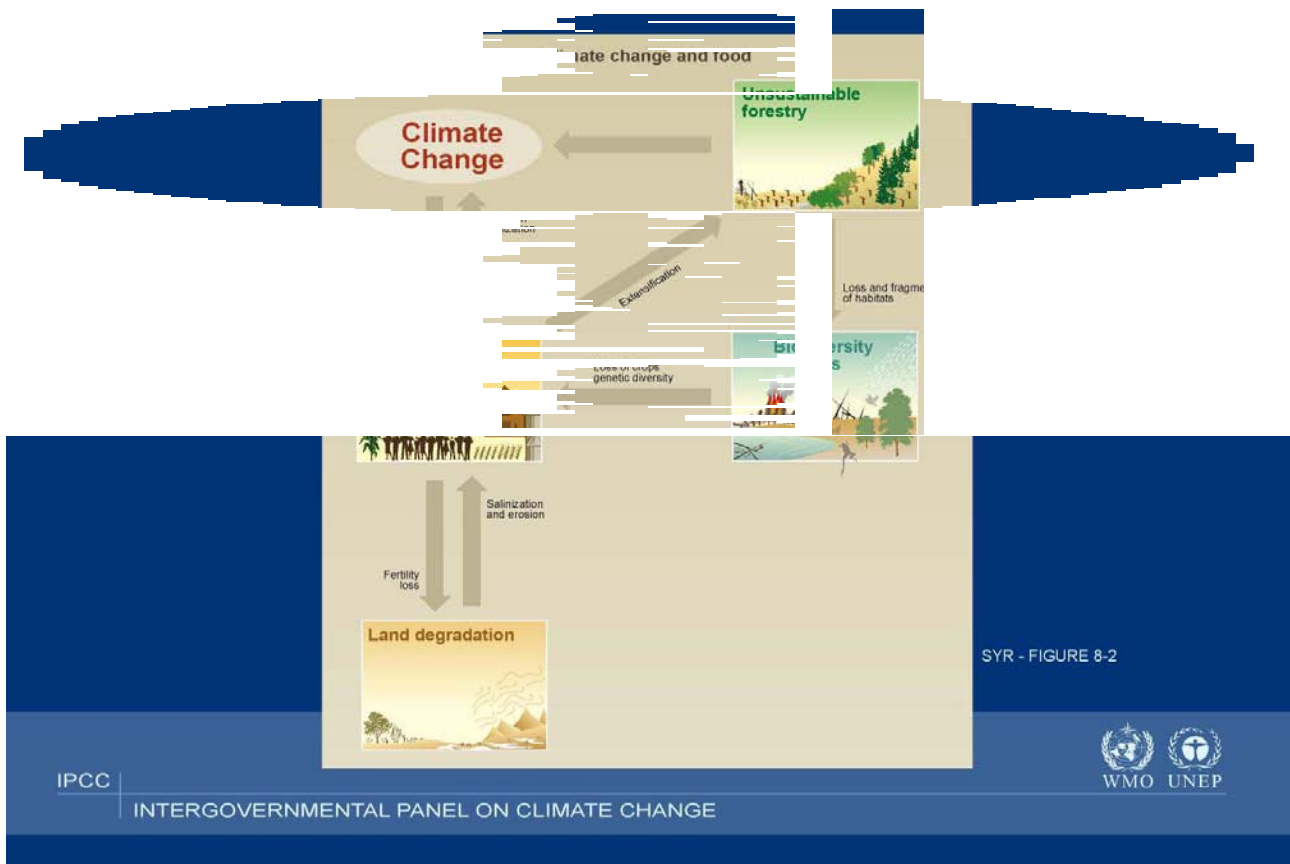


Klimavariabilität und Klimaänderung

Eberhard Reimer
Institut für Meteorologie
Freie Universität Berlin

Übersicht

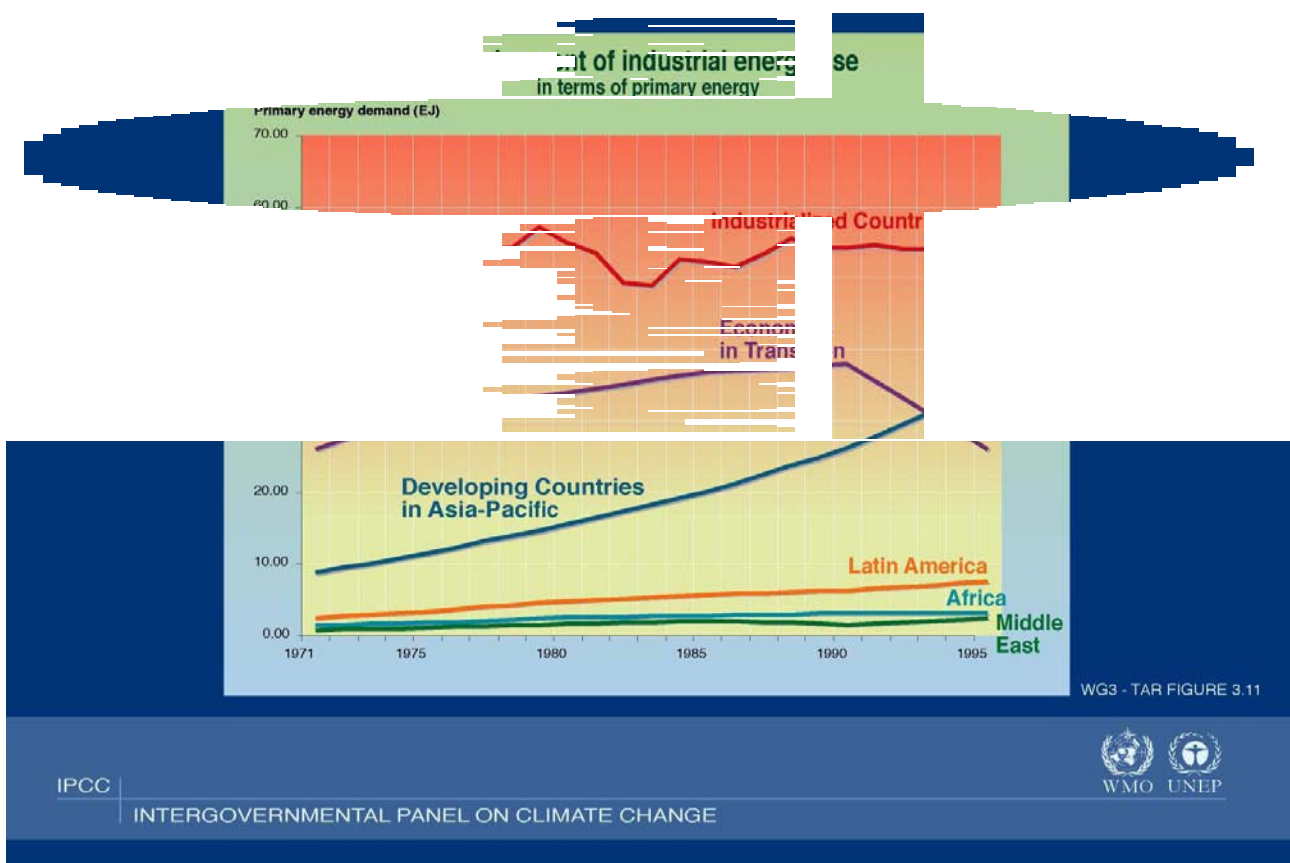
1. Einleitung
2. bisherige Klimaentwicklung
3. Erdsystem und Strahlung
4. Strahlungs-Forcing
5. Numerische Klimamodelle
6. Emissionsentwicklung
7. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)
zukünftige, globale Klimaentwicklung



Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“



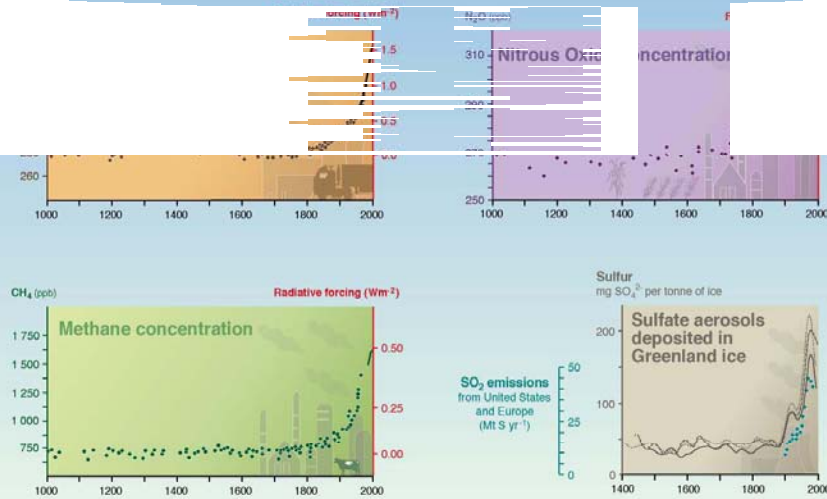
Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“



Indicators of the human influence on the atmosphere during the Industrial era



SYR - FIGURE 2-1
WG1 FIGURE SPM-2

IPCC | INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

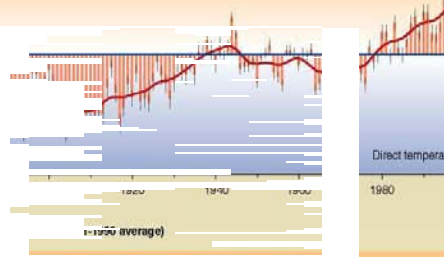
2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“



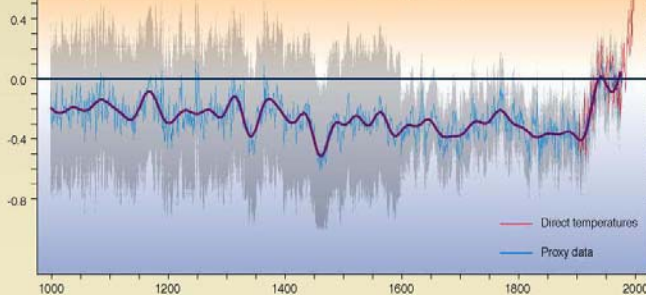
Earth's surface temperature for...

Departures in temperature in $^{\circ}C$ (from the 1961-1990 average)

the past 140 years (global)



the past 1000 years (Northern Hemisphere)



