

Der Klimastreit – Was wir wissen müssen, wissen wollen und wissen können



Dr. Rolf Loschek

Karlsruhe
Institute of
Technology
29.10.2019

CHRONOS Management Consulting

Der Klimastreit – Was wir wissen müssen, wissen wollen und wissen können

Datum: 29.Oktober 2019

CHRONOS Management Consulting
Innweg 2, D-51061 Köln
Telefon: +49 151 54424819
E-Mail: Rolf.Loschek@t-online.de

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jedwede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung von CHRONOS Management Consulting.

Agenda

I. Vorwort zur Einordnung: Worum geht der Streit?

II. Detailthemen

- Teil1 : Was wir wissen müssen
- Teil2 : Was wir wissen wollen
- Teil3 : Was wir wissen können

- Teil4 : Umgang mit Risiken

III. Diskussion

Worum geht der Streit ?

Faktenebene

Unumstritten

- Erwärmung der Erde
- Grundsätzliche Wirkmechanismen von Klimagasen
- Vielzahl von Einflußfaktoren
- Menschgemachte Beiträge zum Weltklima
- Mögliche Folgen einer Erwärmung

Umstritten

- Größe der Erwärmung
- Quantifizierung der Wirkung von Klimagasen
- Richtung und Ausmaß der kommenden Veränderungen
- Anteil anthropogener Beiträge an beobachteten Änderungen
- Ausmaß und regionale Verteilung der Folgen

Bewertung (Gewinner & Verlierer der möglichen Folgen ?)

Handlungsempfehlungen

Politik

Wissenschaft
und

Die Diskussion ist beiderseits geprägt vom Versuch, durch einseitige Darstellung und wissenschaftliche Halbwahrheiten vorgegebene politische Zielsetzungen zu rechtfertigen.

Ziel des Vortrags

Ziel des Vortrags

Grundlagen legen, um sich aus der Diskussion eine eigene Meinung bilden zu können

NICHT- Ziel des Vortrags

...ist, daß Sie hier mit meiner Meinung heraus gehen.

**Daher Fokussierung auf Beobachtungen/Messungen
und gute Fragen
statt Wertungen und Handlungsimperative.**

Zur Person : Dr. Rolf Loschek

Fachlicher Hintergrund

- Studium der Physik in Bielefeld und Göttingen
- Schwerpunkte Geo-, Astro- und Biophysik
- Promotion am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie (Göttingen)

Beruflicher Hintergrund

- 20 Jahre in der Telekommunikationsbranche tätig
- Seit 10 Jahren selbständiger Unternehmensberater
aktuell im Wissenschaftsmanagement (RWTH Aachen)



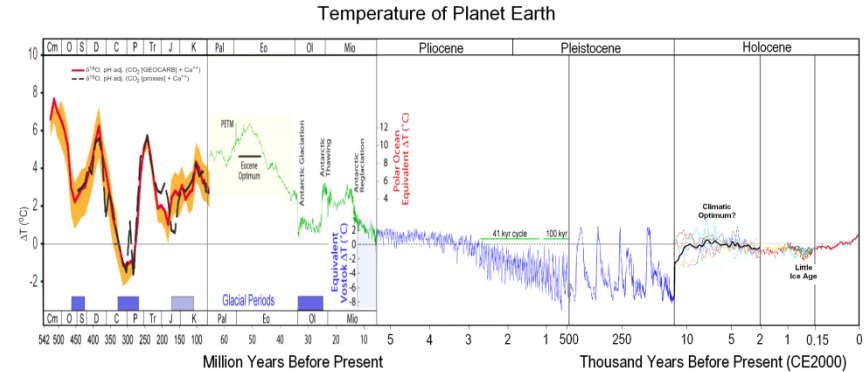
⇒ Unabhängig,
sowohl von staatlichen Fördergeldern
als auch von Aufträgen der Energieindustrie

Teil 1

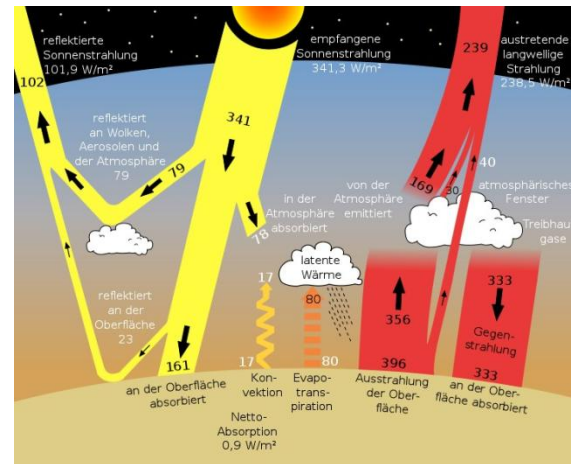
Was wir wissen müssen

Teil 1 : Was wir wissen müssen

➔ Klimageschichte der Erde



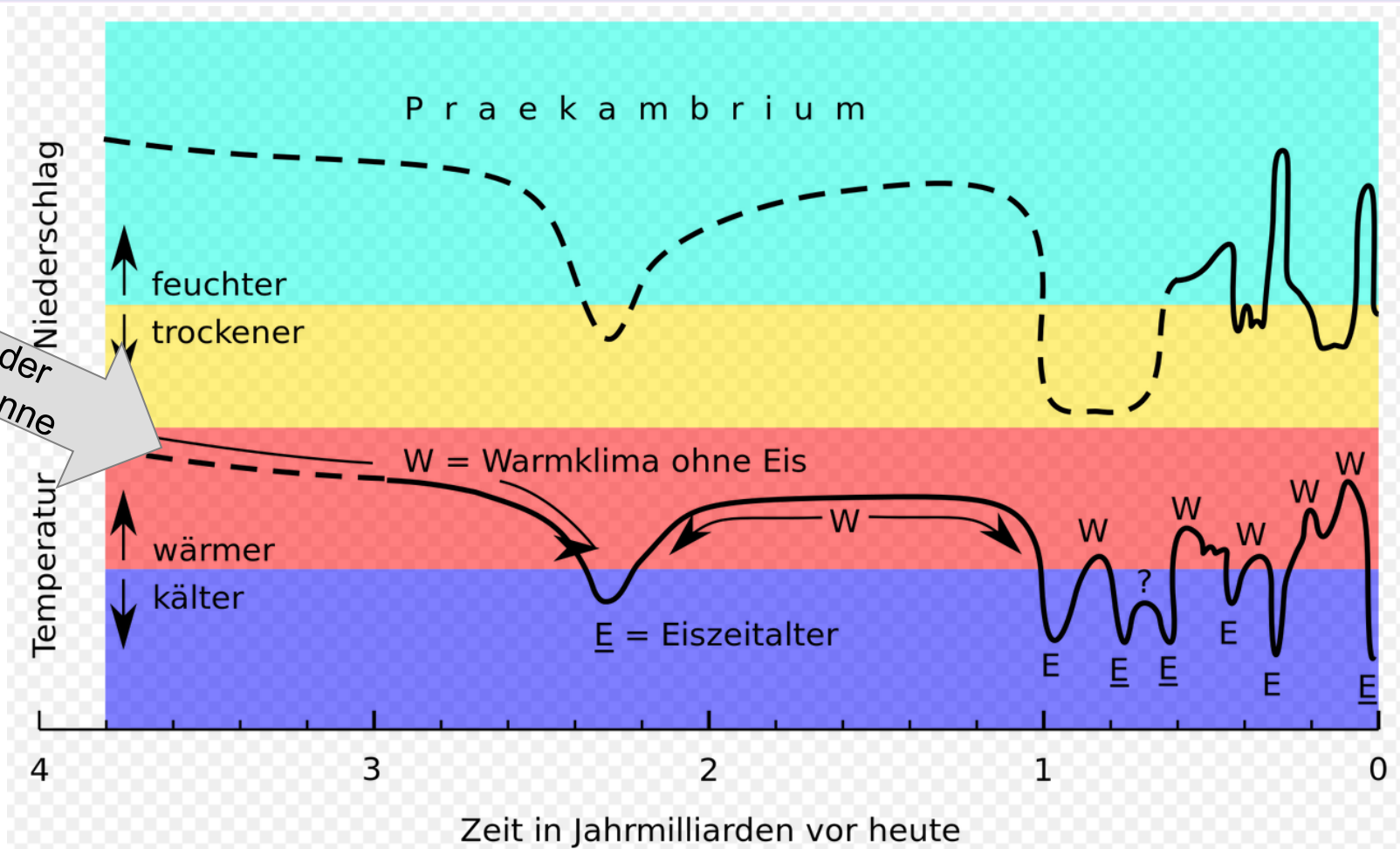
➔ Naturwissenschaftliche Grundlagen zum Verständnis des Erdklimas



<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimawandel>

Klimageschichte der Erde (1)

Paradox der jungen Sonne

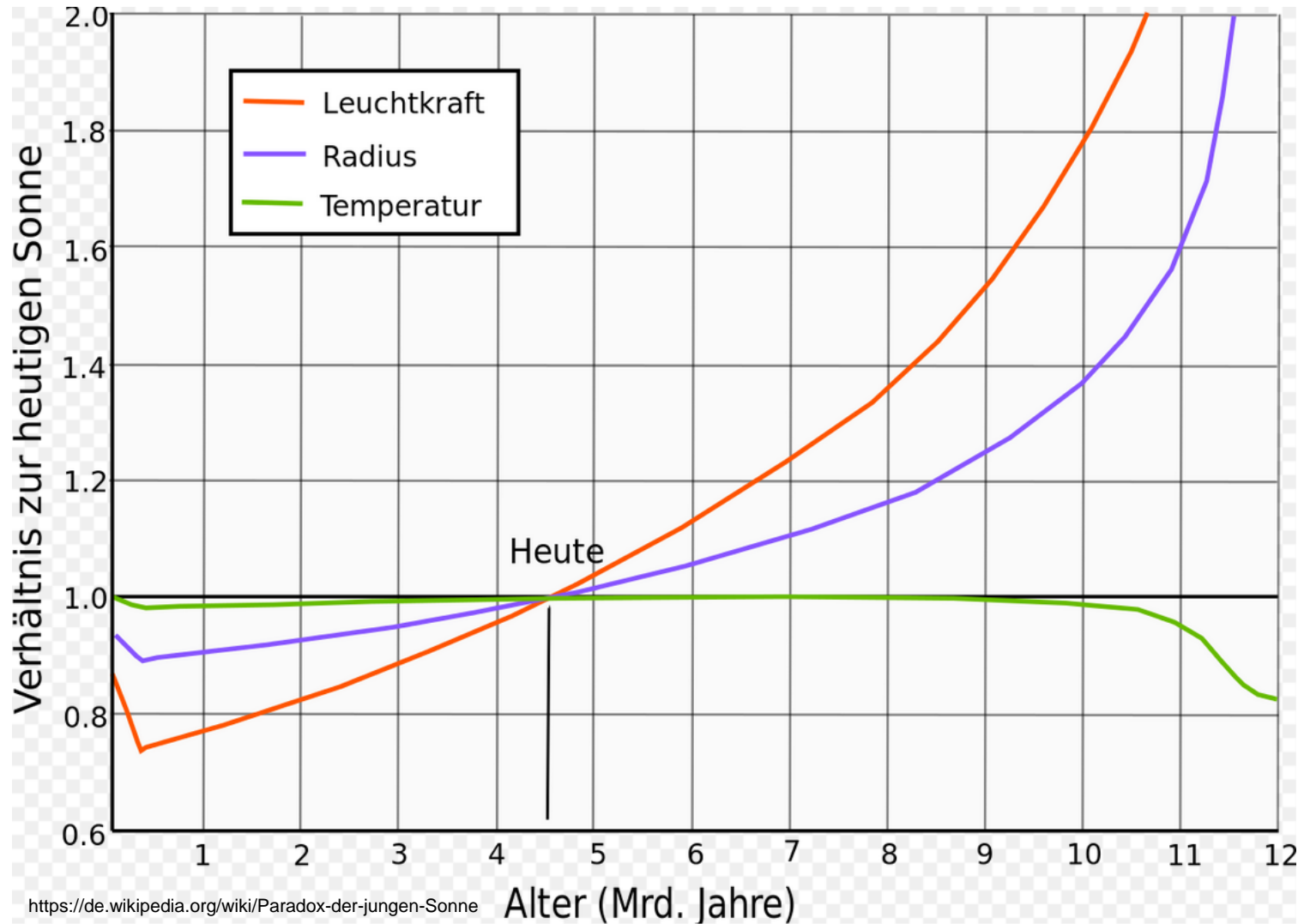


Rekonstruktion des mittleren Temperatur- und Niederschlagsverlaufs

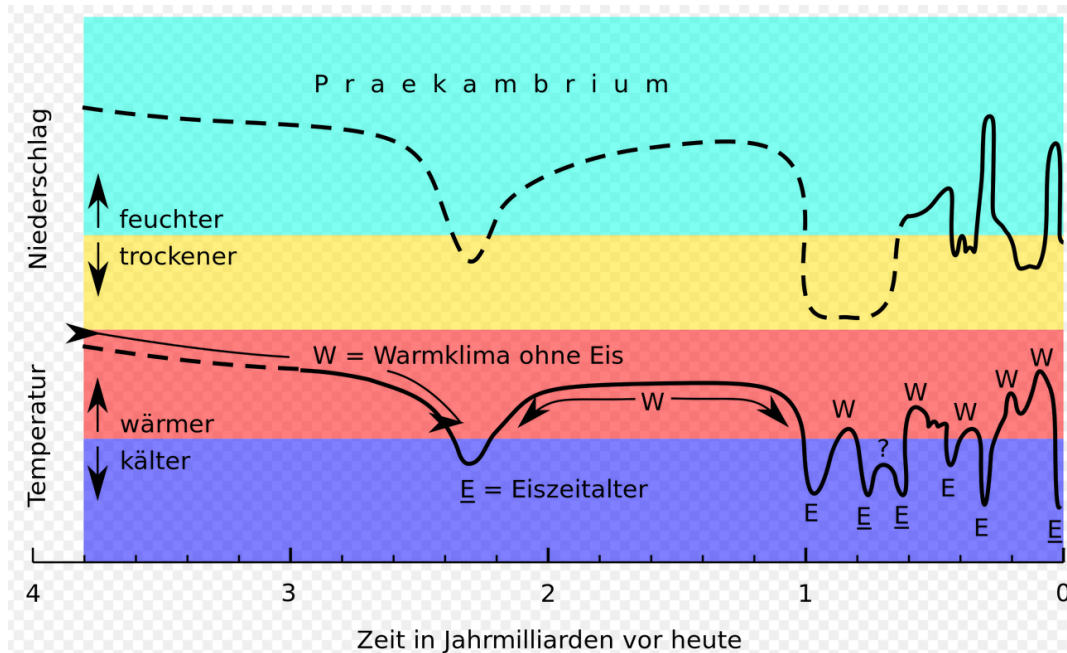
- E = Eiszeitalter,
- E (unterstrichen) = Eiszeitalter mit Eisbildungen an den Polen,
- W = eisfreies Warmklima

<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimawandel>

Paradox der jungen schwachen Sonne



Klimageschichte der Erde (1)

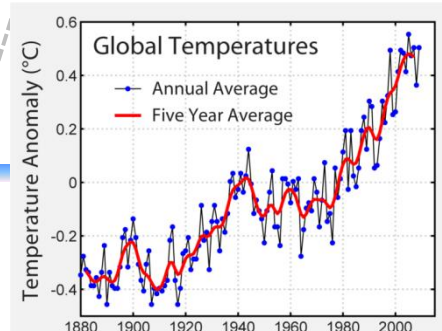
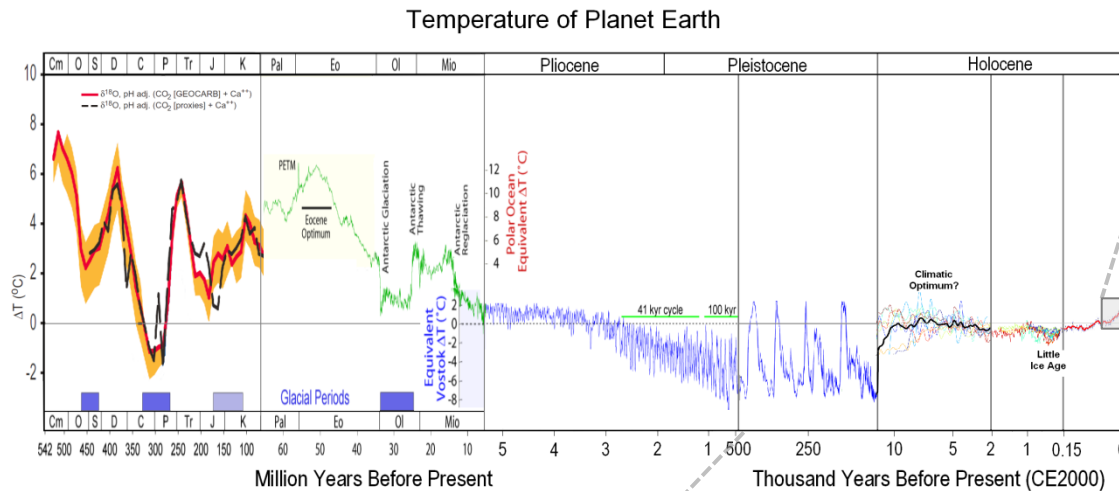


Vor 1.000 bis 300 Mill. Jahren war es auf der Erde mehrfach extrem kalt – bei >10facher [CO₂] in der Atmosphäre. WARUM ?

„Das Erdklima ist ein hochkomplexes System, gekoppelter nicht-linearer Teilprozesse, deshalb sind Prognosen mit großen Unsicherheiten behaftet“

IPCC-Bericht 2001.

Klimageschichte der Erde (2)

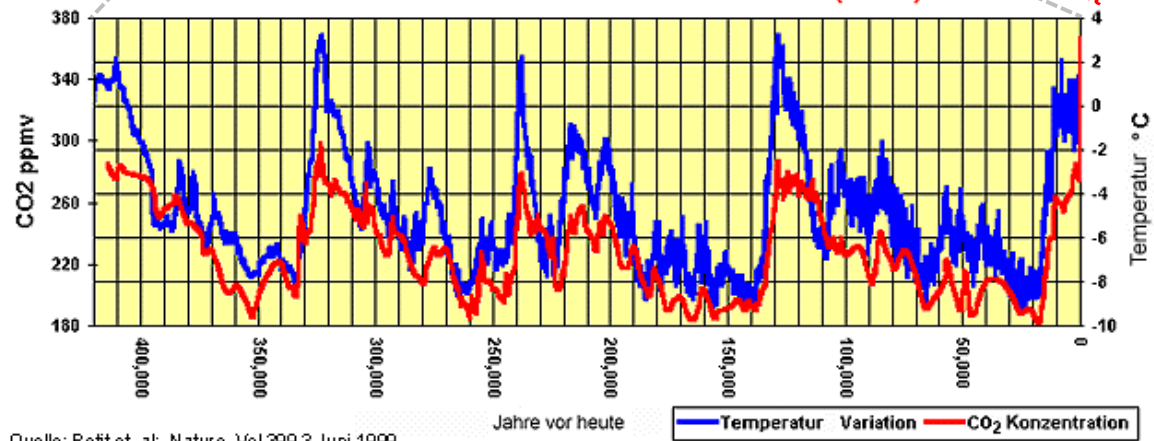


Gegenstand des Streits

*Die aktuelle Phase ungewöhnlich langer Stabilität
Zwischeneiszeit*

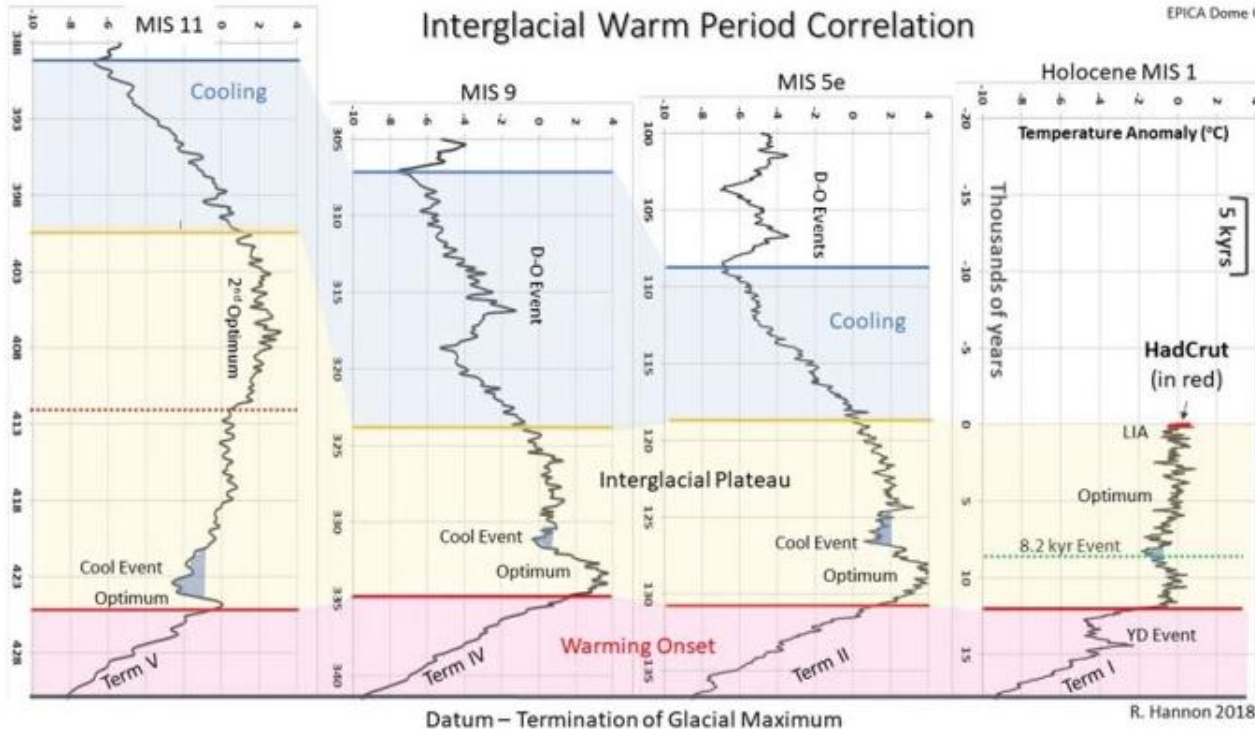
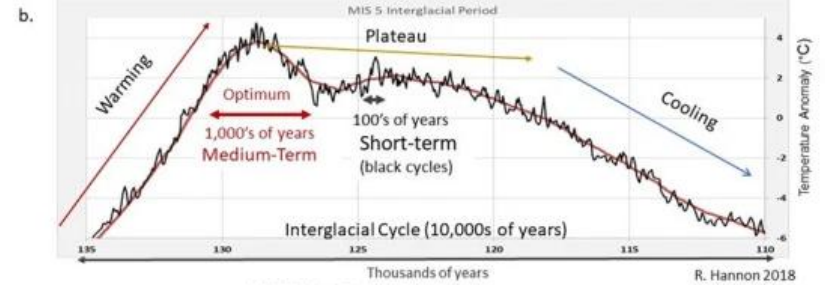
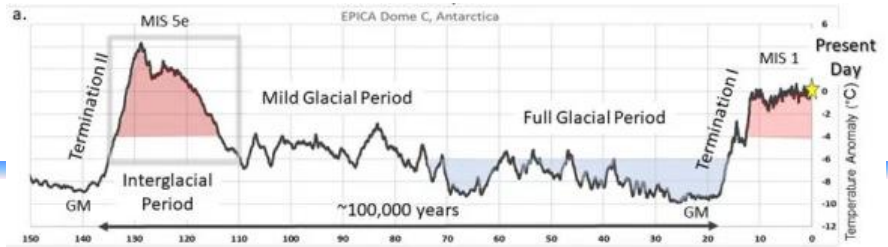
Eiszeiten bestimmen das Klima der letzten 500.000 Jahre

Daten aus Eisbohrkernen der Antarktis (1999)



Quelle: Petit et. al; Nature, Vol 399,3 Juni 1999

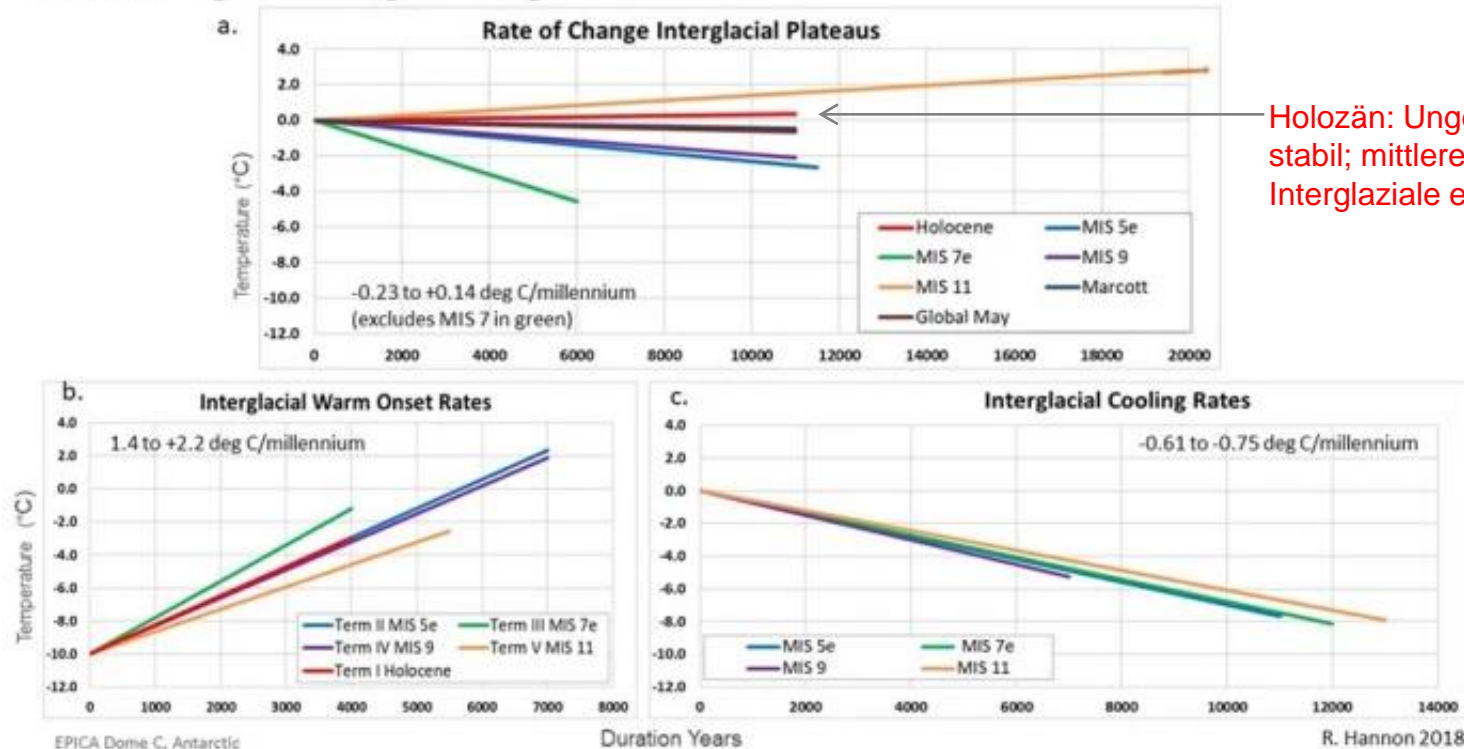
Interglaziale



Das Holozän ist bisher ungewöhnlich stabil

Interglaziale

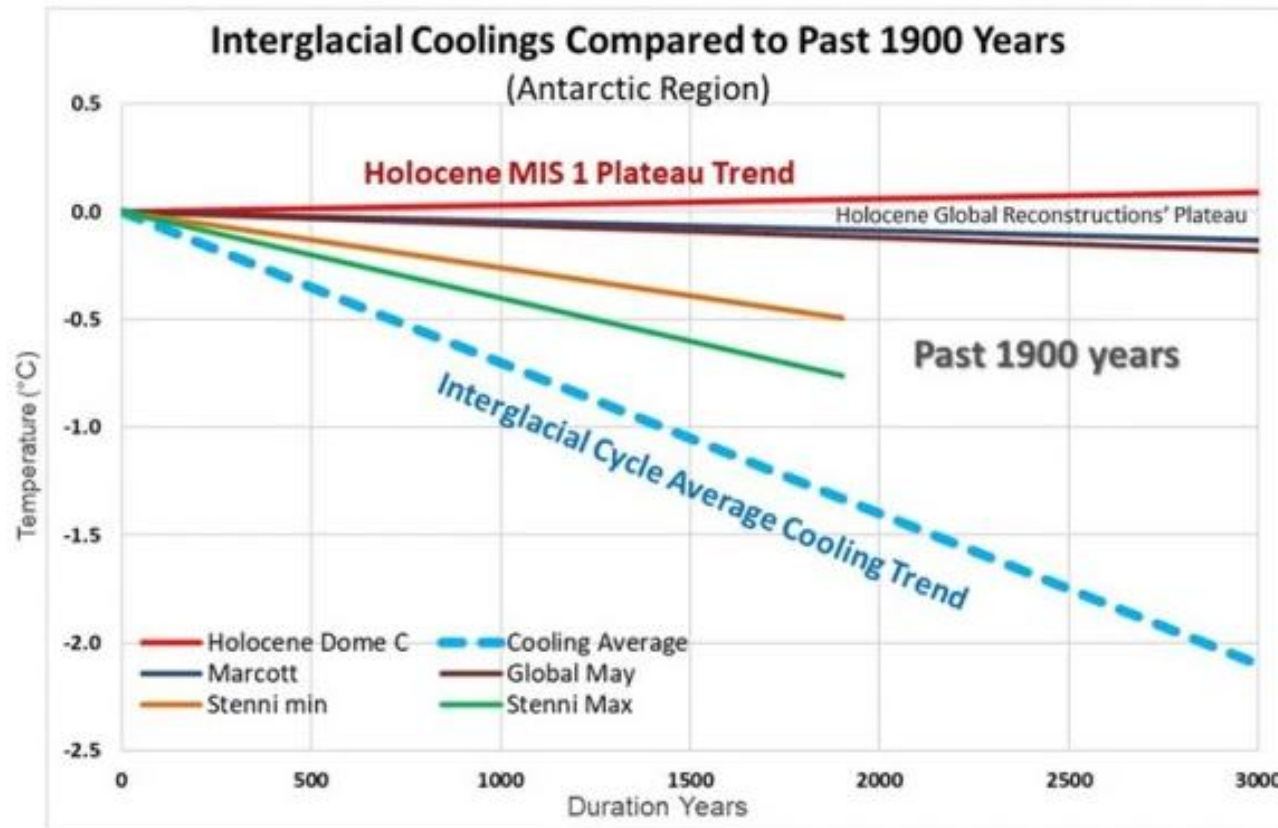
Rate of Change for Interglacial Segments



Holozän: Ungewöhnlich stabil; mittlere Dauer der Interglaziale erreicht

Figure 4: Rate of change or trendlines for the past five interglacial segments from EPICA Dome C temperature proxies. Initial starting points are pinned at zero (global warming trendline at -10 degrees C). The length of the trendline approximates the duration of the interglacial segment. a) rate of change for the interglacial plateau segments. Marcott and May's Holocene global reconstructions are included. b) rate of change for warm onsets also referred to as Terminations and c) rate of change for interglacial cooling segments.

Interglaziale



The past millennia Holocene cooling trends in the Antarctic are approximately half way between the 11,000-year Holocene plateau trend and approaching global cooling trends of the past four interglacial cycles (average approximately 0.7 degrees C/millennium) and represents the next climate change tipping point.

Figure 5: Comparison of the rate of change or trend for the past 1900 years bracketed by the Holocene plateau trend and average interglacial cooling trend. The Holocene plateau and cooling trends are from EPICA Dome C temperature proxies and the past 1900-year trends are from Stenni's Antarctic region reconstructions. Initial starting points are pinned at zero. Marcott and May's Holocene global reconstructions for the interglacial plateaus trendlines are included for comparison.

Interglaziale

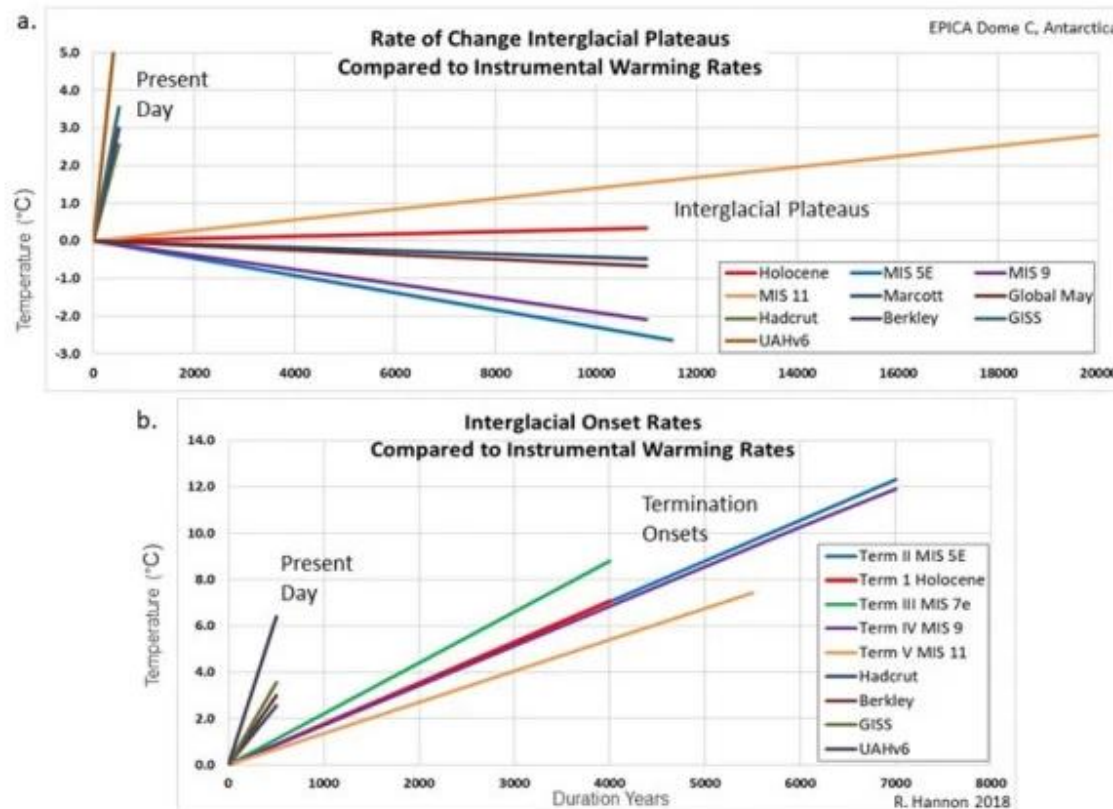
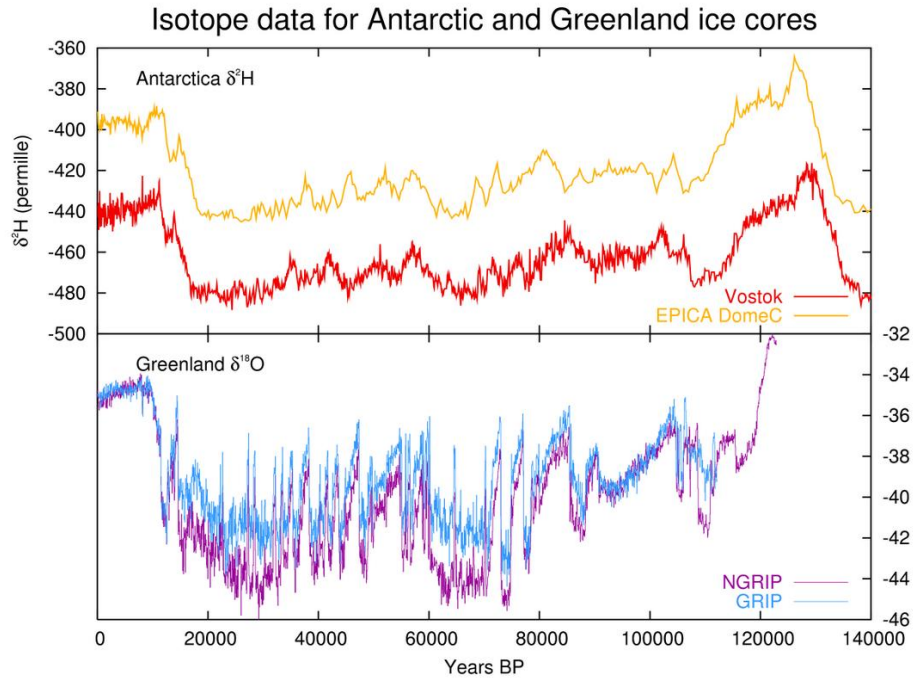
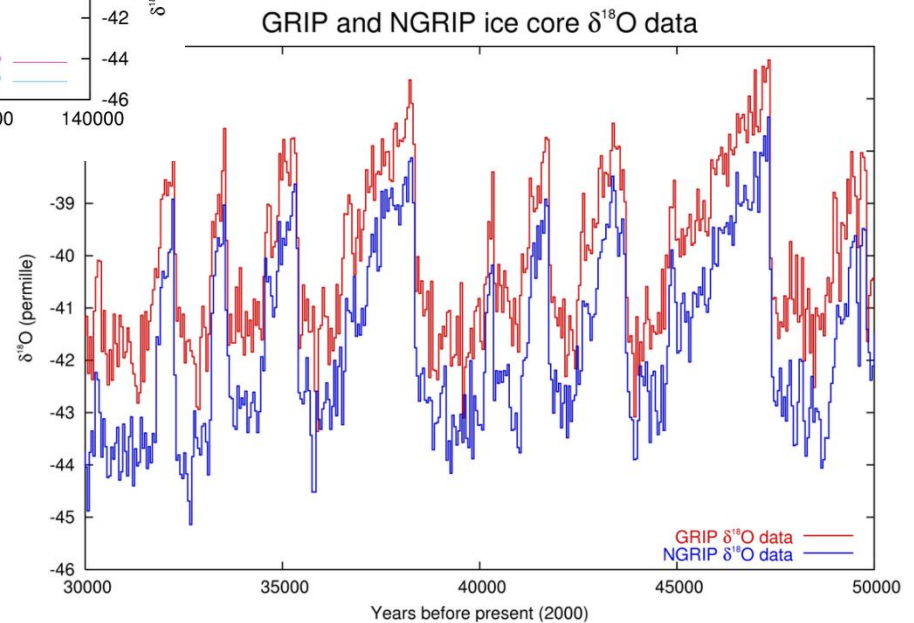


Figure 8: Comparison of modern warming trends with interglacial long-term trends. Starting points are pinned at zero temperatures and zero timeframe for the duration. Instrumental trends are projected for 500 years. Interglacial trendlines projections approximate their duration. a) present day warming trends and interglacial plateau trends. MIS 7e is omitted in the plot. May and Marcott's global reconstructions rates are included. b) Comparison of instrumental trends with past Termination warming onset trends.

Dansgaard-Öschger-Ereignisse

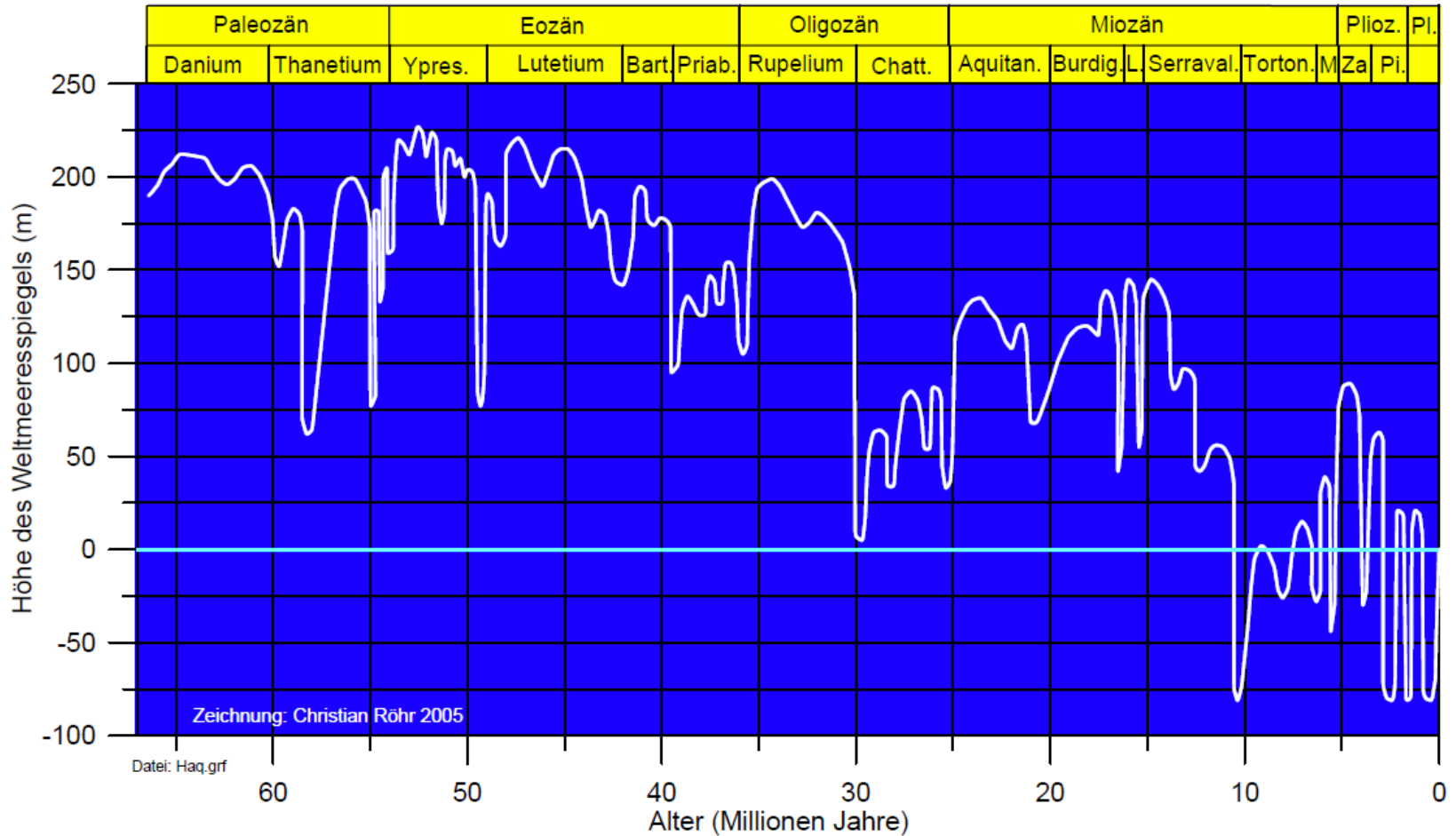


Ursache bisher ungeklärt

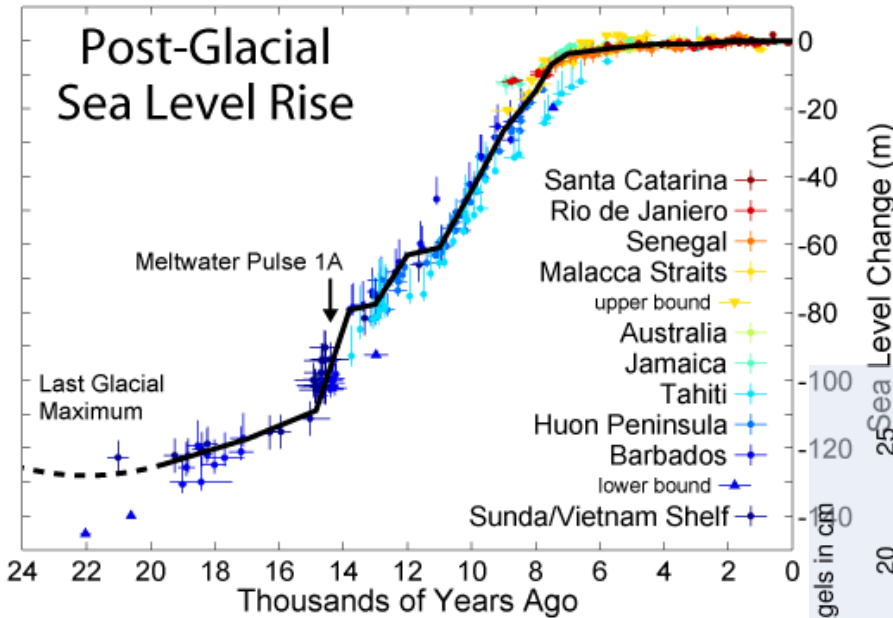


Meeresspiegeländerungen im Tertiär

Zeitliche Veränderung der Höhe des Weltmeerspiegels nach Haq et al. (1987)



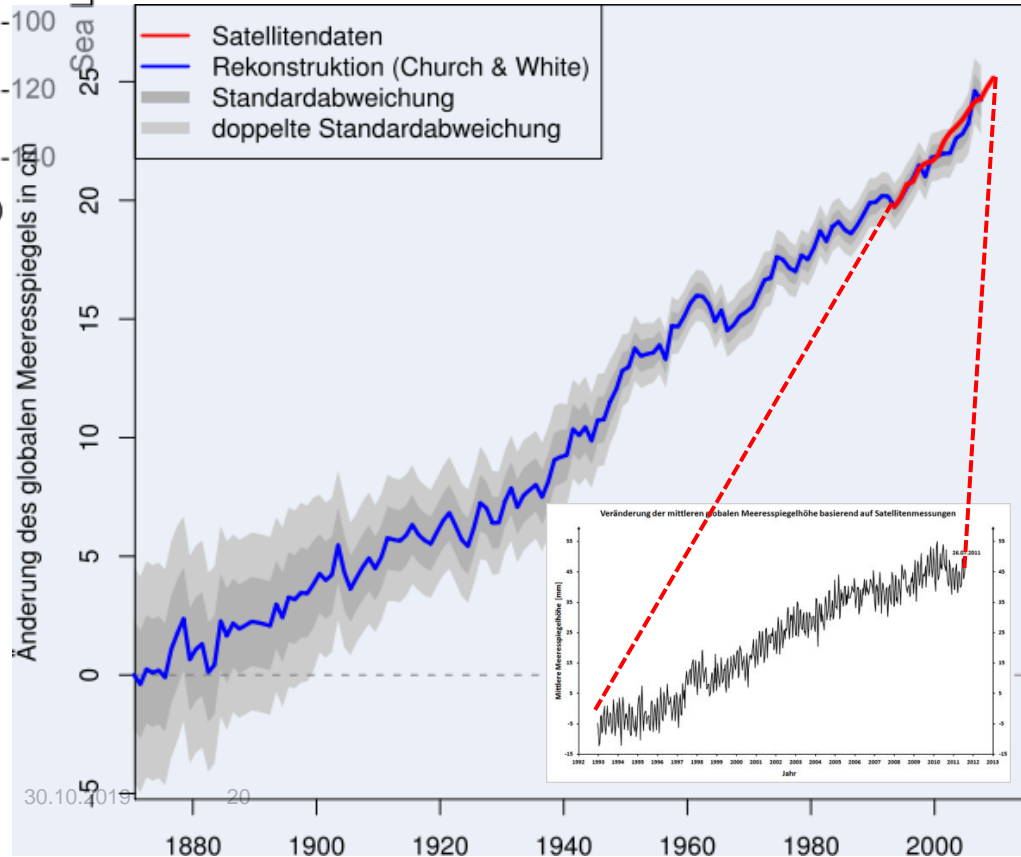
Meeresspiegeländerung am Ende der Eiszeit



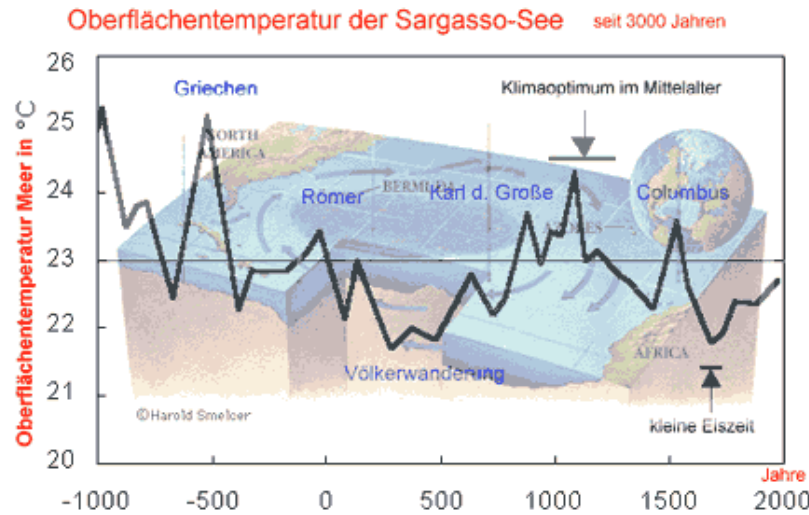
Falls beschleunigter Anstieg bis 2050 +32 cm
 9 cm aus thermischer Expansion
 8 cm aus Schmelze von Gletschern und Eiskappen
 5 cm aus der Schmelze in Arktis und Antarktis

Rate 1961-2003 = $1,8 \pm 0,5$ mm/a
 Quelle davon ($1,1 \pm 0,5$ mm bekannt)
 $0,42 \pm 0,12$ mm thermische Expansion
 $0,50 \pm 0,18$ mm schmelzende Gletscher
 $0,05 \pm 0,12$ mm grönländischer Eisschild
 $0,14 \pm 0,41$ mm antarktischer Eisschild
 $0,7 \pm 0,7$ mm ungeklärt

Rate 1993-2003 = $3,1 \pm 0,7$ mm/a
Rate 2003-2008 = $2,5 \pm 0,5$ mm/a



Klimageschichte der Erde (4)



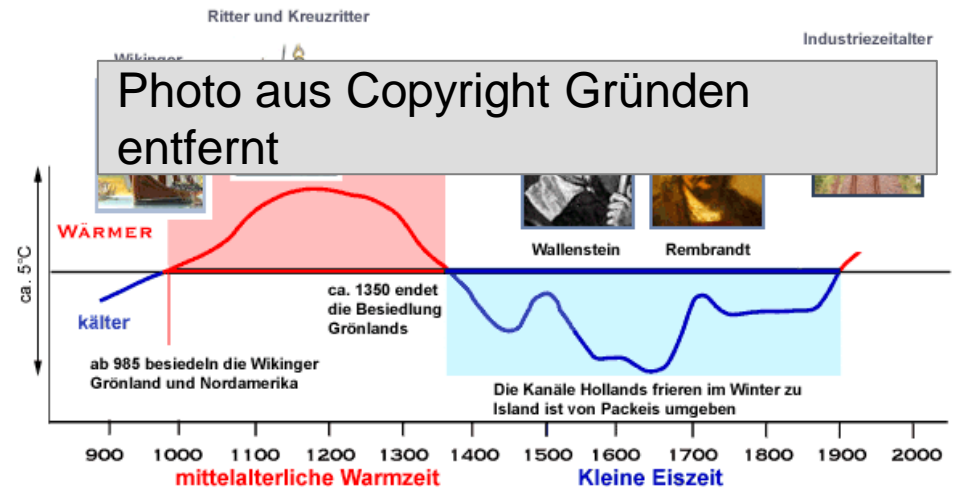
Starke zeitliche und regionale Schwankungen

letzte 1200 Jahre in Europa

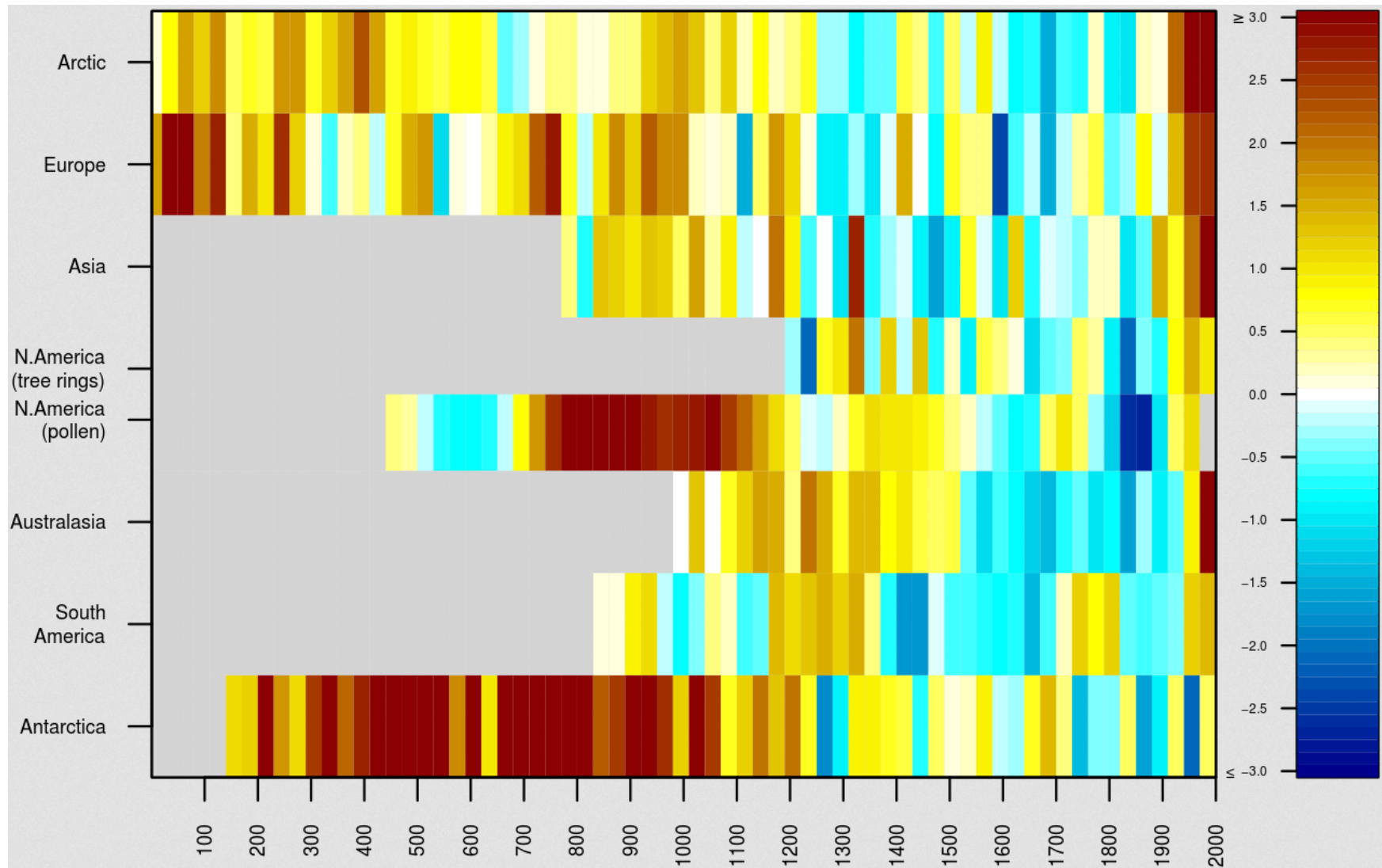
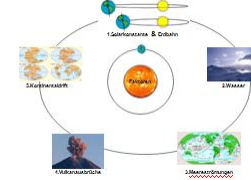
mittelalterliche Warmzeit und kleine Eiszeit

letzte 3000 Jahre in Nordamerika

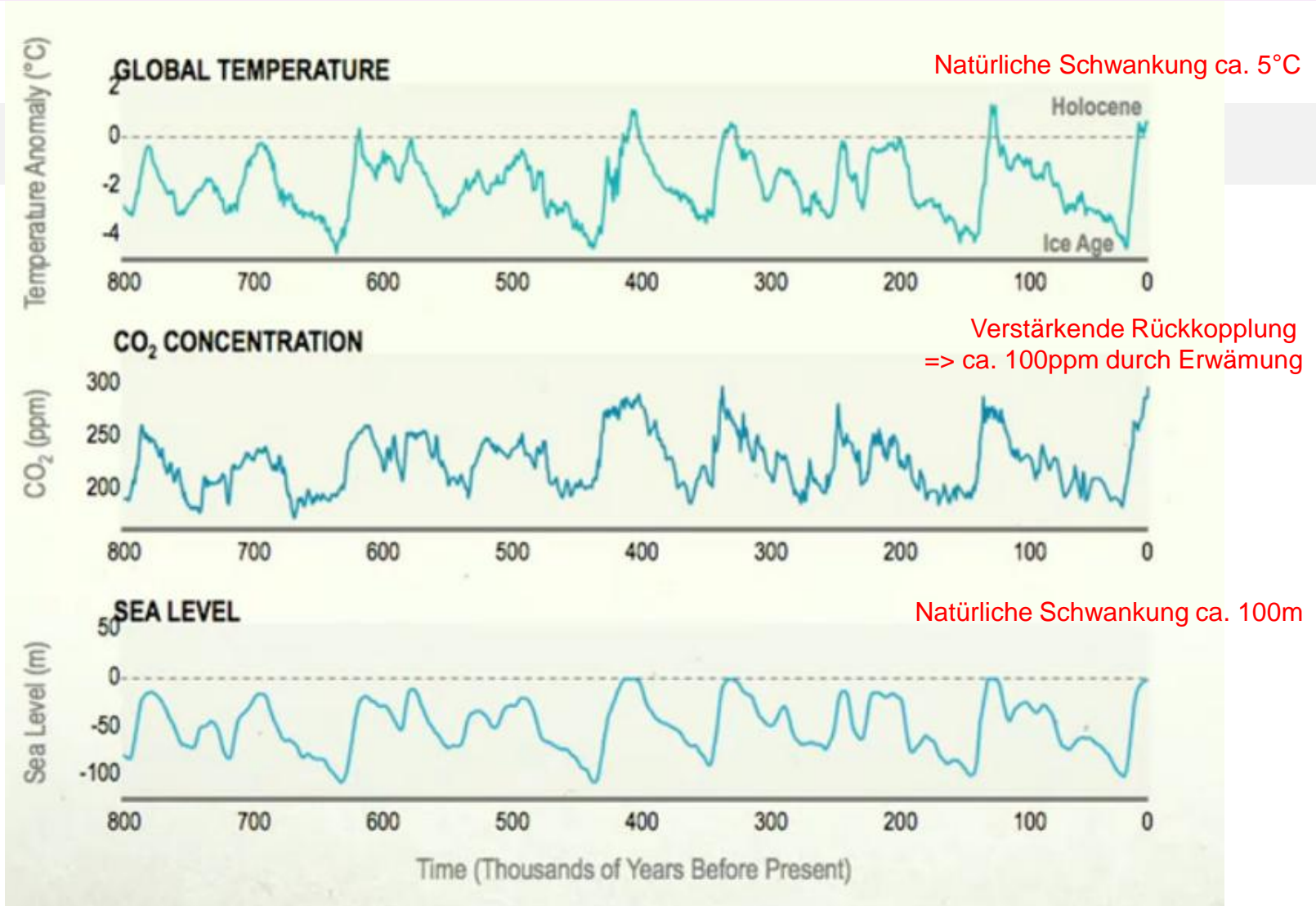
5°C Schwankungsbreite auch in historischen Zeiträumen



Temperaturanomalien nach Kontinenten

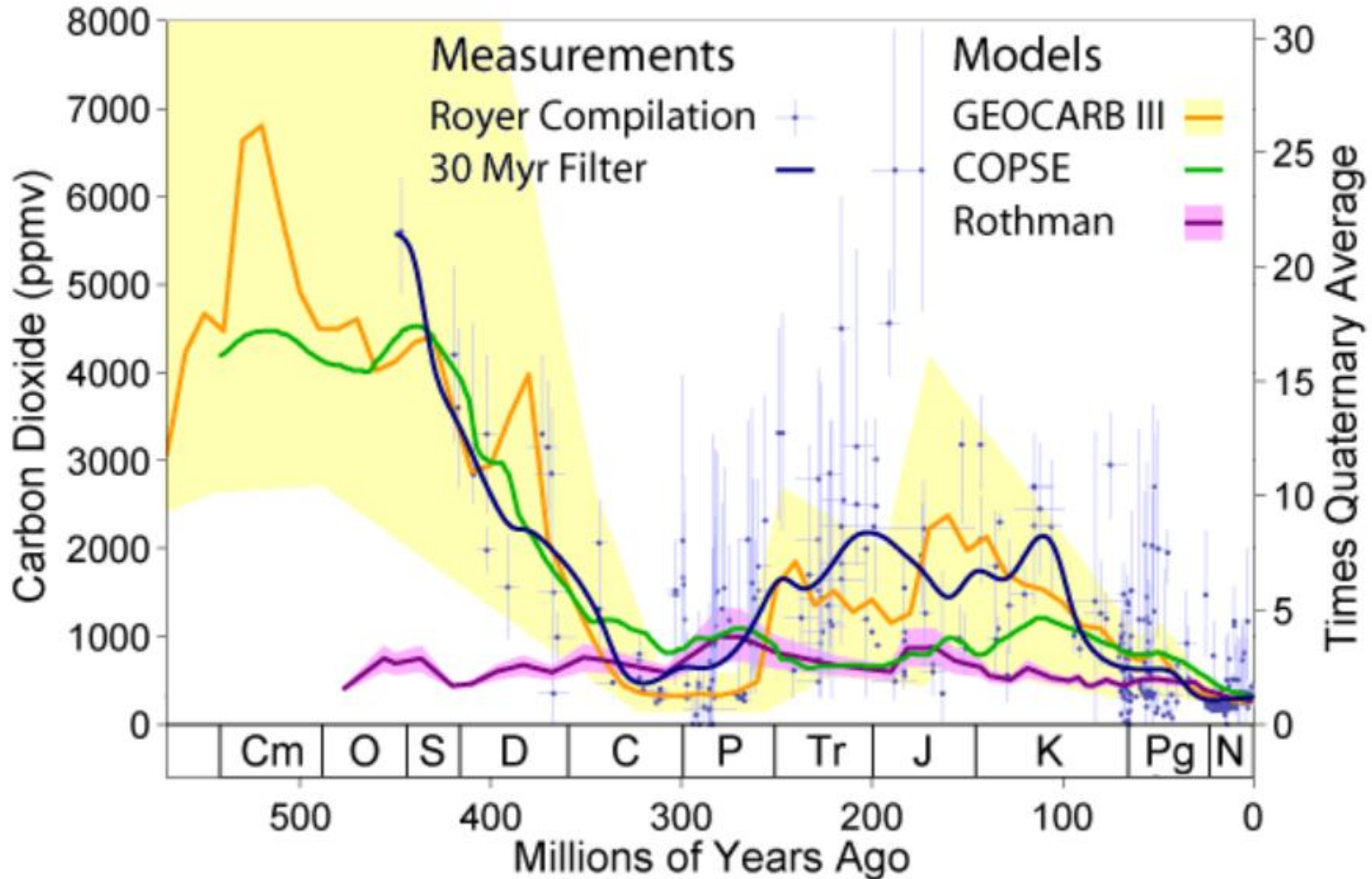


Gemessener historischer Zusammenhang von Temperatur, [CO₂] und Meeresspiegel

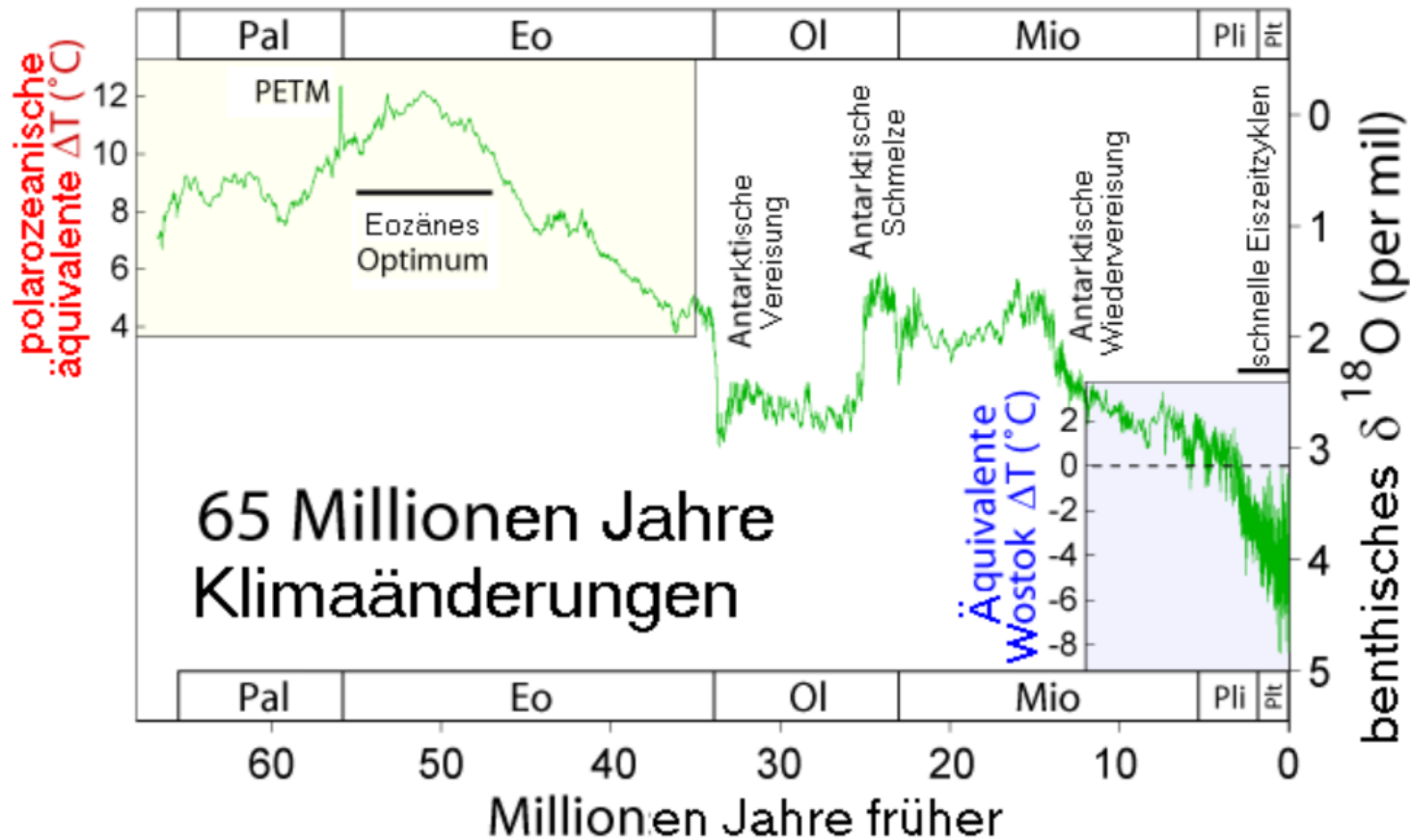


Paläoklimatologie: T und [CO2]

