



**Erwärmungspause
oder Temperaturrekorde?
Zur aktuellen Klimaentwicklung**

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

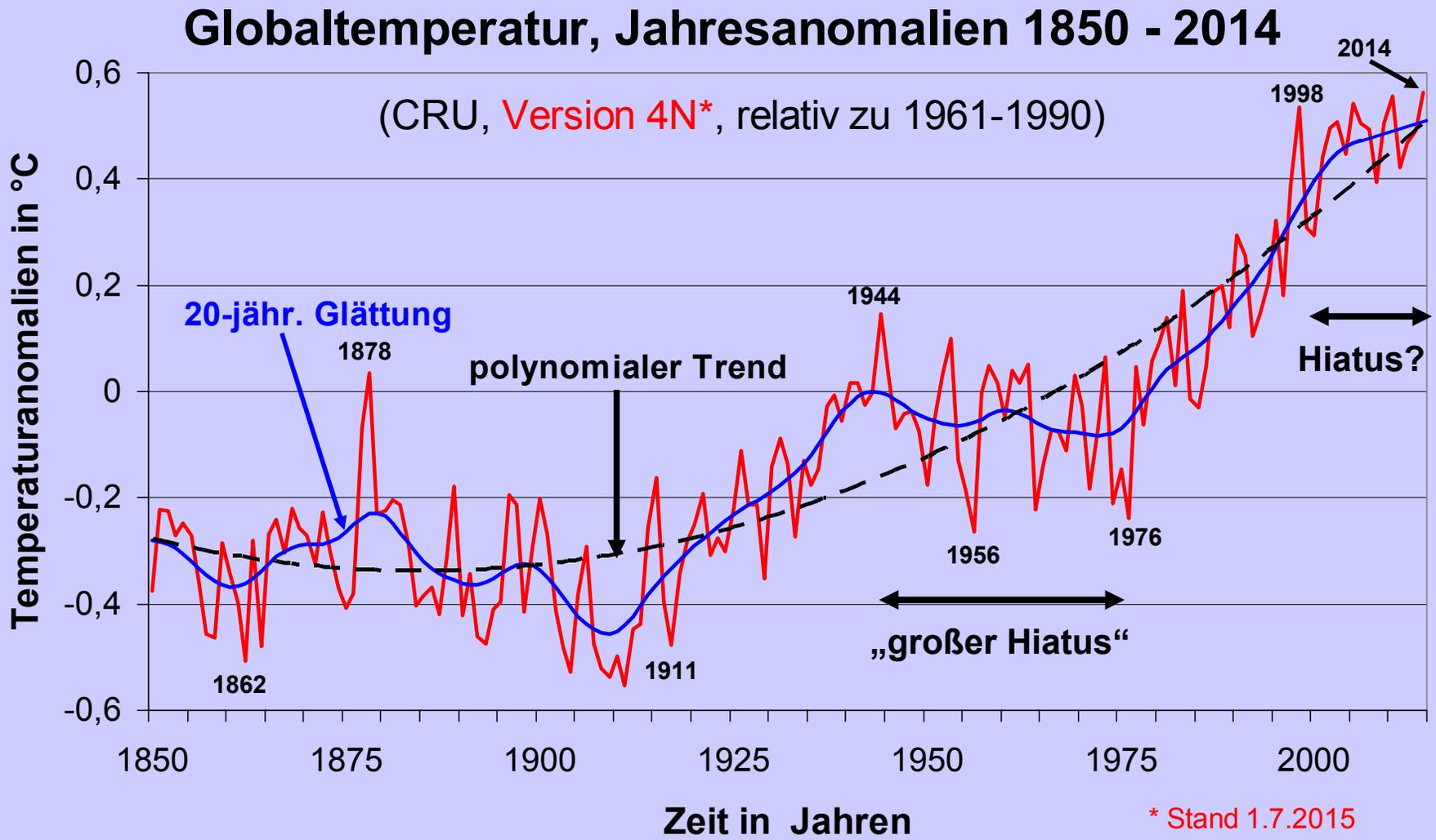
Vortragsübersicht

- Die These vom „Hiatus“
- Übersicht der globalen Temperaturdatensätze (ab 1850 bzw. 1880)
- Trendanalyse (verschied. Zeitintervalle)
- Ein Blick auf Deutschland
- Kurze Ursachendiskussion
- DMG-Stellungnahme zum Klimawandel (Sept. 2015)

Die These vom Hiatus

- „Hiatus“ hat verschiedene Bedeutungen.
- Im speziellen klimatologischen Sinn ist damit eine Verlangsamung oder gar ein Stillstand der globalen Erwärmung seit 1998 gemeint.
- Viele Medien haben immer wieder darauf hingewiesen und sprechen von „rätselhaft“.
- Wissenschaftlich ist dagegen klar, dass sich aus verschiedenen, weitgehend bekannten Gründen ständig verschiedene Variationsanteile überlagern (► Zeitreihenzerlegung).
- Das Auftreten von lediglich einem einheitlichen Trend war und ist daher niemals zu erwarten.

Globaler Klimawandel, Land und Ozean



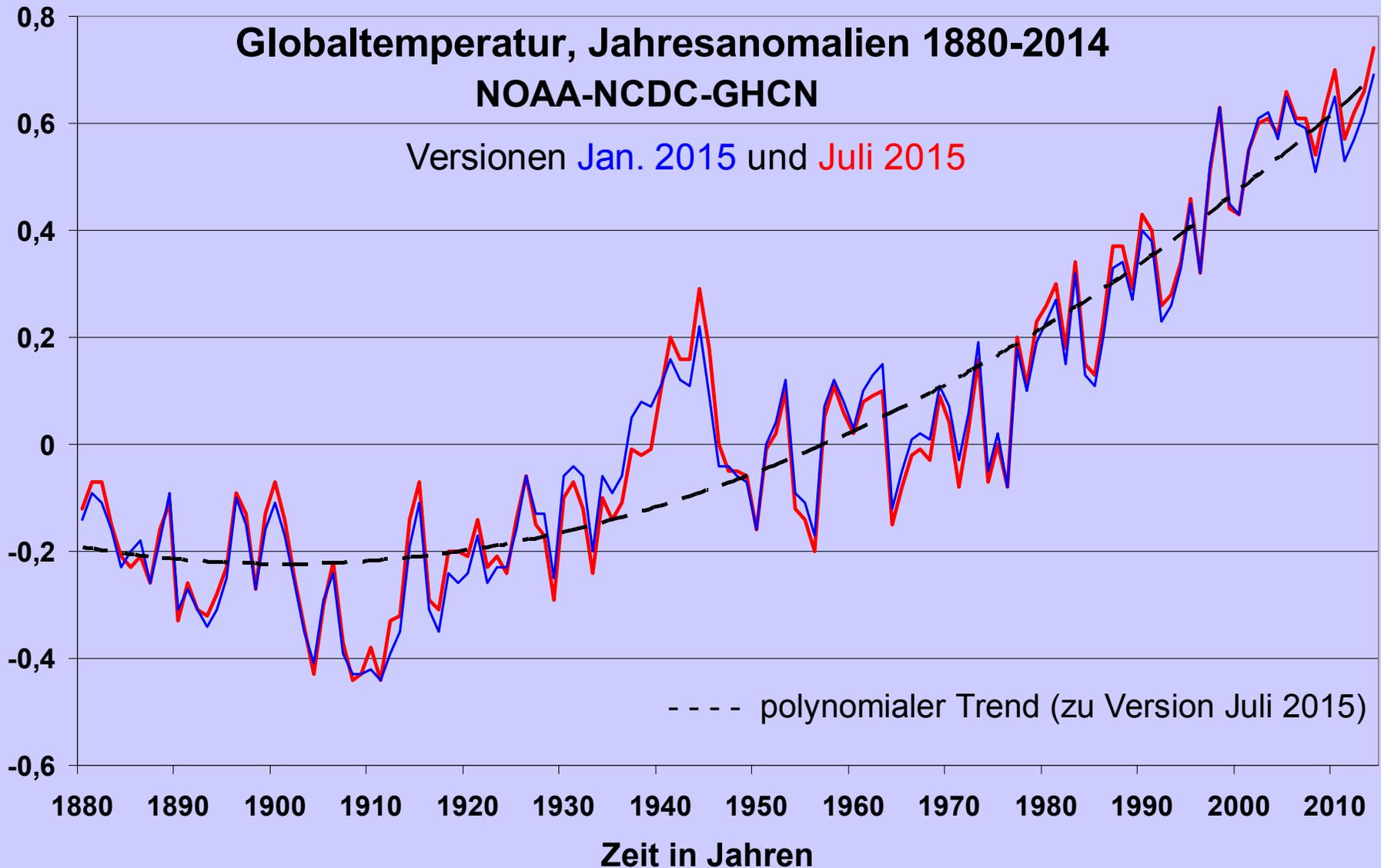
Rezente Rekorde: 1998 ▶ 0,535; 2005 ▶ 0,543; 2010 ▶ 0,555; 2014 ▶ 0,564 °C; 2015 ▶ ?

