

# **Klimawandel = Klimakatastrophe?**

**NIPCC Präsentation Zürich**

**25. November 2008**

Dipl. Meteorologe Dr. G.R. Weber, Essen

---

Die Klimadebatte beherrscht seit ca. 20 Jahren die umweltpolitische Diskussion (z.B. „Warnung vor einer drohenden Klimakatastrophe“ der DPG vom Januar 1986, Gründung des IPCC 1988; Klimakonvention von Rio de Janeiro 1992, Kyoto-Protokoll von 1997 etc.)

**Folgende Kernelemente in dieser Debatte:**

1. Klimamodelle sagen einen dramatischen Temperaturanstieg als Folge von Treibhausgasemissionen durch menschliche Aktivitäten vorher
2. In den letzten 150, besonders aber in den letzten 30 Jahren, wurde ein globaler Temperaturanstieg beobachtet
3. Klimaforscher versuchen mit Modellsimulationen diesen Temperaturanstieg durch Treibhausgasemissionen zu erklären
4. Daraus wird die Schlussfolgerung abgeleitet, modellierte Klimaänderungen bis 2100 seien ebenfalls realistisch

## **Der wissenschaftliche Erkenntnisstand der Klimaforschung wird in regelmäßigen Abständen in den UN-Klimaberichten des IPCC veröffentlicht**

---

Klimaberichte des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) - Wichtigste Zusammenfassung des internationalen klimawissenschaftlichen Erkenntnisstandes

### **Grundlage internationaler klimapolitischer Übereinkommen:**

- Klimarahmenkonvention von Rio 1992
- Kyoto-Protokoll 1997 und jeweilige nationale Klimapolitiken

### **Vier Berichte seit 1990:**

- Climate Change (1990)
- Second Assessment Report (SAR) 1996
- Third Assessment Report (TAR) 2001
- Fourth Assessment Report (AR 4) 2007

Allgemeine Tendenz dieser Berichte, den menschlichen Einfluss auf das Klima in einem immer dramatischeren Licht erscheinen zu lassen, insbesondere in den sog. „Summary for Policymakers“ (SPMs)

---

# Kernaussagen des Fourth Assessment Reports (AR4) 2007

---

- Der größte Teil des beobachteten Anstiegs der globalen Mitteltemperatur seit der Mitte des 20. Jahrhunderts ist sehr wahrscheinlich auf anthropogene Treibhausgasemissionen zurückzuführen
- Bis zum Jahr 2100 ist mit einer Erwärmung von 1,1 bis 6,4 °C zu rechnen
- Die Zunahme von extremen Witterungsereignissen, wie z.B tropische Wirbelstürme, Starkregen etc. ist wahrscheinlich; sie haben bereits zugenommen
- Seit Veröffentlichung des AR4 Aussagen einzelner Wissenschaftler, der Klimawandel würde noch schneller und heftiger ablaufen als in IPCC 2007 dargelegt. Stimmt das?

# Rechnet IPCC 2007 mit dramatischeren Klimaänderungen als IPCC 2001?

UN-Klimaberichte: Vergleich 2001 und 2007

|  | IPCC 2001   | IPCC 2007                                    |
|--|---|--|
| Emissionsszenarien                                       | SRES  | SRES   |
| Klimaempfindlichkeit für CO <sub>2</sub> -Verdoppelung   | ca. 2,8 °C  | ca. 3,0 °C                                   |
| SRES-Szenarien Erwärmung bis 2100                        | 1,4-5,8 °C  | 1,1-6,4 °C                                   |
| Meeresspiegelanstieg SRES 2100                           | Ca. 0,09-0,88m;<br>Mittel: 0,48 m                           | 0,18-0,59 m;<br>Mittel: ca. 0,3-0,4 m        |
| Klimaerwärmung und Extremereignisse:<br>1. Beobachtungen |   |  |
| 1.1 Zunahme in Intensität tropischer Wirbelstürme        | Wurde nicht beobachtet in den wenigen vorliegenden Analysen | Wahrscheinlich in einigen Regionen seit 1970 |

|   | <b>IPCC 2001</b>  | <b>IPCC 2007</b>    |
|---|---|---------------------|
| 1.2 Zunahme intensiver Niederschlagsereignisse                                | Wahrscheinlich in vielen Gebieten der mittleren und hohen Breiten der Nordhemisphäre (für die übrigen Gebiete entweder unzureichendes Datenmaterial oder widersprüchliche Analysen) | Wahrscheinlich      |
| 2.0 Vorhergesagte Trends für das 21. Jahrhundert auf Basis der SRES-Szenarien |   |                     |
| 2.1 Zunahme von tropischen Wirbelstürmen                                      | Wahrscheinlich in einigen Gebieten  | Wahrscheinlich      |
| 2.2 Zunahme von Starkniederschlagsereignissen                                 | Sehr wahrscheinlich in vielen Gebieten  | Sehr wahrscheinlich |

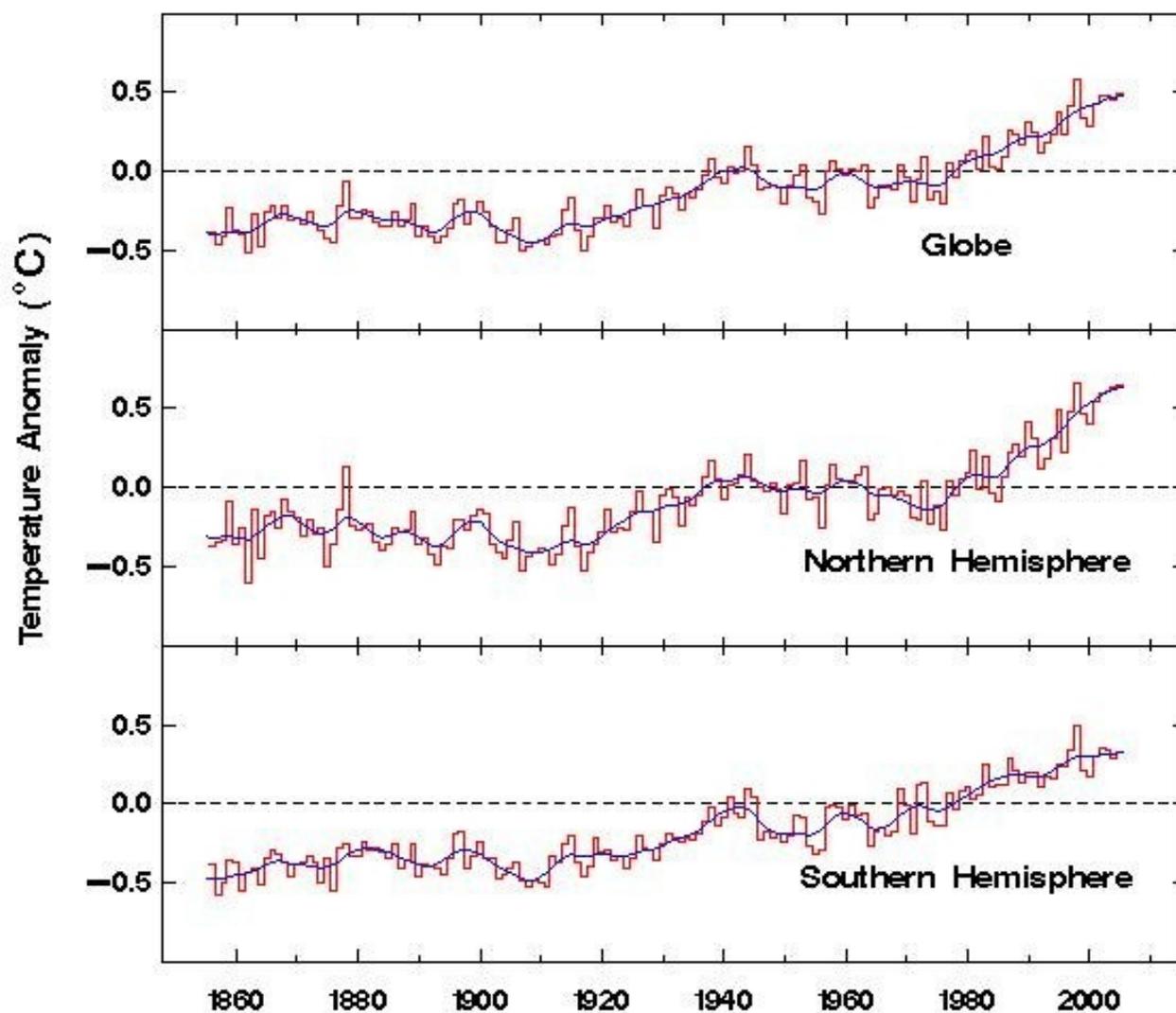
|   | IPCC 2001   | IPCC 2007  |
|---|---|--|
| Menschlicher Einfluss auf beobachtete Trends: |   |  |
| 1. Erwärmung                                  | „der größte Teil der beobachteten Erwärmung der letzten 50 Jahre ist wahrscheinlich auf den Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen zurückzuführen“ | „Der größte Teil des beobachteten Anstiegs der globalen Mitteltemperaturen seit der Mitte des 20. Jahrhunderts ist sehr wahrscheinlich auf den beobachteten Anstieg der anthropogenen Treibhausgaskonzentrationen zurückzuführen.“ |
| 2. Tropische Wirbelstürme                     | Keine Angabe  | Eher wahrscheinlich  |
| 3. Starkniederschläge                         | Keine Angabe  | Eher wahrscheinlich  |

## Ist der größte Teil der beobachteten Erwärmung seit Mitte des Jahrhunderts auf Treibhausgase zurückzuführen?

---

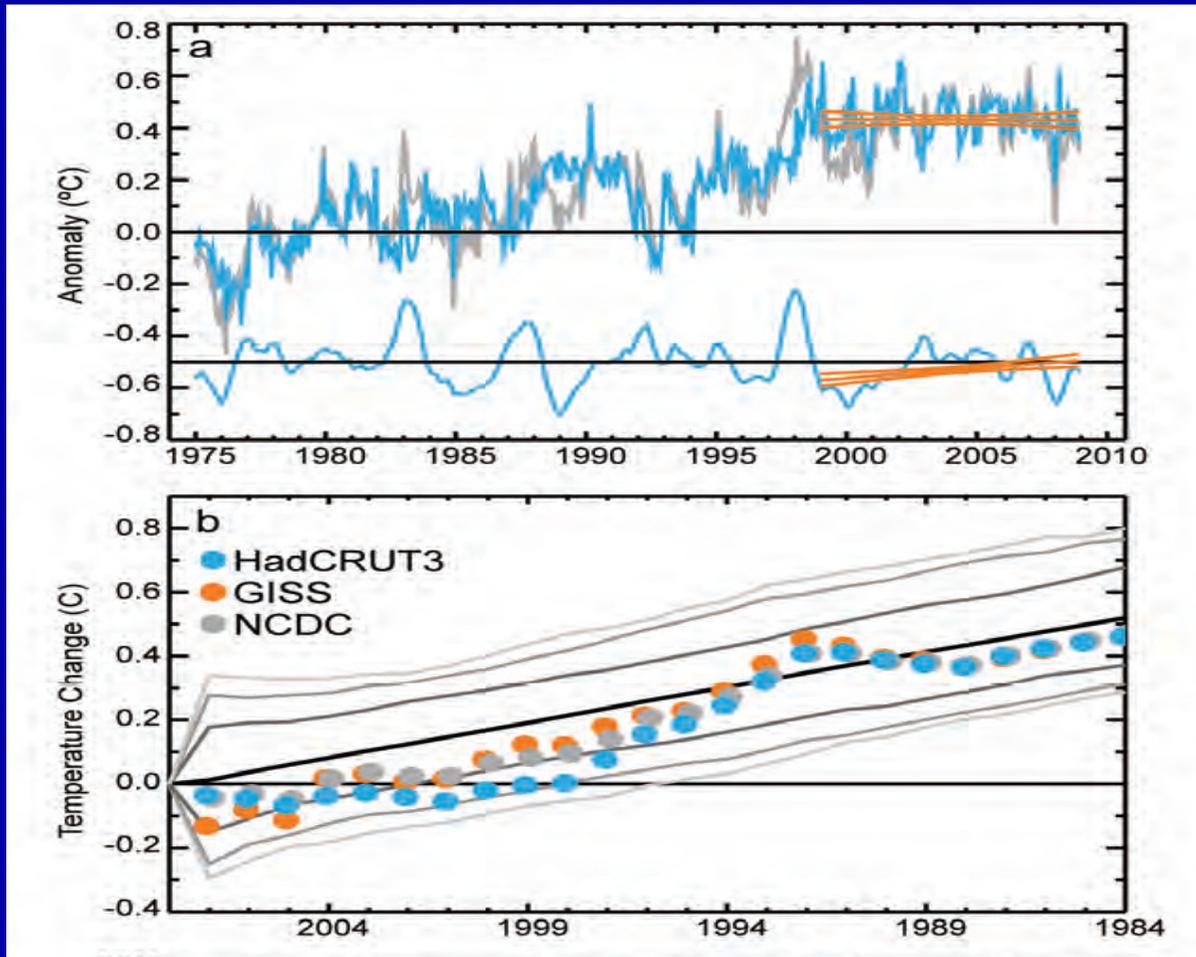
- Rein formal hat sich das Klima zwischen 1950 und 1976 abgekühlt und erst seit 1977 erwärmt (siehe Eiszeit-Diskussion der 1970er Jahre)
- Erwärmung seit 1977 entscheidend durch ENSO mitgeprägt (besonders 1998, das angeblich wärmste Jahr des Jahrtausends)
- Erwärmung seit 1977 ferner durch Zirkulationsanomalien bes. in der NH entscheidend mitgeprägt:
- Satelliten- und Radiosondendaten zeigen eine Erwärmung seit ca. 1980 besonders in den mittleren Breiten 35 - 65 °N der NH, bes. im Winterhalbjahr (regional verstärkt über Westkanada, Mitteleuropa und Sibirien/Mongolei); in der Südhemisphäre kaum Erwärmung
- Ursache positive Phase der NAO/AO; THGs werden nicht als entscheidender Faktor für beobachteten NAO Anstieg gesehen
- Solare Parameter haben möglicherweise in den vergangenen Jahrzehnten ebenfalls eine bedeutende Rolle gespielt, besonders bis 1990 (z. B. Svensmark und Friis-Christensen, Lockwood, Lean etc.)

### Global and Hemispheric Annual Temperature Anomalies 1856—2005



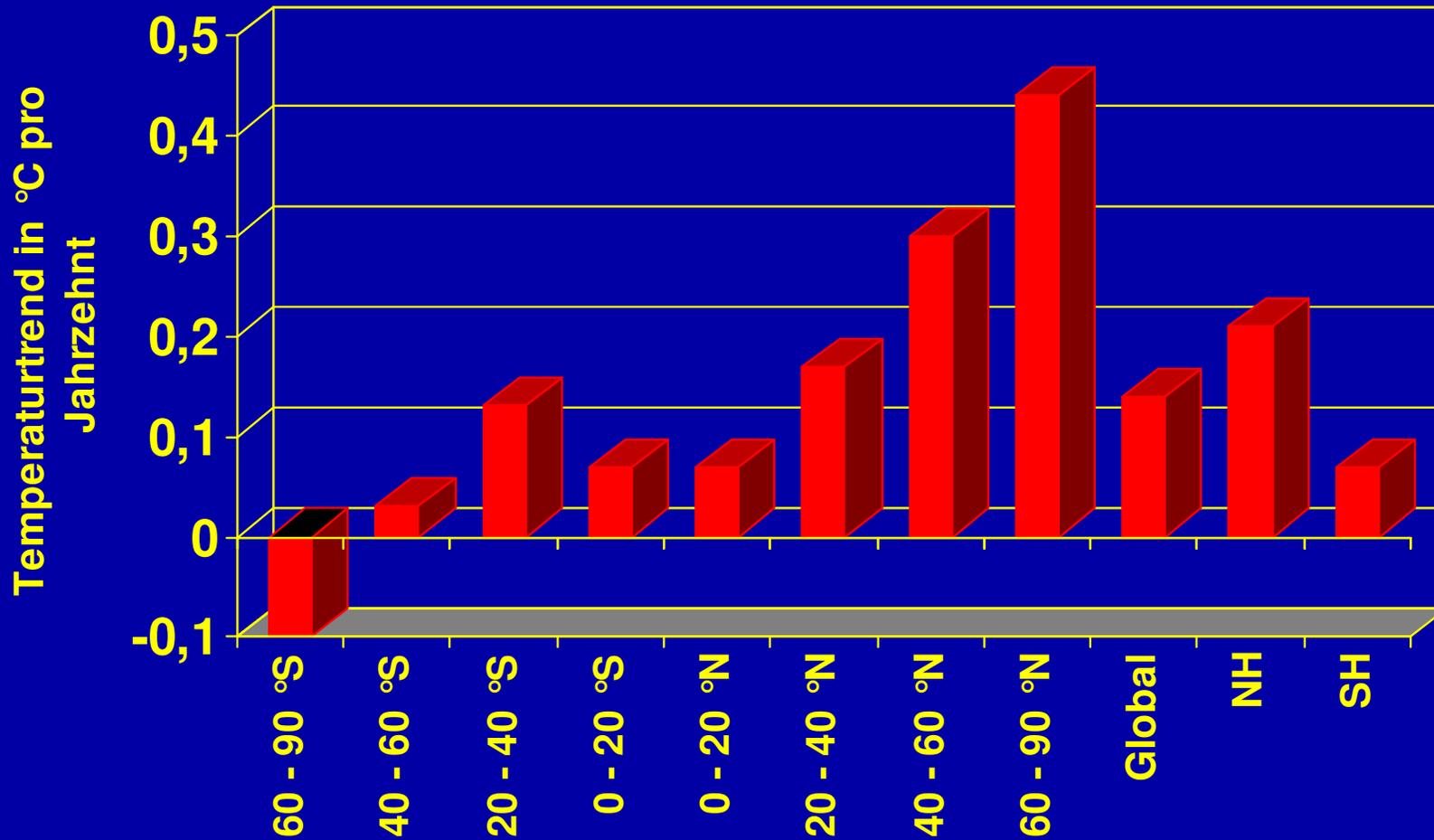
Source: P. D. Jones, T. J. Osborn, and K. R. Briffa  
University of East Anglia, Norwich, UK  
D. E. Parker, Met. Office, Bracknell, Berkshire, UK

# Temperatortrends der letzten Jahrzehnte: Kein Hinweis auf eine beschleunigte Erwärmung

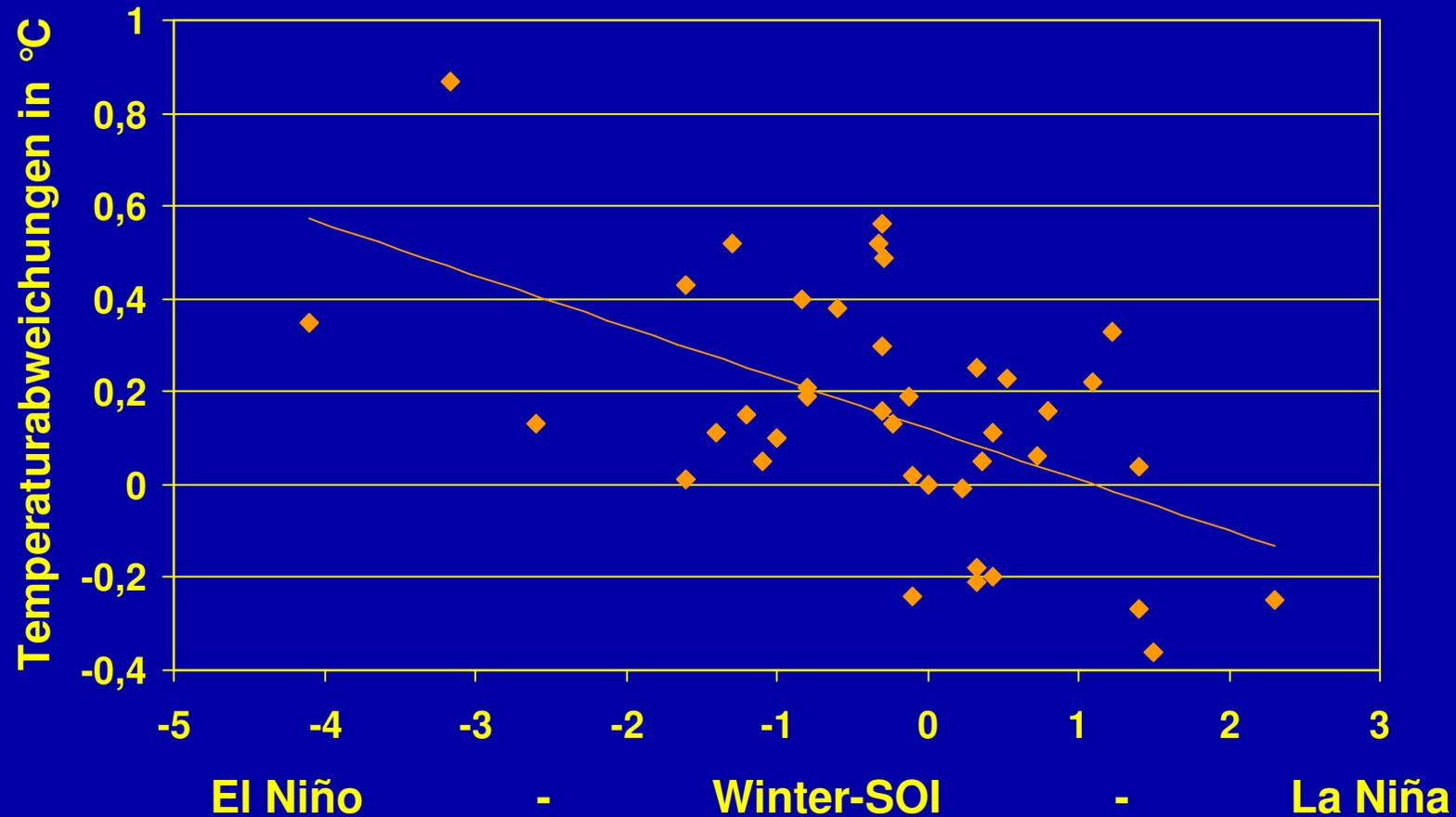


**Decadal global temperature changes 1970 -1979 – 2000 – 2008:**  
70s to 80s: +.187  
80s to 90s: +.132  
90s to 00s: +.148  
Average change: +.156

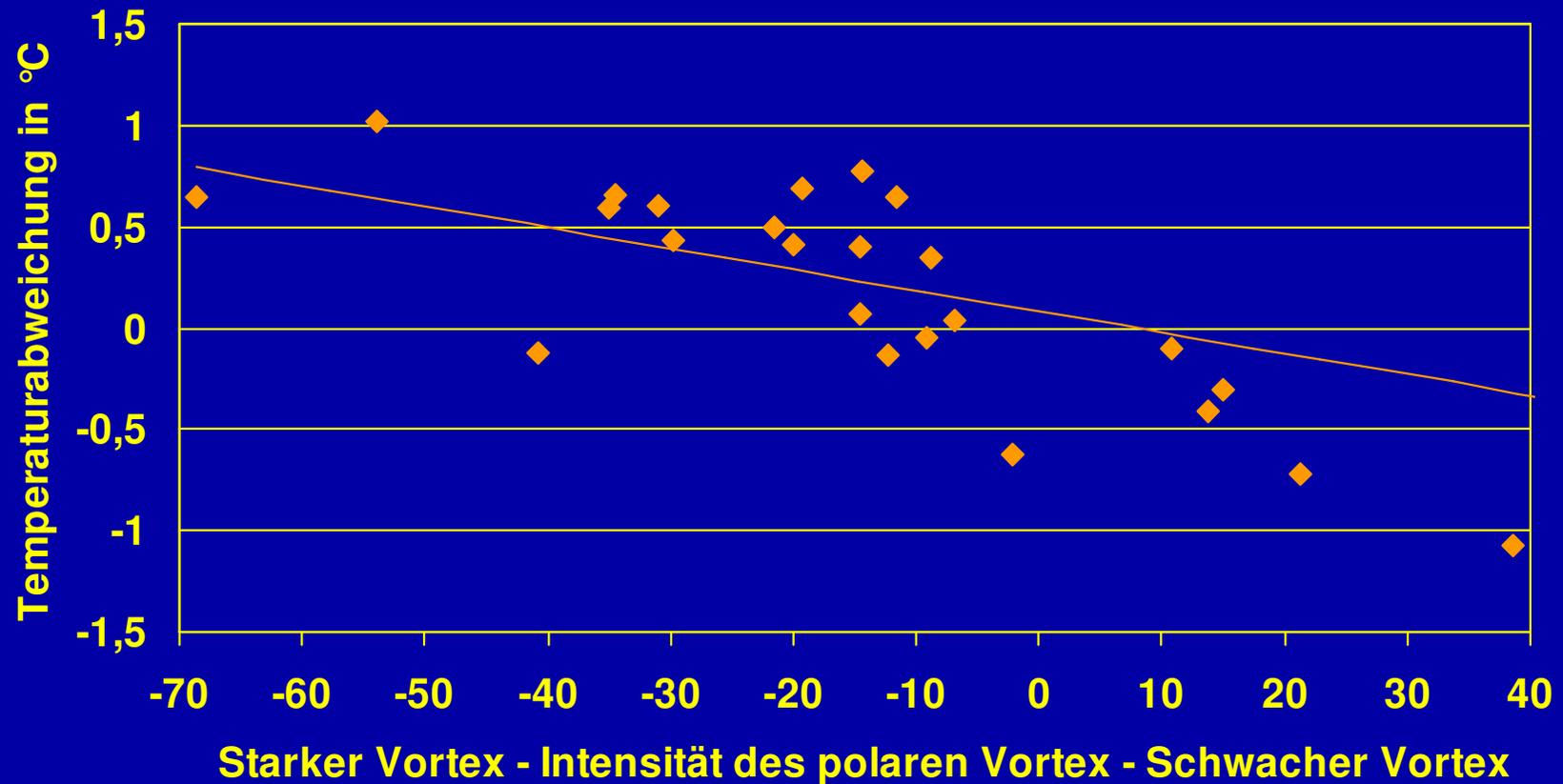
## Satellitentemperaturtrends 1979 bis 2006; Breitenkreismittel