Phanerozoic Carbon Dioxide

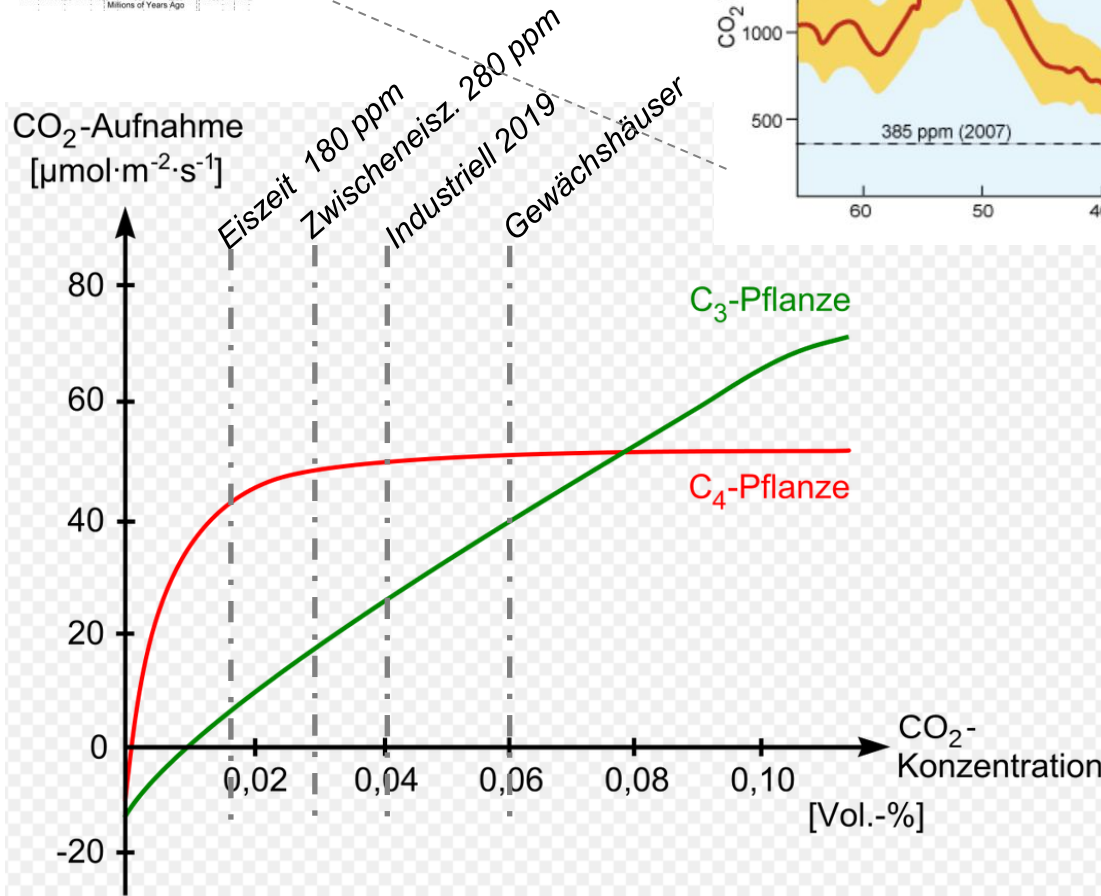
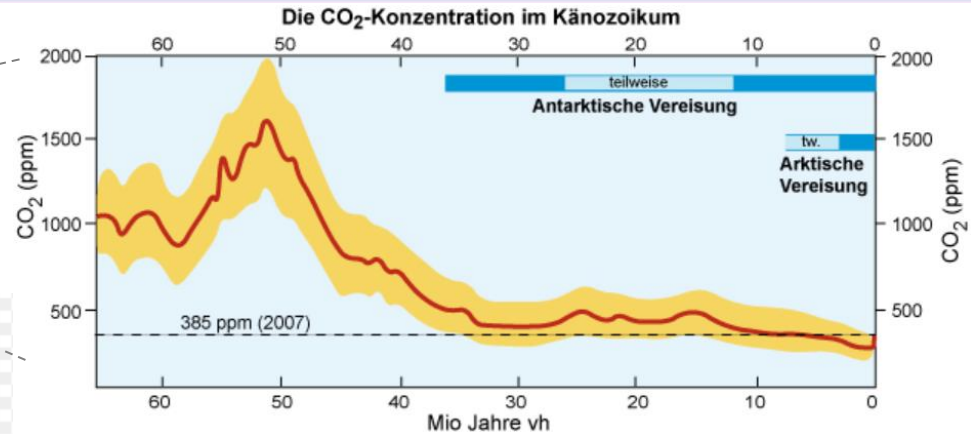
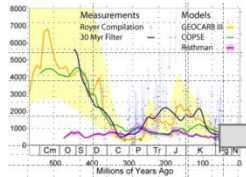


PETM Ereignis



Das **Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum (PETM)** war sehr kurze, aber extreme Erwärmungsphase, (Dauer 170.000 bis 200.000 Jahre). Der damalige globale Temperaturanstieg erfolgte auf Basis eines bereits vorhandenen [Warmklimas](#) (18°C) und war mit einem stark erhöhten Eintrag von [Treibhausgasen](#). Während des PETM stieg die globale Temperatur innerhalb von wahrscheinlich 4.000 Jahren um durchschnittlich 6-8 °C).

Reaktion der Biosphäre auf sinkende [CO₂] Bedarf von Pflanzen



Reaktion der Biosphäre auf niedrige [CO₂] : Die Entstehung der C₄ Pflanzen

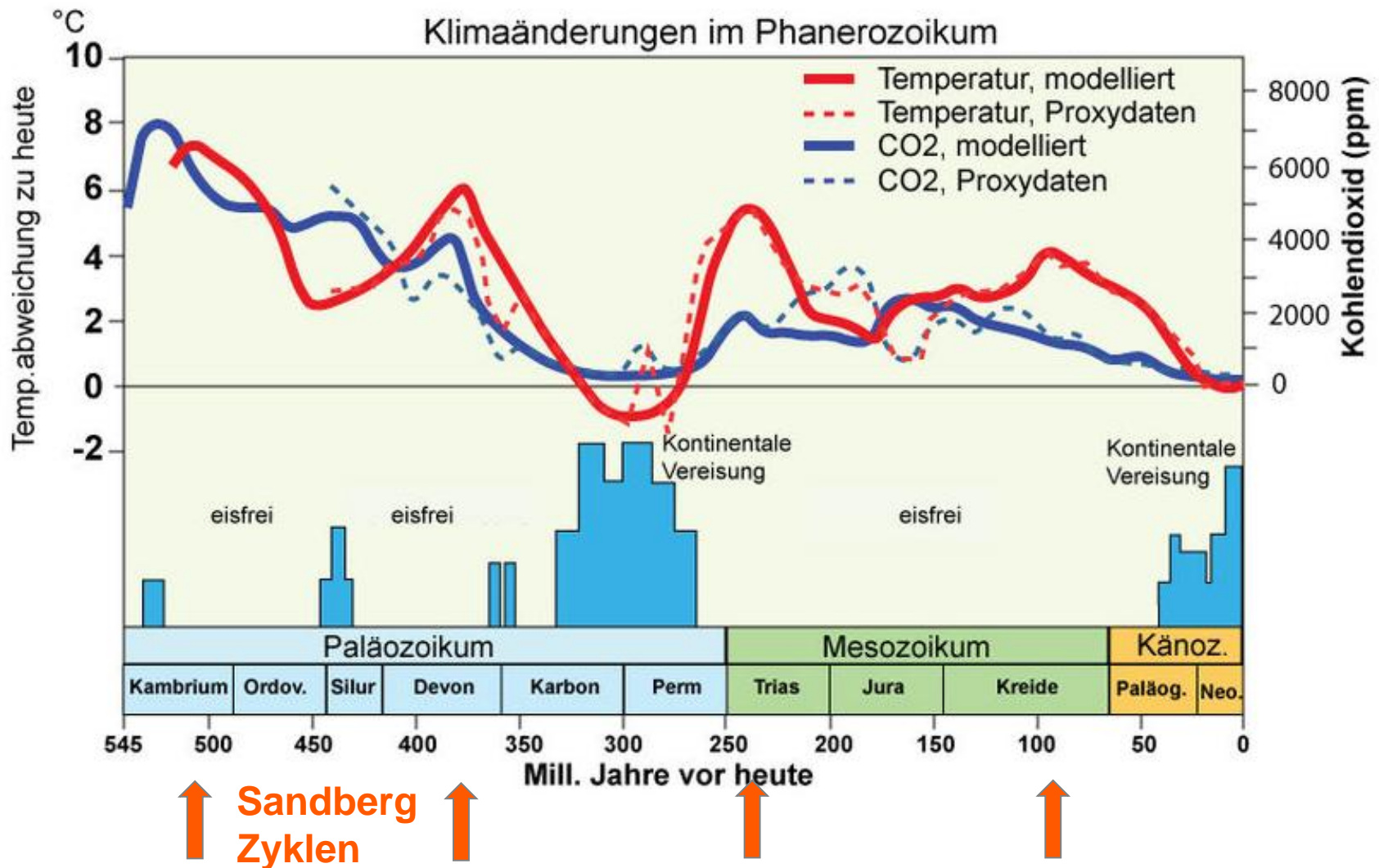
C₃ Pflanzen

- Entstehung vor >2 Mrd. Jahren
- 97% der Pflanzen
- 75% der Photosyntheseleistung
- [CO₂] Bedarf mind. 150 ppm

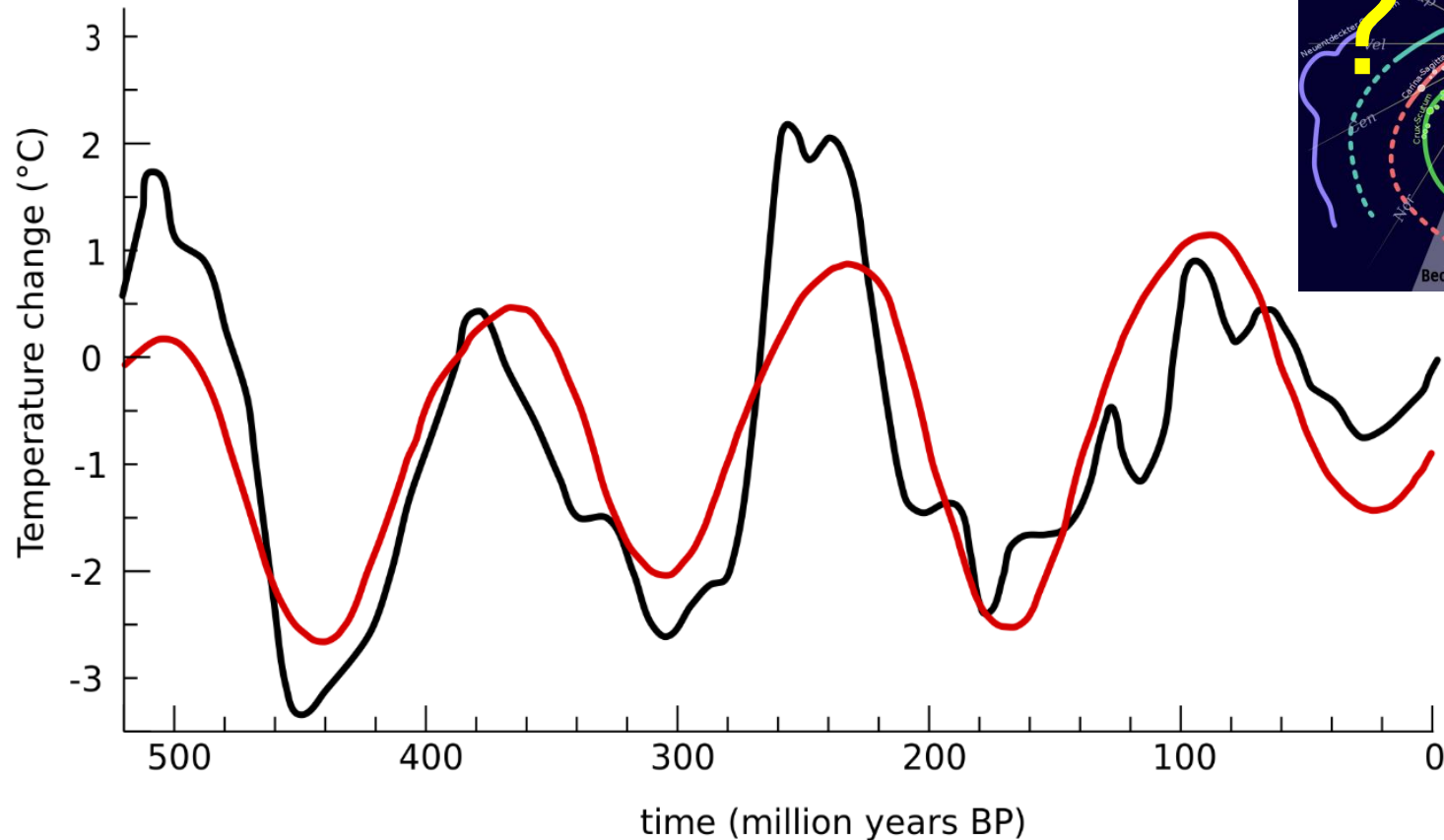
C₄ Pflanzen

- Entstehung vor 30 Mio. Jahren
- 3% der Pflanzen
- 25% der Photosyntheseleistung
- [CO₂] Bedarf mind. 15 ppm
- Haben Anreicherung vor den Calvin Zyklus geschaltet

Paläoklimatologie: T und [CO₂]



Sandberg Zyklen



[Kosmische Strahlung](#) (rot) und über geochemische Befunde angenommene globale Temperatur (schwarz) bis 500 Millionen Jahre vor unsere Zeitrechnung

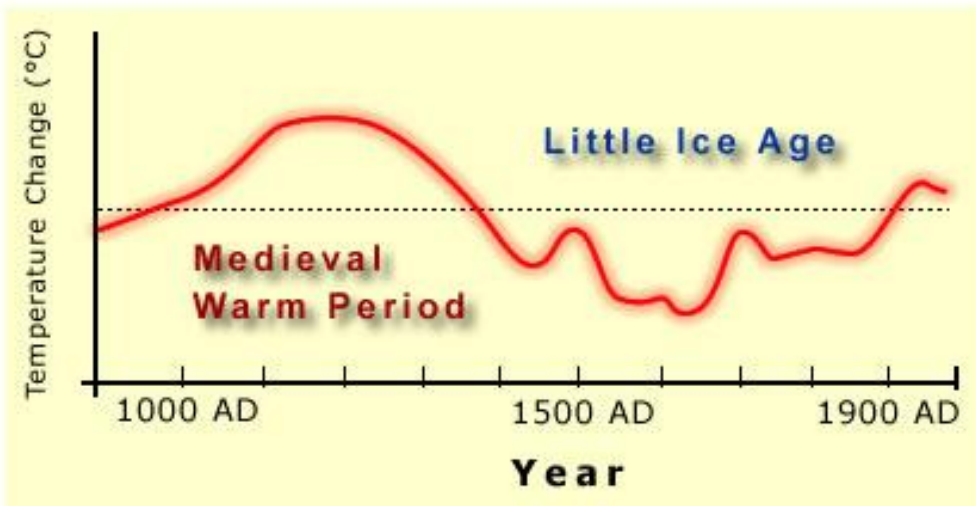
https://de.wikipedia.org/wiki/Paradoxon_der_schwachen_jungen_Sonne (vom 26.10.2019)

Relevanz paläoklimatologischer Studien

Was können wir aus der Kenntnis historischer Klimadaten ableiten ?

Die Frage “War es im Mittelalter wärmer als heute ?” war z.B. in der “Climategate” Affäre (Leugnung der mittelalterlichen Warmzeit im 3.IPCC Bericht 2001, siehe Teil 3 des Vortrags) Stein des Anstoßes.

=> Wichtig für die Bewertung heutiger Temperaturänderungen.



Temperatureverlauf der letzten 1000 Jahre
lt. IPCC-Report von 1990.

950 bis 1950 AD

Zu erkennen ist eine ausgeprägte mittelalterliche Wärmeperiode in Mittel-England. Der Temp. Anstieg nach 1850 erscheint nicht ungewöhnlich. Eignet sich auch nicht für Katastrophen-Szenarien ..

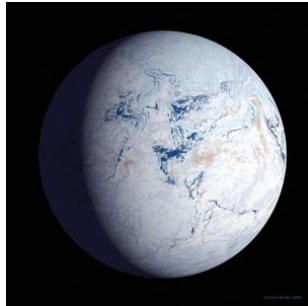
vgl.:

Houghton, J.T., G J Jenkins, J J Ephraums (1990, Eds.)
"Climate Change; The IPCC Scientific Assessment".-
Cambridge University Press, p.202 (Abb. leicht verändert)

Fazit der Klimageschichte

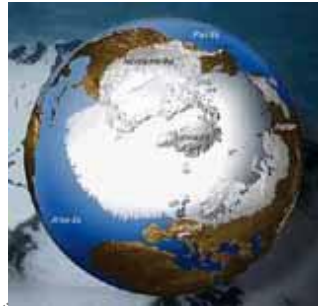
Klimagleichgewichte:

?



Schneeball

stabil



Eiszeit

instabil

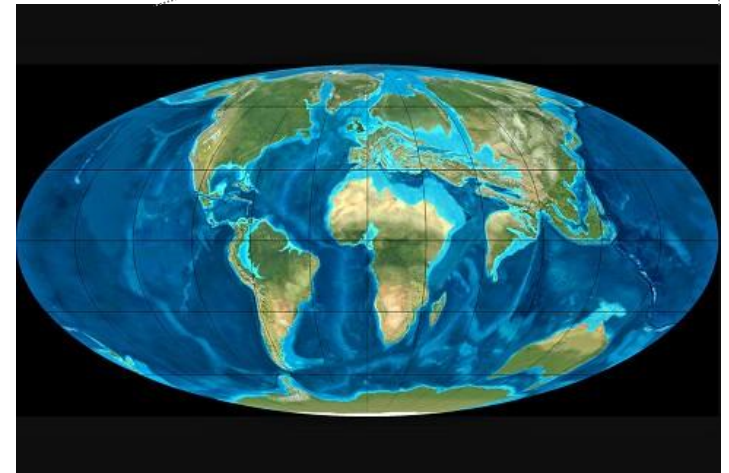


heutiger Zustand

stabil



Warmzeit/Eisfrei

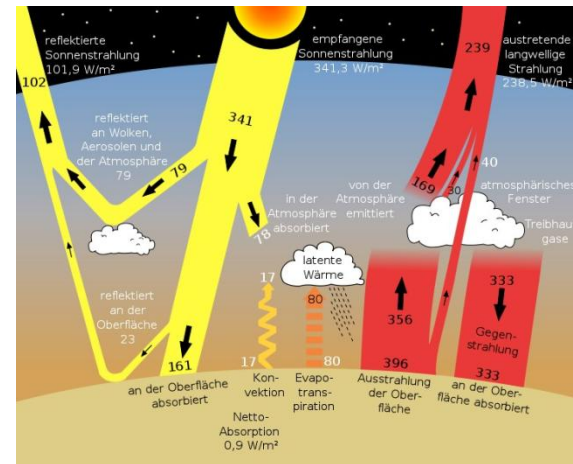


[https://de.wikipedia.org/wiki/\(diverse_Artikel\)](https://de.wikipedia.org/wiki/(diverse_Artikel))

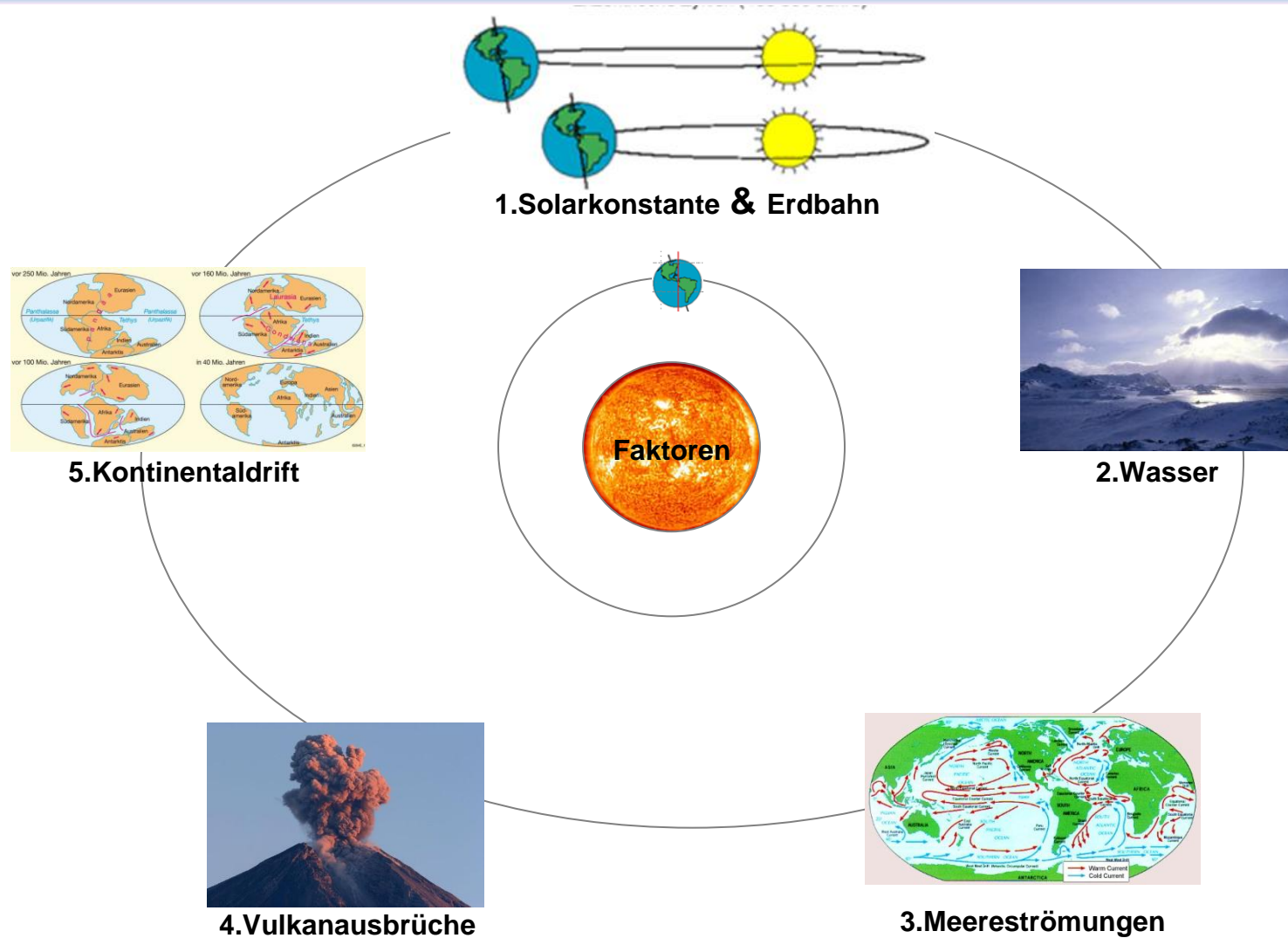
Teil 1 : Was wir wissen müssen



➔ Naturwissenschaftliche Grundlagen zum Verständnis des Erdklimas

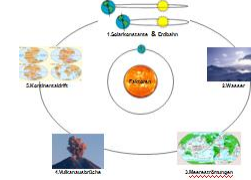


Haupttreiber natürlicher Klimaänderungen

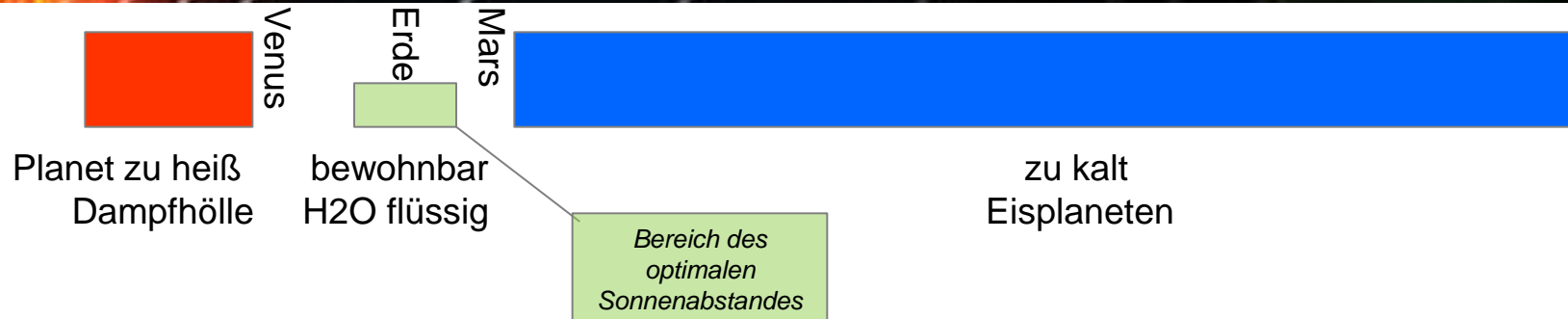


(Bilder aus Wikipedia/diverse Artikel)

1. Solarkonstante und die Erdbahn



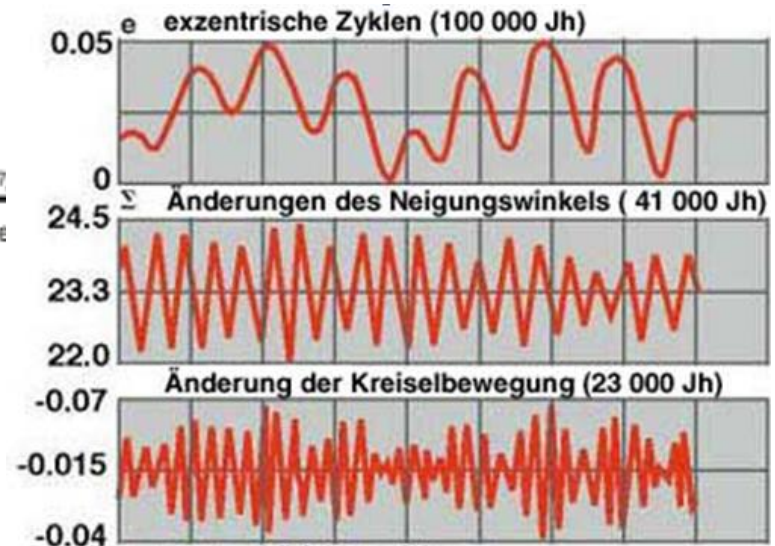
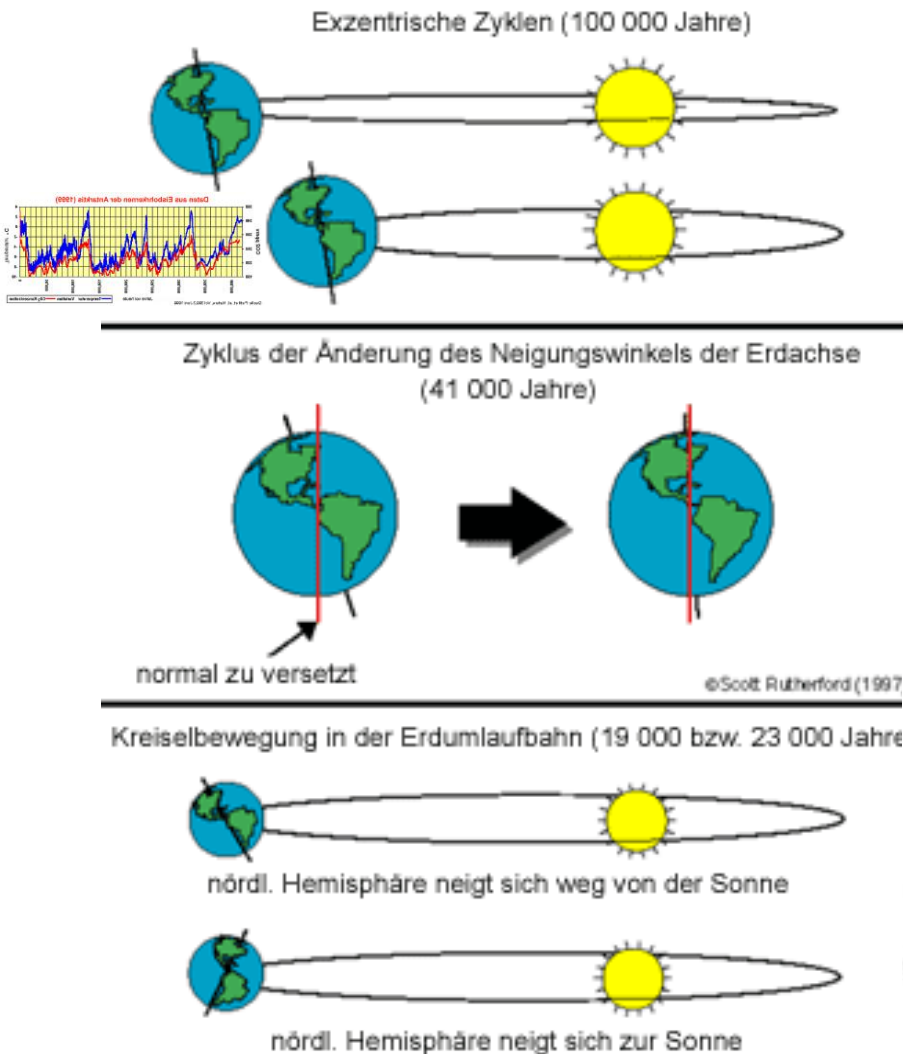
Grundlage des Lebens - Die bewohnbare Zone des Sonnensystems



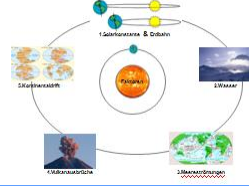
<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sonnensystem>

Milankovitch-Zyklen: Taktgeber der Eiszeiten

- Taktgeber langfristiger Klimaänderungen sind die [Milankovitch-Zyklen](#). Der serbische Astrophysiker Milutin Milankovitch lieferte 1941 Formeln zur Berechnung dieser zyklischen Vorgänge, die 35 Jahre später verifiziert wurden.



Effekt des planetaren Rückstrahlvermögens

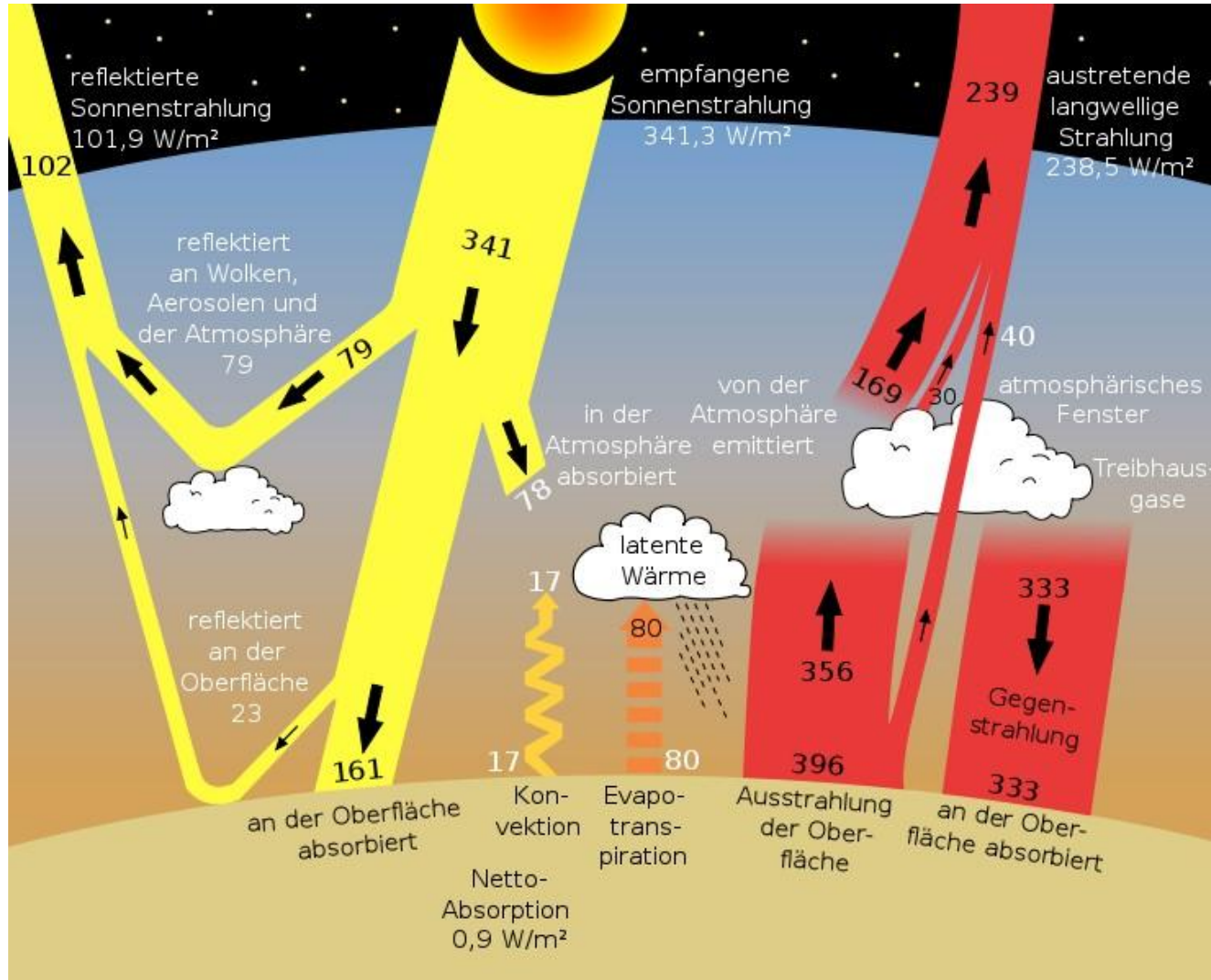
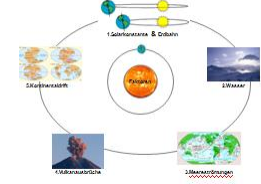


Albedo

- Ozean $0,10 \rightarrow T_w = 307 \text{ K } (34 \text{ }^\circ\text{C})$
- Eis $0,84 \rightarrow T_E = 200 \text{ K } (-77 \text{ }^\circ\text{C})$
- Regenwald $0,14 \rightarrow T_R = 303 \text{ K } (30 \text{ }^\circ\text{C})$
- Sahara $0,30 \rightarrow T_d = 264 \text{ K } (-9 \text{ }^\circ\text{C})$
(Treibhauseffekt ohne Wasserdampf)
- Erde $0,30 \rightarrow T_e = 288 \text{ K } (15 \text{ }^\circ\text{C})$

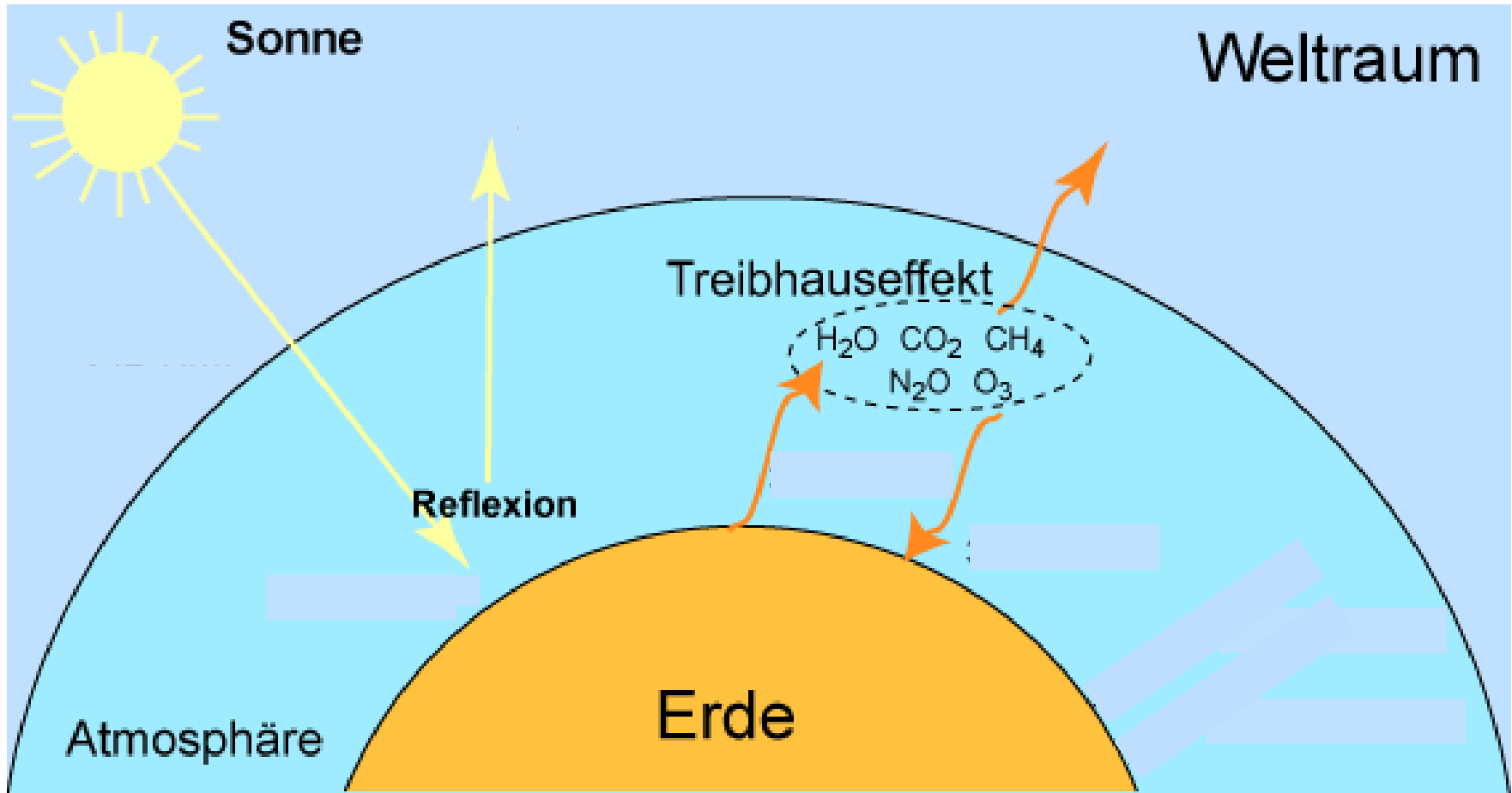


2. Wasser



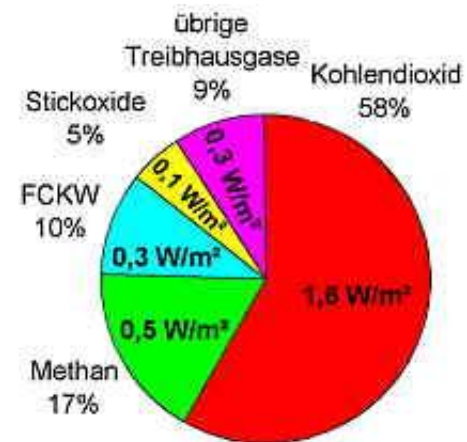
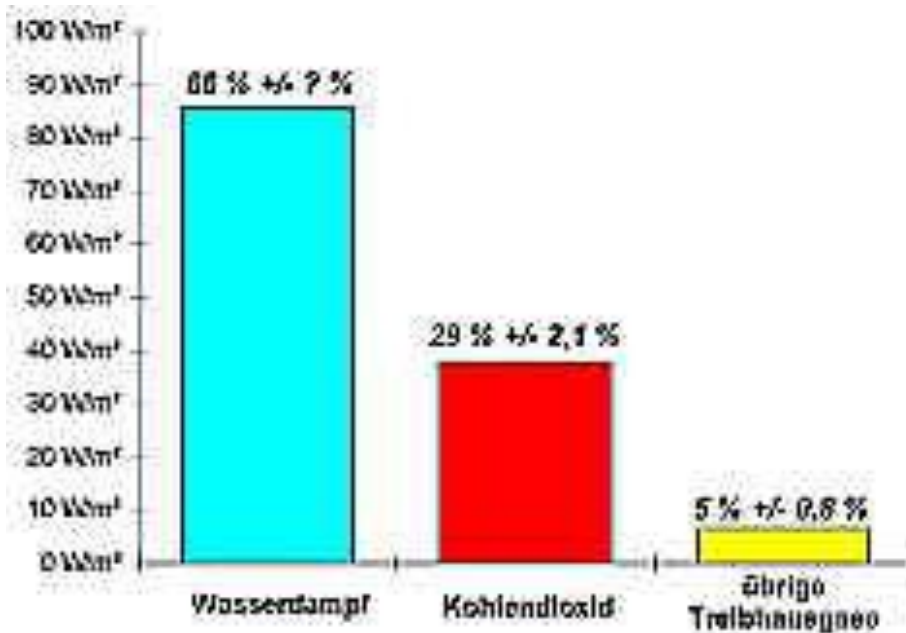
Wasser reguliert den Strahlungshaushalt der Erde

Der natürliche Treibhauseffekt

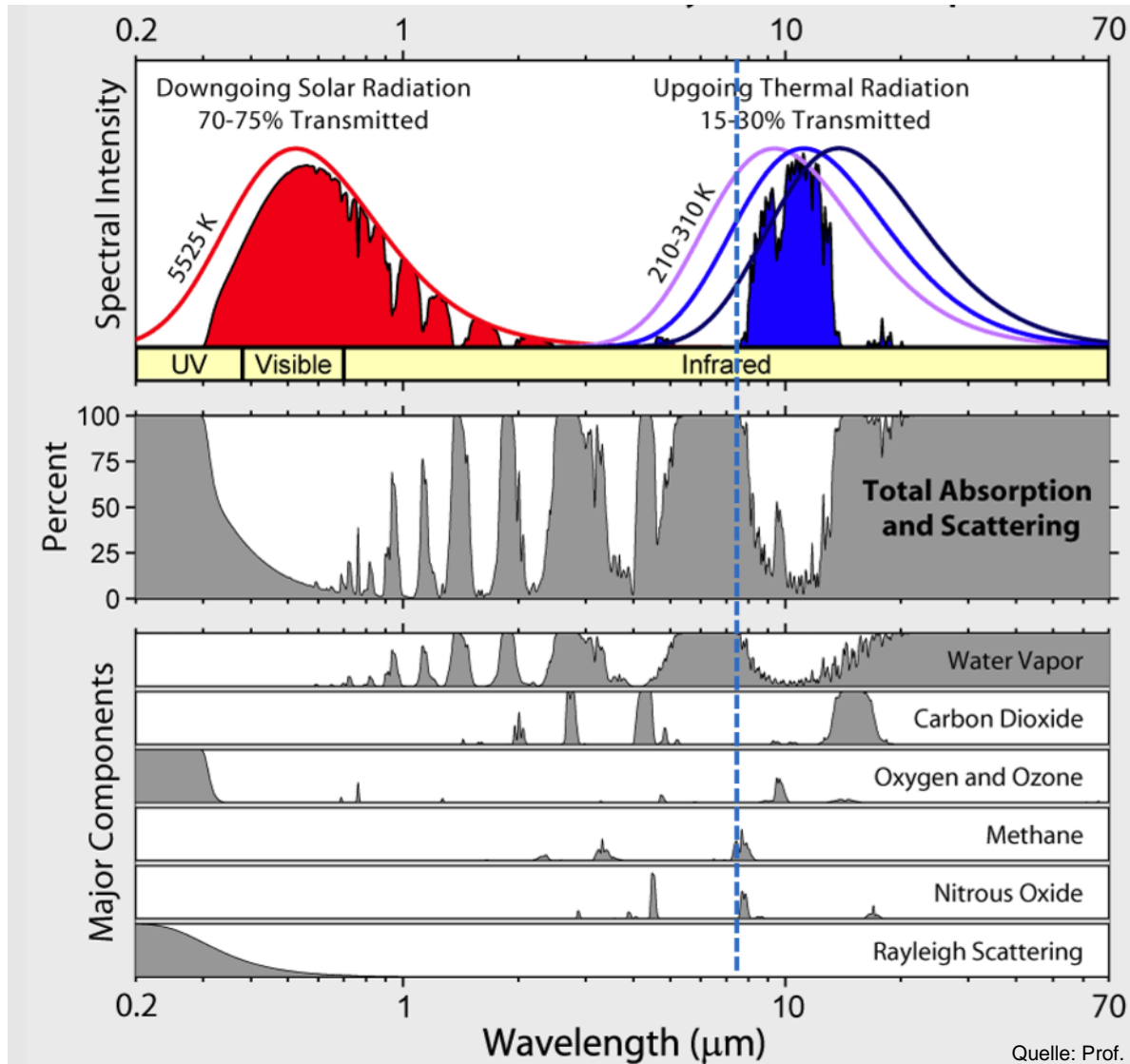


Wasserdampf als Klimaregulator

- Wasser ist das hauptsächliche Regulativ des Energiehaushaltes der Erde : Wasserdampf-Transport dient dem Wasserausgleich auf der Erde und der Wasserdampfgehalt schützt im Strahlungshaushalt das Klima der Erde..
- Dieser "natürliche Treibhauseffekt" wird hauptsächlich durch das Vorhandensein von Wasserdampf in der Erdatmosphäre hervorgerufen und hebt die Durchschnittstemperatur der Erde von -18°C (ganz ohne Treibhausgase) um 33°C auf den heutigen Wert von $+15^{\circ}\text{C}$.

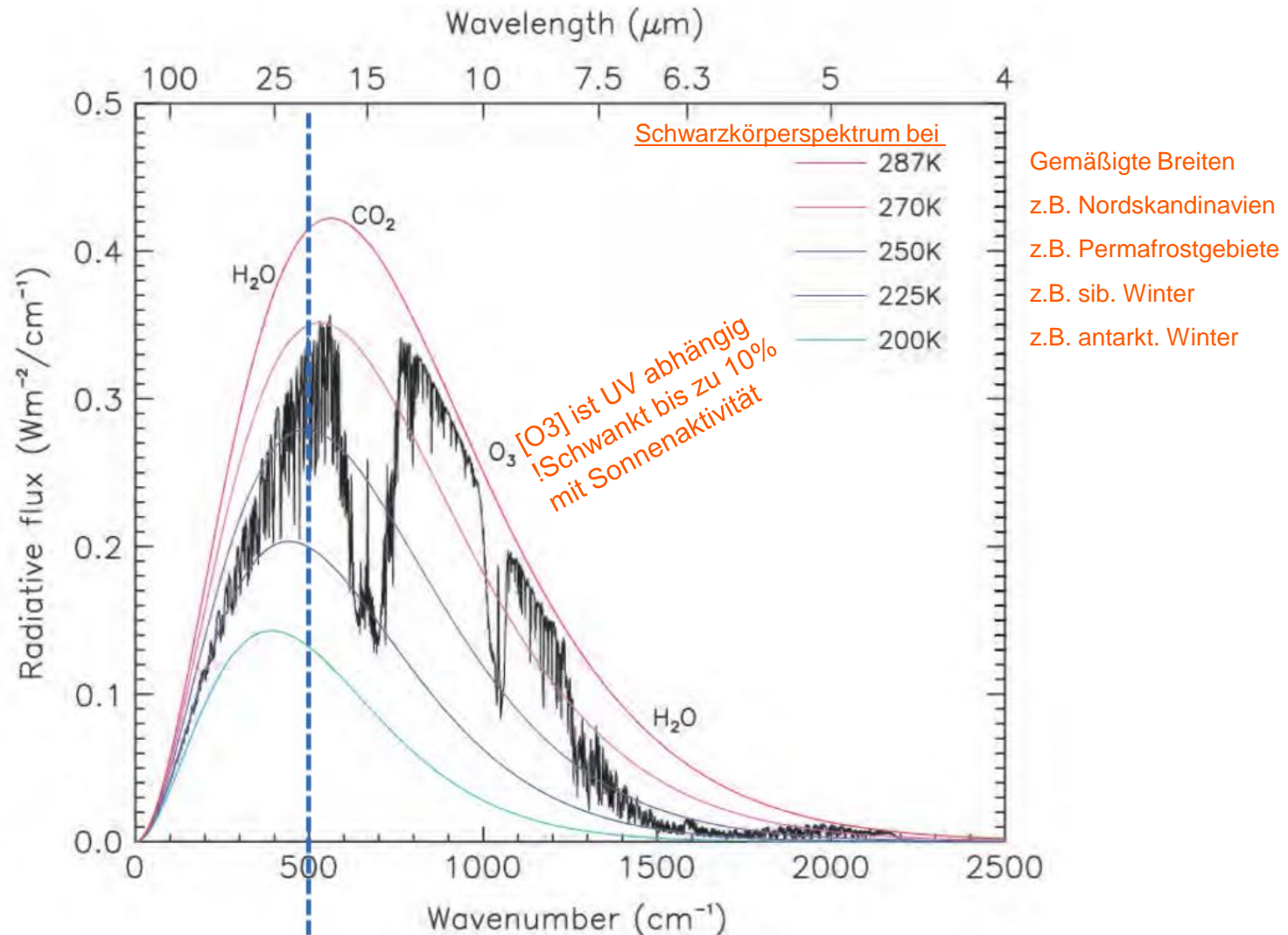


Solares und terrestrisches Spektrum



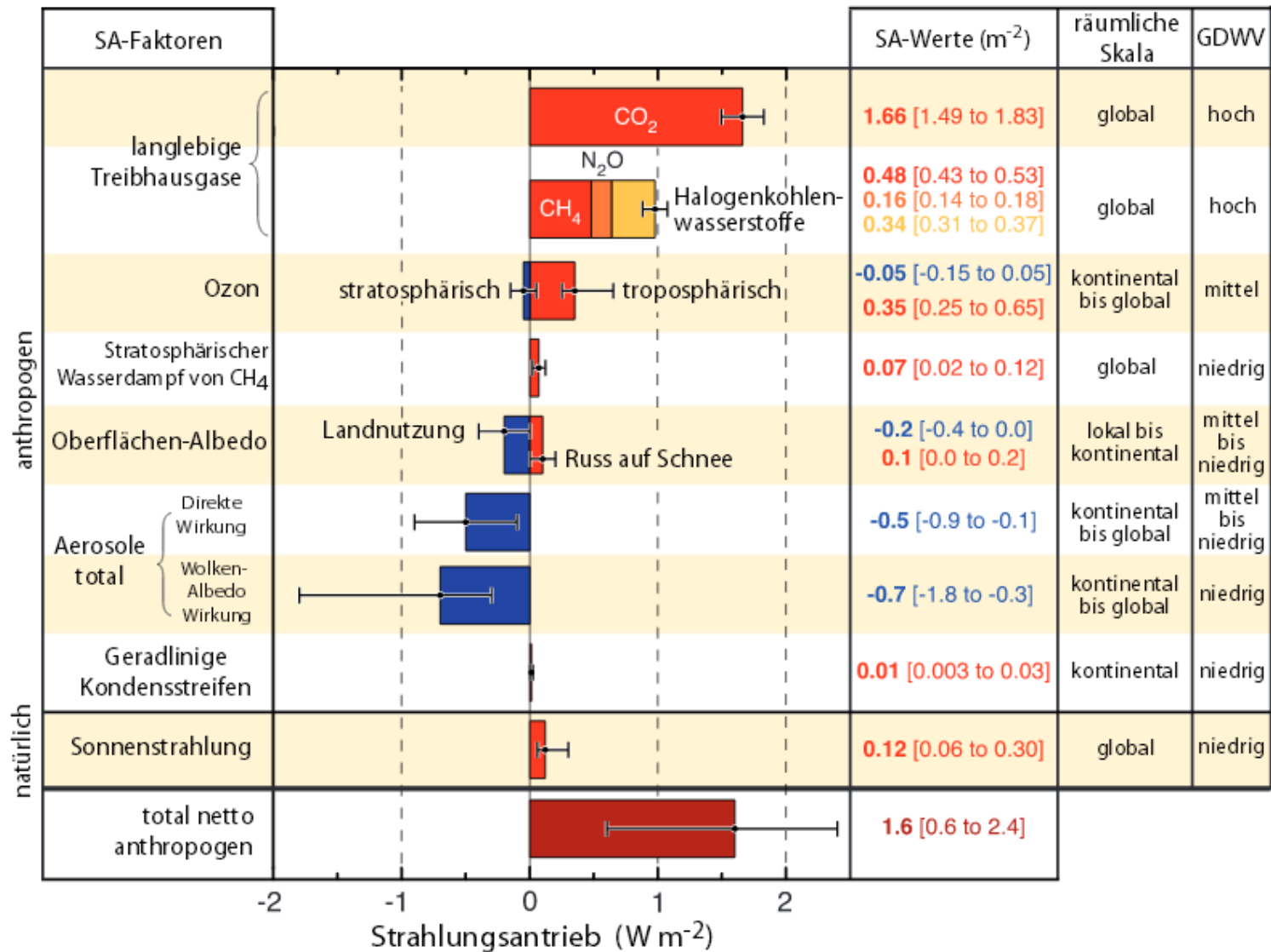
Quelle: Prof. Karl Mannheim, Astrophysik, Uni Würzburg

Die CO₂ Wirkung ist regional unterschiedlich

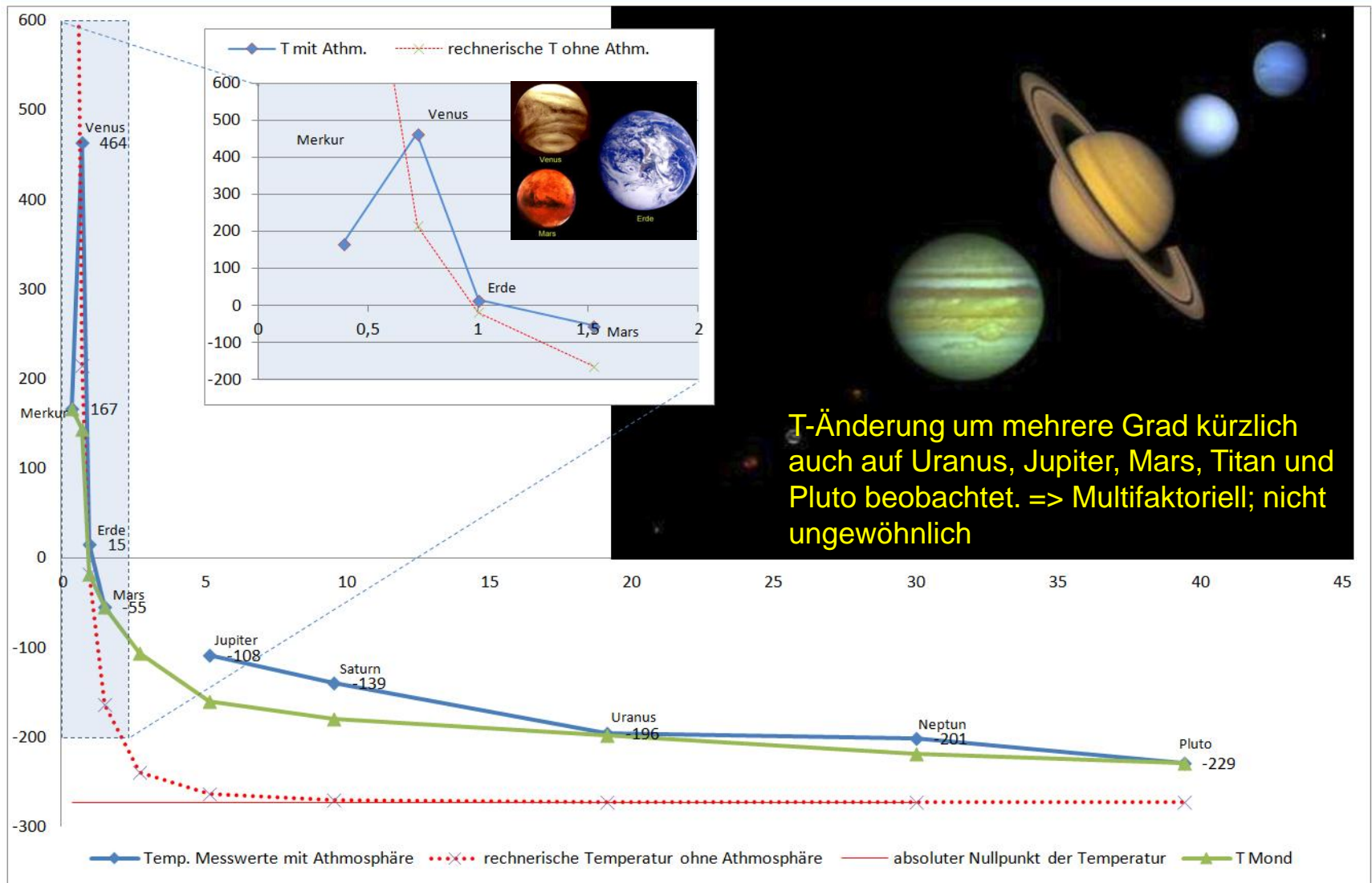


Quelle: Prof. Karl Mannheim, Astrophysik, Uni Würzburg)

Komponenten des Strahlungsantriebes

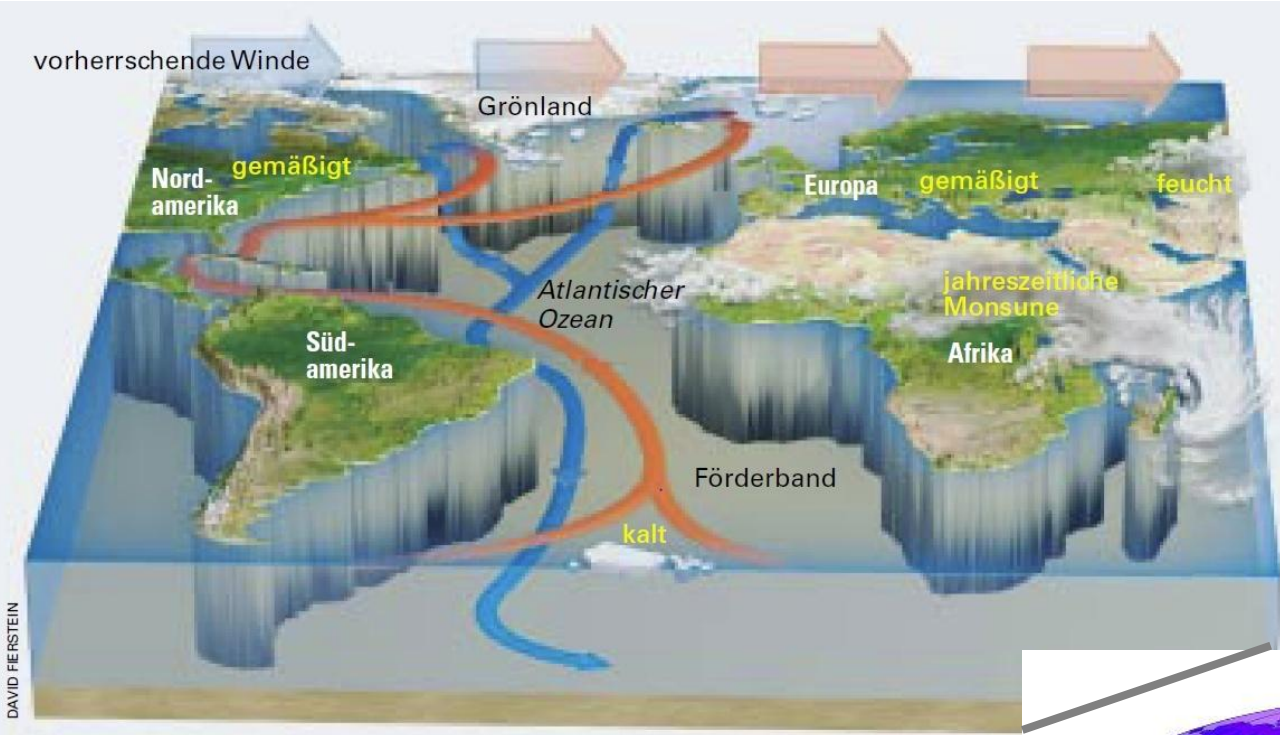


Vergleich – Einfluß der Atmosphäre

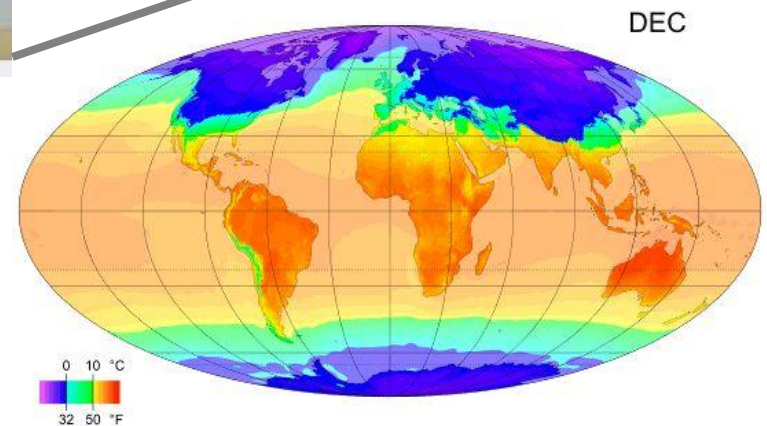


T-Änderung um mehrere Grad kürzlich auch auf Uranus, Jupiter, Mars, Titan und Pluto beobachtet. => Multifaktoriell; nicht ungewöhnlich

