



**Globale Klimavariabilität
im Industriezeitalter:
Phänomene und Ursachen**

**Global climate variability
within industrial time:
phenomena and forcing**

Christian-D. Schönwiese
Universität Frankfurt/Main
Institut für Atmosphäre und Umwelt

Vortragsübersicht - *Content*

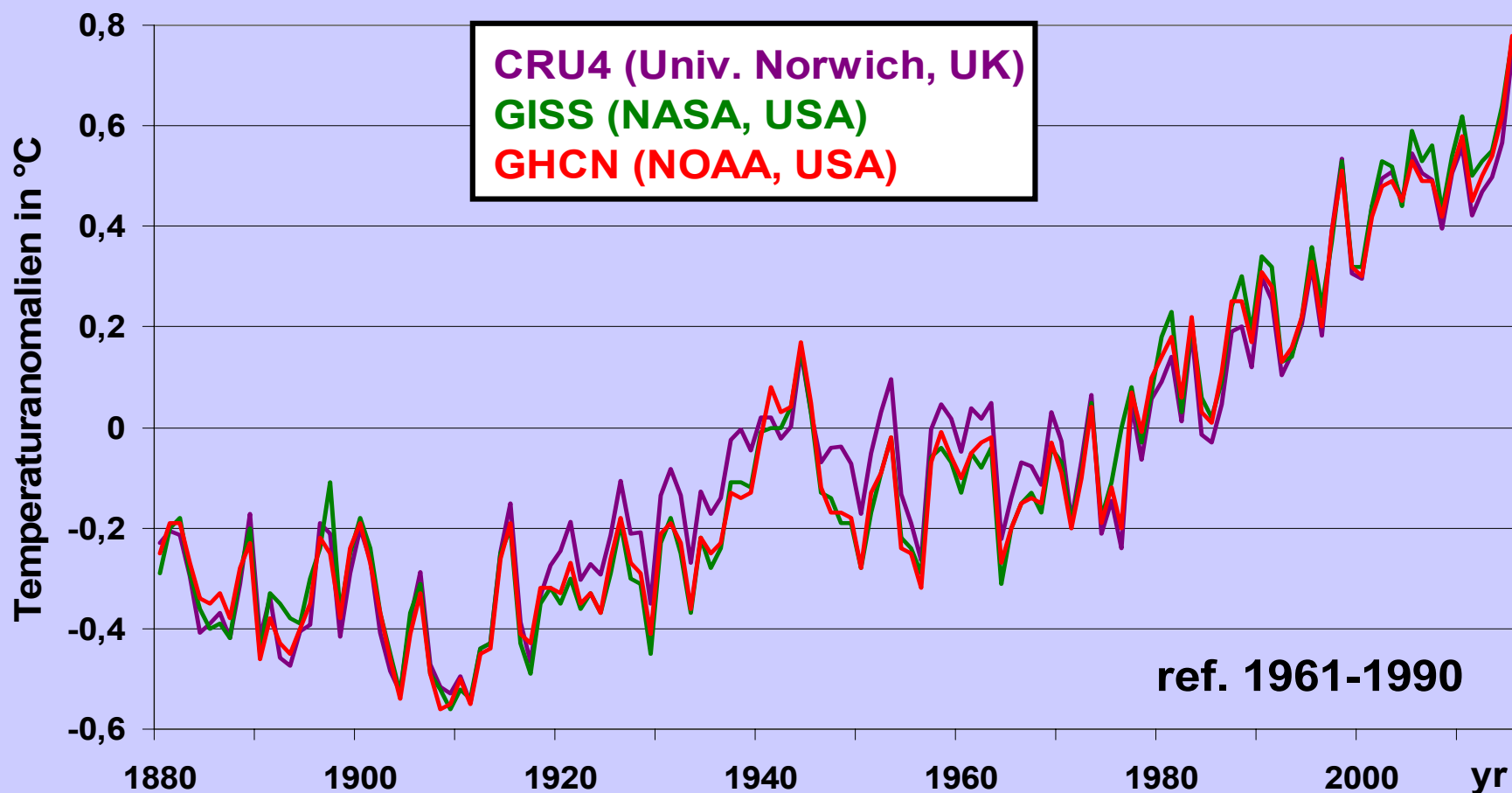
- Einführung - *Introduction*
- Vergleich der globalen Temperaturdatensätze (ab 1850 bzw. 1880)
Comparison of global temperature data sets (since 1850 resp. 1880)
- Analyse: Fluktuationen und Trends
Analysis: fluctuations and trends
- Ursachendiskussion - *Forcing discussion*
- Folgerungen - *Conclusions*

Einführung - Introduction

- Das Klima variiert in allen zeitlichen und räumlichen Größenordnungen.
Climate varies on all scales of time and space.
- Im Industriezeitalter (seit ca. 1850/1900) hat eine markante globale Erwärmung stattgefunden.
Within industrial time (since c. 1850/1900) a distinct global warming took place.
- Im Allgemeinen wird das Klima von vielen Ursachen gesteuert. - *In general, climate is multi-forced.*
- Jedoch ist im Industriezeitalter der Klimafaktor Mensch gegenüber den natürlichen Ursachen immer dominanter geworden.
However, within industrial time, human climate forcing has become more and more dominant.

Globaltemperatur - *global mean temperature* Jahresanomalien - *annual anomalies*

Globaltemperatur, Jahresanomalien 1880-2015



CRU: Climatic Research Unit, 5583 Stationen (*stations*)

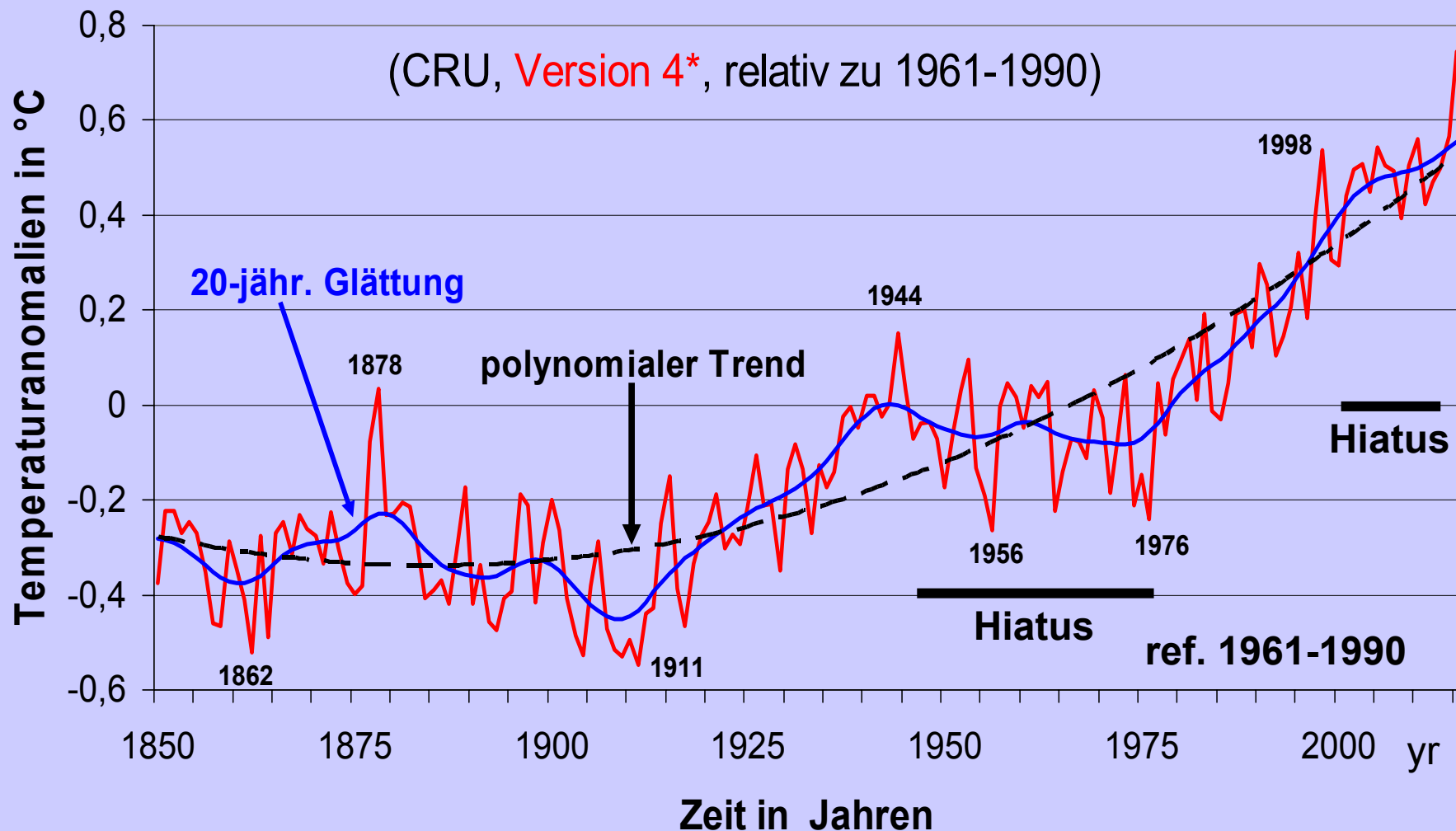
GISS: Goddard Institute for Space Studies, ca. 6300 Stationen (*stations*)

GHCN: Global Historical Climate Network, 7280 Stationen (*stations*)

Globaltemperatur - *global mean temperature*

Globaltemperatur, Jahresanomalien 1850 - 2015

CRU - *annual anomalies*



Trends global mean temperature, land + ocean

Trends Globaltemperatur, Land + Ozean

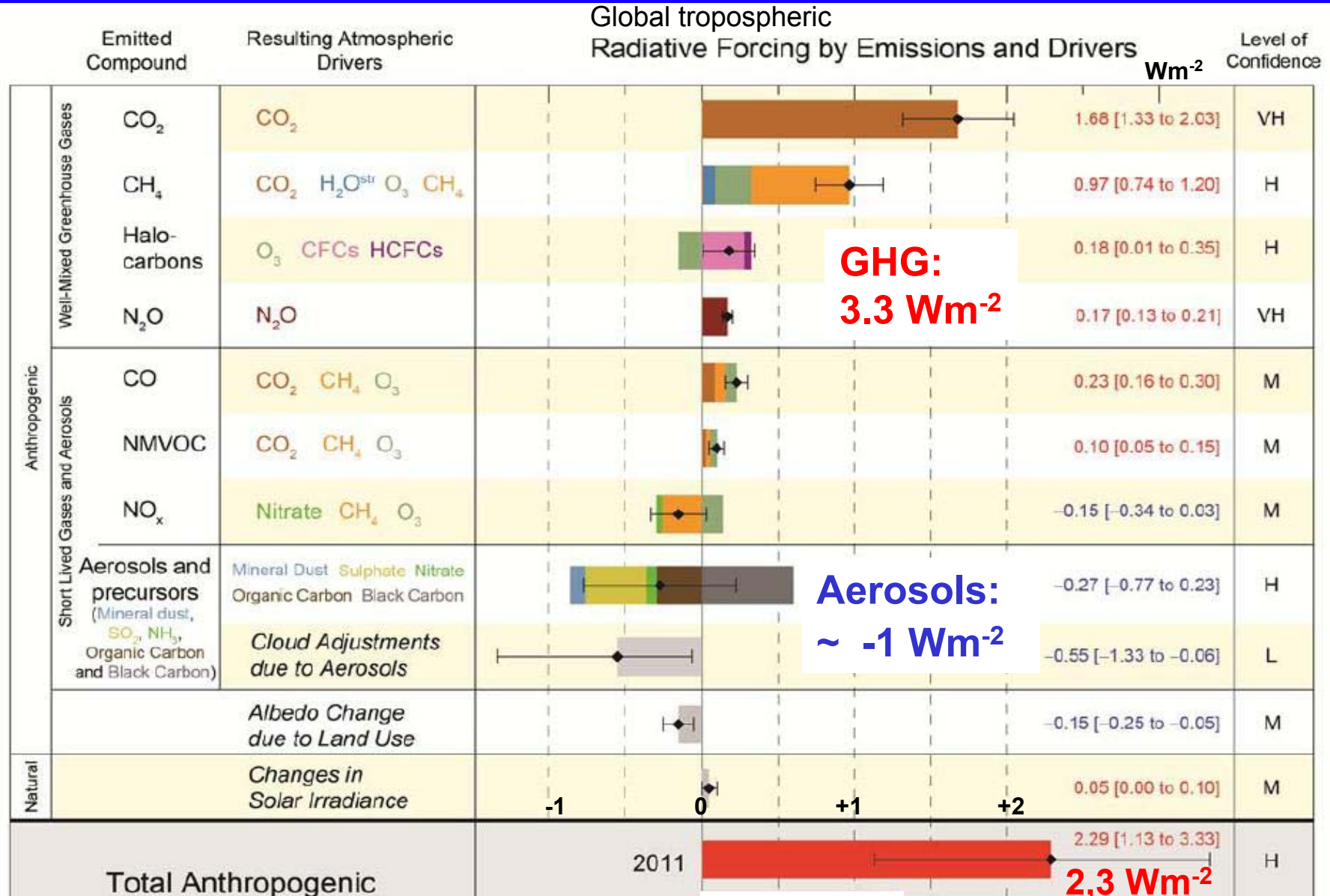
↓ *time interval*; D = Dekade / decade

Zeitspanne	CRU	GISS	NOAA
1880 - 2012*	0,83 °C <i>0,063 °C/D</i>	0,87 °C <i>0,066 °C/D</i>	0,85 °C <i>0,064 °C/D</i>
1880 - 2015	0,88 °C <i>0,065 °C/D</i>	0,93 °C <i>0,068 °C/D</i>	0,91 °C <i>0,067 °C/D</i>
1998 - 2013	0,09 °C <i>0,054 °C/D</i>	0,15 °C <i>0,068 °C/D</i>	0,14 °C <i>0,080 °C/D</i>
1998 - 2015	0,18 °C <i>0,103 °C/D</i>	0,25 °C <i>0,138 °C/D</i>	0,25 °C <i>0,139 °C/D</i>
1976 - 2015	0,69 °C <i>0,172 °C/D</i>	0,68 °C <i>0,171 °C/D</i>	0,65 °C <i>0,163 °C/D</i>

* IPCC (2014): $0,85 \pm 0,2$ °C

1911 - 1944 (CRU): 0,14 °C/D (0,46 °C)

Globale troposphär. Strahlungsantriebe 1750-2011 (IPCC, 2014)

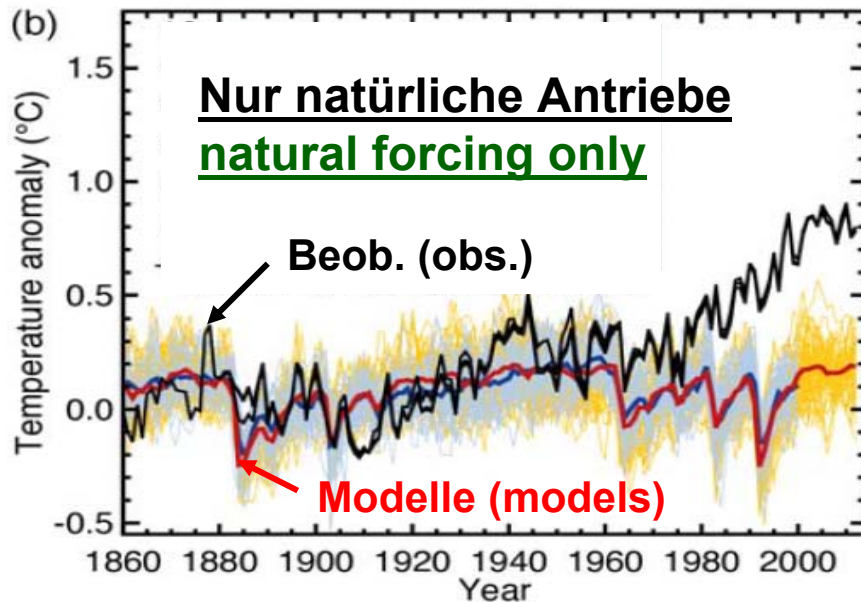
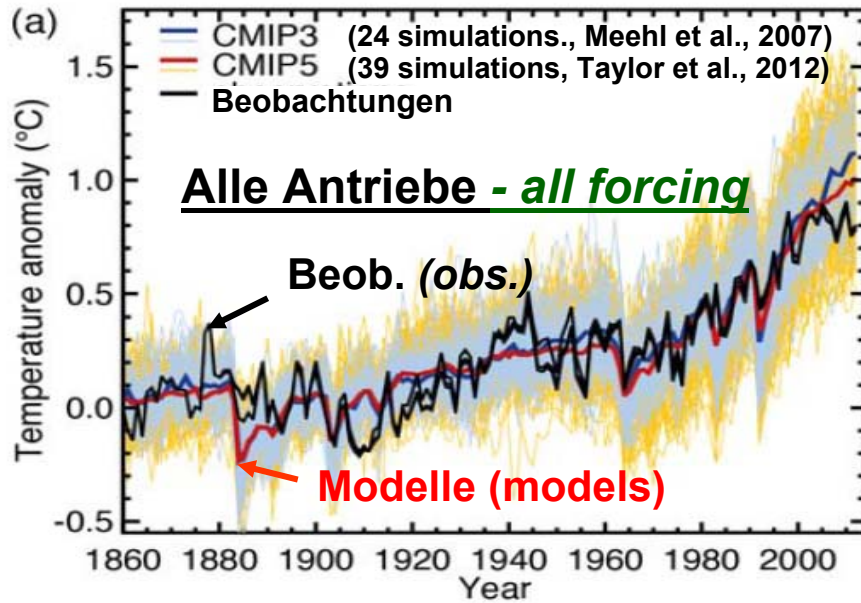


Zusätzlich: Vulkanismus, El Niño (intern) - *In addition, volcanism, El Niño (internal)*

Modellsimulationen Globaltemperatur, 1860-2012

Model simulations global mean temperature, 1860-2012

(Ref.: 1880-1919)



„Der menschliche Einfluss ist mit extrem hoher* Wahrscheinlichkeit die dominante Ursache der beobachteten Erwärmung seit der Mitte des 20. Jahrhunderts“ (IPCC, 2014).

* $p > 95\%$

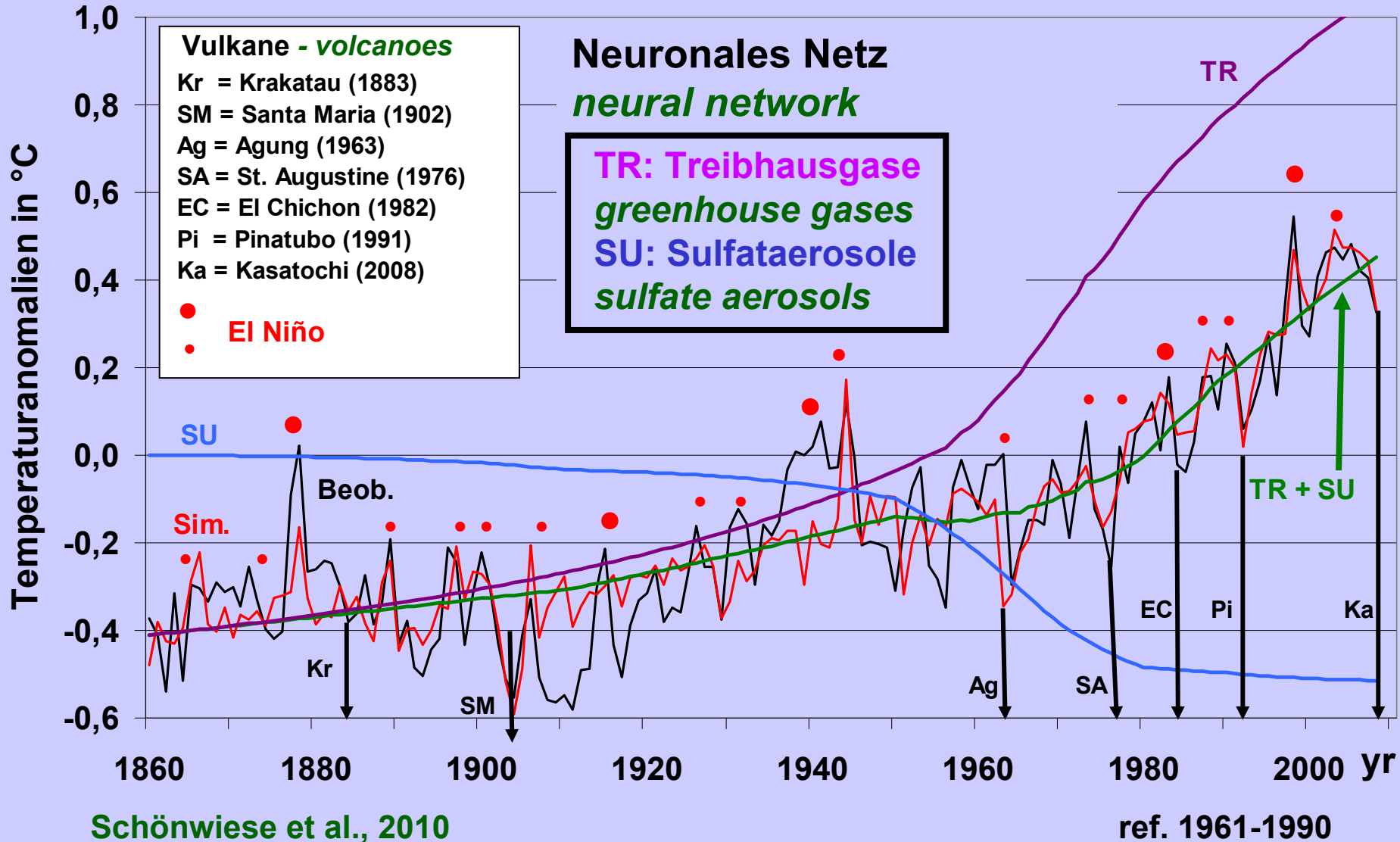
It is extremely probable that human impact is the dominant cause of the observed warming since the mid-20th century.*

* $p > 95\%$

IPCC, 2014

Globaltemperatur - *global mean temperature*

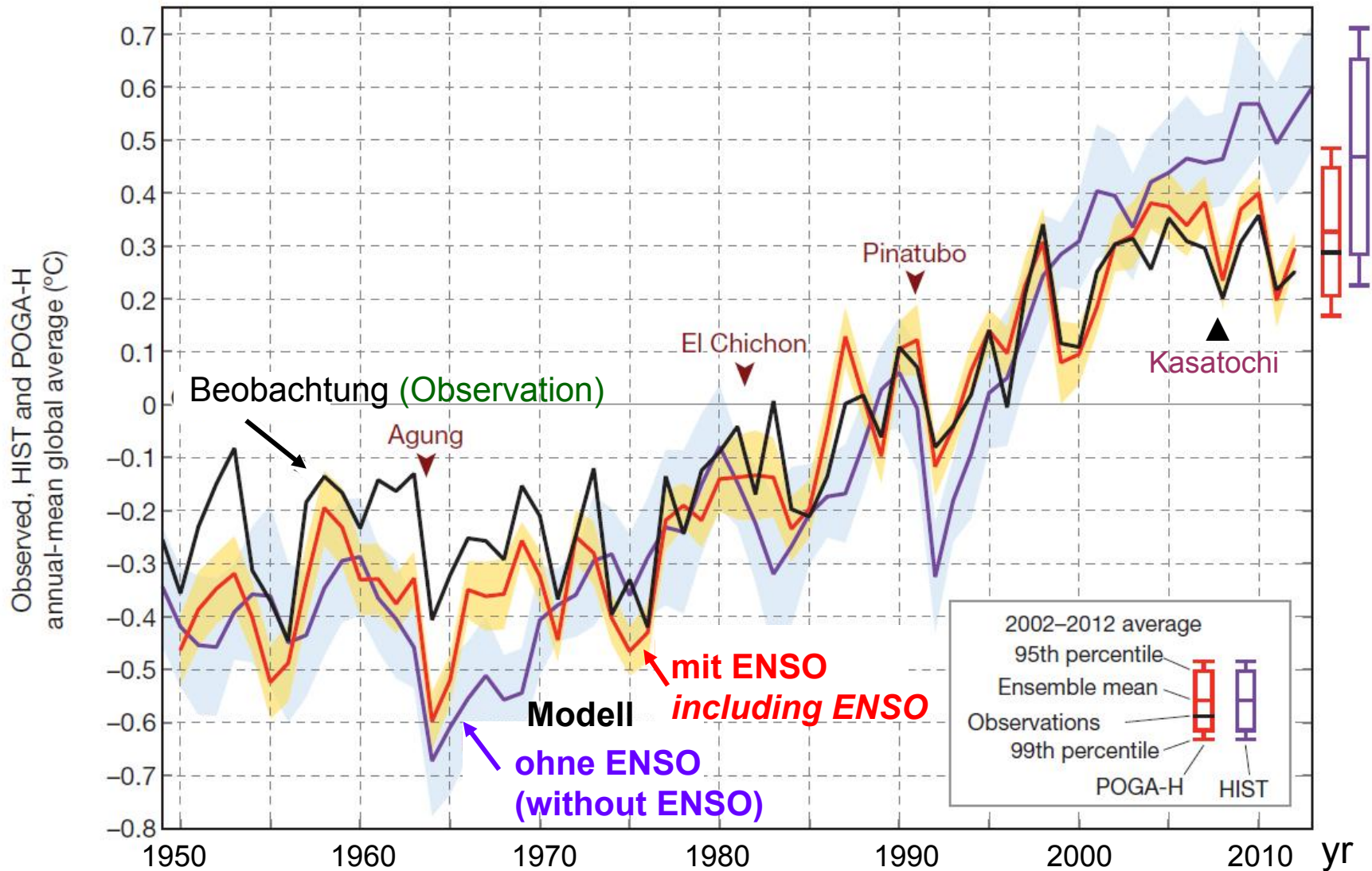
Jahresanomalien - *annual anomalies* 1860 - 2008



Erklärte Varianzen: anthropogen 61 %, natürlich 27 % (unerklärt 12 %)
Explained variance: anthropogenic 61 %, natural 27 % (unexplained 12 %)