Globaltemperatur, Jahresanomalien 1880-2014

NOAA-NCDC-GHCN

Versionen Jan. 2015 und Juli 2015

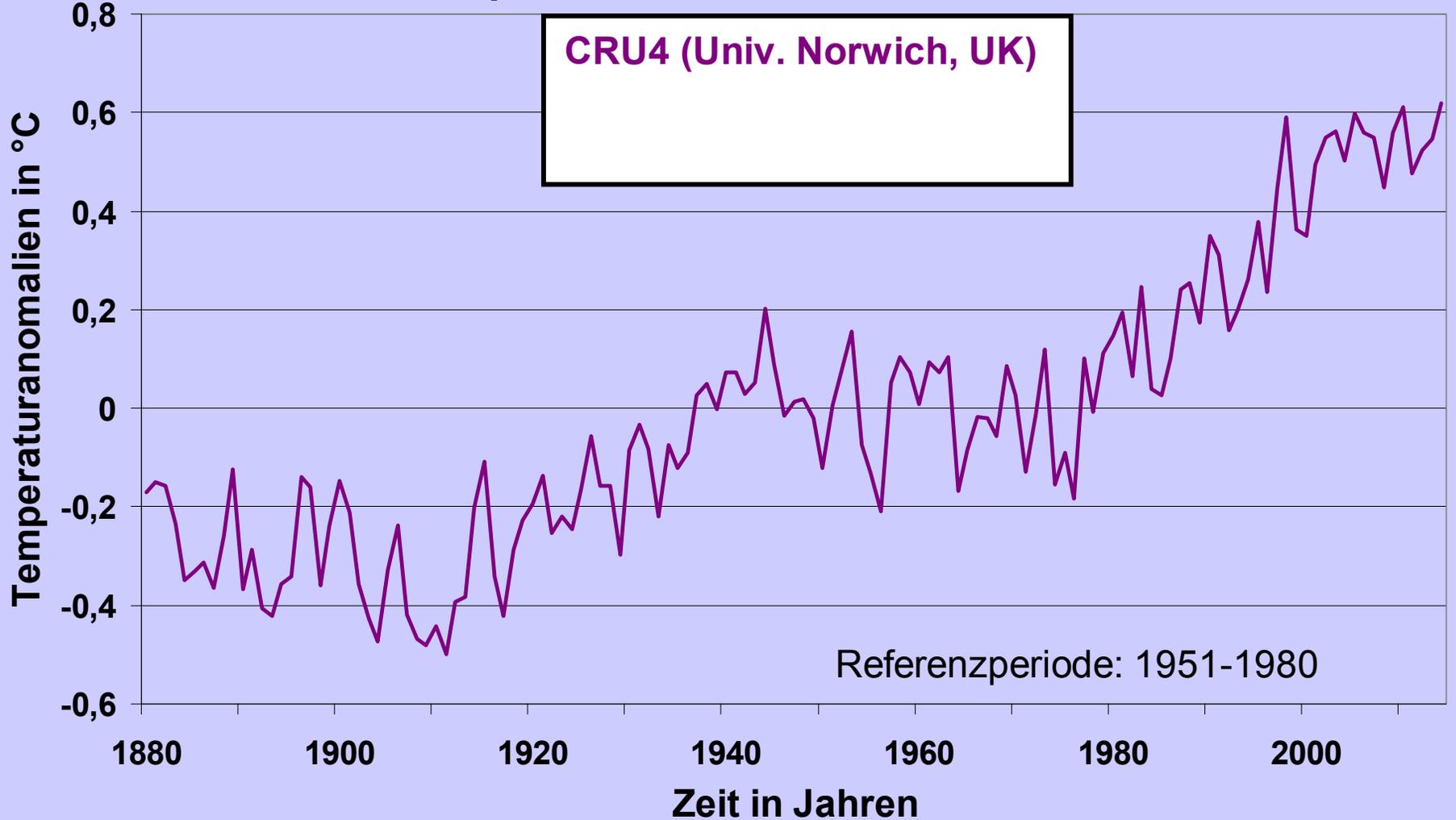
Temperaturanomalien in °C



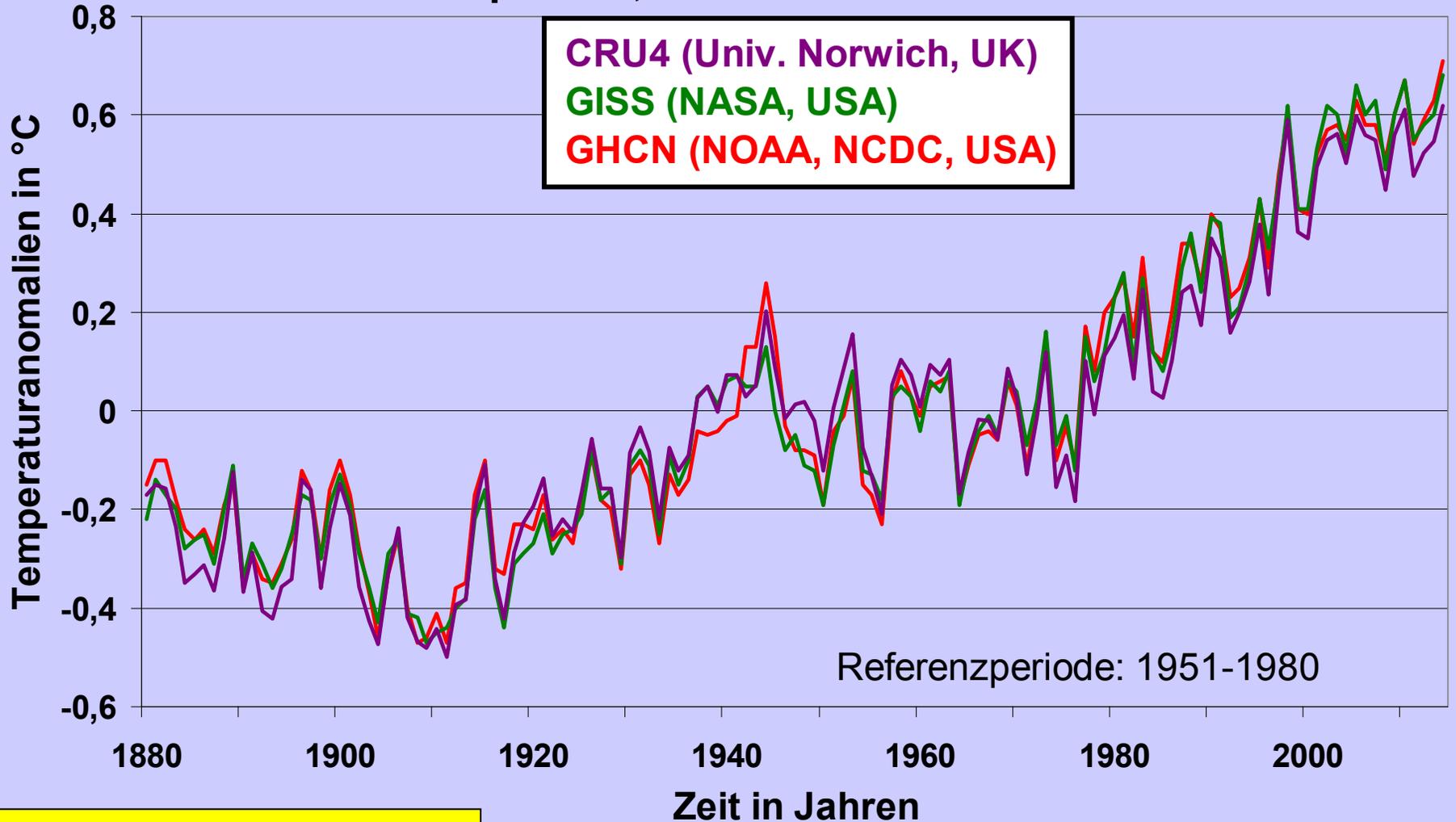
Jahresanomalien, Referenzperiode 1951-1980

T.R. Karl et al. (Science, 4.6.2015): Datenkorrekturen haben den (rezenten) Hiatus beseitigt.
K. Trenberth (Science, 14.8.2015): Hiatus-Frage abhängig von Zeitintervall und Ursachen.

Globaltemperatur, Jahresanomalien 1880-2014



Globaltemperatur, Jahresanomalien 1880-2014



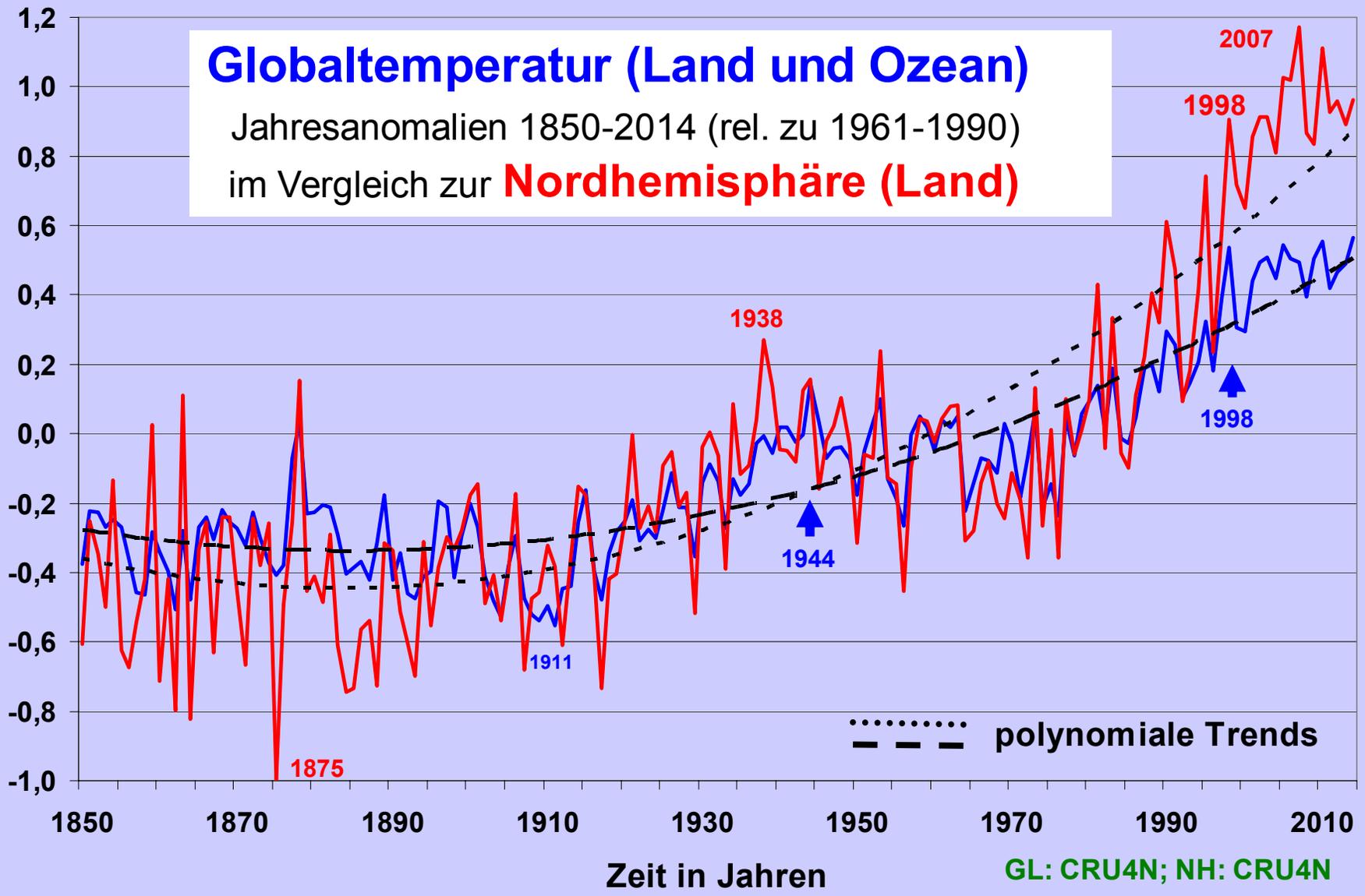
Korrelationen jeweils + 0,99

Stationsbasis (Land, 2014): CRU 5583, GISS ca. 6300, GHCN 7280 Stationen. CRU: Climatic Research Unit; GISS: Goddard Institute for Space Studies; GHCN: Global Historical Climate Network; NCDC: Nat. Climate Data Center; NOAA: Nat. Oceanic and Atmospheric Administration.

Globaltemperatur (Land und Ozean)

Jahresanomalien 1850-2014 (rel. zu 1961-1990)
im Vergleich zur **Nordhemisphäre (Land)**

Temperaturanomalien in °C



Stand: 1.7.2015

Trendtabelle Globaltemperatur, Land + Ozean

Stand Juli 2015, NOAA-alt Januar 2015; D = Dekade

Zeitspanne	CRU	GISS	NOAA	NOAA-alt
1880 - 2012*	0,83 °C 0,063 °C/D	<u>0,87 °C</u> 0,066 °C/D	0,85 °C 0,064 °C/D	0,85 °C 0,064 °C/D
1880 - 2014	0,86 °C 0,064 °C/D	<u>0,90 °C</u> 0,067 °C/D	0,89 °C 0,066 °C/D	0,88 °C 0,065 °C/D
1998 - 2012	0,08 °C 0,054 °C/D	0,10 °C 0,068 °C/D	<u>0,12 °C</u> 0,080 °C/D	0,05 °C 0,035 °C/D
1998 - 2014	0,11 °C 0,062 °C/D	0,13 °C 0,075 °C/D	<u>0,17 °C</u> <u>0,098 °C/D</u>	0,10 °C 0,056 °C/D

* IPCC (2014): $0,85 \pm 0,2 \text{ °C}$

Trendtabelle Globaltemperatur, Land + Ozean

Stand Juli 2015, NOAA-alt Januar 2015; D = Dekade

Zeitspanne	CRU	GISS	NOAA	NOAA-alt
1880 - 2012*	0,83 °C 0,063 °C/D	<u>0,87 °C</u> 0,066 °C/D	0,85 °C 0,064 °C/D	0,85 °C 0,064 °C/D
1880 - 2014	0,86 °C 0,064 °C/D	<u>0,90 °C</u> 0,067 °C/D	0,89 °C 0,066 °C/D	0,88 °C 0,065 °C/D
1998 - 2012	0,08 °C 0,054 °C/D	0,10 °C 0,068 °C/D	<u>0,12 °C</u> 0,080 °C/D	0,05 °C 0,035 °C/D
1998 - 2014	0,11 °C 0,062 °C/D	0,13 °C 0,075 °C/D	<u>0,17 °C</u> <u>0,098 °C/D</u>	0,10 °C 0,056 °C/D

* IPCC (2014): $0,85 \pm 0,2 \text{ °C}$

1976 - 1998: 0,19 °C/D (0,44 °C; CRU) bzw. 0,17 °C/D (0,39 °C; NOAA)

1911 - 1944: 0,13 °C/D (0,46 °C; CRU)

Trendtabelle Globaltemperatur, Land + Ozean

Stand Juli 2015, NOAA-alt Januar 2015; D = Dekade

Zeitspanne	CRU	GISS	NOAA	NOAA-alt
1880 - 2012*	0,83 °C 0,063 °C/D	<u>0,87 °C</u> 0,066 °C/D	0,85 °C 0,064 °C/D	0,85 °C 0,064 °C/D
1880 - 2014	0,86 °C 0,064 °C/D	<u>0,90 °C</u> 0,067 °C/D	0,89 °C 0,066 °C/D	0,88 °C 0,065 °C/D
1998 - 2012	0,08 °C 0,054 °C/D	0,10 °C 0,068 °C/D	<u>0,12 °C</u> 0,080 °C/D	0,05 °C 0,035 °C/D
1998 - 2014	0,11 °C 0,062 °C/D	0,13 °C 0,075 °C/D	<u>0,17 °C</u> <u>0,098 °C/D</u>	0,10 °C 0,056 °C/D

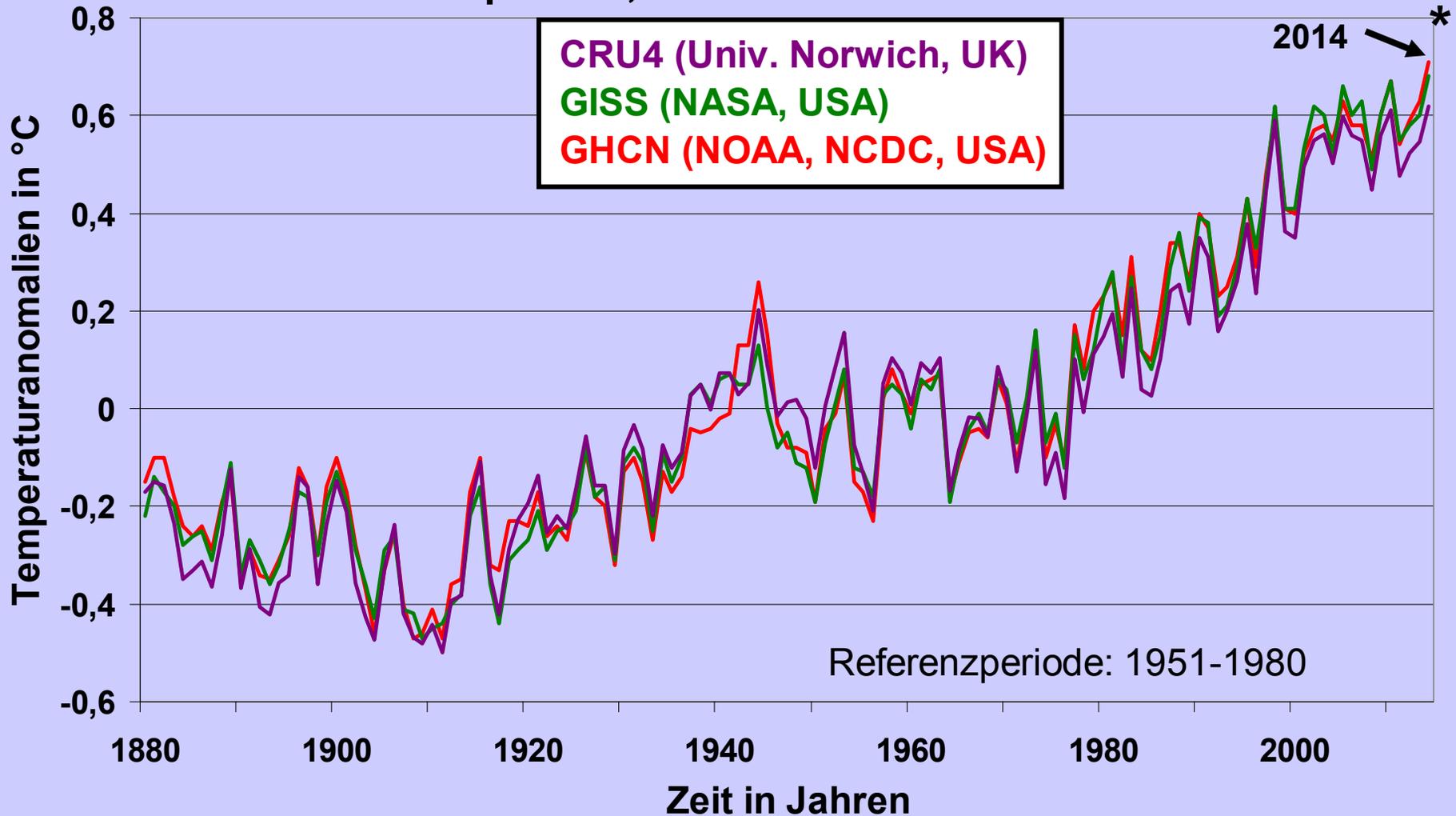
* IPCC (2014): $0,85 \pm 0,2$ °C

1976 - 1998: 0,19 °C/D (0,44 °C; CRU) bzw. 0,17 °C/D (0,39 °C; NOAA)

1911 - 1944: 0,13 °C/D (0,46 °C; CRU)

Fazit: 1998-2012 hat es durchaus eine deutliche Erwärmung gegeben, noch deutlicher 1998-2014; jedoch war 1976-1998 der dekadische Trend ungefähr doppelt so stark. 2015 bahnt sich jedoch ein deutlicher neuer Rekord an.

Globaltemperatur, Jahresanomalien 1880-2014



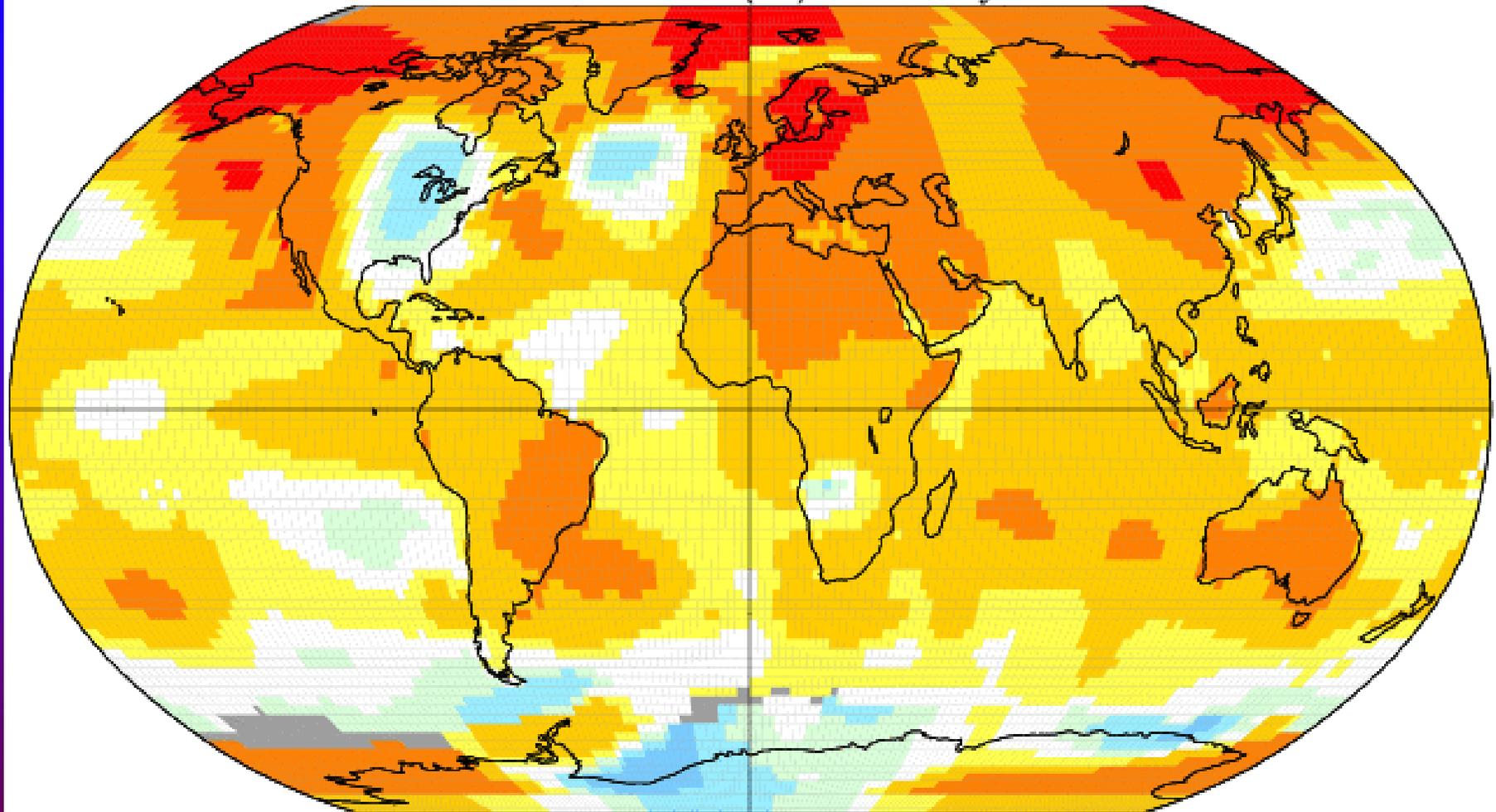
**Bisheriges Rekordjahr: 2014; neue Monatsrekorde 2015: März, Mai - Aug., ...?
Somit wird es 2015 höchstwahrscheinlich ein neues Wärmerekordjahr geben.
* Derzeitiger Schätzwert (GISS): + 0,81 °C (Anomaliewert, Stand 12. Okt. 2015)**

