

# **Eckpunkte einer globalen Klima- und Energiepolitik**

Köln, 27. Januar 2011

**Ringvorlesung  
Kostenverteilung in Industrie- und  
Entwicklungsnationen**

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



---

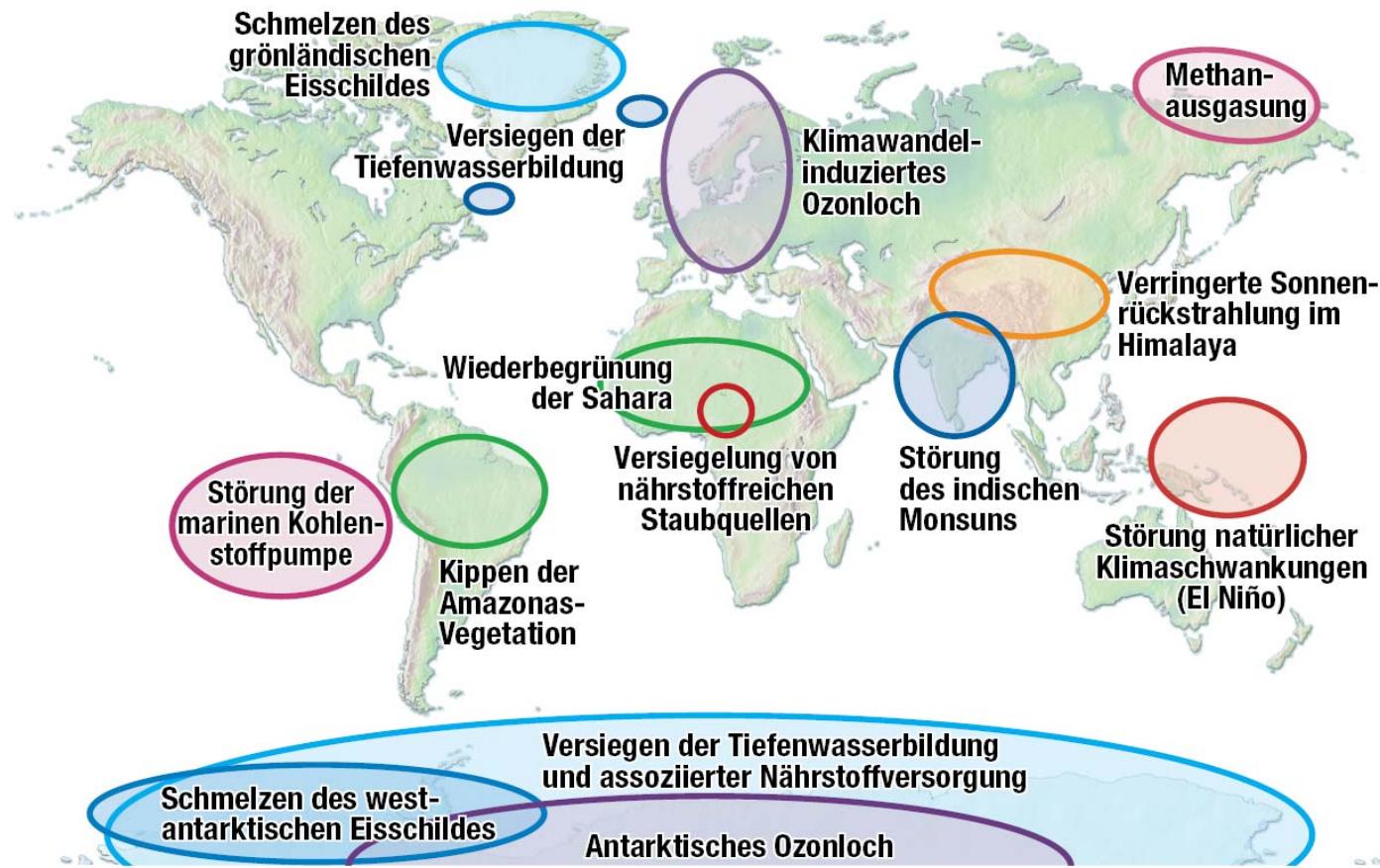
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



Working Group III  
Mitigation of Climate Change



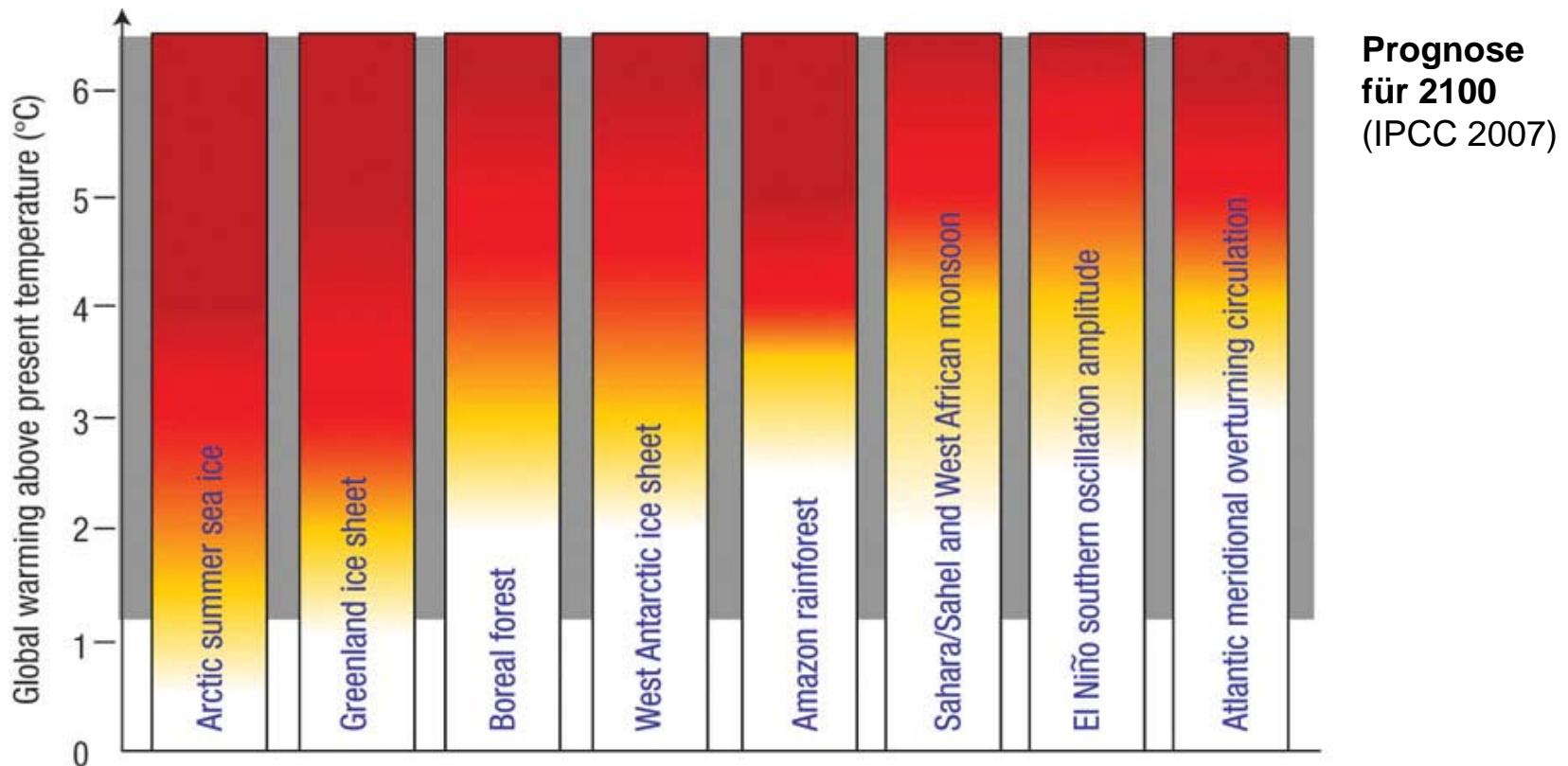
# Kippschalter im Erdsystem



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

Schellnhuber, 1996; Lenton et al., 2008

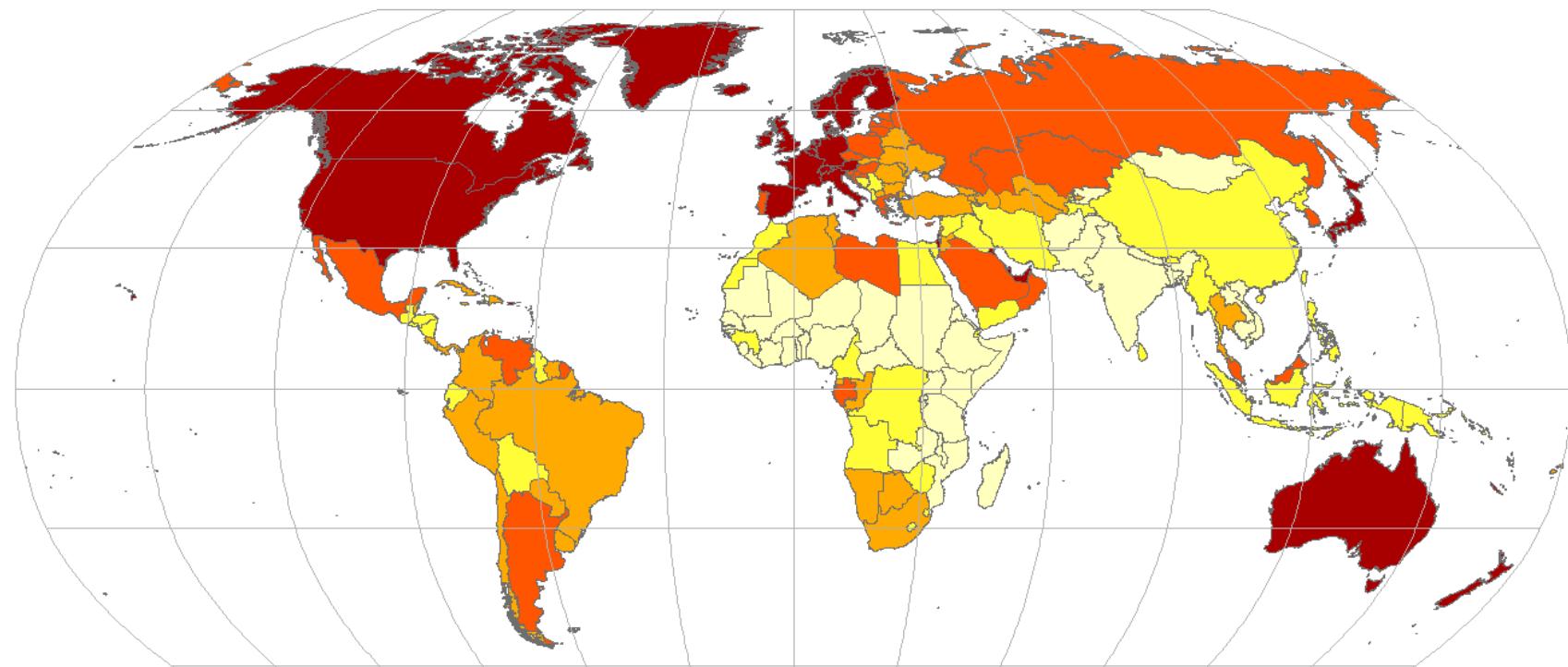
# Das Ampeldiagramm



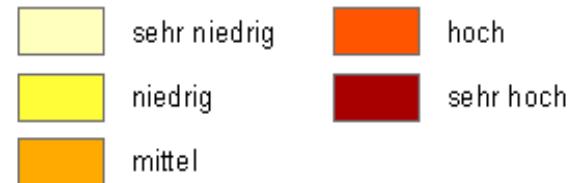
Potenzielle politikrelevante Kippschalter, die durch die globale Erwärmung in diesem Jahrhundert ausgelöst werden könnten, wobei die Schattierung die unsicheren Schwellenwerte darstellt. Bei jedem Schwellenwert gibt der Übergang von weiß zu gelb die untere Grenze der Annäherung und der Übergang von gelb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

T. M. Lenton & H. J. Schellnhuber (Nature Reports Climate Change, 2007)

# Weltkarte des Vermögens



Kapitalbestand pro Person



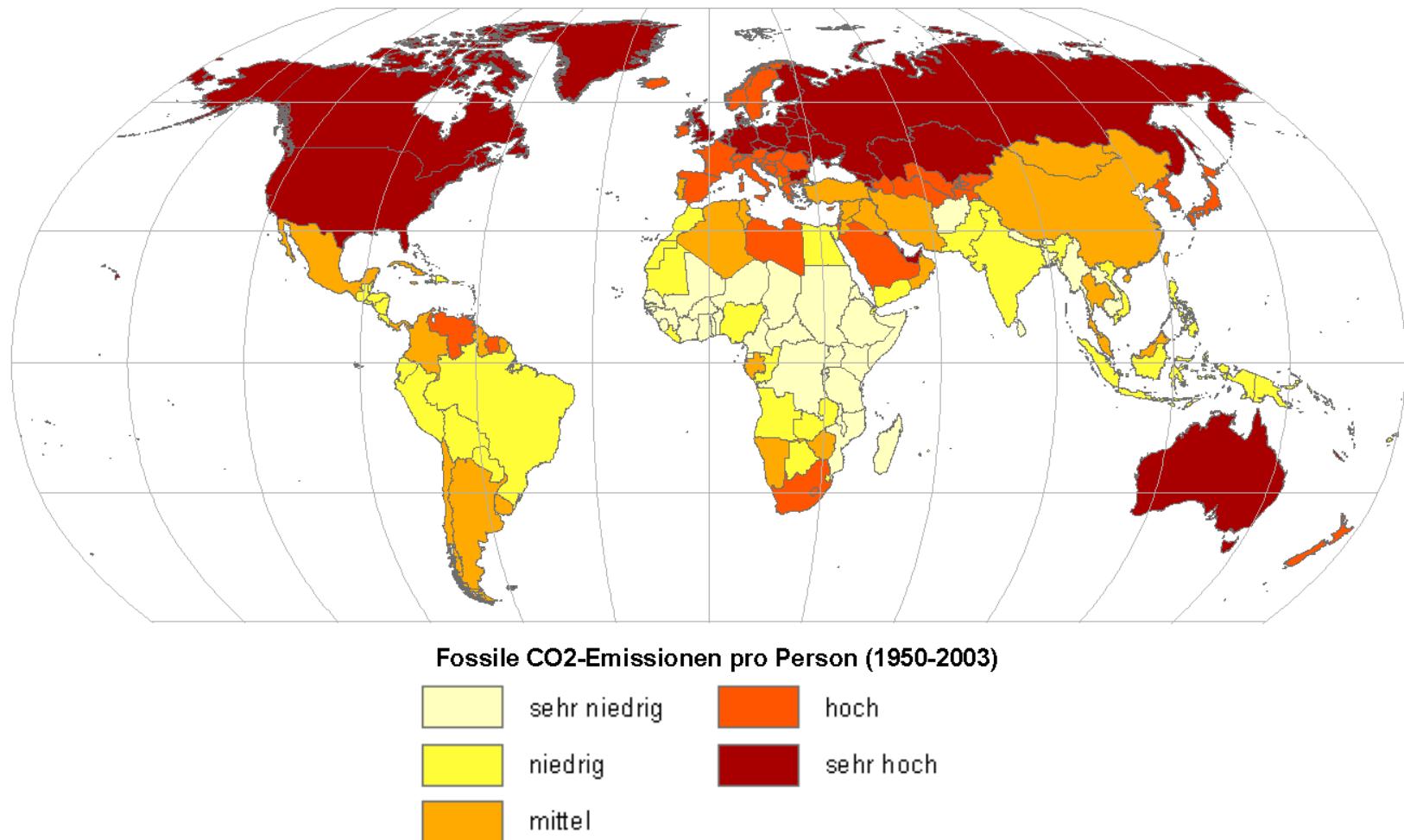
Füssel 2007



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



# Weltkarte der Kohlenstoffschuld



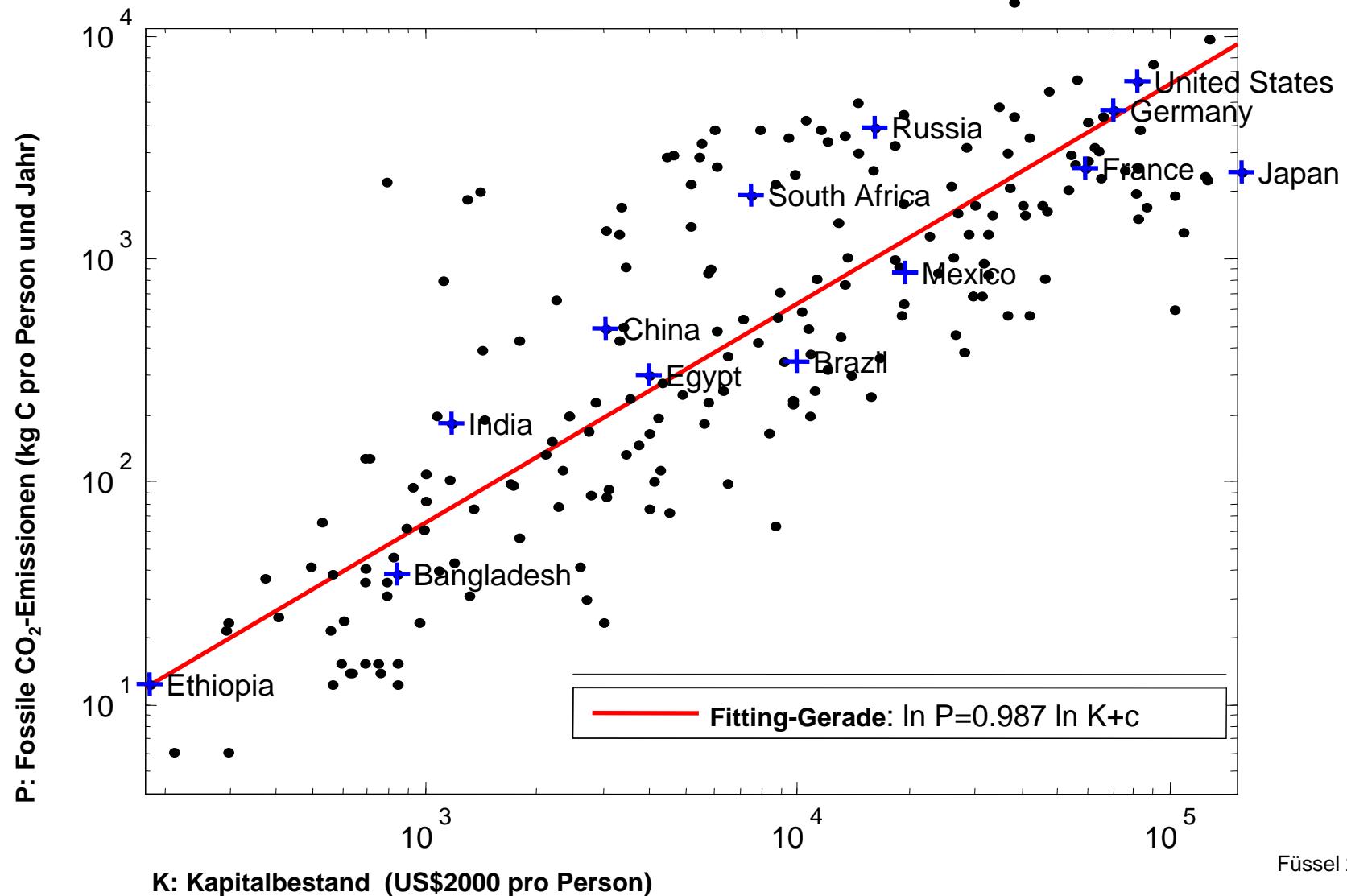
Füssel 2007



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



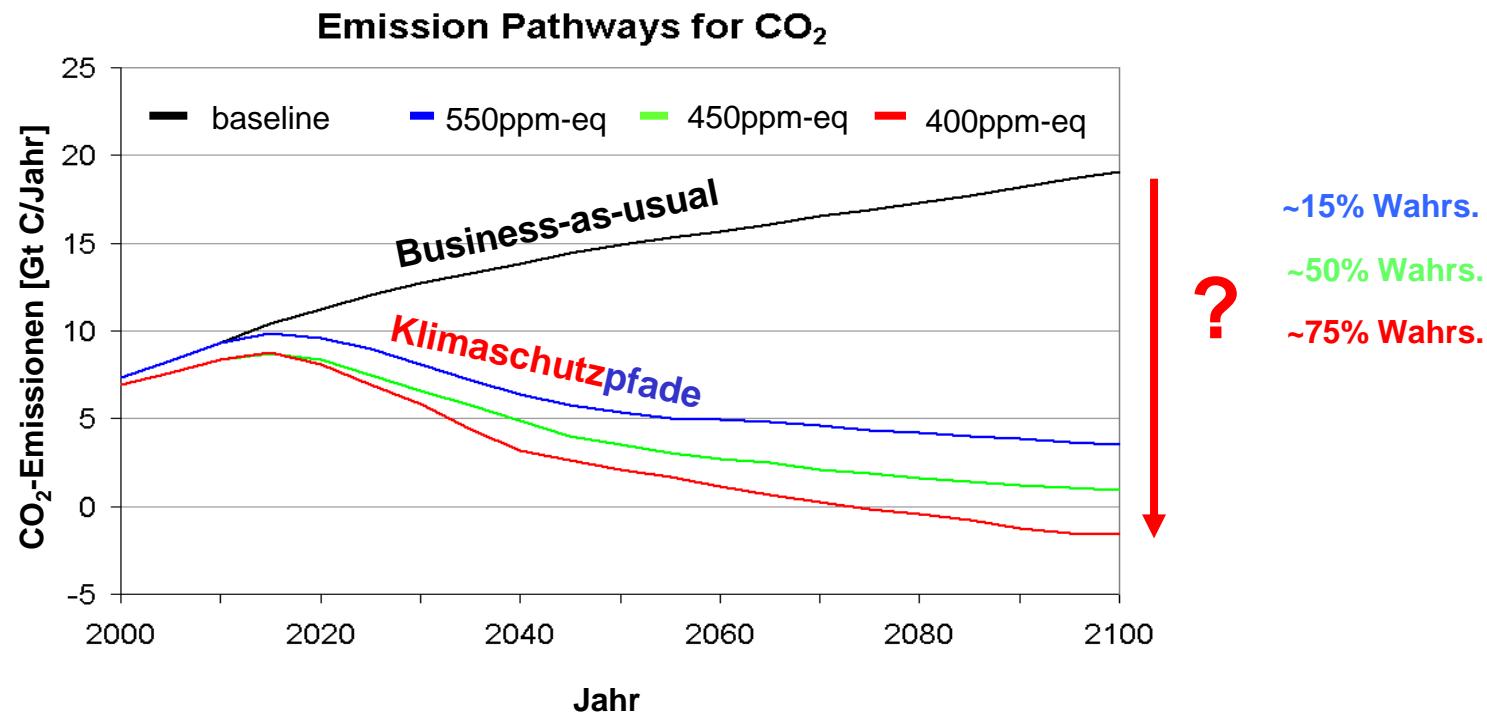
# Kohlenstoffschuld und Vermögen



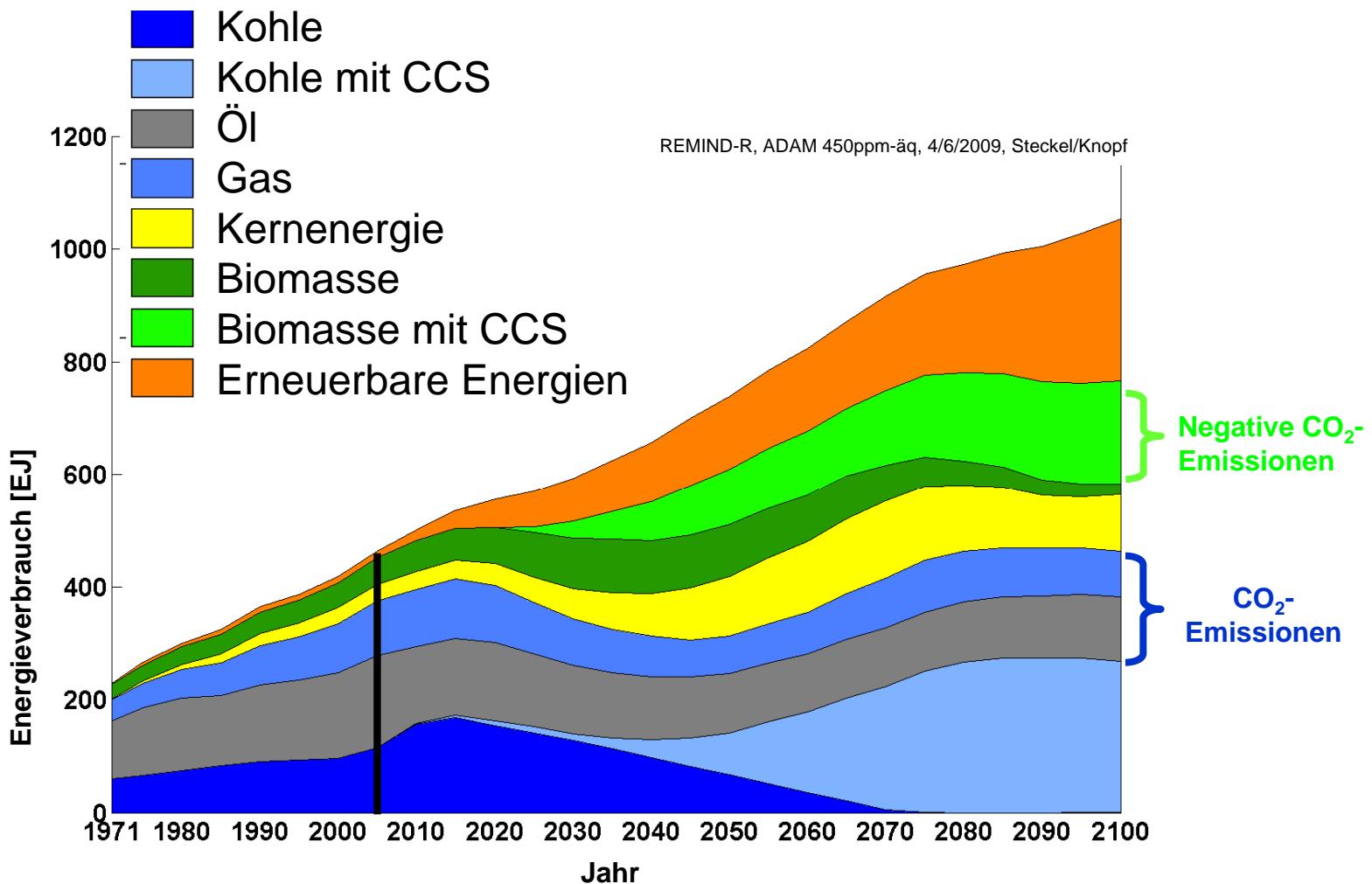
Füssel 2007

# Die historische Herausforderung

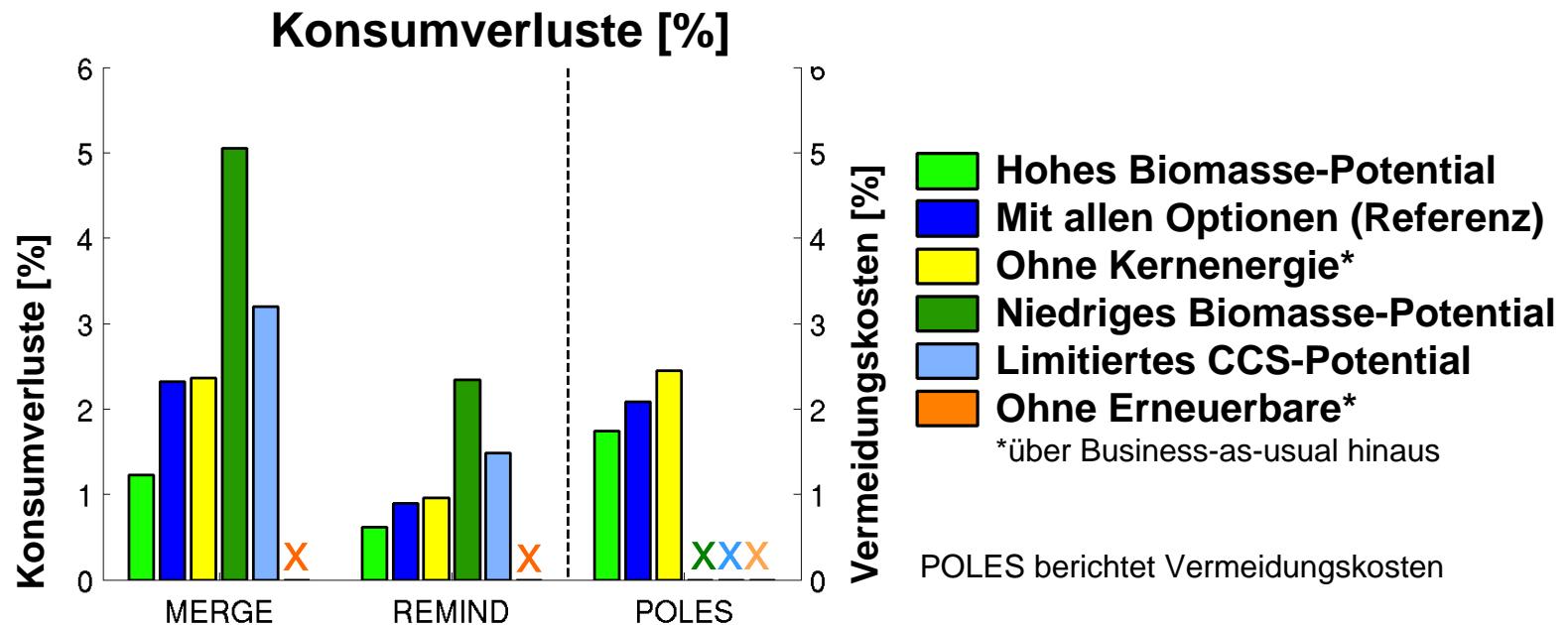
3 Emissionsszenarien mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten, das 2°C-Ziel einzuhalten: 550ppm-eq, 450ppm-eq, 400ppm-eq



# Die Große Transformation



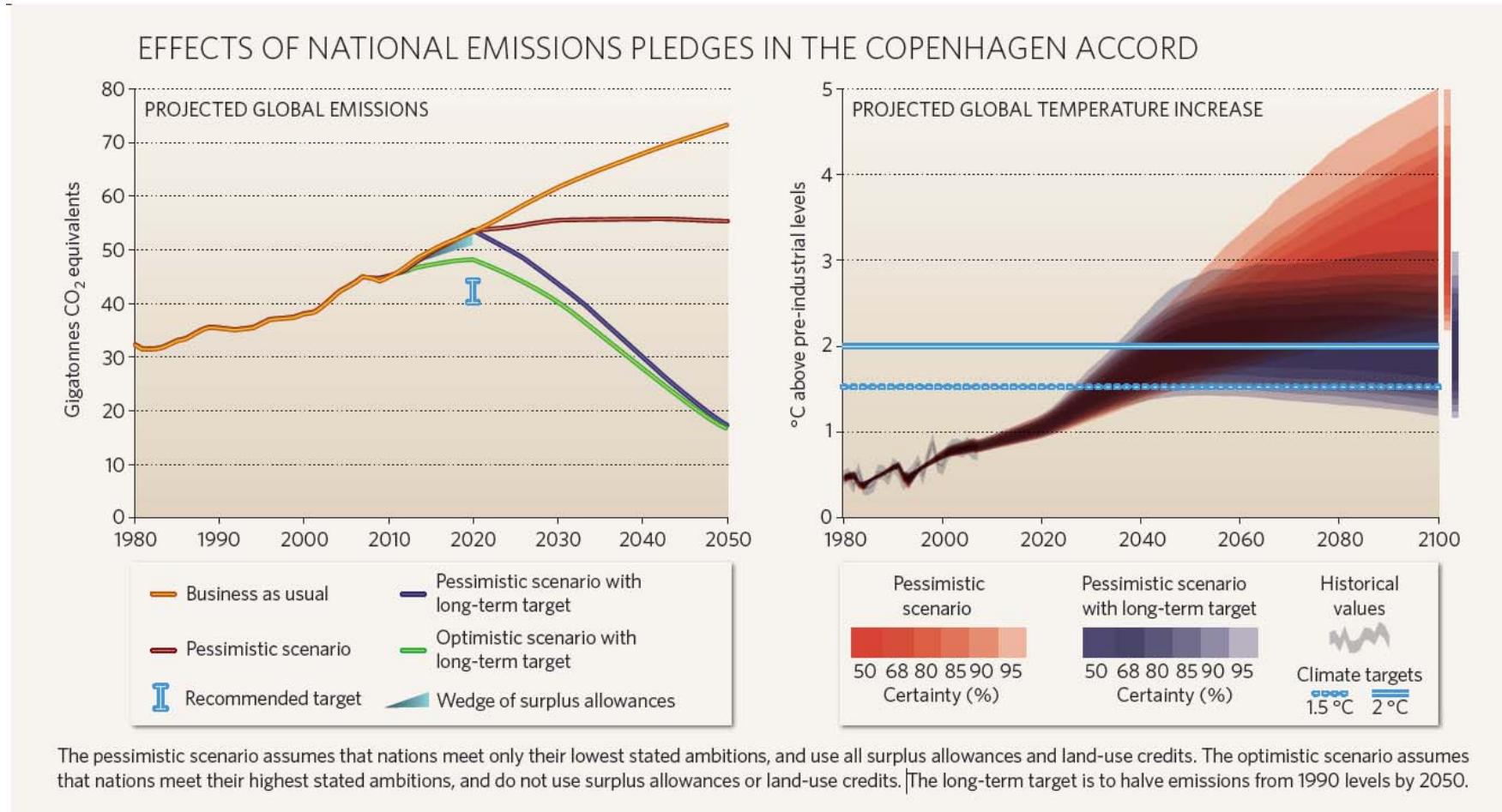
# Bedeutung der Biomasse in Niedrig-Stabilisierungs-Szenarien



- Das 400ppm-Stabilisierungsziel ist ohne den Einsatz von CCS bzw. gesteigerten Ausbau der Erneuerbaren nicht zu erreichen
- Die Potentiale von Biomasse und CCS bestimmen die Vermeidungskosten

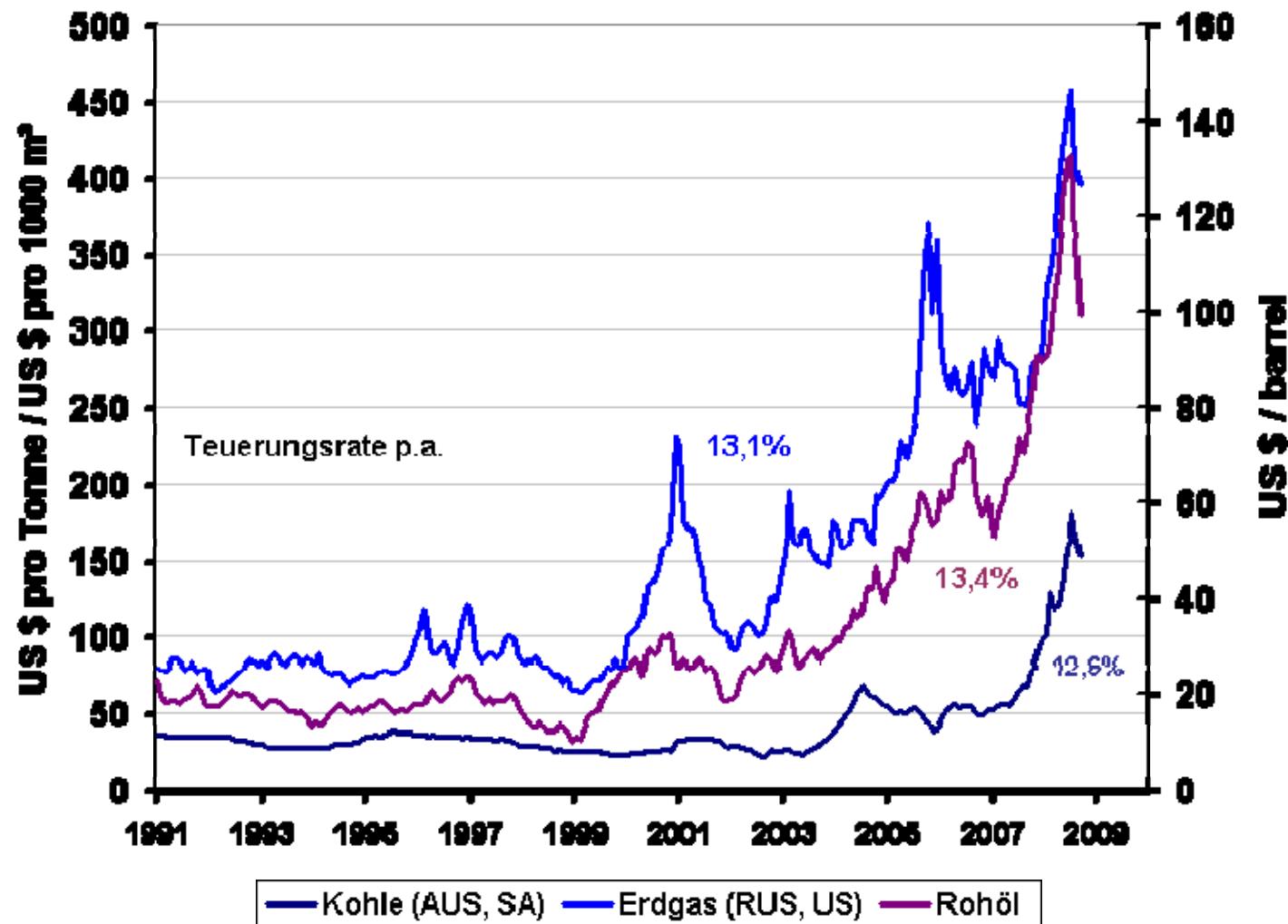
Knopf, Edenhofer et al. (2009)

# Copenhagen Pledges – nicht genug für 2°C

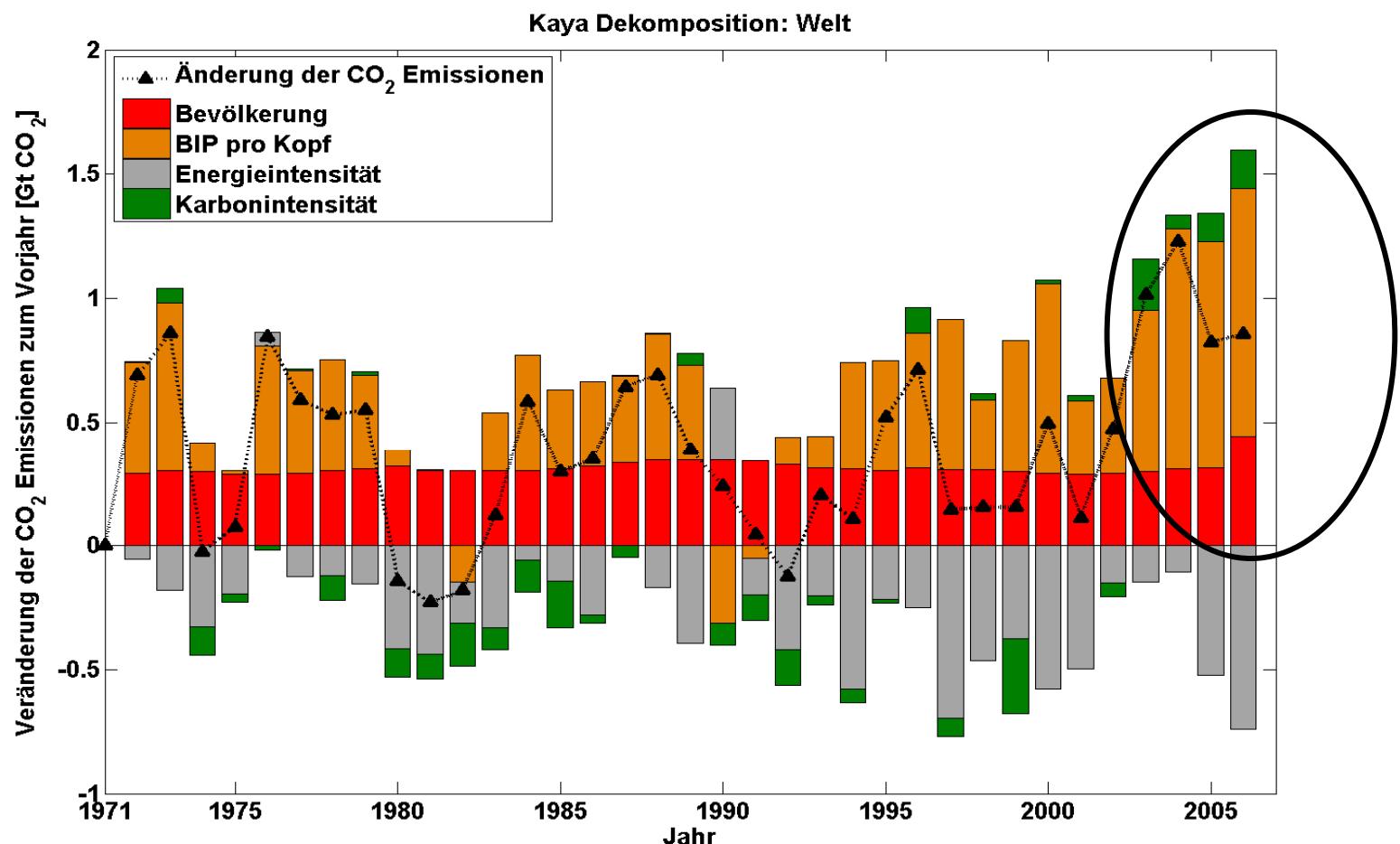


Rogelj, Meinshausen et al. 2010

## Weltmarktpreise fossiler Energieträger 1991 - 2008

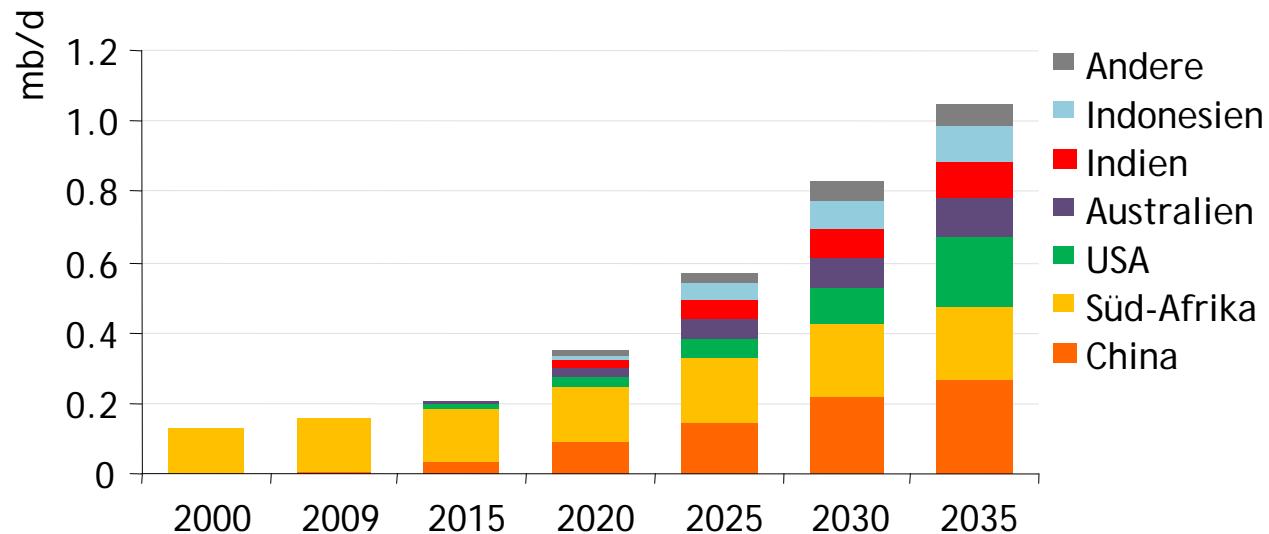


# Die Renaissance der Kohle



# Die Rolle unkonventionellen Öls erweitert sich vermutlich zusehends

## Coal-to-liquids (CTL)-Produktion nach Ländern im *New Policies Szenario*

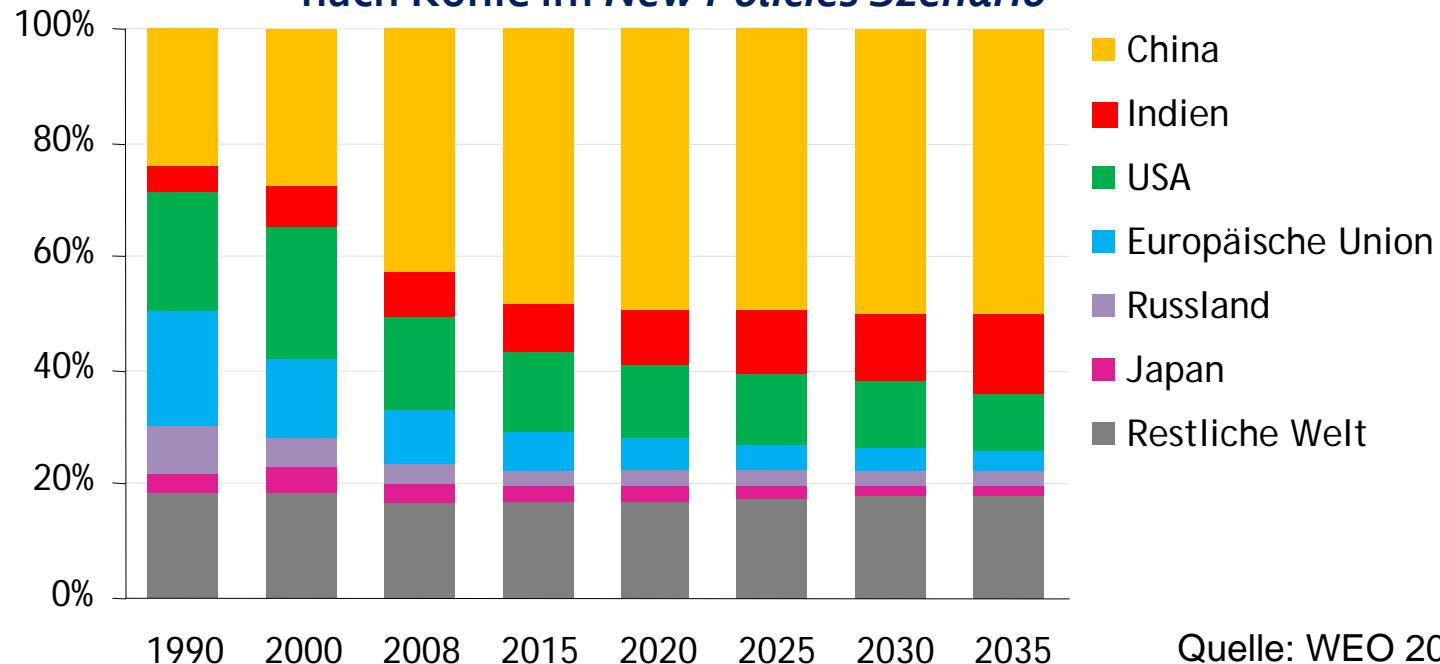


*CTL wird bis 2035 zur drittgrößten Quelle für unkonventionelles Öl bei allen neuen Projekten, inkl. CCS & in einigen Fällen CBTL, zur Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen*

Quelle: WEO 2010

# China und andere asiatische Volkswirtschaften haben entscheidenden Einfluss auf die Zukunft der Kohle

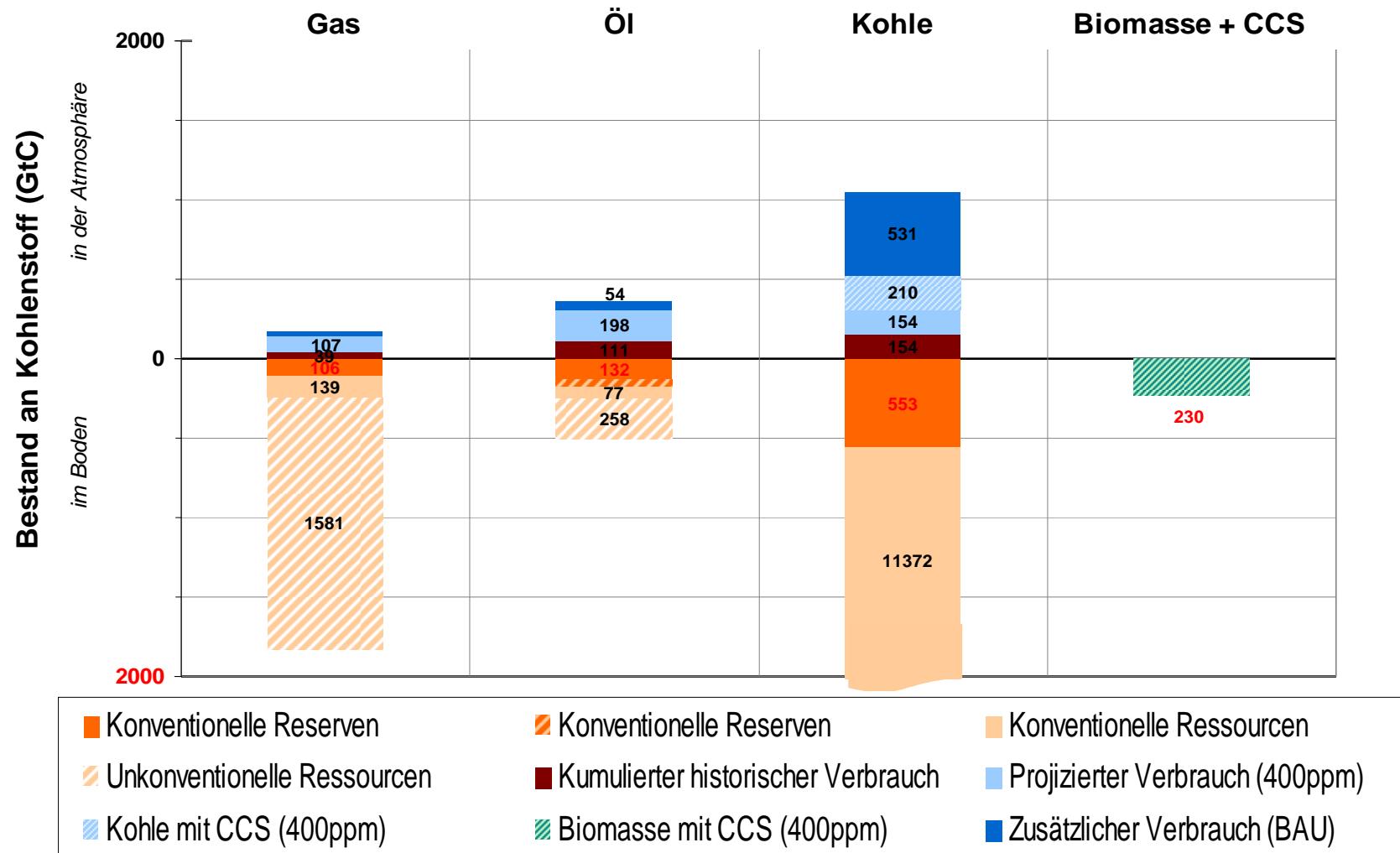
Anteil der Schlüsselregionen bei der globalen primären Nachfrage nach Kohle im *New Policies Szenario*



Quelle: WEO 2010

Chinas Anteil beim Wachstum der globalen Nachfrage nach Kohle beläuft sich auf mehr als drei Viertel zwischen 2000-2008, und bis 2035 im *New Policies Szenario*, Chinas Anteil an der globalen Nachfrage nach Kohle beläuft sich auf 50%

# Begrenzte Deponie – Unbegrenzte Ressourcen



# Global Deal

für Klima und Entwicklung

Begrenzung und  
Handel von CO<sub>2</sub>

Nachhaltige  
Waldnutzung

Klimafreundliche  
Technologien

Anpassung

Entwicklungsarbeit

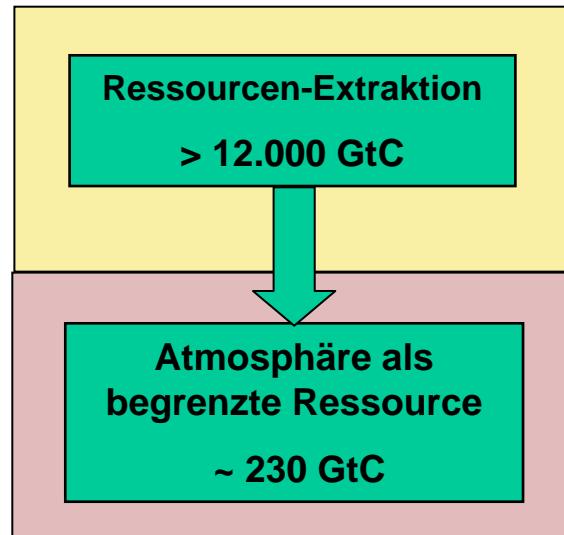
Wechselseitige Verpflichtungen als Grundlage von Partnerschaft



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



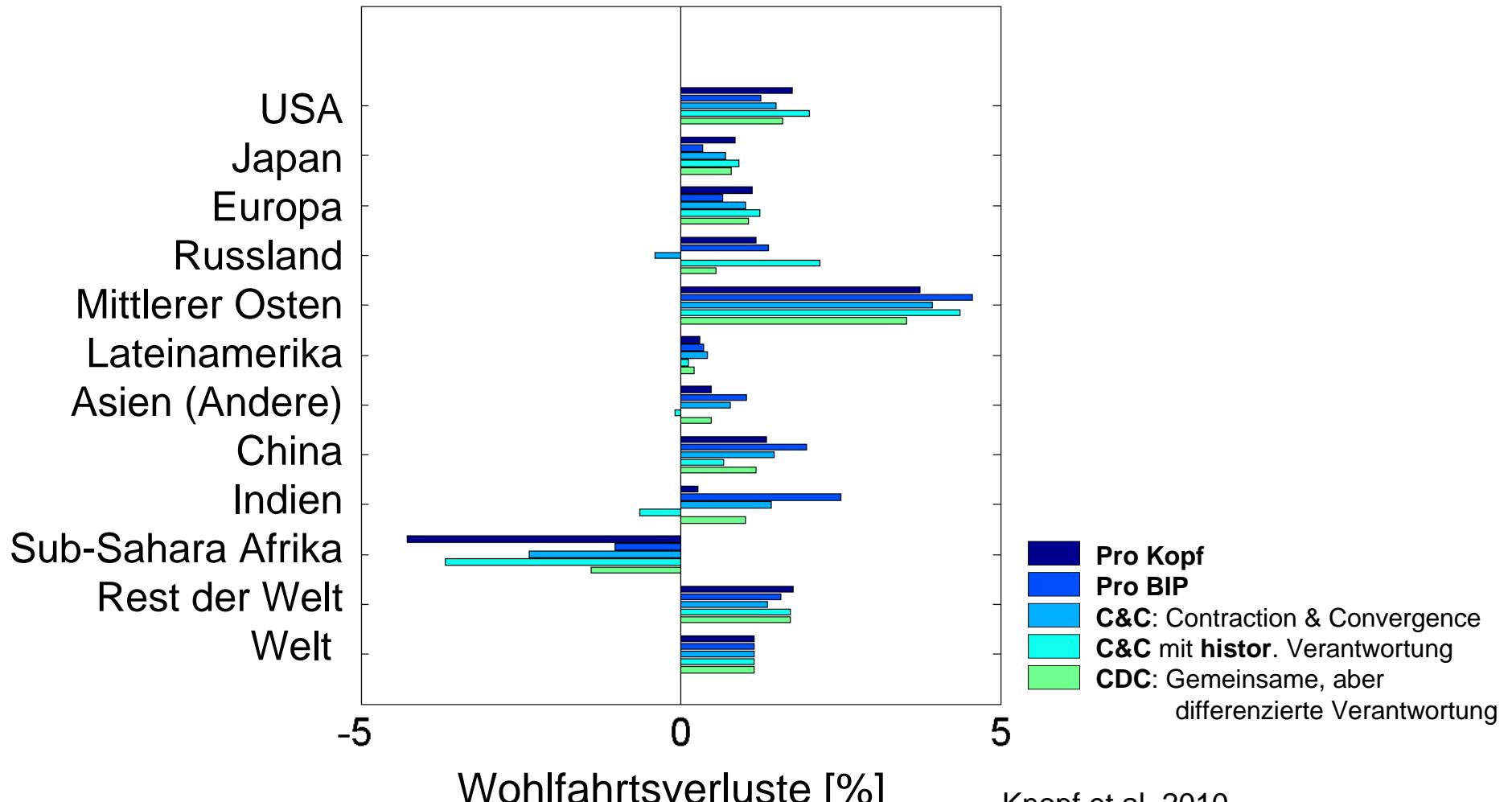
# Atmosphäre als globales Gemeingut



Wie bestimmt man einen Knaptheitspreis?

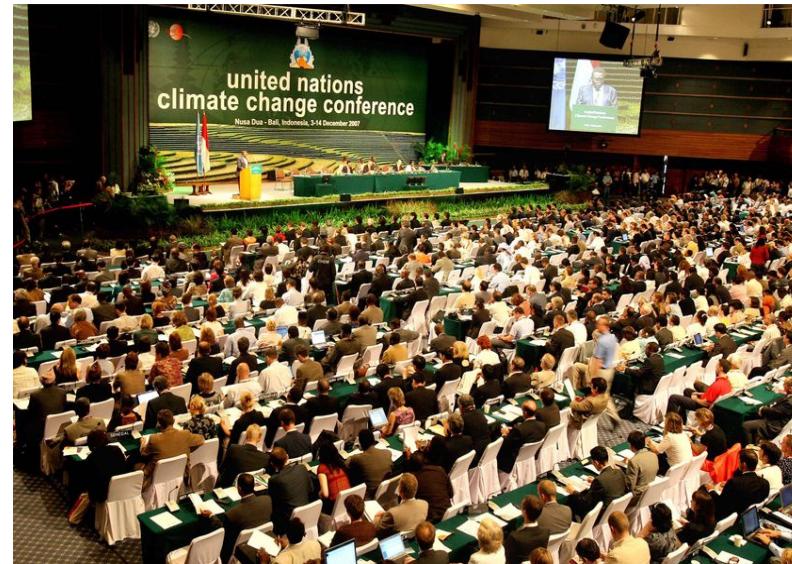
- Zuweisung von Eigentumsrechten
- Die Verteilung von Eigentumsrechten muß Gerechtigkeitsgrundsätzen entsprechen
- Ressourcenrente wird in eine Klimarente transformiert

# Verteilungen von Emissionsrechten



# Das Paradoxon internationaler Umweltabkommen

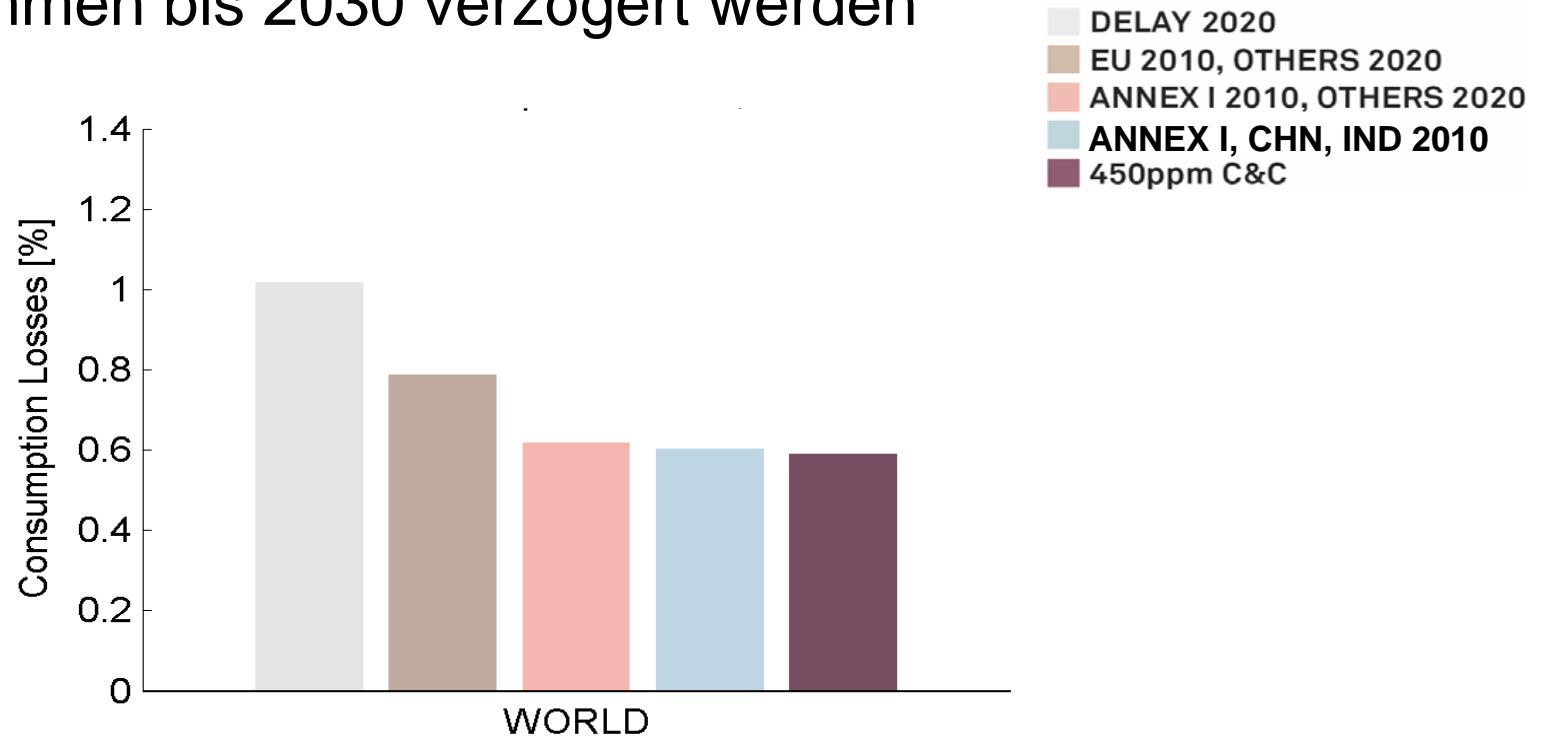
- Viele Vorschläge zur globalen Klimapolitik setzen voraus, was zu zeigen ist: eine umfassende internationale Zusammenarbeit.
- Die Wirklichkeit: Fehlen eines „Grünen Leviathans“, statt dessen: Freiwillige Internationale Umweltabkommen (IEA)
- Beteiligung gering, immer wenn IEA (Barrett 1994) tatsächlich etwas erreichen: Je nötiger sie sind, umso geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie zustande kommen.



Bali 2007

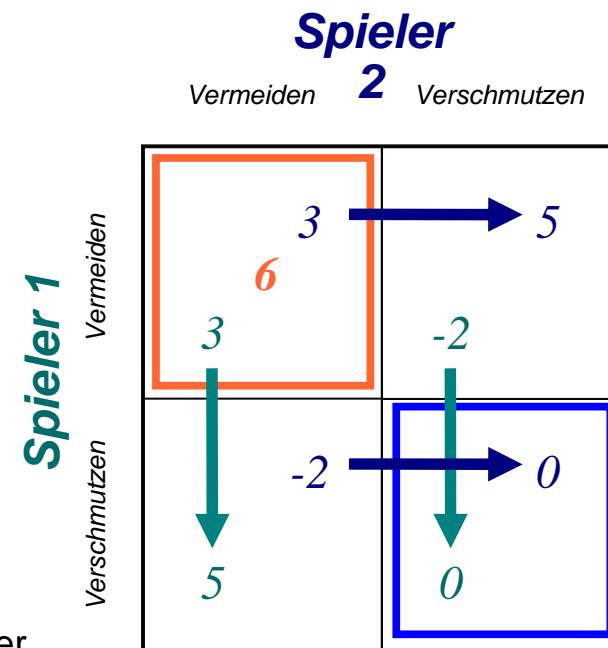
# Der Wert frühzeitigen Handelns

- Verzögerung bei den Vermeidungsmaßnahmen bis 2020 lässt globale Kosten um 70% steigen
- Stabilisierung bei 450 ppm CO<sub>2</sub> nicht mehr machbar, wenn Maßnahmen bis 2030 verzögert werden

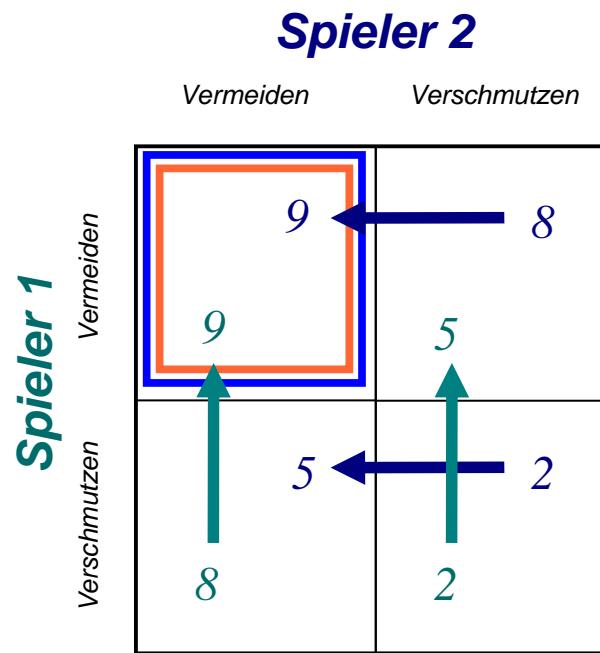


# Bereitstellung öffentlicher Güter als Gefangenendilemma

- Bereitstellung eines globalen öffentlichen Gutes:
  - (Gleicher) Nutzen für jeden, sagen wir z.B. 5 (pro Beitragendem!)
  - (Gleiche) Kosten beizutragen, sagen wir z.B. 7
- Spielstruktur des **Gefangenendilemmas**:
  - Individuelle Rationalität für Spieler, eigennützig zu handeln
    - Anreize zum *Trittbrettfahren*
    - *Suboptimales Ergebnis*
- Wenn die Vermeidung der globalen Erwärmung einem öffentlichen Gut gleicht, dann stehen Klimaverhandlungen einem Gefangendilemma gegenüber



# Zusatznutzen – Ein *Vertrauensspiel*?

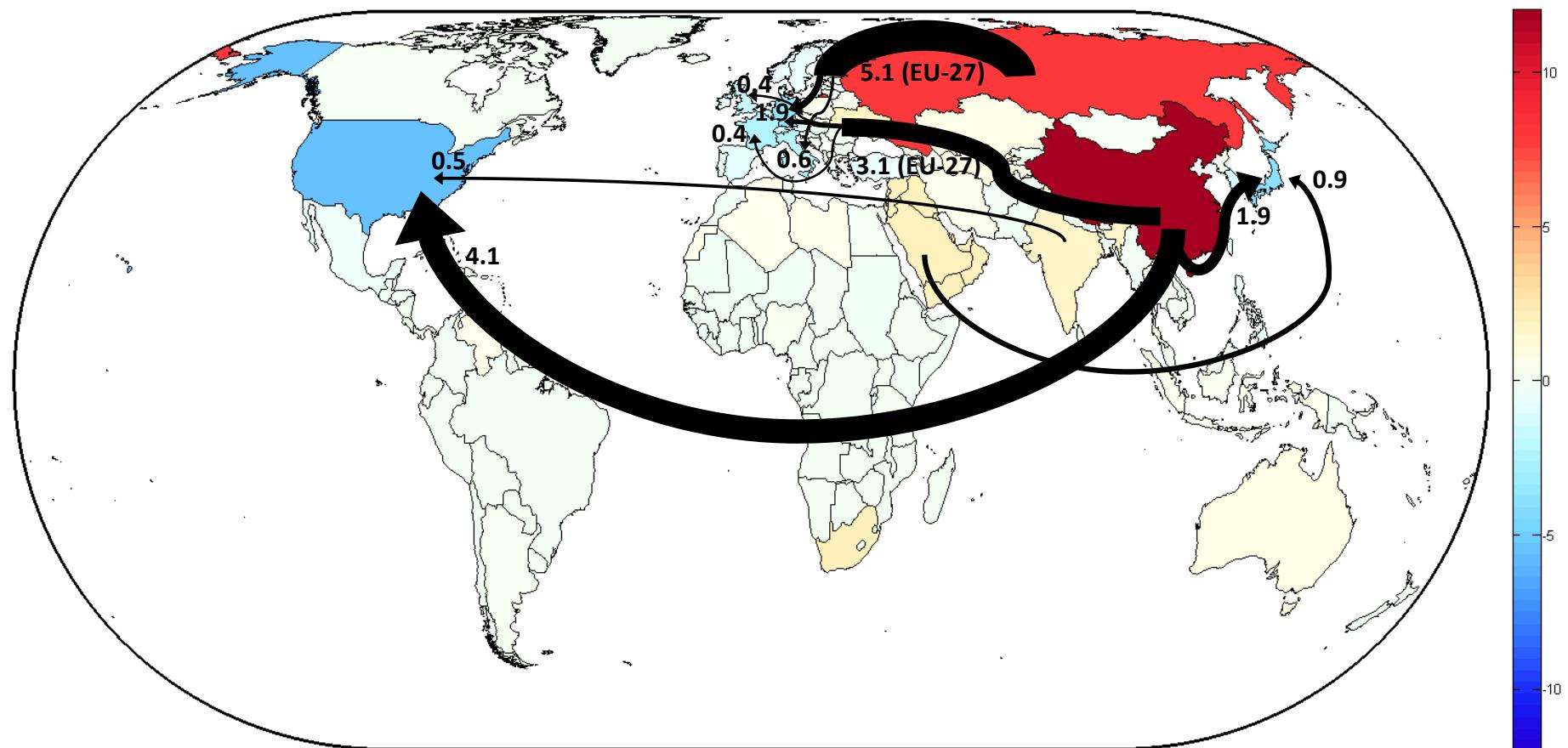


- Versuch, einen Schwerpunkt beim Sozialen Optimum zu schaffen:
  - „Zusatznutzen bei der Vermeidung so groß, dass sich einseitiges Vermeiden bezahlt macht, ungeachtet der Entscheidung Anderer“  
→ Ein reines Problem eigener Wahrnehmung

- Nash-Gleichgewicht und Soziales Optimum decken sich

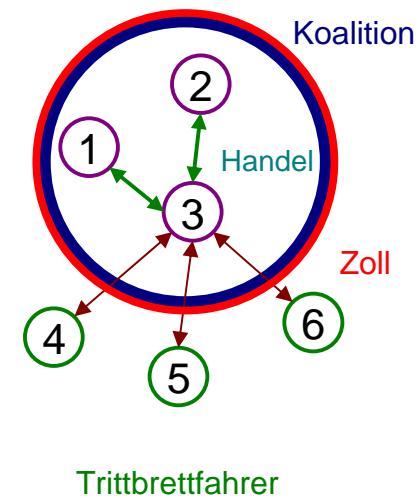
# Warum CO<sub>2</sub>-Zölle wirken!

## CO<sub>2</sub>-Handelsbilanzen 1990-2008 der verschiedenen Weltregionen



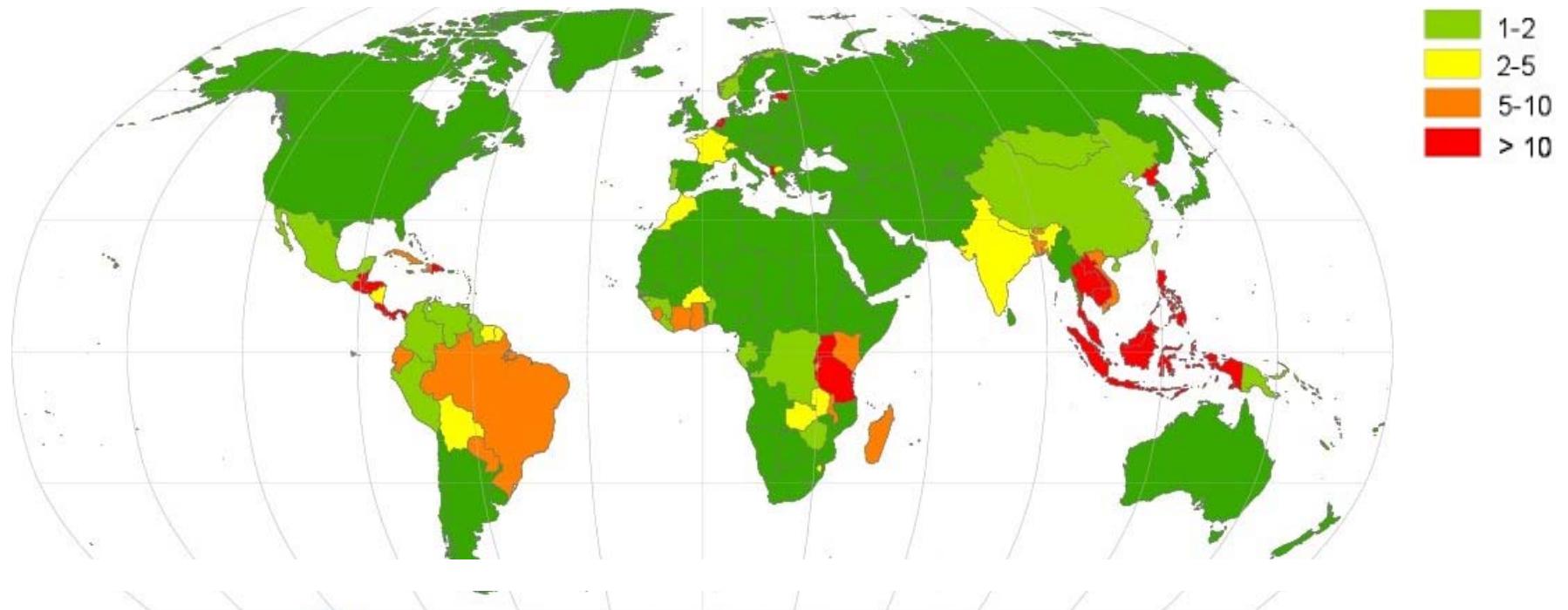
# Bestrafung: Importzölle

- Abstimmung von Anreizen durch Vertragsverhandlungen:
  - Negativer Anreiz: *Importzölle*
    - Koalition erhebt Zölle auf Importe von Trittbrettfahrern
    - Zölle führen bis zu einer vollständigen Zusammenarbeit
    - Zölle sind individuell + sozial rational
- Beispiel, bei dem das IEA-Modell das Dilemmaspel in ein Vertrauensspiel verwandelt hat
- Nähere Informationen unter
  - Lessmann et al. (2009), Economic Modelling



# Globale Entwaldung

**Verlust an Biomasse (Kohlenstoff) aufgrund von Landnutzungswandel (v.a. Abholzung),  
Durchschnittswert von 1998-2003 in g C/m<sup>2</sup> und Jahr**



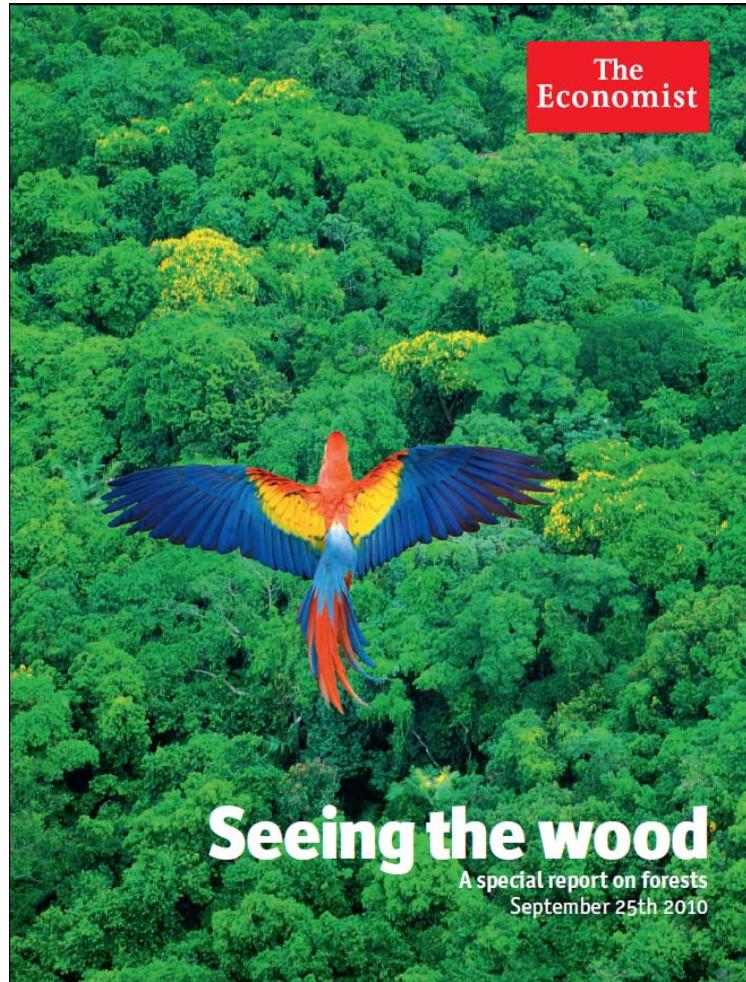
Vohland et al. 2008



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



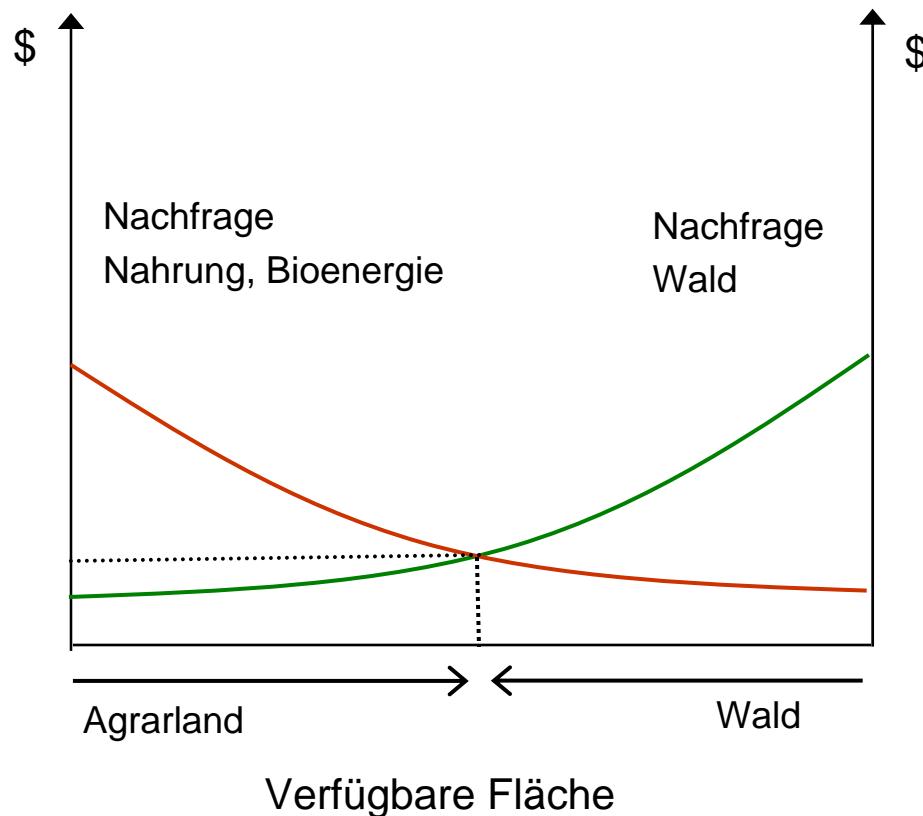
# Cancún - Besser REDD als „dead“?



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

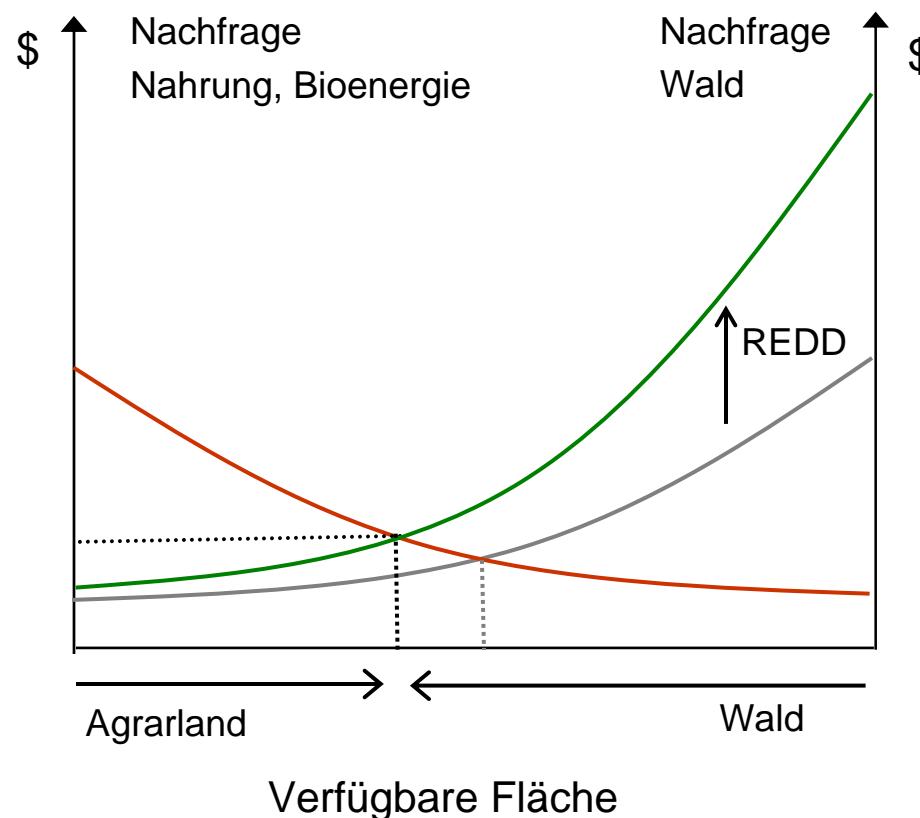


# Agrarwirtschaft versus Waldschutz



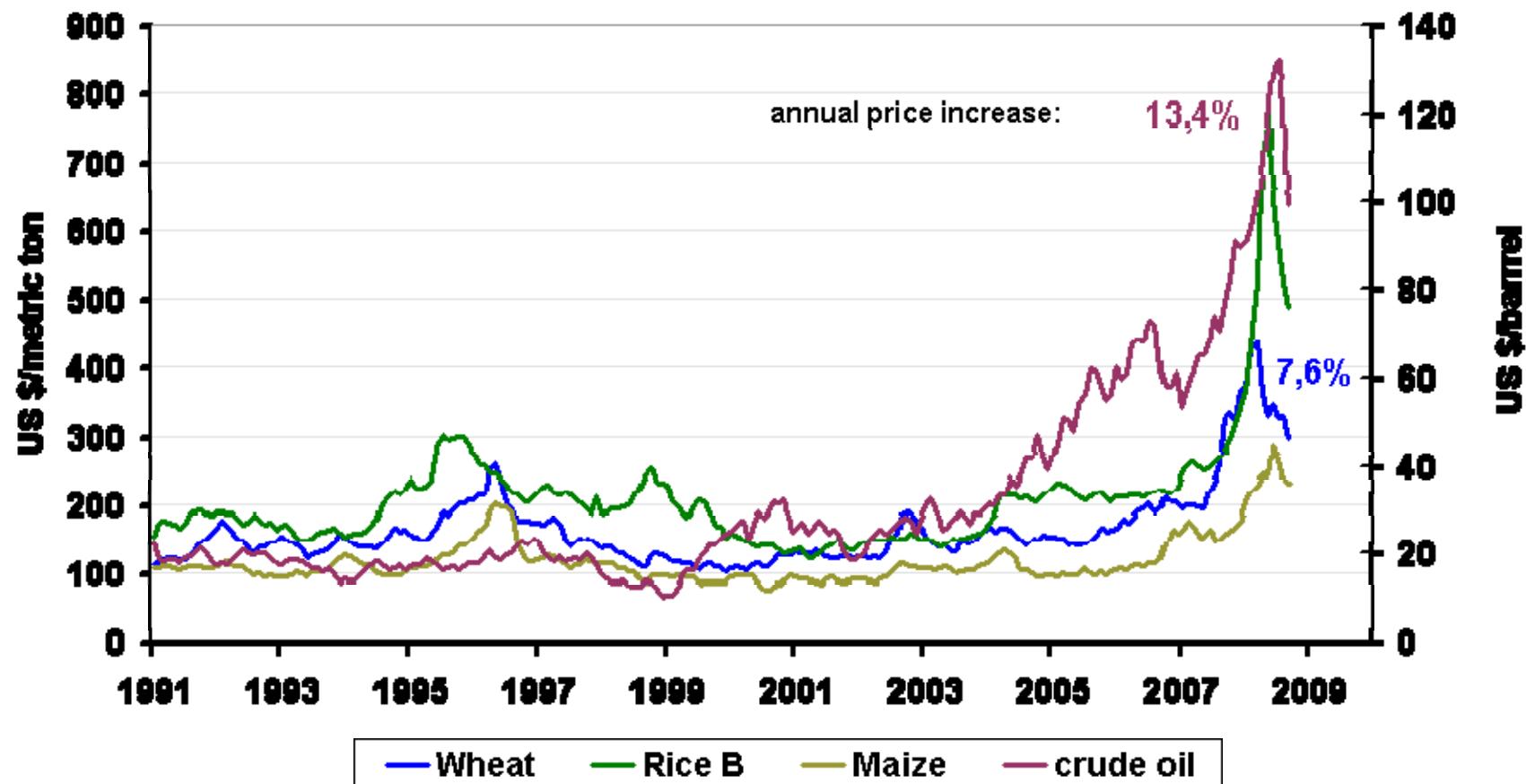
- Landwirtschaft und Waldschutz konkurrieren um knappe Böden
- Optimale Aufteilung der verfügbaren Flächen

# Agrarwirtschaft versus Waldschutz



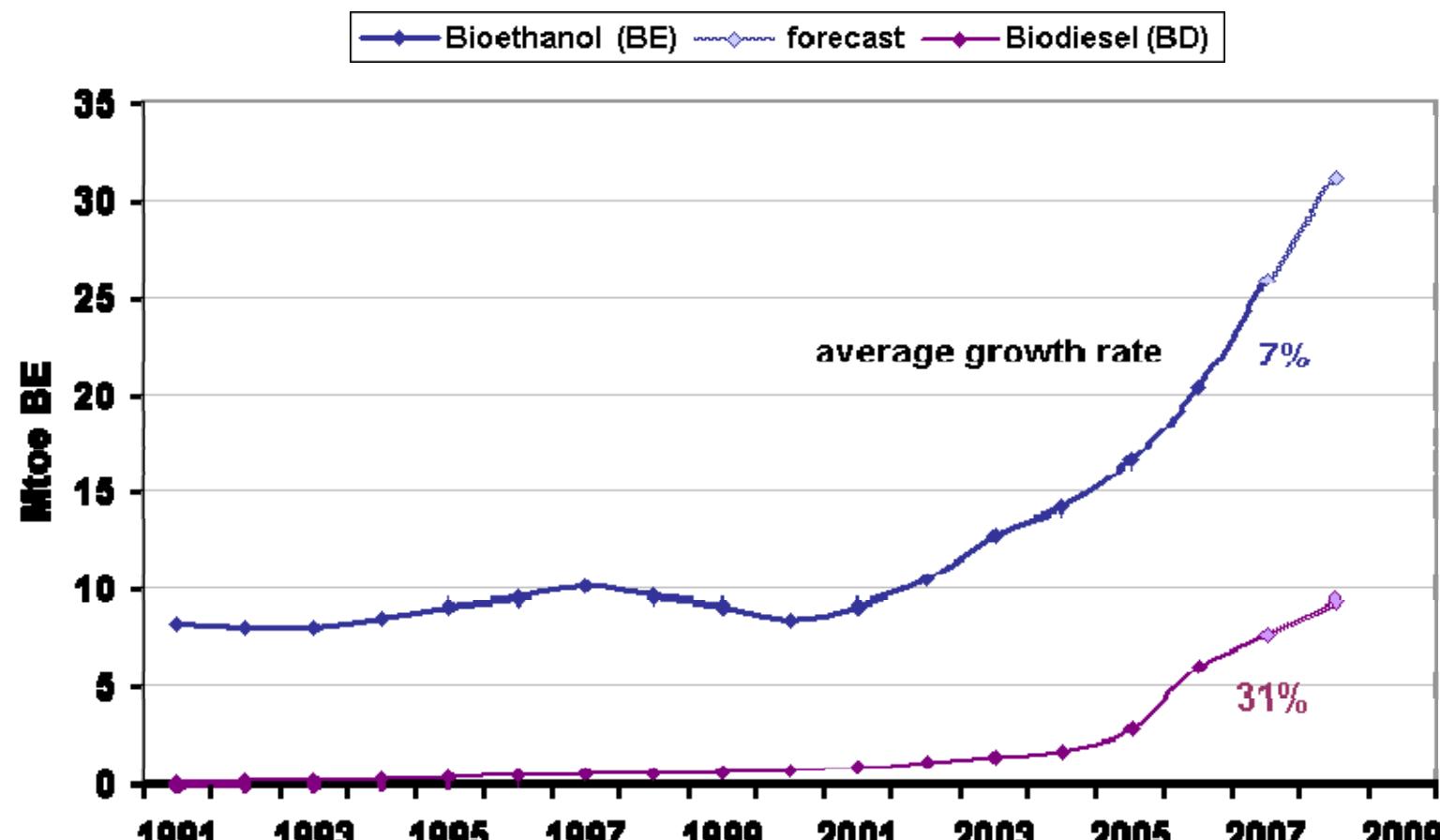
- REDD schützt zusätzliche Waldflächen

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



Quelle: IMF; FAO International Commodity Prices

## Annual World Biofuel Production 1991 - 2008



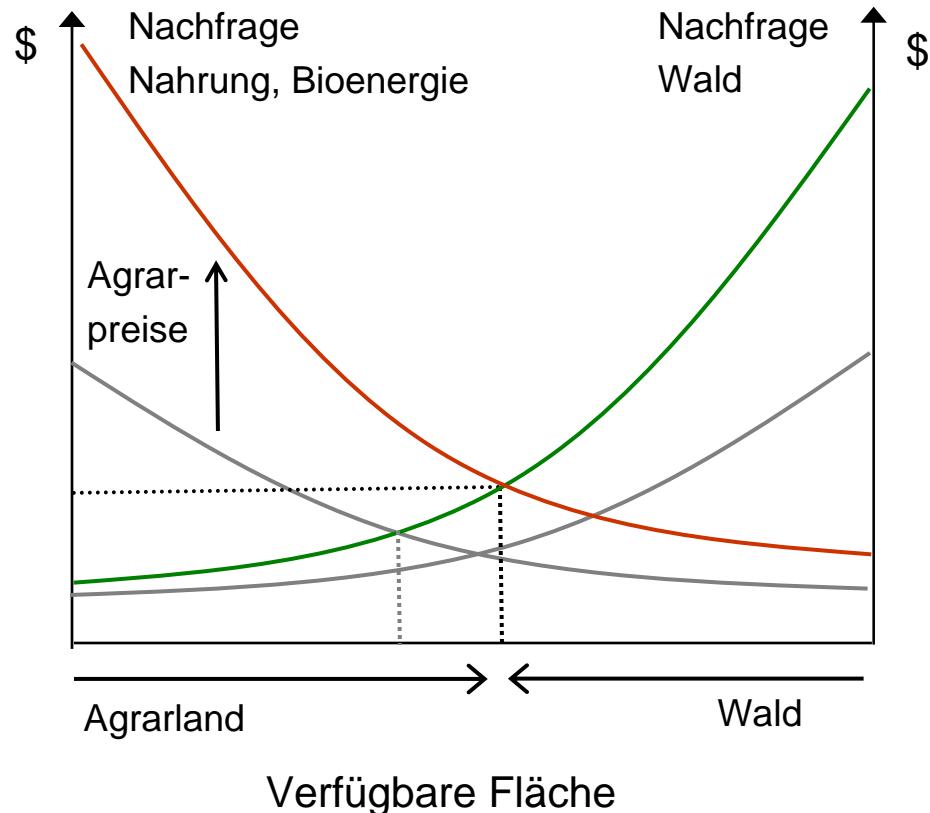
Source: BP Statistical Energy Review; WRI



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



# Agrarwirtschaft versus Waldschutz



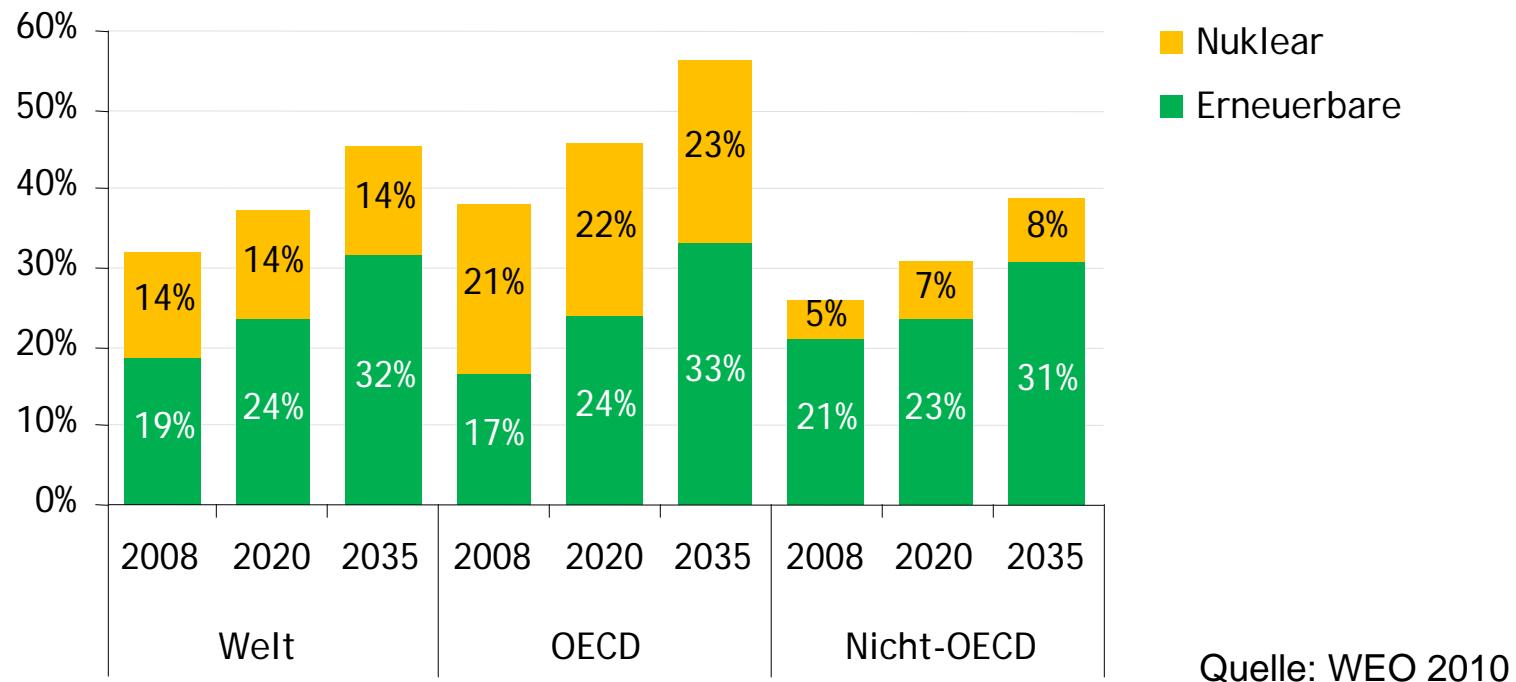
- Steigende Agrarpreise (Ölpreis, Bioenergie, Nahrungsmittel) konterkarieren den Effekt von REDD
- Höhere Preise für Waldschutz!

## Vermutete Wirkungen

- Kosten des Waldschutzes werden unterschätzt!
- Die vorgeschlagenen Fondlösungen müssten den Preis auf einem hohen Niveau stabilisieren, um die Wirkungen der Ölpreisseigerungen zu kompensieren. Das ist politisch nicht sehr wahrscheinlich.
- Die Einbeziehung der Wälder in einen fragmentierten Emissionshandel kann so zu mehr Abholzung führen als bei einem umfassenderen Fondsansatz.

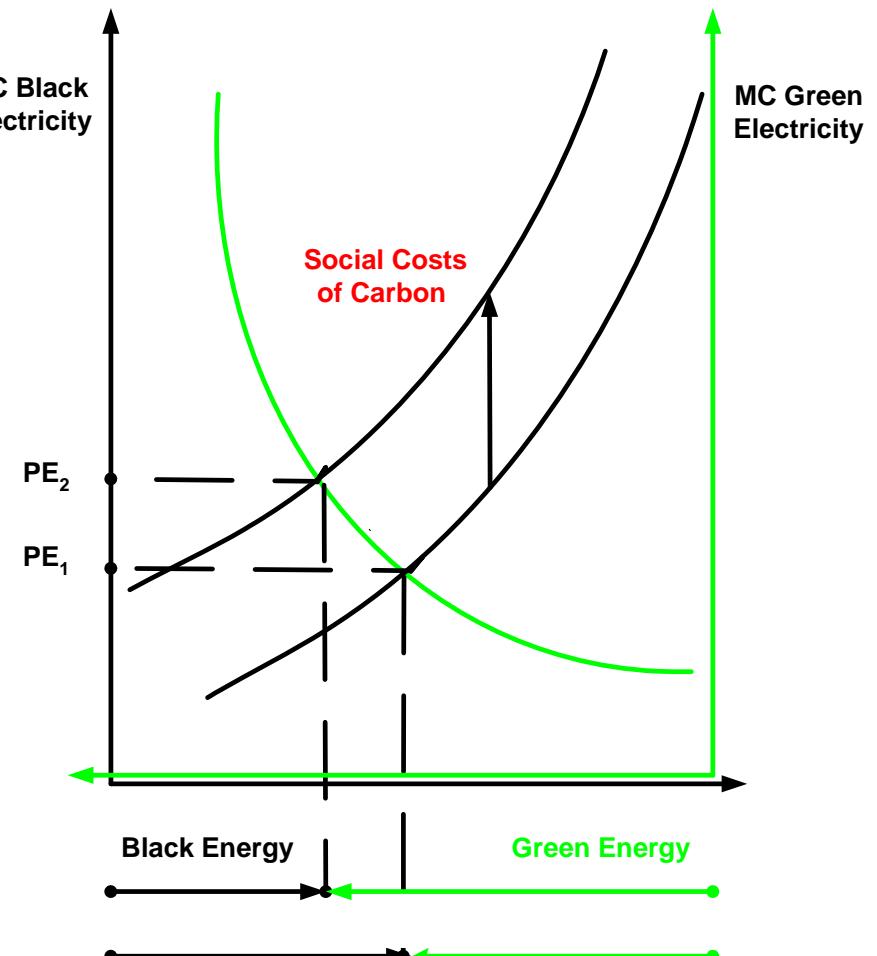
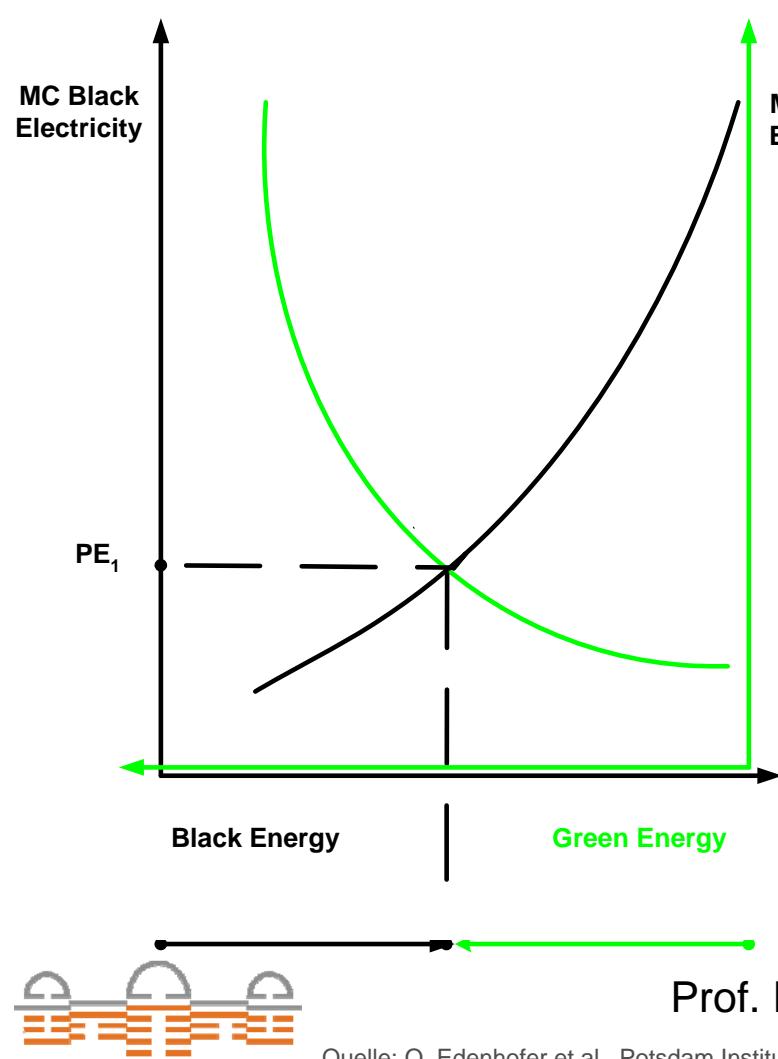
# Kohlenstoffarme Technologien durchdringen zunehmend den Elektrizitätsmix

Anteil an nuklearer und erneuerbarer Energie bei der gesamten Stromerzeugung nach Region im *New Policies Szenario*



*Erneuerbare Quellen (einschl. Hydro) und Atomkraft machen bis 2035 laut Prognose 45% der gesamten Stromerzeugung aus, von heute 32%*

# Der CO<sub>2</sub>-Preis alleine macht's!



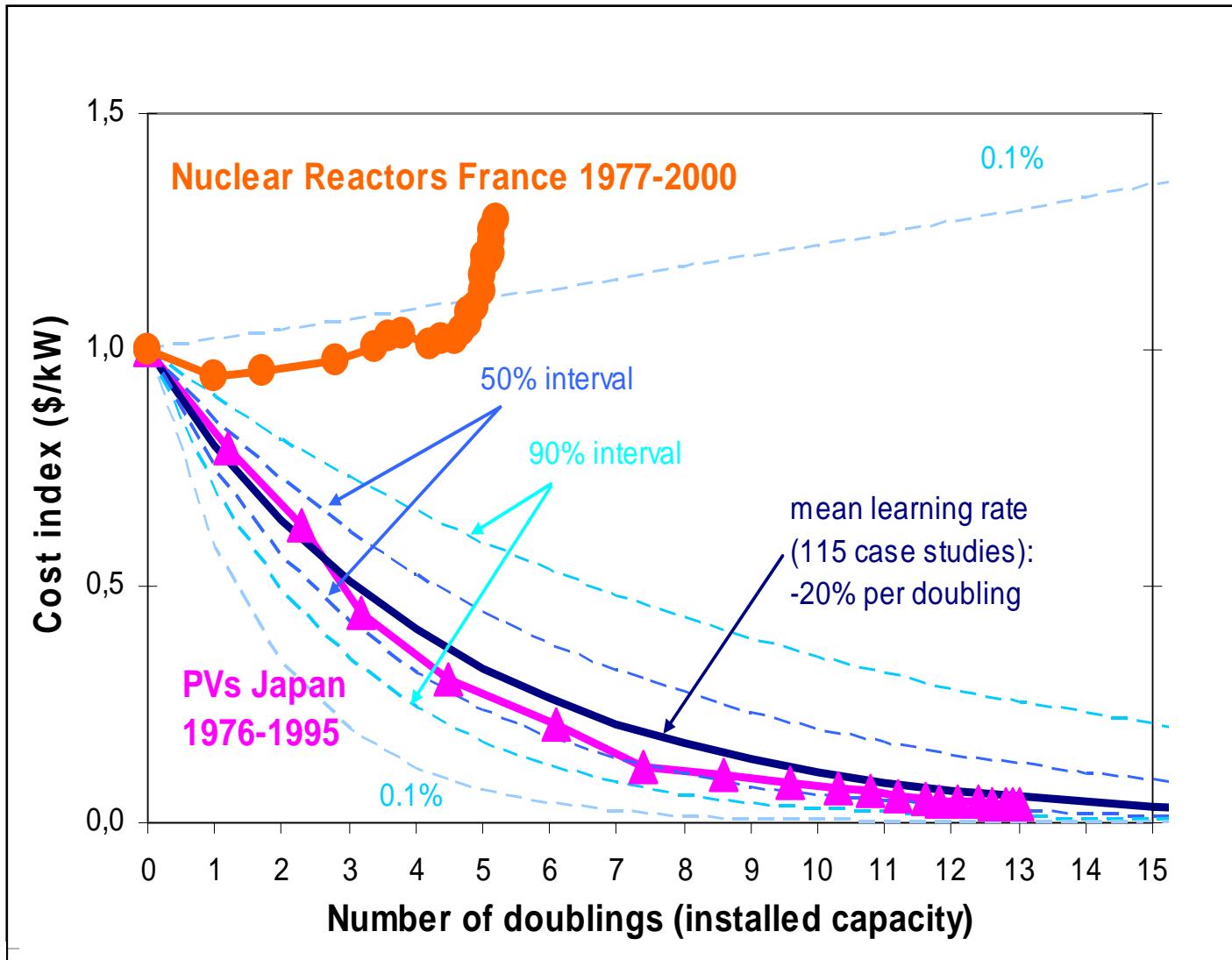
Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



Quelle: O. Edenhofer et al., Potsdam Institute for Climate Impact Research, Research Domain „Sustainable Solutions“, 2007



# Lernraten und Marktwachstum

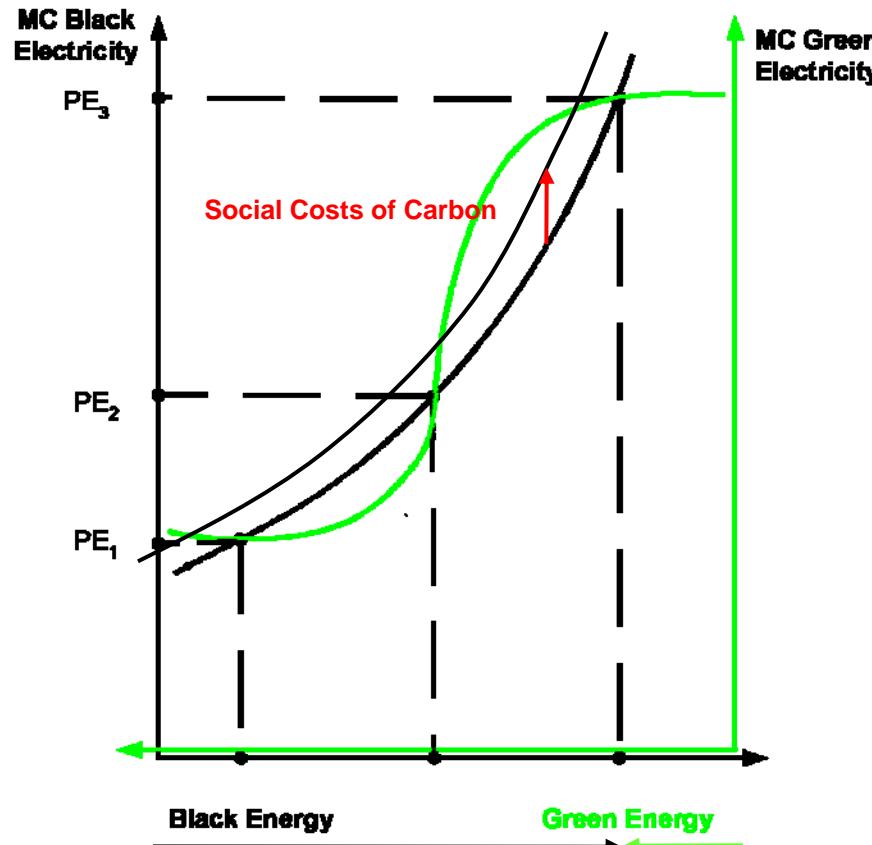


Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

Übernommen von Grübler  
2010



# Internalisierung sozialer Kosten nicht ausreichend!

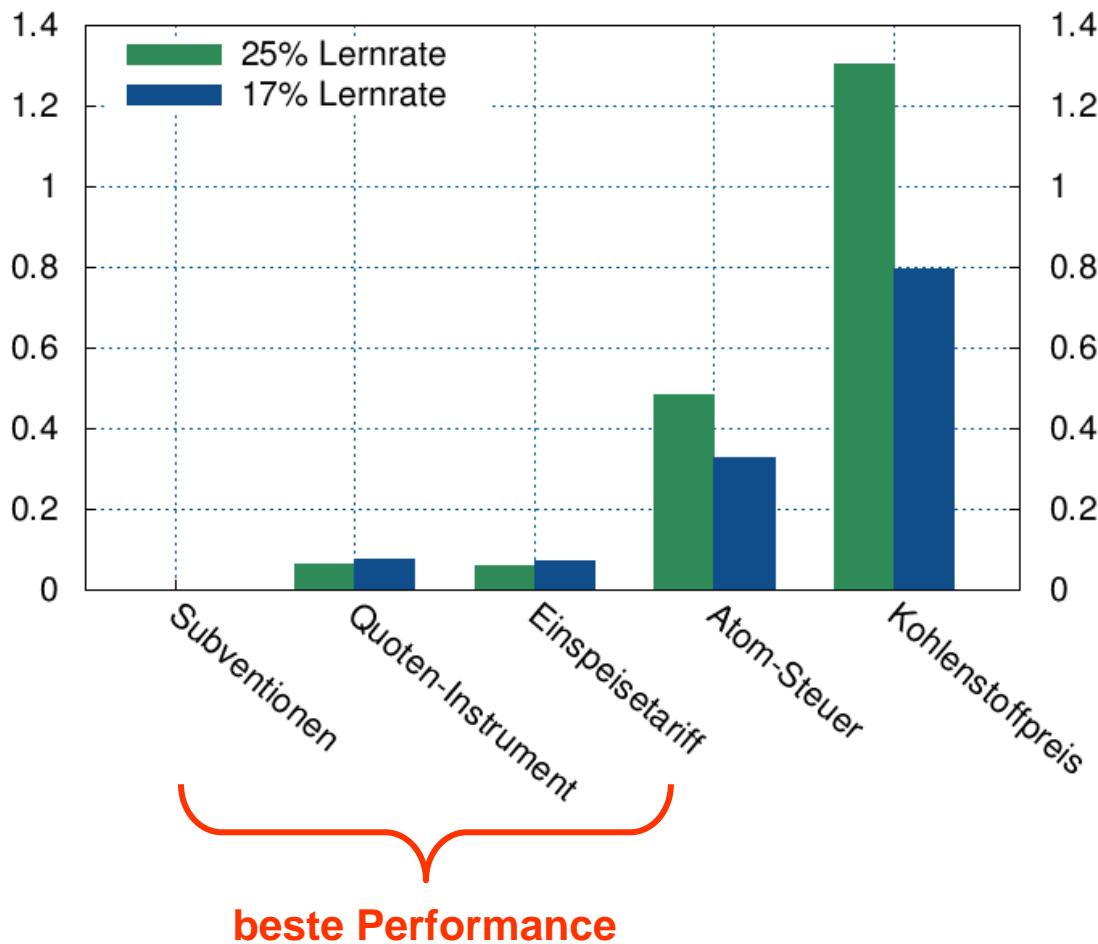


- Die Internalisierung der sozialen Kosten der Energieversorgung (z.B. durch ein Cap-and-Trade-System) verbessert die Konkurrenzfähigkeit der Erneuerbaren Energien
- Solange es keine Bewegung von  $PE_3$  gibt, verharrt das System in einem ineffizienten Zustand

Edenhofer et al. (2007)

# Vergleich der Politikinstrumente

Konsumverluste (relativ zur optimalen Vermeidung in %)

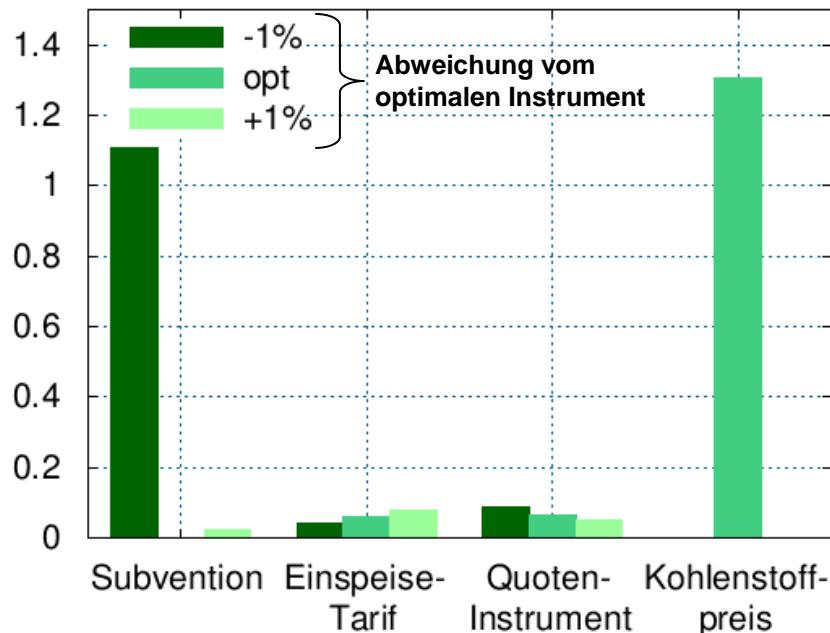


- Technologie-Externalitäten erfordern zusätzliche Instrumente zum Kohlenstoffpreis
- Ohne Technologiepolitik ist ein „Lock-in“ in teure Vermeidungsoptionen möglich

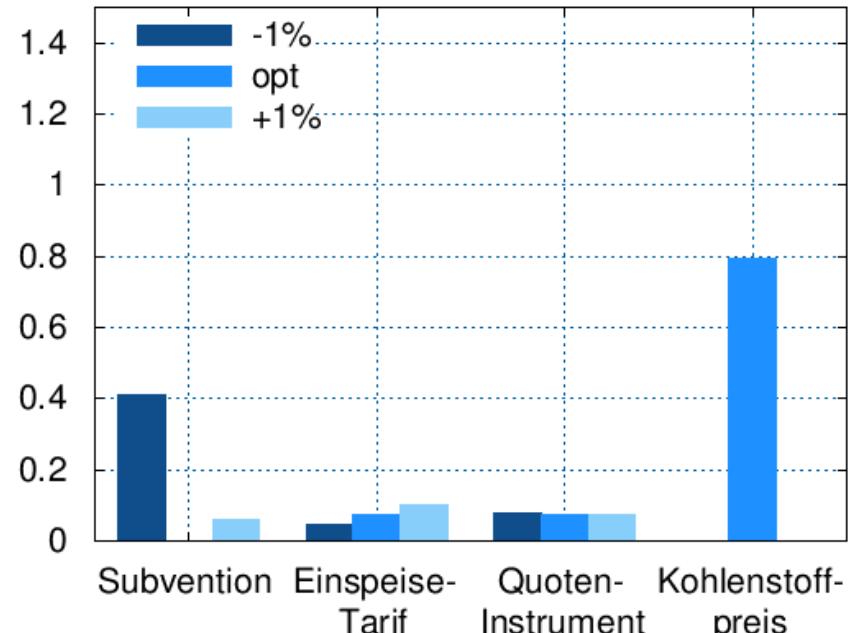
Kalkuhl, Edenhofer & Lessmann 2010

# Robuste Instrumente?

Konsumverluste (relativ zur opt. Vermeidung in %)  
25% Lernrate



Konsumverluste (relativ zur opt. Vermeidung in %)  
17% Lernrate



- Hohe Konsumverluste bei kleinen Abweichungen von der optimalen Subvention
- Einspeisetarif und Quoteninstrument sind robuster gegen Abweichungen

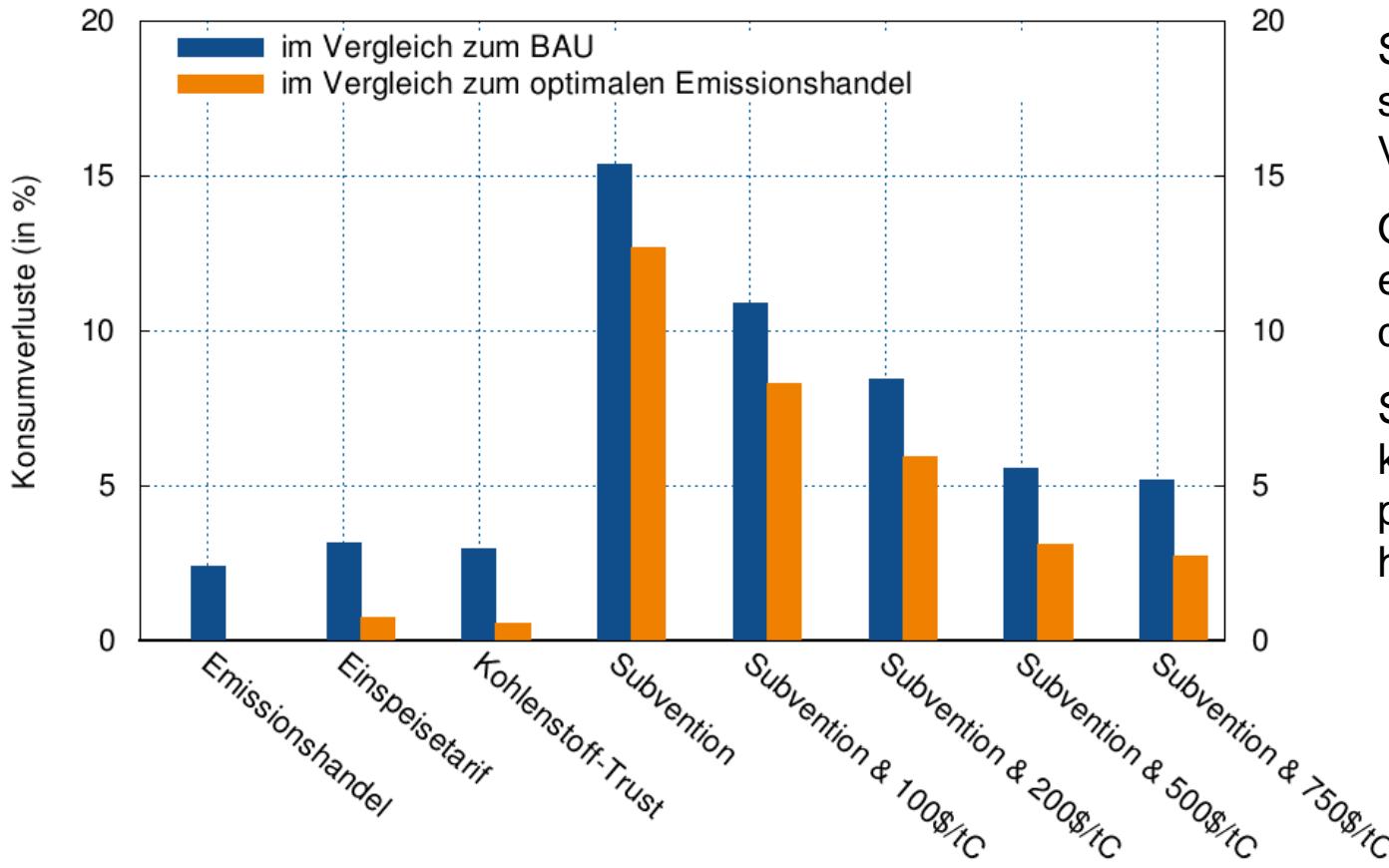
Kalkuhl, Edenhofer & Lessmann 2010



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



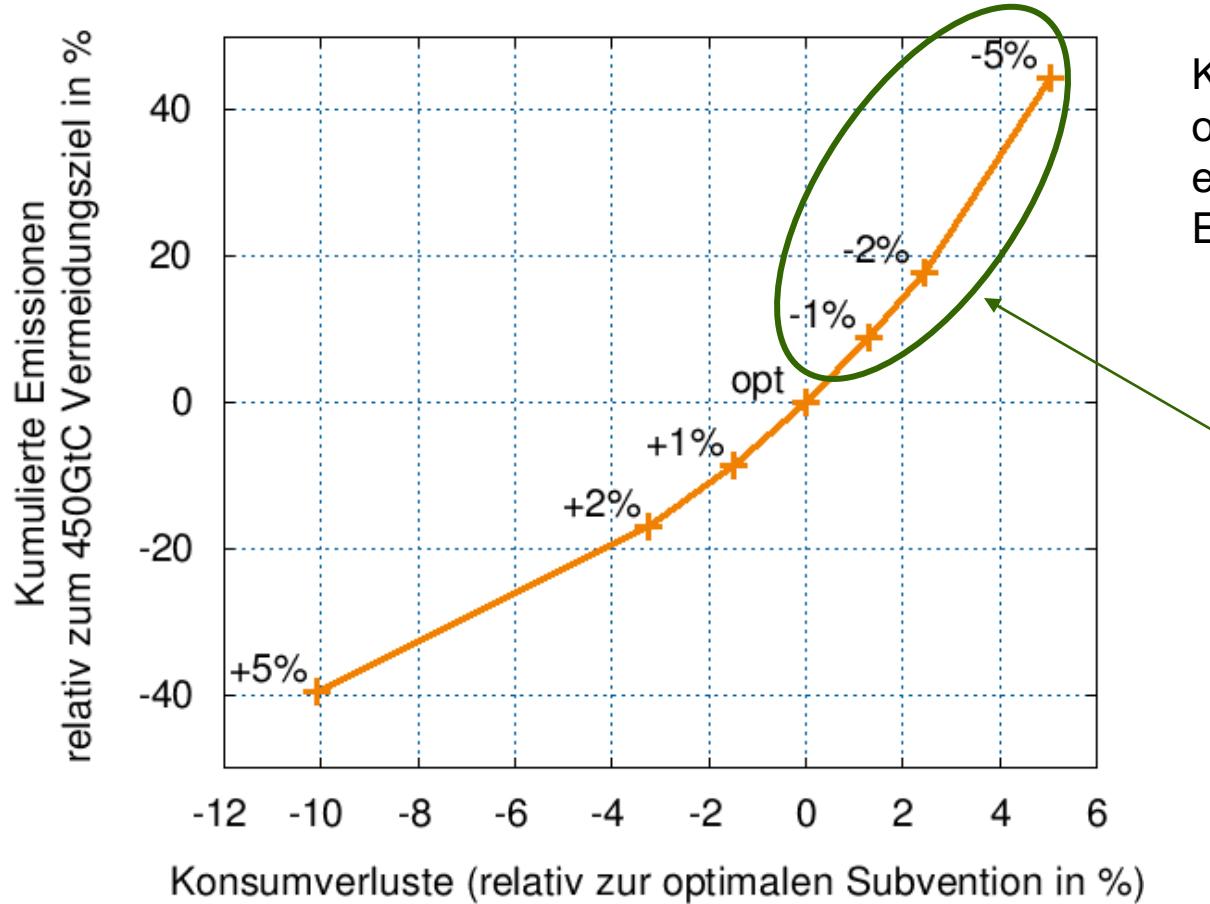
# Die Kosten einer reinen Technologiepolitik



Subventionen sind ein schlechtes Vermeidungsinstrument.  
Ohne Kohlenstoffpreis explodieren die Kosten, das Klimaziel zu erreichen.  
Selbst bei (suboptimalen) konstanten Kohlenstoffpreisen sind die Kosten hoch.

Kalkuhl, Edenhofer & Lessmann 2011

# Die Risiken einer reinen Technologiepolitik



Kleine Abweichungen von der optimalen Subvention haben enormen Einfluss auf Emissionen und Konsum

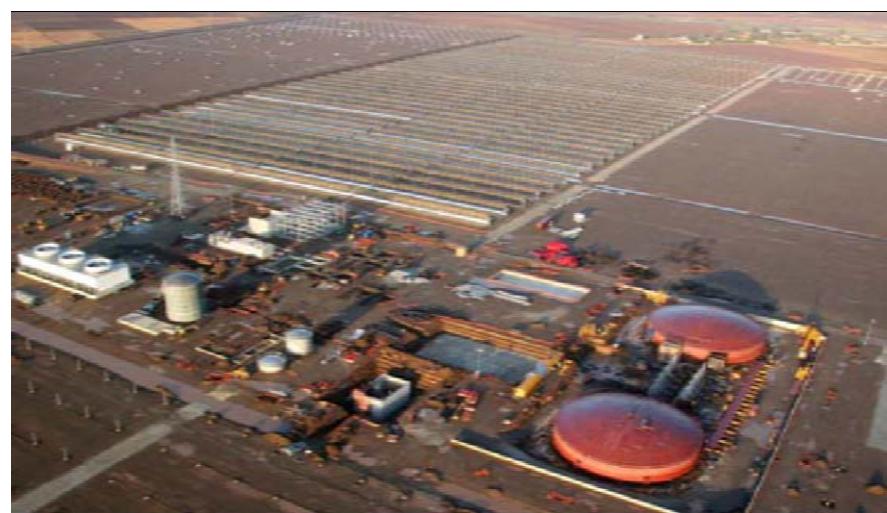
Grünes Paradoxon: Das Vermeidungsziel wird trotz Subventionen verfehlt.

Kalkuhl, Edenhofer & Lessmann 2011

# Neue Speichertechnologien erhöhen die Verlässlichkeit und die Integration von Erneuerbaren

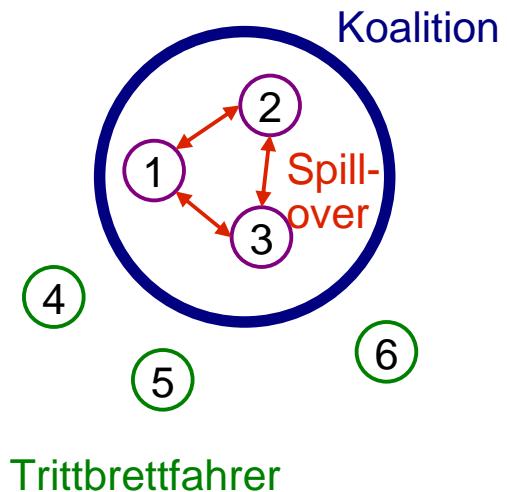


Andasol I, Spanien



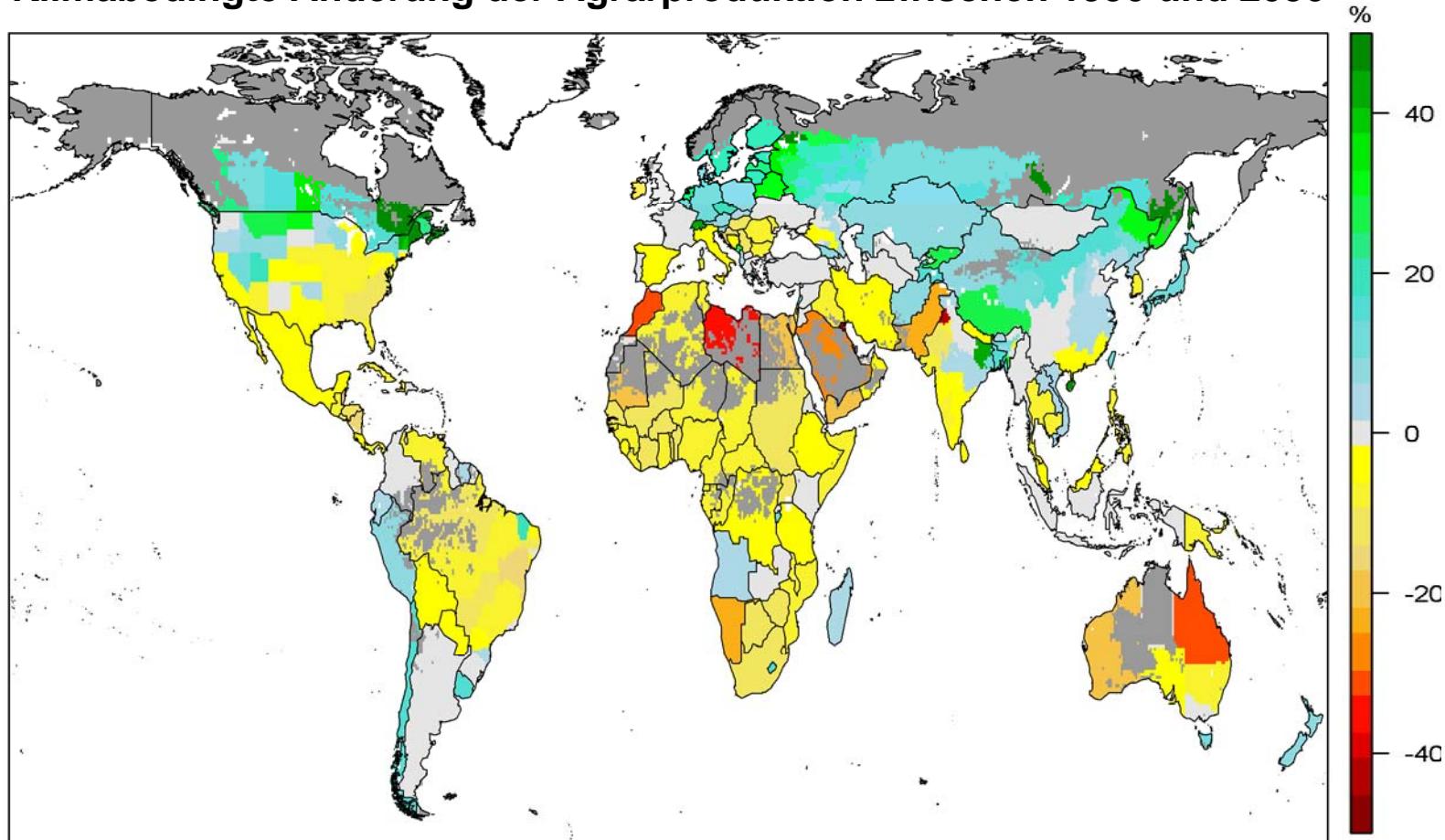
# Belohnung: Technologie-Kooperation und Verminderung der Emissionen

- Abstimmung von Anreizen durch Vertragsverhandlungen :
  - Positiver Anreiz: *Forschungskooperation*
    - F&E Spill-over innerhalb der Koalition
    - Beteiligung nimmt mit Spill-over-Intensität zu
    - Verbesserung der *Produktivität* durch F&E hat sich als stärkerer Anreiz erwiesen als die *Vermeidung* zu verbessern
- Beispiel, bei dem das IEA-Modell das Dilemmaispiel in ein Vertrauensspiel verwandelt hat
- Nähere Informationen unter
  - Lessmann and Edenhofer (2010), Resource and Energy Economics



# Änderung der Agrarproduktion

Klimabedingte Änderung der Agrarproduktion zwischen 1990 und 2050



Füssel et al., 2010

# Global Deal

für Klima und Entwicklung

Begrenzung und  
Handel von CO<sub>2</sub>

Nachhaltige  
Waldnutzung

Klimafreundliche  
Technologien

Anpassung

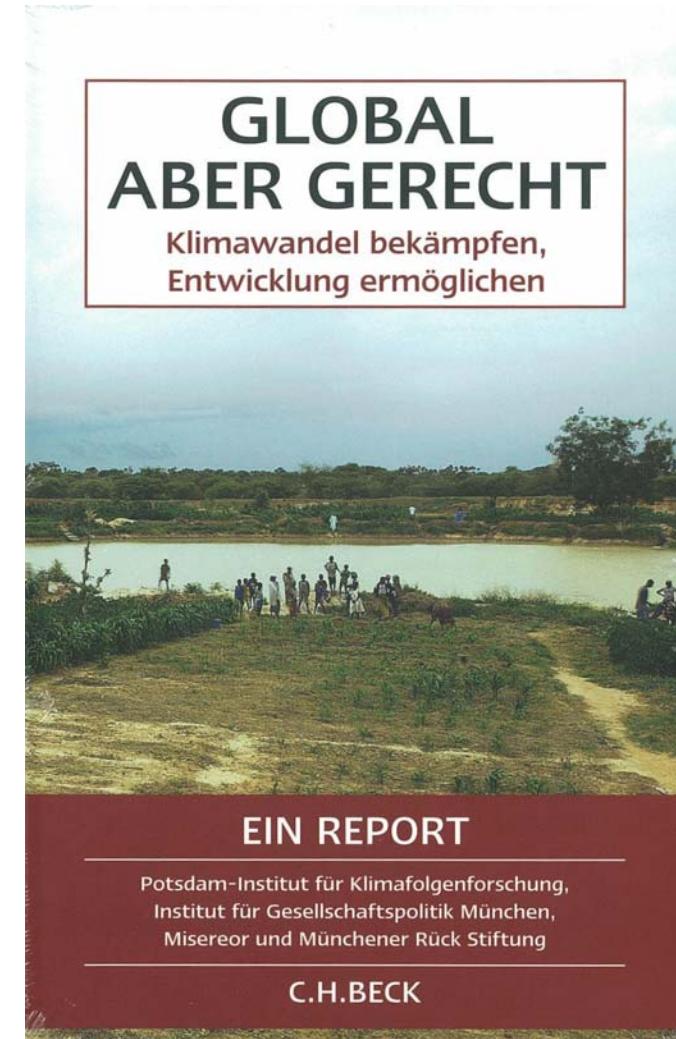
Entwicklungsarbeit

Wechselseitige Verpflichtungen als Grundlage von Partnerschaft



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer





<http://www.klima-und-gerechtigkeit.de/>



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