Modellsimulationen ohne und mit ENSO*- Antrieb 1950-2013

Model simulations without and including ENSO* forcing 1950-2013

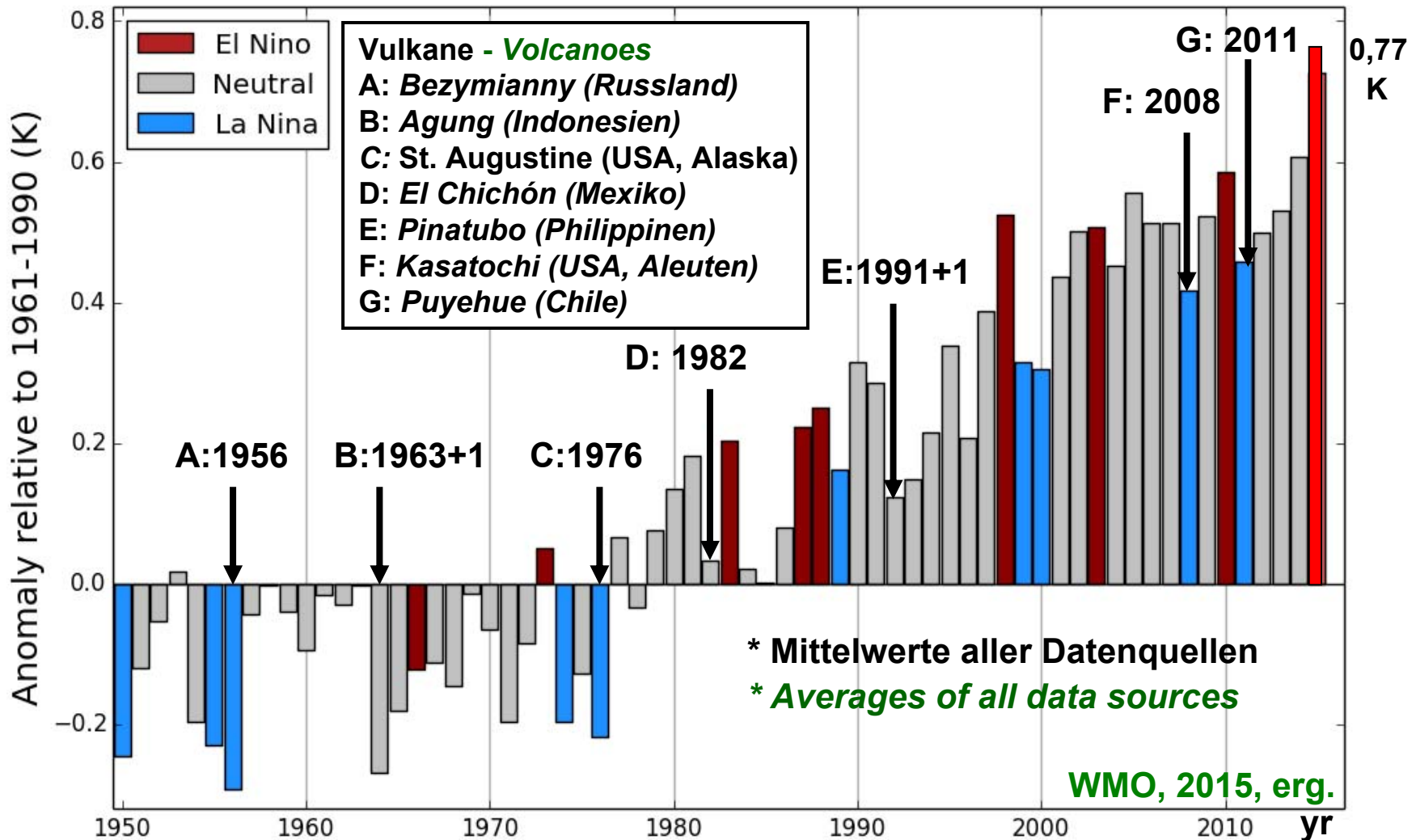


* El Niño / Southern Oscillation

Kosaka und Xie, 2013 (Nature), erg.

Globaltemperatur, Jahresanomalien* 1950-2015

Global mean temperature, annual anomalies* 1950-2015



Hiatus 1947-1976: anthr. Aerosole

Hiatus 1999-2013: La Niña

Folgerungen - Conclusions

- Im Industriezeitalter ist der im globalen Mittel beobachtete langfristige Temperaturanstieg zweifellos anthropogen.
No doubt, within industrial time the observed long-term global mean temperature increase is anthropogenic.
- Er ist jedoch stets von relativ kurzfristigen natürlichen bzw. anthropogenen Fluktuationen überlagert (→ ggf. Hiatus).
However, it is always superimposed by relatively short-term natural or anthropogenic fluctuations (→ hiatus possible).
- Der Hiatus 1947-1976 wurde durch die anthropogene Bildung von Sulfat-Aerosol verursacht, der Hiatus 1999-2013 ozeanisch (relative Häufung von La Niña).
The hiatus 1947-1976 was caused by the anthropogenic formation of sulfate aerosols, the hiatus 1999-2013 is of oceanic nature (relatively frequent La Niña events).
- 2015 war mit Abstand das wärmste Jahr seit Beobachtungsbeginn. - *2015 was by far the warmest year on record.*
- ► Problematische Zukunft - ► *Problematic Future*



Vielen Dank
für Ihr Interesse

Thank you very much
for your interest

Homepage:

<http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima>