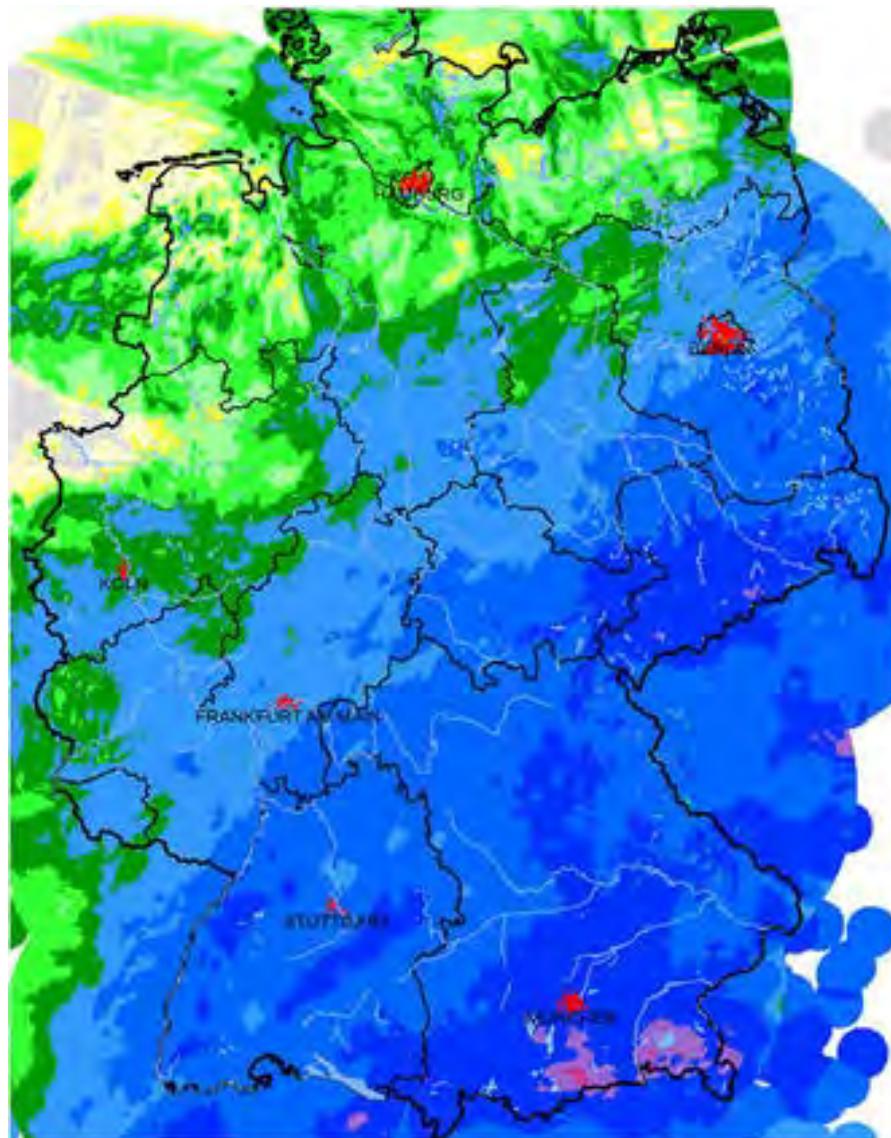
Hochwasserfaktor 3: Starkregen-Wetterlage



© Allianz Umweltstiftung



Niederschlagssummen 28. Mai bis 3. Juni 2013



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Legende

Wochensumme bis 03.06.2013, 06 UTC

0
>0 bis 1,0
>1,0 bis 2,0
>2,0 bis 5,0
>5,0 bis 10,0
>10,0 bis 20,0
>20,0 bis 50,0
>50,0 bis 100,0
>100,0 bis 200,0
>200,0 bis 300,0
>300,0

in mm

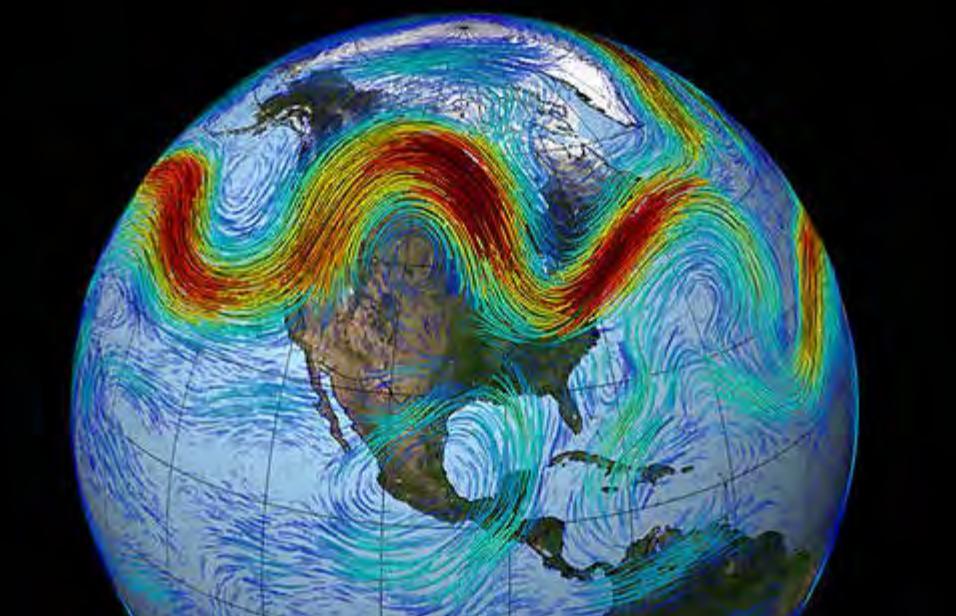
0 100 km

(c) DWD-Hydrometeorologie, 2013

Drei „Jahrhundert-Hochwasser“ in 15 Jahren: Ist die Flut-Katastrophe ein Zeichen des Klimawandels?

http://www.focus.de/wissen/klima/tid-31688/wetter-versus-klima-katastrophale-wetterereignisse-bestatigen-nicht-zwangslaeufig-den-klimawandel-hitzewellen-oder-ueberschwemmungen-gehoren-zum-normalen-wettergeschehen_aid_1007417.html

Jetstream



NASA, Goddard Space Flight Center

25.02.2013: <http://www.pik-potsdam.de/aktuelles/>
**Wetter-Extreme: Neuer Mechanismus entdeckt
– die Störung riesiger Wellen in der Atmosphäre**

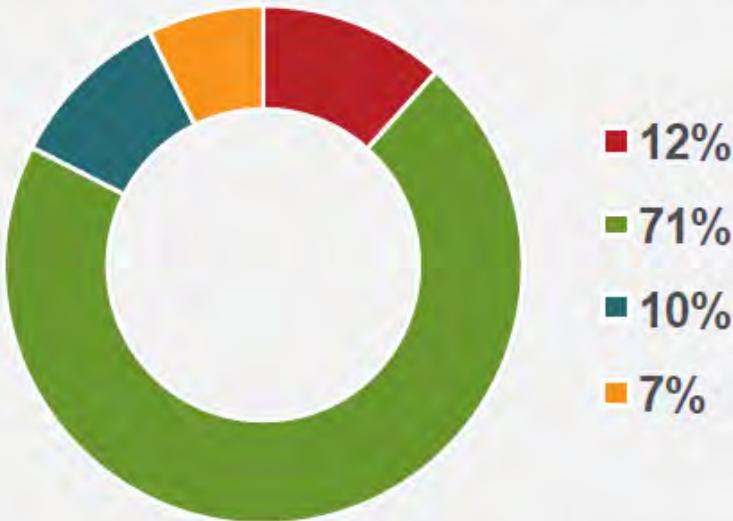
- Einzelne Wetterereignisse bestätigen nicht zwangsläufig den Klimawandel,
- Hitzewellen oder Überschwemmungen gehören zum normalen Wettergeschehen
- Aber: zunehmend mehr Extreme seit Beginn der Industrialisierung:
 - ca. 5-mal mehr extreme Hitzewellen
 - ca. 2-mal mehr Starkniederschläge in D
- 2 mögliche Einflüsse des Klimawandels:
 - Mehr Wasser in der Atmosphäre durch höhere Temperaturen (Physik, Messdaten)
 - Längere Dauer bestimmter extremer Wetterlagen (Oderflut 1997, Elbeflut 2002, Jahrhundertsommer 2003, russische Rekordhitze 2010) durch veränderte planetare atmosphärische Wellen (Theorie)

Naturkatastrophen weltweit 1980 – 2013

Prozentuale Verteilung der versicherten Schäden

Munich RE

88% der versicherte Schäden* (880 Mrd. US\$)
durch wetterbedingte Ereignisse!



*in Werten von 2013

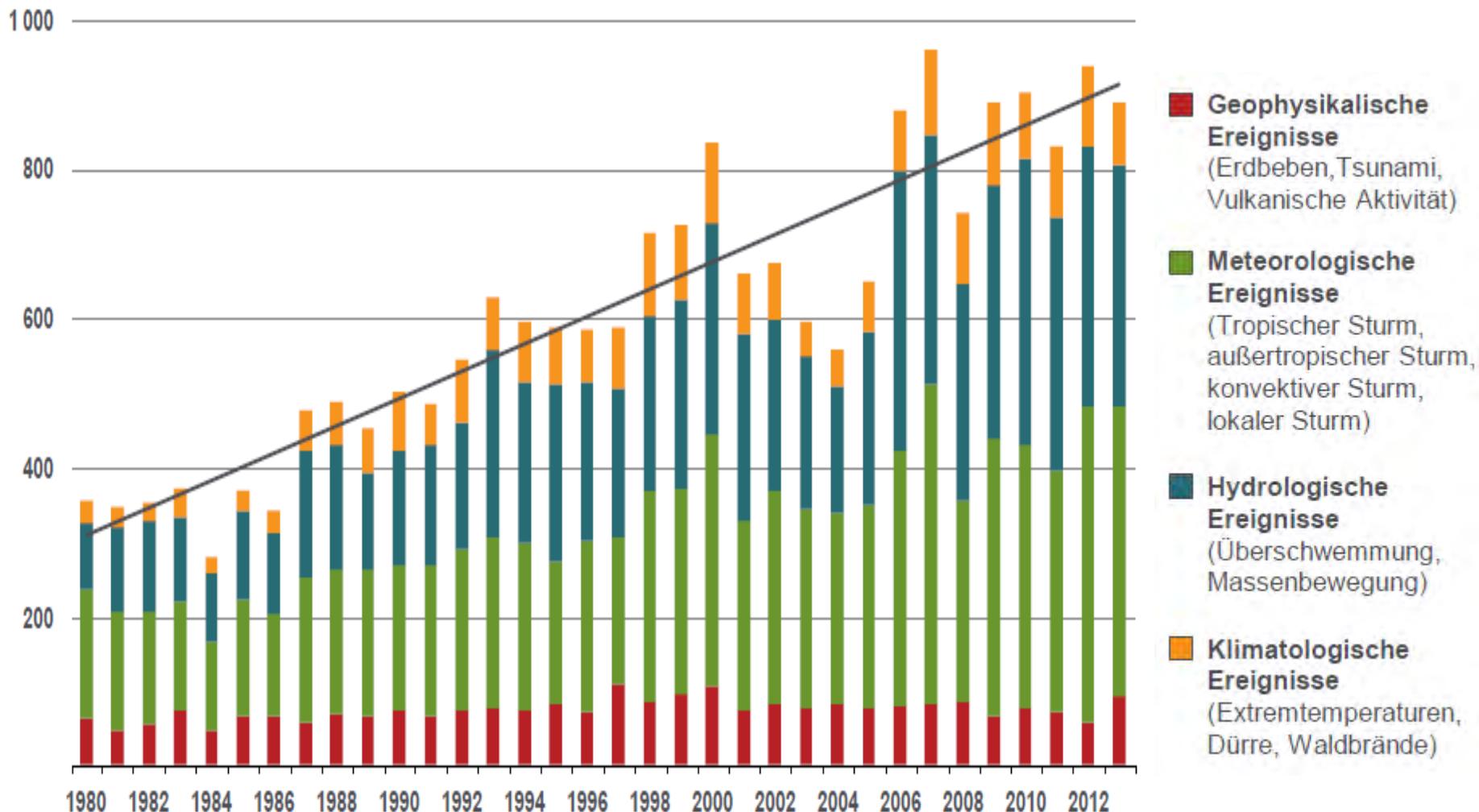
- Geophysikalische Ereignisse
(Erdbeben, Tsunami, Vulkanausbruch)
- Meteorologische Ereignisse
(Sturm)
- Hydrologische Ereignisse
(Überschwemmung, Massenbewegung)
- Klimatologische Ereignisse
(Temperaturextreme, Dürre, Waldbrand)

**Alle reden über das Wetter,
aber keiner tut etwas dagegen.** *(Mark Twain)*

Schadensereignisse weltweit 1980 – 2013

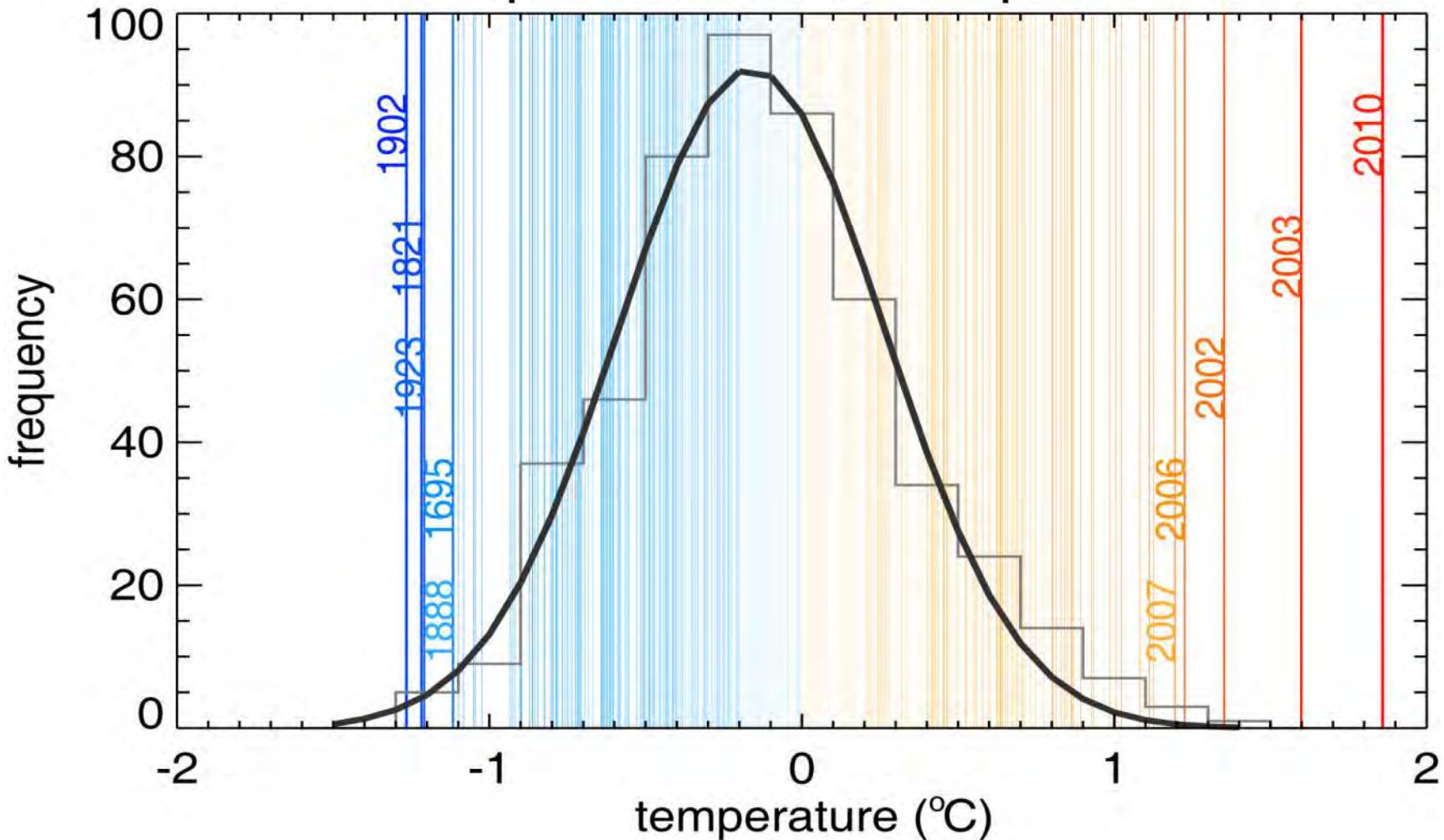
Anzahl der Ereignisse

Munich RE



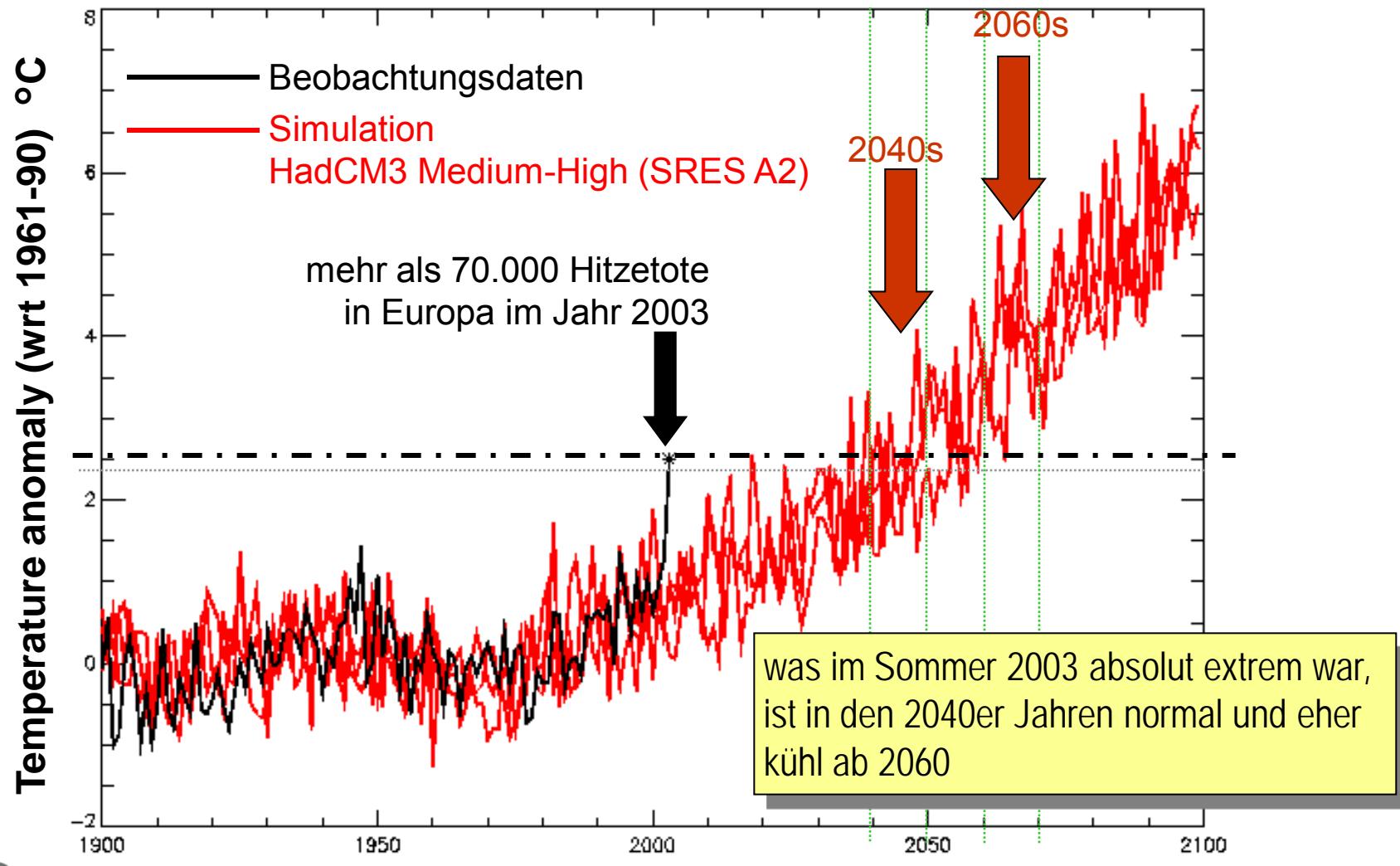
Der Hitzesommer 2010 brach alle Rekorde

European summer temperature



Barriopedro, D. et al., *Science*, (2011)

Zunahme der Sommertemperaturen in Europa



Extremwetter 2010: Sommer in Deutschland



Niedrigpegelstand der Elbe in Dresden,
Augustusbrücke am 12.07.2010



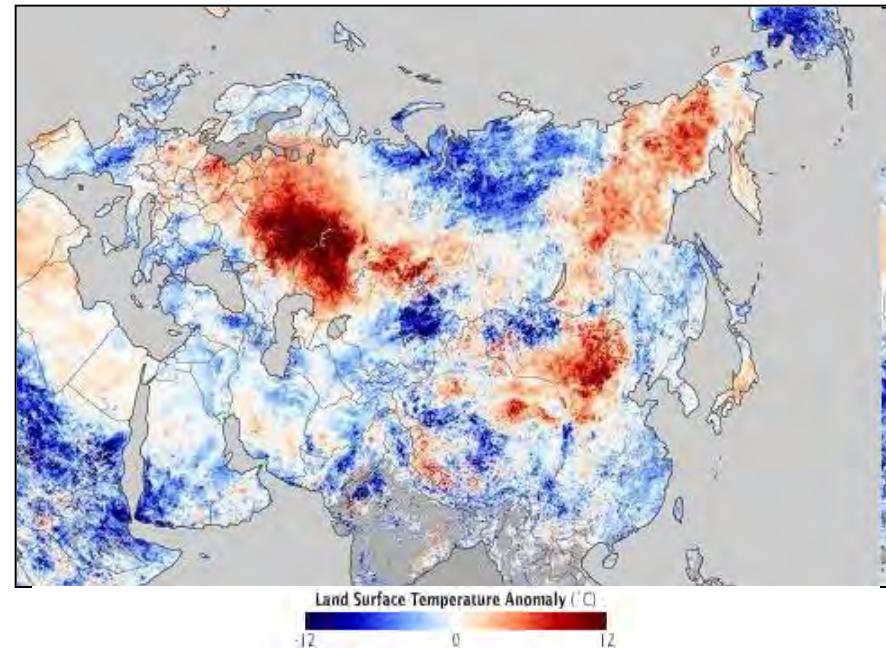
Hochpegelstand der Elbe in Dresden,
Augustusbrücke am 16.08.2010

Extremwetter 2010: Hitze und Feuerkatastrophe in Russland

- Wärmster Juli 2010 in Moskau seit Beginn der Wetteraufzeichnungen vor 130 Jahren.
- Temperaturrekorde zwischen 35°C und 38.2°C an mehr als 7 aufeinanderfolgenden Tagen im Juli.
- ~ 12 Millionen Hektar Land verbrannten
- Wald- und Torfbrände belasten die Luft in Moskau

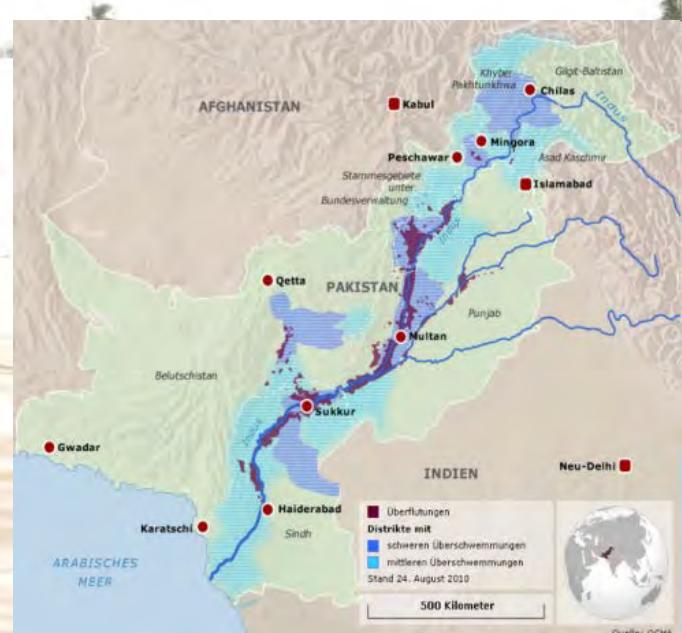


Temperaturanomalie 20.-27. Juli 2010 im Vergleich zu den Jahren 2000-2008



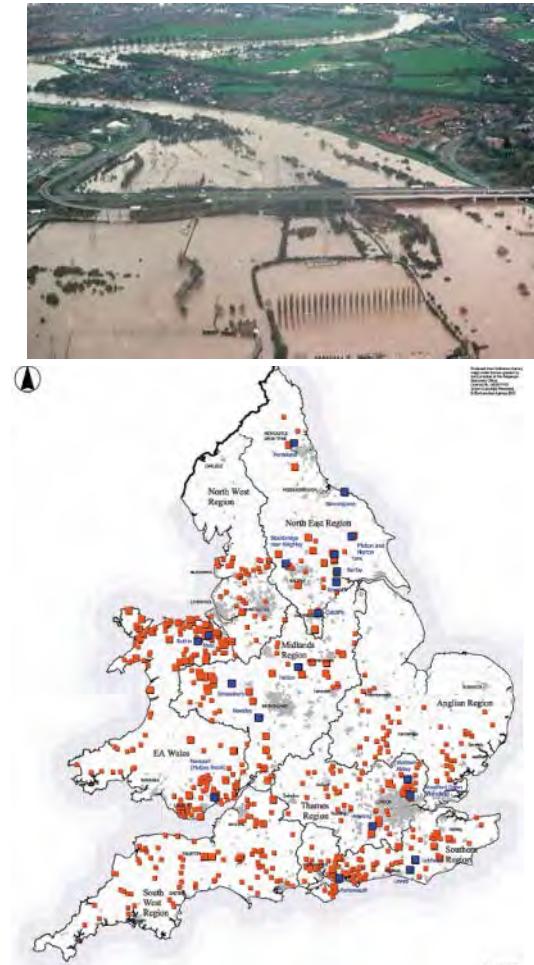
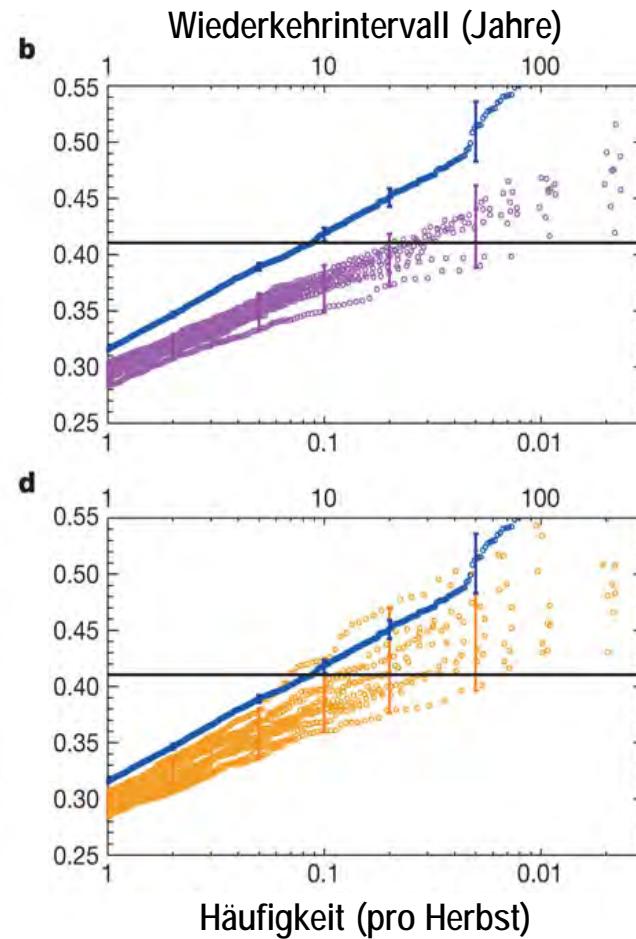
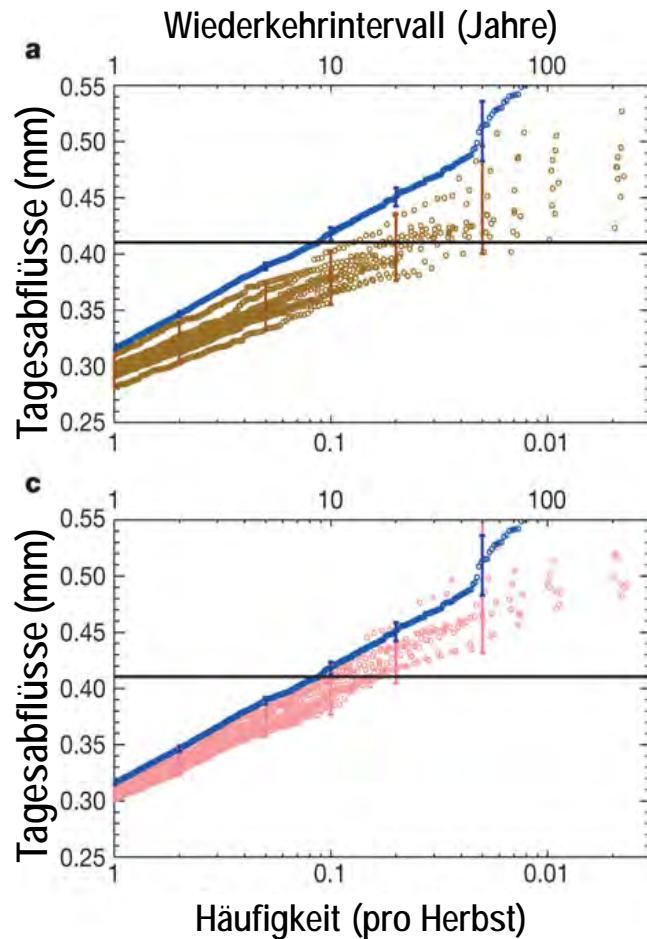
Extremwetter 2010: Flutkatastrophe in Pakistan

- Extrem starker Monsunregen ab Juli nach Rekord-Temperaturen von 53,5°C
- Niederschläge von 300 mm innerhalb von 36 Stunden.
- Überflutetes Gebiet bildet den größten Süßwassersee der Welt.
- Höchste Wasserstände des Indus im Norden des Landes seit 110 Jahren.
- Mehr als 20 Millionen Menschen obdachlos, über 1600 Todesopfer.



Berechnete Zunahme der Hochwasser-Häufigkeit durch den Klimawandel in England zur Flut im Herbst 2000

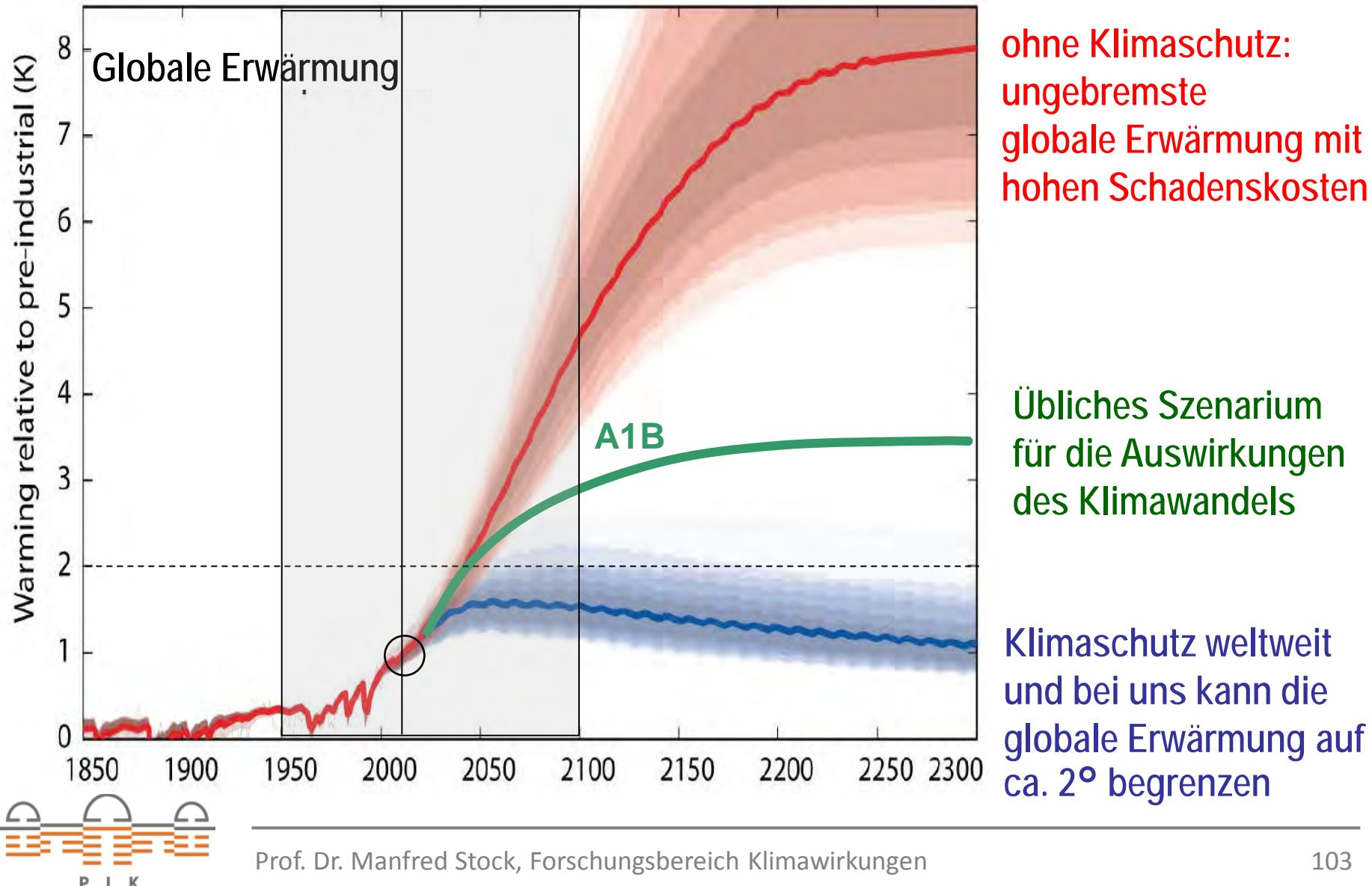
Blaue Kurve: Ist-Abflüsse 1958-2001, farbige Kurven: berechnete Abflüsse ohne Klimawandel (4 Modelle)



V. Zum Umgang mit den möglichen Folgen des Klimawandels: Klimaschutz und Anpassung

- 1. Werden Überflutungen und andere Wetterextreme häufiger und heftiger?**
- 2. Wie können wir mit Hochwasser, anderen Extremereignissen und dem Klimawandel umgehen?**

Was die Zukunft bringen kann, hängt davon ab was wir (heute) tun!





WOHNEN AM FLUSS

Hier entstehen 5 luxuriöse Einfamilienhäuser

Hochwasserschutzmaßnahmen



© Allianz Umweltstiftung

© Allianz Umweltstiftung



Technischer Hochwasserschutz

Schutzbauwerke.

Deich.

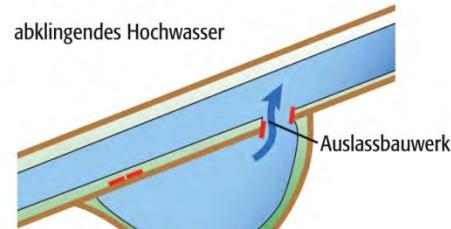
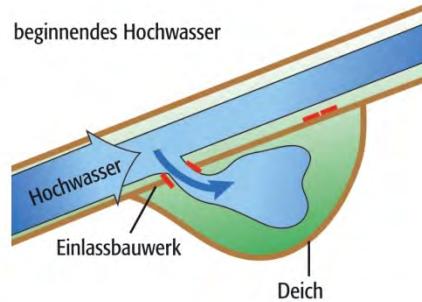


mobile Schutzwand



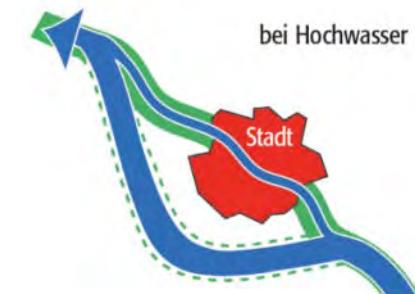
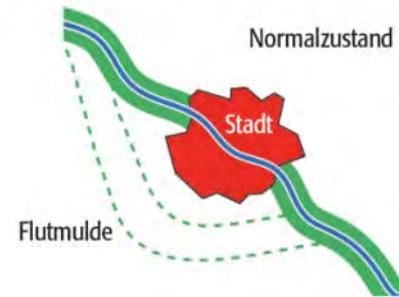
© Allianz Umweltstiftung

Wasserrückhalt I – Polder.

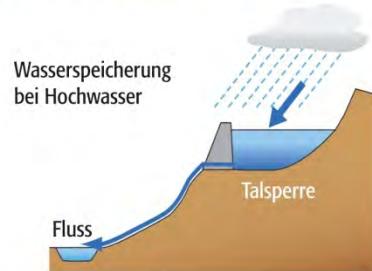


© Allianz Umweltstiftung

Wasserumleitung – Flutmulde.



Wasserrückhalt II – Talsperre.



Wasserabgabe bei Niedrigwasser



© Allianz Umweltstiftung

© Allianz Umweltstiftung

Gefahrenbewusstsein und natürlicher Schutz

Hochwassergefahr. – Beispiel Hochwassergefahrenkarte.

Quelle: www.flussgebiete.nrw.de

Hochwasserjährlichkeit HQ 100.

Wassertiefen – Gebiete ohne
technischen Hochwasserschutz

0 - 0,5 m
0,5 - 1 m
1 - 2 m
2 - 4 m
> 4 m

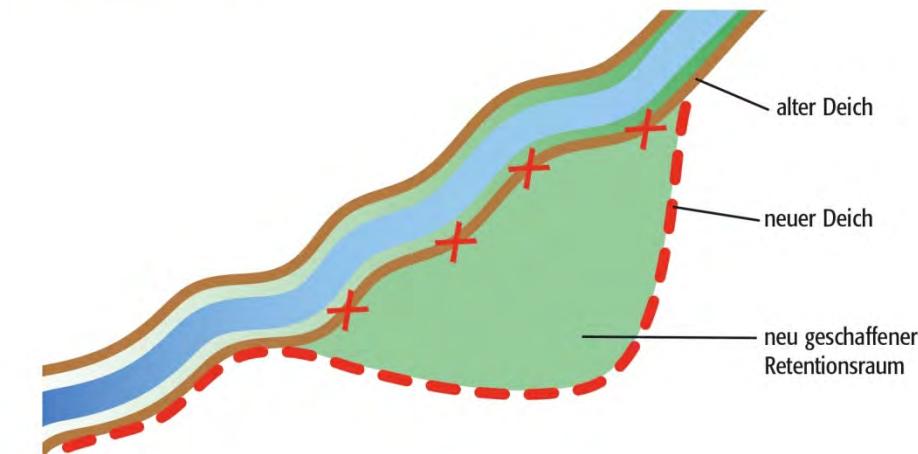
Wassertiefen – geschützte Gebiete

0 - 0,5 m
0,5 - 1 m
1 - 2 m
2 - 4 m
> 4 m



© Allianz Umweltstiftung

Deichrückverlegung.



© Allianz Umweltstiftung



Ausweisung von Überflutungsflächen und risikoangepasstes Bauen



Überflutungsflächen
(Stadt Dresden)

- Klassifizierung von Risikoflächen
- An Hochwasser angepasste Gebäude

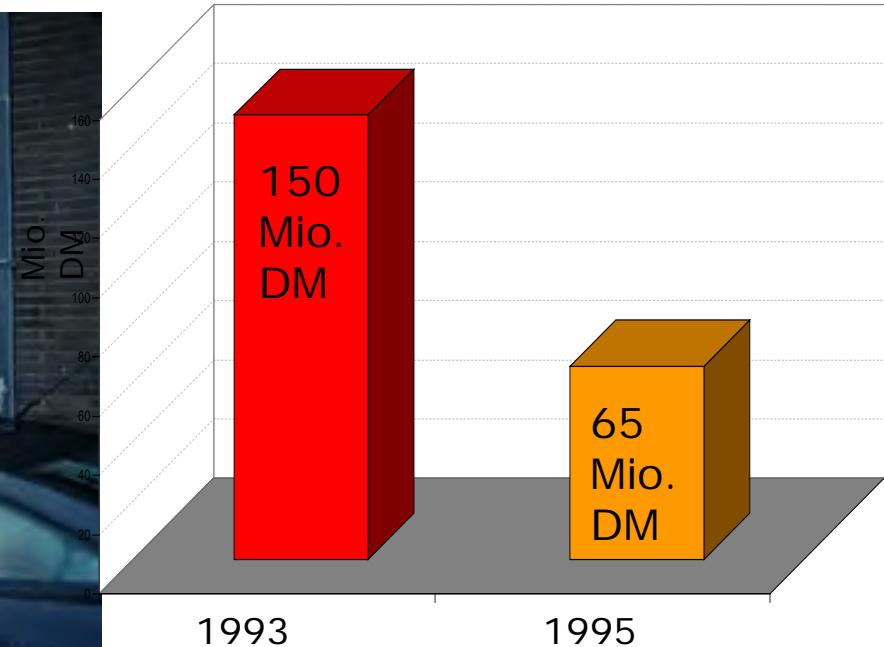


Haus auf ausgewiesener
Überflutungsfläche
(Stadt Dresden)



Weihnachtsflut Köln 1993

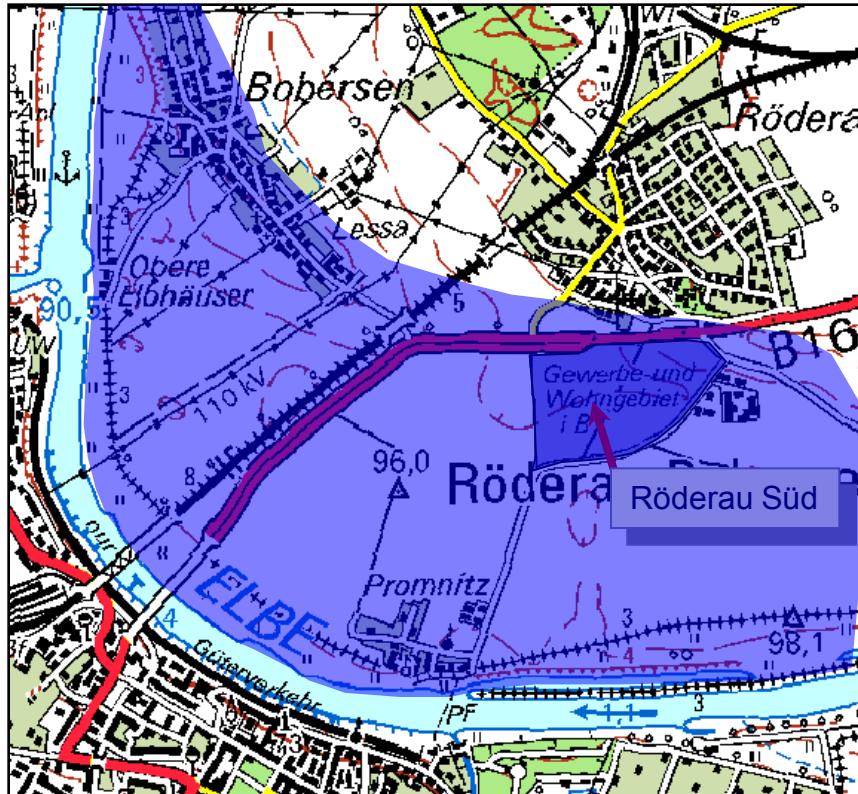
- Nahezu gleicher Wasserstand:
1993: 10,63 m
1995: 10,69 m
- Aber die Schäden waren 1995
um mehr als 50% niedriger!



Flut Köln 1995

Ausweisung von Risikozonen und Entsiedlung

Kein Wiederaufbau: Beispiel Röderau-Süd



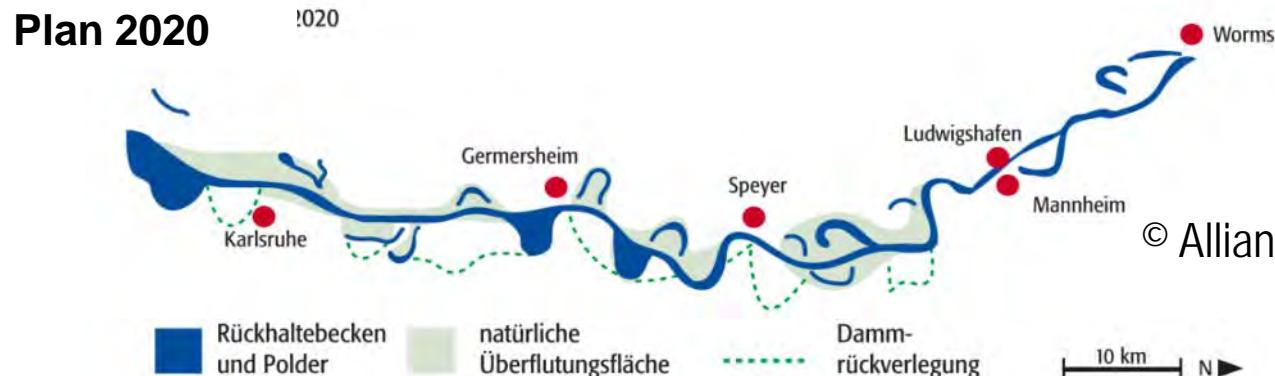
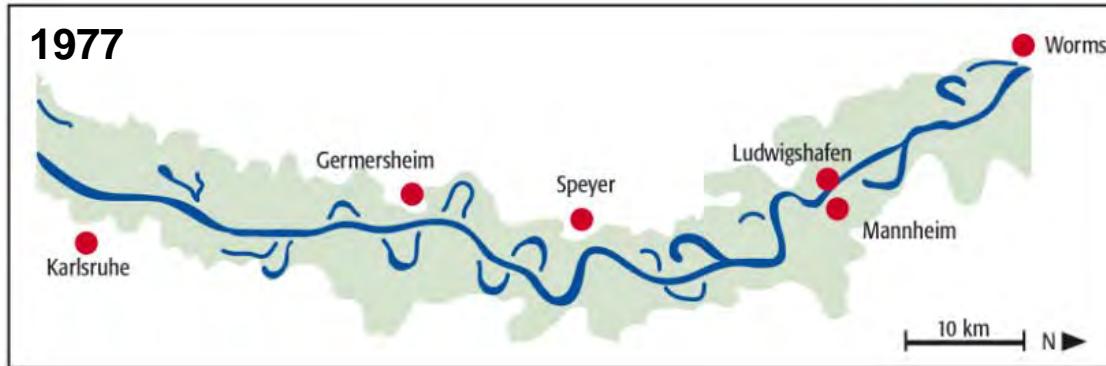
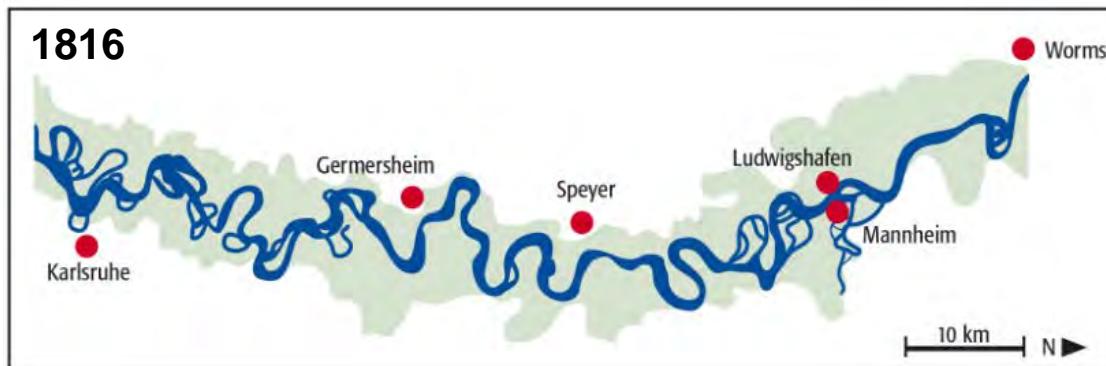
TOP50 Sachsen, Ausschnitt Röderau, bei Riesa

- Altes Überschwemmungsgebiet
 - Anfang der 90er Jahre: Bebauungspläne für Gewerbegebiet
 - zunächst keine Genehmigung
 - 1992 wurde doch Genehmigung erteilt.
 - Da sich nur wenige Gewerbebetriebe ansiedelten, fand eine Umwidmung in Wohnbauland statt.
 - Etliche Wohngebäude entstanden.
 - Die Leute wussten nicht, dass sie im Überflutungsgebiet bauen.
- August 2002: alle Häuser von Röderau Süd standen bis zum Dach unter Wasser

→ 19.12.2002: Bund-, Ländervereinbarung zur Absiedlung Rückentwicklung von Röderau Süd

Historischer Wandel und natürliche Anpassung

Beispiel
nördlicher
Oberrhein



© Allianz Umweltstiftung



Forschungen zur Anpassung an den Klimawandel



Beispiele:

- Klimaresiliente Stadt- und Regionalplanung
- Gesundheitsschutz
- Klimaresiliente Landnutzung
- Minderung von Verdunstung, Windschutz
- Waldumbau
- Moorschutz
- Wasserspeicherung
- Gewässerschutz
- Regulierung der Abflüsse
- Intelligenter Naturschutz (Ökosystemleistungen)



Die sieben Kardinal-Innovationen Nachhaltiger Entwicklung

1. Integration dezentraler Erneuerbarer Energiequellen in intelligente Netzstrukturen ("Supersmart Grids") vom zahlenden Verbraucher zum kassierenden Erzeuger
2. Von energetischer Gebäudesanierung zu Plus-Energie-Gebäuden („Gebäude-Kraftwerke“)
3. Modulare Elektromobilität („Jenseits der Speicherung“)
4. Systemoptimierte Industrieproduktion („Cradle to Cradle“)
5. Holistische Raumplanung und Landnutzung („Neuerfindung von Urbanität & Ruralität“)
6. Nachhaltiges Biomasse-Management, Bodenverbesserung („De- & Anti-Karbonisierung“)
7. Regeneratives Wasserdargebot (z.B. „Solare Entsalzung“)



Feldheim – das
1. Energiedorf
in Brandenburg



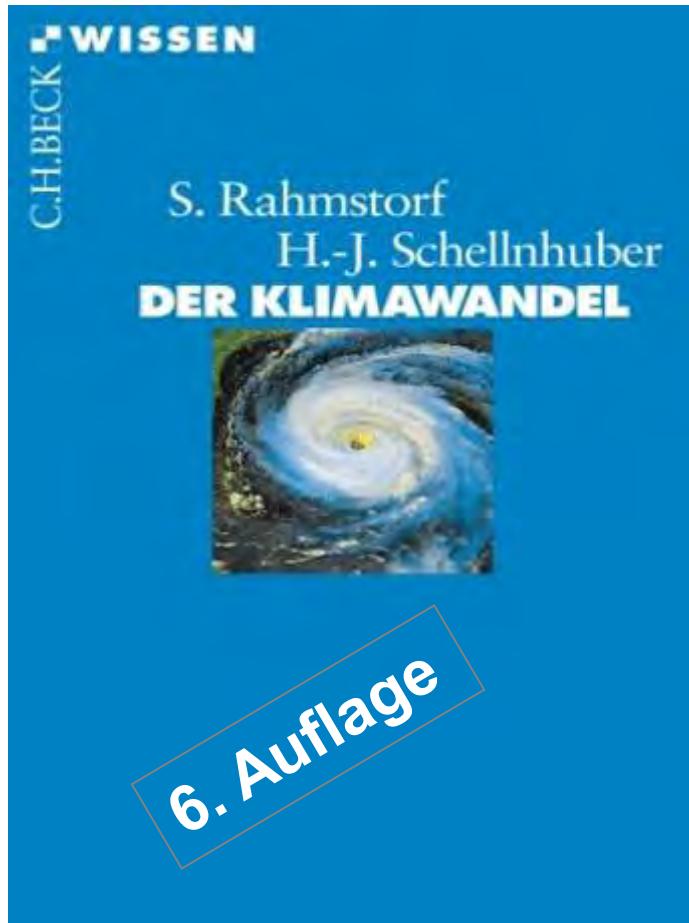
Plus-Energie-Haus



Fazit (persönlich)

- Die wissenschaftlichen Fakten zum anthropogenen Klimawandel sind abgesichert genug, um Schutzmaßnahmen als notwendig anzusehen
- Aufgrund von Zweifeln in weiten Teilen von Öffentlichkeit & Politik fehlt es bisher an Schutzmaßnahmen, der Klimawandel schreitet voran
- Die negativen Auswirkungen nehmen zu, z.B. Wasser- und Ressourcenmangel und mehr extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen, Trockenperioden, Hochwasser und Stürme
- Die Schadens-Kosten des Klimawandels übersteigen voraussichtlich 5% des globalen Pro-Kopf-Einkommens, dagegen braucht man ca. 1% für Investitionen in den Klimaschutz.
- Investitionen in Anpassung an die Folgen des Klimawandels, in Erneuerbare Energien, Energie-Effizienz und Energiesparen ermöglichen ein ökologisches Wirtschaftswunder

Buchempfehlung



DER KLIMAWANDEL

Diagnose, Prognose, Therapie
Beck Verlag, 2007, €8,95



Erforderlich ist eine Doppelstrategie:

- 1. Anpassung an den Klimawandel,
um das Unvermeidbare
zu beherrschen**
und
- 2. Verminderung der Emissionen,
um das Unbeherrschbare
zu vermeiden.**

Hans Joachim Schellnhuber

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !**