

Klimawandel und seine Ursachen

Dr.-Ing. Hans Oerter

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
in der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF)

Hans.Oerter@awi.de

Ökonomie ↔ Ökologie

privater Konsum
Lebensstandard
Nachhaltigkeit
Energiebedarf

einige nützliche Hinweise aufs Internet:

IPCC 4th Assessment Report 2007:

<http://www.ipcc.ch>

The AR4 Synthesis Report/Summary for
Policy Makers in Deutsch:

Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle Univ. Stuttgart,
Hessbrühlstr. 49a

70565 Stuttgart; www.de-ipcc.de

Umweltbundesamt

<http://www.umweltbundesamt.de>

1) Was ist Klima ?

Wetter: heute

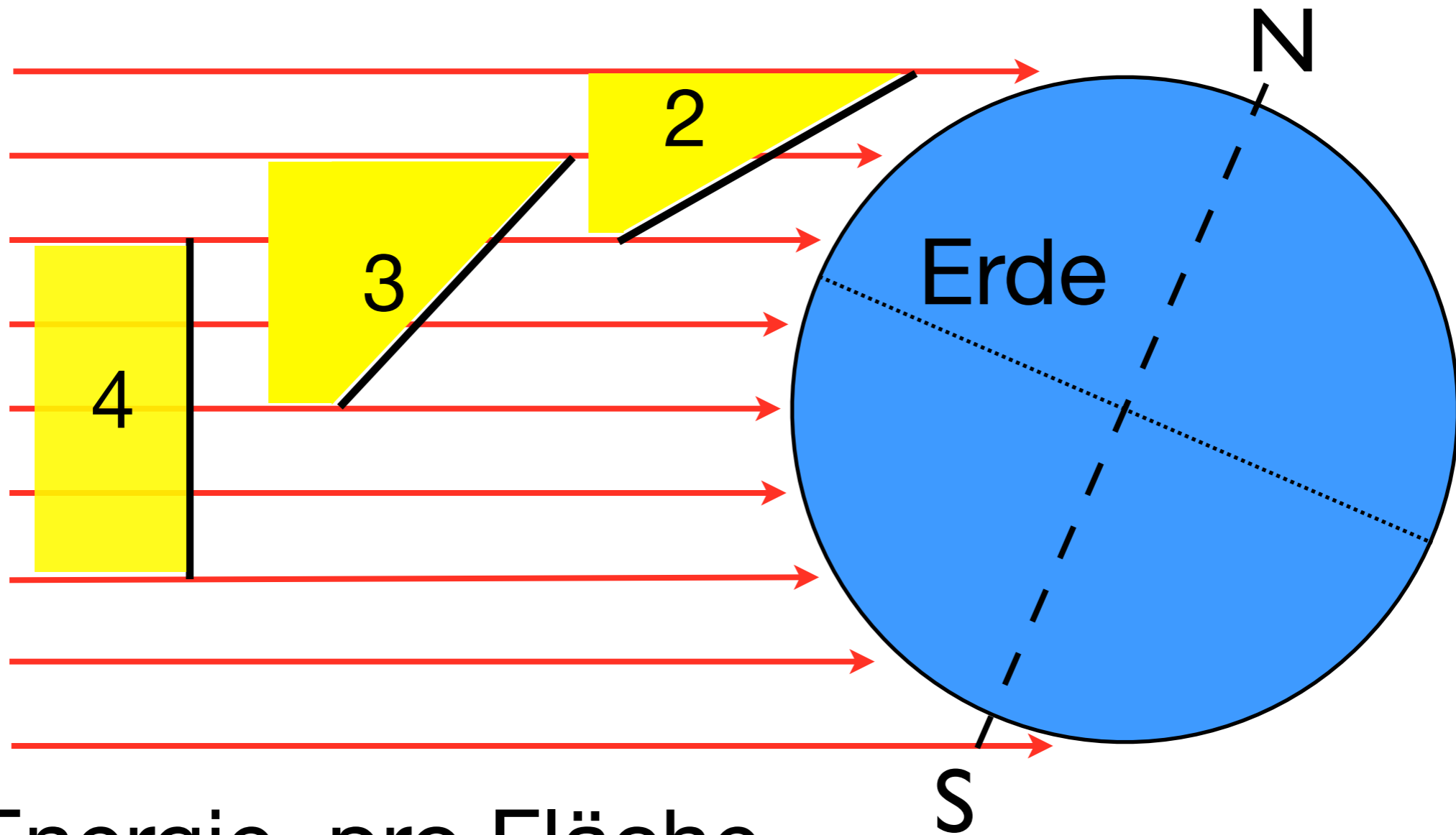
Witterung: Woche bis Monat

Klima: 30 Jahre (1961-1990)

Klima (griech.) = Neigung

Klima (griech.) = Neigung

Sonne



Energie pro Fläche

(Nordwinter)

Klimazonen der Erde
(nach W. Köppen)



Aus: Brockhaus Enzyklopädie, F.A. Brockhaus, Mannheim, 19. Aufl., 1990

Die Klimazonen der Erde nach W. Köppen

2) Wie hat sich das Klima in der Vergangenheit geändert ?

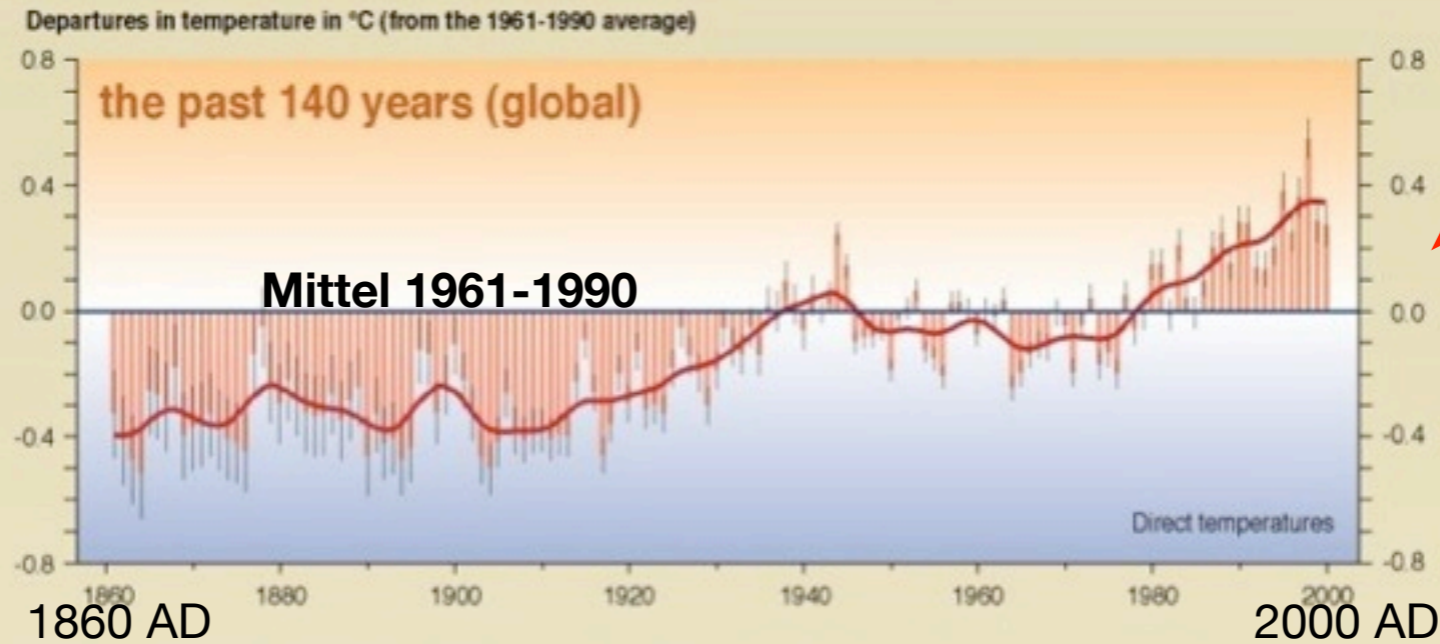
2.1 Temperaturänderungen in den letzten 1000 und 100 Jahren

2.2 Eis als Archiv für Klimaänderungen

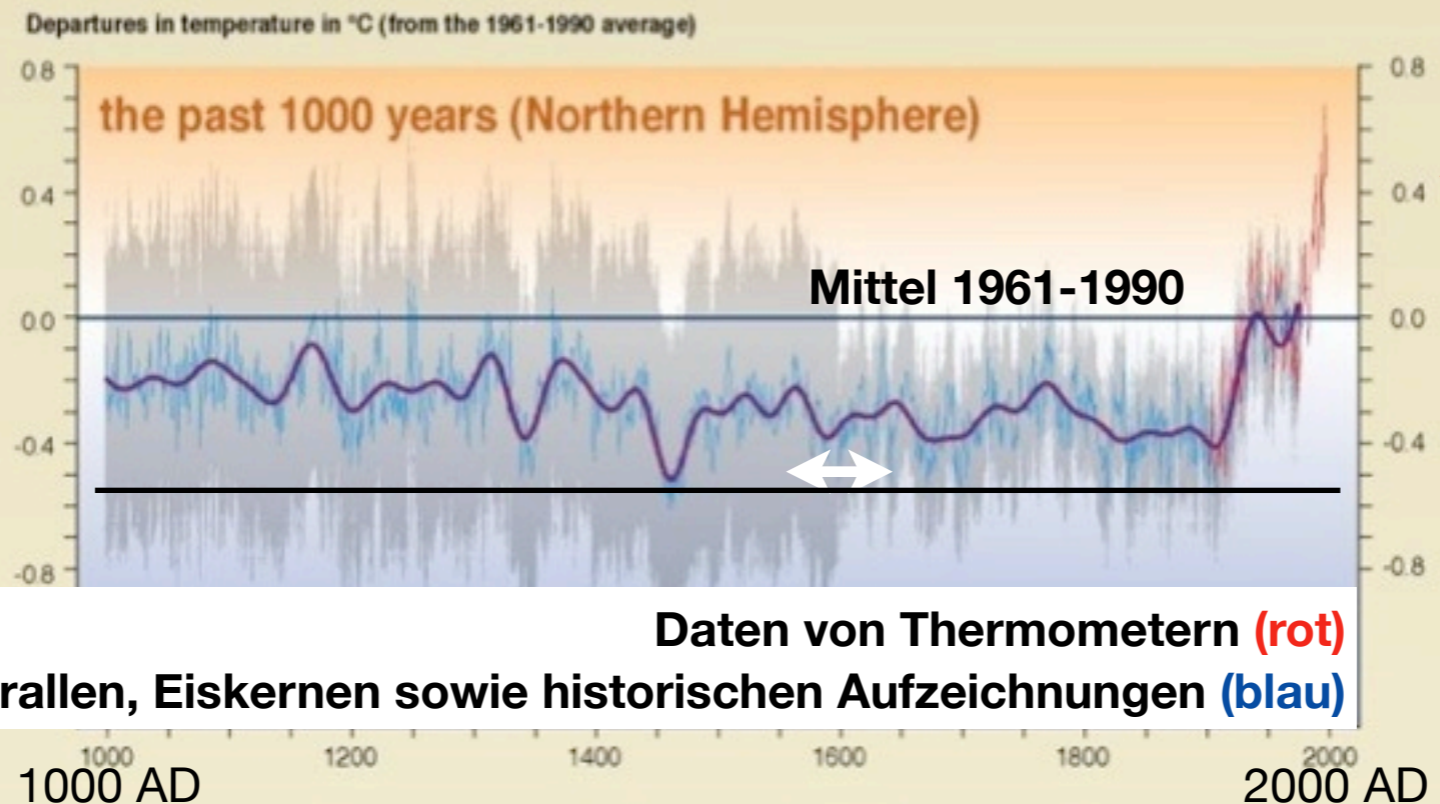
2.3 Tiefe Eiskernbohrungen in der Antarktis (und in Grönland)

2.1 Änderung der Lufttemperatur

Abweichung der Temperatur (°C)
vom Mittel der Jahre 1961-1990



+ 0.4 °C
global



+ 0.7 °C
Nordhem.

Daten von Thermometern (rot)
von Baumringen, Korallen, Eiskernen sowie historischen Aufzeichnungen (blau)

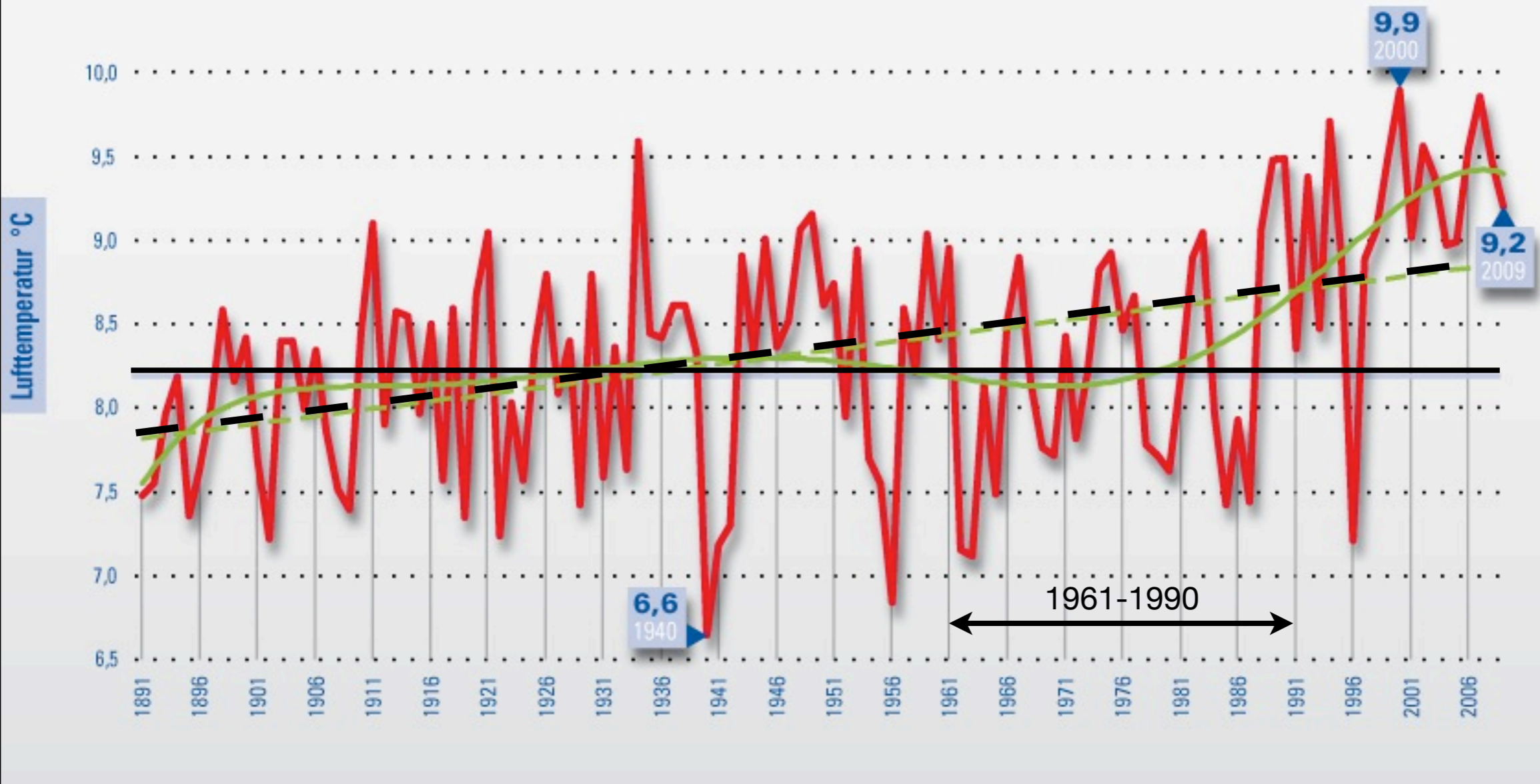
Pieter Brueghel d.J.
(1564-1638)

SYR - FIGURE 2-3



Pieter Bruegel d.J. (1564-1638): Winterlandschaft mit Vogelfalle I, 1601.
Kunsthistorisches Museum Wien

Lufttemperatur (Jahresmittelwerte) Deutschland – 1891 bis 2009

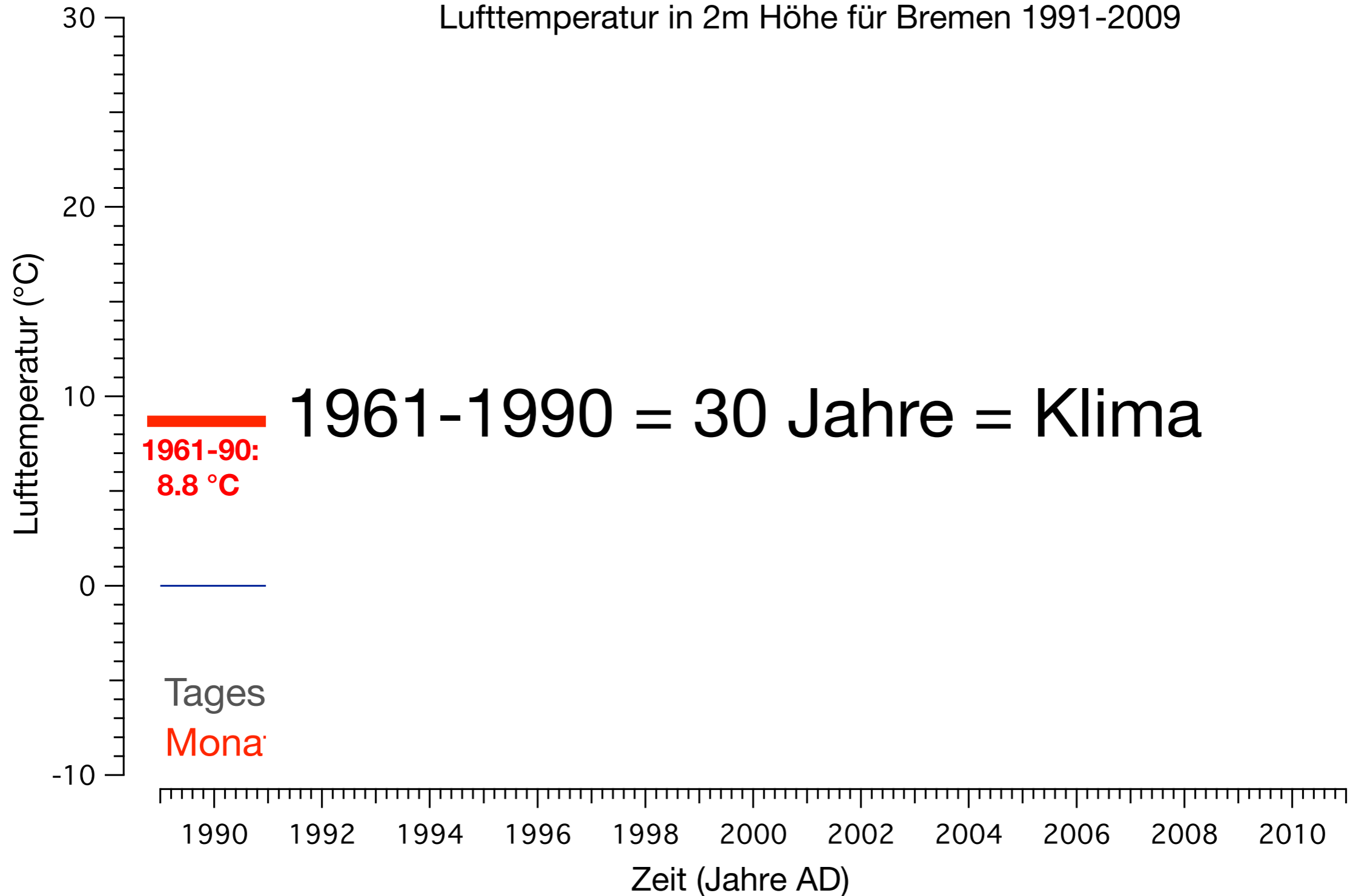


— Jahreswerte — Mittelwert 1961 bis 1990 (8,2 °C) - - - Linearer Trend — Polynomischer Trend

Quelle: Deutscher Wetterdienst, 2010

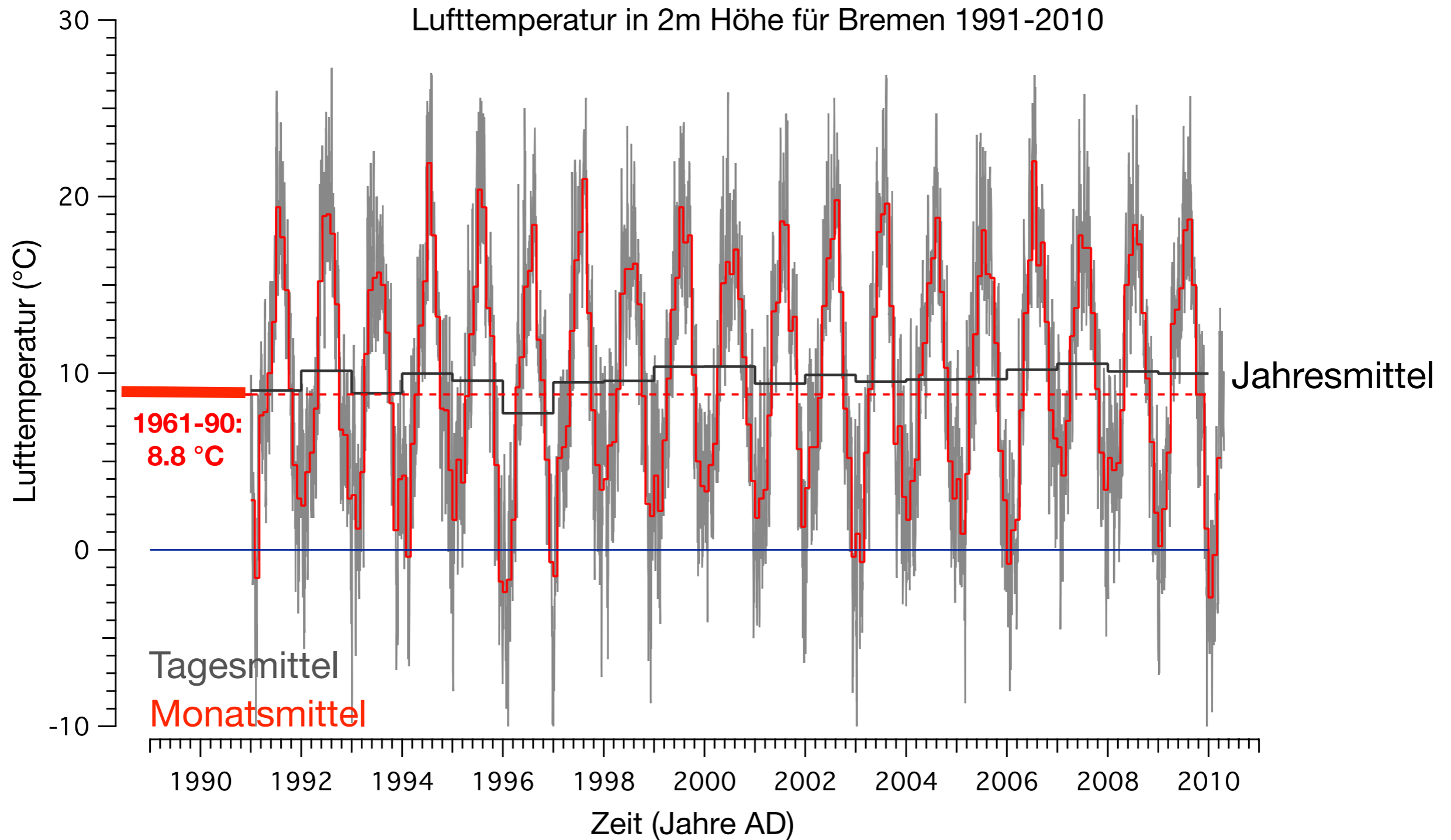
- Jahresmittelwerte der Lufttemperatur (Flächenmittelwert für die Bundesrepublik Deutschland)
- Mittelwert 1961-1990 (zur Zeit gültiger Bezugszeitraum der WMO)
- Linearer Trend 1891-2009
- Polynomischer Trend 1891-2009

Lufttemperatur in 2m Höhe für Bremen 1991-2009



Quelle: www.dwd.de

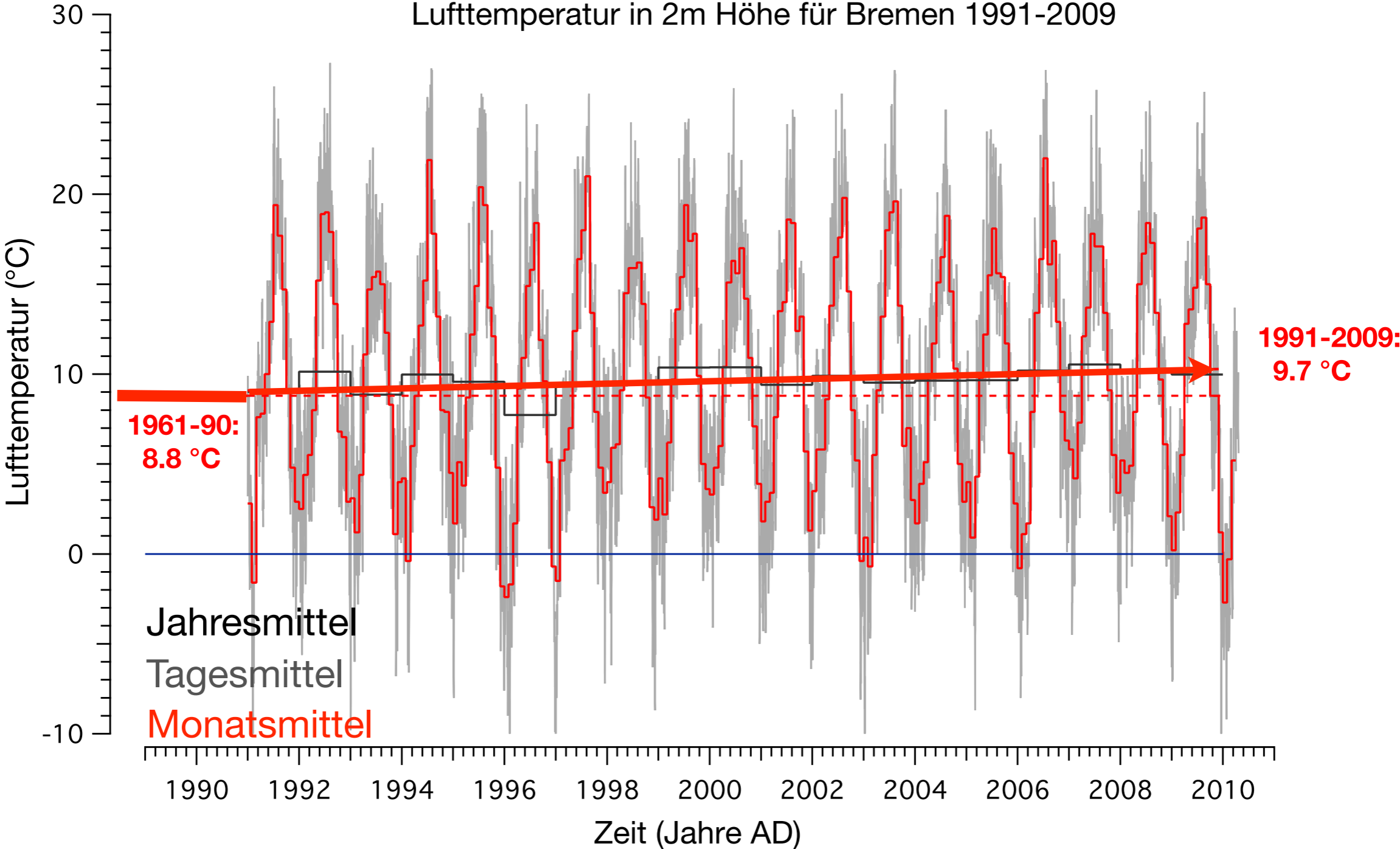
zum Klima von Bremen



Quelle: www.dwd.de

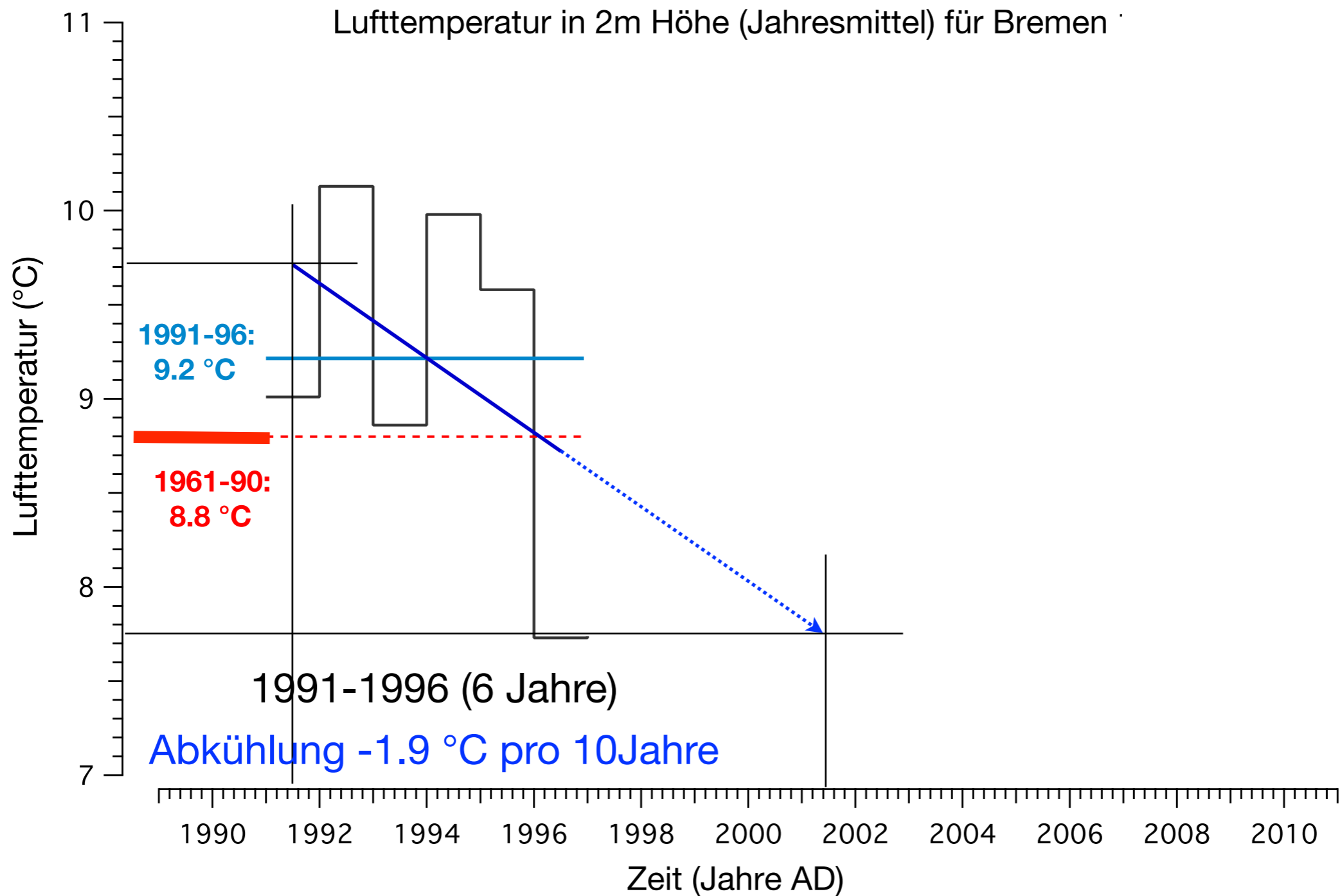
zum Klima von Bremen

Lufttemperatur in 2m Höhe für Bremen 1991-2009



Quelle: www.dwd.de

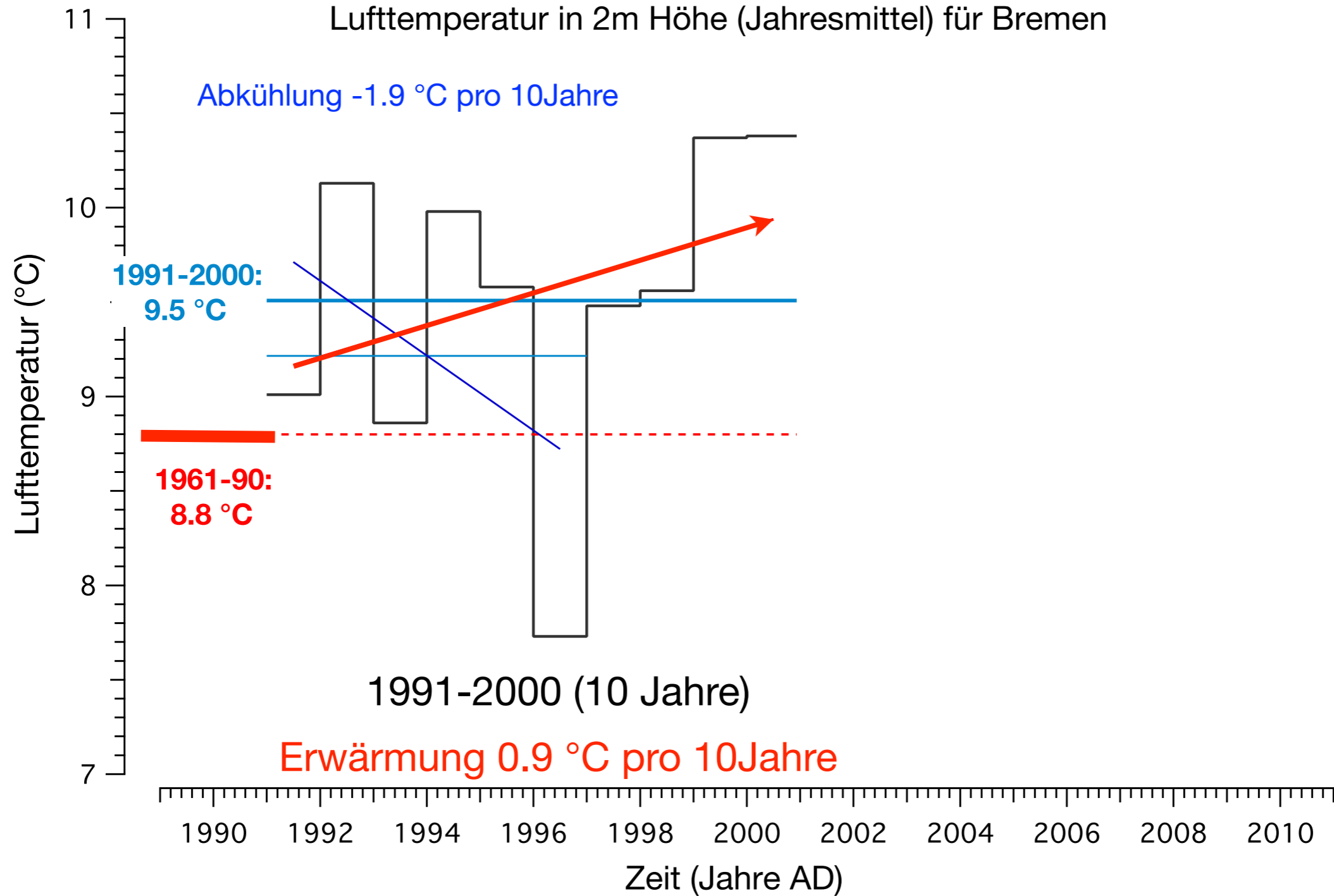
zum Klima von Bremen



Quelle: www.dwd.de

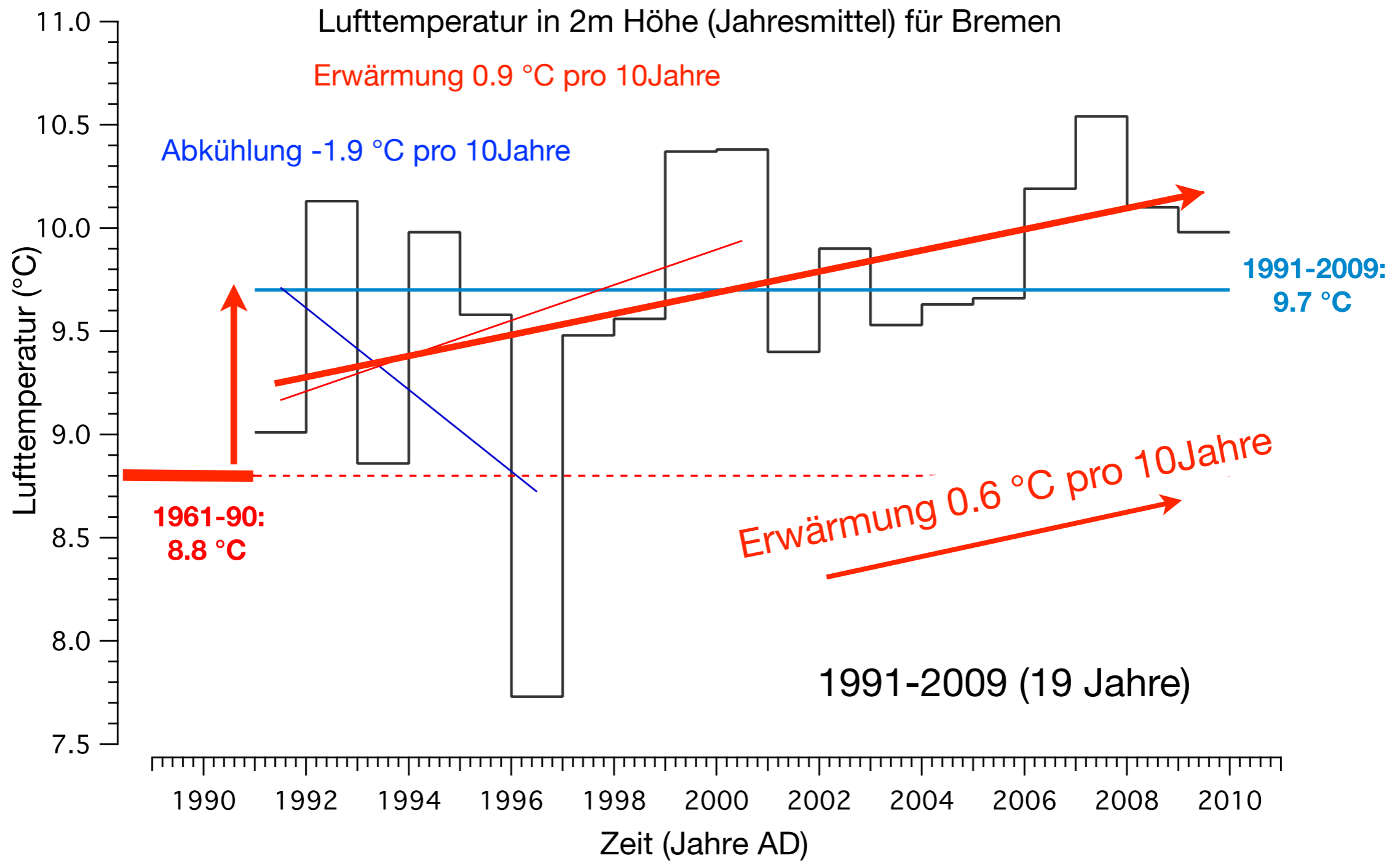
zum Klima von Bremen

Lufttemperatur in 2m Höhe (Jahresmittel) für Bremen



Quelle: www.dwd.de

zum Klima von Bremen



Quelle: www.dwd.de

zum Klima von Bremen

2.2 Eis als Archiv für Klimaänderungen

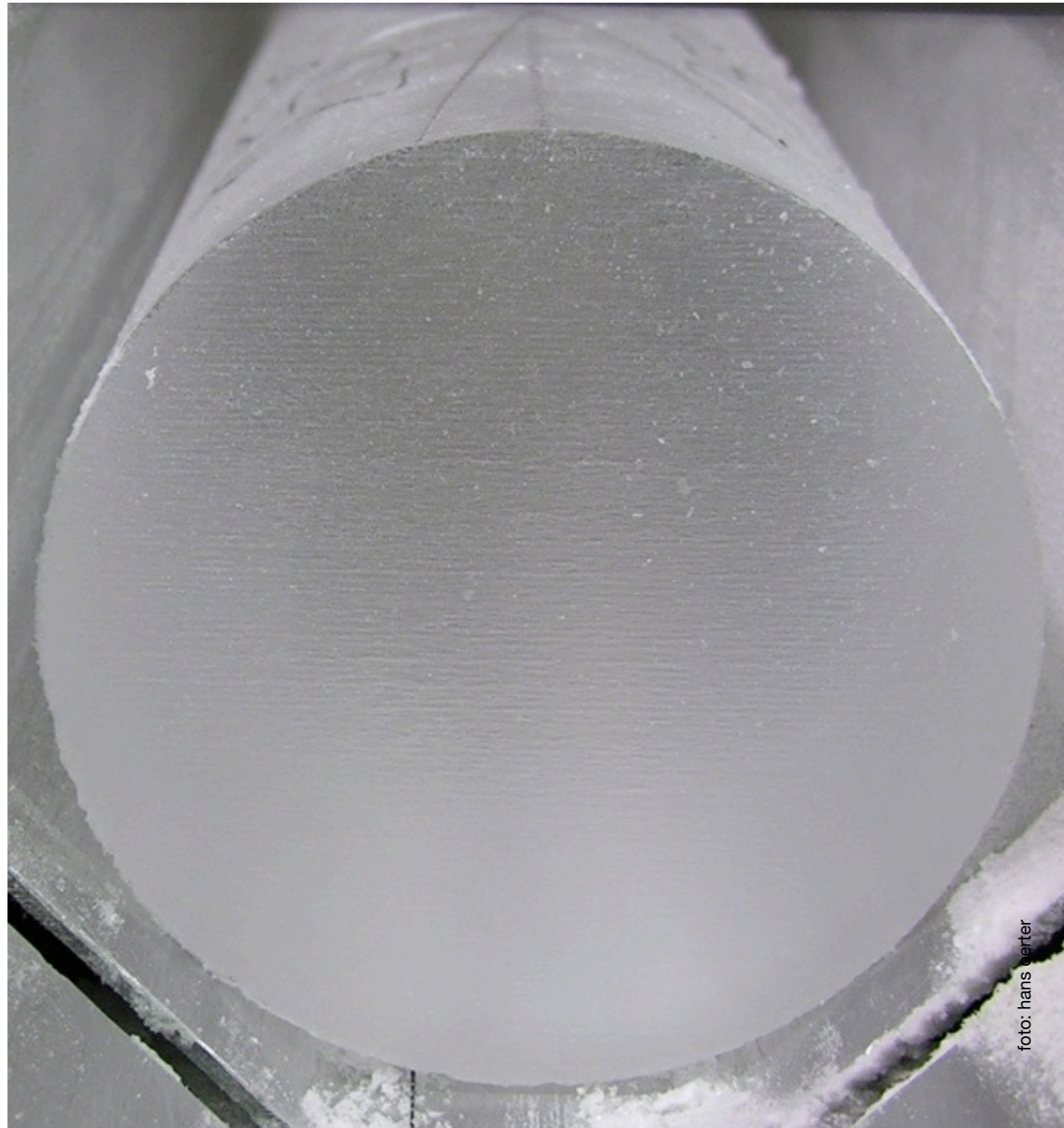
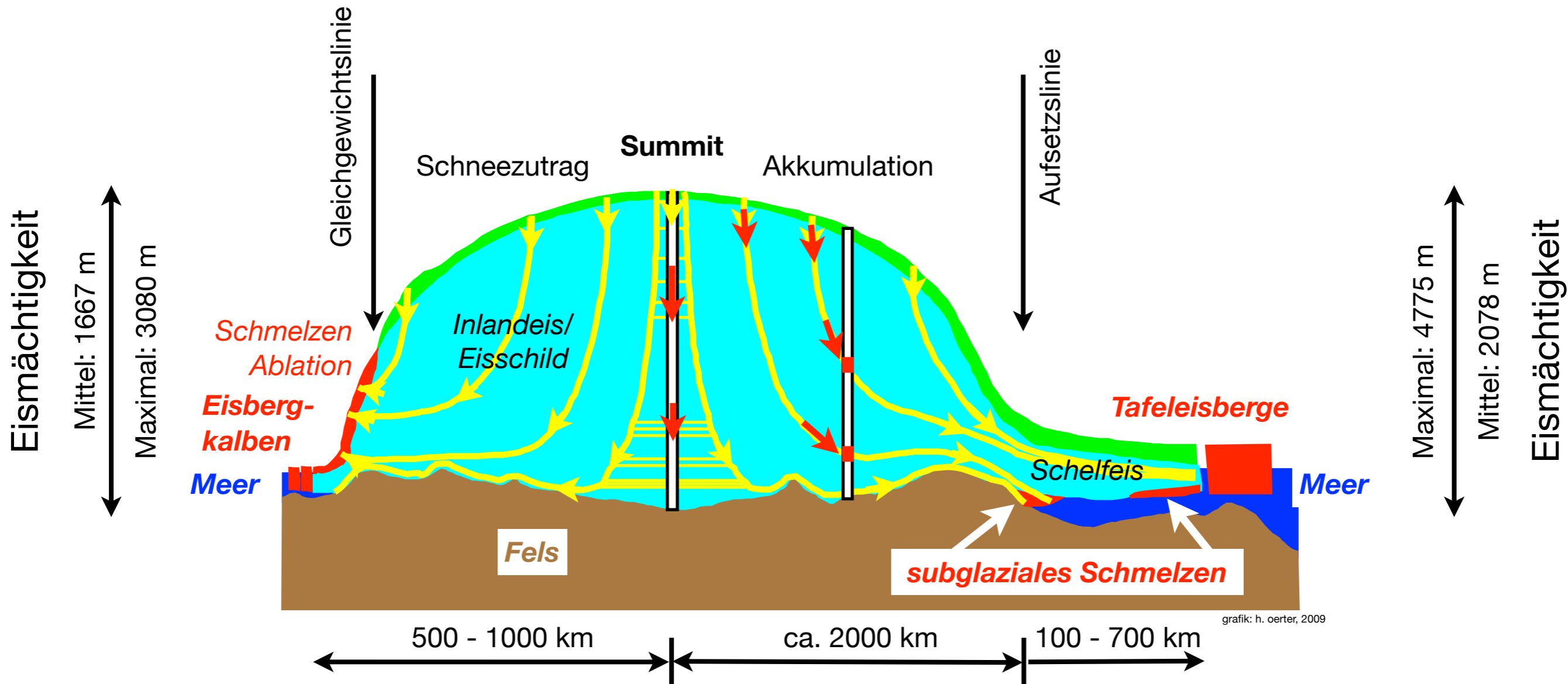


foto: hans oerter

Schematischer Querschnitt durch einen Eisschild

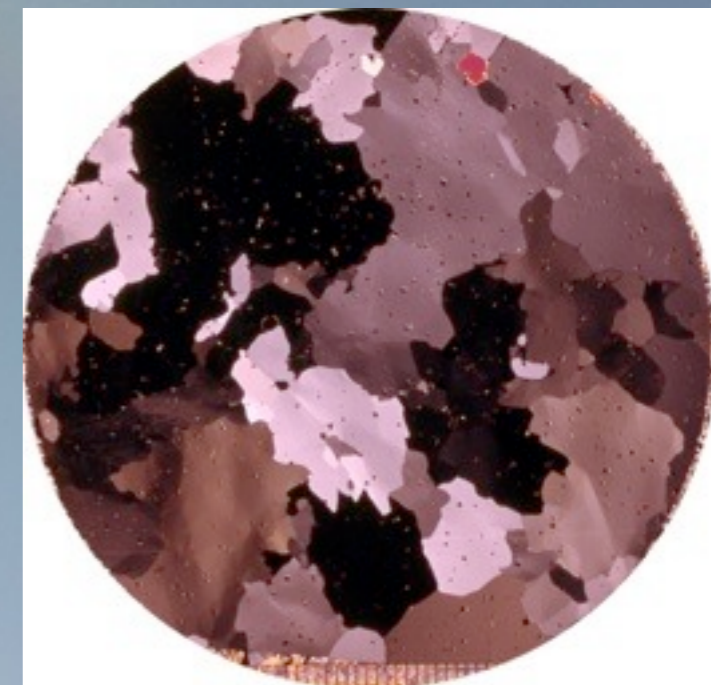
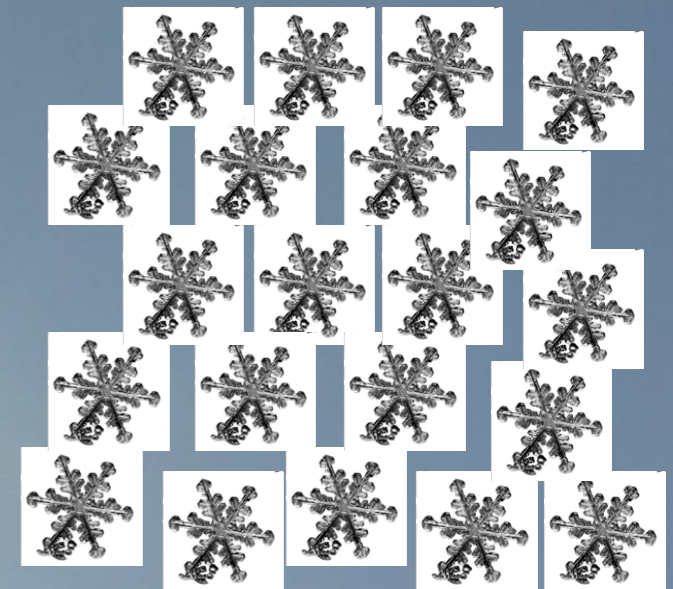
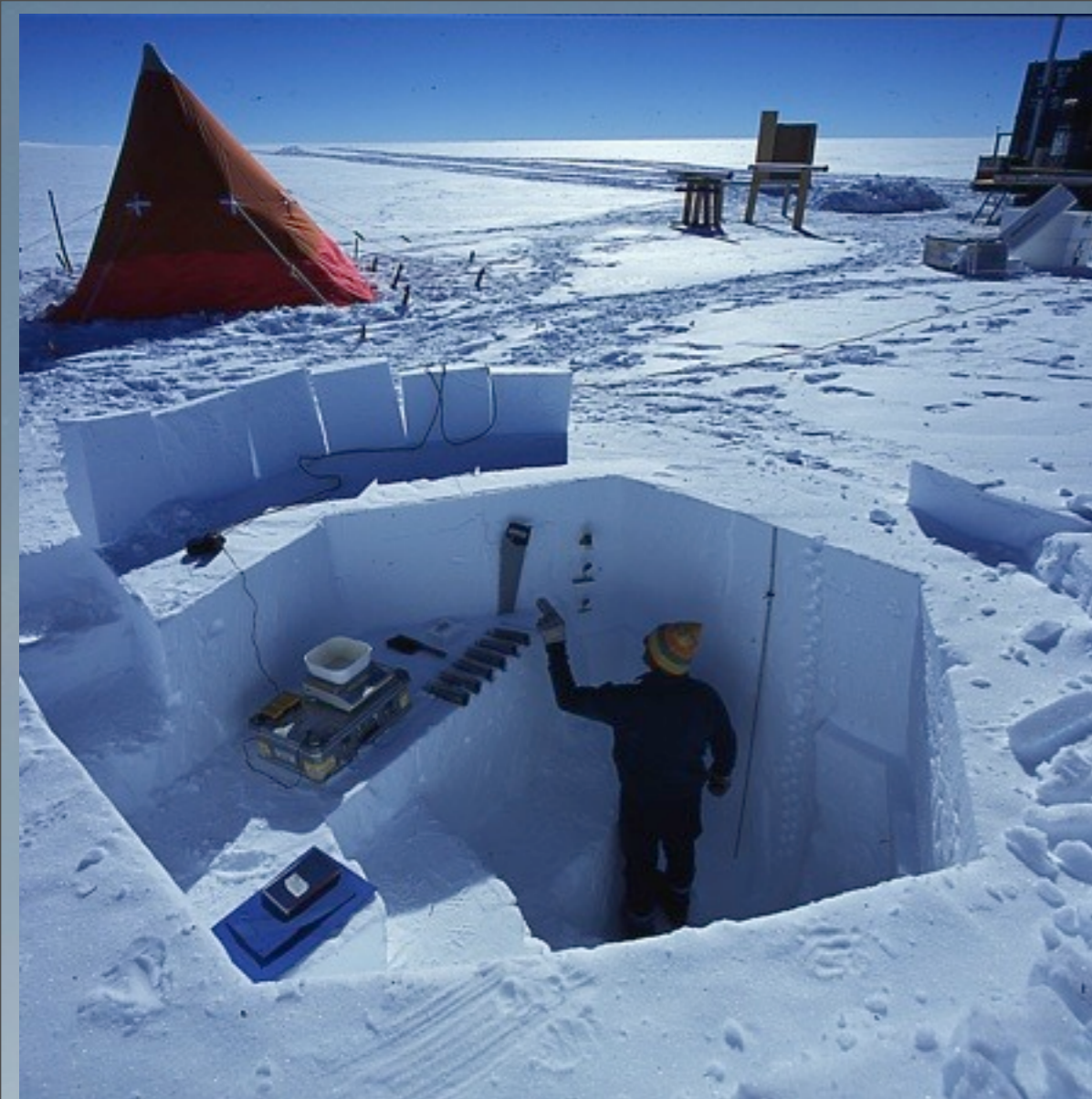
typisch für
Grönland ↔ **Antarktis**



Eisfließlinie
 Ablationsgebiet
 Akkumulationsgebiet

Inlandeis Antarktika entspricht 61,1m Meeresspiegeländerung
 Inlandeis von Grönland entspricht 7,2 m Meeresspiegeländerung (IPCC 2001)

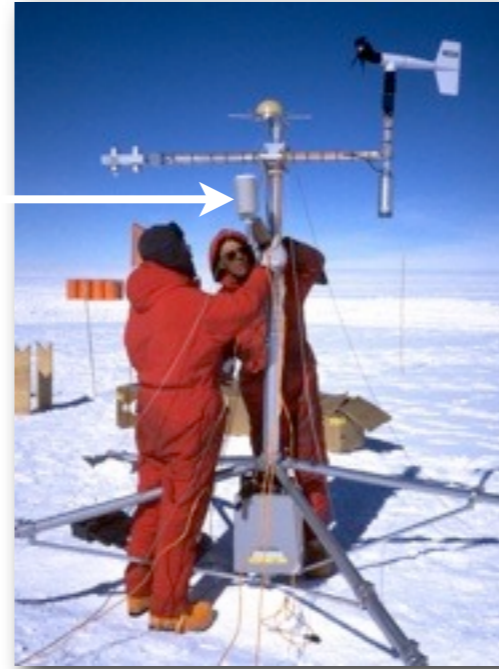
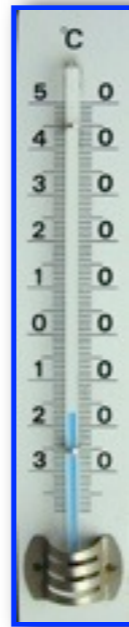
Ein Eisschild baut sich aus über einander liegenden Jahresschichten auf.



fotos: hans oerter

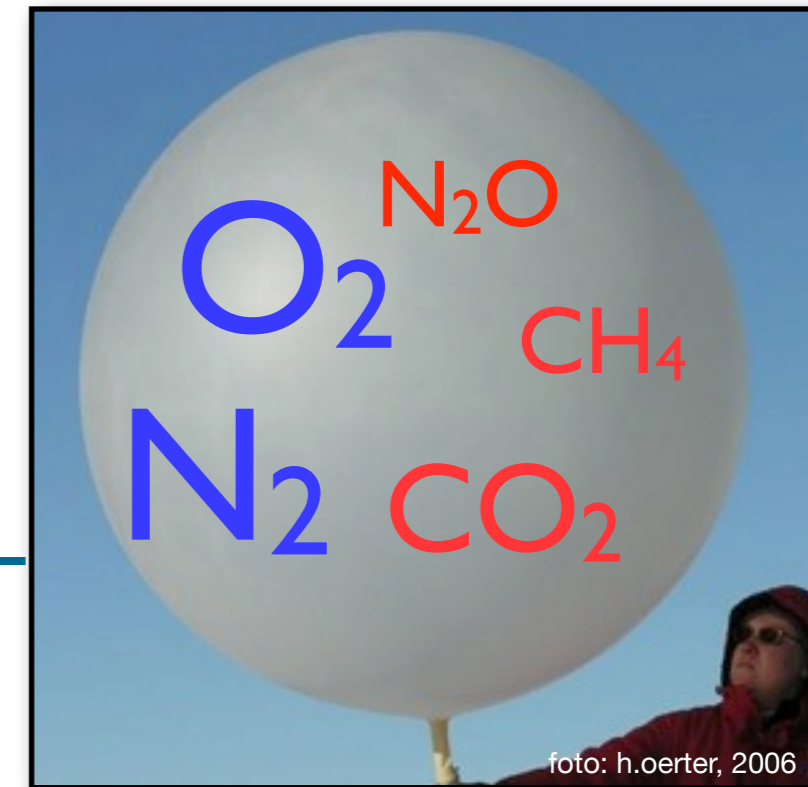
Das Klima-Archiv Eis speichert Informationen zu:

Lufttemperatur



← $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$

Gasgehalt in der Atmosphäre



Aerosole



Mt. Pinatubo 1991

foto: NOAA

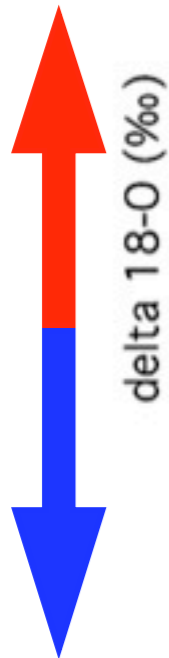
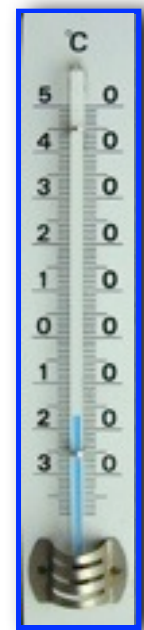


foto: h. oerter, 1973

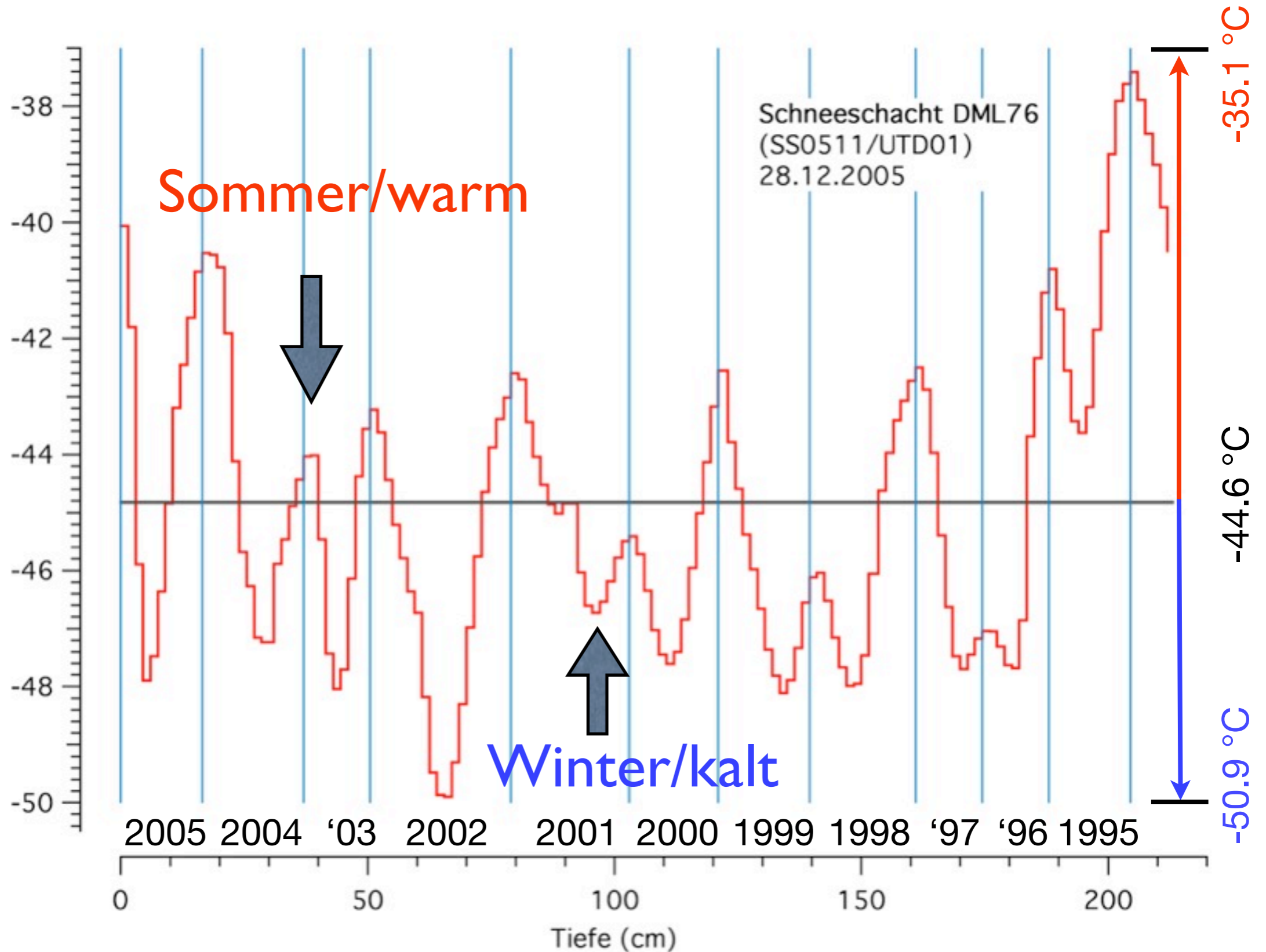


©AWI

Das "Isotopen-Thermometer" ($\delta^{18}\text{O}$)

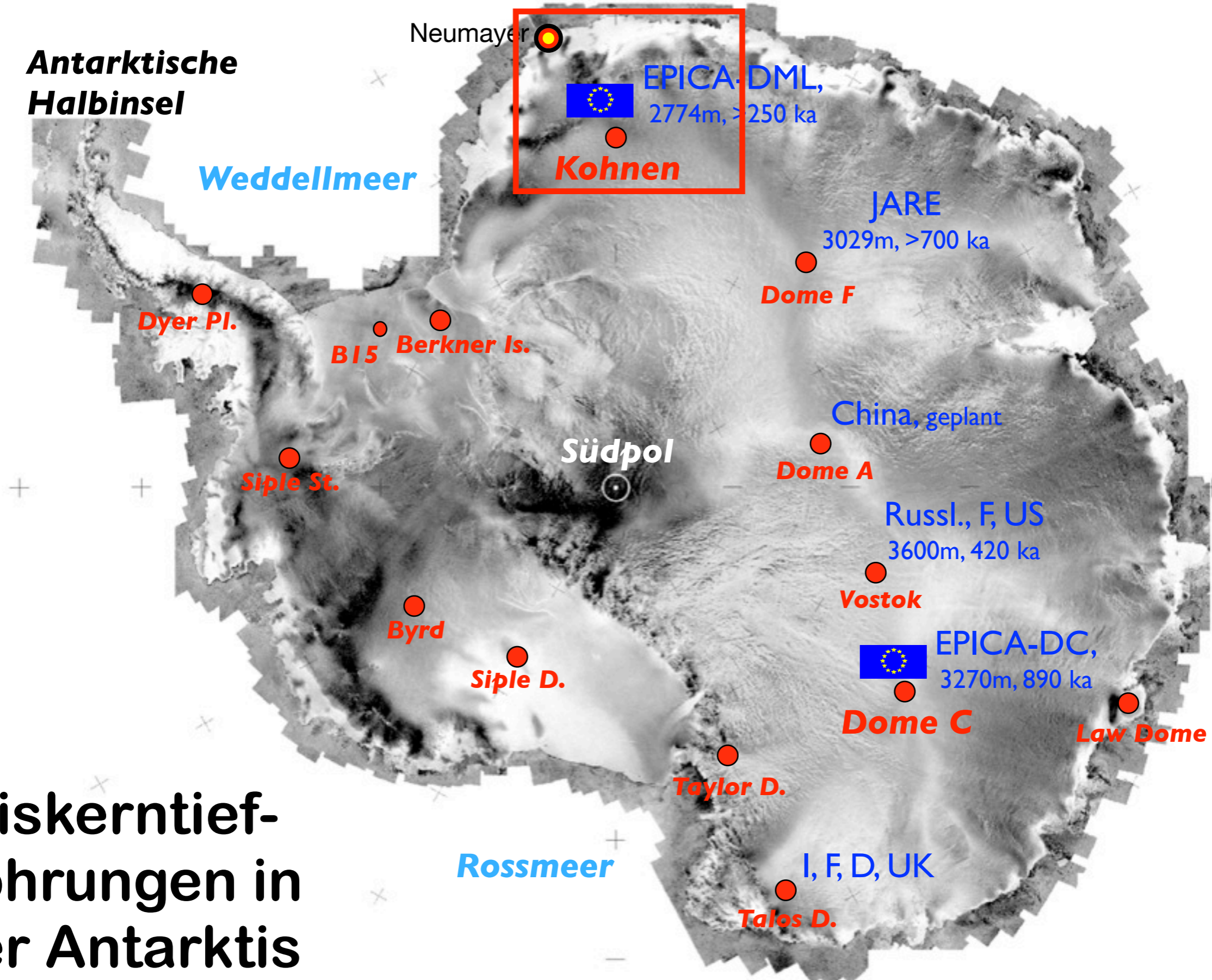


delta 18-O (‰)



2.3 Tiefe Eiskernbohrungen in der Antarktis (und in Grönland)

Eiskerntiefbohrungen in der Antarktis

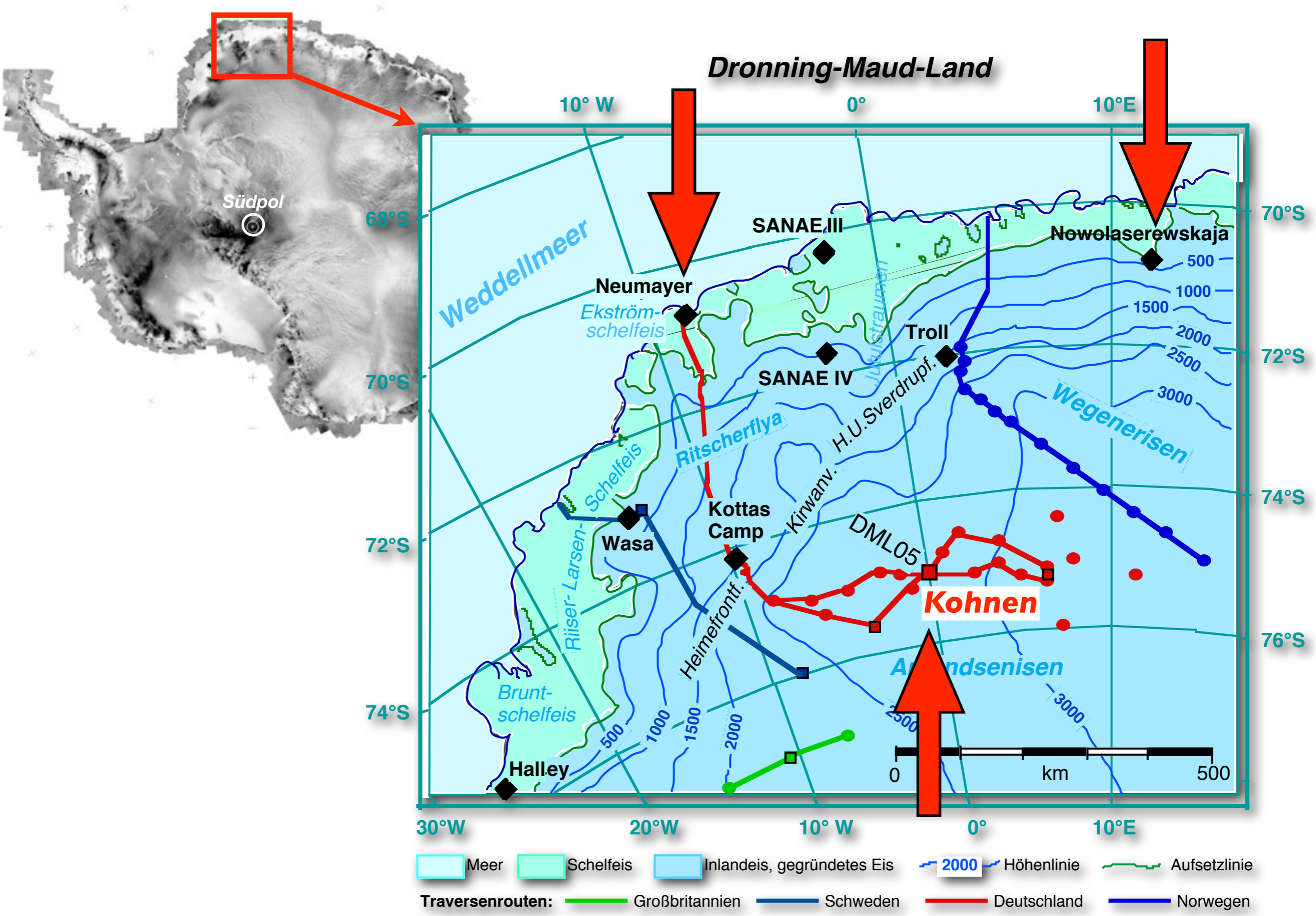


layout: w. rack, h. oerter, AWI

Wie bohrt man einen tiefen Eiskern?

Logistik und Bohrtechnik









Basler BT67 (DC-3)

foto: hans oerter, 2008

Ankunft bei Kohlen (9. Jan. 2008)

EPICA-Bohrcamp Kohnen-Station

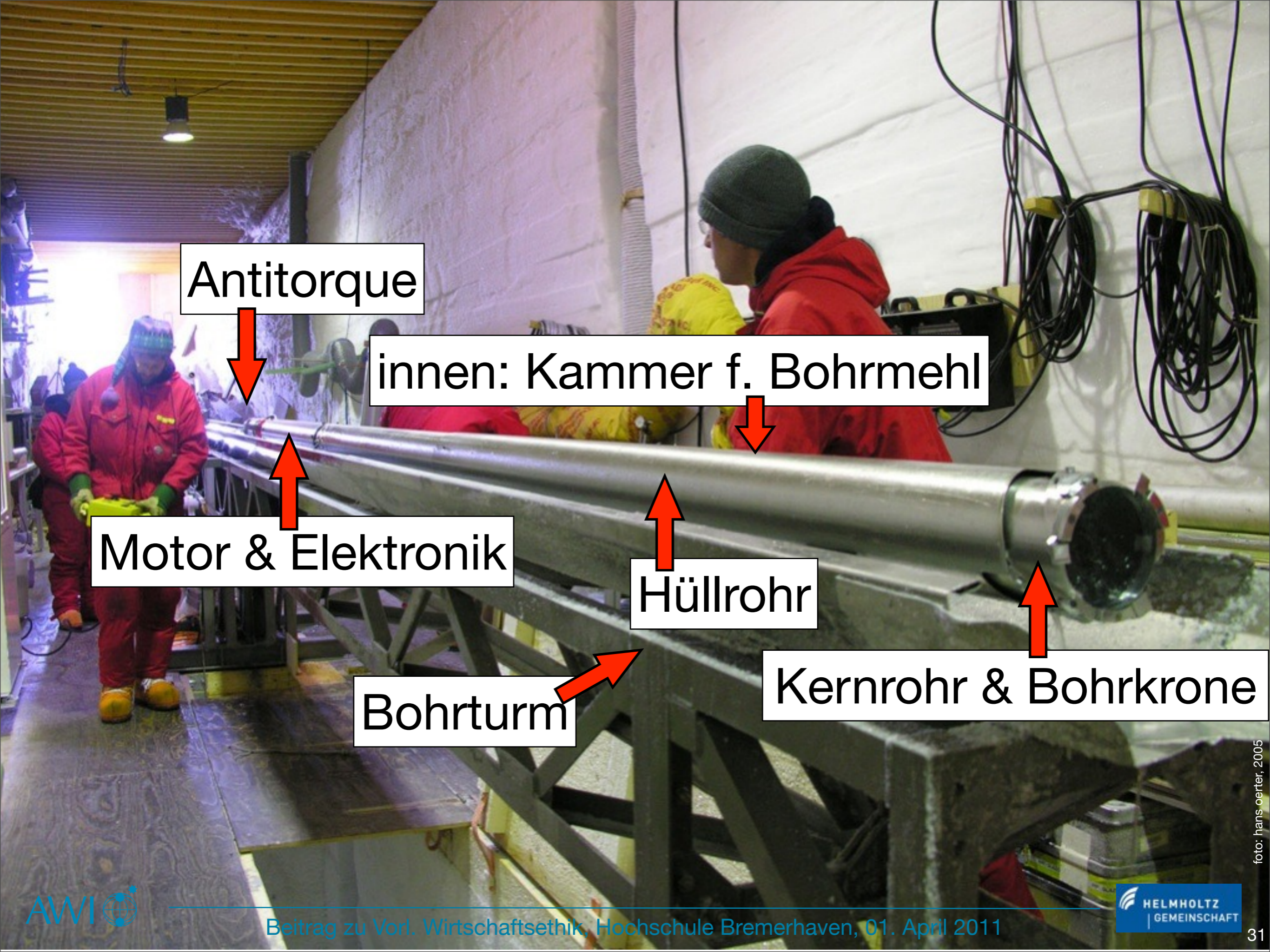


Funk, PC, e-mail
Messe
Küche
Sanitärcontainer
2 Schlafräume
à 4 Pers.
Schneesmelze
Generator
Werkstatt

Zum Bohren

Kohnen-Station
75°S, 0 °E, 2882 m





Antitorque



innen: Kammer f. Bohrmehl



Motor & Elektronik



Hüllrohr



Bohrturm



Kernrohr & Bohrkrone



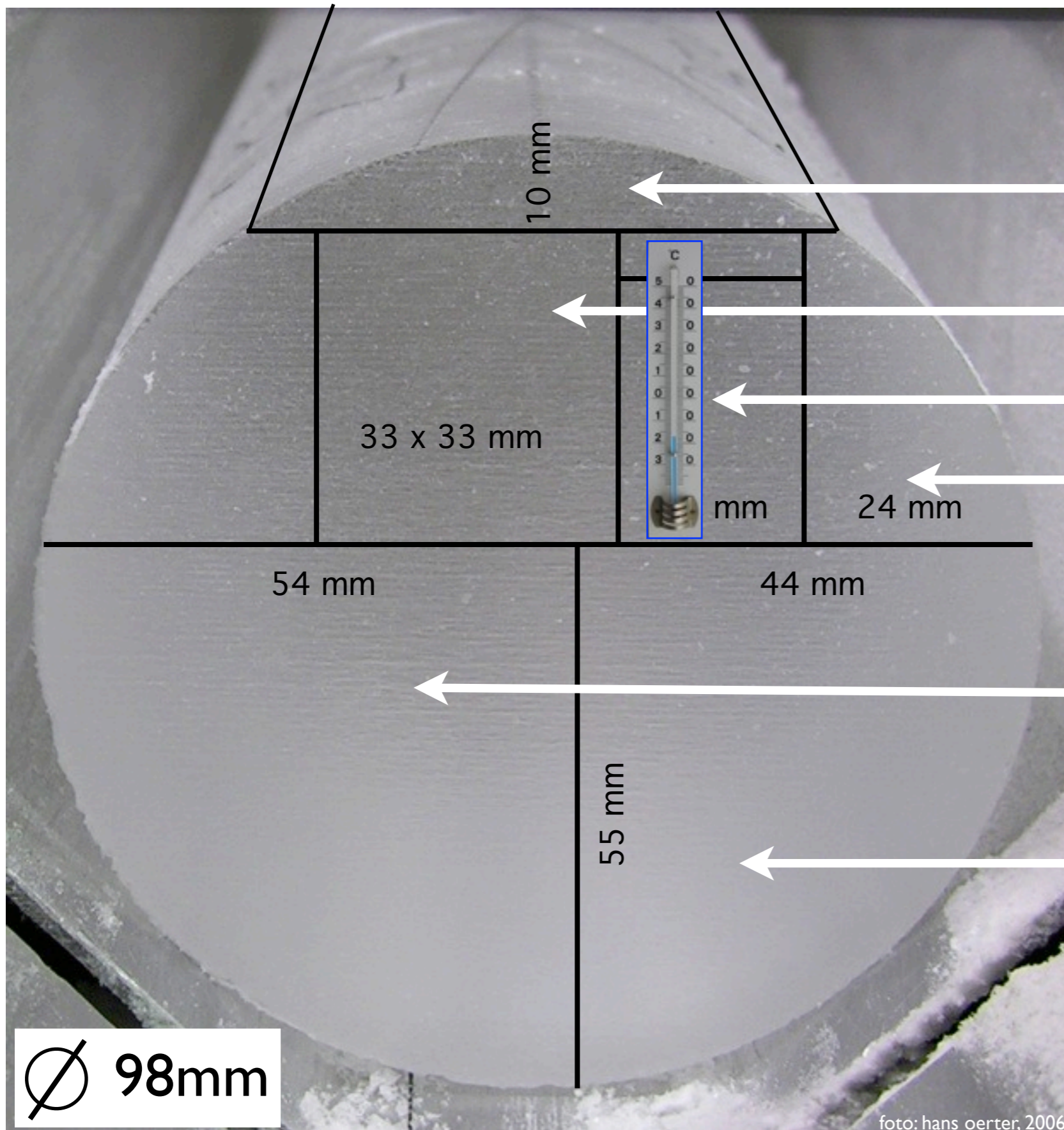
Erste Inspektion des frischen Kerns



foto: hans oerter, 2006



Twin-Otter von British Antarctic Survey (BAS)



Dünnschnitte

CFA

$\delta^{18}\text{O}$

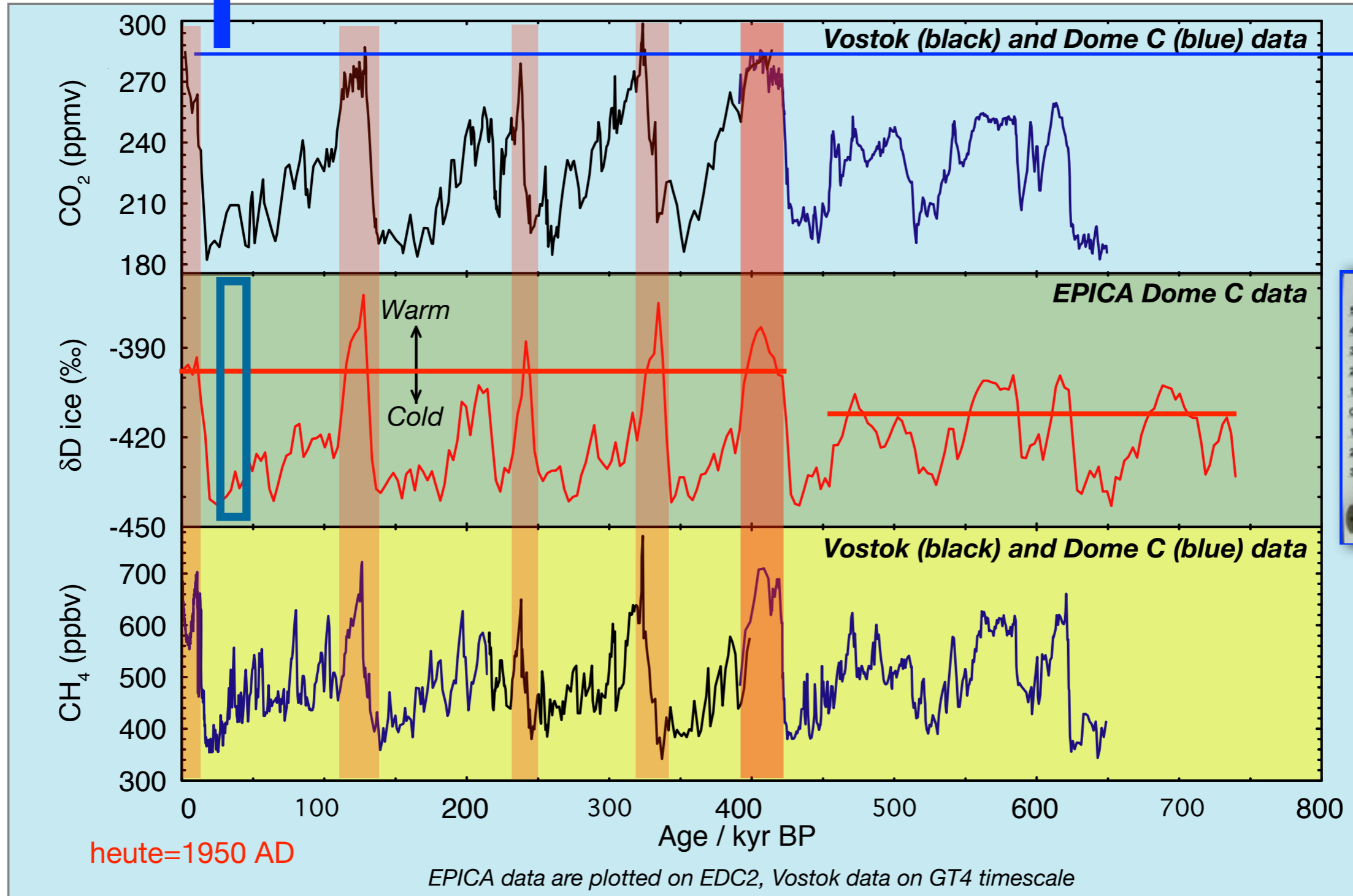
^{10}Be

Archiv

**Gase,
Staub**

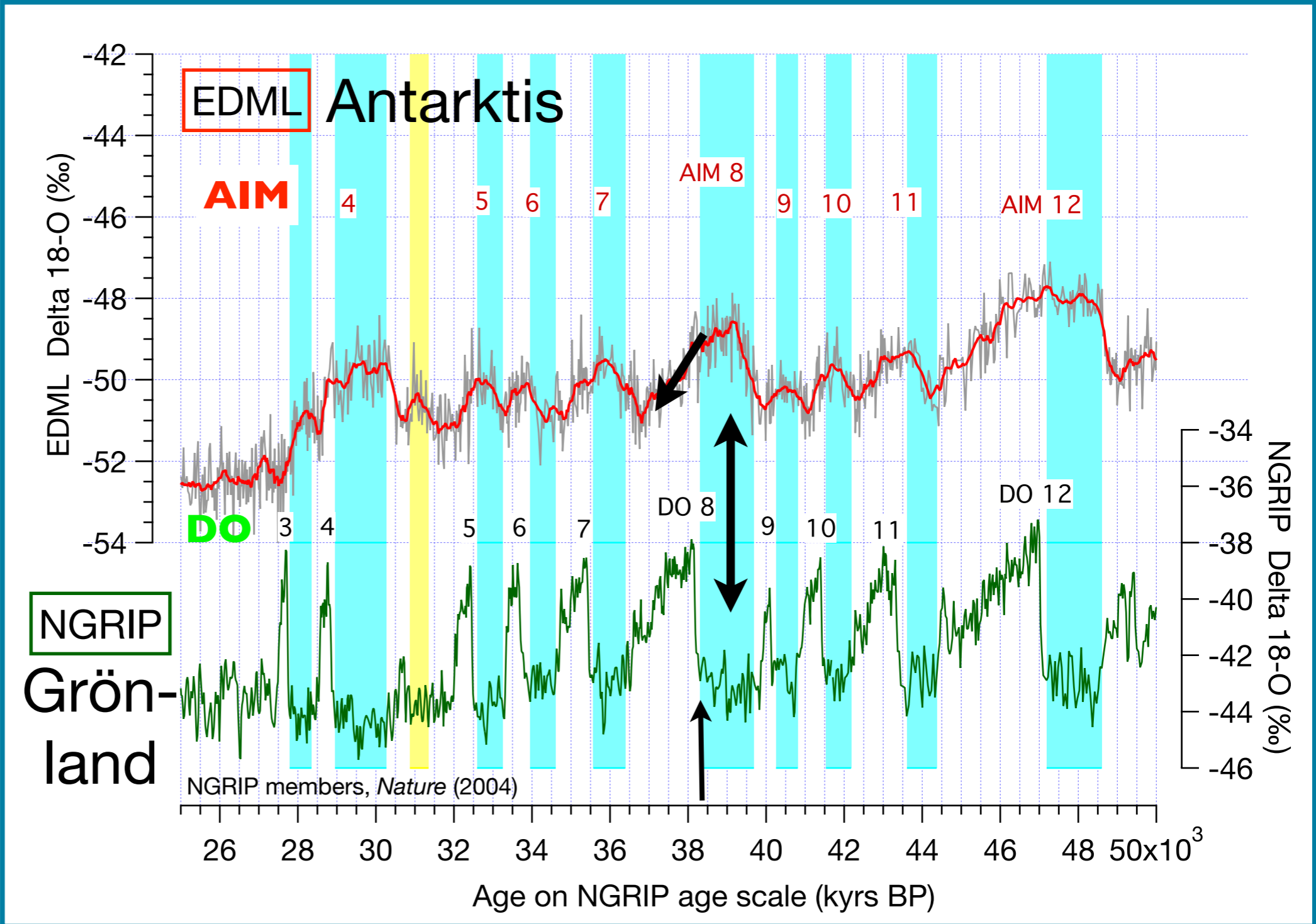
Probenzuteilung aus dem Eiskern

Antarctic ice core records: Vostok and EPICA CO₂, CH₄ and δD



Jedes antarktische Isotopen Maximum (AIM) im EDML-Kern entspricht einem Dansgaard/Oeschger (DO) Ereignis in Grönland (NGRIP)

In der Antarktis beginnt die Erwärmung in einer Kaltphase (Stadial) des Nordens, die Abkühlung in einer Warmphase (Interstadial)



Quelle: EPICA community members: *Nature*, Vol. 444, 2006)

Vergleich Antarktis (EDML) - Grönland (NGRIP)

3) Was sind die Ursachen für Klimaänderungen ?

3.1 “Orbital forcing”

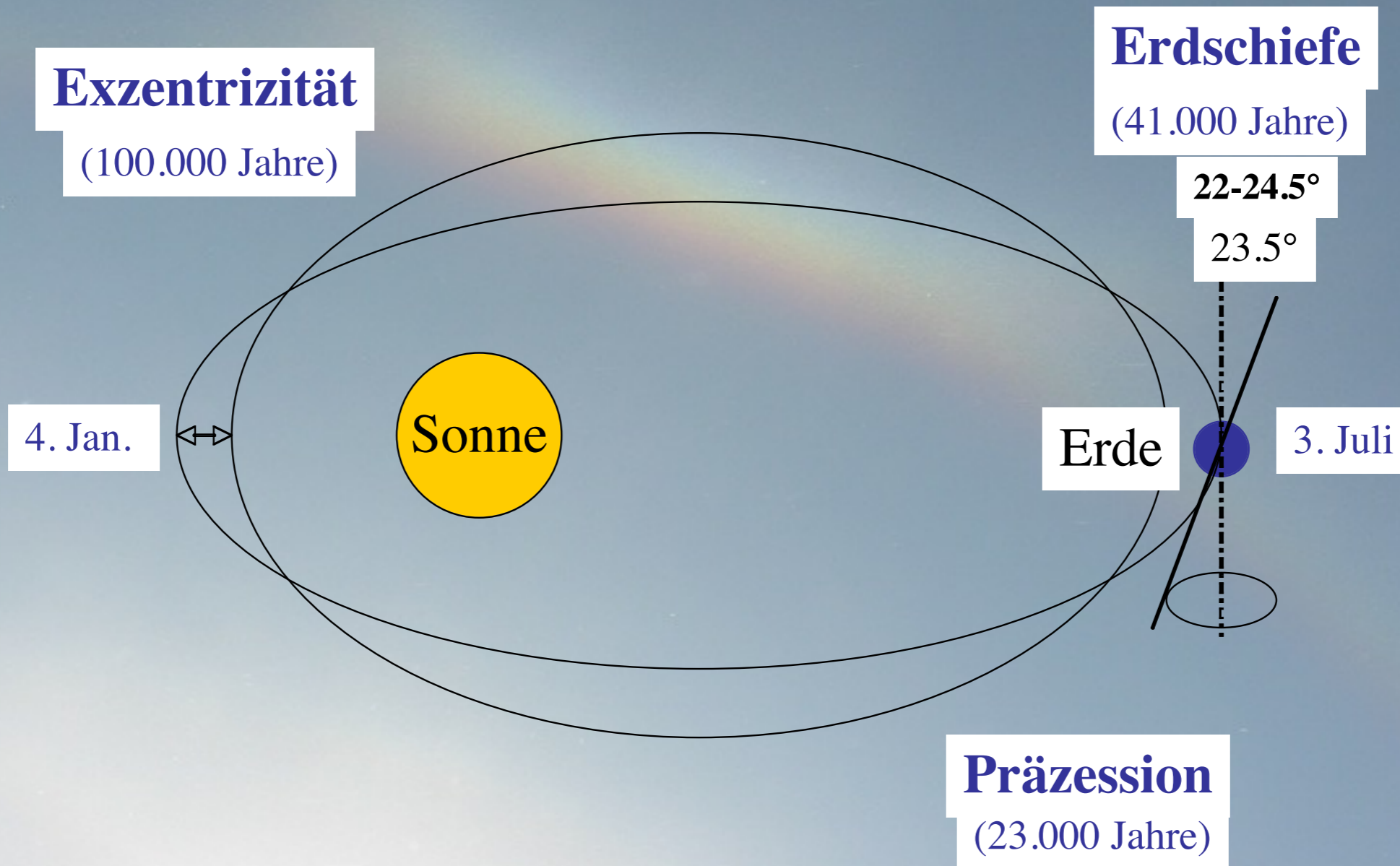
3.2 Albedo der Erdoberfläche

3.3 Treibhausgase

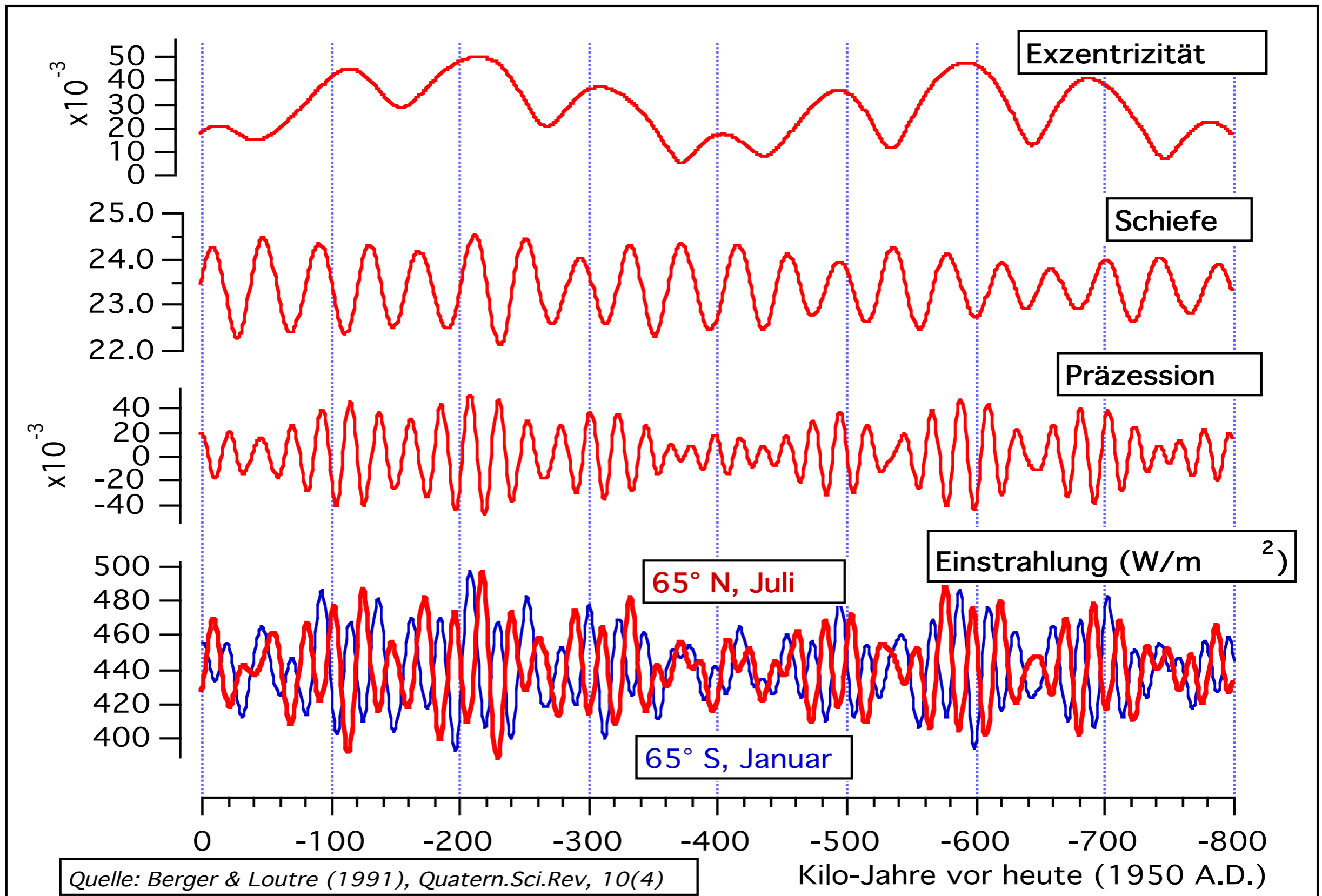
3.4 Bevölkerungswachstum

3.1 “Orbital forcing”

Erdumlaufbahn



Die Sonneneinstrahlung ändert sich mit der Zeit



3.2 Albedo der Erdoberfläche

(Rückstrahlungsvermögen einer Oberfläche)



foto: h. oerter, 1994

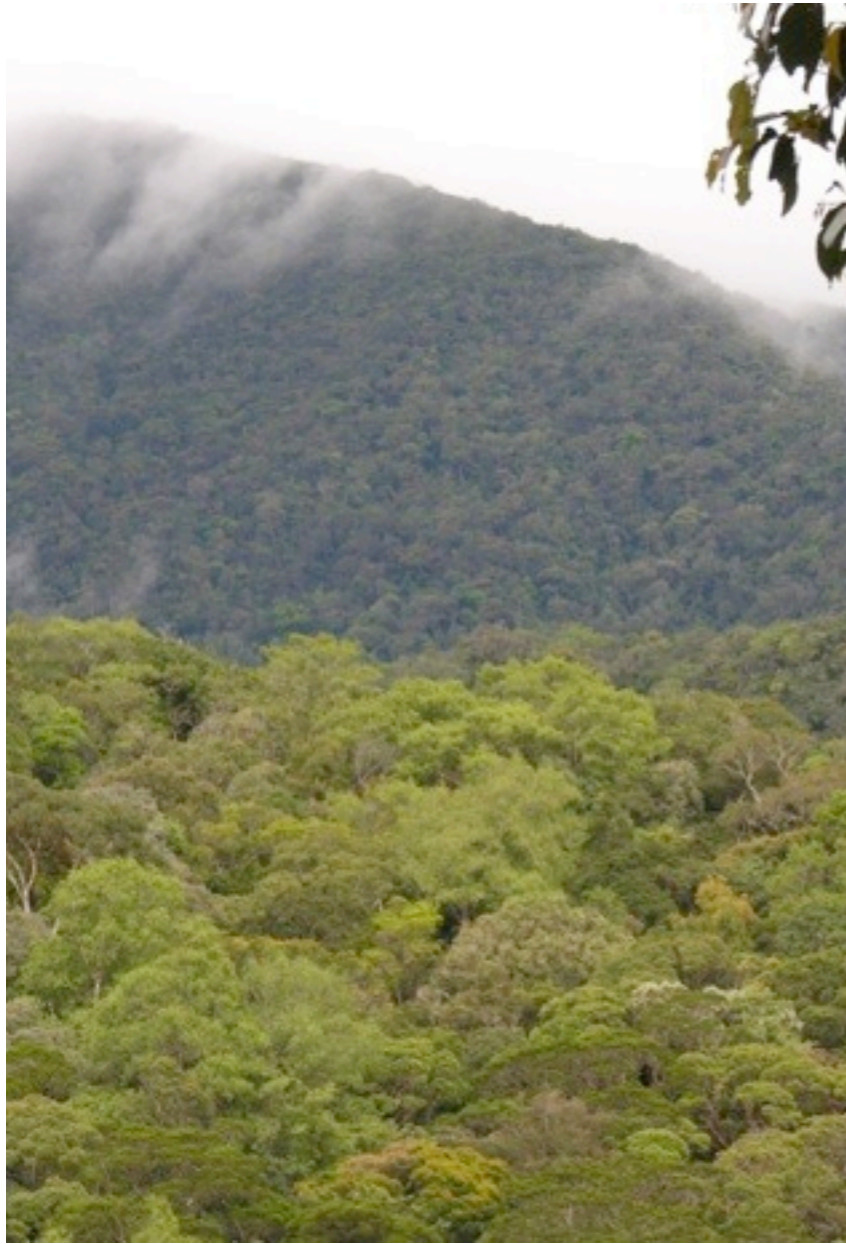


foto: h. oerter, 2007



foto: h. oerter, 1996



foto: h. oerter, 1996

Wald ~20%

Wasser ~5 %

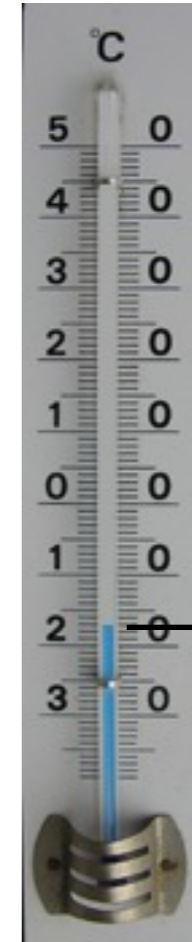
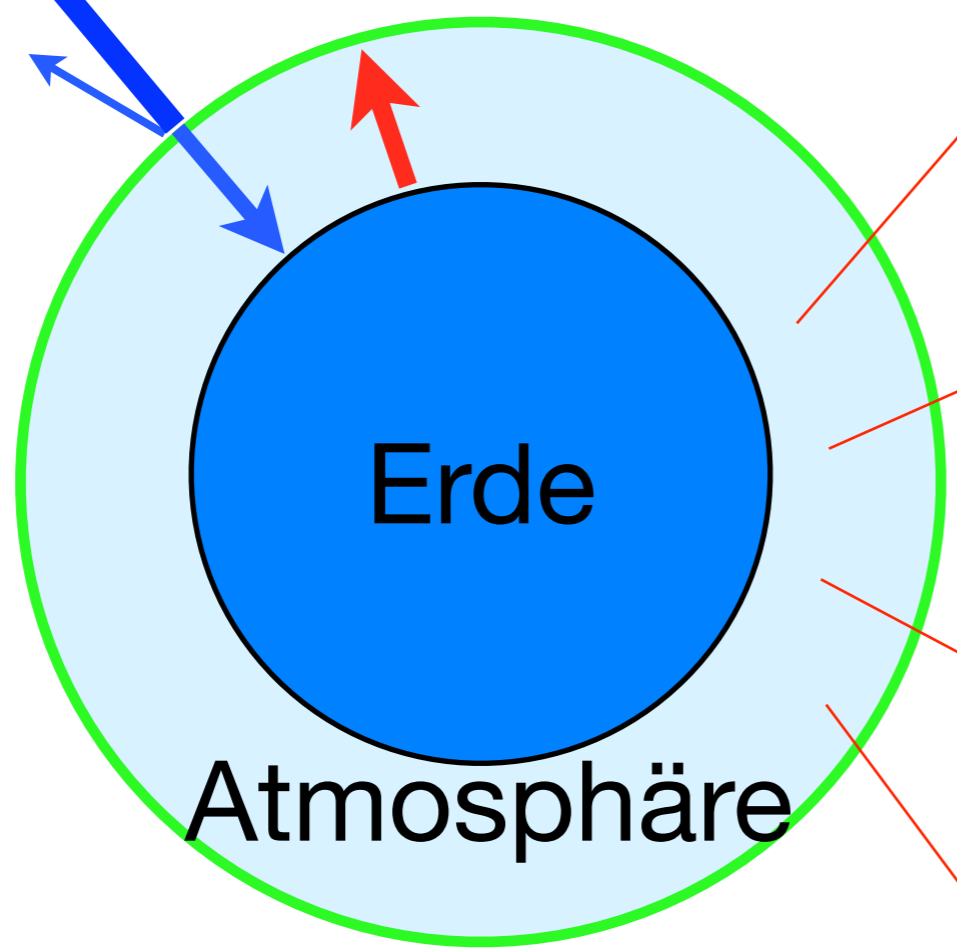
Schnee ~80 %

Albedo der Erdoberfläche

3.3 Treibhausgase

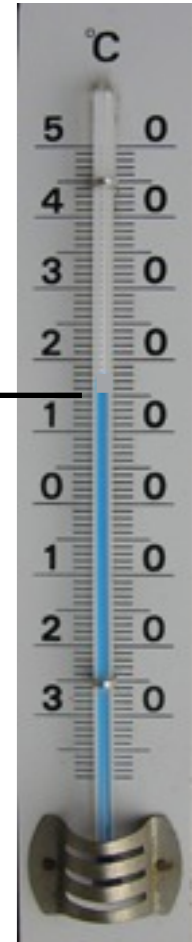
Sonne

kurzwellig
langwellig



+15°C

-18°C



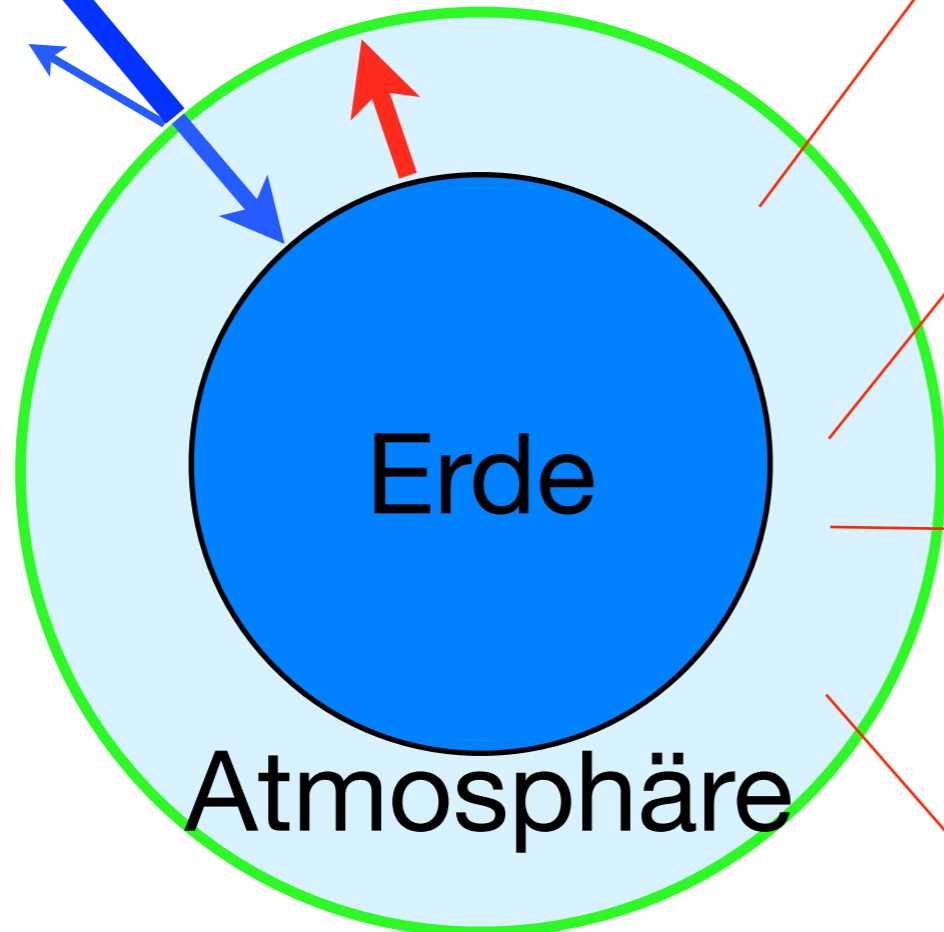
ohne
mit
Treibhausgase

Schichtdicke Atmosphäre nicht maßstäblich!