3. Meeresströmungen

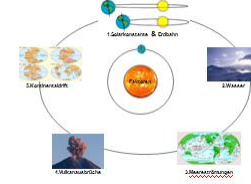


Meeresströmungen verteilen 150 mal mehr Wärme auf der Erdoberfläche um, als atmosphärische Bewegungen



Grafik: <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Meeresströmungen>

4. Vulkanausbrüche



Eruptionen befördern Staub, Aerosole und Klimagase in die Atmosphäre, die dann den Strahlungshaushalt der Erde verändern



Photo aus Copyright
Gründen entfernt

Abkühlende Wirkung

- Staubteilchen
- Aerosolen (SO₂)

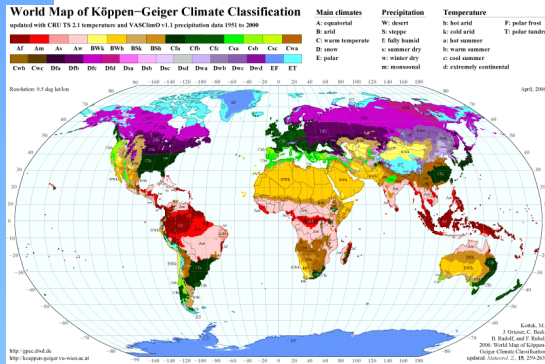
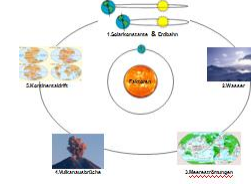
Erwärmende Wirkung

- CO₂ Emission
- H₂O Emission

Total volcanic CO₂ emissions
65-319 million tonnes/year
(min-max estimates)

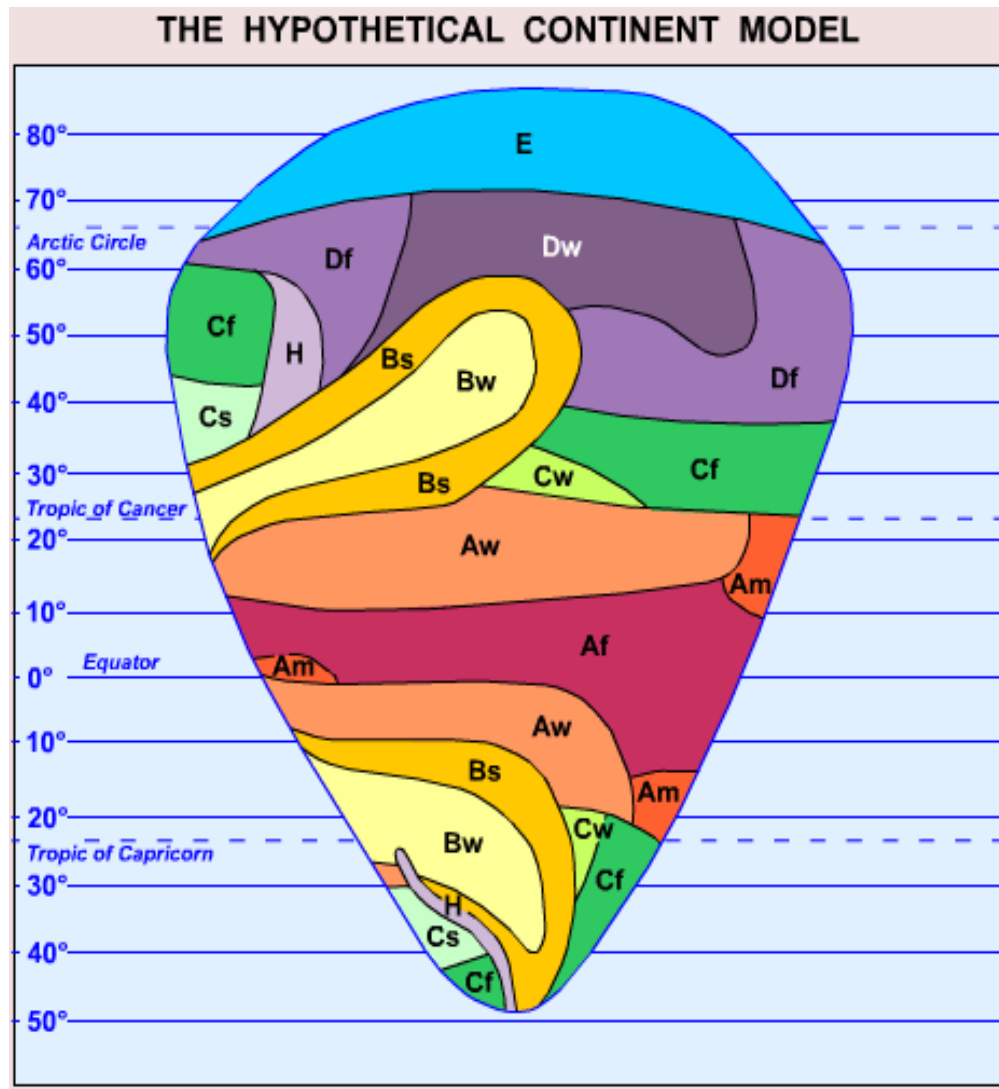
World CO₂ emissions from fossil fuel use
29 billion tonnes/year
EIA 2007

5. Landmassenverteilung

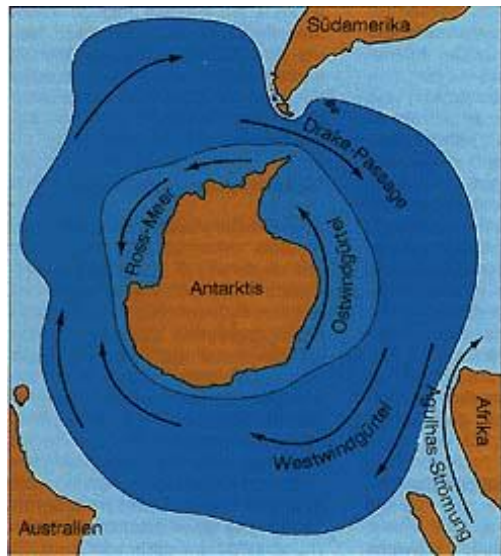
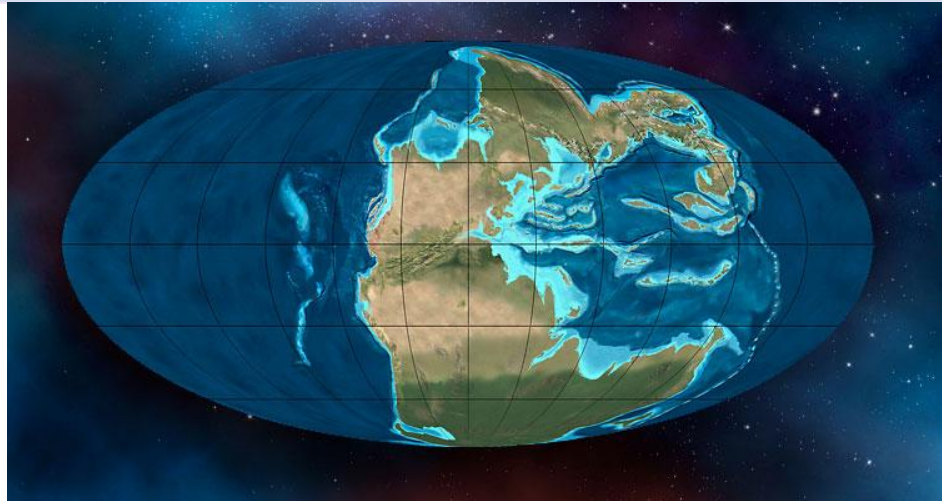
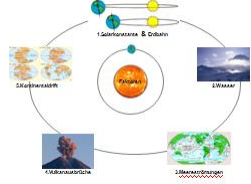


Das Verhältnis von Wasser zu Land bestimmt die Verteilung der Klimazonen !

Die Klimarübe ist eine grafische Darstellung der Klimaregionen der Erde, bei der die Festlandsflächen entlang eines jeden Breitenkreises zusammengezogen werden und so einen "Idealkontinent" ergeben, der die Form einer Rübe hat. Der Grund dafür ist, dass sich der größte Teil der Landmasse auf der Nordhalbkugel befindet.

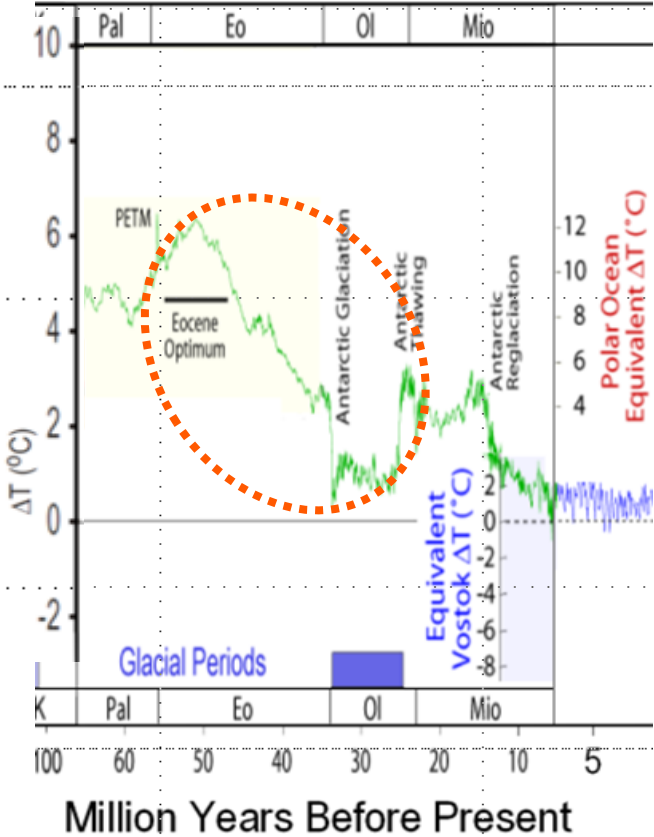


5. Landmassen als Auslöser von Eiszeiten

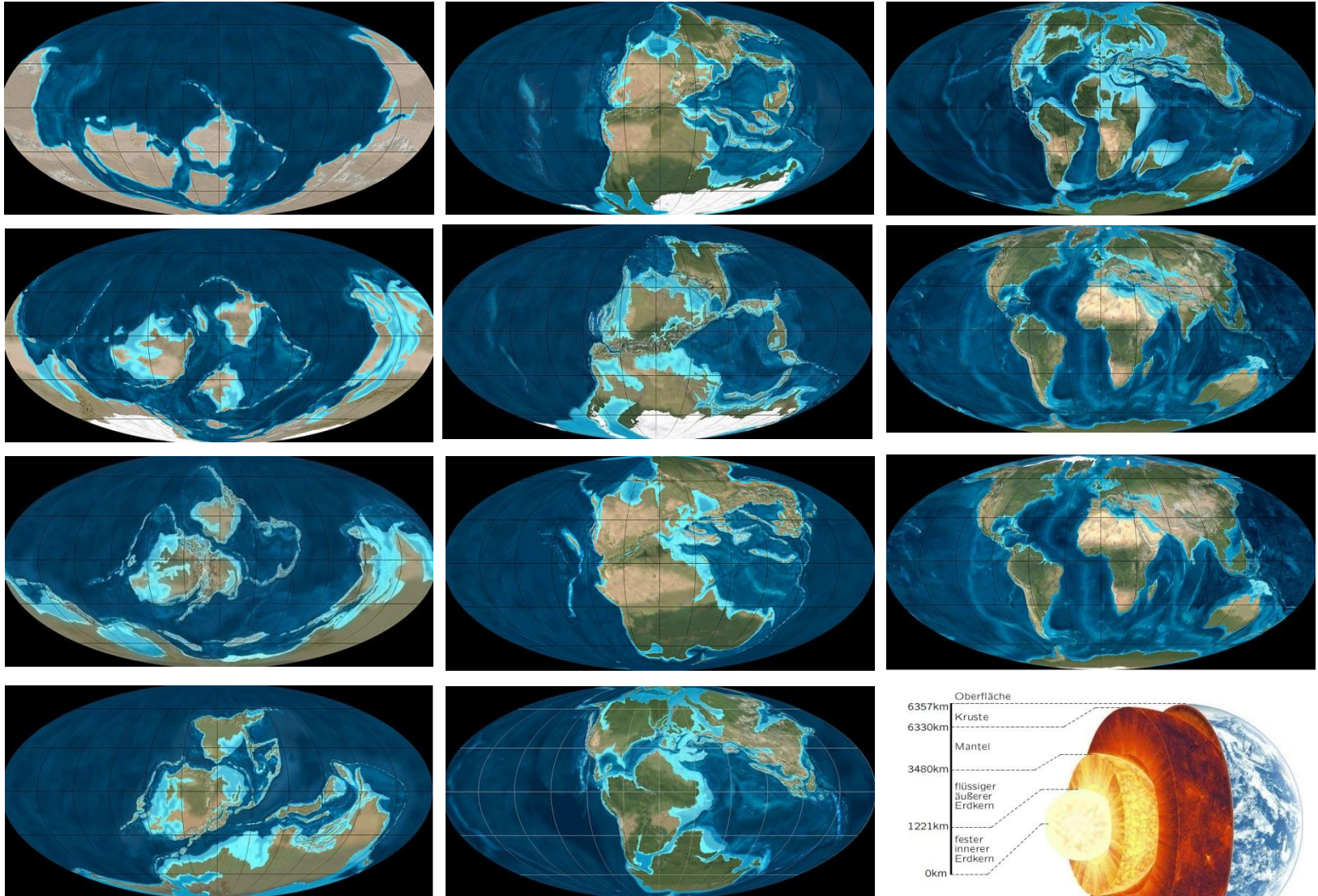


Oben : Die Erde vor 200 Mio. Jahren - warmes und feuchtes Klima.

Links : Der zirkumantarktische Ringstrom konnte sich erst nach dem Abdriften Australiens von der Antarktis (etwa vor 35 Mio Jahren) entwickeln. Dieser Kaltwasserstrom führte zur zunehmenden Abkühlung der Antarktis und förderte die Vereisung des Südpols sowie die Entstehung kalten, in niedrigere Breiten abfließenden Tiefenwassers

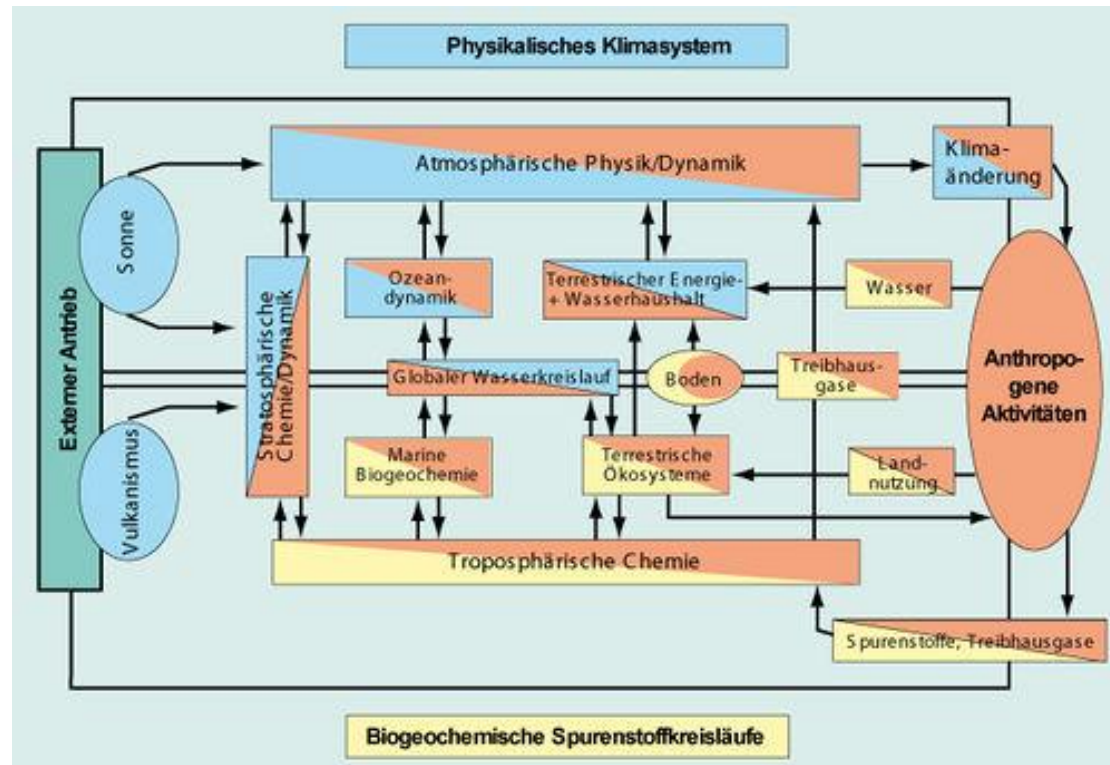


5. Die Entwicklung der heutigen Platten seit dem Erdaltertum



Einfluß des Menschen – vielfältige Eingriffe

- Freisetzung von klimawirksamen Gasen
- Viehzucht (Kühe bspw. produzieren Methan)
- Freisetzung von Staub und Aerosolen
- Umwandlung von Wald in Ackerland (reflektiert mehr Sonnenlicht)
- Lokale Senkung des Grundwasserspiegels durch Brunnen (Regen-Recycling gefährdet)
- Usw....

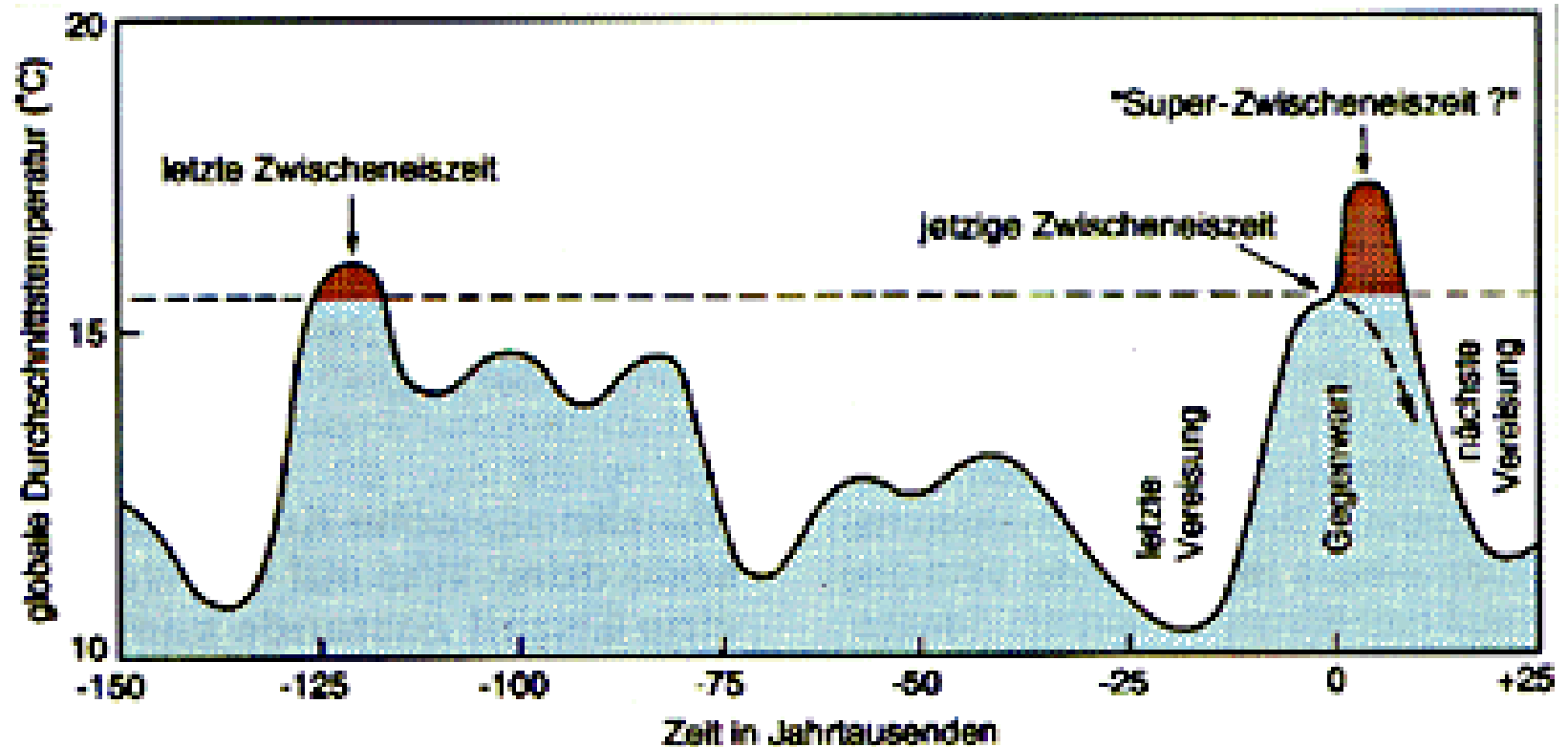


Teil 2

Was wir wissen wollen

Wie geht es weiter ?

Warmzeit oder Eiszeit ?

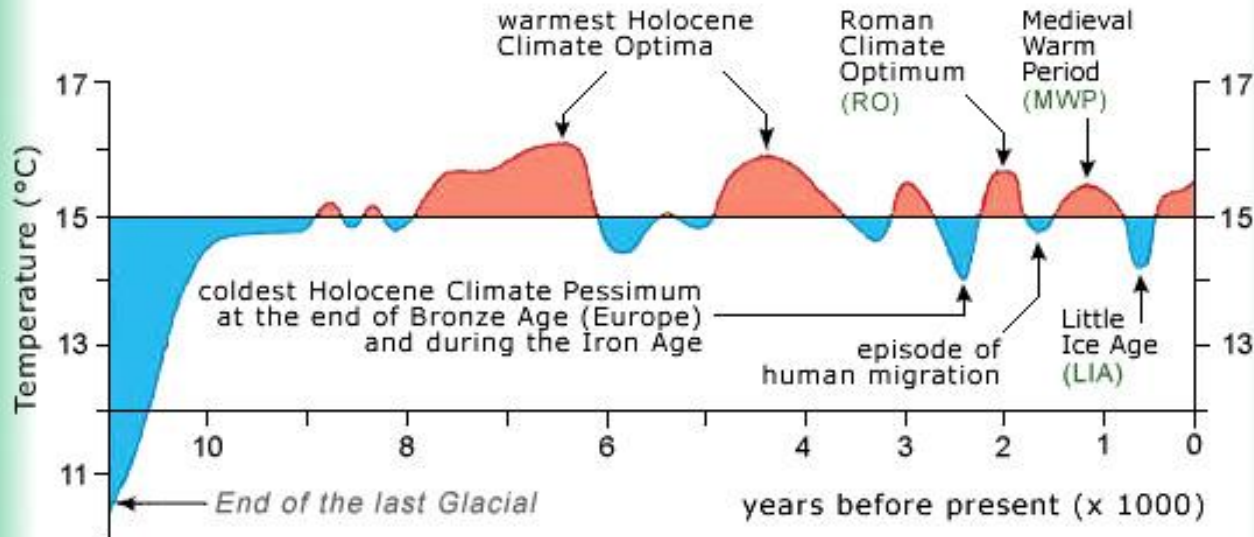


Beitrag menschlichen Wirkens = ?



Erläuterungen zur Vorlesung TWK an der TU-Berlin
Inst. f. Ökologie

Average near-surface temperatures of the northern hemisphere during the past 11.000 years



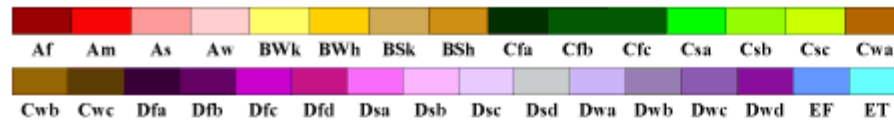
Modified after
Dansgaard & Johnson (1969)
and Schönwiese (1995)

Liegen die beobachteten Phänomene im Rahmen der klimatischen Variabilität?
In welchem Umfang erfährt die natürliche Erwärmung durch anthropogene Einflüsse eine Verstärkung?

Folgen der Erwärmung für die Weltklimare – Welche Veränderung stehen uns bevor ?

World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASclimO v1.1 precipitation data 1951 to 2000



Main climates

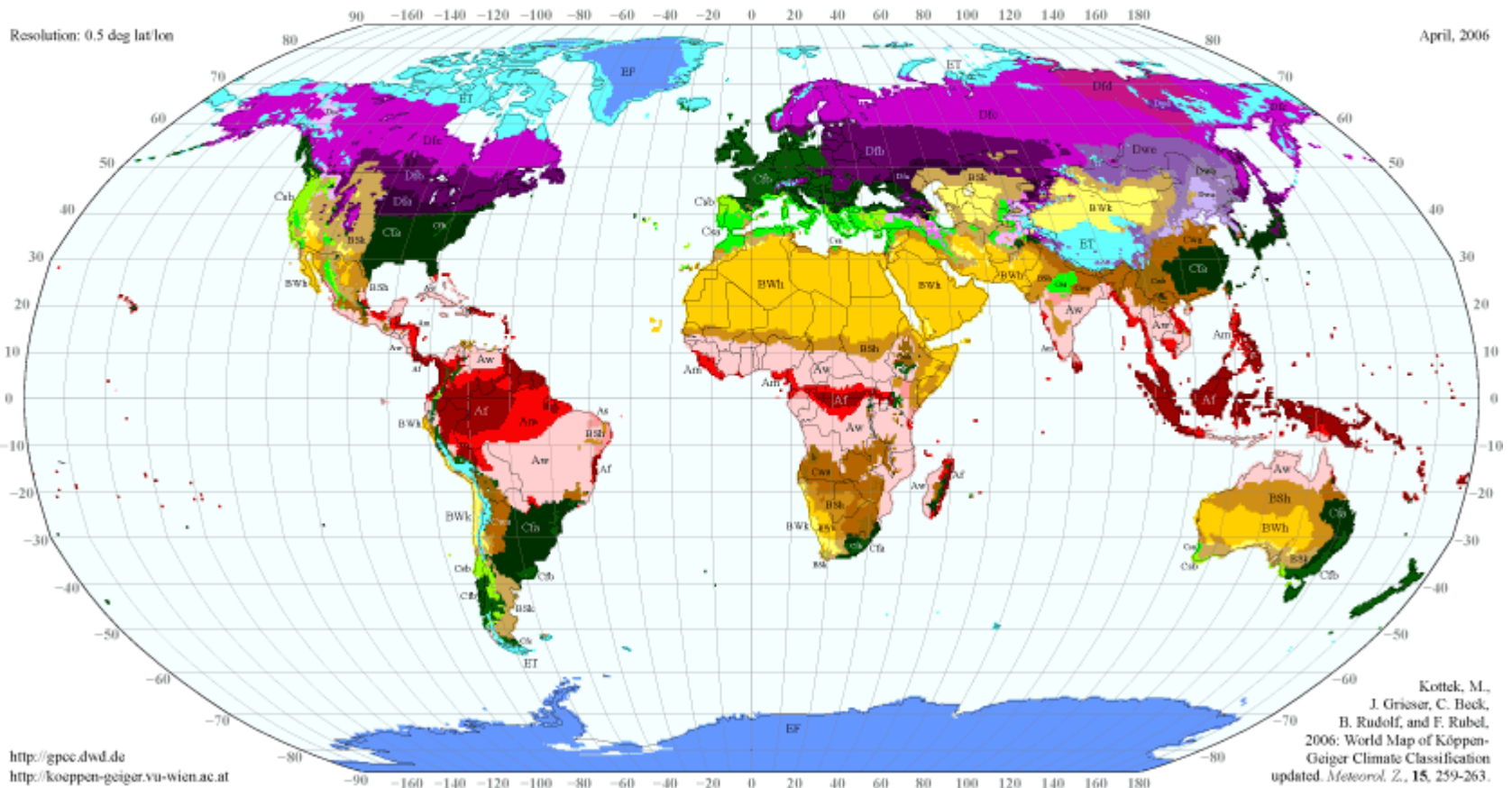
- A: equatorial
- B: arid
- C: warm temperate
- D: snow
- E: polar

Precipitation

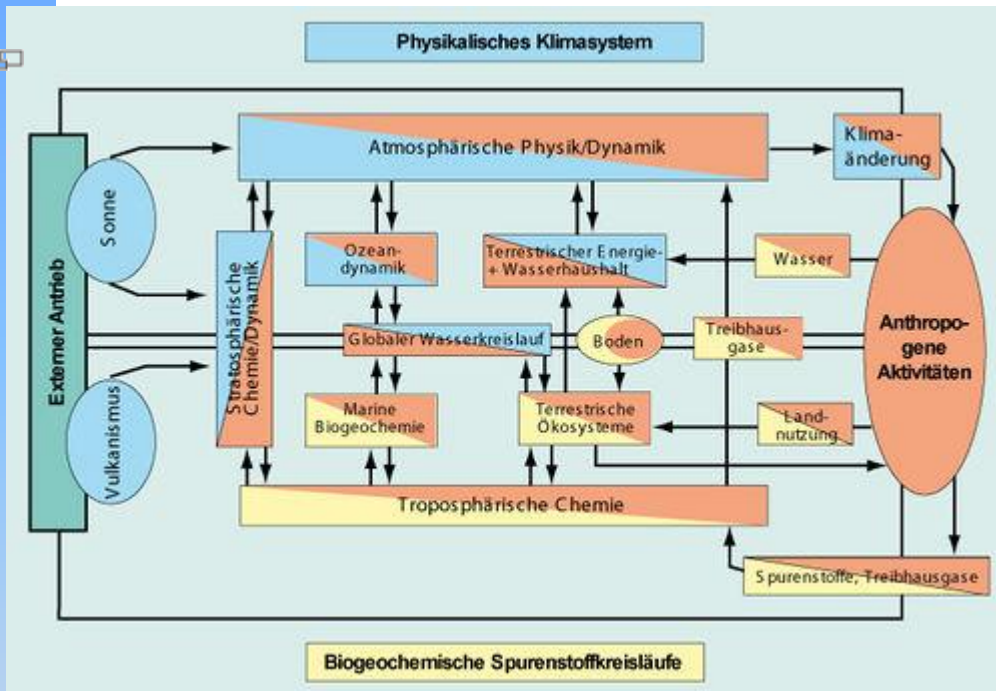
- W: desert
- S: steppe
- f: fully humid
- s: summer dry
- w: winter dry
- m: monsoonal

Temperature

- h: hot arid
- k: cold arid
- a: hot summer
- b: warm summer
- c: cool summer
- d: extremely continental
- F: polar frost
- T: polar tundra

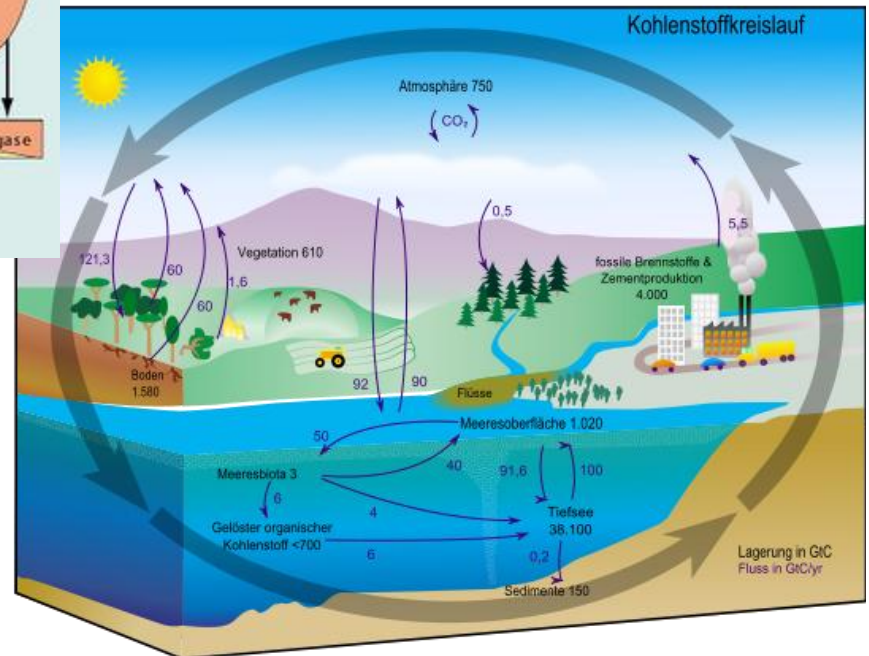


Wieweit verstehen wir die Zusammenhänge der vielfältigen Einzelprozesse ?



