

Eckpunkte einer globalen Klima- und Energiepolitik

Köln, 27. Januar 2011

Ringvorlesung Kostenverteilung in Industrie- und Entwicklungsnationen

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



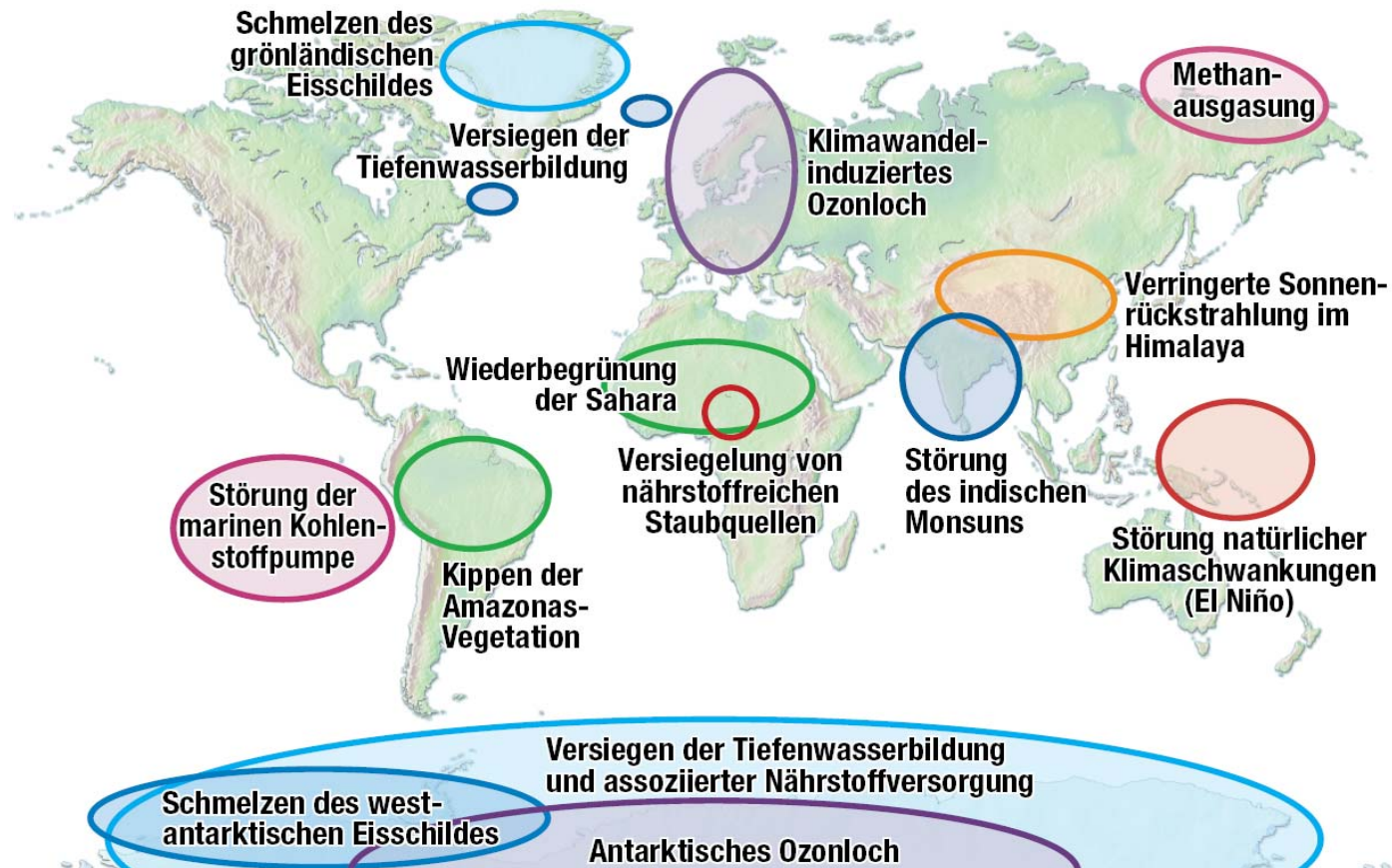
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



Working Group III
Mitigation of Climate Change



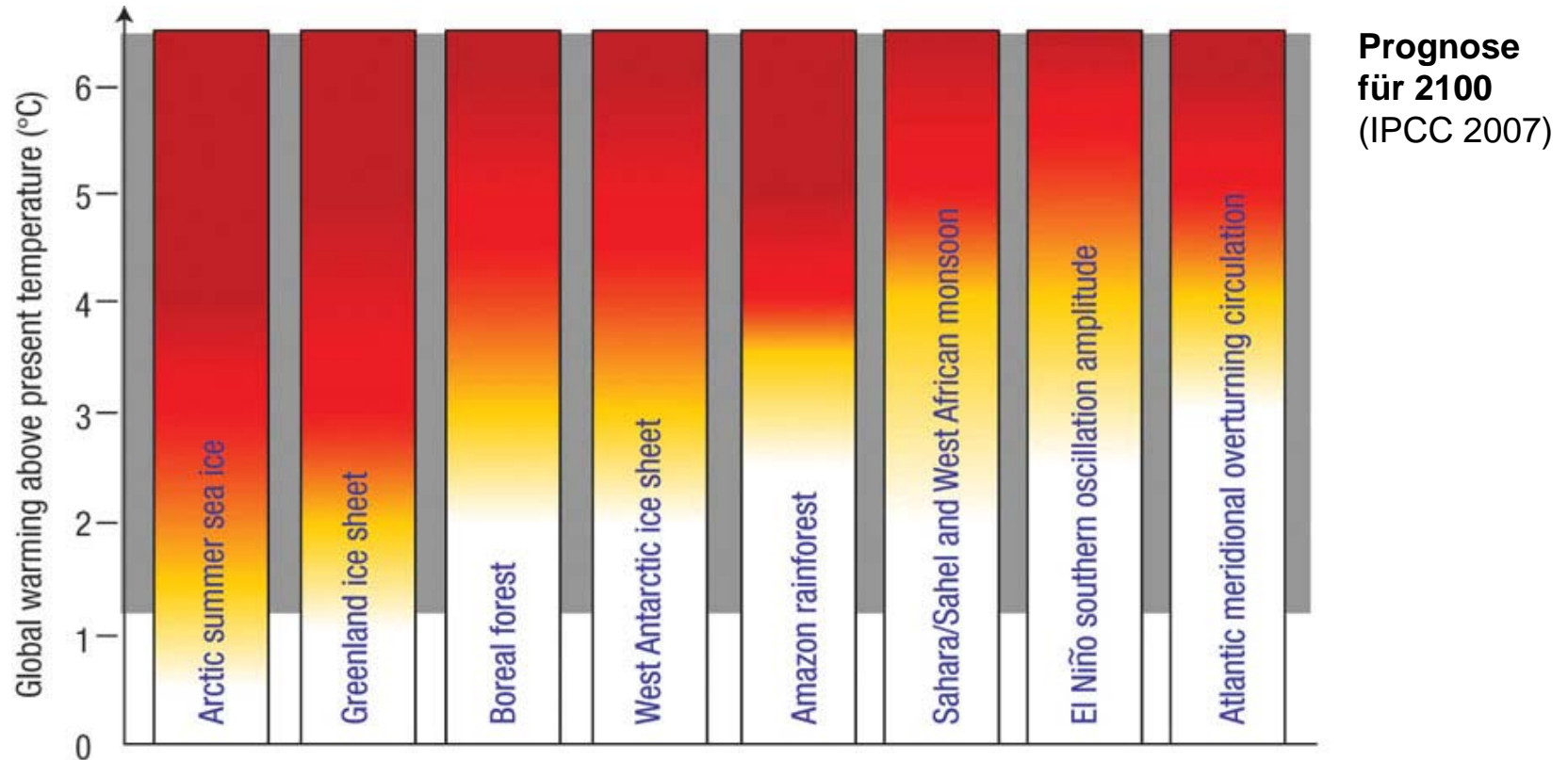
Kippschalter im Erdsystem



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

Schellnhuber, 1996; Lenton et al., 2008

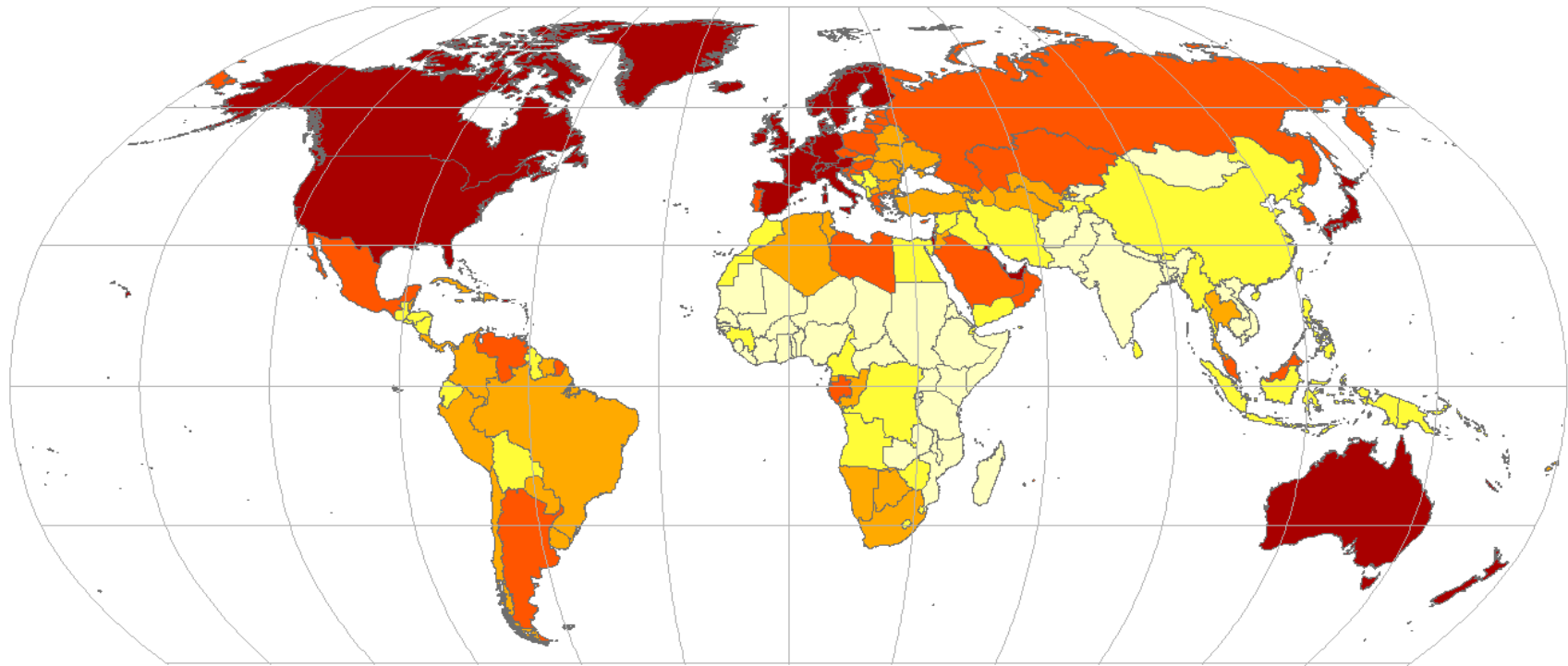
Das Ampeldiagramm



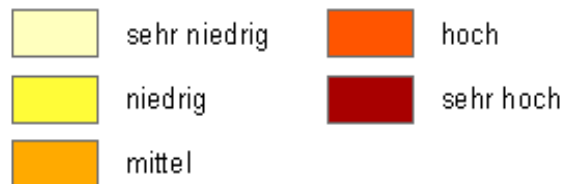
Potentielle politikrelevante Kippschalter, die durch die globale Erwärmung in diesem Jahrhundert ausgelöst werden könnten, wobei die Schattierung die unsicheren Schwellenwerte darstellt. Bei jedem Schwellenwert gibt der Übergang von weiß zu gelb die untere Grenze der Annäherung und der Übergang von gelb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

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

Weltkarte des Vermögens

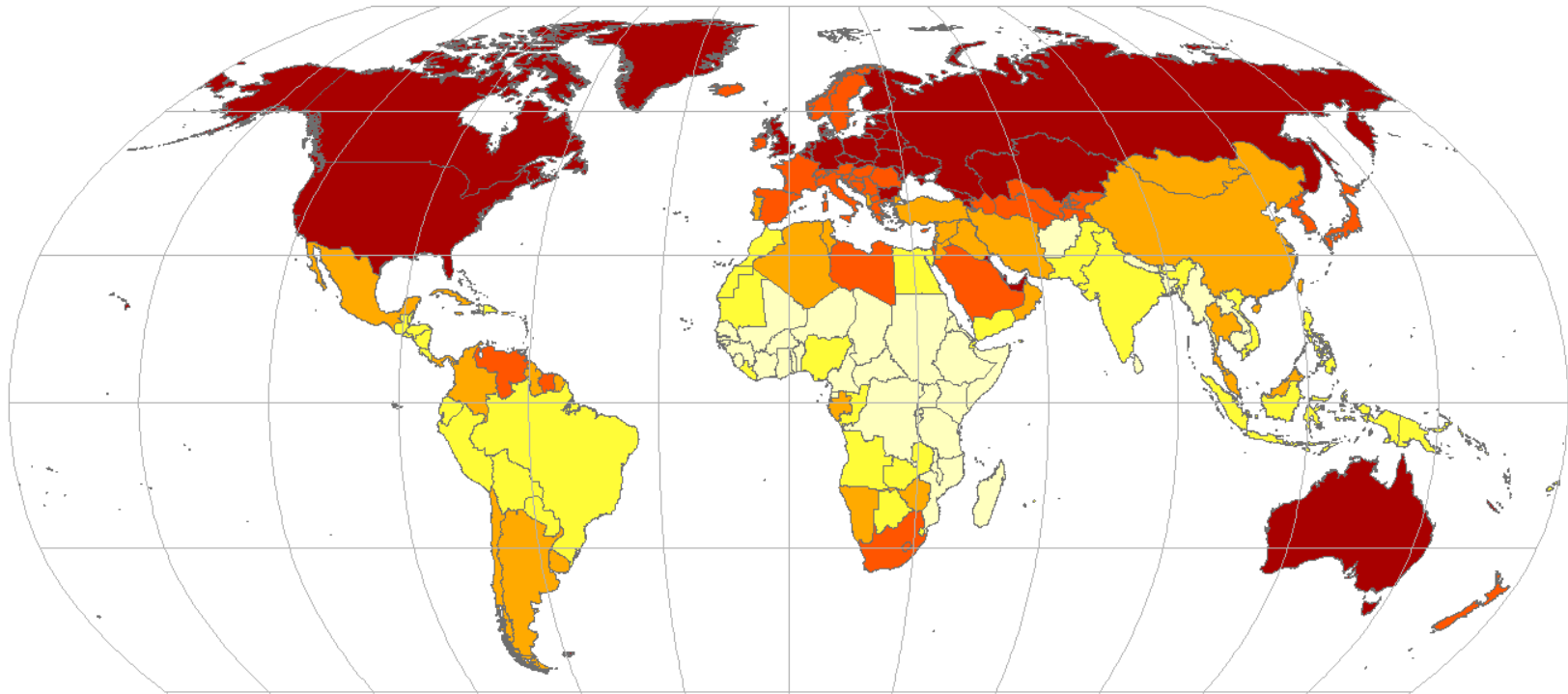


Kapitalbestand pro Person

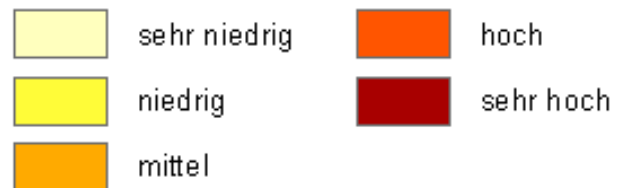


Füssel 2007

Weltkarte der Kohlenstoffschuld

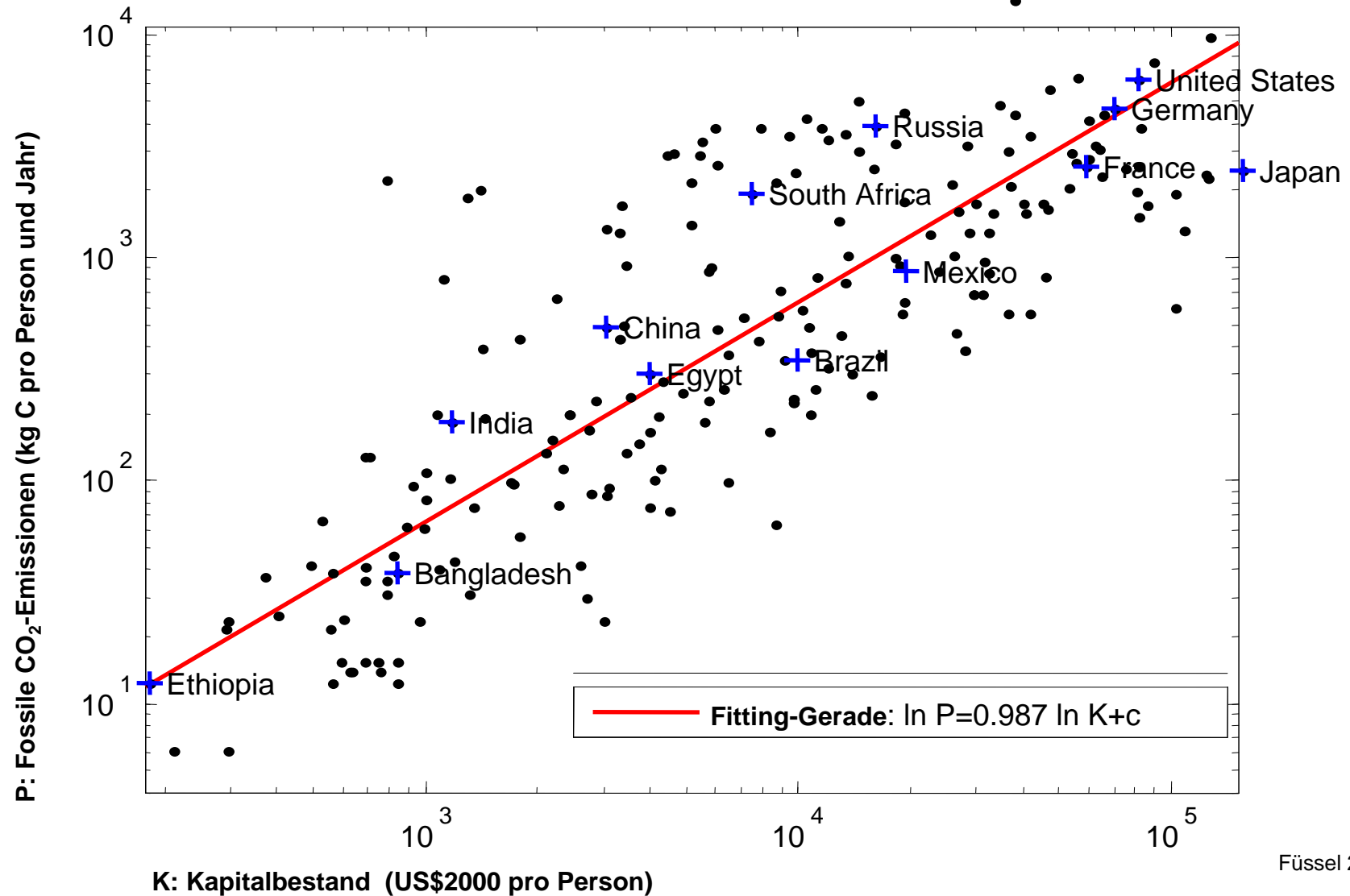


Fossile CO₂-Emissionen pro Person (1950-2003)



Füssel 2007

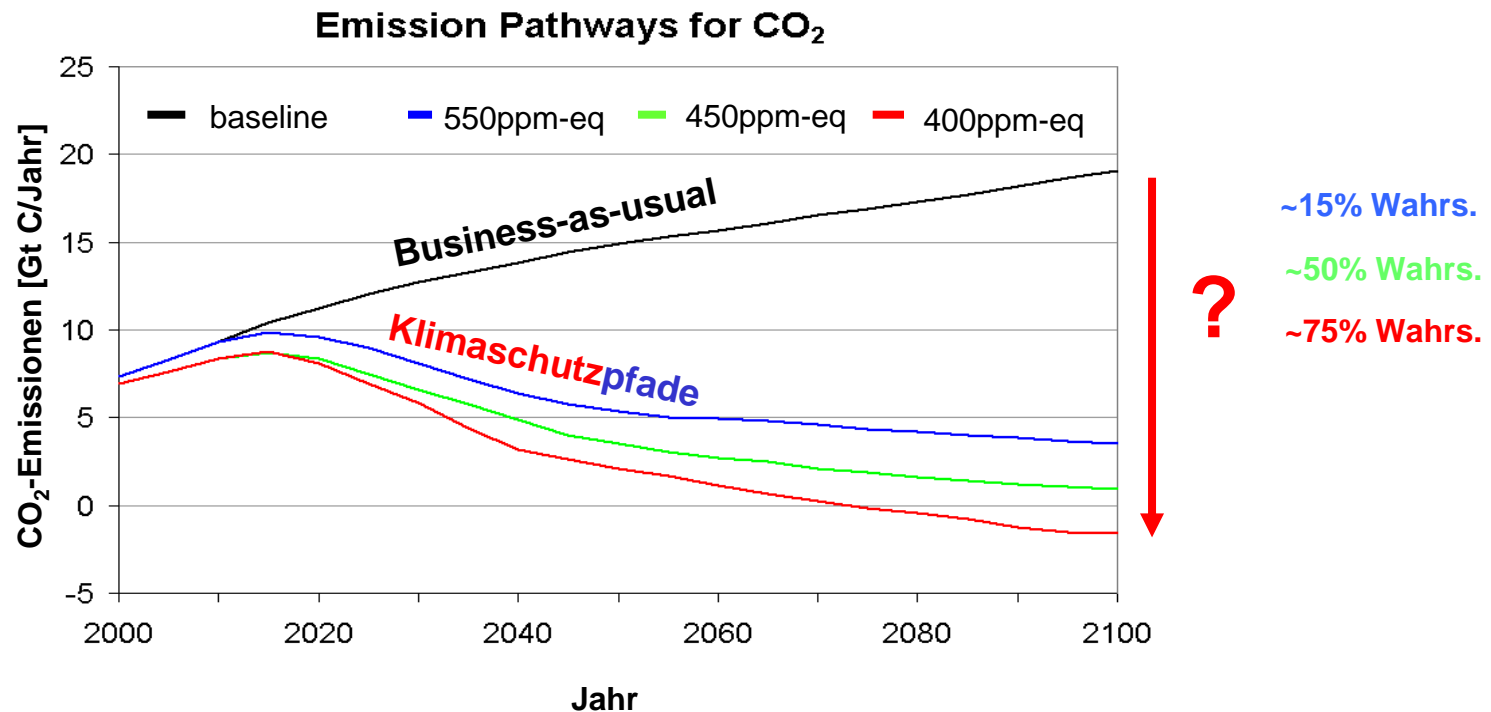
Kohlenstoffschuld und Vermögen



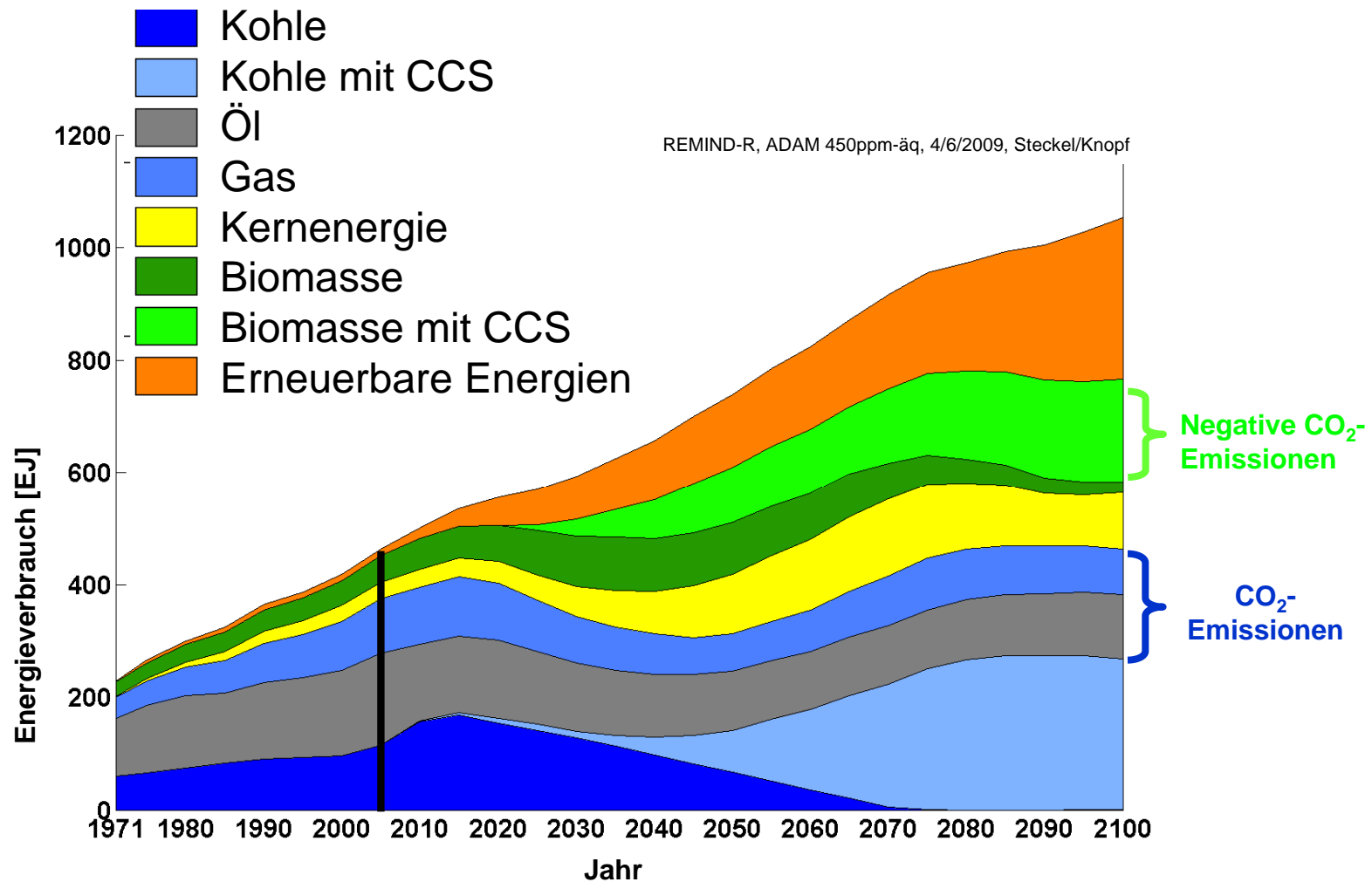
Füßel 2007

Die historische Herausforderung

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

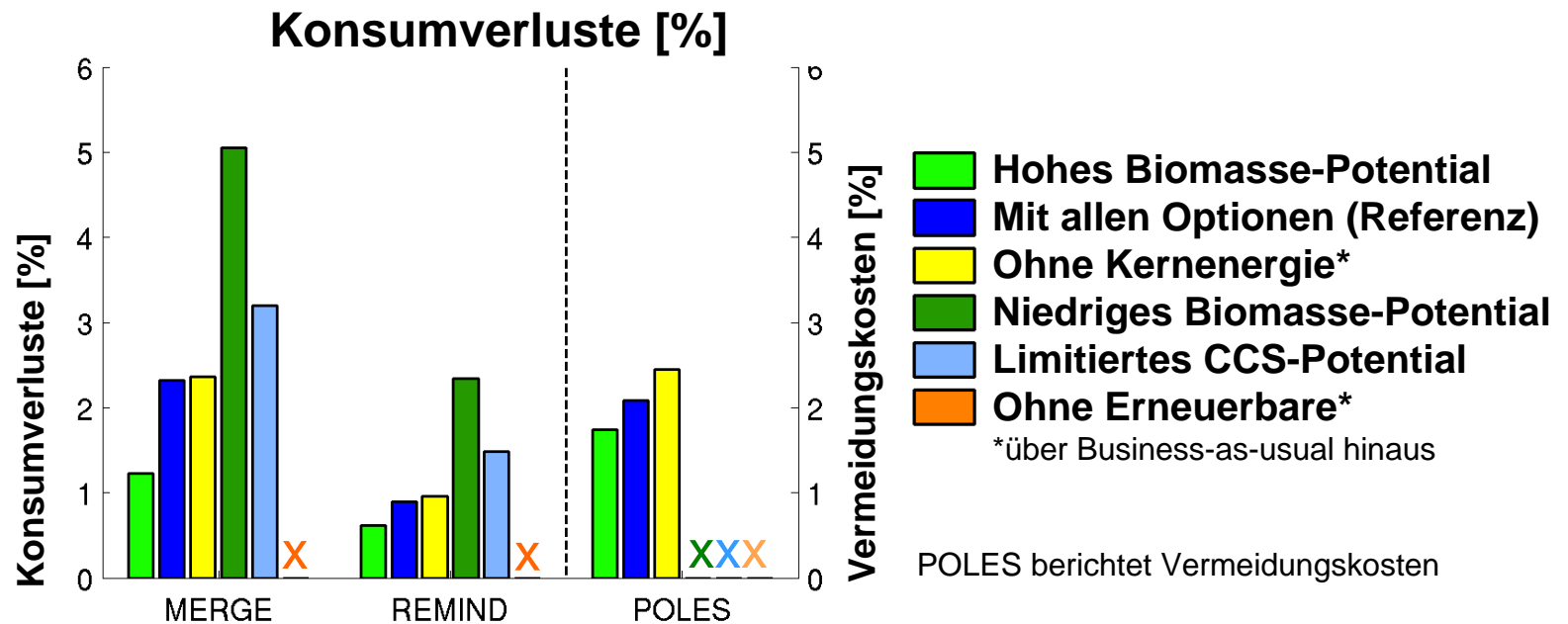


Die Große Transformation



Basierend auf IEA-Daten (1971-2005) und REMIND-Ergebnissen für 450ppm-äq (ADAM); Grafik von Jan Steckel (PIK)

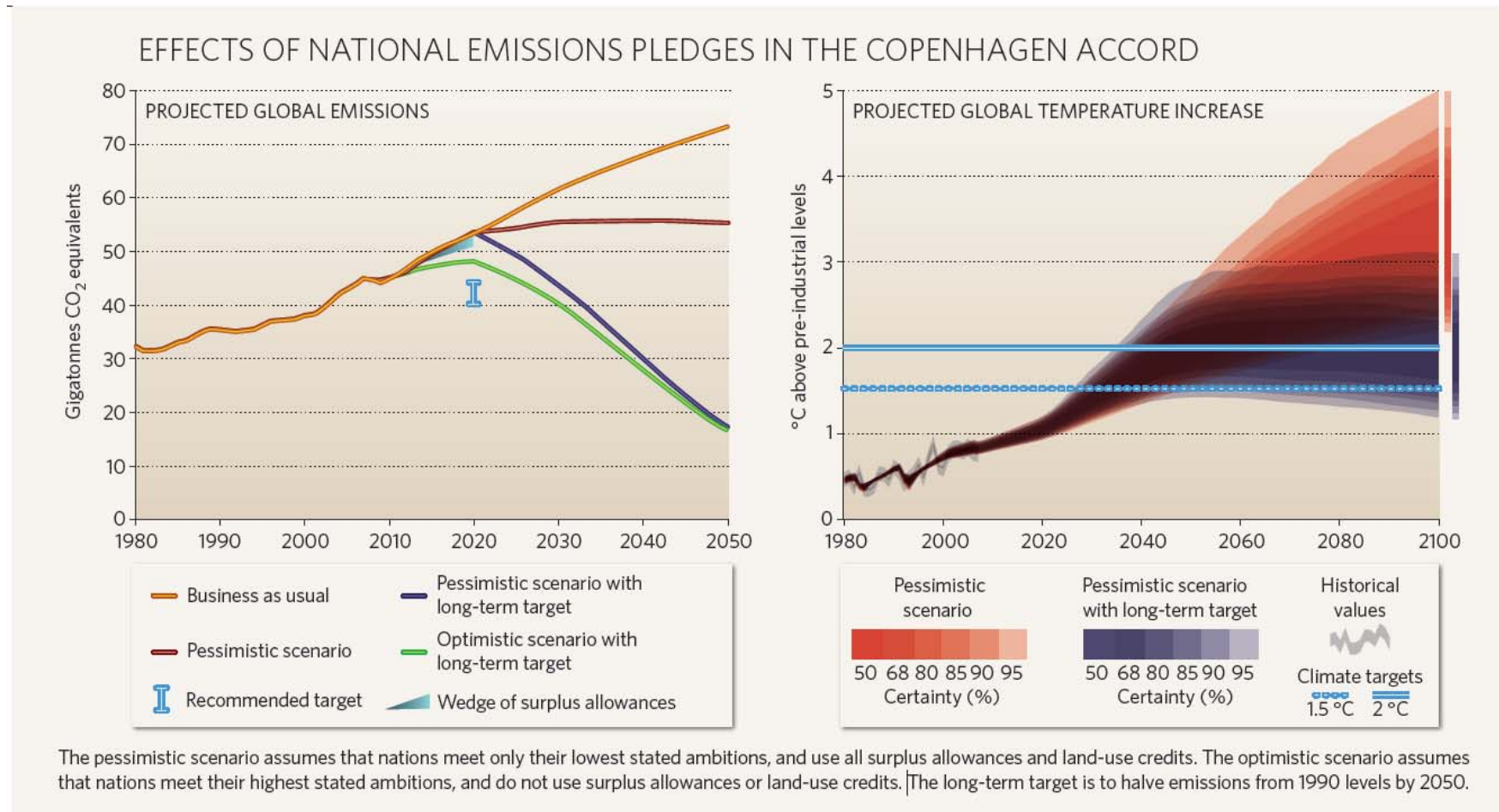
Bedeutung der Biomasse in Niedrig-Stabilisierungs-Szenarien



- 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

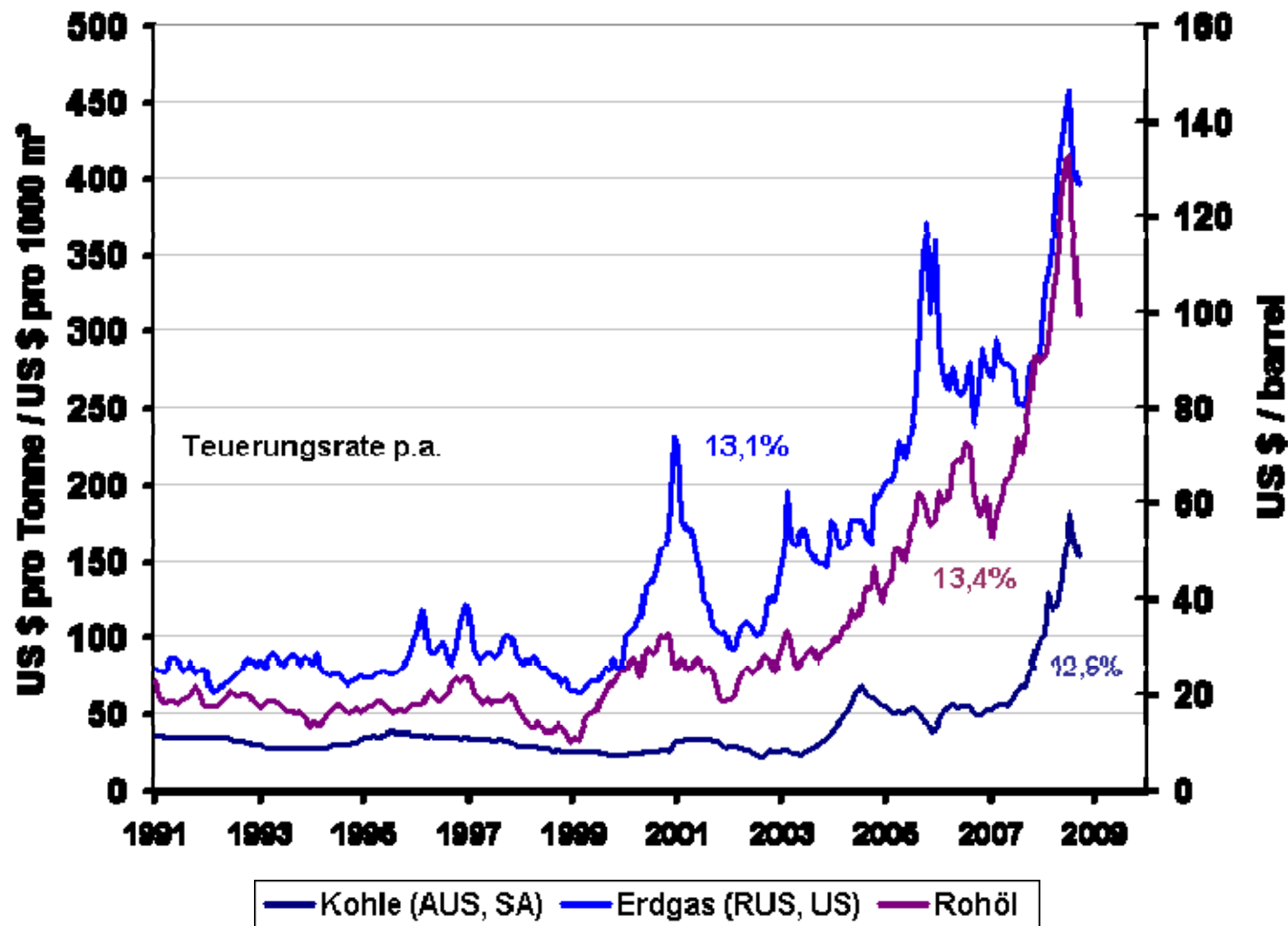
Knopf, Edenhofer et al. (2009)

Copenhagen Pledges – nicht genug für 2°C

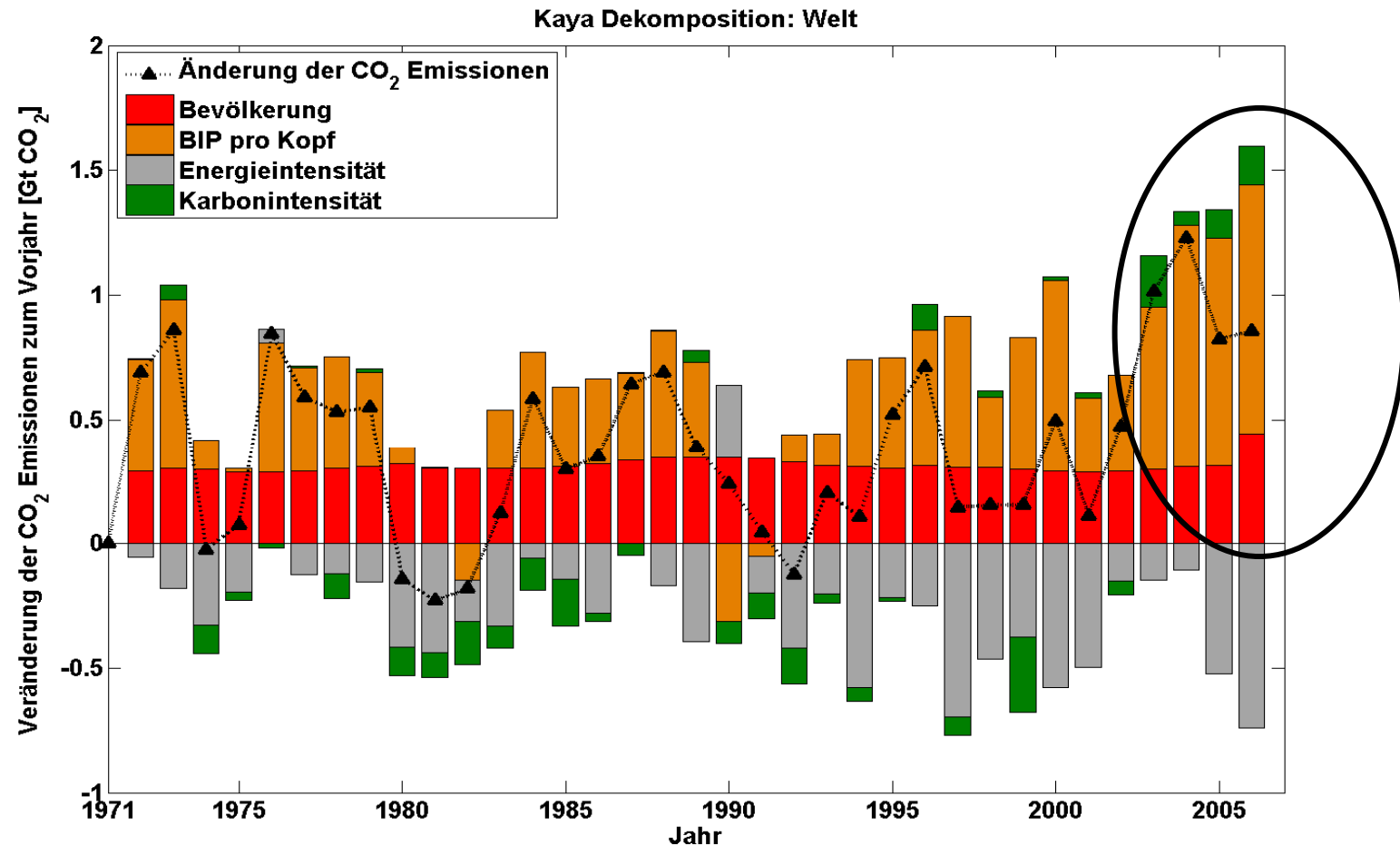


Rogelj, Meinshausen et al. 2010

Weltmarktpreise fossiler Energieträger 1991 - 2008



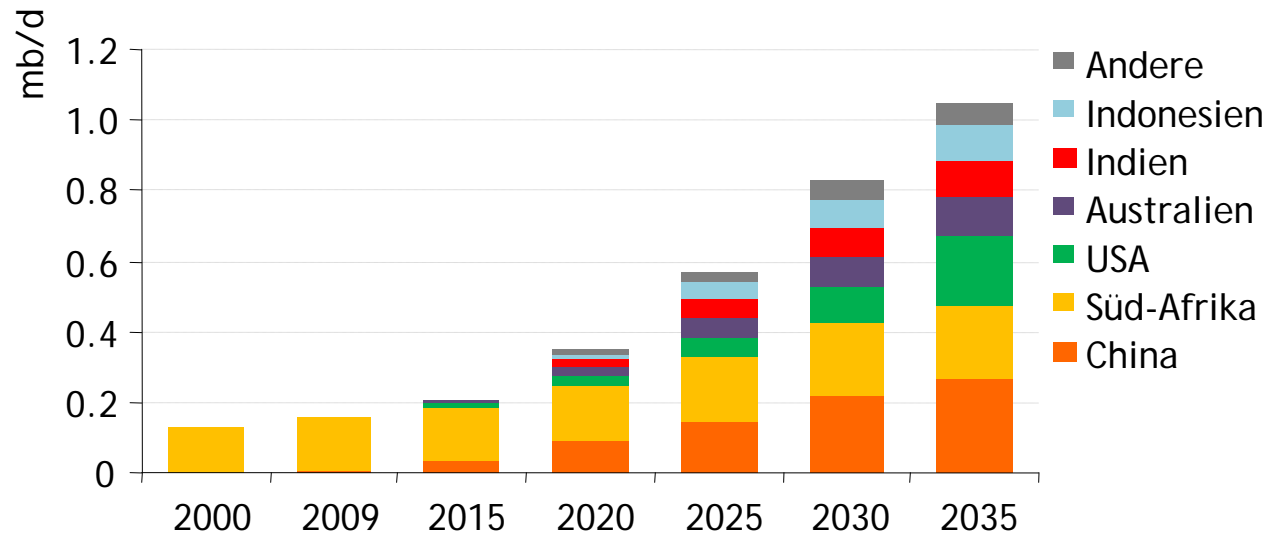
Die Renaissance der Kohle



Daten: IEA, Berechnung Jan Steckel (PIK)

Die Rolle unkonventionellen Öls erweitert sich vermutlich zusehends

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

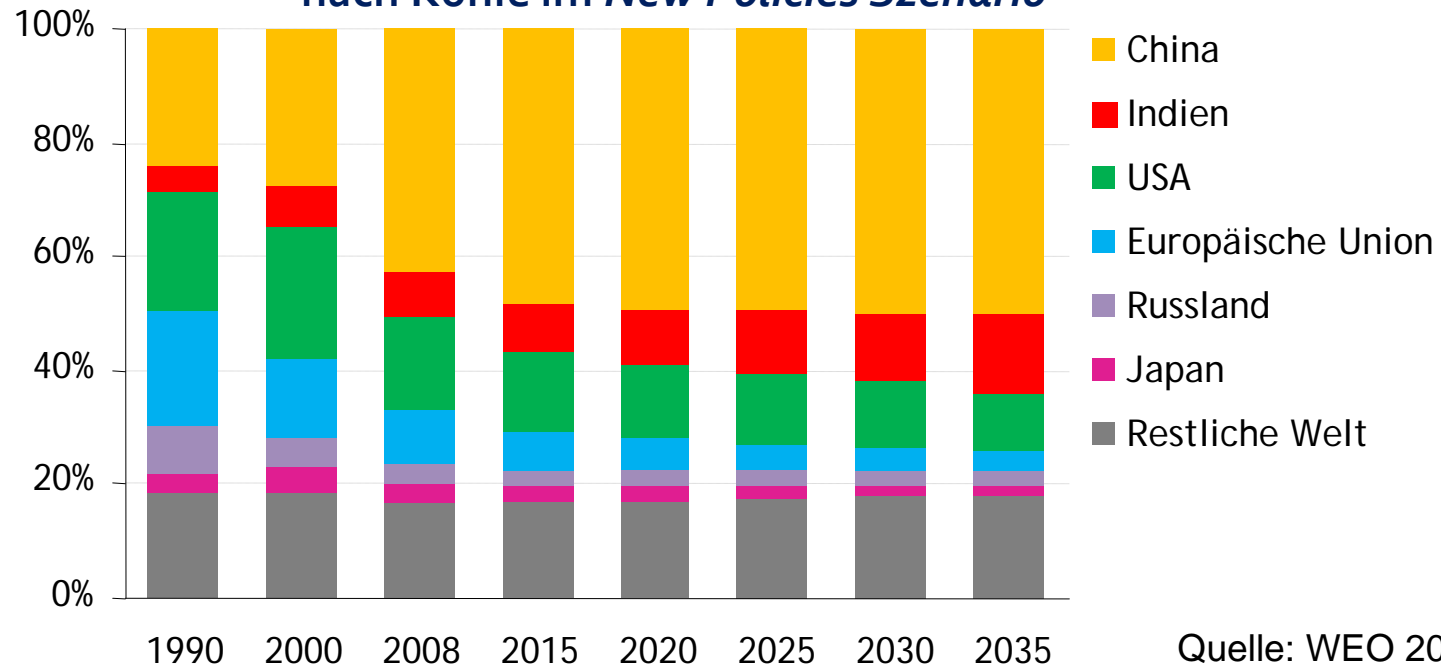


CTL wird bis 2035 zur drittgrößten Quelle für unkonventionelles Öl bei allen neuen Projekten, inkl. CCS & in einigen Fällen CBTL, zur Begrenzung der CO₂-Emissionen

Quelle: WEO 2010

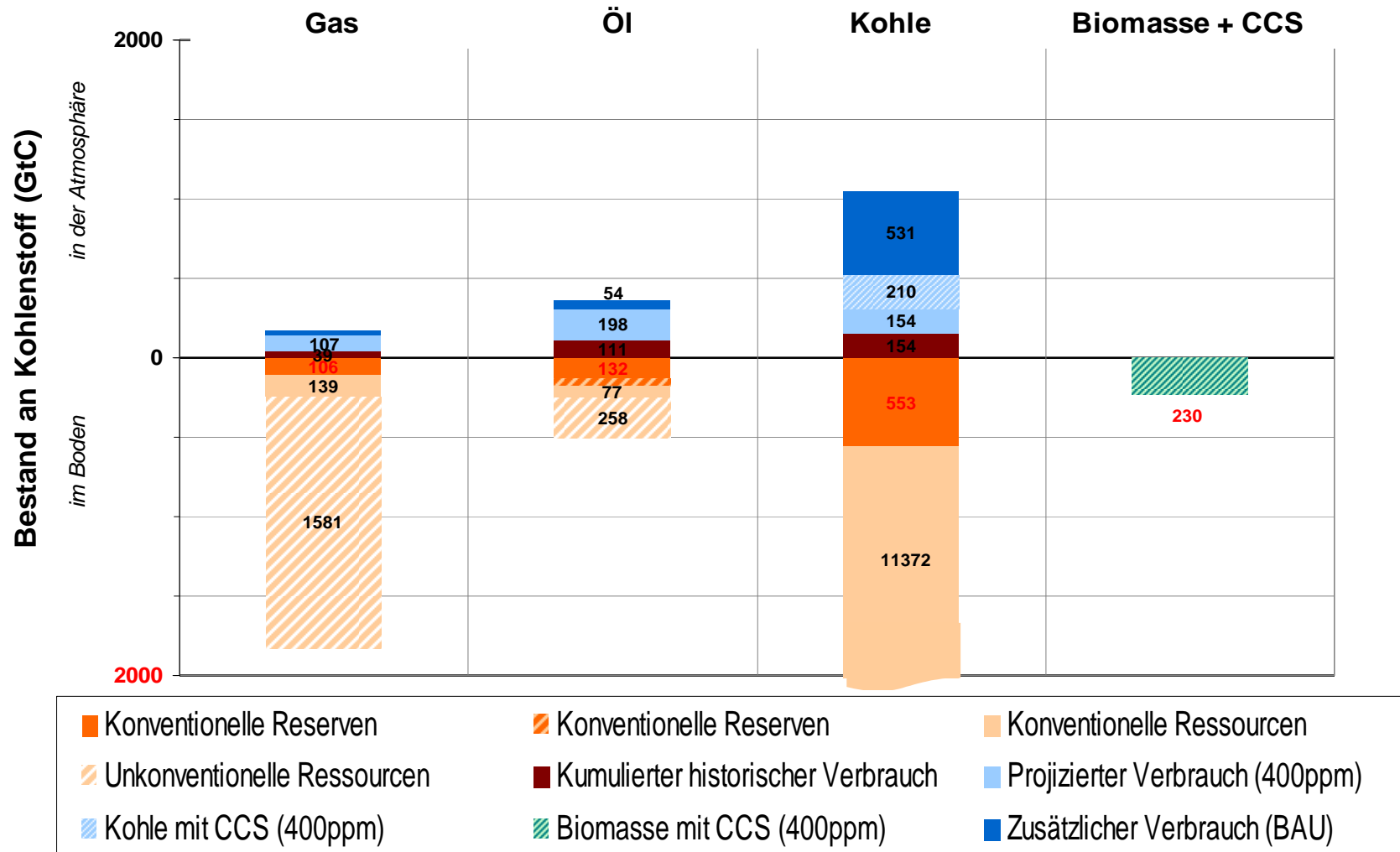
China und andere asiatische Volkswirtschaften haben entscheidenden Einfluss auf die Zukunft der Kohle

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



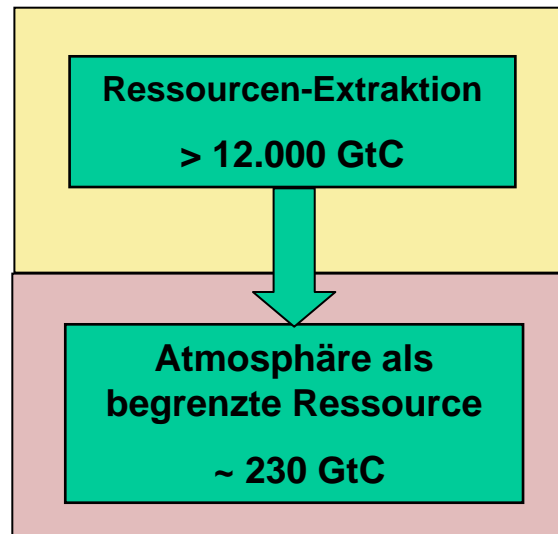
Chinas Anteil beim Wachstum der globalen Nachfrage nach Kohle beläuft sich auf mehr als drei Viertel zwischen 2000-2008, und bis 2035 im *New Policies Szenario*, Chinas Anteil an der globalen Nachfrage nach Kohle beläuft sich auf 50%

Begrenzte Deponie – Unbegrenzte Ressourcen





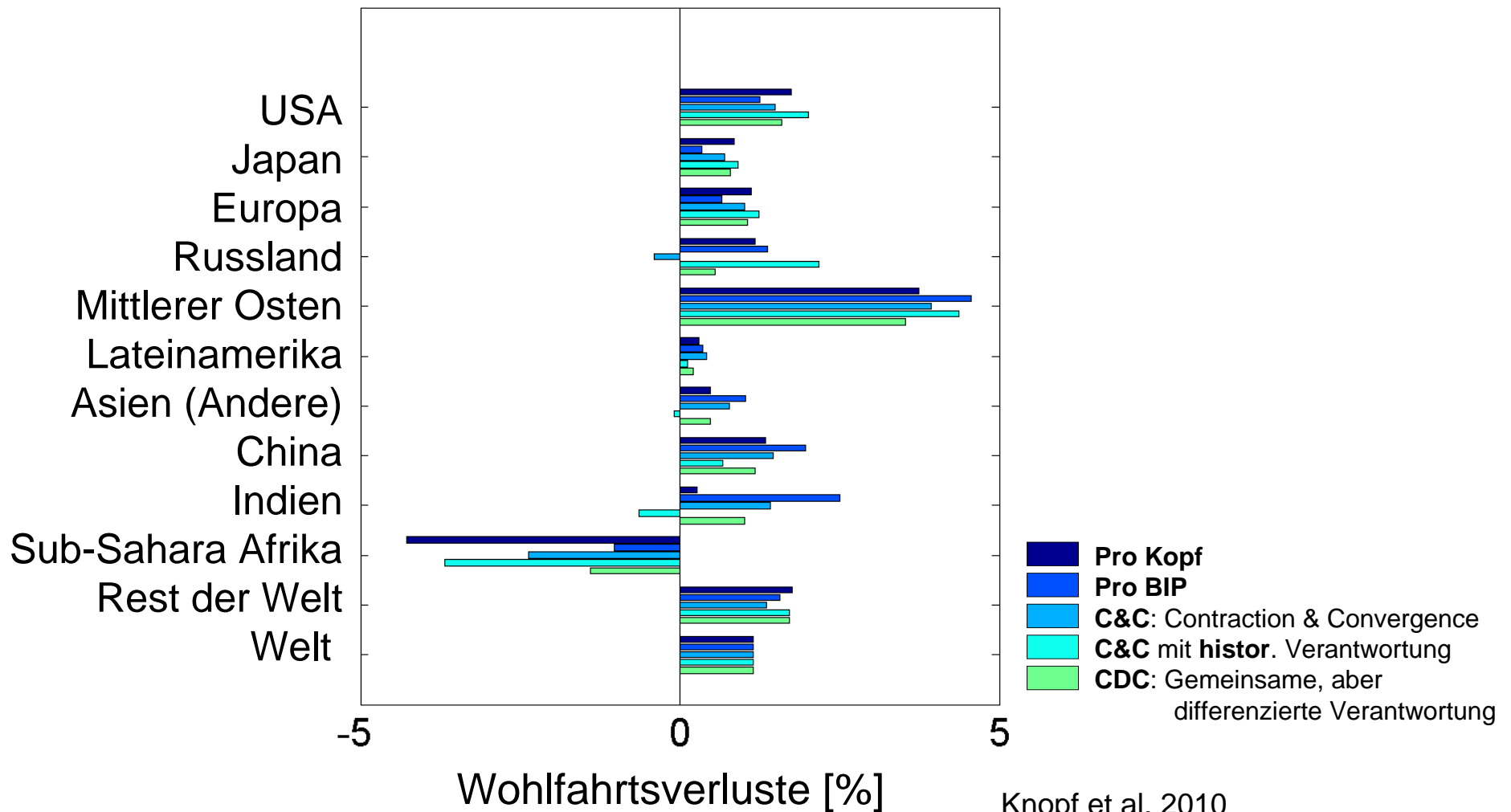
Atmosphäre als globales Gemeingut



Wie bestimmt man einen Knappheitspreis?

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

Verteilungen von Emissionsrechten



Das Paradoxon internationaler Umweltabkommen

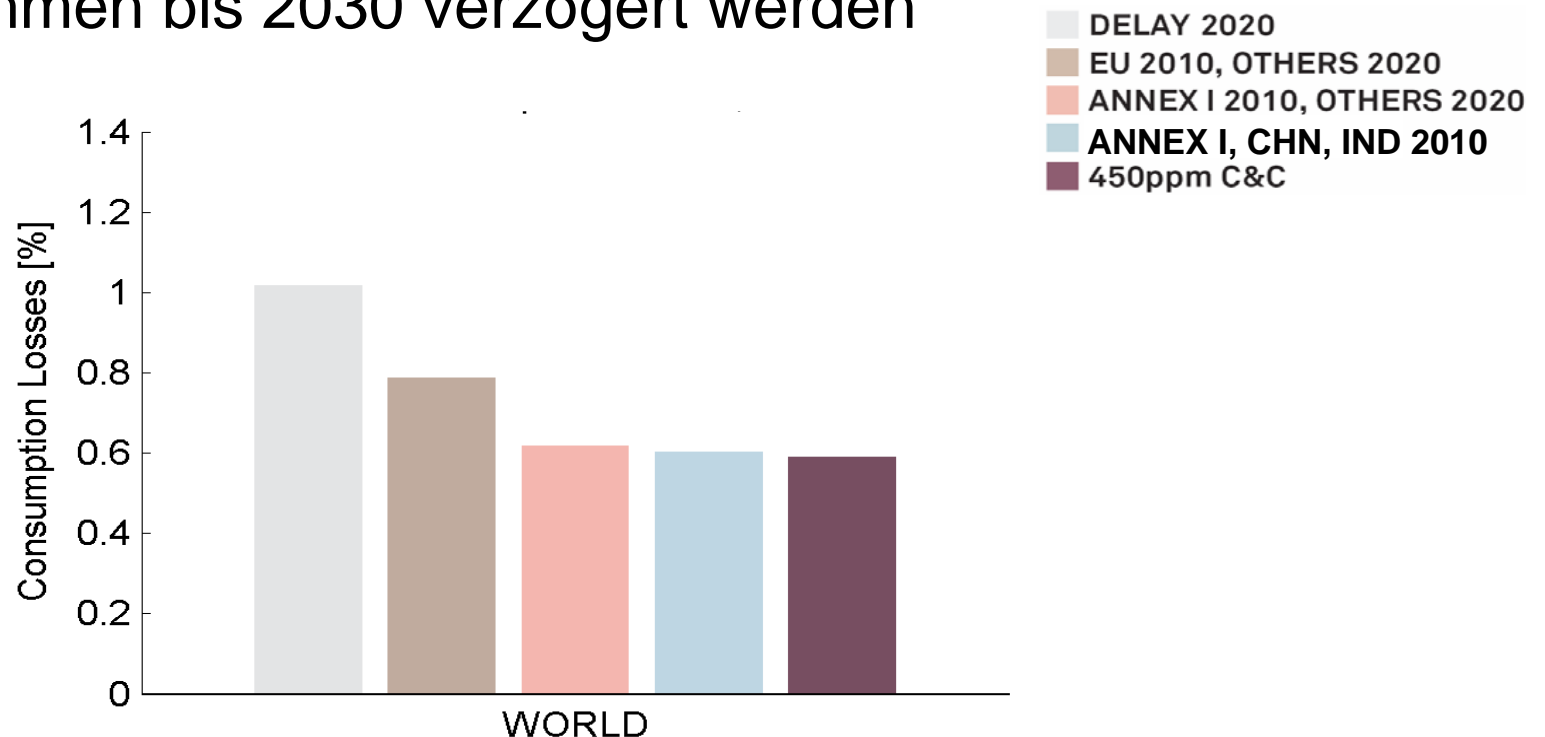
- Viele Vorschläge zur globalen Klimapolitik setzen voraus, was zu zeigen ist: eine umfassende internationale Zusammenarbeit.
- Die Wirklichkeit: Fehlen eines „Grünen Leviathans“, statt dessen: Freiwillige Internationale Umweltabkommen (IEA)
- Beteiligung gering, immer wenn IEA (Barrett 1994) tatsächlich 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 CO₂ 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 Gefangenendilemma gegenüber

Spieler 2

Vermeiden Verschmutzen

Spieler 1	Vermeiden	<div style="border: 2px solid orange; padding: 5px; display: inline-block;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 3 3 </div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">6</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 3 5 </div> </div>
	Verschmutzen	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> -2 0 </div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">0</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 5 0 </div>

Verschmutzen

Zusatznutzen – Ein *Vertrauensspiel*?

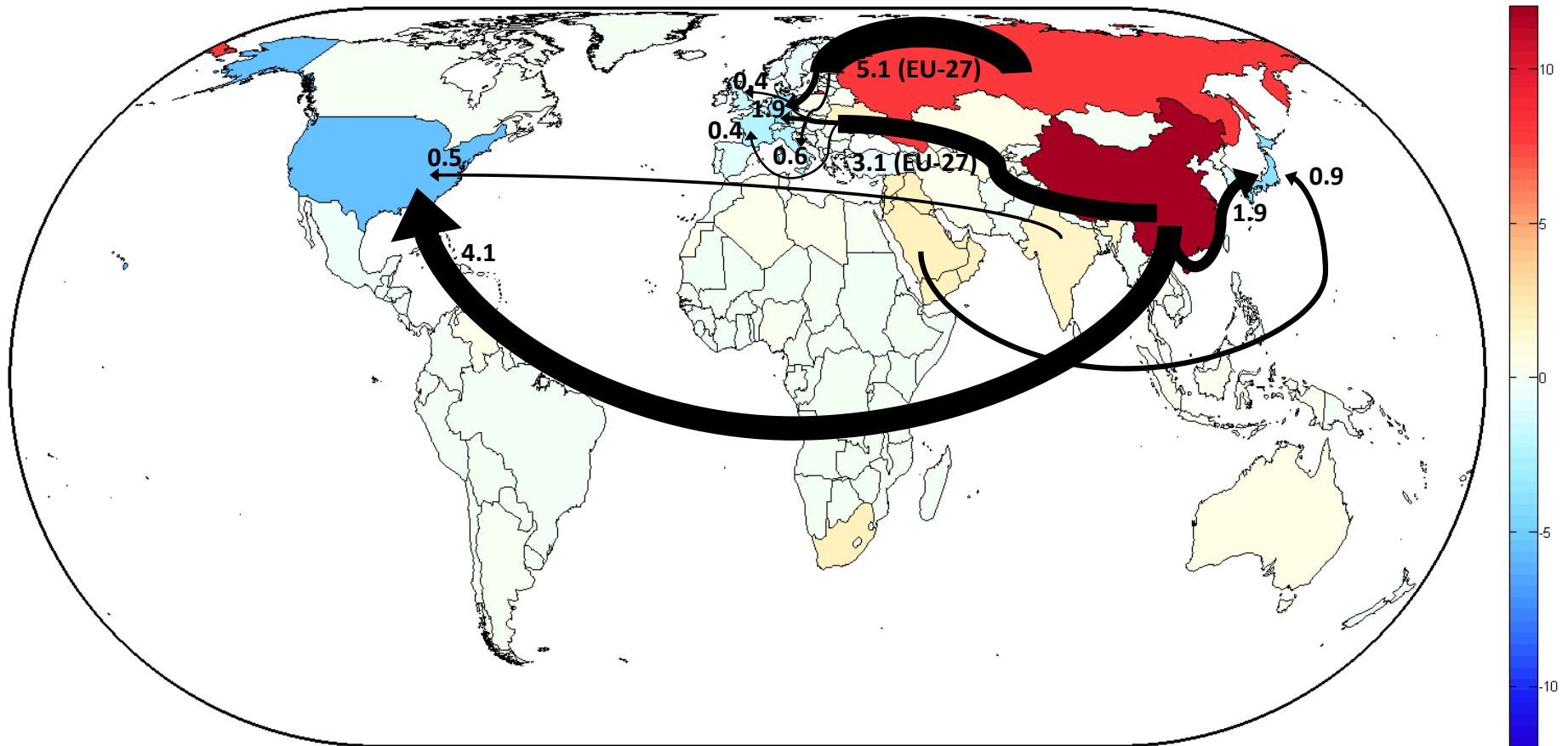
		Spieler 2	
		Vermeiden	Verschmutzen
Spieler 1	Vermeiden	9 ← 8 9 → 8	5 ← 2 5 → 2
	Verschmutzen	8 → 9 2 → 5	2 → 5 2 → 5

- 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 CO₂-Zölle wirken!

CO₂-Handelsbilanzen 1990-2008 der verschiedenen Weltregionen



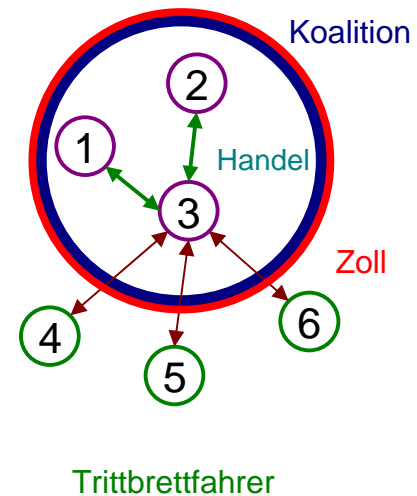
Blautöne: CO₂-Exportdefizit, Rottöne: CO₂-Exportüberschuss

Die Pfeile beschreiben die größten CO₂-Handelsströme zwischen den Weltregionen

Peters, Minx, Weber und Edenhofer (2009)

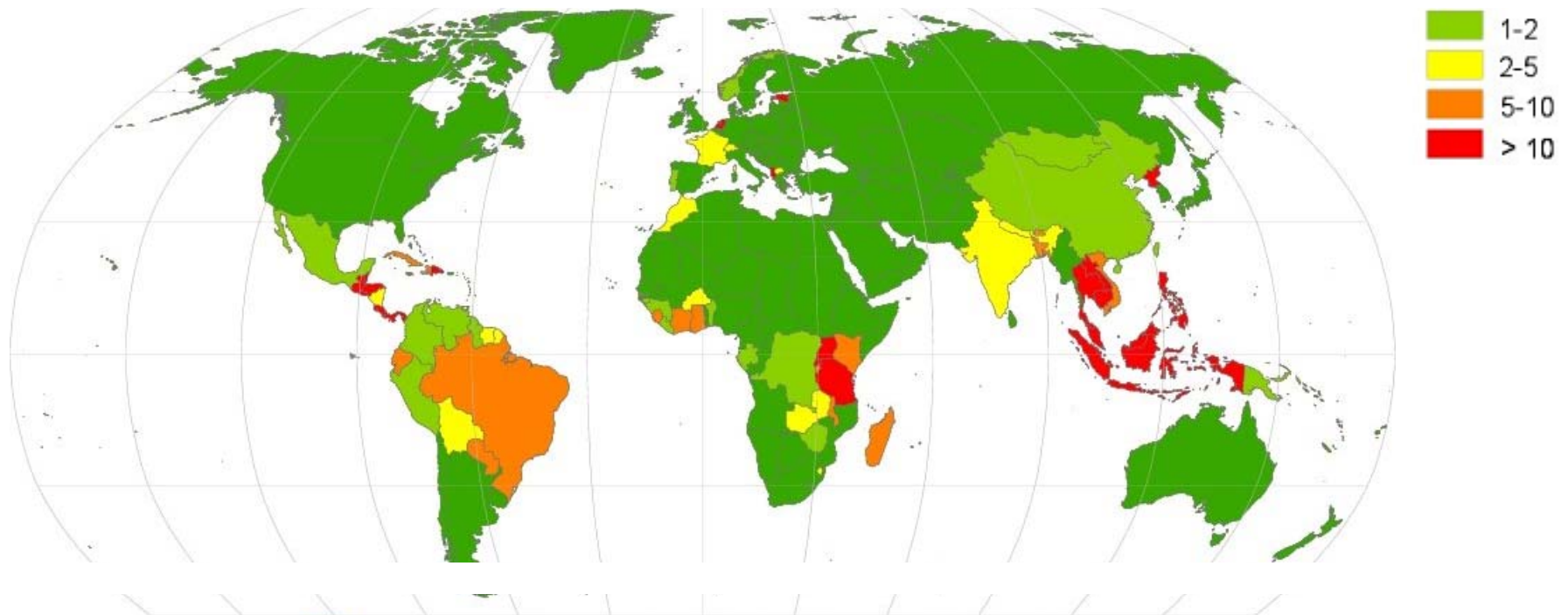
Bestrafung: Importzölle

- 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 Dilemmaspiel in ein Vertrauensspiel verwandelt hat
- Nähere Informationen unter
 - Lessmann et al. (2009), Economic Modelling



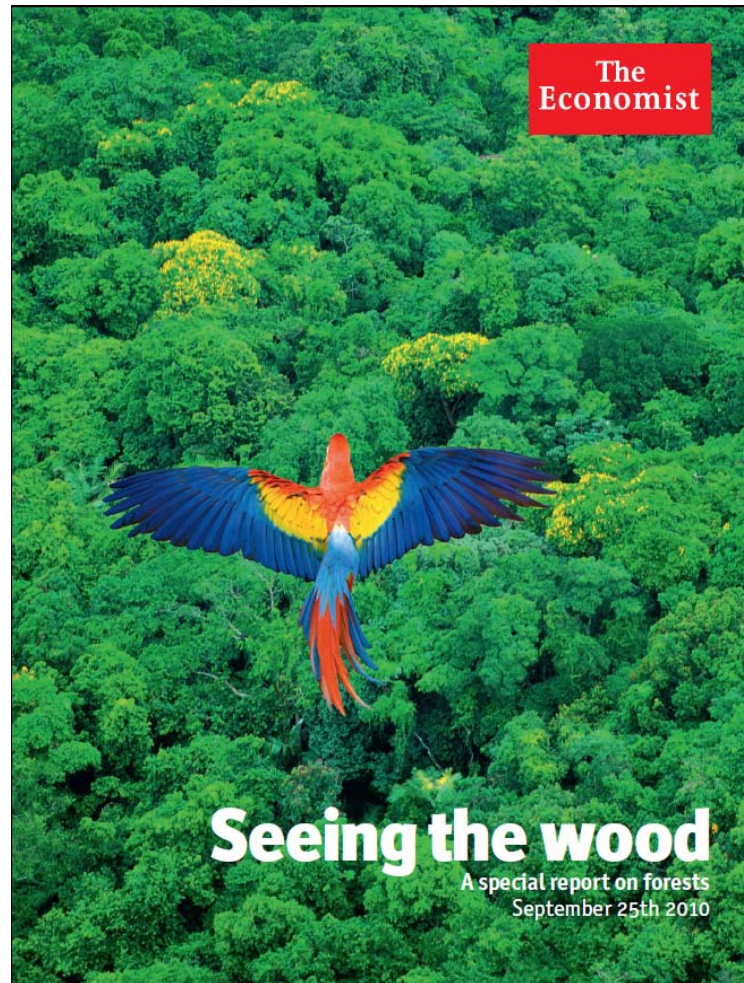
Globale Entwaldung

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

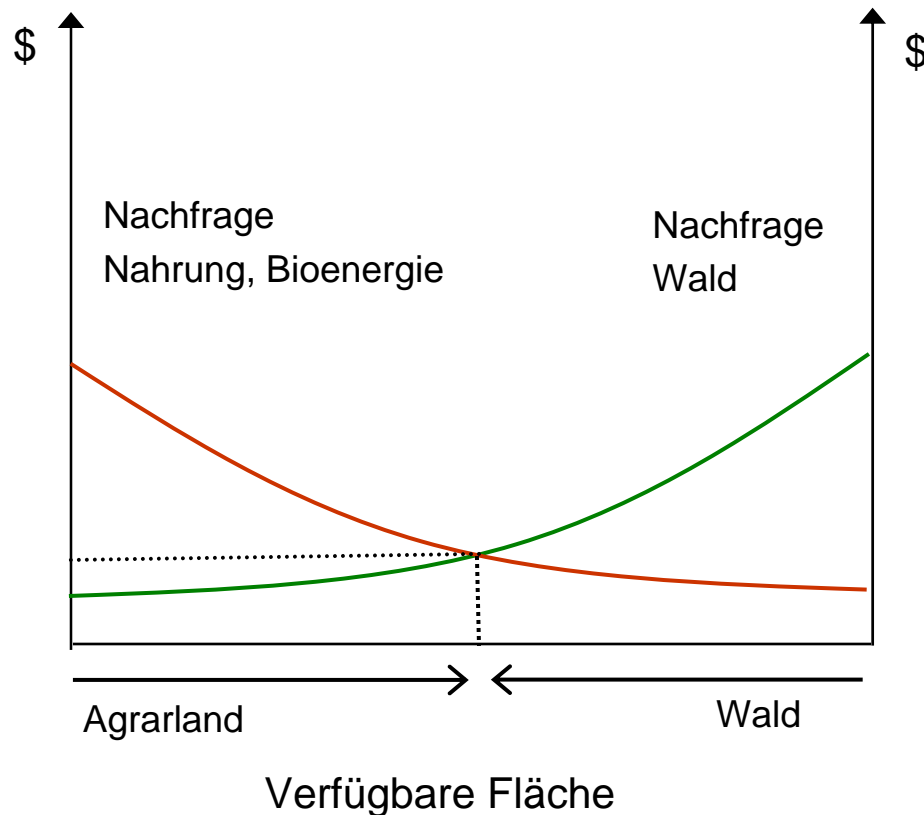


Vohland et al. 2008

Cancún - Besser REDD als „dead“?

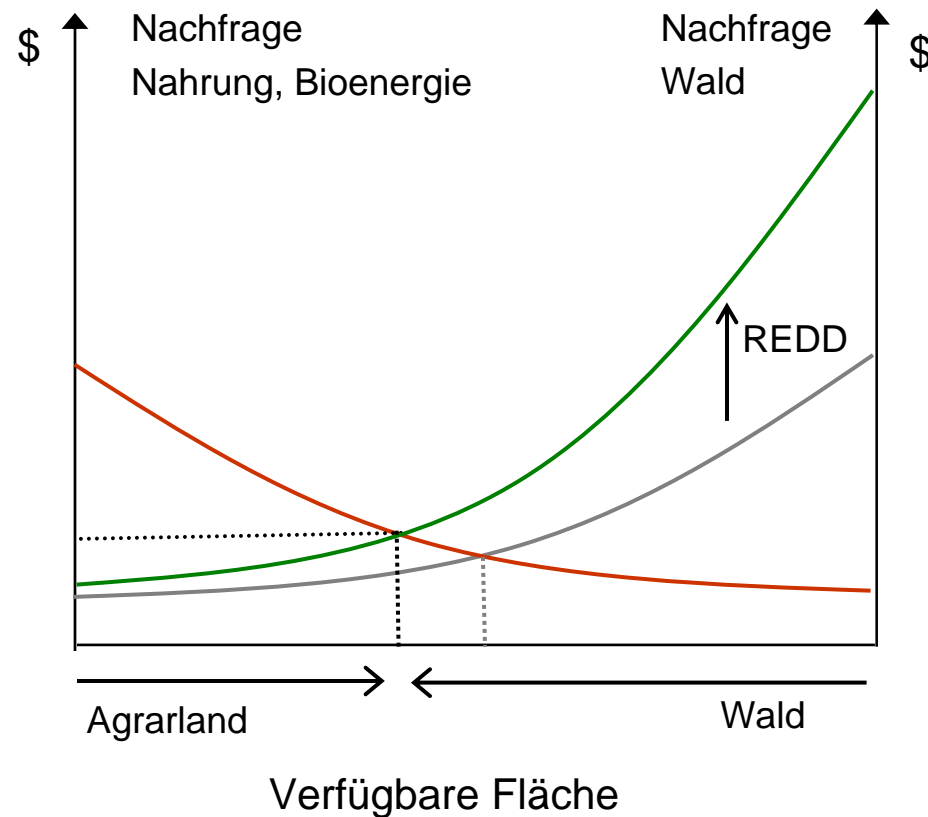


Agrarwirtschaft versus Waldschutz



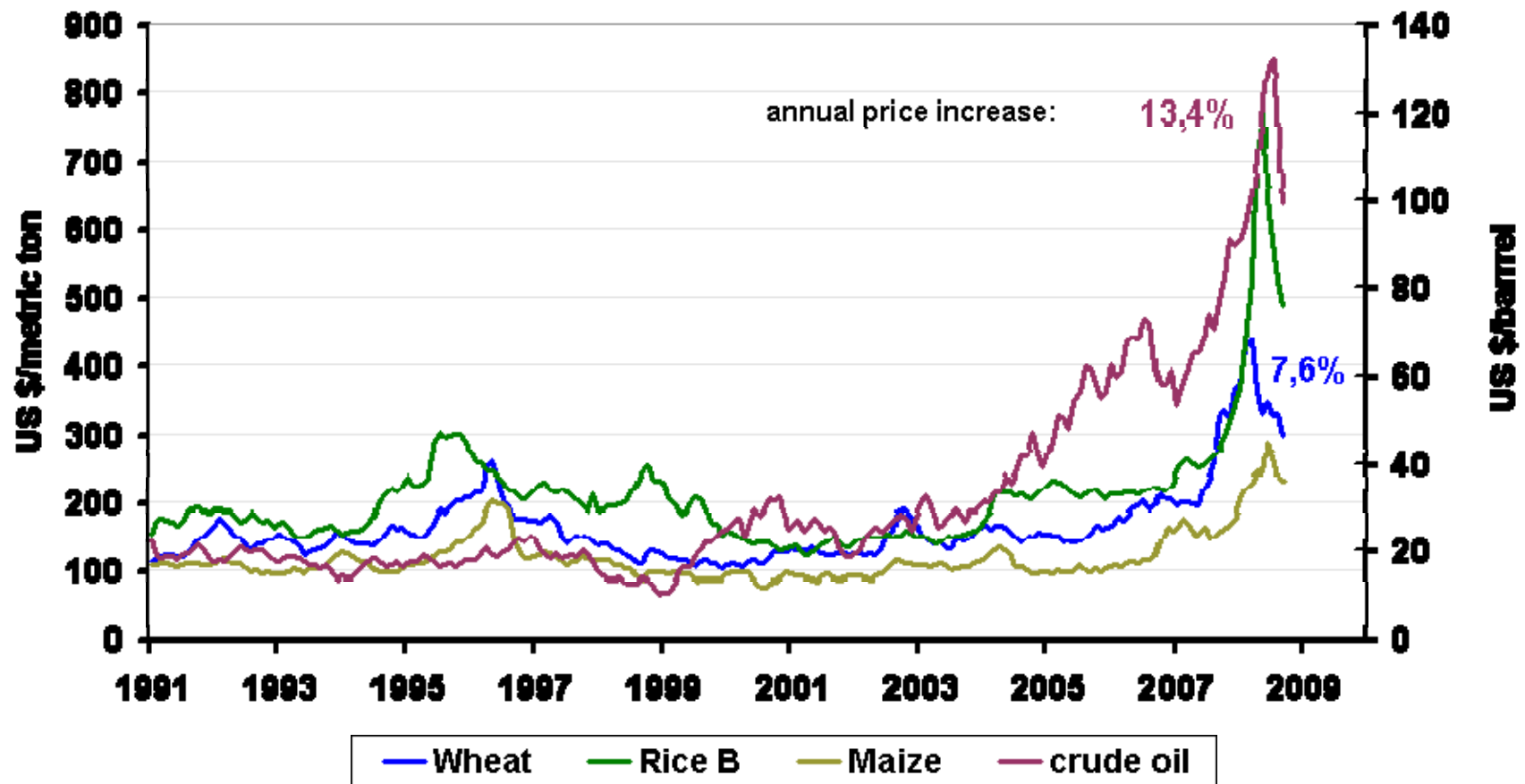
- Landwirtschaft und Waldschutz konkurrieren um knappe Böden
- Optimale Aufteilung der verfügbaren Flächen

Agrarwirtschaft versus Waldschutz



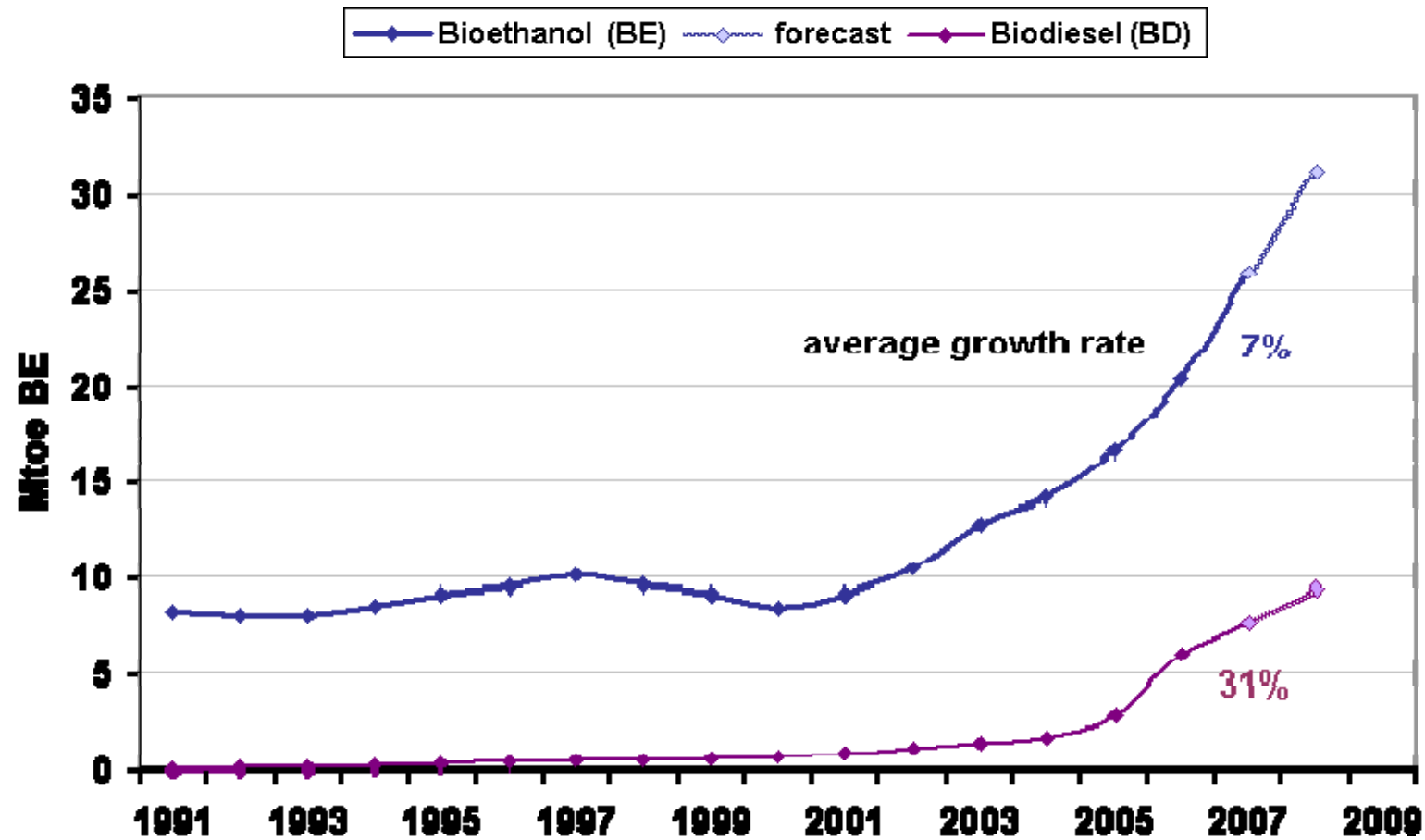
- REDD schützt zusätzliche Waldflächen

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



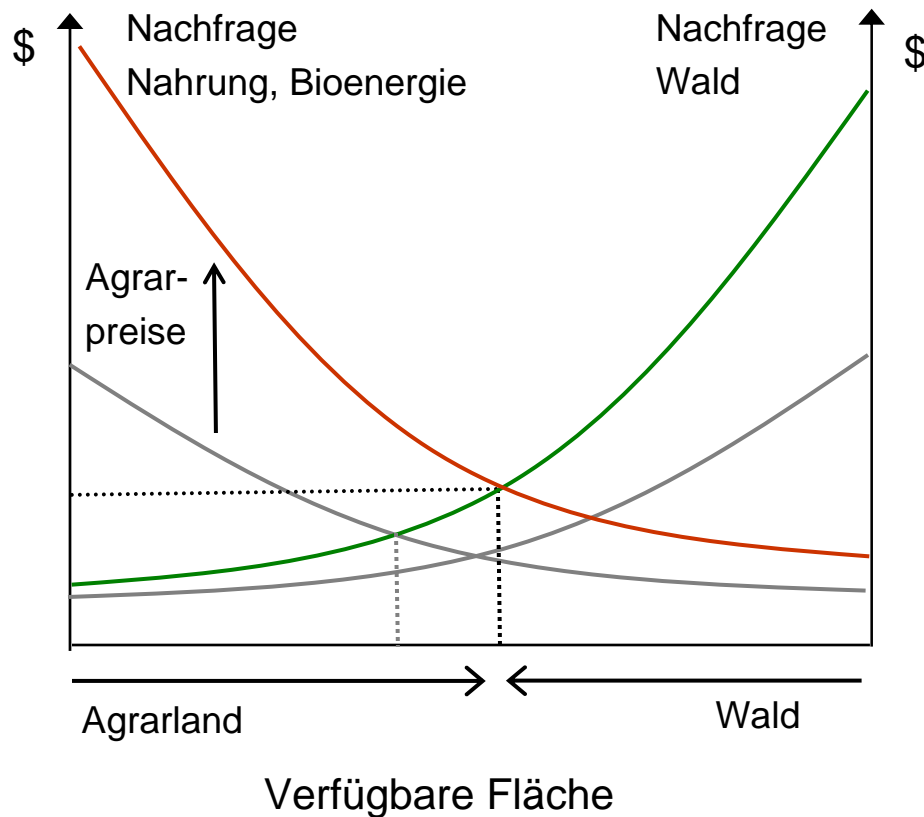
Quelle: IMF; FAO International Commodity Prices

Annual World Biofuel Production 1991 - 2008



Source: BP Statistical Energy Review; WRI

Agrarwirtschaft versus Waldschutz



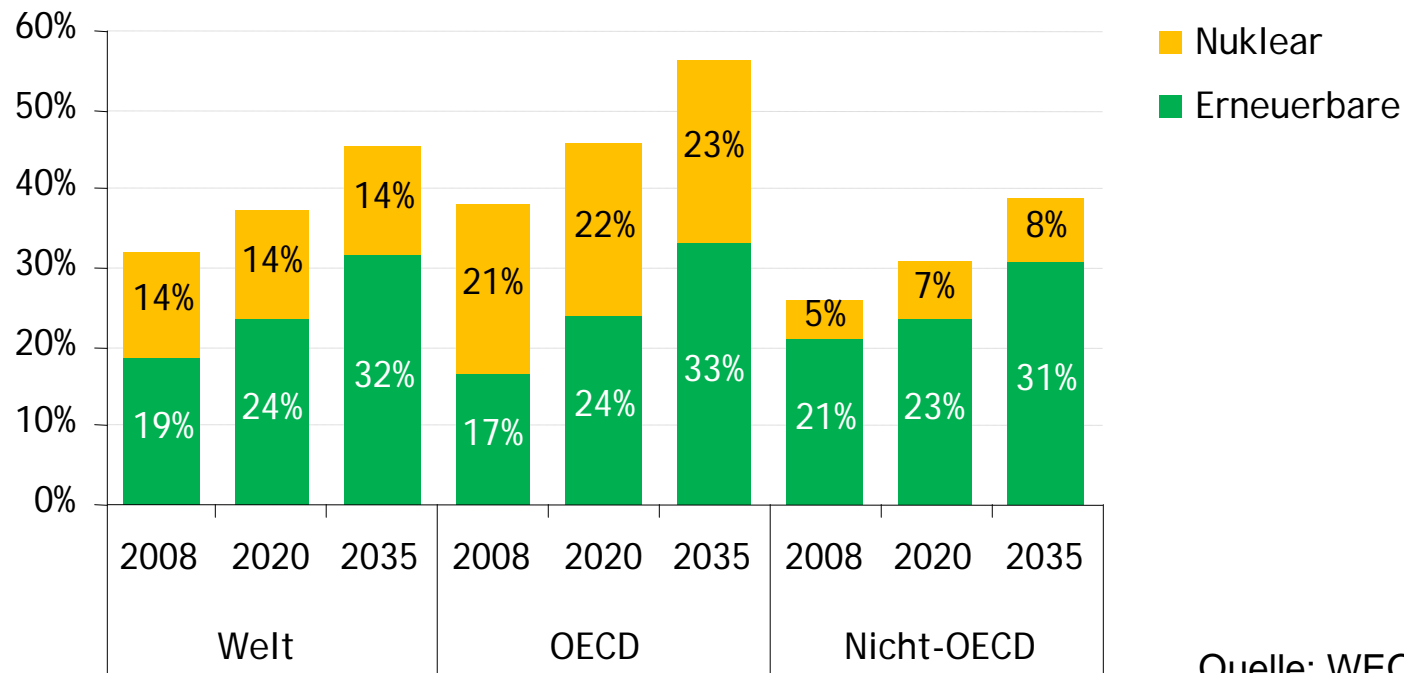
- Steigende Agrarpreise (Ölpreis, Bioenergie, Nahrungsmittel) konterkarieren den Effekt von REDD
- Höhere Preise für Waldschutz!

Vermutete Wirkungen

- Kosten des Waldschutzes werden unterschätzt!
- Die vorgeschlagenen Fondslösungen müssten den Preis auf einem hohen Niveau stabilisieren, um die Wirkungen der Ölpreissteigerungen 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

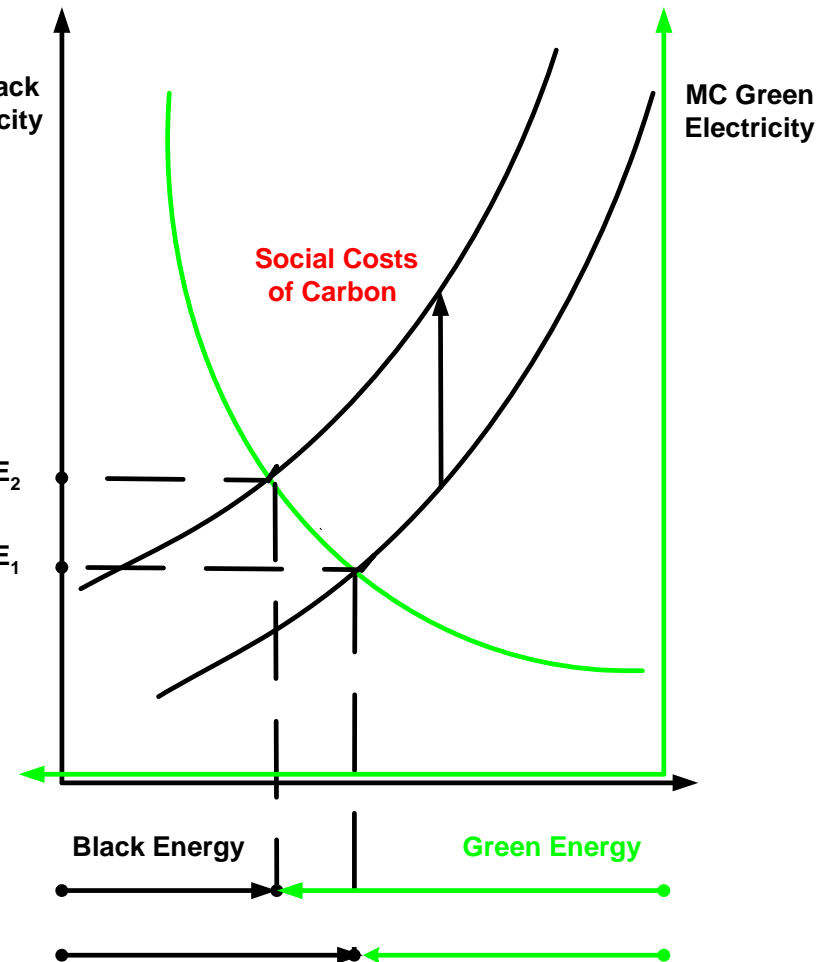
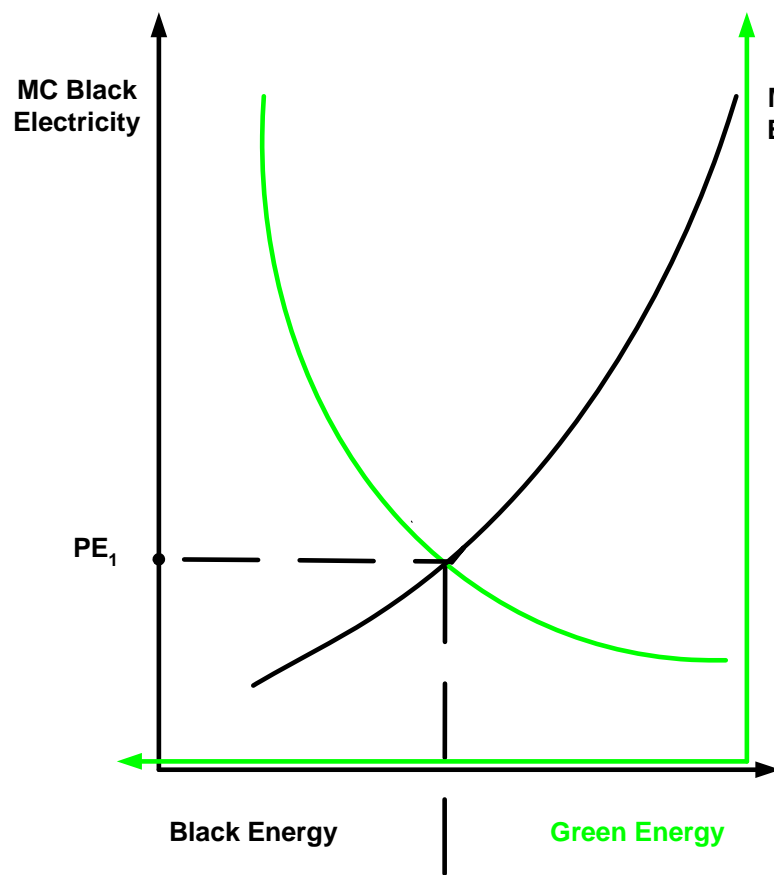
Anteil an nuklearer und erneuerbarer Energie bei der gesamten Stromerzeugung
nach Region im *New Policies Szenario*



Quelle: WEO 2010

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

Der CO₂-Preis alleine macht's!

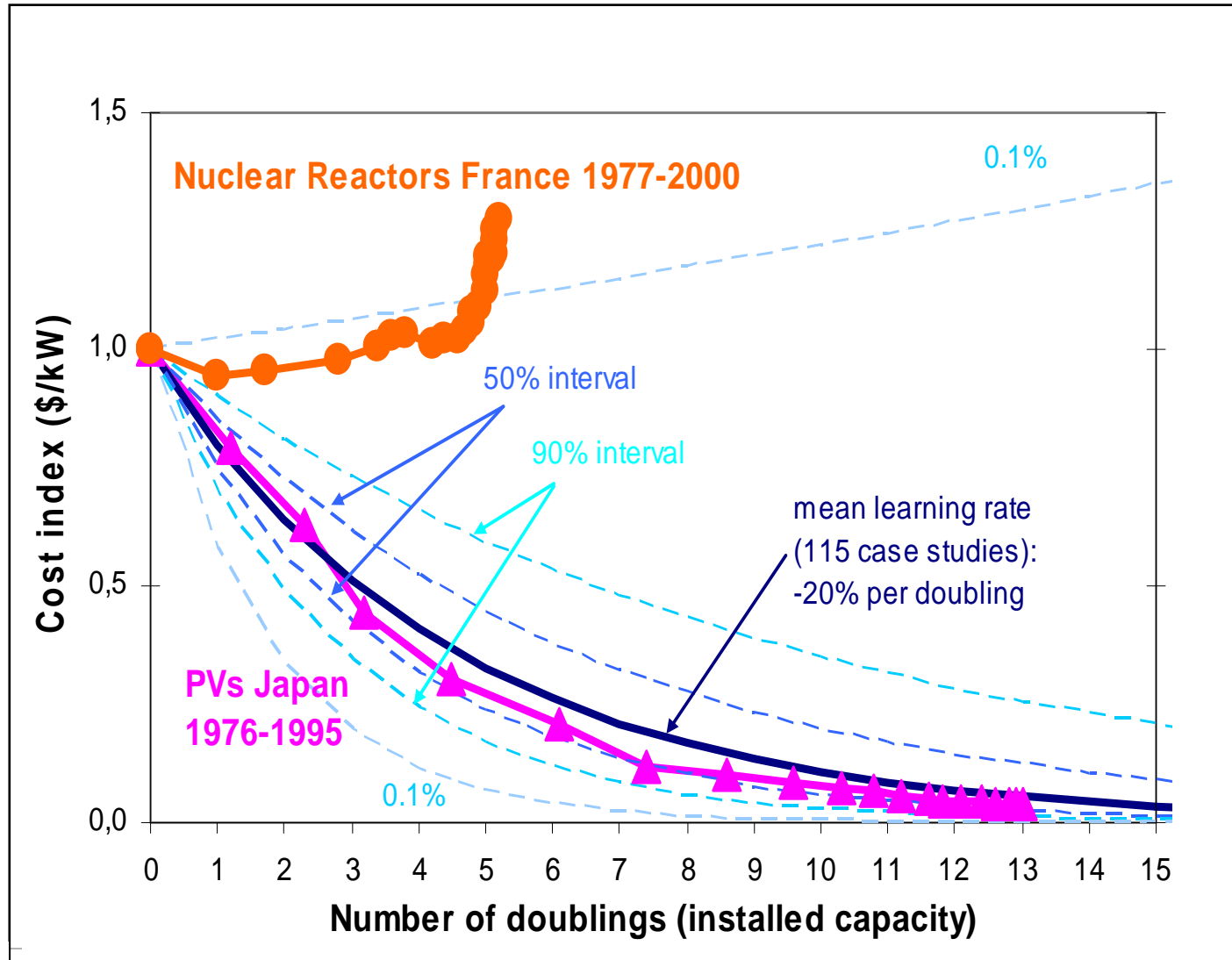


Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

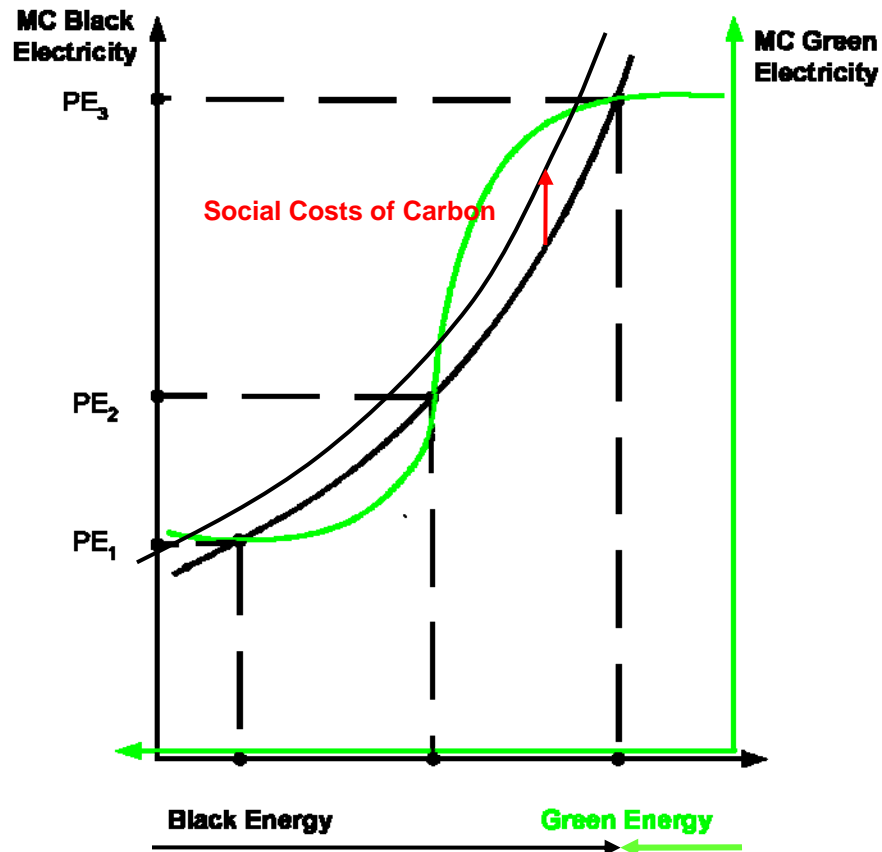
Quelle: O. Edenhofer et al., Potsdam Institute for Climate Impact Research, Research Domain „Sustainable Solutions“, 2007



Lernraten und Marktwachstum



Internalisierung sozialer Kosten nicht ausreichend!

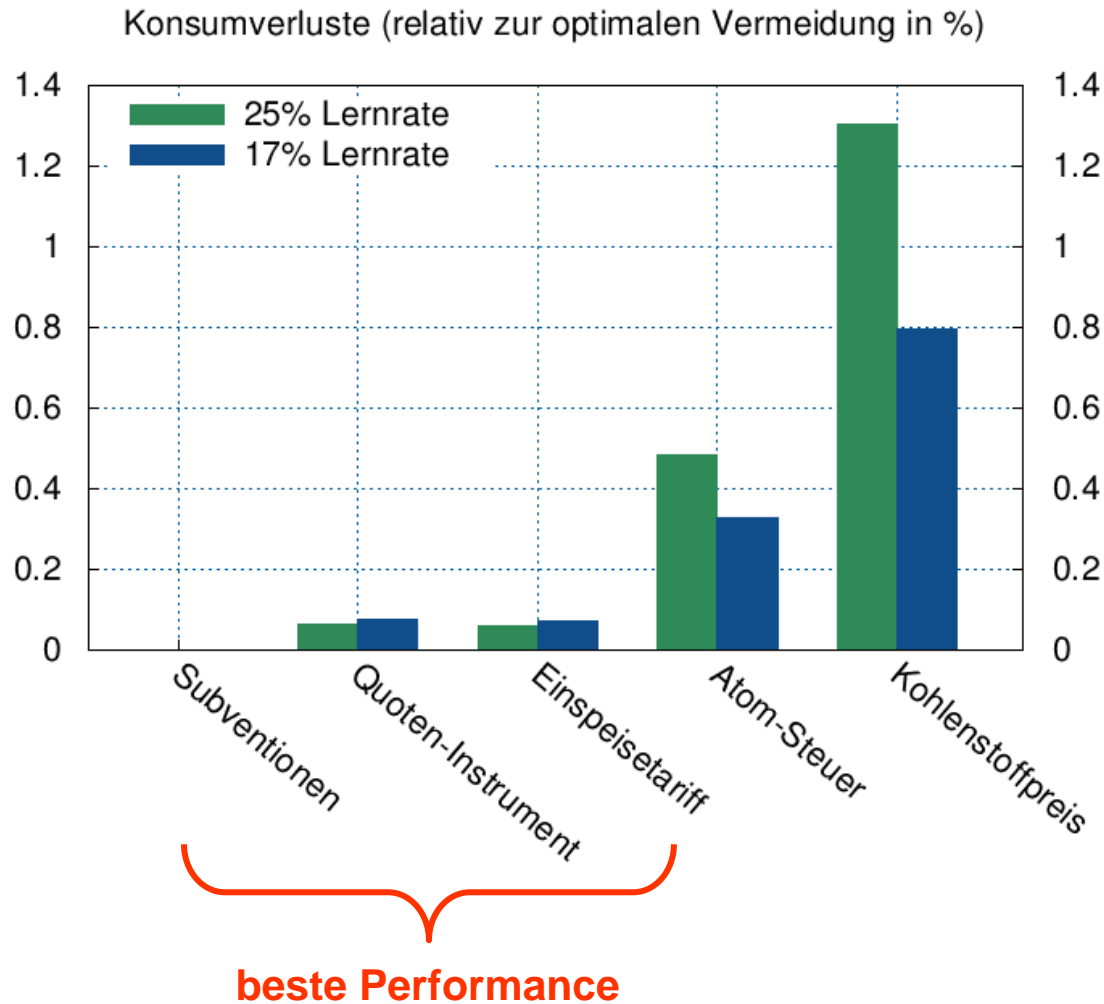


► Die Internalisierung der sozialen Kosten der Energieversorgung (z.B. durch ein Cap-and-Trade-System) verbessert die Konkurrenzfähigkeit der Erneuerbaren Energien

► Solange es keine Bewegung von PE_3 gibt, verharrt das System in einem ineffizienten Zustand

Edenhofer et al. (2007)

Vergleich der Politikinstrumente

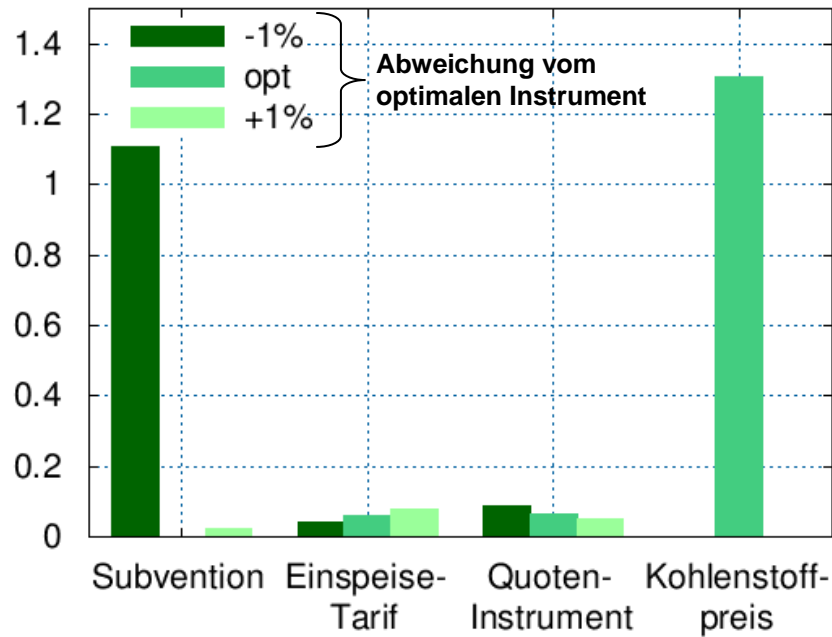


- Technologie-Externalitäten erfordern zusätzliche Instrumente zum Kohlenstoffpreis
- Ohne Technologiepolitik ist ein „Lock-in“ in teure Vermeidungsoptionen möglich

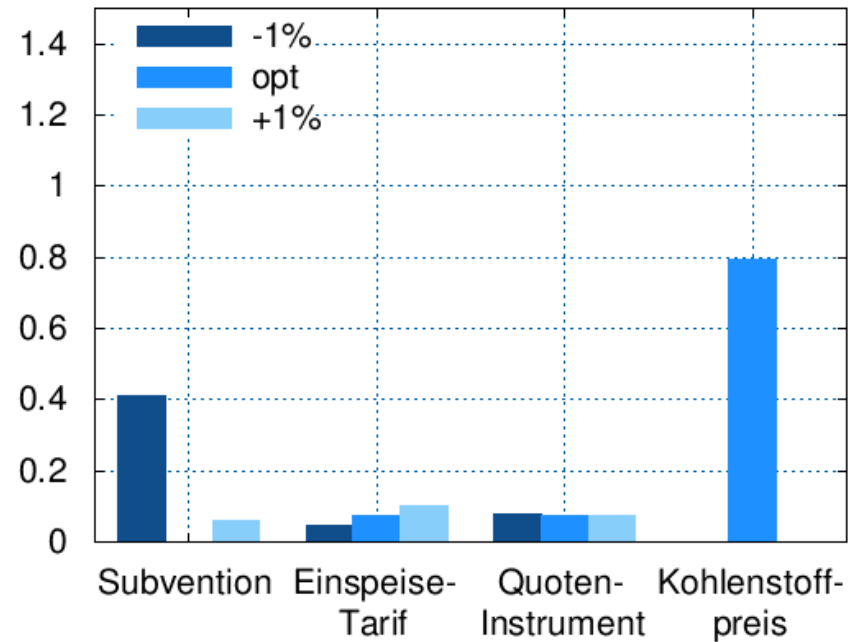
Kalkuhl, Edenhofer & Lessmann 2010

Robuste Instrumente?

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



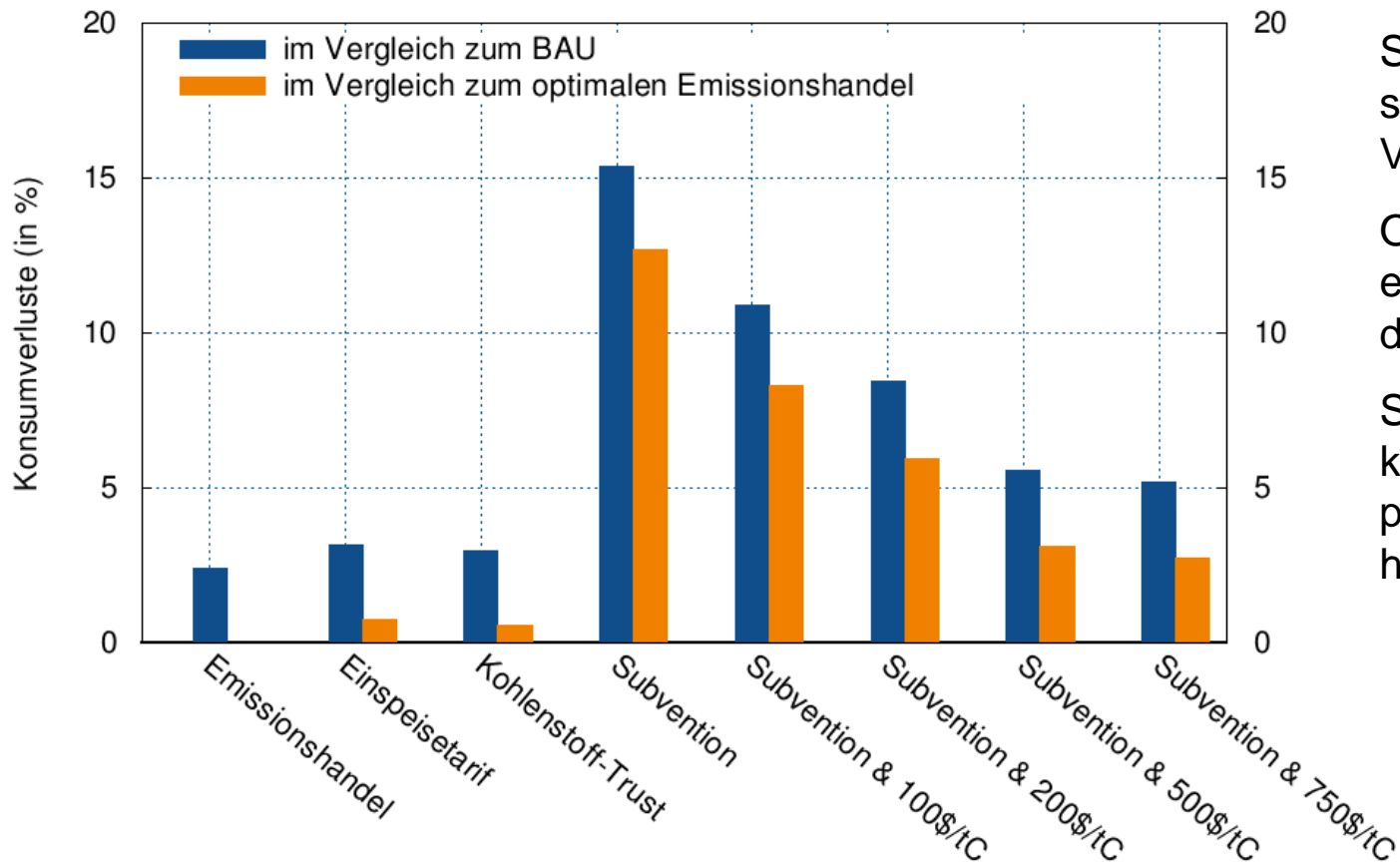
Konsumverluste (relativ zur opt. Vermeidung in %)
17% Lernrate



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

Kalkuhl, Edenhofer & Lessmann 2010

Die Kosten einer reinen Technologiepolitik



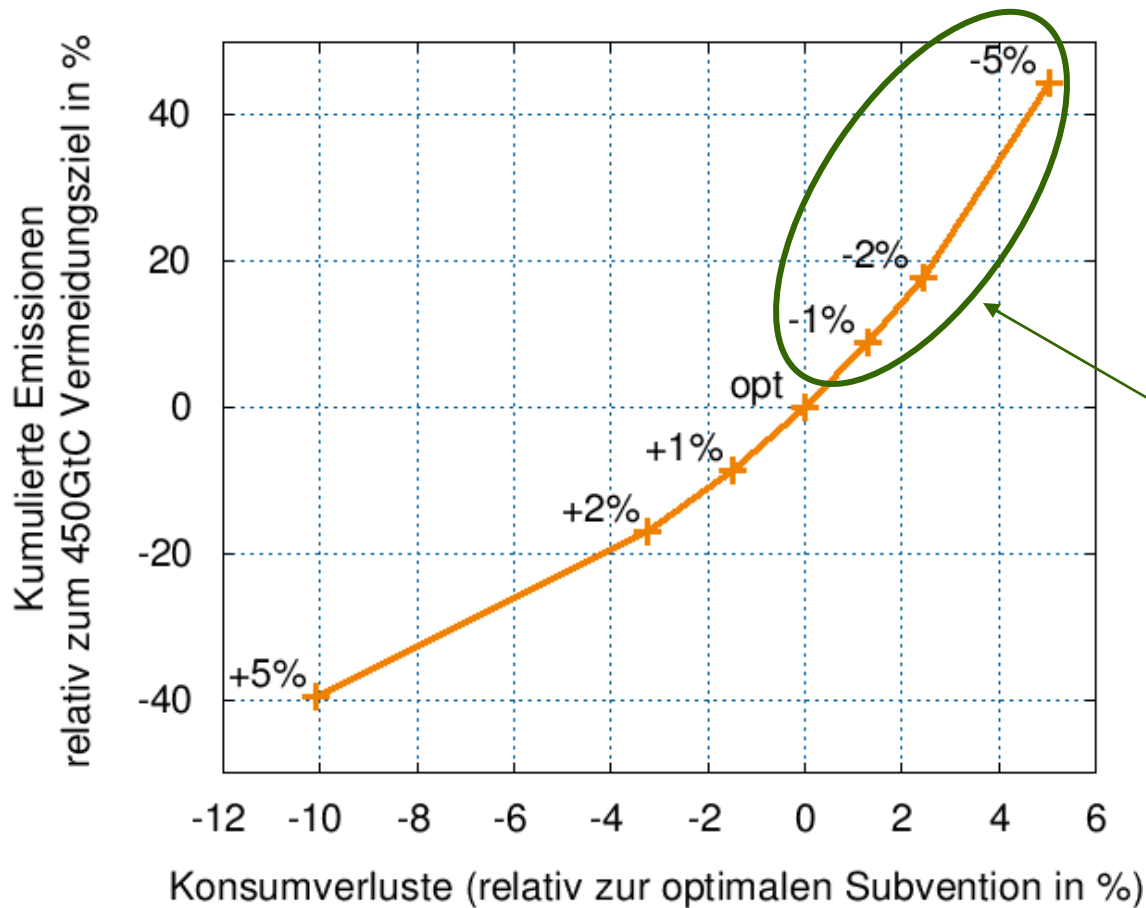
Subventionen sind ein schlechtes Vermeidungsinstrument.

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

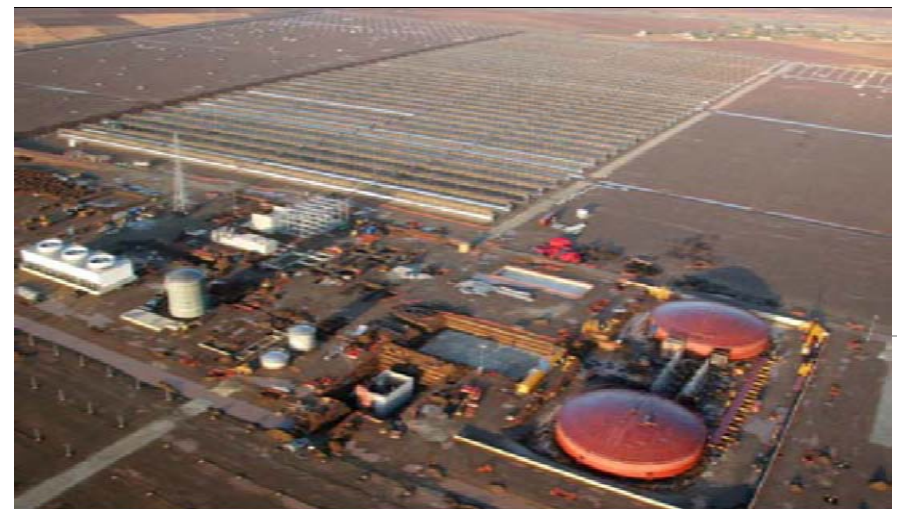
Grünes Paradoxon: Das Vermeidungsziel wird trotz Subventionen verfehlt.

Kalkuhl, Edenhofer & Lessmann 2011

Neue Speichertechnologien erhöhen die Verlässlichkeit und die Integration von Erneuerbaren

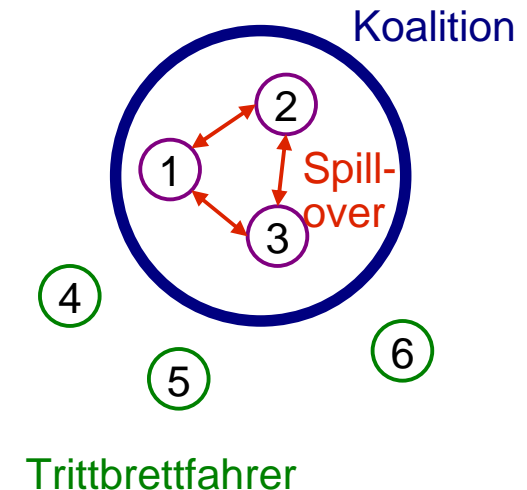


Andasol I, Spanien



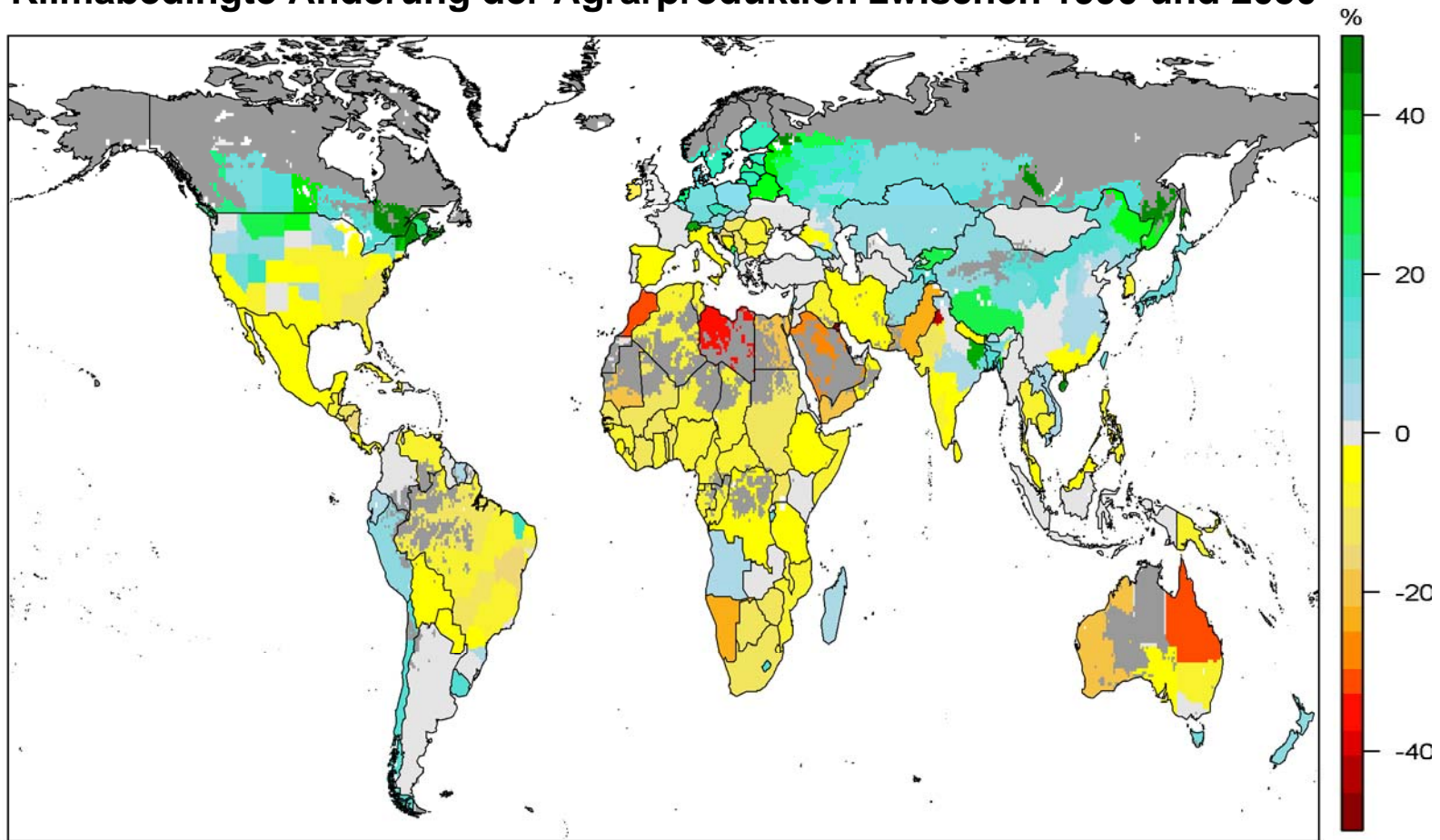
Belohnung: Technologie-Kooperation und Verminderung der Emissionen

- 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 Dilemmaspiel in ein Vertrauensspiel verwandelt hat
- Nähere Informationen unter
 - Lessmann and Edenhofer (2010), Resource and Energy Economics



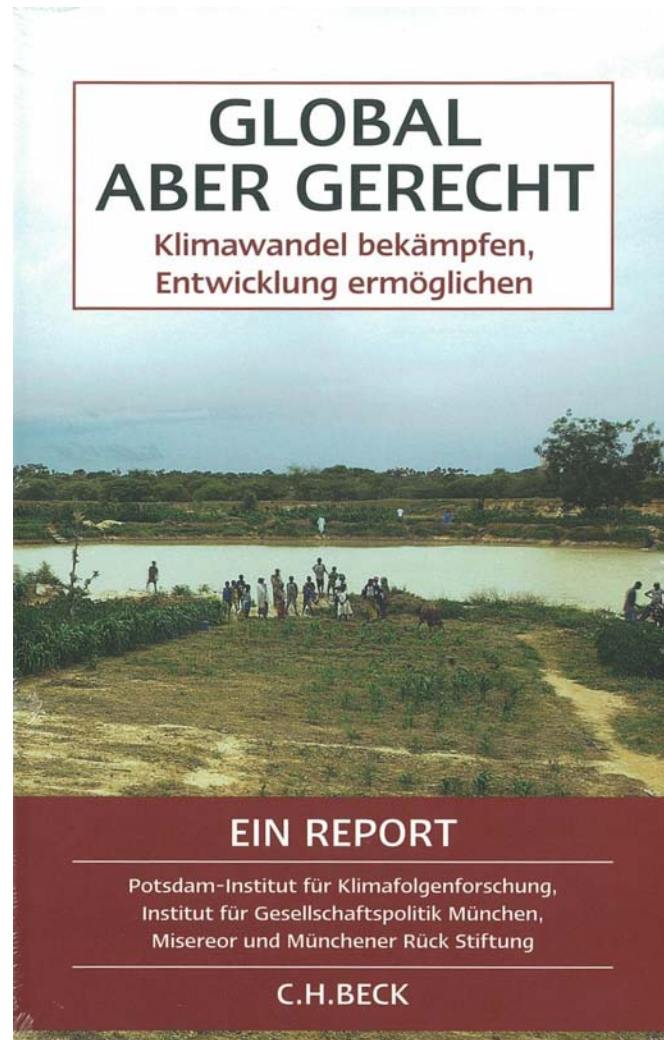
Änderung der Agrarproduktion

Klimabedingte Änderung der Agrarproduktion zwischen 1990 und 2050



Füssel et al., 2010





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