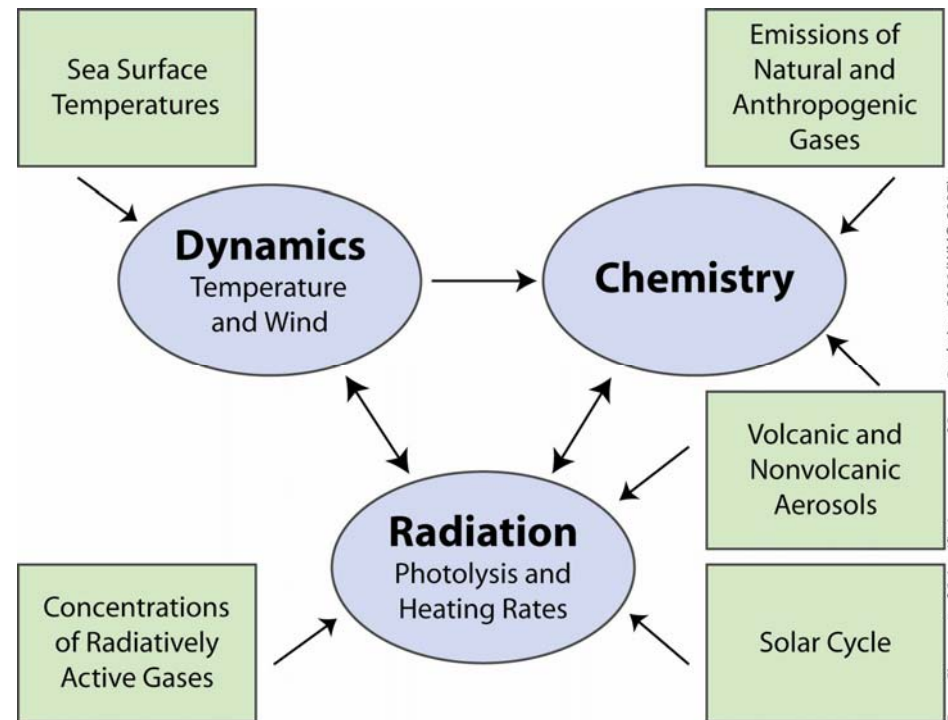


Wechselwirkungen von Klima und atmosphärischer Chemie



Wintersemester 2007/2008
Martin Dameris

Prof. Dr. Martin Dameris

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Physik der Atmosphäre

Oberpfaffenhofen

Tel.: 08153 - 28 1558

E-mail: martin.dameris@dlr.de

Meteorologisches Institut

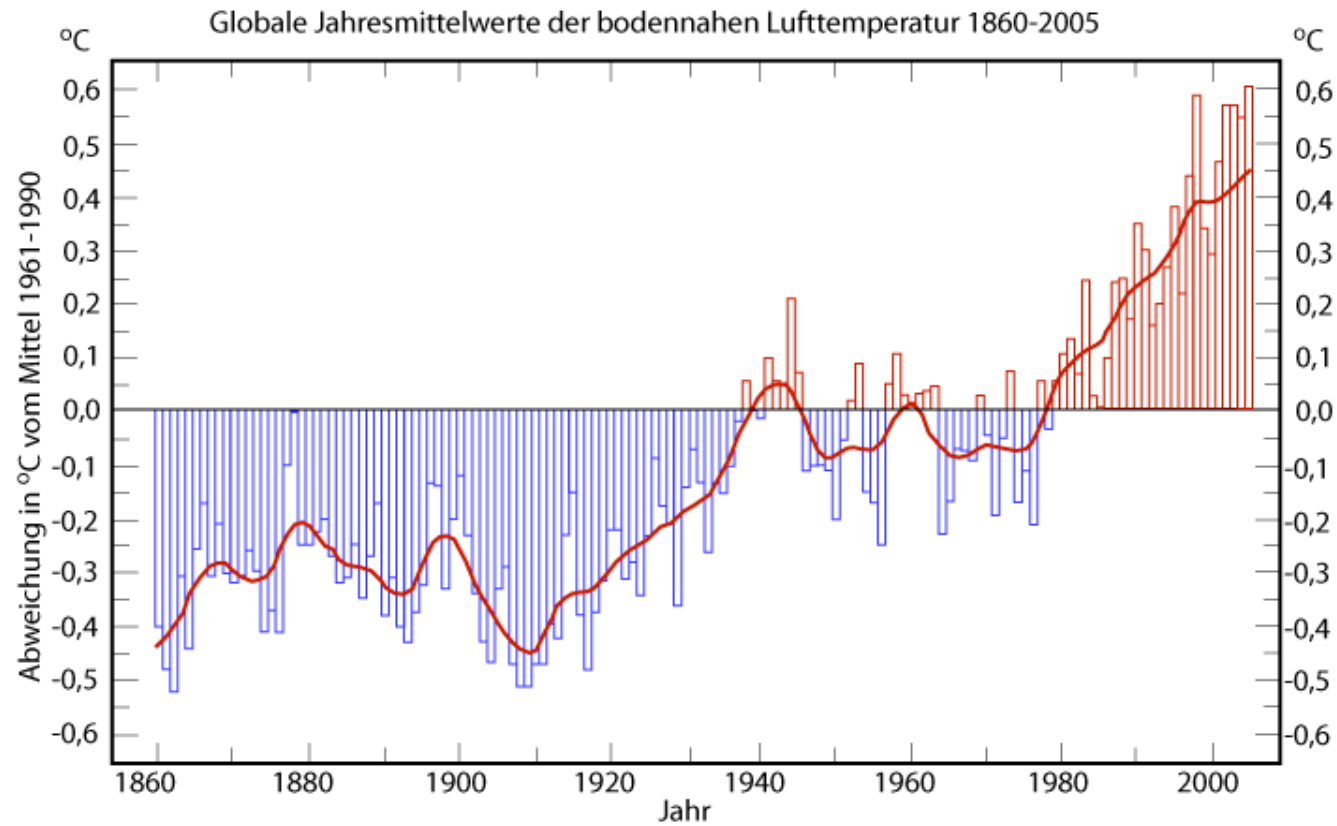
Ludwig-Maximilians Universität

München

Tel.: 089 - 2180 4570/4571

Kapitel 1

Einführung und Übersicht

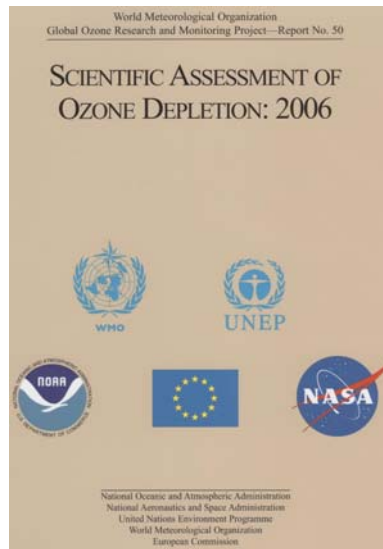


Kapitel 1: Gliederung

- Literatur
- Einführung in die Thematik
- Effekte der Klimaänderung in Troposphäre und Stratosphäre
- Dynamik und Chemie der Stratosphäre
- Wechselwirkungen zwischen Stratosphäre und Troposphäre
- Was bringt die Zukunft?
- Entwicklung der Ozonschicht

Literatur

- **WMO Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006
- Kapitel 5: Klima-Ozon Beziehungen**
- Einzelne wissenschaftliche Artikel, die in hierin erwähnt und diskutiert werden.



Inhalt

Assessment Cochairs

Ayité-Lô Nohende Ajavon
Daniel L. Albritton
Robert T. Watson

Assessment Scientific Steering Committee

Marie-Lise Chanin
Susana B. Diaz
John A. Pyle
A.R. Ravishankara
Theodore G. Shepherd

Chapters and Lead Authors

I. Source Gases

Chapter 1. Long-Lived Compounds (*Cathy Clerbaux and Derek Cunnold*)
Chapter 2. Halogenated Very Short-Lived Substances (*Katherine S. Law and William T. Sturges*)

II. Ozone Changes

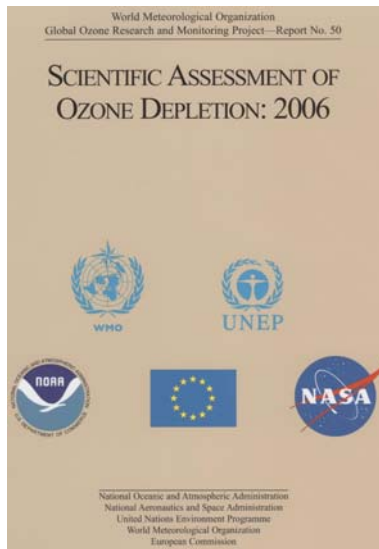
Chapter 3. Global Ozone: Past and Present (*Martyn P. Chipperfield and Vitali E. Fioletov*)
Chapter 4. Polar Ozone: Past and Present (*Paul A. Newman and Markus Rex*)

III. Future Expectations for Ozone, Ozone-Depleting Substances, and UV

Chapter 5. Climate-Ozone Connections (*Mark P. Baldwin and Martin Dameris*)
Chapter 6. The Ozone Layer in the 21st Century (*Greg Bodeker and Darryn W. Waugh*)
Chapter 7. Surface Ultraviolet Radiation: Past, Present, and Future (*Alkiviadis F. Bais and Dan Lubin*)
Chapter 8. Halocarbon Scenarios, Ozone Depletion Potentials, and Global Warming Potentials
(*John S. Daniel and Guus J.M. Velders*)

CHAPTER 5

Climate-Ozone Connections



5.1 Introduction

5.2 Coupling of the stratosphere and troposphere

5.3 Effects of anthropogenic climate change and of emissions on stratospheric ozone

Lead Authors:

M. Baldwin
M. Dameris

Coauthors:

J. Austin
S. Bekki
B. Bregman
N. Butchart
E. Cordero
N. Gillett
H.-F. Graf
C. Granier
D. Kinnison
S. Lal
T. Peter
W. Randel
J. Scinocca
D. Shindell
H. Struthers
M. Takahashi
D. Thompson

Contributors:

D. Battisti
P. Braesicke
R. Garcia
P. Haynes
E. Manzini
K. Matthes
G. Pitari
V. Ramaswamy
K. Rosenlof
B. Santer
R. Scott
A. Stenke
C. Timmreck

Klima-Chemie Wechselwirkungen

Um ein vollständiges Verständnis der stratosphärischen Dynamik und Chemie zu erlangen ist es erforderlich, die wechselwirkenden Mechanismen der Klimaänderung zu identifizieren und zu quantifizieren.

- ✓ Der Anstieg der Konzentrationen gut durchmischter Treibhausgase in der Atmosphäre führt zu höheren troposphärischen Temperaturen und niedrigeren stratosphärischen Temperaturen.
- ✓ Die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre ist direkt durch eine Vielzahl temperaturabhängiger chemischer Reaktionen beeinflusst.
- ✓ Darüber hinaus führen Änderungen in der Temperaturstruktur der Atmosphäre zu Zirkulationsänderungen in der Troposphäre und Stratosphäre, was wiederum den Transport von chemischen Substanzen und Partikeln verändert.

Kopplung der Stratosphäre und Troposphäre

Prozesse der Klimaänderung beeinflussen die Dynamik der Troposphäre und der Stratosphäre. Troposphäre und Stratosphäre sind auf vielfältige Weise miteinander gekoppelt.

- ✓ Die dynamische Kopplung der Troposphäre und der Stratosphäre wird primär durch Dynamik von großskaligen planetaren Wellen vermittelt; diese Wellen werden vor allem in der Troposphäre angeregt.
- ✓ Interannuale Variabilität und jede systematische Änderung (Trend) in der Erzeugung, Ausbreitung oder Dissipation von diesen Wellen wird systematische Änderungen in der Temperaturstruktur und Zirkulation der Stratosphäre zur Folge haben.
- ✓ Es ist davon auszugehen, dass stratosphärische Veränderungen die Troposphäre beeinflussen.

Einführung

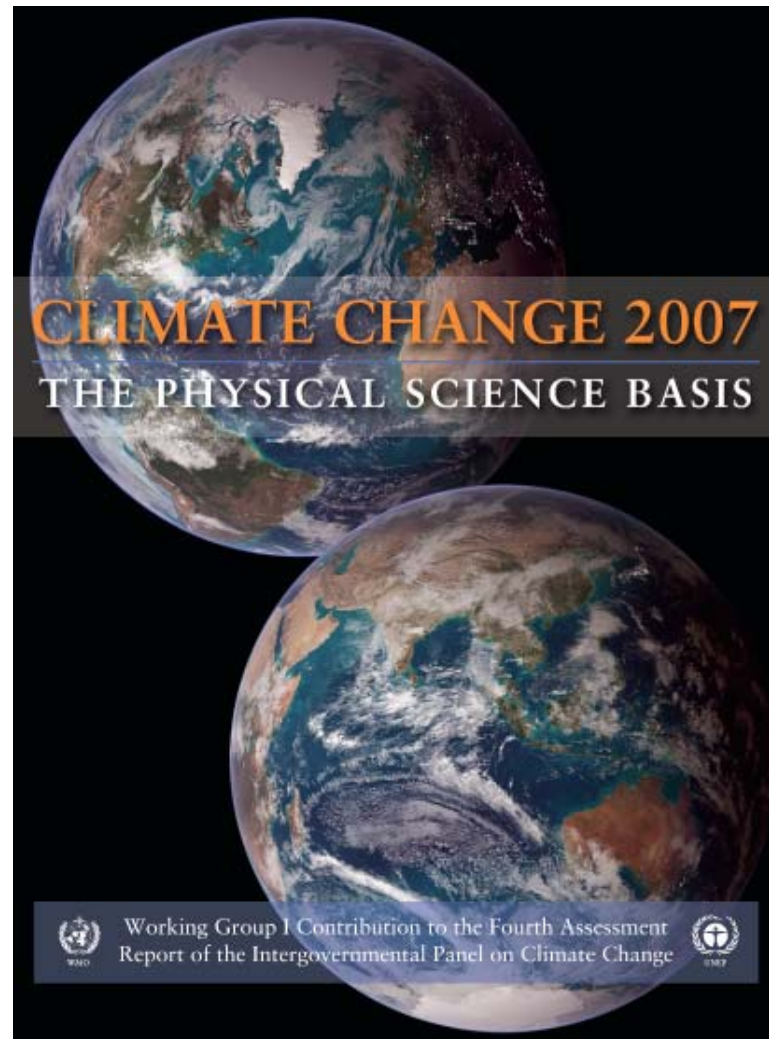
- Um den Einfluss der Klimaänderung auf die Stratosphäre zu bestimmen, muss folgende Frage beantwortet werden:

“Welches sind die wichtigsten physikalischen, dynamischen und chemischen Prozesse, die die Wechselwirkung zwischen Klimaänderung und Variationen der Stratosphäre bestimmen?”

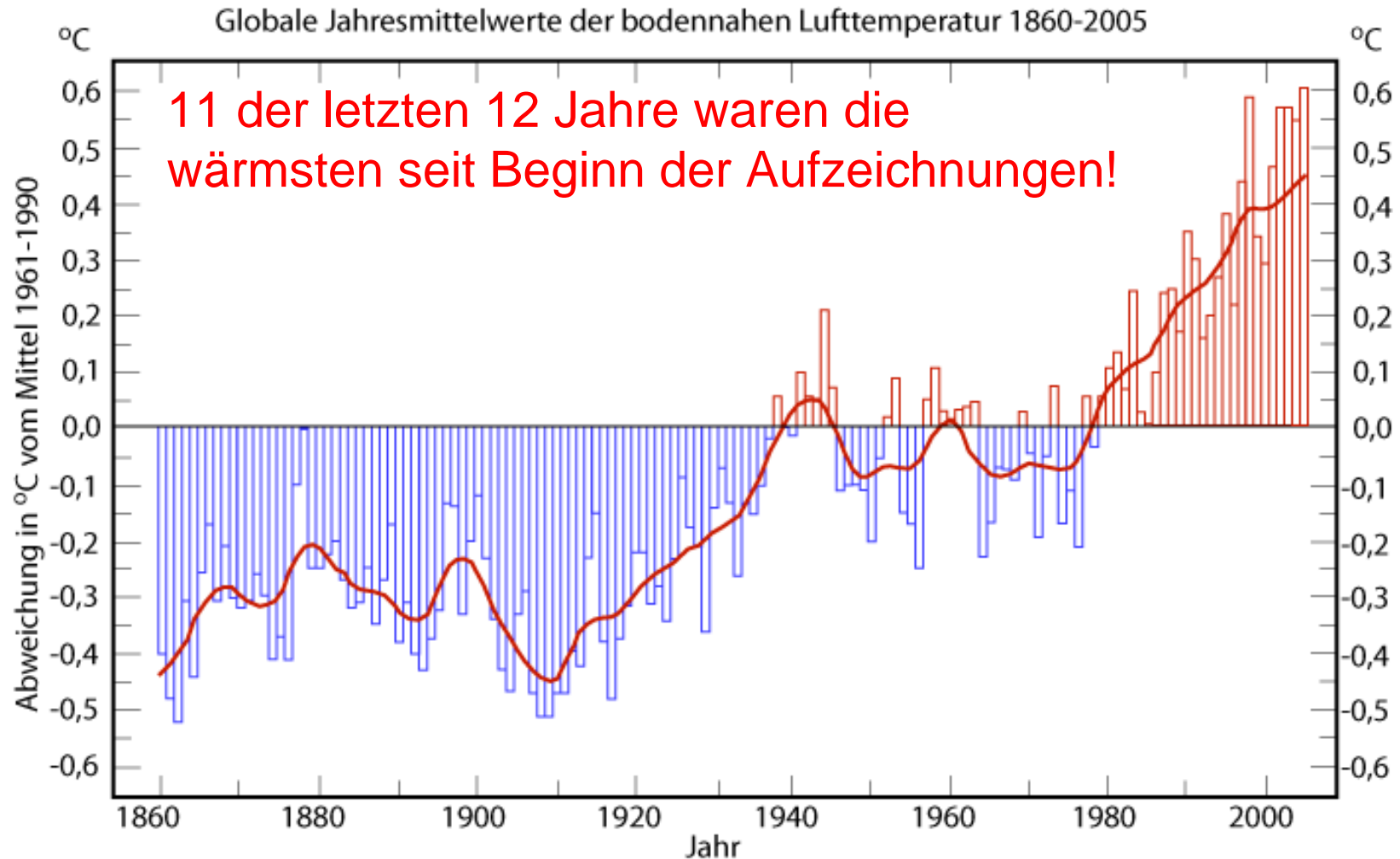
Einführung

- Um diese Frage zu beantworten, müssen Beobachtungen analysiert und Ergebnisse von Modellstudien untersucht werden.
- Atmosphärische Modelle helfen dabei, Prozesse zu **identifizieren** und zu **verstehen** und die Bedeutung einzelner Prozesse für das gesamte System zu **quantifizieren**.
- Gekoppelte Klima-Chemie Modelle (engl. Climate-Chemistry Models, CCMs) sind nützliche Werkzeuge, um die Wechselwirkungen zu untersuchen.
- Mit CCMs, die mittels Beobachtungen überprüft wurden, sind auch Abschätzungen zukünftiger Entwicklungen möglich.

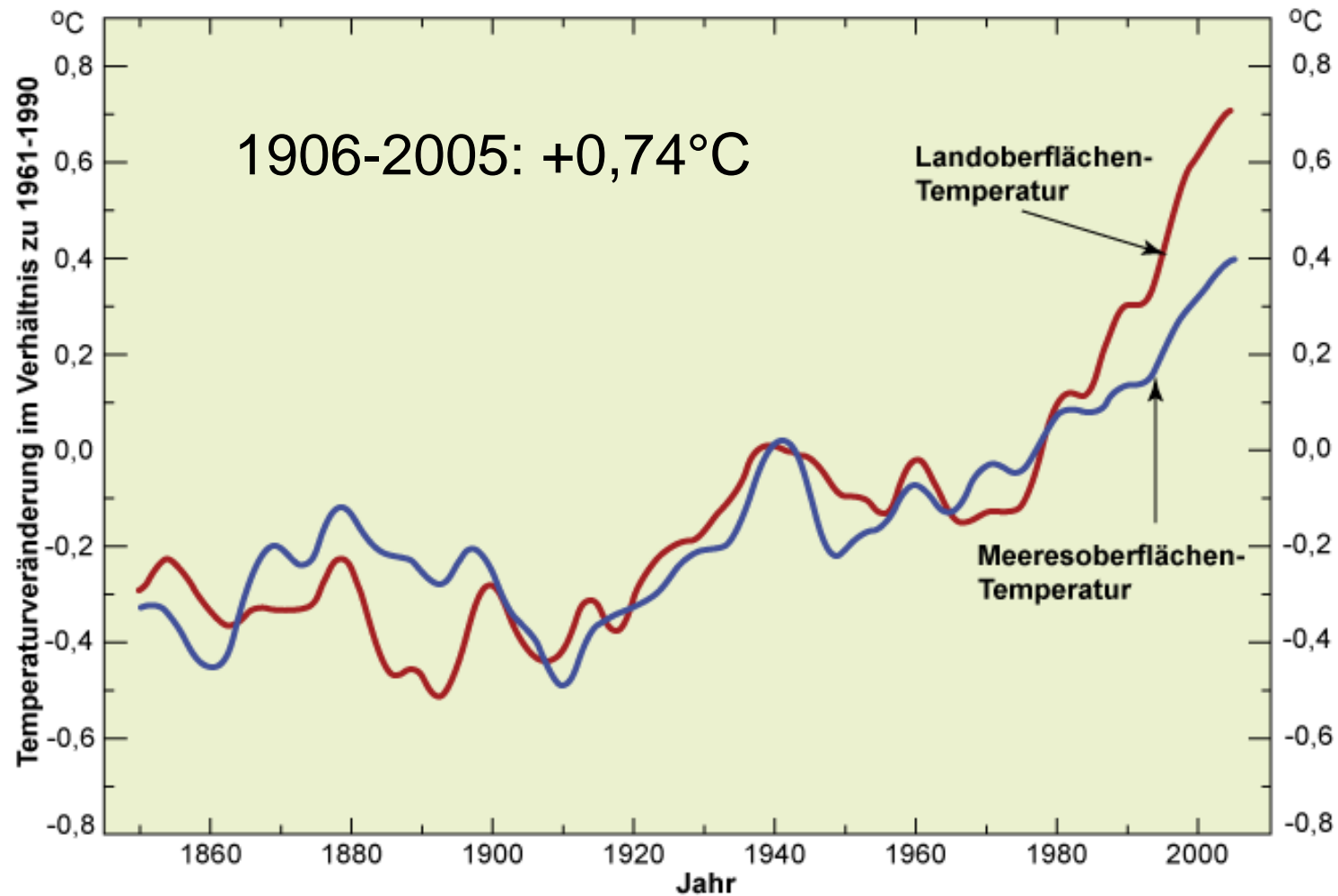
Kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse des IPCC-Berichts (2007)



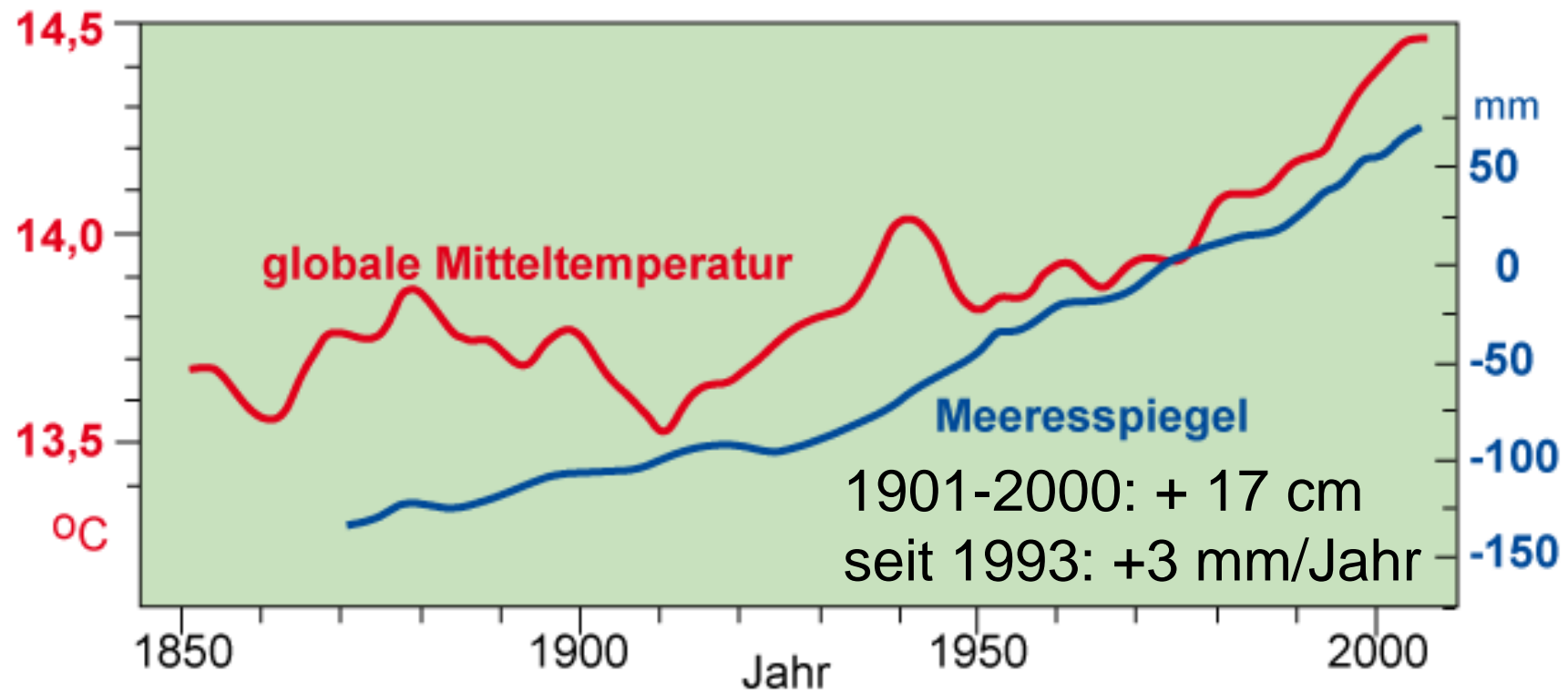
Abweichungen der globalen Jahresmittelwerte der bodennahen Lufttemperatur bezogen auf 1961-1990



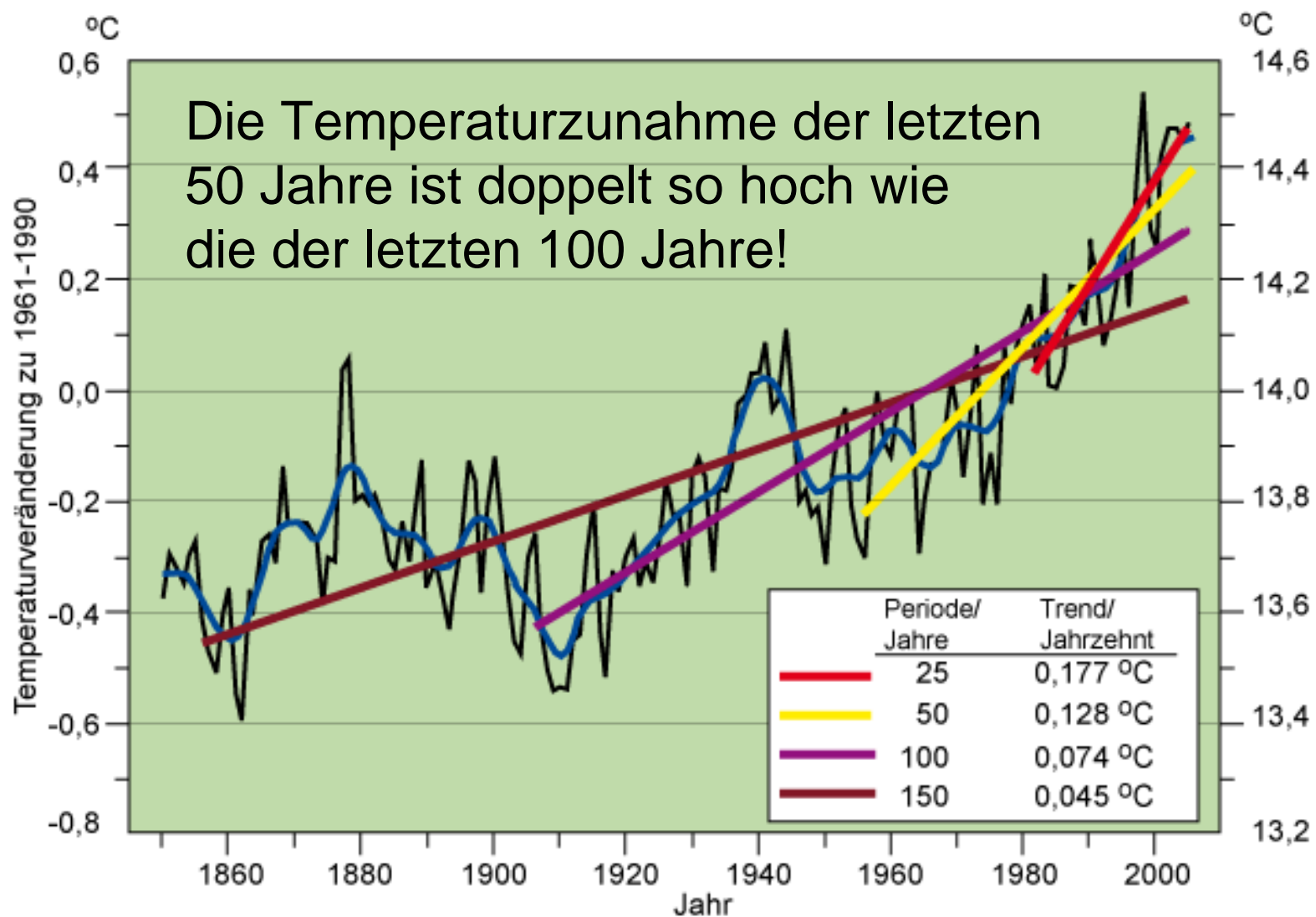
Globale Jahresmittelwerte der Oberflächentemperaturen



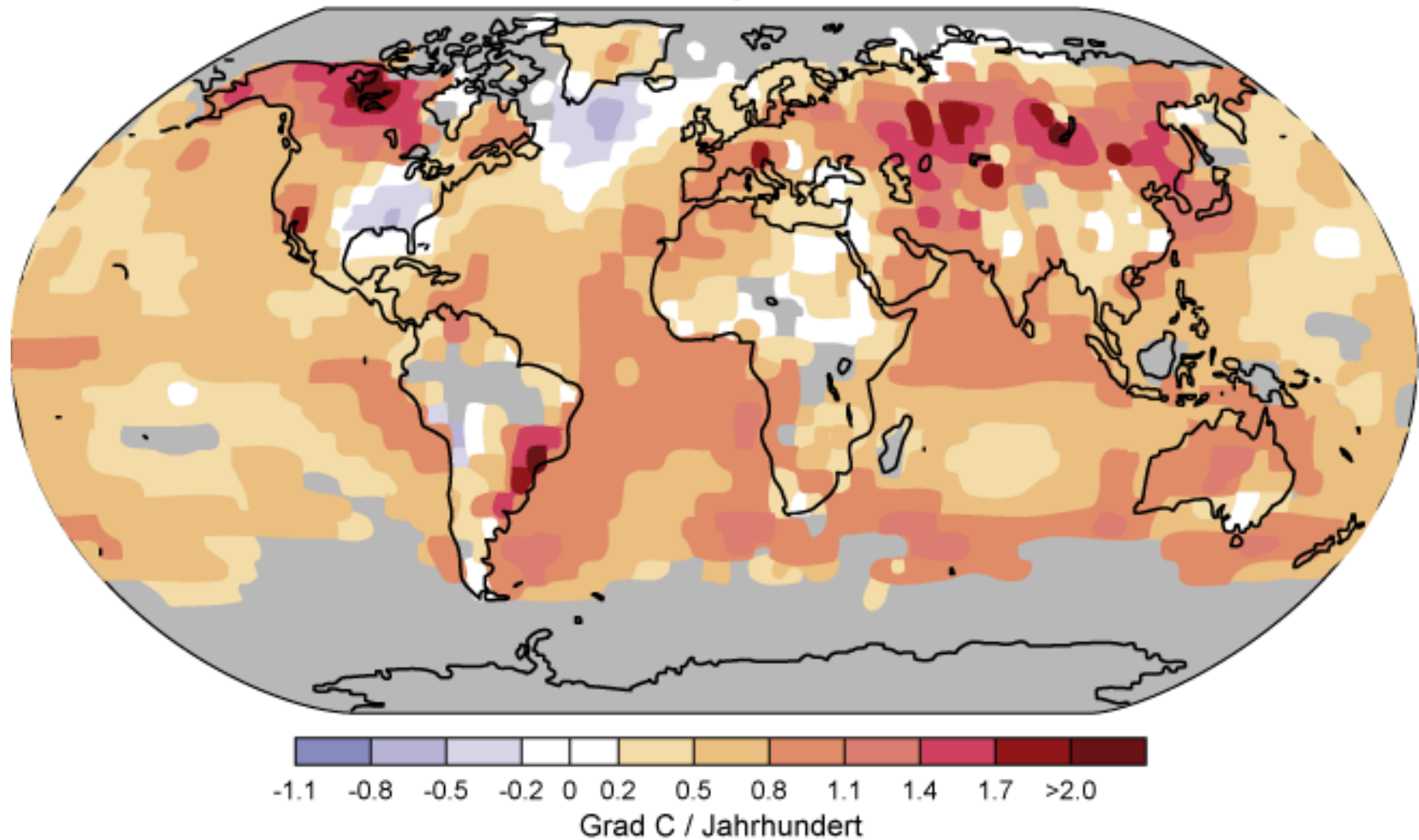
Globale Jahresmittelwerte der bodennahen Lufttemperatur und des Meeresspiegels



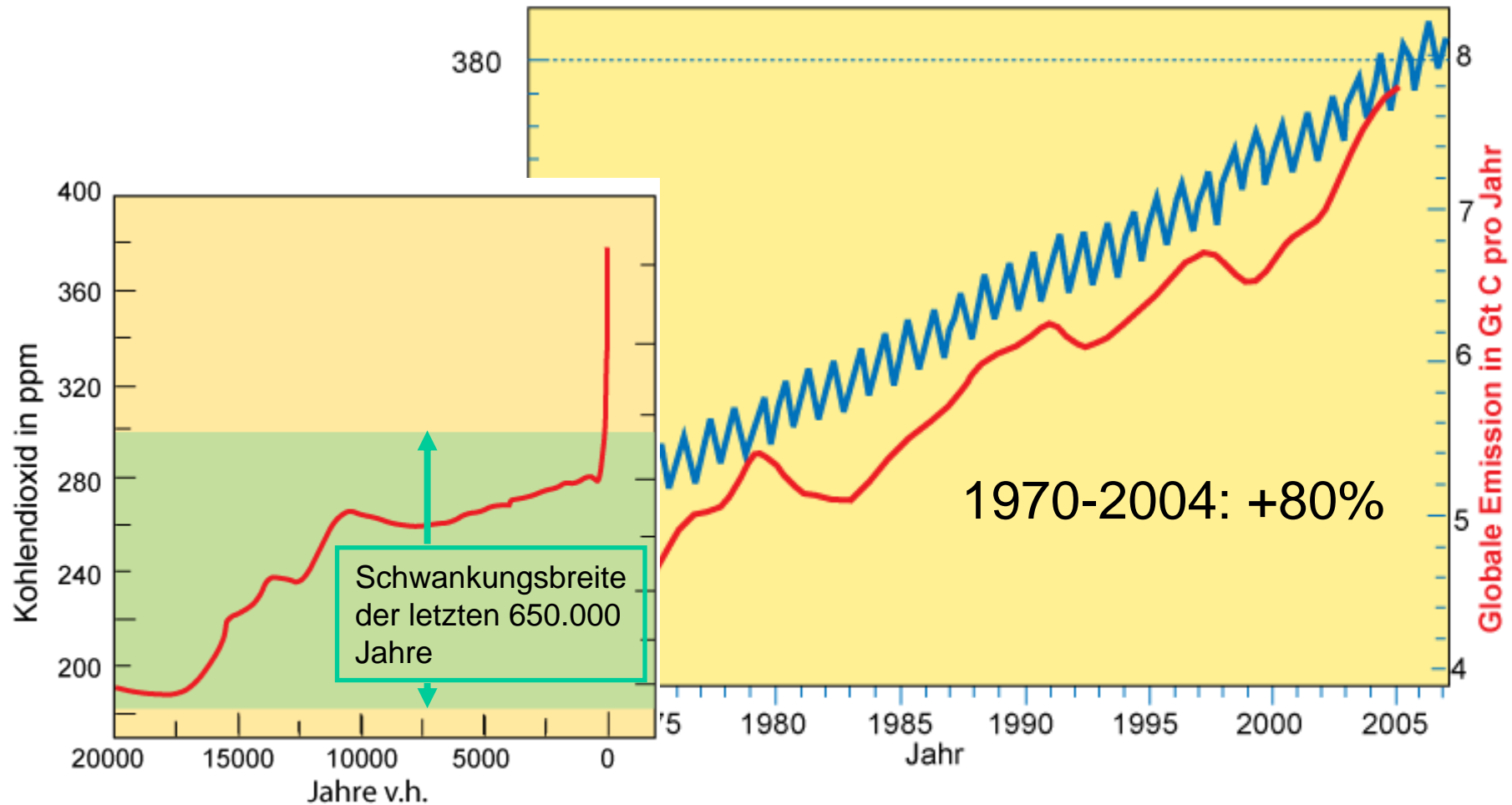
Temperatortrends



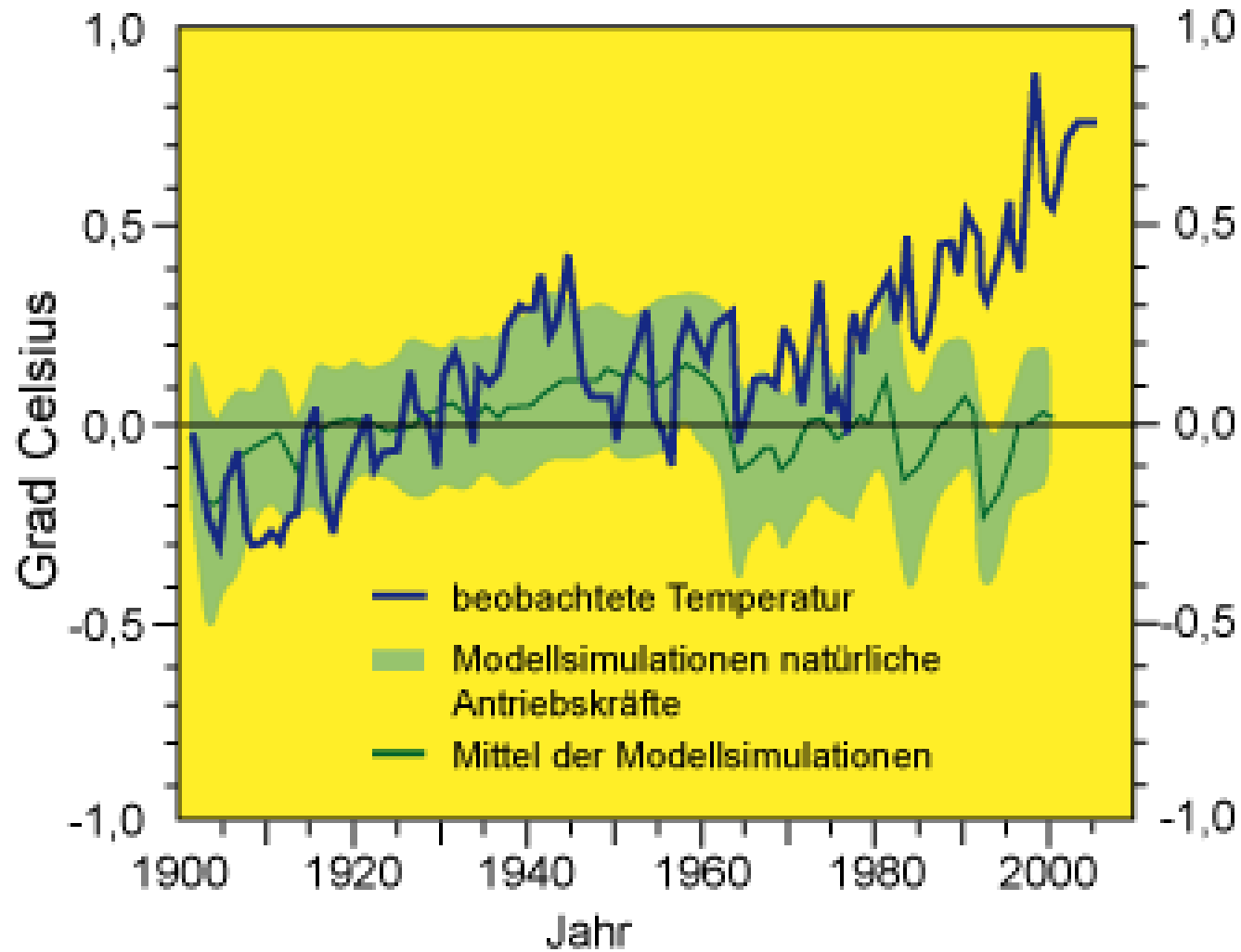
Trends der Jahresmitteltemperaturen 1901-2005



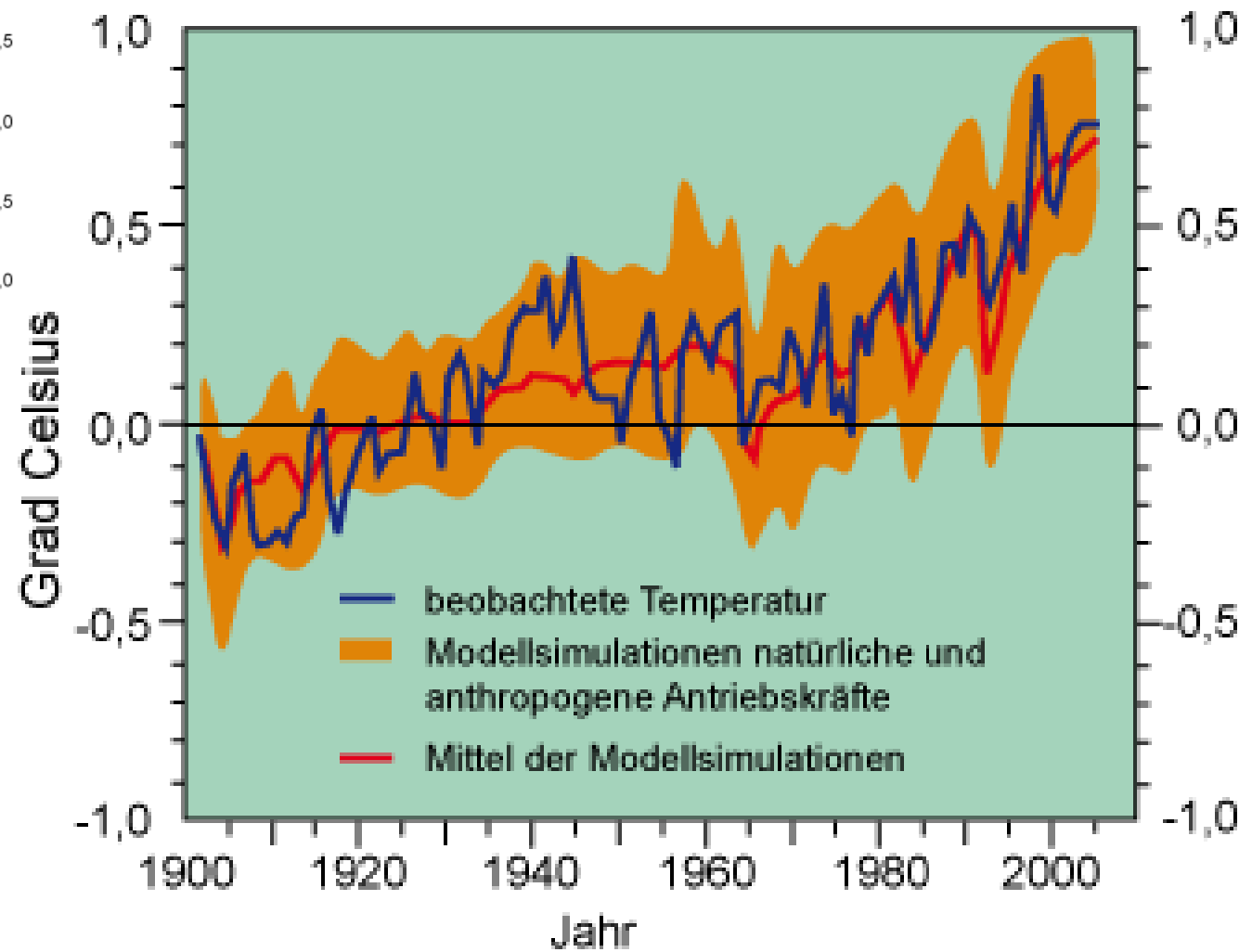
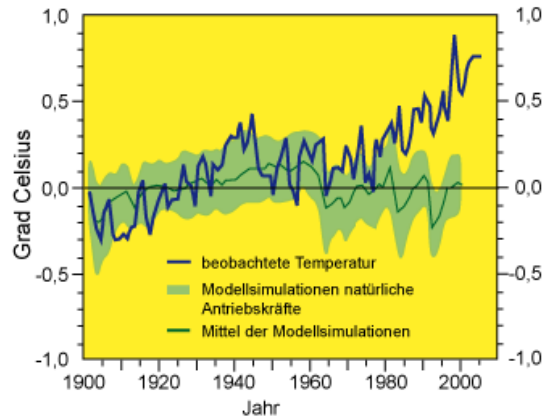
Entwicklung der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre – Globale CO₂-Emissionen



Simulationen mit Klimamodellen

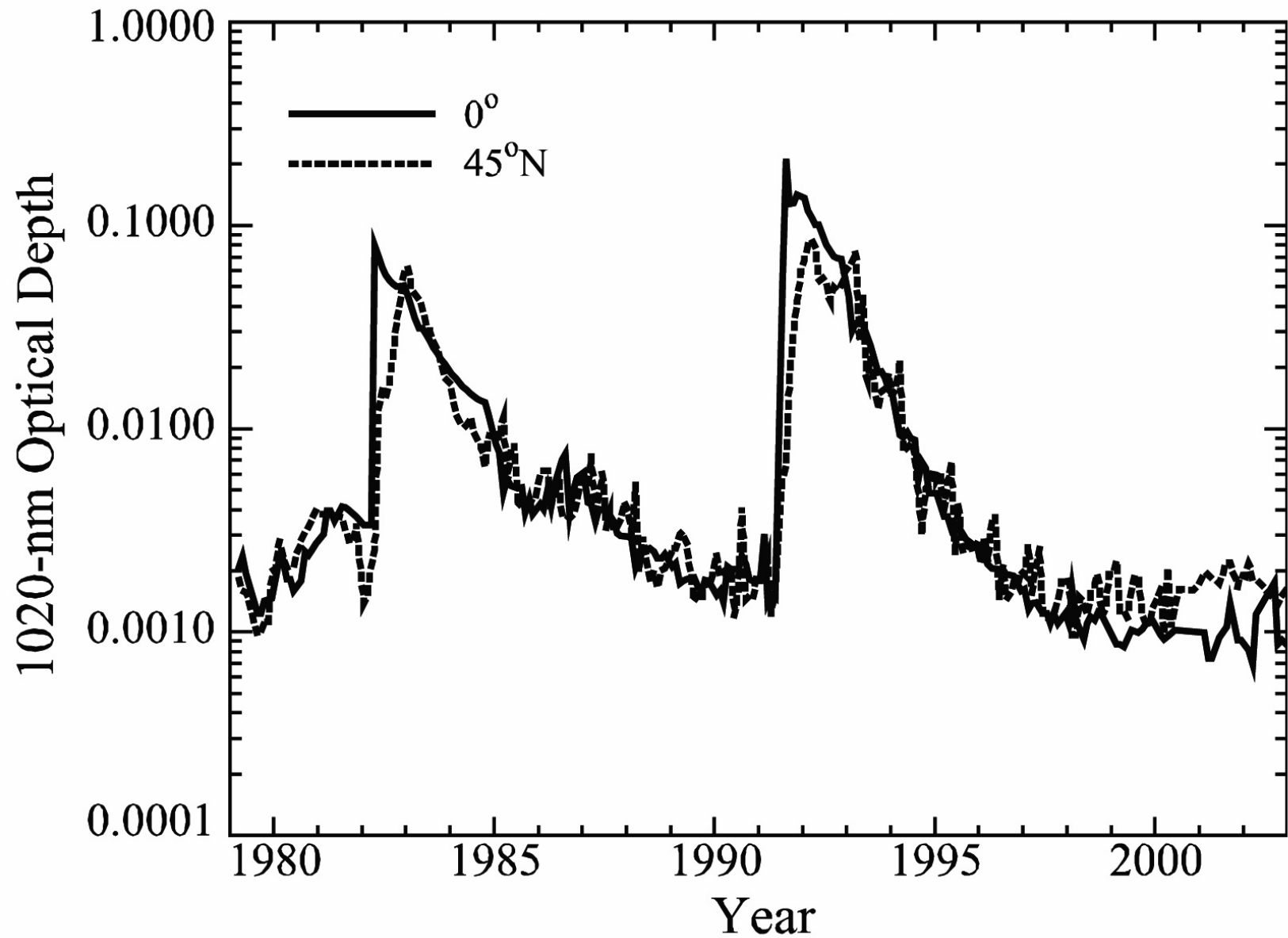


Simulationen mit Klimamodellen



Natürliche Einflussfaktoren

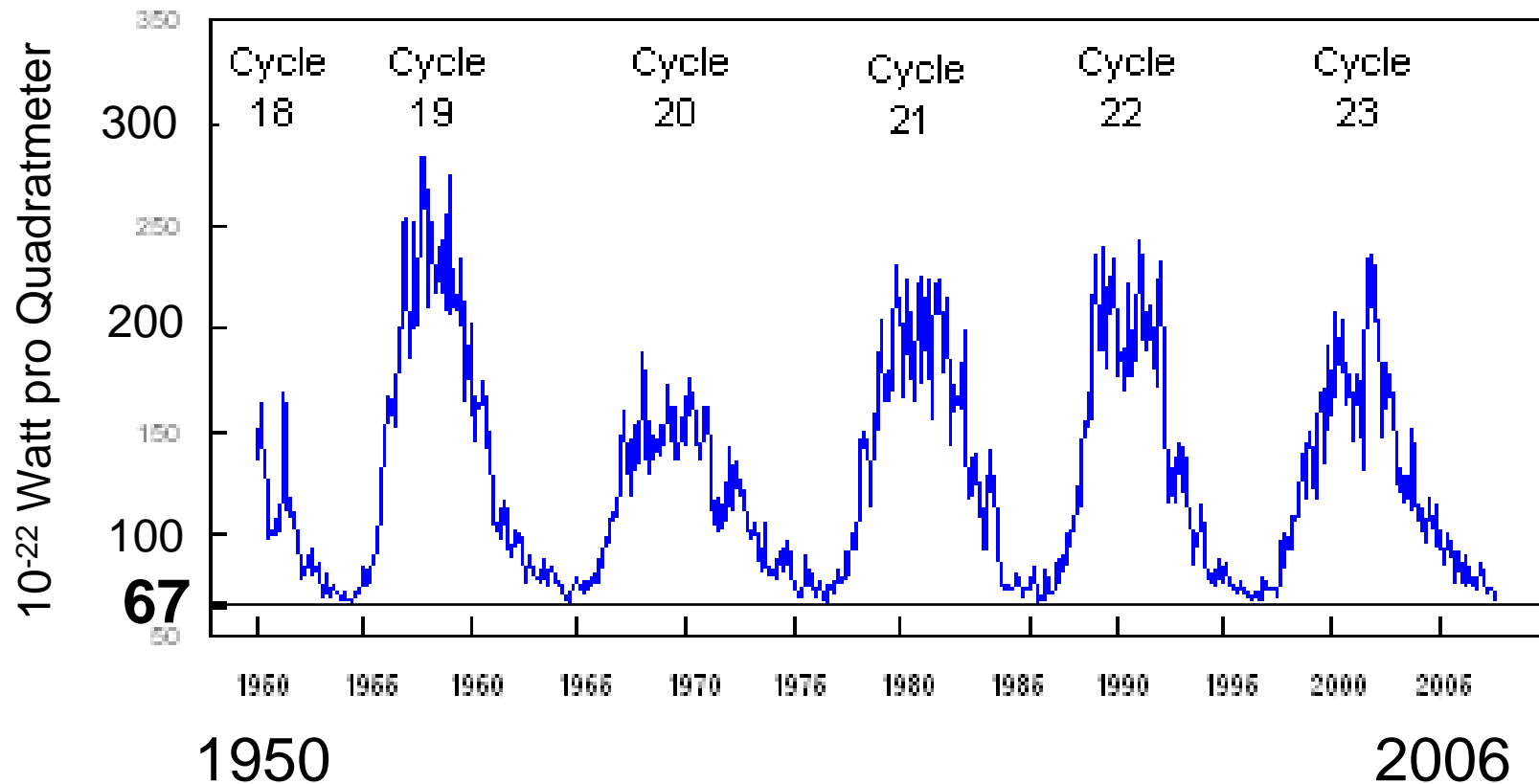
Vulkanisches Aerosol



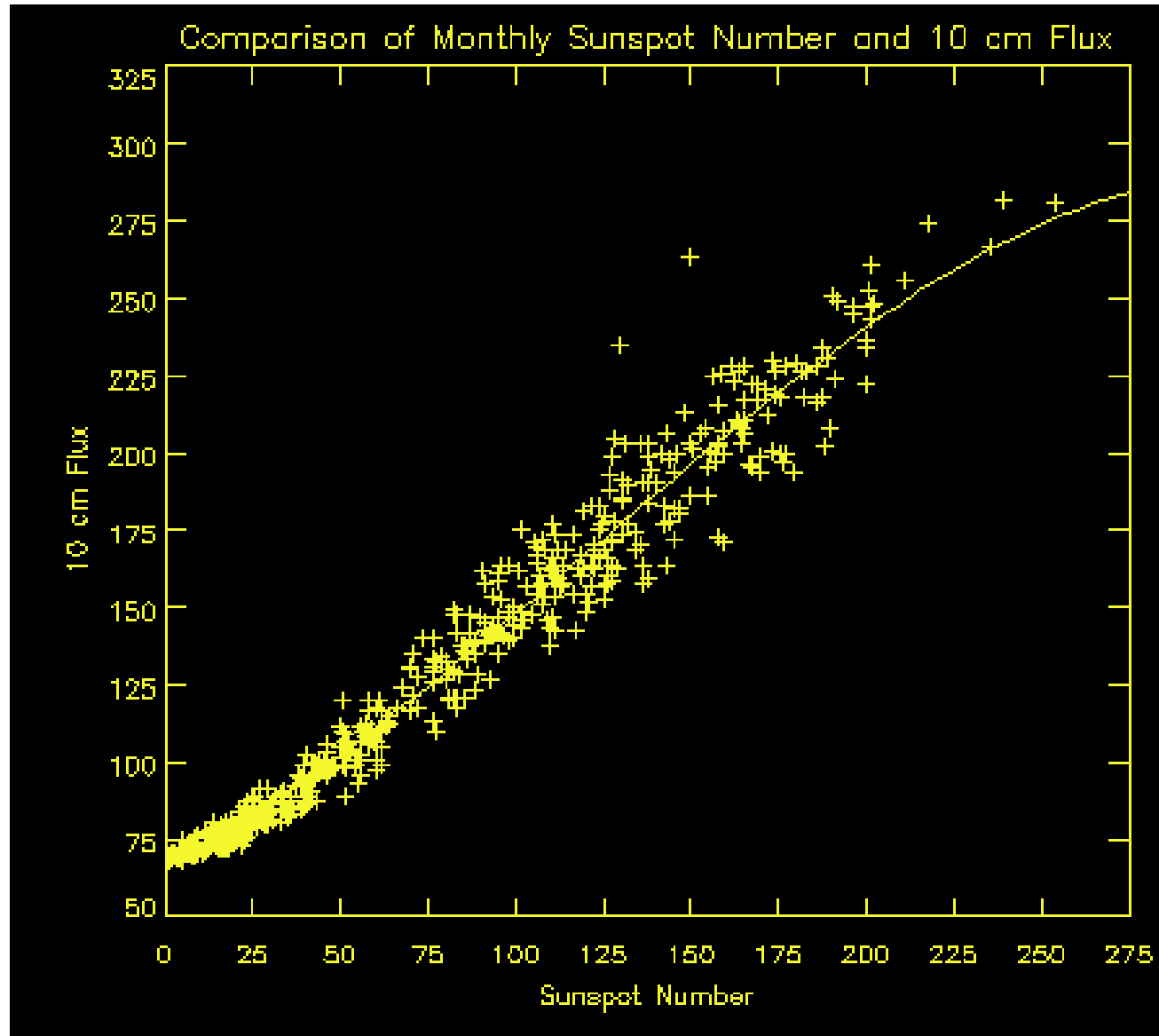
From Chapter 3 of Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006 (WMO, 2007).

Aktivität der Sonne

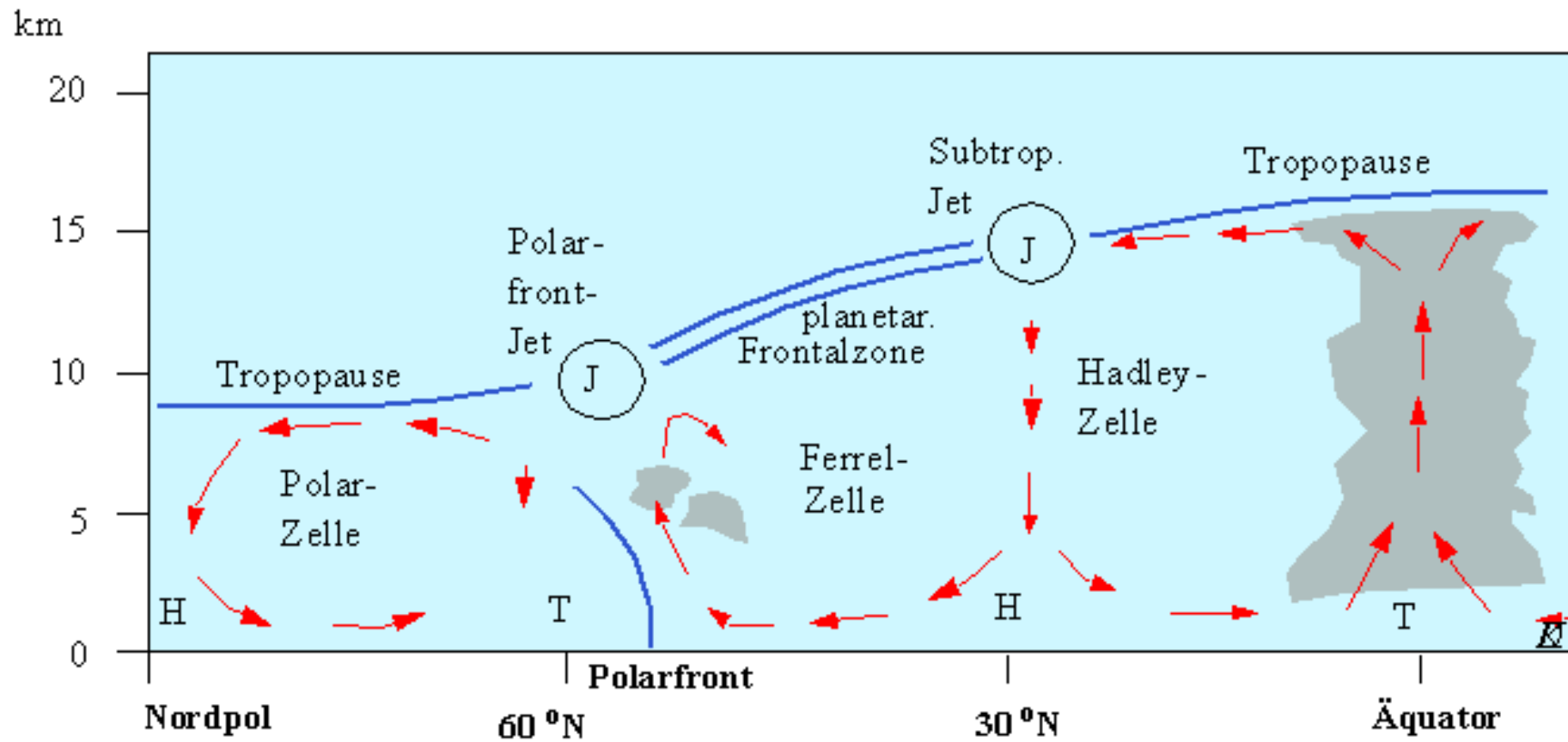
Monatsmittelwerte der 10,7 cm (2,8 GHz) Strahlung der Sonne - Zeitraum: Januar 1950 bis September 2007



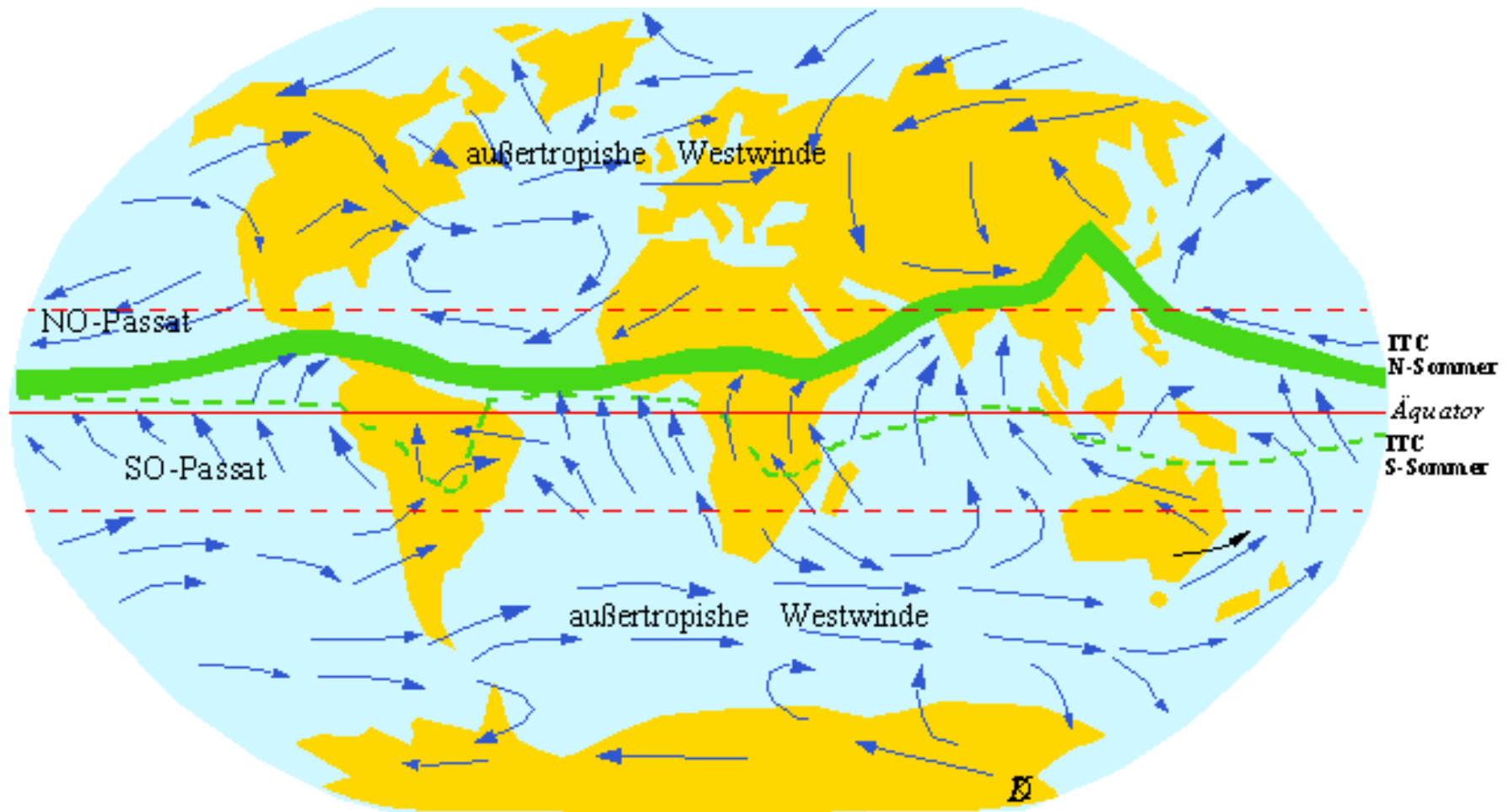
Aktivität der Sonne



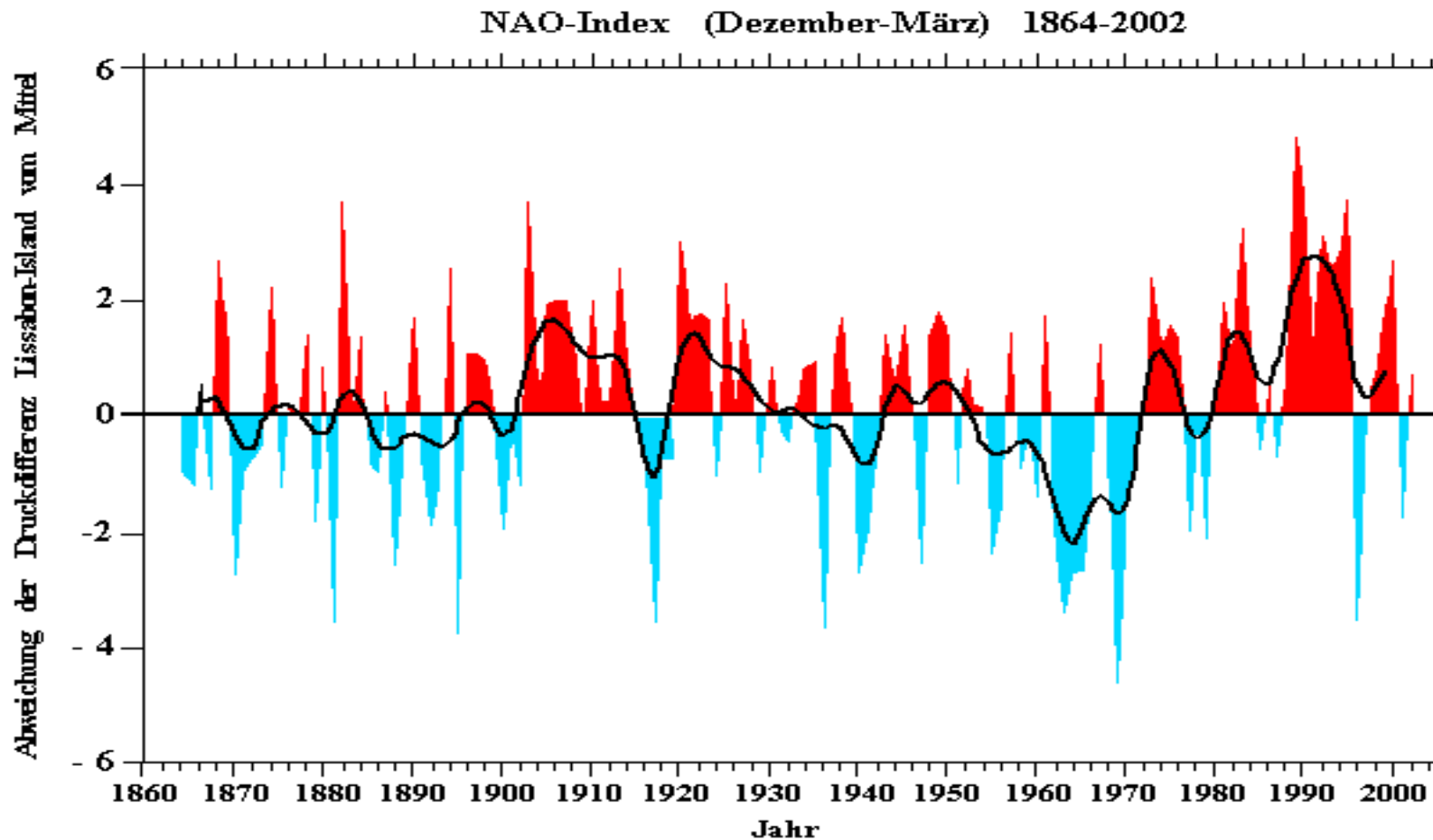
Troposphärische Zirkulation



Troposphärische Zirkulation

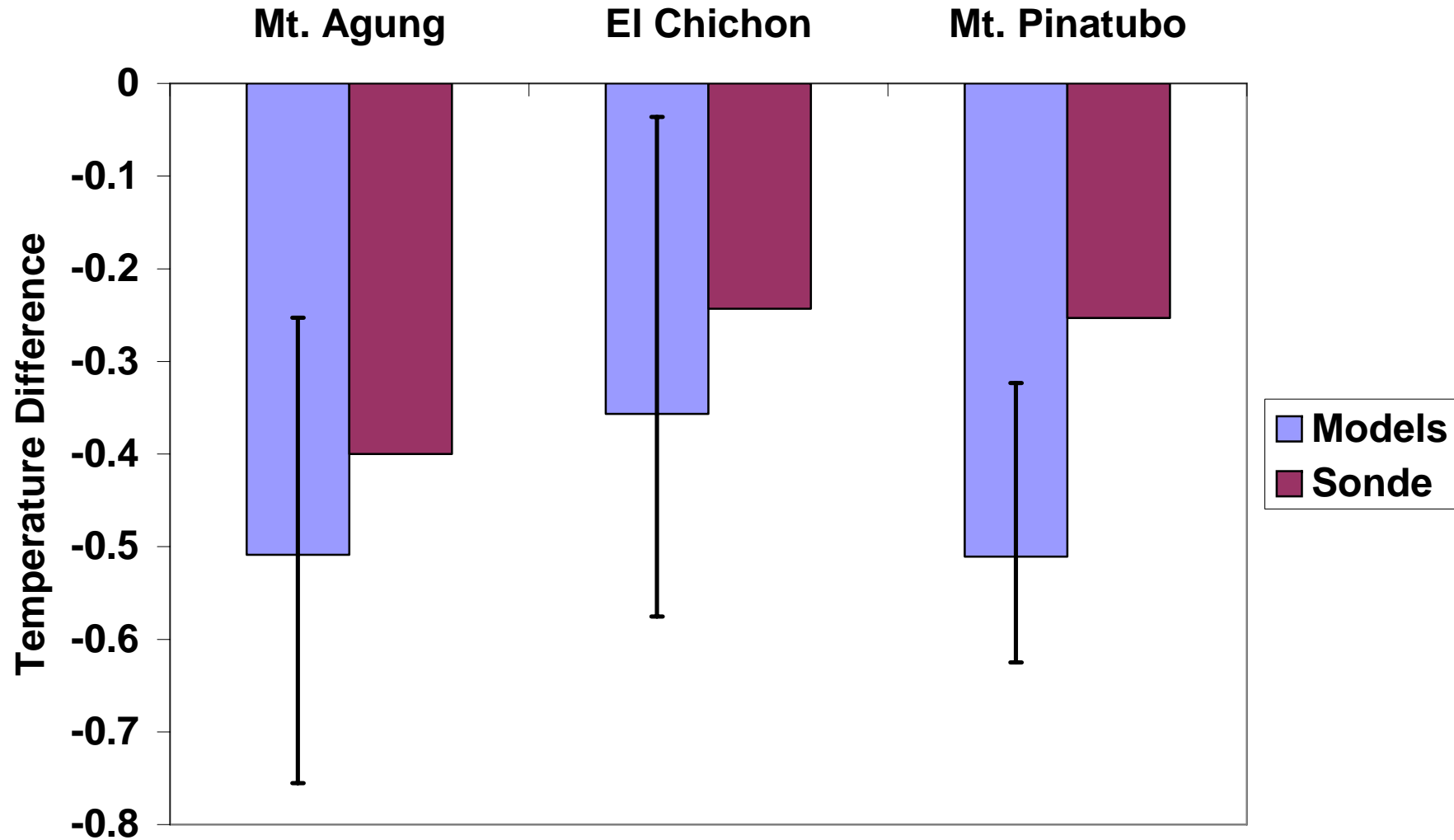


Troposphärische Zirkulation

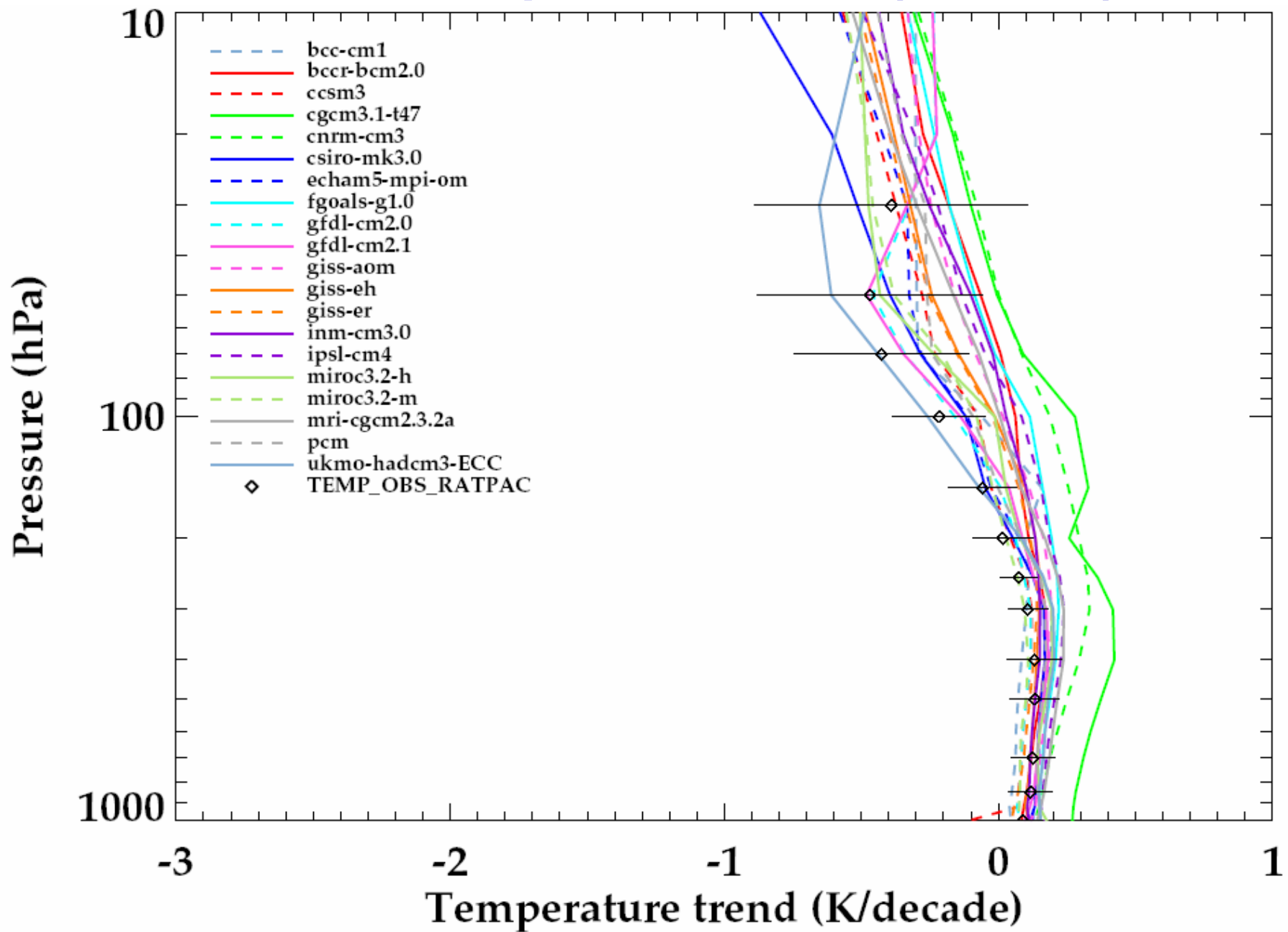


Der NAO-Index ist definiert als die Differenz zwischen dem normalisierten winterlichen Luftdruck in Meeresebene in Lissabon und Stykkisholmur (Island). Die Normalisierung der Luftdruckanomalien an jeder Station wurde erzielt durch die Division jedes saisonalen Drucks durch den langjährigen Durchschnitt (seit 1864).

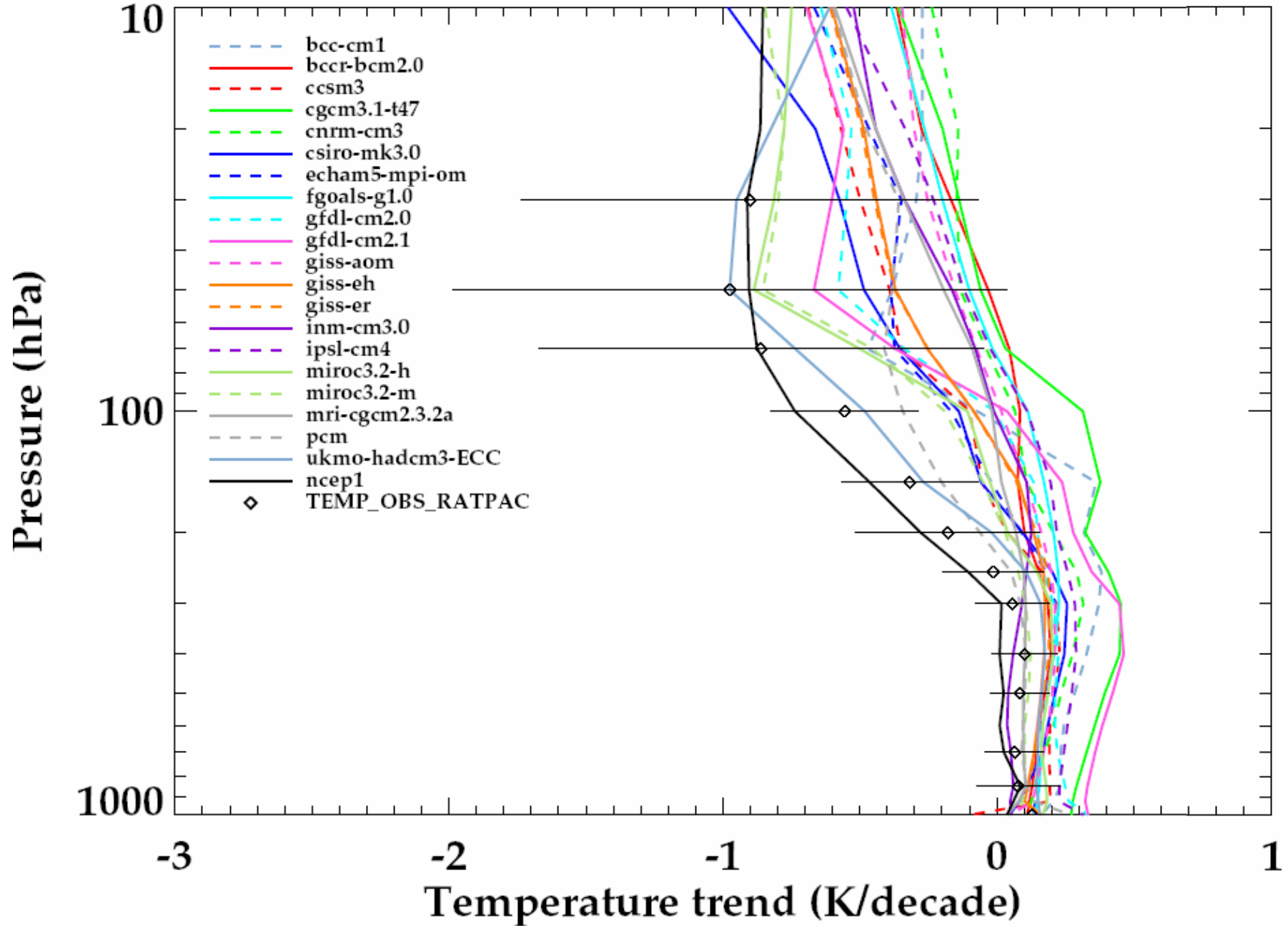
Temperaturresponse auf Vulkaneruptionen @ 500 hPa



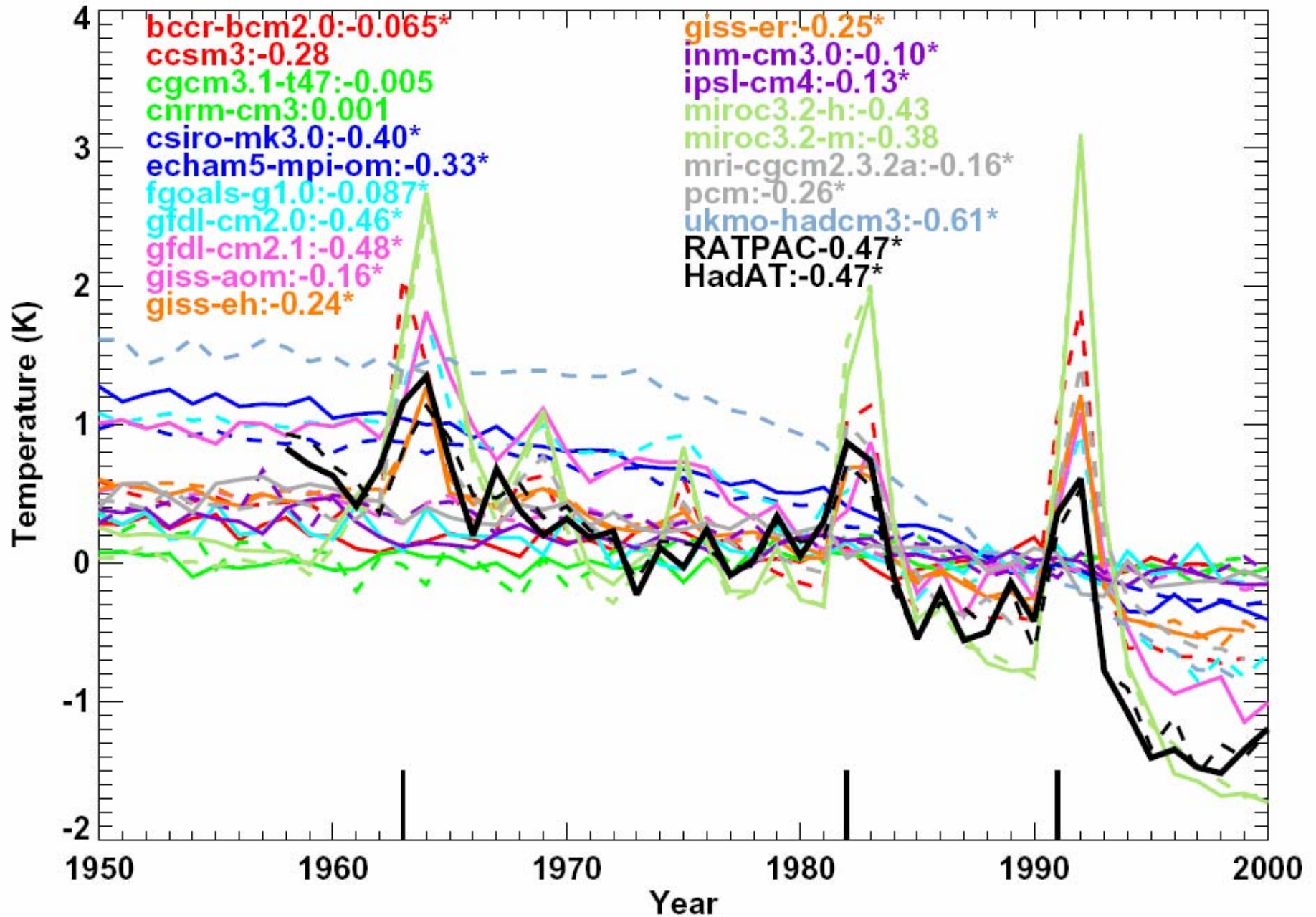
Globale Temperaturtrends (1958-99)



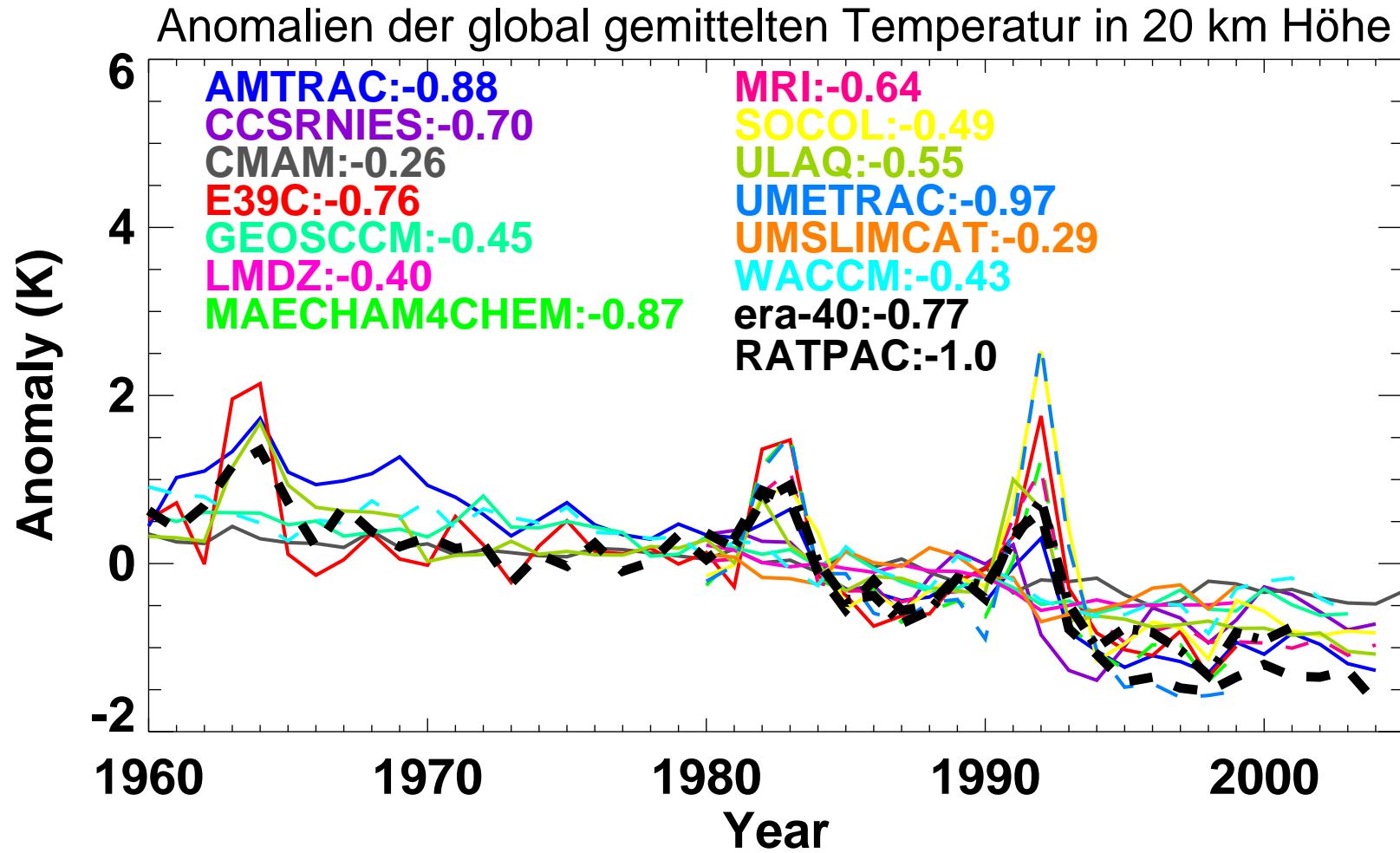
Globale Temperaturtrends (1979-99)



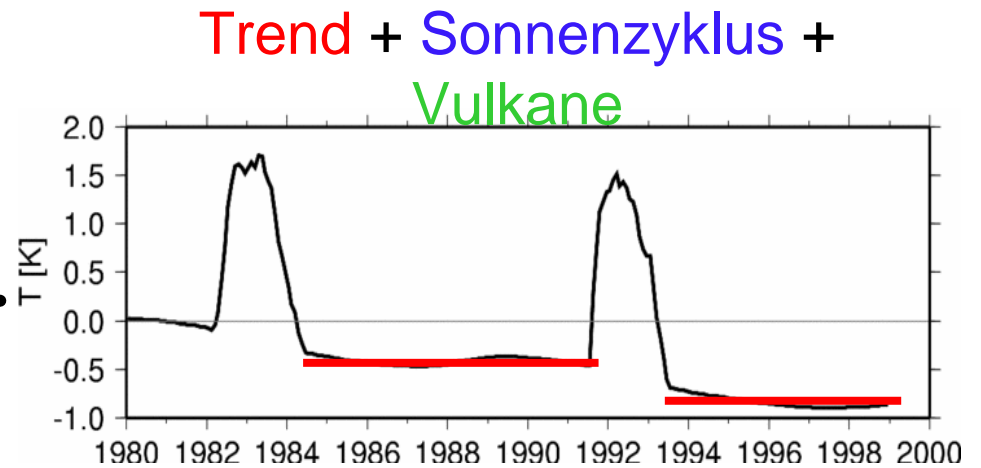
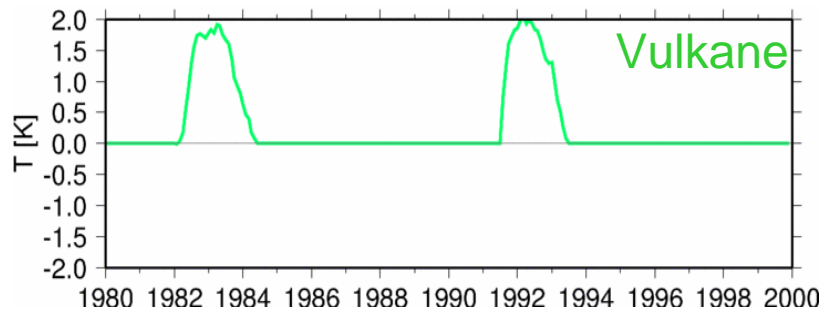
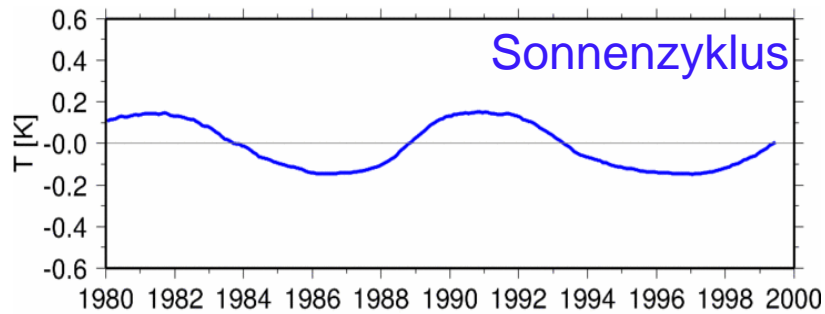
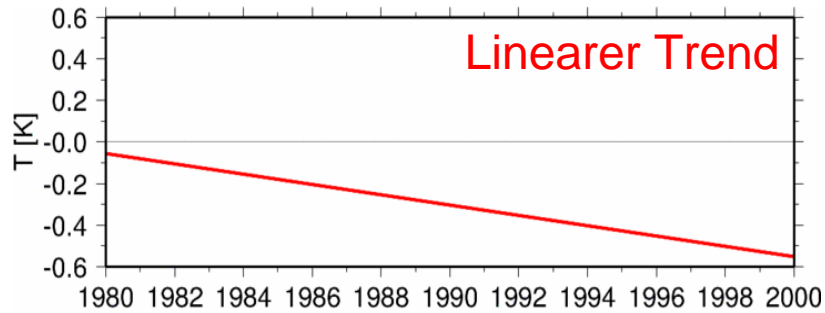
Jährliche globale Temperaturanomalien @ 50 hPa



Entwicklung der Temperatur in der Stratosphäre: Ergebnisse von CCMs

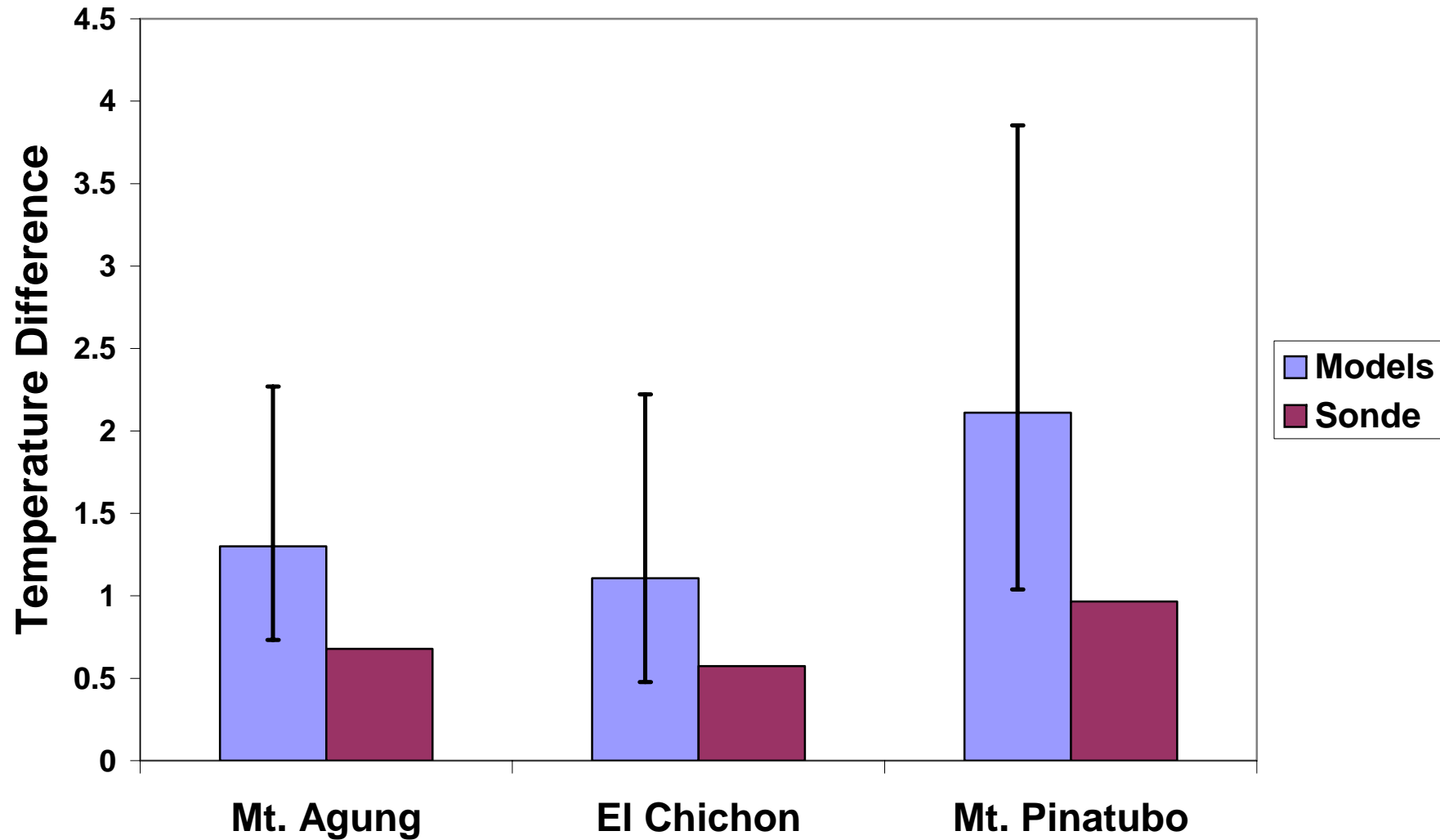


Variabilität und Trends in der US: Temperatur

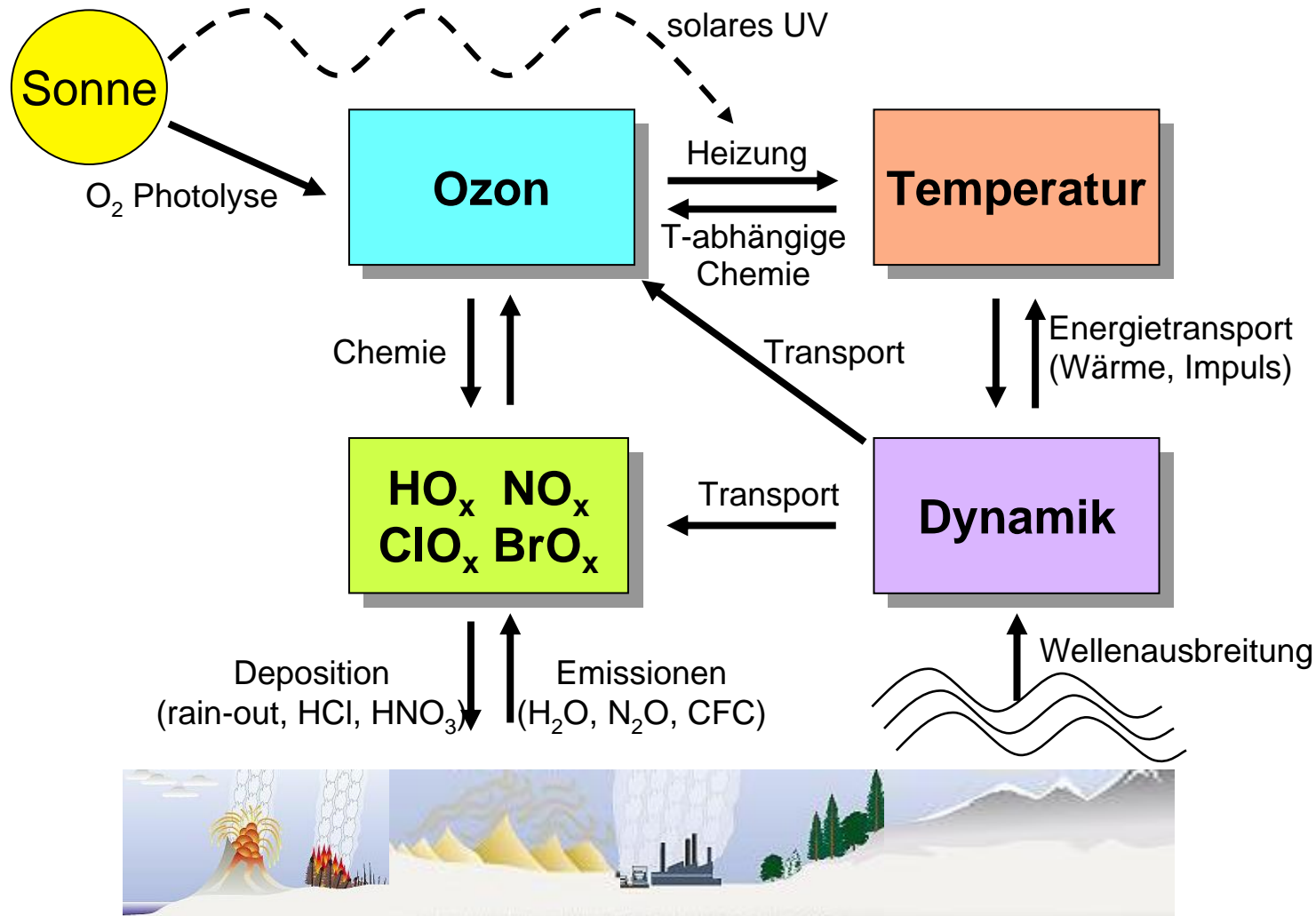


⇒ "stufenweise"
Abkühlung der
unteren
Stratosphäre

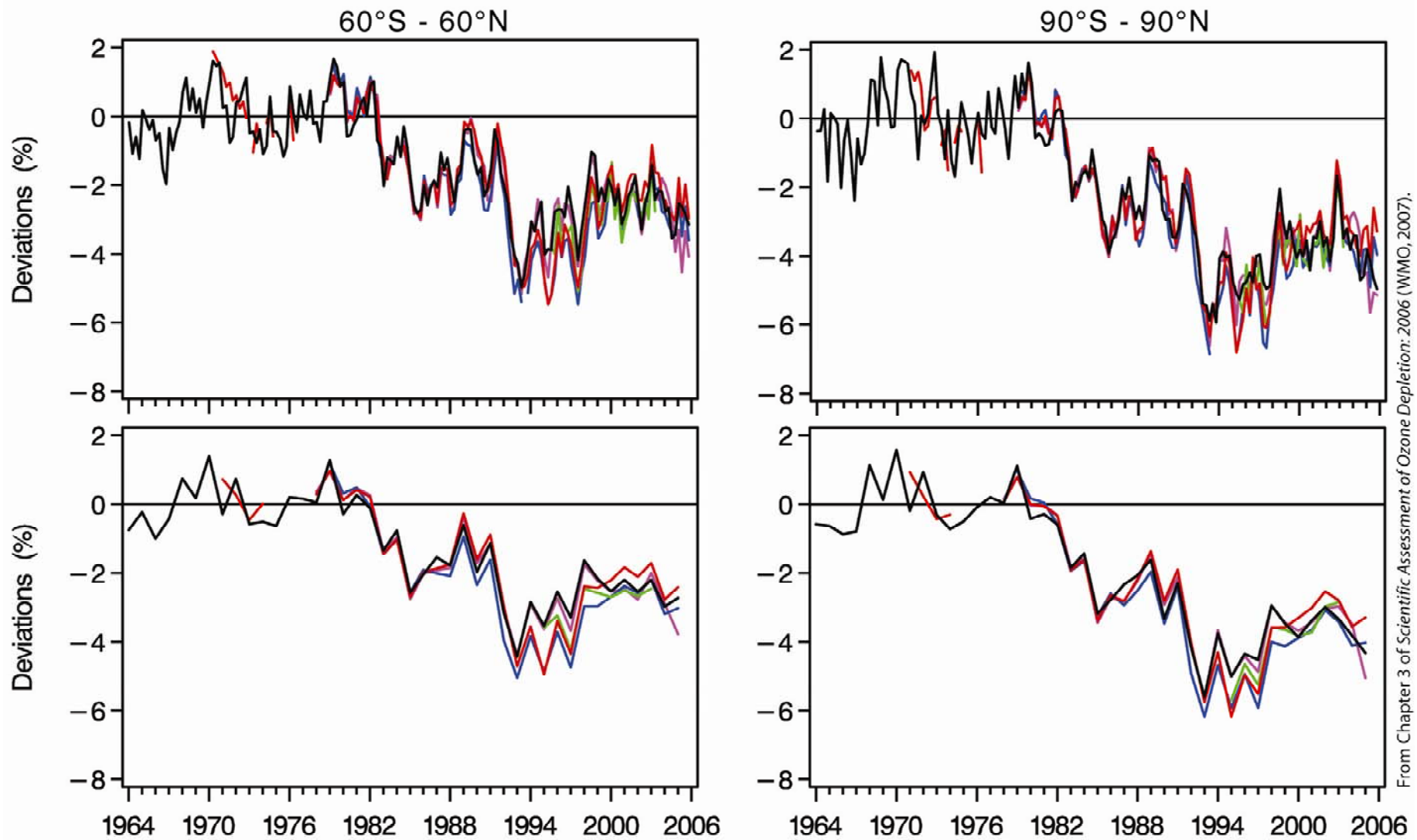
Temperaturresponse auf Vulkaneruptionen @ 50 hPa



Das stratosphärische System

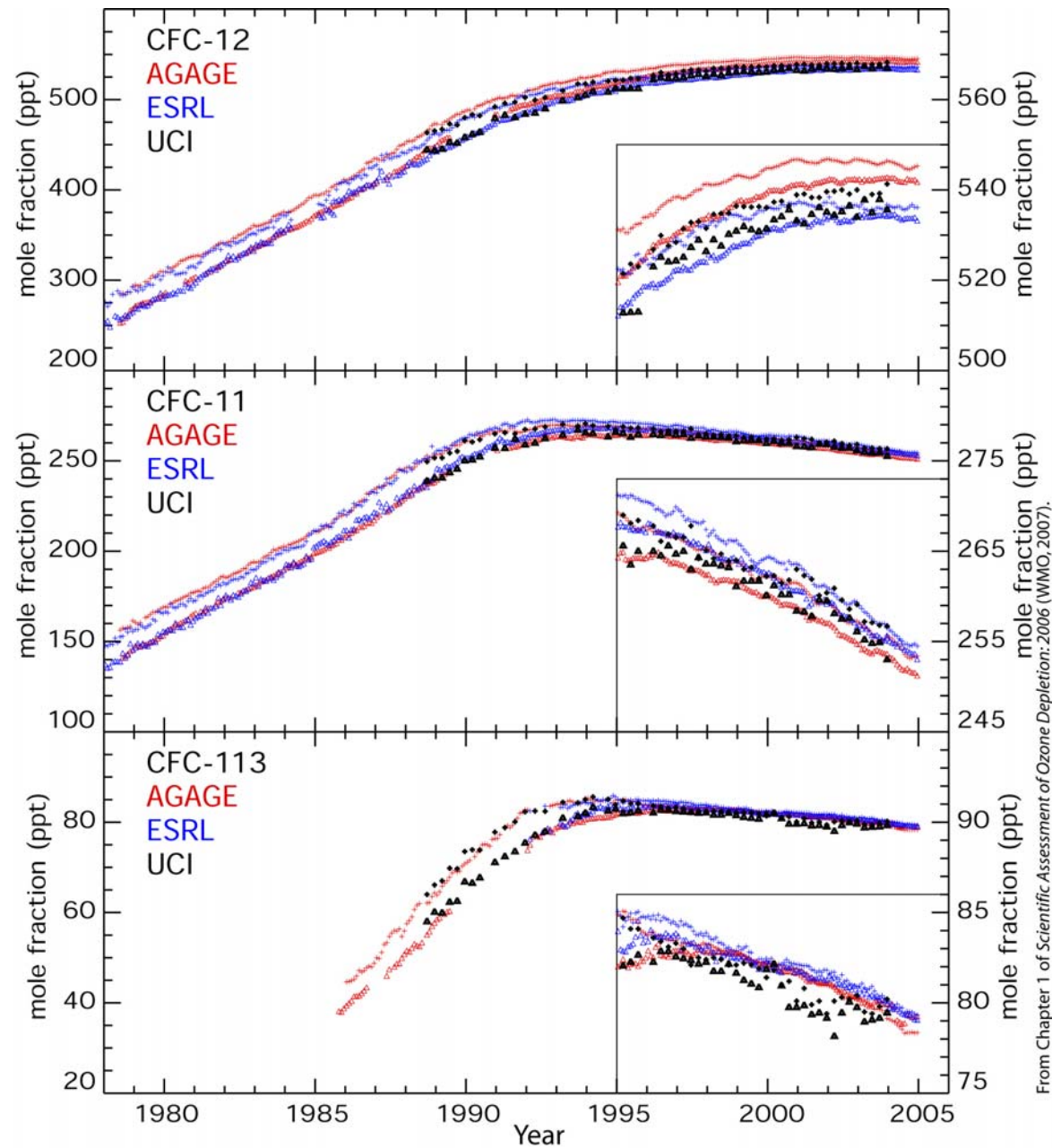


Stratosphärisches Ozon



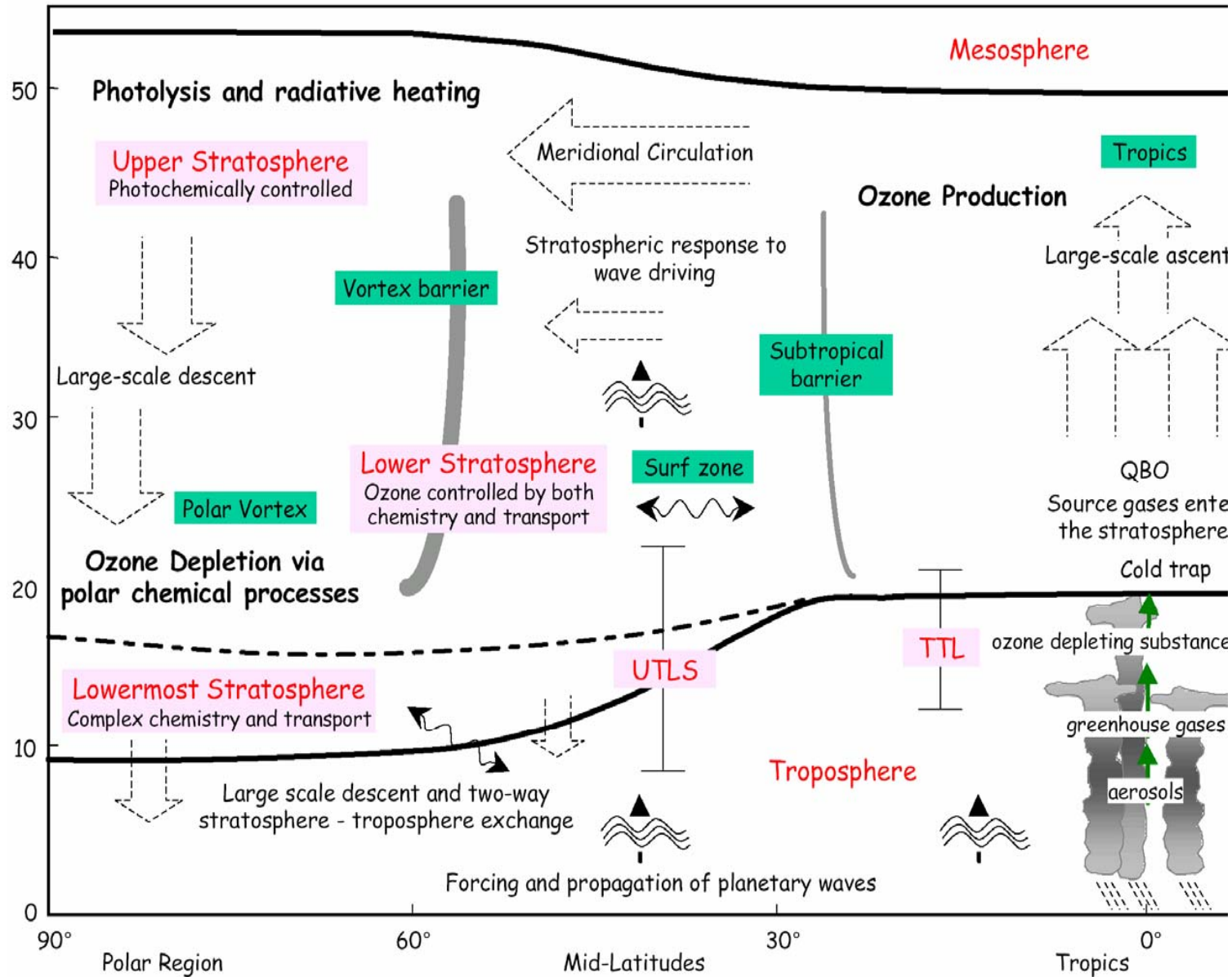
— Ground-based — Merged — SBUV — NIWA — GOME

Entwicklung der Fluorchlorkohlenwasserstoffe

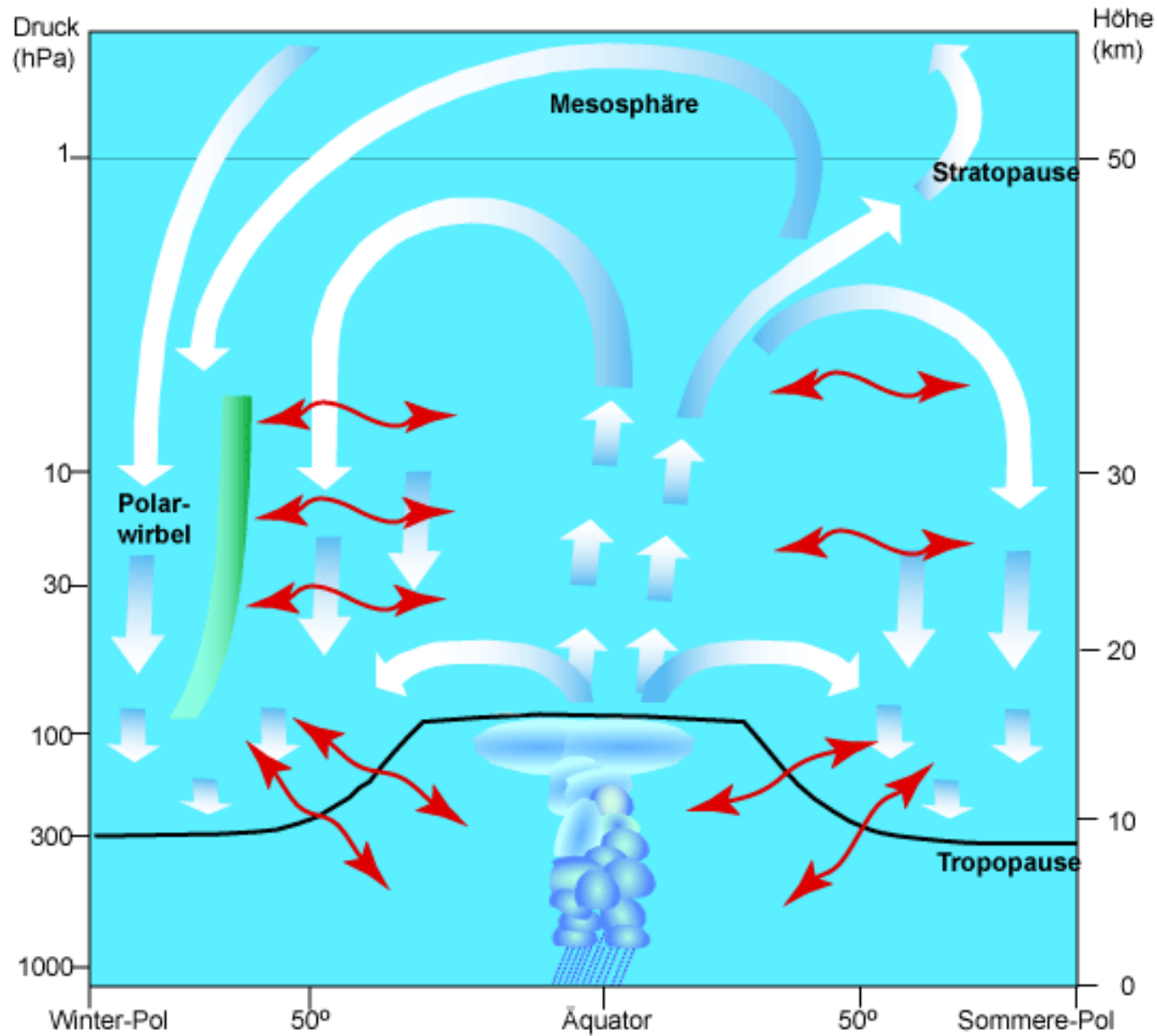


From Chapter 1 of Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006 (WMO, 2007).

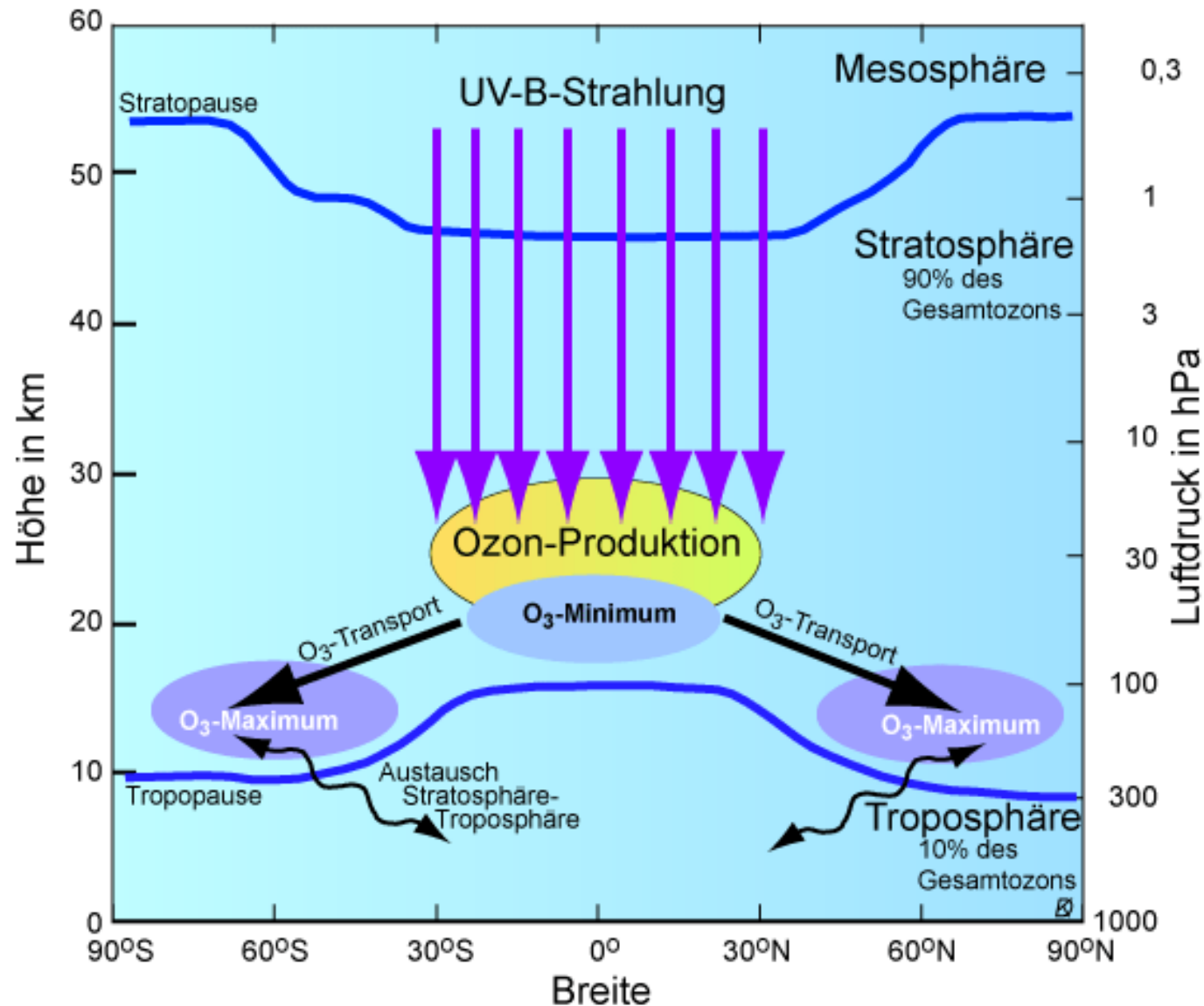
Atmosphärische Chemie und Klima



Wechselwirkung Troposphäre-Stratosphäre: Brewer-Dobson Zirkulation

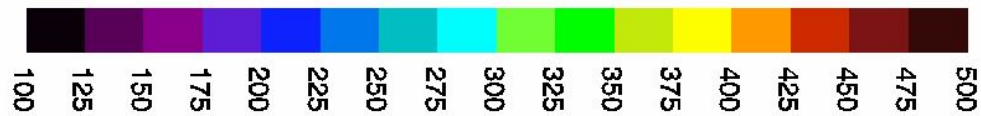
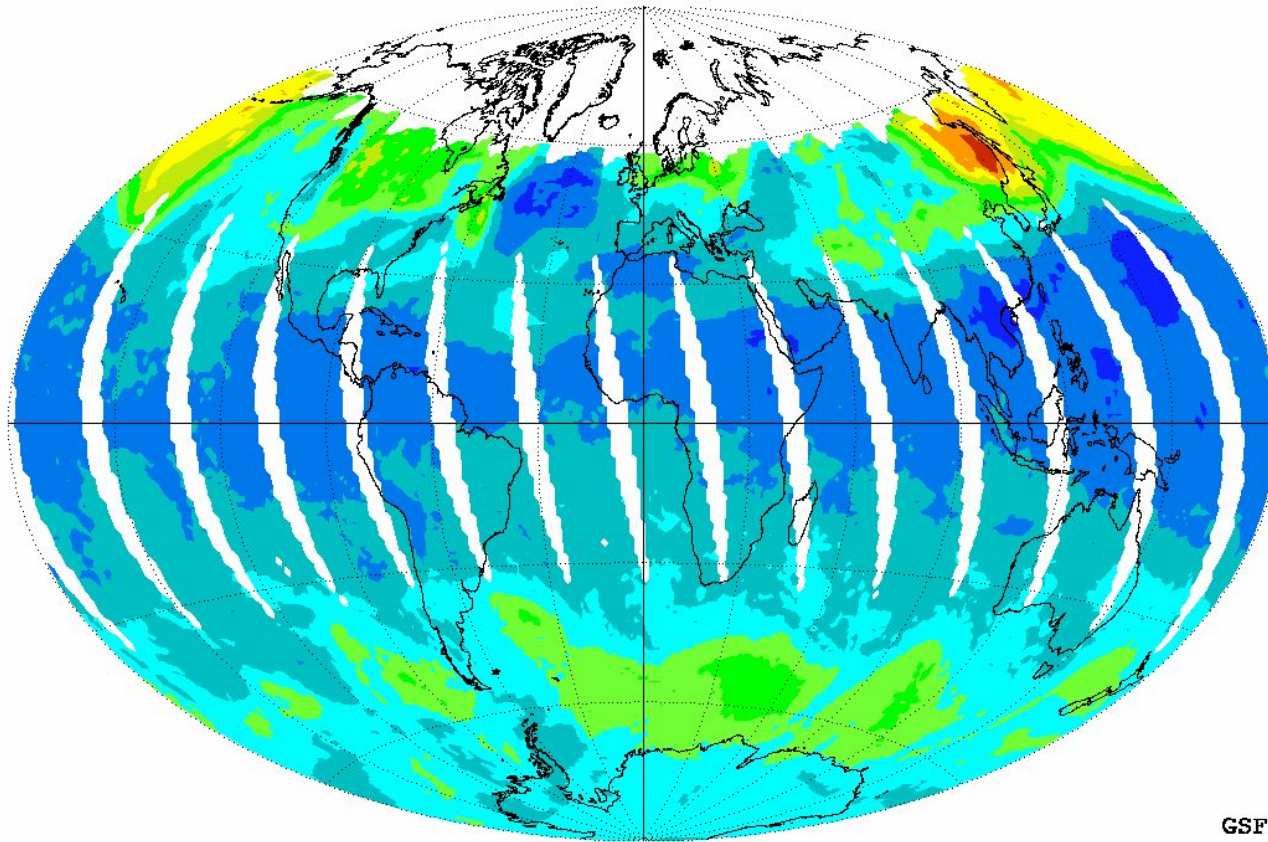


Wechselwirkung Troposphäre-Stratosphäre: Brewer-Dobson Zirkulation



Ozonverteilung

EP/TOMS Version 8 Total Ozone Dec 21, 2004



Dobson Units

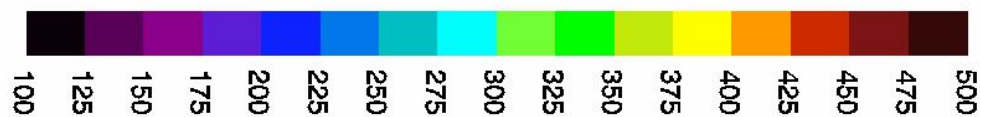
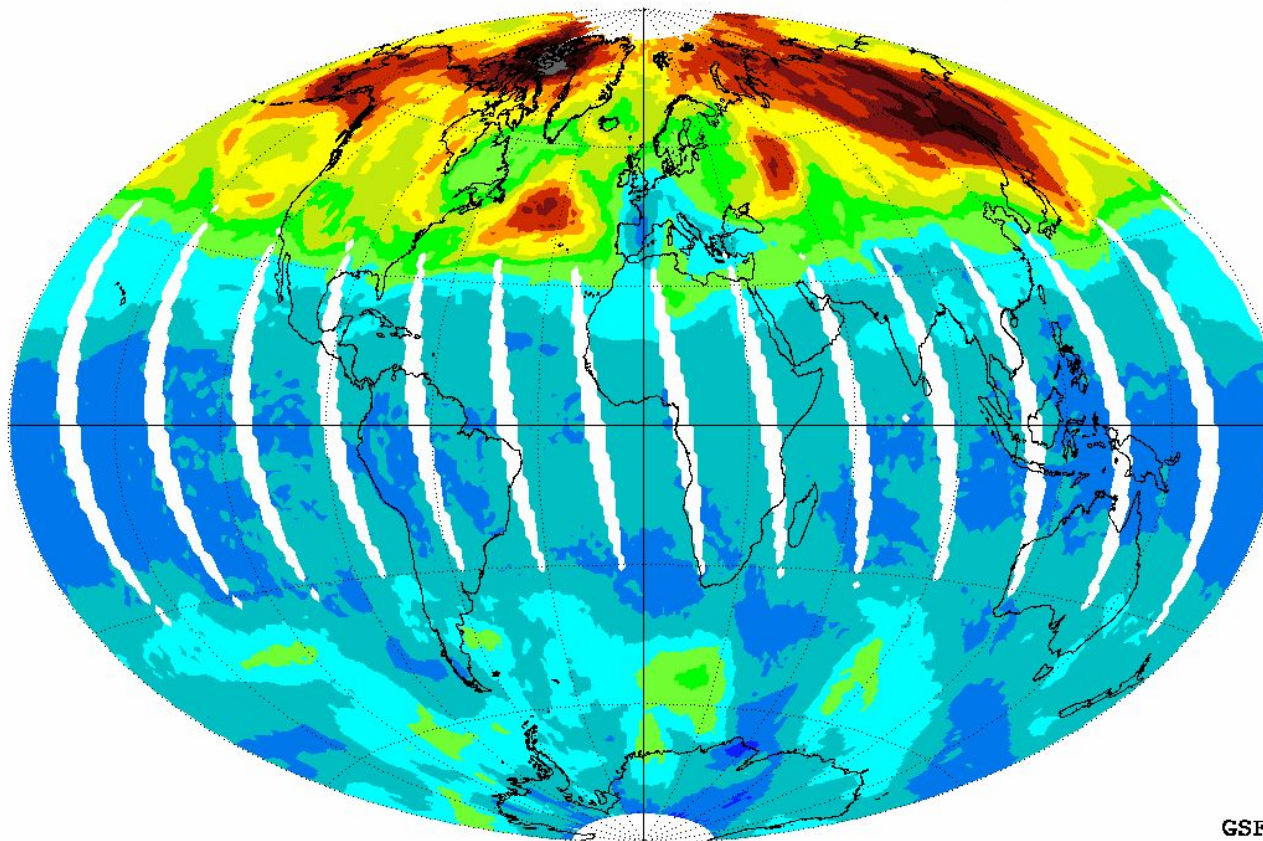
Dark Gray < 100 and > 500 DU

GSFC/916



Ozonverteilung

EP/TOMS Version 8 Total Ozone Mar 21, 2005



Dobson Units

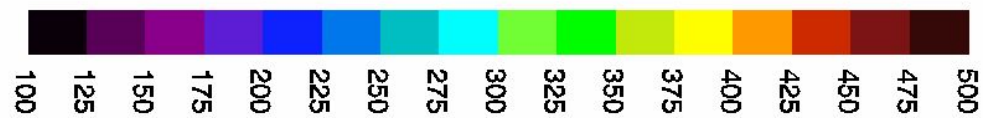
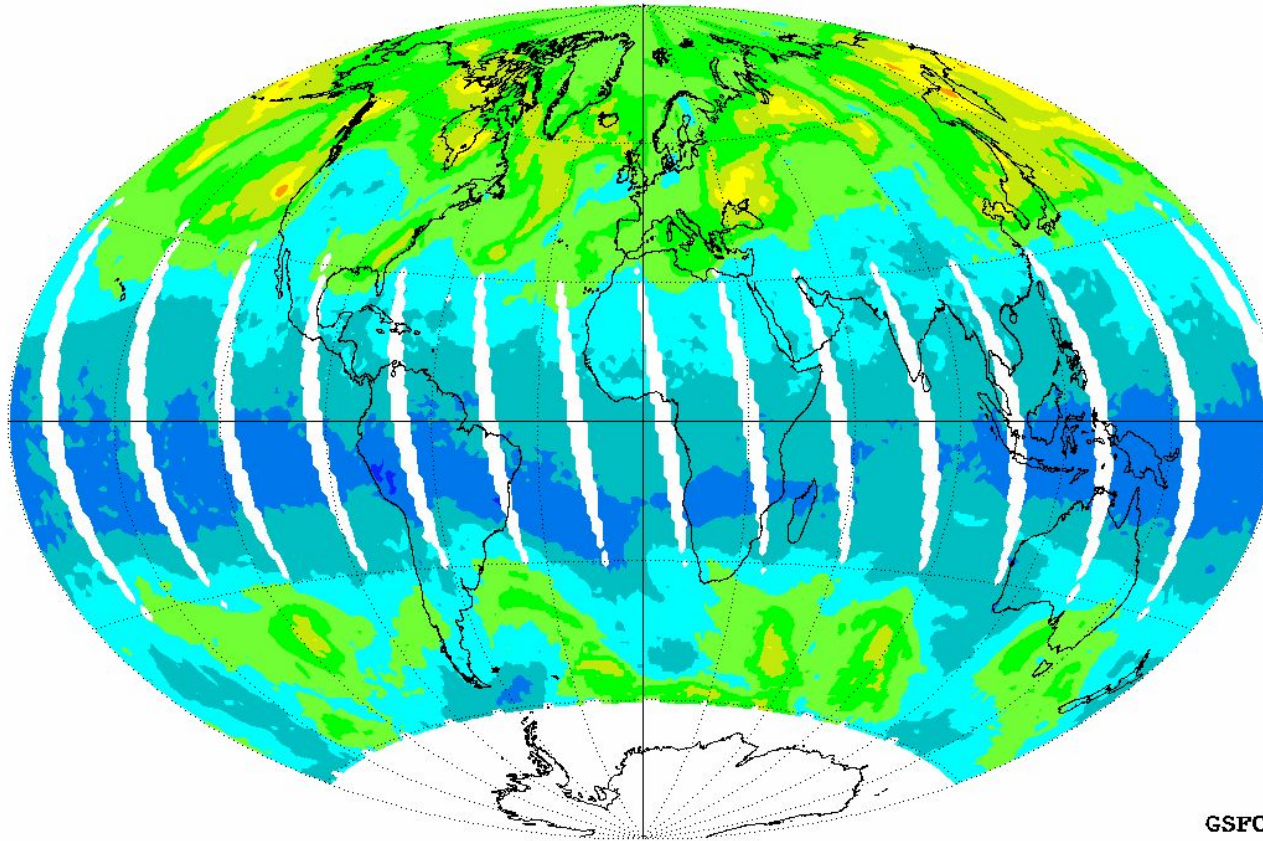
Dark Gray < 100 and > 500 DU

GSFC/916



Ozonverteilung

EP/TOMS Version 8 Total Ozone Jun 21, 2005



Dobson Units

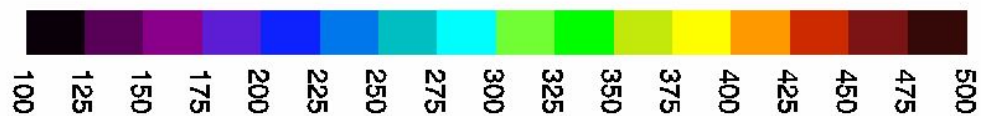
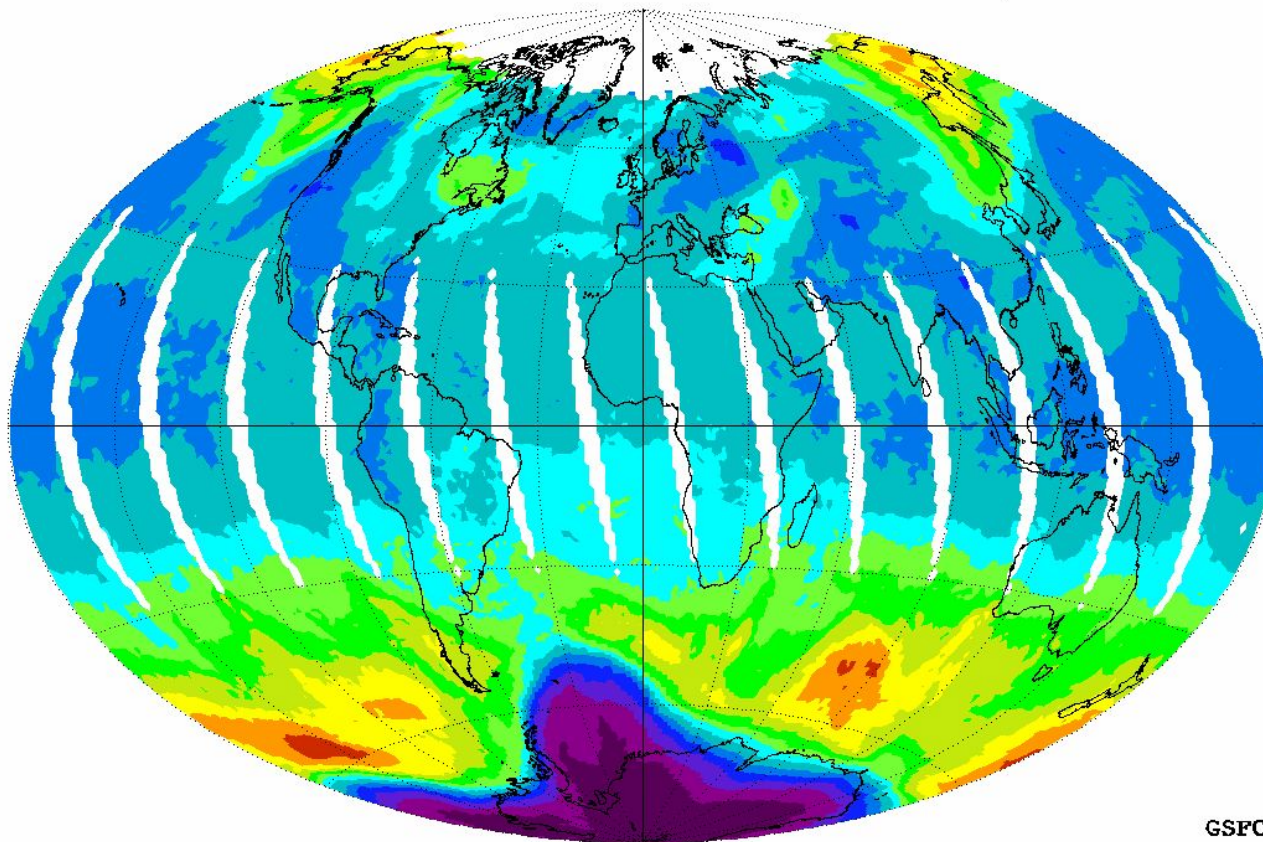
Dark Gray < 100 and > 500 DU

GSFC/613.3



Ozonverteilung

EP/TOMS Version 8 Total Ozone Oct 21, 2005



Dobson Units

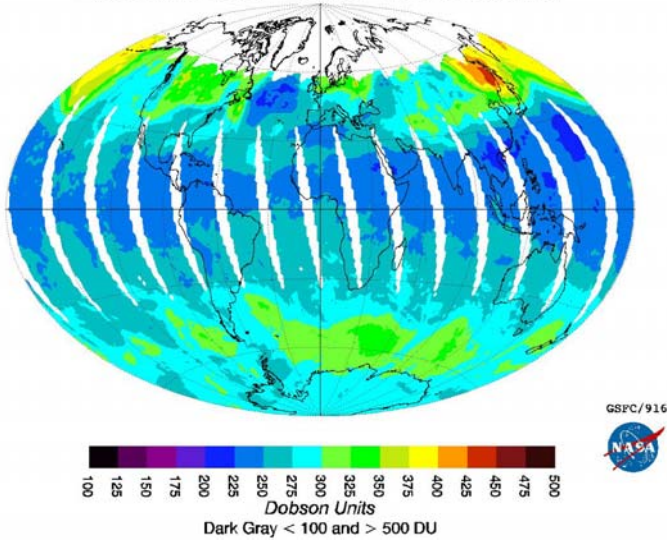
Dark Gray < 100 and > 500 DU

GSFC/613.3

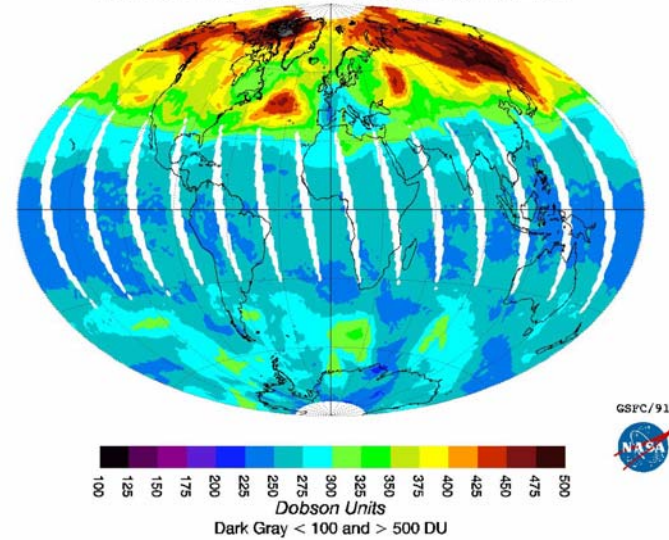


Ozonverteilung

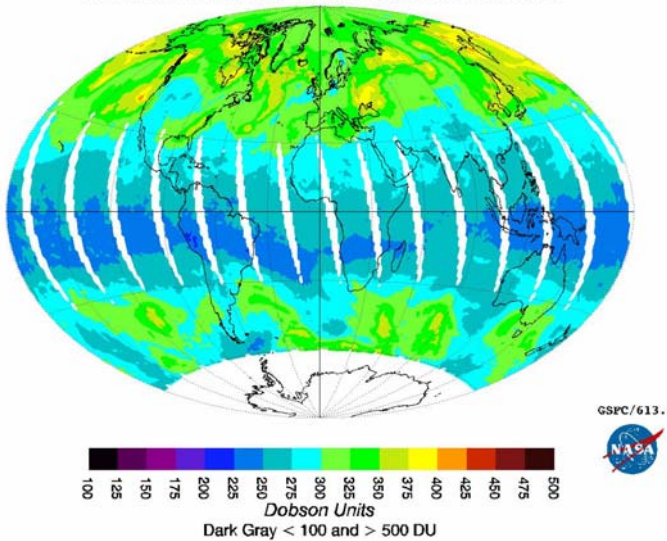
EP/TOMS Version 8 Total Ozone Dec 21, 2004



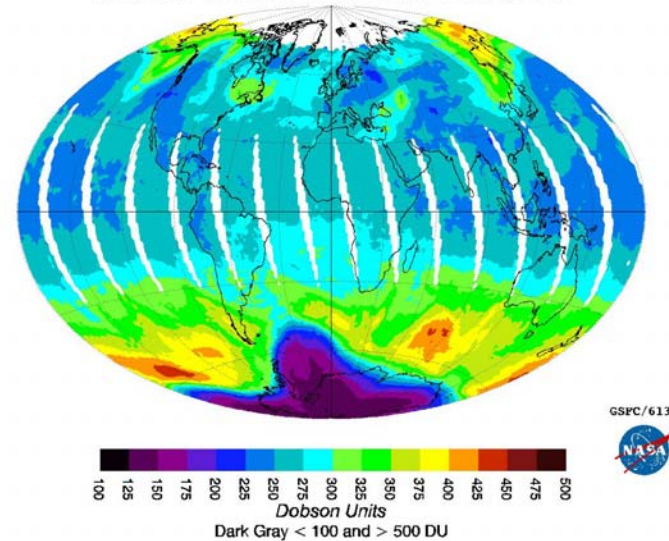
EP/TOMS Version 8 Total Ozone Mar 21, 2005



EP/TOMS Version 8 Total Ozone Jun 21, 2005



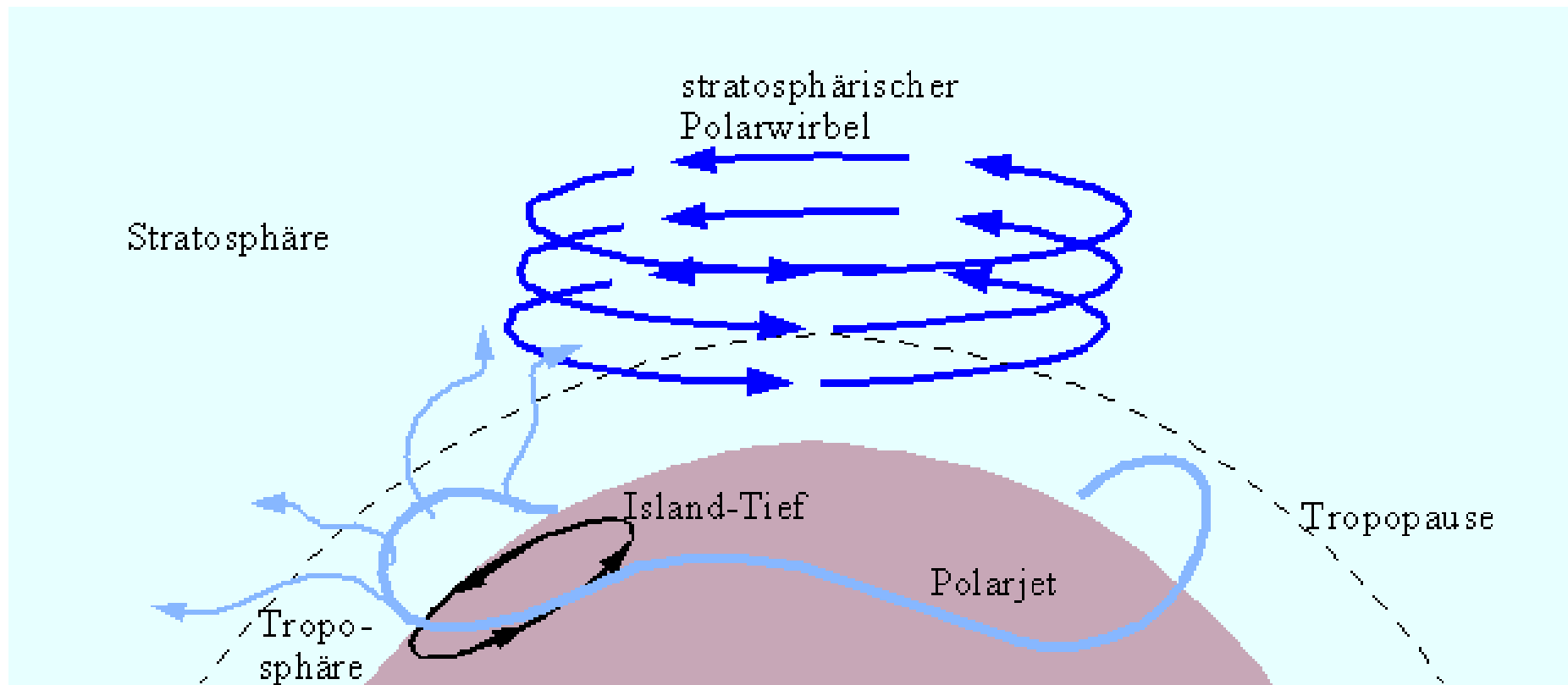
EP/TOMS Version 8 Total Ozone Oct 21, 2005



Änderungen der Aktivität planetarer Wellen

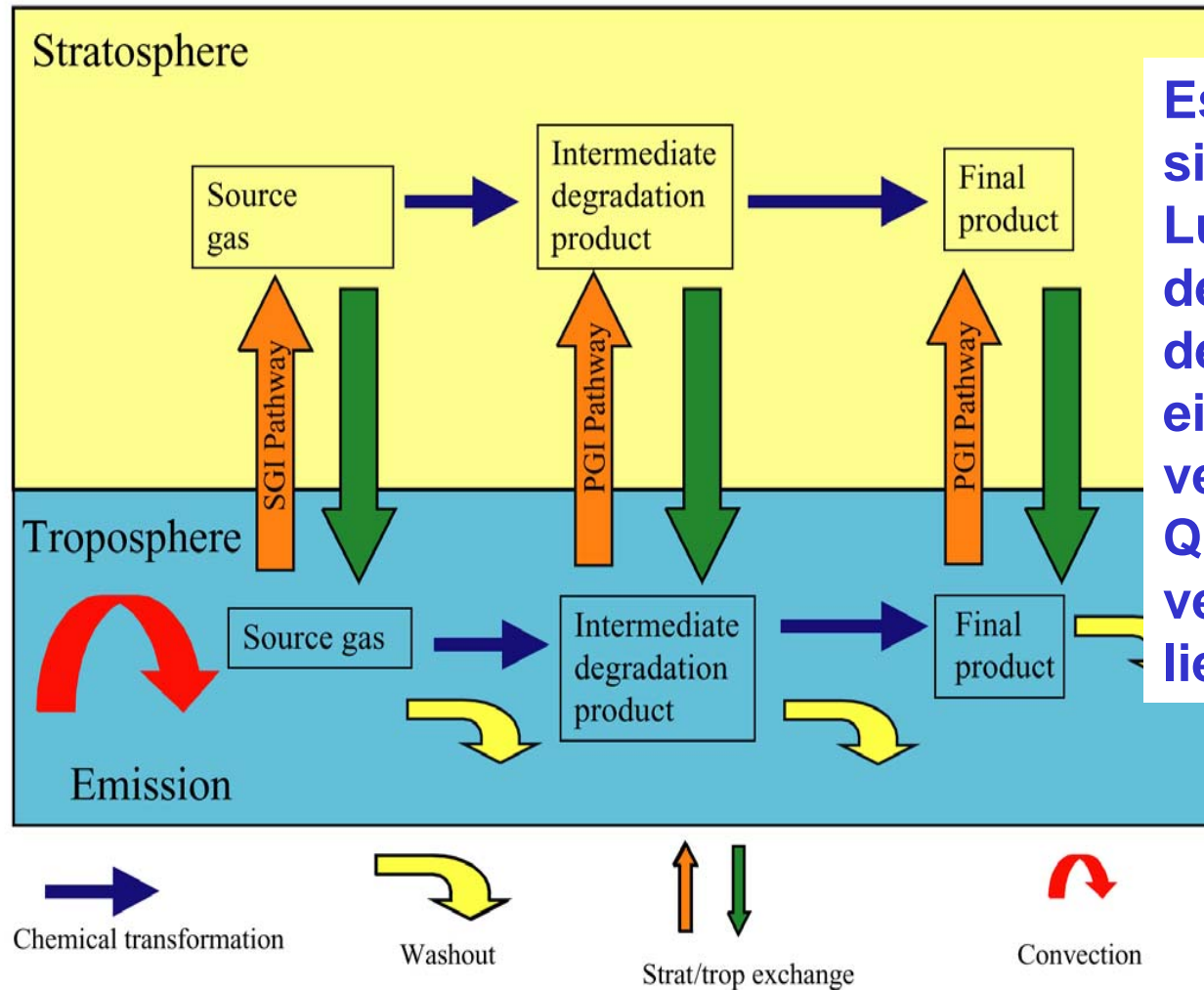
Klimaänderungen verändern die Erzeugung von planetaren Wellen in der Troposphäre. Ihr Ausbreitungsverhalten durch die Stratosphäre verändert sich. Die Dissipation dieser Wellen hängt vom Zustand der Stratosphäre ab. Es ist unklar, wie sich die stratosphärische Zirkulation entwickeln wird, vor allem in der Nordhemisphäre!

Änderungen der Aktivität planetarer Wellen



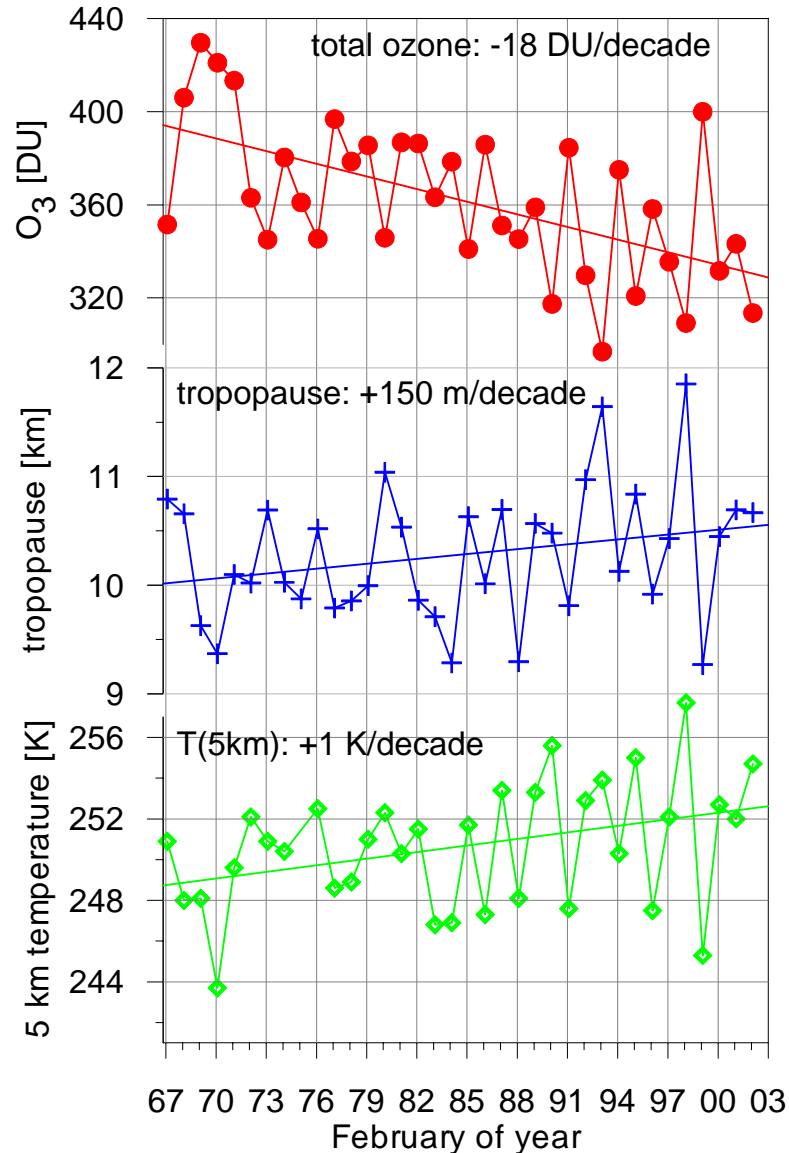
Schematische Darstellung des Einflusses planetarer Wellen des Polarjets auf den stratosphärischen Polarwirbel.

Änderungen in der UT/LS Region



Es ist zu erwarten, dass sich der Austausch von Luftmassen zwischen der Troposphäre und der Stratosphäre bei einer Klimaänderung verändert! Eine genaue Quantifizierung der verschiedenen Prozesse liegt bis heute nicht vor.

Änderungen der Tropopausenhöhe



mittlere Breiten NH

Gesamtozon: -18 DU/Dekade

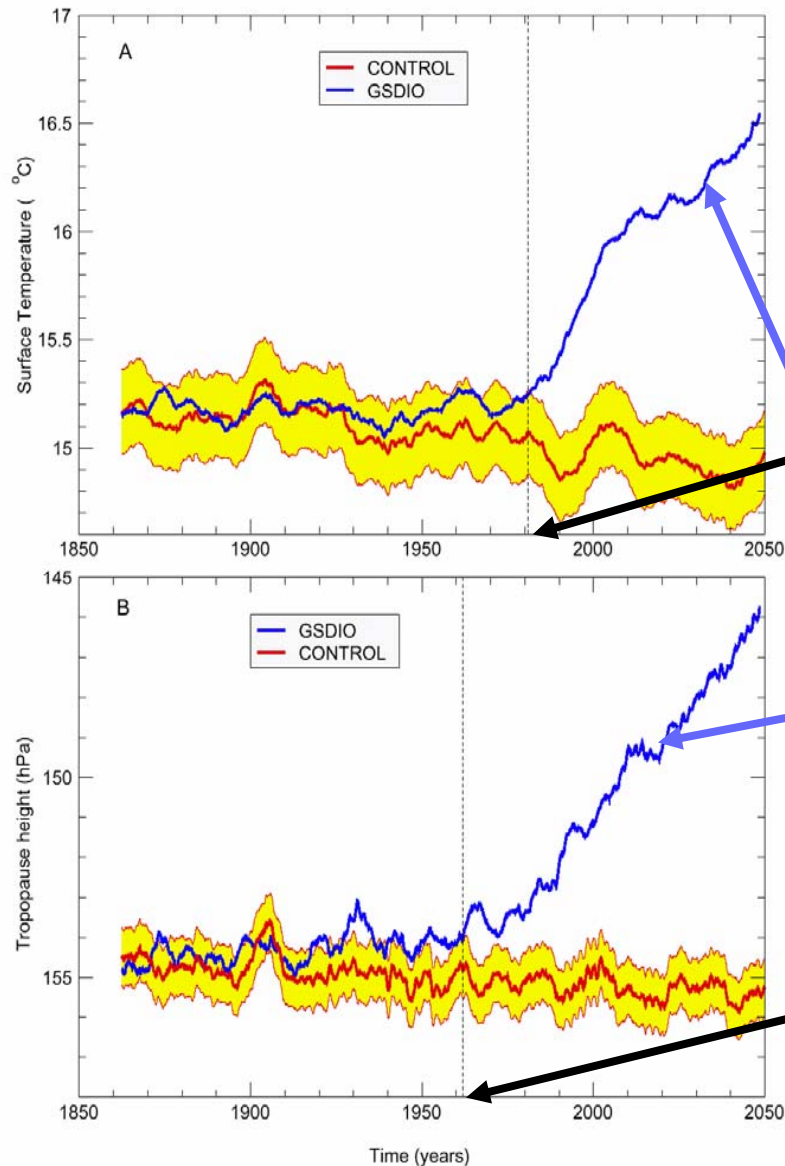
15% der Ozonänderung können durch den Anstieg der Tropopausenhöhe erklärt werden! [Hoinka (1999): +1 km entspricht -20 DU]

Tropopausenhöhe: +150 m/Dekade

Was kontrolliert die Tropopausenhöhe?

Temperatur in 5 km: +1 K/Dekade

Änderungen der Tropopausenhöhe



Die Tropopausenhöhe ist möglicherweise ein guter Indikator für die frühe Erkennung von Klimaänderungen!

- Bodentemperatur

1860-2050

1981

GSDIO berücksichtigt:
WMGHGs, Sulfataerosol, tropo. O₃,
nicht stratosphärischen O₃-Abbau!

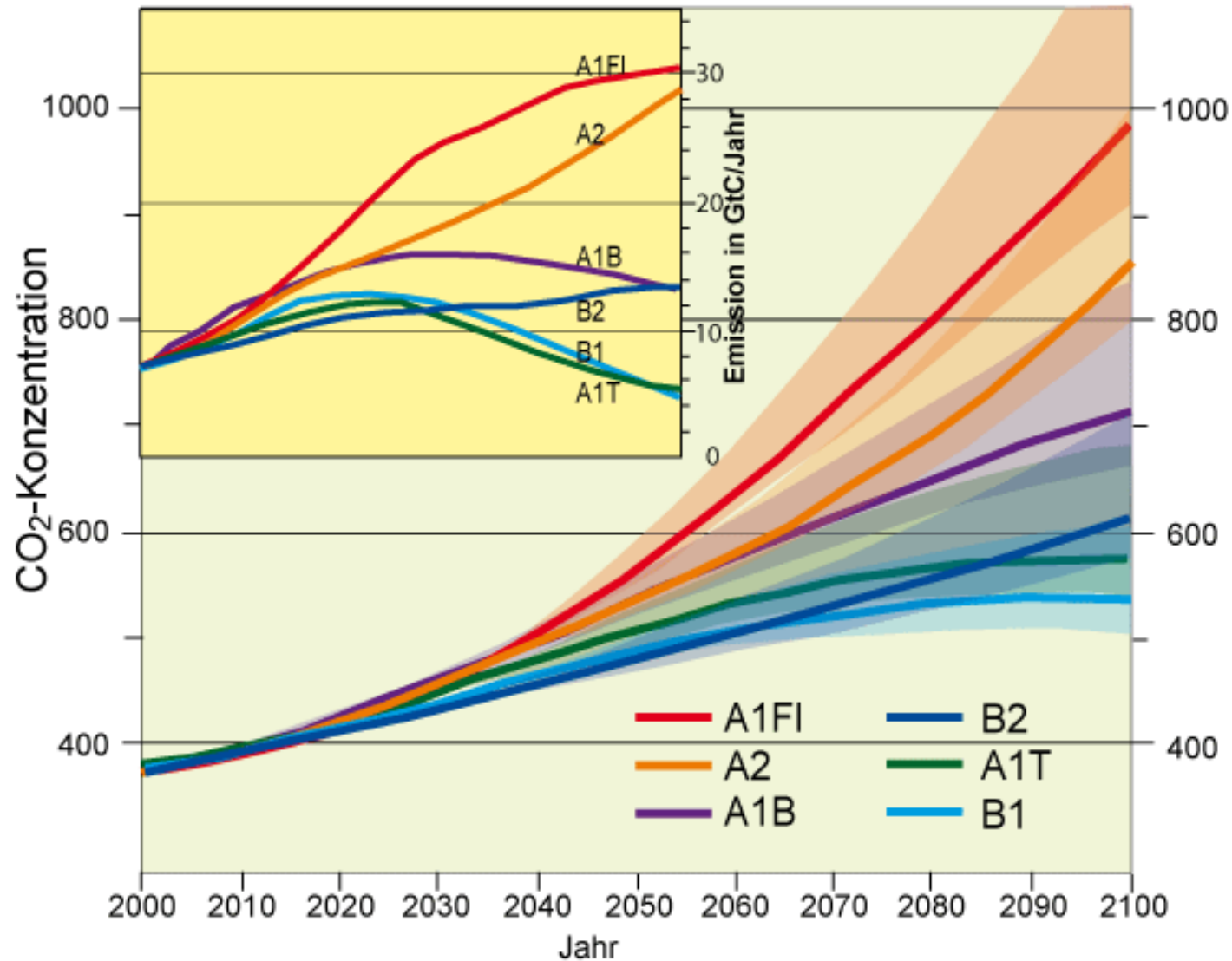
- Tropopausenhöhe (Druck)

1860-2050

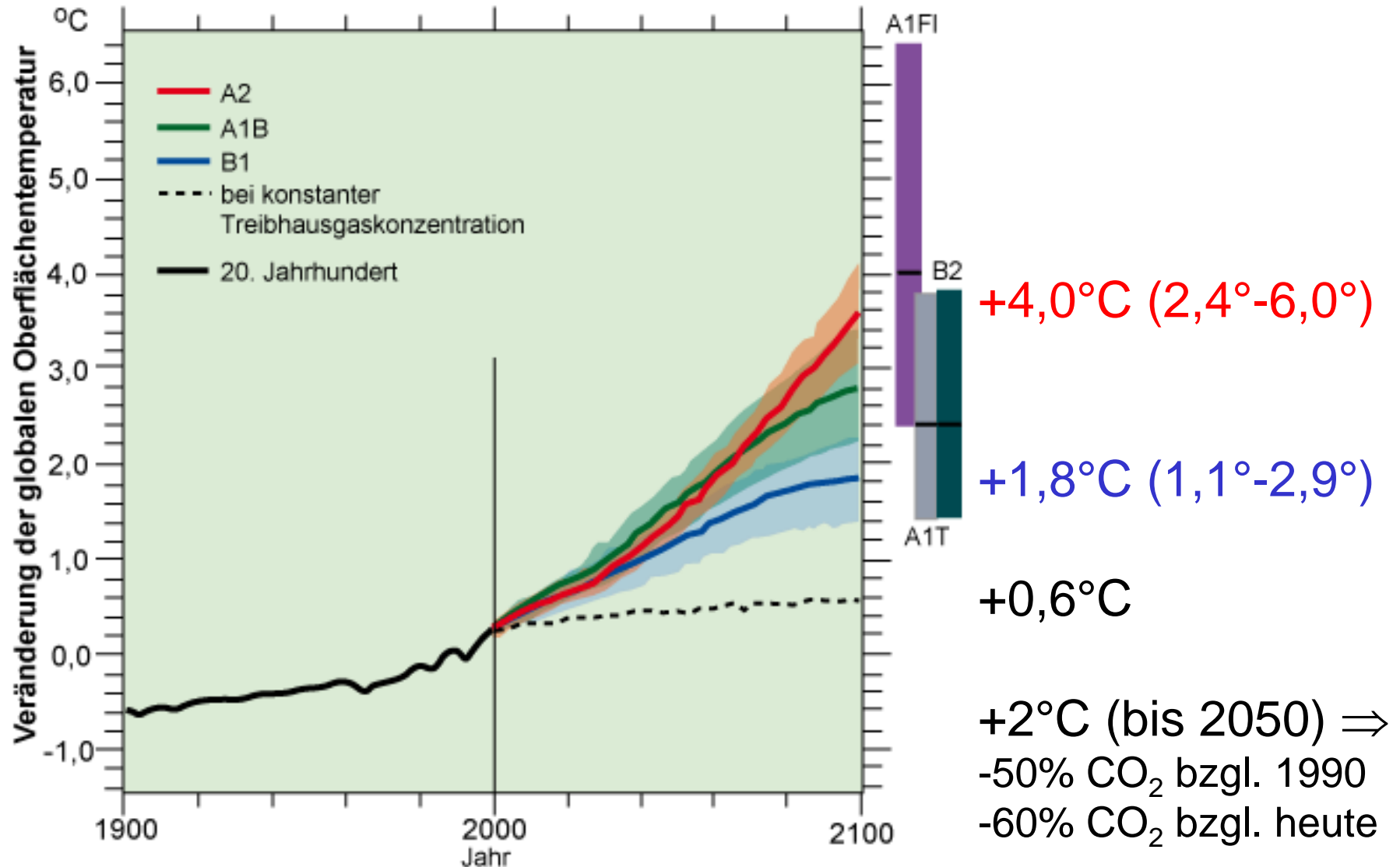
1962

Sausen und Santer, 2003

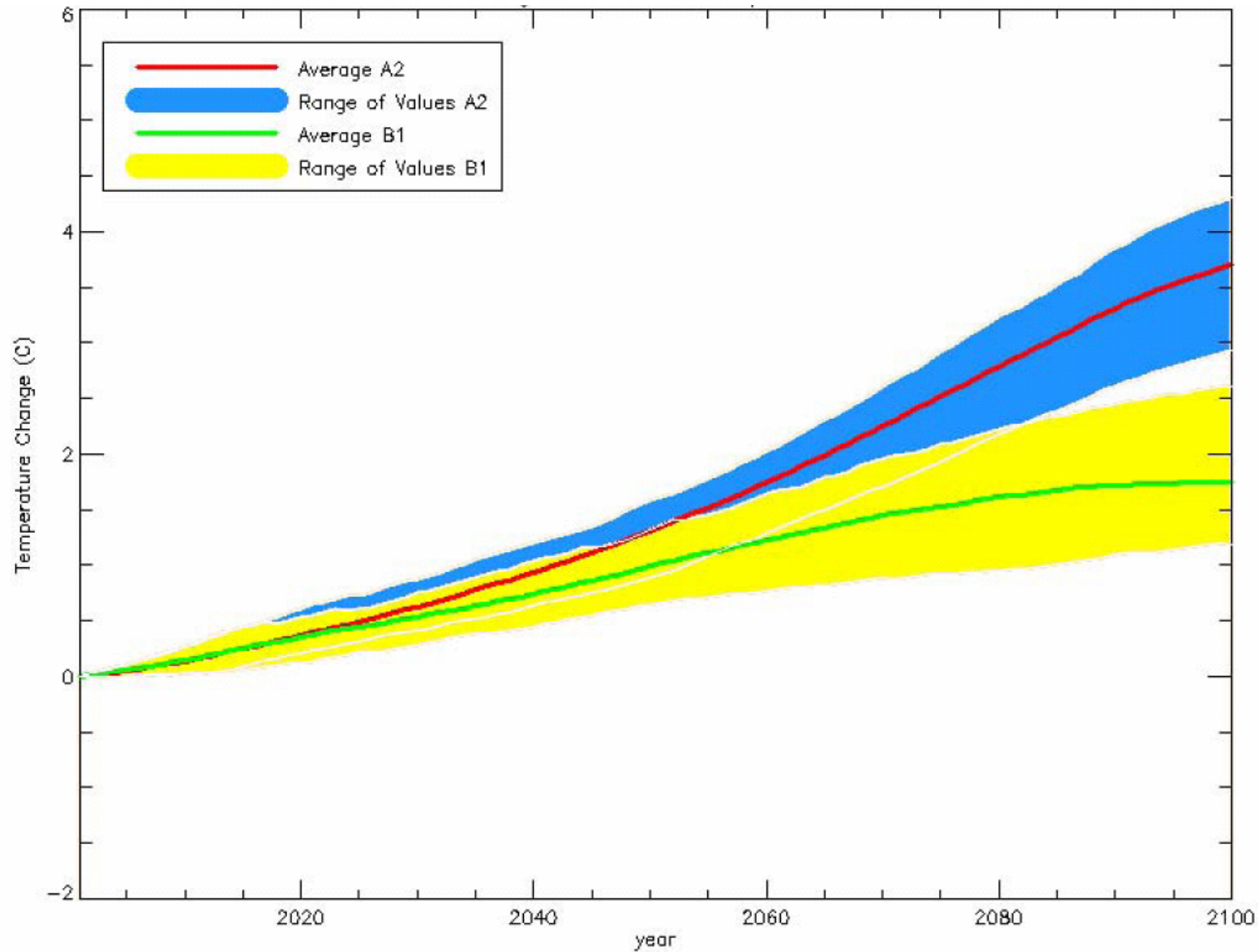
Szenarien der Zukunft (Konzentrationen und Emissionen)



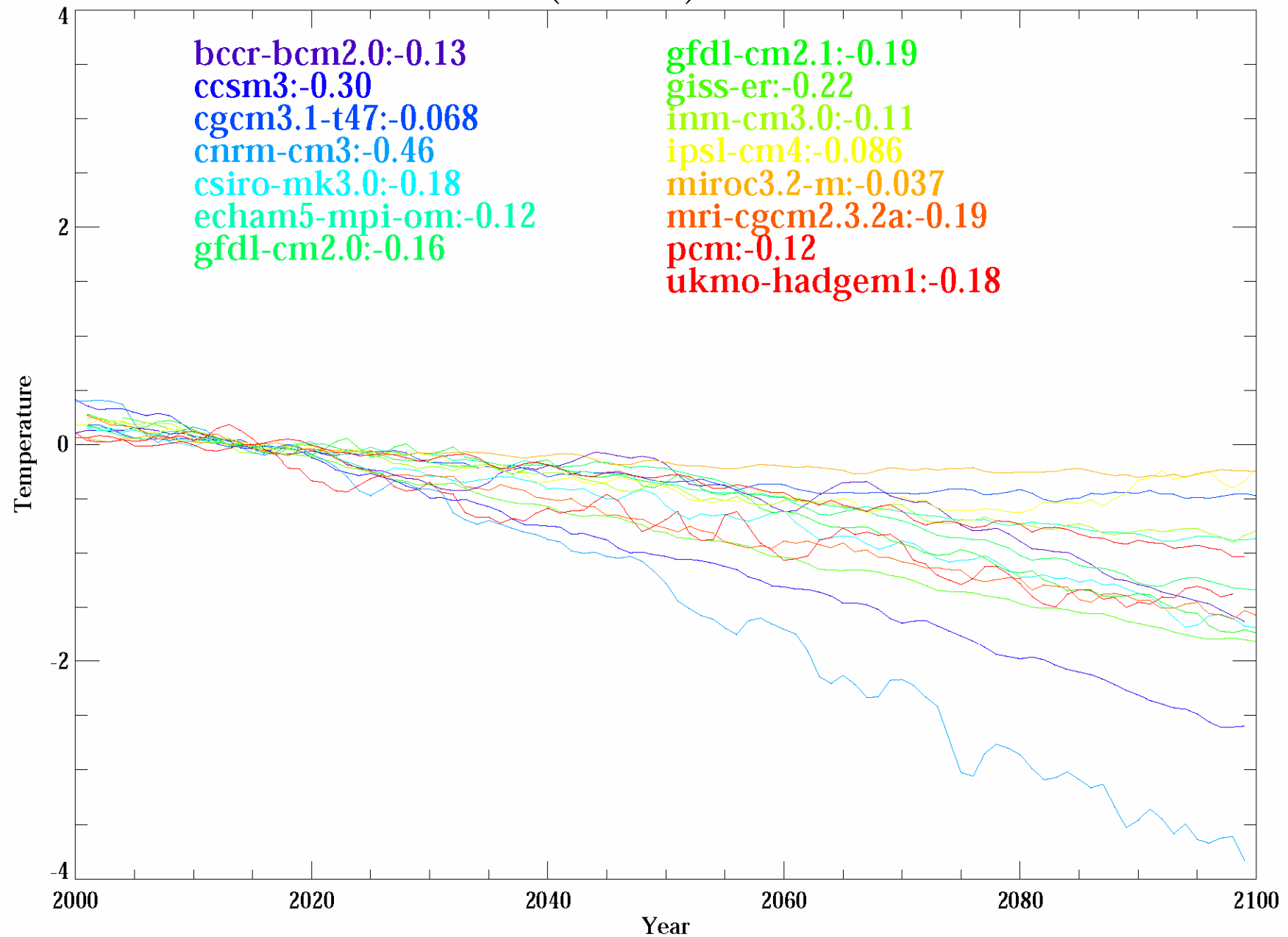
Zukünftige Entwicklung der globalen Oberflächentemperatur



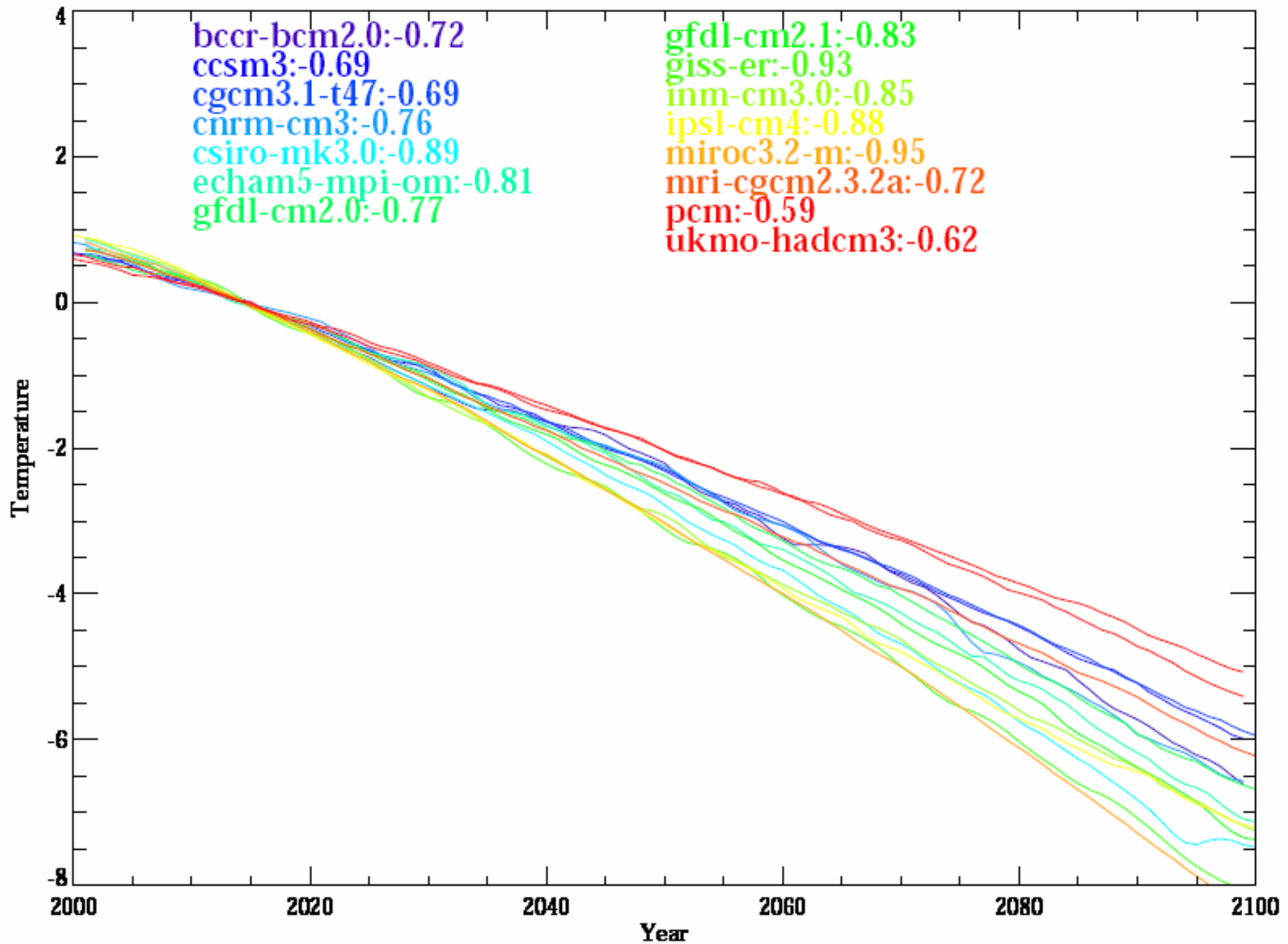
Global gemittelte Bodentemperaturen: A2 und B1 Szenarios



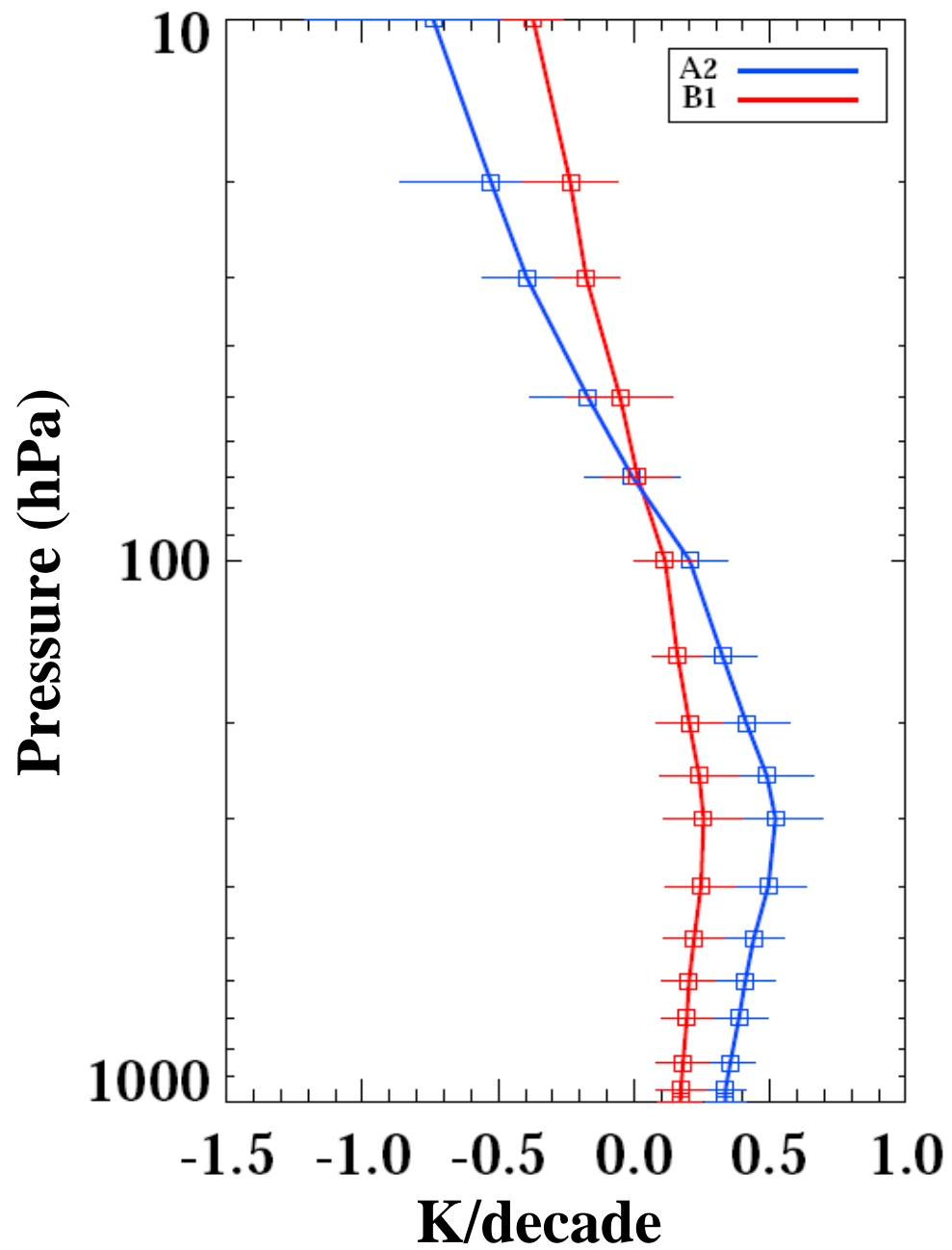
Global gemittelte Temperatur @ 50hPa: A2 Szenario



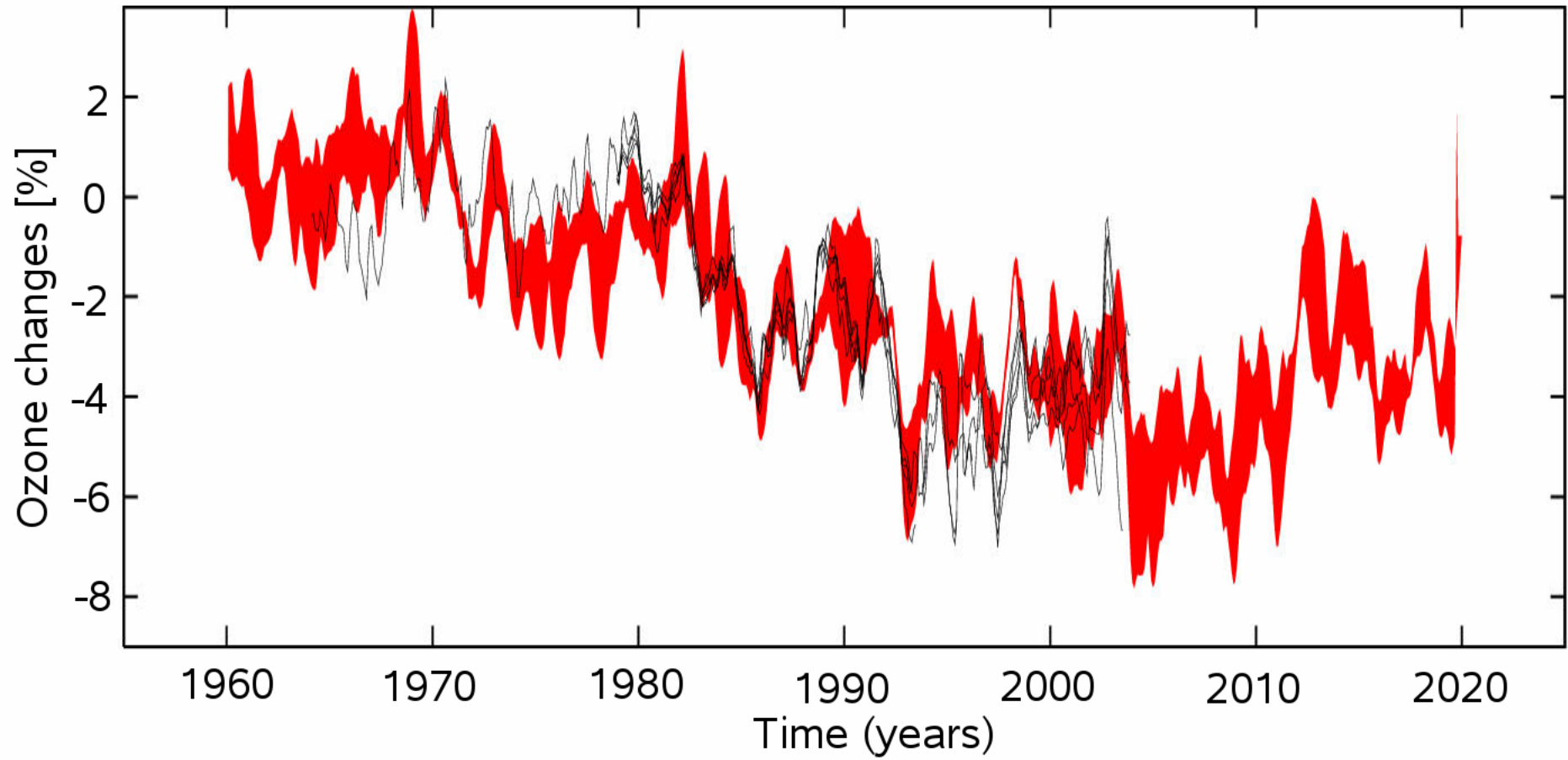
Global gemittelte Temperatur @ 10hPa: A2 Szenario



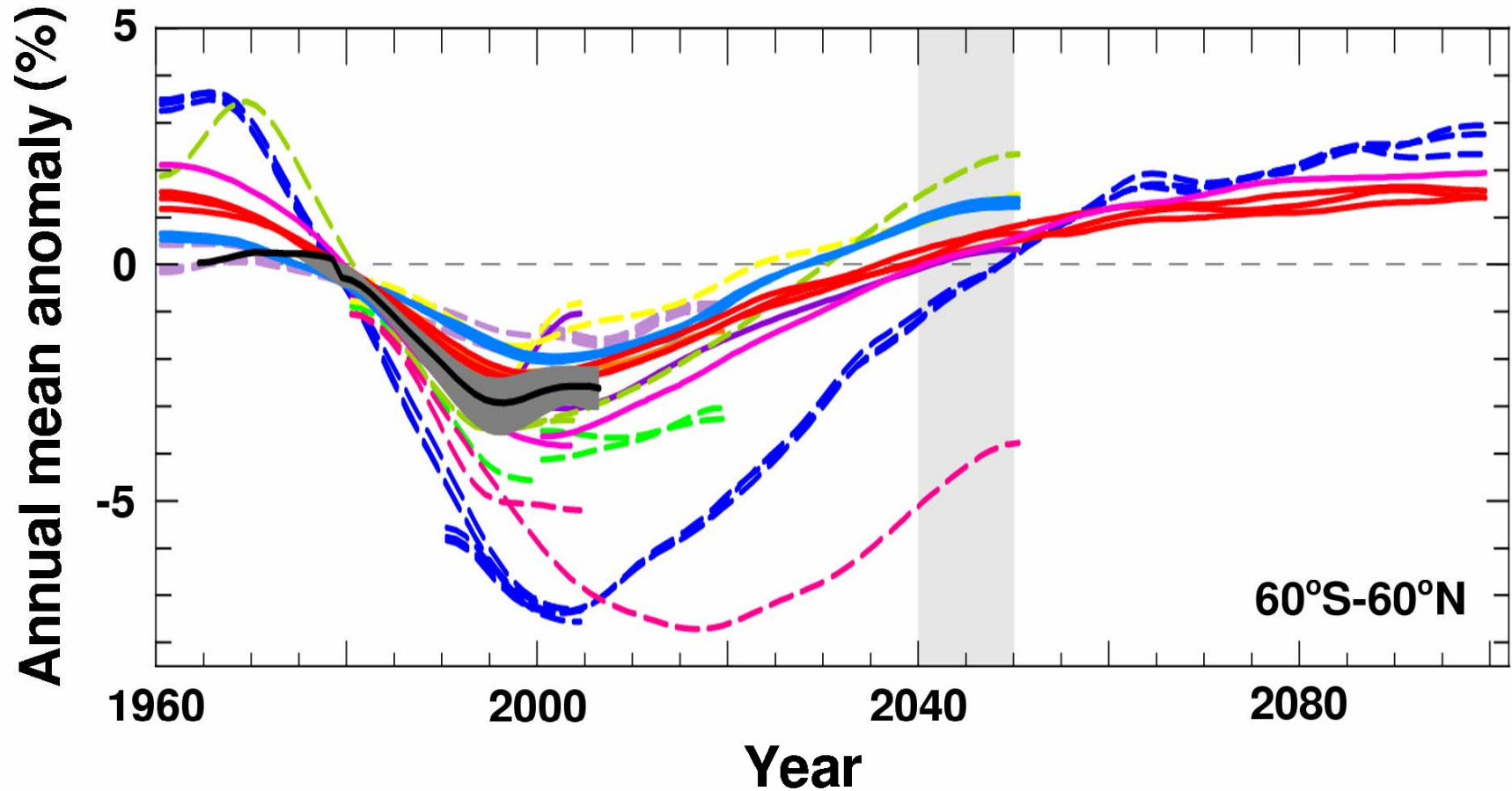
Global gemittelter Temperatortrend 2000-2100

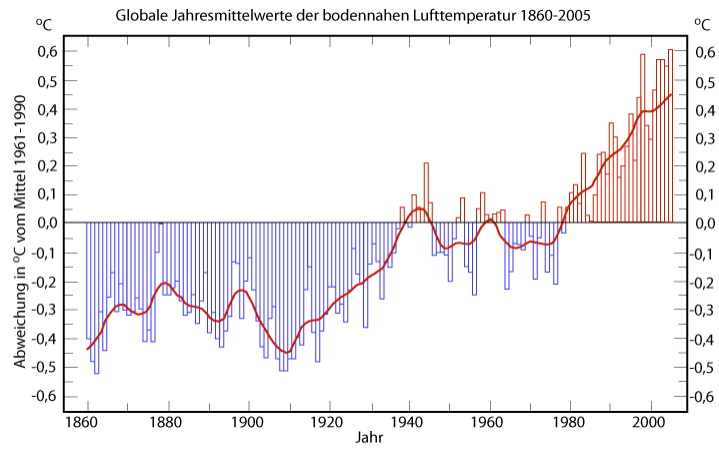


Entwicklung der Ozonschicht



Entwicklung der Ozonschicht





Ende Kapitel 1