



DIE DEBATTE UM DEN KLIMAWANDEL, SOWIE DESSEN GLOBALE UND REGIONALE AUSWIRKUNGEN

Eberhard Faust

14. Mai 2013, Lokale Agenda 21 Unterhaching

1986: Aufruf der Deutschen Physikalischen
Gesellschaft:

**„*Warnung vor einer drohenden
Klimakatastrophe*“**

In 50 Jahren:

Meeresspiegels um 5 – 10 Meter höher,
Mitteltemperatur um 9°C höher in Polnähe

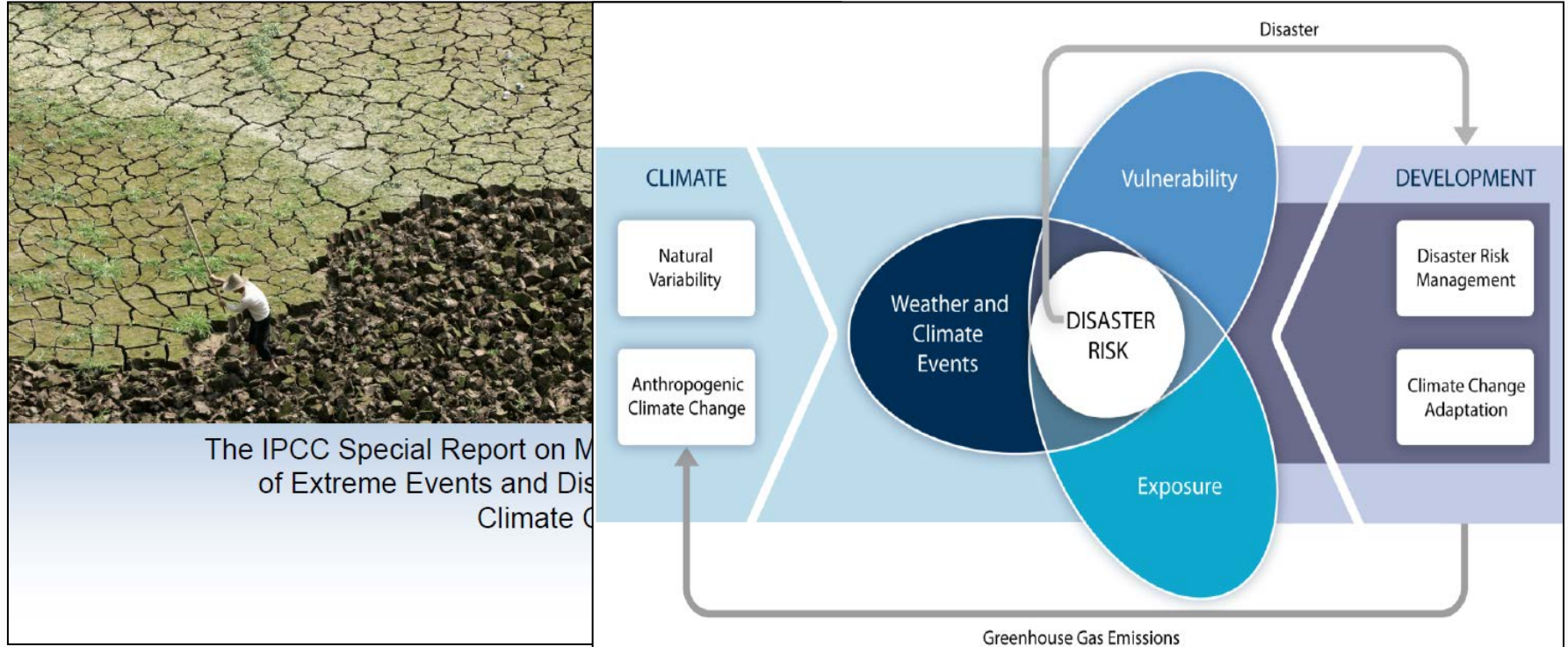
DER SPIEGEL 33/1986:

Titel: „*Ozon-Loch, Pol-Schmelze,
Treibhaus-Effekt: Forscher warnen -*

***Die Klima-Katastrophe*“**

Durchbruch zu bevorzugtem
Medienthema

SCHADEN, RISIKO, UND DEREN ÄNDERUNG IN DER ZEIT



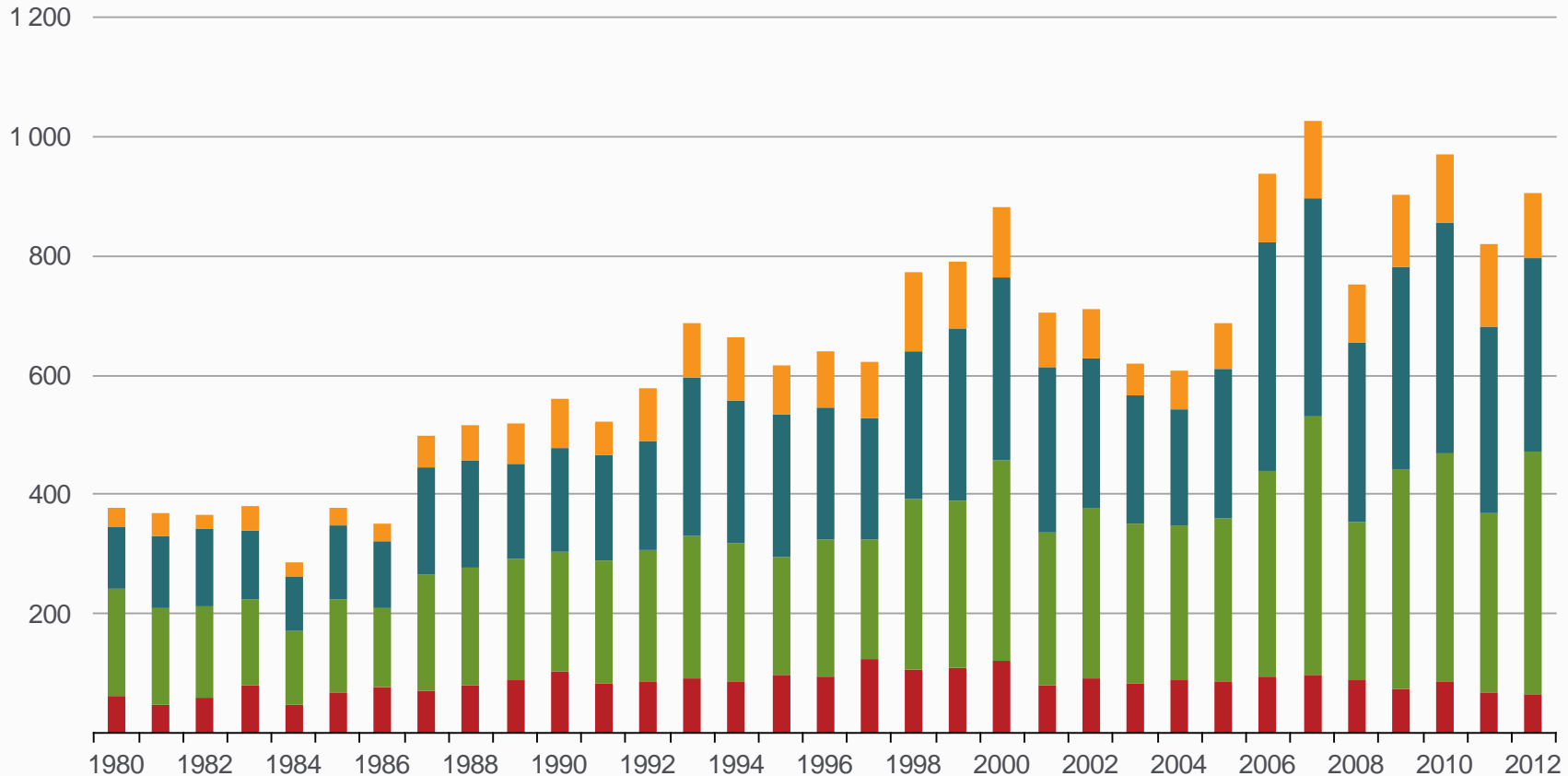
Risiko = Wahrscheinlichkeit eines Wettergefahrenereignisses x Schadenfolge
Referenzzeitraum
Referenzort

= Funktion von:
Wettergefahr, exponierte Werten, Schadenempfindlichkeit

Anzahl der Schadenergebnisse weltweit (1980 – 2012)



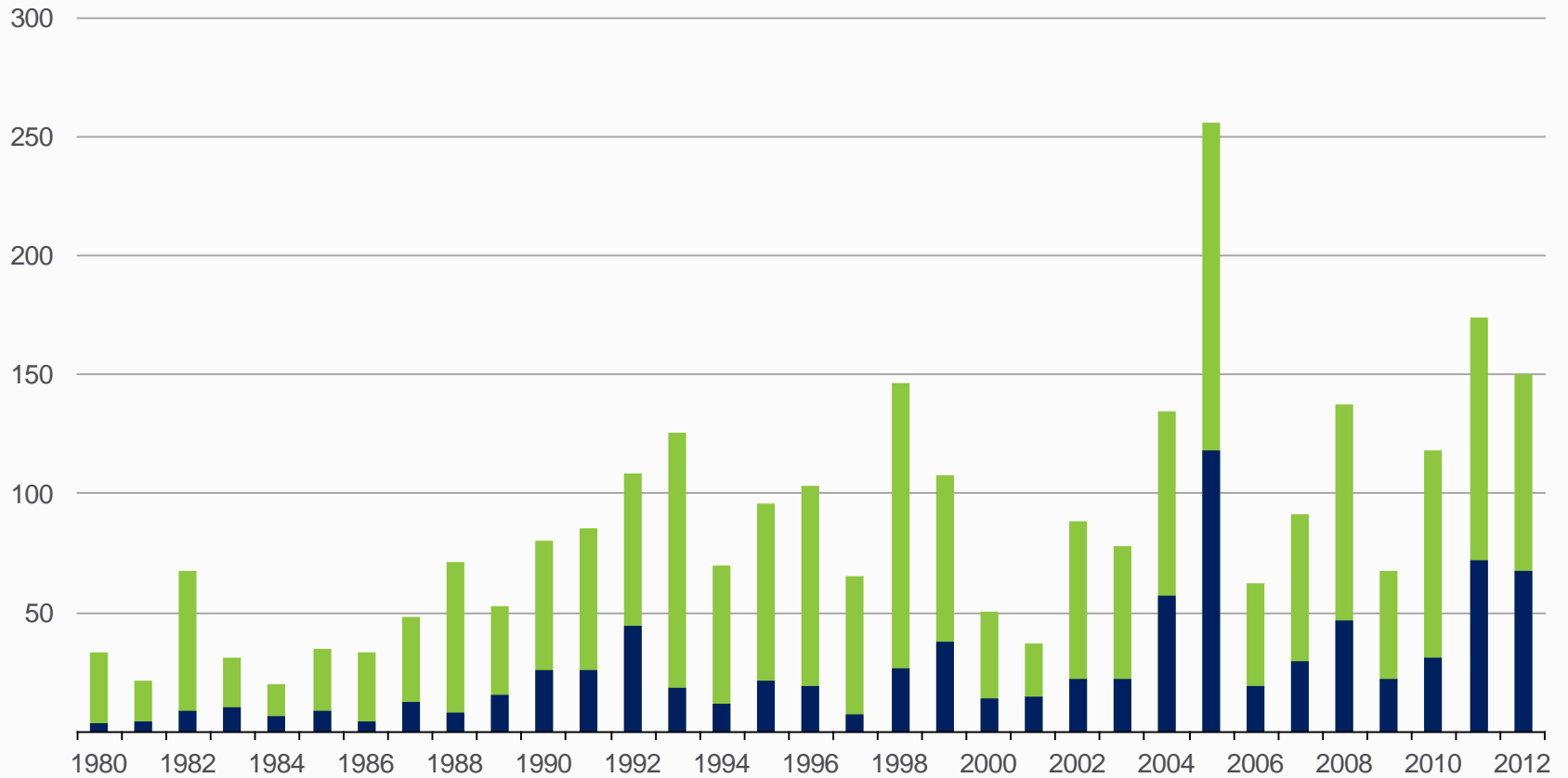
Anzahl



- Geophysikalische Ereignisse
(Erdbeben, Tsunami,
Vulkanausbruch)
- Meteorologische Ereignisse
(Sturm)
- Hydrologische Ereignisse
(Überschwemmung,
Massenbewegung)
- Klimatologische Ereignisse
(Temperaturextreme,
Dürre, Waldbrand)

Wetterkatastrophen: Gesamt- und versicherte Schäden weltweit

Mrd. US\$



■ Gesamtschäden (in Werten von 2012)

■ Versicherte Schäden (in Werten von 2012)

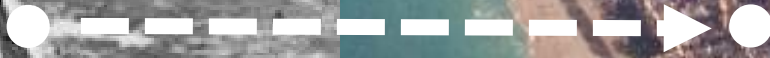
— Trendlinie Gesamtschäden

--- Trendlinie versicherte Schäden

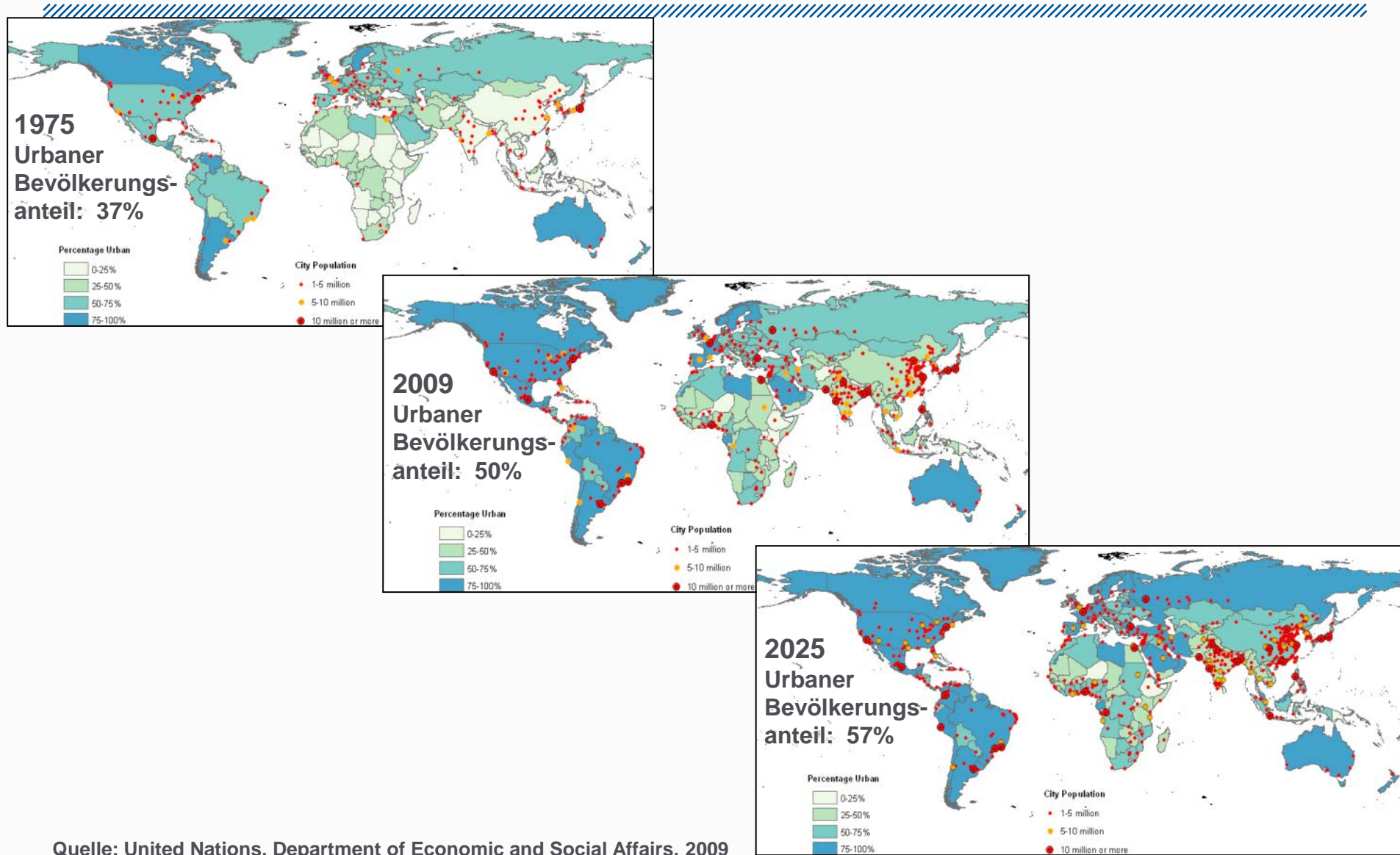
Bevölkerungszunahme	Von 4,1 Mrd. (1975) auf 6,9 Mrd. (2010) auf 8,0 Mrd. (2030)
Steigender Lebensstandard	Die globale Mittelklasse wächst rasant
Konzentration von Bevölkerung und Werten in Ballungsräumen („Urbanisierung“)	Der Anteil städtischer Bevölkerung wächst beständig von 37% (1975) auf 50% (2010) auf 57% (2025)
Besiedlung und Industrialisierung stark exponierter Regionen	Vor allem Küsten und Flussufer
Steigende Versicherungsdichte	Mit dem Pro-Kopf-Einkommen wächst die Versiche- rungsnachfrage und damit die versicherten Werte