Treibhauseffekt

Sonne

kurzwellig
langwellig



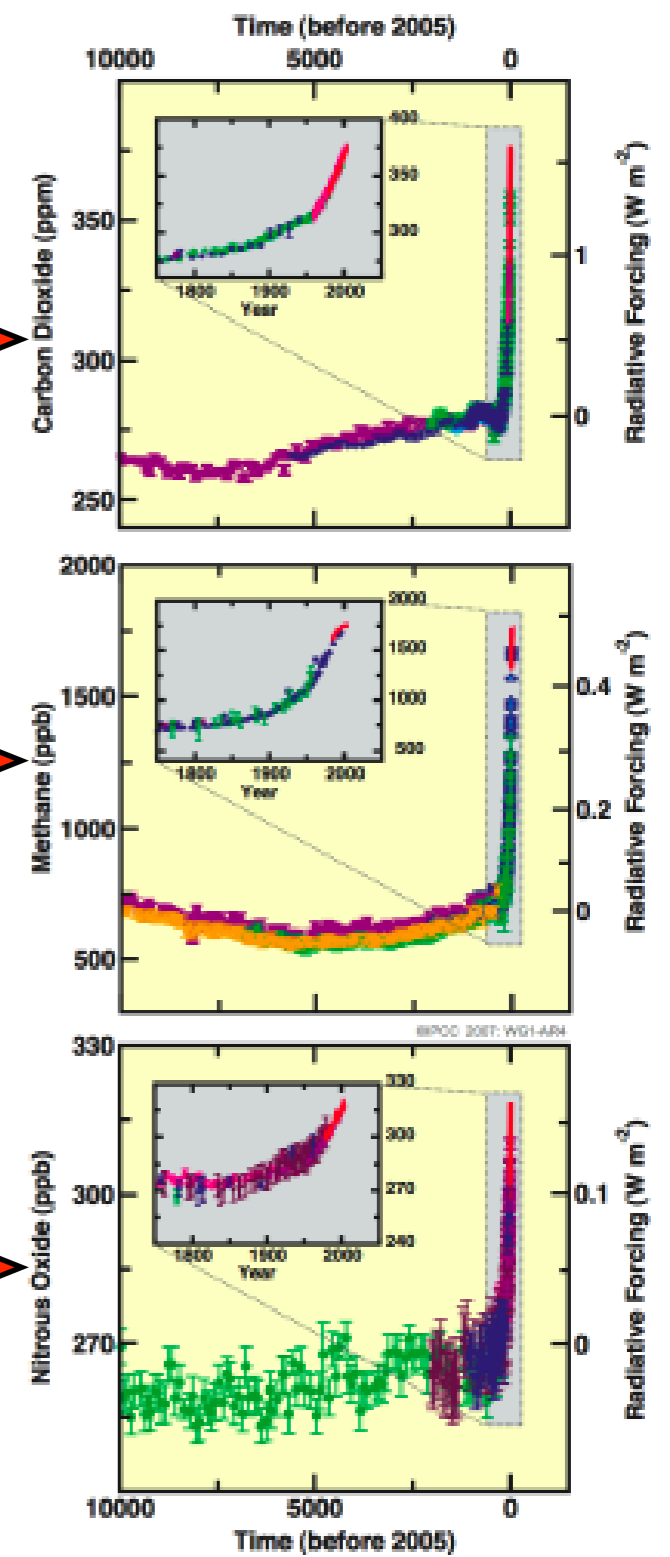
H₂O

CO₂

CH₄

N₂O

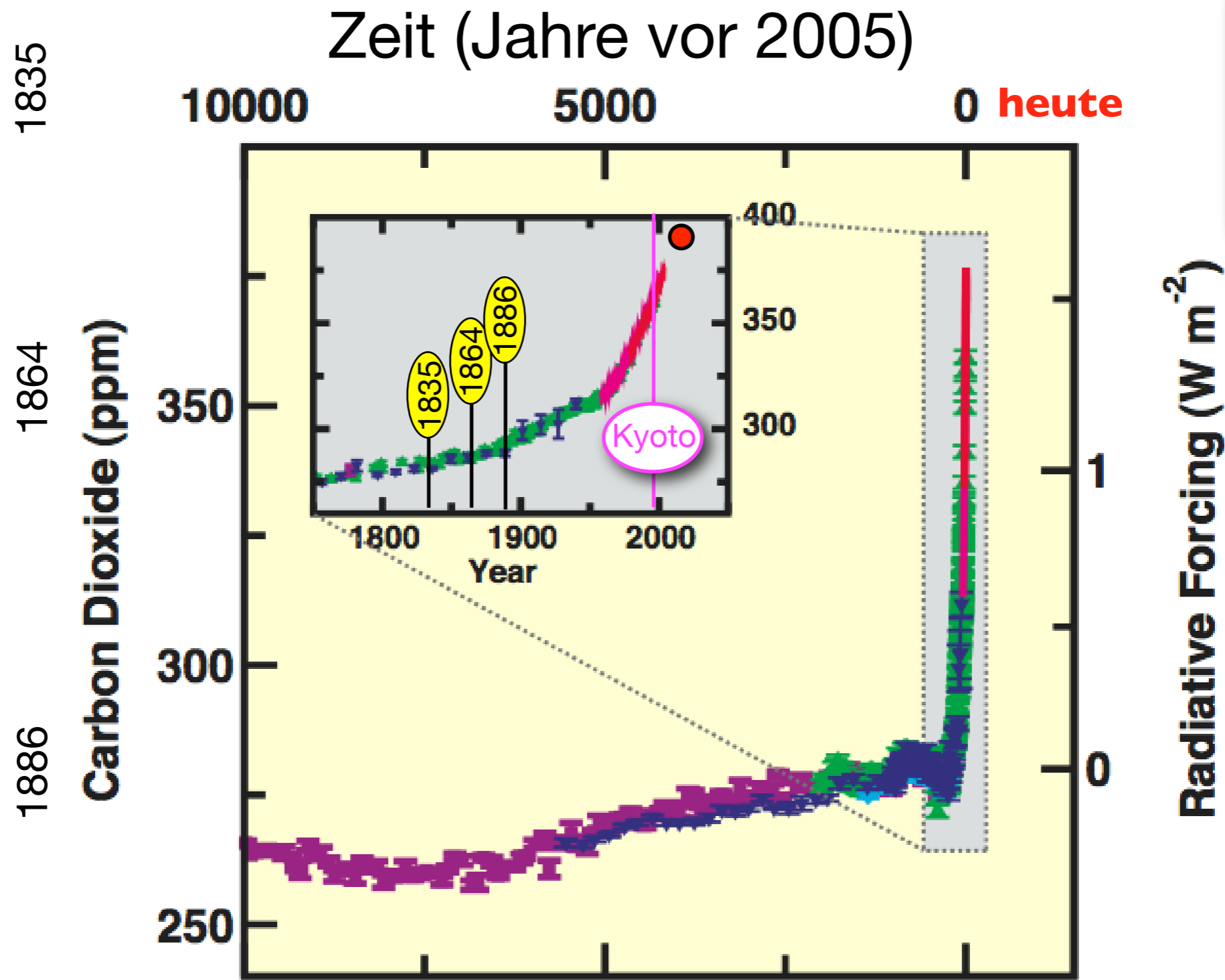
Changes in Greenhouse Gases from ice-Core and Modern Data



Schichtdicke Atmosphäre nicht maßstäblich!

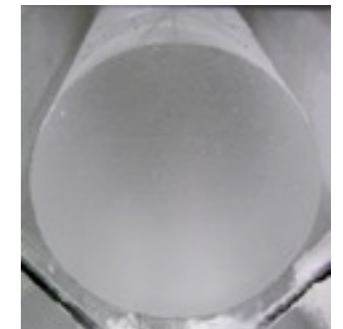
Treibhauseffekt

Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre



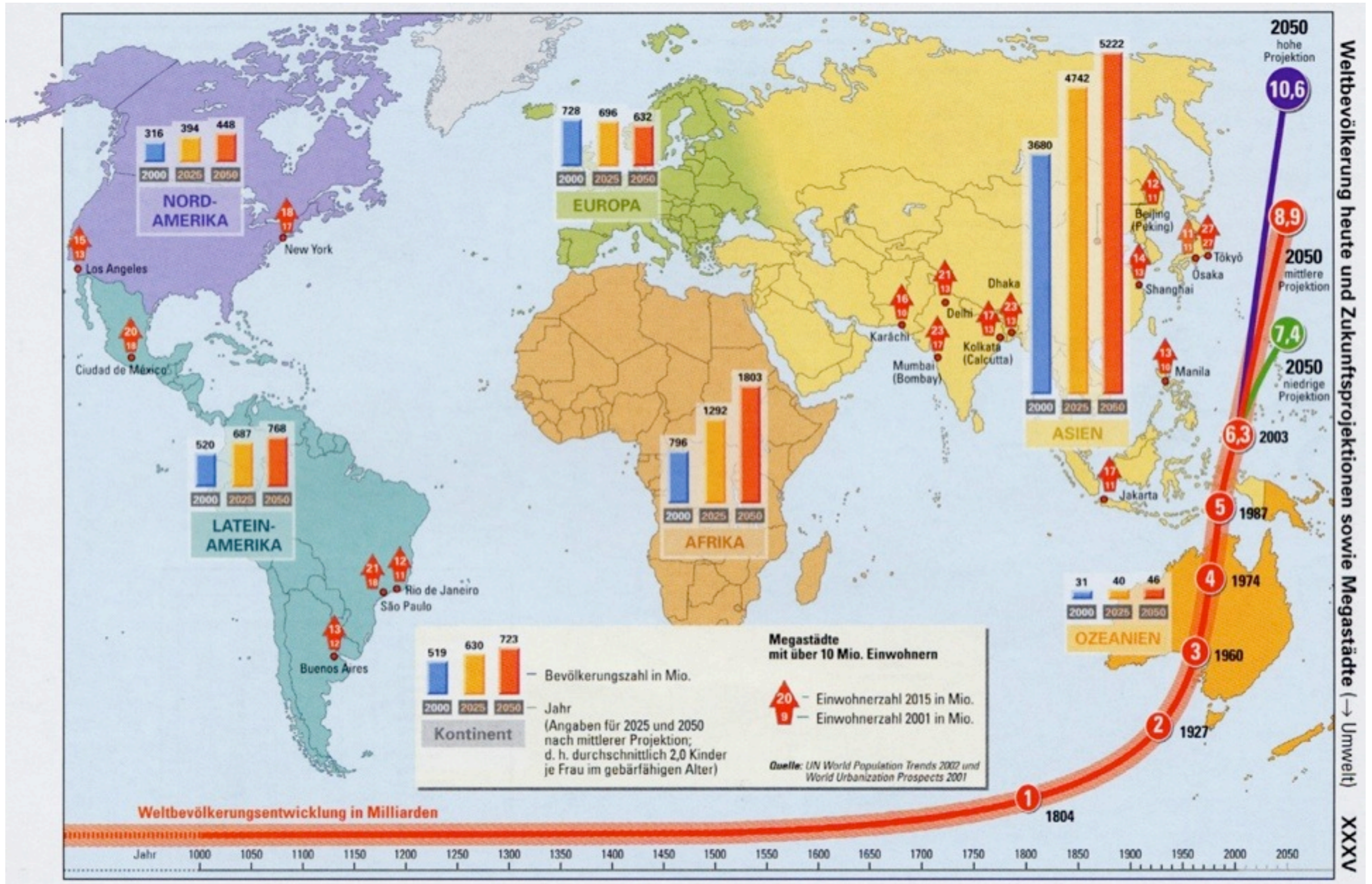
— Messung an Luftproben seit 1958

— Messung an Eisproben



Quelle: IPCC, Climate Change 2007: The Physical Basis, Summary for Policy Makers (www.ipcc.ch)

3.4 Wachsende Weltbevölkerung



Quelle: Der Fischer Weltatmanach 2004, Frankfurt a.M. (2003)

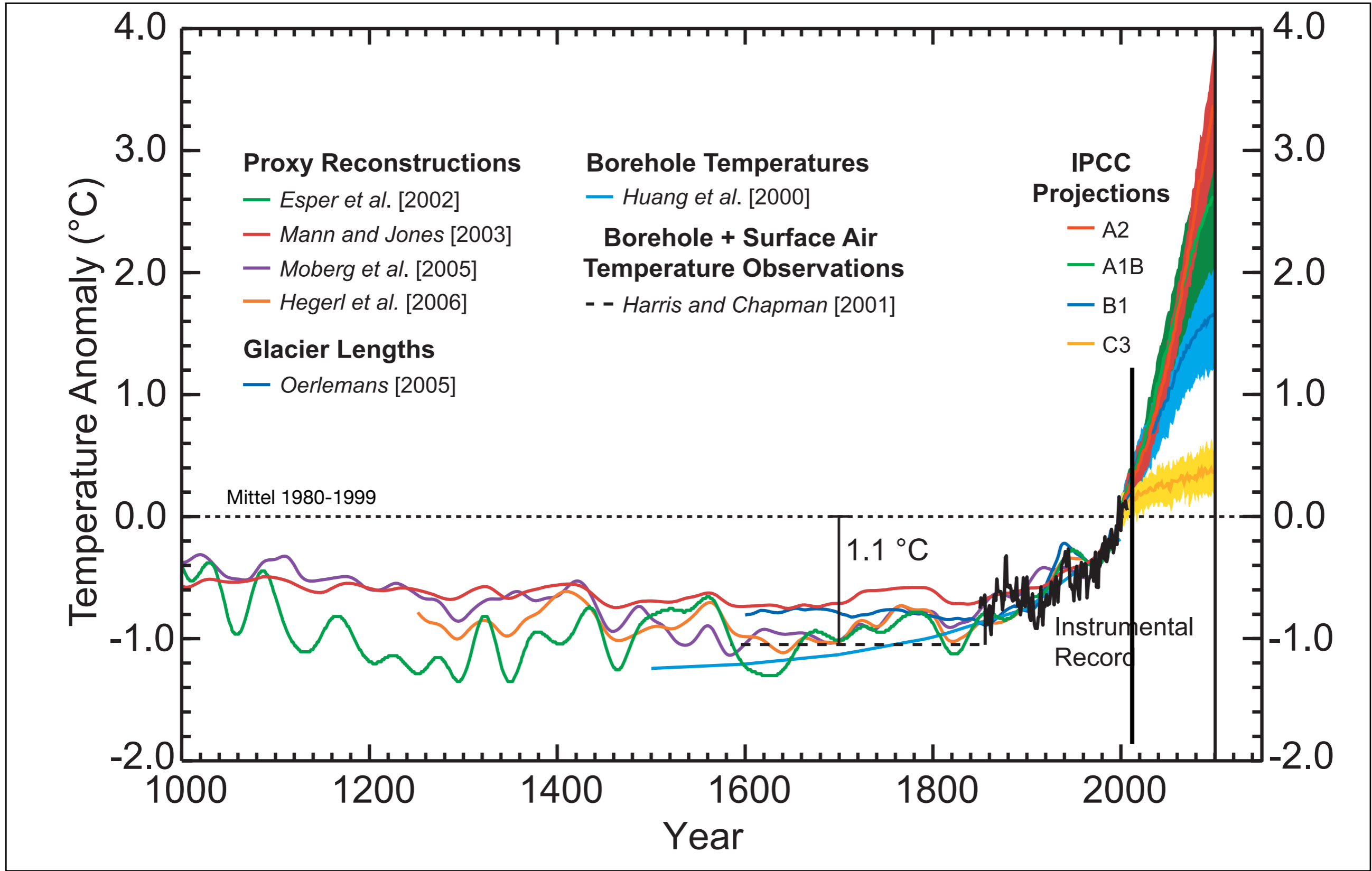
4) Status quo und Szenarien für die Zukunft (IPCC Report 2007)

www.ipcc.ch

4.1 Lufttemperatur

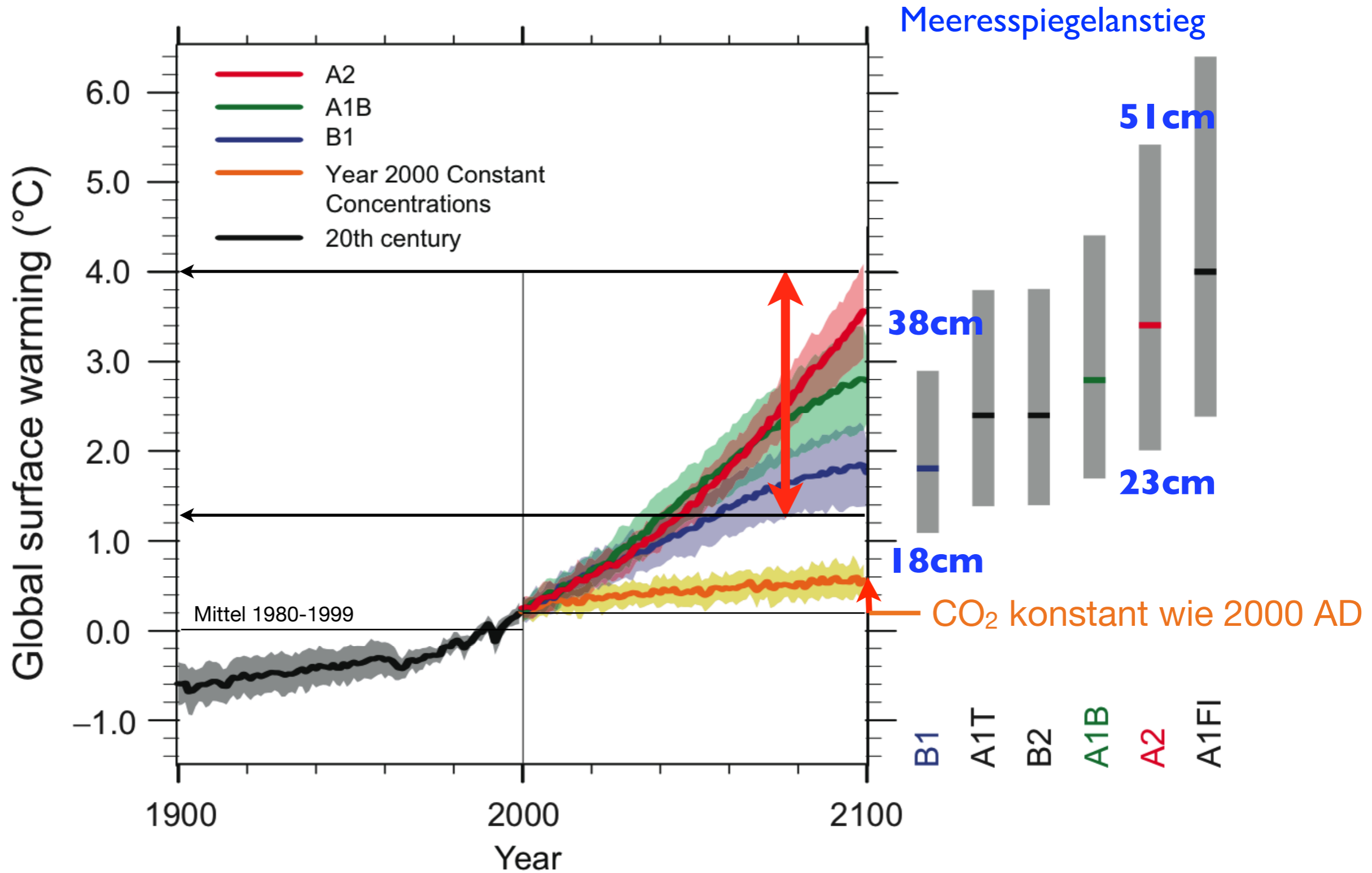
4.2 Meeresspiegel

4.1 Climate Change: Past, Present, and Future



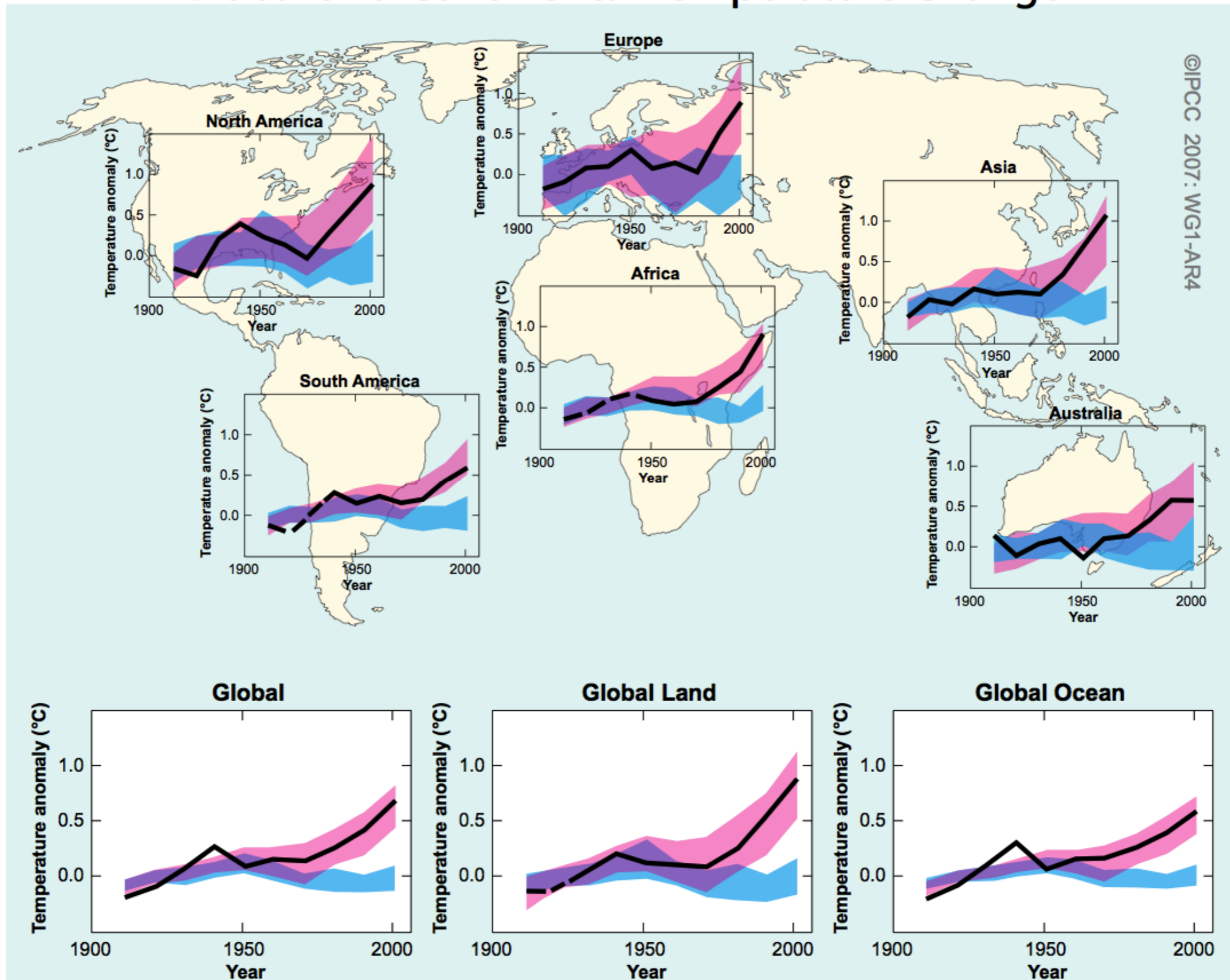
EOS, Transactions, American Geophysical Union, Vol.91, No. 37, 14 Sept. 2010

Multi-model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming



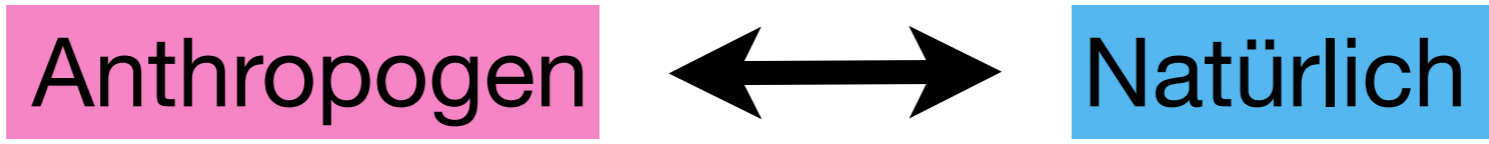
Informationen aus dem IPCC- Report 2007:
Erhöhung der mittleren globalen Lufttemperatur

Global and Continental Temperature Change



©IPCC 2007: WG1-AR4

Quelle: IPCC, Climate Change 2007: The Physical Basis, Summary for Policy Makers (www.ipcc.ch)



4.2

Ozean - Ausdehnung durch Erwärmung

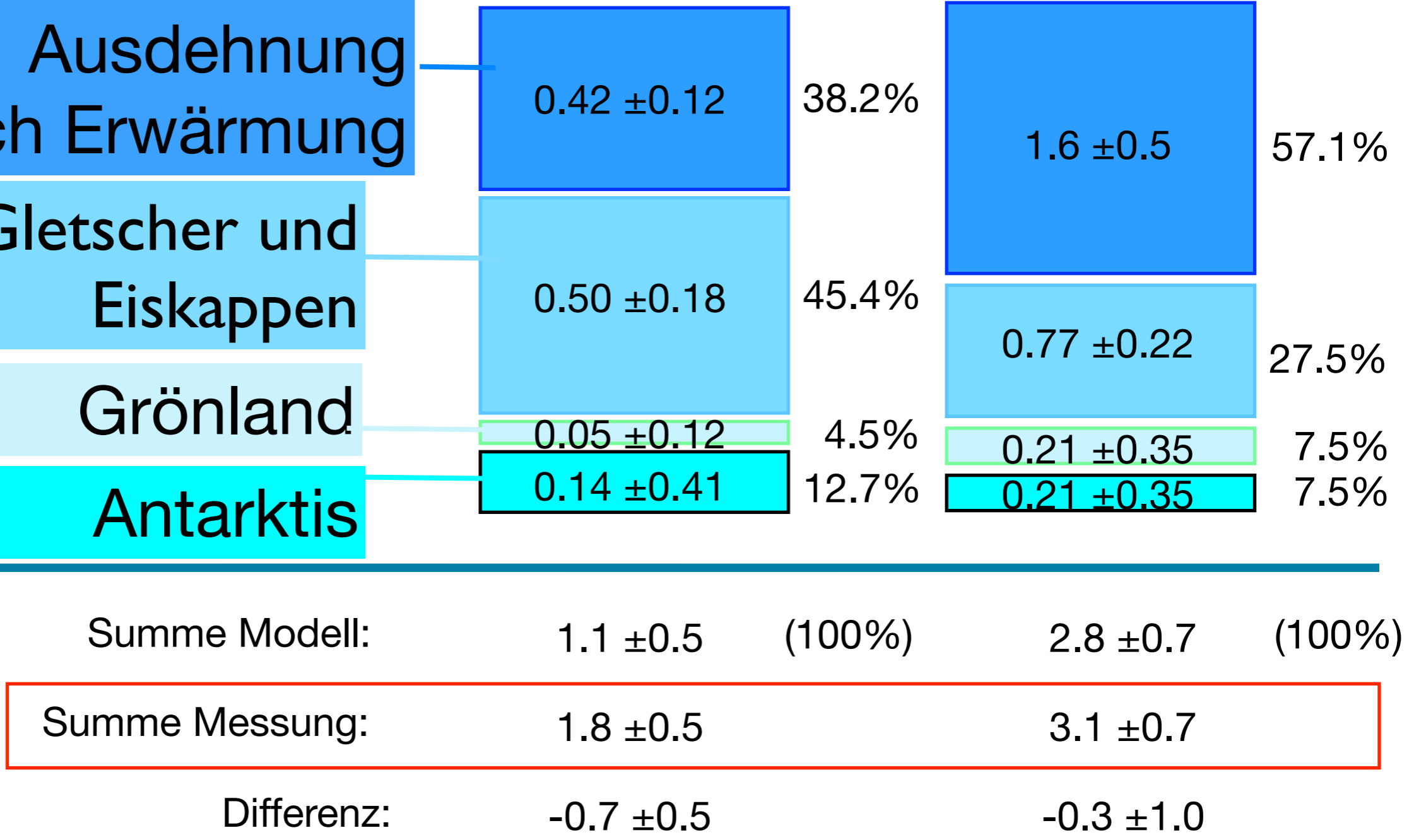
Gletscher und Eiskappen

Grönland

Antarktis

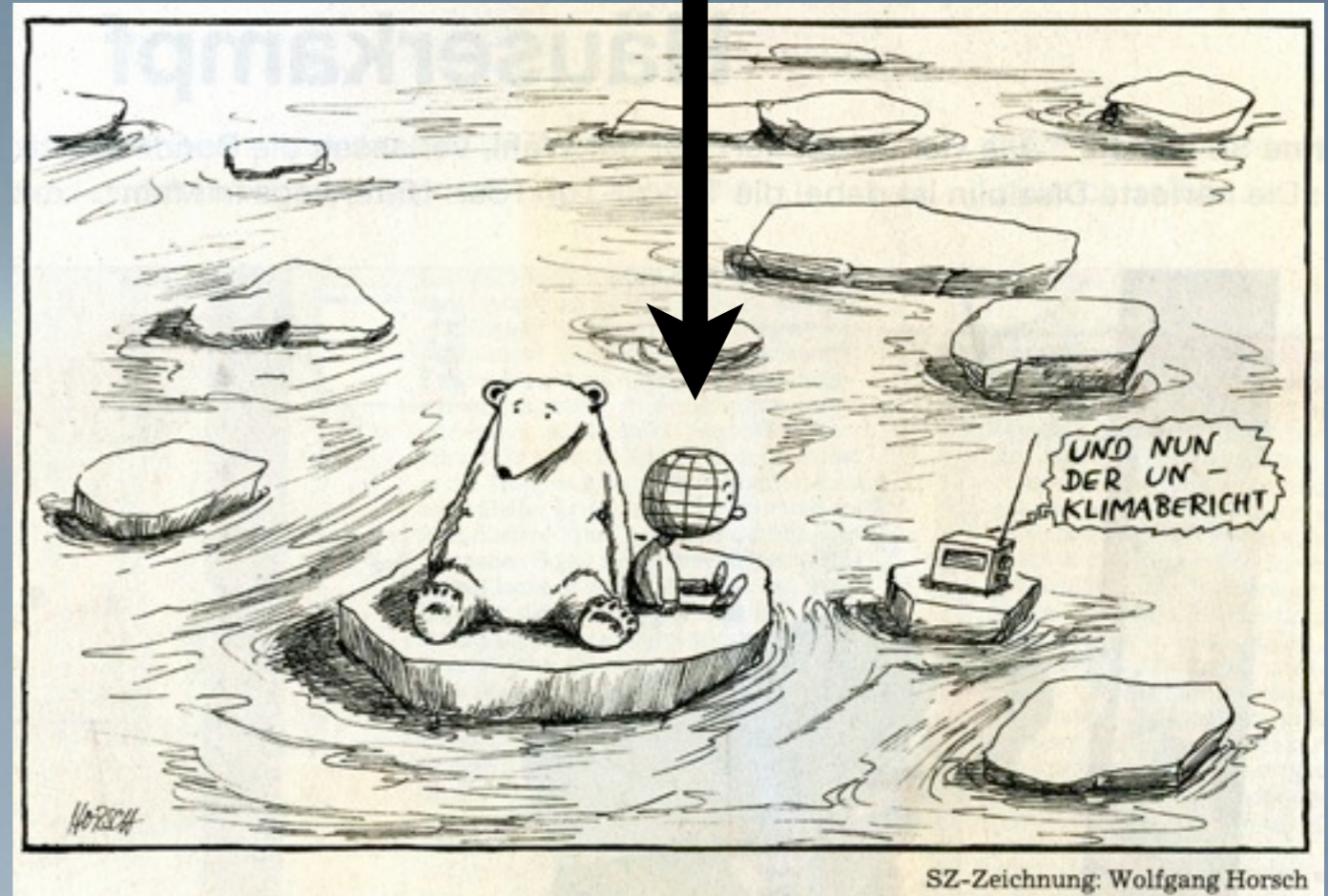
1961-2003
mm pro Jahr

1993-2003
mm pro Jahr



Informationen aus dem IPCC- Report 2007:
Meeresspiegelerhöhung und Ursachen

Wo bleibt der Mensch ?



Süddeutsche Zeitung 24. Sept. 2009

Sie müssen sich dieser Frage stellen !

Abtauchen ist keine Lösung !

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

