



POTSDAM INSTITUTE FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH

Wirtschaftswachstum und seine möglichen Grenzen

446. Tagung des Wissenschaftlichen Beirats beim
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

Hamburg, 30. Juni 2011

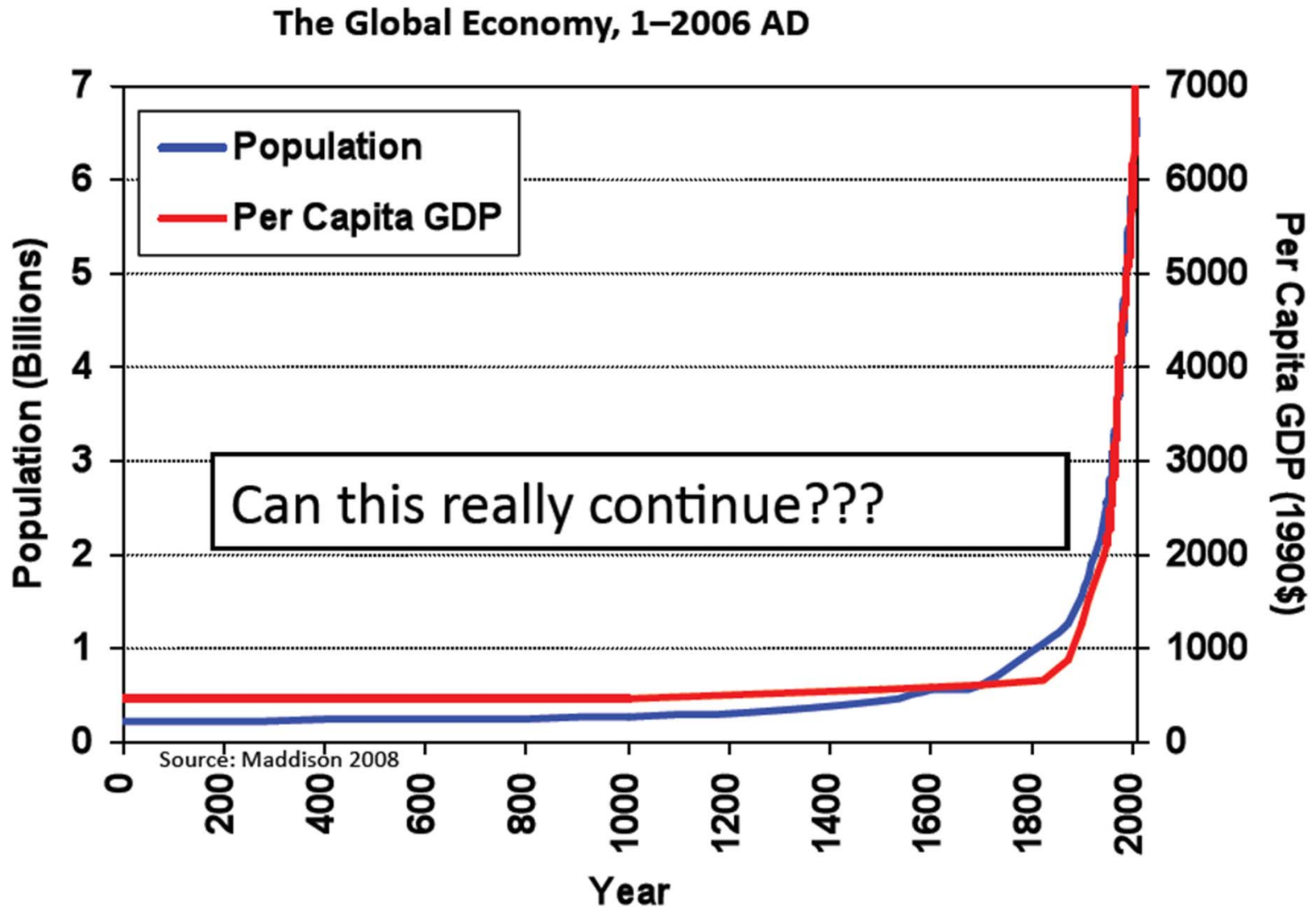
Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



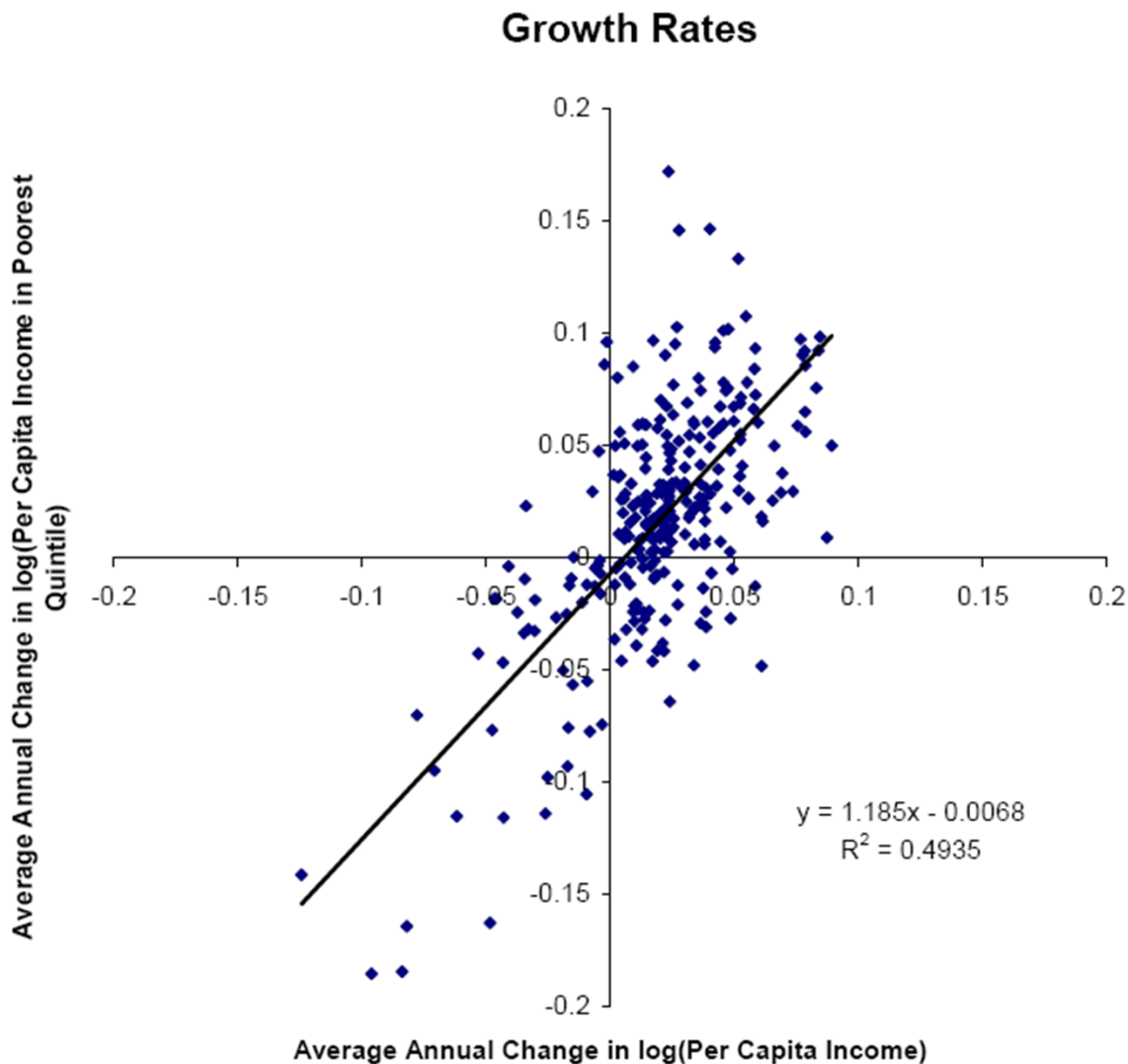
ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change
Working Group III (WG III) – Mitigation of Climate Change



Steigerung der ökonomische Aktivität seit ca. 1750



Wachstum und Armutsreduktion



- Menschen, die in absoluter Armut leben: >1 Milliarde

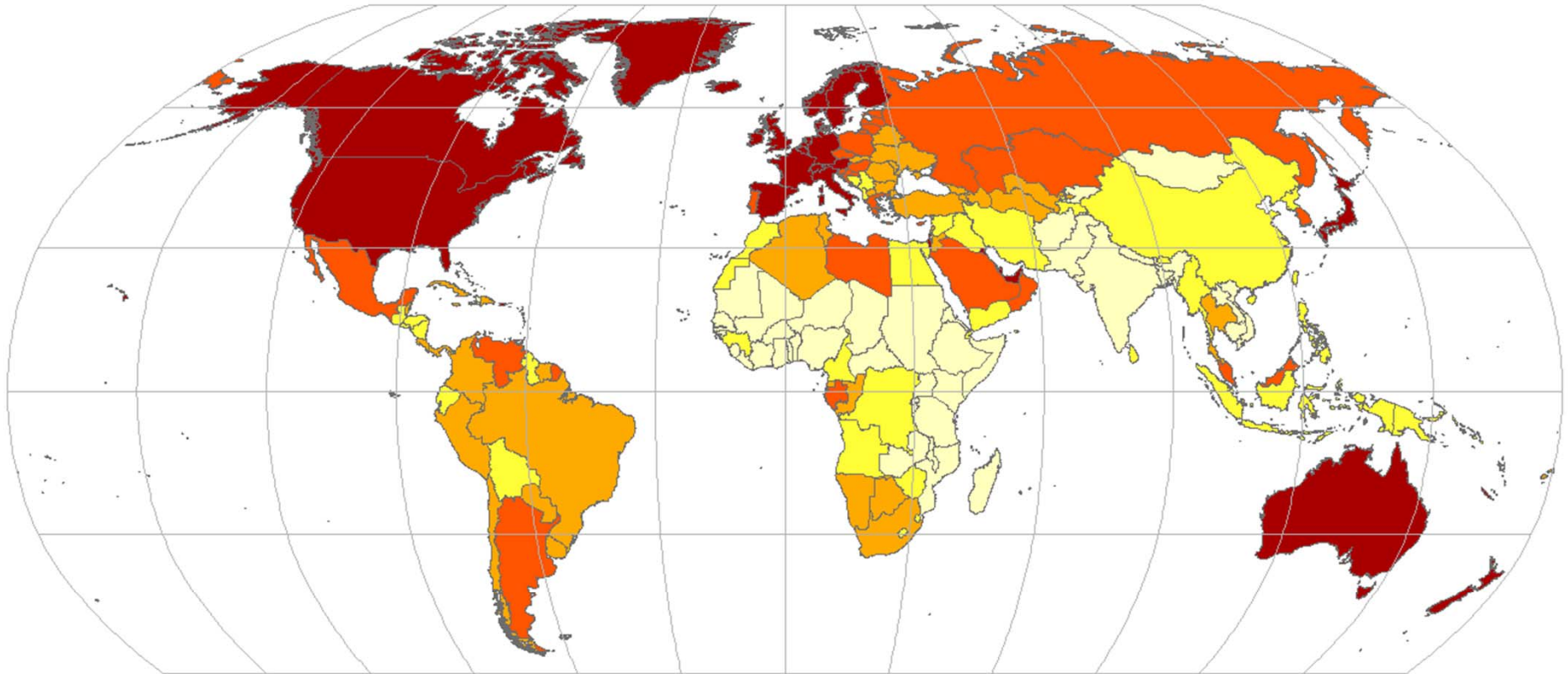
- Geringes Wirtschaftswachstum würde die Entwicklungschancen vieler Ländern drastisch reduzieren

- Außerdem würde Null-Wachstum nicht ausreichen, um Umweltziele zu erreichen

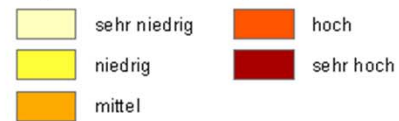
⇒ Das Wachstum zu stoppen scheint keine gangbare Lösung zu sein, um die Umwelt zu schützen

(Dollar und Kray, 2002)

Weltkarte des Vermögens

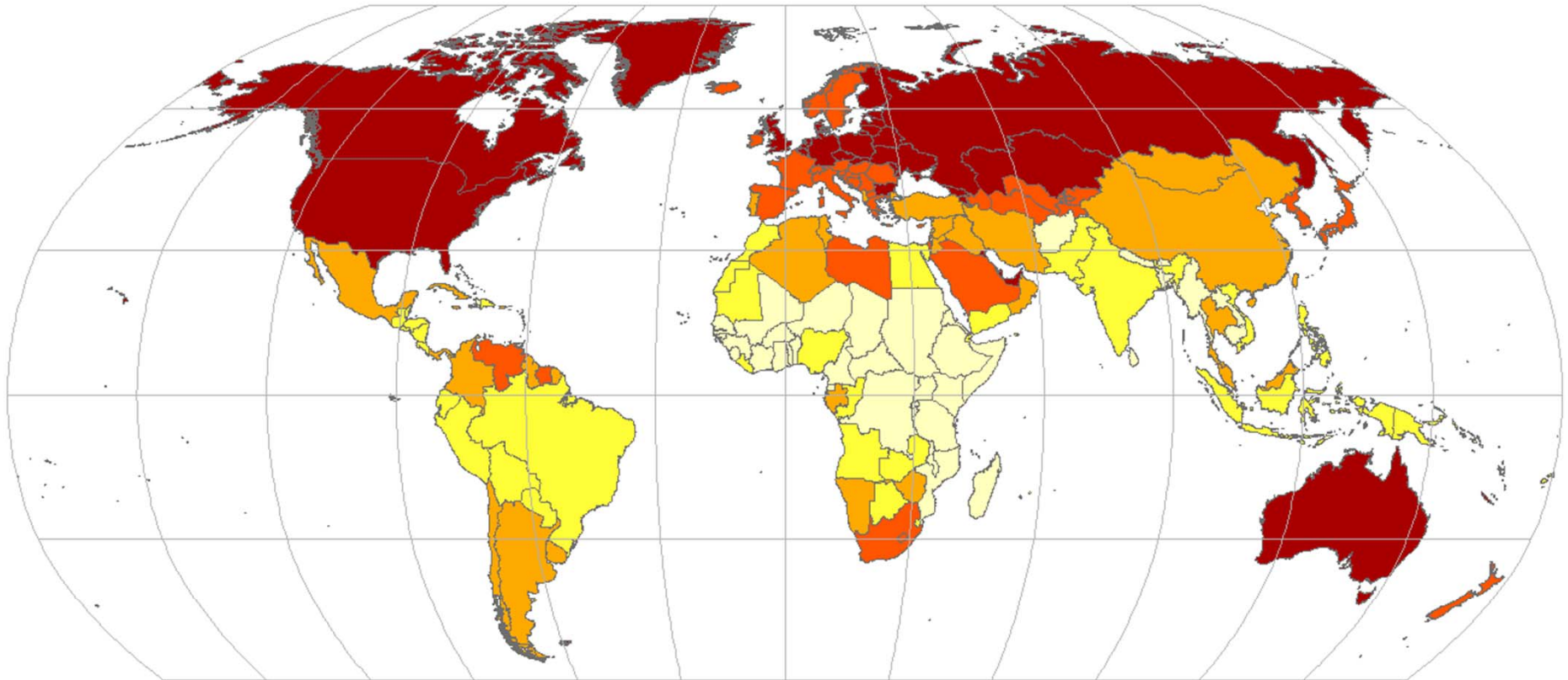


Kapitalbestand pro Person

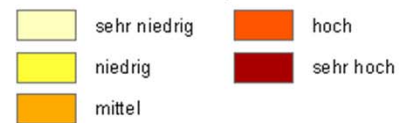


Source: Füssel (2007)

Ablagerungen in der Atmosphäre

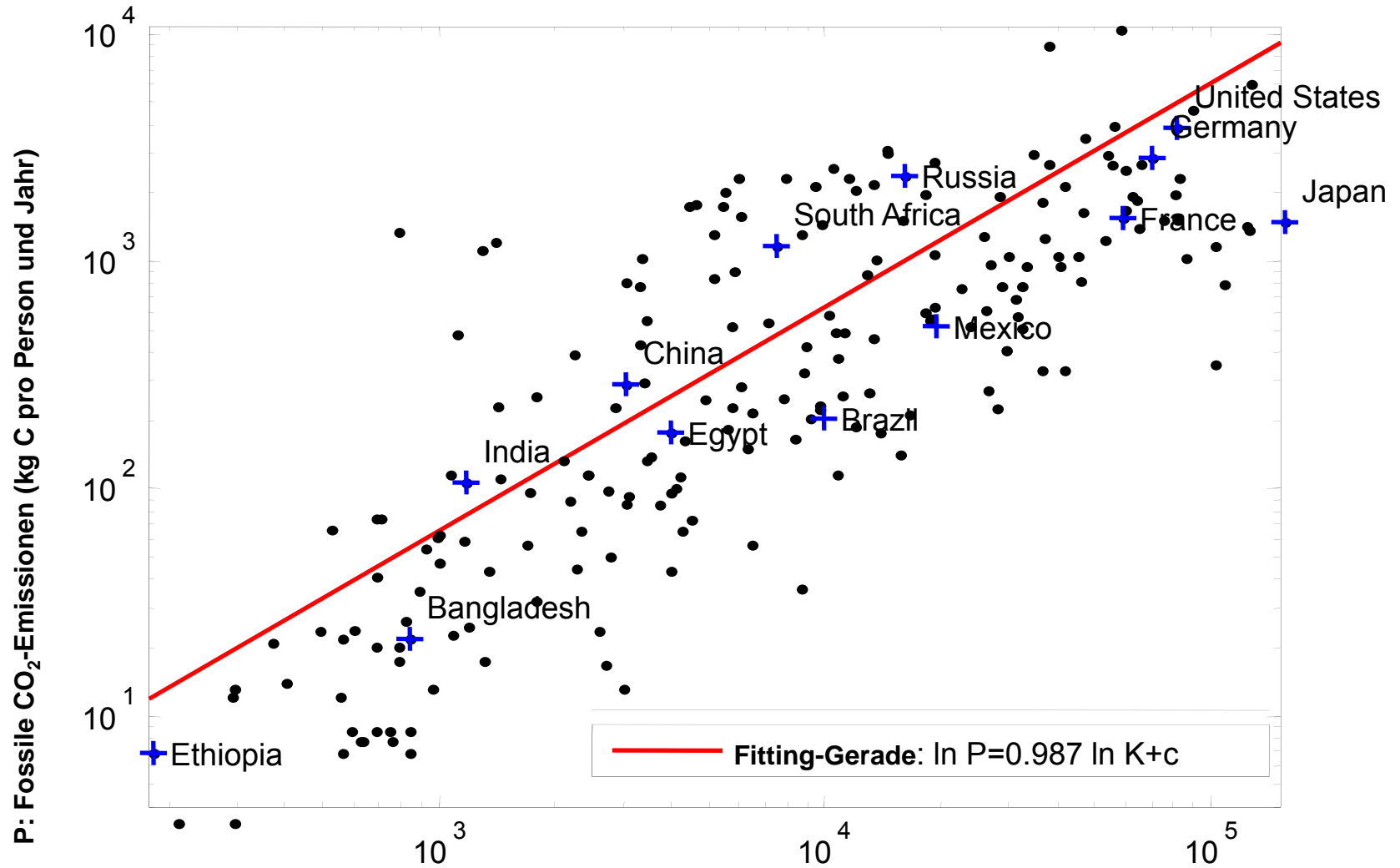


Fossile CO₂-Emissionen pro Person (1950-2003)



Source: Füßel (2007)

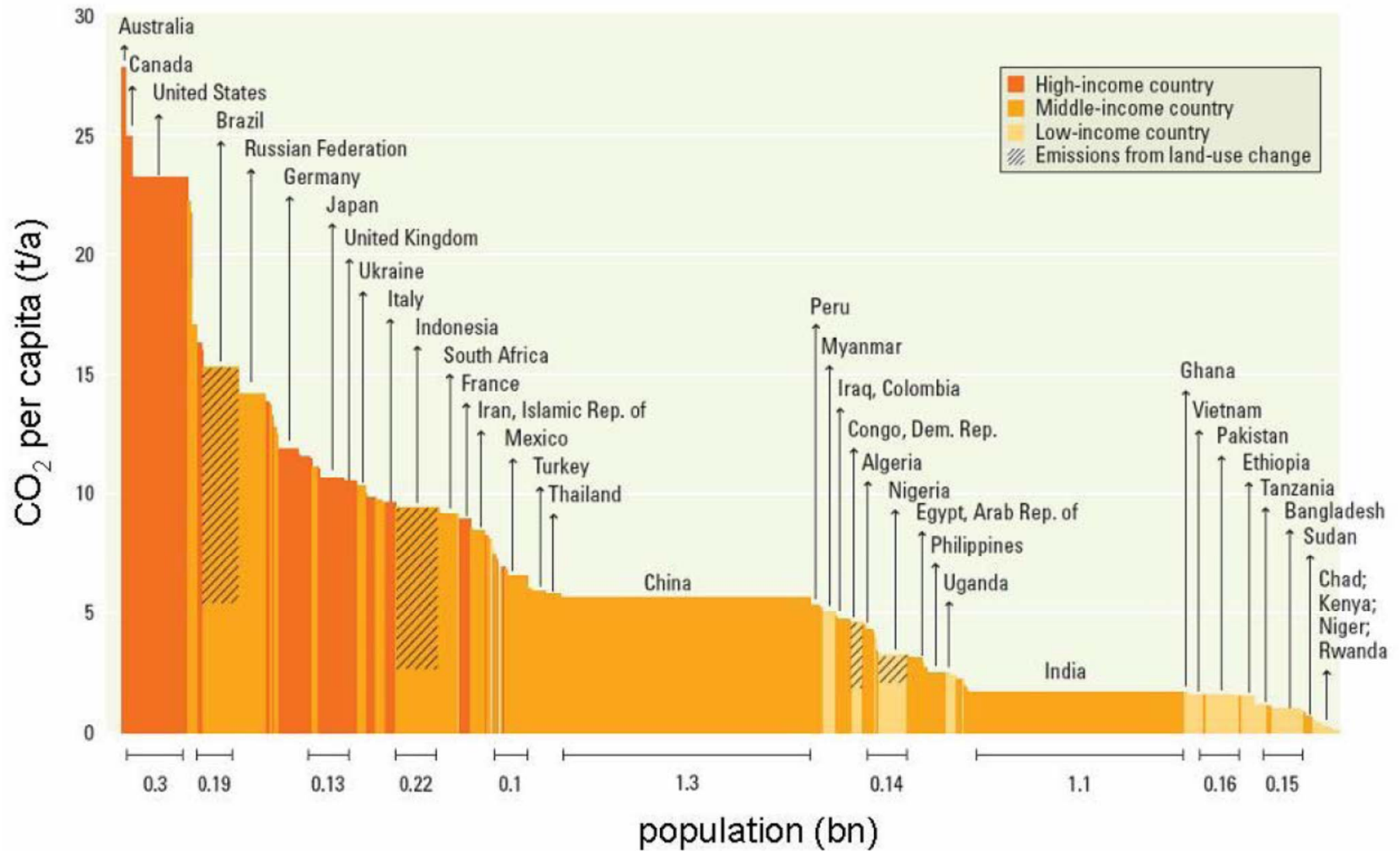
Kohlenstoff und Vermögen



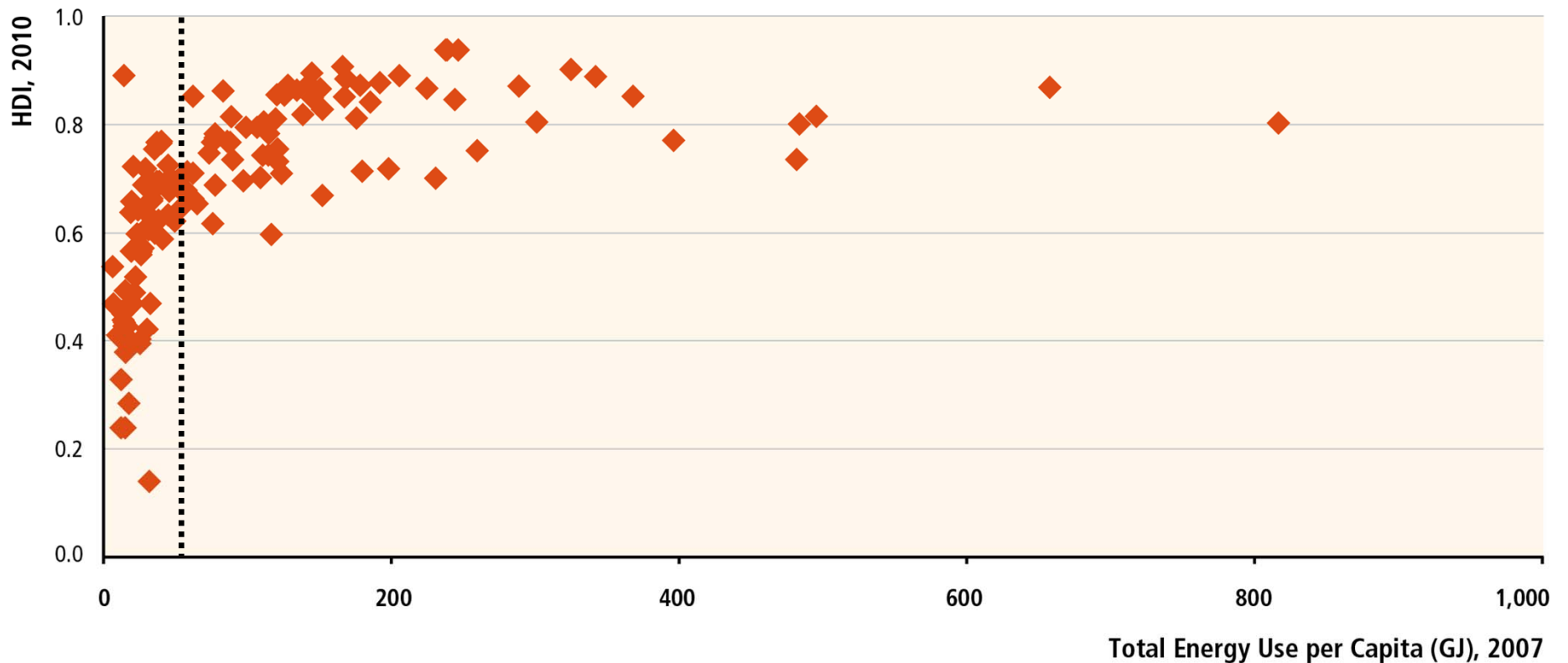
K: Kapitalbestand (US\$2000 pro Person)

Füssel 2007

CO₂-Emissionen und Entwicklungsstand



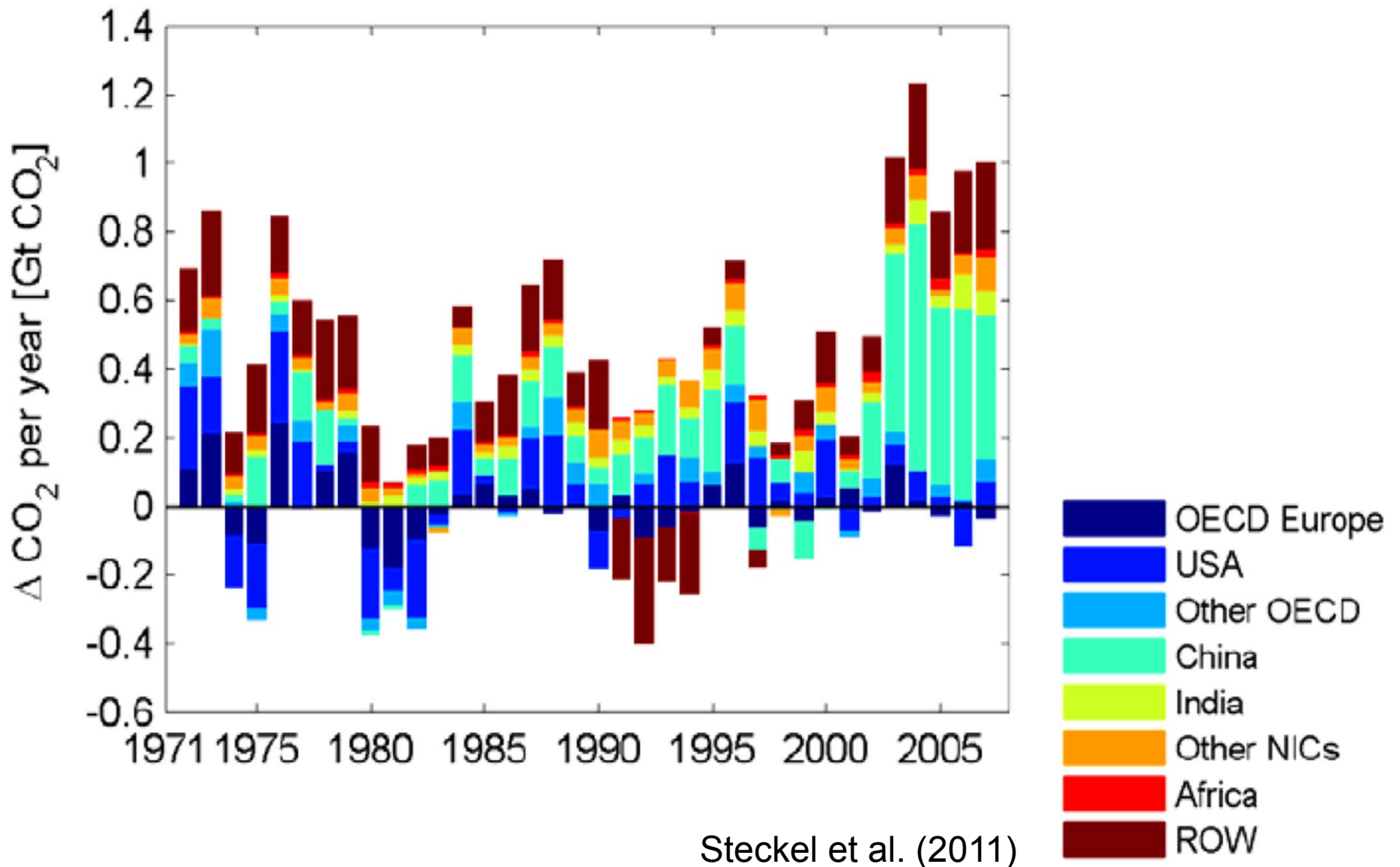
Energie und Human Development Index



Fast kein Land mit Energieverbrauch < 40 GJ/a/person
weist einen hohen HDI (>0.8) auf

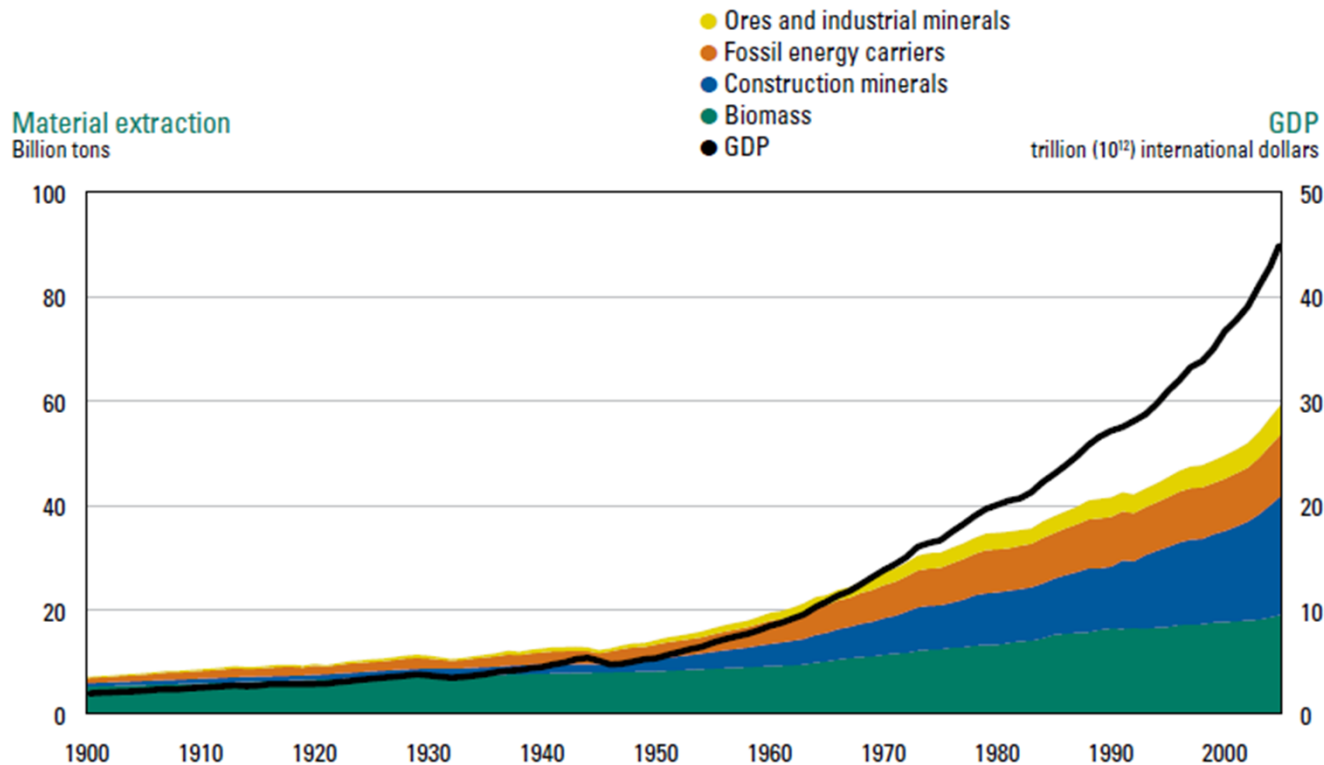
Edenhofer et al. (2011)

Entwicklungsländer als Treiber des Emissionswachstums



Eine absolute Entkoppelung ist bislang nicht gelungen!

Figure 2.1. Global material extraction in billion tons, 1900–2005



Source: Krausmann *et al.*, 2009

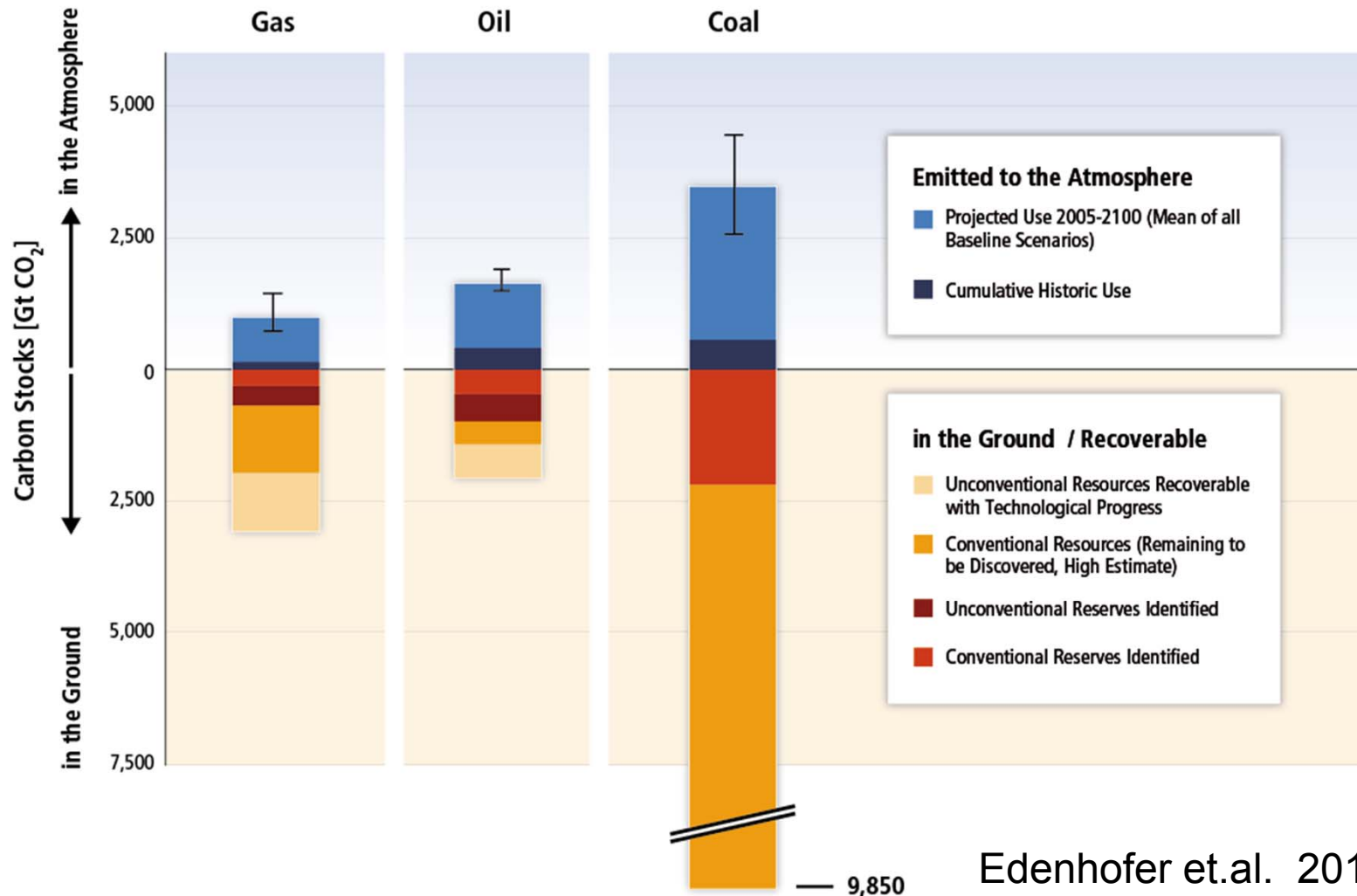
UNEP, 2011

Wachstumsfaktoren:

- Baumaterialien: 34
- Erze & Mineralien: 27
- Fossile Rohstoffe: 12
- Biomasse: 3.6

Relative, aber keine absolute Entkopplung des BIP vom Ressourcenverbrauch über die Zeit

Die BAU Szenarien könnten das Niveau der Treibhausgaskonzentration von 600ppm überschreiten



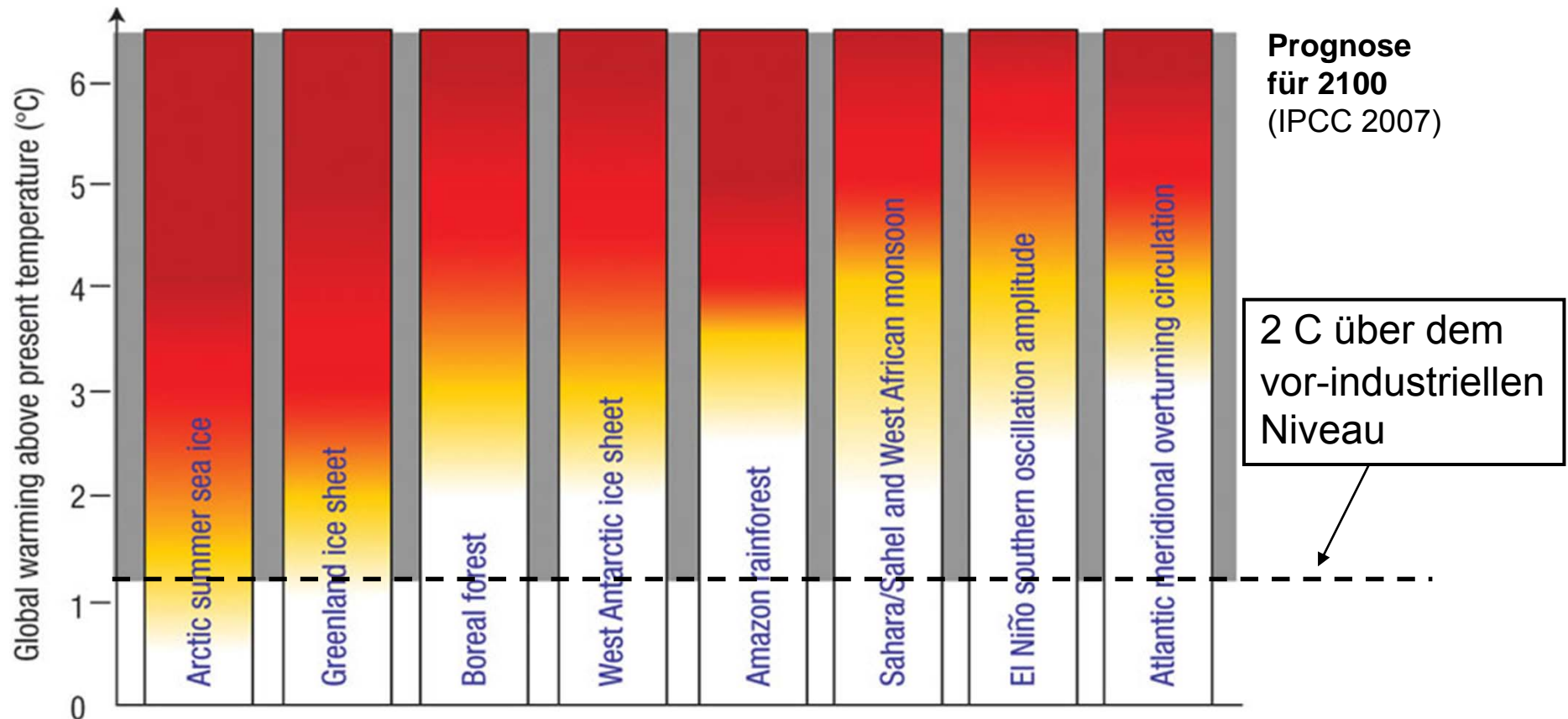
Edenhofer et.al. 2011

Kippschalter im Erdsystem



„Kippprozesse des Klimasystems“ zeigen eine starke Reaktion bereits auf kleine Klimaveränderungen

Das Ampeldiagramm



Potentielle politikrelevante Kippschalter, die durch die globale Erwärmung in diesem Jahrhundert ausgelöst werden könnten, wobei die Schattierung die unsicheren Schwellenwerte darstellt. Bei jedem Schwellenwert gibt der Übergang von weiß zu gelb die untere Grenze der Annäherung und der Übergang von gelb zu rot die obere Grenze an. Der Grad der Unsicherheit wird durch die Verteilung des Farbübergangs dargestellt.

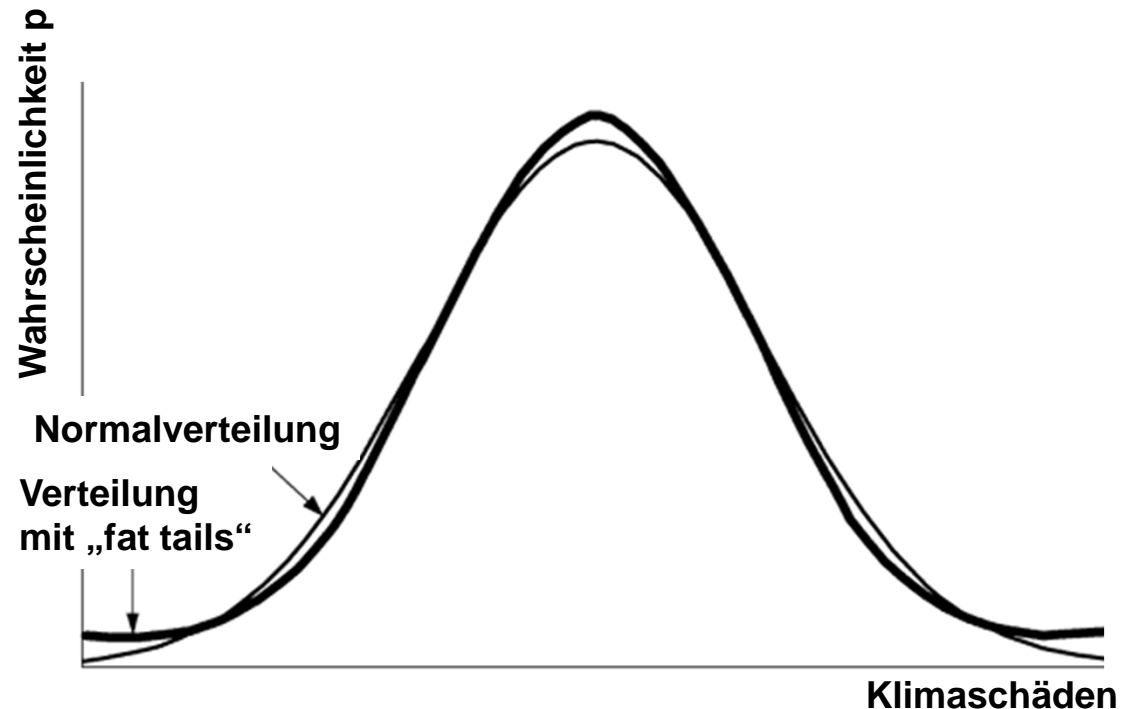
Kosten-Nutzen Analyse oder Risikomanagement?

- Weitzmann (2009, 2010):
 - Mit „fat-tailed“ Klimasensitivität und unsicheren Kippschaltern existiert eine nicht-triviale Wahrscheinlichkeit für katastrophale Schäden
 - Bei CRRA-Nutzenfunktion geht in einem solchen Fall der Erwartungsnutzen gegen minus unendlich

$$U(C) = \frac{C^{1-\phi}}{1-\phi} \text{ für } \phi \neq 1 (\phi > 0)$$
$$= \ln C \text{ für } \phi = 1$$

Wenn $p(C)$ eine
"fat-tailed"-Verteilung ist :

$$\int_{-\infty}^{\infty} U(C) p(C) dC \rightarrow -\infty$$



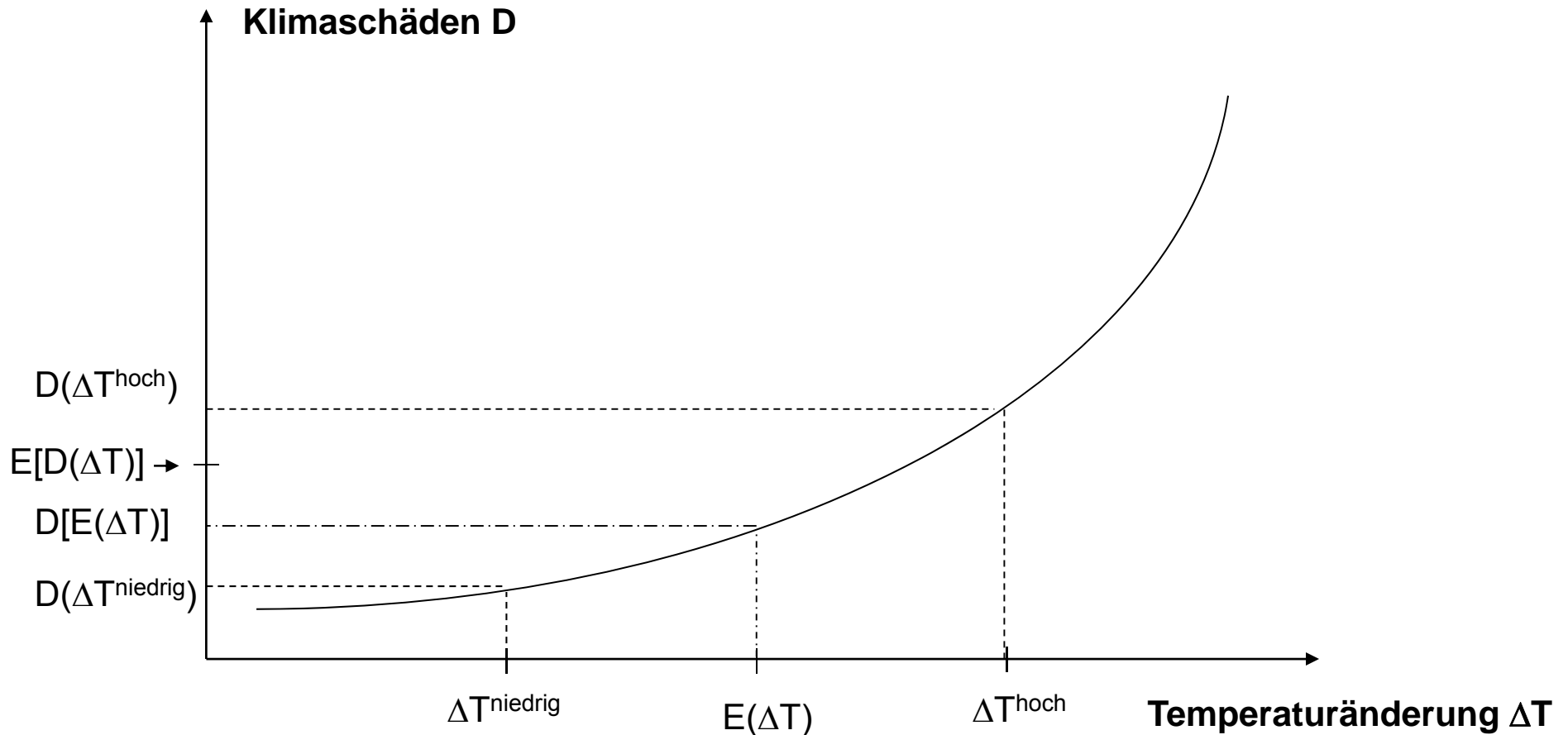
Klimaschutz als Versicherung

- In diesem Fall bricht das Kosten-Nutzen Kalkül zusammen, da Risikoaversion dazu führt, dass praktisch das gesamte Einkommen aufgewendet würde, um die Möglichkeit katastrophaler Schäden auszuschalten
- Klimapolitik als **Versicherung gegen katastrophalen Klimawandel!**

TABLE 1—LIKELIHOOD (IN PERCENTAGE) OF EXCEEDING A TEMPERATURE INCREASE AT EQUILIBRIUM

Stabilization level (in ppm CO ₂ e)	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C
450	78	18	3	1	0	0
500	96	44	11	3	1	0
550	99	69	24	7	2	1
650	100	94	58	24	9	4
750	100	99	82	47	22	9

Abschätzung „gradueller“ Klimaschäden

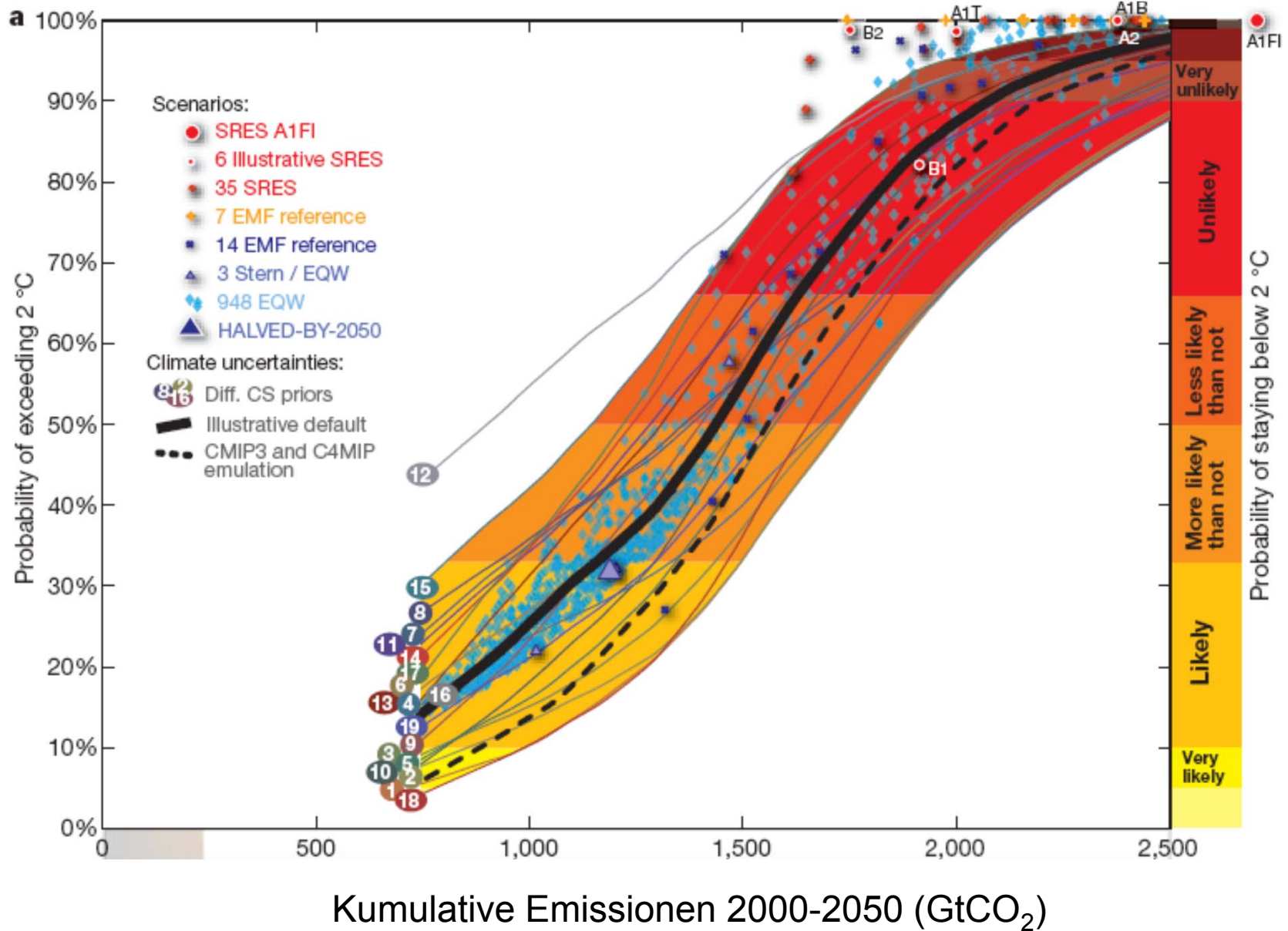


Für konvexe Schadensfunktionen (siehe z.B. Nordhaus, 2008) gilt:

$$E[D(\Delta T)] > D[E(\Delta T)]$$

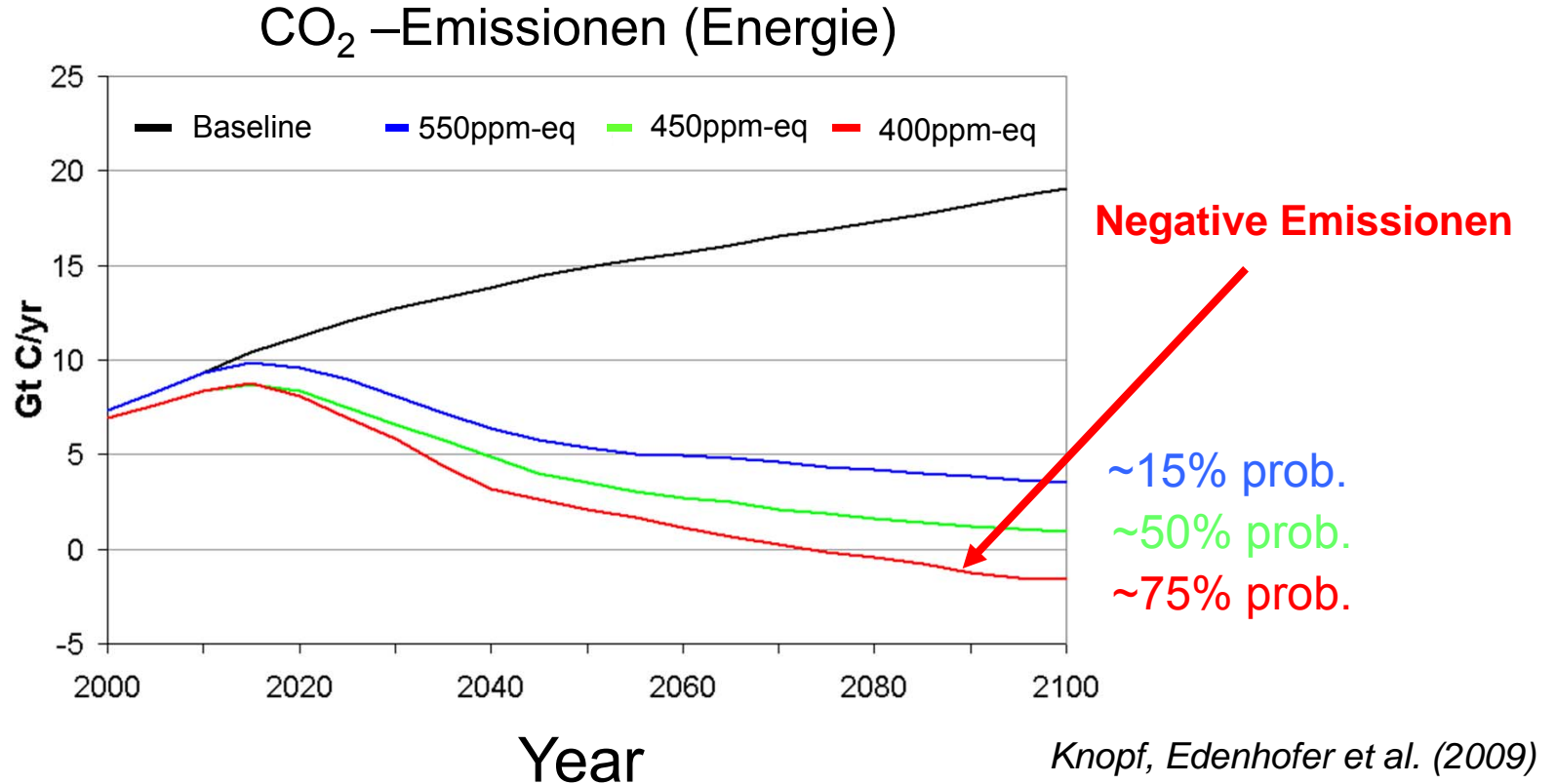
-> aggregierte Schadensfunktionen unterschätzen die Schäden des graduellen Klimawandels (siehe M. Hanemann)

Das Klimaproblem als Hotelling Problem

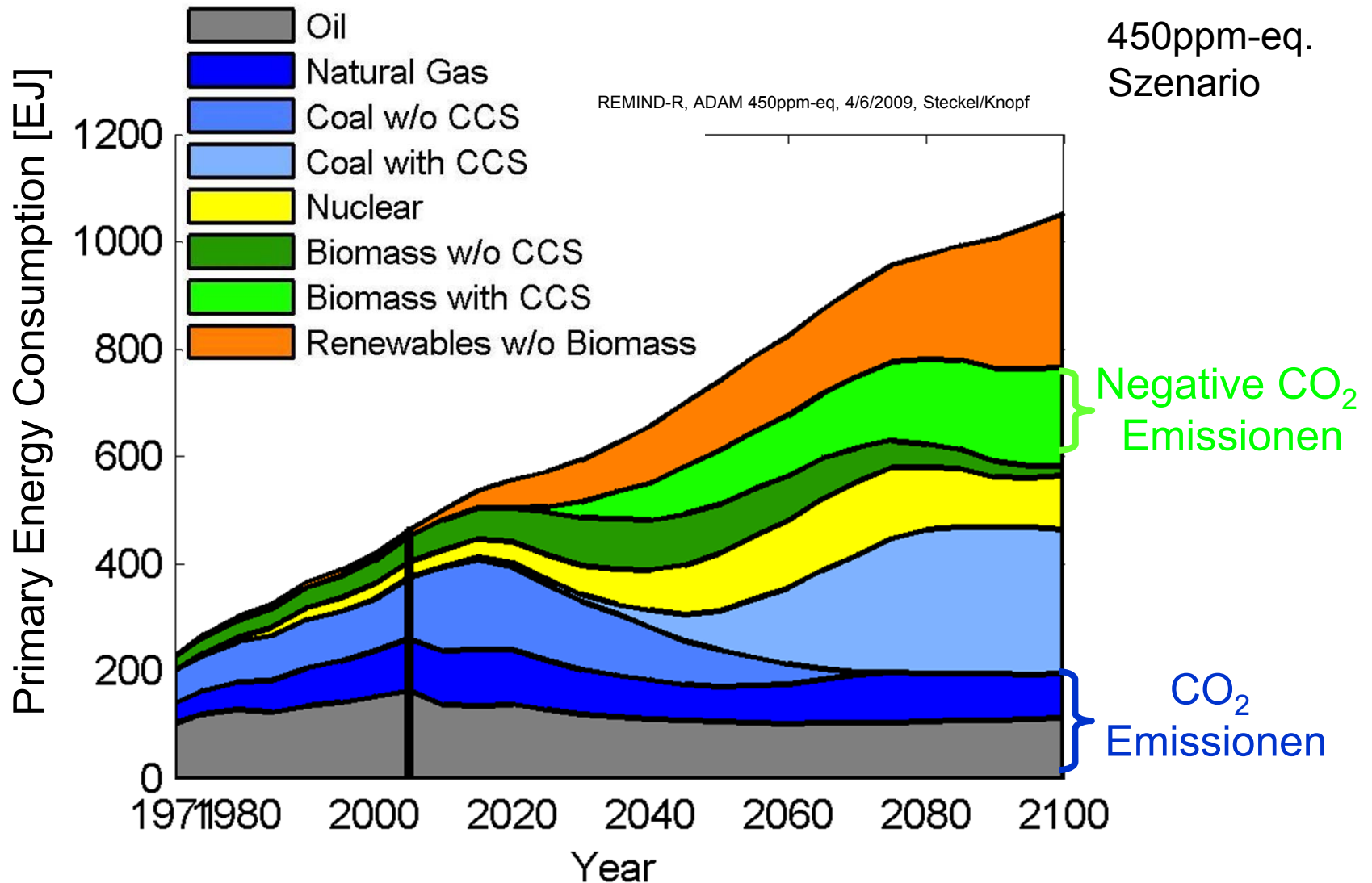


Stabilisierung der atmosphärischen CO₂-Konzentration

3 Stabilisierungsziele mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten, das 2. Ziel einzuhalten: 550ppm-eq, 450ppm-eq, 400ppm-eq

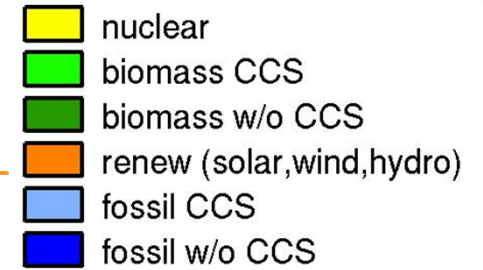


Transformation des Energiesystems

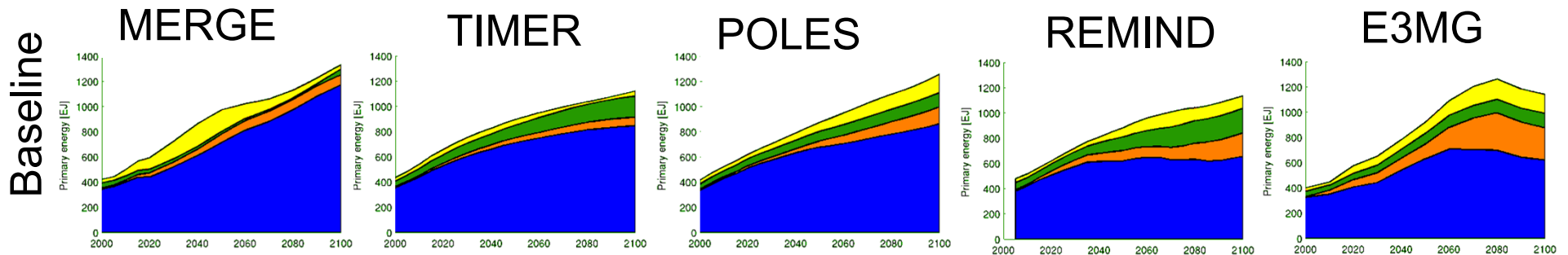


Based on IEA Data (1971-2005) and REMIND-R results for 450ppm-eq (ADAM); Graphic by Steckel/Knopf (PIK)

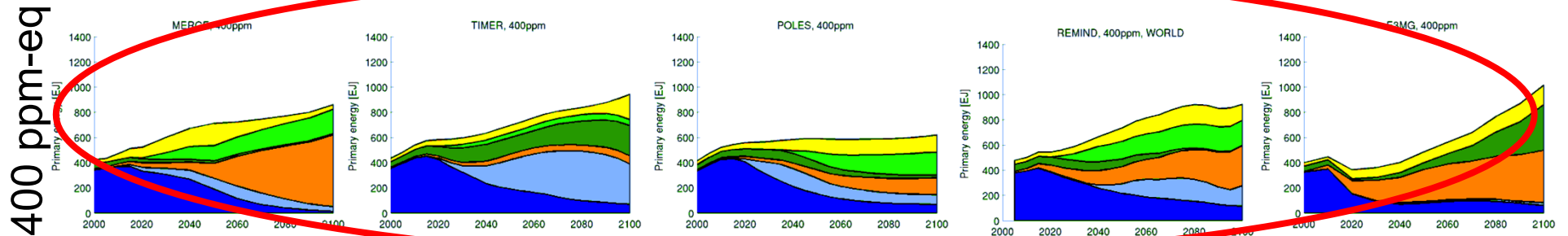
Transformation des Energiesystems



models \longrightarrow



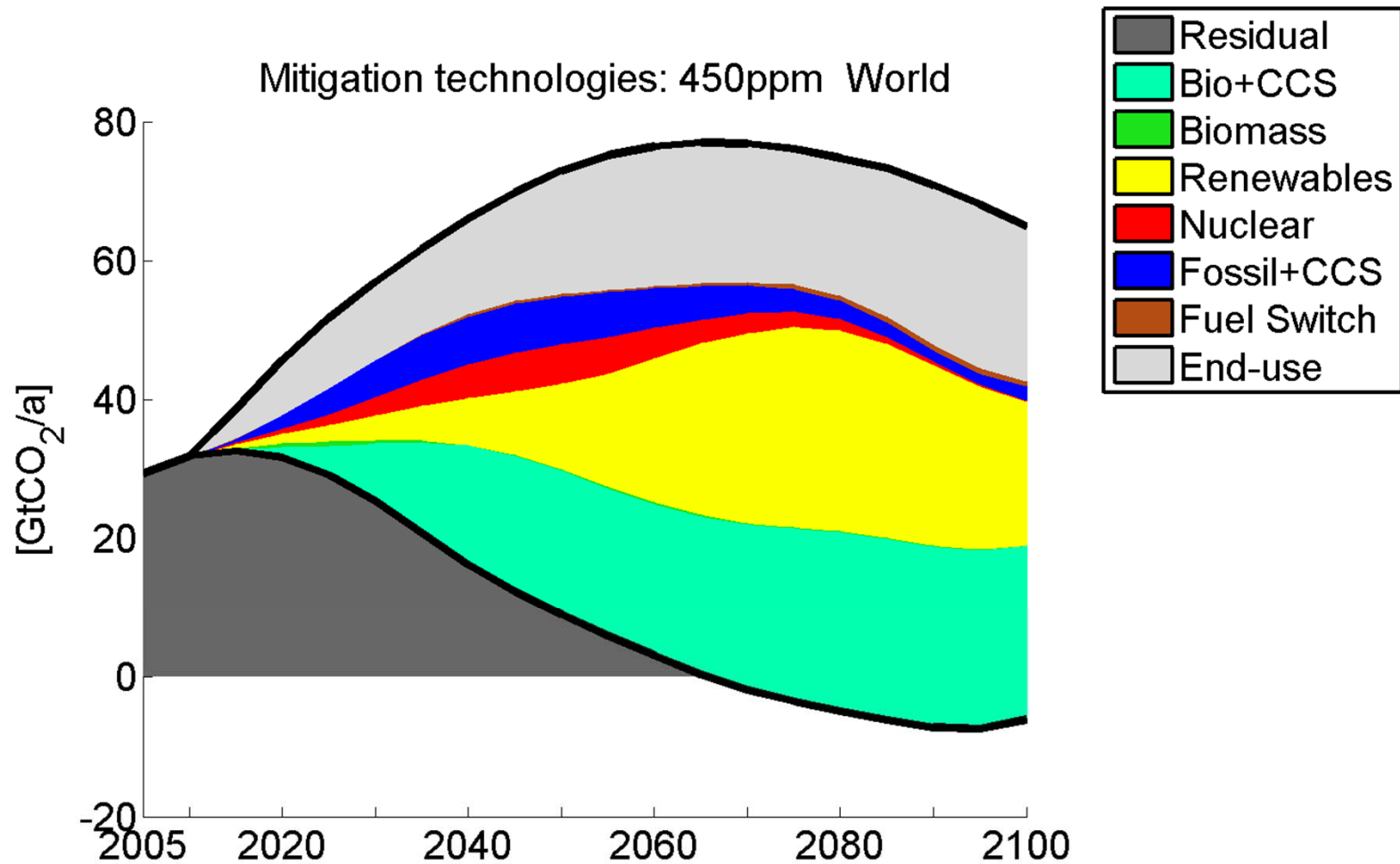
Verschiedene mögliche Pfade zur Energiesystemtransformation



- \rightarrow Verschiedene Möglichkeiten für 400ppm
- \rightarrow 400ppm in allen Modellen möglich

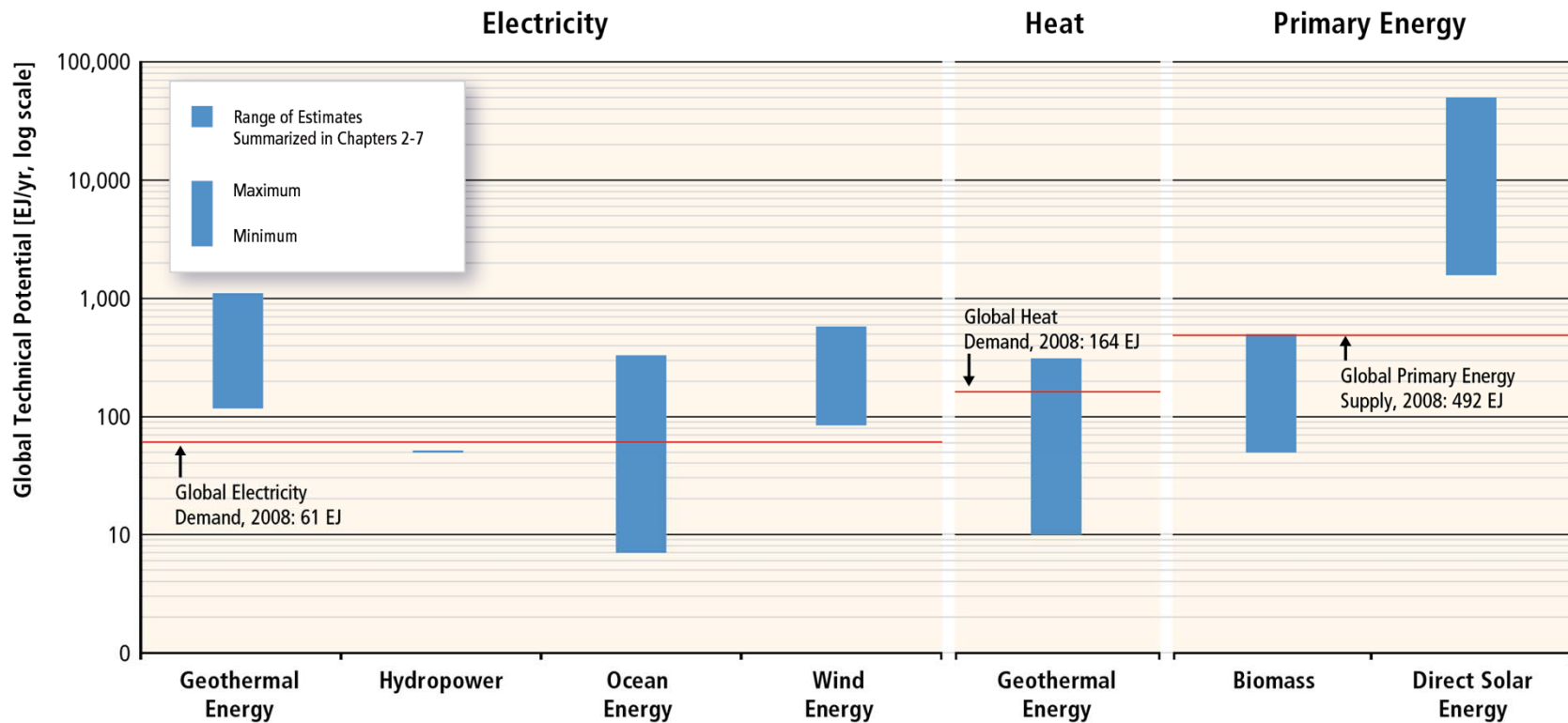
(Knopf, Edenhofer et al. 2009)

Und die Energieeffizienz?



(Luderer et al., 2011)

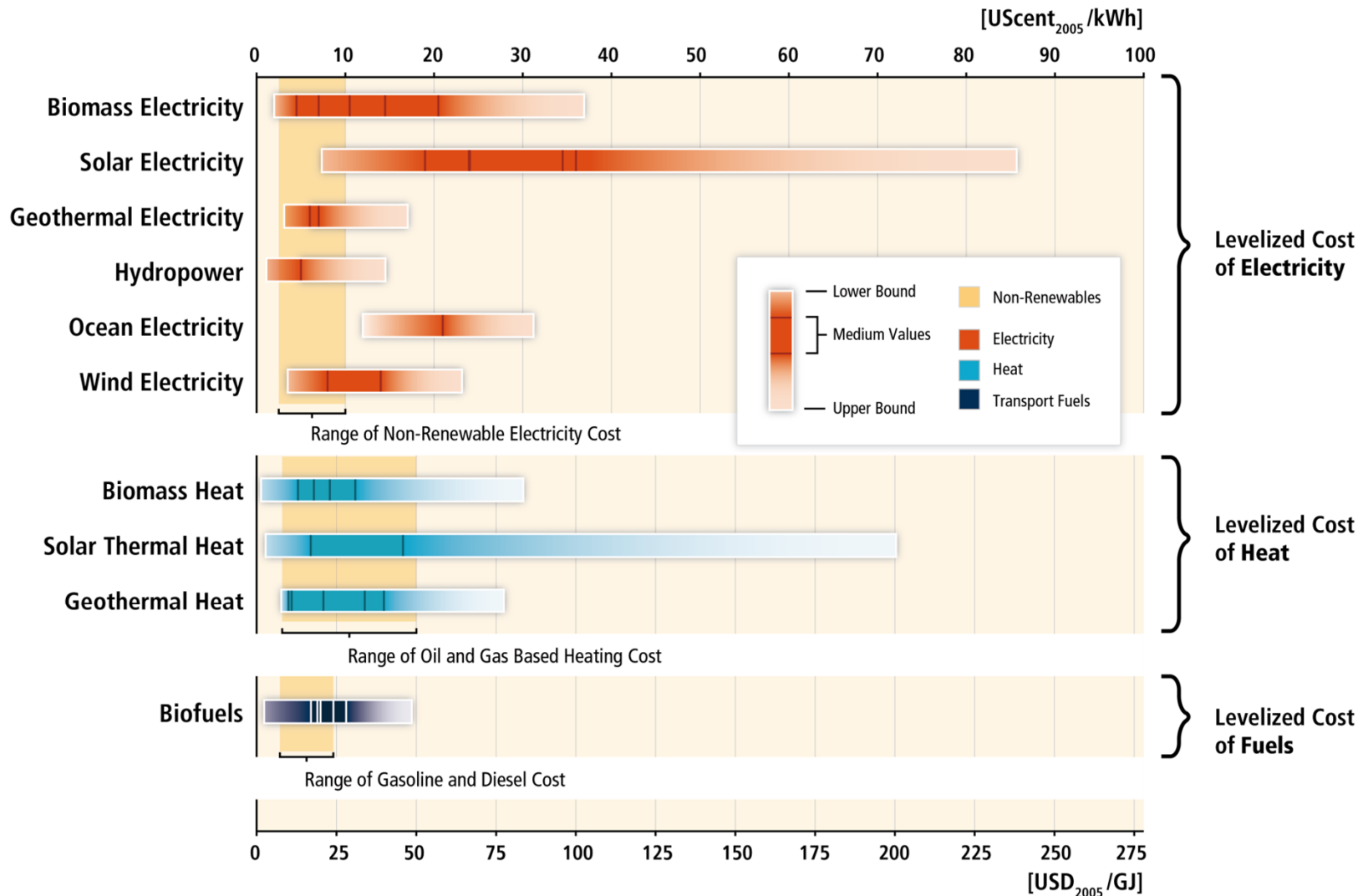
Das technische Potential der Erneuerbaren Energien



Range of Estimates of Global Technical Potentials

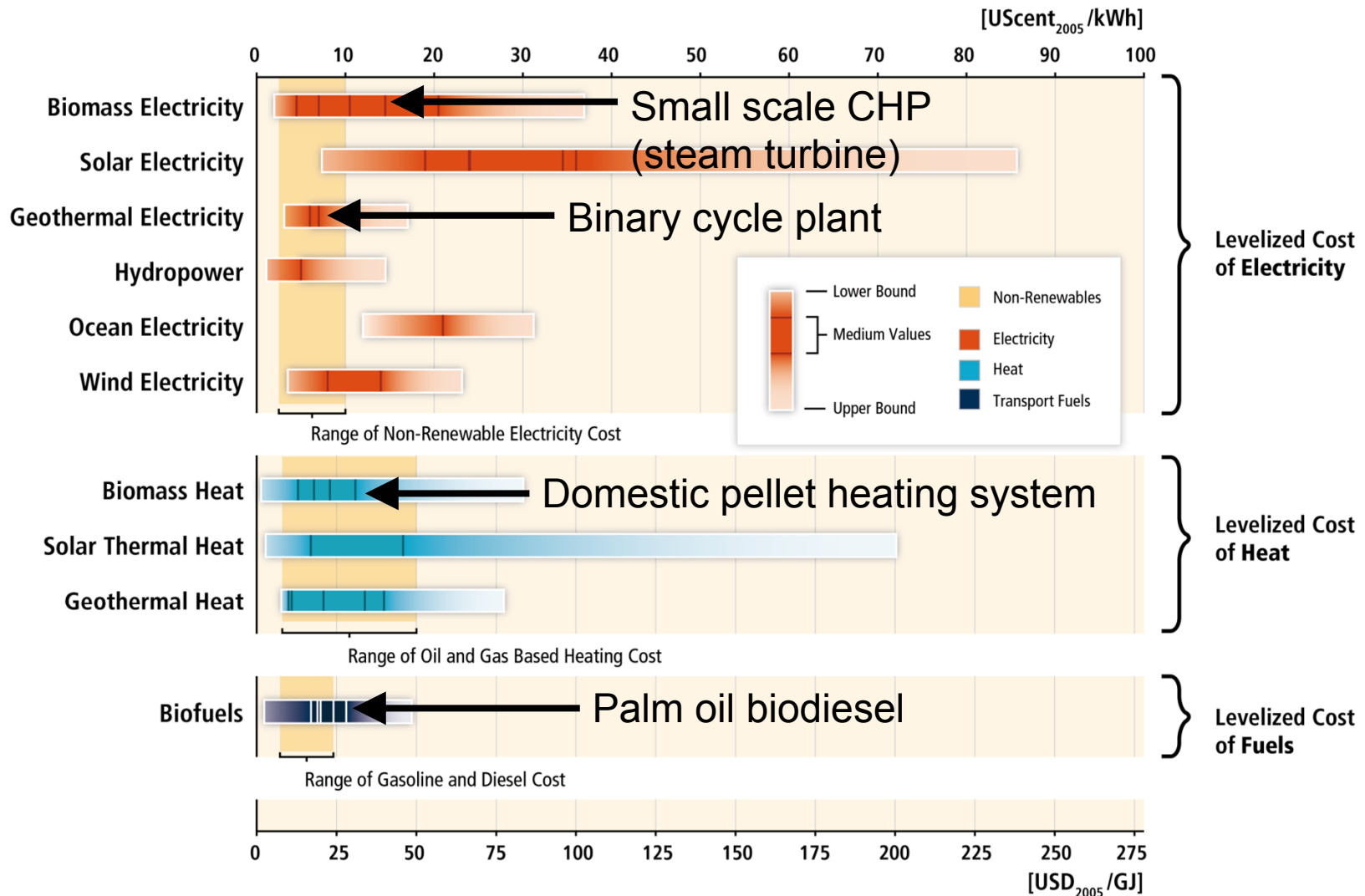
Energy Source	Maximum (EJ/yr)	Minimum (EJ/yr)
Geothermal Energy	1109	118
Hydropower	52	50
Ocean Energy	331	7
Wind Energy	580	85
Geothermal Energy	312	10
Biomass	500	50
Direct Solar Energy	49837	1575

Die Kosten der Erneuerbaren sind meist noch höher als die der Nicht-Erneuerbaren, aber...



Edenhofer et al. (2011)

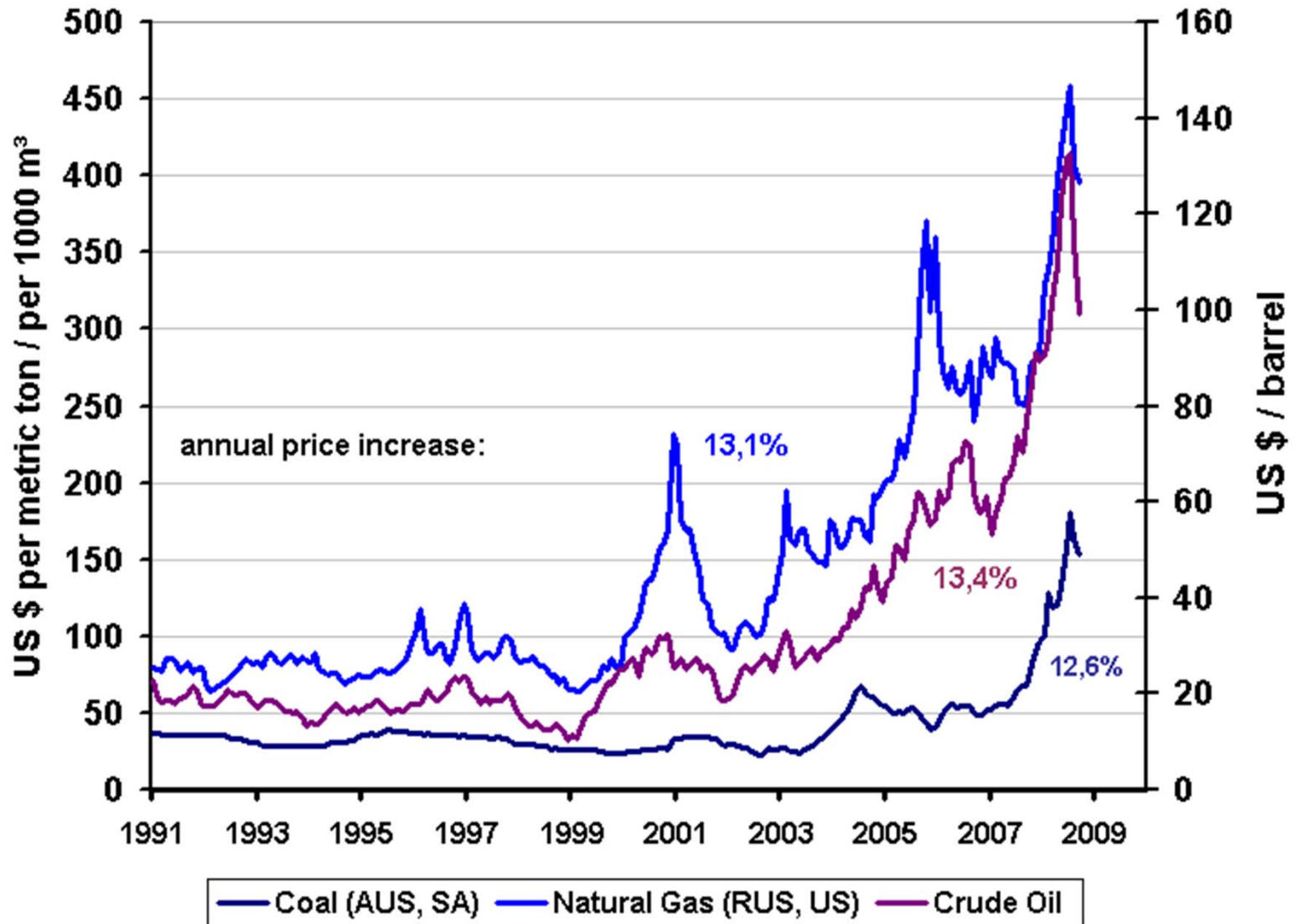
...manche RE Technologien sind bereits wettbewerbsfähig



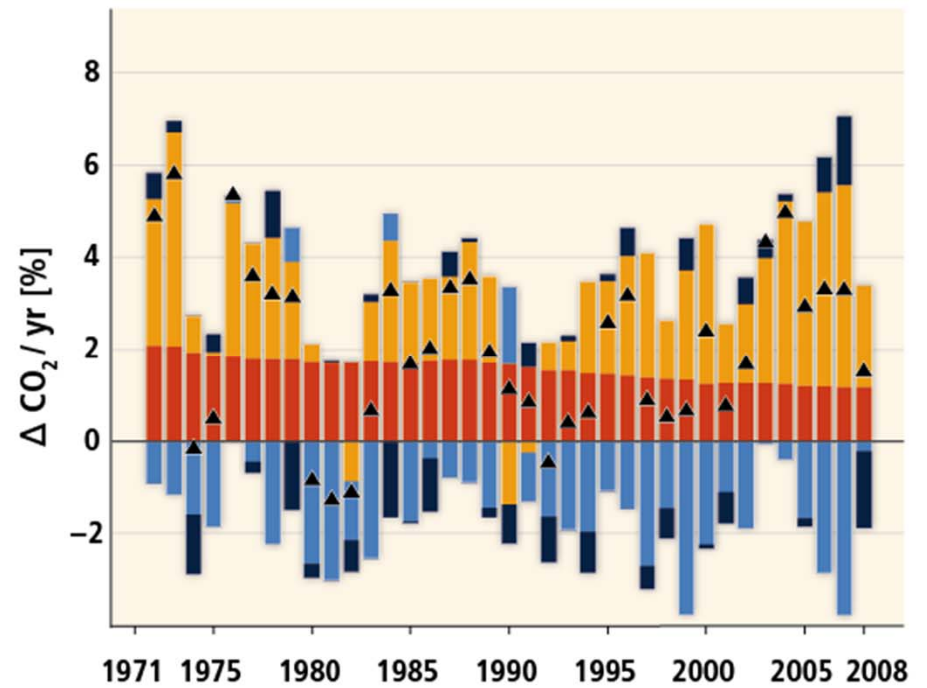
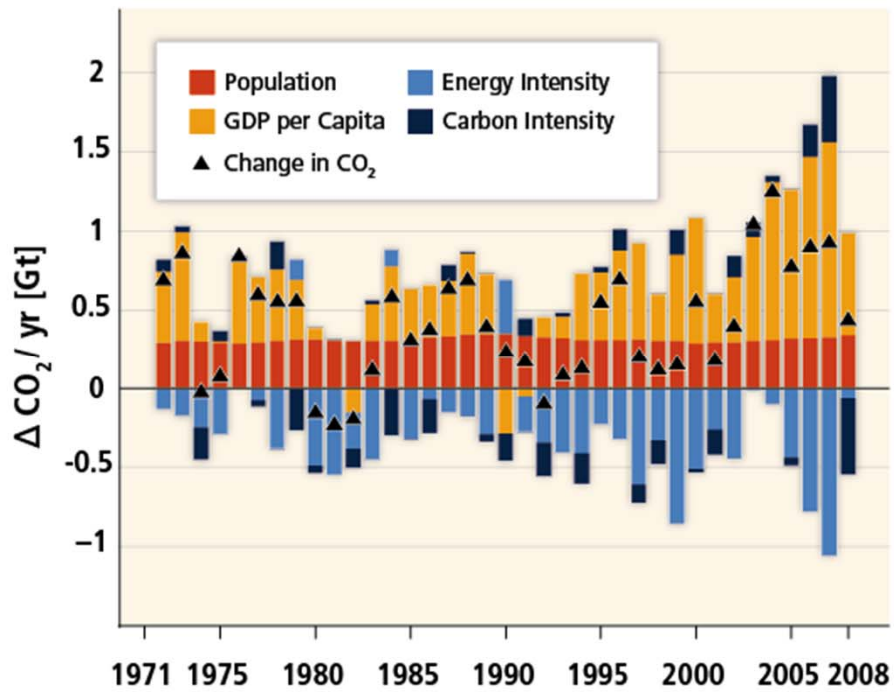
Renaissance der Kohle?

Global Fossil Fuel Prices 1991 - 2008

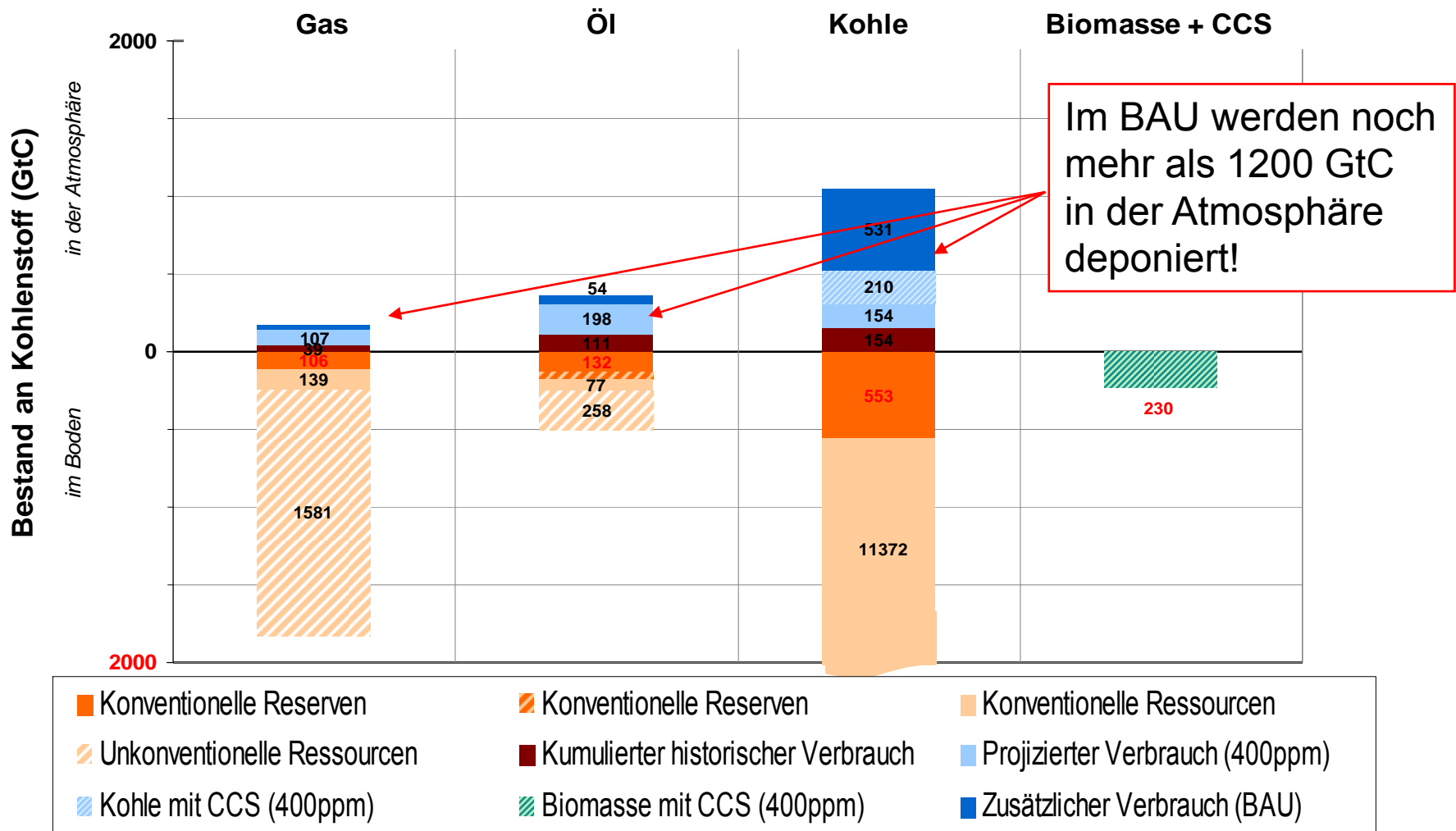
IMF International Commodities Database



Renaissance der Kohle?

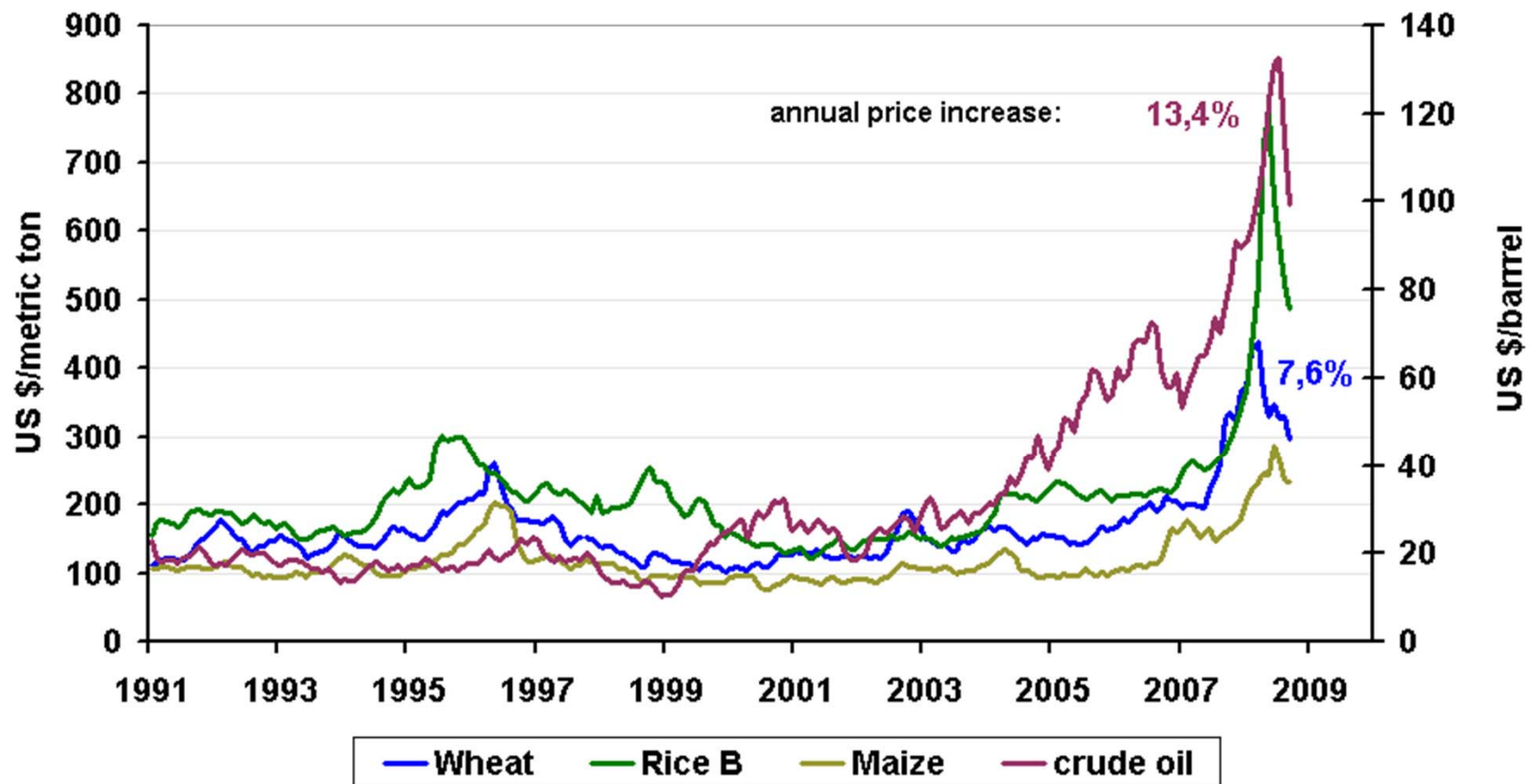


Begrenzte Deponie – Unbegrenzte Ressourcen



Mögliche Folgen für Ernährungssicherheit

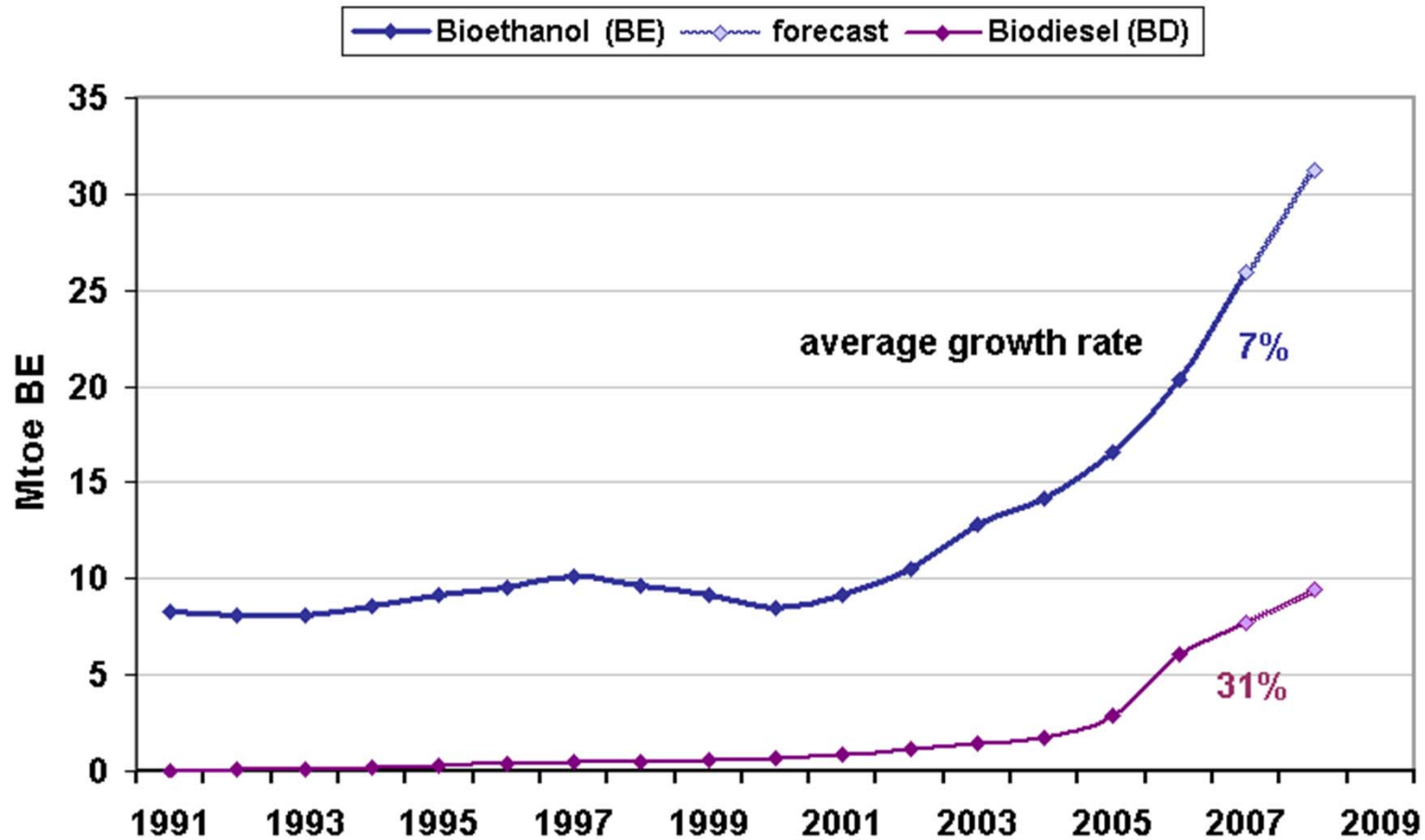
Market Prices for staple foods and crude oil monthly averages 1991 - 2008



Source: IMF; FAO International Commodity Prices

Biomasse und Landnutzung

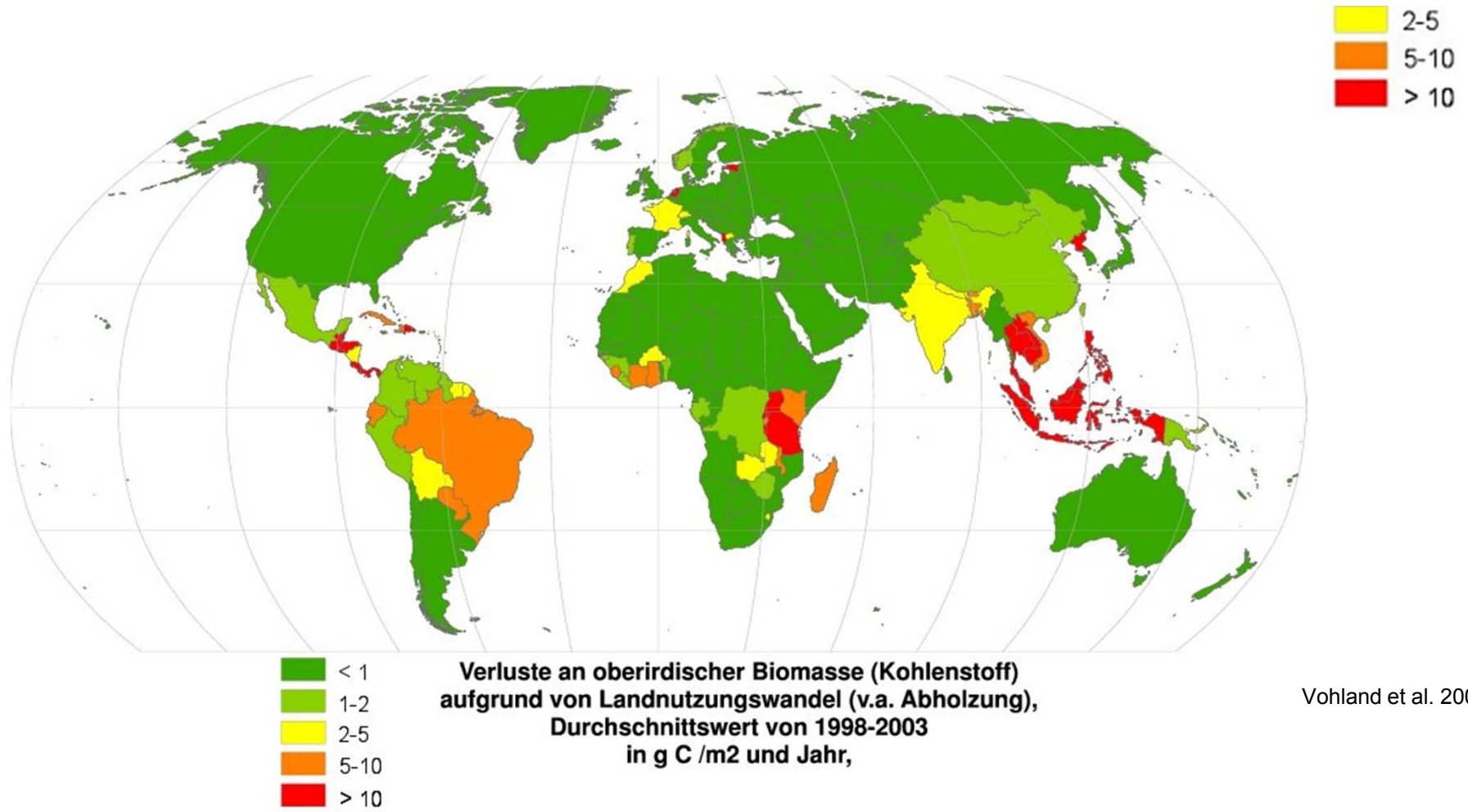
Annual World Biofuel Production 1991 - 2008



Source: BP Statistical Energy Review; WRI

Globale Entwaldung

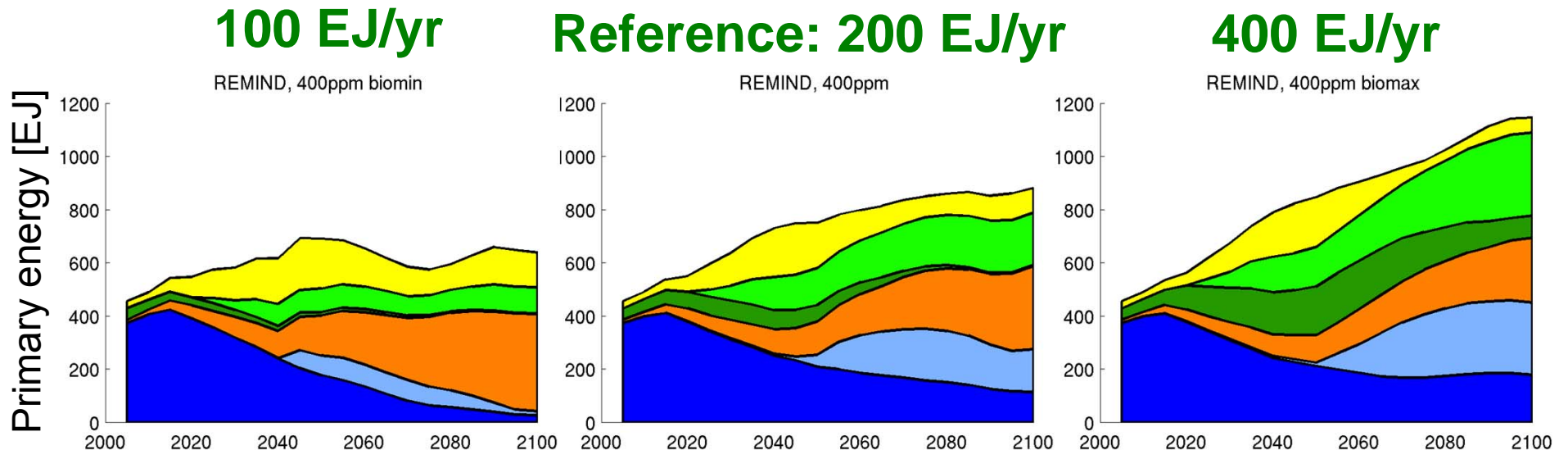
Verlust an Biomasse (Kohlenstoff) aufgrund von Landnutzungswandel (v.a. Abholzung),
Durchschnittswert von 1998-2003 in g C/m² und Jahr



Vohland et al. 2008

Biomasse und Landnutzung

REMIND, 400 ppm-eq policy

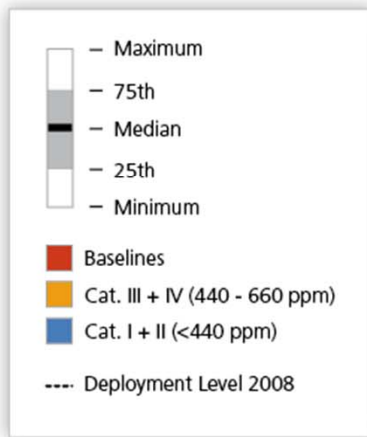
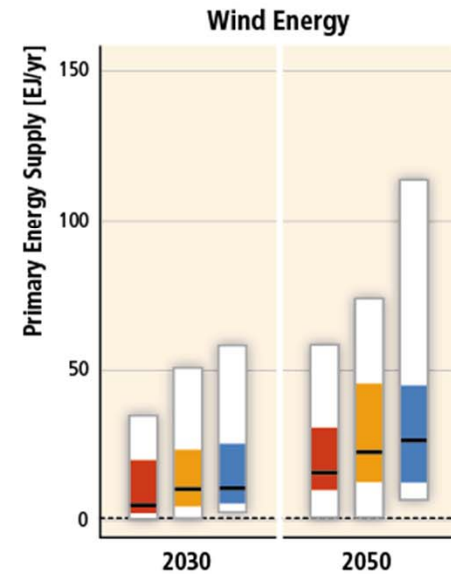
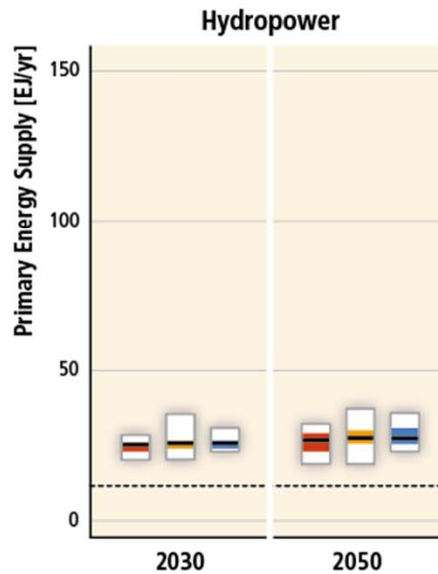
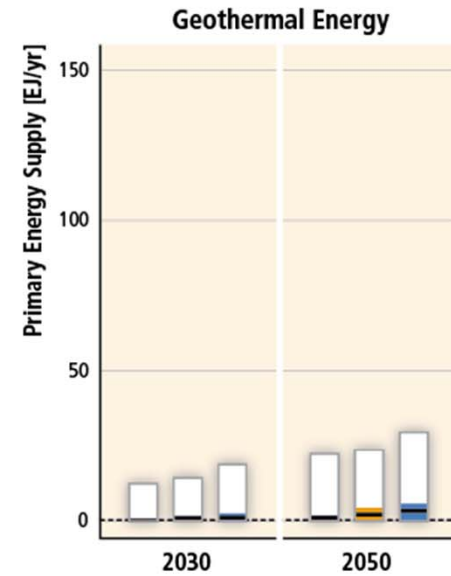
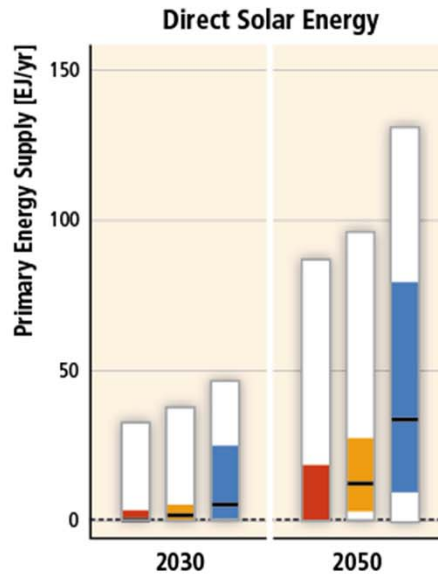
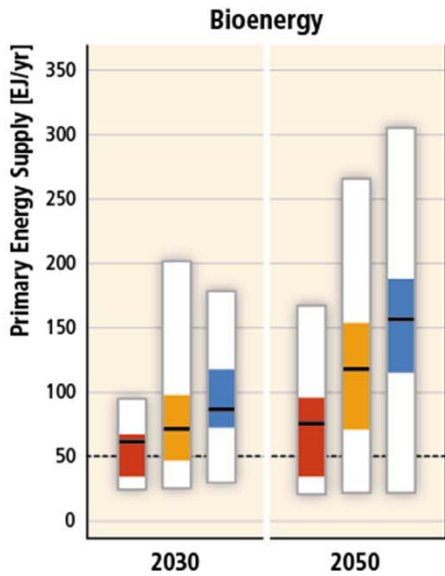


- Konkurrenz zwischen **Biomass+CCS** und anderen **Erneuerbaren**
- Längere Nutzung **fossiler** Energieträger bei höherem Biomasse-Potenzial



(Knopf et al. 2010)

Potenzial für nachhaltige Biomassenutzung

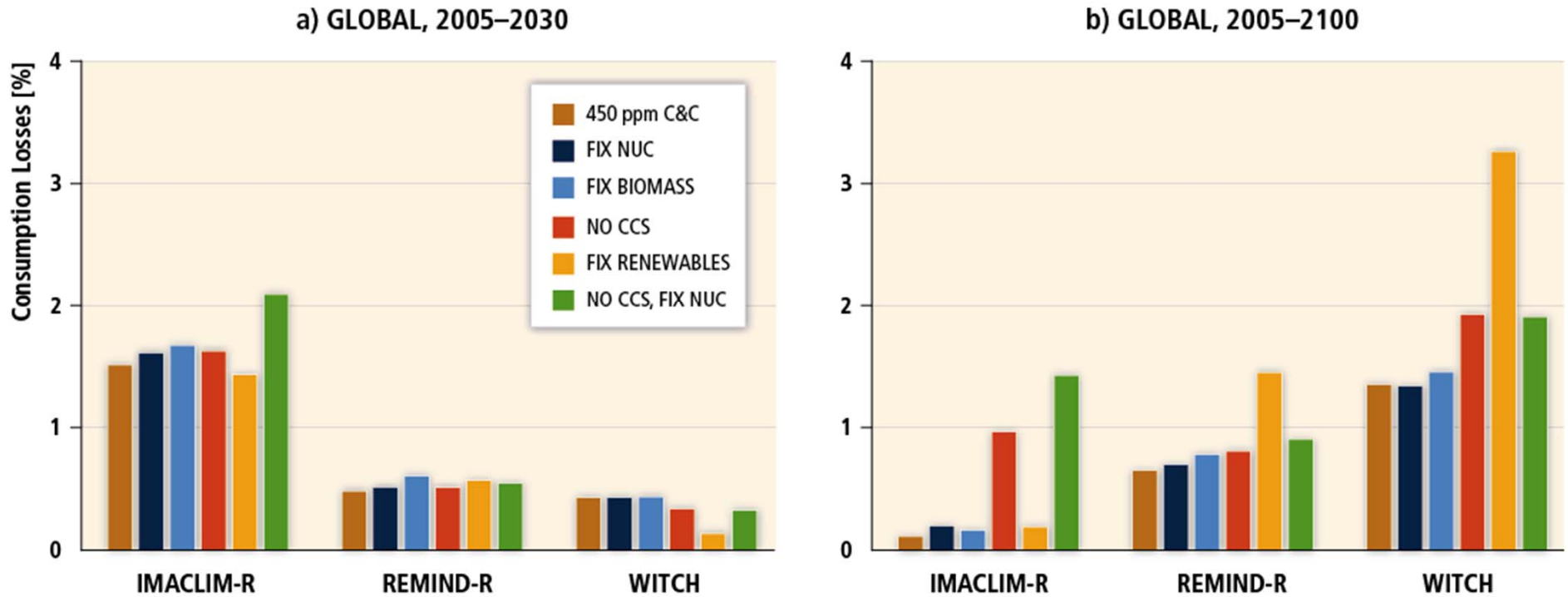


CO₂ Concentration Targets

Bioenergy Supply is Accounted for Prior to Conversion

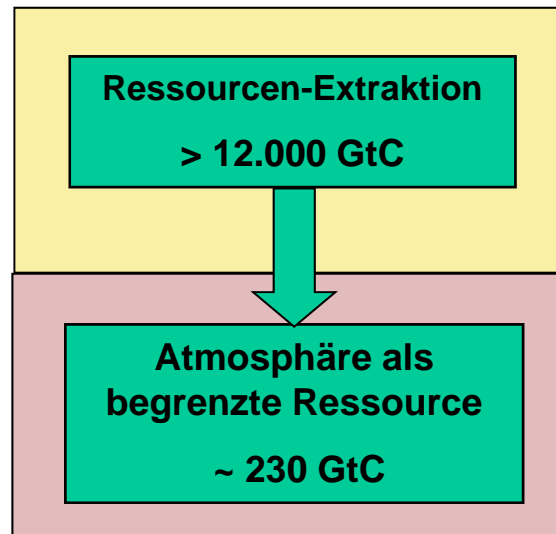
Primary Energy Supply is Accounted for Based on Secondary Energy Produced

Makroökonomische Kosten



Eingeschränkte Verfügbarkeit von Technologien

Atmosphäre als globales Gemeingut



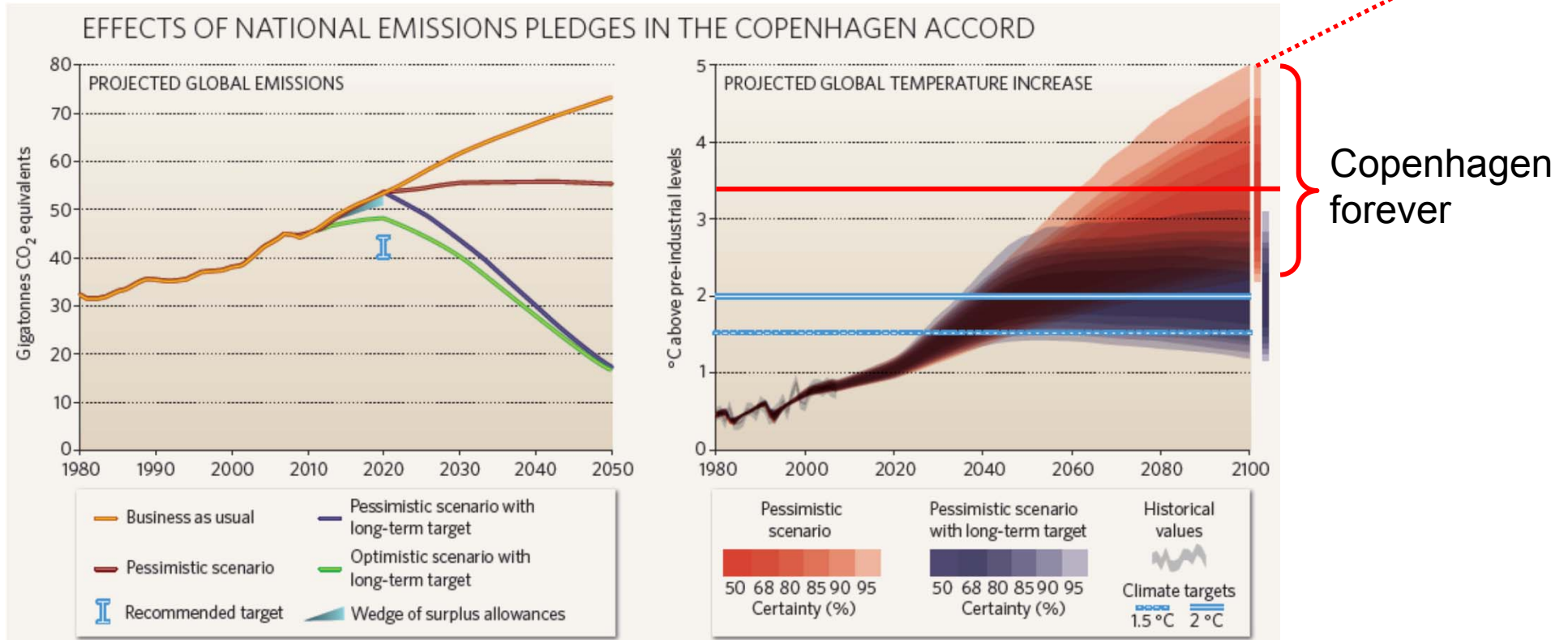
Wie bestimmt man einen Knappheitspreis?

- Durch die Definition von Eigentumsrechten
- Durch die Verteilung von Eigentumsrechten
- Durch die Handelbarkeit der Rechte

Politikinstrumente

- Um Anreize für nachhaltiges Wachstum zu gewährleisten, sind geeignete Politikinstrumente notwendig:
 - Emissionshandel zur Vermeidung des Grünen Paradox
 - Fond für Preisstabilisierung (IEA und C.C. von Weizsäcker)
- Die internationale Klimapolitik steht vor einem Paradigmenwechsel

Copenhagen Pledges – nicht genug für 2 C



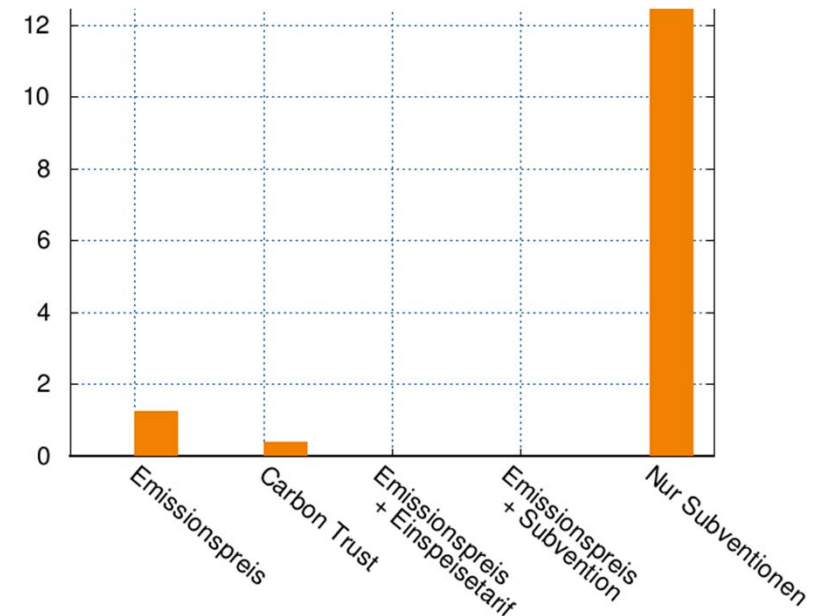
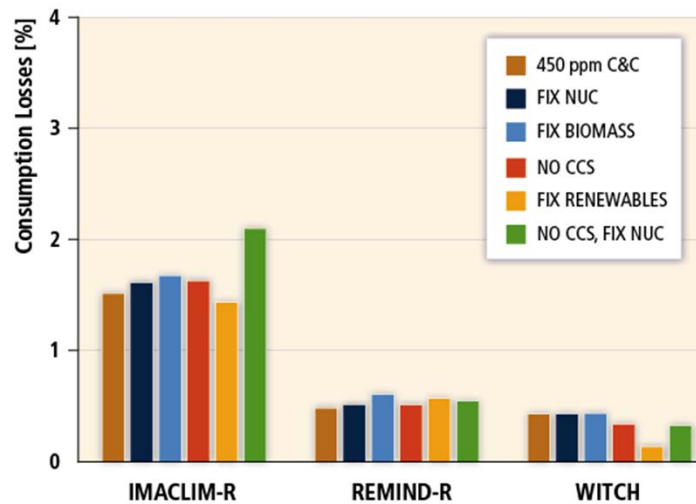
Rogelj et al. 2010, *Nature*

„Neues“ Paradigma der Klimapolitik

- Geo-engineering als „Solar Radiation Management“
 - Vermeintlich geringerer Koordinations- und Kooperationsbedarf
 - Mögliche Option, wenn sich Klimakatastrophen andeuten
 - Bislang „Science Fiction“
- Anpassungsfond ersetzt nicht die Vermeidungsmaßnahmen
 - Ebenfalls vermeintlich geringerer internationaler Kooperations- und Koordinationsbedarf
 - Grenzen der Anpassung kaum bekannt
- Technologiefonds für Erneuerbare, CCS und Kernenergie
 - Könnte ein sinnvoller Zwischenschritt sein
 - An einer Bepreisung von Kohlenstoff führt jedoch kein Weg vorbei!

Effiziente Politikinstrumente

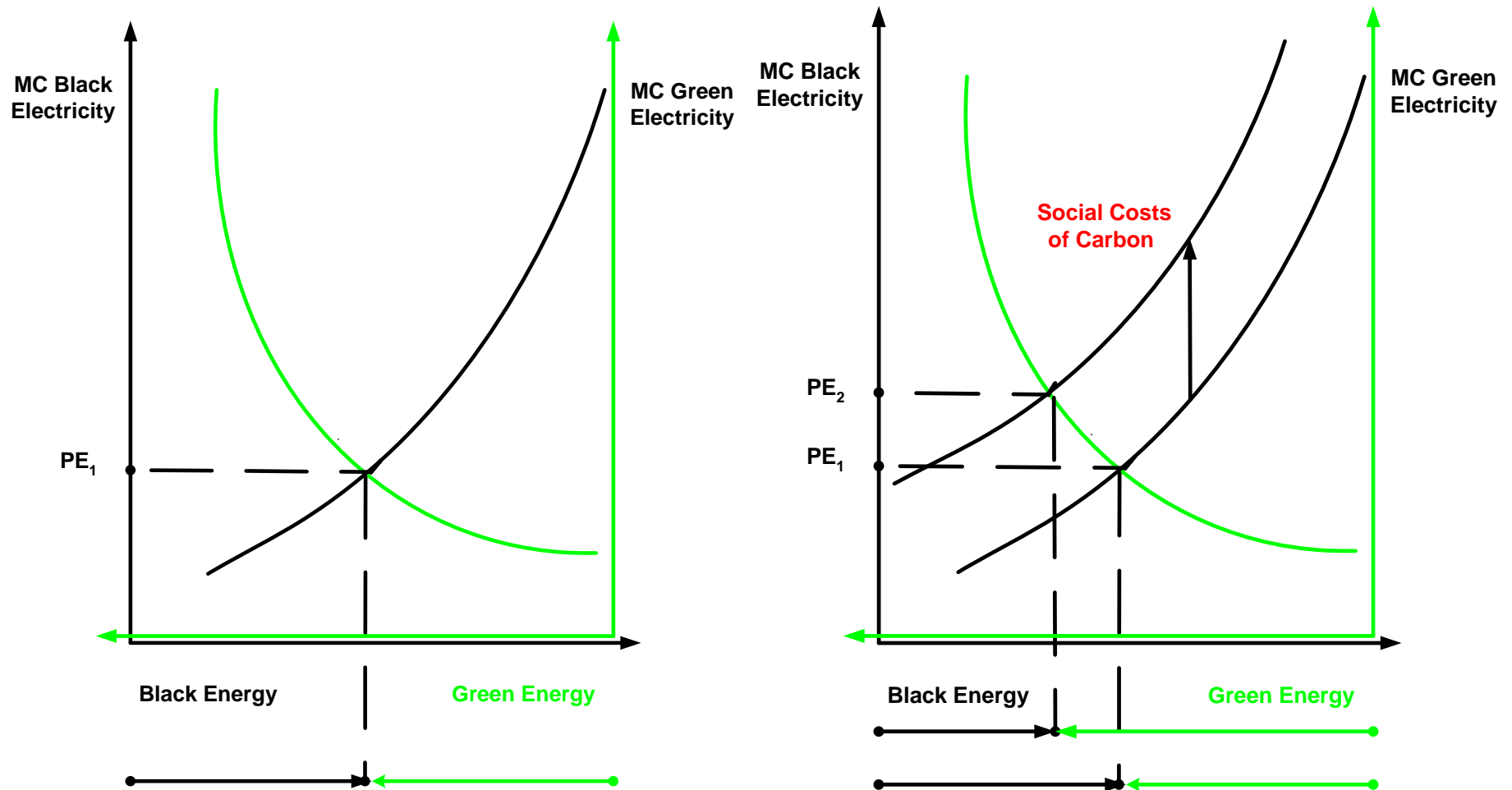
$$\text{Klimaschutzkosten} = \text{Technologische Kosten} + \text{Kosten ineffizienter Politiken}$$



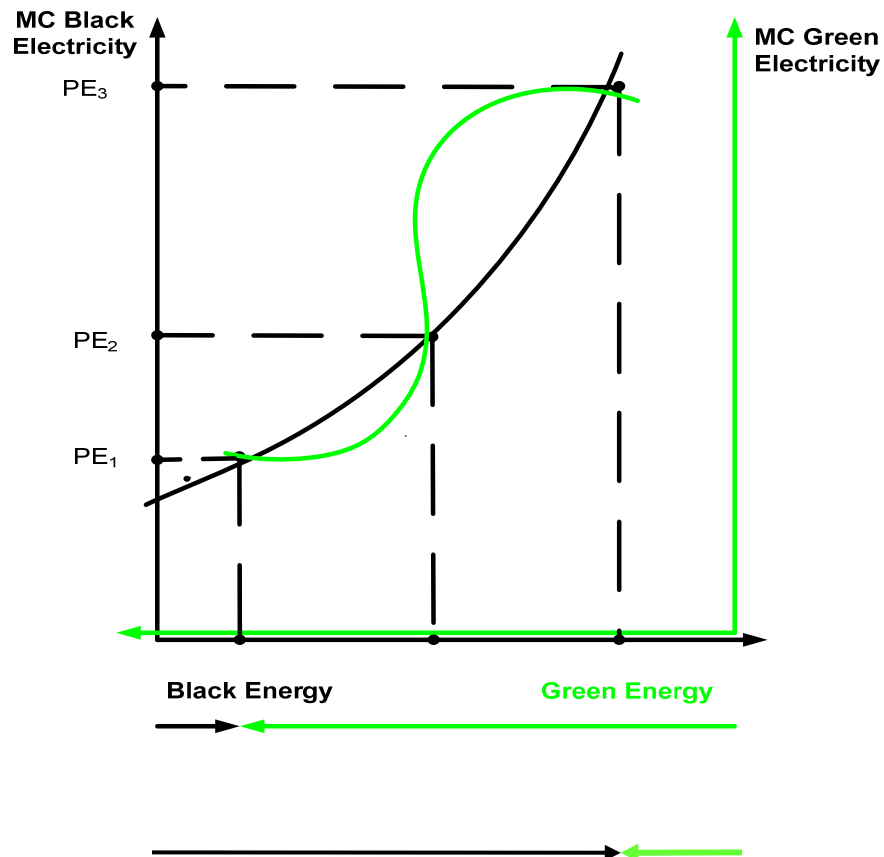
- Steuern?
- Emissionshandel?
- Einspeisevergütungen?
- Subventionen?

Kalkuhl 2010

Fall 1: Emissionshandel ist notwendig und hinreichend



Fall 2: Eine zusätzliche Förderung der Erneuerbaren ist nicht sinnvoll

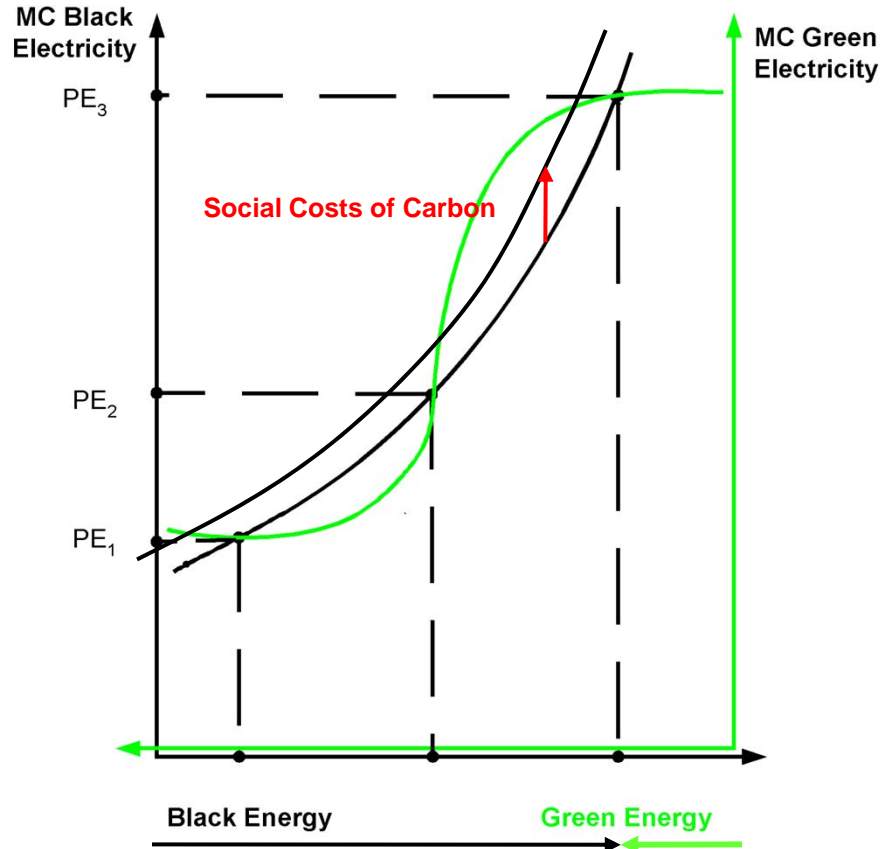


► Several stable equilibrium points (PE₃ and PE₁) are possible if the supply curves show a non-convex behavior (PE₂ is not stable).

► Without additional policy support, the system will steer towards the neighboring equilibrium point PE₃.

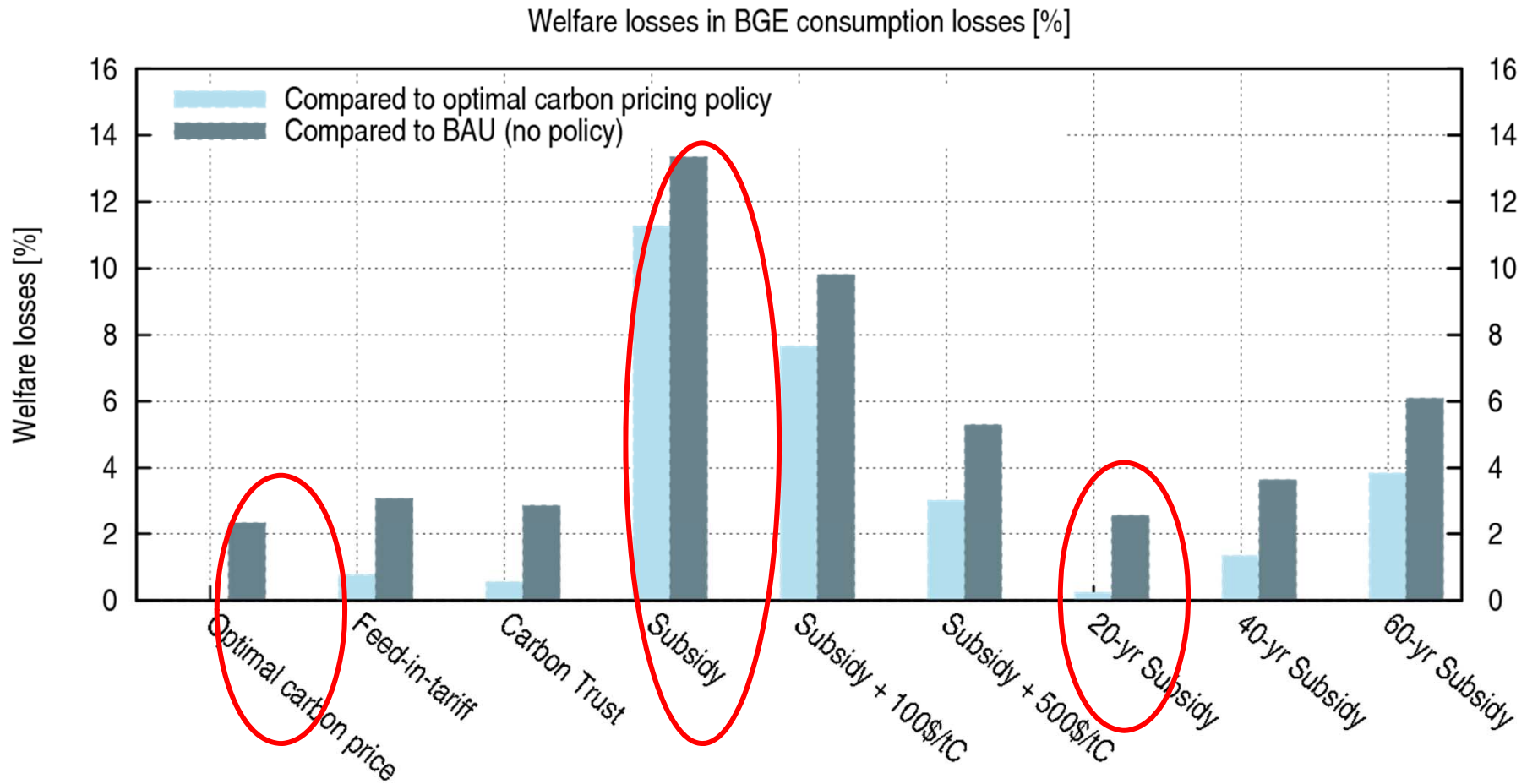
► PE₃ > PE₁:
the system is **efficient**.

Fall 3: Eine Förderung der erneuerbaren ist sinnvoll



- ▶ The internalization of the social costs of energy supply (e.g. via a cap and trade system) improves the competitiveness of renewable energies
- ▶ As long as the cross-over point PE_3 does not vanish, this, however, still results in an inefficient state.

Effiziente Technologiepolitik



Schlussfolgerungen

- Wachstum ist wichtig, um Armut zu reduzieren. Jedoch bringt Wachstum negative externe Effekte mit sich, vor allem das „Klimaproblem“.
- Diese negativen externen Effekte müssen durch entsprechende Politikinstrument eingepreist werden. „Grünes“ Wachstum braucht Leitplanken.
- Es gibt aus ökonomischer Sicht keine Rechtfertigung für Maßnahmen, die zum Ziel haben, das Wirtschaftswachstum zu verlangsamen.
- Nachhaltiges Wachstum ist grundsätzlich möglich. Die Abwägung zwischen Umweltschutz und Konsummöglichkeiten hängt auch von ethischen Parametern ab