SYR - FIGURE 2-3

IPCC | INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

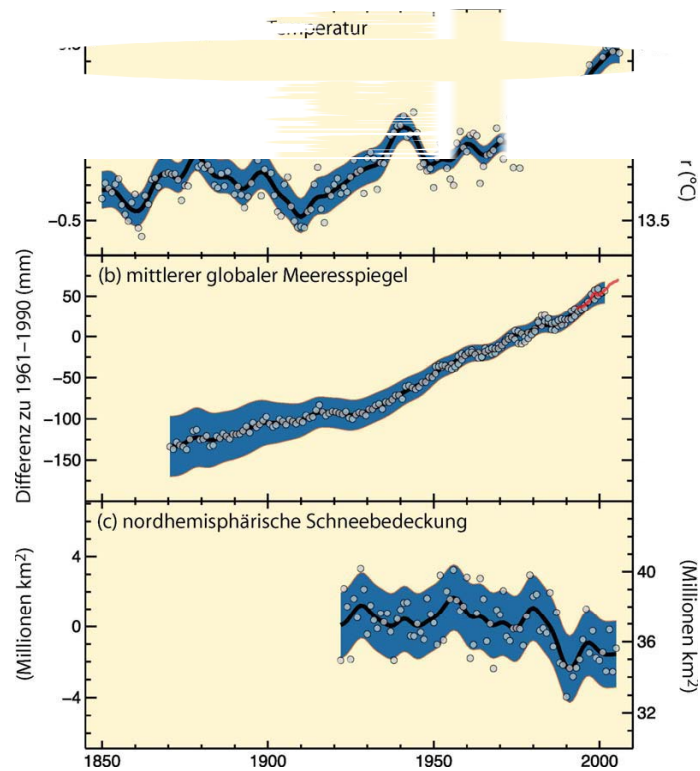


Berlin, 15.Mai 2009

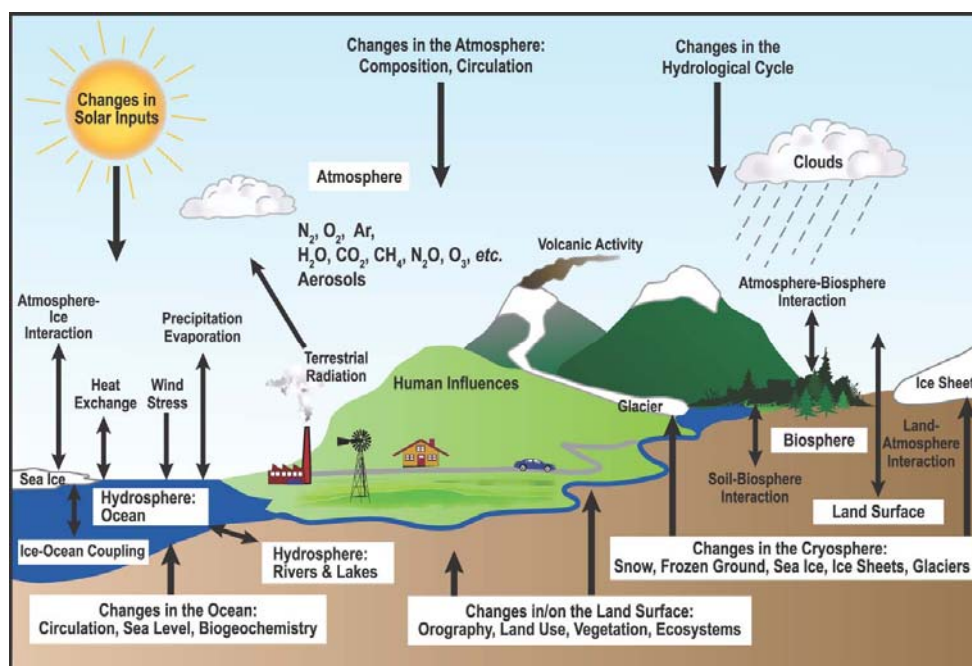
VINI e.V.

2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“





Erdsystem

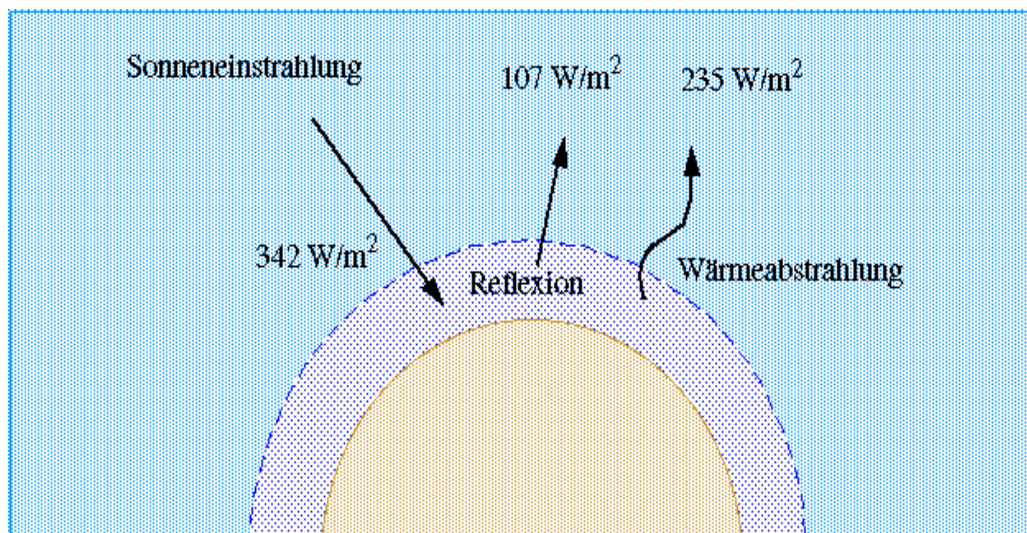


Antrieb: Strahlungshaushalt der Atmosphäre

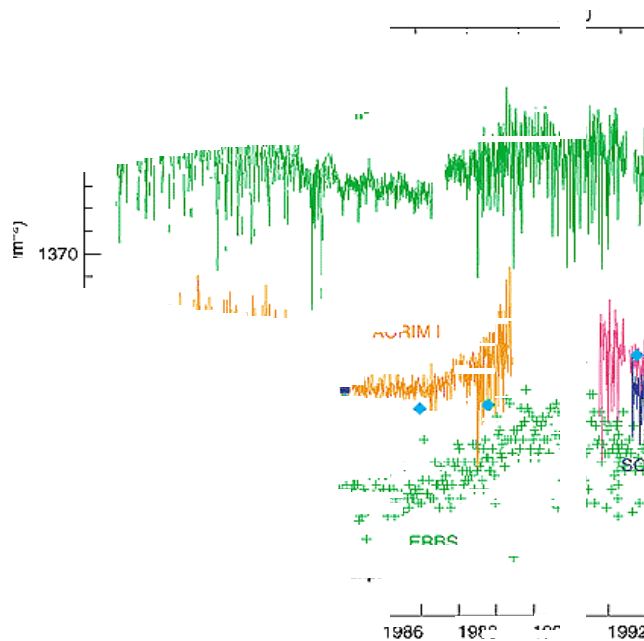
- Strahlung ist Energiefluß in Form elektromagnetischer Wellen
- Die Strahlungsarten können hierbei nach Wellenlängen unterschieden werden,
 - extrem kurzwellig (UV-Strahlung)
 - bis zu extrem langwelliger Strahlung (Infrarot).
- Feststellung:
 - Der vom Menschen verursachte oder anthropogene Treibhauseffekt ist eine Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts.
 - Ohne die natürliche Treibhauswirkung der Atmosphäre würde die globale Mitteltemperatur der Erde gegenwärtig nicht bei +15 °C, sondern bei -18 °C liegen.

Das System Erde-Atmosphäre

- nimmt kurzwelligere Strahlung auf
- strahlt langwelligere Energie ab (geringere Temperatur)
- die Bilanz an der Atmosphärenoberfläche ist nur annähernd ausgeglichen



Variabilität der Solarstrahlung



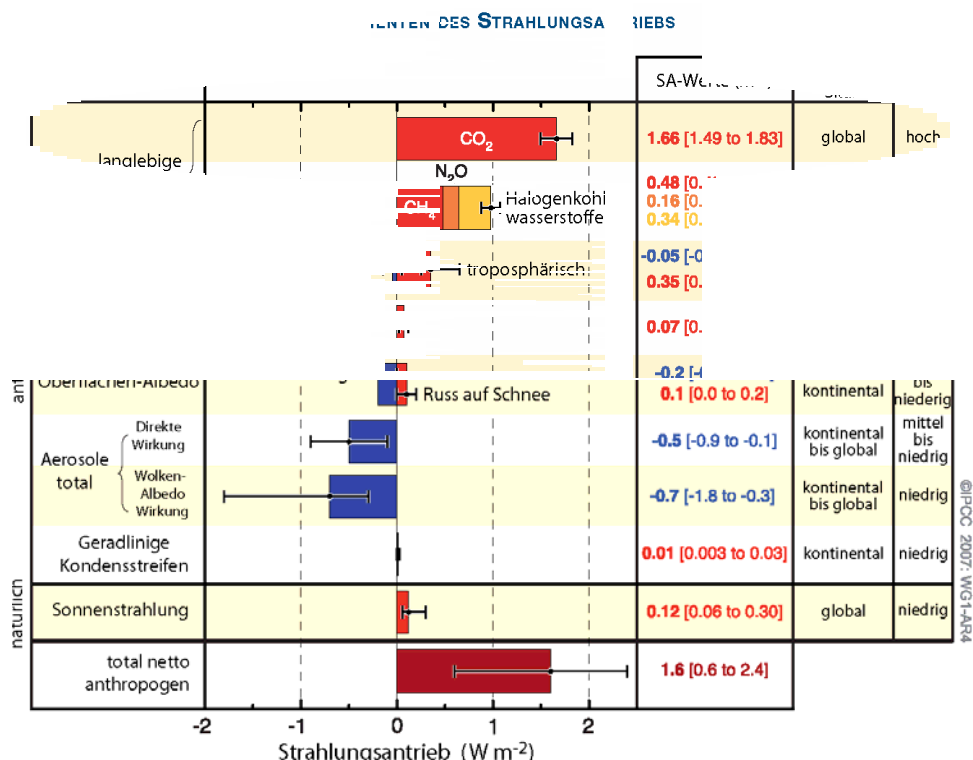
Fragen

Wie wirken sich die anthropogenen Veränderungen der Luftzusammensetzung aus ?

- auf die Strahlungsbilanz ?
- auf das globale und lokale Klima ?
- Dafür wird z.B. die Rekonstruktion vergangenen Klimas unter Einbeziehung von Klimamodellen verwendet (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)

Strahlungs-Forcing

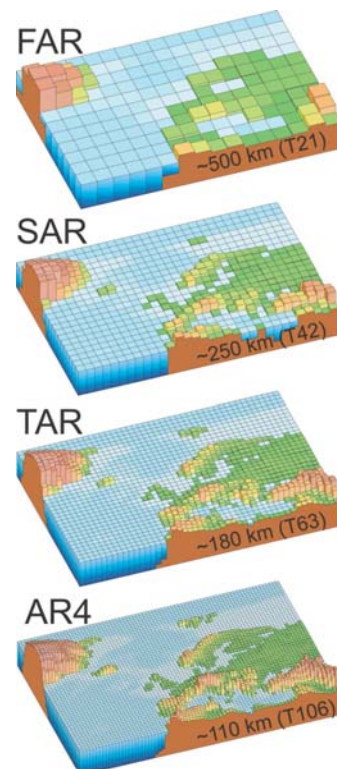
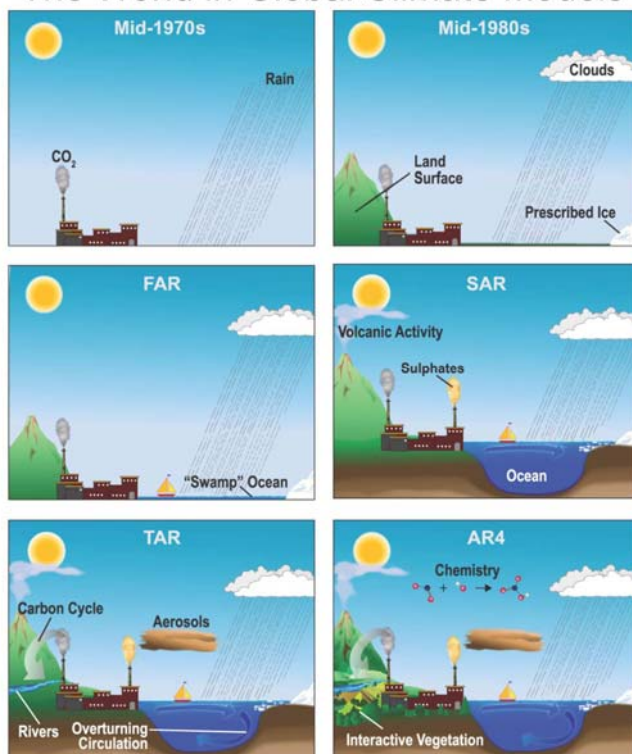
- Anhand von Beobachtungen und Modellrechnungen wird die Variabilität des Klimas untersucht (IPCC).
- Der Begriff des Forcing wird im Vergleich zwischen verschiedenen Referenzzuständen (hier 1750) verwendet.
- Einwirkung der Strahlungsprozesse in der Atmosphäre im Vergleich zum Oberrand.
- Vergleich des Zustands zu verschiedenen Zeiten (vorindustriell oder eiszeitlich – gegenwärtigen Klima)