Temperaturanomaliekarte für das Jahr 2014

Annual J-D 2014

L-OTI(°C) Anomaly vs 1951-1980

0.67



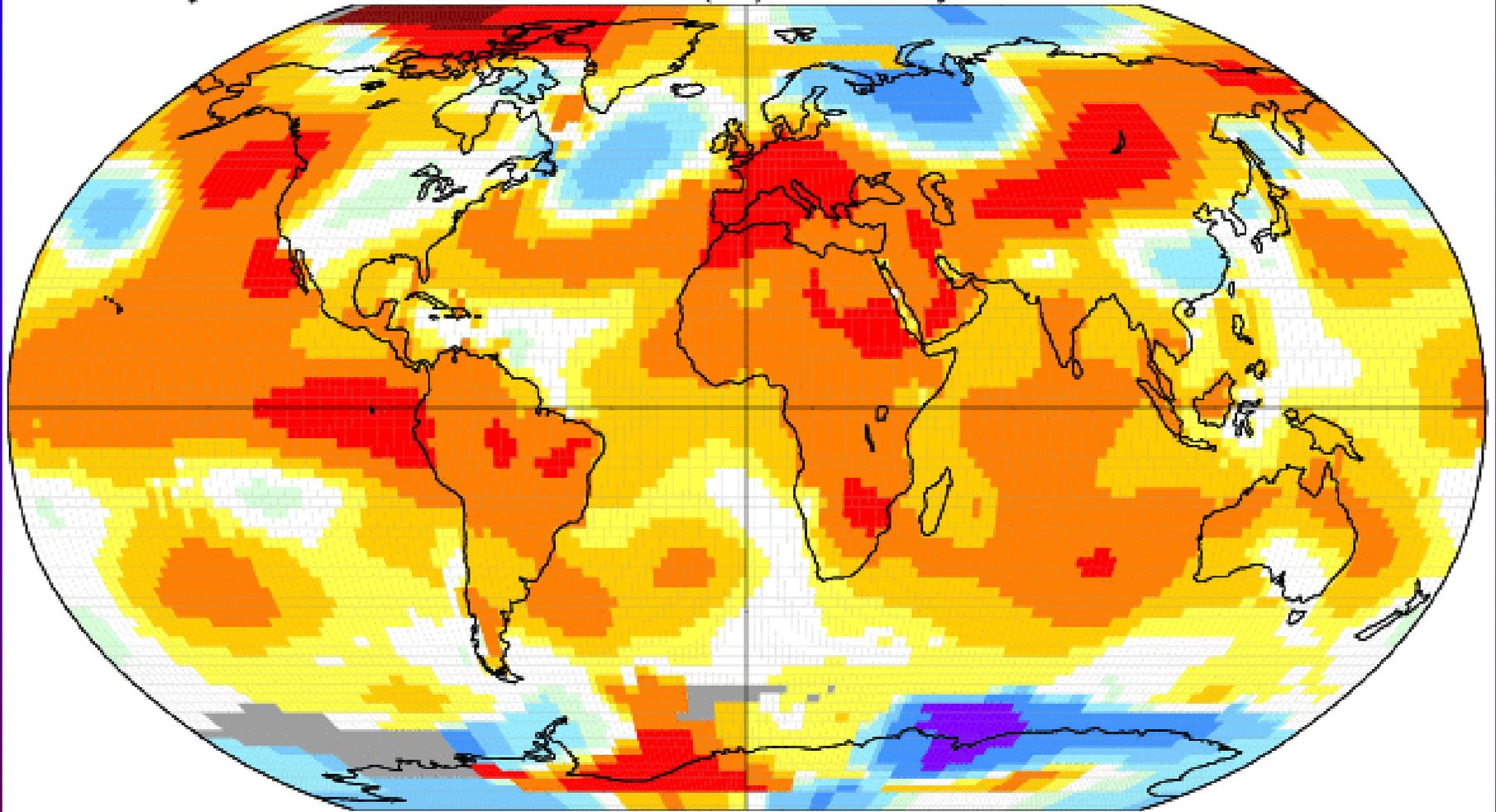
Quelle: GISS, Abruf 10.02.2015

Temperaturanomaliekarte für Juli 2015

July 2015

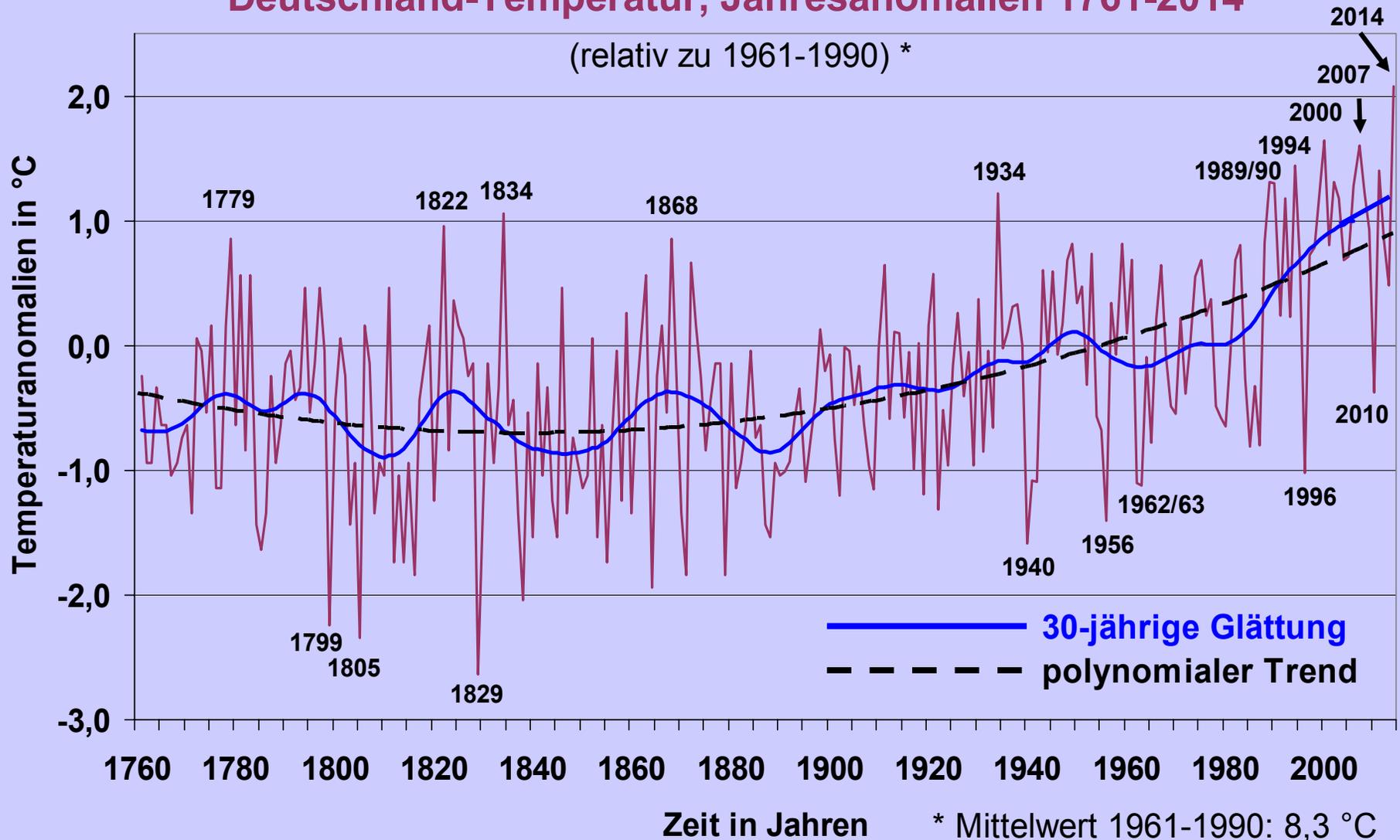
L-OTI(°C) Anomaly vs 1951–1980

0.72



Quelle: GISS, Abruf 16.09.2015

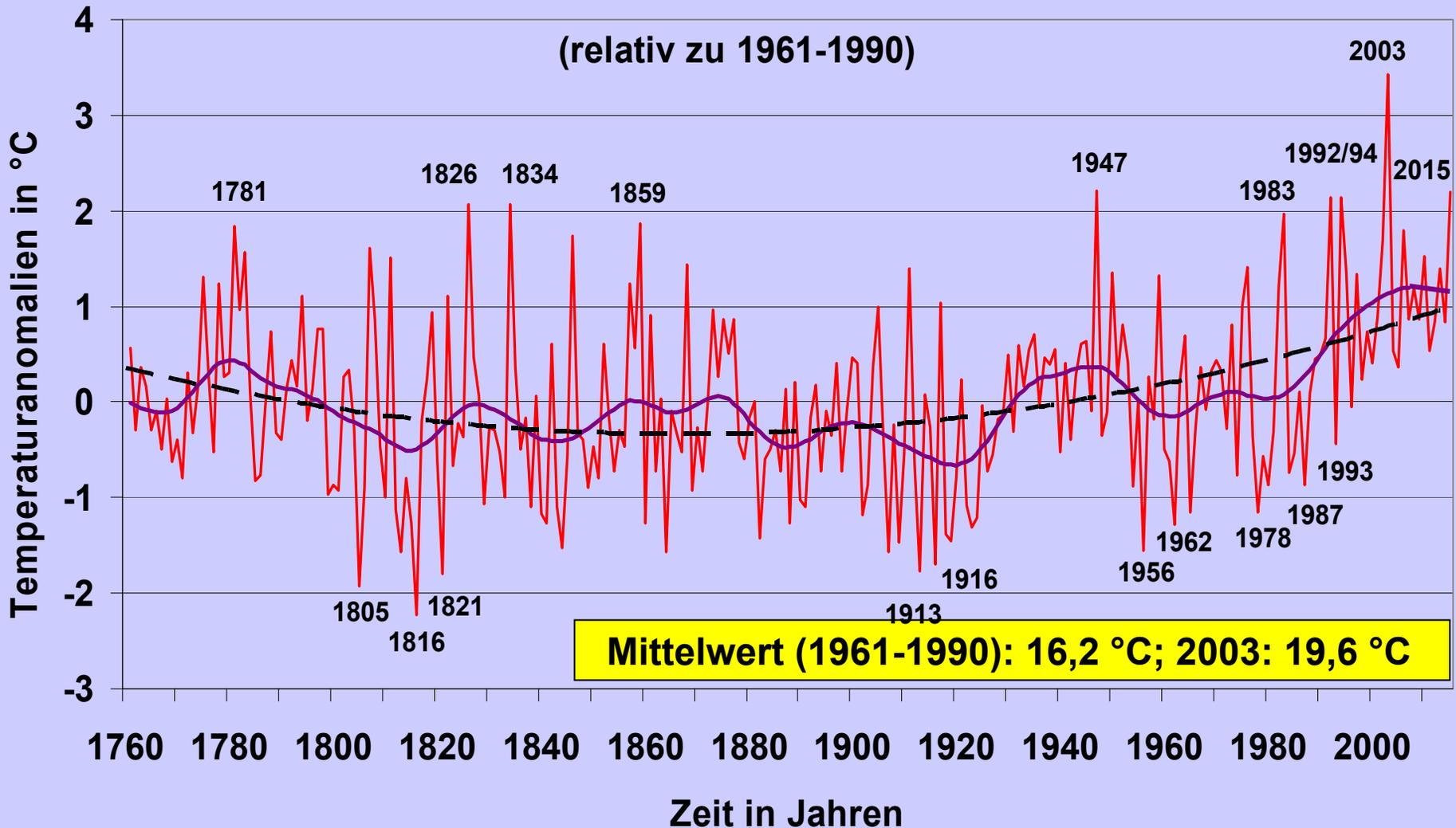
Deutschland-Temperatur, Jahresanomalien 1761-2014



Datenquelle:
Rapp, 2000; DWD;
Analyse:
Schönwiese

Mittelwert (1961-1990): 8,3 °C; 2014: 10,4 °C

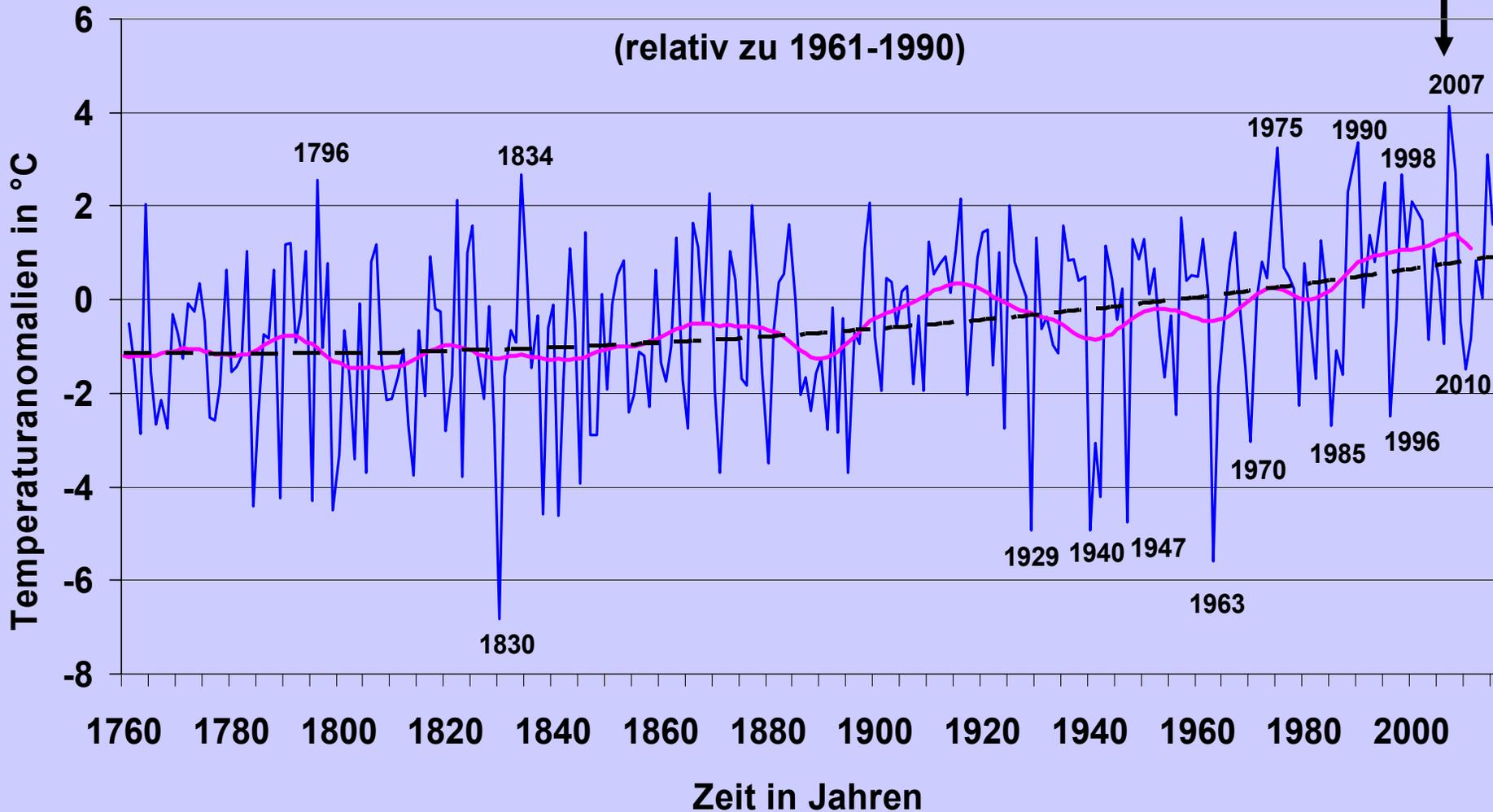
Deutschland-Temperatur, Sommeranomalien 1761-2015



Datenquelle:
Rapp, 2000; DWD;
Analyse:
Schönwiese

Abs. Temperaturrekorde: 40,3 °C am 5.7. und 7.8.2015, Kitzingen (Main, Bay.), 40,2 °C am 9.8.2003, Karlsruhe, und 13.8.2003, Karlsruhe, Freiburg, sowie am 27.7.1983 in Gärnersdorf (bei Amberg).

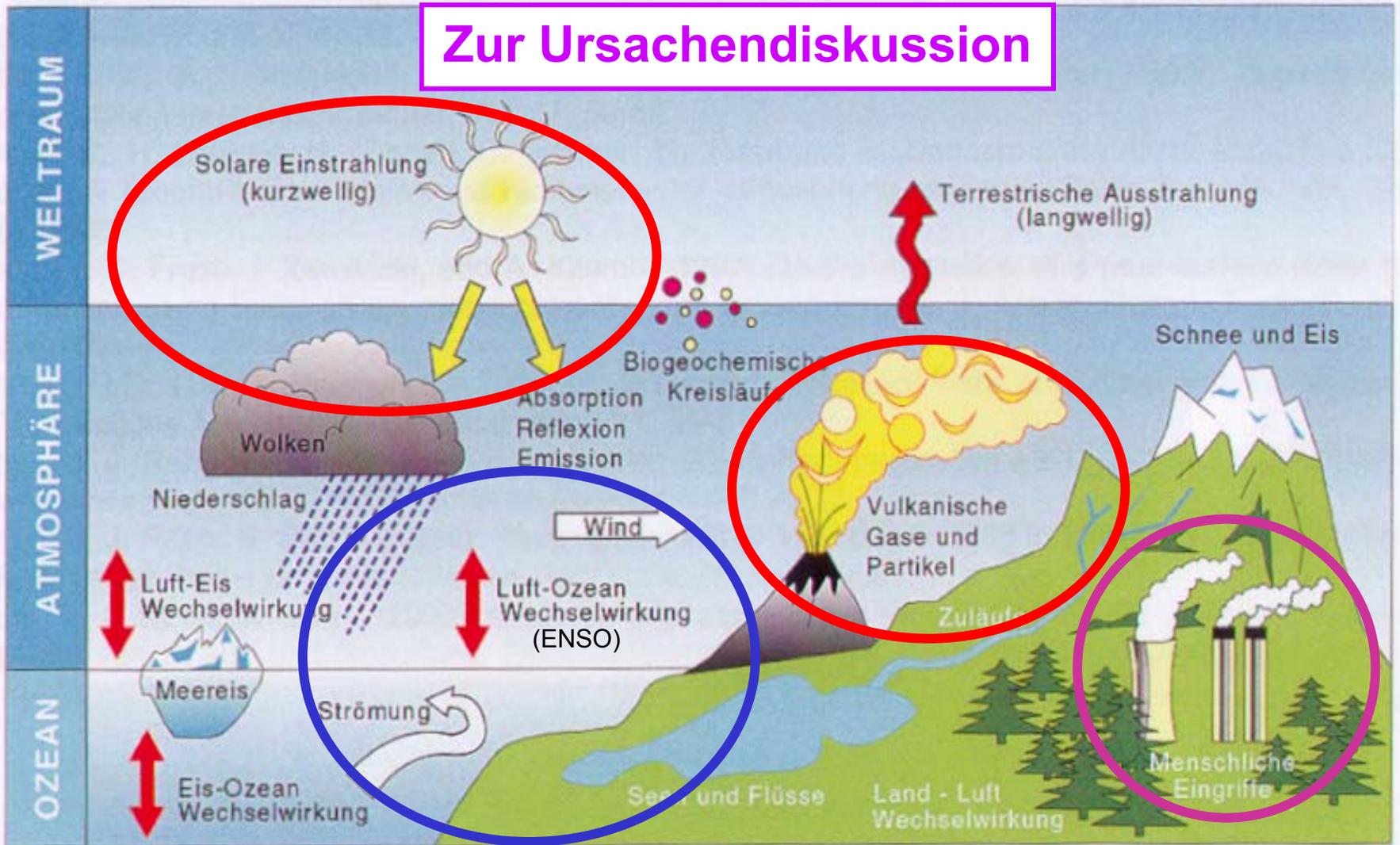
Deutschland-Temperatur, Winteranomalien 1761-2015



Datenquelle:
Rapp, 2000;
DWD; Analyse:
Schönwiese

Mittelwert (1961-1990): 0,2 °C: 2006/07: 4,5 °C

Zur Ursachendiskussion



Klimasystem: Komponenten und Prozesse

Cubasch und Kasang, 2000

- ▶ Interne Wechselwirkungen im Klimasystem (Zirkulation, insbes. ENSO)
- ▶ Externe Einflüsse auf das Klimasystem (insbes. Sonnenaktivität, Vulkanismus; Mensch: u.a. Emission von Gasen und Partikeln)

Erfassung externer Einflüsse: Strahlungsantriebe F

Für die Reaktion ΔT der bodennahen Lufttemperatur gilt im globalen Mittel (*Marotzke u. Forster, 2015*):

$$\Delta T = (\alpha + \lambda) \cdot F \quad \text{mit } \lambda = \text{Sensitivitätsparameter}$$

α = ozean. Wärmeaufnahme-Effizienz

Klimasensitivität bzgl. einer atm. CO₂-Konzentrationsverdoppelung (relativ. zum vorindustriellen Niveau, Klimamodelle, Gleichgewicht): 1,5 - 4,5 K (IPCC, 2014).

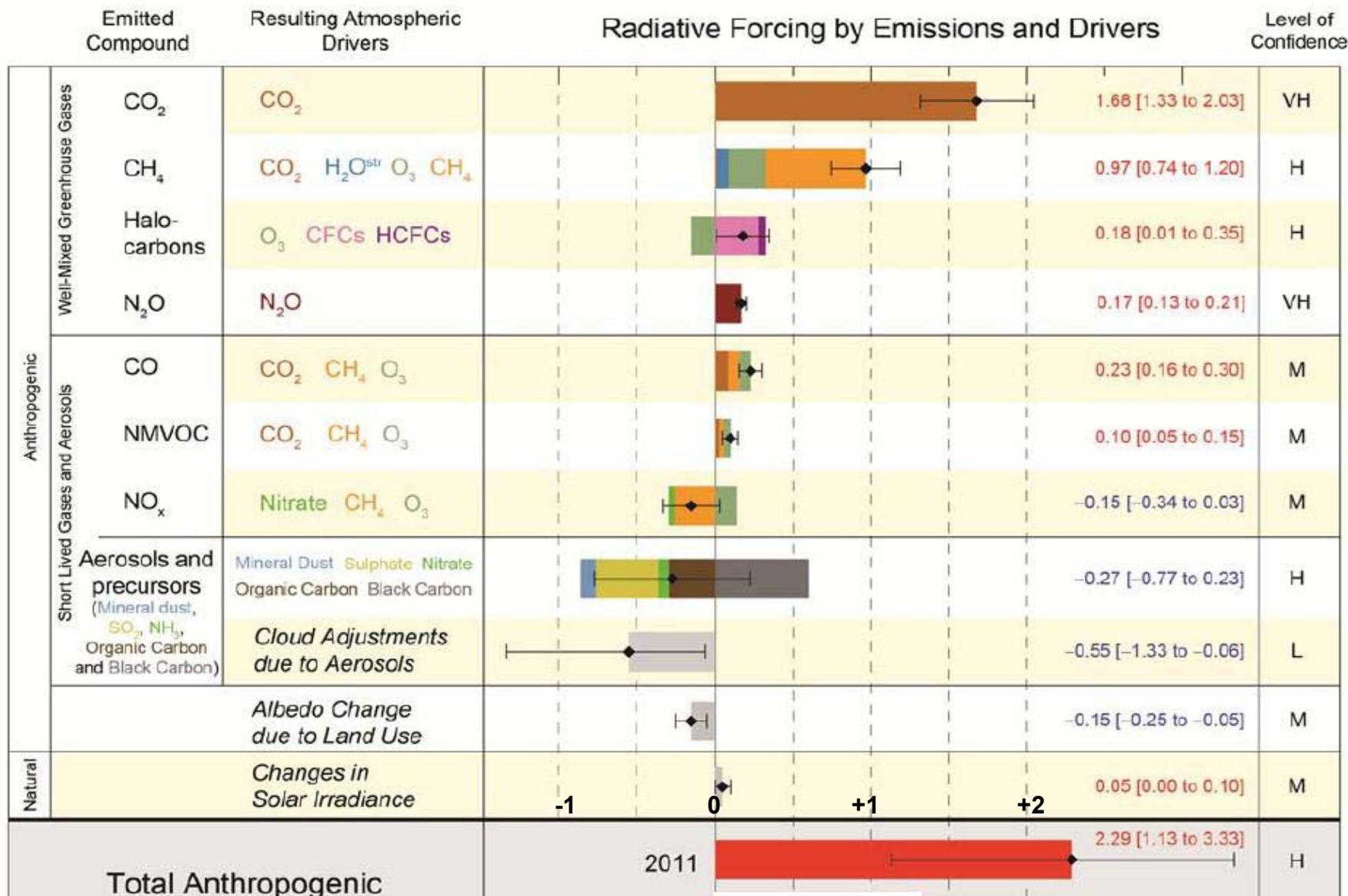
Mit $F_{2\times\text{CO}_2} = 4,4 \text{ Wm}^{-2}$ folgt annähernd: $1/3 < \lambda < 1$.

Empirische Schätzungen (paläoklimatolog.): $\lambda \approx 3/4$.

Probleme: ► Rückkopplungen

- transiente Reaktion (Zeitverzögerungen)
- λ prozess- und skalenabhängig
- weitere Strahlungsantriebe
- interne Wechselwirkungen oder Antriebe
- Wärmeaufnahme des Ozeans

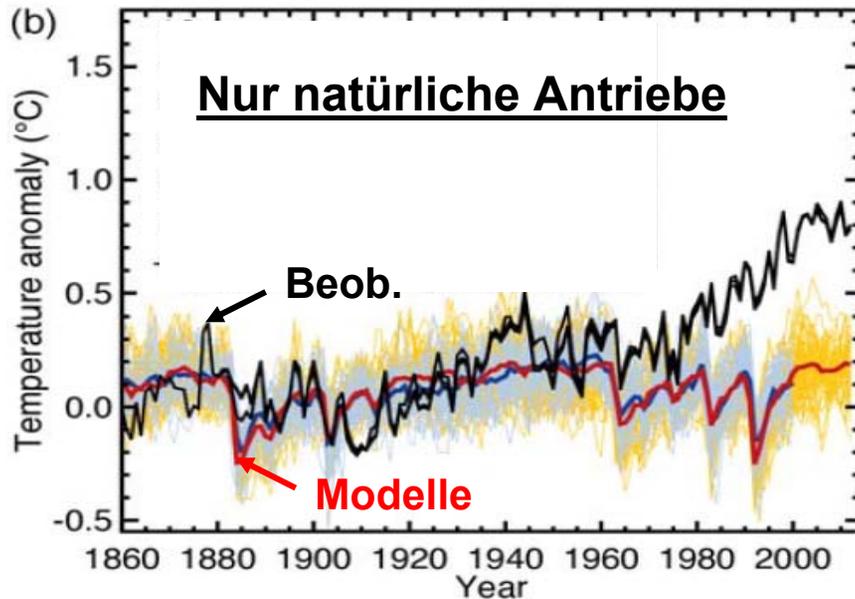
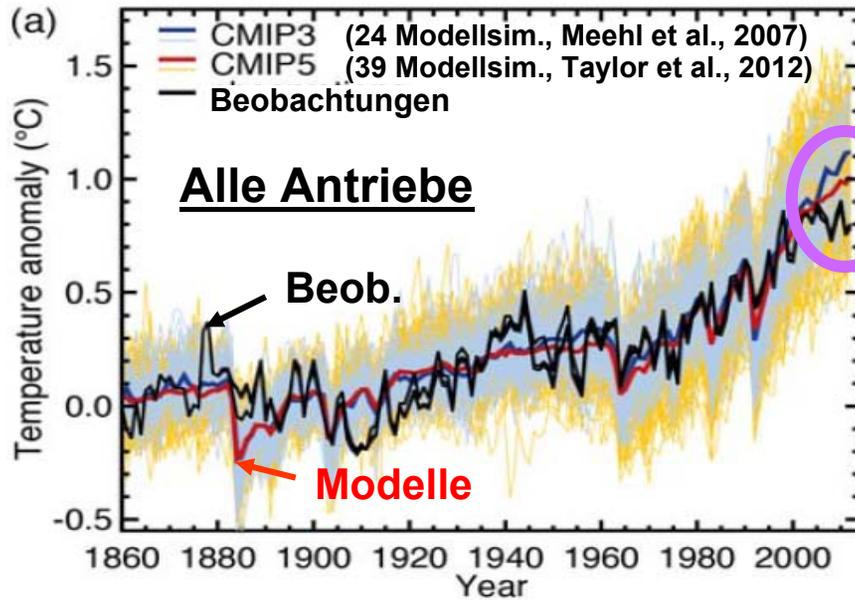
Globale Strahlungsantriebe (RF) 1750-2011 (IPCC, 2014)



Explosiver Vulkanismus im Industriezeitalter episodisch bis ~3 Wm⁻² (z.B. Pinatubo, 1991)

Modellsimulationen Globaltemperatur, 1860-2012

Referenzperiode: 1880-1919



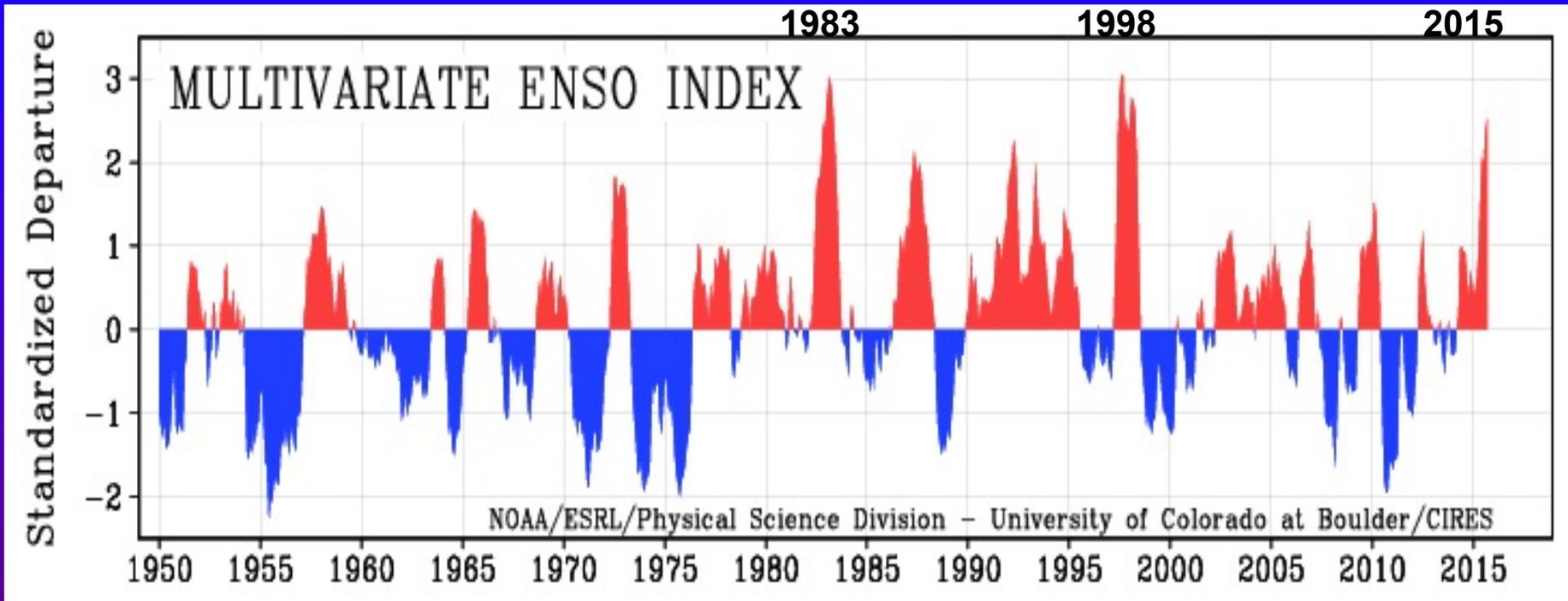
„Der menschliche Einfluss ist mit extrem hoher* Wahrscheinlichkeit die dominante Ursache der beobachteten** Erwärmung seit der Mitte des 20. Jahrhunderts“ (IPCC, 2014).

* $p > 95\%$ ** bodennah und global

Die dem weitgehend anthropogenen Langfristtrend überlagerten relativ kurzfristigen natürlichen Variationen betragen ca. $\pm 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ (IPCC, 2014). Sie bedürfen für die jüngste Zeit jedoch einer näheren Diskussion („Hiatus“).

IPCC, 2014

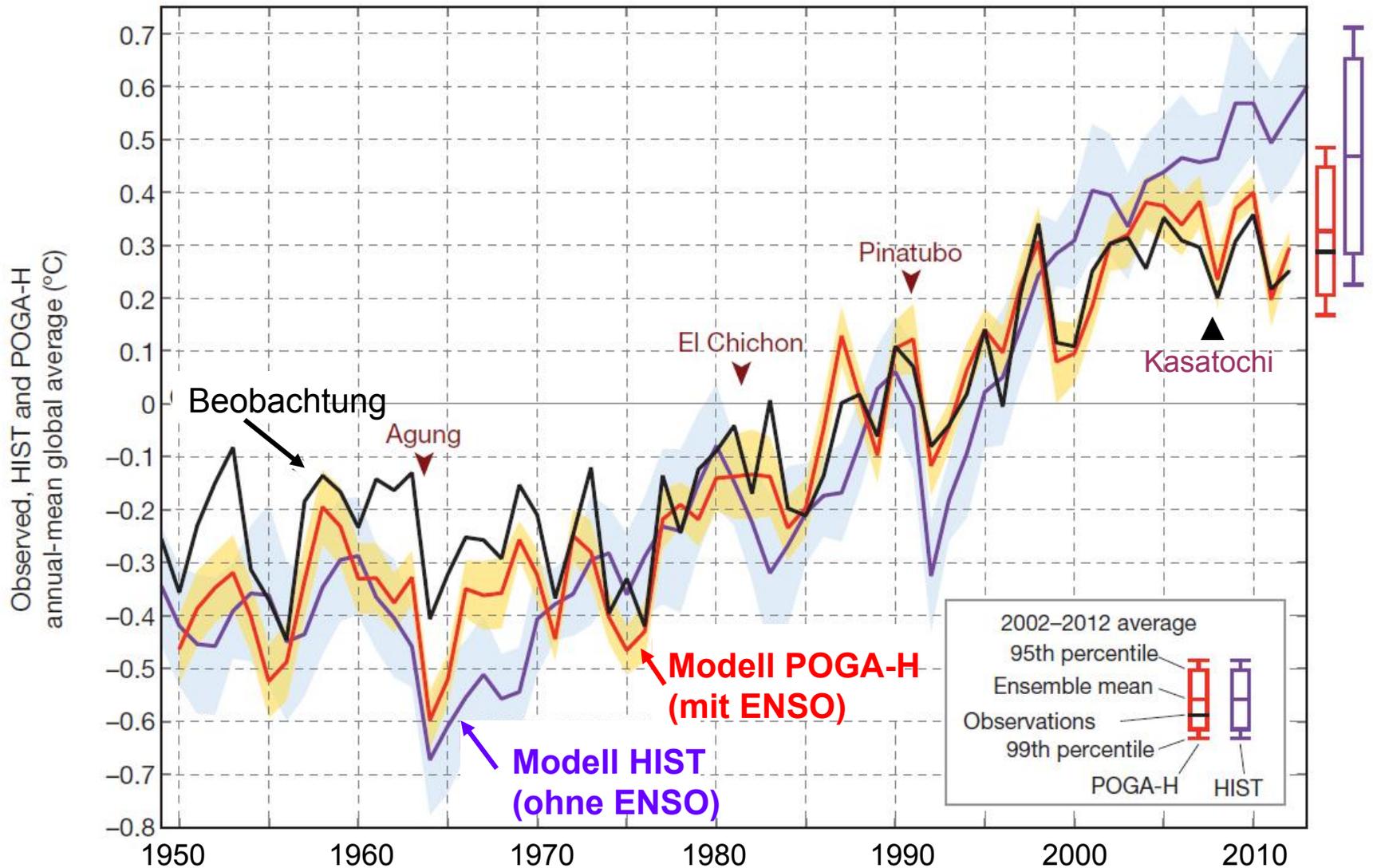
Index des El Niño / Südoszillation – Mechanismus (Monatsdaten)



Dieser Index berücksichtigt: Meeresoberflächentemperatur (SST), bodennahe Lufttemperatur, Luftdruck und Wind in Meeresspiegelnähe und Wolkenbedeckungsgrad, jeweils im tropischen Ostpazifik. (EN-SST- Gebiete, „1+2“: 0°- 10° S/ 80°- 90° W; „3.4“: 5° S - 5° N/120°-170° W.)

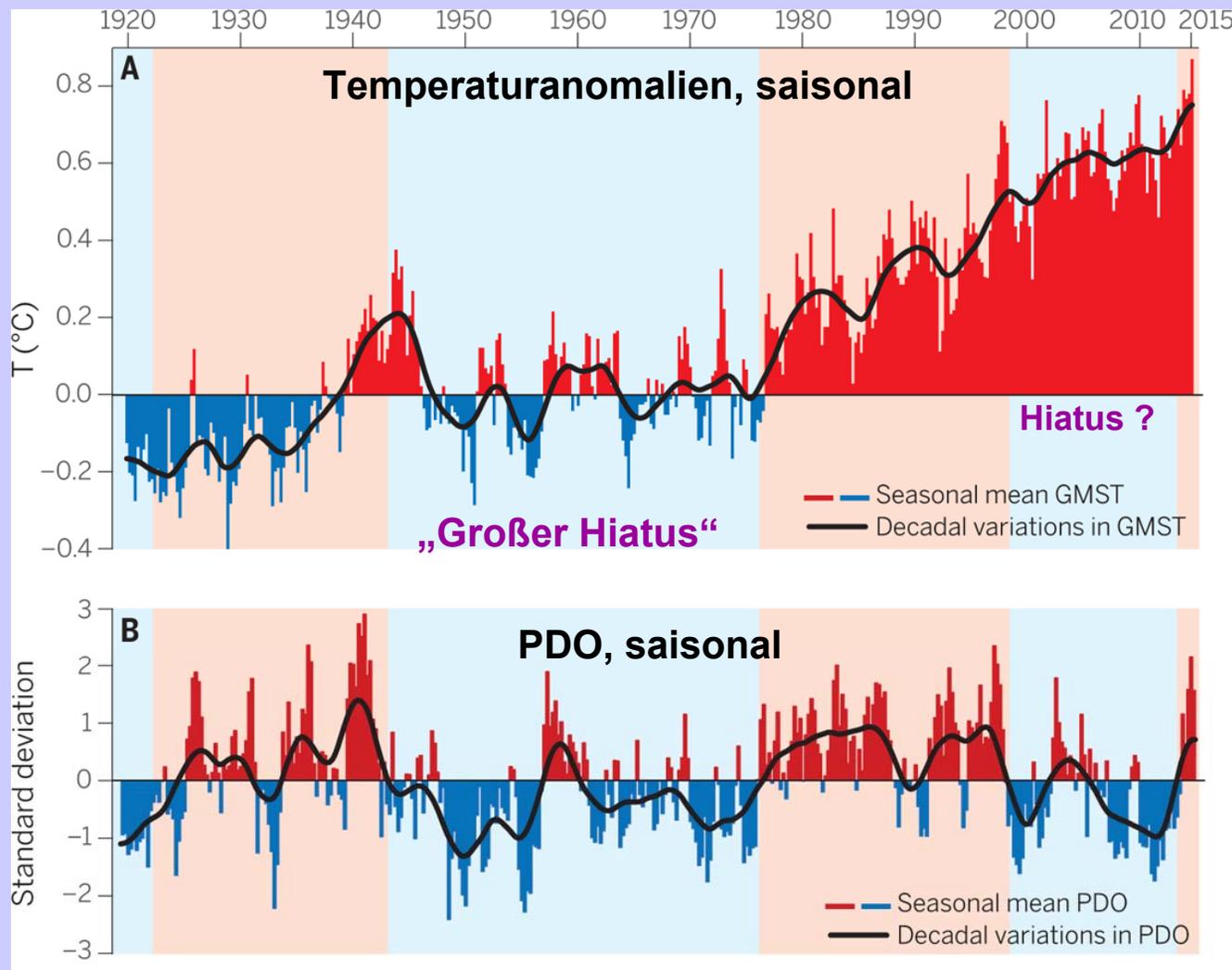
Quelle: Wolter und Timbin, 1993, 2011; NOAA, 2015 (Abruf 13.10.2015)

Klimamodellsimulationen **ohne** und **mit ENSO***-Berücksichtigung (d.h. ohne/mit der Temperatur des trop. Ostpazifiks als Antrieb)



* El Nino / Südl. Oszillation

Kosaka und Xie, 2013 (Nature), erg.



Mehrere Autoren (zuletzt Trenberth, 2015) weisen auf eine formale Ähnlichkeit der Kalt- und Warmphasen der globalen mittleren bodennahen Lufttemperatur (GMST) mit den entsprechenden PDO - Phasen hin (Kaltphasen: großer und rezenter Hiatus).

Quelle: K.E. Trenberth (NCAR), Science, 14.8.2015; Temperaturdaten: NOAA

Die PDO (Pazifische Dekaden-Oszillation) beschreibt die SST-Anomalien des Nordpazifiks an der US-amerikanischen Westküste (20° - 70° N). Außer relativ kurzfristigen Fluktuationen, die mit dem Verhalten des Aleuten-Tiefs verknüpft sind (z.T. bei der US-Wettervorhersage genutzt), gibt es auch dekadische Zustände (Kalt-Phasen zuletzt 1947-1976 u. 1999-2013); Ursachen unbekannt.

Folgerungen

- Der global gemittelte relativ langfristige Temperaturanstieg (untere Atmosphäre, Land und Ozean, sog. („global warming“) ist stets von diversen kürzerfristigen Variationen überlagert.
- Sie können die langfristige Erwärmung zeitweise abschwächen oder sogar umkehren („Hiatus“).
- Ab 1998 ist wieder ein solcher Effekt (Abschwächung) eingetreten, der jedoch je nach Datensatz bzw. Datenkorrektur unterschiedlich ausgeprägt war.
- Trotzdem hat sich die Erwärmung (seit Messbeginn) mit immer neuen Temperaturrekorden fortgesetzt.
- Ab 2014, dem bisher wärmsten Jahr, hat sie sich wieder verstärkt (2015 wahrscheinlich deutlicher neuer Rekord).
- Auch in Deutschland war das Jahr 2014 bisher am wärmsten. Am 5.7. und 7.8.2015 traten mit 40,3 °C in Kitzingen (Main) neue Temperaturrekorde auf.

DMG-Stellungnahme zum Klimawandel vom Sept. 2015; kurze Auszüge

- Sowohl in Deutschland als auch weltweit war 2014 das wärmste Jahr (oberflächennah, Flächenmittel seit 1880).
→ Indiz dafür, dass die Erwärmung...weiter fortschreitet.
- Die Erderwärmung erfolgt zeitlich nicht gleichmäßig. Phasen stärkerer und schwächerer Temperaturzunahme und sogar [relativ] kurzfristige Temperaturrückgänge überlagern den langfristigen Anstieg.
- In der Stratosphäre stellt man eine Abkühlung fest. Dies ist, zusammen mit der troposphärischen Erwärmung, genau der Effekt, den man aufgrund der Strahlungswirkung der in ihren Konzentrationen zunehmenden Treibhausgase erwartet.
- Der Einfluss der Meere im Klimasystem ist gravierend ... Der Wärmeinhalt der oberen zwei Kilometer der Ozeane zeigt ... einen recht kontinuierlichen Anstieg seit Jahrzehnten. ... Das zeigt, dass die Erwärmung des Klimasystems unvermindert fortschreitet.

DMG-Stellungnahme zum Klimawandel, *Fortsetzung*

- Obwohl die Ursachen des Klimawandels ... kontrovers diskutiert werden, ist ein anthropogener Einfluss immer deutlicher nachweisbar ... [durch] insbesondere Ausstoß von CO₂ durch Nutzung fossiler Energieträger, ... von Partikeln, ... Erdoberflächeneigenschaften.
- Viele Aspekte vergangener Klimaänderungen lassen sich mit Klimamodellen nachvollziehen. Sie stellen die Wirklichkeit jedoch nur in sehr grober Annäherung dar. Das führt zwangsläufig zu erheblichen Unsicherheiten in der Berechnung des zukünftigen Klimas.
- Die Temperatur wird weiter steigen. [IPCC zitiert: 0,3 °C bis 4,8 °C bis 2100 je nach Szenario.] ... Tendenz zu häufigeren sommerlichen Hitzewellen.
- Viele Unsicherheiten beim zukünftigen Anstieg des Meeresspiegels. Niederschlag und Extremwetterereignisse zeigen uneinheitliche Änderungstendenzen.
- Vielfältige Auswirkungen, Anpassungsmaßnahmen nötig.

Die DMG-Stellungnahme zum Klimawandel vom Sept. 2015 (anlässlich der 10. Deut. Klimatagung (10DKT)) ist verfügbar über:

**[http://www.dmg-ev.de/gesellschaft
Stellungnahmen/documents/
DMG-Klimastatement_2015.pdf](http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/Stellungnahmen/documents/DMG-Klimastatement_2015.pdf)**



Vielen Dank
für Ihr Interesse

Homepage des Autors:

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