

# Klimawandel und seine Ursachen

IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) 4<sup>th</sup> Assessment Report 2007

Dr.-Ing. Hans **Oerter**

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

[Hans.Oerter@awi.de](mailto:Hans.Oerter@awi.de)

# vorweg einige nützliche Hinweise aufs Internet:

Folien des Vortrags als pdf:

<http://www.awi.de/People/show.php?hoerter>,  
weiter zu „Invited talks“, dann zu „Other invited talks“

IPCC 4<sup>th</sup> 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; [info@de-ipcc.de](mailto:info@de-ipcc.de)

Umweltbundesamt:

<http://www.umweltbundesamt.de>



- 1) Was ist Klima ?
- 2) Wie hat sich das Klima in der Vergangenheit geändert ?
- 3) Was sind Ursachen für Klimaänderungen ?
- 4) Status quo und Szenarien für die Zukunft (IPCC Report 2007)

# 1) Was ist Klima ?

Wetter: heute

Witterung: Woche bis Monat

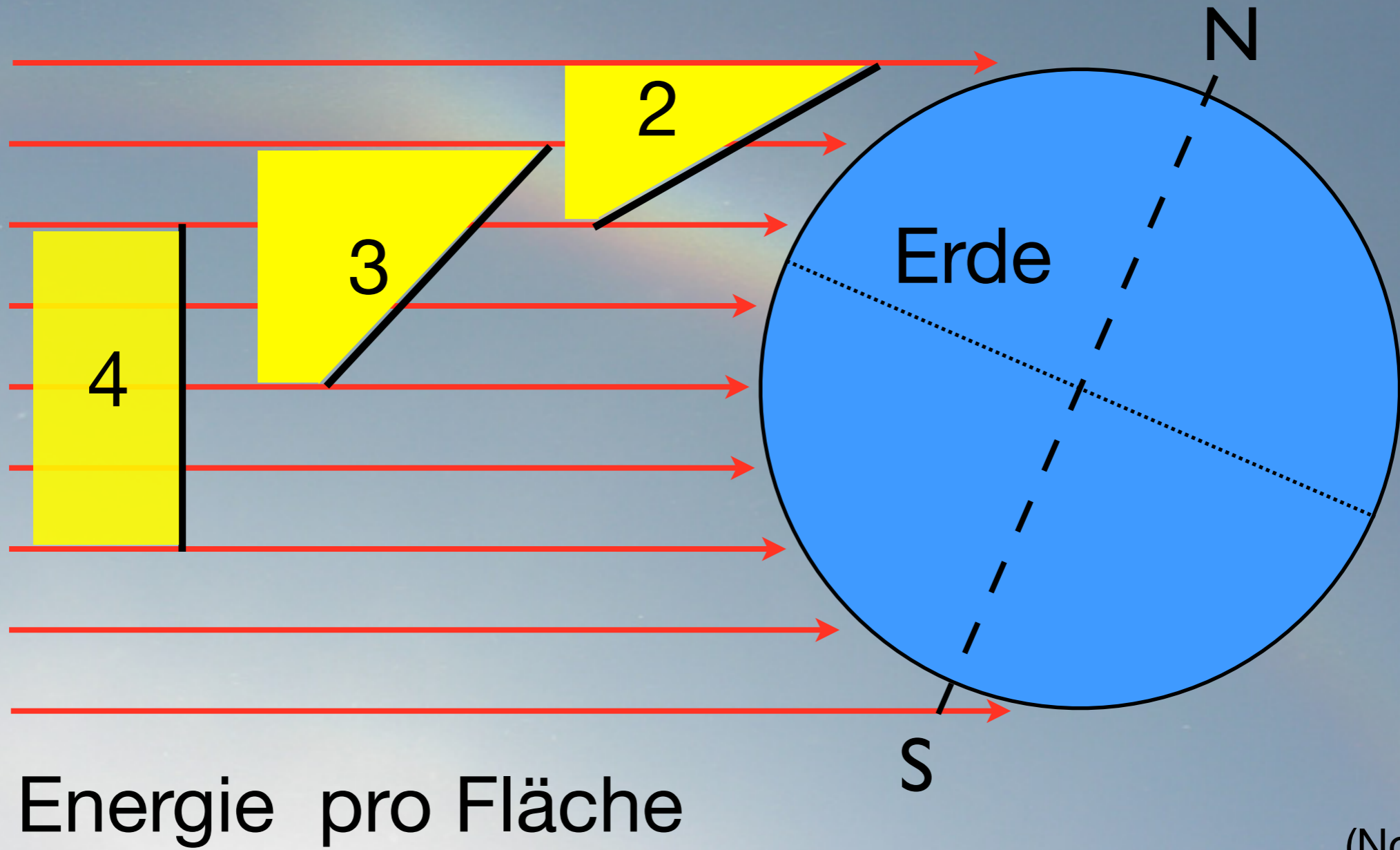
Klima: 30 Jahre (1961-1990)

Klima (griech.) = Neigung



# Klima (griech.) = Neigung

Sonne



(Nordwinter)



**Klimazonen der Erde  
(nach W. Köppen)**



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

# Die Klimazonen der Erde nach W. Köppen



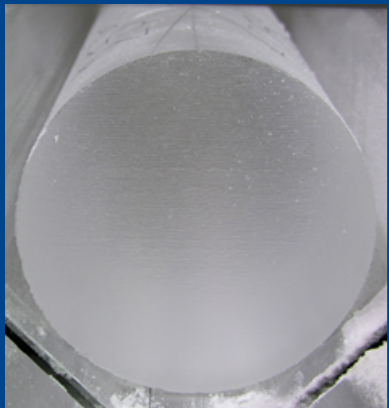
## 2) Wie hat sich das Klima in der Vergangenheit geändert ?

2.1 Temperaturänderungen in den letzten 1000 und 100 Jahren

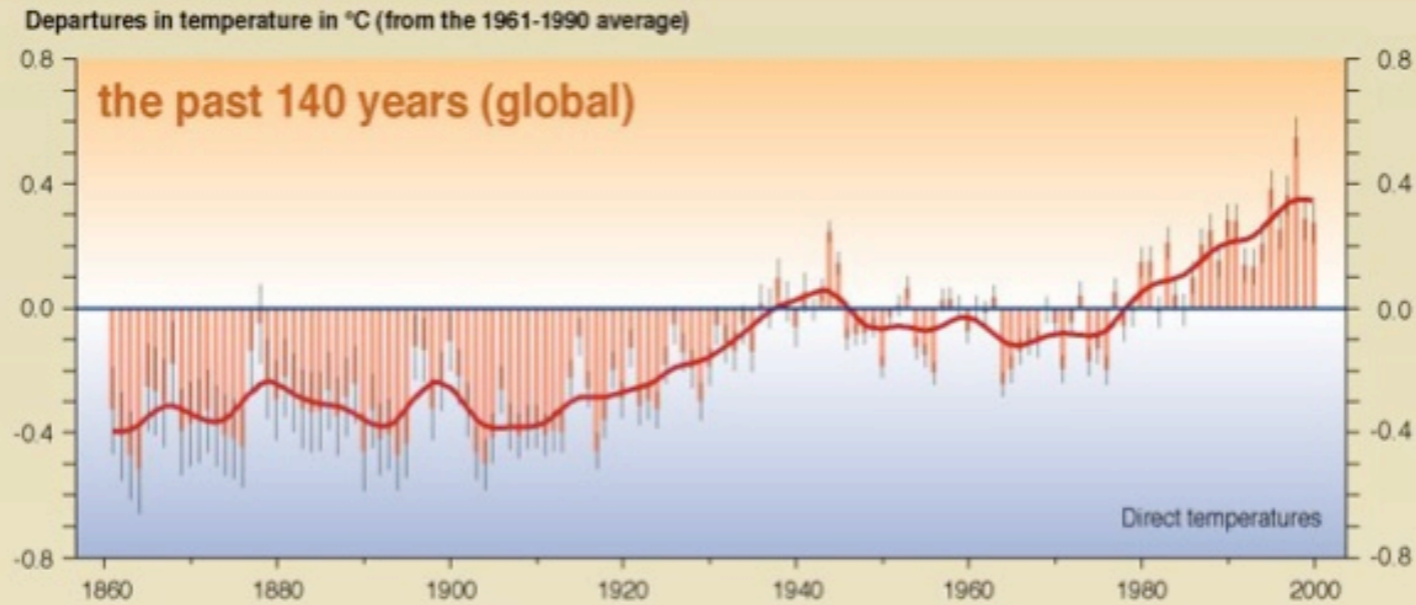
2.2 Eis als Archiv für Klimaänderungen

2.3 Tiefe Eiskernbohrungen in der Antarktis (und in Grönland)

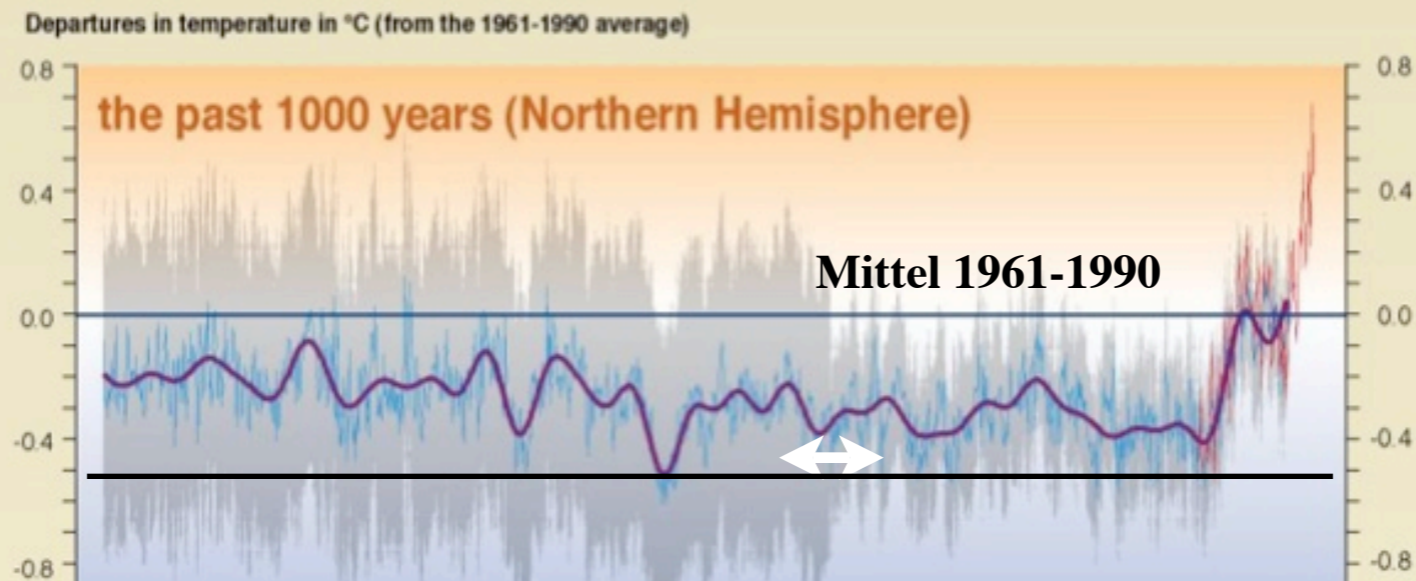
# 2.1 Änderung der Lufttemperatur



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



+ 0.4 °C  
global



+ 0.7 °C  
Nordhem.

Pieter Brueghel d.J.  
(1564-1638)

SYR - FIGURE 2-3

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

— Direct temperatures  
— Proxy data

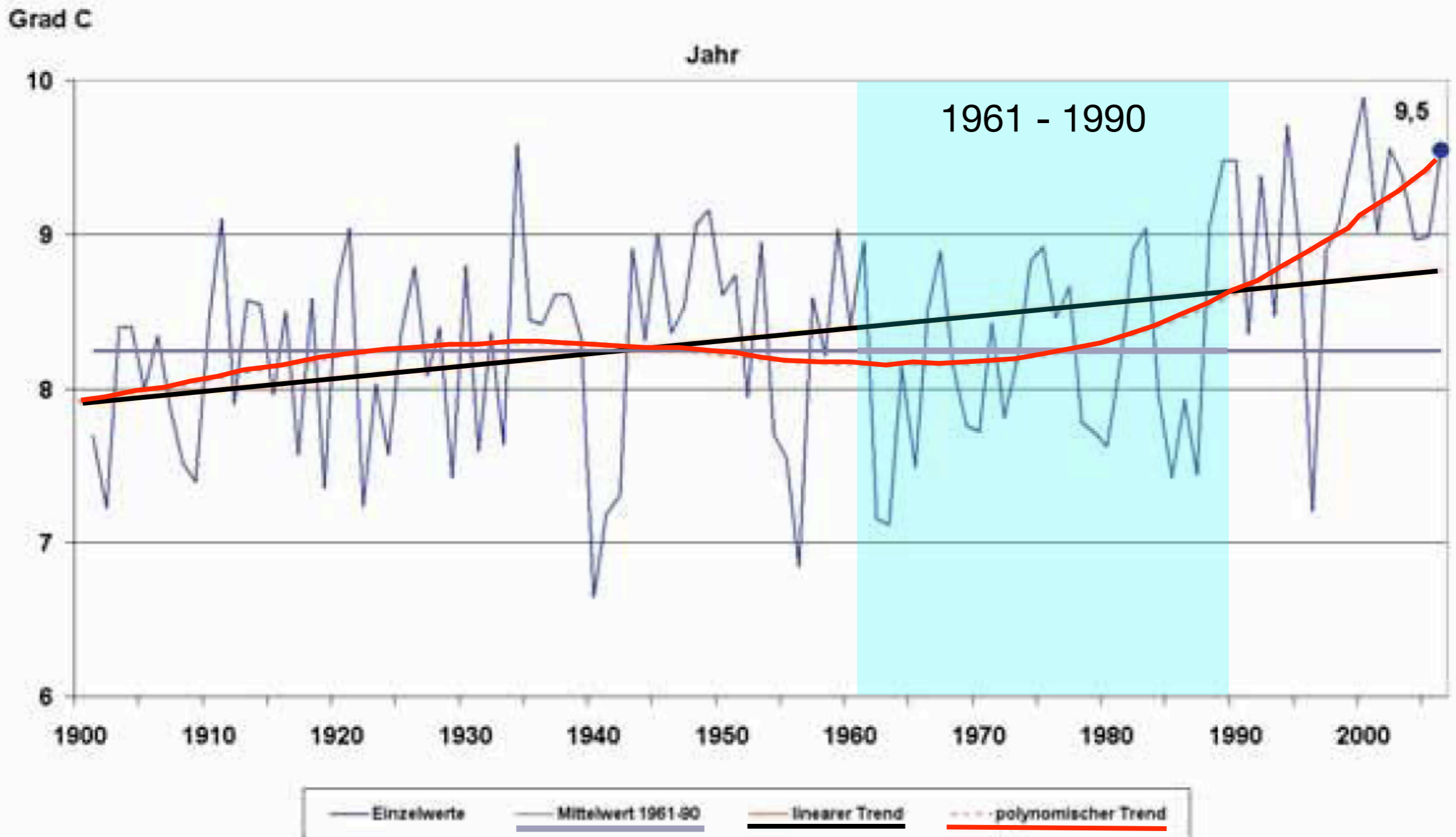




Pieter Bruegel d.J. (1564-1638): Winterlandschaft mit Vogelfalle I, 1601.

Kunsthistorisches Museum Wien

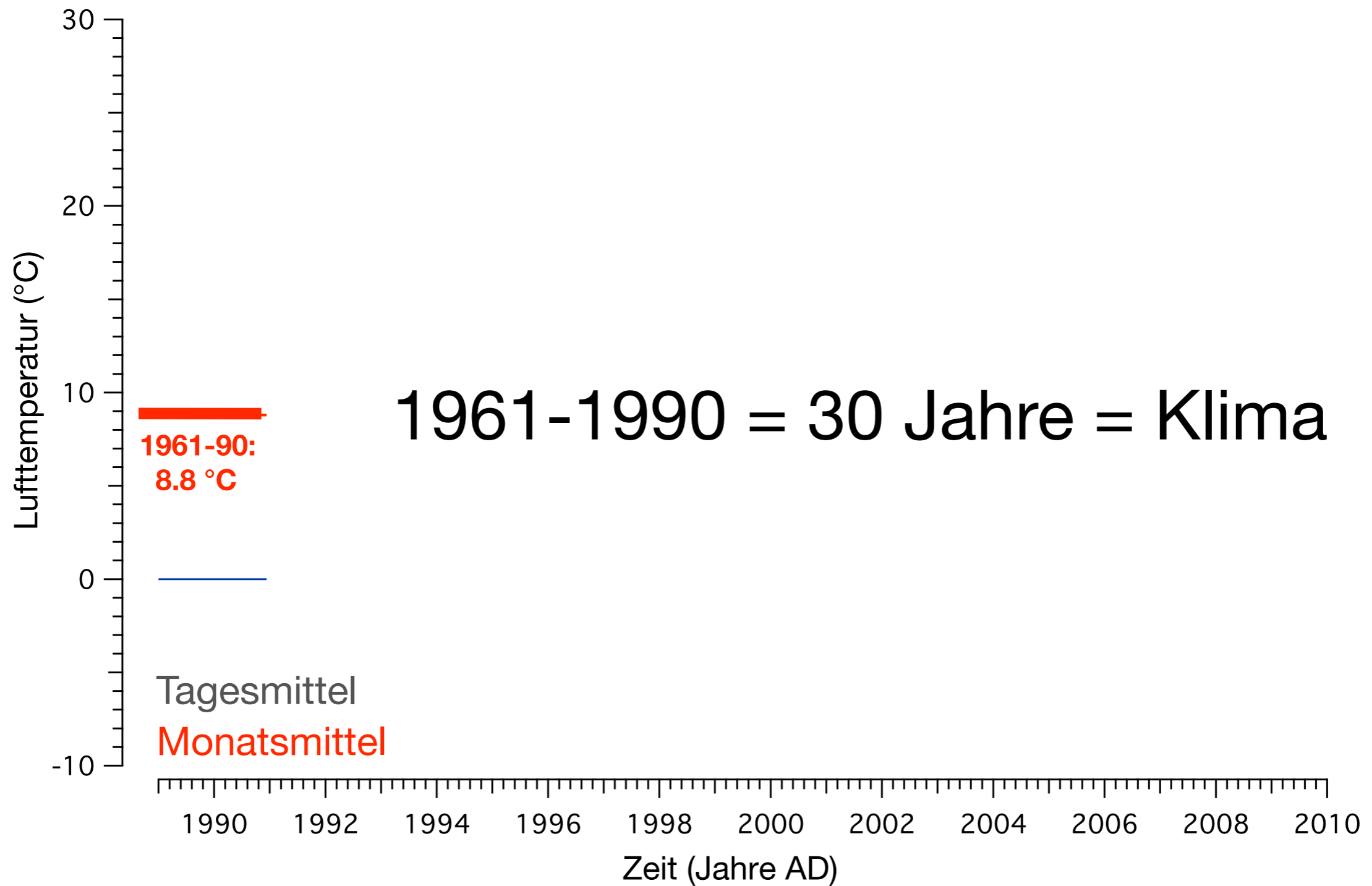




Jahresmittel der Lufttemperaturen in Deutschland von 1901 bis 2006. Der lineare Trend weist einen Anstieg (Erwärmung) um 0,9 °C aus.

Quelle: G. Müller-Westermeier, Deutscher Wetterdienst: Klimawandel in Deutschland - DWD nennt neueste Zahlen und Fakten (2007). (<http://www.dwd.de>)

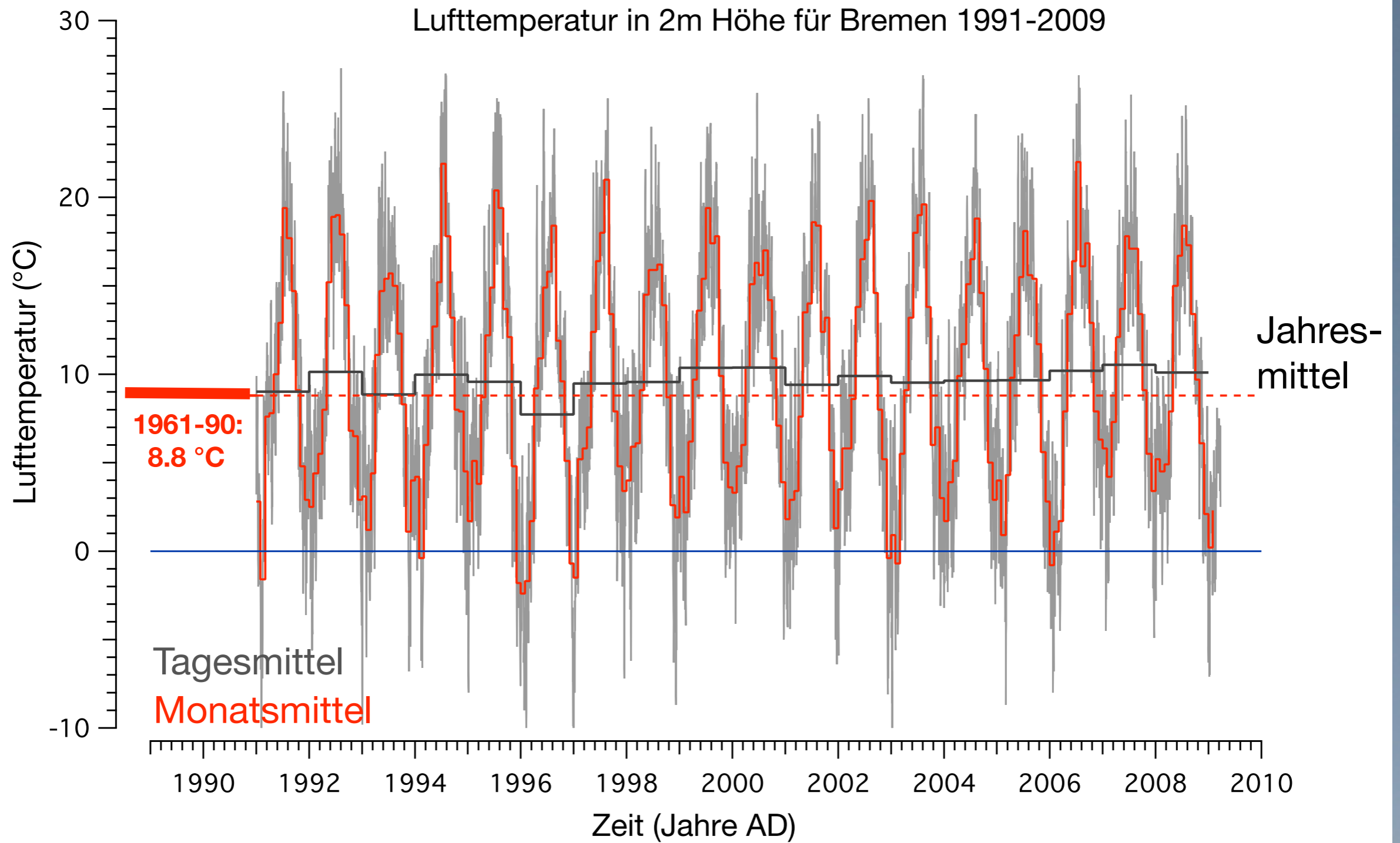




Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

## zum Klima von Bremen

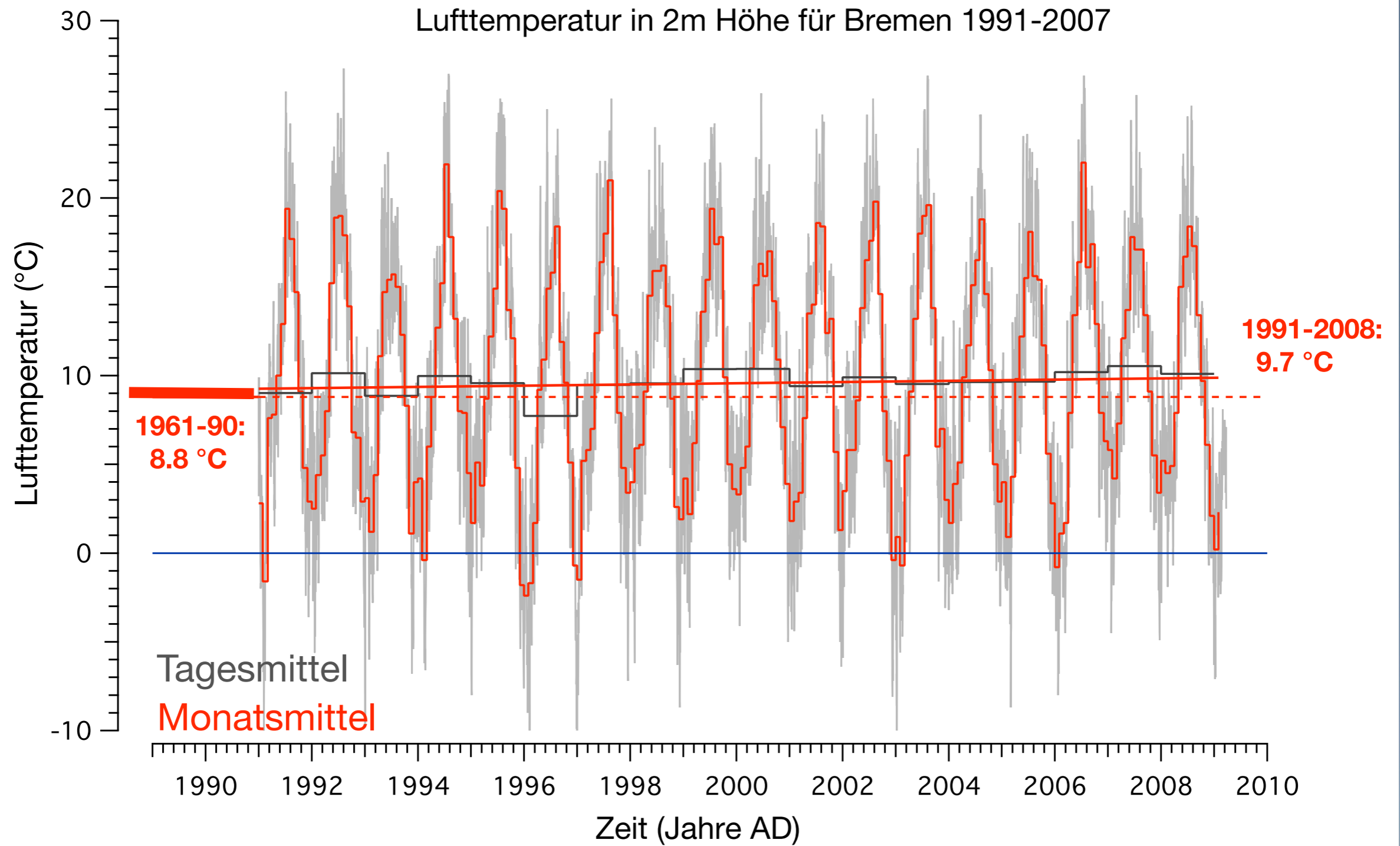




Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

## zum Klima von Bremen

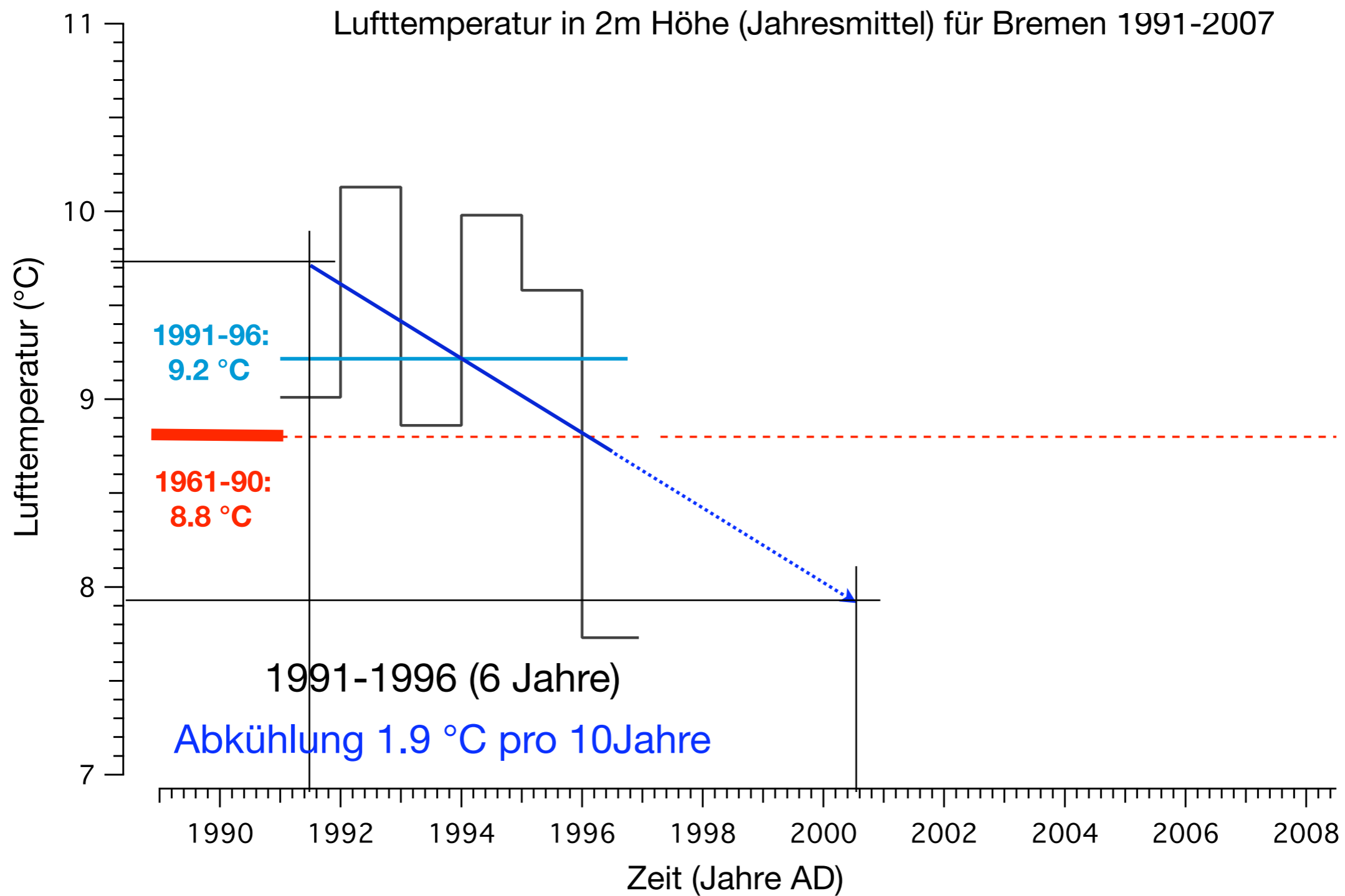




Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

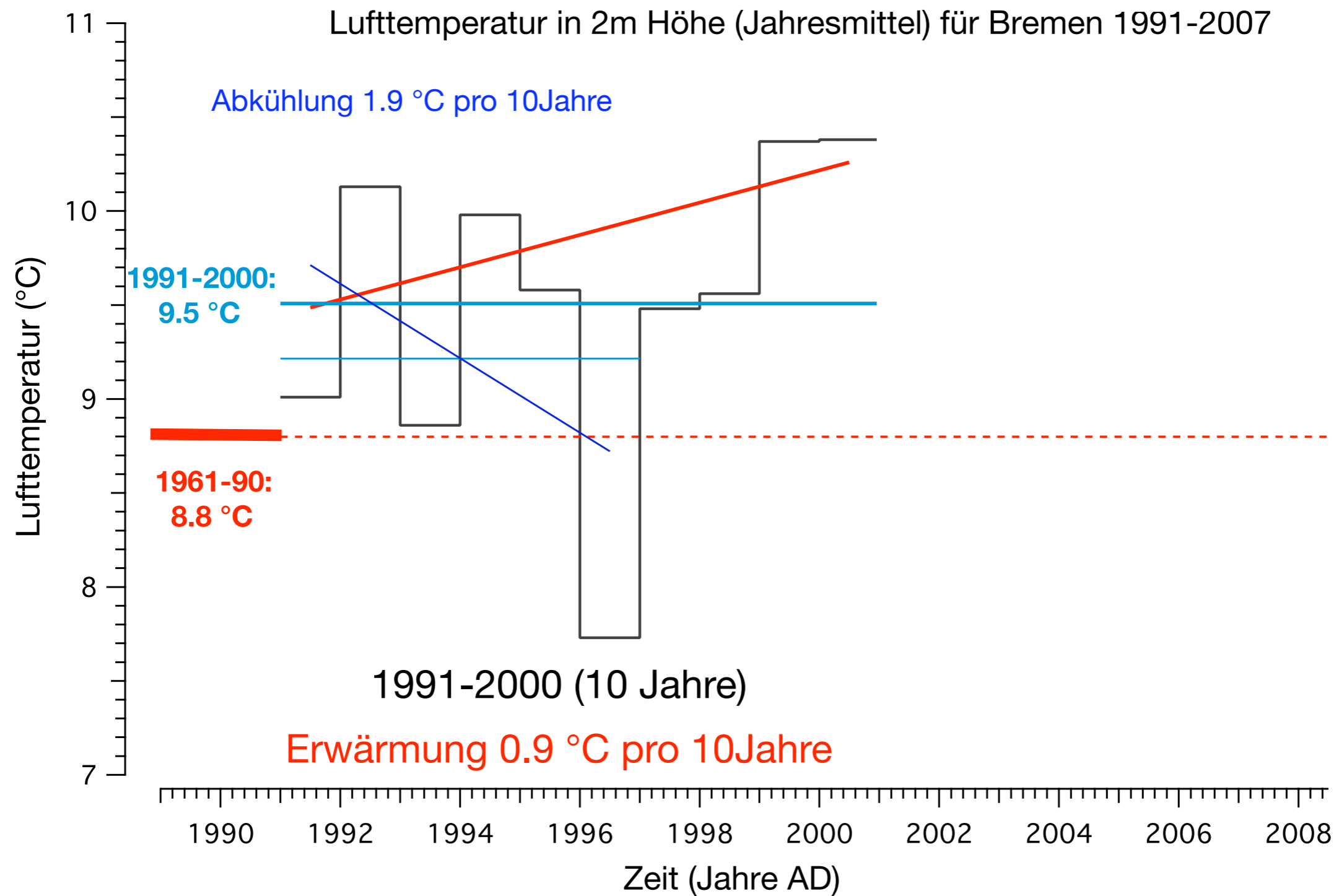
## zum Klima von Bremen





Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

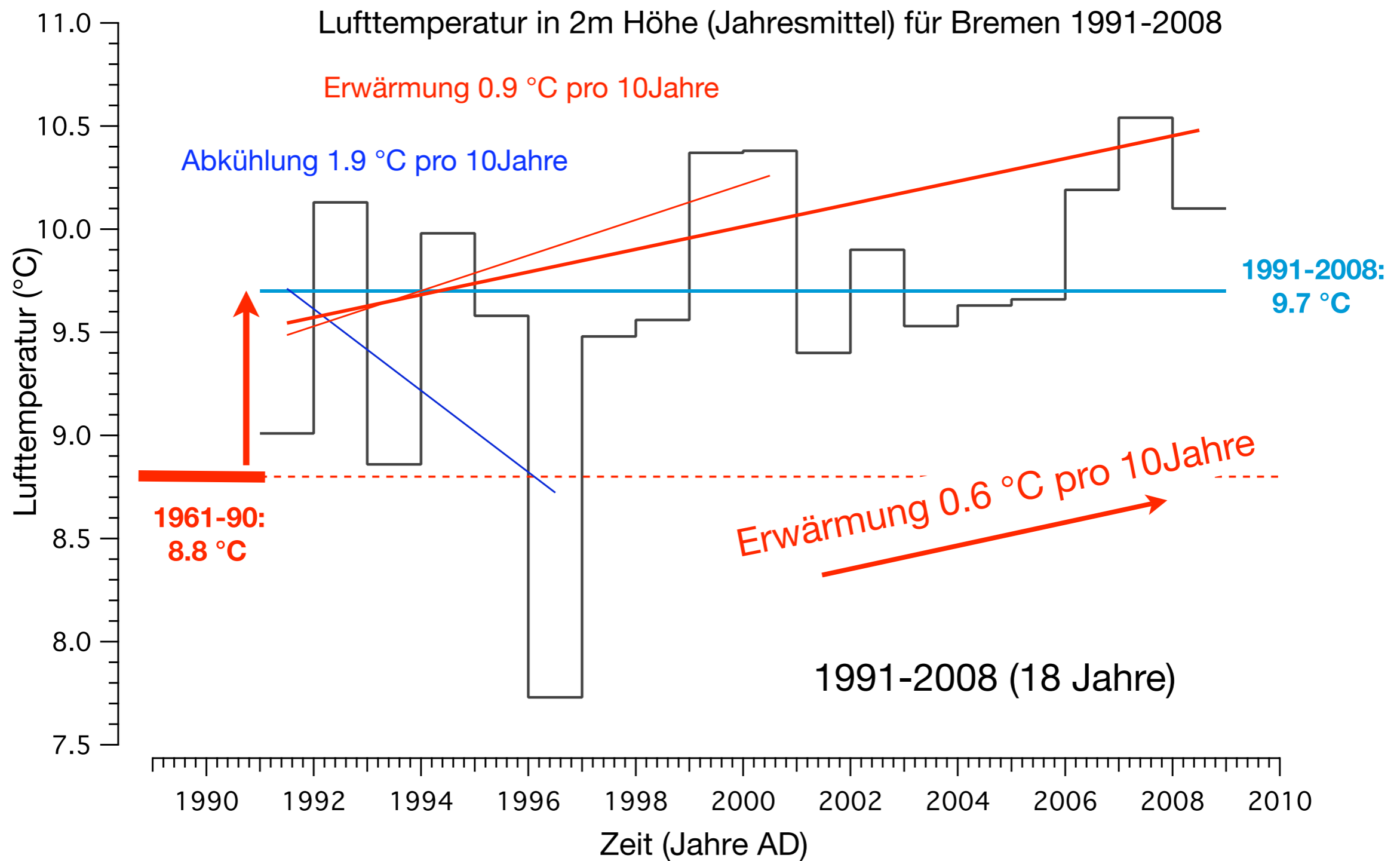
## zum Klima von Bremen



Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

## zum Klima von Bremen





Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

## zum Klima von Bremen

## 2.2 Eis als Archiv für Klimaänderungen

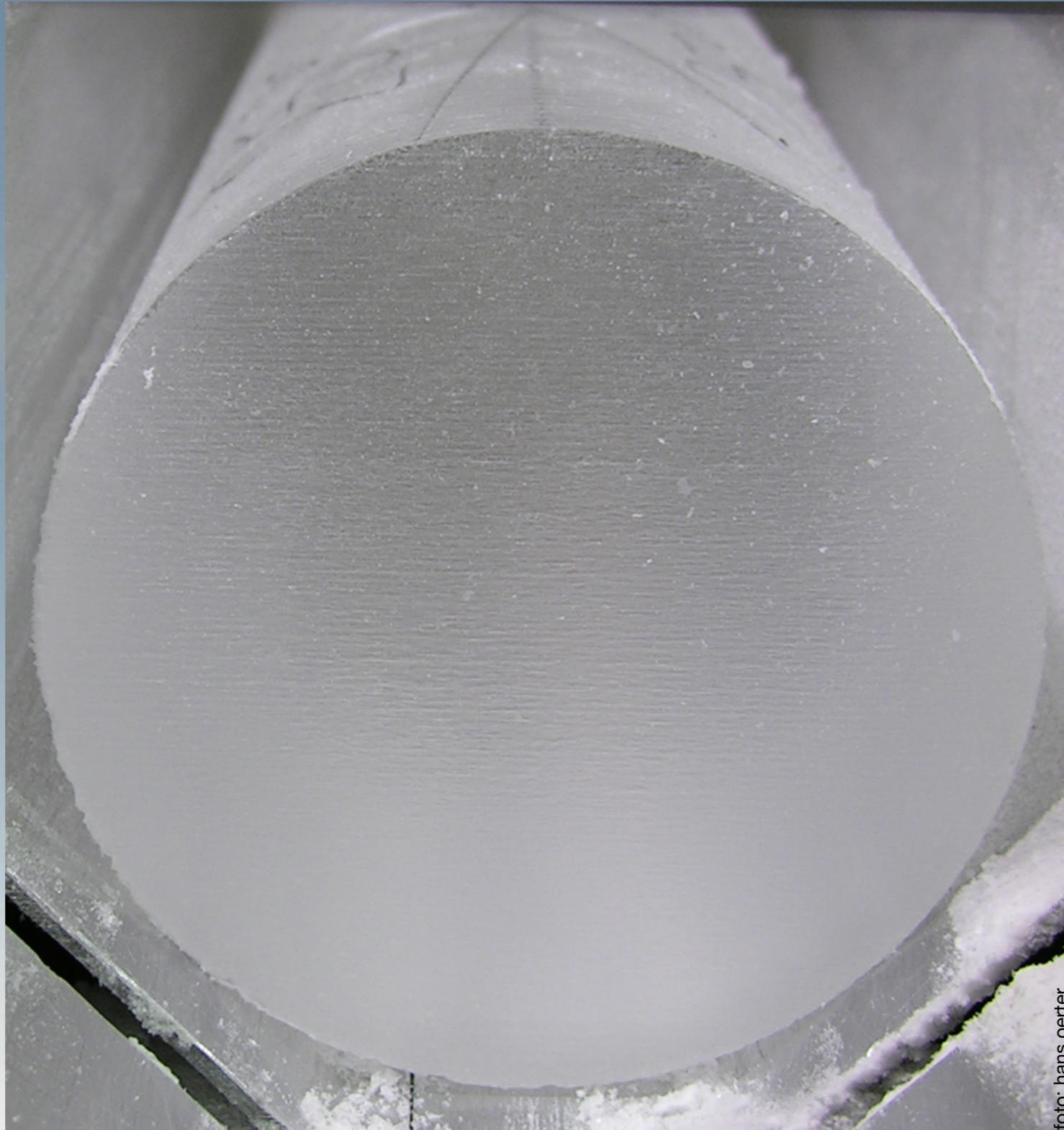
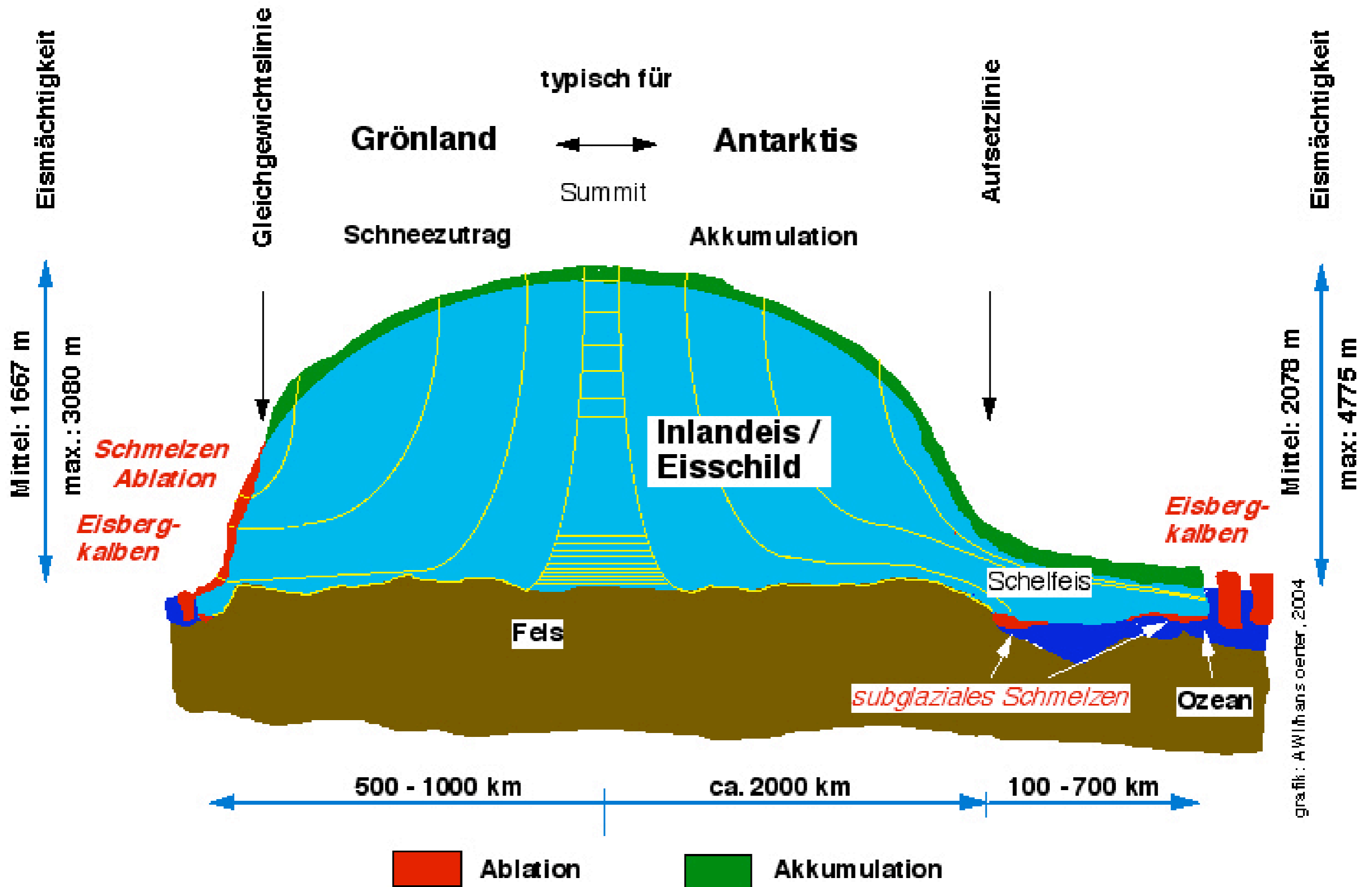


foto: hans oerter

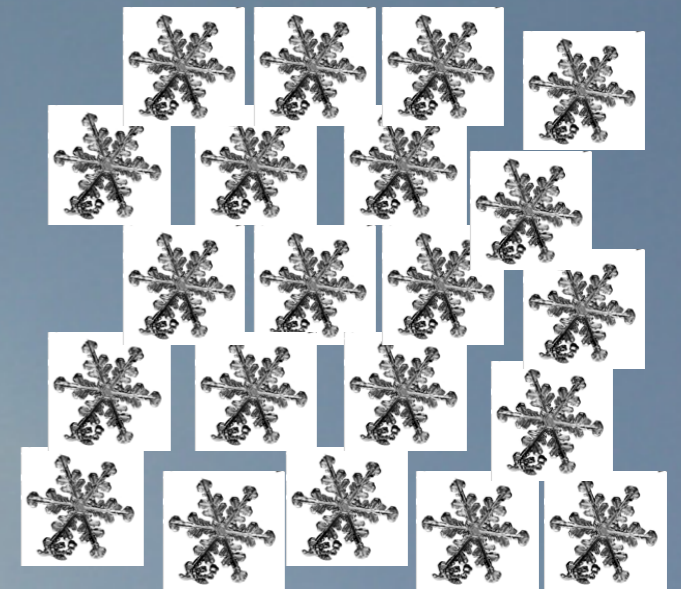
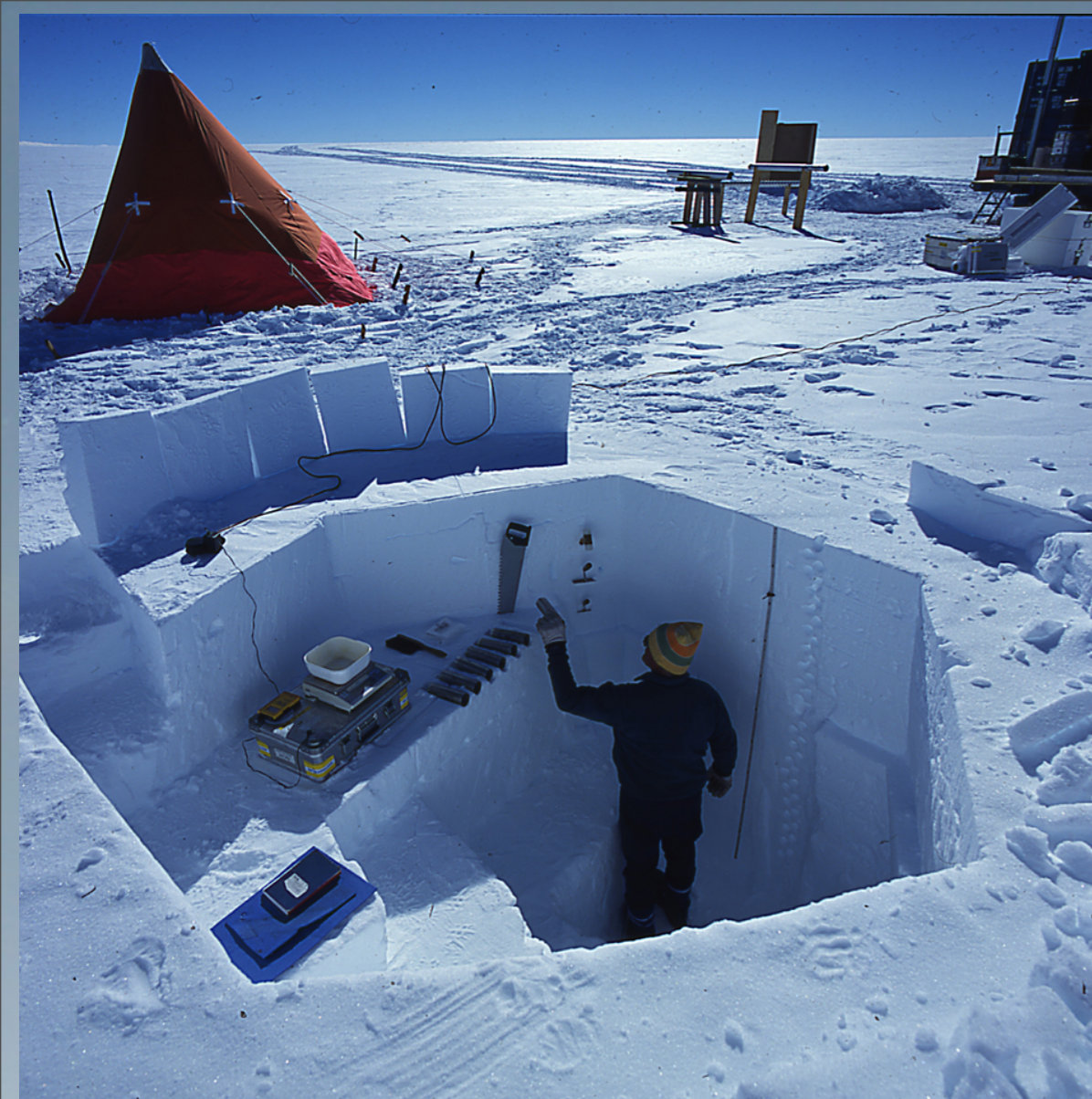


# Schematischer Querschnitt durch einen Eisschild

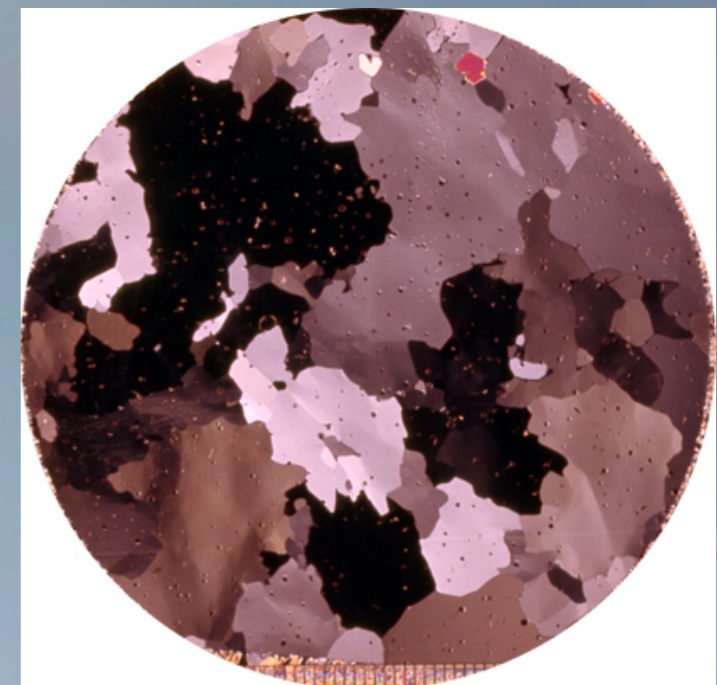




Ein Eisschild baut sich aus über einander liegenden Jahresschichten auf.



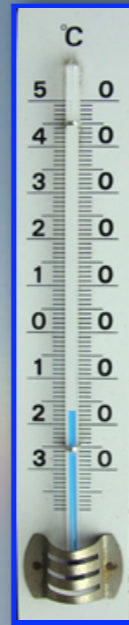
fotos: hans oerter



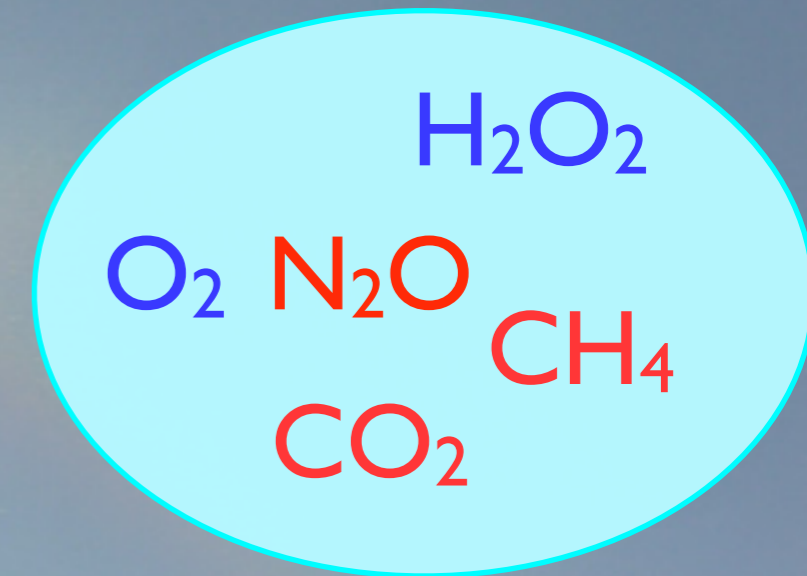


# Das Klima-Archiv Eis speichert Informationen zu:

Lufttemperatur



Gasgehalt in der Atmosphäre



Aerosole



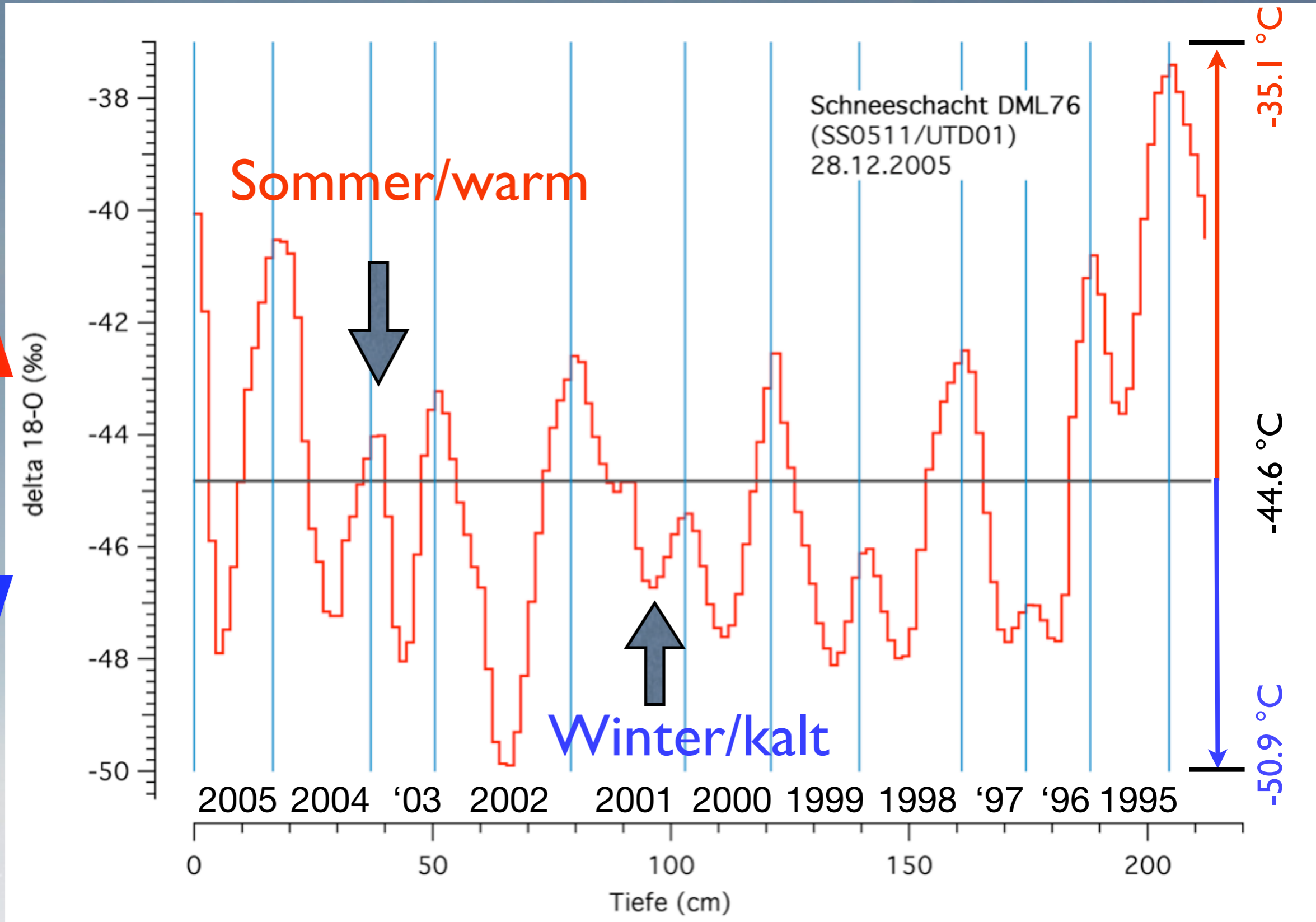
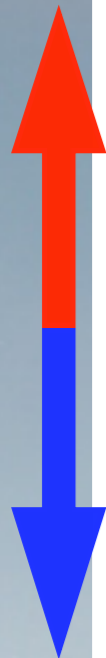
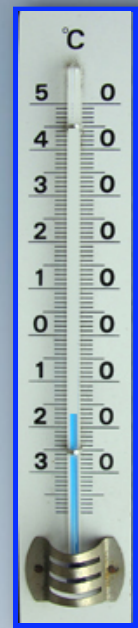
Mt. Pinatubo 1991



foto: NOAA



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





## 2.3 Tiefe Eiskernbohrungen in der Antarktis (und in Grönland)




foto: hans oerter, 2006



# Antarktische Halbinsel

Weddellmeer

EPICA-DML,  
2774m, >250 ka  
  
**Kohnen**

JARE

3029m, >700 ka

**Dome F**

**Dyer Pl.**

**B15 Berkner Is.**

China, geplant

Südpol

**Dome A**


**Siple St.**

Russl., F, US  
3600m, 420 ka

**Vostok**

**Byrd**

**Siple D.**

 EPICA-DC,  
3270m, 890 ka

**Dome C**

**Law Dome**

Rossmeer

**Taylor D.**

I, F, D, UK

**Talos D.**

# Eiskerntiefbohrungen in der Antarktis

layout: w. rack, h. oerter, AWI



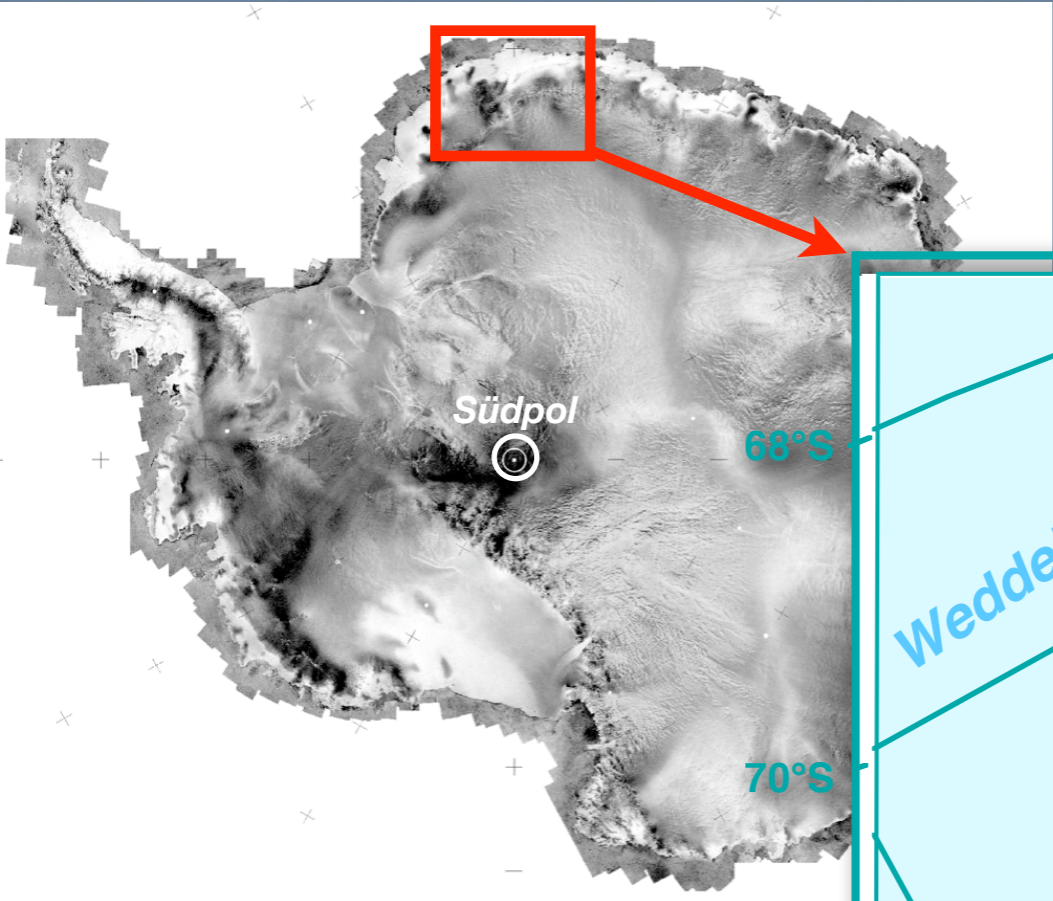
# Wie bohrt man einen tiefen Eiskern?

## Logistik und Bohrtechnik

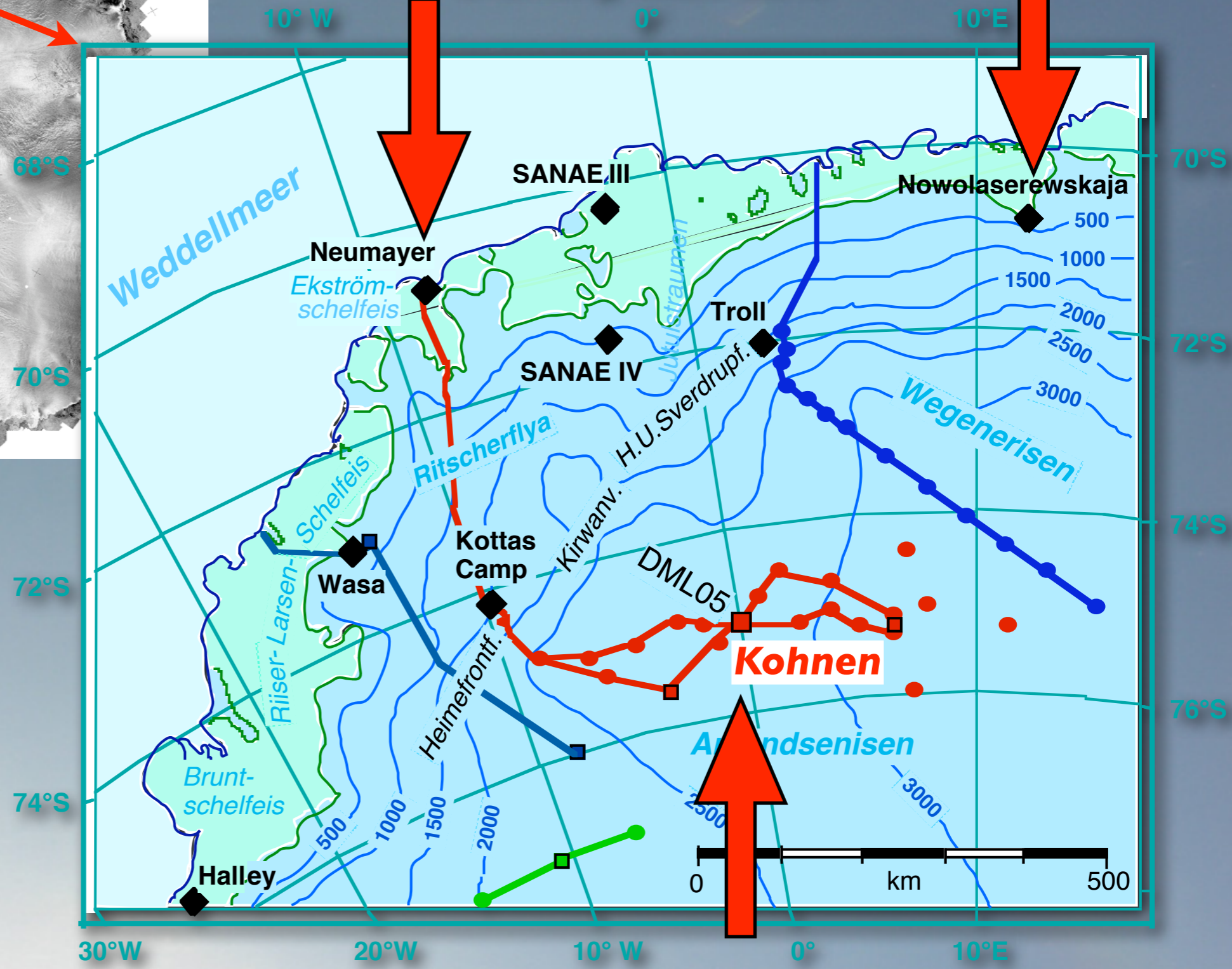


foto: hans oerter, 2006





# Dronning-Maud-Land



- Meer
- Schelfeis
- Inlandeis, gegründetes Eis
- 2000 Höhenlinie
- Aufsetzlinie
- Traversenrouten:**  Großbritannien
- Schweden
- Deutschland
- Norwegen









Basler BT67 (DC-3)

foto: hans oerter, 2008

## Ankunft bei Kohlen (9. Jan. 2008)



# EPICA-Bohrcamp Kohnen-Station



foto: hans oerter, 2006



**Zum Bohren**

Funk, PC, e-mail

Messe

Küche

Sanitärcontainer

2 Schlafräume

á 4 Pers.

Schneesmelze

Generator

Werkstatt

**Kohnen-Station**  
75°S, 0 °E, 2882 m





foto: hans oerter, 2006

# Im Drill Trench: der Bohrturm



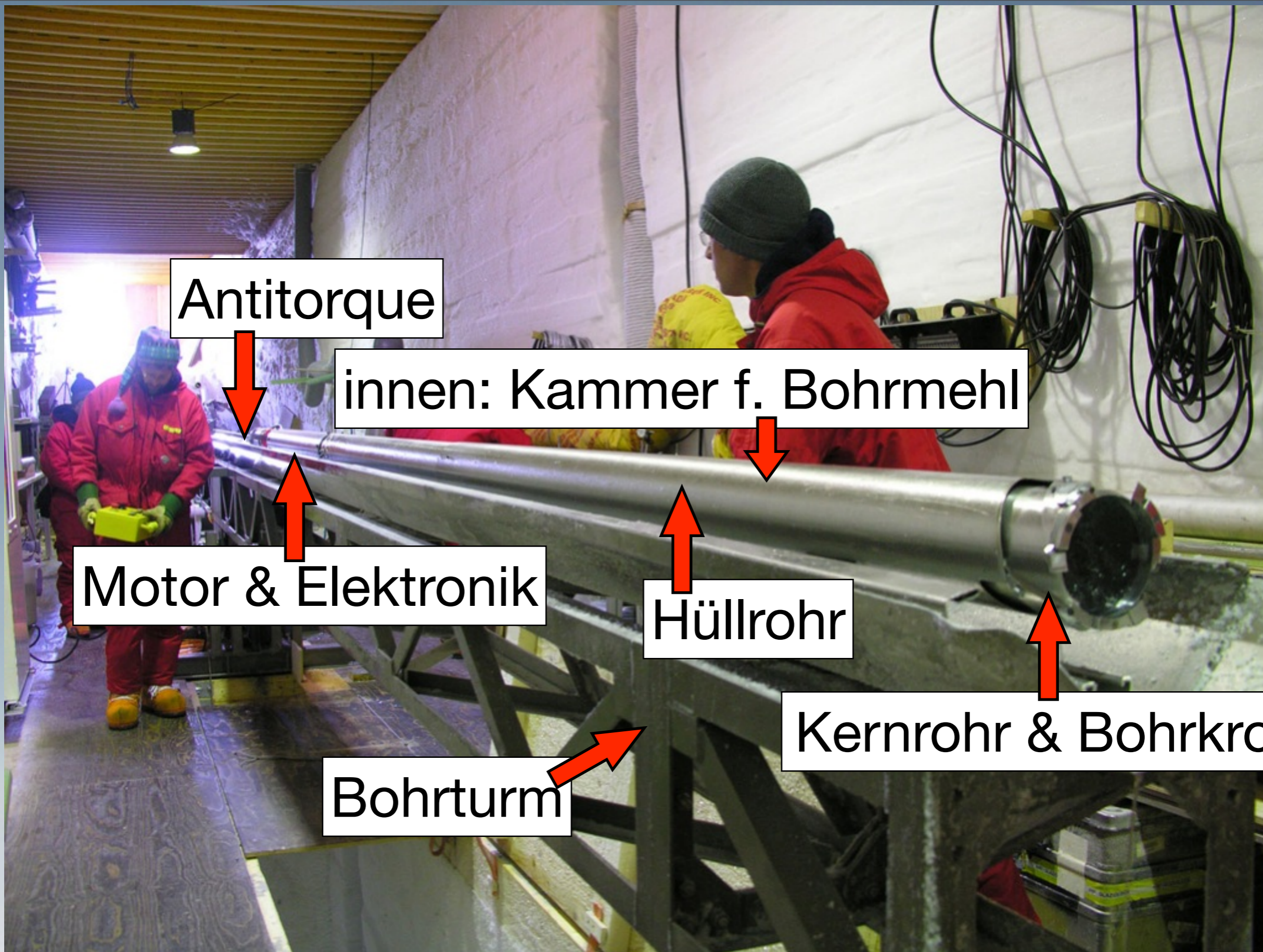


foto: hans oerter, 2005

## Der Bohrer





foto: hans oerter, 2006

# Erste Inspektion des frischen Kerns

Beitrag zu Vorl. Wirtschaftsethik, Hochschule Bremerhaven, 27. März 2009

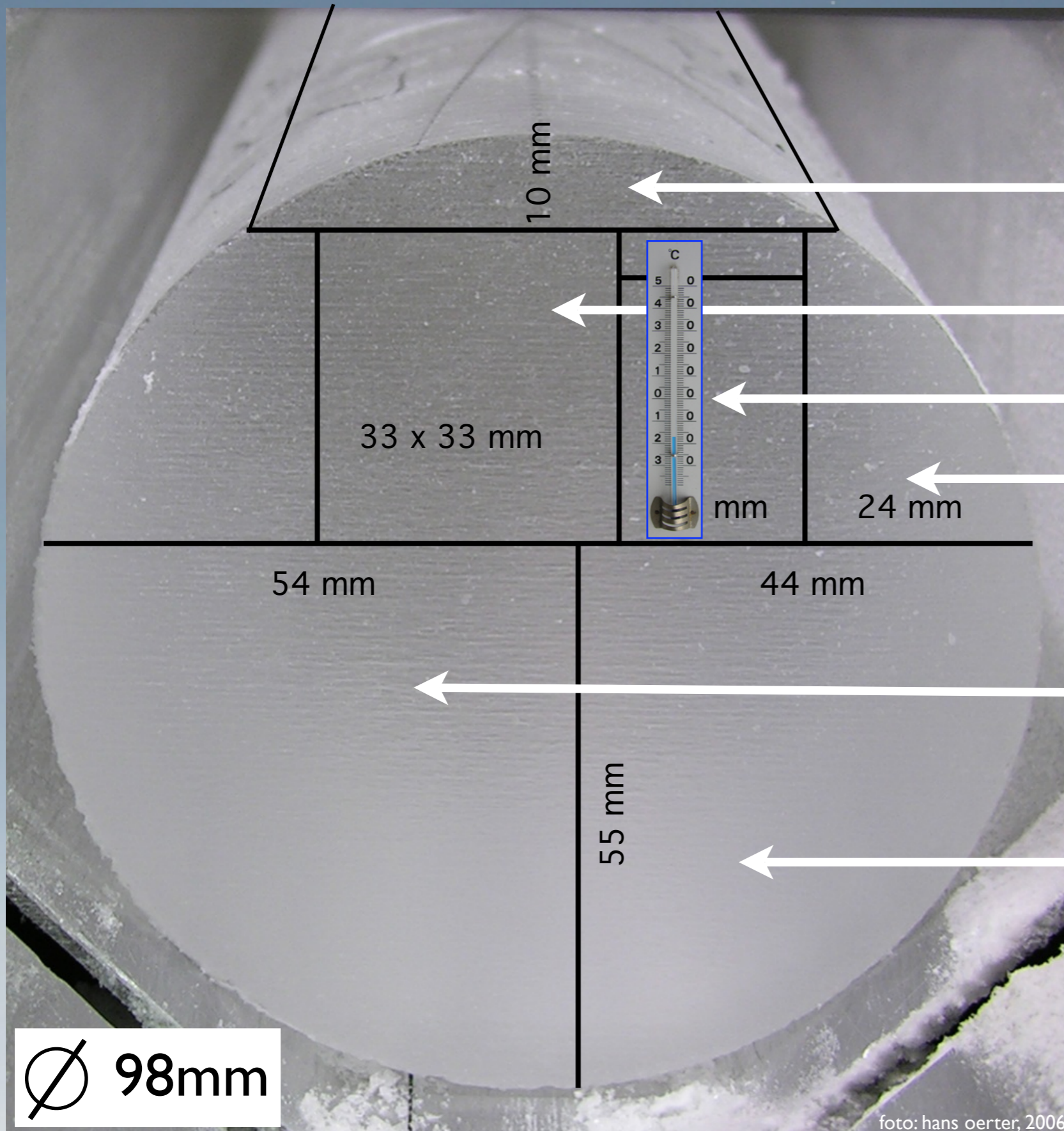




foto: hans oerter, 2006

# Twin-Otter von British Antarctic Survey (BAS)





**Dünnschnitte**

**CFA**

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

$^{10}\text{Be}$

**Archiv**

**Gase,  
Staub**

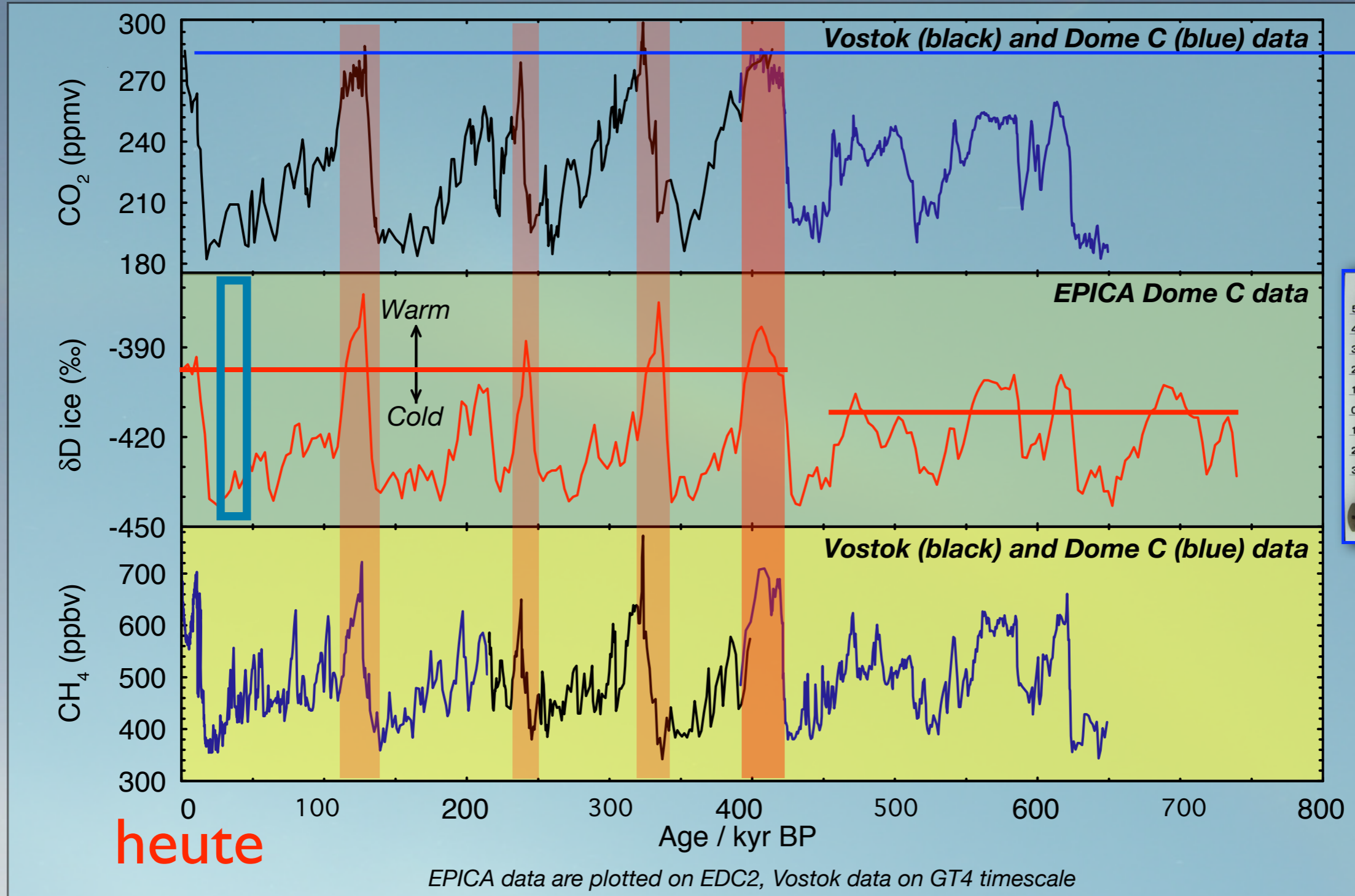
## Probenzuteilung aus dem Eiskern



# Antarctic ice core records: Vostok and EPICA CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and δD

heute 385

vor 1850 AD



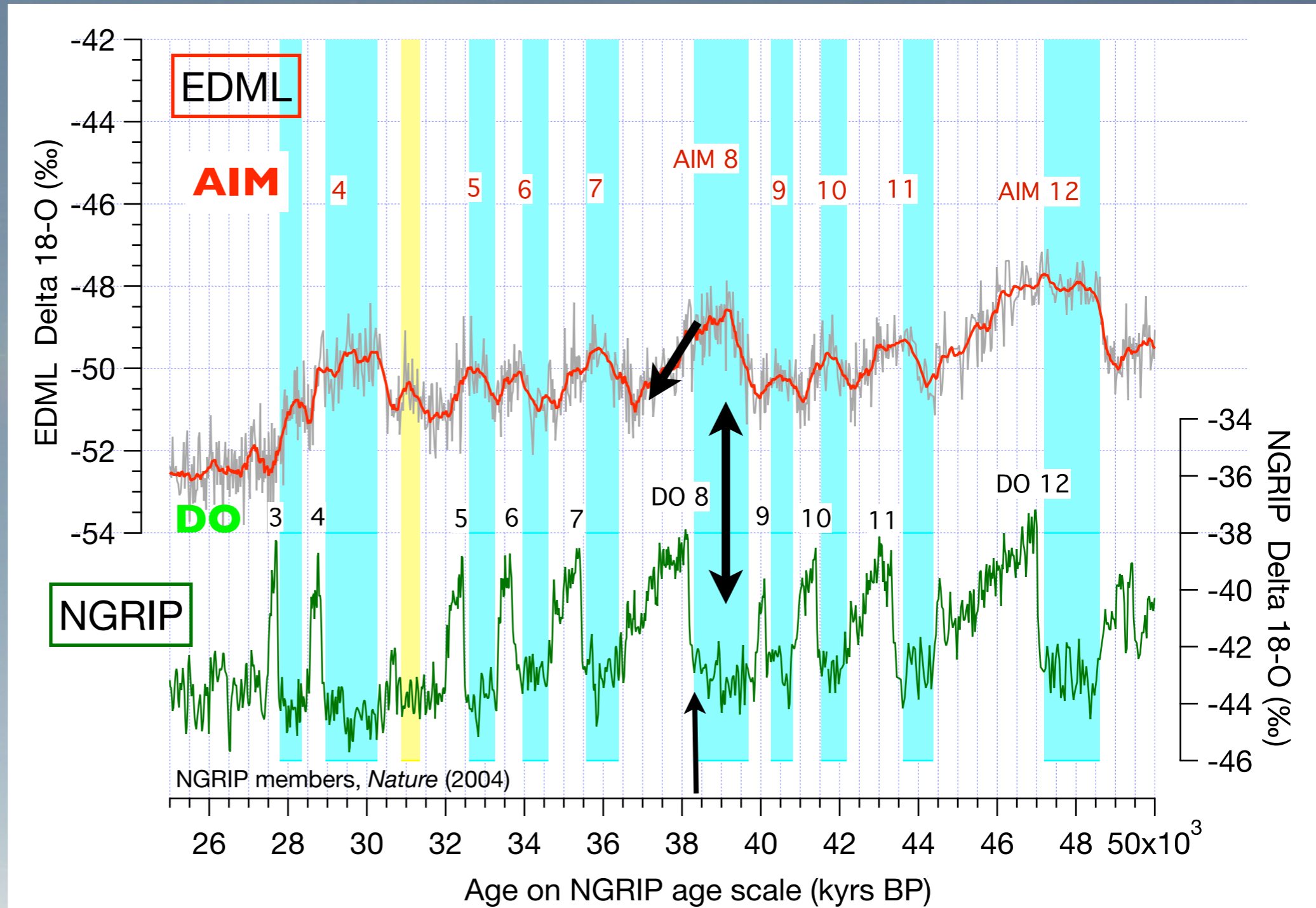
Petit et al., 1999 (Vostok), Siegenthaler et al., 2005 (Dome C - CO<sub>2</sub>), Spahni et al., 2005 (Dome C - CH<sub>4</sub>), EPICA community members, 2004 (δD)





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

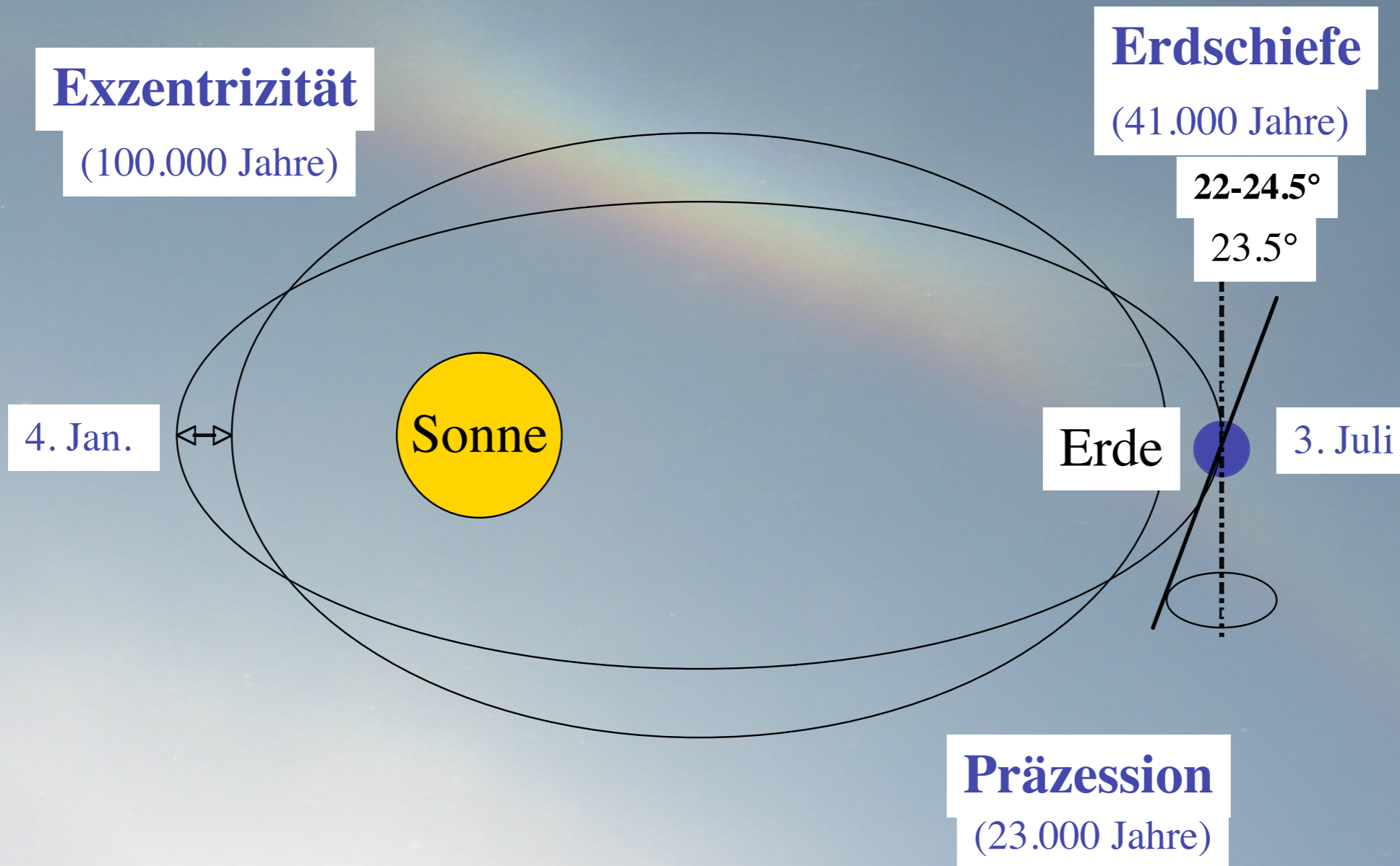
3.3 Treibhausgase

3.4 Bevölkerungswachstum



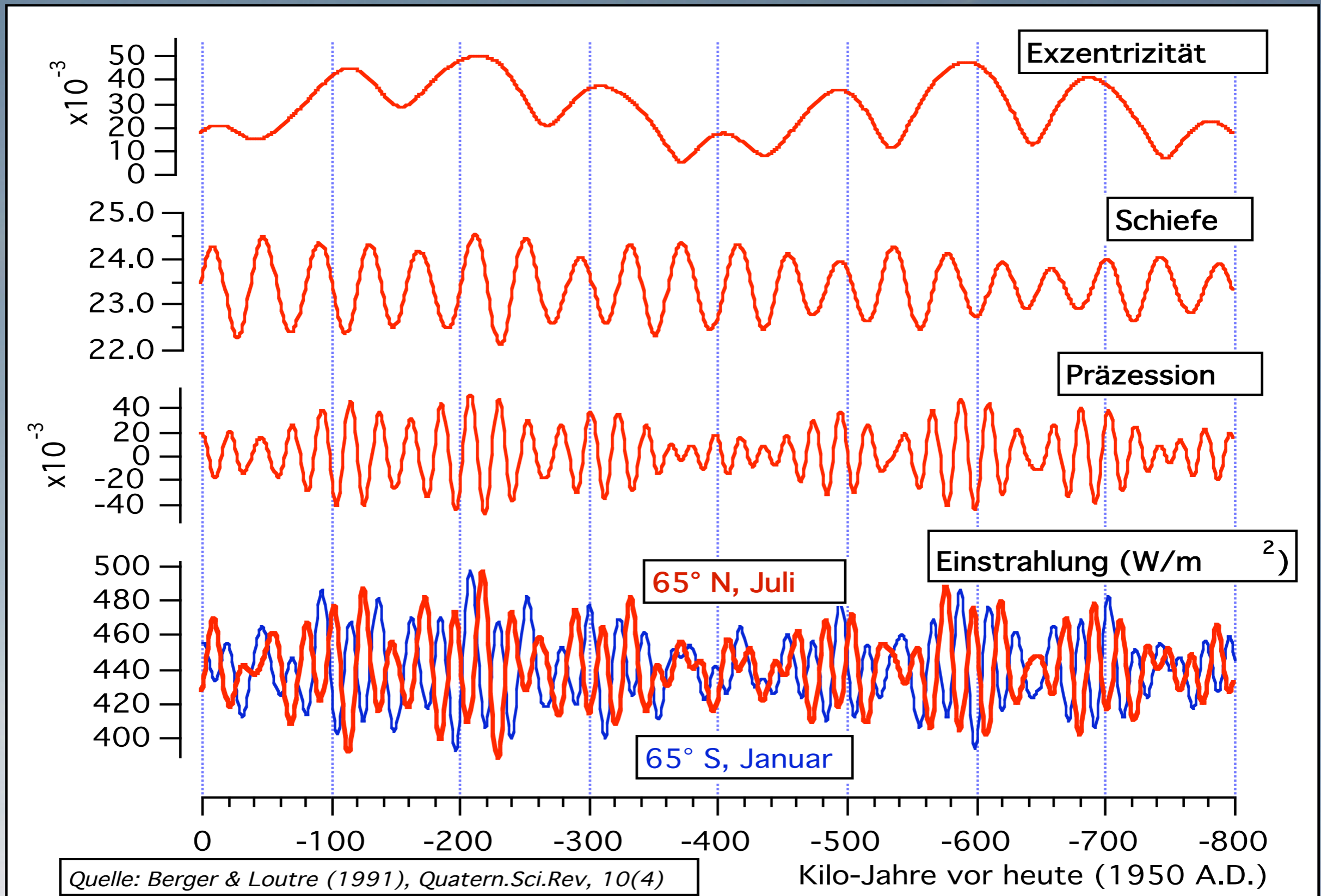
# 3.1 “Orbital forcing”

## 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 %

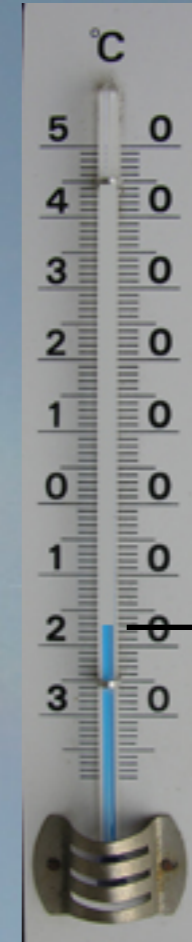
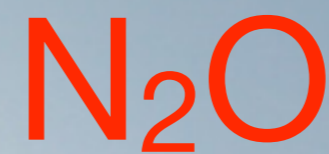
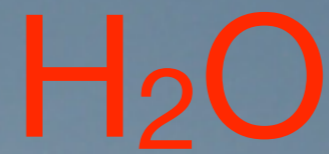
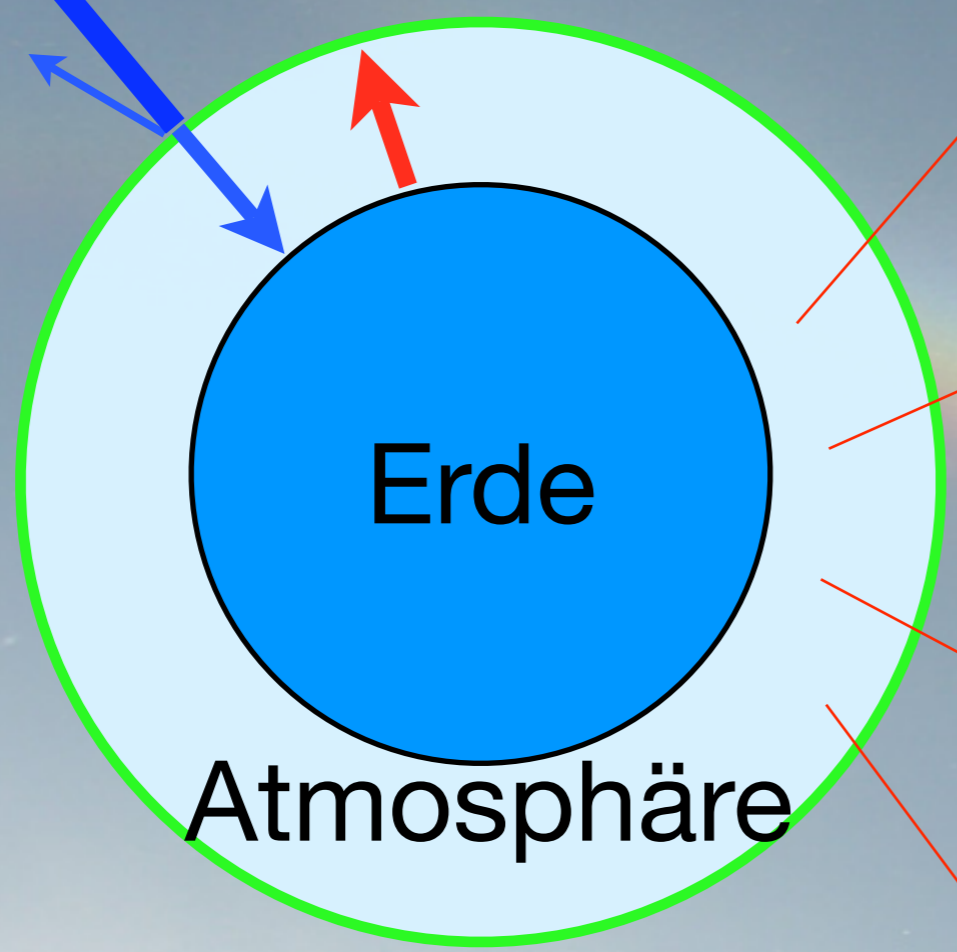
## Albedo der Erdoberfläche



# 3.3 Treibhausgase

Sonne

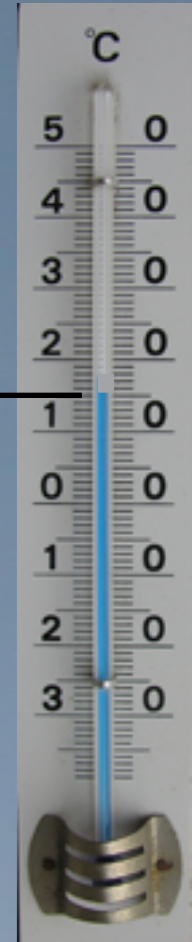
kurzwellig  
langwellig



ohne

+15°C

-18°C



mit

Treibhausgase

Schichtdicke Atmosphäre nicht maßstäblich!

Treibhauseffekt



Sonne

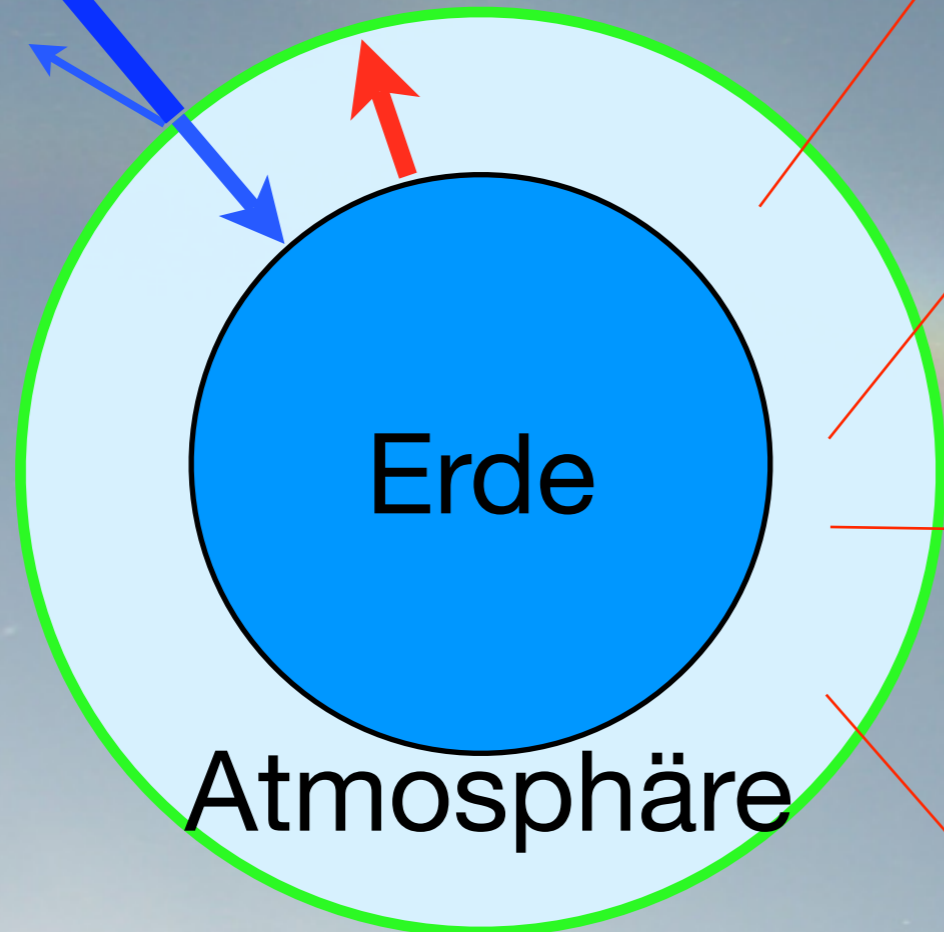
H<sub>2</sub>O

CO<sub>2</sub>

CH<sub>4</sub>

N<sub>2</sub>O

kurzwellig  
langwellig

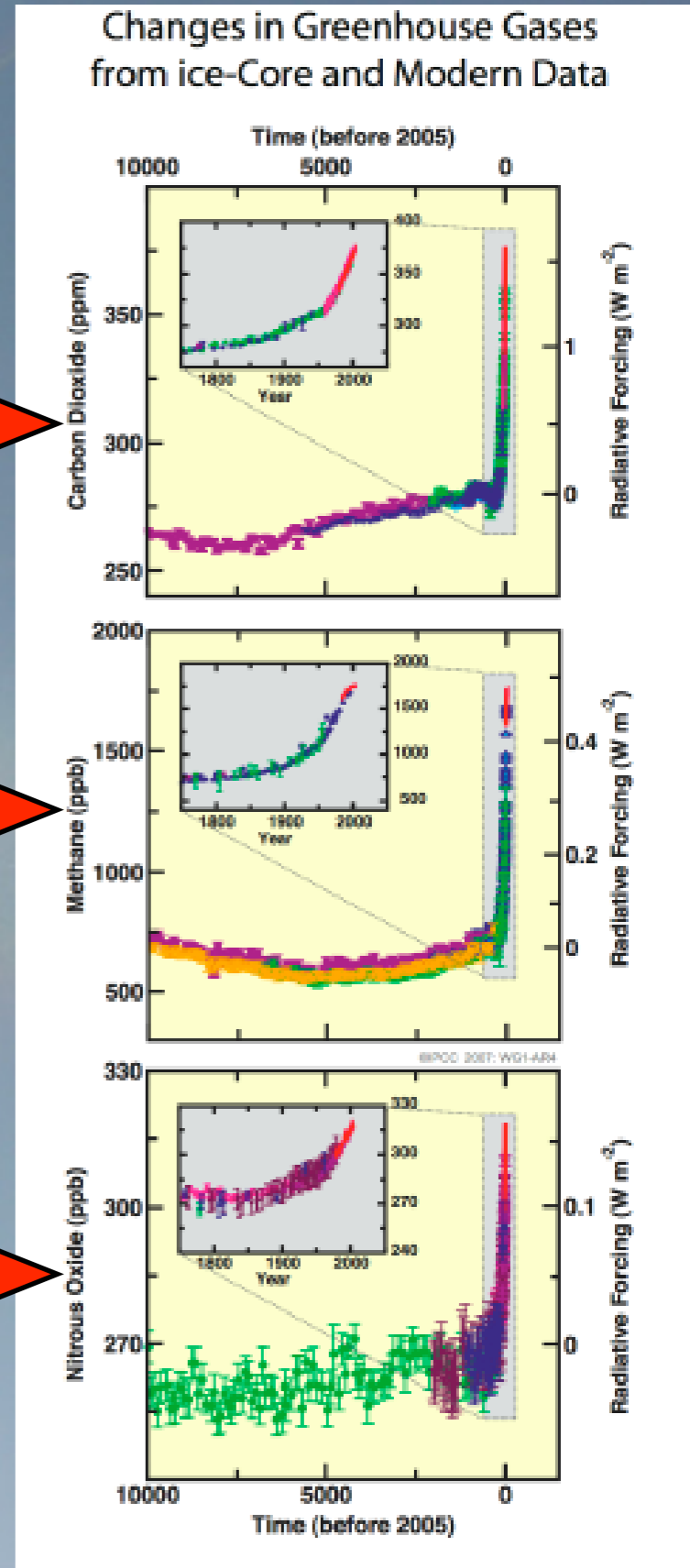


Atmosphäre

Erde

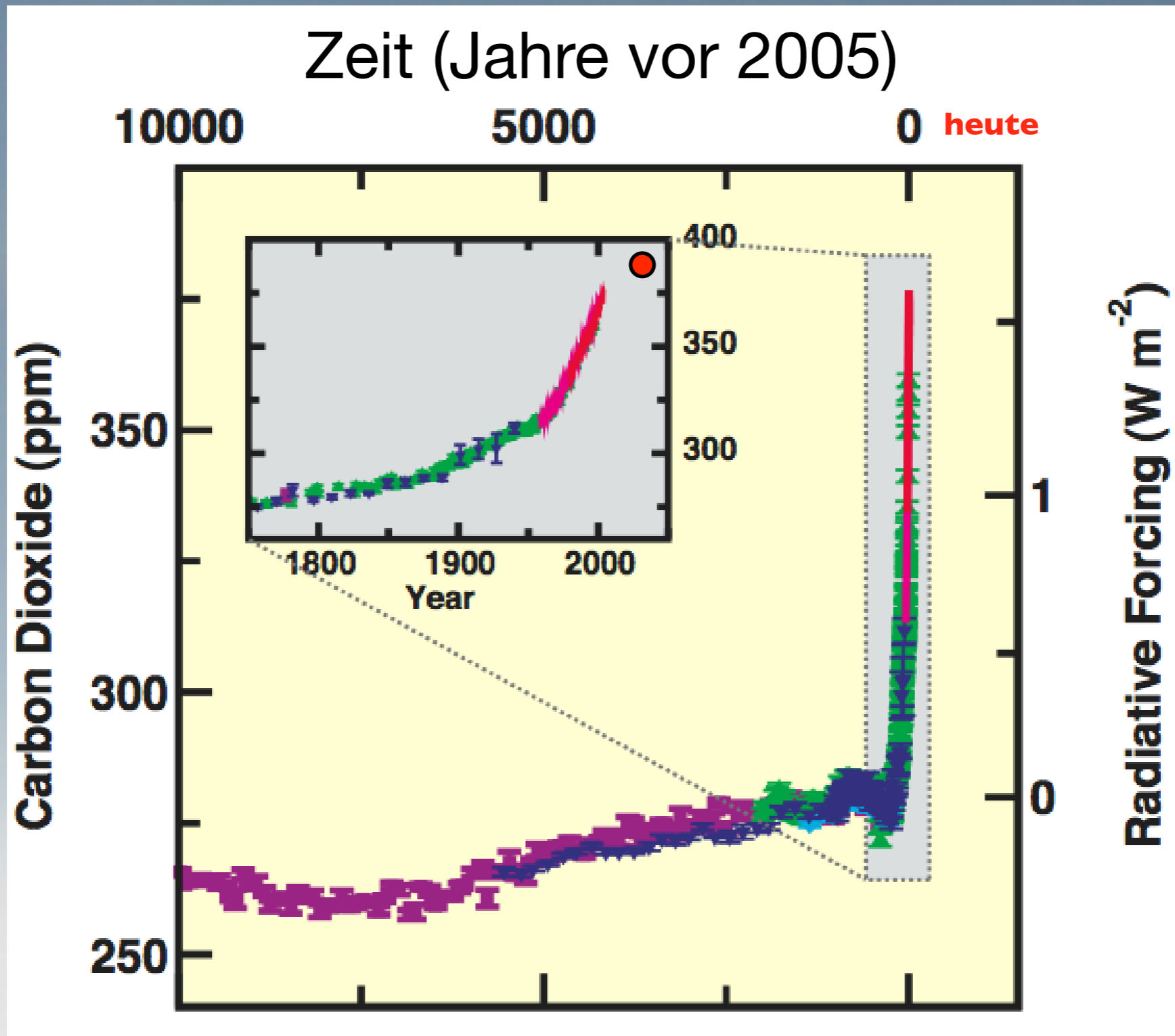
Schichtdicke Atmosphäre nicht maßstäblich!

# Treibhauseffekt



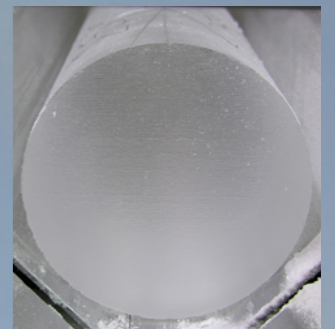


# Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre



— Messung an  
Luftproben  
seit 1958

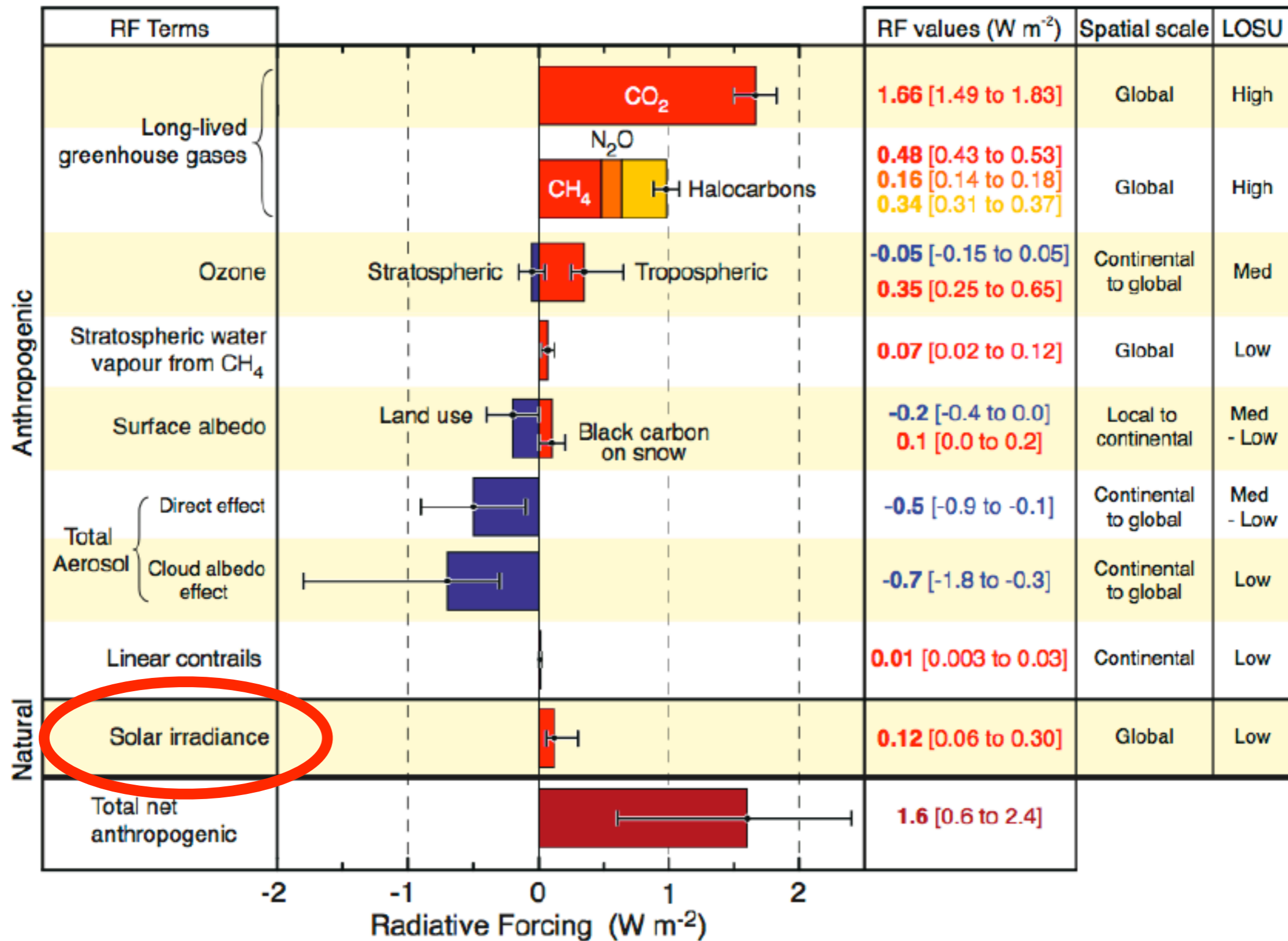
— Messung an  
Eisproben



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



# Radiative Forcing Components

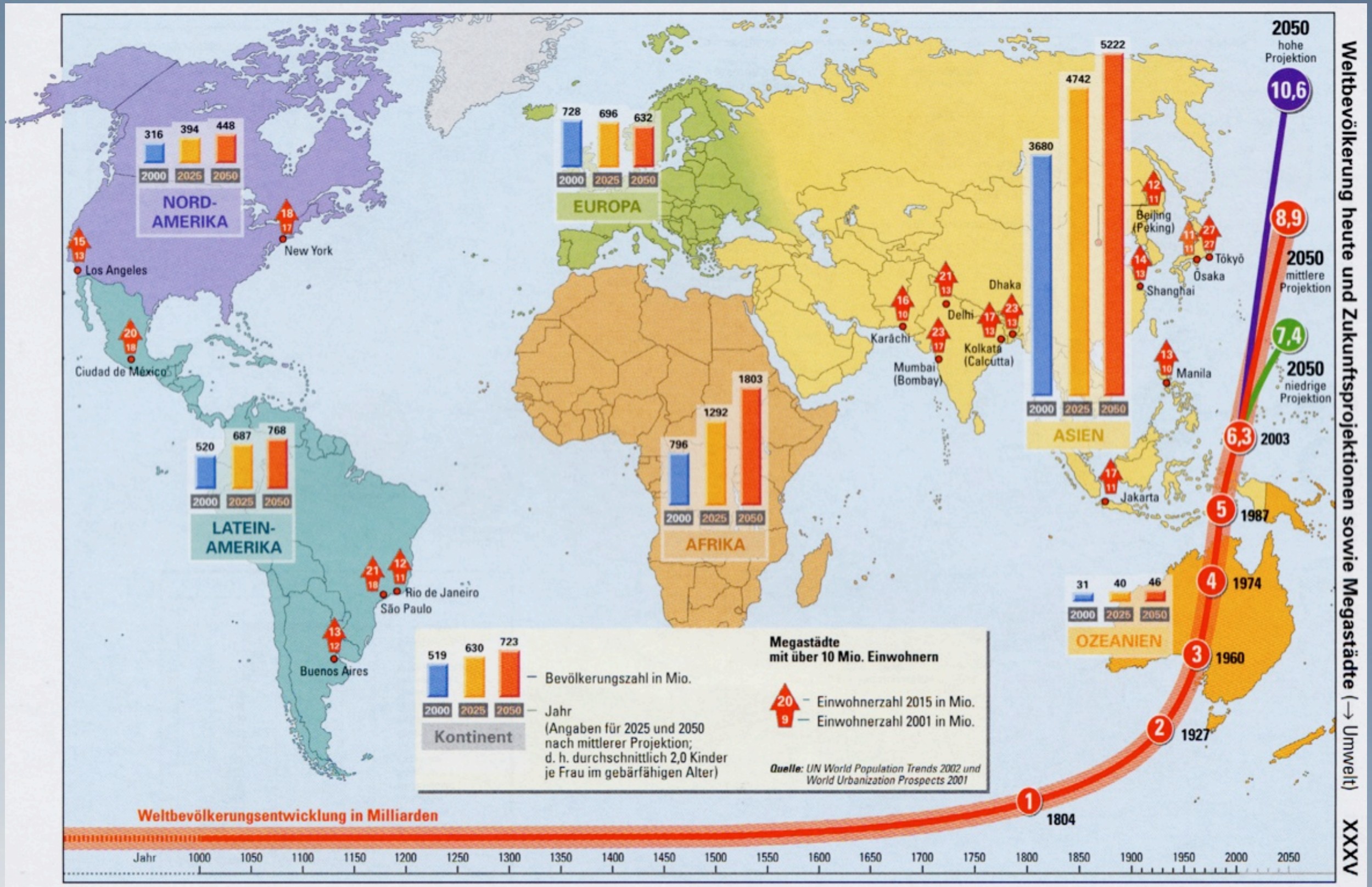


©IPCC 2007: WG1-AR4

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



# 3.4 Wachsende Weltbevölkerung



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



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

[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

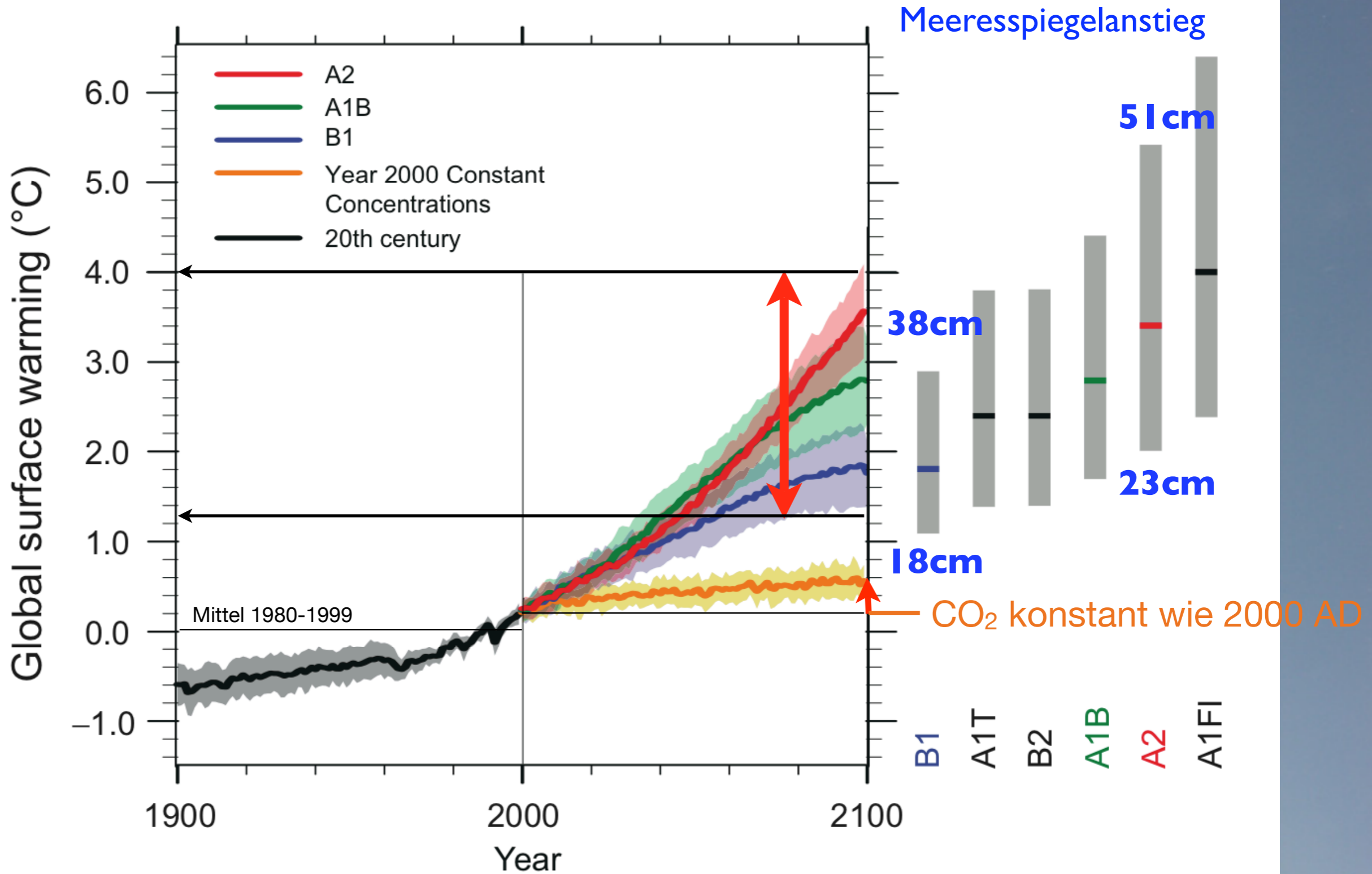
4.1 Lufttemperatur

4.2 Meeresspiegel

4.3 Gesellschaftliche und wirtschaftliche Veränderungen



# Multi-model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming

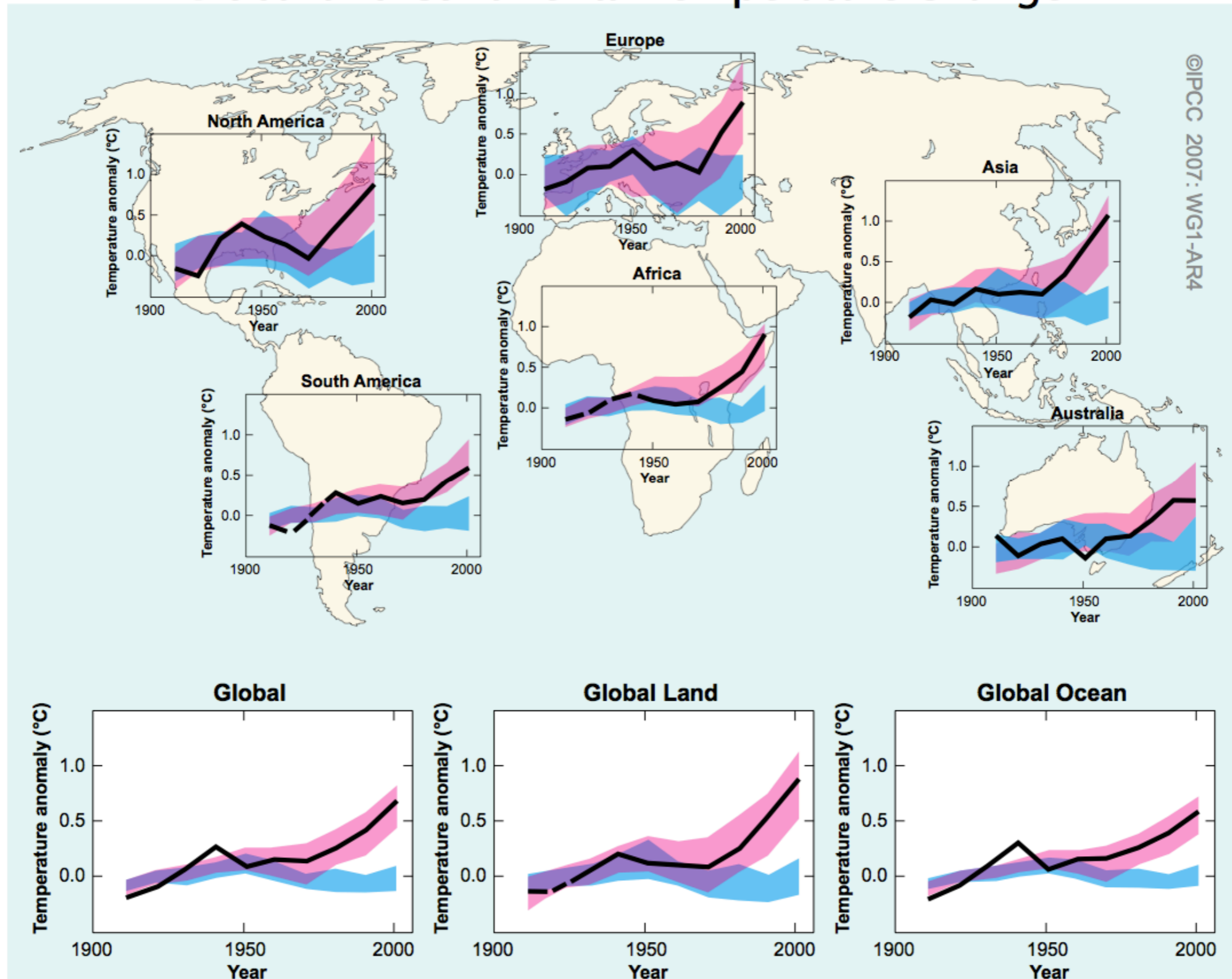


## 4.1

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



# Global and Continental Temperature Change



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

## Treibhausgase oder Änderung Erdumlaufbahn?



# 4.2

Ozean - Ausdehnung durch Erwärmung

Gletscher und Eiskappen

Grönland

Antarktis

1961-2003  
mm pro Jahr

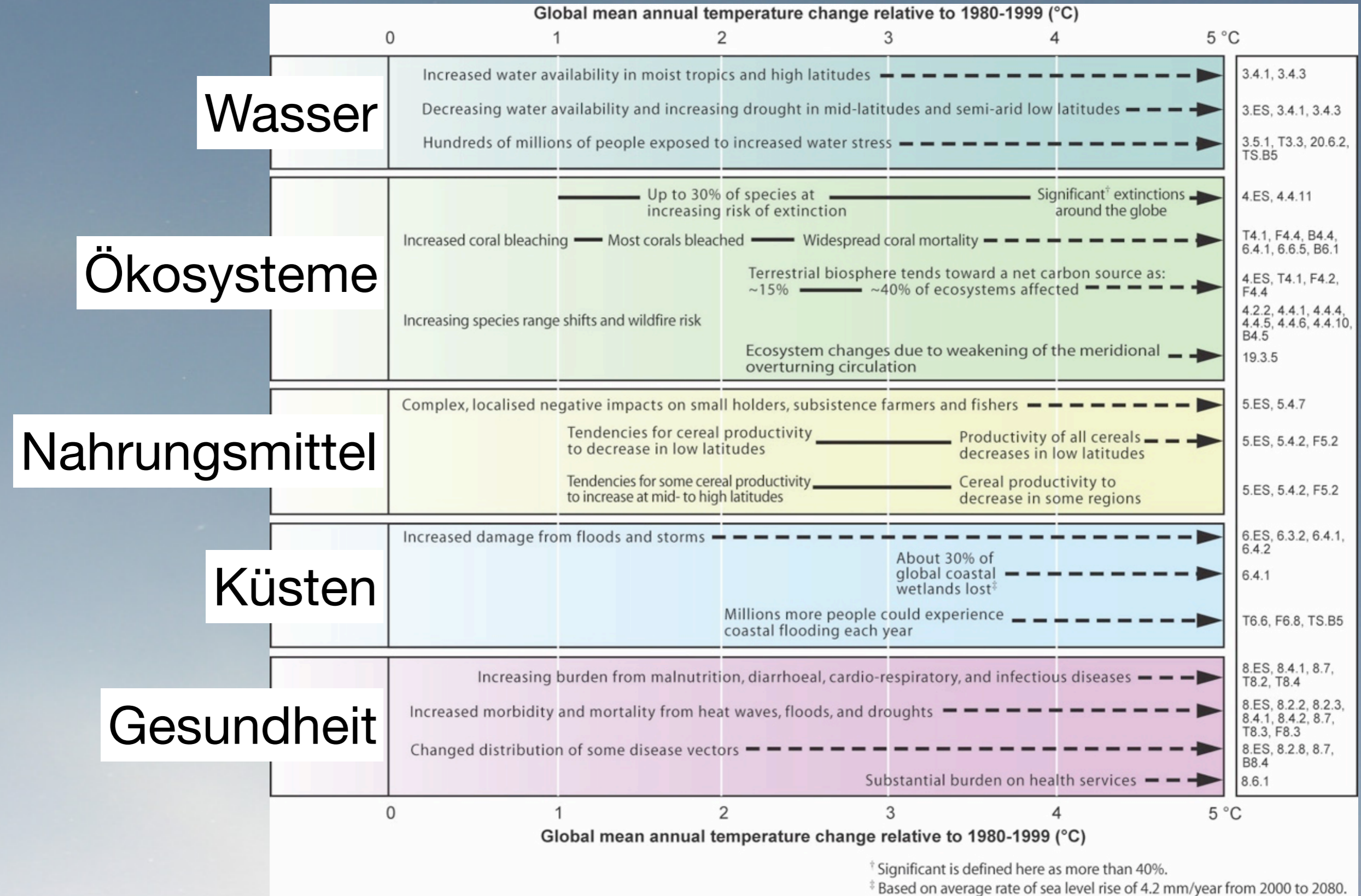
1993-2003  
mm pro Jahr



Informationen aus dem IPCC- Report 2007:  
Meeresspiegelerhöhung und Ursachen



# 4.4 Gesellsch. u. wirtschaftl. Veränderungen



Quelle: IPCC, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policy Makers (www.ipcc.ch)



# Abtauchen ist keine Lösung !

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