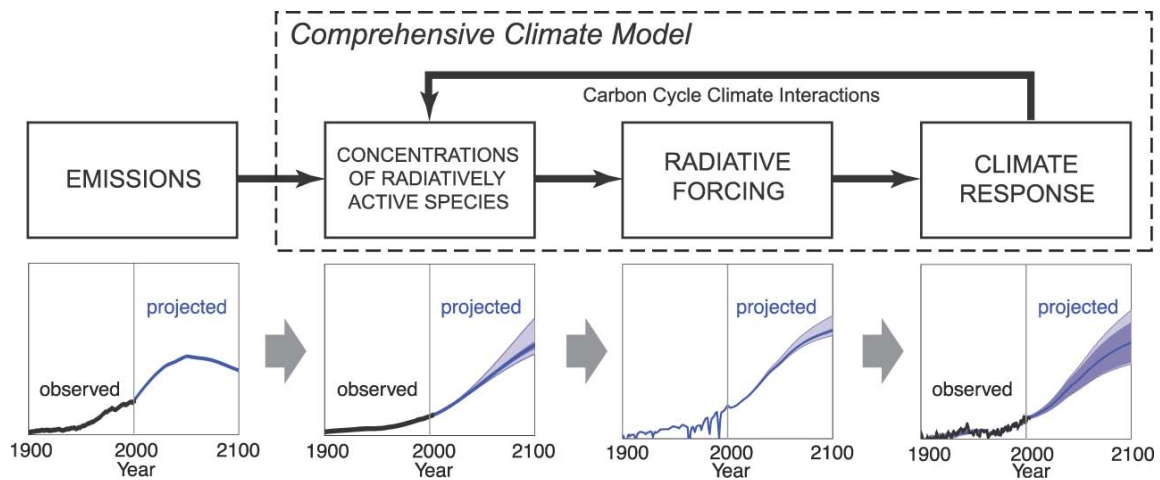
Modellgestützte ausführliche Abschätzungen existiert in Bezug zum Strahlungs- Forcing für den Zeitraum 1750 -2000 durch

- Treibhaus-Gase (CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC-11 and CFC-12)
- Abbau des stratosphärischen Ozons
- Zunahme des troposphärischen Ozons
- direkte Auswirkung von z.B. Sulfat Aerosolen (Streuung und Absorption)
- direkte Auswirkung von elementaren und organischen Kohlenstoff aus Biomassenverbrennung und Verbrennung fossiler Brennstoffe,
- direkte Auswirkung von anthropogenen Staubemissionen
- indirekte Effekte durch z.B. Sulfat-Aerosole (Wolkenbildung, Niederschlag)
- Änderung der Oberflächen-Albedo
- Solare Variabilität

The World in Global Climate Models



Modell-Strategie



Beispiel CO₂-Emissionen und Energieverbrauch im Iran

Emission of CO ₂ by main Pollutants	%	Energy Consumption by Sector	%
Transportation	27,5%	Residential, Commercial, Public Service	37,8%
Power Plants	24,4%	Industry	27,3%
Industries	15,1%	Transport	26,8%
Household/Commercial	8,7%	Agriculture	4,30%

Iran, 2003

Iran, 2001



7

Emission inventories @ TNO



Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

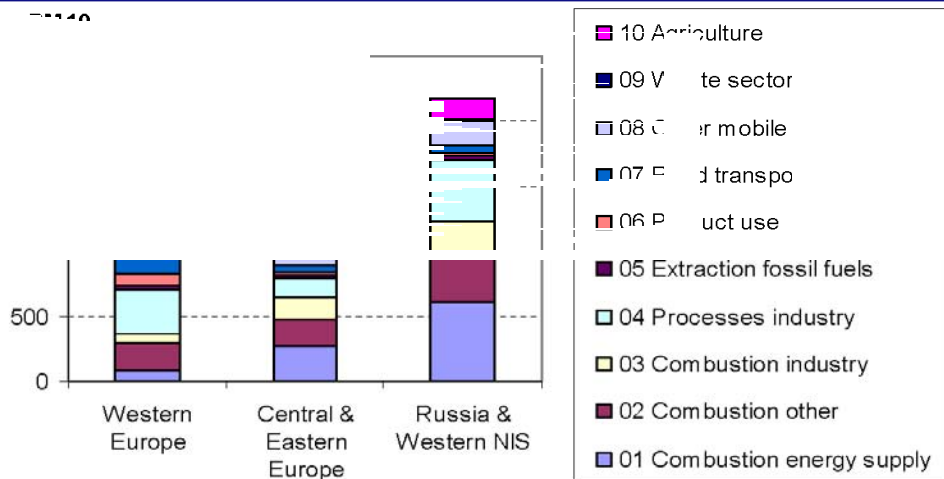
2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“

Freie Universität



Berlin

Results. European PM₁₀ emissions Present policies 2010 (incl. Kyoto)



Despite differences, all sectors contribute!!

12

Emission inventories @ TNO



Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“

Freie Universität



Berlin

SRES - Szenarien

- **A1** globales, rasches Wirtschaftswachstum und Verbesserung der Energienutzung
 - A1FI fossil-intensive Energiequellen
 - A1T nichtfossile Energiequellen
 - A1B ausgewogene Energienutzung
- **A2** heterogene Welt mit regionaler Orientierung
- **B1** globale, umweltverträgliche Entwicklung
- **B2** lokal/regionale, umweltverträgliche Entwicklung

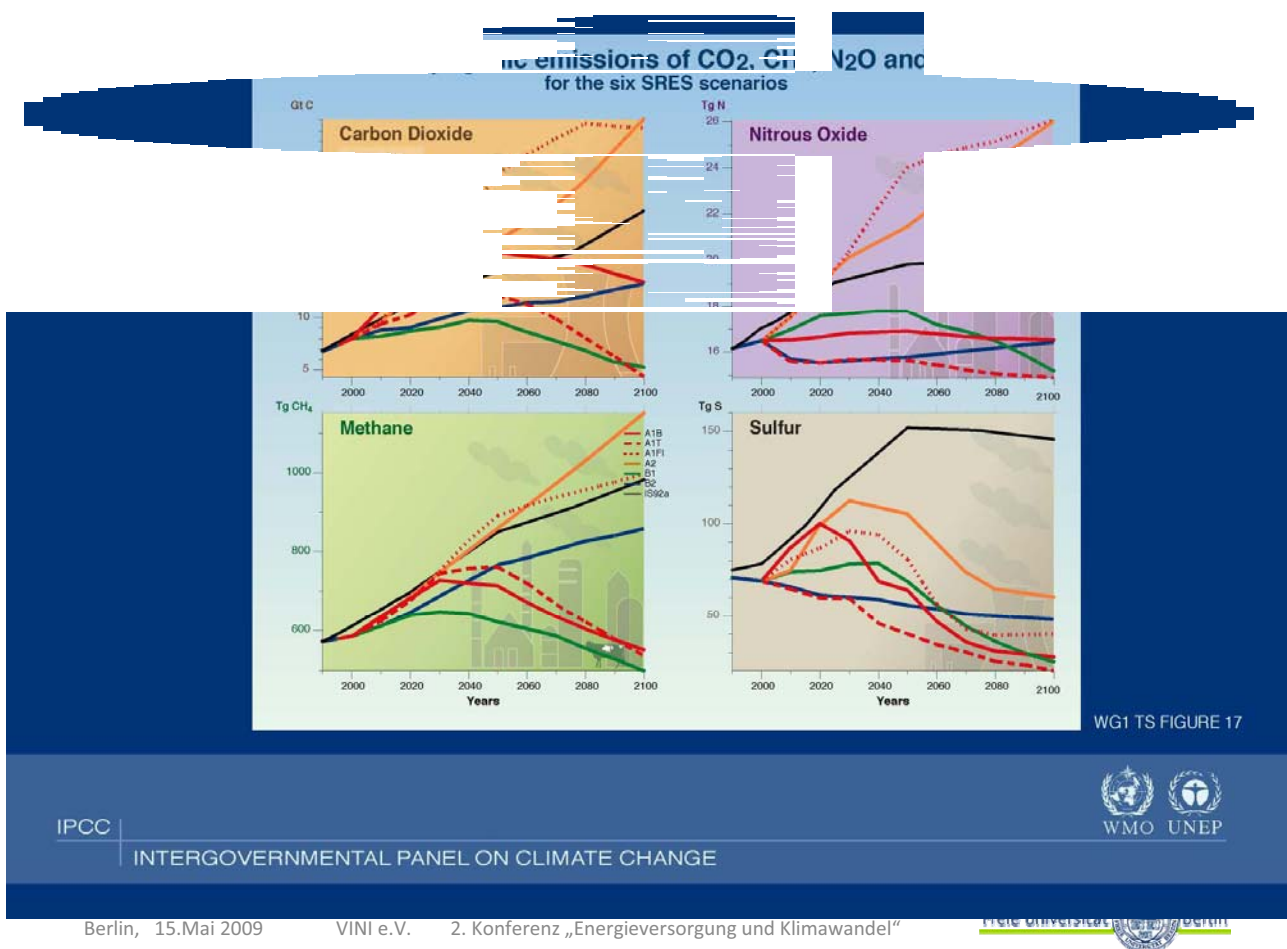
1 - Abnahme der Bevölkerung

2 - Zunahme der Bevölkerung

Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“

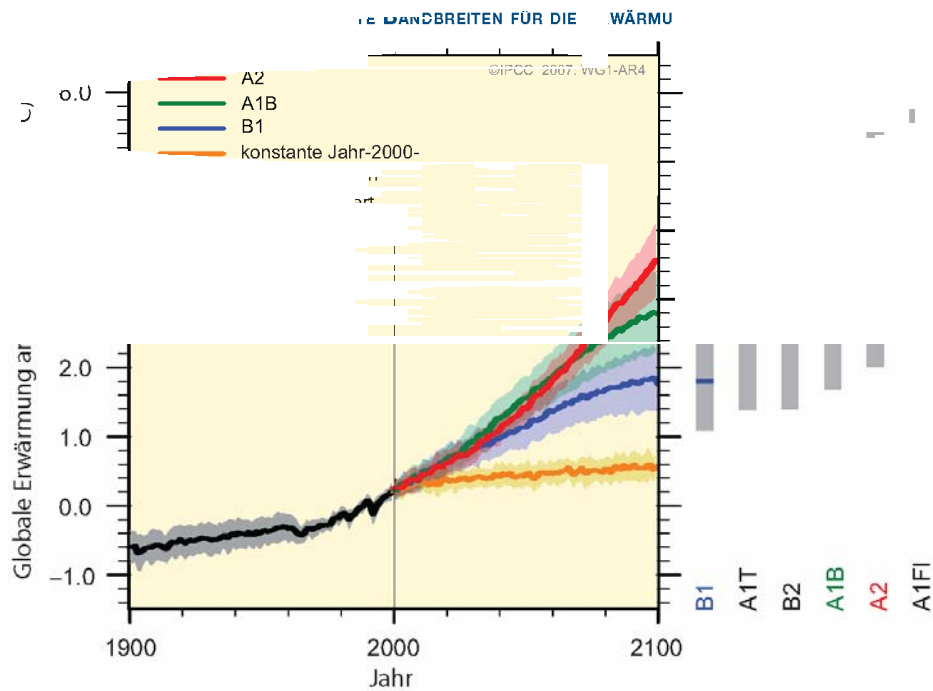


Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“



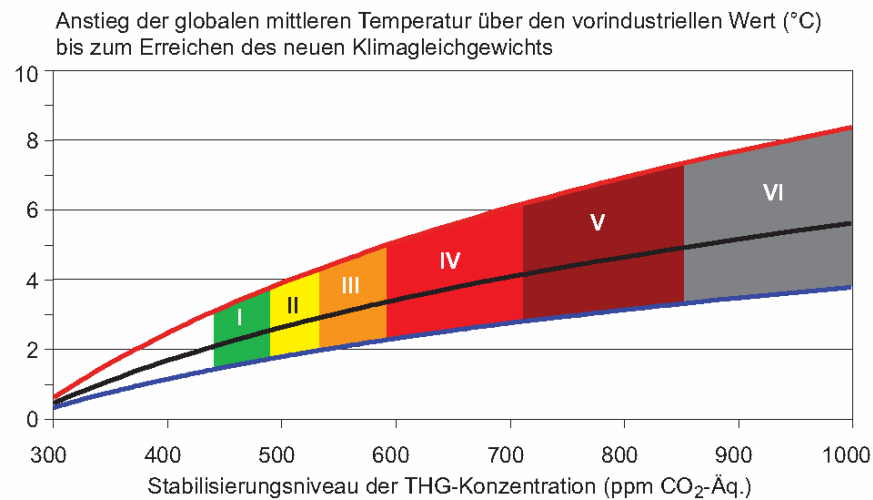


Stabilisierungsszenarien CO₂

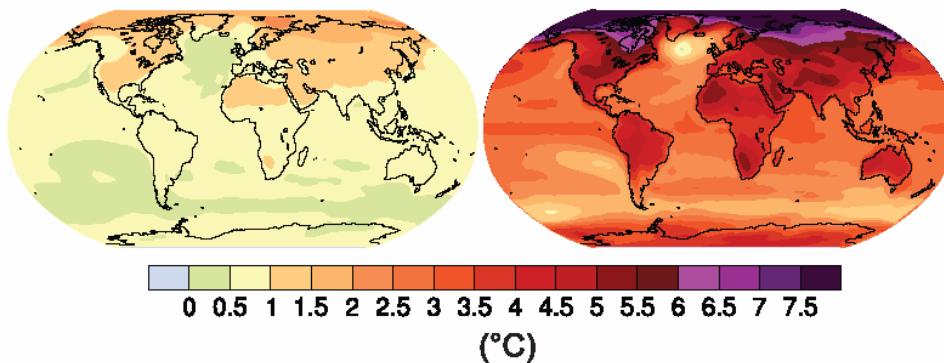
Tabelle SPM.5: Kenndaten von nach dem TAR entstandenen Stabilisierungsszenarien [Tabelle TS2, 3.10]^{a)}

Kategorie	Strahlungsantrieb (W/m ²)	CO ₂ Konzentration ^{c)} (ppm)	CO ₂ -Äq.-Konzentration ^{c)} (ppm)	Mittlerer globaler Gleichgewichtstemperaturanstieg über die vorindustriellen Werte unter der Verwendung einer „bestmöglichen Abschätzung“ der Klimasensitivität ^{b), c)} (°C)	Jahr maximaler CO ₂ -Emissionen ^{d)} (Jahr)	Änderung der globalen CO ₂ -Emissionen im Jahr 2050 (% der 2000er Emissionen ^{d)} (Prozent)	Anzahl der bewerteten Szenarien
I	2.5–3.0	350–400	445–490	2.0–2.4	2000–2015	-85 to -50	6
II	3.0–3.5	400–440	490–535	2.4–2.8	2000–2020	-60 to -30	18
III	3.5–4.0	440–485	535–590	2.8–3.2	2010–2030	-30 to +5	21
IV	4.0–5.0	485–570	590–710	3.2–4.0	2020–2060	+10 to +60	118
V	5.0–6.0	570–660	710–855	4.0–4.9	2050–2080	+25 to +85	9
VI	6.0–7.5	660–790	855–1130	4.9–6.1	2060–2090	+90 to +140	5
Gesamt							177

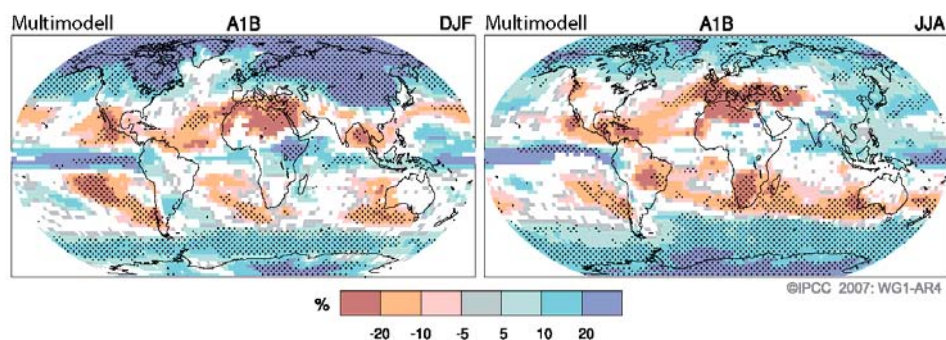
Klimagleichgewicht, Globale Temperaturen



MODELLPROJEKTIONEN DER ERDOBERFLÄCHENTEMPERATUR



PROJIZIERTE ÄNDERUNGSMUSTER DER NIEDERSCHLÄGE



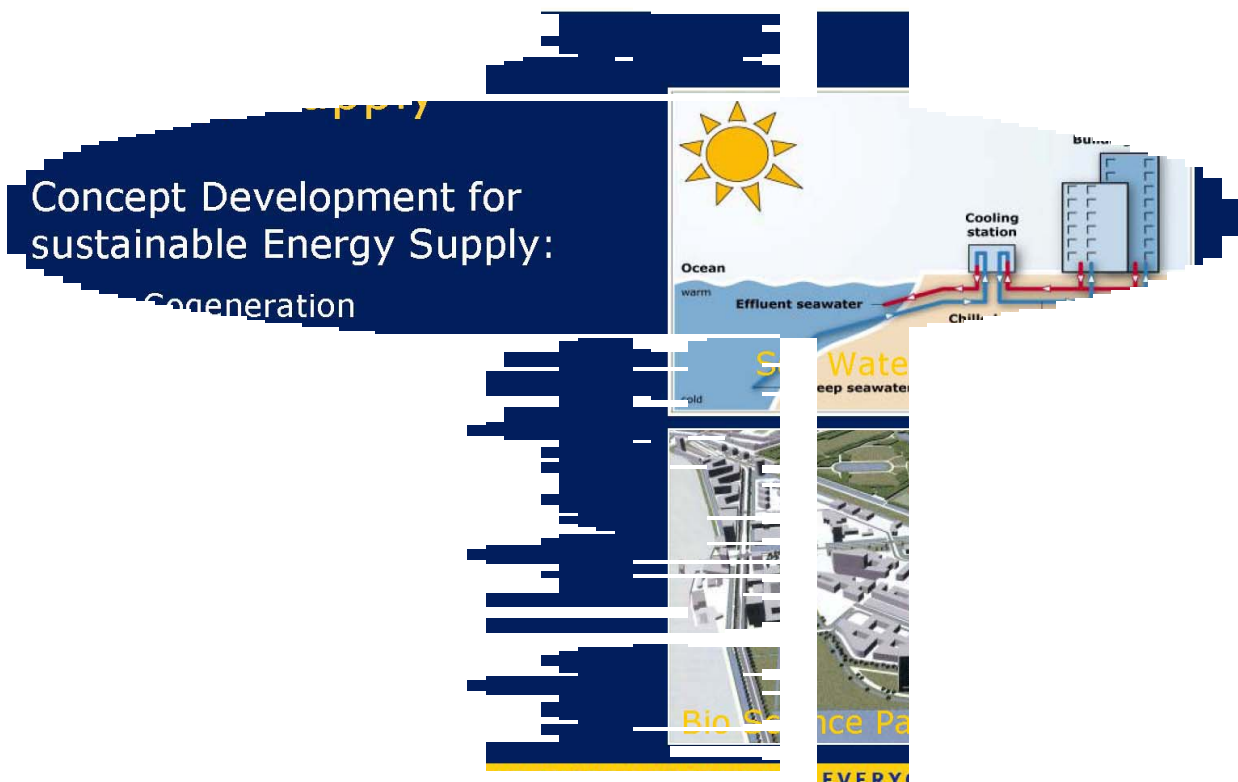
EU-Strategien zur Luftreinhaltung

In den letzten Dekaden ist die Europäische Union aktiv z.B. bei

- der Regulierung von Umweltproblemen,
- der Reduktion von CO₂-Emissionen
- Der Entwicklung von Strategien und Maßnahmen, um Schadstoff-Emissionen, die Gesundheitsprobleme verursachen und die Vegetation schädigen, generell zu verringern.

Dafür wurden Instrumente und Strategien, wie z.B.:

- EU Direktiven für die Energie-Effizienz bei Bauten,
- CO₂ emission trading system,
- EU-Direktiven zur Verbesserung der Luftqualität und andere Vorgaben zur Verhinderung von zu hohen Schadstoffkonzentrationen.



Energy Supply

- Analysis of saving potentials in all sectors
- Analysis of technical potential for sustainable energy supply

Energy Supply

- Development of different scenarios
 - Business as Usual Scenario
 - Sustainable energy supply scenarios

and sustainable energy supply

energy consumption

(CO₂, SO₂, NO_x, PM₁₀)

- Analysis of status quo for the sectors energy, industry, transport, households

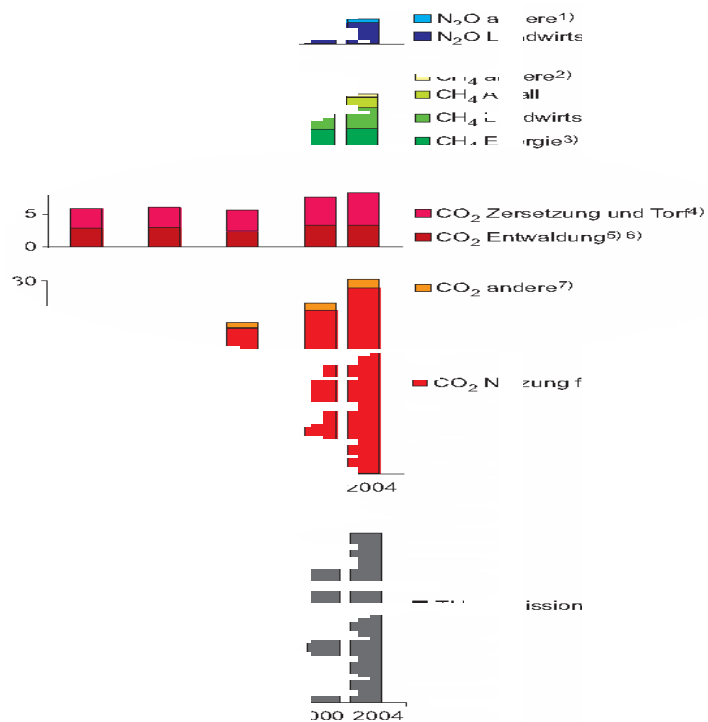
igation measures
 = energy consumption
 (short and long term)
 (administrations and authorities)

EVERY

Abschließende Bemerkungen

- Die Auswirkung der anthropogenen Veränderungen der lokalen oder globalen Klimas sind über Beobachtungen und globale Modelle berechnet worden.
- Viele global, prognostizierte Entwicklungen des regionalen Klimas sind in Modellrechnungen abgesichert.
- Es bestehen Probleme bei der globalen Klimabeobachtung (Messnetzdichte und Länge der Beobachtungen)
- Die lokalen Auswirkungen sind bisher nur unzureichend erfasst (Einbindung von hochaufgelösten Klimamodellierungen)
- Bewertung der lokalen Entwicklung (urbane Entwicklung und Planung) und deren Klimarelevanz ist ebenso wichtig wie lokale Anpassungsstrategien an zukünftige Klimate.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Concept – DPSIR: The causal chain of Air Pollution



6 Emission inventories @ TNO

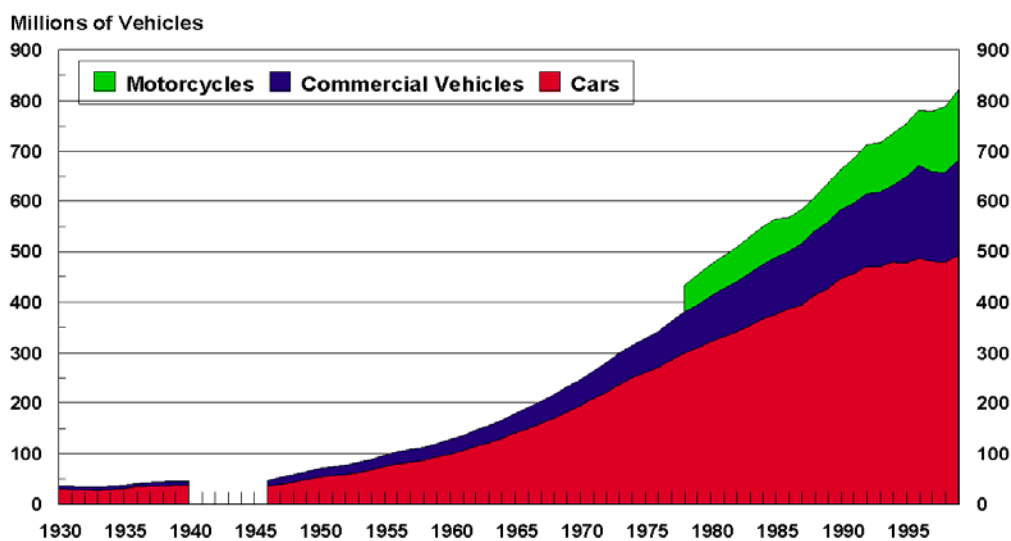
Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“

Freie Universität Berlin

Global Trend In Motor Vehicles



17 Emission inventories @ TNO

Berlin, 15.Mai 2009

VINI e.V.

2. Konferenz „Energieversorgung und Klimawandel“

Freie Universität Berlin