

Klimaveränderungen durch den Menschen – Wie kann man sie dämpfen?

Hartmut Graßl
Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg

Vortrag bei 3. Bürgerforum
Vielank, 12. September 2009

Zusammensetzung der Atmosphäre

(1750)

Reihung nach Häufigkeit in der trockenen Luft

Gas	Volumenanteil	
Treibhausgas?		
1. Stickstoff (N ₂)	78,084 % aller Moleküle	
2. Sauerstoff (O ₂)	20,952 %	
3. Argon (Ar)	0,934 %	
Zwischensumme:	99,970 %	
4. Kohlendioxid (CO ₂)	0,028 % = 280 ppm	ja
5. Neon (Ne)	18,180 ppm	
6. Helium He)	5,240 ppm	
7. Krypton (Kr)	1,140 ppm	
8. Methan (CH ₄)	0,700 ppm	ja
9. Wasserstoff	0,500 ppm	
10. Ozon (O ₃)	0,375 ppm	ja
11. Distickstoffoxid (N ₂ O; Lachgas)	0,280 ppm	ja
12. Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,150 ppm	ja

Das Klima der Erde wird ganz wesentlich von Spurengasen bestimmt

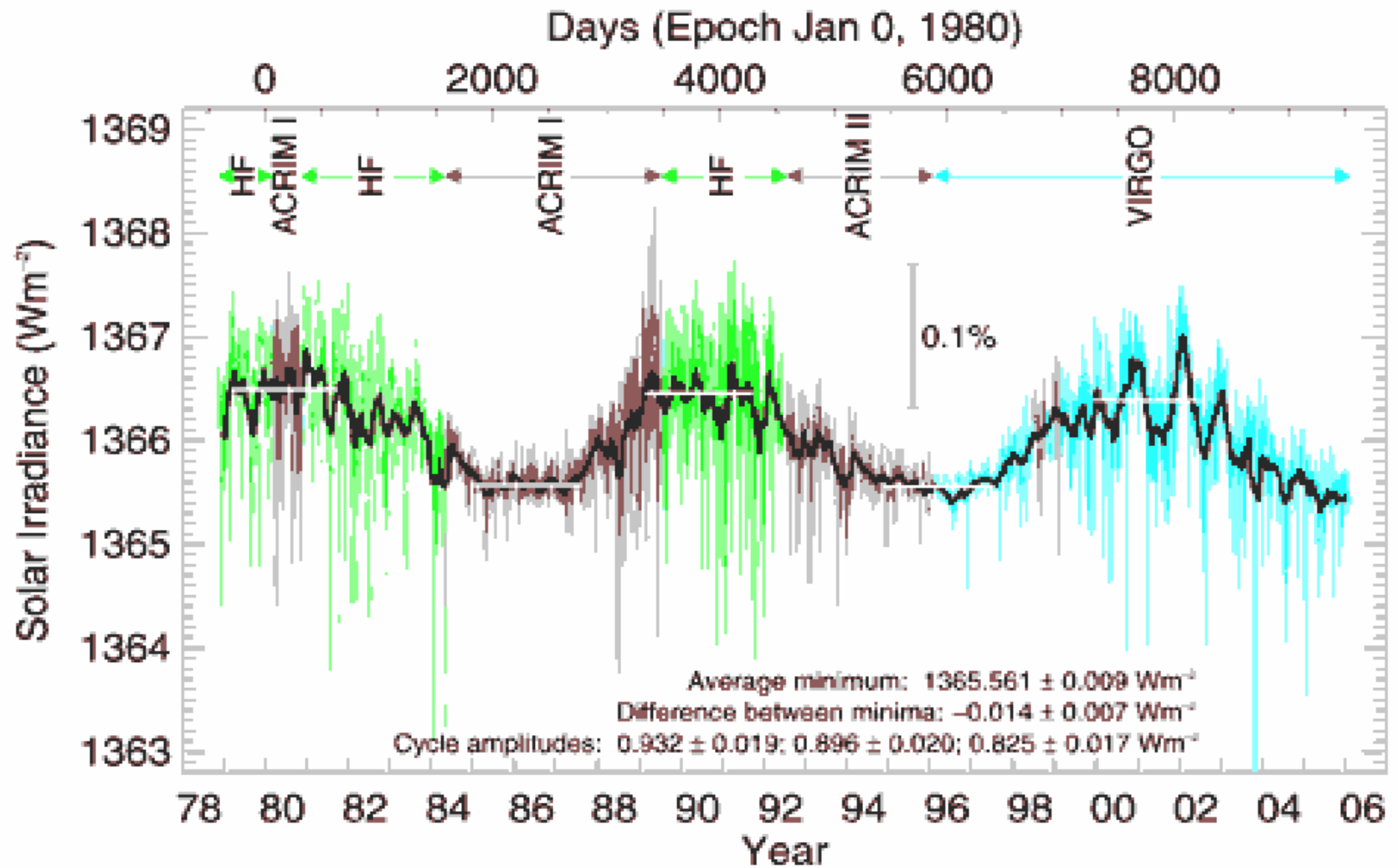
Reihung der natürlichen Treibhausgase in der Atmosphäre der Erde

Gas	Besonderheiten	Anteil am Treibhauseffekt
1. Wasserdampf (H ₂ O)	stark variabel und stark temperaturabhängig	~ 2/3
2. CO ₂	chemisch inert in der Atmosphäre	~ 15%
3. O ₃	extrem variabel, kurzlebig (Tage bis Wochen)	~ 10%
4. N ₂ O	langlebig, Senke in der Stratosphäre	~ 5%
5. CH ₄	Senke in der Atmosphäre	~ 3%
6. CO	Senken und Quellen in der Atmosphäre	~ 0,3%

Beobachtete Variabilität und beobachtete Trends

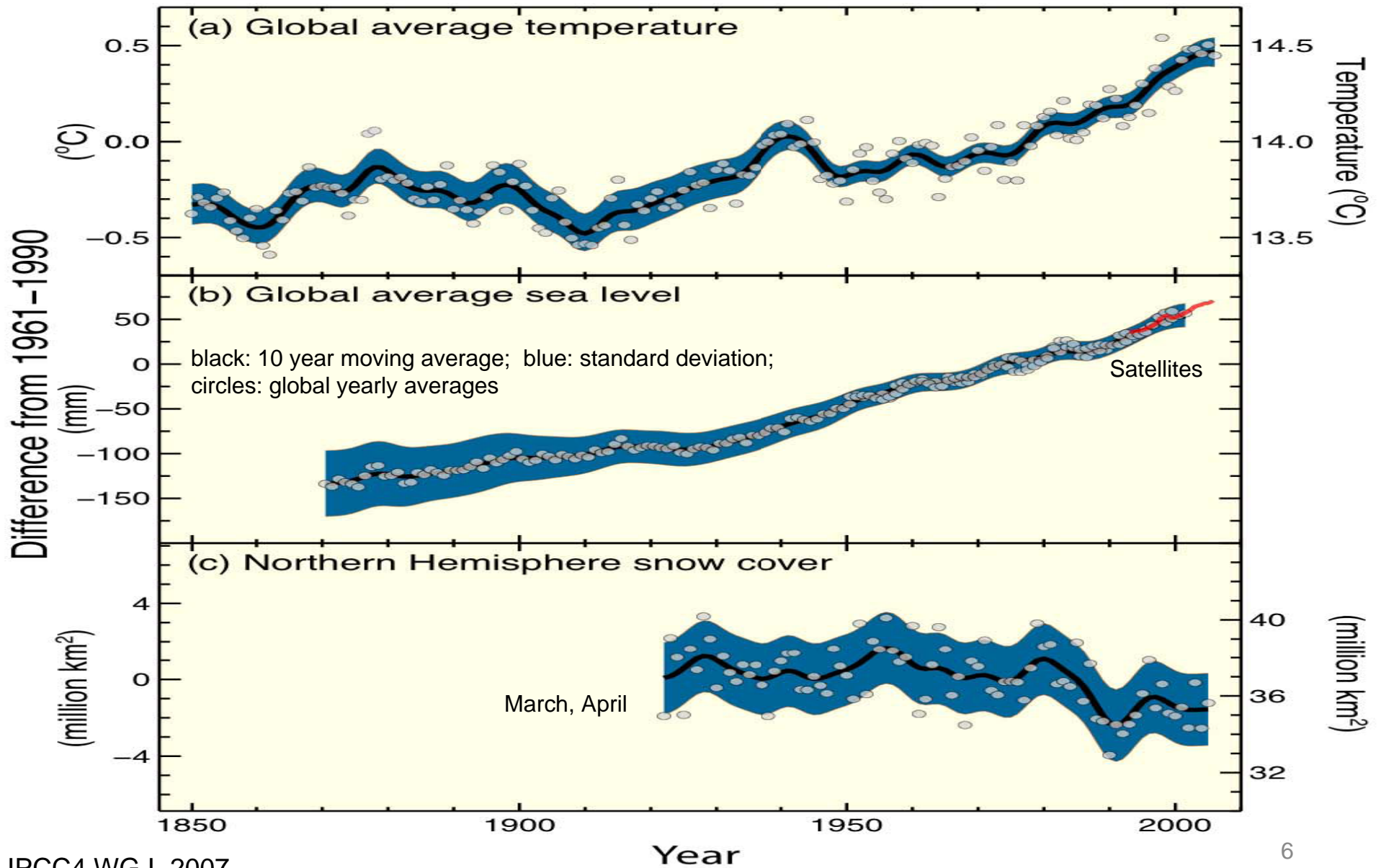
1. Sonne
2. Temperatur, Meeresspiegel, Schneebedeckung
3. Gletscher
4. Kohlenstoffkreislauf

Stability of the solar constant



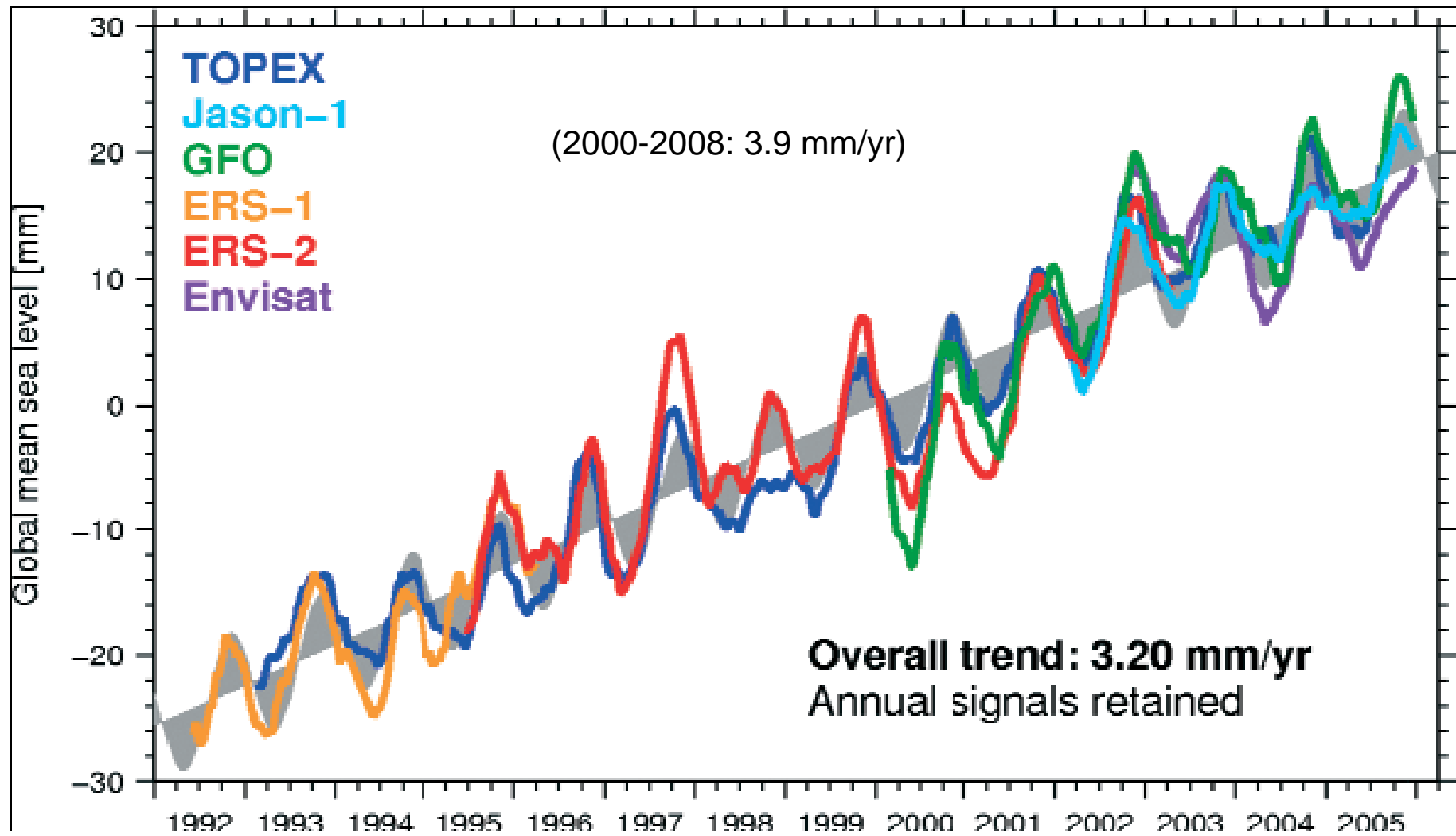
Source: PMOD/WRC in Davos

Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



Observed Global Sea Level Rise

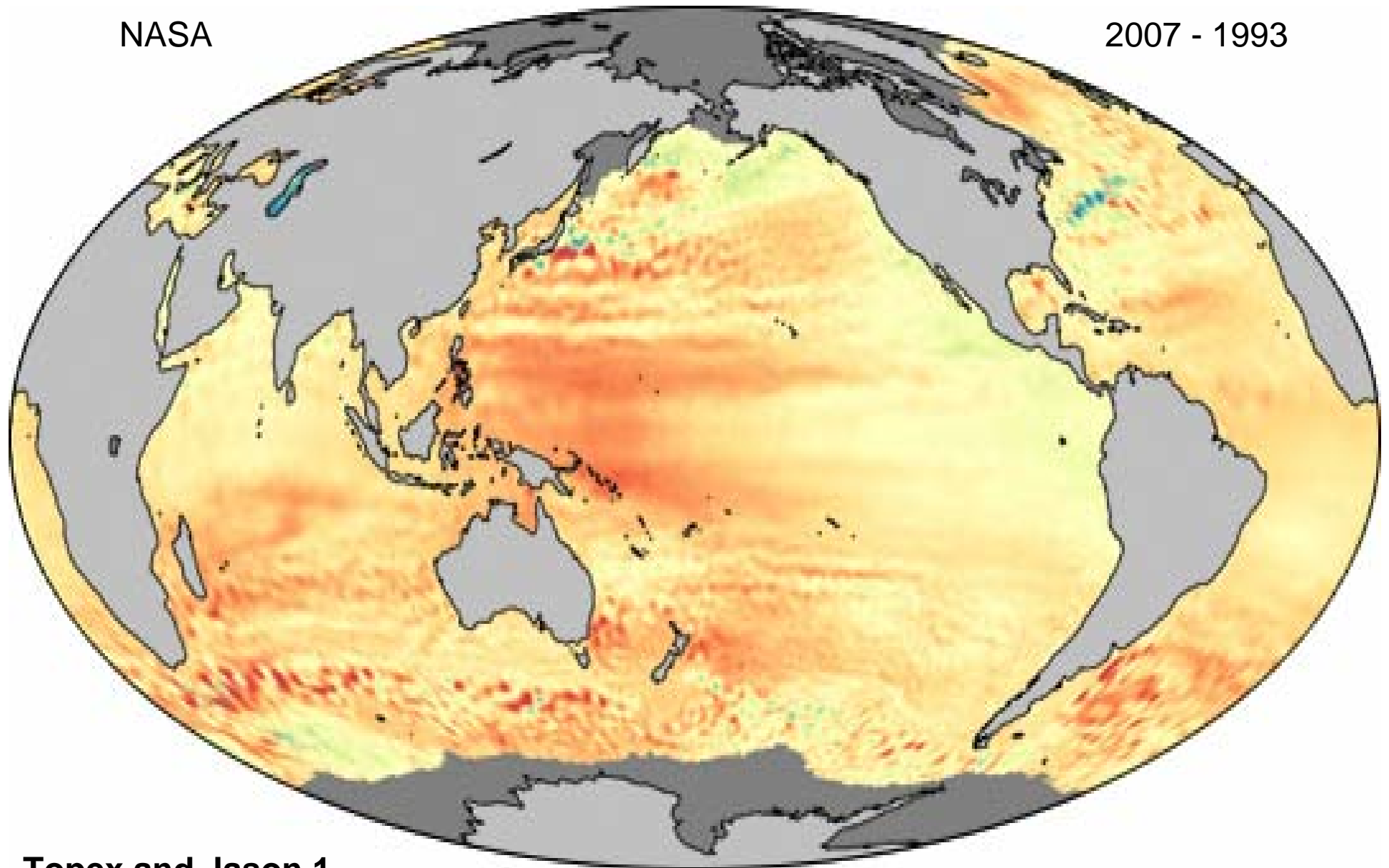
Source: The Changing Earth (SP-1304, ESA, 2006)



sea level rise derived from several satellite altimeters

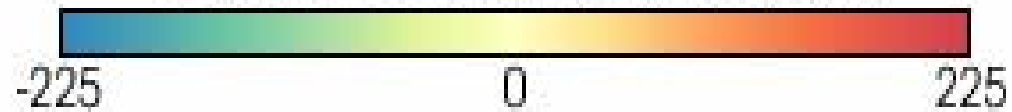
NASA

2007 - 1993

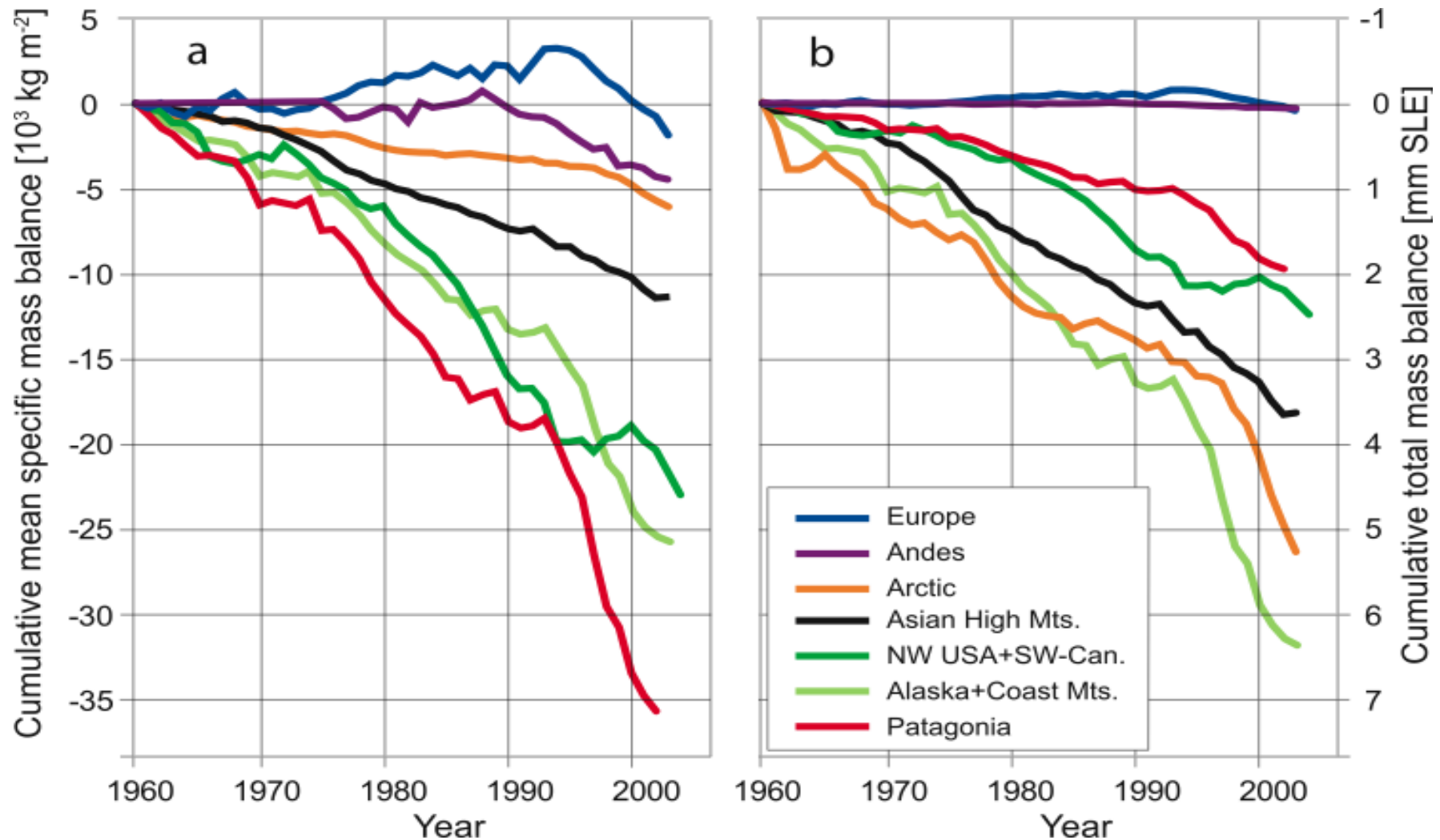


**Topex and Jason 1
Altimeters**

Sea Surface Height Change (mm)



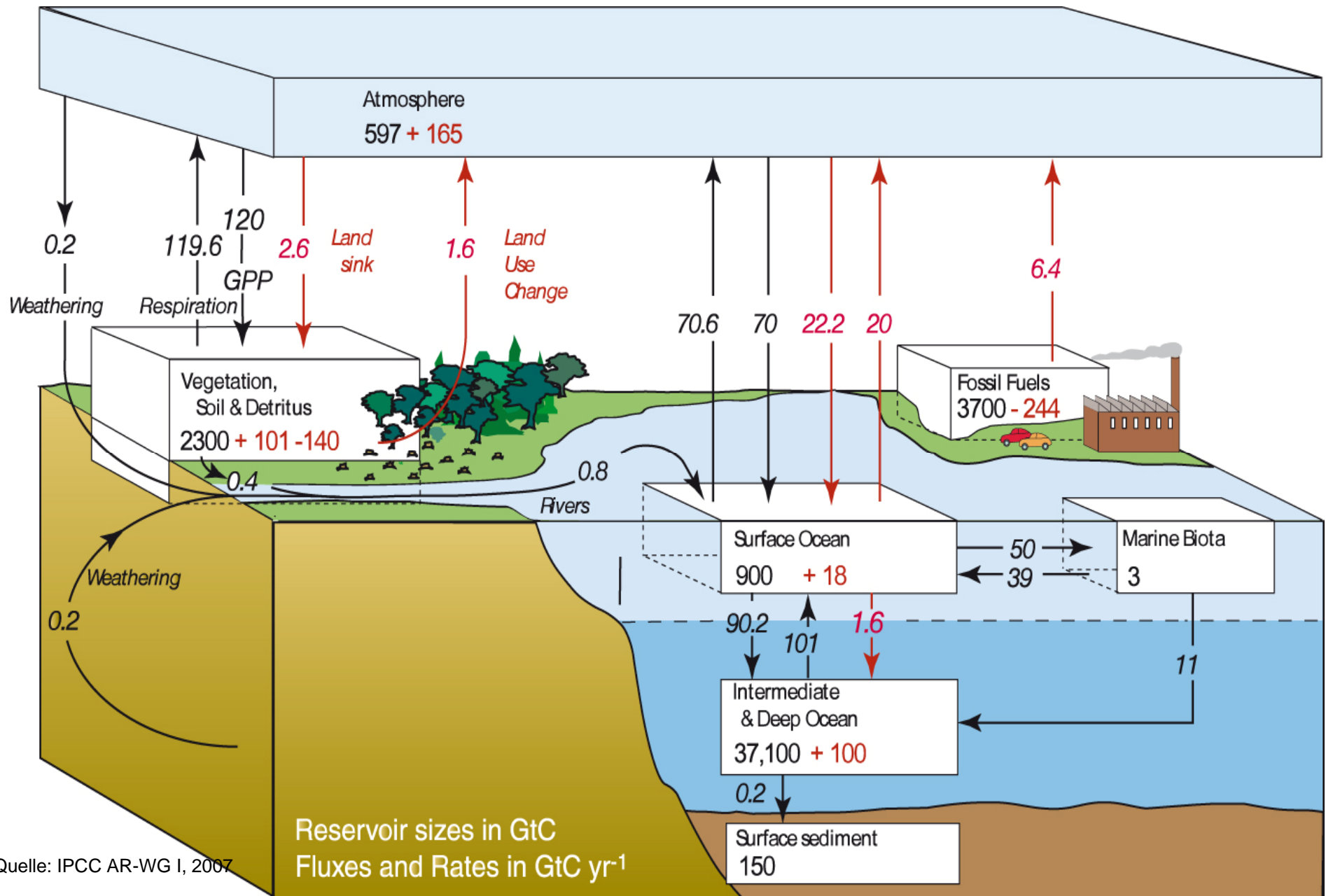
IPCC4 WG I, 2007



Cumulative mean specific mass balances (a) and cumulative total mass balances (b) of glaciers and ice caps, calculated for large regions (Dyurgerov and Meier, 2005). Mean specific mass balance shows the strength of climate change in the respective region. Total mass balance is the contribution from each region to sea level rise.

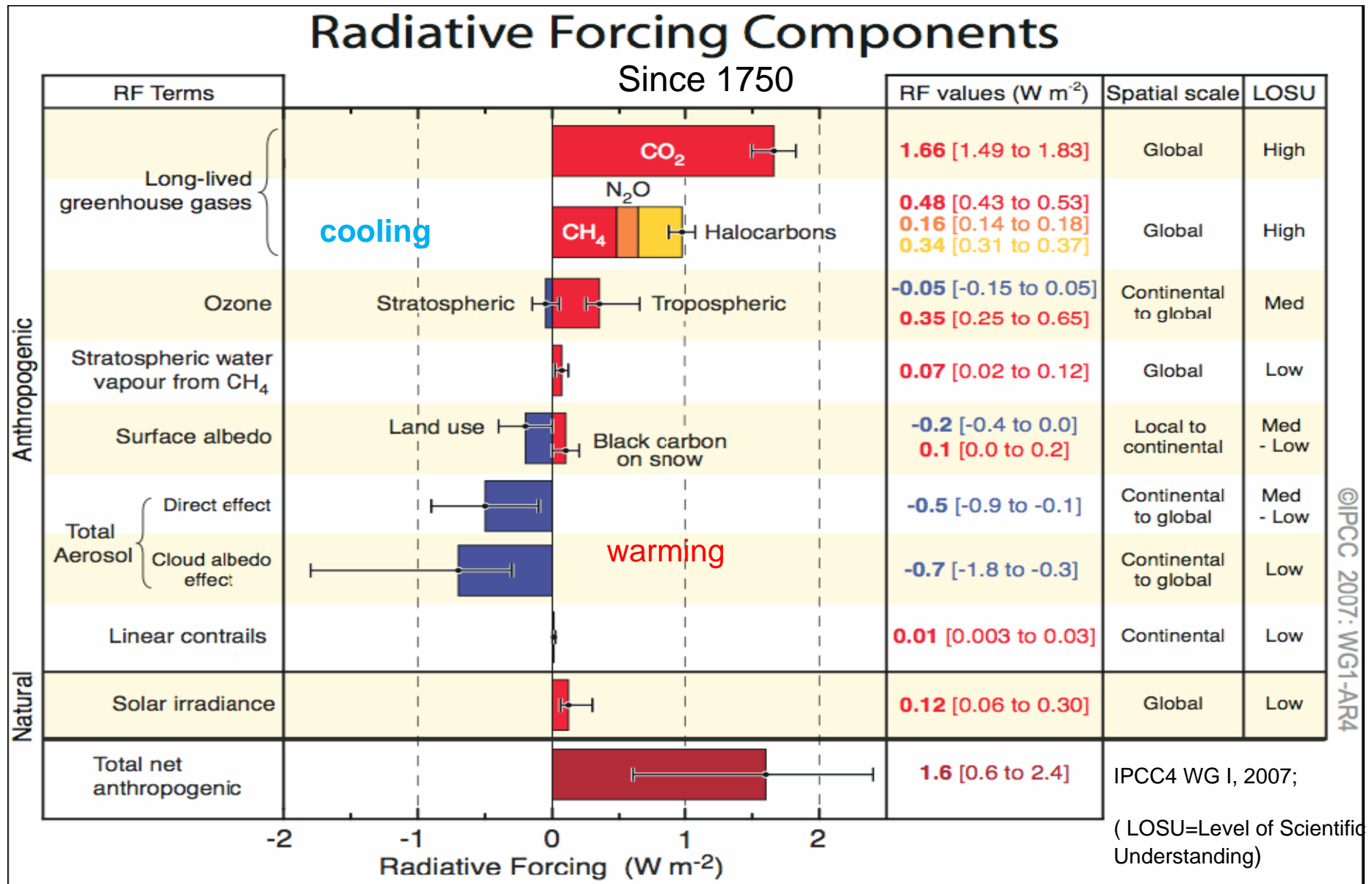
Änderung des Kohlenstoffkreislaufes seit 1750 (rote Pfeile und rote Zahlen mit anthropogenen Beiträgen zu den Flüssen zwischen den Reservoiren und der Reservoirgröße)

Carbon cycle changes since 1750 (red arrows and red numbers with anthropogenic contribution to reservoirs and fluxes between them)



Quelle: IPCC AR-WG I, 2007

Strahlungsantrieb durch Aktivitäten des Menschen und durch die Sonne

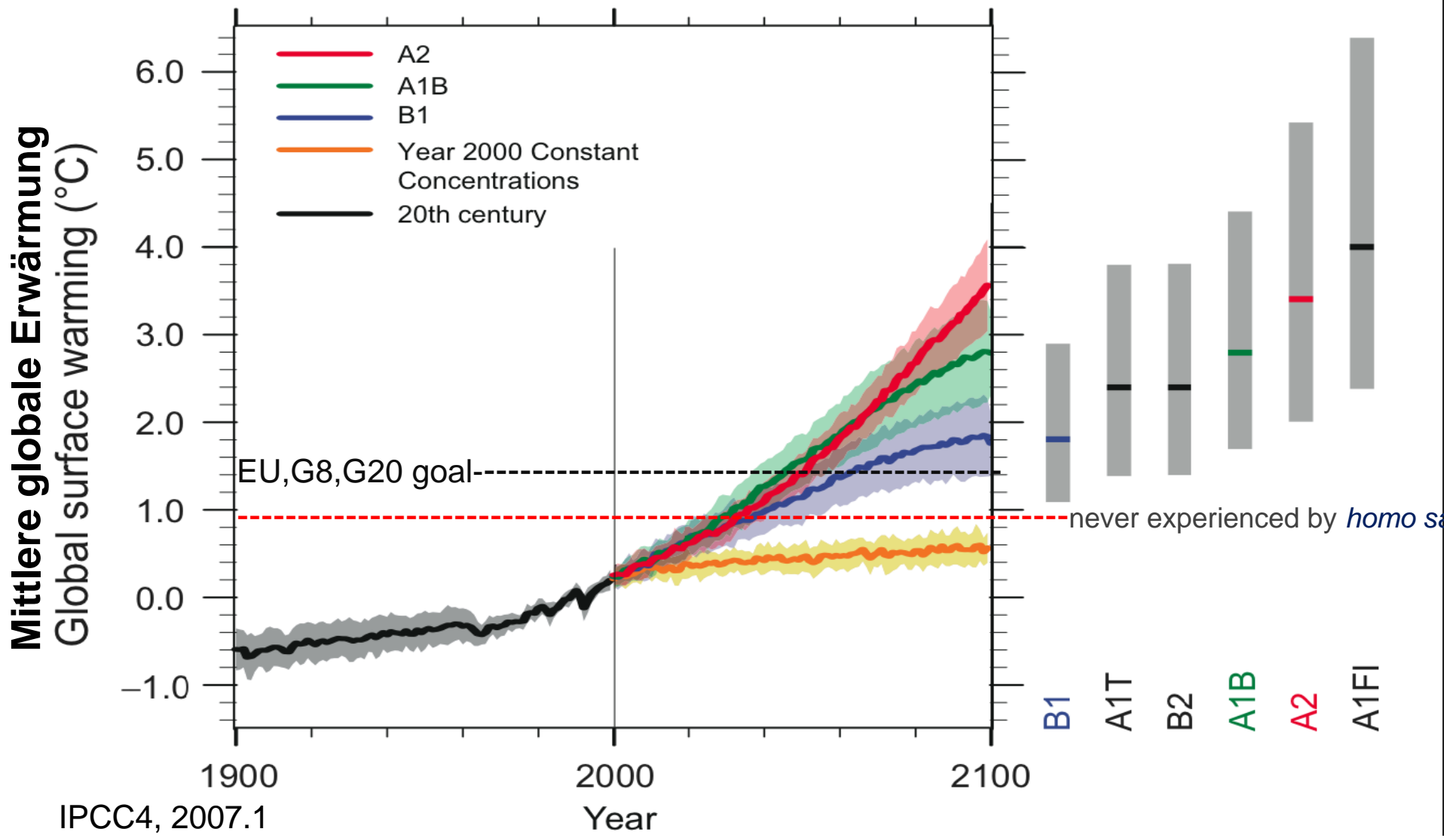


Radiative Forcing= Change of the Earth's Radiation Budget to due changes inatmospheric composition and surface properties

Welche Klimaänderungen
folgen aus welchen Szenarien
menschlichen Verhaltens?

Modellmittel und Unsicherheitsbereiche der Klimamodelle

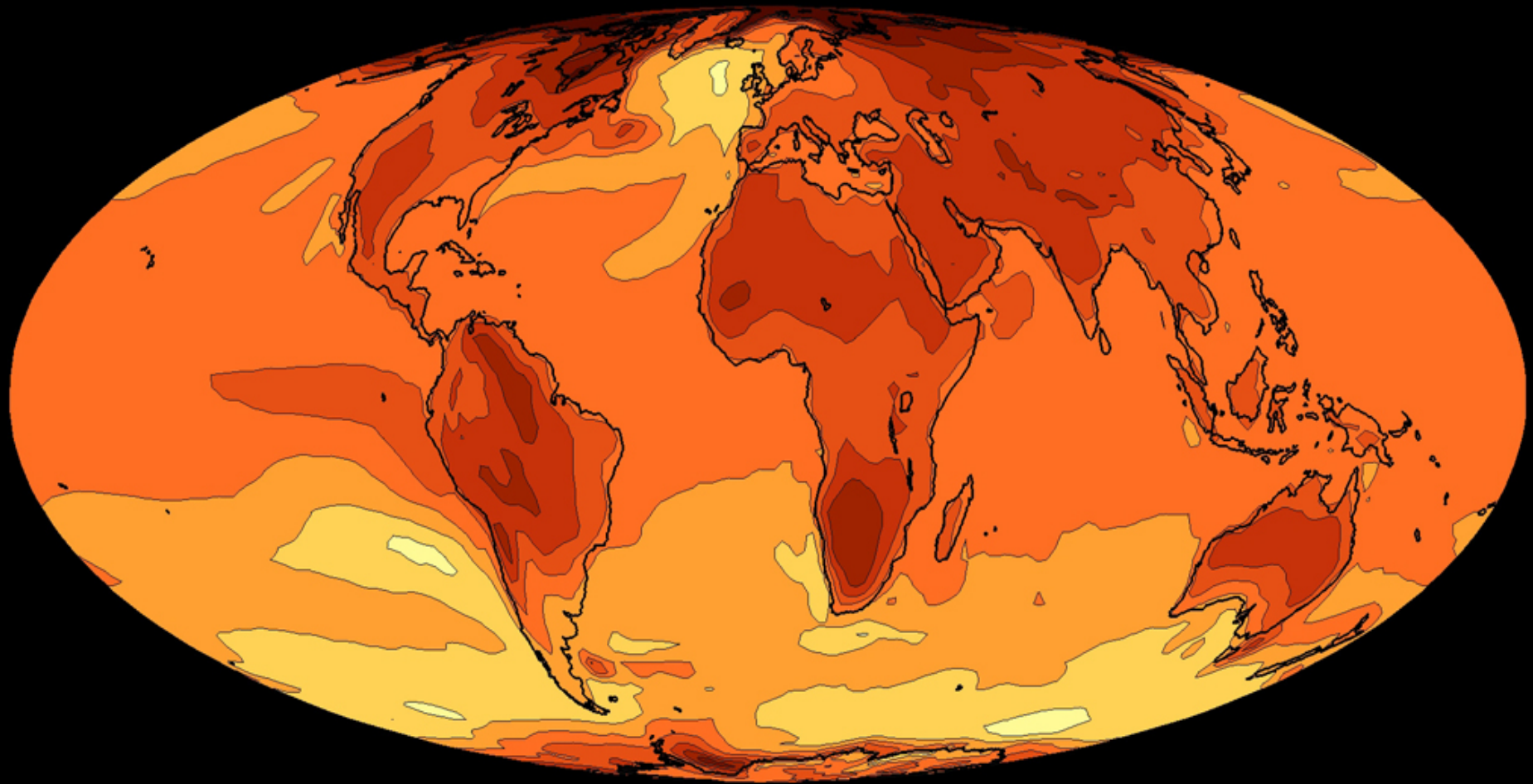
Multi-model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming



IPCC4, 2007.1

IPCC Szenario A1B

Mittlere Änderung der 2m-Temperatur für 2100 gegenüber 1961-1990 [Grad C]



© DKRZ / MPI-M / M&D 2005



-1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 °C
Average 2 m temperature increase in 2100 compared to 1961 -1990

Geänderte Niederschlagsmuster Projected Patterns of Precipitation Changes

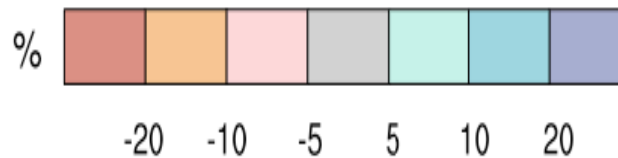
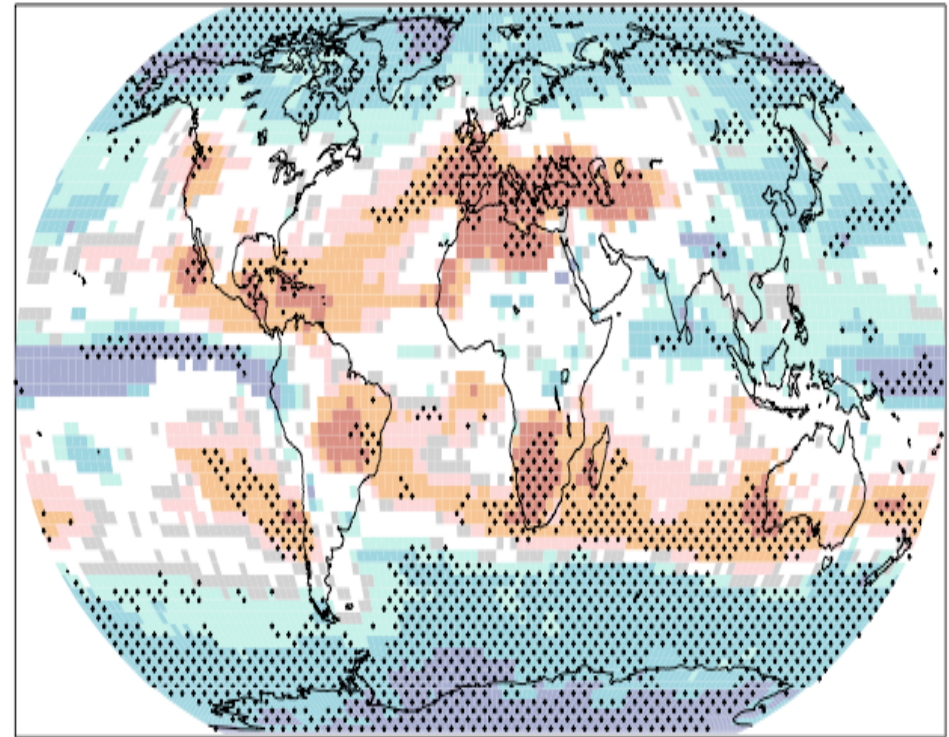
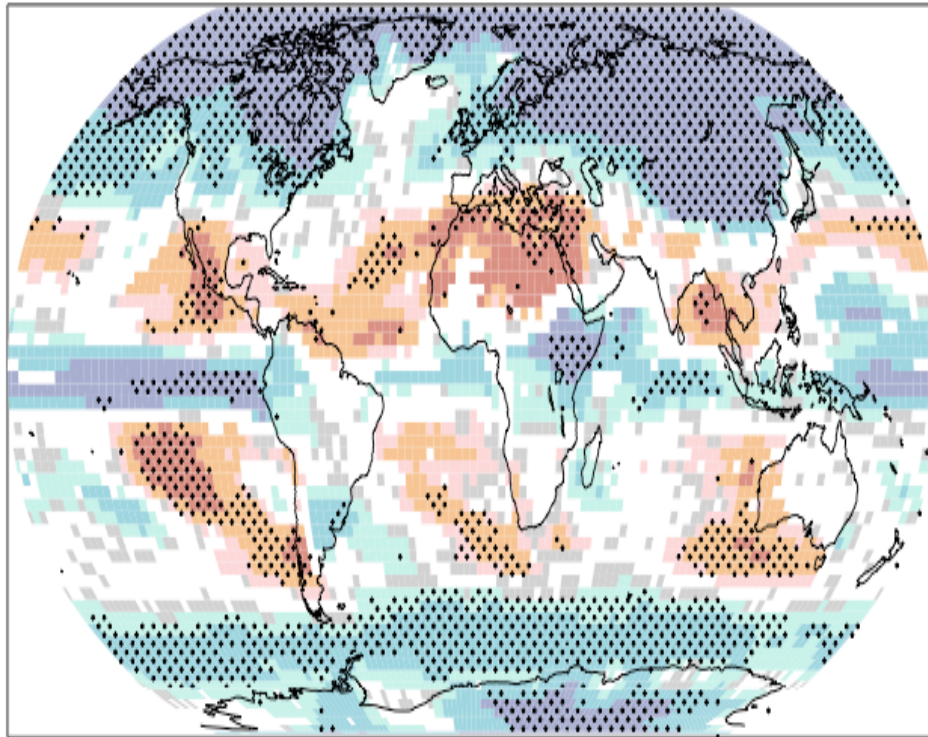
multi-model

A1B

DJF multi-model

A1B

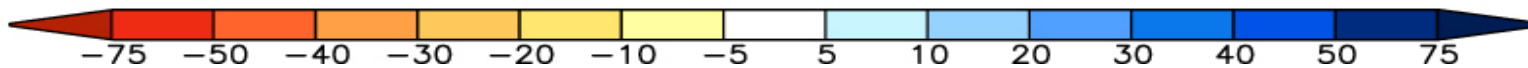
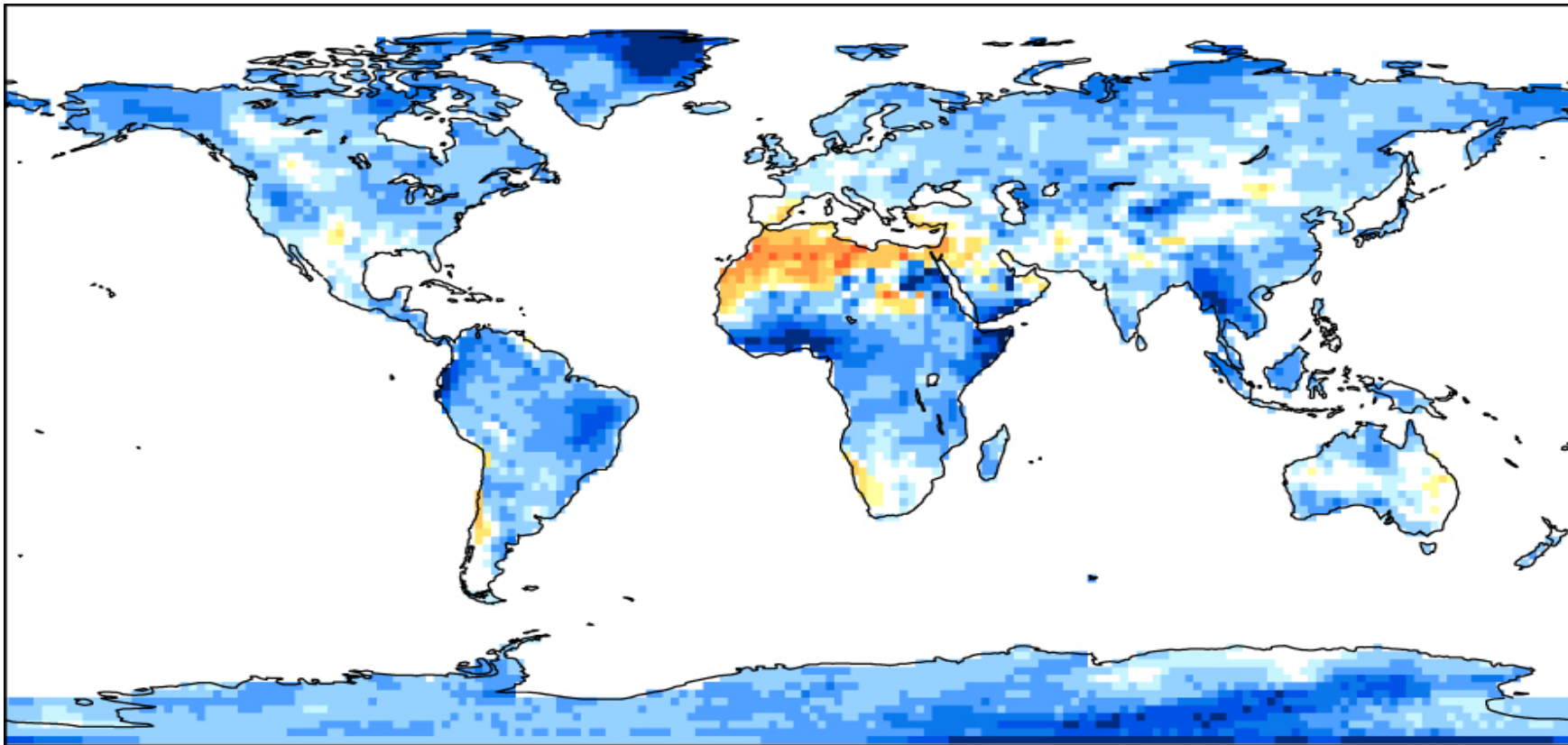
JJA



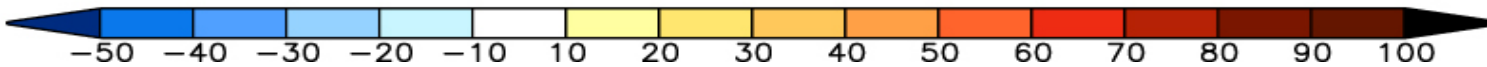
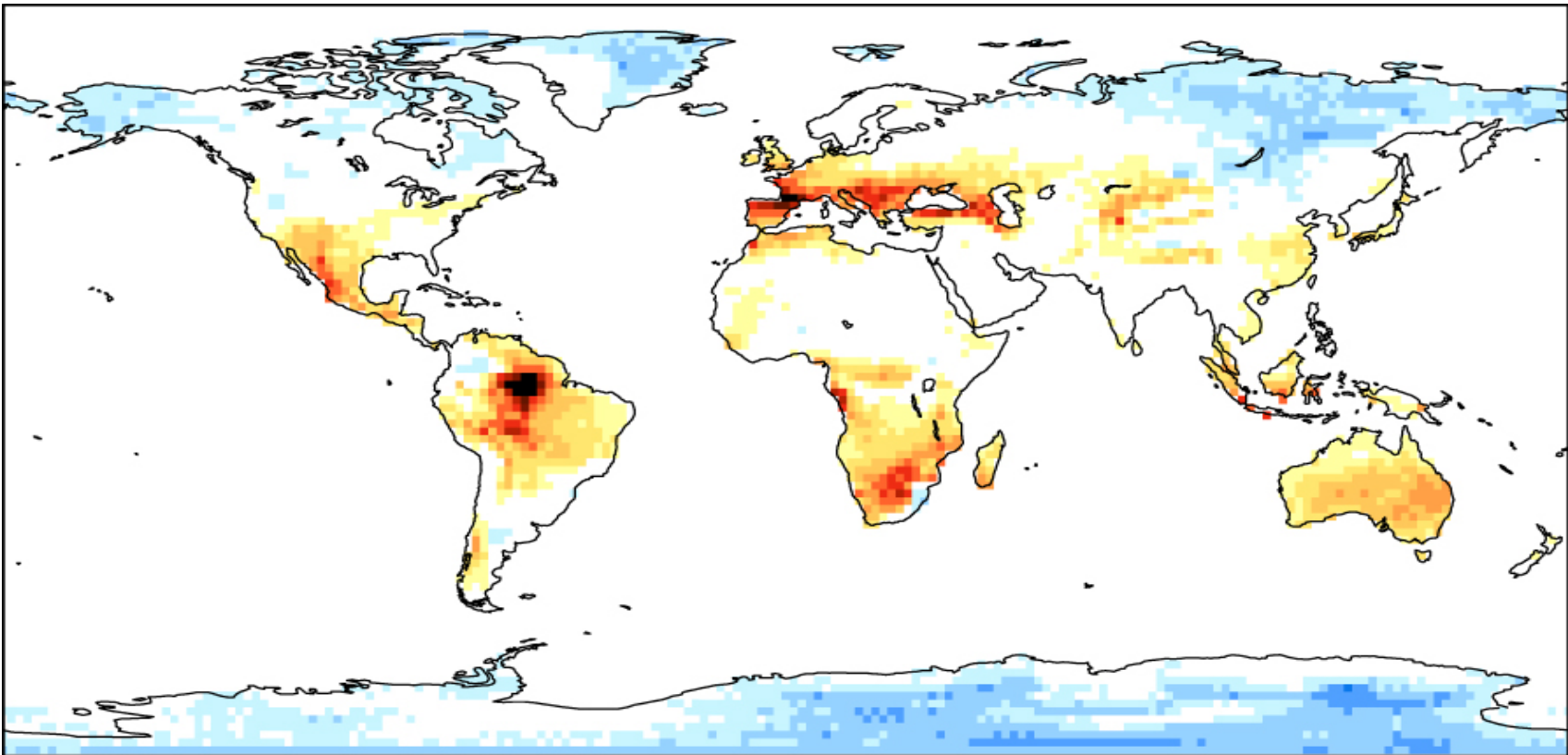
Stippled: 90% of models agree

White: no significant changes in 60% of all models

©IPCC 2007: WG1-AR4



Prozentuale Änderungen von jährlichen Extremniederschlägen in Szenario A1B; jährlicher Extremniederschlag definiert als maximale Niederschlagsmenge in 5-Tages-Zeitraum innerhalb eines Jahres; dargestellt ist prozentuale Änderung der 30-jährigen Mittelwerte im Zeitraum 2071-2100 bezogen auf Mittelwerte der Jahre 1961-1990



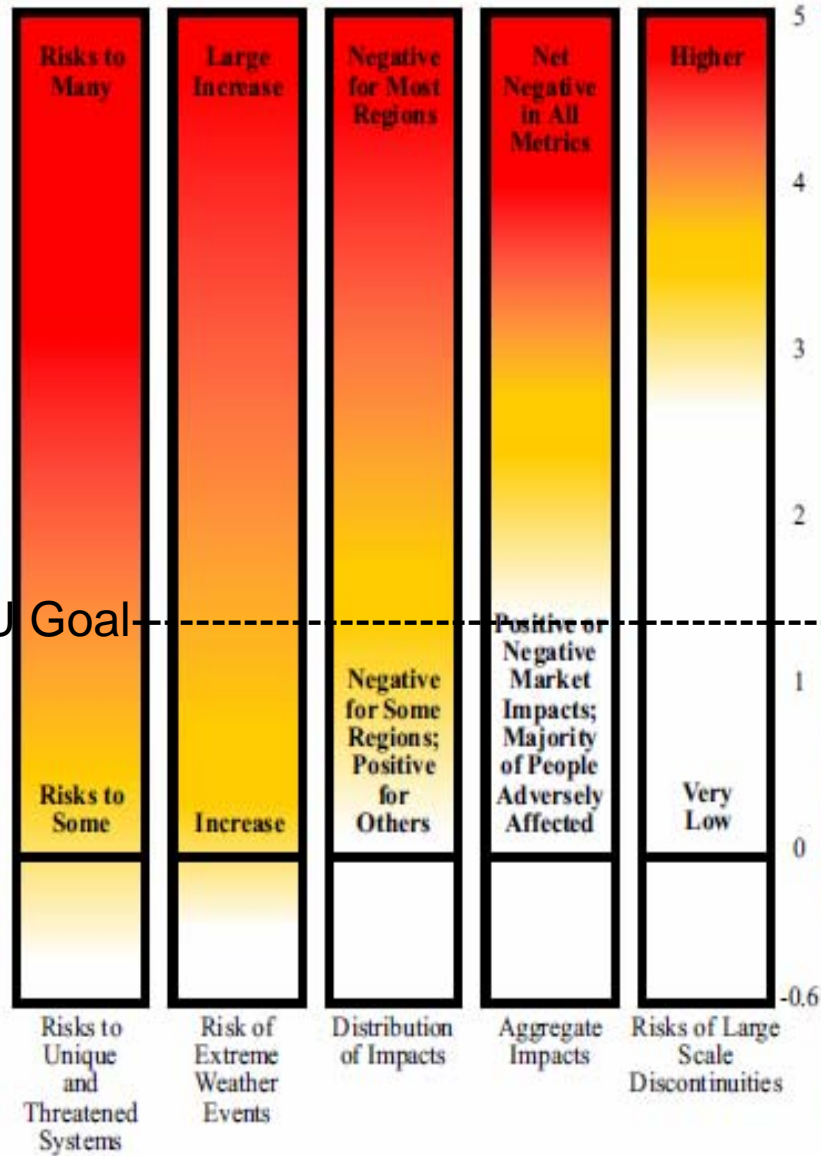
Prozentuale Änderungen vom maximalen Trockenperioden im Szenario A1B;
maximale Trockenperiode definiert als maximale Anzahl von aufeinander folgenden
Tagen innerhalb eines Jahres mit täglicher Niederschlagsmenge unterhalb eines
Schwellwertes von 1mm; dargestellt ist prozentuale Änderung der 30-jährigen
Mittelwerte im Zeitraum 2071-2100 bezogen auf Mittelwerte der Jahre 1961-1990

Die Überforderung der Natur

- **IPCC-WG II April 2007**
- „Wenn der Anstieg der mittleren globalen Temperatur 1,5 bis 2,5 °C überschreitet, ist ein erhöhtes Aussterberisiko für ca. 20-30 % der bisher untersuchten Tier- und Pflanzenarten wahrscheinlich.“
(Übersetzung BMU)
- **IPCC-Synthesebericht November 2007**
- „Es gibt eine mittlere Sicherheit dafür, dass 20-30 % der Pflanzen- und Tierarten wahrscheinlich von einem wachsenden Risiko des Aussterbens bedroht sind, wenn die globale Durchschnittstemperatur um 2-3 °C gegenüber vorindustriellen Werten ansteigt.“
(Übersetzung BMU)
- **Folgerung:** Zur Habitatzerstörung und der Artenverschleppung kommt der Klimawandel als mindestens ebenso wesentliche Bedrohung der biologischen Vielfalt

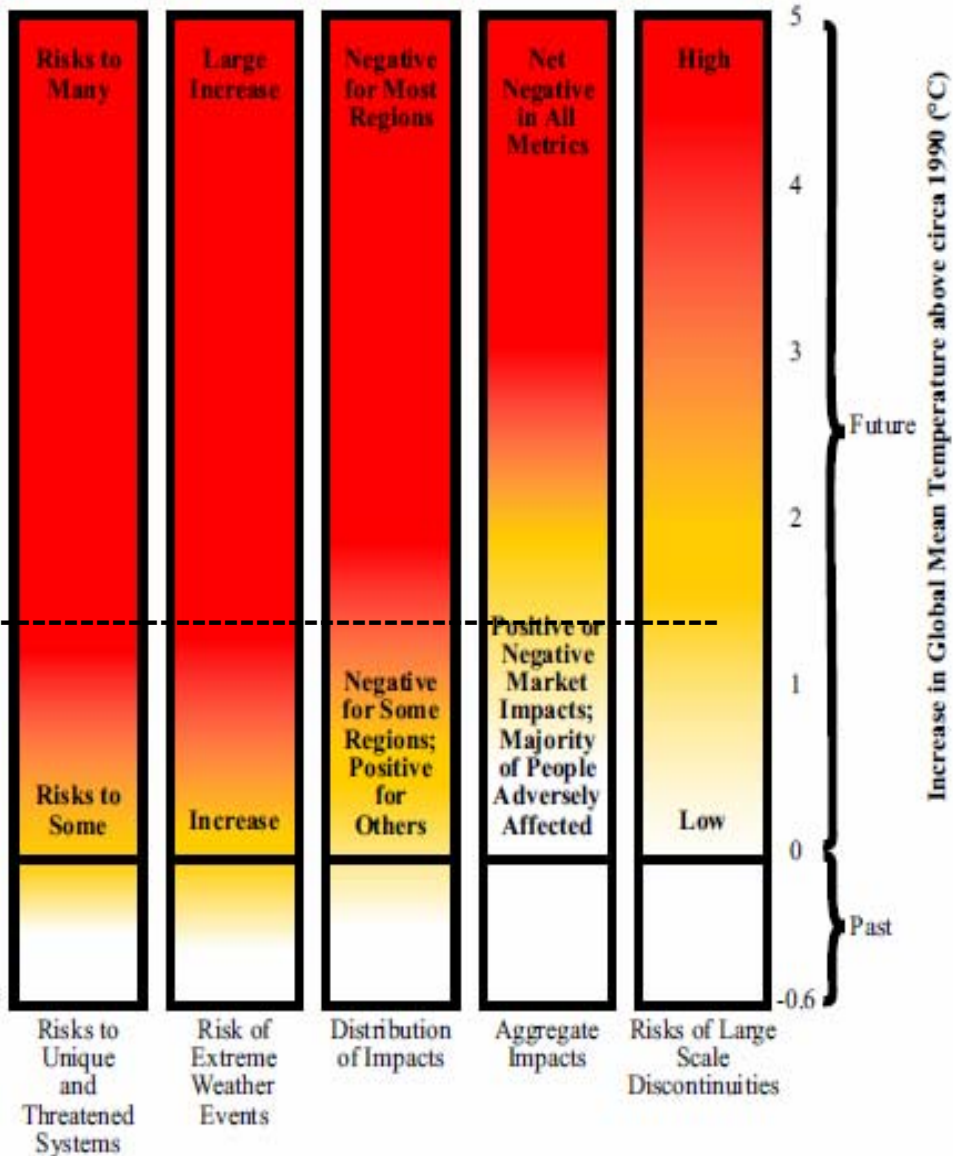
IPCC 2001

TAR (2001) Reasons For Concern



PNAS 2009

Updated Reasons For Concern

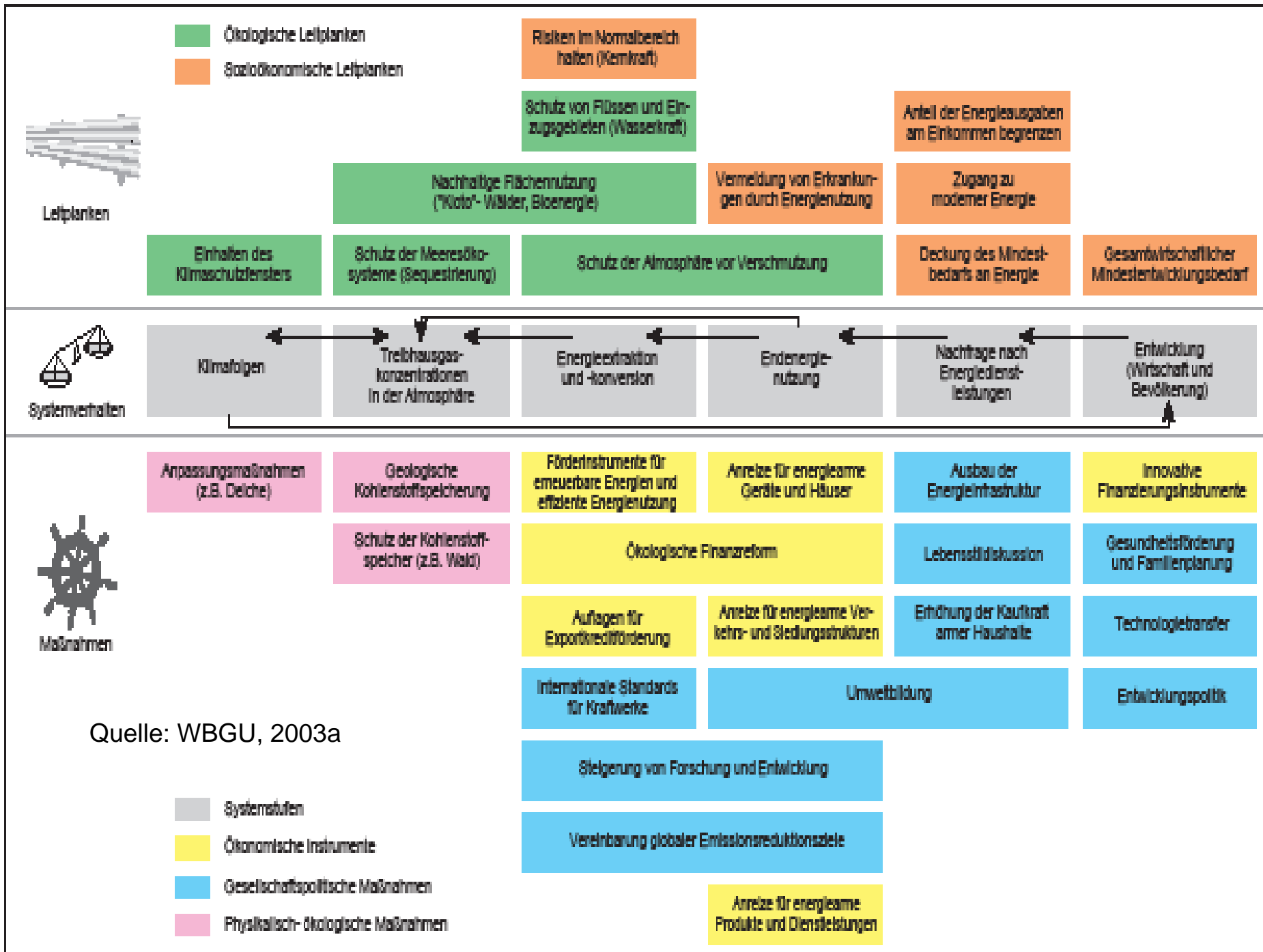


EU Goal

Future

Past

Increase in Global Mean Temperature above circa 1990 (°C)



Rangliste der Potenziale Erneuerbarer Energiequellen

Energiequelle	Globaler Mittelwert	Deutschland	Angebotstyp
Sonne	~ 165	~ 110	stark schwankend, nur tagsüber
Wind	~ 3	~ 3	unregelmäßig, Tag und Nacht
Biomasse	~ 0,1	< 0,3 Gedüngter Maisacker <0,5 Zuckerrohr	steuerbar, jedoch großer Flächenverbrauch, Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung
Tiefe Geothermie	~ 0,1	~ 0,08	kontinuierlich, risikohafte Erkundung
Gezeiten	< 0,1		regelmäßig, jedoch schwankend
Ozeanwellen	< 0,1		unregelmäßig, fast wie Wind
Energieflussdichte der Menschheit heute	< 0,03	~ 1,5	ca. 80 % fossile Brennstoffe
Energieflussdichte im Jahre 2050	< 0,06	< 1.5	ca. 50 % fossile Brennstoffe

Globale Mittelwerte der Energieflussdichten an der Erdoberfläche, in Watt pro Quadratmeter (Wm^{-2}), für verschiedene Quellen, gereiht nach Bedeutung; zum Vergleich sind auch aktuelle Werte des Energieversorgungssystems mit angegeben.

Was ist zu tun?

- Festsetzung von Zielen
- Völkerrechtlich verbindliche Abkommen
- Überwachung der Politiken
- Regelmäßige wissenschaftliche Bewertungen

Das Maximal-2°C-Ziel

1987 DPG und DMG 1 – 2°C

1990 Enquete-Kommission 2°C

1995 WBGU mit erweiterten Argumenten untermauert

2002 EU-Ziel

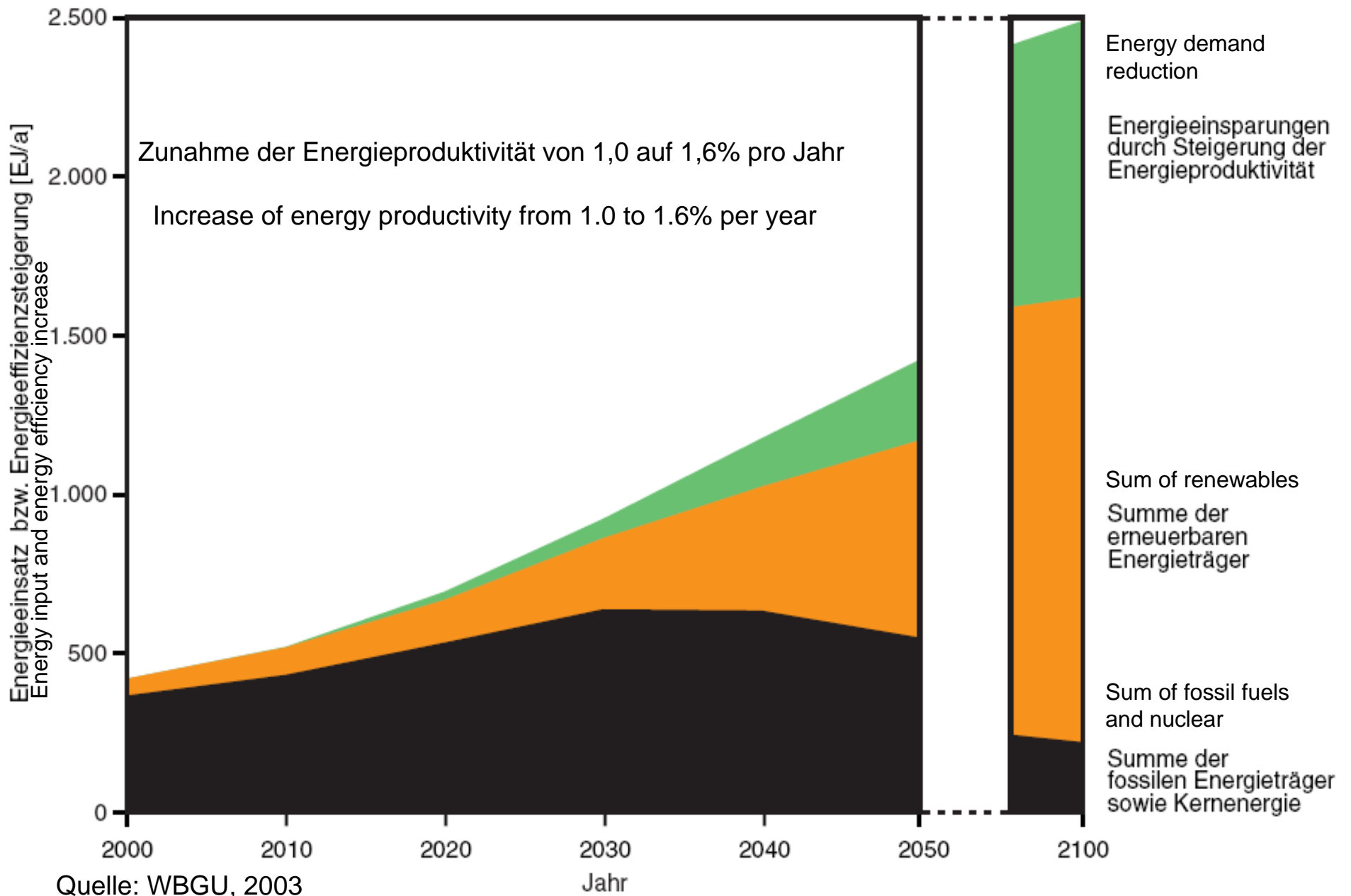
**2003 WBGU erstmals mit wirtschaftswissenschaftlichem
Modell durchgerechnet**

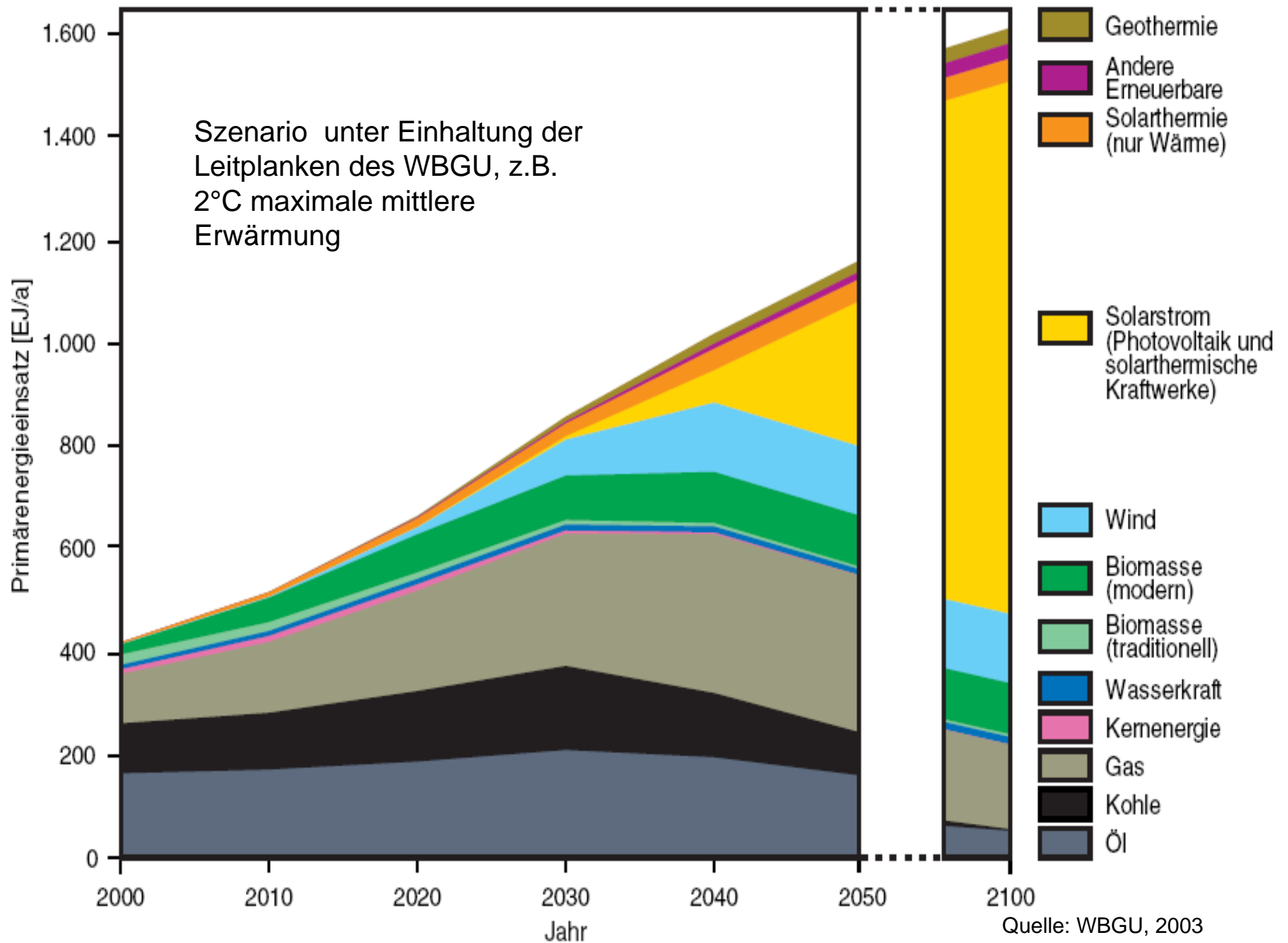
2006 Stern Report

2007 G8-Ziel

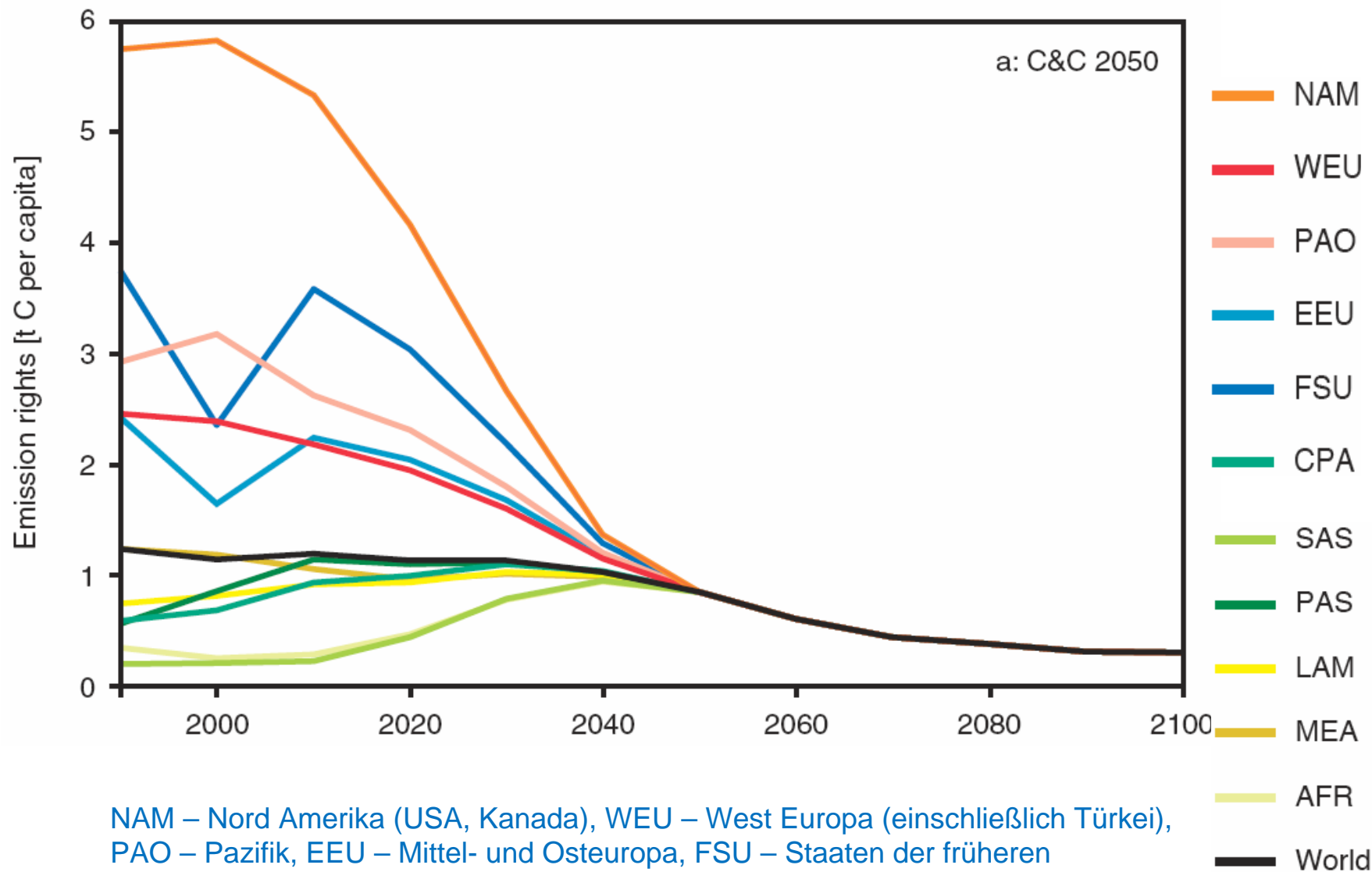
2009 G20-Ziel

Energieeinsatz bei Einhaltung der Konventionen und des 2°C-Zieles





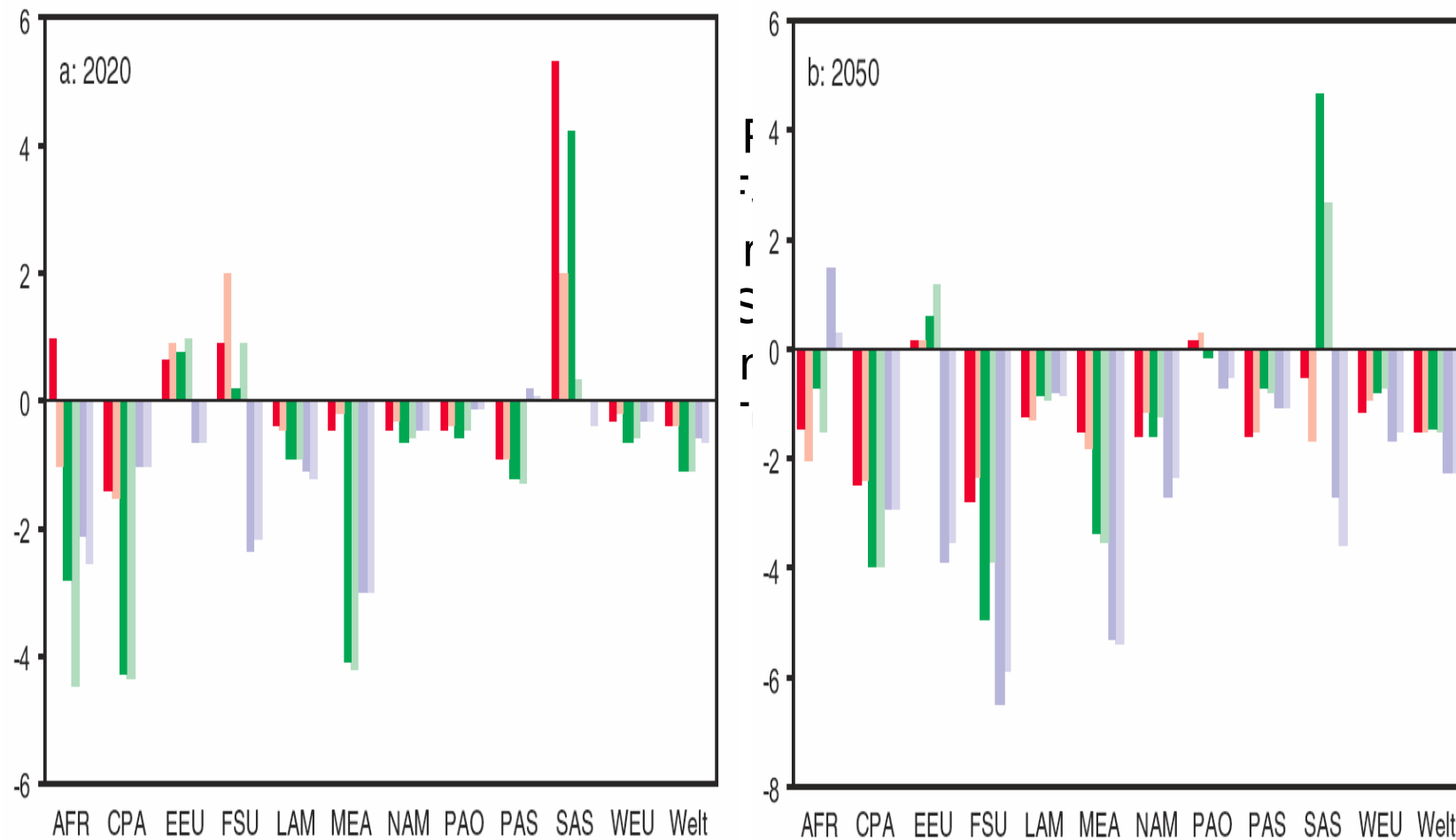
Zulässige Pro-Kopf-Emissionen bei vorgegebenem Fernziel “Beschränkung und Konvergenz” im Jahre 2050



NAM – Nord Amerika (USA, Kanada), WEU – West Europa (einschließlich Türkei), PAO – Pazifik, EEU – Mittel- und Osteuropa, FSU – Staaten der früheren Sowjetunion, CPA – Zentral Asien und China, SAS – Südasien (mit Indien), PAS – anderes pazifisches Asien, LAM – Latein Amerika und Karibik, MEA – Naher Osten, AFR – Afrika südlich der Sahara

Klimaschutzkosten in Prozenten des Bruttoinlandsproduktes für die WBGU Szenarien

Änderung des BIP bezogen auf Referenzszenarios (%); ohne Gewinn durch geringere Anpassungskosten



- A1T*-450
- B1*-400
- B2-400

AFR – Afrika südlich der Sahara, CPA – Zentral Asien und China,
 EEU – Mittel- und Osteuropa, FSU – Staaten der früheren Sowjetunion,
 LAM – Latein Amerika und Karibik, MEA – Naher Osten, NAM – Nord Amerika
 (USA, Kanada), PAO – Pazifik, PAS – anderes pazifisches Asien,
 SAS – Südasien (mit Indien), WEU – West Europa (einschließlich Türkei)

Völkerrechtlich verbindliche Abkommen zum Klimaschutz

Konvention oder Protokoll	Ziel	verbindlich?
1.UNFCCC	Stabiler Treibhauseffekt	nein
2.UNFCCC	2000 wie 1990	nein
3.Kioto-Protokoll	- 5,2 % bis 2012	ja
4.EU-weiter Emissionshandel	Erfüllung des Kioto – Protokolles	ja
5. EU-Ratsbeschluss	-20%,20% bis 2020	ja

Fazit

Das zukünftige und wieder nachhaltige Energieversorgungssystem nützt die direkte Energie der Sonne und wird durch von ihr abgeleitete erneuerbare Energieträger ergänzt.

Je innovativer eine Region bei diesem Transformationsprozess ist, um so besser wird es ihr gehen.

Wer die direkte Sonne nützt ist kein Störenfried mehr und erhält eine Friedensdividende, weil alle über diesen Energierohstoff verfügen.

Herausforderung Klimawandel

The Climate Change Challenge

1. Das Unbeherrschbare vermeiden
2. Das Unvermeidbare beherrschen

1. Avoiding the unmanageable
2. Managing the unavoidable

(Schellnhuber)