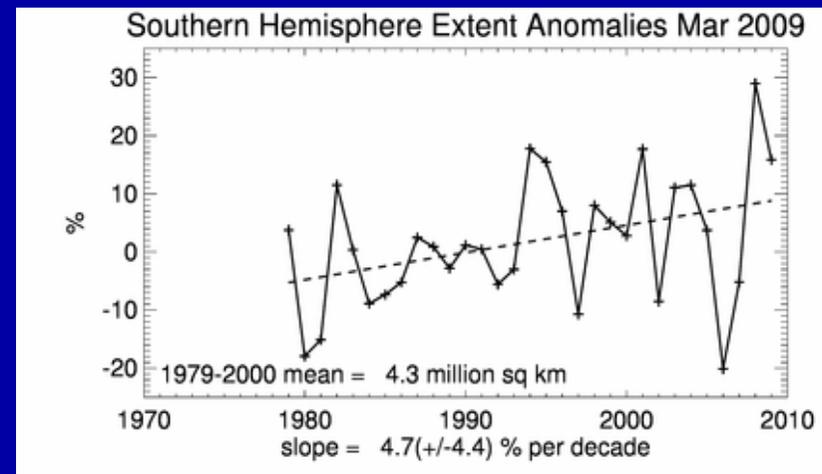
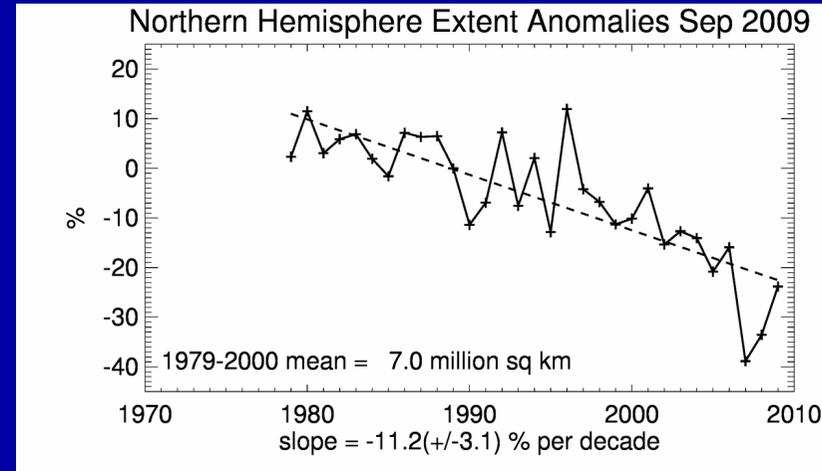
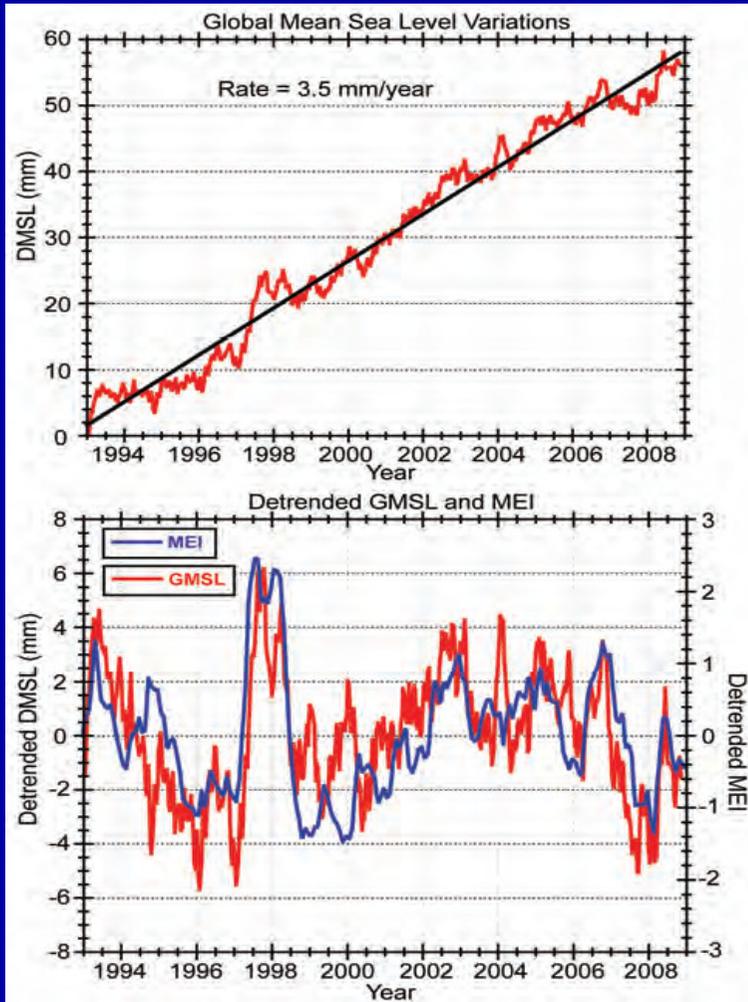
## Troposphärische Temperaturen in der Nordhemisphäre und der SOI 1961 bis 2000: Warme El Niños und kühle La Niñas



# Intensität des polaren Vortex und Troposphären-Temperaturen der mittleren Breiten 40 - 60 °N im Winter (1976 bis 2000)



# Gemessener Meeresspiegelanstieg und Eisausdehnung in der Arktis und Antarktis



Source: State of the Climate 2008, BAMS, August 2009; National Snow and Ice Data Center, 2009

## Zusammenhänge zwischen Sonne und Klima

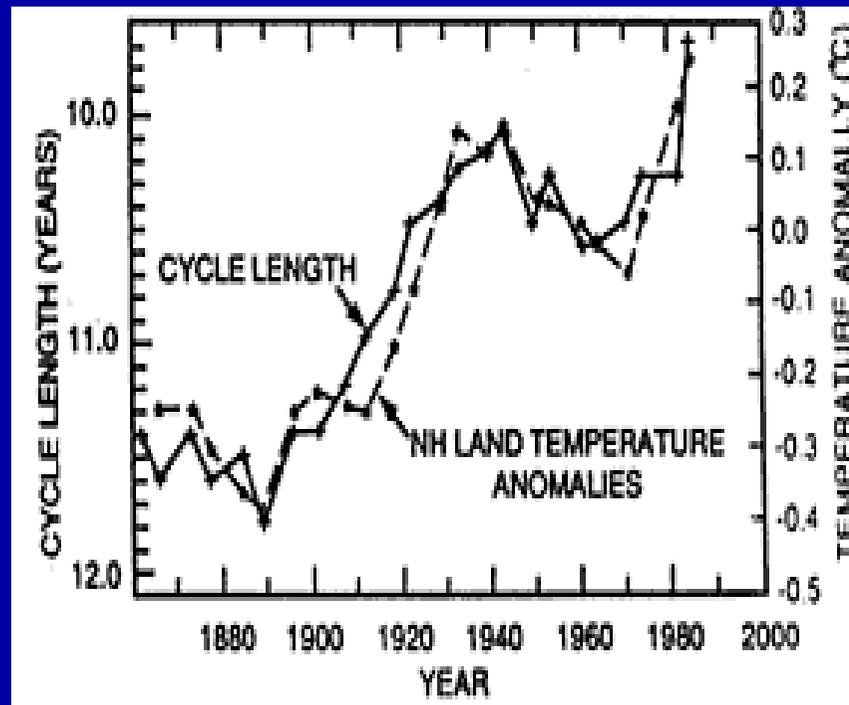
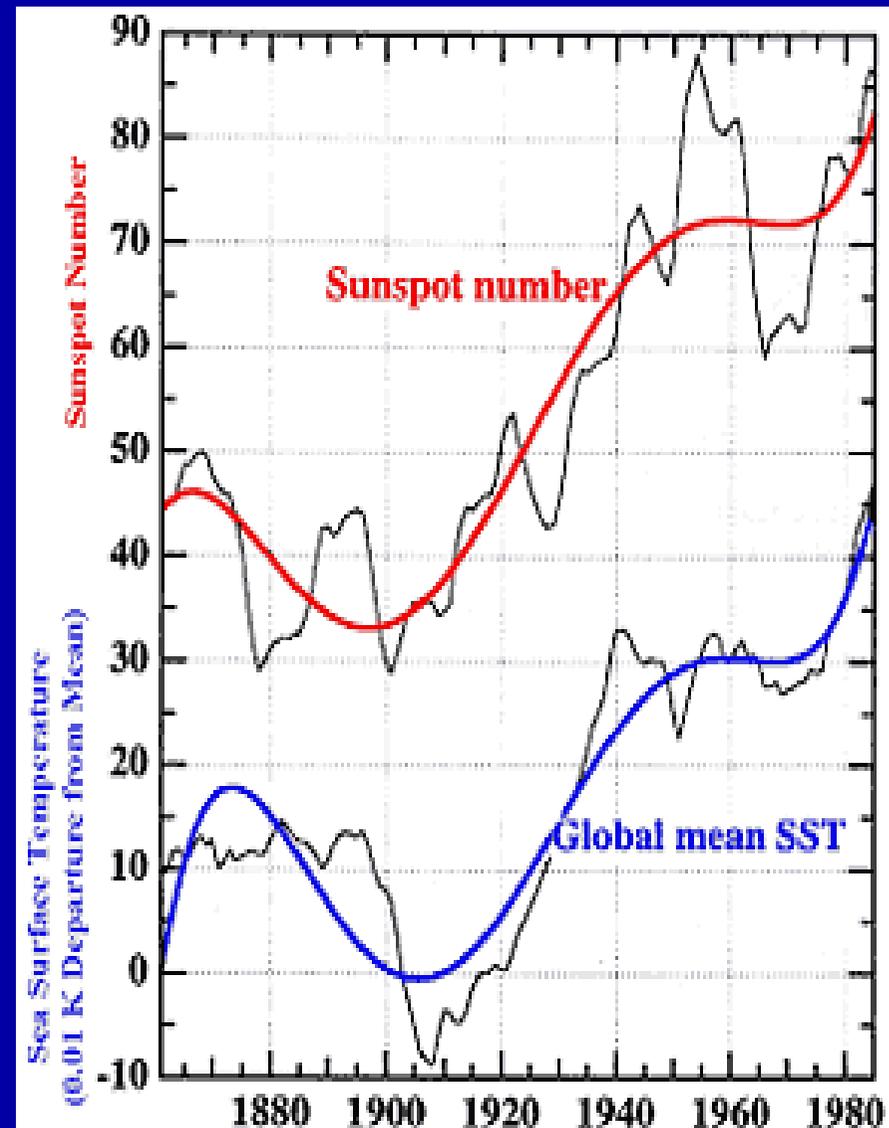
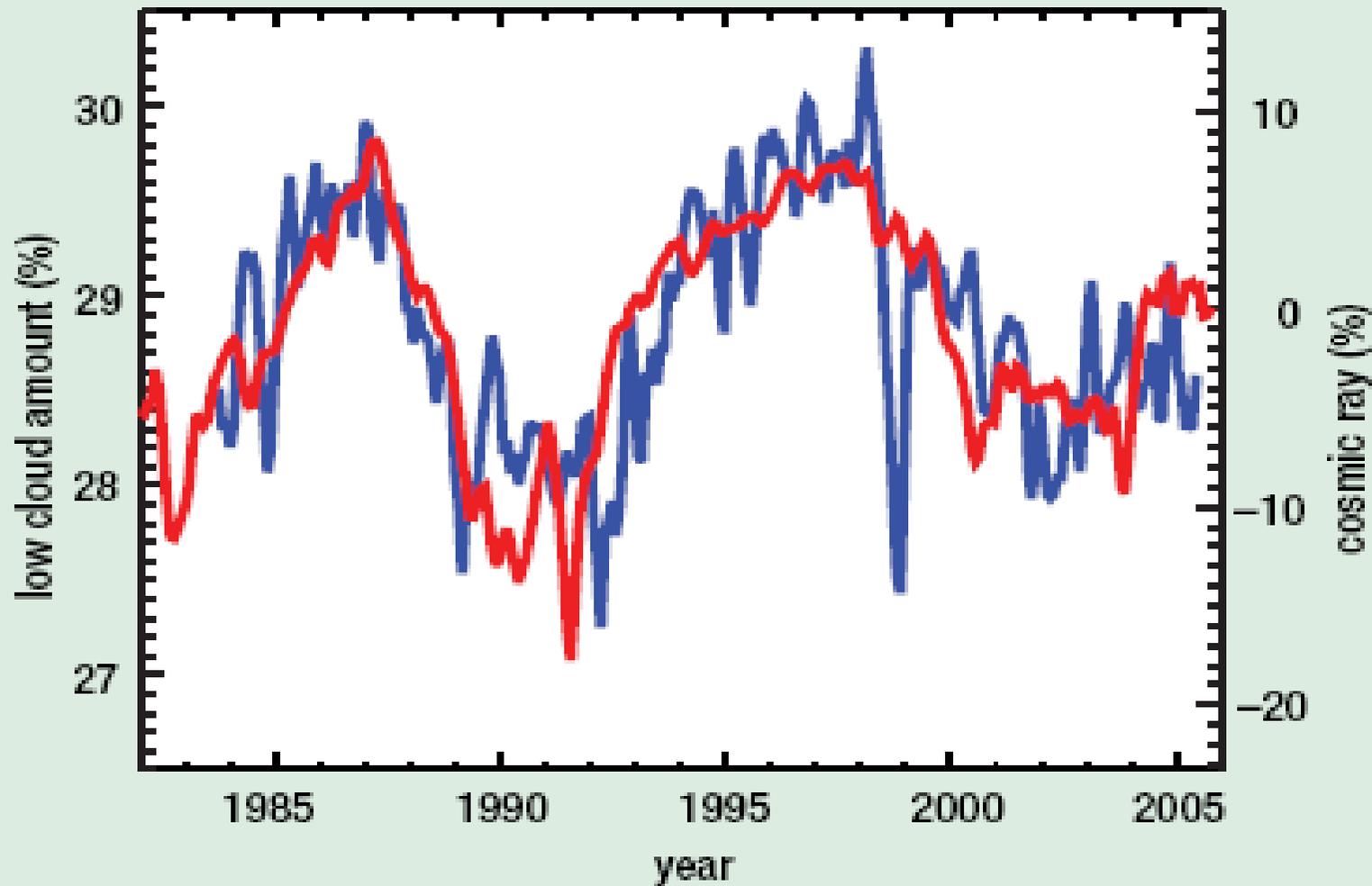


Figure 3: (a) The northern hemisphere land temperatures are plotted with the solar cycle length (Friss-Christensen and Lassen; 1991).

(b) The globally averaged sea surface temperature and sunspot number



## Zusammenhang zwischen kosmischen Strahlungsfluss und tiefen Wolken



## Lässt die Erwärmung der letzten 150 bzw. 30 Jahre die Schlussfolgerung zu, das Klima werde sich in den nächsten 100 Jahren dramatisch erwärmen?

---

### Die globale Erwärmung der letzten 150 Jahre lief in drei Phasen ab:

- Eine Erwärmung von ca. 0,5 °C zwischen ca. 1910 und 1940
- Eine Abkühlung von ca. 0,1 – 0,2 °C von ca. 1940 bis ca. 1975
- Eine Erwärmung von ca. 0,5°C seit ca. 1975

In der Wissenschaft besteht weitgehend Einigkeit, dass die Erwärmung in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts natürliche (möglicherweise solare Ursachen) hatte.

Die Abkühlung 1940 – 1975 trat trotz eines deutlichen Anstiegs der Treibhausgaskonzentrationen auf, läuft eher parallel zum Rückgang der solaren Aktivität

Die Erwärmung seit 1975 ist nicht nur von Treibhausgasen, sondern auch durch andere, natürliche Parameter mitgeprägt worden. Natürliche Parameter waren evtl. für die Hälfte des Anstiegs verantwortlich

---

---

Klimamodelle errechnen für eine **CO<sub>2</sub>-Verdoppelung** einen Temperaturanstieg von ca. **3 °C**. Davon sind etwa **1,0°C** auf den direkten Strahlungseffekt des CO<sub>2</sub>s und der Rest auf modellierte, positive Rückkopplungen im Klimasystem zurückzuführen

**Bis heute ist die Treibhausgaskonzentration in ihrer Wirkungssumme auf einen Wert von ca. 70 % einer CO<sub>2</sub>-Verdoppelung gestiegen.**

Unter Berücksichtigung von Verzögerungen im Klimasystem müssten etwa 2/3 dieser Erwärmung, also etwa **1,5 °C** im Klimasystem „sichtbar“ sein.

Nach Berücksichtigung der vorangegangenen Überlegungen ist es aber eher wahrscheinlich, dass nur ein kleinerer Teil der gesamten Erwärmung der letzten 150 Jahre, evtl. **0,2 bis 0,4 °C** zweifelsfrei auf Treibhausgase zurückgeführt werden kann.

---

Dies würde aber bedeuten, dass die realistisch zu erwartende Erwärmung durch Treibhausgase auch in den nächsten 100 Jahren deutlich unter der erwarteten Erwärmung liegt. (**Der Treibhauseffekt nimmt nur mit dem Logarithmus der CO<sub>2</sub>-Konzentration zu**).

Auch wenn die gesamte beobachtete Erwärmung der letzten 30 (oder 50) Jahre auf Treibhausgase zurückzuführen wäre, (ca. 0,12 – 0,2 °C pro Jahrzehnt, je nach Daten und Beobachtungszeitraum) würde sich das Klima in einer Trendprojektion bis 2100 nicht mehr als ca. 2°C erwärmen

---

As IPCC versucht die Differenzen zwischen beobachtetem und modelliertem Klimatrend hauptsächlich mit **Abkühlungseffekten durch Schwefelemissionen** zu erklären, die bei der fossilen Energienutzung neben CO<sub>2</sub> ebenfalls freigesetzt werden.

**Folgende Probleme mit dieser Hypothese:**

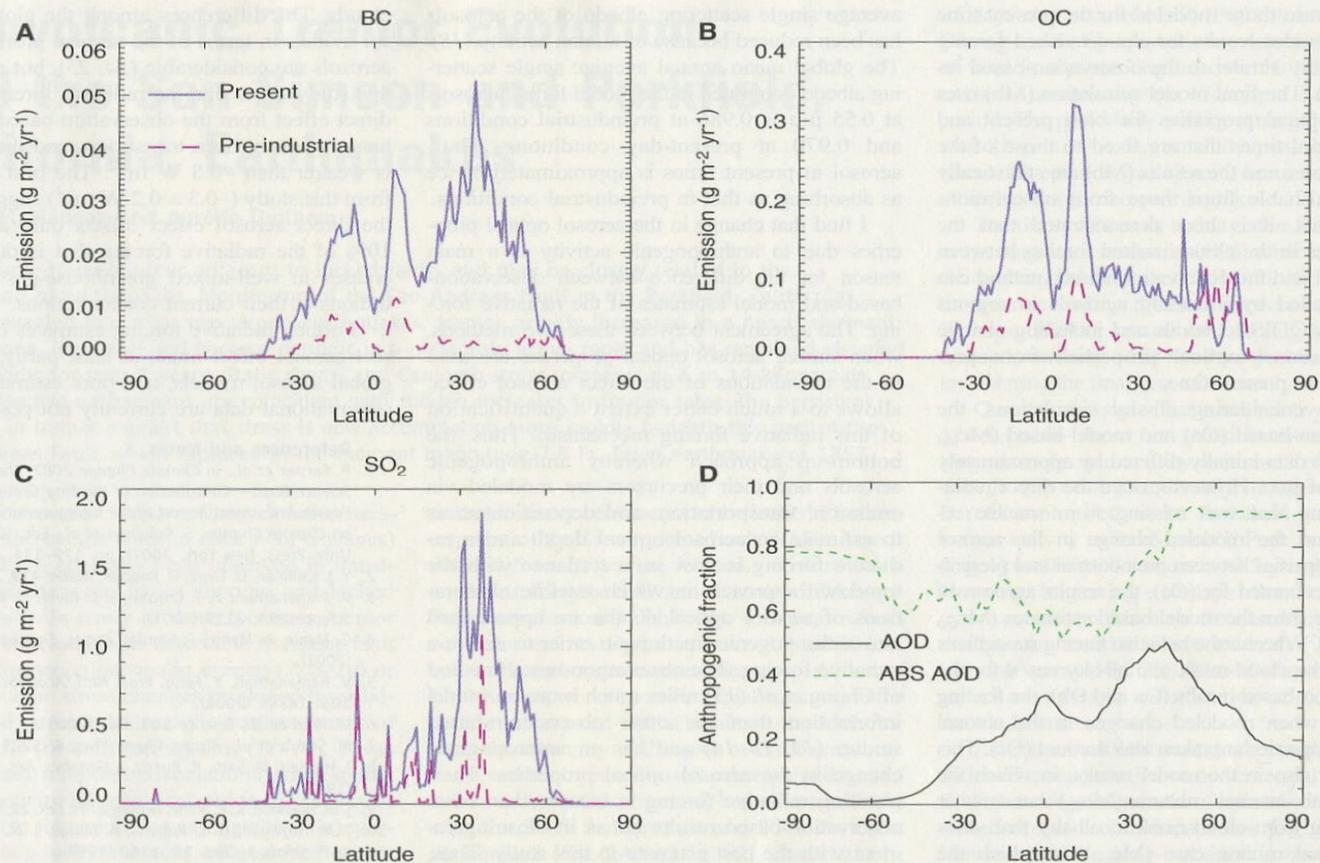
Über **90 Prozent** der S Emissionen treten in der **Nordhemisphäre** auf, wegen der **kurzen Lebensdauer von S** in der Atmosphäre tritt die abkühlende Wirkung überwiegend auch nur in der Nordhemisphäre auf; relativ zur Südhemisphäre, besonders über den Kontinenten, müsste sich das Klima in der Nordhemisphäre langsamer erwärmen

Dies widerspricht aber den Beobachtungen der letzten Jahrzehnte

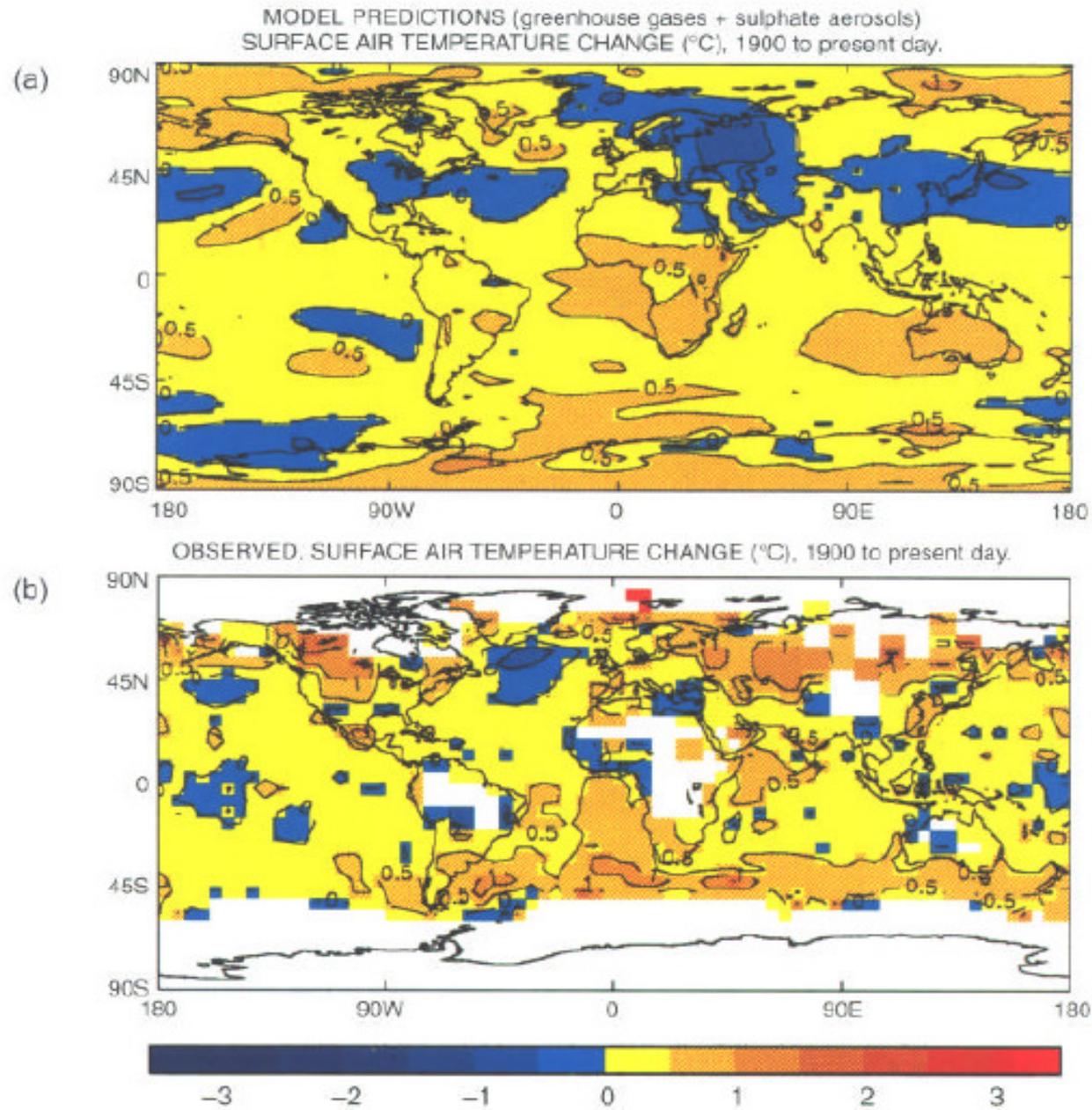
Anderen möglichen Ursachen, wie einer Überbetonung positiver Rückkopplungen, geht das IPCC nicht ausreichend nach.

---

# Regionale Schwefelemissionen in den vergangenen Jahrzehnten: Hohe Emissionen in der NH, niedrige in der SH



**Fig. 3.** Present time and preindustrial emissions of (A) BC, (B) primary OC, (C) SO<sub>2</sub>, and (D) anthropogenic fraction of AOD (550 nm) and absorption AOD (ABS AOD) (550 nm). The anthropogenic fraction is shown as the ratio of the difference in AOD between 1750 and 2004 due to anthropogenic activity, to the total AOD (anthropogenic and natural).



Quelle: Hadley Center, 1995

## Welche Ursachen könnten die überhöhten Temperaturvorhersagen des IPCC haben?

---

- Der reine Strahlungseffekt des CO<sub>2</sub> weist eine Unsicherheitsbandbreite von ca. 25% auf
- **Modellierte positive Rückkopplungen** im Klimasystem sind für ca. 2/3 der berechneten Erwärmung verantwortlich; sie **verdreifachen** den „reinen“ CO<sub>2</sub>-Effekt
- Wasserdampf- und Wolkenrückkoppelungseffekte sind hierfür maßgeblich, sind aber möglicherweise wenig realistisch
- Ozeane könnten die Erwärmung stärker verzögern als bislang angenommen, aber wenig wahrscheinlich (z.B. Lindzen)
- Künftige Erwärmung wird durch modellierte hohe CO<sub>2</sub> Lebensdauer in der Atmosphäre (ca. 100 Jahre und mehr) überzeichnet
- Kann vielen Modellrechnungen zufolge erheblich niedriger sein, hätte große Auswirkungen auf modellierte Erwärmung, s. hierzu auch NIPCC Bericht

# Haben Witterungsextreme wie Stürme, Überschwemmungen, Dürren zugenommen?

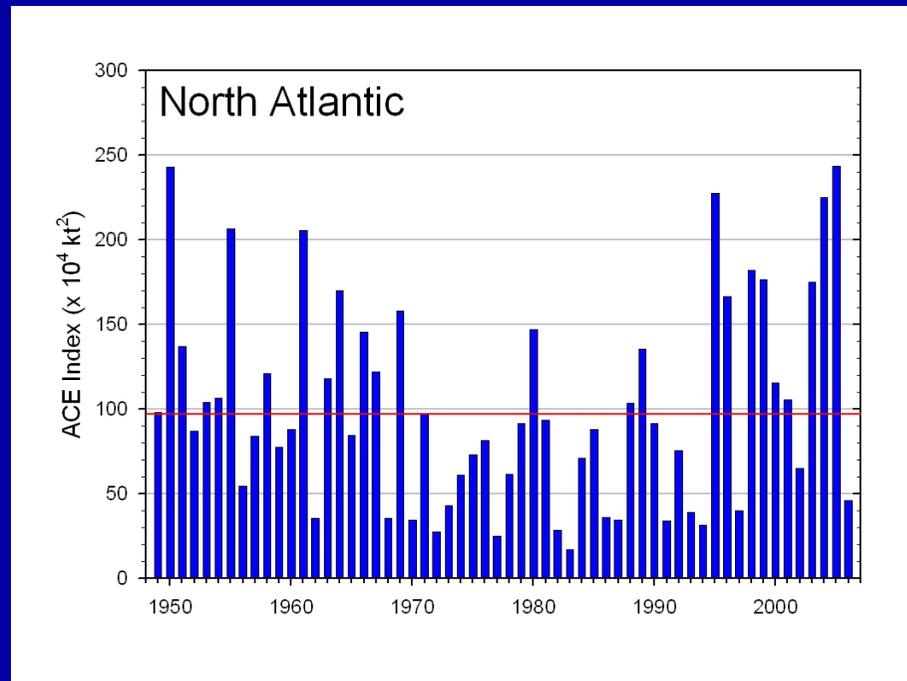
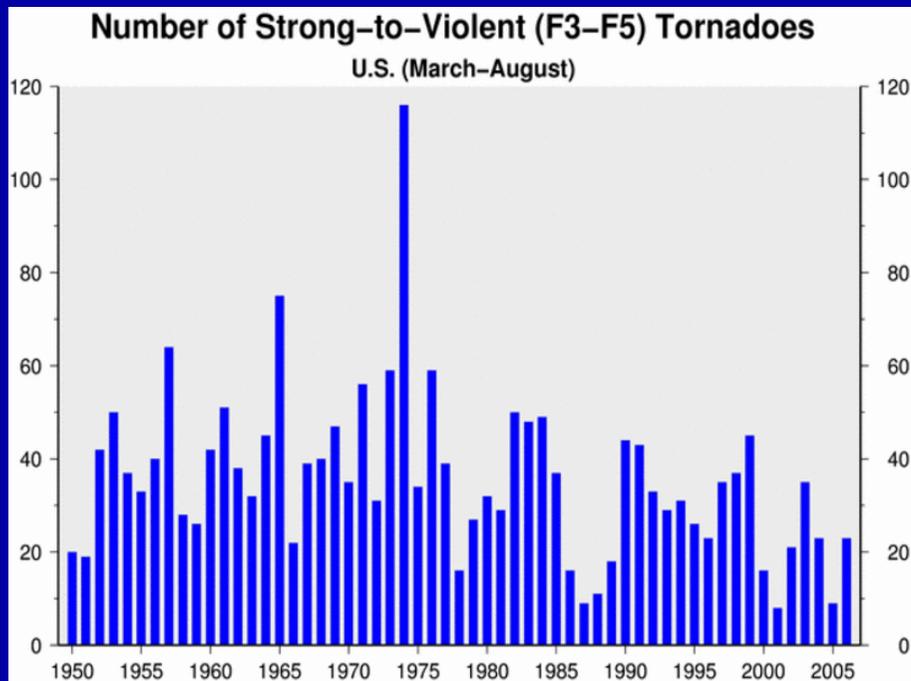
---

## Extremereignisse (Beobachtungen):

- Generell gibt es statistische Probleme mit dem Trendnachweis extremer Ereignisse in begrenzten Zeitreihen (50 – 150 Jahre); zudem sehr stark von der Wahl des Parameters abhängig
- Trotz gegenteiliger Darstellungen in den Medien hat es in den letzten 30 – 50 Jahren keine allgemeine Zunahme extremer Klima (oder besser Wetter- und Witterungs-) Ereignisse gegeben, s. auch NIPCC Bericht
- Die Intensität der Hurrikane über dem Atlantik hat zwar in den letzten 20 Jahren zugenommen, aber davor abgenommen. Langfristig (seit 1945) hat es keinen Anstieg gegeben.
- Weltweit hat die Intensität der tropischen Wirbelstürme in den letzten 20 Jahren nicht zugenommen trotz eines Anstiegs der Wasser - temperatur in den Tropen
- Keine Zunahme starker Tornados in den USA in den letzten 50 Jahren

# Extremereignisse (Beobachtungen): Tornados and Hurrikane

---

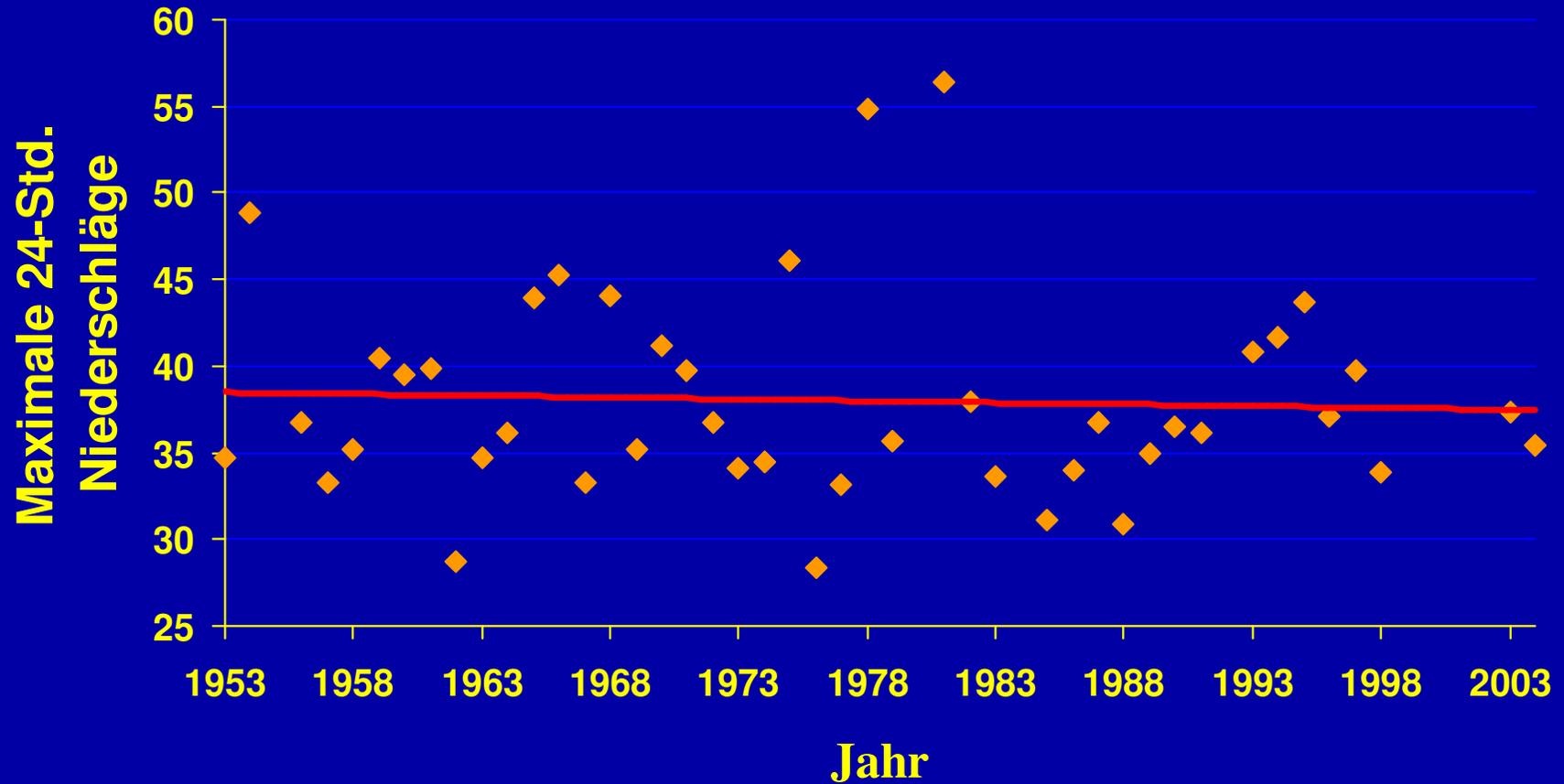


Quelle: US NOAA

---

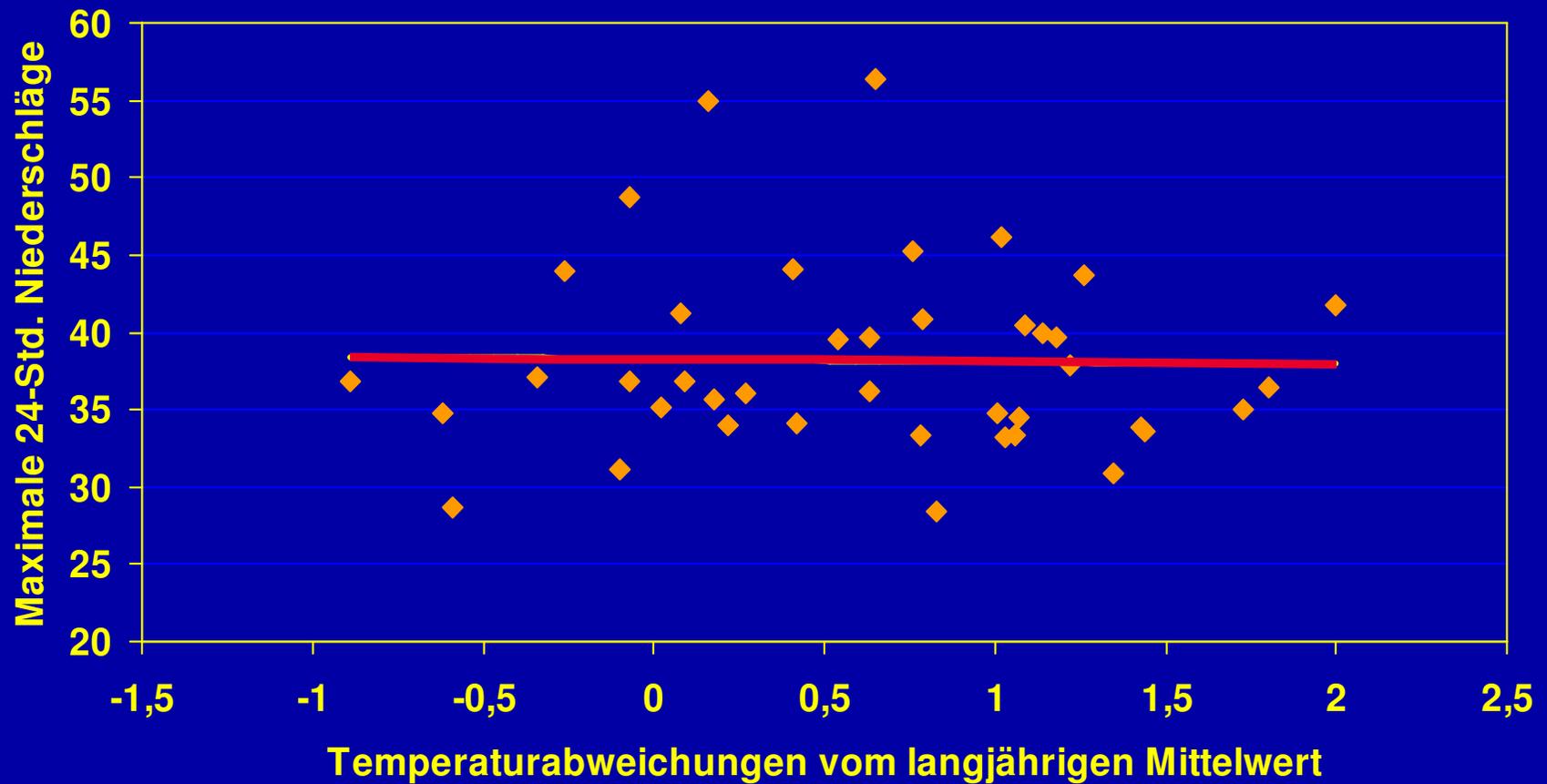
- 
- Geringfügiger Anstieg von Starkregenereignissen in den USA zwischen 1900 und 2000, aber kein Zusammenhang mit einer Erwärmung erkennbar
  - In Deutschland ist kein Anstieg der maximalen 24 std. Niederschlagssumme erkennbar (guter Indikator für Extremniederschläge), trotz einer Erwärmung von ca. 1 °C in den letzten 50 Jahren
  - Ferner ist in Deutschland in den letzten 50 Jahren keine Zunahme von starken Stürmen nachweisbar – trotz einer Erwärmung von ca. 1 °C
  - Zahlreiche andere Beispiele aus anderen Teilen der Welt deuten in eine ähnliche Richtung: Kategorische Aussage, Klimaextreme hätten zugenommen ist sicher nicht richtig, siehe auch NIPCC Bericht

## Trends von Extremniederschlagsereignissen in Deutschland seit 1953



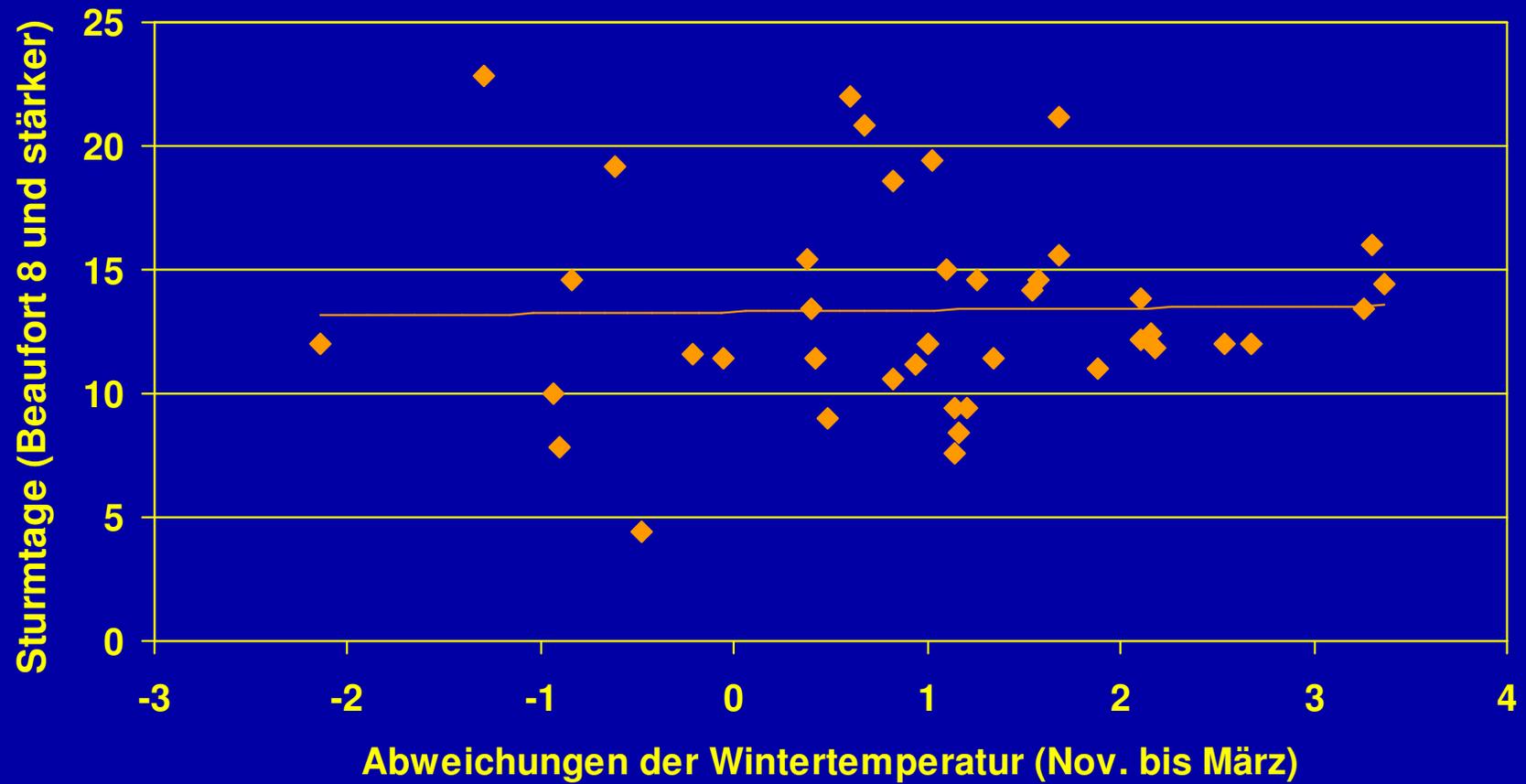
Quelle: Deutscher Wetterdienst, Klimatologische Werte für das Jahr

## Jahresmitteltemperaturen und Extremniederschläge in Deutschland seit 1953



Quelle: Deutscher Wetterdienst, Klimatologische Werte für das Jahr

## Wintertemperaturen und Sturmhäufigkeit in Deutschland seit 1956



Quelle: Deutscher Wetterdienst, Klimatologische Werte für das Jahr

## Sollen Witterungsextreme wie Stürme, Überschwemmungen, Dürren künftig zunehmen?

---

### Extremereignisse (Modellvorhersagen):

Trotz zahlreicher anderslautender Darstellungen in den Medien gibt es keinen allgemeinen Konsens, dass Extremereignisse, besonders Hurrikane und Stürme der mittleren Breiten, an Stärke und Häufigkeit zunehmen sollen

- Eine Erwärmung wird den Temperaturkontrast zwischen dem Äquator und den Polen abschwächen, weswegen Stürme in den mittleren Breiten eher schwächer werden sollten
- Eine Erwärmung wird den vertikalen Temperaturgradienten in den Tropen abschwächen und die Westströmung in der oberen Troposphäre der Subtropen verstärken, was zu einer Abschwächung von Stärke und Häufigkeit von Hurrikanen führt, die einer Verstärkung durch steigende Meeresoberflächentemperaturen entgegenwirkt

# Impacts of global warming on storms



- It is often assumed that global warming will cause an increase in the frequency and intensity of extra-tropical and tropical cyclones
- Not necessarily the case
- Mid-latitude storms
  - Changes occur as a result of competing effects due to changes in atmospheric temperature and moisture
  - Decrease in low level temperature contrast between pole and equator
    - Less energy for storms
  - Increases in upper level temperature gradient
    - More energy for storms
  - Local temperature contrasts are also important
  - More moisture
    - More latent heating. More intense storms
    - Fewer storms are required to give the same energy flux between equator and poles
- Tropical storms
  - Linked to enhanced sea surface temperatures and increased moisture
  - Changes to large-scale circulation, wind shear
- Changes to modes of variability like NAO and ENSO also important

Source: RuthMcDonald, 2006

# Future changes in the frequency of tropical storms



Ratio (%) of number of storms in global warming experiment to number in control experiment

| model                 | reference               | Ocean basin |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------|-------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                       |                         | Global      | NA  | WNP | ENP | NI  | SI  | SWP |
| T106 JMA 10y          | Sig1 et al. 2002        | 66          | 161 | 34  | 33  | 109 | 43  | 69  |
| T42 NCAR CCM2 10y     | Tsutsui 2002            | 102         | 86  | 111 | 91  | 116 | 124 | 99  |
| N144 HadAM3 15y       | McDonald et al. 2005    | 94          | 75  | 70  | 180 | 142 | 110 | 82  |
| T106 CCSR/NIES/FRC GC | Hasegawa and Emori 2005 |             |     | 96  |     |     |     |     |
| T106 JMA 10y          | Yoshimura & Sig1 05     | fewer       |     |     |     |     |     |     |
| T63 ECHAM5-OM         | Reintjes et al. 2006    | 94          |     |     |     |     |     |     |
| 20km MRI/JMA          | Oouchi et al. 2006      | 70          | 134 | 62  | 66  | 48  | 72  | 57  |

Red = significantly more tropical storms in the future simulation

Blue = significantly fewer tropical storms in the future simulation

**Summary: fewer tropical cyclones globally in the future simulations, sign of regional changes varies between model and basin**

## Tropical Storms and Climate Change

---

- There is a minor reduction in the number of tropical storms by some 6%
- There are no changes in the extremes of tropical storms in spite of increased tropical SST by 2-3°C
- There are marked changes in the regional tropical storm tracks which we suggest, analogues to ENSO, are driven by regional tropical SST anomalies

## Klimawandel in Mitteleuropa

---

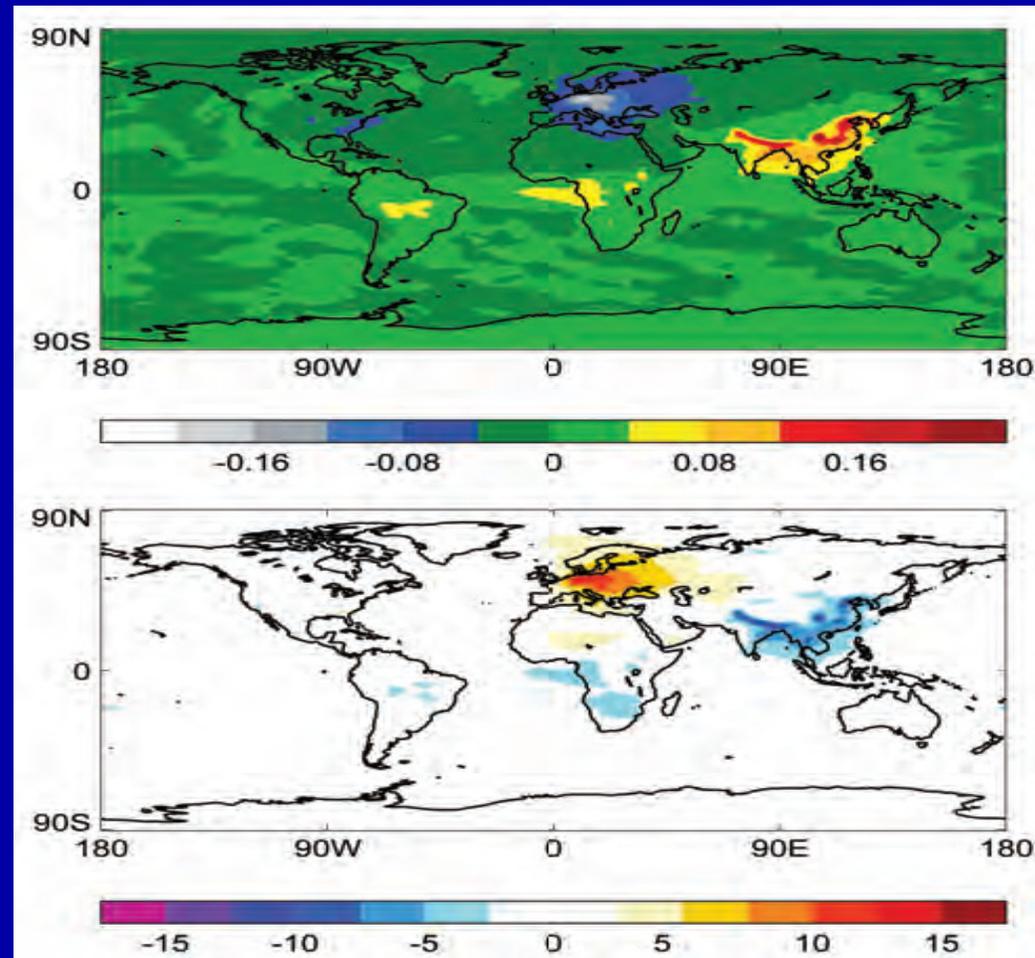
- Die Temperaturen in Mitteleuropa sind in den letzten Jahrzehnten um ca. 1 °C angestiegen, mehr als im globalen Mittel. Ist der Treibhauseffekt hierfür verantwortlich?
- Untersuchungen zeigen, dass Änderungen in den Windströmungen über dem Ostatlantik und Mitteleuropa die Hauptursache sind, z.B. mehr Südwestwinde statt West im Winter oder mehr Südwinde statt Nordwest im Sommer.
- Starker **Anstieg der Sonnenscheindauer** im Sommerhalbjahr, starke **Abnahme der Sulfatkonzentration** in Europa erheblich bedeutsamer als THG Anstieg
- Beispielhaft seien hier für die letzten Jahrzehnte die statistischen Zusammenhänge zwischen atmosphärischen Zirkulationsparametern, Treibhausgasen, Sonnenflecken, ENSO und der Temperatur sowie den Niederschlägen für die einzelnen Monate des Jahres dargestellt.

**Gezeigt sind die gesamte „erklärte Varianz“  $R^2$  einer multiplen Regressionsanalyse sowie der Beitrag zur Reduzierung der Varianz durch den Faktor Treibhausgase in Prozent.**

| Monat     | Temperatur | Red Var THG | Niederschlag | Red Var THG |
|-----------|------------|-------------|--------------|-------------|
| Januar    | 91         | 1           | 87           | 0           |
| Februar   | 88         | 0           | 79           | 0           |
| März      | 90         | 0           | 77           | 0           |
| April     | 86         | 12          | 60           | 0           |
| Mai       | 84         | 1           | 81           | 0           |
| Juni      | 88         | 0           | 89           | 1           |
| Juli      | 91         | 7           | 58           | 2           |
| August    | 91         | 28          | 68           | 0           |
| September | 75         | 6           | 44           | 0           |
| Oktober   | 88         | 0           | 85           | 0           |
| November  | 74         | 0           | 73           | 0           |
| Dezember  | 71         | 0           | 74           | 12          |

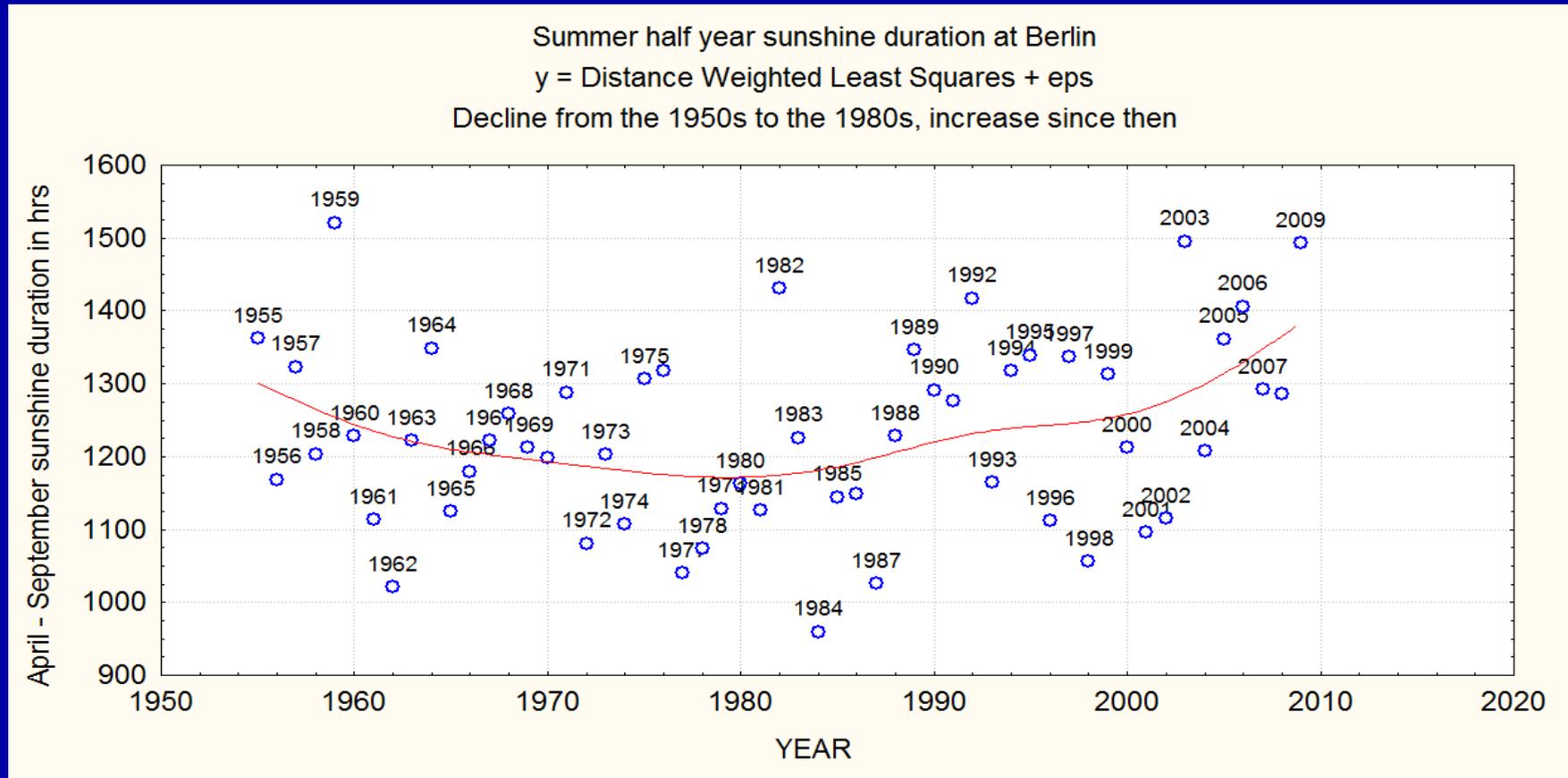
Die Tabelle zeigt, dass Treibhausgase nur eine untergeordnete Rolle bei der Erklärung der Temperaturschwankungen in Mitteleuropa spielen.

# Veränderungen im Strahlungsantrieb durch Sulfatpartikel in der Atmosphäre seit 1980: Starker Rückgang der Schwefelabkühlung über Europa

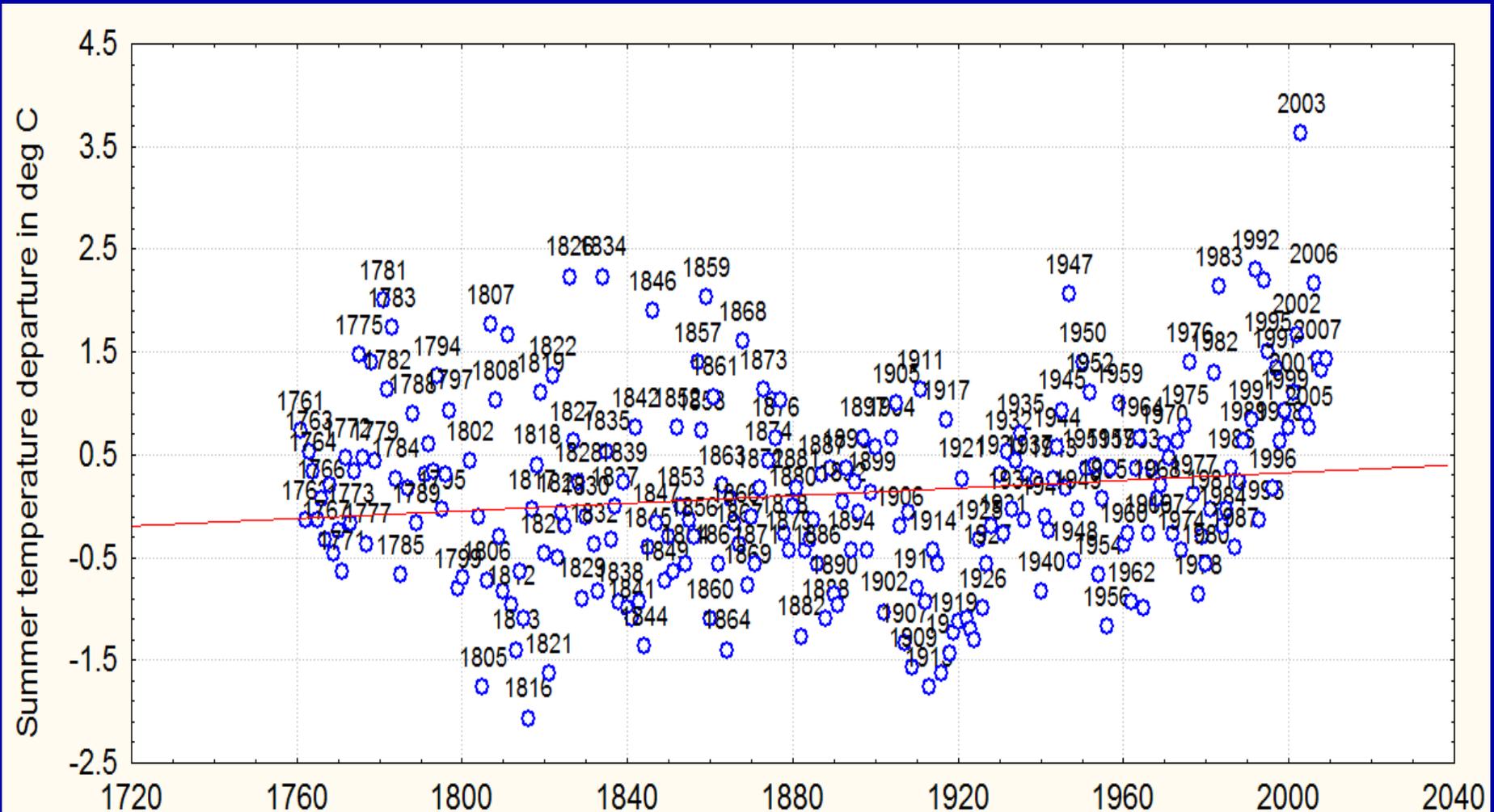


# Trends der Sonnenscheindauer in Norddeutschland

## April – September: Signifikanter Anstieg seit den 1980er Jahren

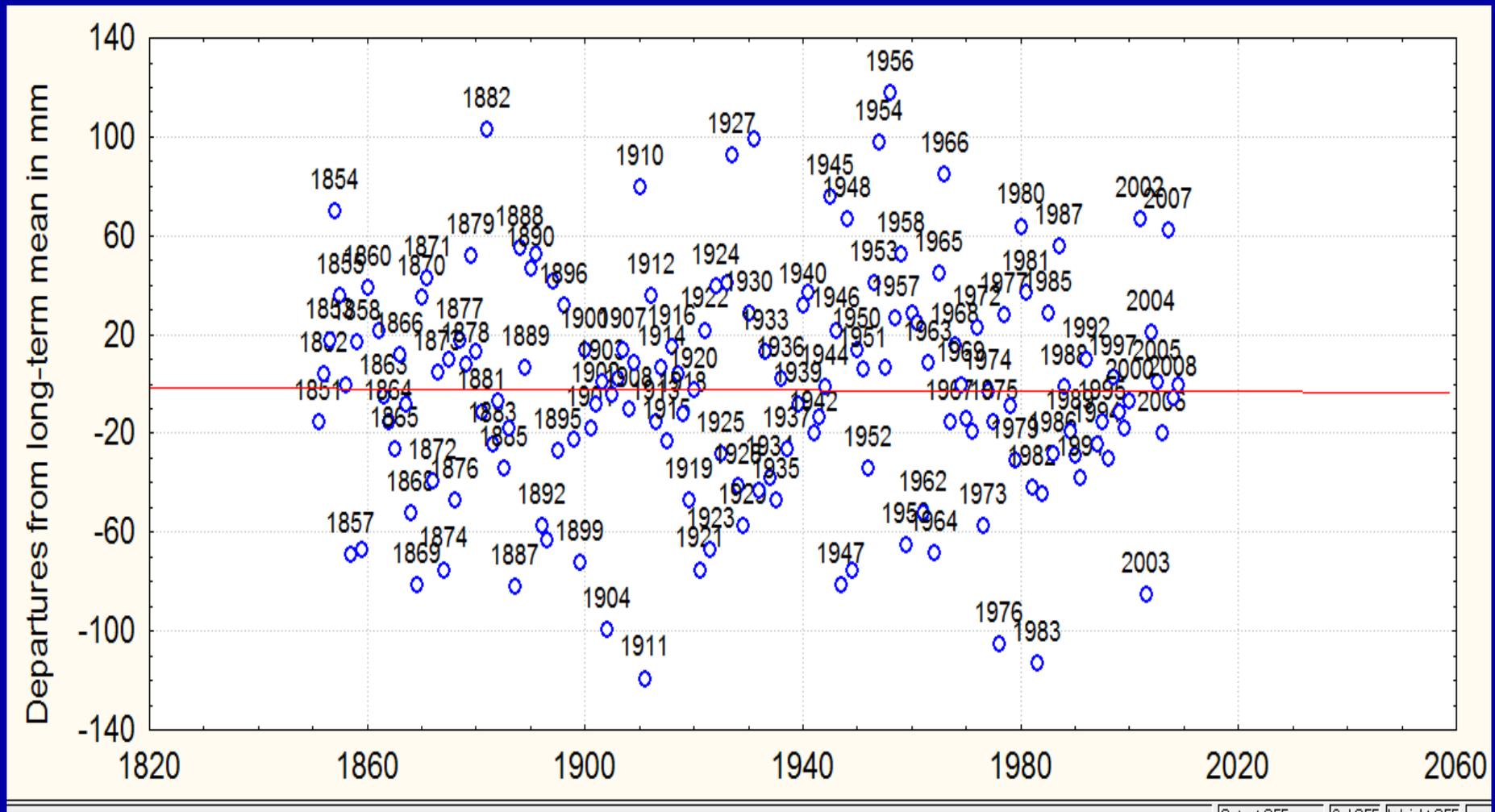


# Mitteleuropäische Sommertemperaturen 1761 – 2009 (Baur Reihe Wien, Basel, De Bilt, Potsdam)



Source: Linke and Baur central European temperature record, Met. Inst. Free University of Berlin

# Mitteleuropäische Sommerniederschläge 1851 – 2009 (Baur Reihe Deutschland westlich der Oder)



Source: Linke and Baur central European precipitation record, Met. Inst. Free University of Berlin

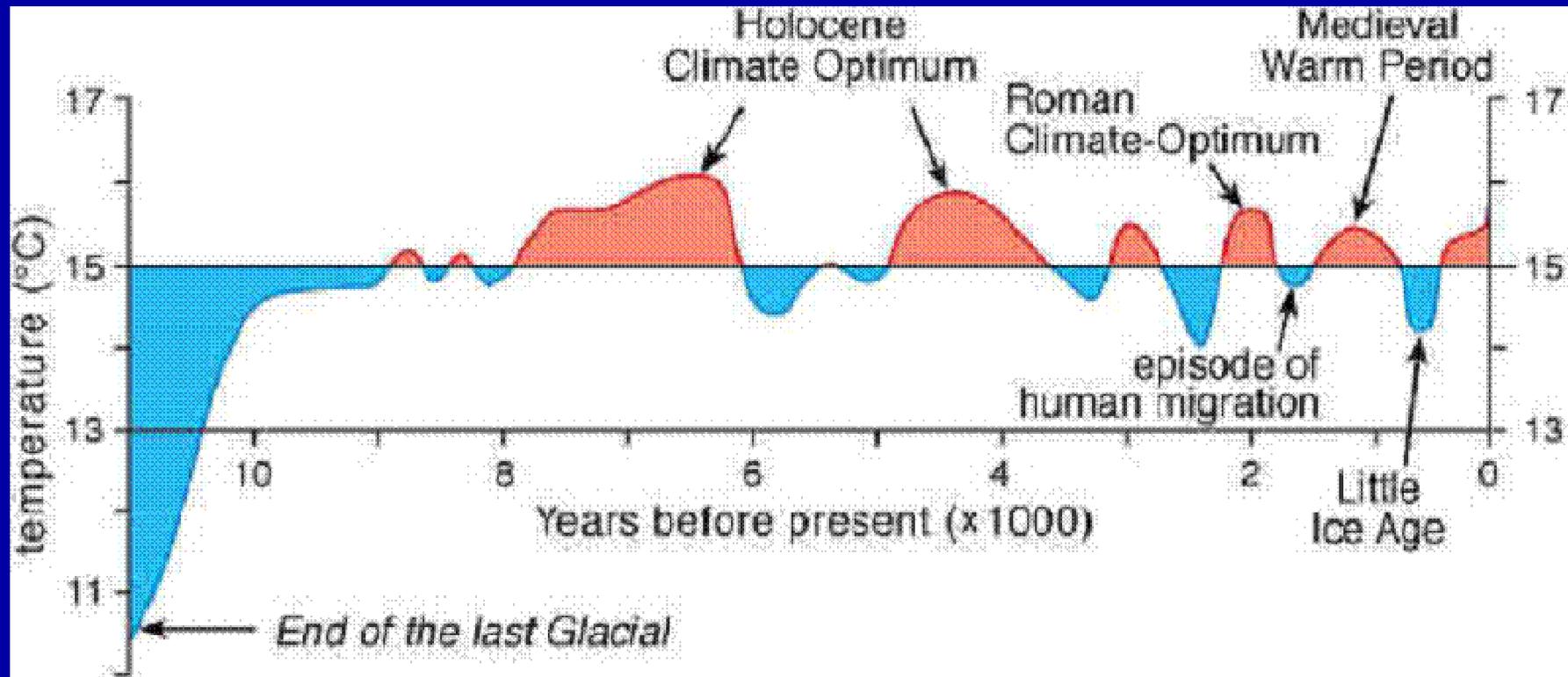
## Ist eine moderate Erwärmung des Klimas positiv oder negativ zu werten?

---

Wärmere Klimaabschnitte werden in der Klimatologie als „Klimaoptima“ bezeichnet, weil sich durch Analyse zahlreicher Daten gezeigt hat, dass wärmere Abschnitte positiv für die Natur und menschliche Aktivitäten waren. Dies gilt für bis zu 2 – 3 °C wärmere Klimate

- Die Erwärmung der nächsten Jahrzehnte (ca. 0,12 – 0,2 °C pro Jahrzehnt) wird sehr wahrscheinlich unterhalb dieser Werte bleiben, sodass allenfalls ein neues Klimaoptimum erreicht wird
- Eine „Klimakatastrophe“ - wie sie die Medien propagieren - ist deswegen sehr unwahrscheinlich

# Paläo-Klimatische Temperaturschwankungen



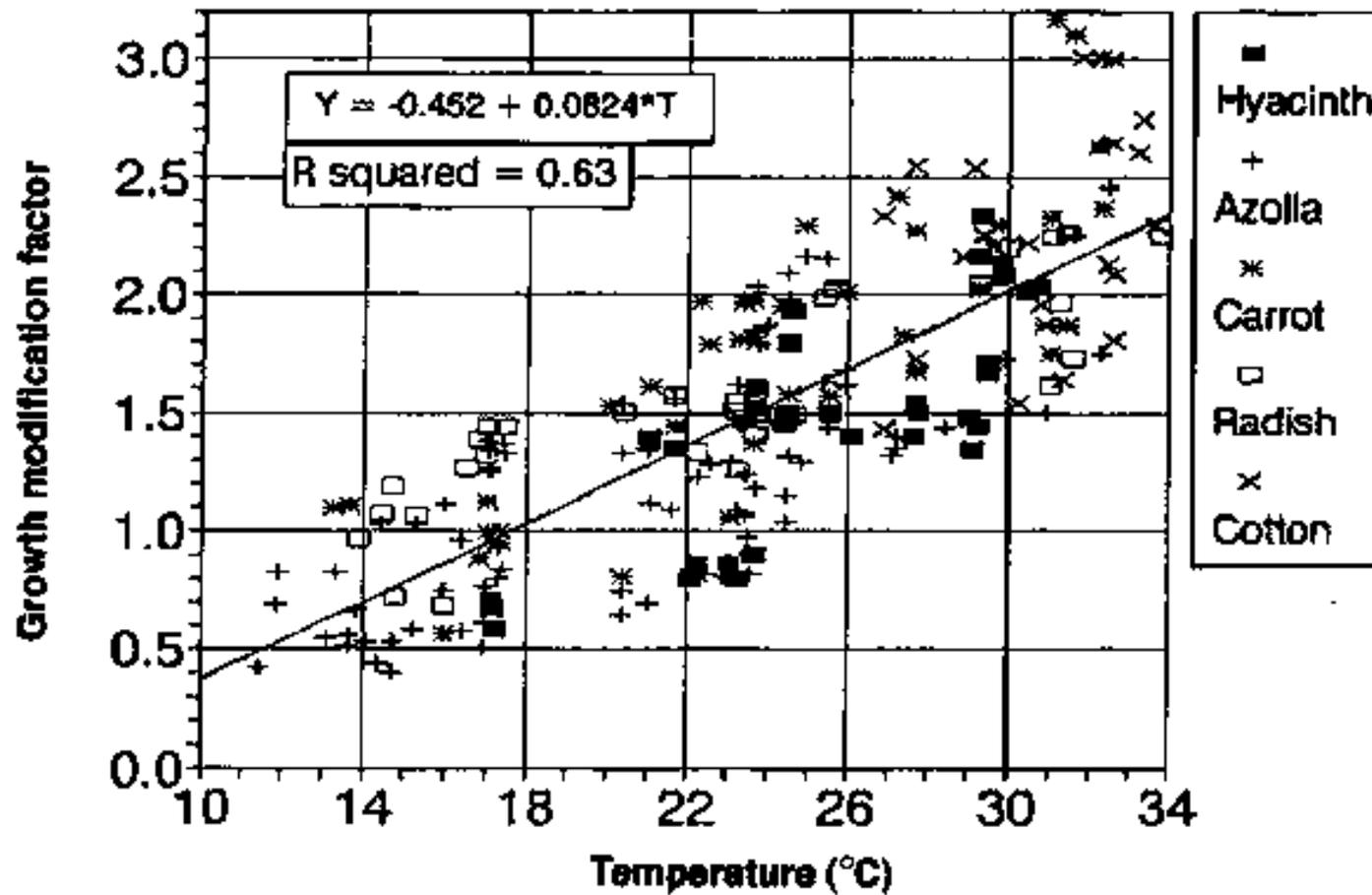
Average near-surface temperatures of the northern hemisphere during the past 11,000 years (after Dansgaard et al., 1969, and Schönwiese, 1995)

## Auswirkung eines wärmeren Klimas und eines erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehaltes auf die Landwirtschaft

---

- Wenn die Wasserverfügbarkeit keinen limitierenden Faktor darstellt, führt eine Erwärmung von 2 – 3 °C in Kombination mit einem steigenden CO<sub>2</sub>-Gehalt zu einem Anstieg der landwirtschaftlichen Produktivität, steigendem Erntertrag, zunehmender Fruchtezah und Fruchtequalität
- Steigender CO<sub>2</sub>-Gehalt wirkt als Düngemittel und verringert die Evapotranspiration der Pflanzen und macht deswegen Pflanzen dürreresistenter
- Der CO<sub>2</sub>-Düungeeffekt wirkt Stress durch Wassermangel entgegen
- Der CO<sub>2</sub>-Düungeeffekt nimmt mit steigender Temperatur zu und ist deswegen besonders in den Tropen und Subtropen wirksam

## Einfluss von Temperatur und CO<sub>2</sub>-Gehalt auf das Pflanzenwachstum



Quelle: Kimball et. al., 1993

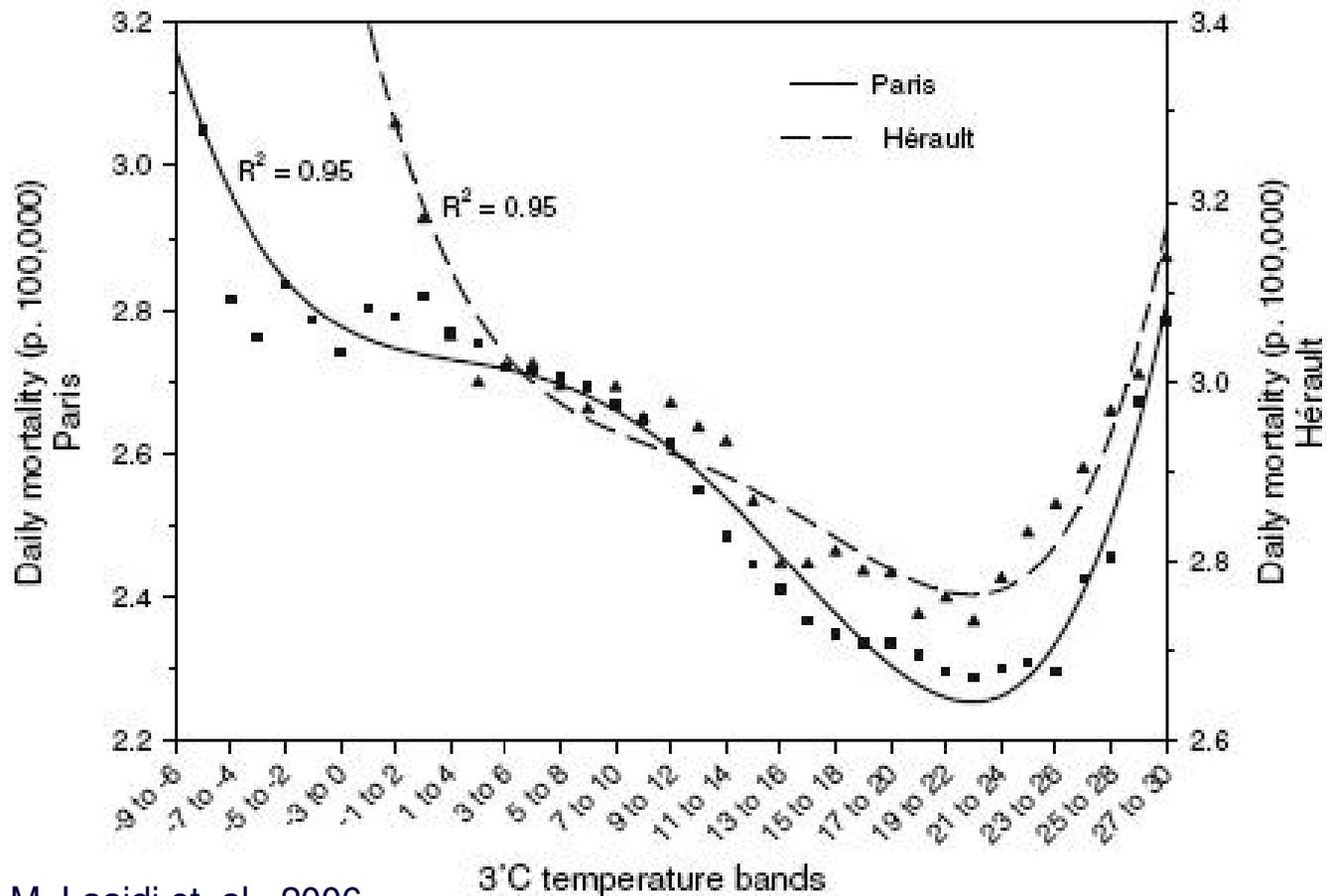
## Auswirkung eines wärmeren Klimas auf die menschliche Gesundheit

---

Trotz vieler anderslautender Darstellungen in den Medien hat ein wärmeres Klima allgemein positive Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit:

- In den meisten Klimaregionen der Welt haben Morbidität und Mortalität ein klares Maximum im Winter und nur ein sekundäres Maximum im Sommer
  - Eine Erwärmung von 2 – 3 °C führt zu einer deutlichen Verringerung der Winter Morbidität und Mortalität und nur zu einem relativ kleinen Anstieg der Sommer Mortalität und Morbidität; die Gesamtwirkung ist eine deutliche Minderung der Mortalität und Morbidität
  - Dies ist sogar in den heißen Regionen des Mittelmeerraumes und den Südstaaten der USA der Fall
  - Die Ausbreitung von Malaria und anderer tropischer Krankheiten durch eine Erwärmung ist eher fragwürdig, da hygienische Verhältnisse und nicht die Temperatur der ausschlaggebende Faktor für das Auftreten der Malaria und anderer tropischer Krankheiten sind
-

# Temperaturen und Mortalität in zwei Regionen Frankreichs



Quelle: M. Laaidi et. al., 2006

# Zusammenfassung

---

1. Treibhausgase erwärmen das Klima – grundlegende Physik
2. Relativ sicher ist die Erwärmung – unsicher ist das Ausmaß
3. Aber: Nur ein kleinerer Teil der Erwärmung der letzten 100 Jahre kann plausibel auf Treibhausgase zurückgeführt werden - natürliche Parameter, wie die Sonne, haben ebenfalls bedeutende Rolle gespielt
4. Und: Die beobachtete Erwärmung ist wesentlich kleiner als die mit Klimamodellen berechnete Erwärmung für den bislang beobachteten Treibhausgasanstieg
5. Deswegen: Es gibt keine belastbaren Argumente dafür, dass sich das Klima in den nächsten Jahrzehnten drastisch erwärmen wird

- 
6. Auch wenn Treibhausgase für die gesamte Erwärmung der letzten 3 Jahrzehnte verantwortlich wären, würde eine Trendprojektion (unter der Annahme weiter exponentiell steigender CO<sub>2</sub>-Emissionen) in den nächsten 100 Jahren zu keiner größeren Erwärmung als etwa 1,5 – 2,0 °C führen
  7. Die Auswirkungen einer geringen Erwärmung werden klimageschichtlich eher positiv als negativ gesehen – eine „Klimakatastrophe“ wird es nicht geben
  8. Viele Klima und Wetterextreme werden in einem wärmeren Klima eher ab- als zunehmen – der Medienhype ist irreführend