Gründe für steigende Schadentrends

Beispiel: Florida, USA



Zunahme der urbanen Zentren: 1975, 2009, 2025

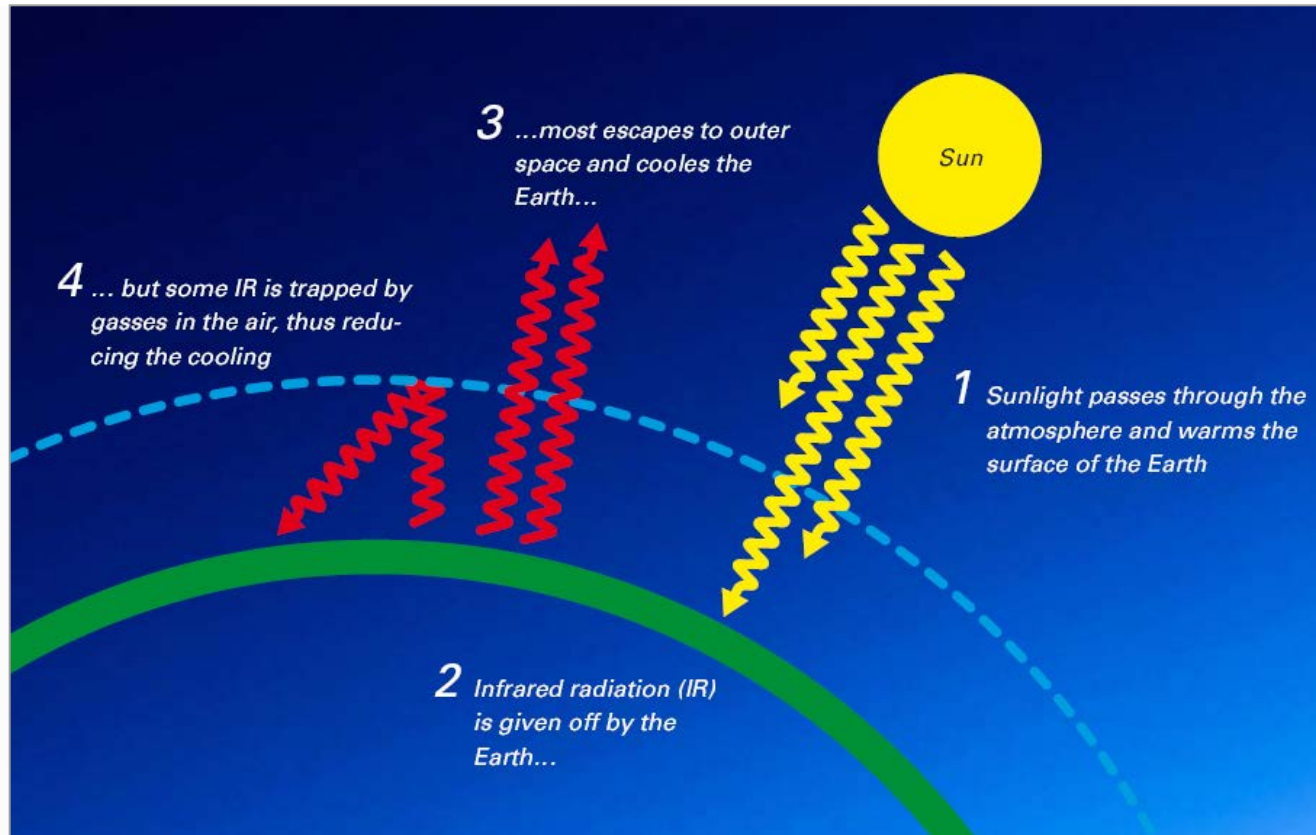




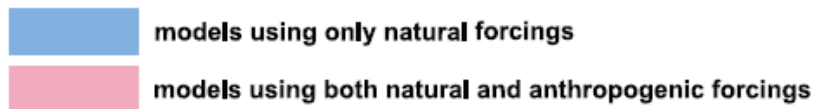
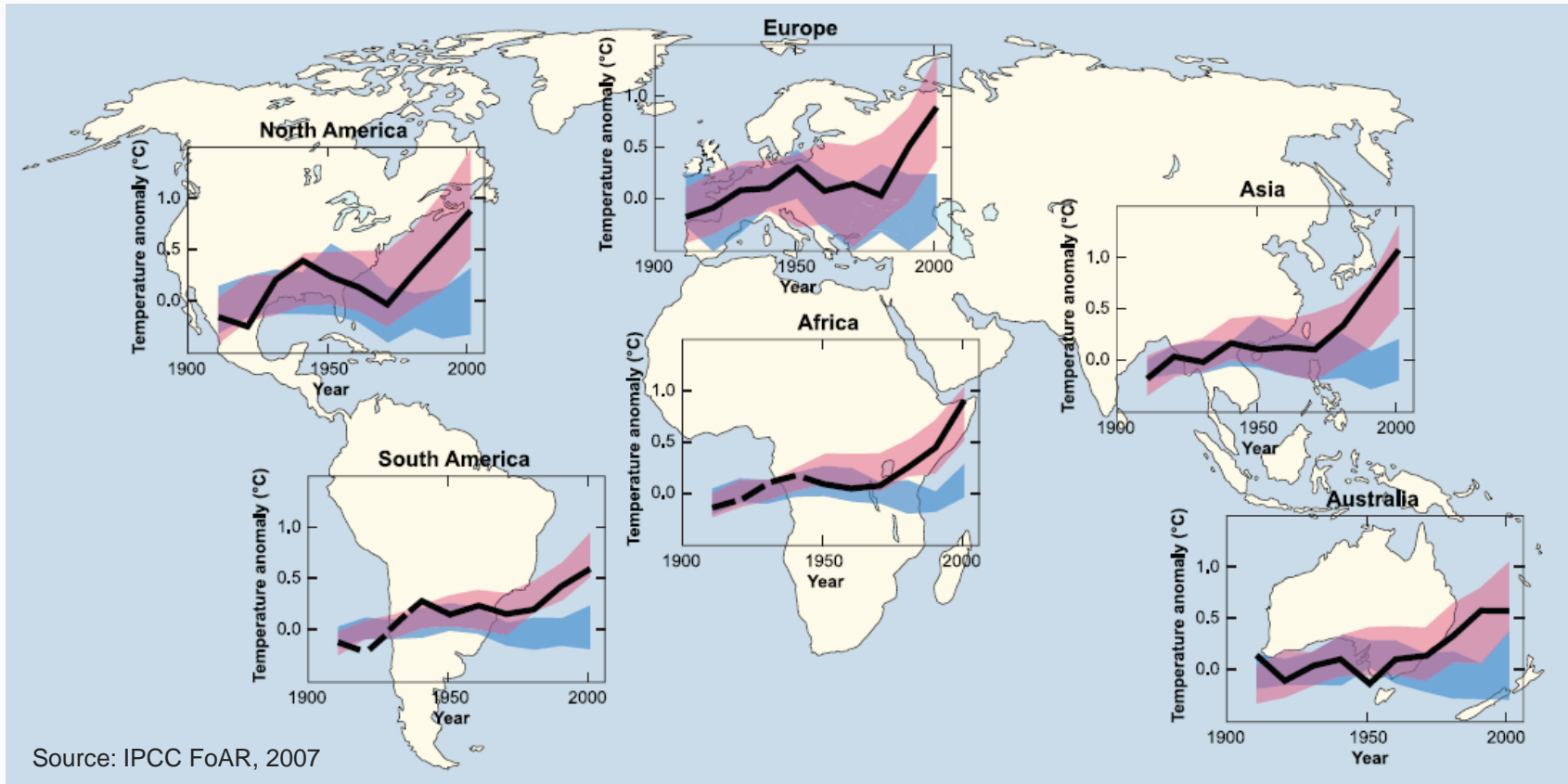
GRUNDLAGEN DES KLIMAWANDELS

Wirkweise von Treibhausgasen

Treibhausgase sind für sichtbares Licht durchlässiger als für Wärmestrahlung.



Globale Mitteltemperatur ohne natürliche Treibhausgase:	- 18°C
Tatsächliche globale Mitteltemperatur:	+ 14°C
Natürlicher Treibhauseffekt:	+ 32°C
Plus anthropogene Treibhausgase (seit Ende 19 Jhdt.):	+ 0.8°C



— observations

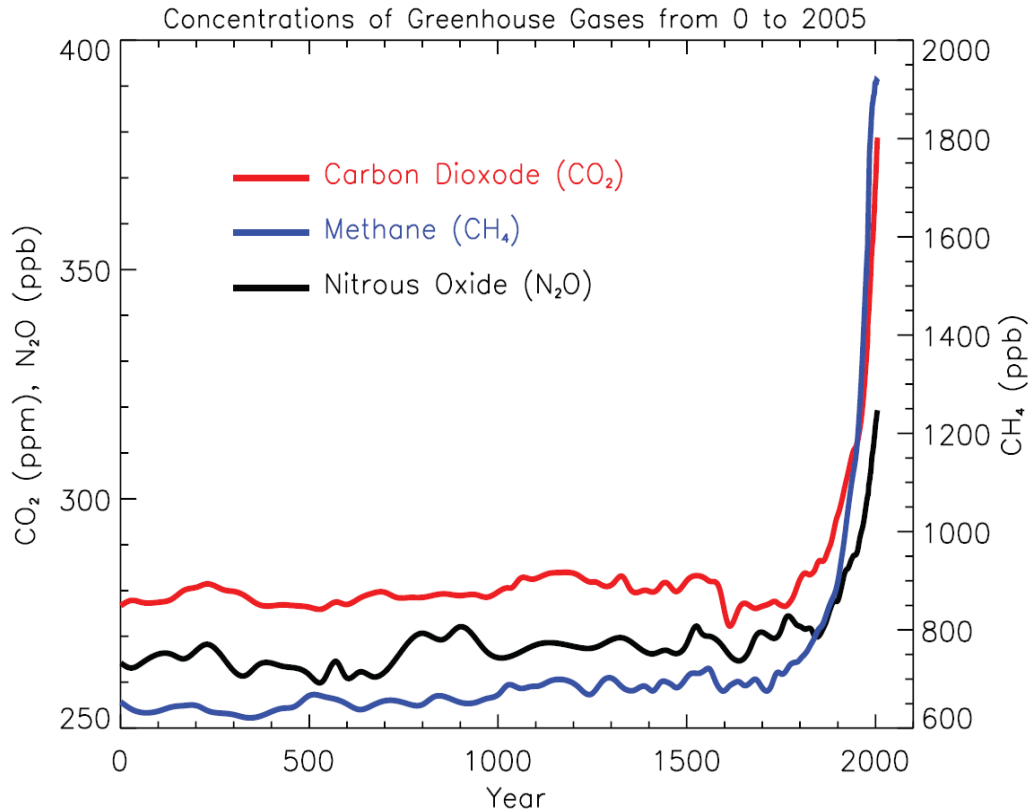
©IPCC 2007: WG1-AR4

Schwarze Kurven: Jahrzehnte-Mittel der beobachteten Temperatur

Blauer Farbkorridor: 5-95% Bereich aus 19 Simulationen von 5 Klimamodellen (nur natürliche Antriebe)

Roter Farbkorridor: 5-95% Bereich aus 58 Simulationen von 14 Klimamodellen (natürliche und **anthropogene** Antriebe)

Development of greenhouse gas concentrations over the past 2000 years



Radiative contributions
(relative to preindustrial):

CO₂: +1.7 W/m²

**CH₄, N₂O,
Halocarbons:** +1.0 W/m²

**Landuse change,
Aerosols:** - 1.3 W/m²

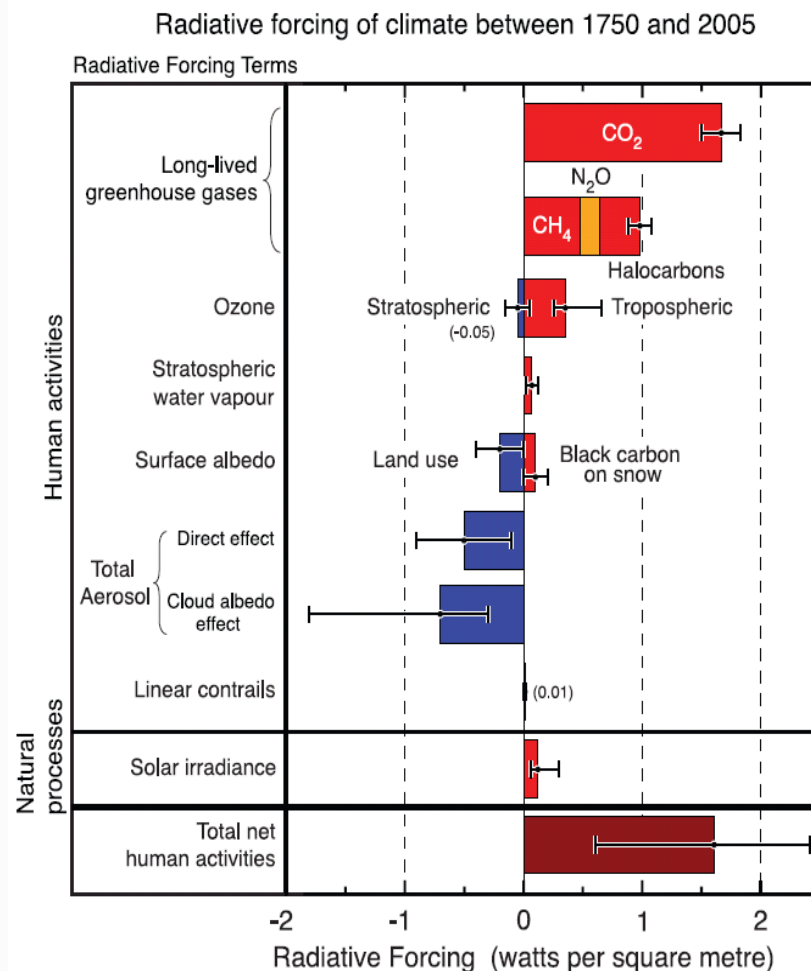
Other: +0.2 W/m²

**Total
anthropogenic:** +1.6 W/m²

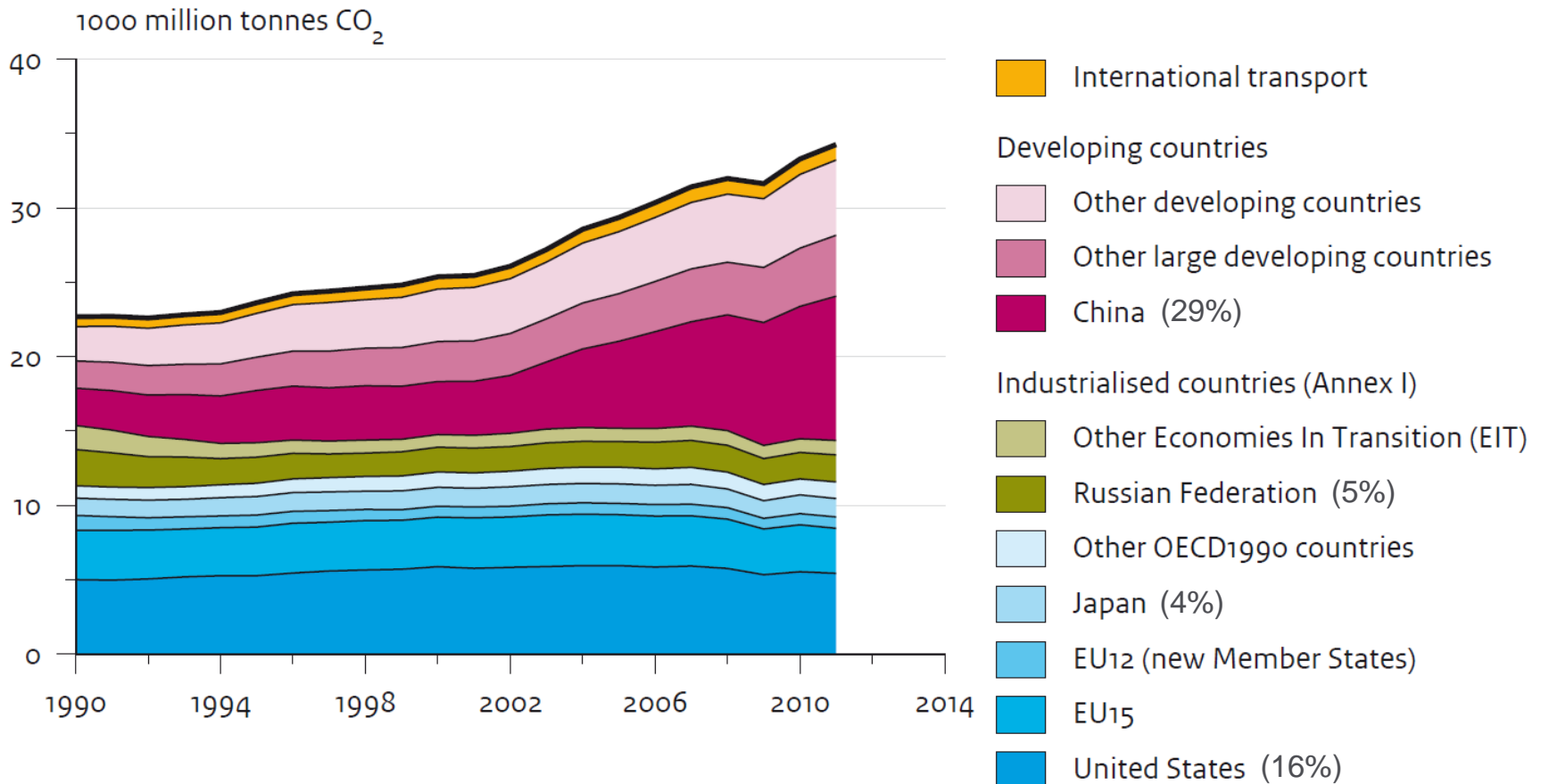
Seit Industrialisierungsperiode Anstieg der atmosphärischen Konzentrationen von Treibhausgasen

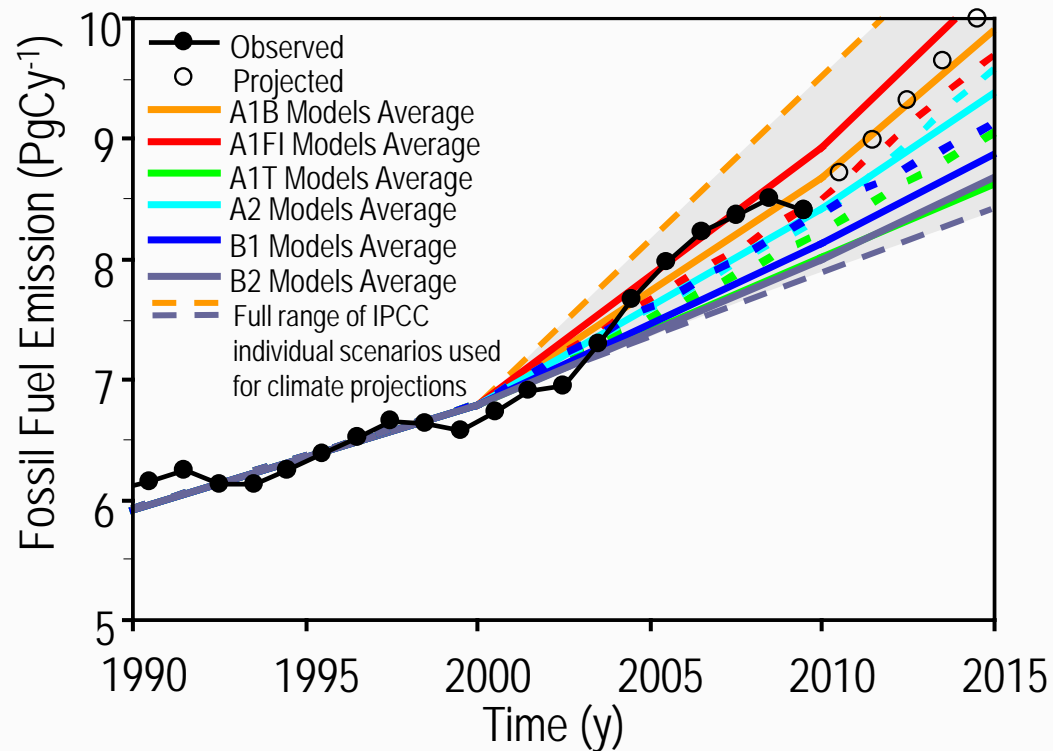
IPCC, Fourth Assessment Report
(2007):

“most of the observed increase in globally averaged temperature since the mid-20th century is very likely due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations.”




CO2 emissions per region from fossil fuel use and cement production (1990 – 2011)

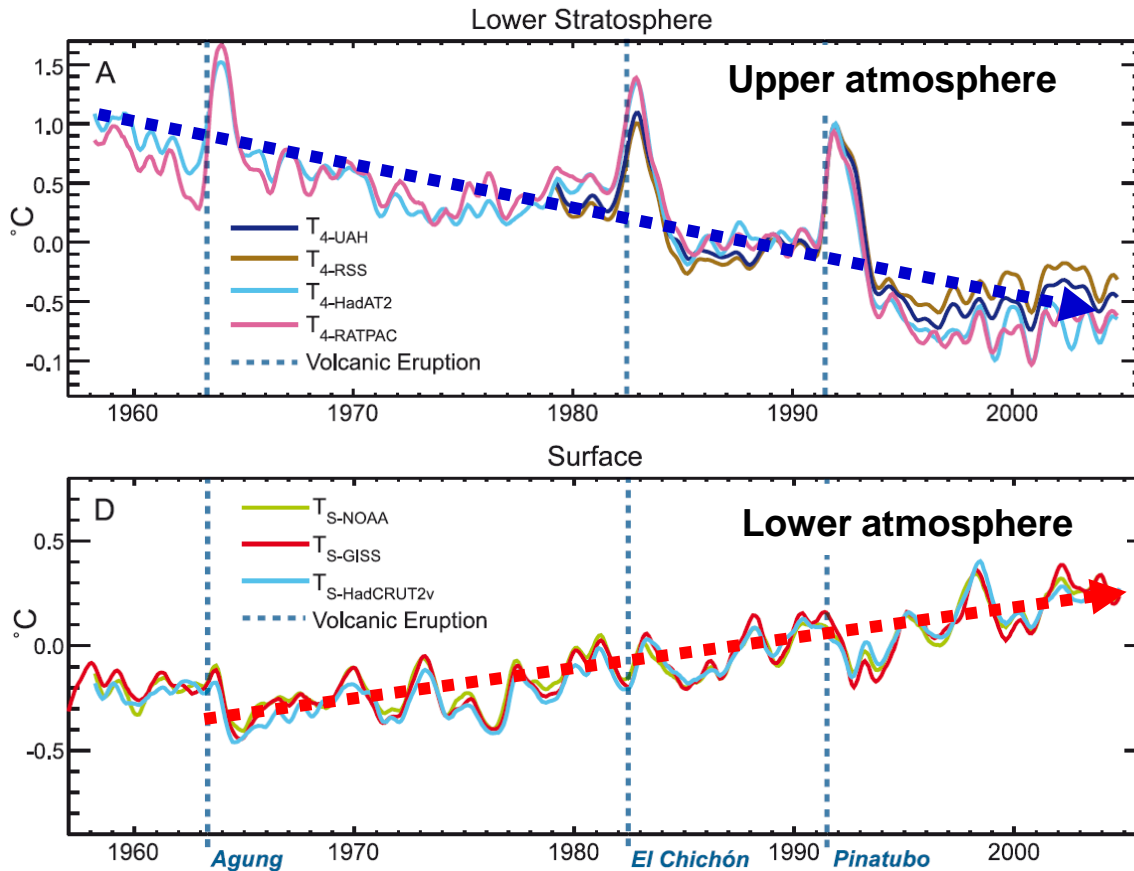




Source: Global Carbon Project, January 2011. Updated from Raupach et al. 2007, PNAS; Data: Gregg Marland, Thomas Boden CDIAC 2010; International Monetary Fund 2010

Muster der Erwärmung genau so, wie durch Treibhausgas-emissionen erwartet! Munich RE 

OBSERVED AIR TEMPERATURES



Stratosphäre:
Temperaturabnahme

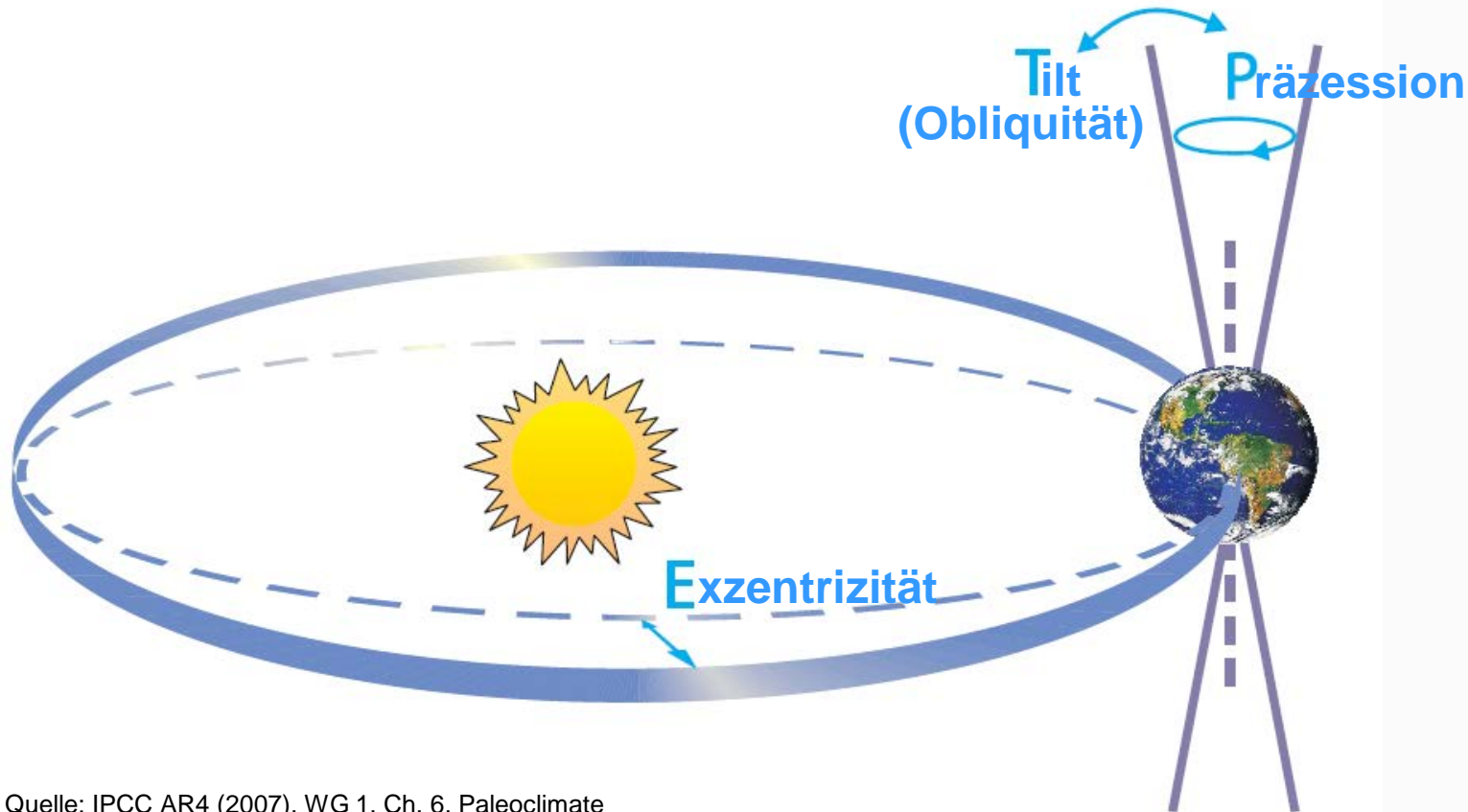


Troposphäre:
Temperaturanstieg

Gegenläufige Trends
– genau, wie es die
Treibhausgas-Physik
erwarten lässt!

VERSTEHEN WIR HINREICHEND
KLIMAÄNDERUNGEN IN DER
ERDGESCHICHTE BZW. AUF
GROSSEN ZEITSKALEN?

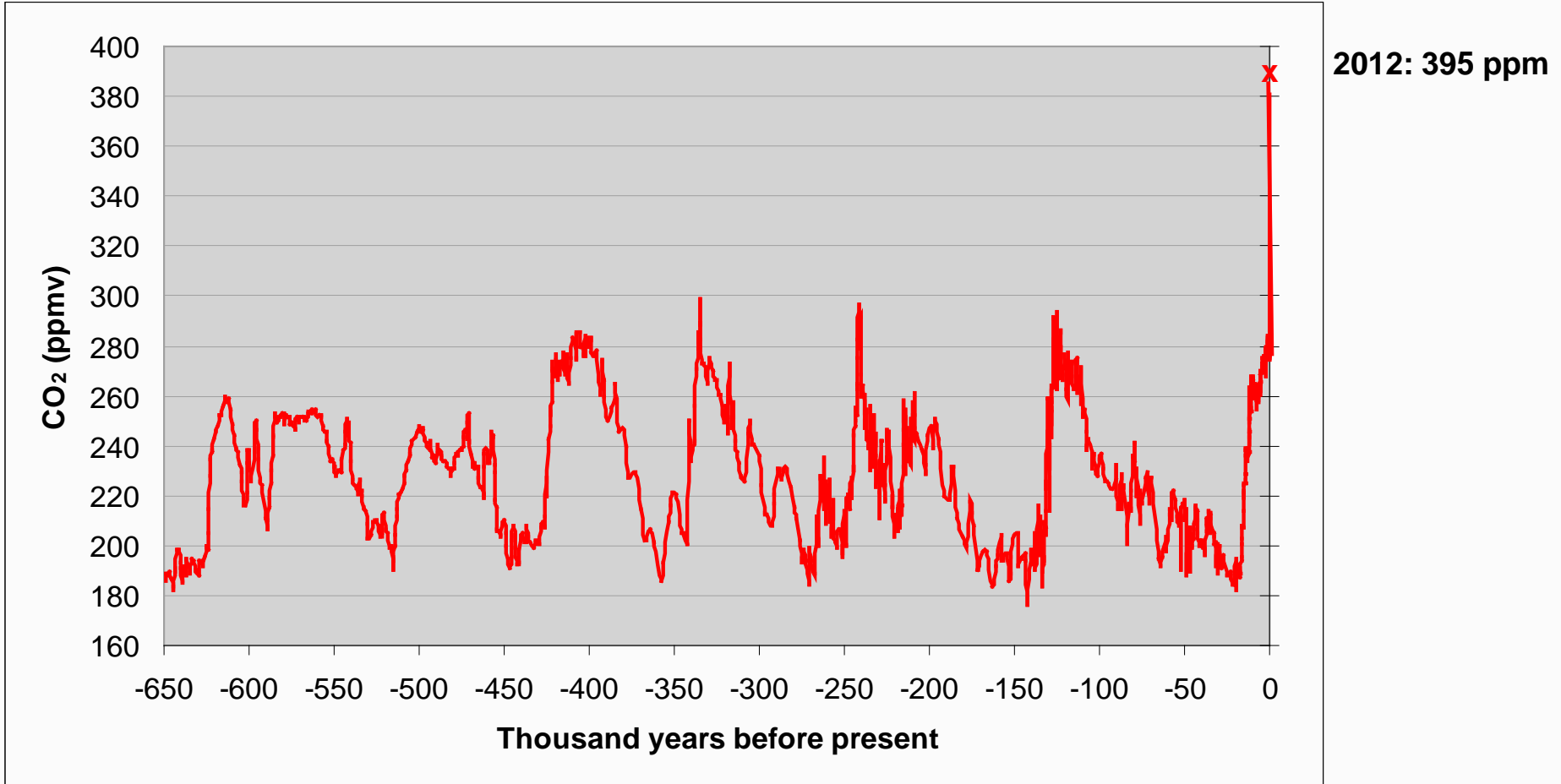
Eiszeiten versus Warmzeiten im Pleistozän: Die Milankovic Zyklen



Quelle: IPCC AR4 (2007), WG 1, Ch. 6, Paleoclimate

Schwingungsperioden:	Exzentrizität	~ 100.000 Jahre und 400.000 Jahre
	Obliquität/Tilt	~ 41.000 Jahre
	Präzession	~ 19.000 Jahre und 23.000 Jahre

CO₂-Konzentration in der Atmosphäre in den letzten 650 Tsd. Jahren – Daten aus Eisbohrkernen aus der Antarktis



Sources: Siegenthaler et al., Science (2005). Etheridge et al., J. Geophys. Res. (1996). Petit et al., Nature (1999). Fischer et al., Science (1999). Indermühle et al., Geophys. Res. Lett. (2000). Monnin et al., Earth Planet. Sci. Lett. (2004). Monnin et al., Science (2001).

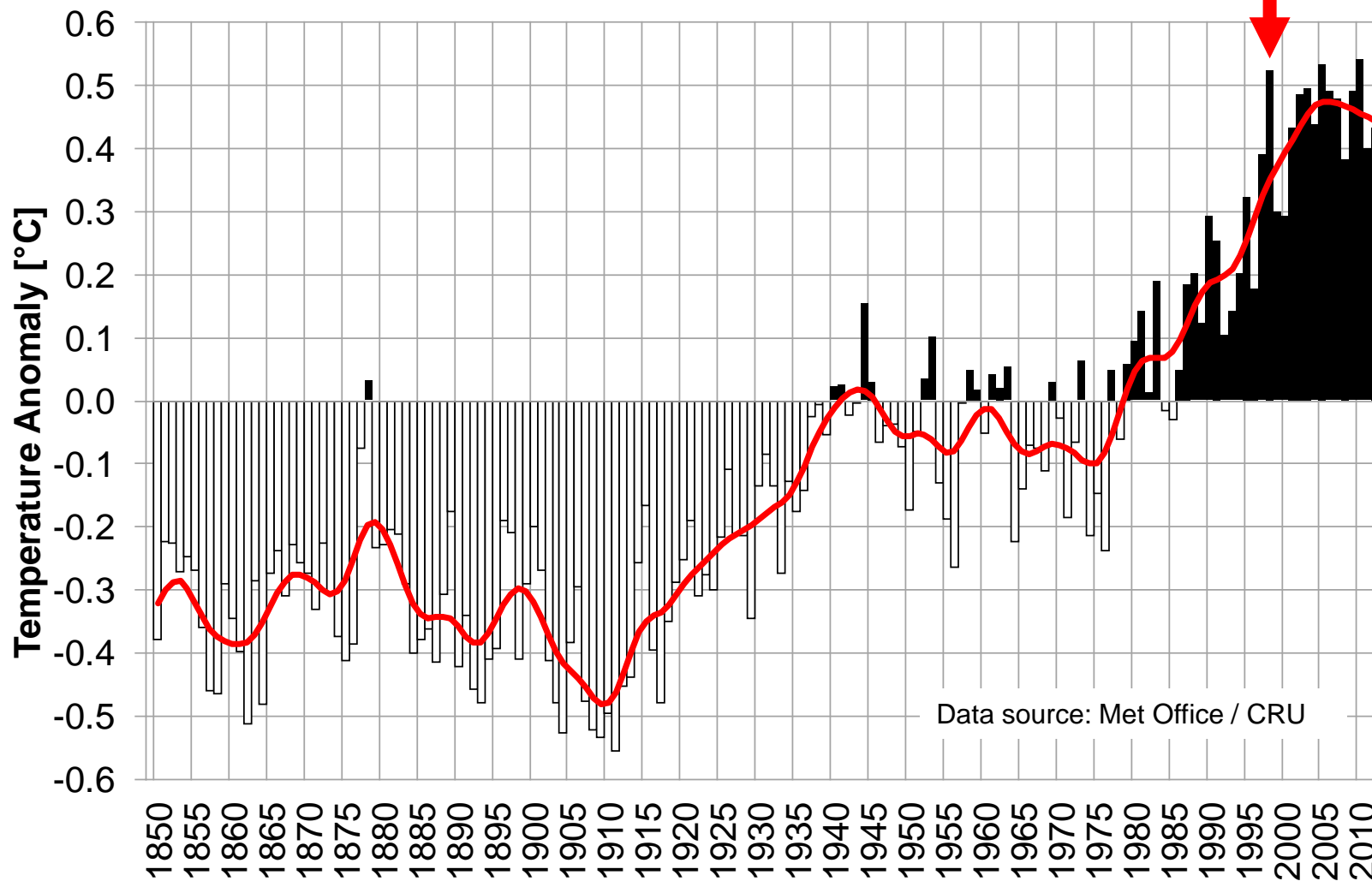
Einige Argumente der Klimawandel-Gegner:

- Die globale Erwärmung ist seit Ende der 1990er Jahre stark reduziert oder sogar beendet.
- Das sich wandelnde Klima wird in erster Linie durch die variierende Strahlung der Sonne getrieben und nicht durch CO₂-Emissionen..
- Strenge Winterepisoden der letzten Jahre zeigen an, dass der globale Klimawandel ein Schwindel ist.

Abweichungen der Globalen Mitteltemperatur vom langjährigen Mittel (1961-1990), 1900 - 2012

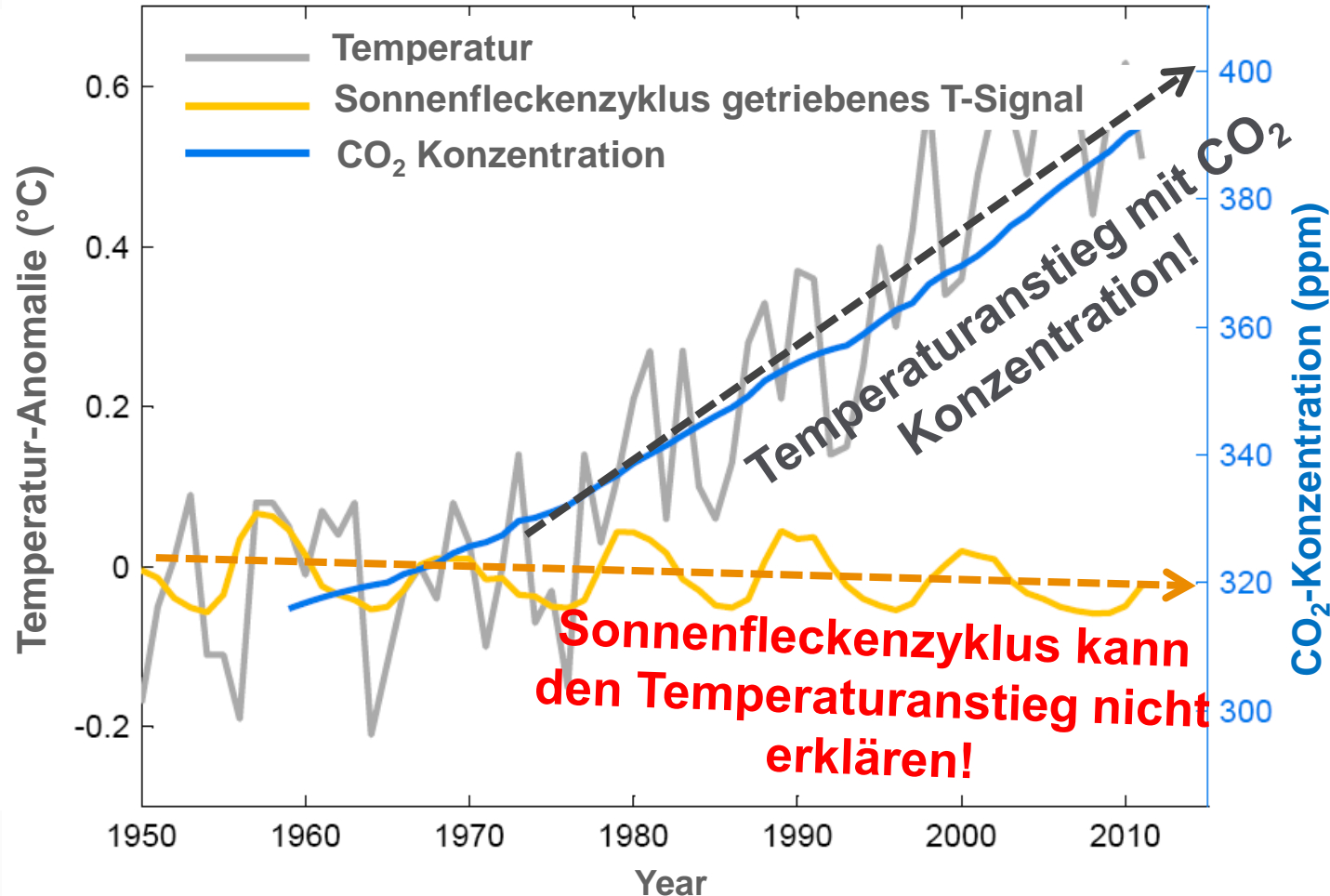
Global mean temperature anomalies 1900 - 2012 relative to the 1961-1990 average

1998: Kein deutlicher Trend der Temperatur seit 1998



Data source: Met Office / CRU

Kein relevanter Einfluss der Sonne auf den Langfristtrend



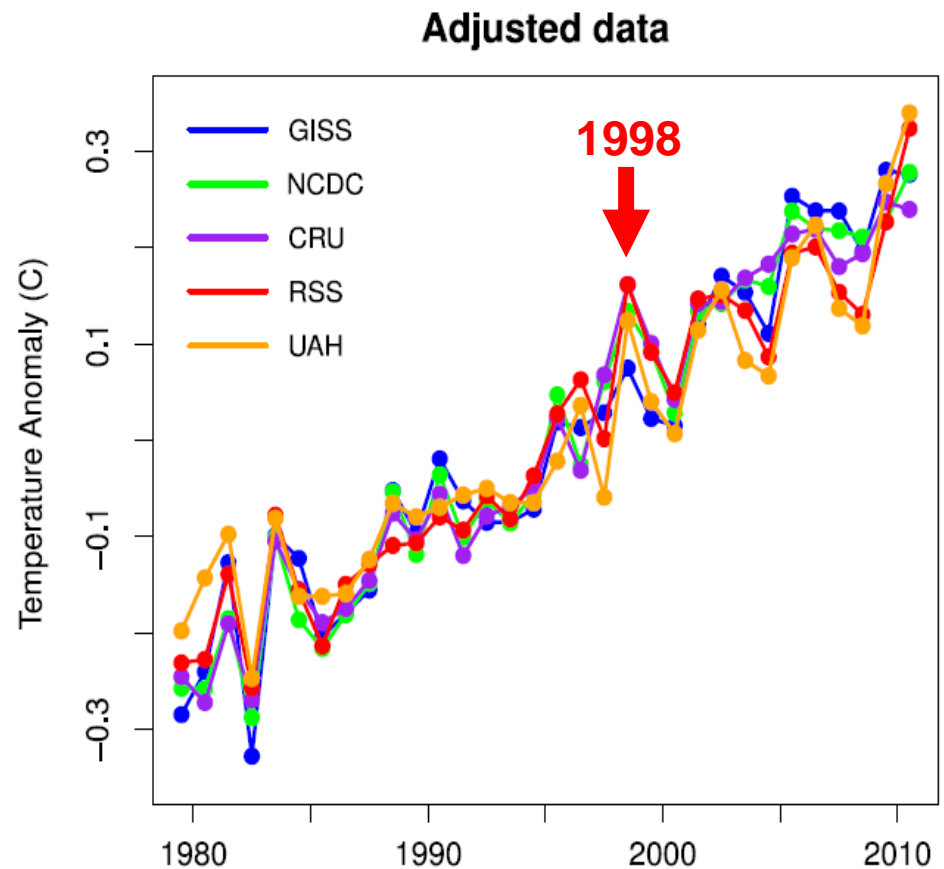
In der Wissenschaft bereits etabliert:

- 11-Jahres Sonnenzyklus Temperaturamplitude: 0,04 bis 0,05° C (Lean & Rind, 2008).
- Modellbasierte Abschätzung der Klimasensitivität: $\Delta 2,1^{\circ} \text{C}$ pro $\Delta 280 \text{ppm CO}_2$

Globale Jahresmitteltemperaturen mit Korrekturen für natürliche Klimafaktoren (ENSO, Sonnenaktivität, Vulkanausbrüche)

Vorgehen:

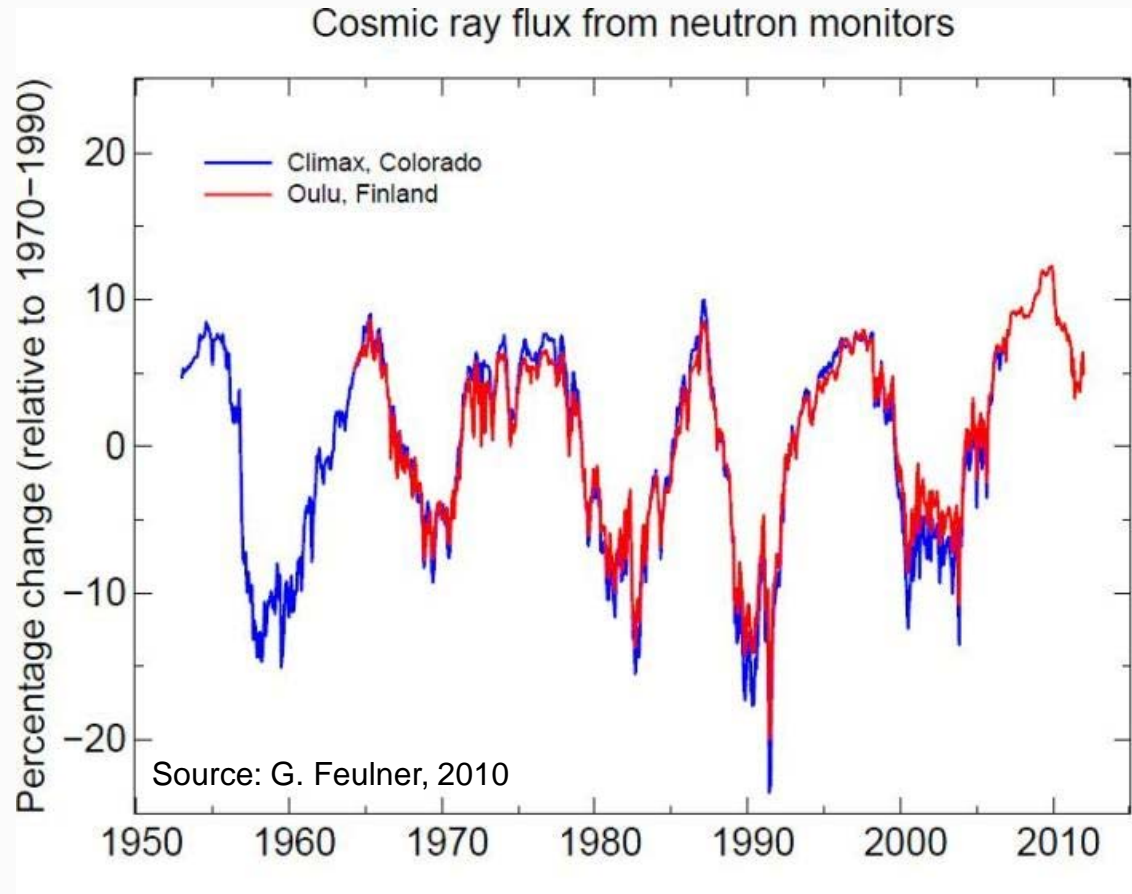
- 5 globale Mitteltemperatur-Datensets auf monatlicher Basis.
- Das Temperatursignal aufgrund kurzzeitiger Variabilität wird herausgerechnet: Im einzelnen wird für folgende Phänomene:
 - El Niño / La Niña,
 - Vulkanische Partikel-Emissionen,
 - Totale Sonneneinstrahlung.



Ist das Magnetfeld der Sonne ein bedeutender Faktor für die globale Mitteltemperatur?

Postulierter Mechanismus:

- Kosmische Strahlung trifft Partikel in der Atmosphäre
 - ⇒ Aktivierung als Kondensationskerne für Wasserdampf (durch Ionisierung von Atomen)
 - ⇒ Wolkenbildung
- Schwaches Magnetfeld der Sonne
 - ⇒ mehr kosmische Strahlung
 - ⇒ mehr tiefe Wolken, Abkühlung der Oberfläche.



Aber (siehe Diagramm):

- Es gibt keinen Langzeittrend der kosmischen Strahlung!
- Peak in den letzten warmen Jahren sollte zur Abkühlung anstelle von Erwärmung führen!

A person wearing a dark winter jacket and a black beanie with a red flame-like pattern is seen from behind, digging through a deep layer of snow. They are using a red shovel with a wooden handle. The background is a vast, bright white snowy landscape under a clear blue sky.

Wo ist die  
Globale Erwärmung?

Sie verändert den Austausch zwischen warmen und kalten Regionen der Erde – das kann in einigen Regionen auch zu mehr Kälteepisoden führen!

Häufigere/stärkere Kälteepisoden im Winter in Europa und Nordamerika – Ein Widerspruch zum Klimawandel?

Wissenschaftliche Erkenntnisse:

Das arktische Meereis schmilzt zunehmend stärker im Sommer (Wasser hat dunklere Oberfläche als Eis und absorbiert viel mehr wärmende Sonnenstrahlung).

Stärkere Verdunstung über dem offenen Ozean im Sommer und Herbst

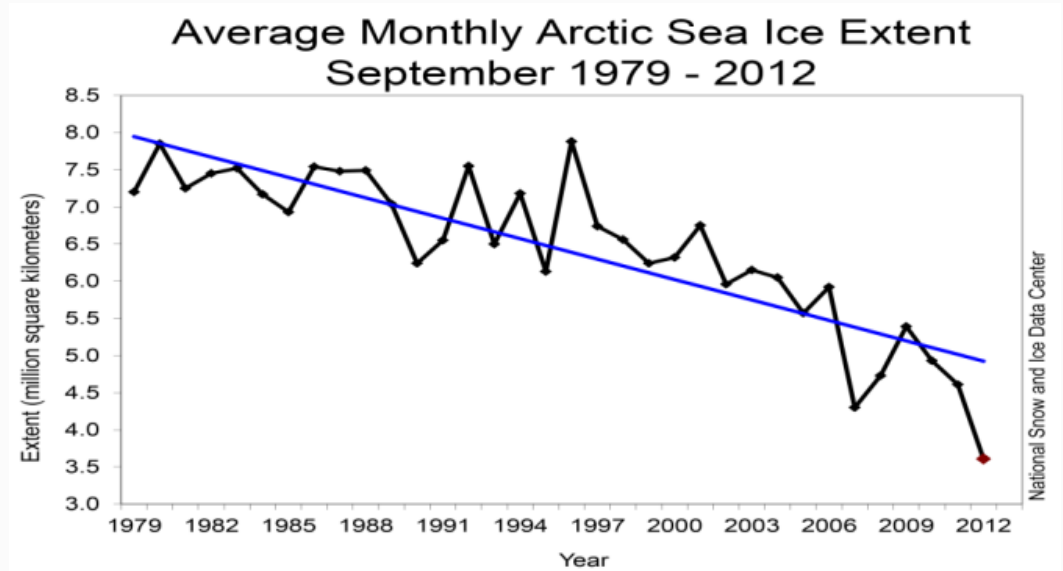
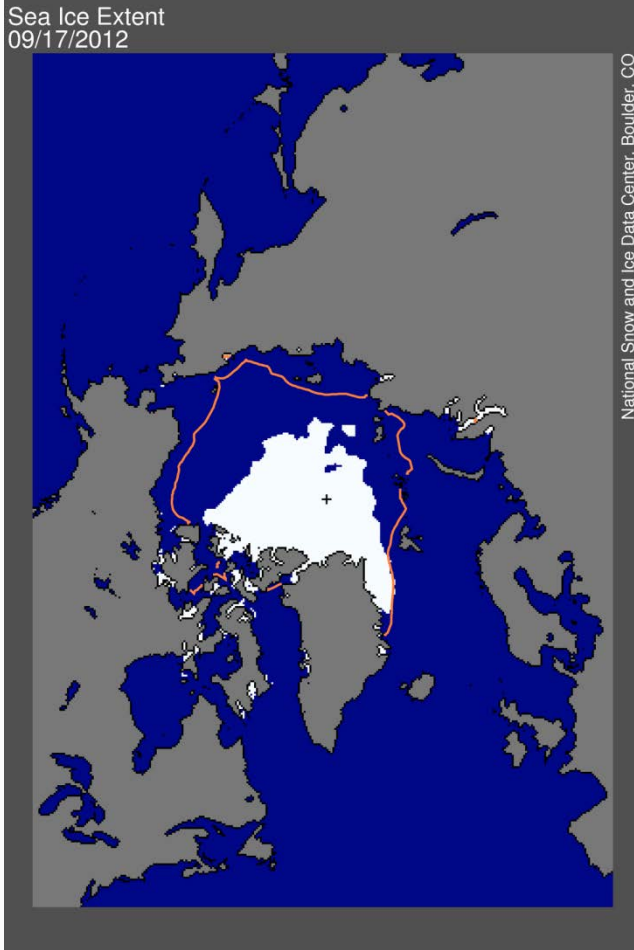
- größere Schnee-bedeckte Flächen und ausgedehntere Hochdruck-Gebiete in hohen Breiten über Land
- Stärkere Blockierung der von West nach Ost gerichteten Luftbewegung in den hohen und nördlichen gemäßigten Breiten.
Häufigere Wetterlagen mit Nord-Süd gerichteten Luftmassentransporten.
- Häufiger kalte Wintertemperaturen im Nordosten Nordamerikas und in Teilen Europas. Steht nicht im Widerspruch zum Klimawandel!



AUSWIRKUNGEN

MEERESSPIEGEL, SPHÄRE VON SCHNEE UND EIS

2012: Geringste Meereisbedeckung in der Arktis seit es verlässliche Daten darüber gibt



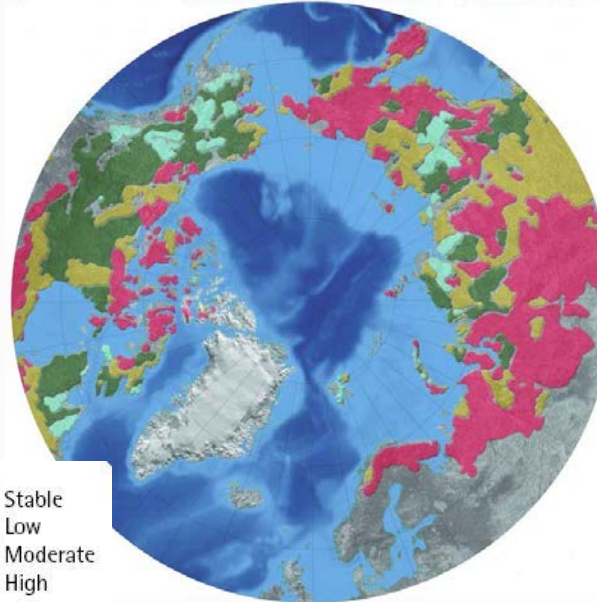
 median
1979-2000

Klimawandel

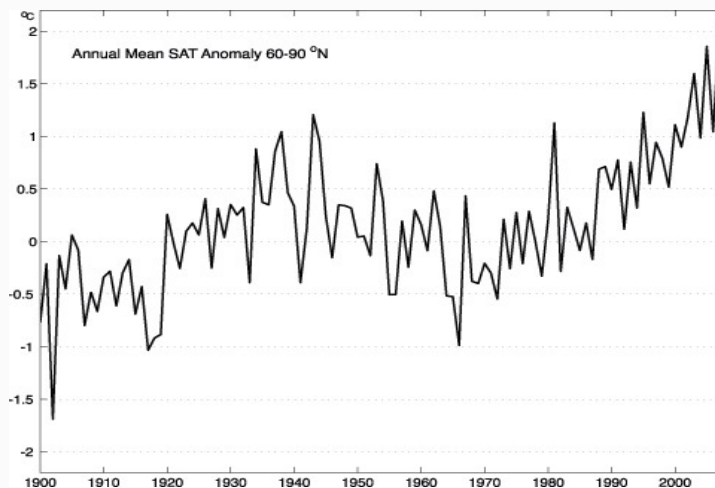
Indizien und Fakten



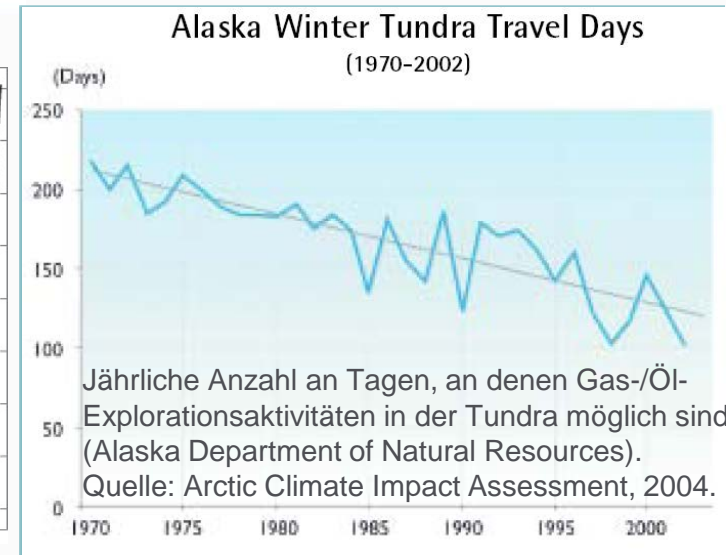
Schäden durch auftauende Permafrostböden, Russland.
Quelle: Arctic Climate Impact Assessment, 2004.



Auftauen von Permafrostböden beschädigt Straßen
Source: Arctic Climate Impact Assessment, 2004.



Arktische Erwärmung etwa **2-mal stärker** als globale Erwärmung.
Quelle: Arctic Report Card 2008

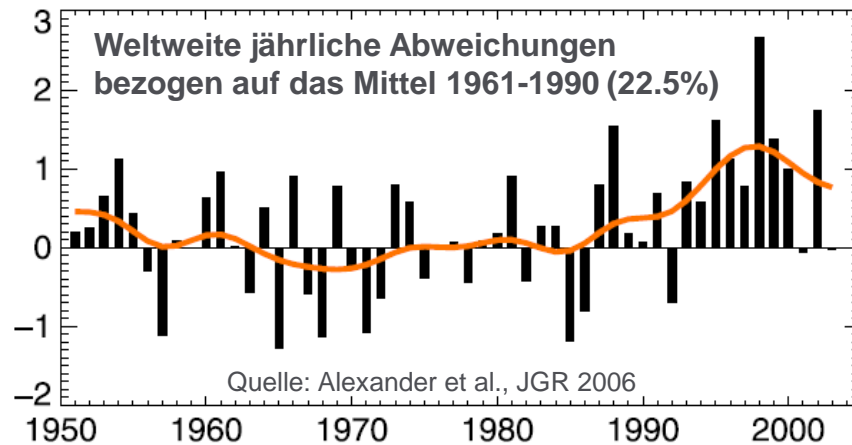
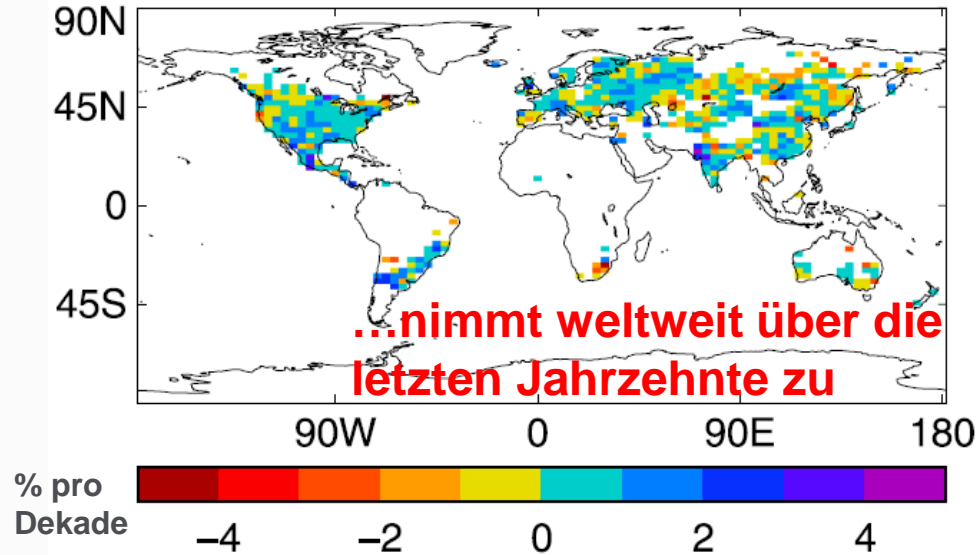


Jährliche Anzahl an Tagen, an denen Gas-/Öl-Explorationsaktivitäten in der Tundra möglich sind (Alaska Department of Natural Resources).
Quelle: Arctic Climate Impact Assessment, 2004.

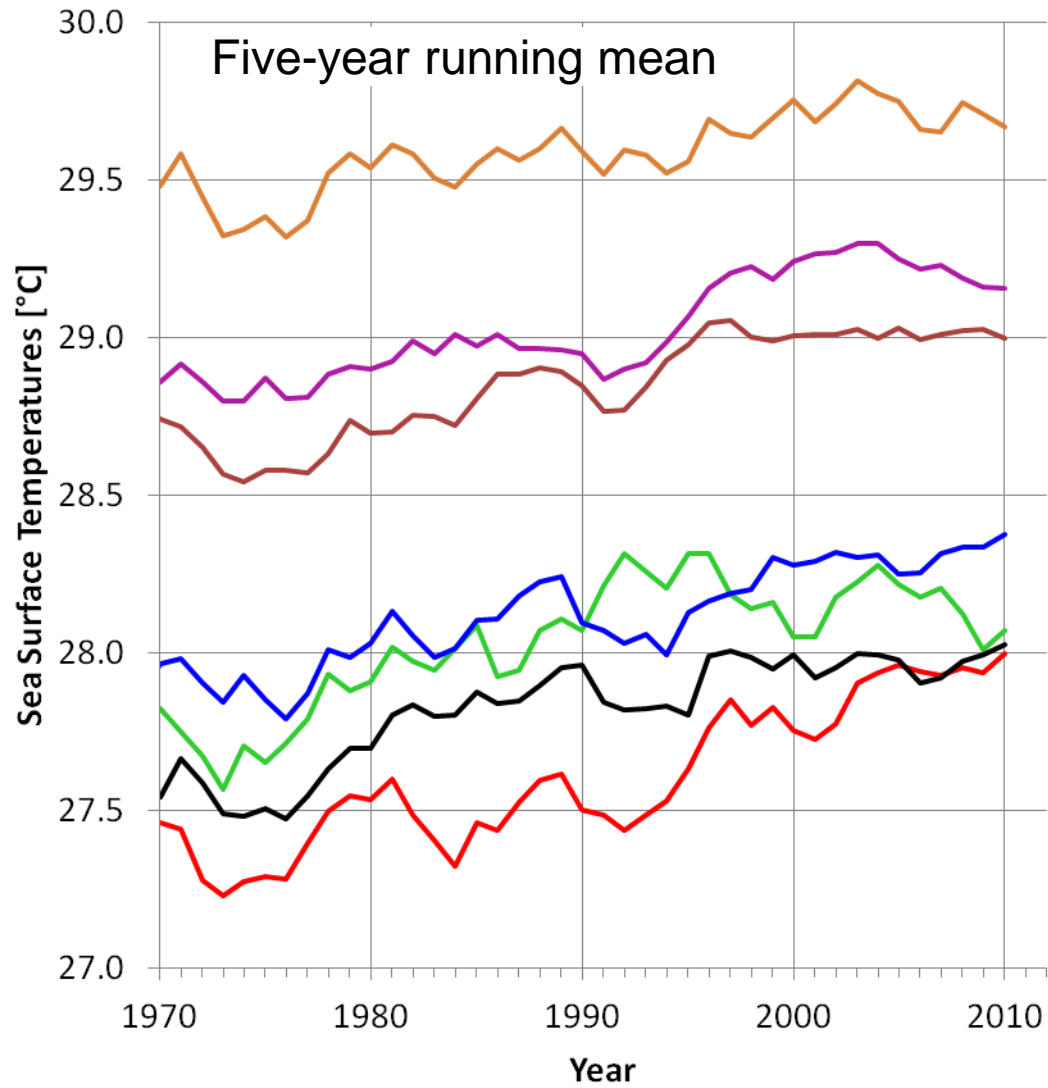
NIEDERSCHLAG UND ÜBERSCHWEMMUNG

Beitrag aus sehr nassen Tagen

Trend in % pro Dekade (1951-2003)



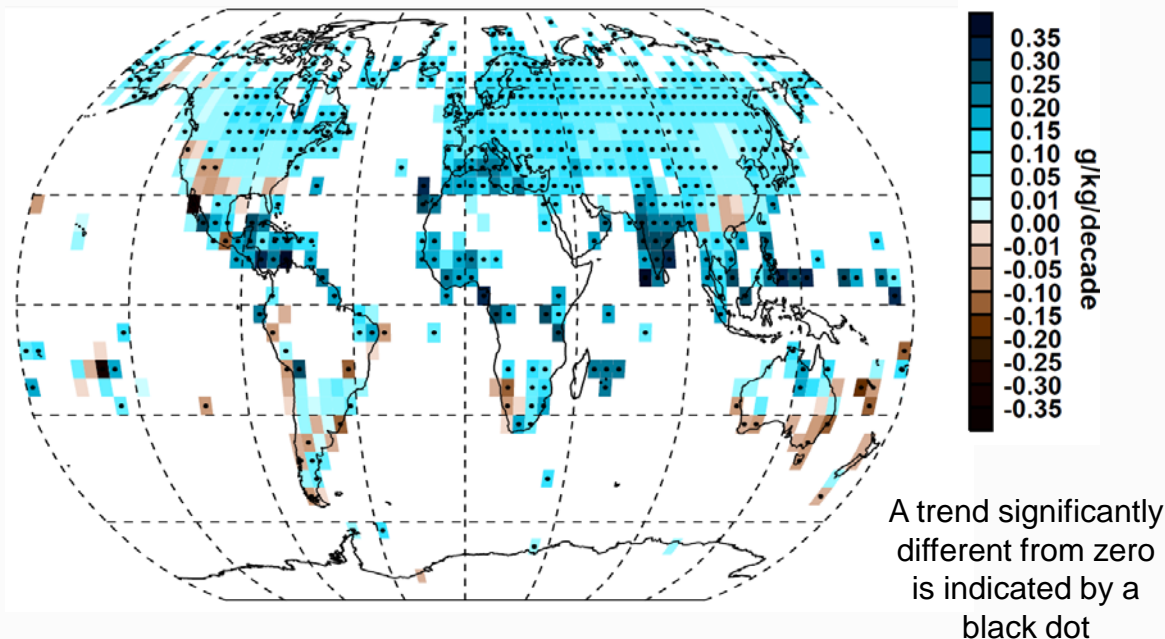
Veränderungen der Meeresoberflächentemperaturen in tropischen Ozeanbecken mit Tropensturmaktivität (1968-2012)



- North Atlantic (Jun - Oct)
- Western Pacific (May - Dec)
- East Pacific (Jun - Oct)
- Southwest Pacific (Dec - Apr)
- North Indian (Apr - May)
- North Indian (Sept - Nov)
- South Indian (Nov - Apr)

Source: Munich Re, May 2013.
Data source: HadISST, MetOffice, 2013

1973–2012



Die Spezifische Feuchte in der Nähe der Erdoberfläche ist bereits in den meisten Regionen angestiegen. Ausnahme: Subtropen. (1973-2012, HadCRU).

Source: Willett et al. (2013), *Clim. Past*, 9, 657–677.

- Studie basierend auf Klimamodellen: Anstieg wird durch die globale Erwärmung verursacht (Willett et al., 2010, *Environ. Res. Letter*, **5**; Santer et al., 2007, *PNAS*, **104**)

Überschwemmungen in Dresden, August 2002

Bisher teuerste Naturkatastrophe in Deutschland



Betroffene Länder

Gesamtschäden

Versicherte Schäden

Todesopfer

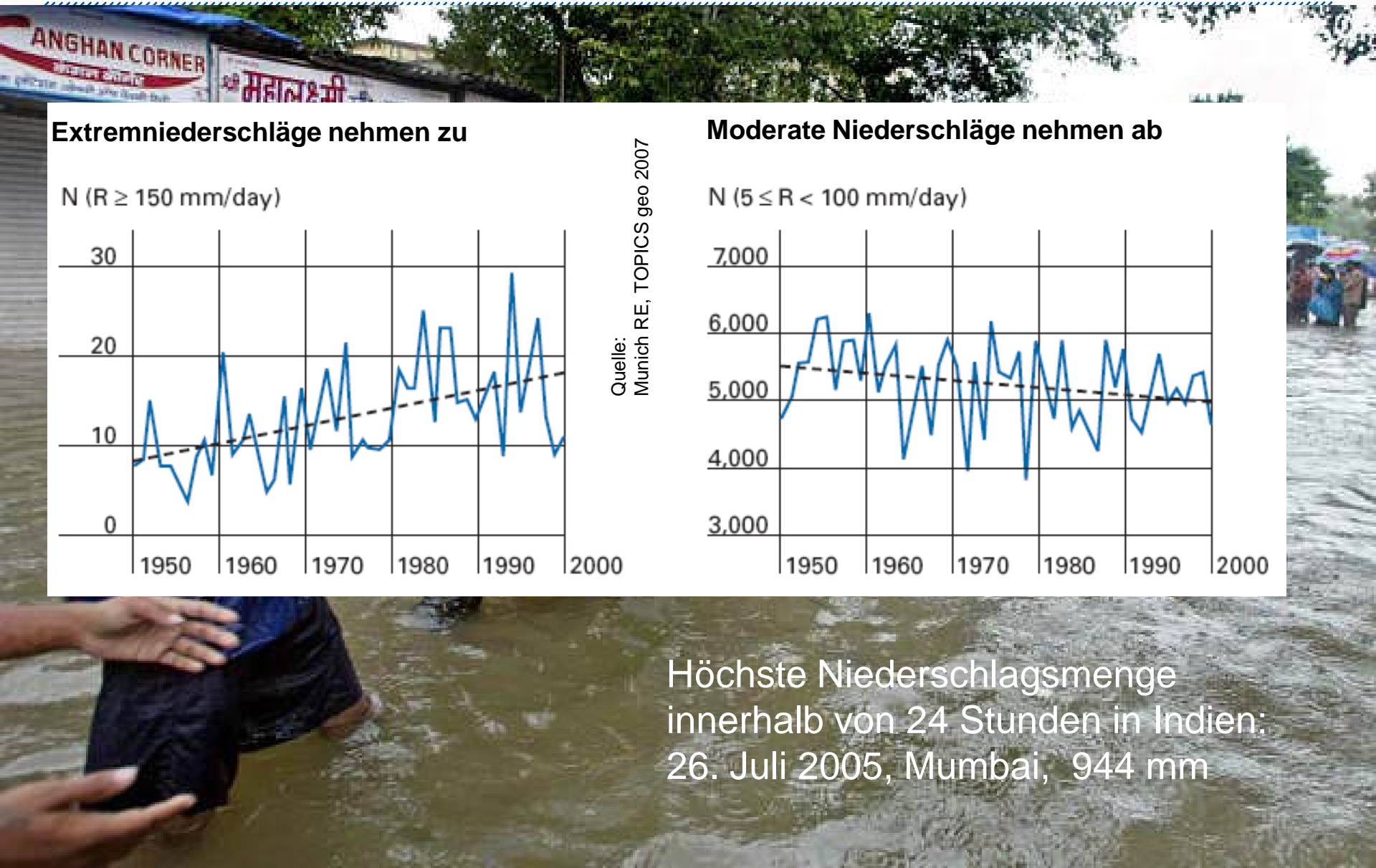
Deutschland

11,6 Mrd €

1,8 Mrd €

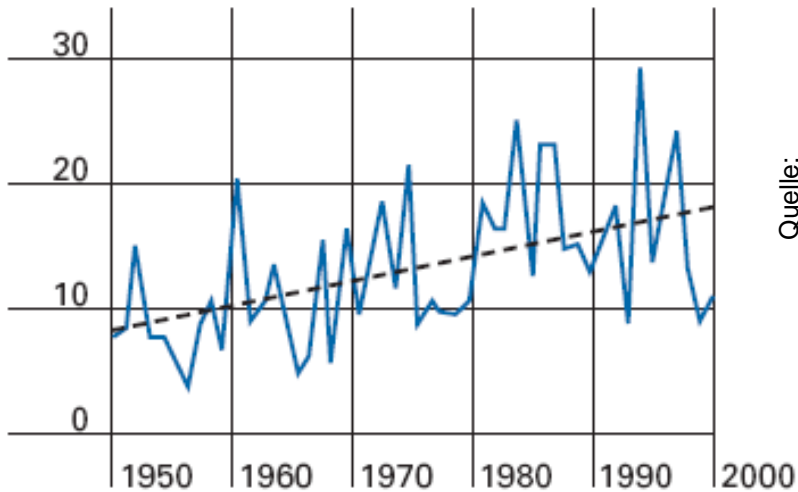
21

Starkniederschläge im Indischen Sommermonsun



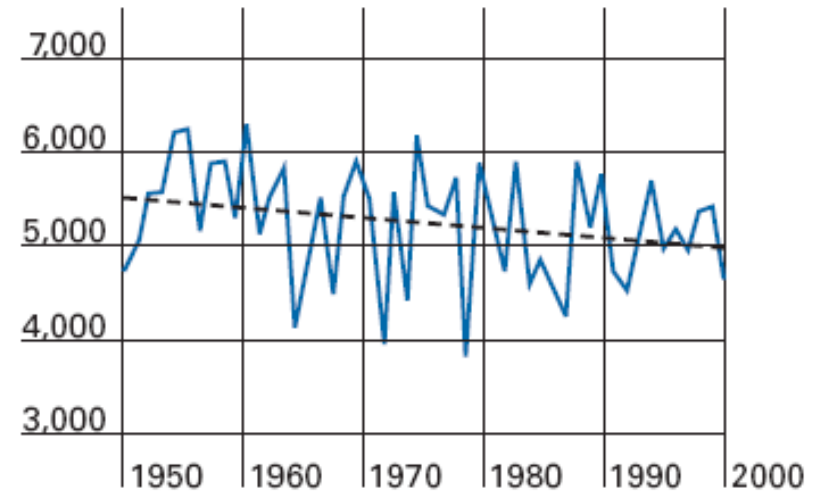
Extremniederschläge nehmen zu

N ($R \geq 150$ mm/day)



Moderate Niederschläge nehmen ab

N ($5 \leq R < 100$ mm/day)



Quelle:
Munich RE, TOPICS geo 2007

Höchste Niederschlagsmenge innerhalb von 24 Stunden in Indien:
26. Juli 2005, Mumbai, 944 mm



SCHWERGEWITTER

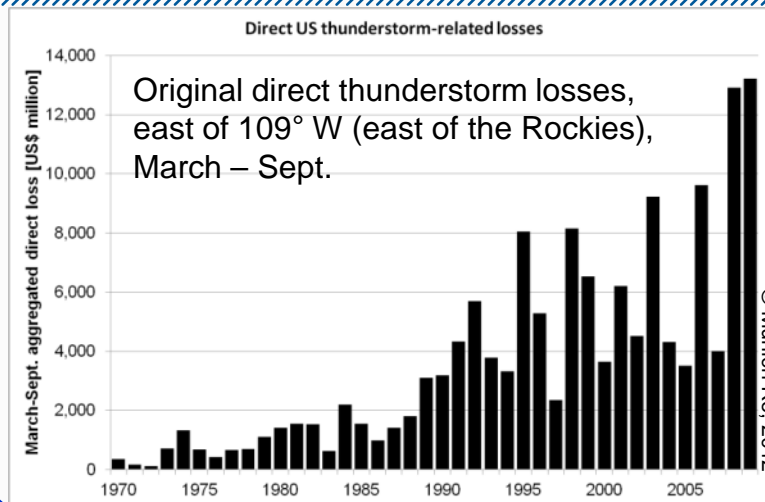


Bilanz 2011:

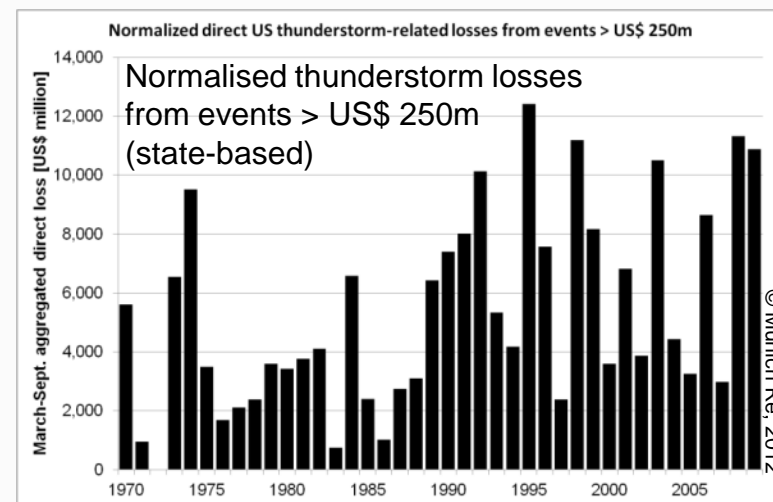
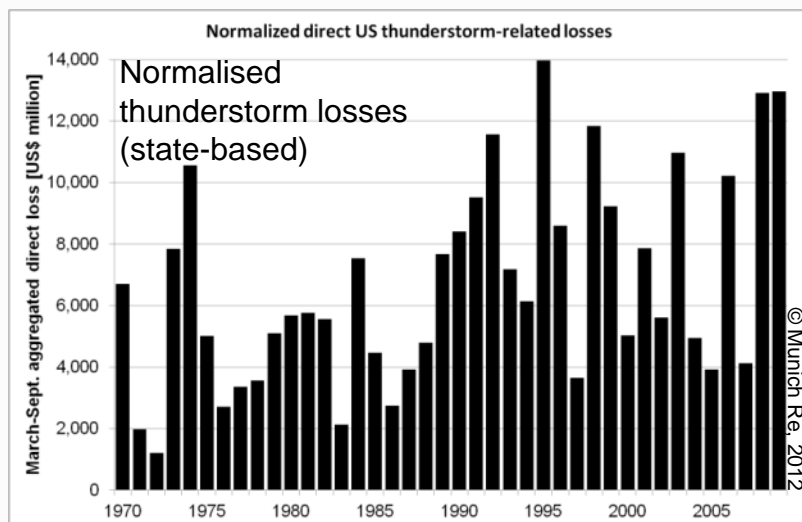
47 Mrd. US\$ direkter Schaden aus Schwergewitter-Ausbrüchen



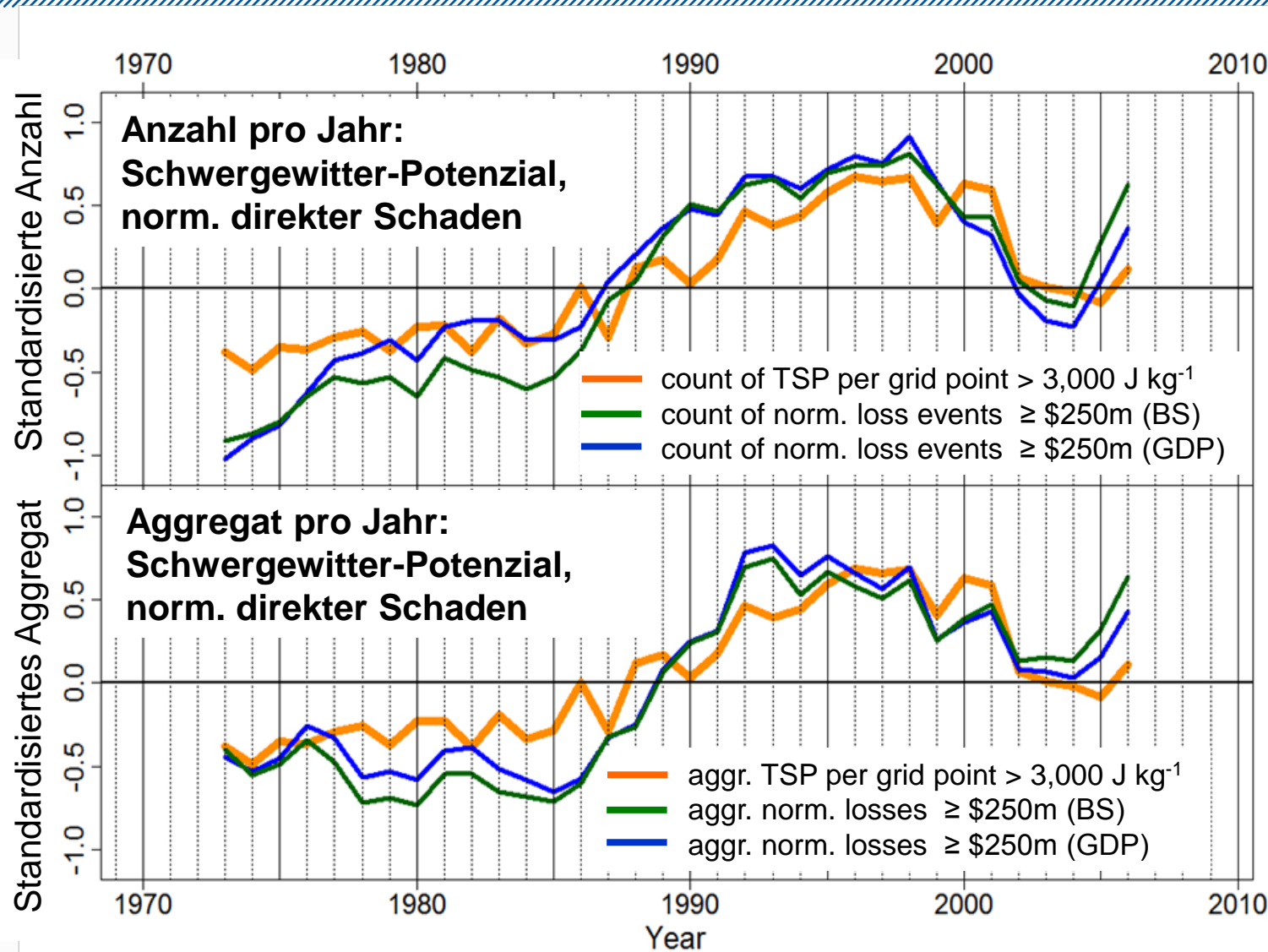
Zunehmende Variabilität von Jahresschäden aus US-Schwergewittern östl. Rockies (1970 – 2009)



Normalisation using *housing stock* as a proxy for destroyable wealth

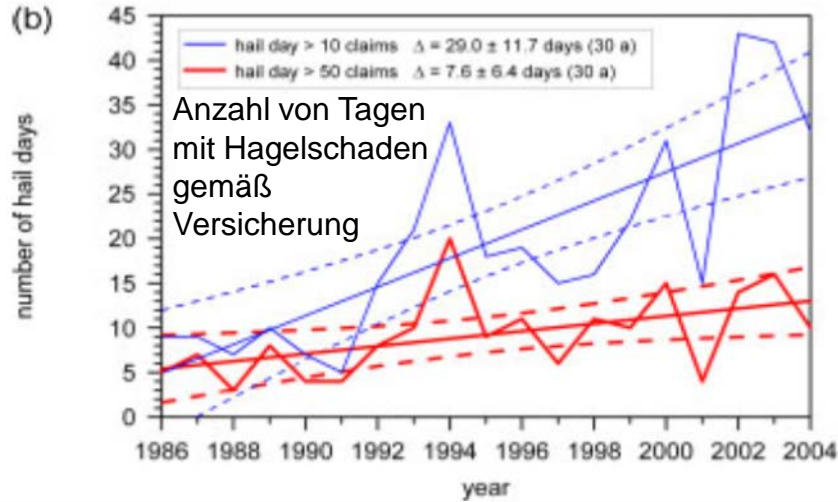
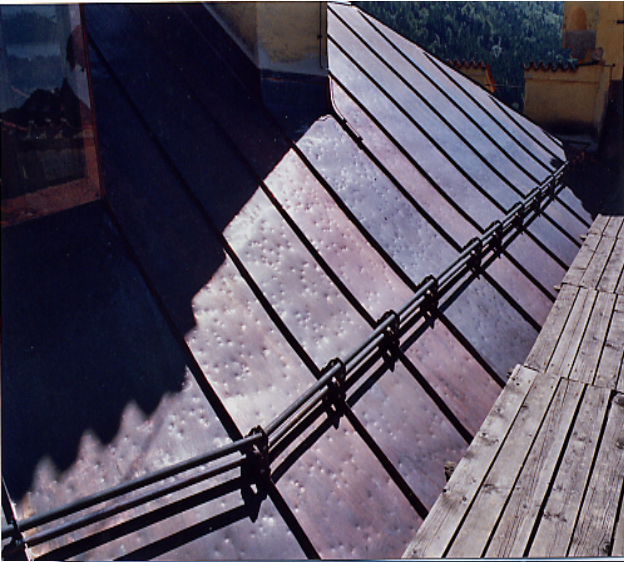


Schäden durch große Gewitterereignisse in den USA östlich der Rocky Mountains in der Periode 1970 – 2009

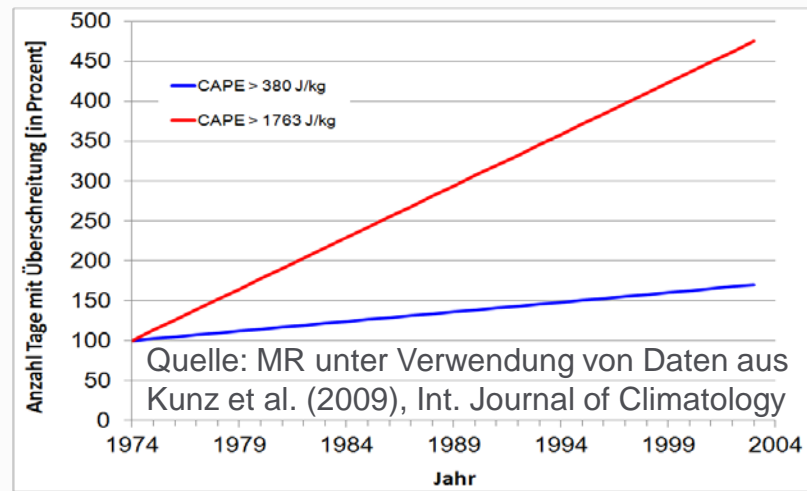


BS, GDP: different normalization approaches using either building stock (BS) or GDP (GDP) as a proxy for wealth

Beobachtete Änderungen bei Schwergewittern im Südwesten Deutschlands



Relative Änderungen beim Gewitterpotenzial



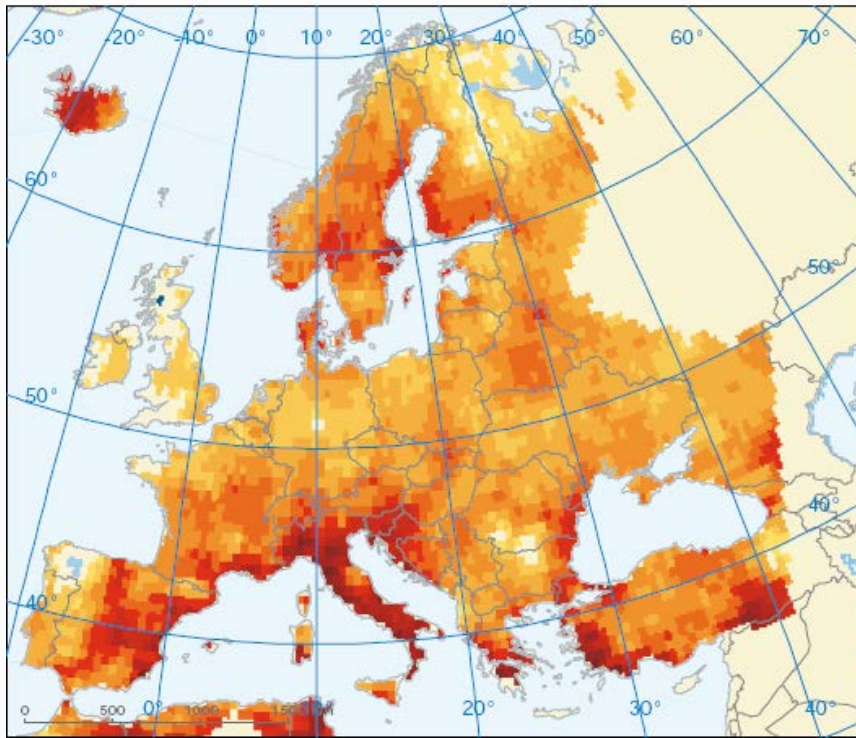
Potenzial für schwere Gewitter steigt stärker an als Potenzial für leichte Gewitter.



HITZE, TROCKENHEIT, WALDBRAND

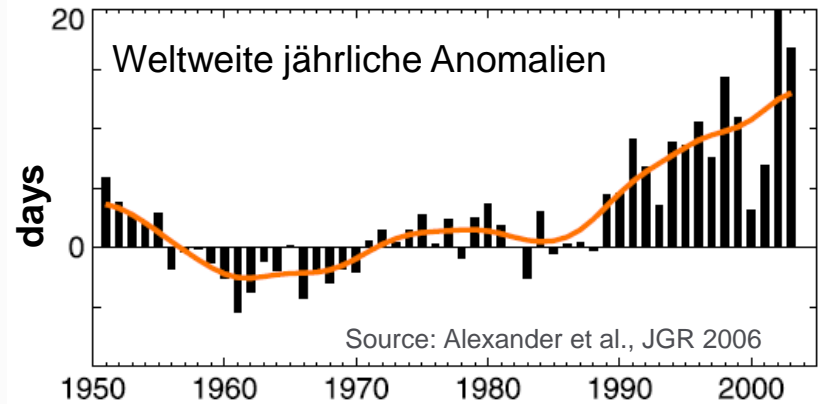
Beobachtete Länge in der Dauer von Warmepisoden 1976 – 2006 und 1950 - 2003

Beobachtete Änderung in der Dauer von sommerlichen Warmepisoden 1976 - 2006

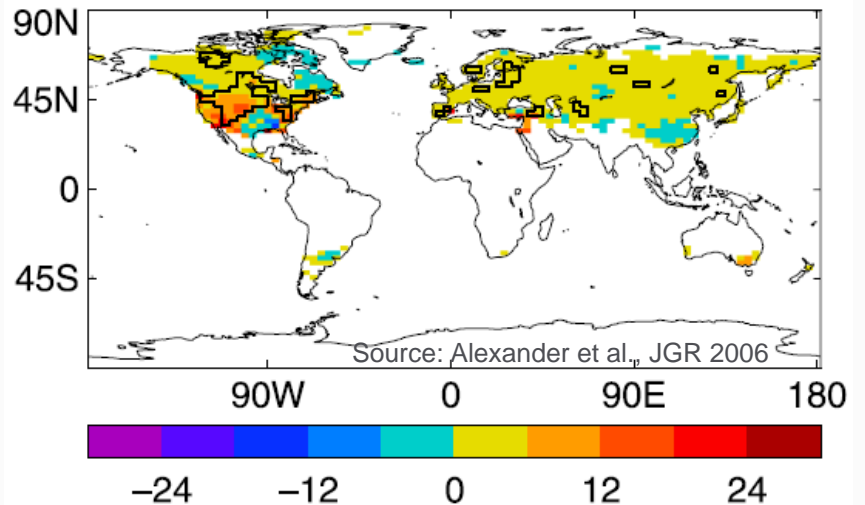


Source: EEA Report 4/2008

Warmepisoden-Dauer-Indikator



Trend (Tage pro Dekade)



Hitzewelle/Waldbrände, Russland

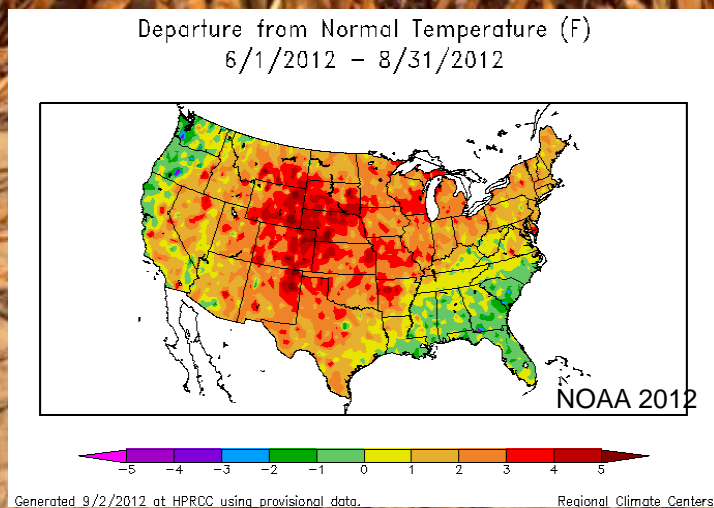
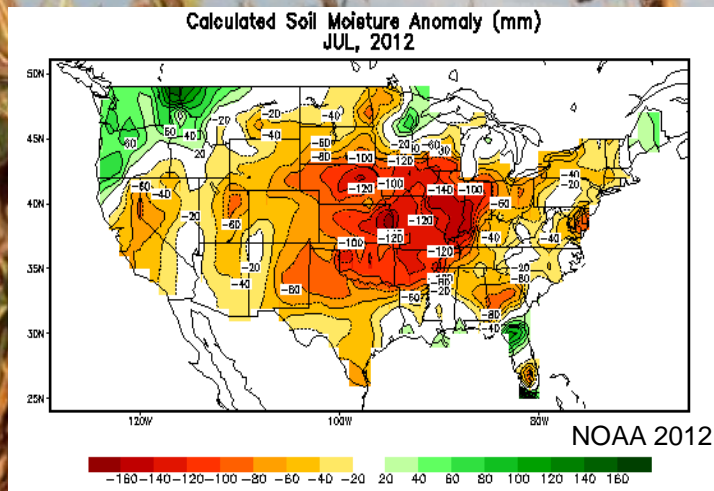
Juni – August 2010



Country affected	Overall losses	Insured losses	Fatalities
Russia	US\$ >3,600m	US\$ 22m	130 (wildfires) 56,000 (heat wave, smoke)

Sommer 2012: Hitzerekorde und Dürre in den USA

Juli 2012 war der wärmste Monat in den USA seit Beginn der Messungen

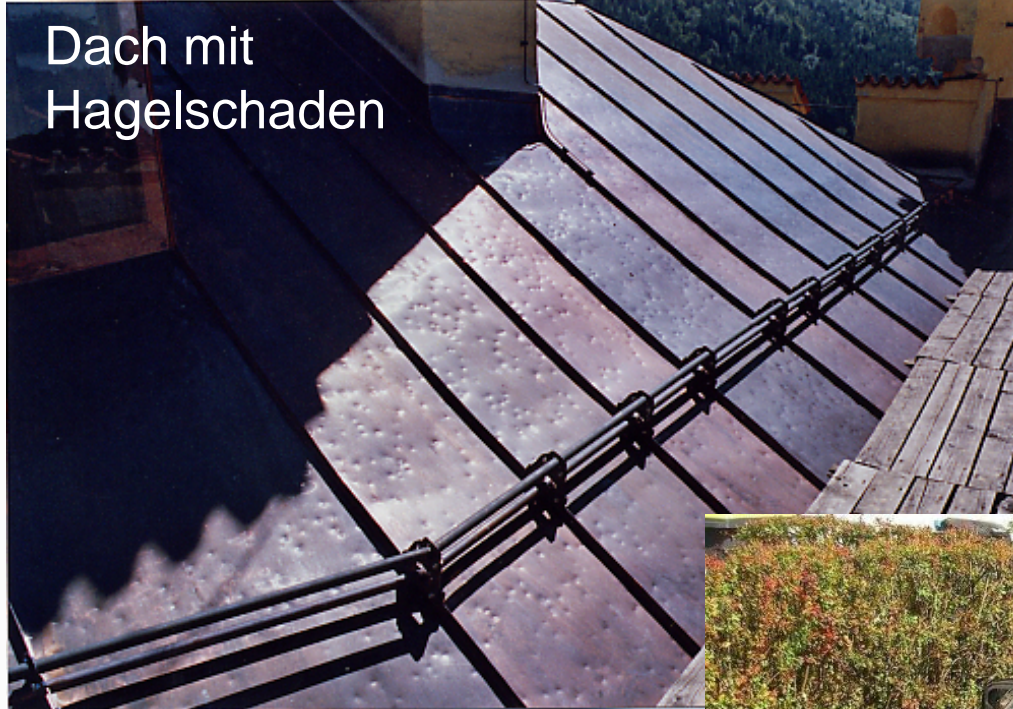


Region	Total losses	Insured losses	Fatalities
USA	US\$ 20 bn	US\$ 16 bn	42



KLIMAWANDEL-PROJEKTIONEN

Sommerliche Gewitterschäden (insbes. Hagel)



Klimamodellierung gemäß dem A1B Szenario:

Sommerhalbjahr

1984/2008

2011/2040 – 1984/2008

2041/2070 – 1984/2008

Mittlerer Schadensatz
Deutschland: 0.034 Promille

Mittlere Änderung: +15%

Mittlere Änderung: +47%





Glashütte, Sachsen 2002

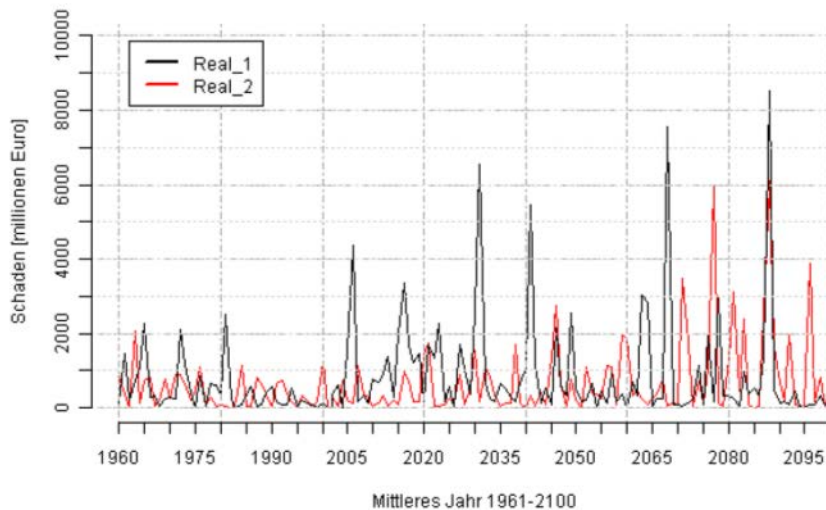
Modellansatz PIK

Flussüberschwemmungen

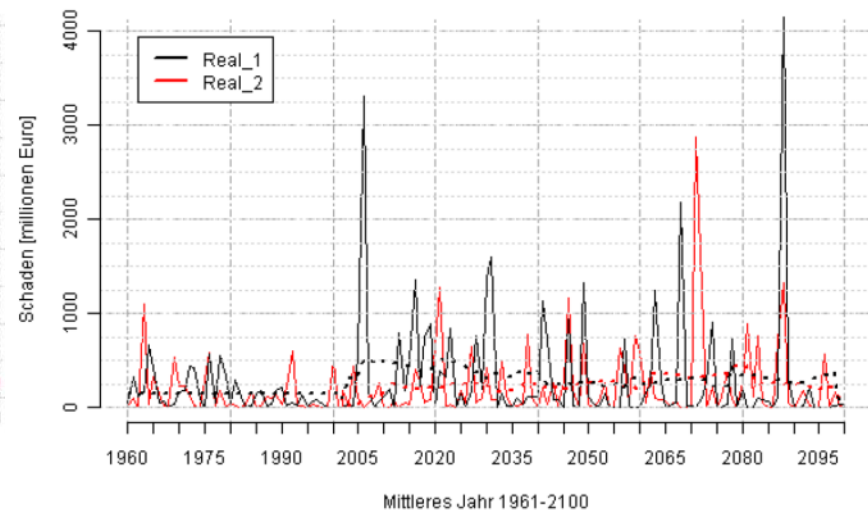
- Hochwasserschadenmodellierung
 - Globales Klimamodell (ECHAM5/OM)
 - ⇒ Regionalmodell (CCLM oder REMO)
 - ⇒ hydrologisches Modell SWIM
 - ⇒ Zuordnung von Schaden über die Abfluss-Wiederkehrperiode (Wiederkehrperioden-Schaden-Zuordnung aus HQ-Kumul)

Beispiele aus der Modellierung:

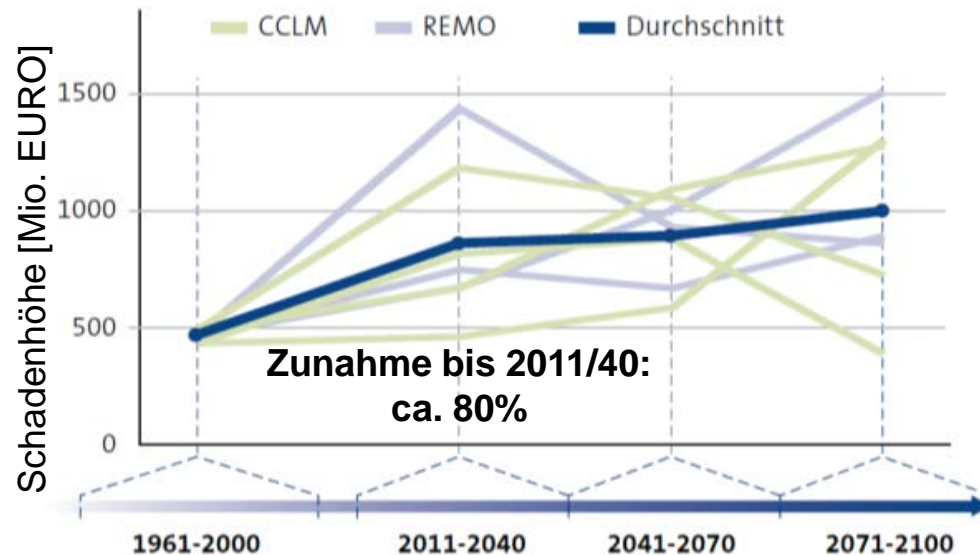
Schaden in Deutschland (CCLM-A1B)



Schaden im EZG Rhein (CCLM-A1B)



Projizierte Jahresschaden-Entwicklung



Fazit:

- Verkürzung der Wiederkehrperioden (häufigere Überschwemmungen)
- Derzeit durchschnittlicher Jahresschaden: ca. € 500 Mio.
Verdopplung bis Ende des Jahrhunderts möglich.
- Ereignisse mit einer Wiederkehrperiode von 50 Jahren können künftig doppelt so teuer werden

-
- Naturkatastrophen nehmen an Zahl und Ausmaß in manchen Regionen zu. Auch Schadenpotenziale nehmen in manchen Regionen zu. Es gibt allerdings gegenwärtig keine globale Klimakatastrophe.
 - Der Klimawandel findet statt - er ist zum größten Teil vom Menschen verursacht. Die Sonne oder andere natürliche Treiber spielen keine ausschlaggebende Rolle bei der Erklärung des globalen Temperaturtrends über die letzten sechs Jahrzehnte.
 - Studien liefern immer mehr Belege, dass der Klimawandel das Risiko für Wetterkatastrophen bereits erhöht hat und weiter erhöhen wird
 - Das Management des Klimawandels erfordert globale Lösungsansätze, die Prinzipien wie Fairness und Gleichheit berücksichtigen müssen



© 2009 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft © 2009 Munich Reinsurance Company

DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT!