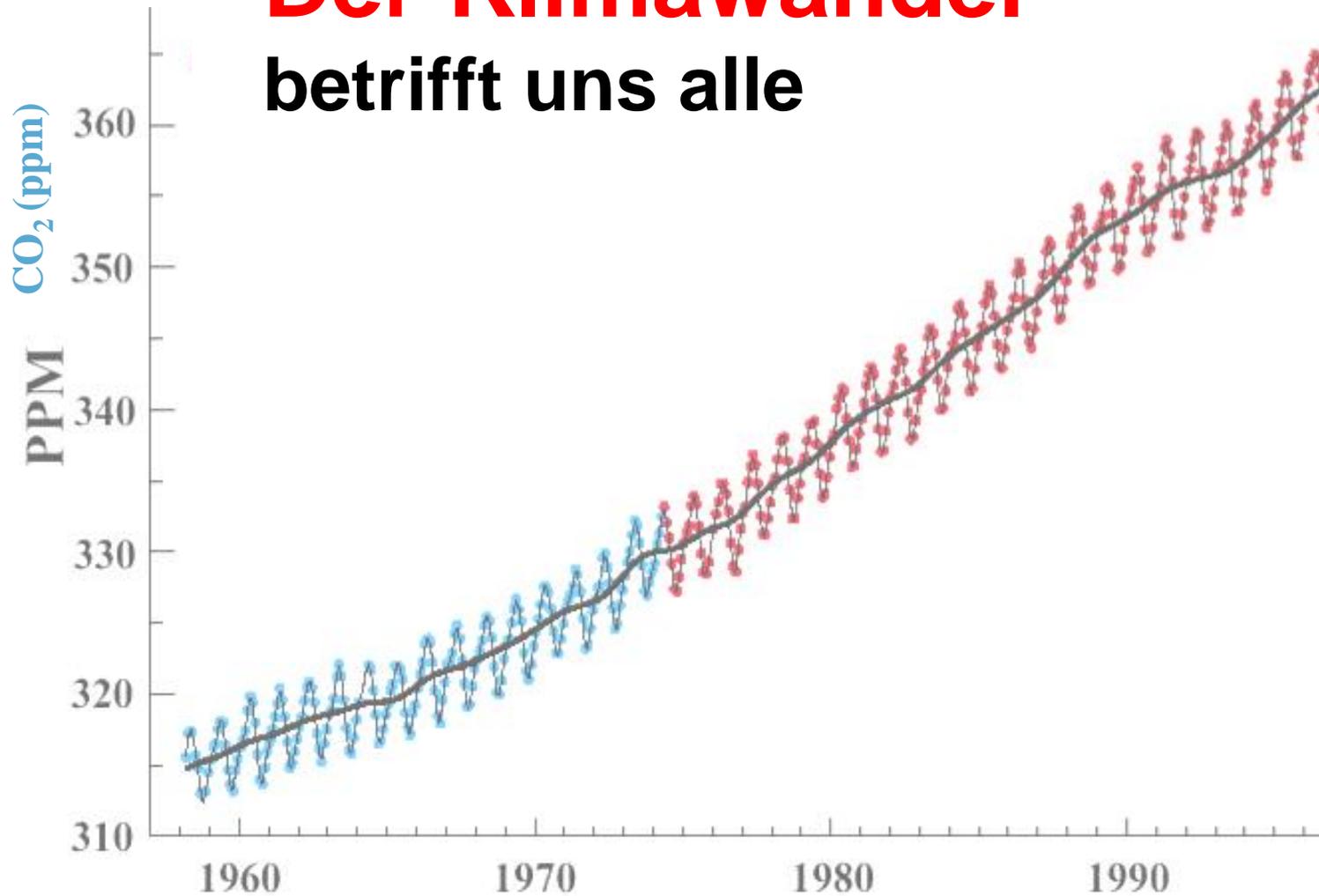


Klimawandel



Der Klimawandel betrifft uns alle



Klimawandel



Inhalt

1. Überblick
2. Grundlagen
3. Klimawandel heute: Beobachtungen
4. CO₂
5. Andere Treibhausgase
6. Aerosole und Wolken
7. Solare Variabilität, Vulkane
8. Klimageschichte, Eiszeiten
9. Ozeanzirkulation, abrupter Klimawandel
10. Emissions-Szenarien
11. Rückkopplungen
12. Zuordnung der Gründe für Klimawandel
13. Erwarteter zukünftiger Klimawandel und Folgen
14. Klimaschutz



Zuordnung der Gründe für Klimawandel

Gekoppelte Atmosphäre-Ozean-Modelle sind heute in der Lage das Klima mit den wesentlichen Antriebsfaktoren realistisch zu simulieren.

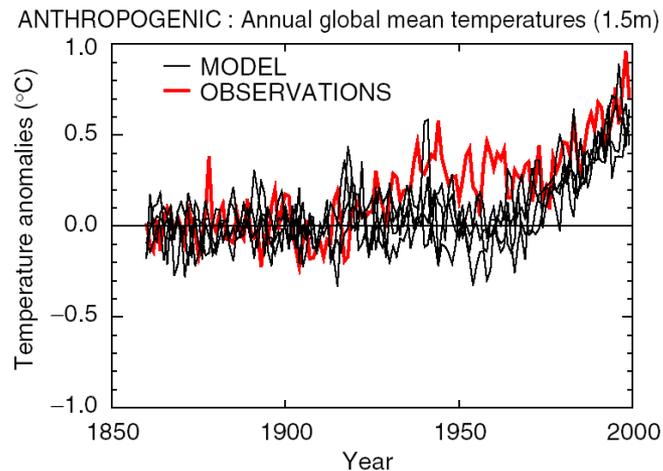
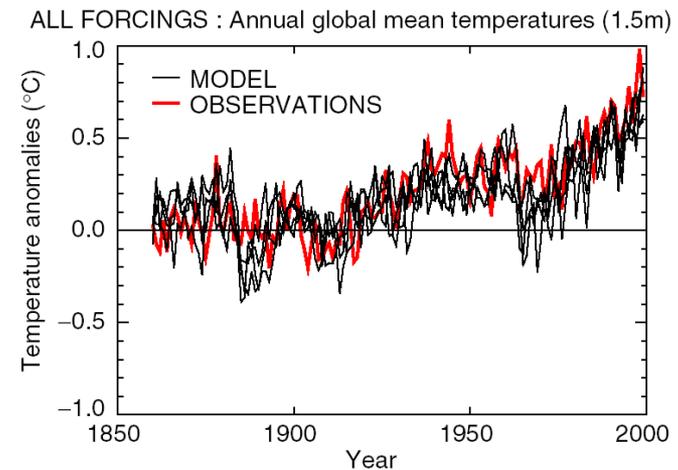
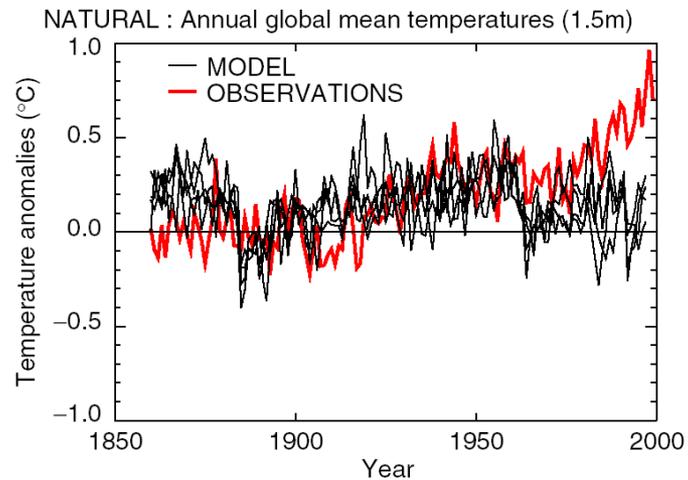
Der Temperaturverlauf im 20. Jahrhundert kann nur reproduziert werden, wenn anthropogene Einflüsse berücksichtigt werden.

Daher ist der anthropogene Einfluss auf das Klima nicht nur physikalisch plausibel, sondern der Einfluss des Menschen kann inzwischen von natürlicher Variabilität und natürlich bedingten Trends unterschieden werden.

Klimawandel



Zuordnung der Gründe für Klimawandel



Die beobachtete Klimaentwicklung wird am besten vom AOGCM reproduziert, wenn sowohl natürliche als auch anthropogene Strahlungsantriebe berücksichtigt werden. Wesentlicher Einfluss der letzten 25 Jahre: **Anthropogen**

0 = 1880 bis 1920



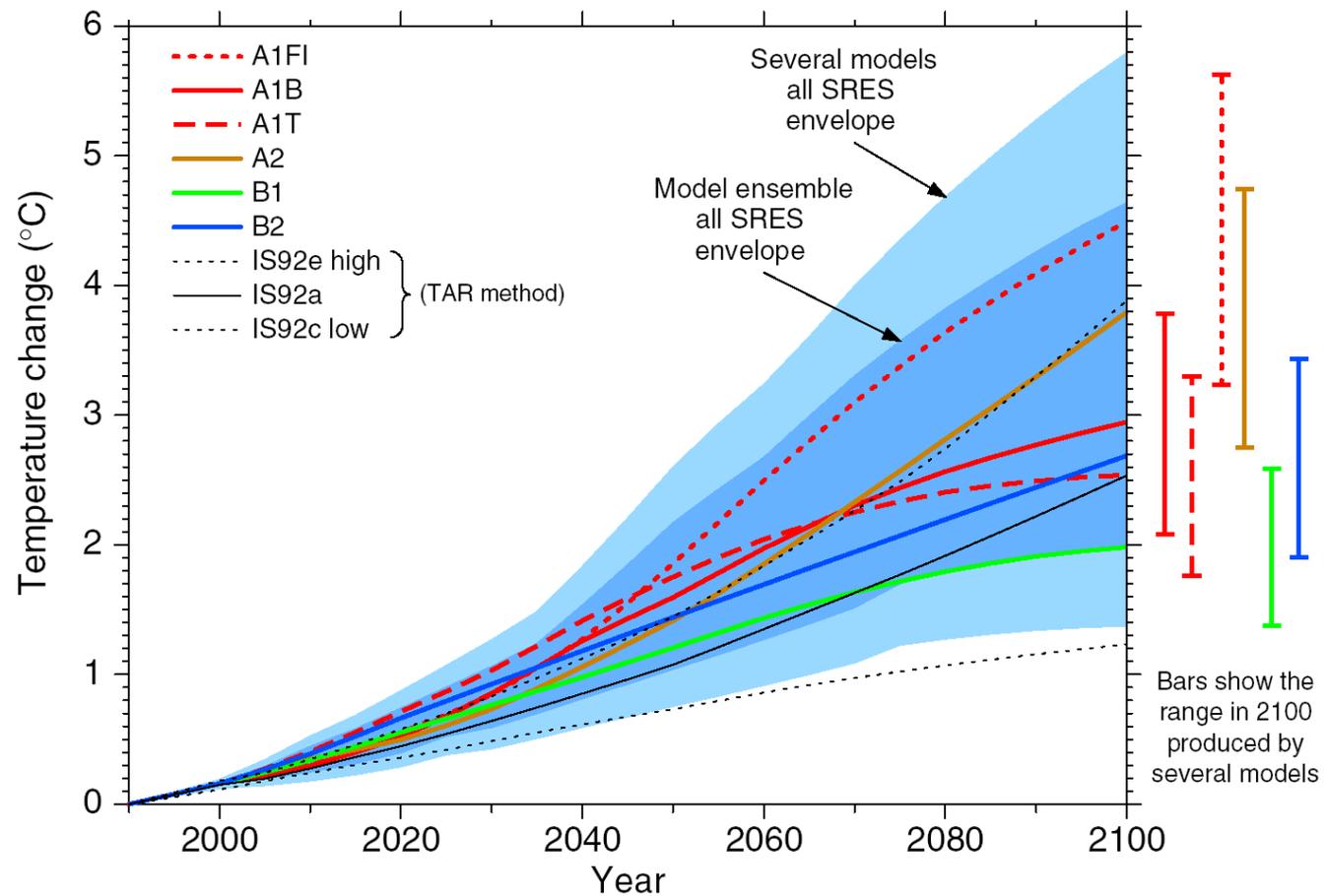
Erwarteter zukünftiger Klimawandel



Klimawandel



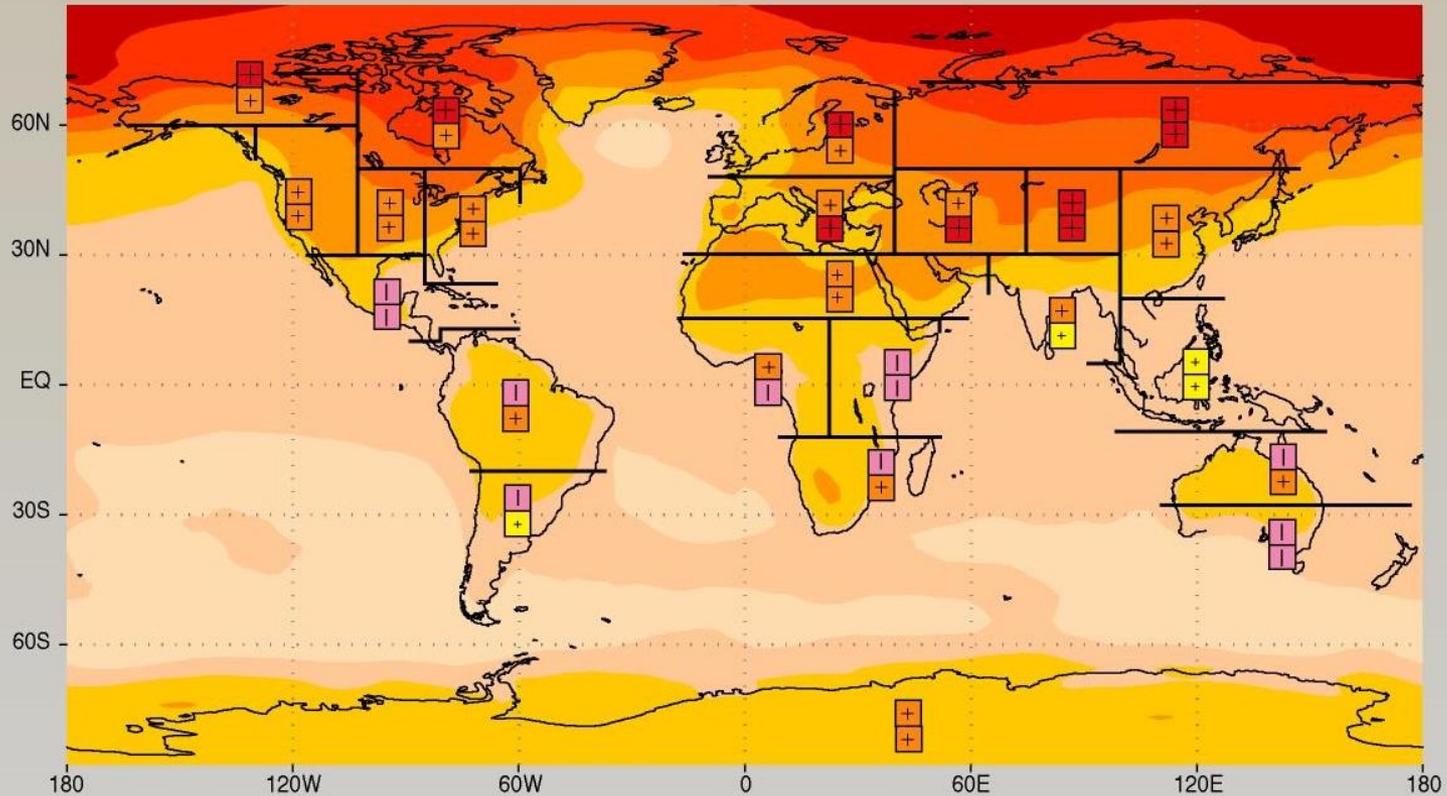
Änderung der mittleren Oberflächentemperatur 1990-2100



Klimawandel



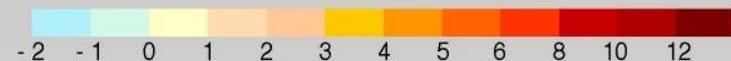
Change in temperature for scenario A2



Change in temperature relative to model's global mean

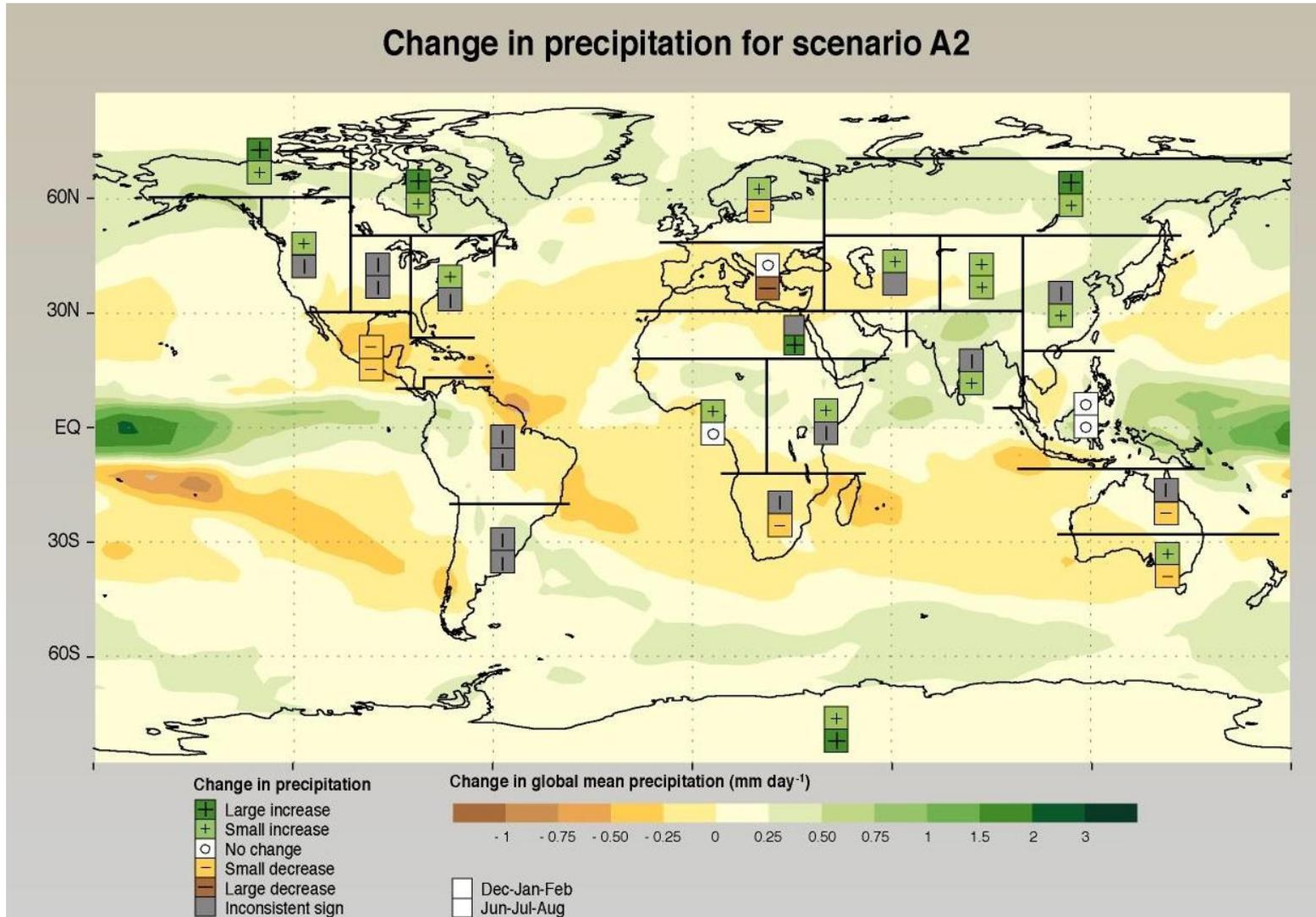
- + Much greater than average warming
- + Greater than average warming
- + Less than average warming
- i Inconsistent magnitude of warming
- Cooling

Change in global mean temperature (°C)



- Dec-Jan-Feb
- Jun-Jul-Aug

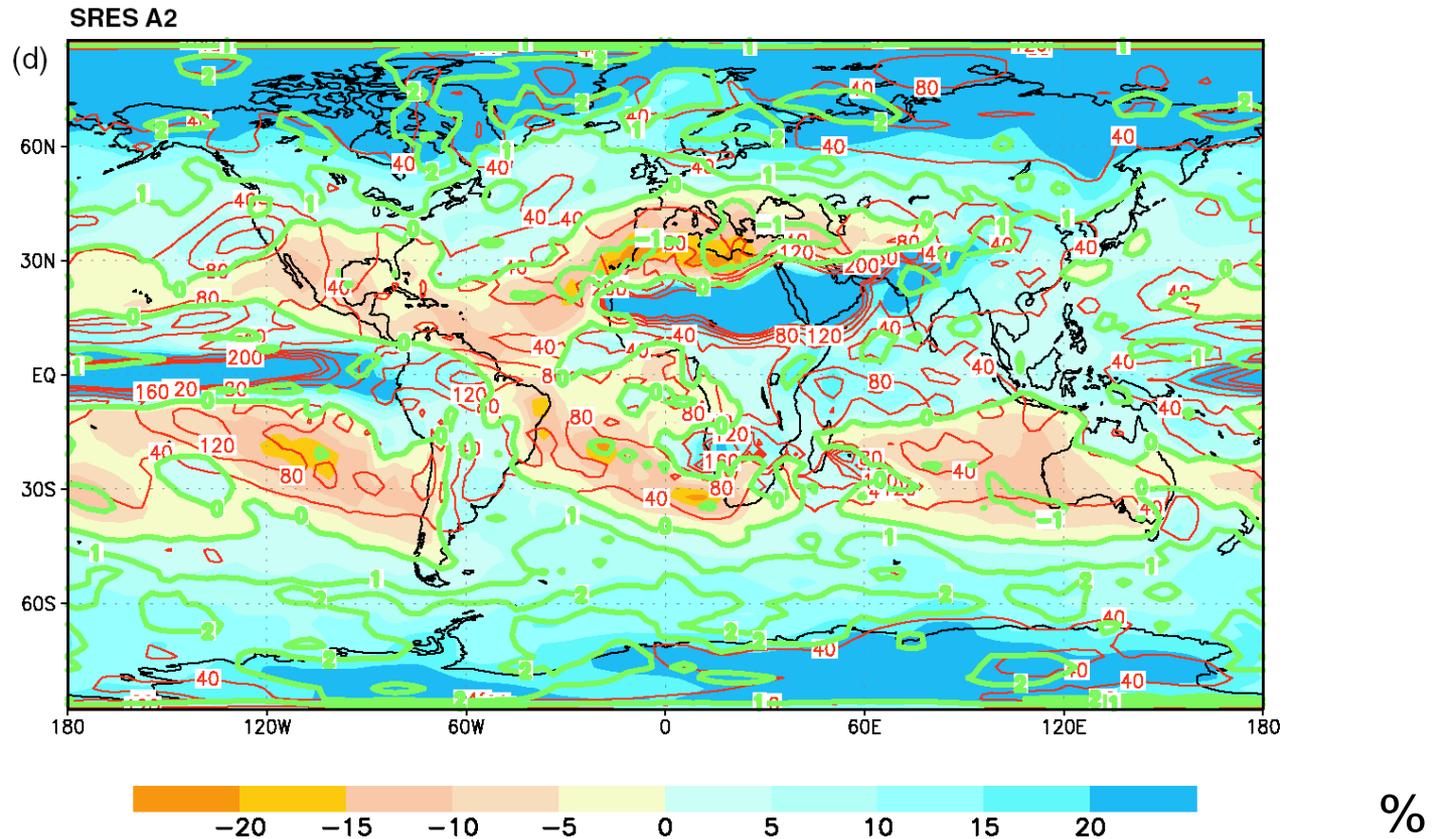
Klimawandel



Klimawandel



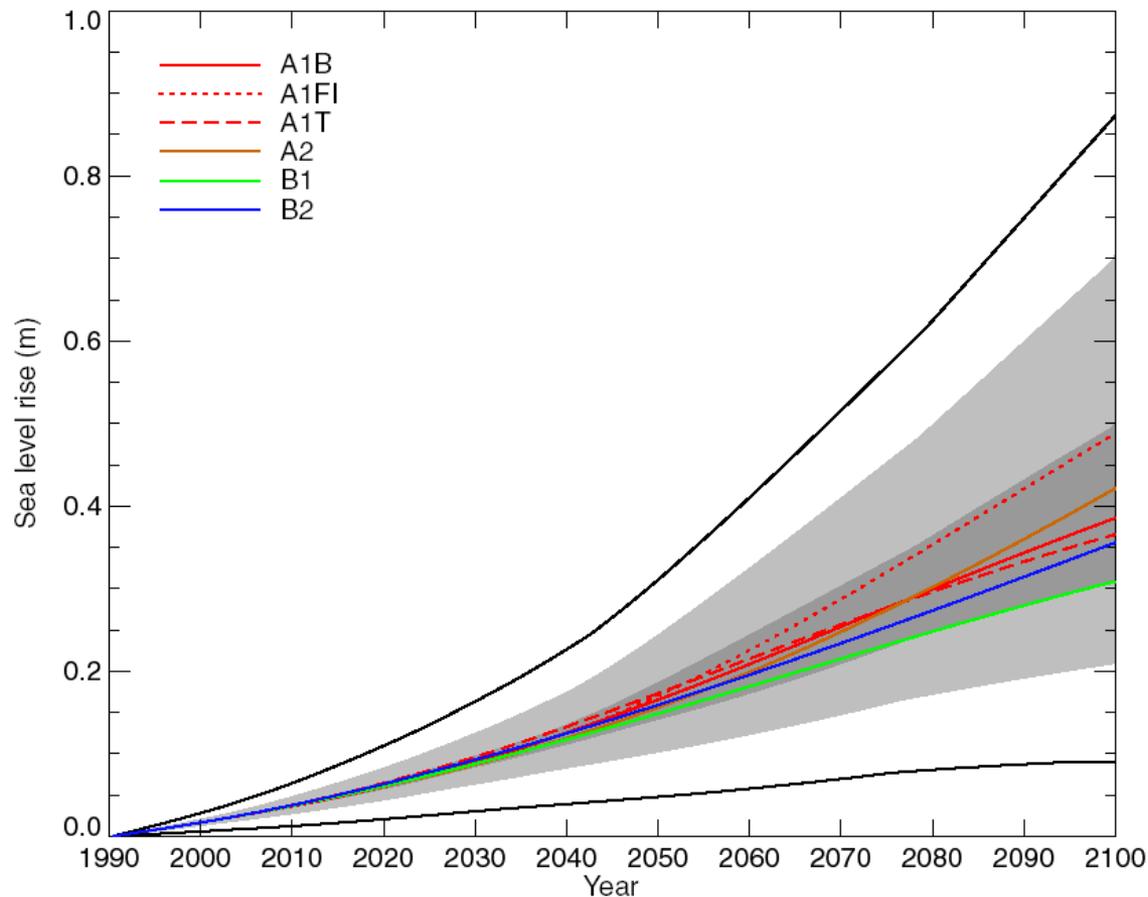
Erwartete mittlere multi-Modell Niederschlagsänderung 2071-2100 im Vergleich zu 1961-1990.



rote Linien: "range", grüne Linien: mittlere Änderung durch Standardabweichung

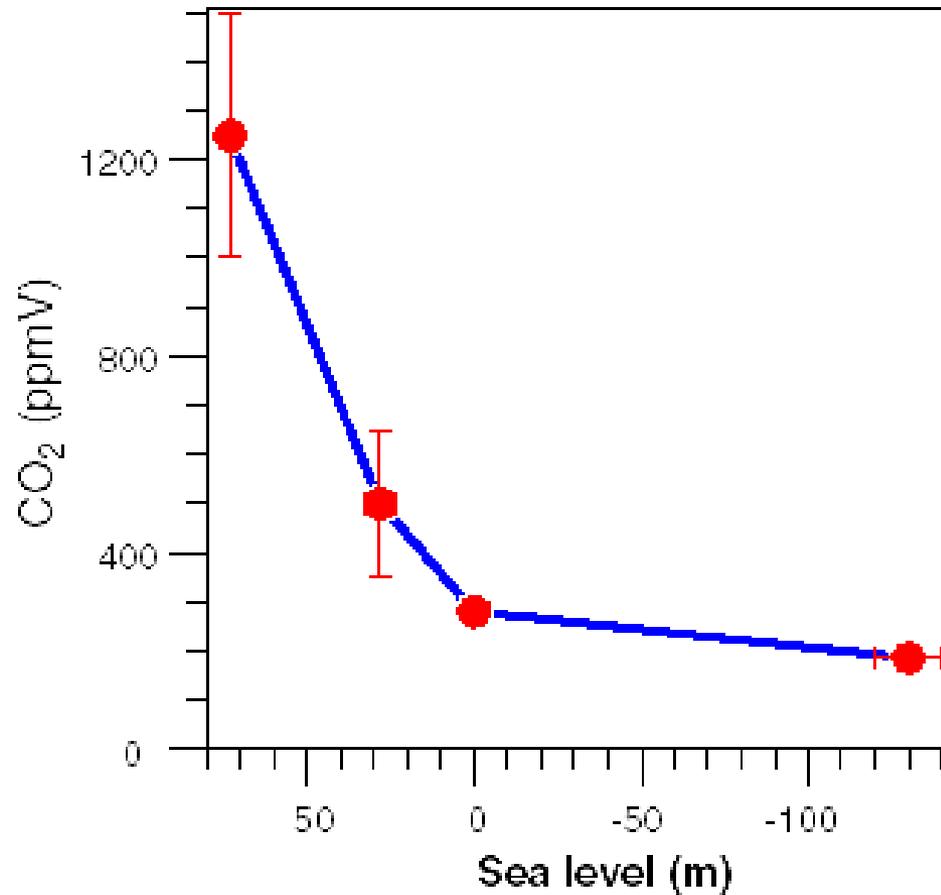


Veränderungen der Eisschilde und des Meeresspiegels





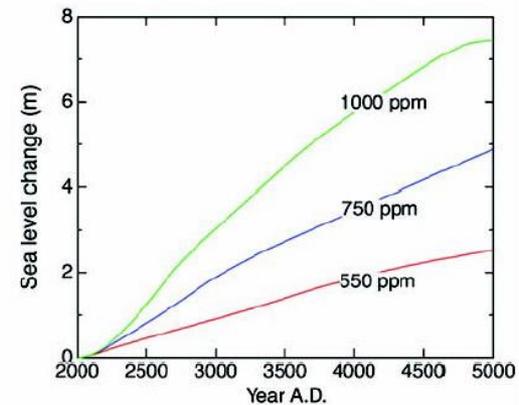
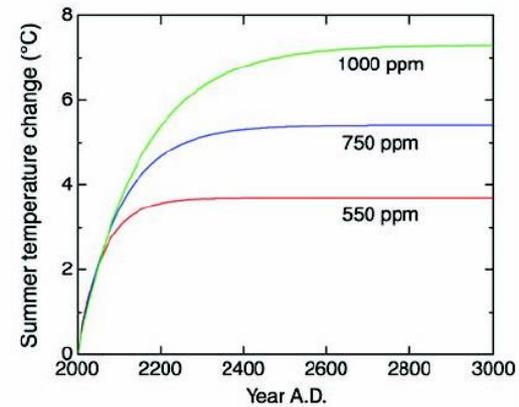
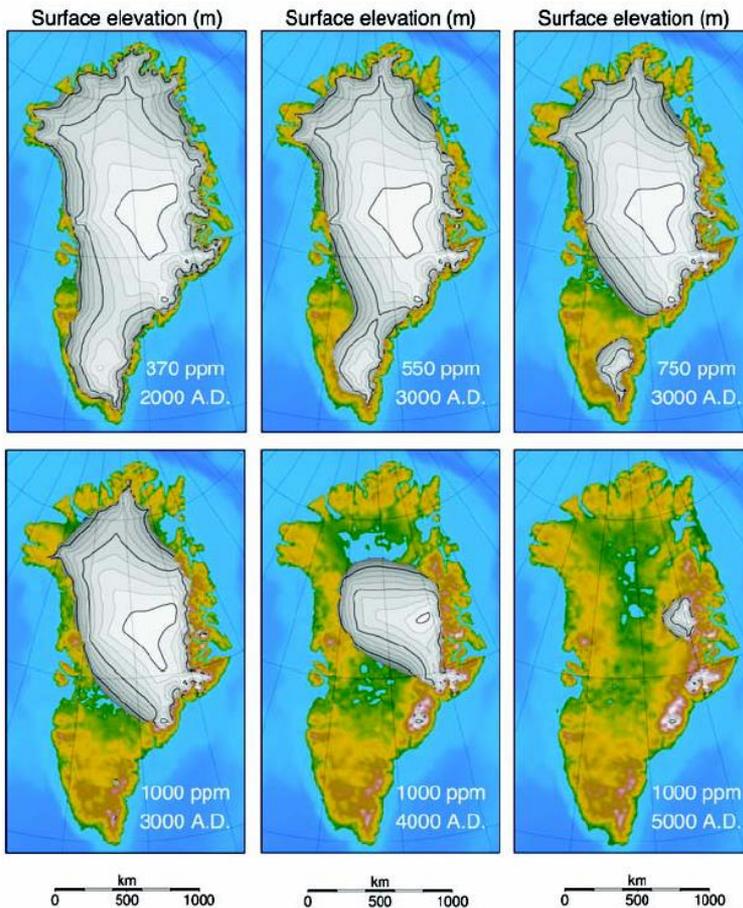
Historische Korrelation CO₂ und Meeresspiegel



Klimawandel



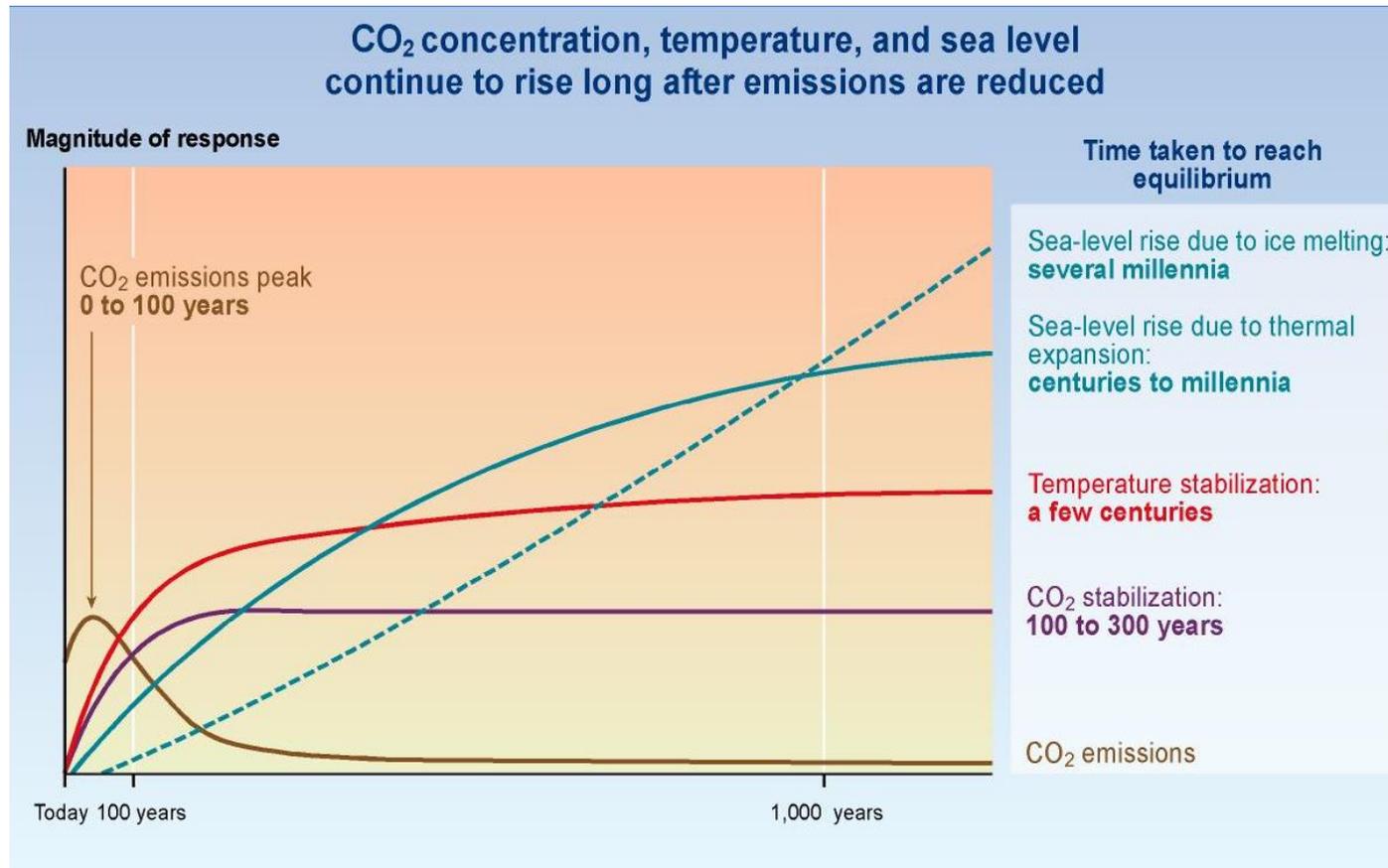
Vorhersage: Grönlandeis in den nächsten Jahrtausenden



Klimawandel



Zeithorizonte:



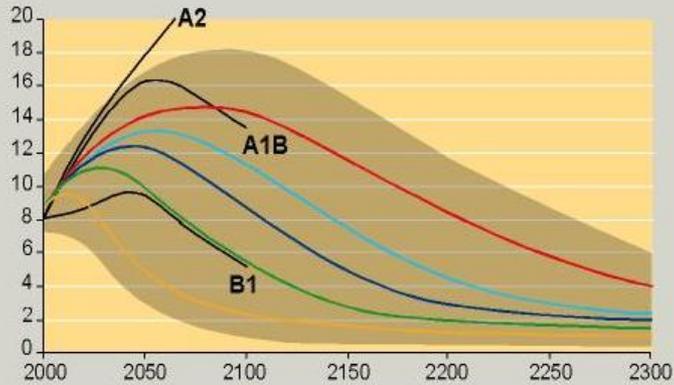
Erde ist derzeit schon im Ungleichgewicht

Einmal in Gang gesetzt läßt sich der Wandel nicht mehr aufhalten.

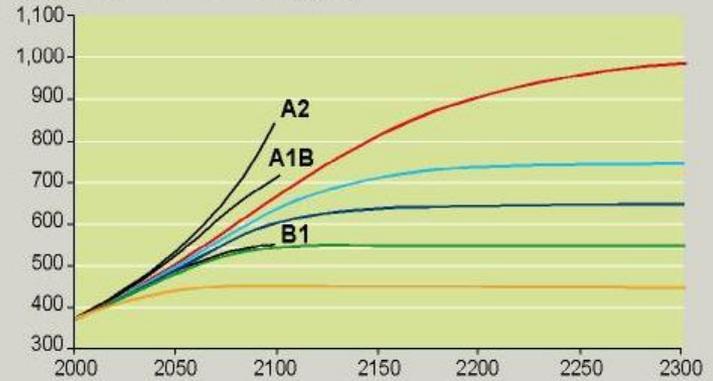
Zeithorizonte:

Emissions, concentrations, and temperature changes corresponding to different stabilization levels for CO₂ concentrations

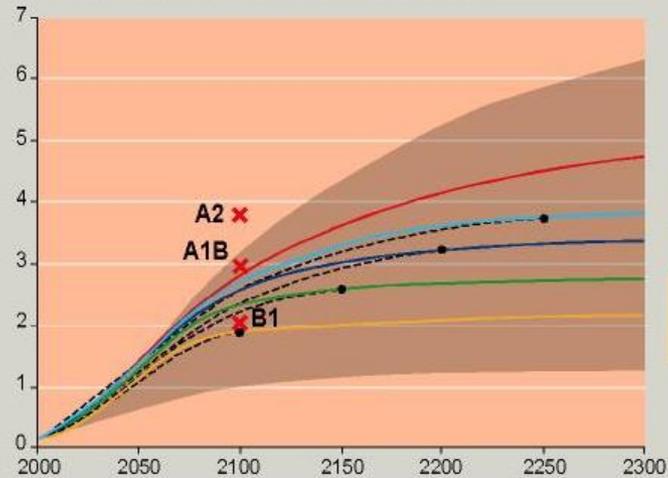
(a) CO₂ emissions (Gt C)



(b) CO₂ concentration (ppm)



(c) Global mean temperature change (°C)



WRE profiles

- WRE 1000
- WRE 750
- WRE 650
- WRE 550
- WRE 450

S profiles

SRES scenarios

—

Klimawandel



Auswirkungen der Klimawandels:

- Klimazonen verschieben sich
- Artensterben, Rückgang der biologischen Vielfalt
- Korallenriffe bleichen aus/sterben ab
- Anstieg des Meeresspiegels
- Zunahme von Krankheiten (zB. Malaria)
- Auswirkungen auf den hydrologischen Zyklus, Trinkwasserversorgung, Waldbrandgefahr, etc.
- Klimabedingte Naturkatastrophen: Hitzewellen, Dürre, Stürme
- Ernteauffälle
- Veränderungen im Tourismus
- Erhöhte Versicherungsschäden
- Migration!?



Klimawandel und menschliche Gesundheit:

- Insgesamt wird angenommen, dass die negativen Effekte gegenüber den positiven Effekten überwiegen

Zunehmend:

- Opfer von Hitzewellen
- Opfer von Überflutungen
- Tropen-Krankheiten wie Malaria
- Krankheiten in Flüchtlingscamps

Abnehmend:

- Kälteopfer

Klimawandel



Durch Überträger verbreitete Krankheiten

Table 9-1: Main vector-borne diseases: populations at risk and burden of disease (WHO data).

Disease	Vector	Population at Risk	Number of People Currently Infected or New Cases per Year	Disability-Adjusted Life Years Lost ^a	Present Distribution
Malaria	Mosquito	2400 million (40% world population)	272,925,000	39,300,000	Tropics/subtropics
Schistosomiasis	Water Snail	500–600 million	120 million	1,700,000	Tropics/subtropics
Lymphatic filariasis	Mosquito	1,000 million	120 million	4,700,000	Tropics/subtropics
African trypanosomiasis (sleeping sickness)	Tsetse Fly	55 million	300,000–500,000 cases yr ⁻¹	1,200,000	Tropical Africa
Leishmaniasis	Sandfly	350 million	1.5–2 million new cases yr ⁻¹	1,700,000	Asia/Africa/southern Europe/Americas
Onchocerciasis (river blindness)	Black Fly	120 million	18 million	1,100,000	Africa/Latin America/Yemen
American trypanosomiasis (Chagas' disease)	Triatomine Bug	100 million	16–18 million	600,000	Central and South America
Dengue	Mosquito	3,000 million	Tens of millions cases yr ⁻¹	1,800,000 ^b	All tropical countries
Yellow fever	Mosquito	468 million in Africa	200,000 cases yr ⁻¹	Not available	Tropical South America and Africa
Japanese encephalitis	Mosquito	300 million	50,000 cases yr ⁻¹	500,000	Asia

Klimawandel



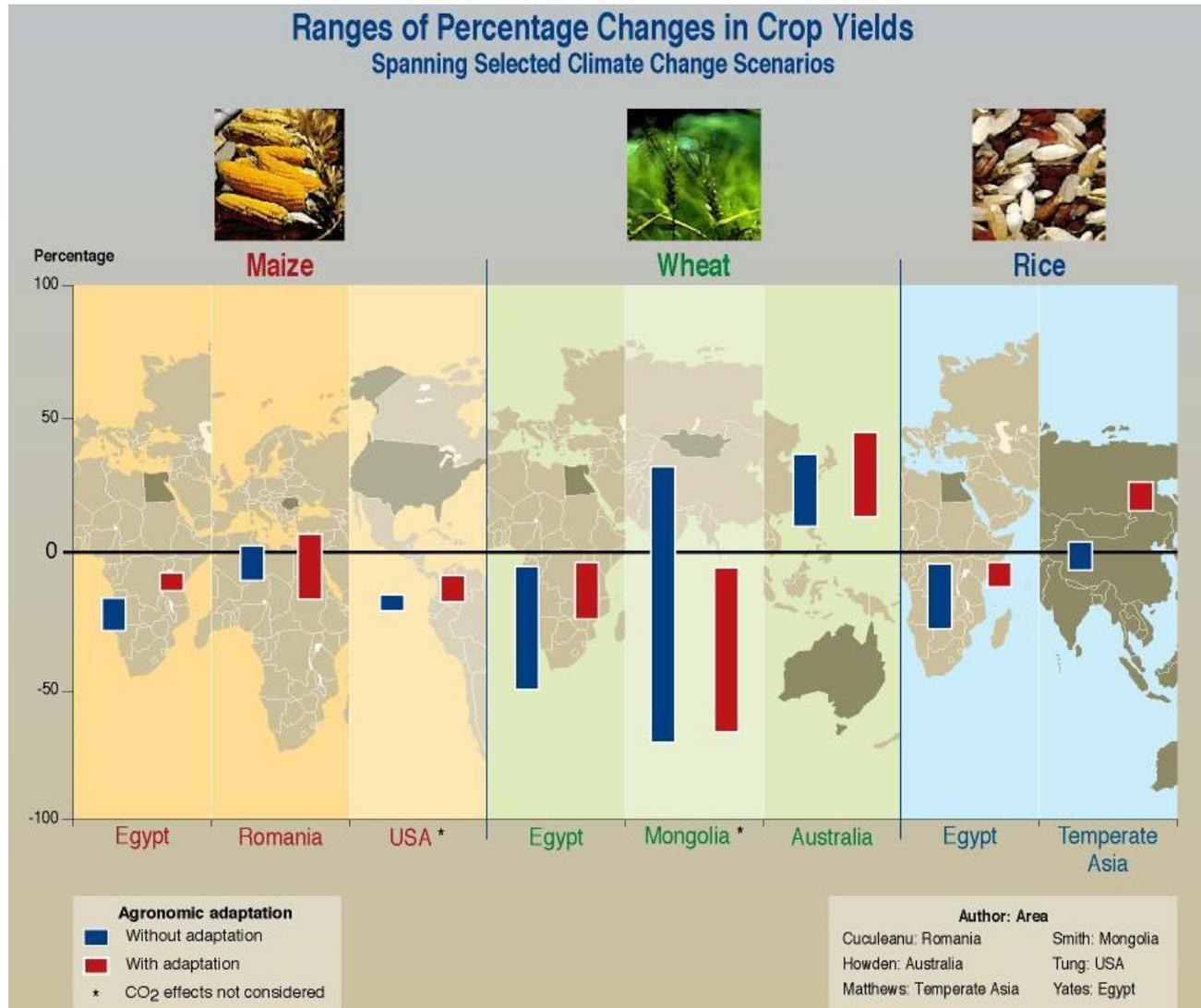
Nachteilige Effekte für den Menschen:

- Rückgang der Ernteerträge in vielen Regionen, vor allem in tropischen und sub-tropischen Ländern
- Zunahme von Trinkwasserknappheiten
- Zunahme von Krankheiten und Sterblichkeit bei Zunahme der Temperaturen und der Klimaextreme wie Hitzewellen
- Zunahme von Überflutungen durch Zunahme von Starkregen und Anstieg des Meeresspiegels
- Gesteigerter Energiebedarf für Kühlzwecke

Vorteile:

- Zuwächse der Ernteerträge in einigen Regionen
- Weniger Kälteopfer
- Höheres Trinkwasserangebot in einigen Regionen
- Geringerer Energiebedarf für Heizung

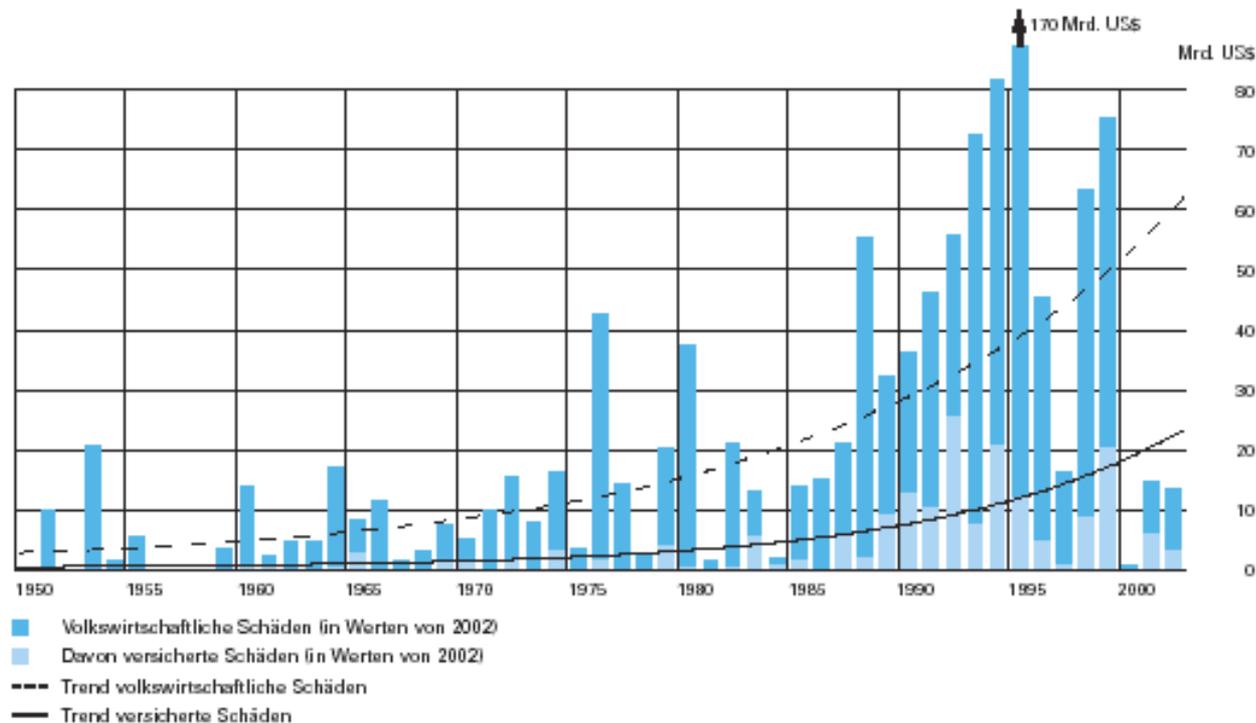
Klimawandel





Klimawandel

Schäden durch Naturkatastrophen



Volkswirtschaftliche Schäden 2005: 200-225 Mrd. US\$
 versicherte Schäden 2005: ~75 Mrd. US\$; davon ~45 Mrd. US\$ durch "Katrina"
 [Münchener Rückversicherung und Schweizer Rückversicherung, 2005]

Klimawandel



Veränderungen der biologischen Lebensräume

Korallenriffe:

Hughes et al., Science, 2003,

Belastungen durch:

- ansteigende Temperaturen
- Gewässerverschmutzung
- Überfischung/Ausbeutung
- Änderung des pH-Werts

bei **+1°C** thermischem Stress
bleichen viele Korallenarten auf Dauer
(Abstoßung von zooxanthellae,
der symbiotischen pigmentierten Mikroalgen)
und sterben häufig ganz.
Anpassungsfähigkeit begrenzt...



Klimawandel



Veränderungen der biologischen Lebensräume

15-37% aller landlebenden Arten sind wegen des Klimawandels in den nächsten 50-100 Jahren akut vom Aussterben bedroht oder ausgestorben ('committed to extinction')

Klimawandel *zusätzlicher* Stress für Ökosysteme, neben kleiner werdenden Lebensräumen, insbesondere Abholzung/Abbrennen des Regenwalds, Umweltverschmutzung etc.

Vielfältige Auswirkungen bereits jetzt: zB. Blütezeiten verschoben sich

Ökosysteme können nicht als Ganzes "umziehen"

Klimawandel



Veränderungen der biologischen Lebensräume

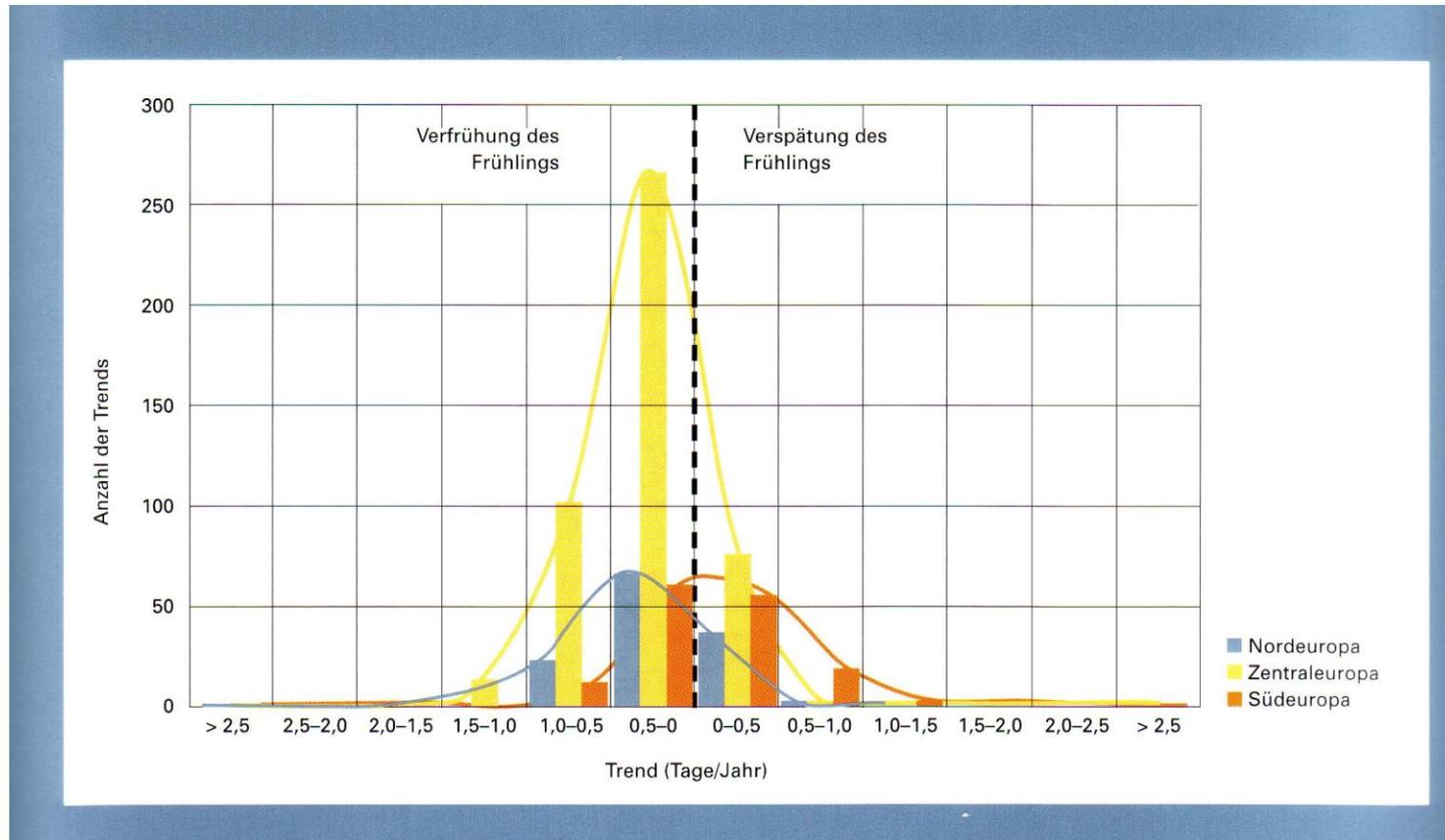


Abb. 5 Häufigkeiten der Trends von mindestens 20-jährigen Beobachtungsreihen (1959 bis 1996) in den Internationalen Phänologischen Gärten. In Nord- und Zentraleuropa überwiegen die Verfrühungstendenzen im Frühjahr. Im Herbst zeigen viele Beobachtungsreihen in

Zentral- und Südeuropa eine Verspätung der entsprechenden Phasen an. (Quelle: Menzel und Fabian 2001)

Klimawandel



Veränderungen der biologischen Lebensräume

Blattentfaltung und Laubverfärbung bei der Stieleiche

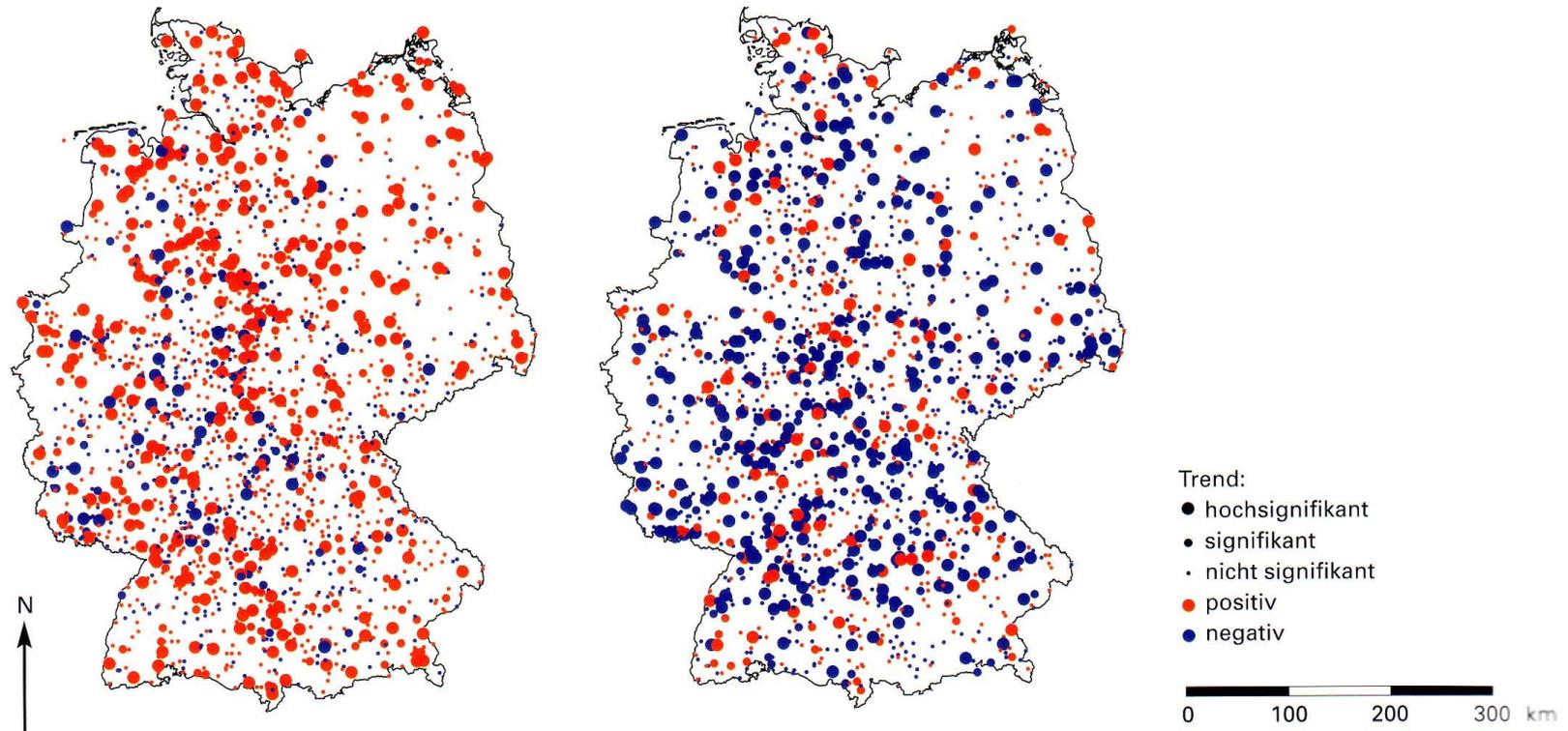


Abb. 6: Die Trends für die Blattentfaltung (links) und die Laubverfärbung (rechts) bei der Stieleiche (*Quercus robur*) in Deutschland, beobachtet zwischen 1951 und 1996 in mindestens 20-jährigen Reihen; negative Trends in Rot bedeuten eine Verfrüfung, positive in Blau eine Verspätung. (Quelle: Menzel u. a. 2001)

Klimawandel



Der Begriff "dangerous climate change"

nach O'Neill et al., Science, 2002:

Zunahme der durchschnittlichen Oberflächentemperatur um ungefähr:

+1°C: Ein Großteil der Korallenriffe bleicht aus oder stirbt wahrscheinlich ab.

+2°C: Möglichkeit des Abschmelzens der polaren Eiskappen und Anstieg des Meeresspiegels um viele Meter innerhalb von einigen Jahrhunderten. Viele Küstengebiete mit derzeit einigen hundert Millionen Einwohnern werden unbewohnbar, zB. Bangladesh, Nildelta, Teile Floridas etc., Küstenstädte

+3°C: Möglichkeit des Zusammenbruchs der THC.

Fazit: Daher maximal erträgliche CO₂-Konzentration 450 bis 550 ppm.



Fossile Ressourcen und Emissionen

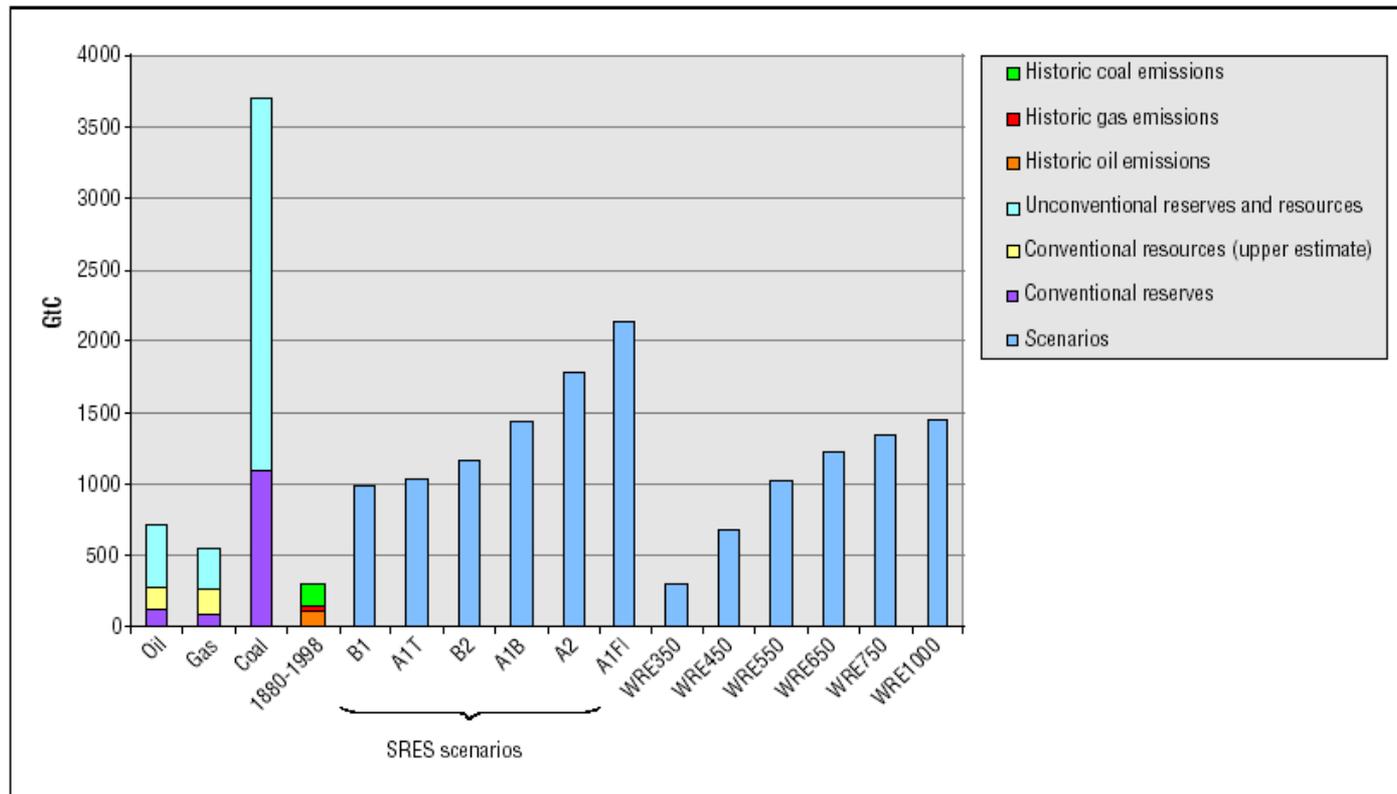


Figure TS.5: Carbon in oil, gas and coal reserves and resources compared with historic fossil fuel carbon emissions 1860-1998, and with cumulative carbon emissions from a range of SRES scenarios and TAR stabilization scenarios up until 2100. Data for reserves and resources are shown in the left hand columns. Unconventional oil and gas includes tar sands, shale oil, other heavy oil, coal bed methane, deep geopressed gas, gas in aquifers, etc. Gas hydrates (clathrates) that amount to an estimated 12,000 GtC are not shown. The scenario columns show both SRES reference scenarios as well as scenarios which lead to stabilization of CO_2 concentrations at a range of levels. Note that if by 2100 cumulative emissions associated with SRES scenarios are equal to or smaller than those for stabilization scenarios, this does not imply that these scenarios equally lead to stabilization.

Klimawandel



Klimaschutz:

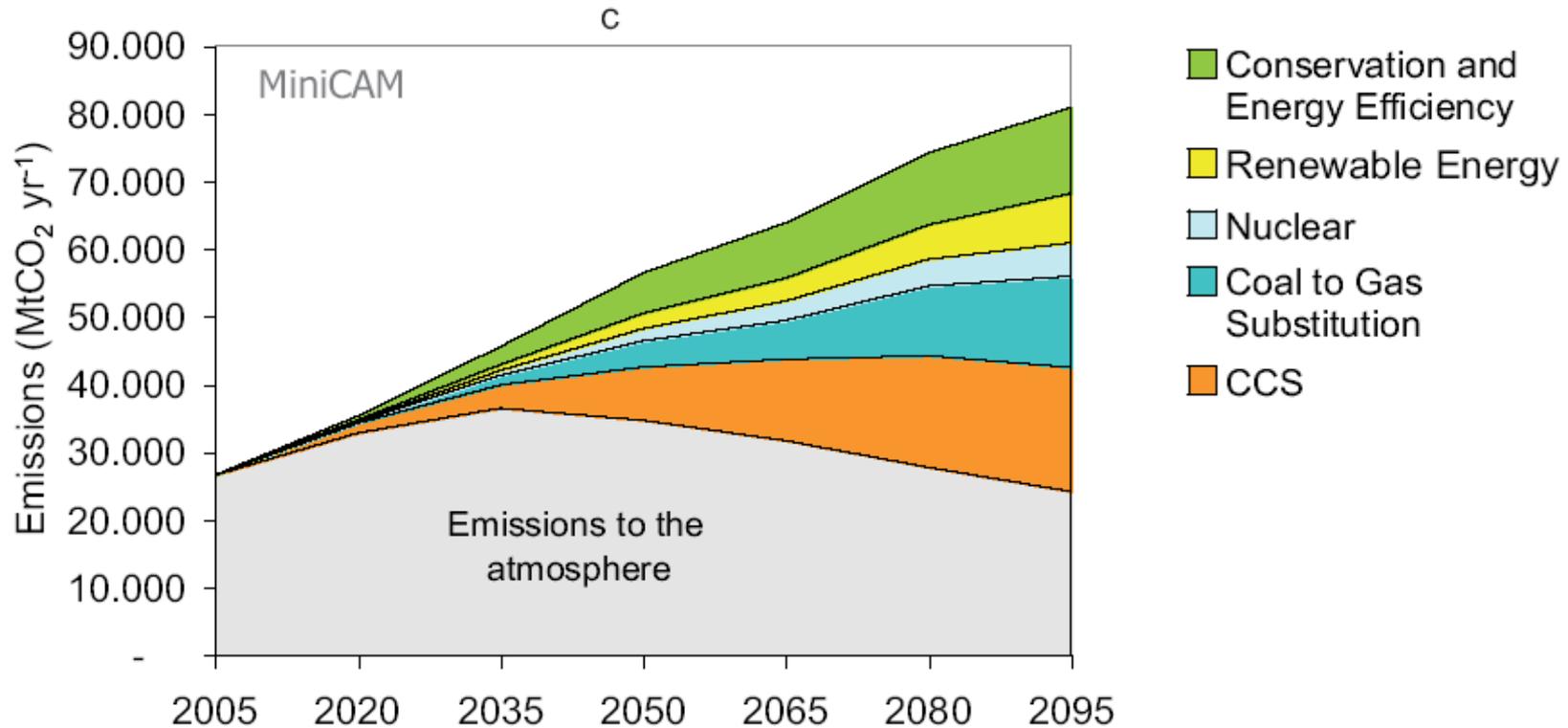
- Kyoto-Abkommen
- Ölpreis...
- Emissionszertifikate-Handel
- Gesetzgebung
- Sparen – effizientere Nutzung der Ressourcen
Sparpotentiale des Einzelnen,
Kraftwärmekopplung, Niedrigenergiehäuser, Gas statt Kohle
- Technologische Entwicklung: alternative Energien
Wind, Sonne, Wasser, Gezeiten, Biomasse...,
- CO₂ Sequestrierung
- Fusionsenergie

Ist ein Umschwung machbar? – Wissen vs. Handeln – Zeit für Umschwung...

Klimawandel



Ein mögliches Zukunfts-Szenario...





Kyoto-Protokoll (1997):

- CO₂-Emissionen der Industrieländer bis 2010 auf Stand von 1990 minus 5-8% reduzieren.
- z.B. Deutschland um -21 % bis spätestens 2012.
- Für Inkrafttreten: 55% der Länder, die mindestens 55% der CO₂-Emissionen der Industrieländer verantworten, müssen zustimmen; USA weigern sich beharrlich...
- inzwischen auch durch Russland ratifiziert; kann damit in Kraft treten
- Recht auf Emissionen der Entwicklungs- und Schwellenländer: China plant den Neubau von 700 Kohlekraftwerken, 8-10% Wirtschaftswachstum/p.a., Vervierfachung der Wirtschaft in den nächsten 20 Jahren
- Kyoto ist nur ein erster kleiner Schritt!