Konzept eines Erdsystemmodells – Ziel der Versuche, die Klimamodelle zu verbessern

Messung des natürlichen Kohlenstoff Kreislaufs zur Klärung der Frage : Was passiert mit dem CO₂ ?



Sind Wetterextreme Vorboten des Klimawandels ?

Klima Wetter und a

Definition des 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).

Extreme Wetterphänomene

- Zunahme extremer Wetterphänomene zwischen 1960 und 1990.
- Jedoch vorher 1900-1960 Rückgang in gleichem Umfang (nur Wiederanstieg auf vorindustrielle Werte).
- Seit 1990 wieder Rückgang.


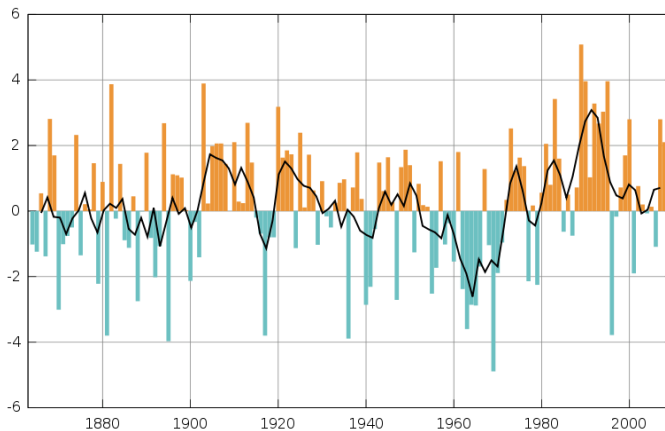


Photo aus Copyright Gründen entfernt

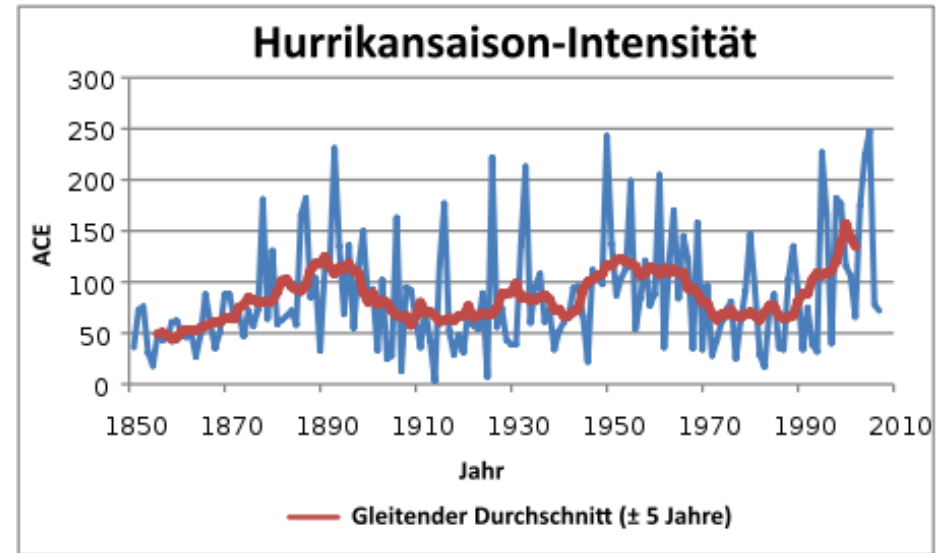
Indikatoren des Klimawandels ?

Atlantische Multidekaden-Oszillation

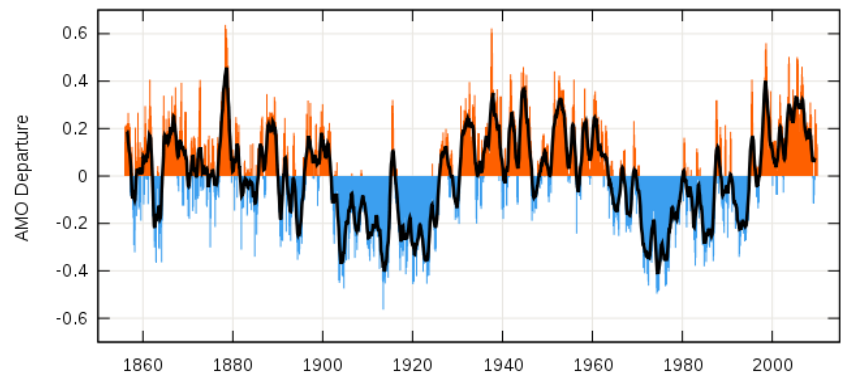
Beispiel Hurrikansaison-Intensität 1850 bis 2007



Dec.-March Index of the [North Atlantic oscillation](#) (NAO) => difference of normalized sea level pressure (SLP) between [Lisbon](#), Portugal and [Stykkisholmur/Reykjavik](#), Iceland since 1864, with a five year [moving average](#) (black).



Monthly values for the AMO index, 1856 -2009



Atlantic Multidecadal Oscillation Timeseries with a 12 month moving average (black), 1856–2009

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Atlantische_Multidekaden-Oszillation

Die Frage aller Fragen:
Katastrophale Umbrüche
oder
langsamer und weniger
gefährlicher Wandel ??

Teil 3

Was wir wissen können

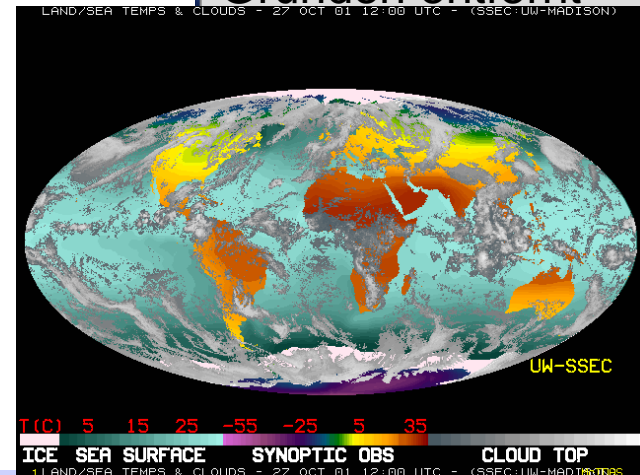
Messung und Darstellung von Klimawerten

Notwendigkeit einer Kalibrierung und Normalisierung der Messwerte

Das Problem: Zwei unterschiedliche, nicht vergleichbare Arten von Daten werden oft zu einer Kurve zusammengeführt. Bis 1980 zeigt sie die von Wetterstationen gemessene bodennahe Lufttemperatur (deren weiteren Verlauf läßt man meist weg - wohl weil er schlecht zu den Sondendaten paßt. Stattdessen stückelt man ab 1980 die Temperatur der unteren bis mittleren Troposphäre aus Satellitendaten an. Es ist bekannt, daß diese Temperatur nicht nur im Mittel etliche Grad kälter ist als die bodennahe Temperatur, sondern auch in den letzten zwei Jahrzehnten nur wenig gestiegen ist. Dies zeigen übereinstimmend mit den Satelliten auch die Radiosonden, die mit Wetterballonen aufsteigen und in vergleichbaren Höhen messen können.

2. Satellitenmessungen

Photo aus Copyright
Gründen entfernt



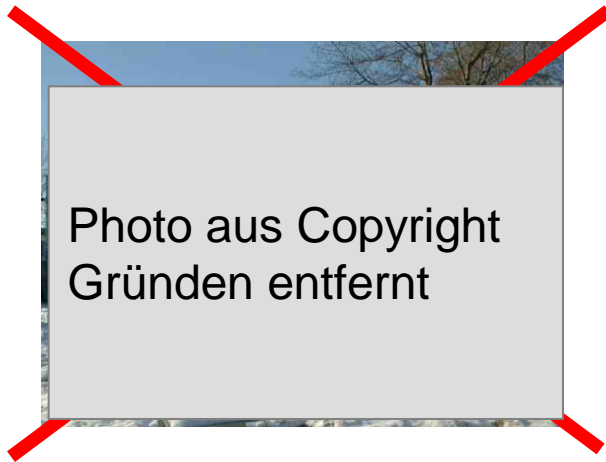
1. Bodengebundene Messungen

Photo aus Copyright
Gründen entfernt

**Wetterstationen zeichnen folgende
meteorologische Größen auf**

- Temperatur
- Relative Luftfeuchte
- Luftdruck
- Niederschlag
- Windrichtung und -geschwindigkeit

Ableitung historischer Klimawerte



Keine Messungen vor Beginn der
wissenschaftlichen Periode

1654 – 1. Thermometer (Ausdehnung von
Alkohol in geschlossenem Glasrohr)

1724 - Fahrenheit Temperaturskala

1742 – Celsius Temperaturskala (Schmelz-
und Siedepunkt von Wasser)



Wie konnte es dazu kommen ?

Ableitung „historischer“ Klimawerte

Der Kern des Problems liegt in der „Übersetzung“ indirekter Zeugnisse der Klimageschichte („Proxies“) in Temperaturprofile.

- Verhältnis der Meßgröße (Jahresring, Eiszusammensetzung, Korallenschichtdicke) zur Temperatur = ? (Kalibrierung und Normalisierung)
- Regionale vs globale Aussage ?



Photo aus Copyright
Gründen entfernt

Jahresringe von Bäumen

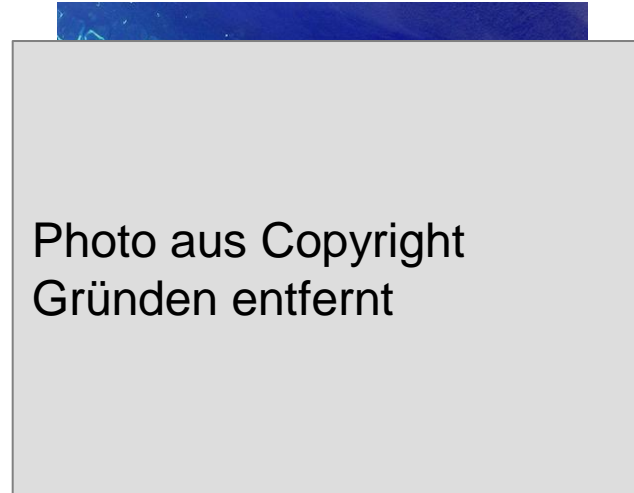


Photo aus Copyright
Gründen entfernt

Korallenbohrkerne

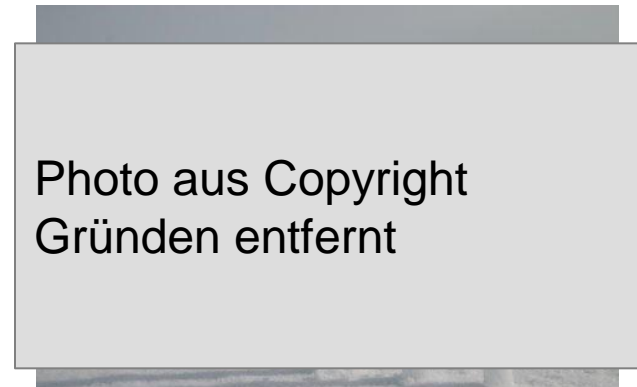


Photo aus Copyright
Gründen entfernt

Eisbohrkerne

Lokale Klimainstabilitäten

- Am Ende der letzten Eiszeit Temperaturanstieg um mehr als 10°C innerhalb von 10 Jahren
- Einzelne Befunde haben nur lokale Aussagekraft

Auswertung von Eisbohrkernen in Zentralgrönland (Temp. der letzten 18.000 Jahre)

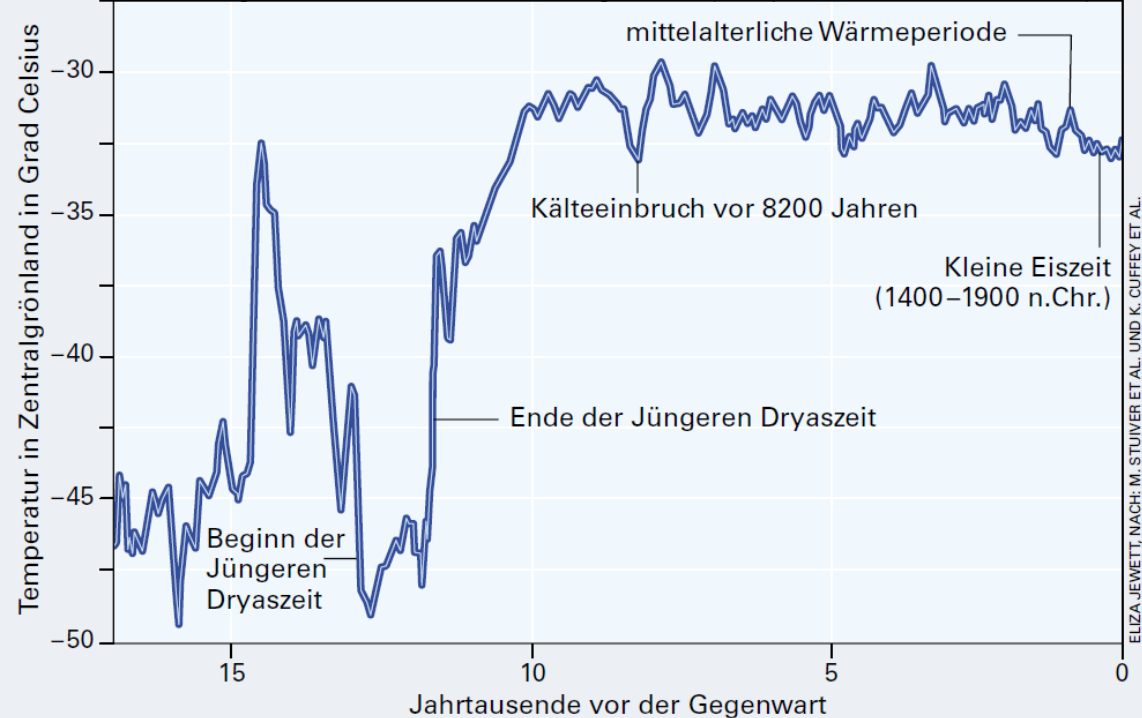


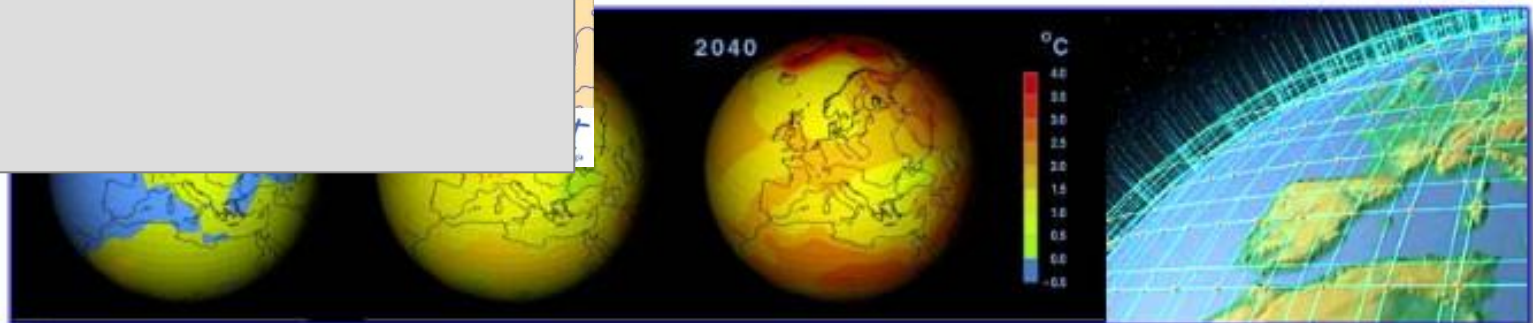
Photo aus Copyright
Gründen entfernt

Wie funktionieren Klimamodelle ?

Wie alle Modelle sind auch Klimamodelle vereinfachte Abbildungen der Wirklichkeit. Sie sind daher weit davon entfernt, das Klimasystem und seine Veränderungen vollständig zu repräsentieren..



Die ersten Klimamodelle basierten auf Atmosphärenmodellen für die Wettervorhersage, die - unter Schwierigkeiten - an Ozeanmodelle gekoppelt wurden



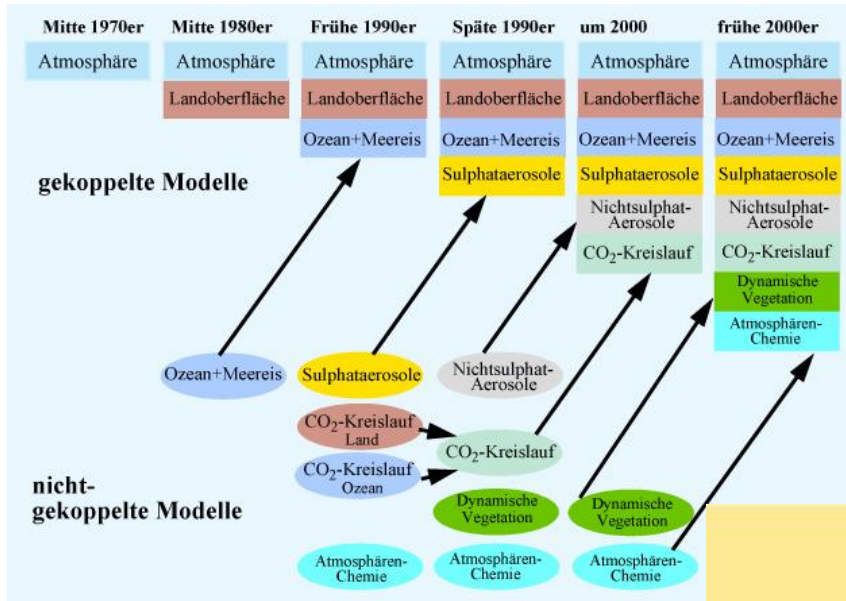
2 grundsätzlich verschiedene Modelltypen

- Deterministische Modelle => beschreiben thermo-dynamisch intensive Größen durch analytische Formeln
- Statistische Modelle => Autokorrelationsfunktionen von Messwerten; Anwendung neuronaler Netze; Rechenaufwändig

Aufrasterung der realen Topographie in Zellen einheitlicher Größe

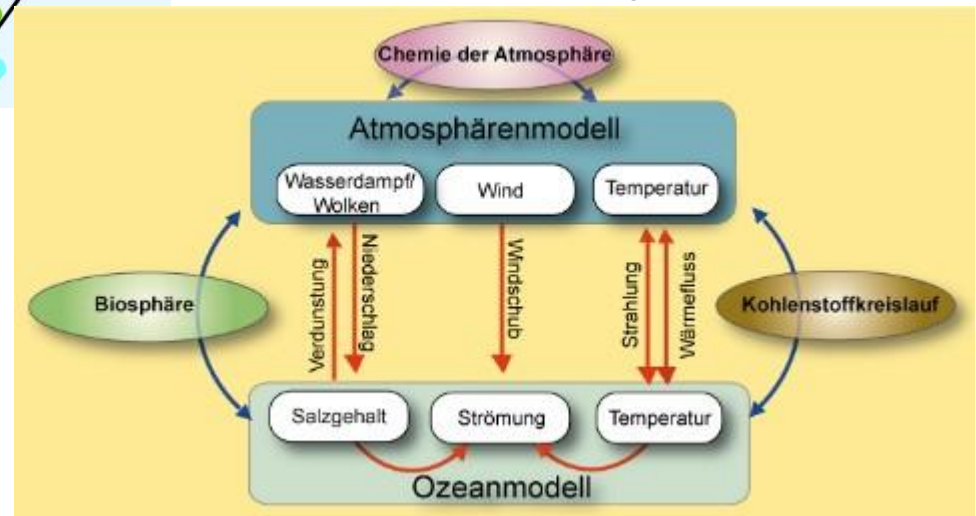
Klimamodelle: Chronologie der Entwicklung

Die Entwicklung globaler Zirkulationsmodelle



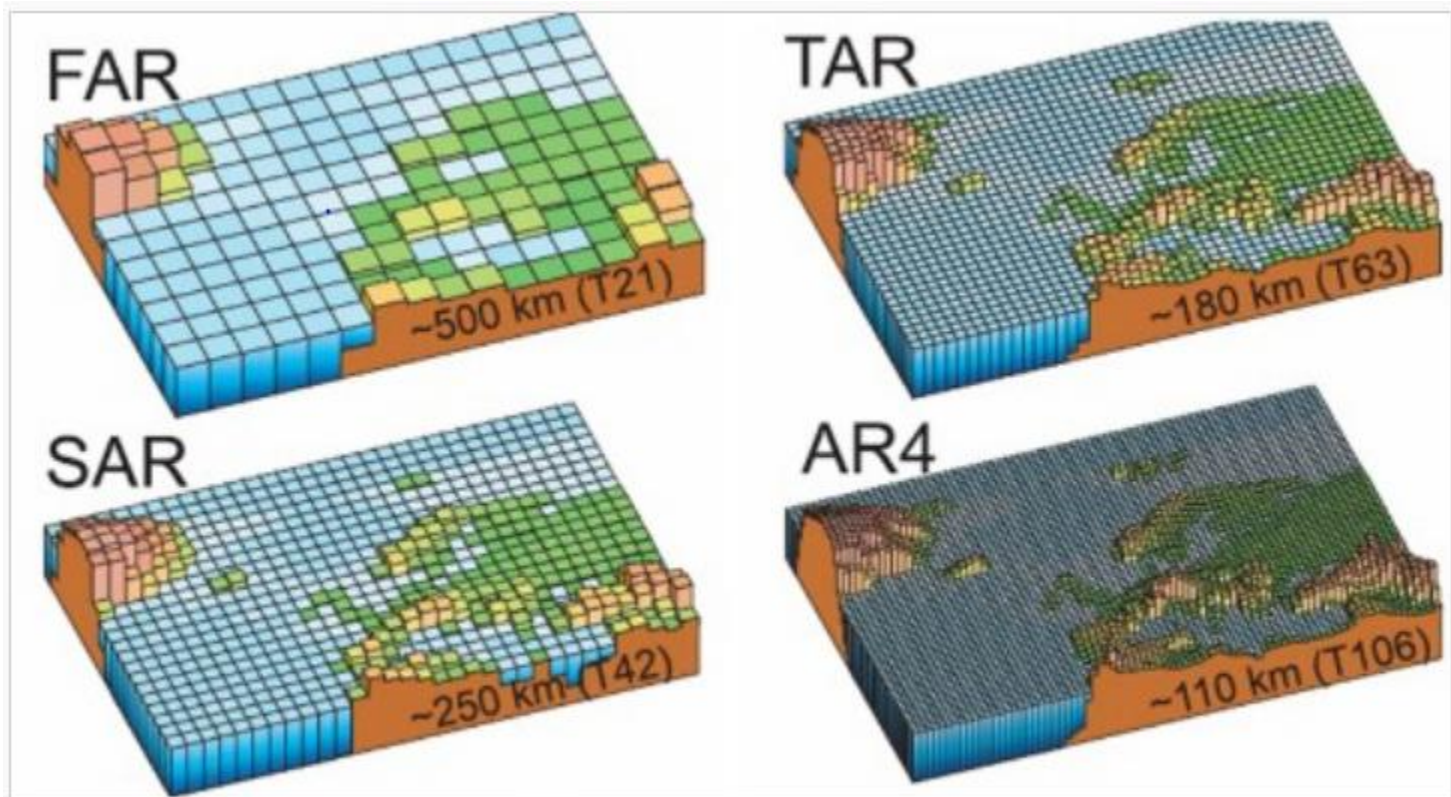
Heutige Modelle arbeiten mit gekoppelten Teilmodellen, weil die Computer nicht genug Rechenkapazität für integrale Modelle haben

Aufbau gekoppelter Modelle



Die Klimamodelle für die IPCC Berichte

Fortschritt in der Klimamodellierung – Verfeinerung durch Verkleinerung der Zellen
Eine Halbierung der Zellgröße erfordert eine Verachtfachung der Rechenleistung.
Der Übergang von FAR => AR4 erfordert mehr als die 100fache Rechenleistung.



Europa und der Nordatlantik bei unterschiedlicher Modellauflösung. Verglichen werden hier die vier Berichte des [IPCC](#), die im Abstand von einigen Jahren erschienen sind. Die Kürzel stehen dabei für First, Second und Third Assessment Report, sowie Assessment Report 4.

Die Klimamodelle für die IPCC Berichte

Klimamodelle fokussieren auf

Globale Mittlere Temperatur

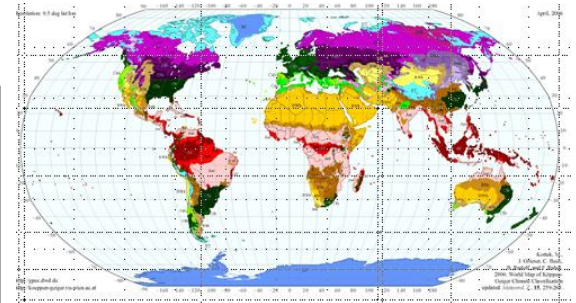
Viel weniger zuverlässig modellierbar sind:

Regionale T-Trends

Niederschläge

Wind & Bewölkung

Photo aus Copyright
Gründen entfernt



Defizite existierender Klimamodelle – Erwärmung überschätzt

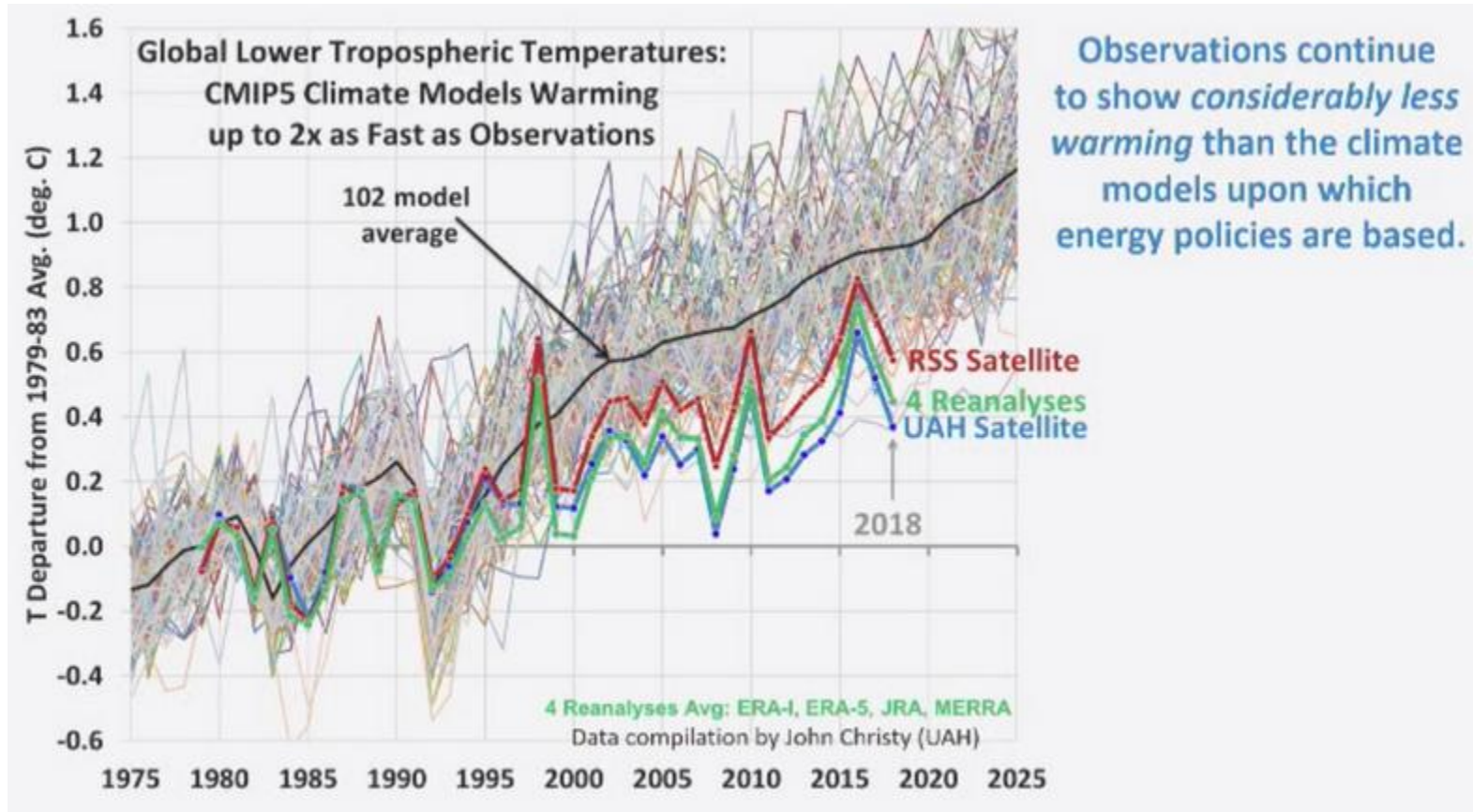
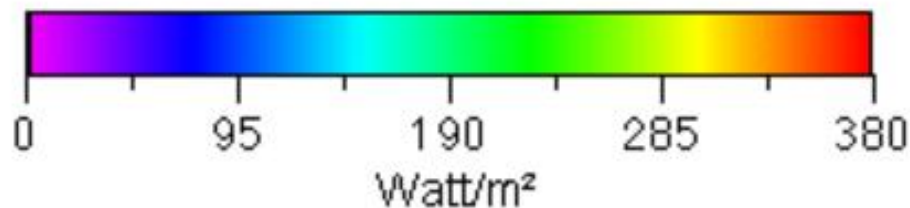
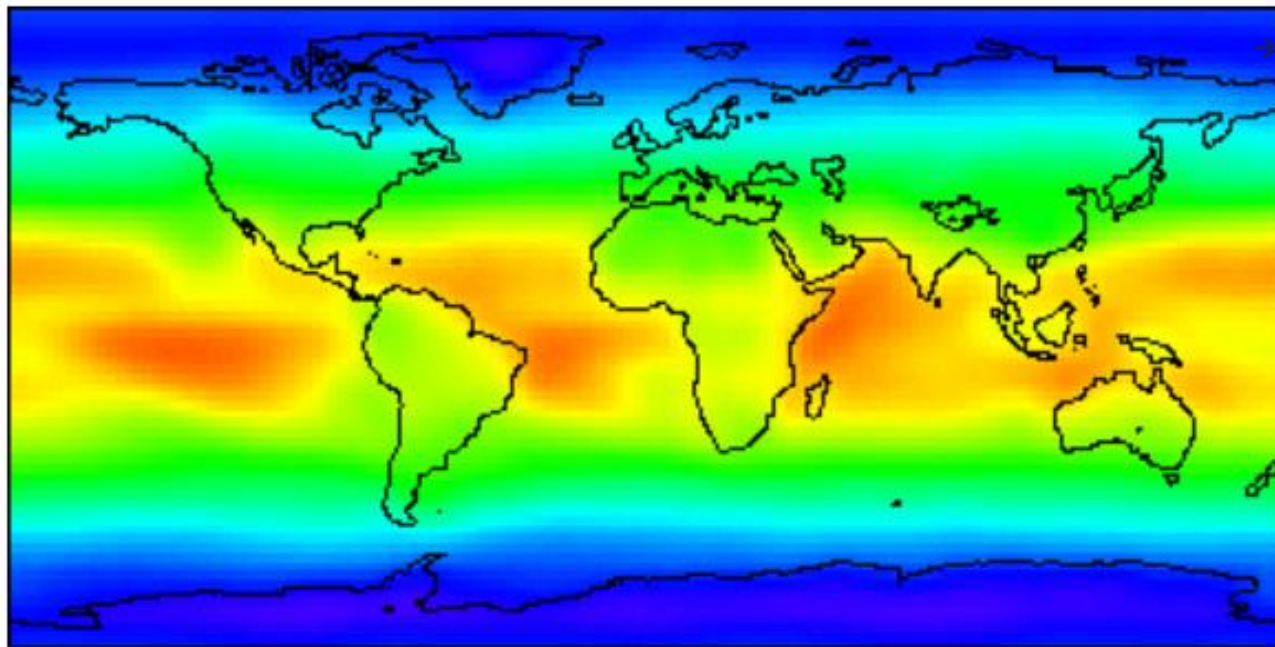
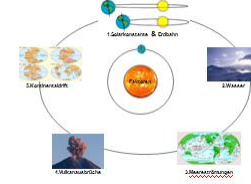


Fig.6: CMIP5 models vs. actual temperature change based on satellite (RSS/UAH) or reanalyses datasets.

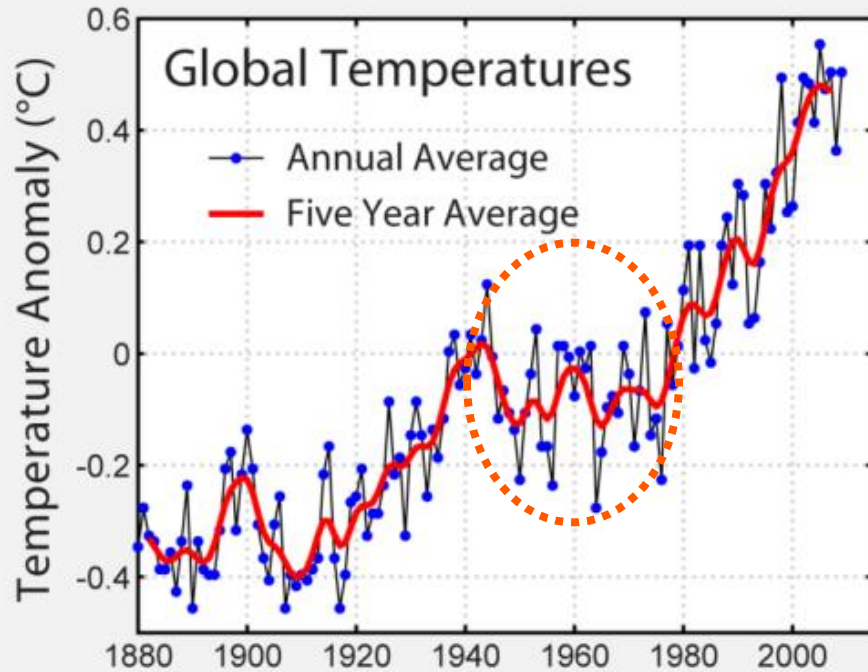
Defizite existierender Klimamodelle – Tropische Erwärmung überschätzt



The tropics are a crucial area as it is here where the greenhouse effect is largest. During the period 1979-2012 for which we have reliable observations, the warming of the lower tropical troposphere, 20°S – 20°N, has only got about a third of the warming compared to what is predicted by present climate models.

- There is no simple explanation to this, except that the planet is capable to get rid of the heat more effectively than in the models. This can be due to errors in handling the clouds or that the water vapour effect is overestimated and that in reality the atmosphere is losing heat to space in regions of very dry air that is not well represented in models. Alternatively more heat is effectively transported into the depth of the oceans.

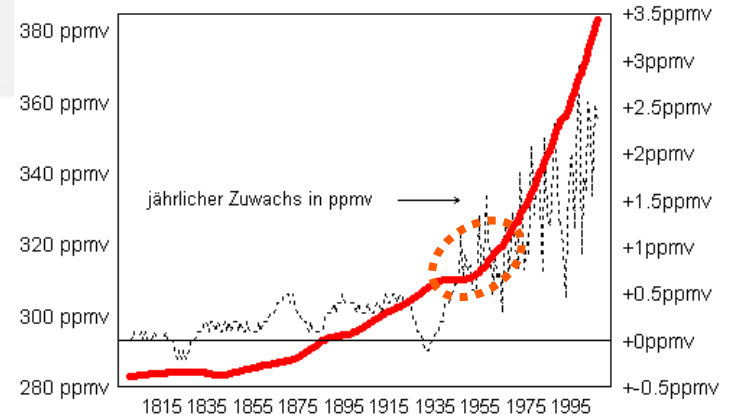
Defizite existierender Klimamodelle – Erklärungskraft : T und [CO₂]



Zusammenhang von Temperatur und [CO₂] offenbar nicht linear

Verlauf 1940- 1980

0709: Atmosphärische Kohlendioxid-Konzentration bis 2006



Quellen: Daten von Messungen im Antarktischen Eiskern Law Dome (bis 1957), Mauna Loa Observatory, Hawaii (ab 1958) US National Oceanic and Atmospheric Administration. © Jahnke - <http://www.jjahnke.net>

Erwärmungsrate

Modern Temperature Rates

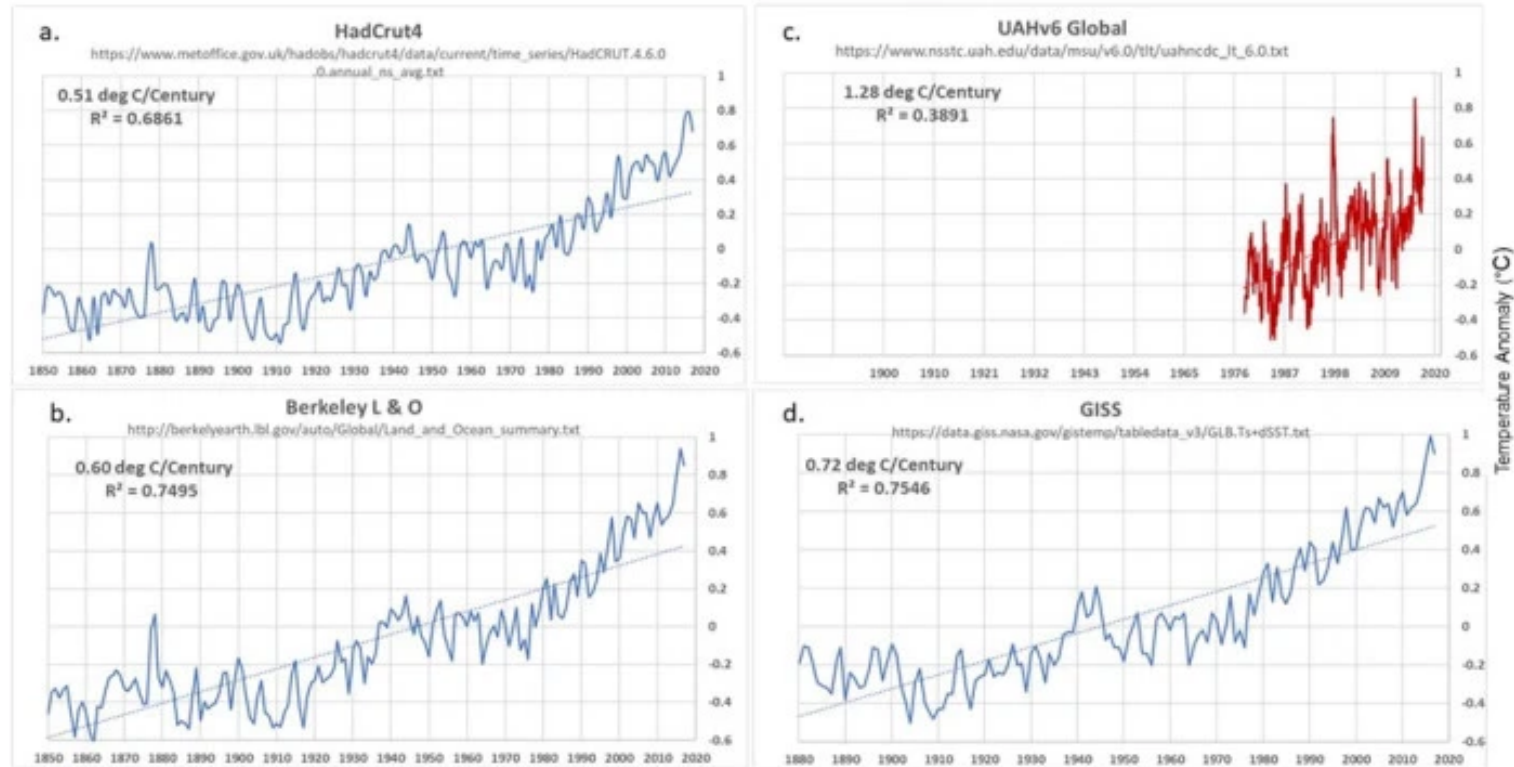
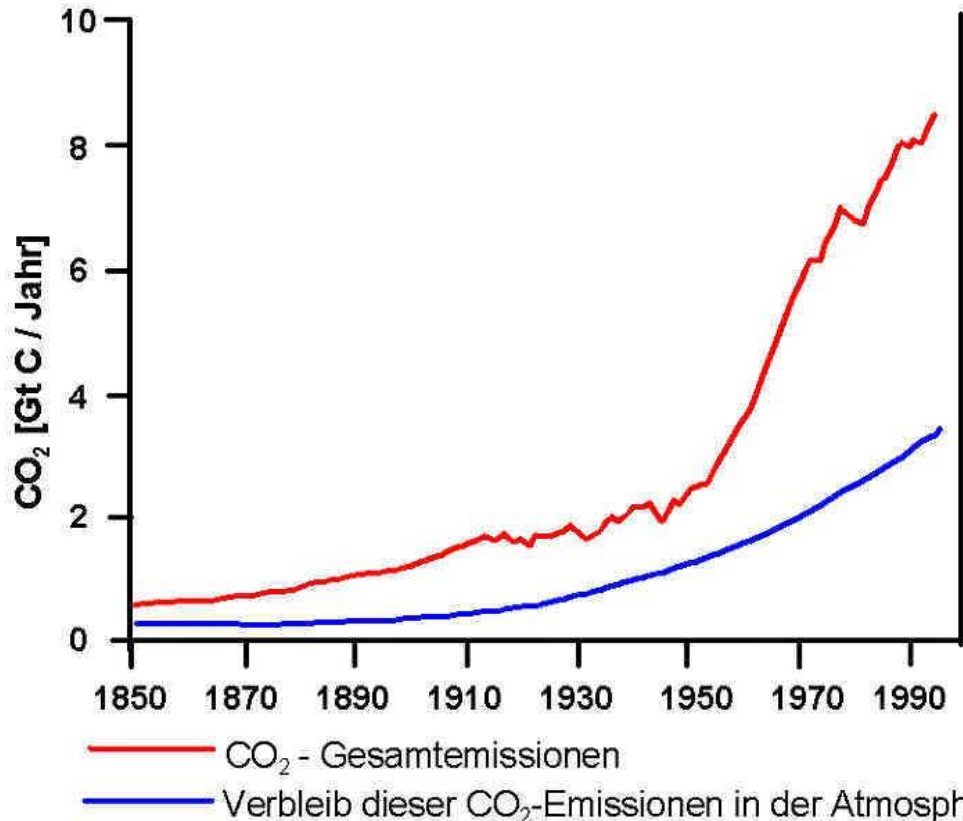


Figure 7: a, b d) plots of global temperature in degrees C since 1850 from Hadcrut, GISS, and Berkeley combined land and ocean datasets. Rate of change per Century and correlation coefficient shown on each plot. c) UAH global temperatures from TLT are from 1976 to present day, a much shorter period and shows the highest rate of change.

Die für das 21.Jh. prognostizierte Erwärmung von 0.2°C/Dekade ist nicht eingetreten

Defizite existierender Klimamodelle – Erklärungskraft : Wo bleibt das CO₂ ?



Vergleich zwischen dem Gesamtausstoß an Kohlendioxid und dem Verbleib dieser CO₂-Mengen in der Atmosphäre im Zeitraum 1850 bis 1995; umgezeichnet n. BERNER & STREIF (2001).

Insgesamt stammt der Hauptteil des CO₂ in der Atmosphäre aus dem Erdinneren (=>Vulkane und Austritt von "juvenilem Kohlendioxid" aus einer Vielzahl von Erdöffnungen). Dies ist eine natürliche Folge der Plattentektonik, die Aufschmelzung von z.B. Carbonatgestein verursacht. In Folge wird CO₂ frei gesetzt.

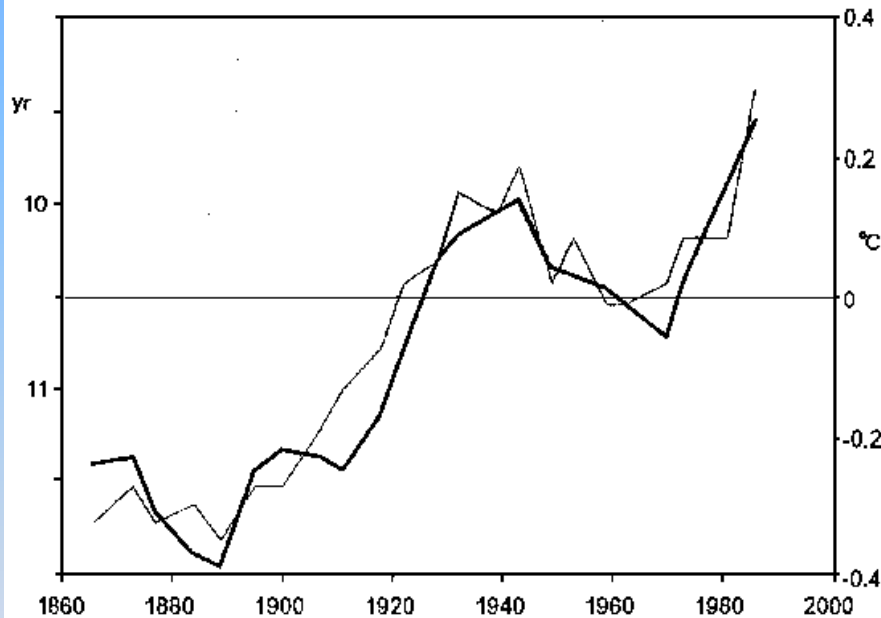
Eine Quantifizierung der gesamten, aus dem Erdinneren ausströmenden CO₂-Mengen ist heute noch nicht möglich.

Die CO₂-Kreisläufe und Wechselwirkungen sind heute noch nicht so genau erfasst, wie dies i.a. gerne dargestellt wird.

Variation der Sonnenaktivität versus beobachteter Oberflächentemperatur der Erde

Henrik Svensmark und Eigil Friis-Christensen veröffentlichten 1997 Arbeiten über den Wirkzusammenhang zwischen kosmischer Strahlung und Klimaänderungen.

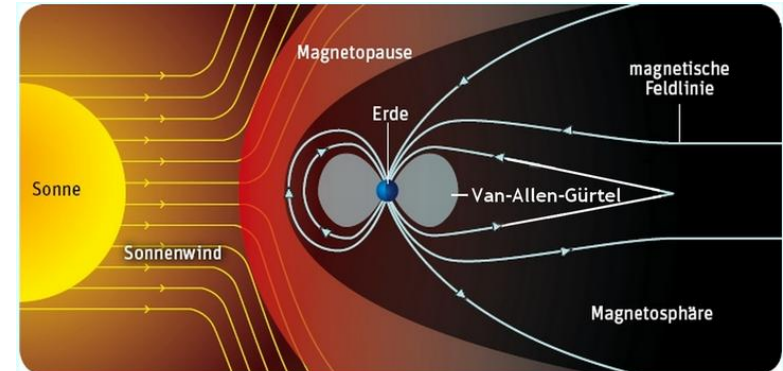
Sie sehen Zusammenhänge zwischen Kosmischer Strahlung, und Wolkenbildung in der unteren Atmosphäre sowie zwischen Sonnenaktivität und kosmischer Strahlung..



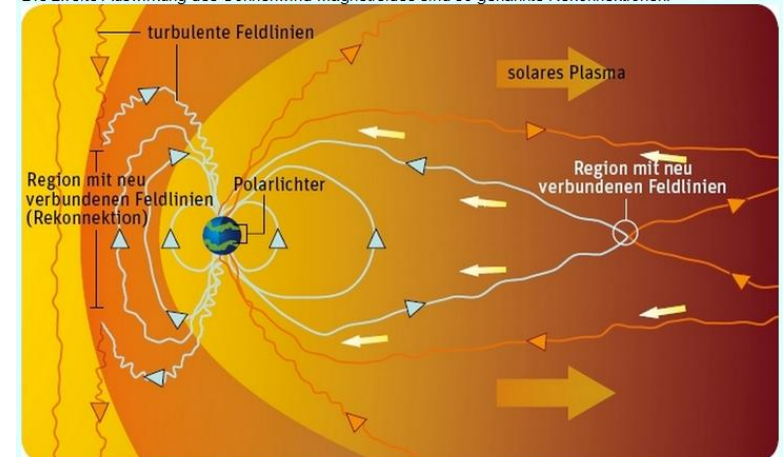
Korrelation Sonnenflecken/Temperatur

Die an der Erdoberfläche gemessene Lufttemperatur der nördlichen Atmosphäre für die Jahre 1865 bis 1985 (dicke Kurve) zeigt eine enge Korrelation mit der Variation der Intensität der Sonnenfleckenaktivität im säkularen Gleissberg-Zyklus (dünne Kurve) (nach Friis-Christensen und Lassen).

Sonnenwind : Außer Licht kommen von der Sonne auch geladene Teilchen . Dieses „Plasma“ wird bei Sonneneruptionen ausgestoßen.



Die zweite Auswirkung des Sonnenwind-Magnetfeldes sind so genannte Rekonnektionen:



© Melissa Thomas, Spektrum der Wissenschaft

Variation der Sonnenaktivität versus beobachteter Meeresspiegelhöhe

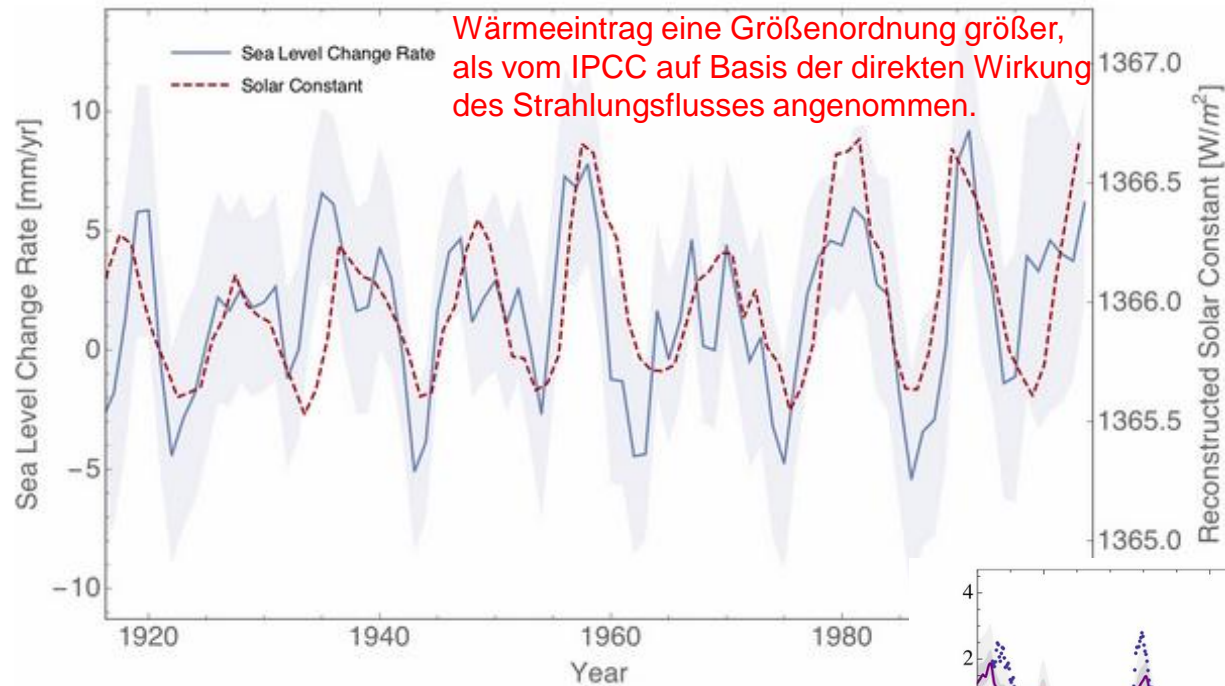
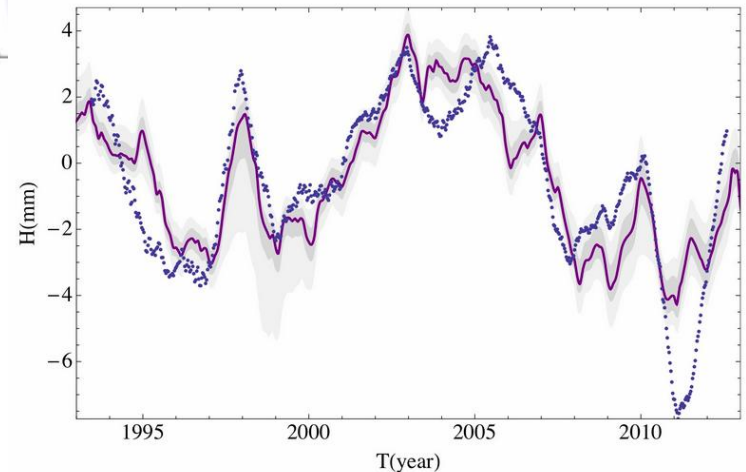


Fig1: Reconstructed Solar constant (dashed red line) and sea level change rate based on Tide Gauge records as a function of time (solid blue line with 1 sigma error region in gray).

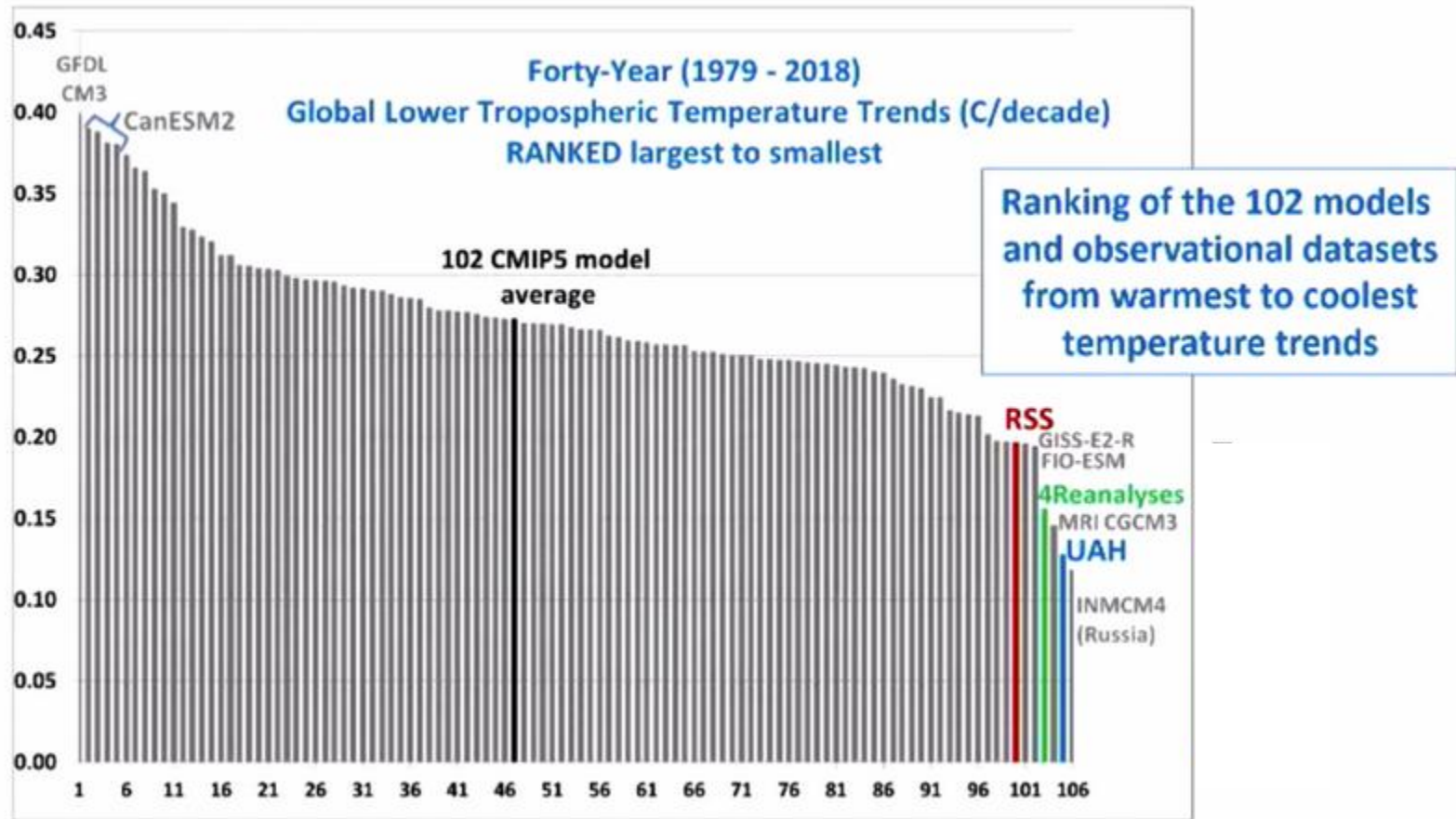


Satellite Altimetry based sea level (minus linear trend) in dashed points. Solid is best fit model (solar cycle + el niño southern oscillation).

Shaviv, N. J. [Using the oceans as a calorimeter to quantify the solar radiative forcing.](#) J. Geophys. Res. (Space Phys.) 113, 11101 (2008) [local version](#) (not paywalled) ↑

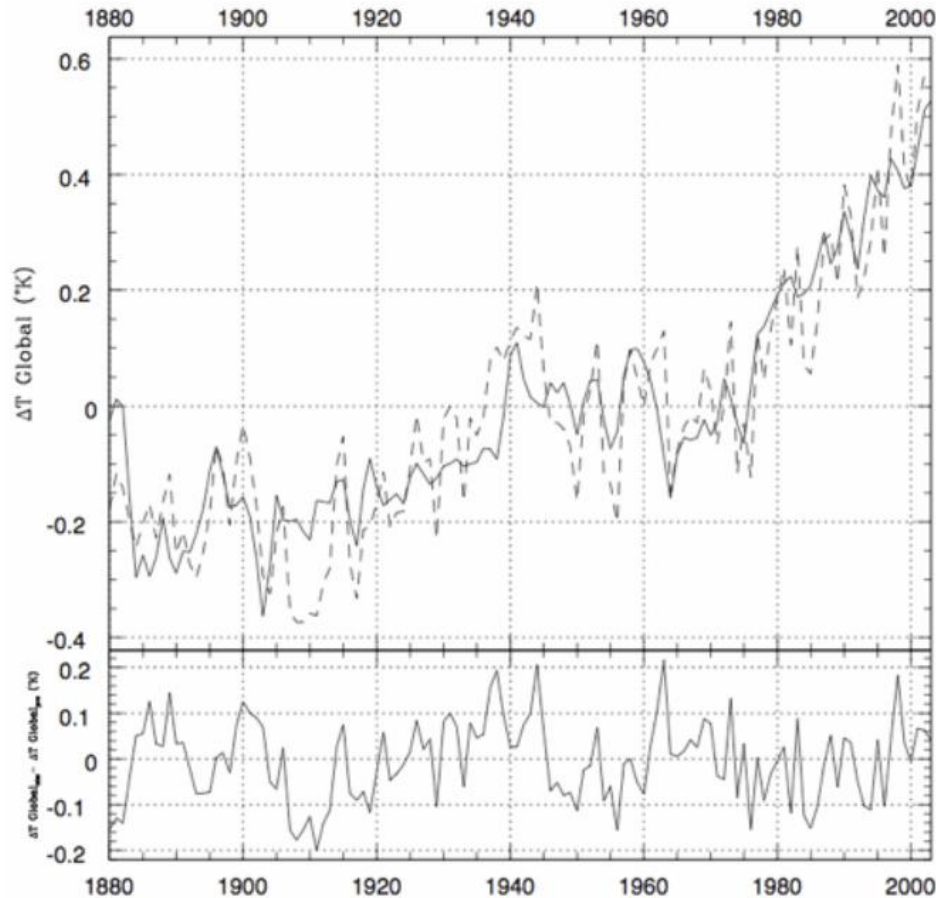
Howard, D., Shaviv, N. J., Svensmark, H., [The solar and Southern Oscillation components in the satellite altimetry data.](#) J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 3297–3306 (2015) →

Defizite existierender Klimamodelle - Übereinstimmung mit Messungen



Warming trends in CMIP5 models (average warming slopes) vs. actual warming trends based on satellite (RSS/UAH) or reanalyses datasets.

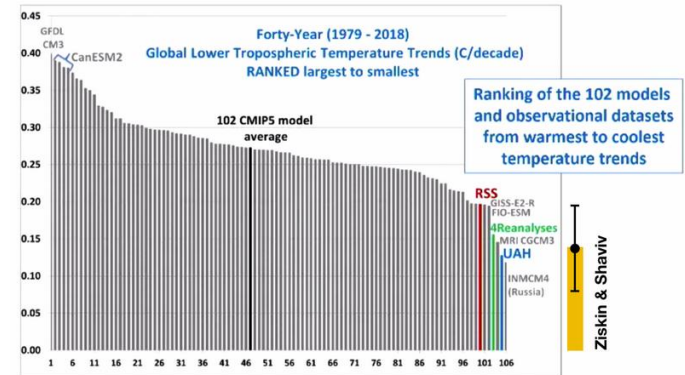
Defizite existierender Klimamodelle - Übereinstimmung mit Messungen



Best fit for a model with larger solar forcing and smaller climate sensitivity than IPCC assumptions. Top: Model = solid line, NCDC Observations = dashed line). The bottom is the different between the two.

Residual is typically 0.1°C, which is twice smaller than typical fits by CMIP 5 models.

Orange bar is Shaviv predicted warming trend (Errorbar = range of *andom realizations for volcanoes, solar activity etc.* .



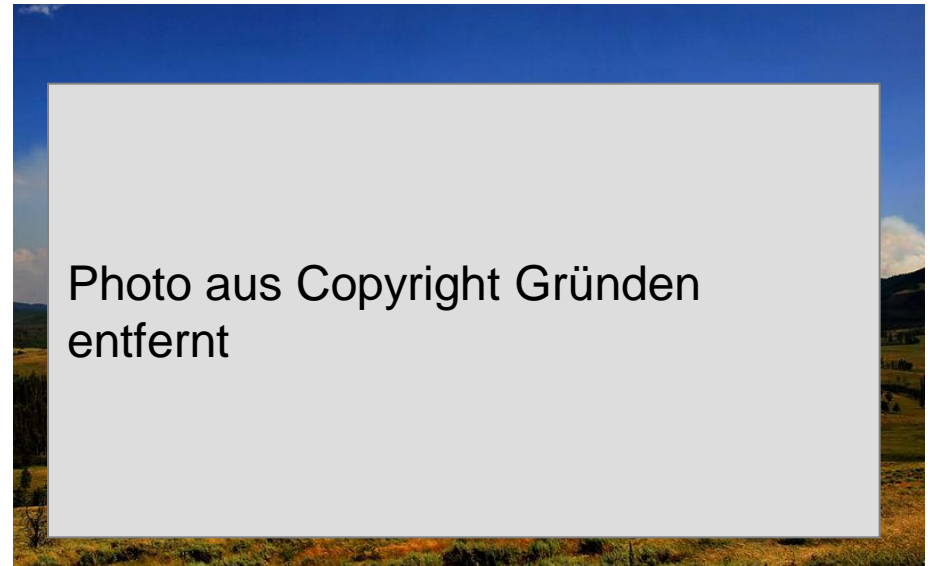
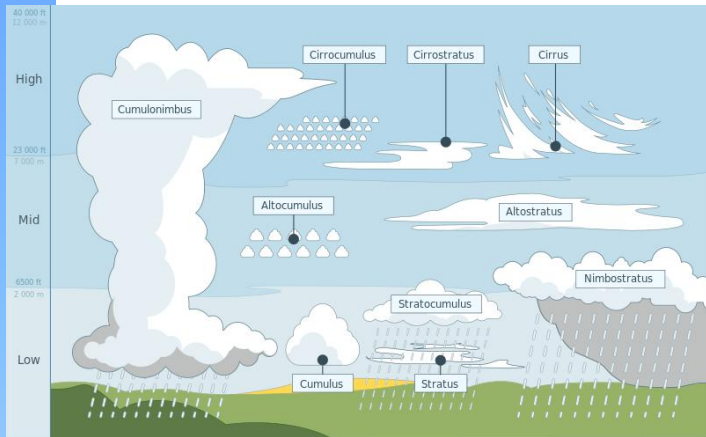
Defizite existierender Klimamodelle - Modellebene

- Nicht alle Faktoren bekannt und/oder hinreichend quantifizierbar/abbildbar
- Insbesondere Tiefseephänomene (immense Bedeutung in der natürlichen Wärme- und CO₂-Speicherung,) weder hinreichend erforscht noch verstanden
- Deterministische Modelle bilden nur ab, was wir meinen zu wissen – kein neuer Erkenntnisgewinn: Unverstandene Effekte bleiben unentdeckt
- Computer nicht leistungsfähig genug, um statistische Modelle mit hinreichender Aussagekraft zu rechnen
- (Rück-) Koppelmechanismen nur tw. bekannt/quantifizierbar

Wir kennen zwar die kontrollierenden Faktoren näherungsweise - **nicht aber die Rückkopplungs- und Selbstverstärkungseffekte** zwischen ihnen.

Gar nichts wissen wir über das Wie und Wann eines **möglichen neuen Gleichgewichtszustandes**, - bzw. ob es diesen überhaupt in absehbarer Zukunft geben wird.

Defizite existierender Klimamodelle – Modellierungsgrößen, hier „Wolken“



- Viele kleinräumige Prozesse wie etwa die Bildung und Auflösung von Wolkentröpfchen können nicht dargestellt werden.^[5]
- Solche Prozesse müssen daher parametrisiert werden; d.h. ihre Effekte auf die berechneten Prozesse müssen geschätzt werden.
- Gerade bei Wolken ist das eine ziemlich kritische Angelegenheit. Wolken bedecken 60 % der Erdoberfläche. Sie beeinflussen die Strahlungsbedingungen, erzeugen Niederschläge und verändern die kleinräumige Zirkulation.
- Wolken sind für zwei Drittel der planetaren Albedo von 30 %, d.h. der Reflexion der Solarstrahlung durch die Erdoberfläche, verantwortlich. Würde diese Albedo auch nur auf 29 % gesenkt, würde sich dadurch die Temperatur um 1 °C erhöhen.
- Dennoch sind das Ausmaß und sogar das Vorzeichen der Wirkung von Wolken bei einer Klimaänderung immer noch höchst unsicher. Die unterschiedliche Behandlung von Wolken erklärt daher einen Großteil der Differenzen verschiedener Modellsimulationen bei ein und demselben Szenario.^[6]

5. ↑ [5.0](#) [5.1](#) [5.2](#) [5.3](#) [5.4](#) Müller, P. (2010): Constructing climate knowledge with computer models, WIREs Climate Change 1, 565-580

6. ↑ IPCC (2007): Climate Change 2007, Working Group I: The Science of Climate Change, 1.5.2.

Beispiel einer Parameterisierung : Die „Mittlere optische Wolkendicke“

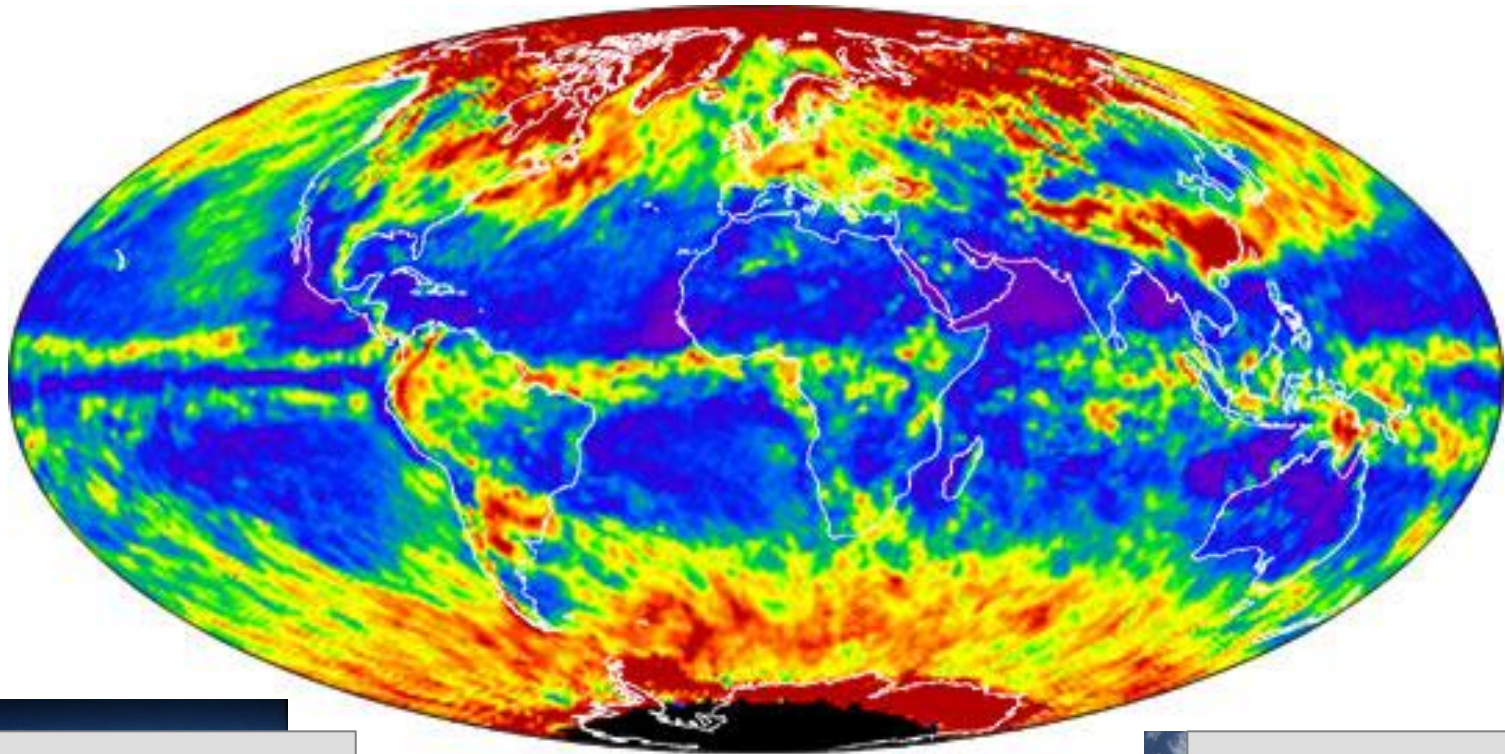
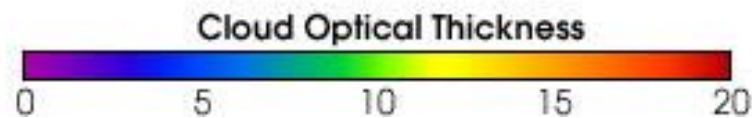


Photo aus
Copyright
Gründen entfernt



Sie gibt u.a. die mittlere
Abschwächung des Sonnenlichtes
durch Wolken an


Photo aus
Copyright
Gründen entfernt

Modellierung der H₂O Kreisläufe unzuverlässig

nature

Letter | Published: 06 April 2016

Northern Hemisphere hydroclimate variability over the past twelve centuries

Fredrik Charpentier Ljungqvist , Paul J. Krusic, Hanna S. Sundqvist, Eduardo Zorita, Gudrun Brattström & David Frank

Nature 532, 94–98 (07 April 2016) | [Download Citation](#)

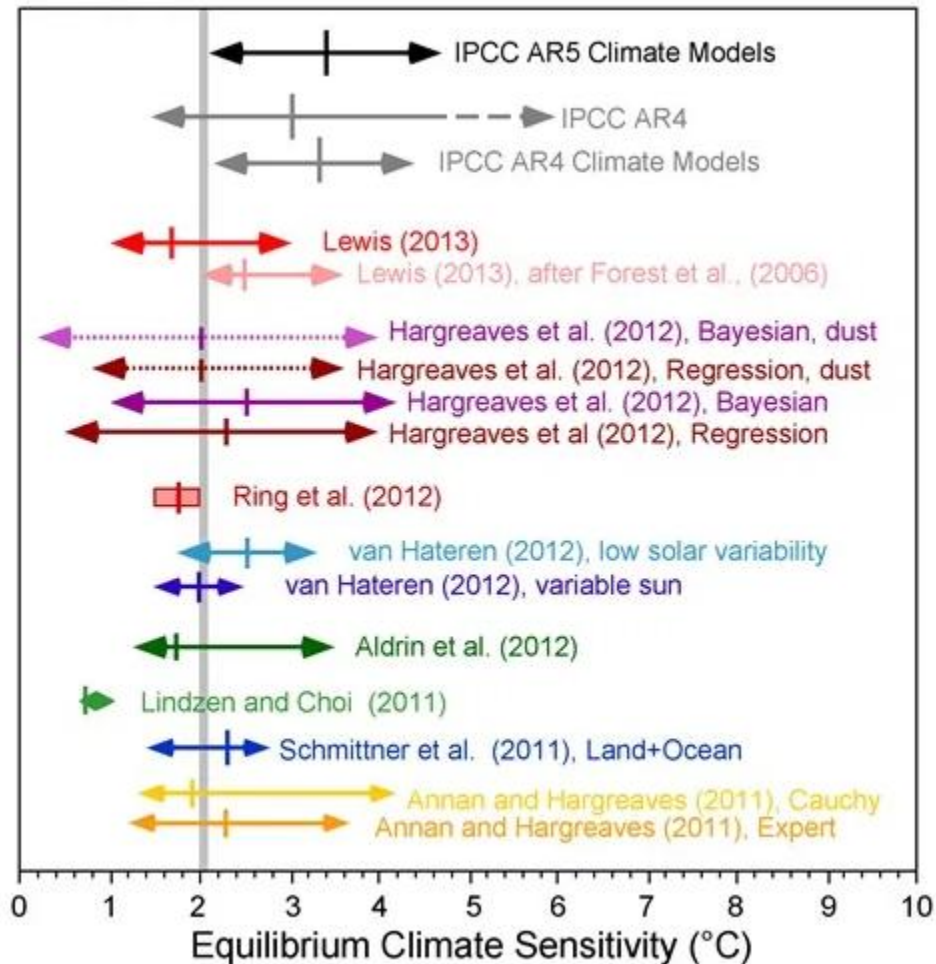
Abstract

Accurate modelling and prediction of the local to continental-scale hydroclimate response to global warming is essential given the strong impact of hydroclimate on ecosystem functioning, crop yields, water resources, and economic security^{1,2,3,4}. However, uncertainty in hydroclimate projections remains large^{5,6,7}, in part due to the short length of instrumental measurements available with which to assess climate models. Here we present a spatial reconstruction of

=> Modelle reproduzieren die Vergangenheit nicht!



Klimasensitivität



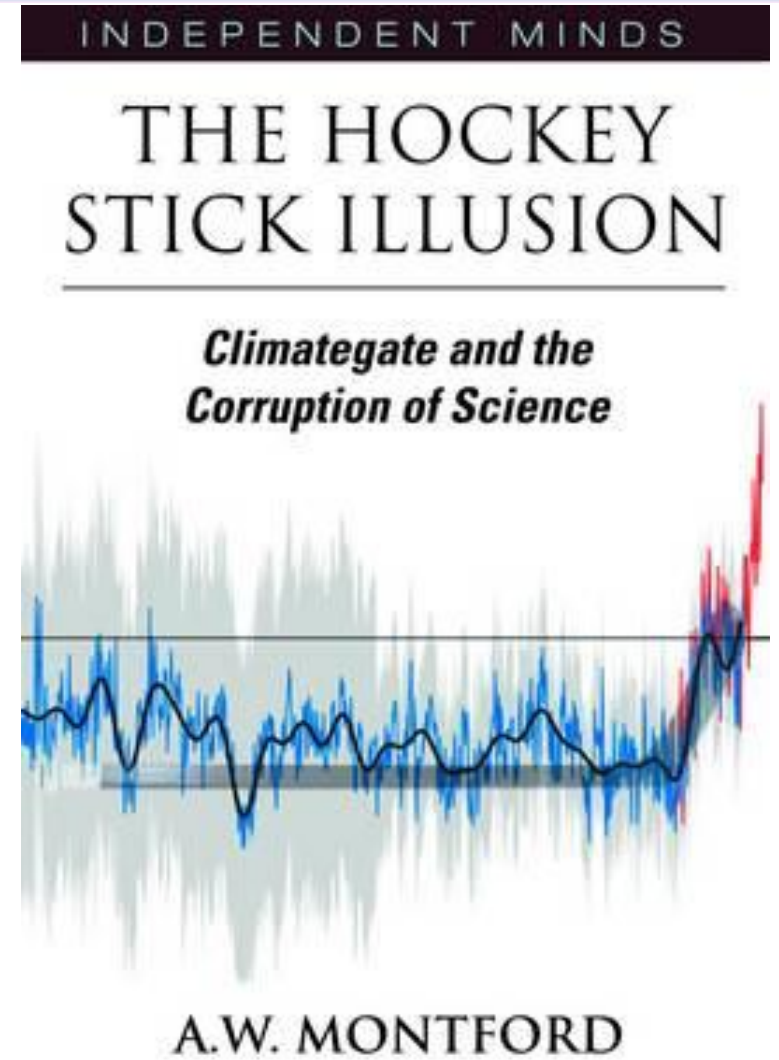
- Das Spektrum der publizierten Werte reicht von 0,1 °C (Sellers, 1973) bis 9,6 °C (Fritz Möller, 1963).^[9]
- Eine Studie aus dem Jahr 2006 kam mit einer 95%igen Wahrscheinlichkeit auf einen Wertebereich von 1,5 °C -4,5 °C liegt.^[13]
- Das IPCC gab in seinem 2007 erschienenen 4.Sachstandsbericht 2 -4,5 °C als „wahrscheinlich“ an. Der mittlere Schätzwert liege bei 3 °C, und eine Sensitivität von unter 1,5 °C sei „sehr unwahrscheinlich“. Im 5.Sachstandsbericht , der im Jahr 2013 erschien, wurde diese wahrscheinliche Bandbreite auf einen Bereich zwischen 1,5 und 4,5 °C geändert. Diese Angabe ist identisch mit der 3.Sachstandsbericht von 2001.

Figure 1. Climate sensitivity estimates from new research published since 2010 (colored, compared with the range given in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report (AR4) (gray) and the IPCC Fifth Assessment Report (AR5; black). The arrows indicate the 5 to 95% confidence bounds for each estimate along with the best estimate (median) of each probability density function; or the mean of multiple estimates; colored vertical line). Ring et al. (2012) present four estimates of the climate sensitivity and the red box encompasses those estimates. The right-hand side of the IPCC AR4 range is dotted to indicate that the IPCC does not actually state the value for the upper 95% confidence bound of their estimate and the left-hand arrow only extends to the 10% lower bound as the 5% lower bound is not given. The light grey vertical bar is the mean of the 14 best estimates from the new findings. The mean climate sensitivity (3.4°C) of the climate models used in the IPCC AR5 is 13 percent greater than the IPCC's "best estimate" of 3.0°C and 70% greater than the mean of recent estimates (2.0°C).

Climategate – Die Hockey Stick Geschichte

Wofür steht
„Climategate“ ?

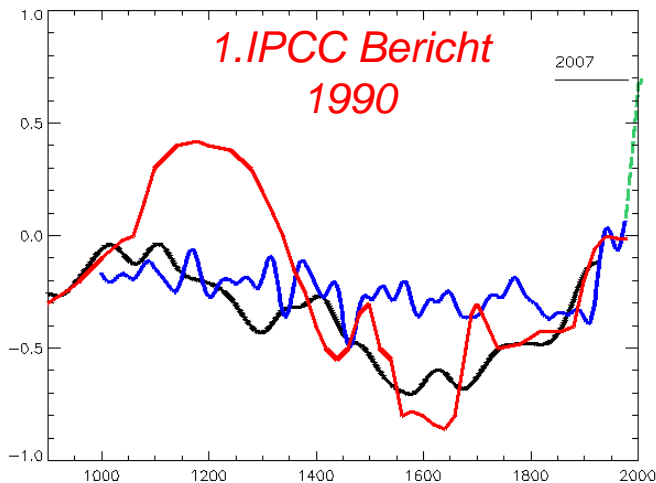
Wie kam es zur
Glaubwürdigkeits-
krise
des IPCC ?



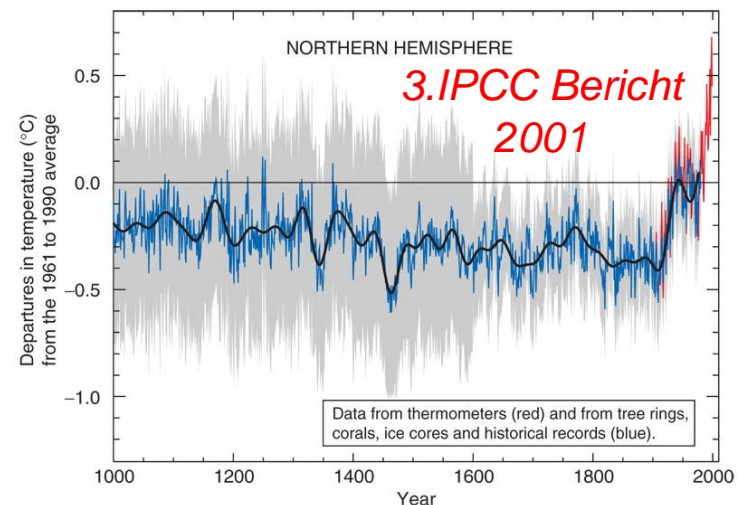
Climategate – worum es ging

Der **1.IPCC Bericht (1990)** beschreibt eine **mittelalterliche Warmzeit** mit globalen **Temperaturen, die über den heutigen lagen**.

Der **3.IPCC Bericht (2001)** behauptete, die **heutigen Temperaturen seien in den letzten 1000 Jahren "einmalig"**.



[IPCC 1990](#) Figure 7.1.c (red) based on Lamb 1965 showing central England temperatures; (green dashed line) central England; temperatures to 2007 shown from Jones et al. 2009.^[9]; (blue), Also shown, MBH1999 40 year average of [IPCC TAR 2001](#) and (black). Moberg et al. 2005 low frequency signal

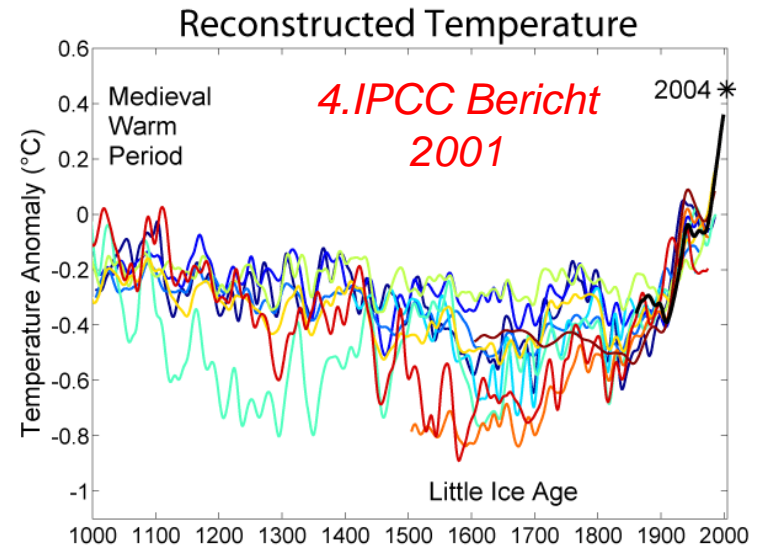
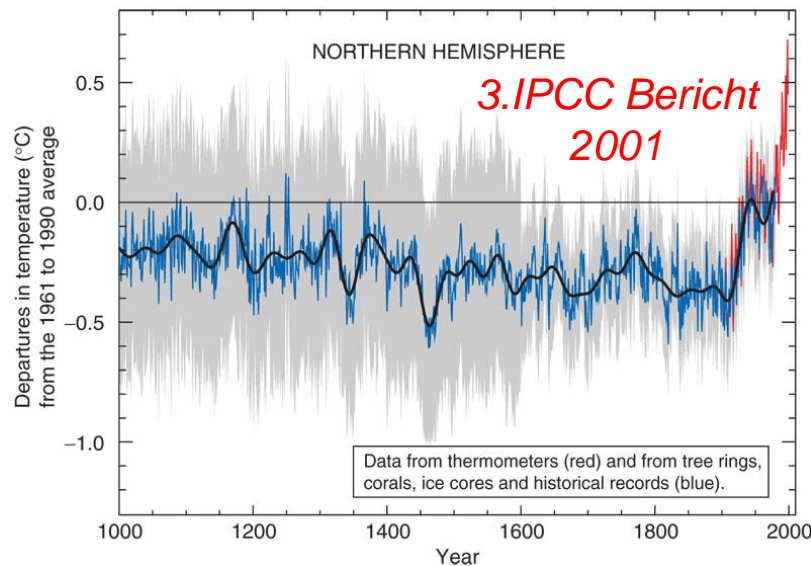


1998 publication by [Michael E. Mann](#), [Raymond S. Bradley](#) and [Malcolm K. Hughes](#) of their "[hockey stick graph](#)" in [Nature](#).^[8]

IPCC TAR WG1 (2001) summary, "Figure 5: Millennial Northern Hemisphere (NH) temperature reconstruction: blue - tree rings, corals, ice cores, and historical records); red - instrumental data from AD 1000 to 1999; black - smoother version of NH series and 2 standard error limits (gray shaded) [Based on Figure 2.20]". Adapted from the MBH99 graph, nicknamed the "hockey stick".

In Folge wurden Emails bekannt, bei denen es a) um den peer-review Prozess wissenschaftlicher Veröffentlichungen sowie b) **Stephen McIntyres Schwierigkeiten, die Originaldaten und Auswertemethoden zu Manns Arbeiten zu erhalten, ging**.

Der 4. IPCC Bericht - nach Climategate



IPCC Fourth Assessment Report, 2007

In May 2007, [Hans von Storch](#) reviewed the changes in thought caused by the hockey stick controversy writing: *In October 2004 we were lucky to publish in Science our critique of the 'hockey-stick' reconstruction of the temperature of the last 1000 years. Now, two and half years later, it may be worth reviewing what has happened since then.*

At the EGU General Assembly a few weeks ago there were no less than three papers from groups in Copenhagen and Bern assessing critically the merits of methods used to reconstruct historical climate variable from proxies; Bürger's papers in 2005; Moberg's paper in Nature in 2005; various papers on borehole temperature; The National Academy of Science Report from 2006 – all of which have helped to clarify that the hockey-stick methodologies lead indeed to questionable historical reconstructions.

The 4th Assessment Report of the IPCC now presents a whole range of historical reconstructions instead of favoring prematurely just one hypothesis as reliable. [\[146\]](#)

Der 4. IPCC Bericht - nach Climategate

2010: Michael Mann wird vom Generalstaatsanwalt von Virginia verklagt, seine Daten herauszugeben. Die Uni verweigert die Herausgabe

2017: M. Mann verklagt 2011 Tim Ball, da ihn dieser der Lüge bezichtigt.. Im Gerichtsverfahren soll Mann zwecks Prüfung des Wahrheitsgehaltes seine Daten offenlegen. Da er das nicht tut, wird seine Klage gegen Ball abgewiesen.

»**Beim Hockey Stick geht es darum, dass zwei Sorten von Daten miteinander vermischt worden sind.** Nämlich aus Baumringdaten abgeleitete Temperaturen und Thermometerdaten. Es stellt sich heraus, dass die beiden Daten sehr gut zusammenpassen von 1850 bis 1960. Danach passen sie nicht mehr zusammen. Die Baumringdaten deuten darauf hin, dass die Temperatur fällt, während die Thermometerdaten zeigen, dass sie tatsächlich nicht fällt. Das Problem ist, dass man in den entsprechenden Abbildungen dann nicht mehr gezeigt hat, dass Baumringe und Thermometerdatum nicht mehr gut passen seit 1960.«

Teil 4

Umgang mit Risiken

Politischer Umgang mit Risiken ?

Definition „Risiko“
**„Zukünftiges Ereignis zu dem wir
nur begrenztes Wissen
über Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß
haben.“**

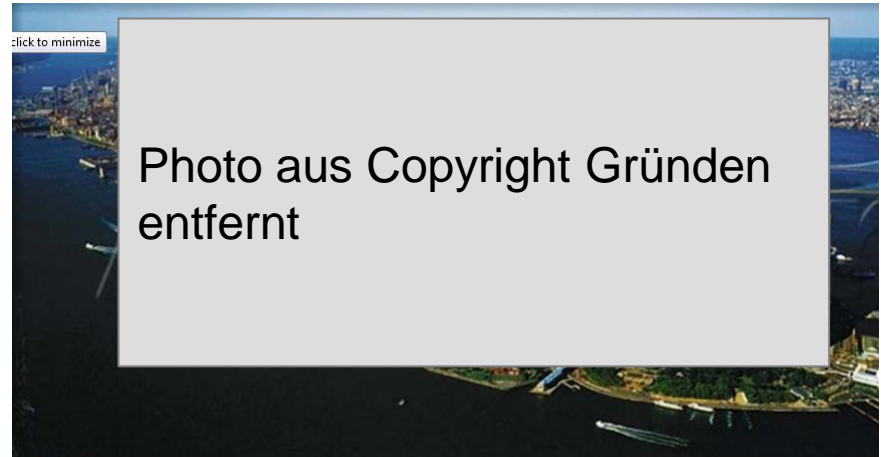
Größe eines Risikos
=
(Eintrittswahrscheinlichkeit) * (Schadensausmaß)

Bewertung von und Umgang mit Risiken ?

Veränderte Folgen von Klimaänderungen in einer überbevölkerten Welt – Meeresspiegel



Meeresspiegelanstieg DAMALS....



.... und HEUTE



Veränderte Folgen von Klimaänderungen in einer überbevölkerten Welt – Starkregenfälle



Flußlandschaften DAMALS....



.... und HEUTE



Veränderte Folgen von Klimaänderungen in einer überbevölkerten Welt – Erdrutsche



Erdrutsche DAMALS....

Anbruch Ereignis 1956

Anbruch Rutschung Ereignis 2005

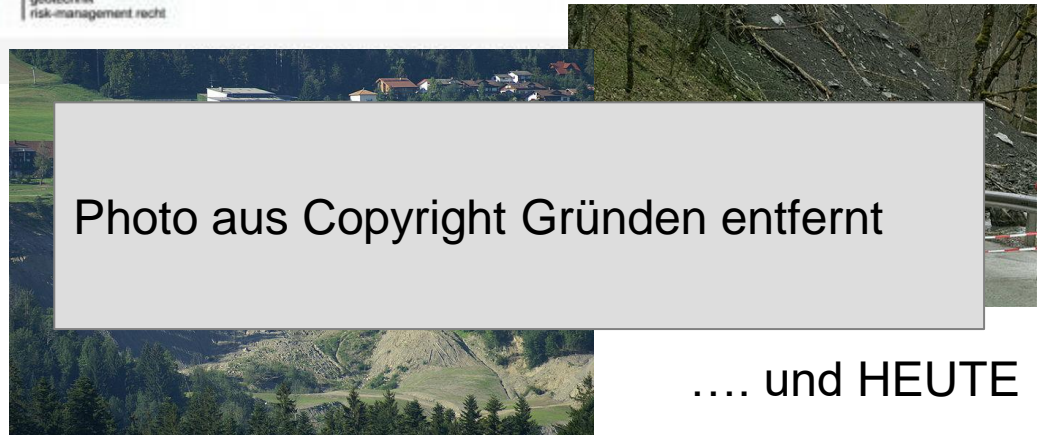
Rutschungen im Lockermaterial

Photo aus Copyright Gründen entfernt

lich
retende
klauung der
rdurchlässe im
ußenbereich

i.n.n. naturraum - management
ingenieurgesellschaft
geoinformatik
geotechnik
risk-management recht

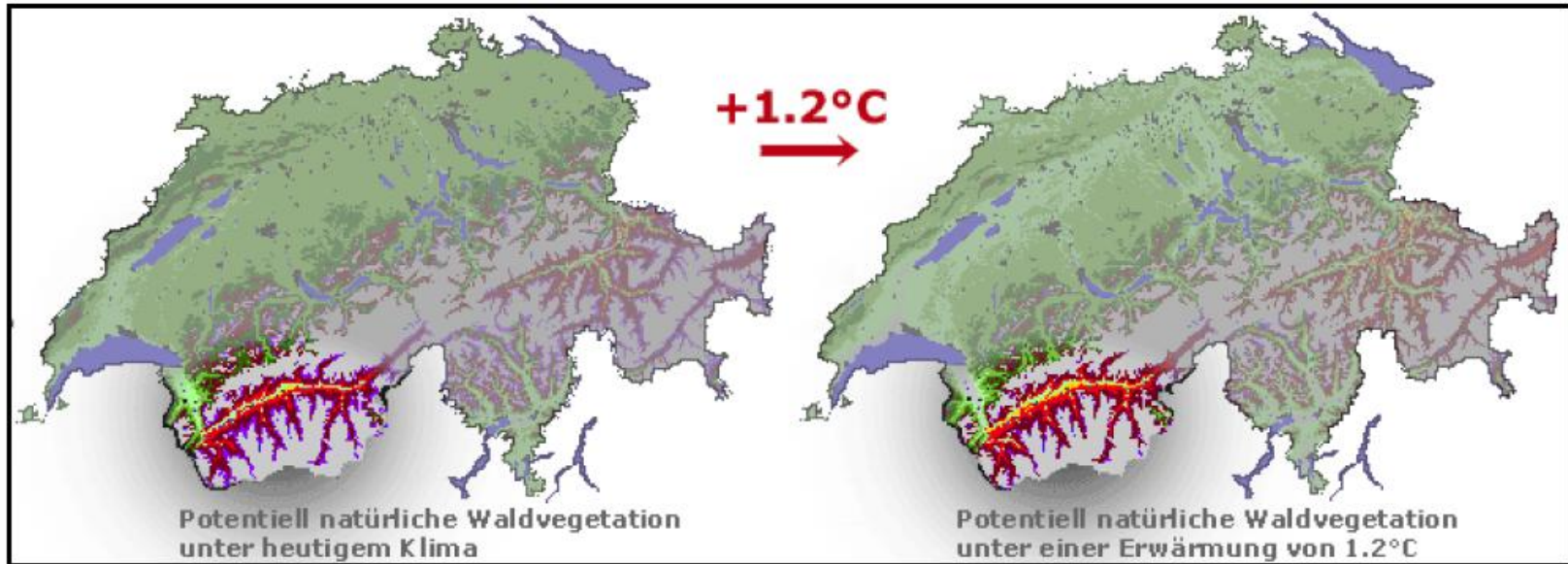
Murablagerungen Ereignis 2005: Murmaterial Verflachung Abraumhalde



.... und HEUTE

Veränderte Folgen von Klimaänderungen in einer überbevölkerten Welt – Vegetation

Abb. 7 Waldvegetation bei Klimaerwärmung



Quelle: Eidg. FORSCHUNGSANSTALT FÜR WALD, SCHNEE UND LANDSCHAFT (2004): Klimaänderung-Vegetationsveränderung? Internet: <http://www.wsl.ch/land/products/klimaanimation/walliso.html>

Vegetationszonen verschieben sich – sowohl in der geographischen Breite als auch bezüglich der Höhenlagen im Gebirge

Umgang mit Risiken

Vermeidung durch Vorsorge ?

oder

Vorbereitung auf und Anpassung an die Folgen ?

**„Das Unbeherrschbare vermeiden – das
Unvermeidbare beherrschen.“**