
Die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter: Politökonomische Herausforderungen für die globale Klimapolitik

Die Zukunft der Energieversorgung: Atomausstieg,
Versorgungssicherheit und Klimawandel

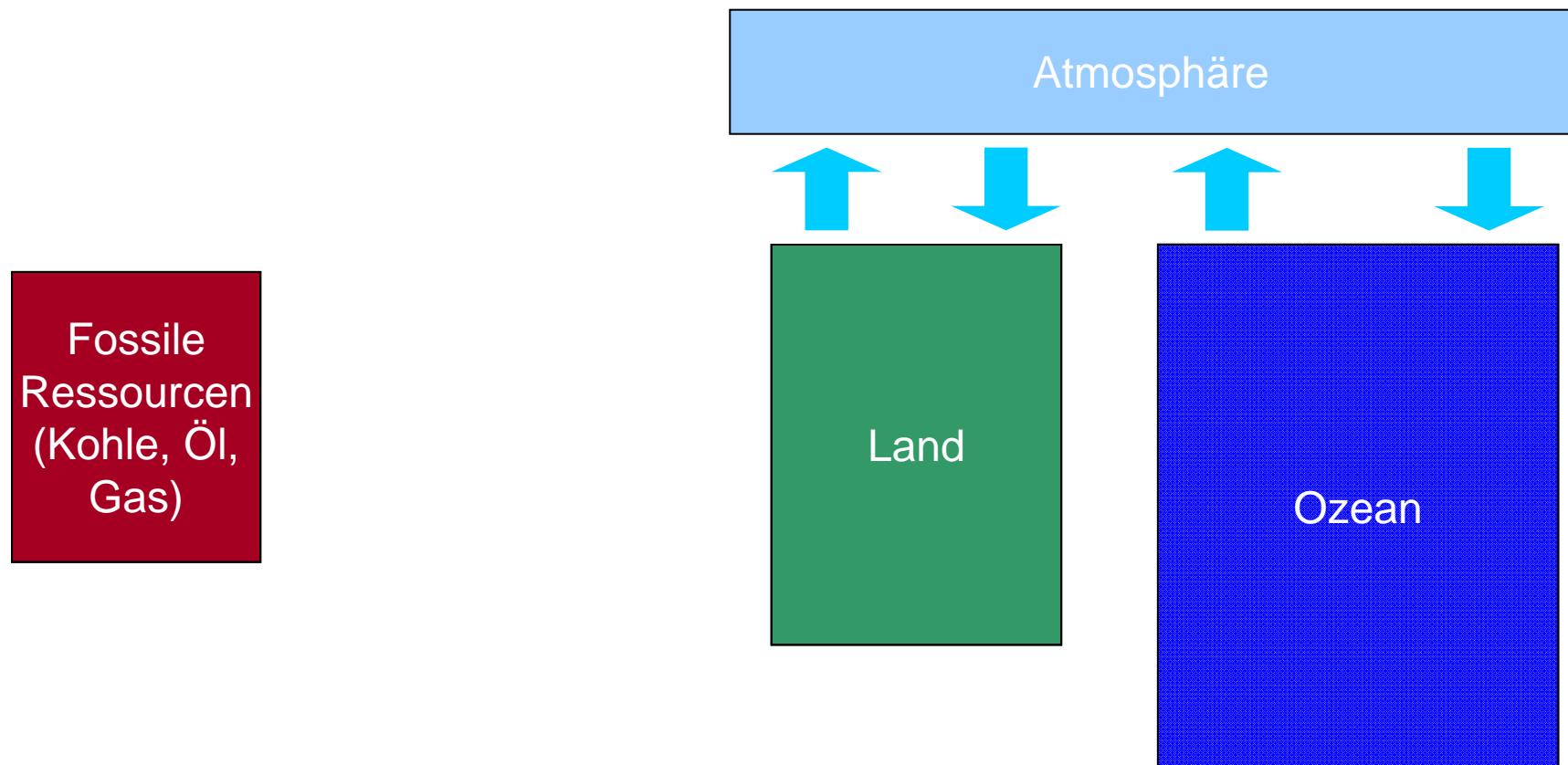
Bayerische Akademie der Wissenschaften

München, 25. Januar 2012

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer



Das vorindustrielle Erdsystem – eine Skizze

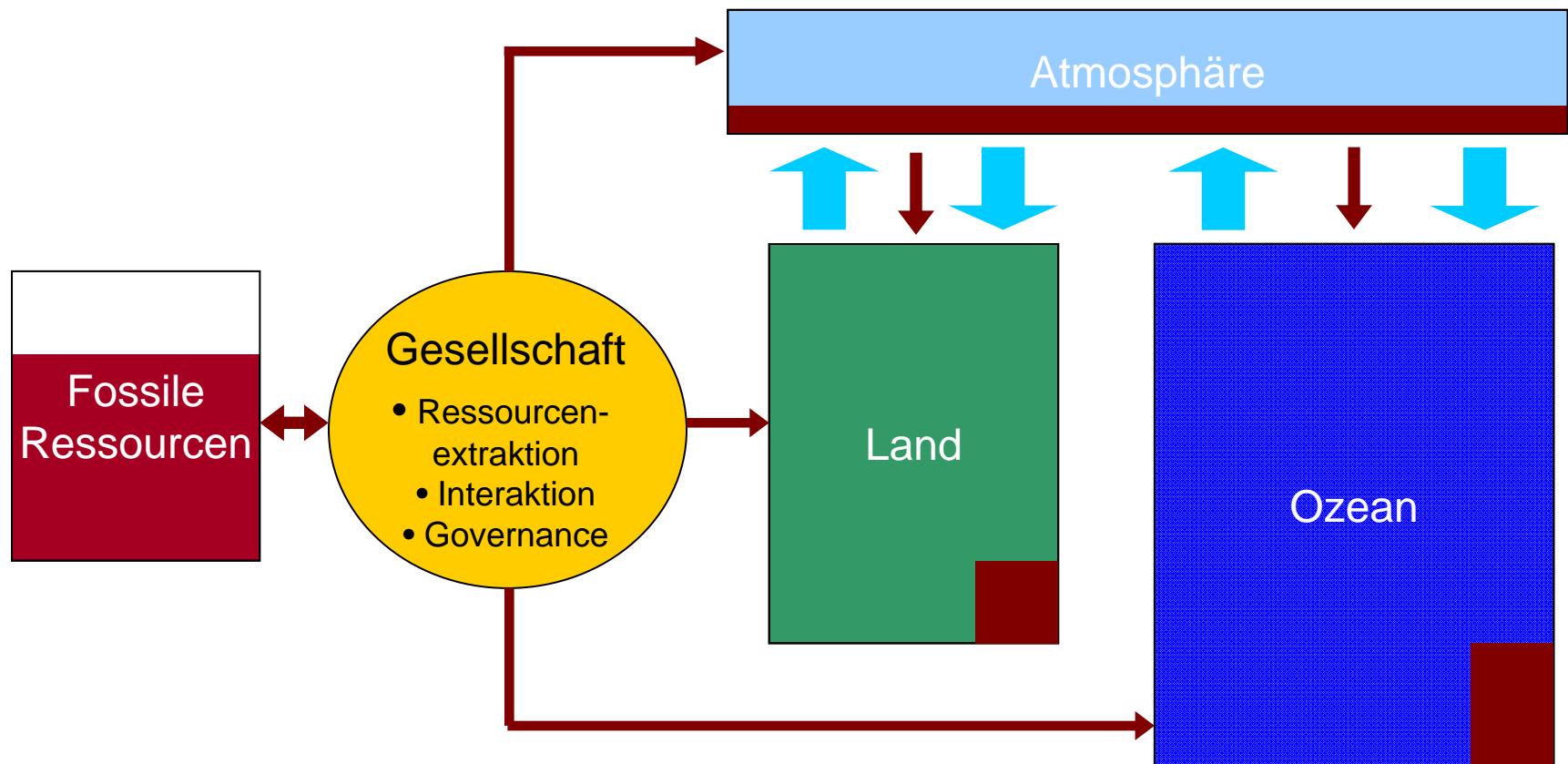


Fossile
Ressourcen
(Kohle, Öl,
Gas)

Nach Lenton (2011)

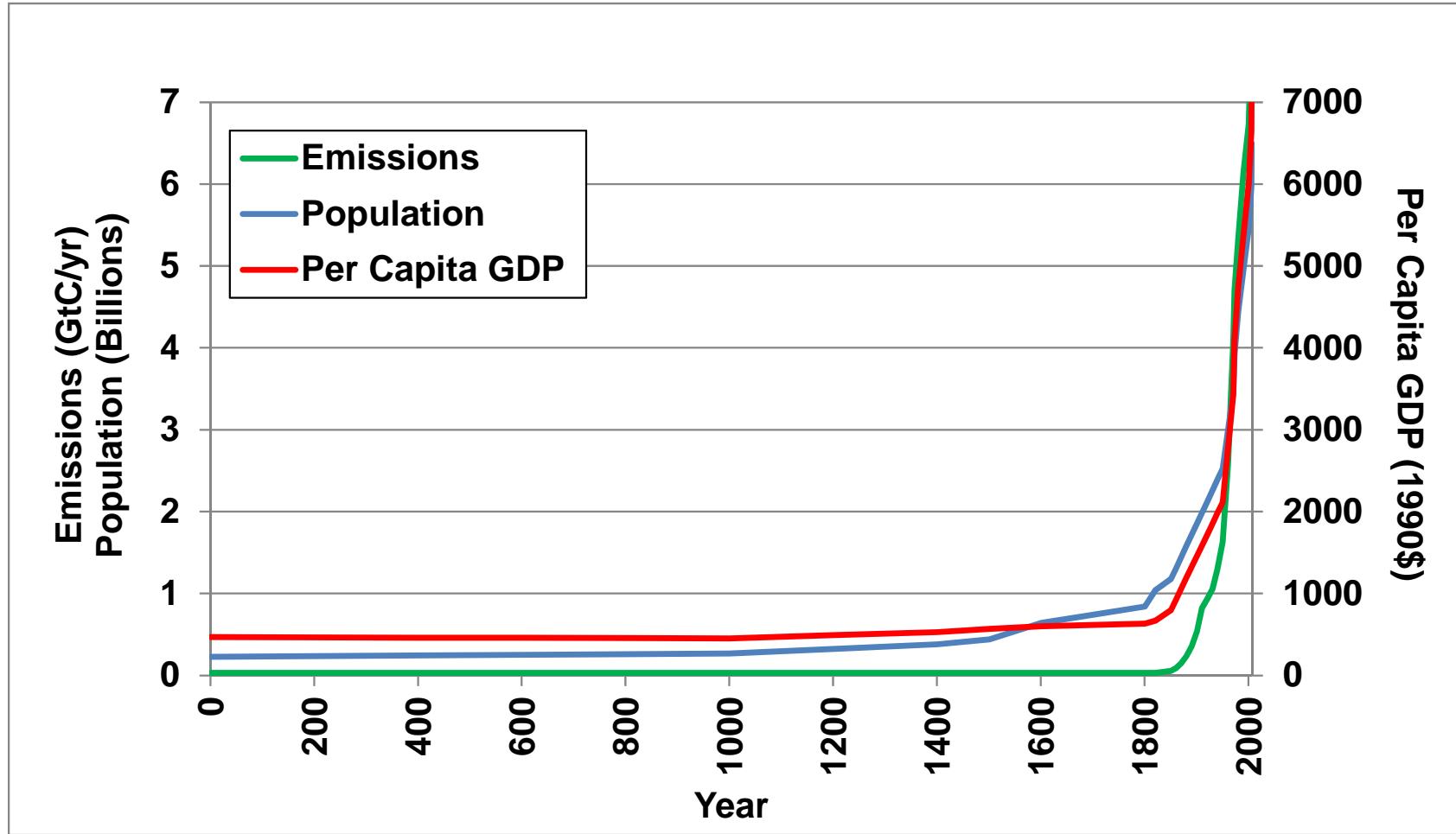
Von der Sonnenenergie zur fossilen Bestandsökonomie

Das Erdsystem des Anthropozäns



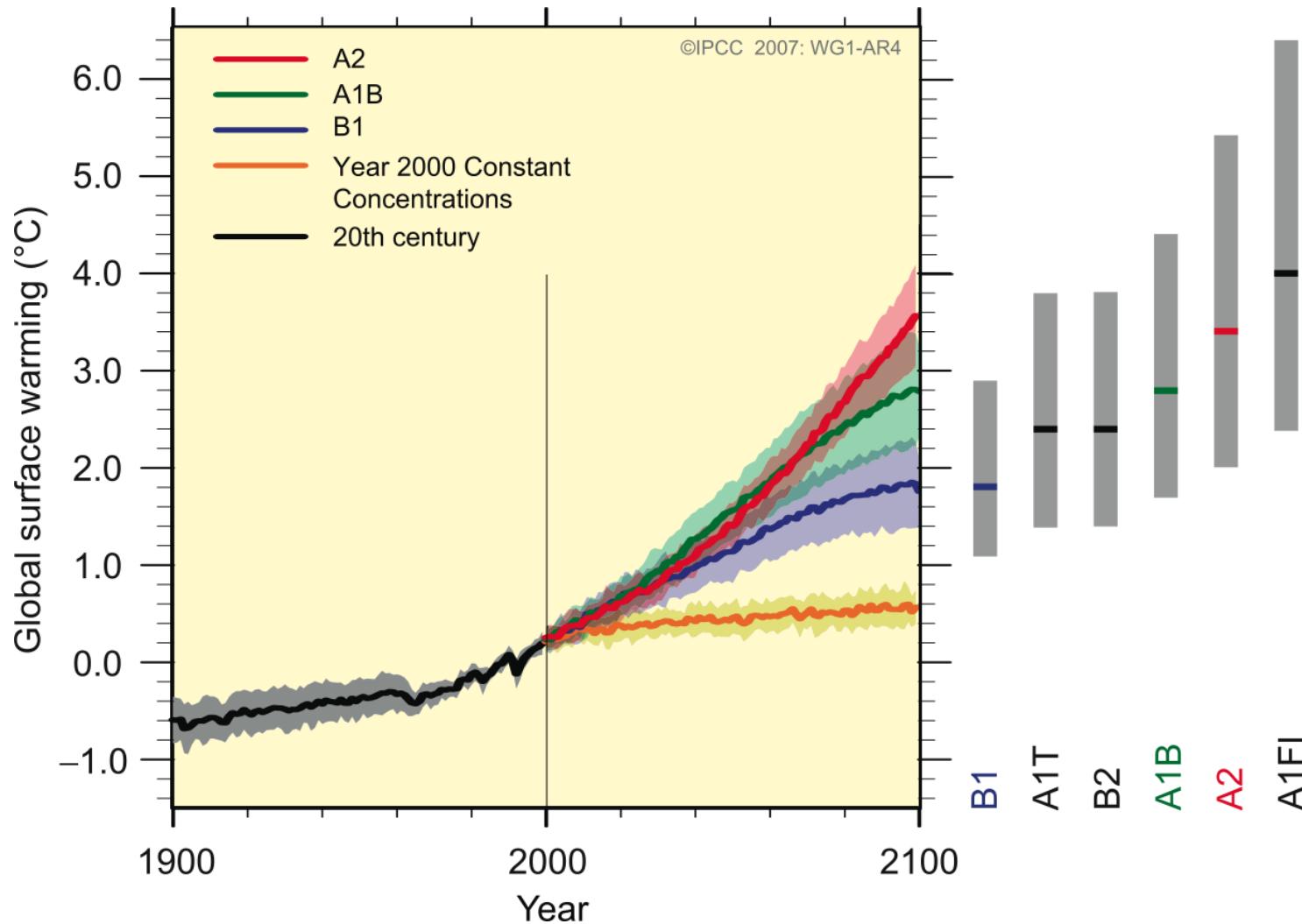
Nach Lenton (2011) und Ostrom (2011)

Der Lotteriegewinn des fossilen Ressourcenbestandes!

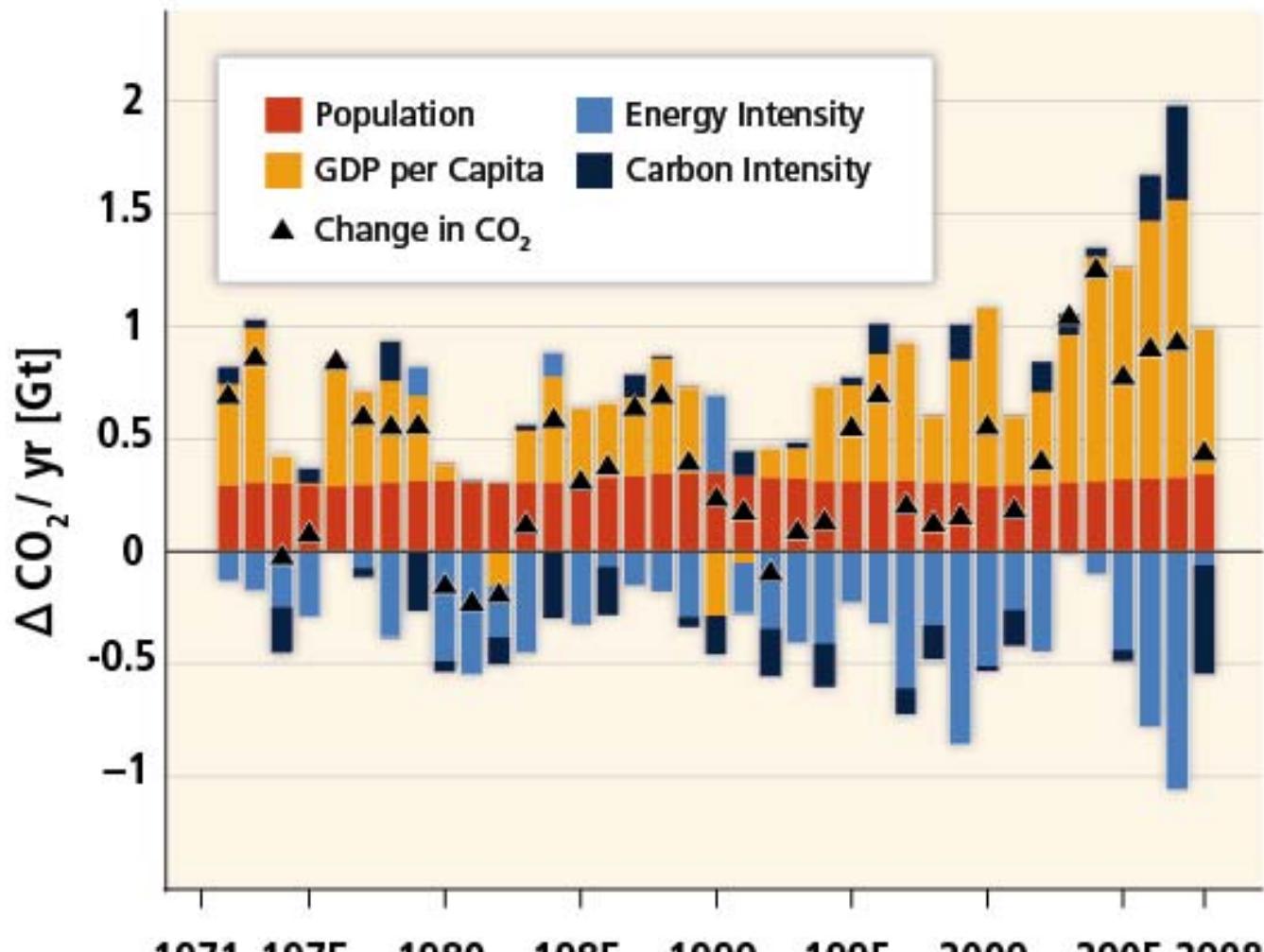


Edenhofer et al. 2012

Ignoranz, Mitigation oder Adaption?

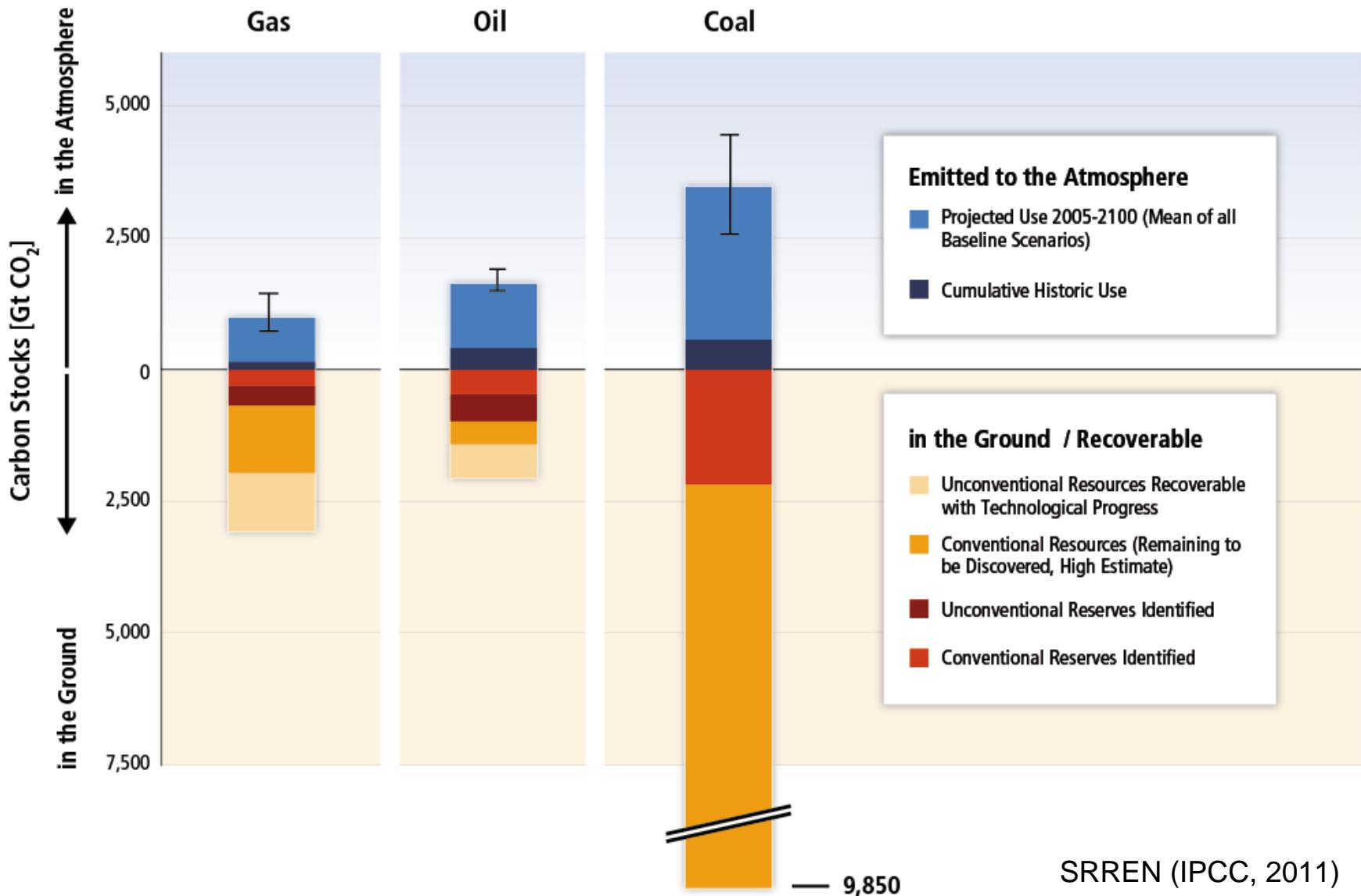


Wir sind noch nicht auf dem richtigen Weg: Renaissance der Kohle



Kaya Dekomposition der globalen CO₂ Emissionen.

Die BAU Szenarien übersteigen das 600ppm Niveau an Treibhausgasen (~4° C Temperaturanstieg)



Die Atmosphäre als globales Gemeinschaftsgut („Global Common“)

Atmosphäre: Begrenzte Senke
~ 230 GtC



Ressourcenextraktion
> 12.000 GtC

Ergebnisse von Durban

1. Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action (AWG-DPEA)
 - *“develop a protocol, another legal instrument or an agreed outcome with legal force under the UNFCCC applicable to all Parties”*
 - Verhandlungen bis 2015 / COP 21
 - Implementierung ab 2020
2. Kyoto zweiter Verpflichtungszeitraum
 - Abstimmung zu Dauer (2017 oder 2020?) und Umfang (konkrete Ziele der Vertragspartner) aufgeschoben → COP 18 in Qatar
3. “Operationalisierung” der Cancun Beschlüsse
 - Aufbau des Green Climate Fund

Auslaufen der Unterscheidung in Entwicklungs- und Industrieländer

Durban

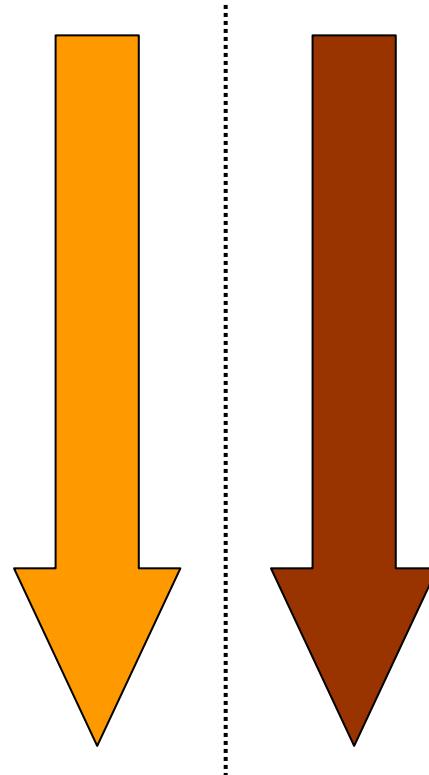
AWG-KP

Zweiter
Verpflichtungszeitraum
unter Kyoto

Wahrscheinliche
Vertragspartner:
EU, Norwegen, Schweiz

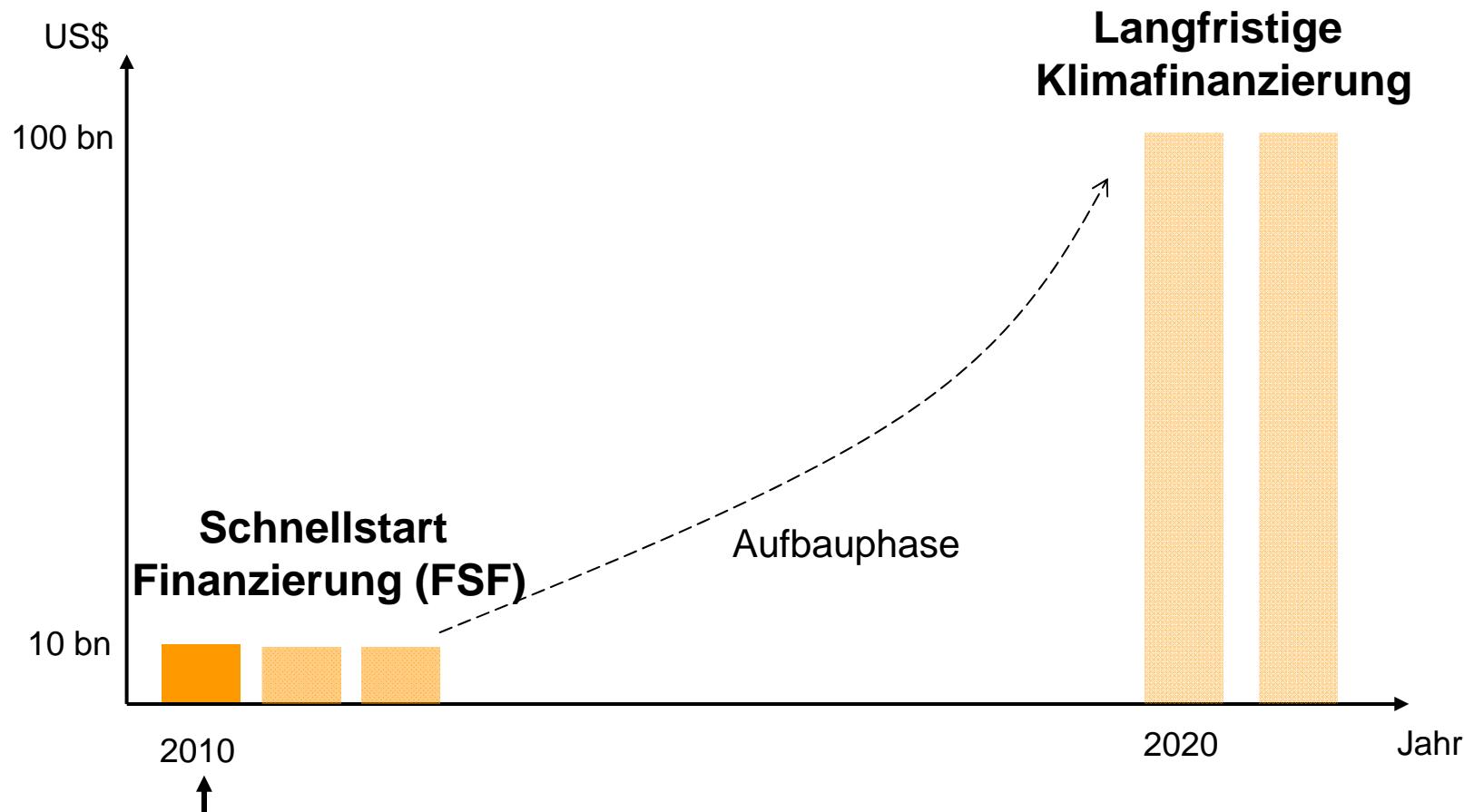
AWG-LCA (bis 2012)
und später AWG-DPEA

bis 2015 gilt es ein Ergebnis mit
Rechtskraft und gültig für alle
Verhandlungsparteien zu
schaffen



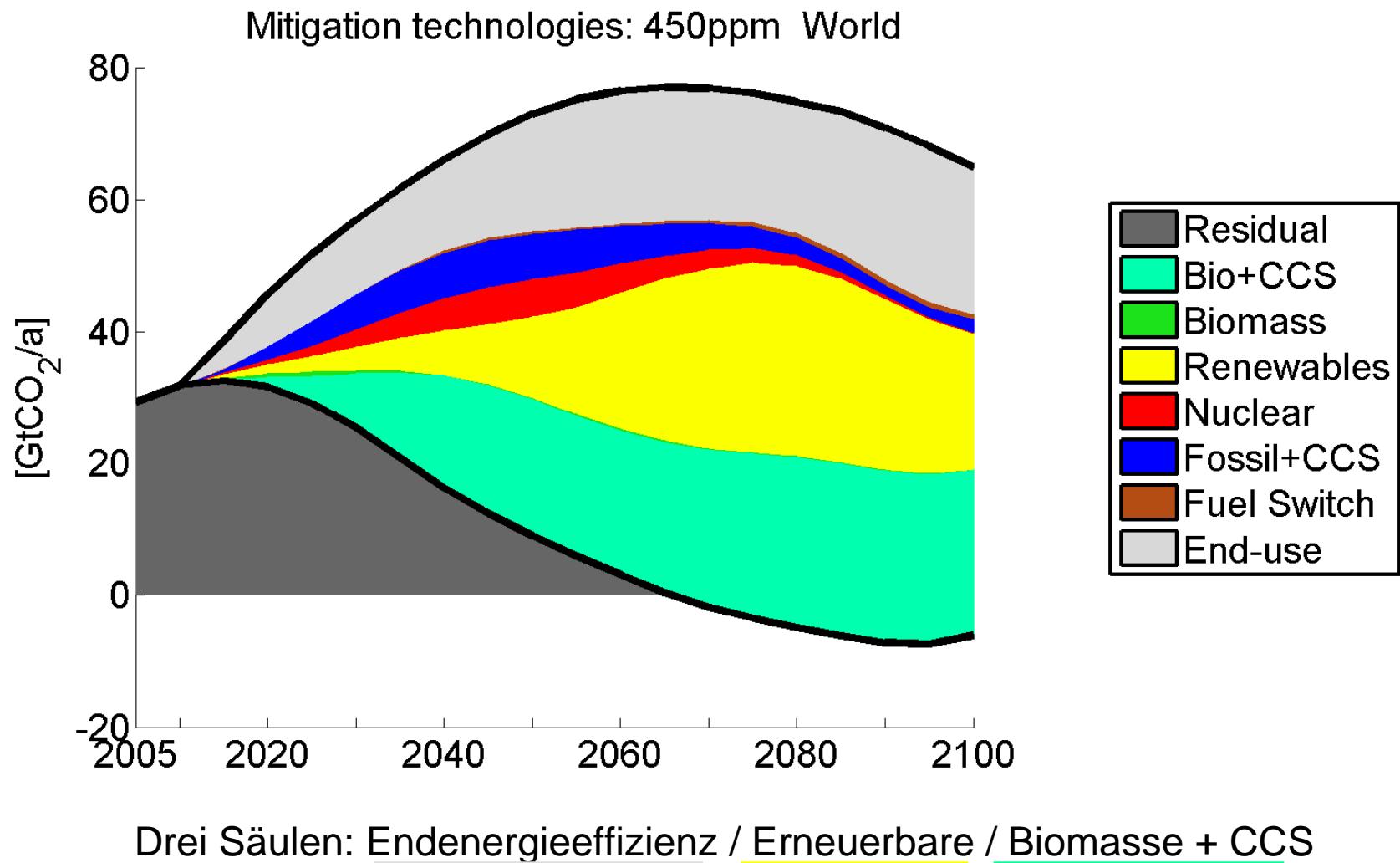
2020 Internationales Abkommen
Sowohl für Industrie- als auch Entwicklungsländer

Operationalisierung des Green Climate Fund

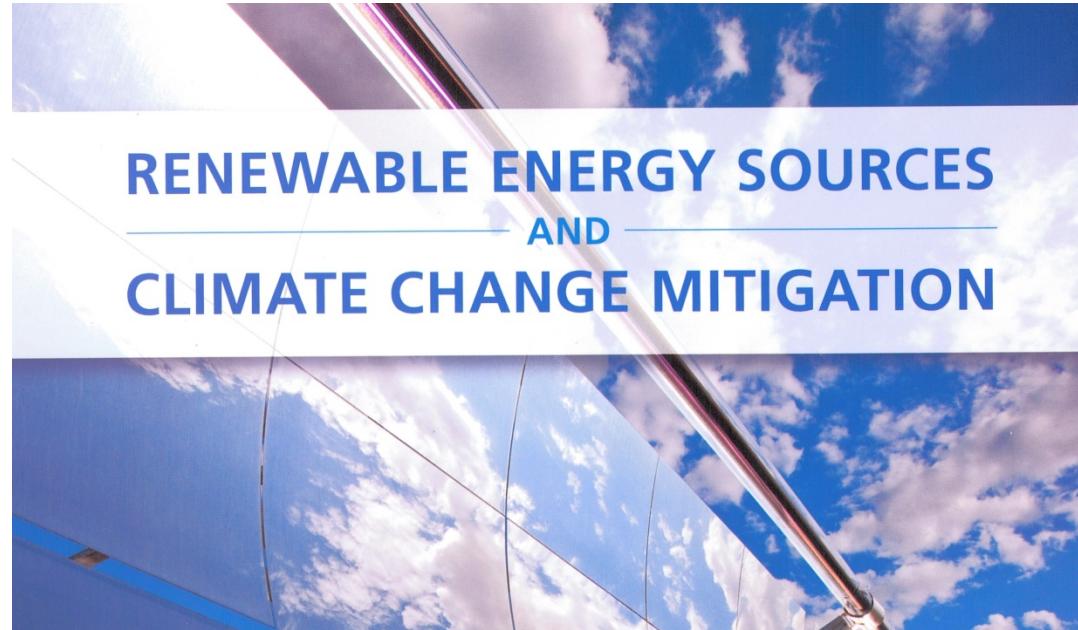


Für 2010 haben die Industrieländer 12 US\$ Milliarden vorgesehen (WRI 2011)

Die große Transformation – Beiträge zur Mitigation



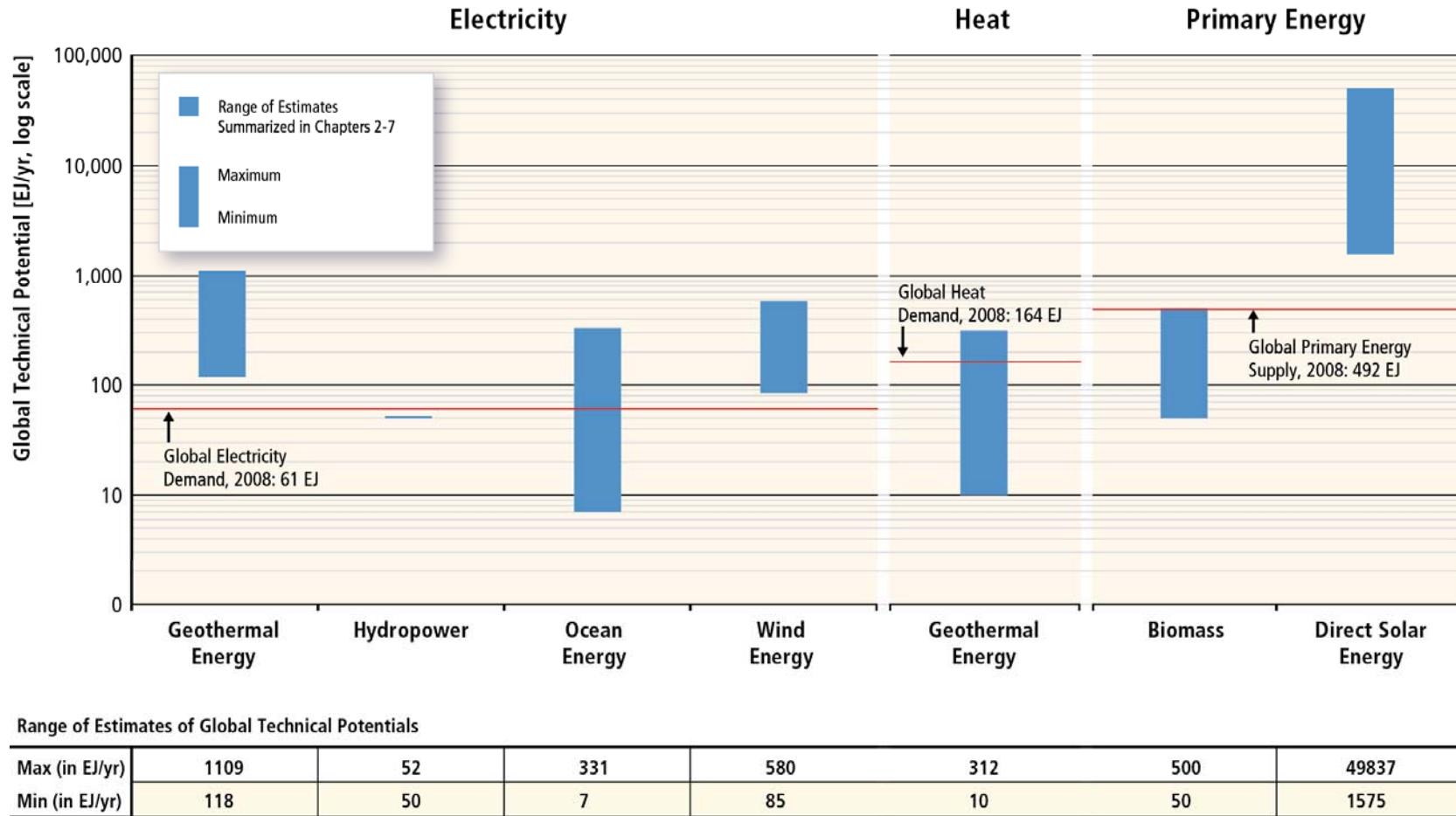
AME Project Luderer et al. 2011



<http://srren.ipcc-wg3.de/report>

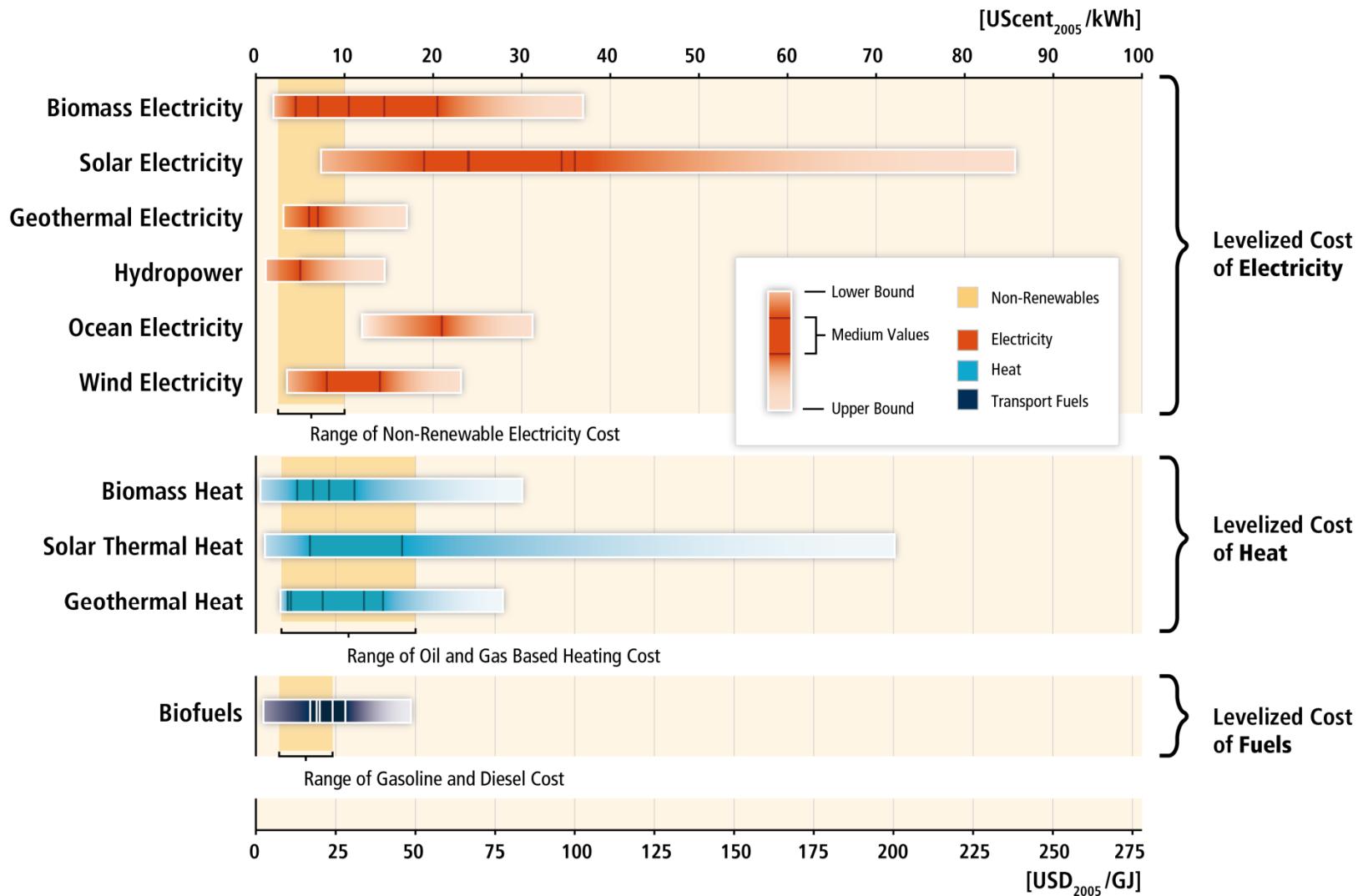


Das technische Potenzial erneuerbarer Energie



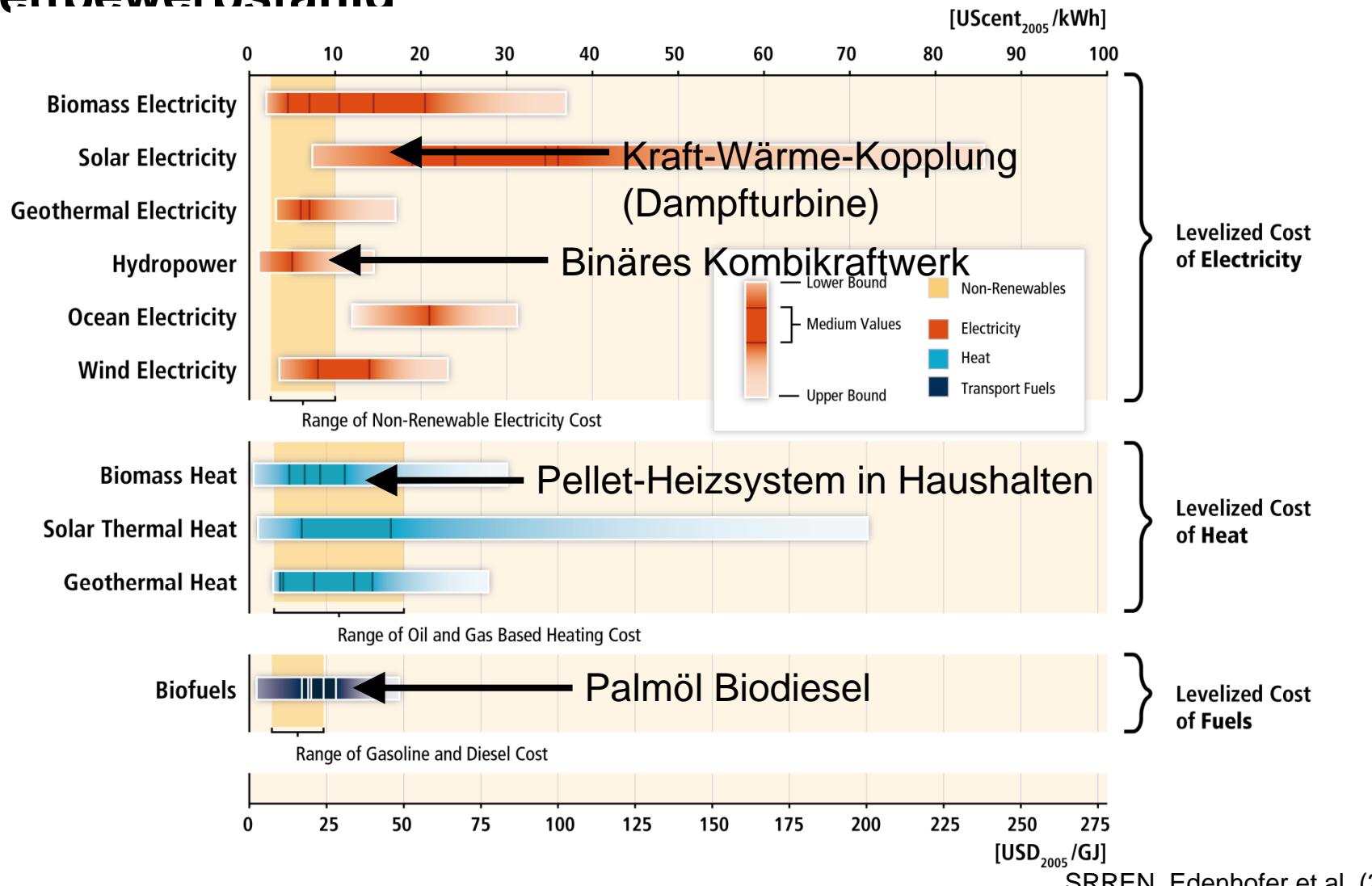
IPCC SRREN 2011

Die Kosten der Erneuerbaren sind zwar oft noch höher als bei konventioneller Energie ...



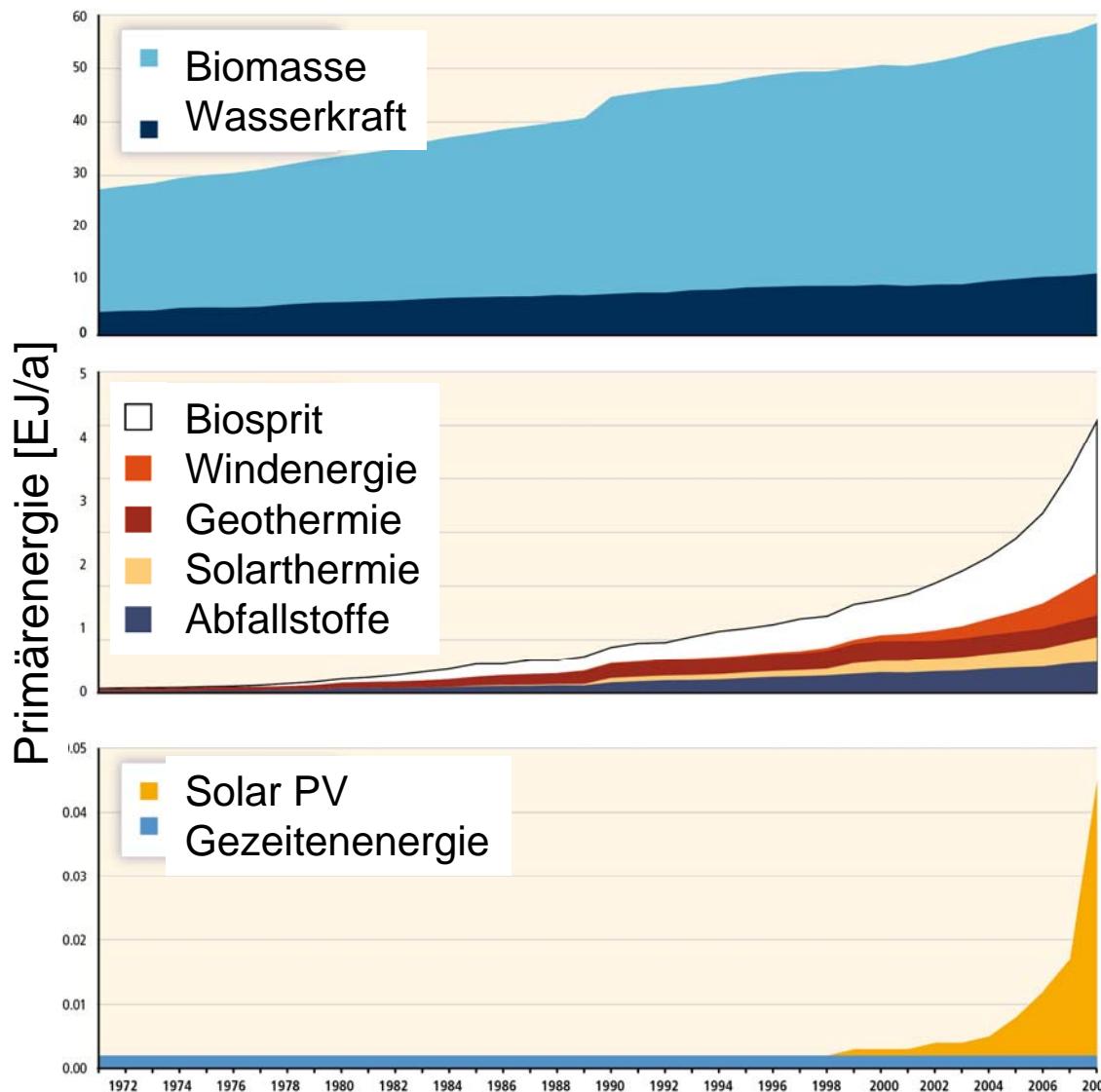
SRREN, Edenhofer et al. (2011)

...aber einige EE Technologien sind bereits wettbewerbsfähig



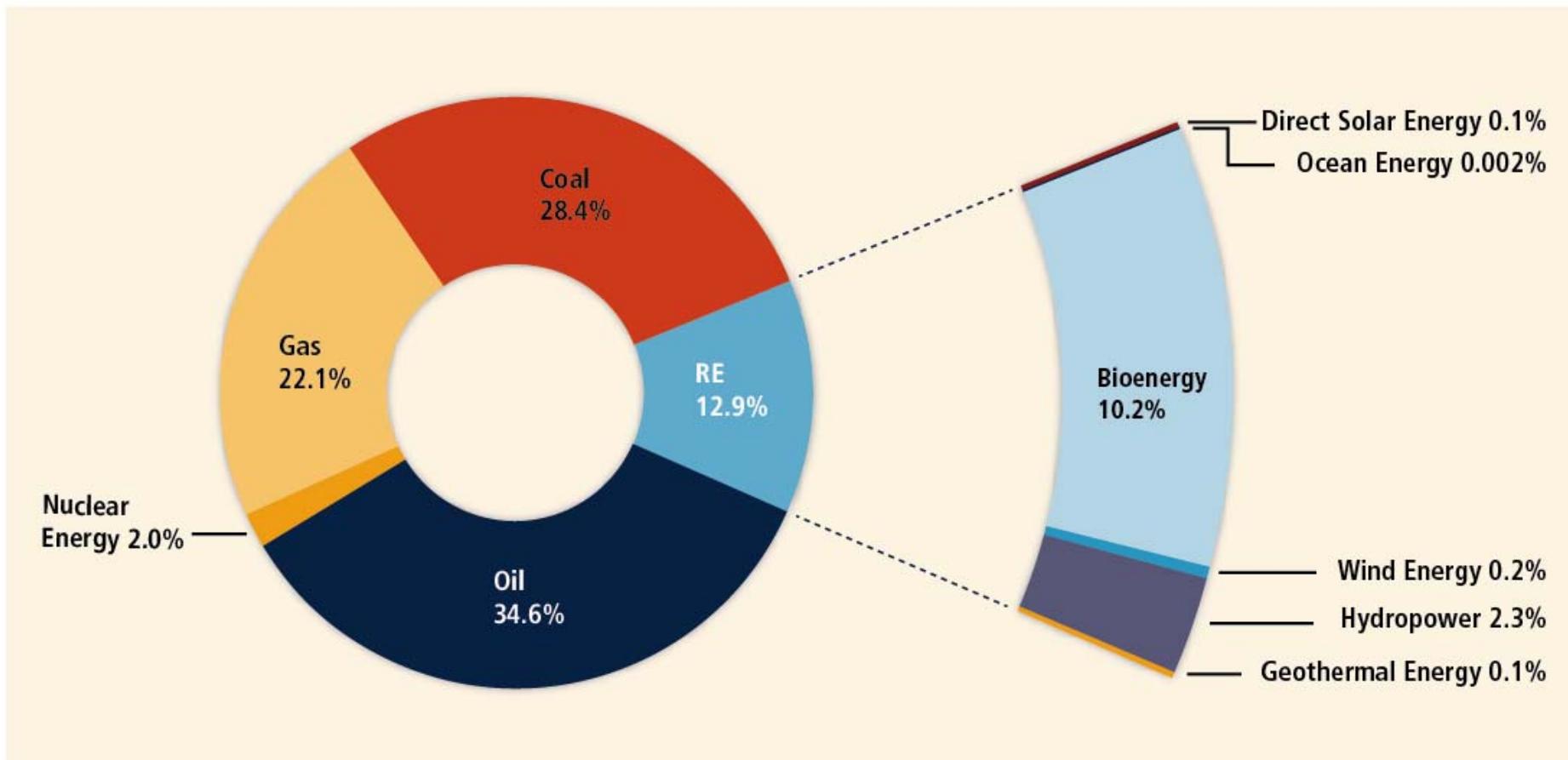
SRREN, Edenhofer et al. (2011)

Entwicklungsschub in den letzten Jahren



IPCC SRREN (2011)

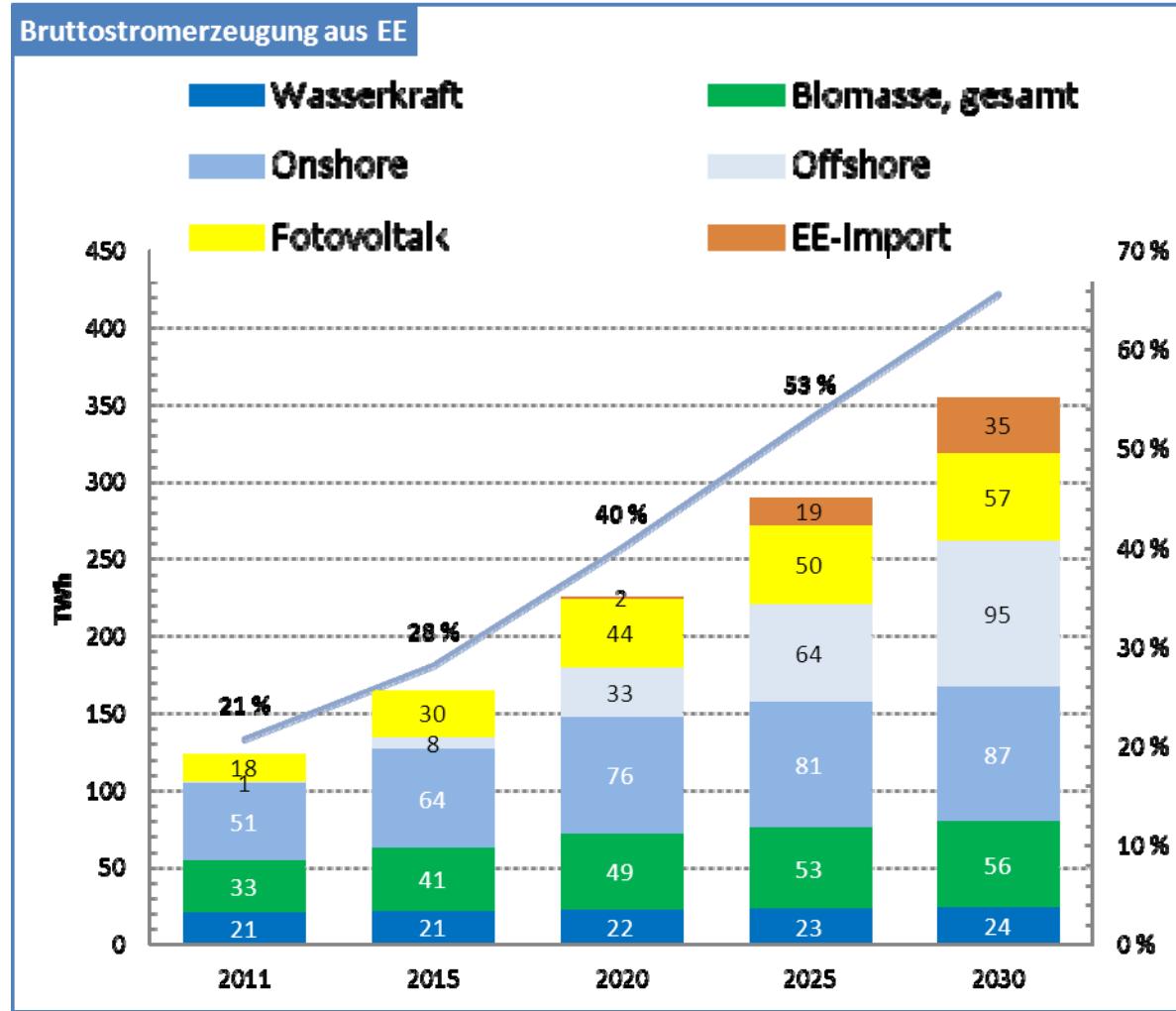
Das jetzige globale Energiesystem wird von fossiler Energie dominiert



Anteile der Energiequellen am globalen Gesamtprimärenergieangebot im Jahr 2008.

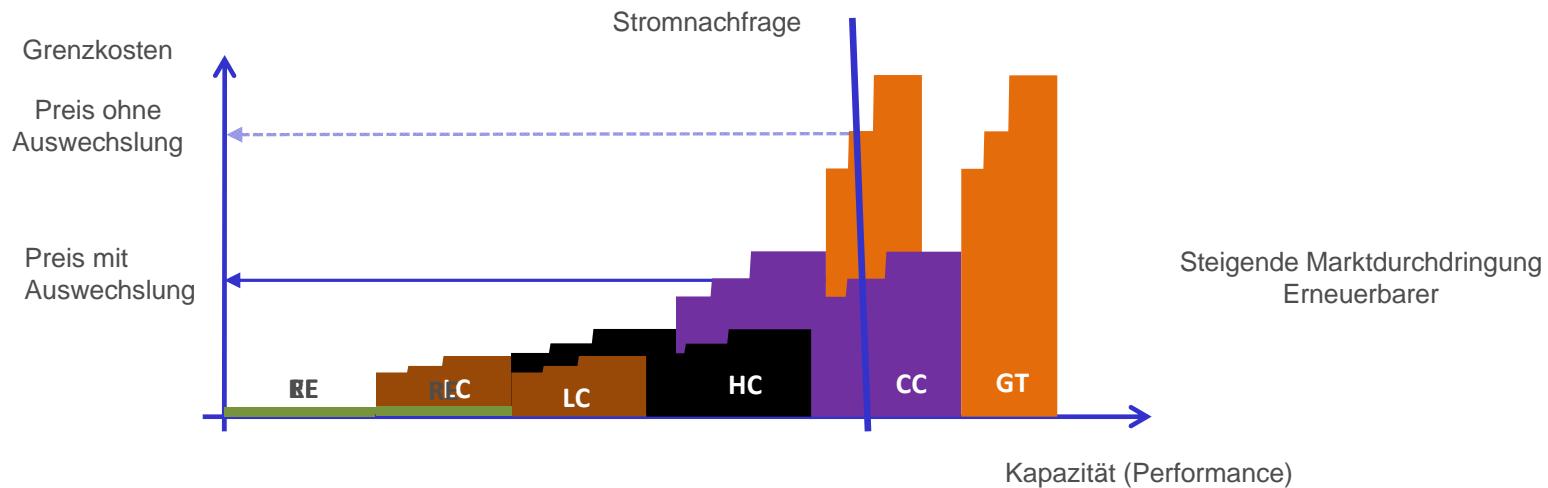
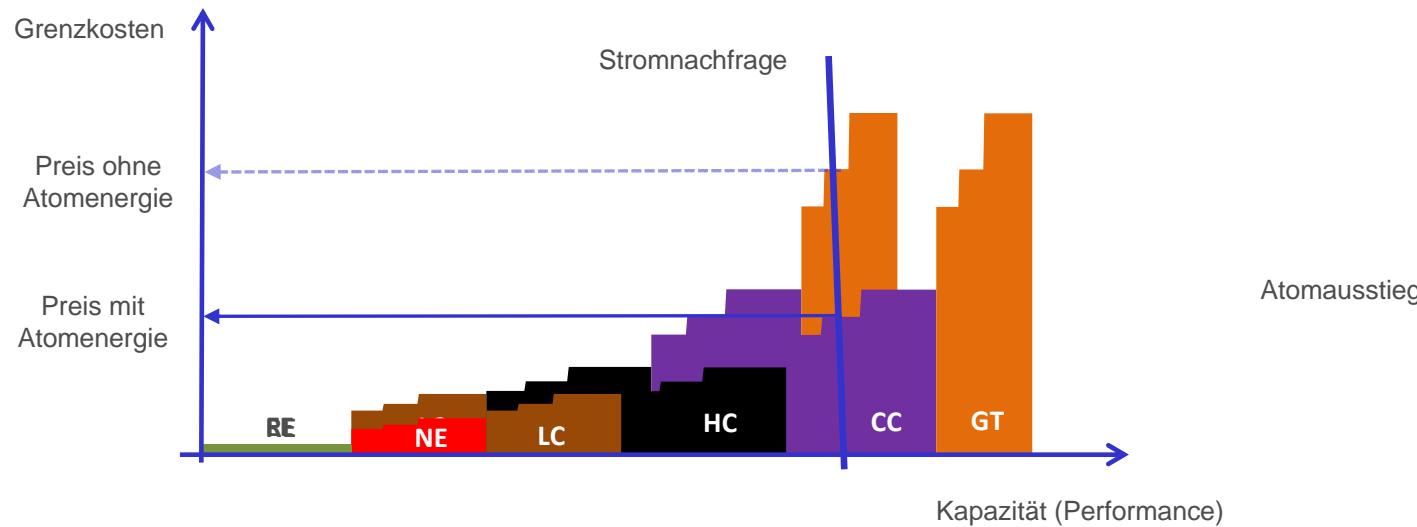
SRREN (IPCC, 2011)

Deutschland: Zukünftiger Ausbau der Erneuerbaren Energien

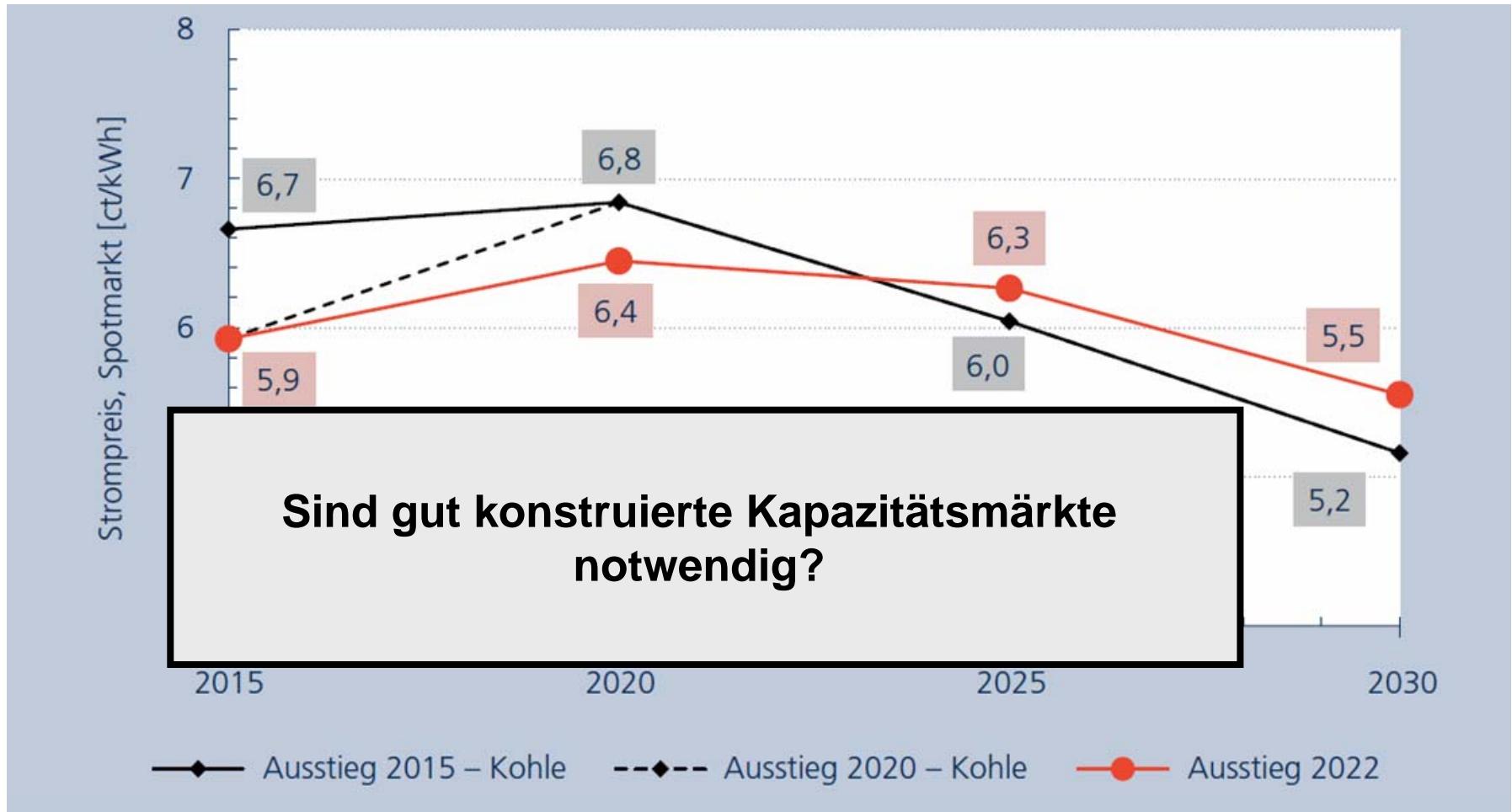


Leitstudie 2010

Das heutige Marktsystem: Merit Order Preisbildung



Großmarktpreise



Der Merit-Order Effekt bei ansteigenden Anteilen der Erneuerbaren:
Sinkende Strompreise

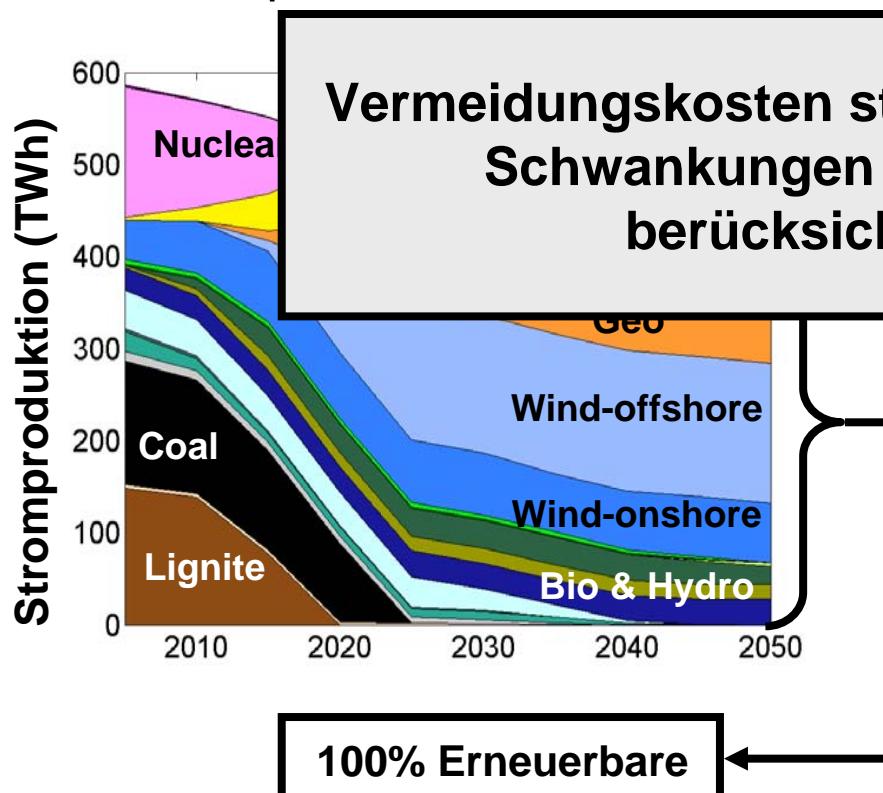
Knopf et al. 2011

Integrationsmöglichkeiten für Erneuerbare

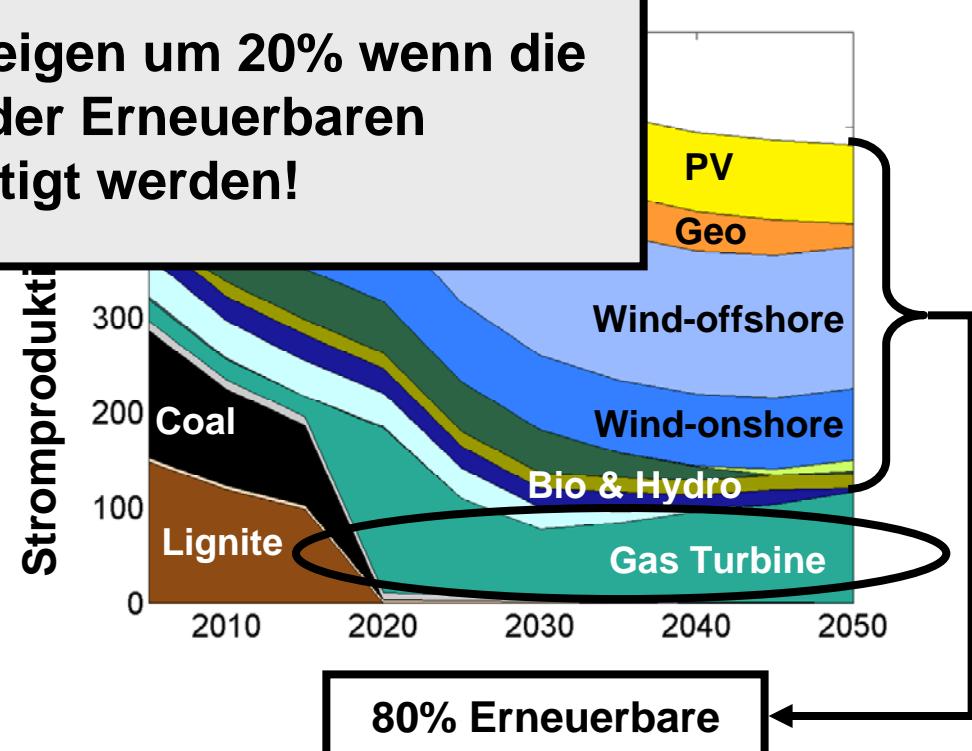
- **Verbesserte Wettervorhersagen**
→ Bessere Planung der Stromeinspeisung durch Erneuerbare
- **Nachfragesteuerung**
→ Anpassung der Nachfrage an die Einspeisung der Erneuerbaren
- **Flexible Kraftwerke** **Wichtige Optionen der Angebotssteuerung**
→ Bereitstellung der Residuallast
- **Netzausbau**
→ Großflächige Zusammenlegung unkorrelierter Schwankungen (>300km): Import / Export zwischen Ländern
- **Energiespeicherung**
→ Stromspeicherung wenn viel Erneuerbare Energie generiert wird und Stromeinspeisung wenn wenig generiert wird

Einfluss der Berücksichtigung von Schwankungen in einem Energiesystemmodell Deutschlands

Die meisten Modelle berücksichtigen Schwankungen nicht explizit:



Dasselbe Szenario wenn Schwankungen berücksichtigt werden:



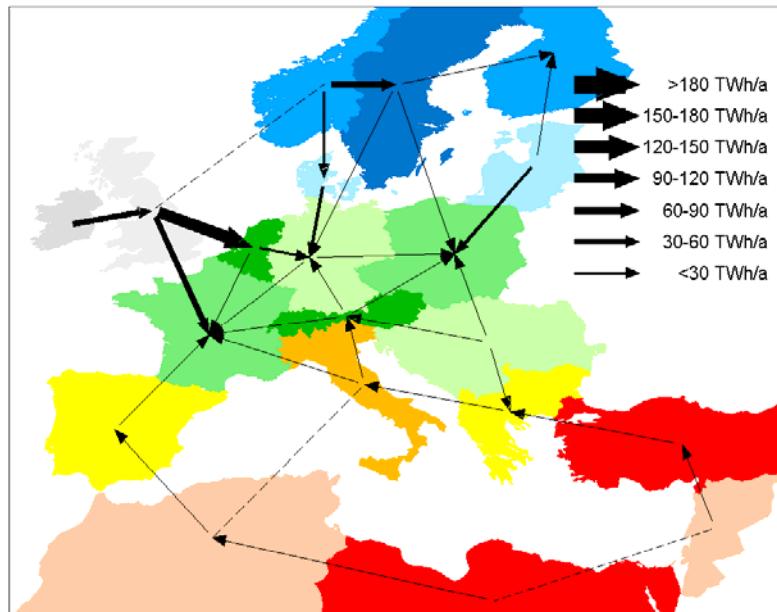
Szenario: 80% inländische CO₂ Emissionsreduktionen im Jahr 2050 vs. 1990

Integrationsmöglichkeiten für Erneuerbare

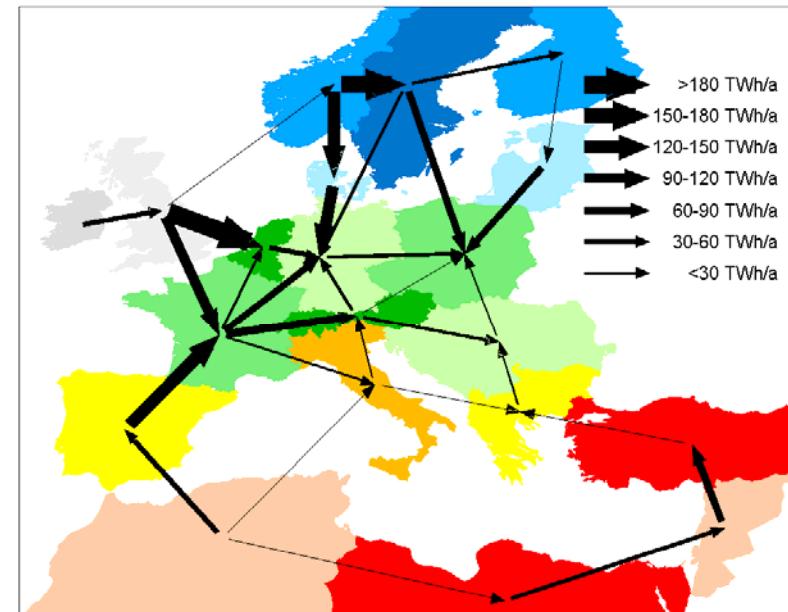
- **Verbesserte Wettervorhersagen**
→ Bessere Planung der Stromeinspeisung durch Erneuerbare
- **Nachfragesteuerung**
→ Anpassung der Nachfrage an die Einspeisung der Erneuerbaren
- **Flexible Kraftwerke**
→ Bereitstellung der Residuallast
- **Netzausbau**
→ Großflächige Zusammenlegung unkorrelierter Schwankungen (>300km): Import / Export zwischen Ländern
- **Energiespeicherung**
→ Stromspeicherung wenn viel Erneuerbare Energie generiert wird und Stromeinspeisung wenn wenig generiert wird

Aggregierte Übertragungskapazitäten im Jahr 2050 in einem Stromsektormodel Europas

Baseline,
keine Klimapolitik:



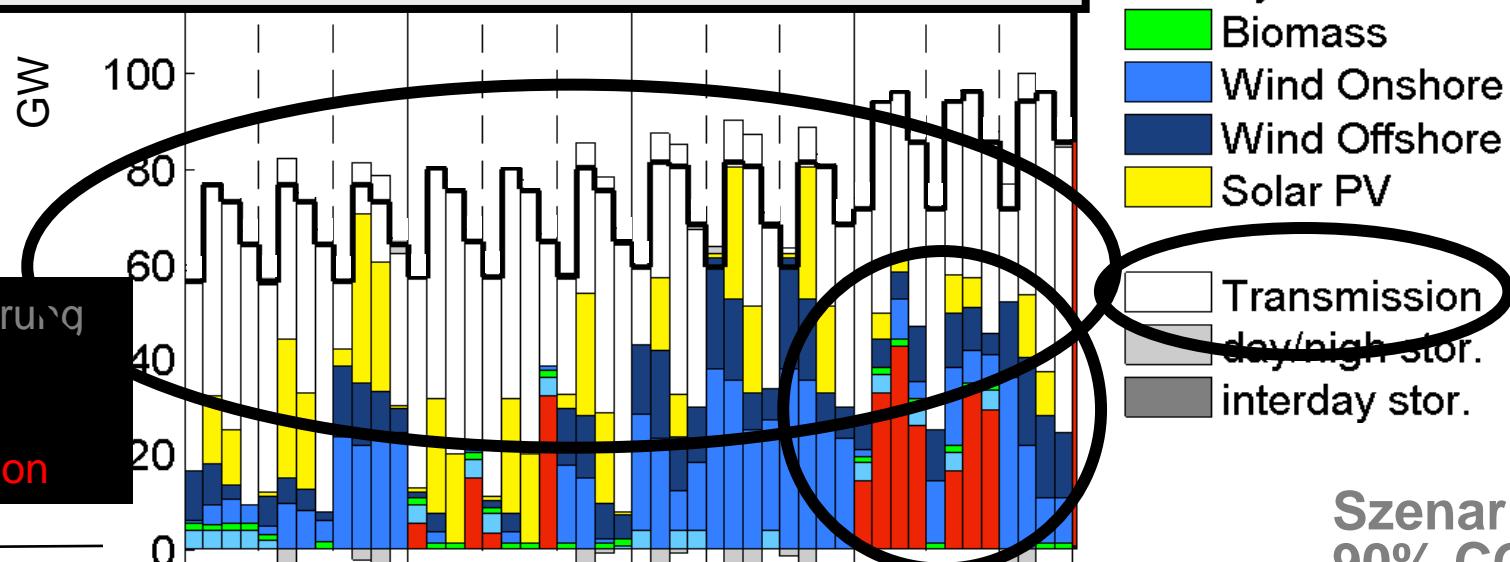
90% CO₂ Reduktion
im Stromsektor:



Haller et al. 2011, submitted

Deutschland 2050: Stromproduktion mit Netzausbau (Europäische Verbindungen)

ca. 50% der Nachfragemenge ist importiert



- Export
- Speicherur inflow

Große Kapazitäten von Gaskraftwerken werden benötigt, insbesondere im Winter

Szenario:
90% CO₂
Emissions-
Reduktion
im
Stromsektor

Stunden

Haller et al. 2011, submitted

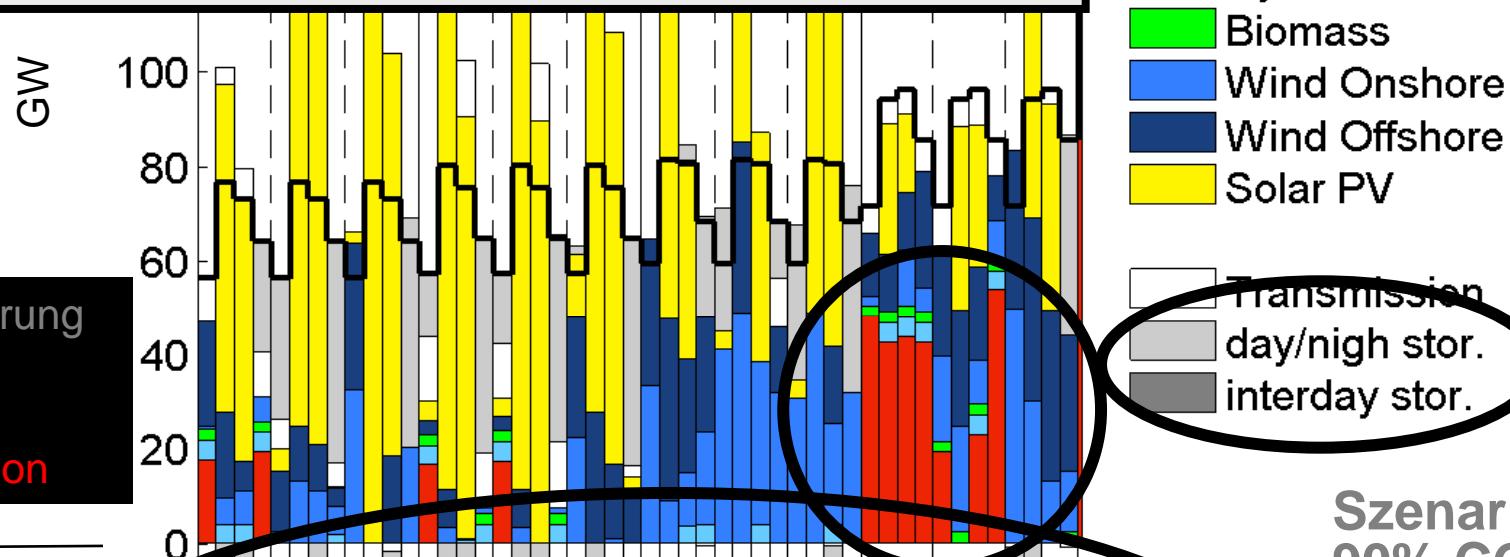
26

Integrationsmöglichkeiten für Erneuerbare

- **Verbesserte Wettervorhersagen**
→ Bessere Planung der Stromeinspeisung durch Erneuerbare
- **Nachfragesteuerung**
→ Anpassung der Nachfrage an die Einspeisung der Erneuerbaren
- **Flexible Kraftwerke**
→ Bereitstellung der Restleistung
- **Netzausbau**
→ Großflächige Zusammenlegung unkorrelierter Schwankungen (>300km): Import / Export zwischen Ländern
- **Energiespeicherung**
→ Stromspeicherung wenn viel Erneuerbare Energie generiert wird und Stromeinspeisung wenn wenig generiert wird

Germany 2050: Stromproduktion ohne Netzausbau (Deutschland autark)

Große Speicherkapazitäten werden benötigt



- Export
- Speicheru inflow

Große Kapazitäten von Gaskraftwerken werden benötigt, insbesondere im Winter

Szenario:
90% CO₂
Emissions-
Reduktion
im
Stromsektor

Stunden

Haller et al. 2011, submitted

28

Zwischenfazit

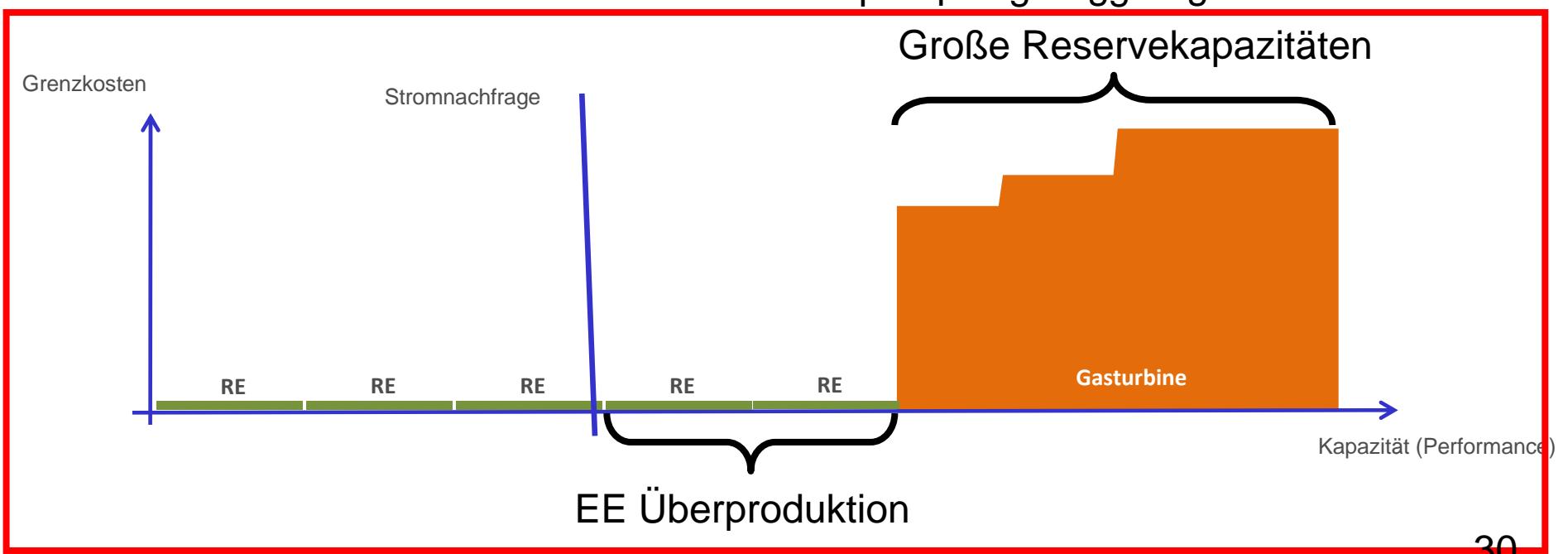
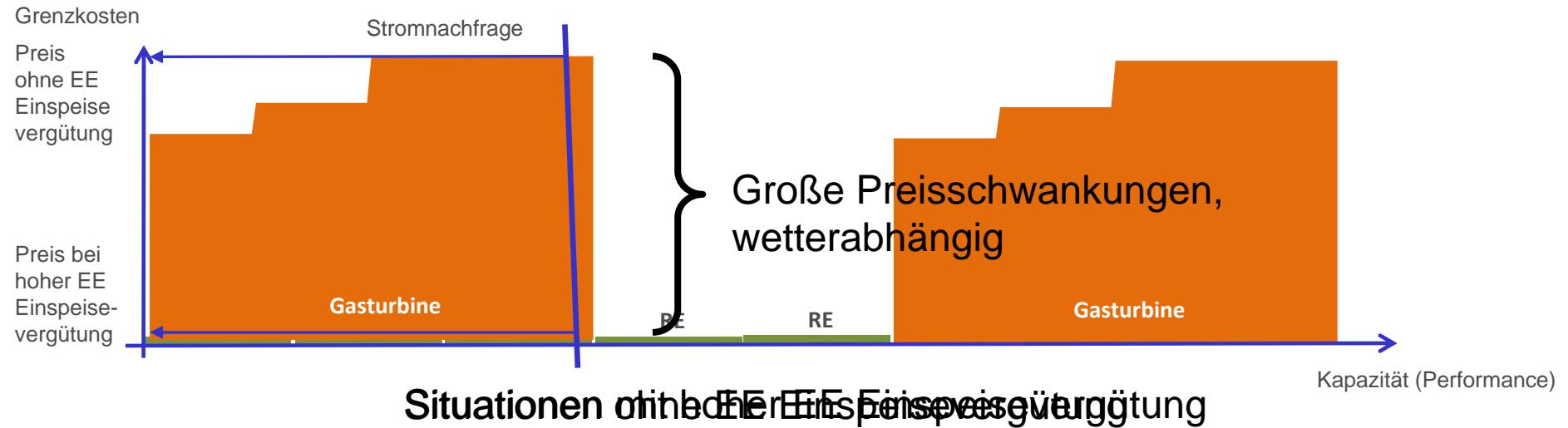
Es werden große Back-up Kapazitäten an flexiblen Gaskraftwerken benötigt um die Residuallast bereitzustellen, wenn über längere Zeiträume nur geringe Stromproduktion aus Erneuerbaren vorhanden ist (europäischer Winter)...

...sogar bei einem integrierten europäischen Stromnetz

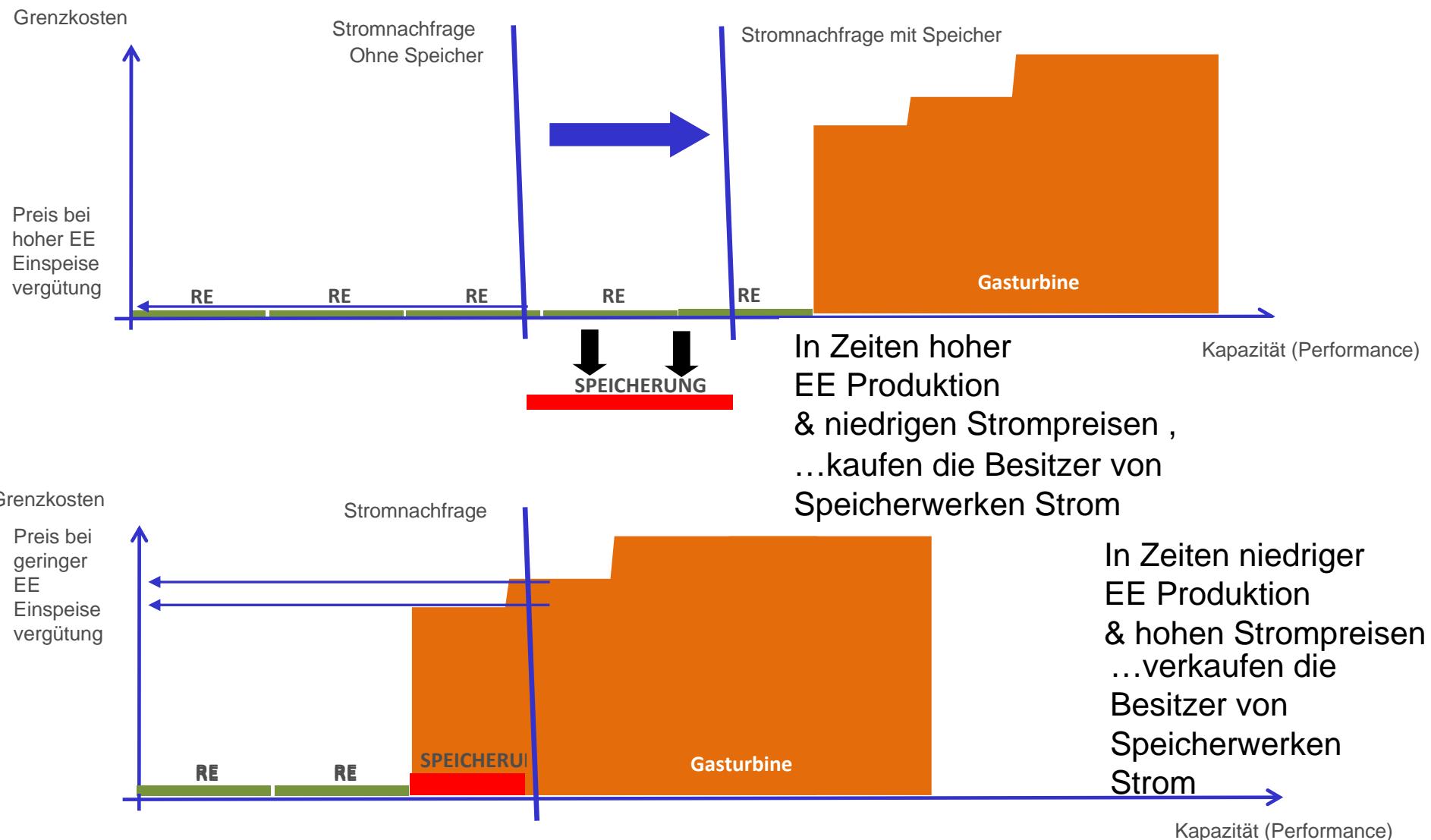
...sogar bei großen Tag/Nacht oder mittelfristigen Speicherkapazitäten (z.B. Pumpspeicherkraftwerken)

Was bedeutet das für den Strommarkt, für die CO₂ Emissionen im Stromsektor, und welche Rolle könnte möglicherweise Methanisierung spielen?

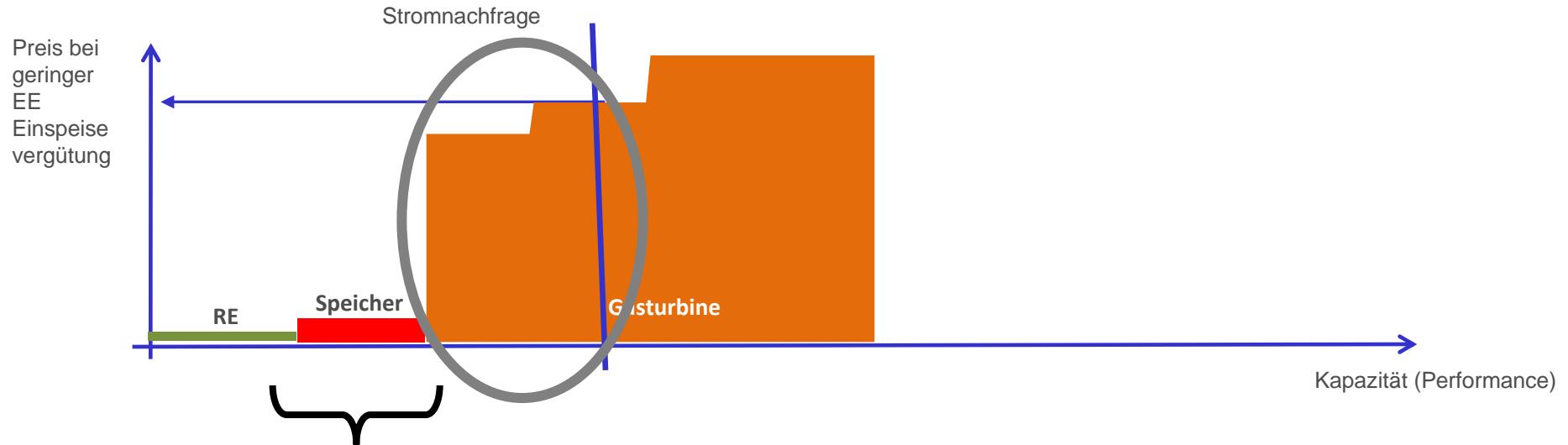
Das Marktsystem der Zukunft? Merit Order Preisbildung mit hohen Anteilen Erneuerbarer und flexiblen Gaskraftwerken



Die Rolle der klassischen Speicher (z.B. Pumpspeicherwerke)



Kapazität der existierenden Pumpspeicherwerke in Europa reicht nicht aus



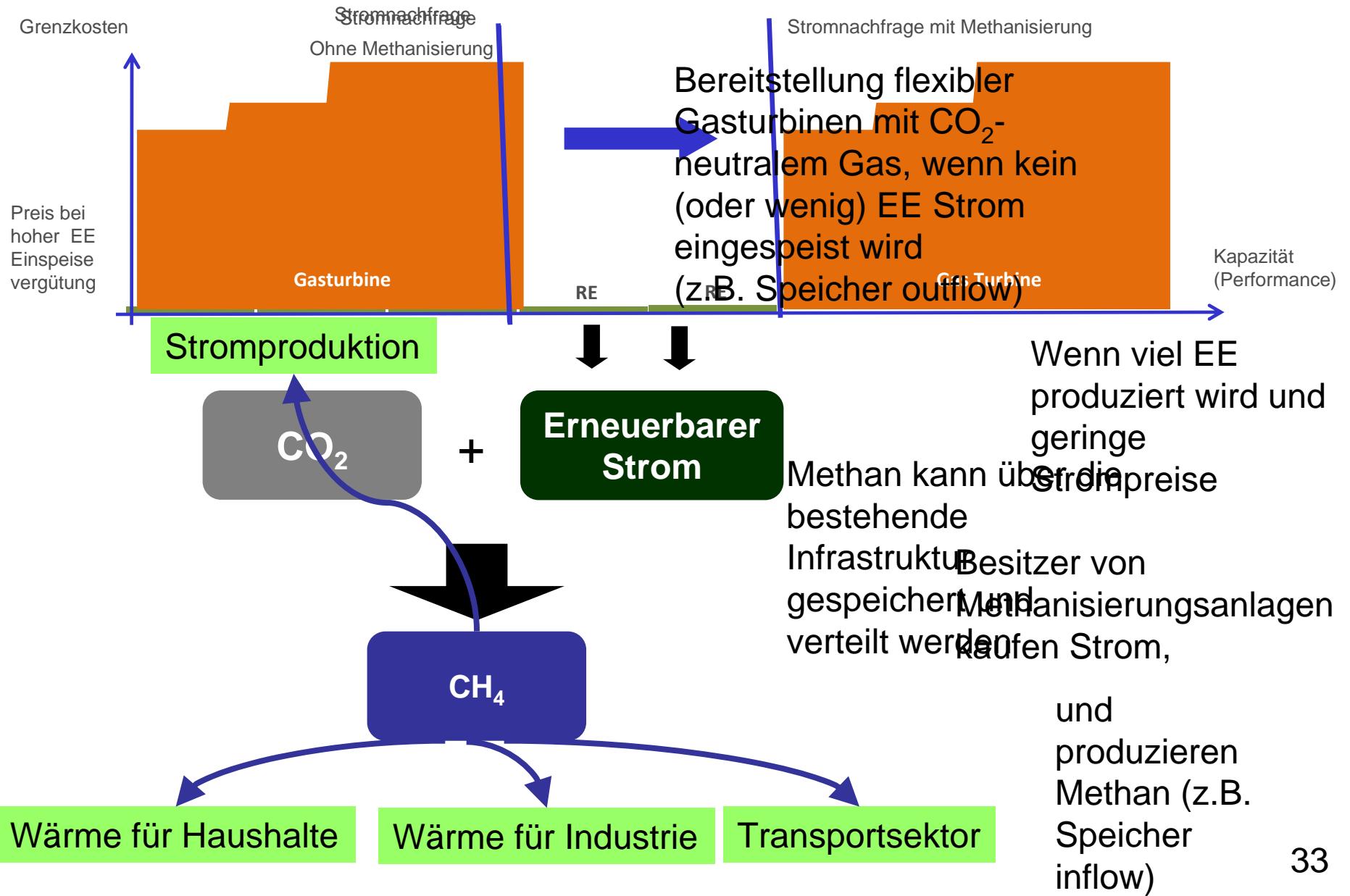
Pumpspeicherkapazitäten in Europa sind begrenzt

Gasturbinen müssen die Residuallast bereitstellen sobald Erneuerbare die Nachfrage nicht mehr decken können

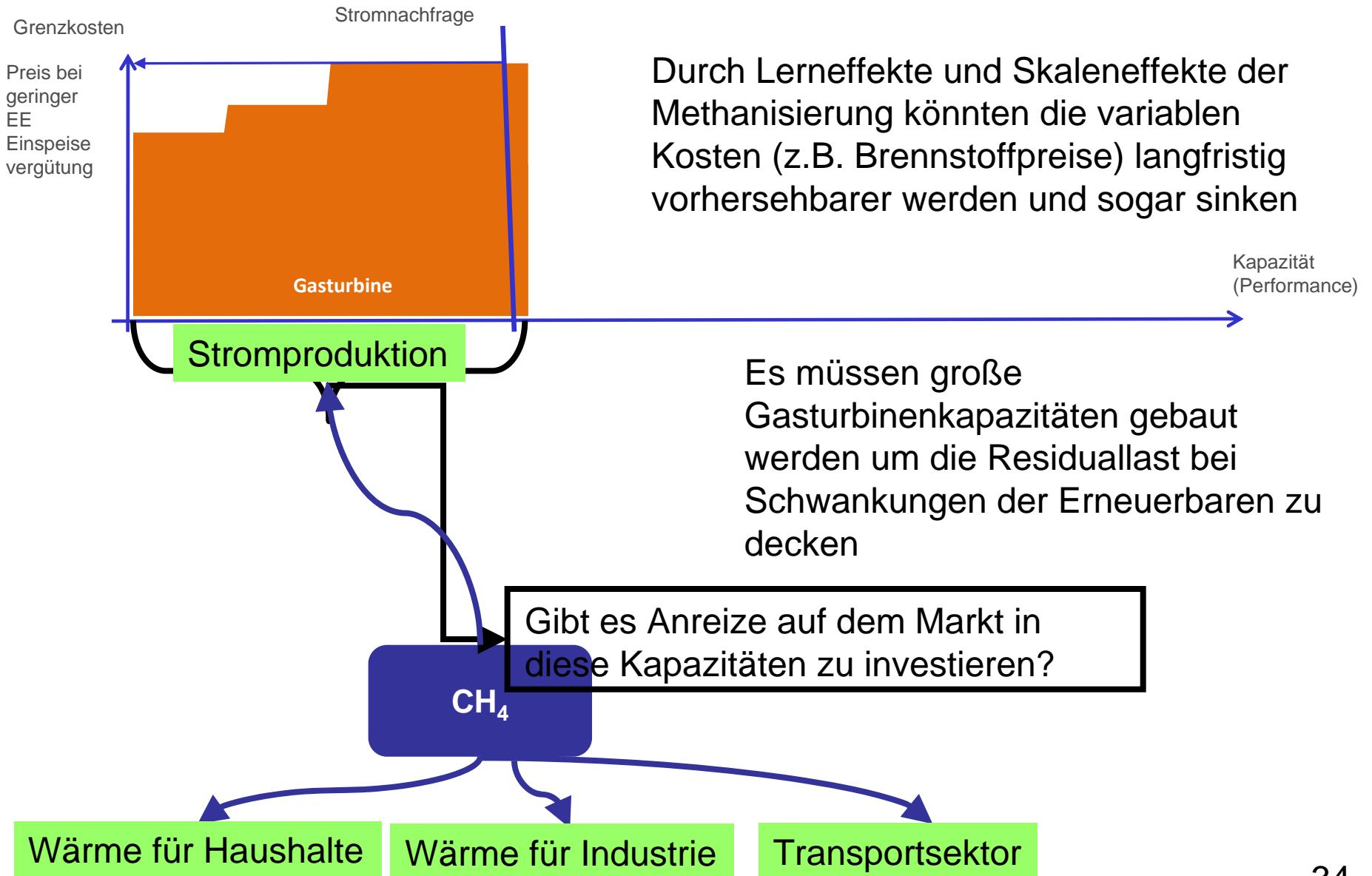


- Erdgas verursacht CO₂ Emissionen
- Erdgas ist eine knappe Ressource, deren Preis in Zukunft stark steigen kann

Das Potenzial von Methanisierung



Das Potenzial von Methanisierung



Methanisierung könnte das Blatt entscheidend wenden

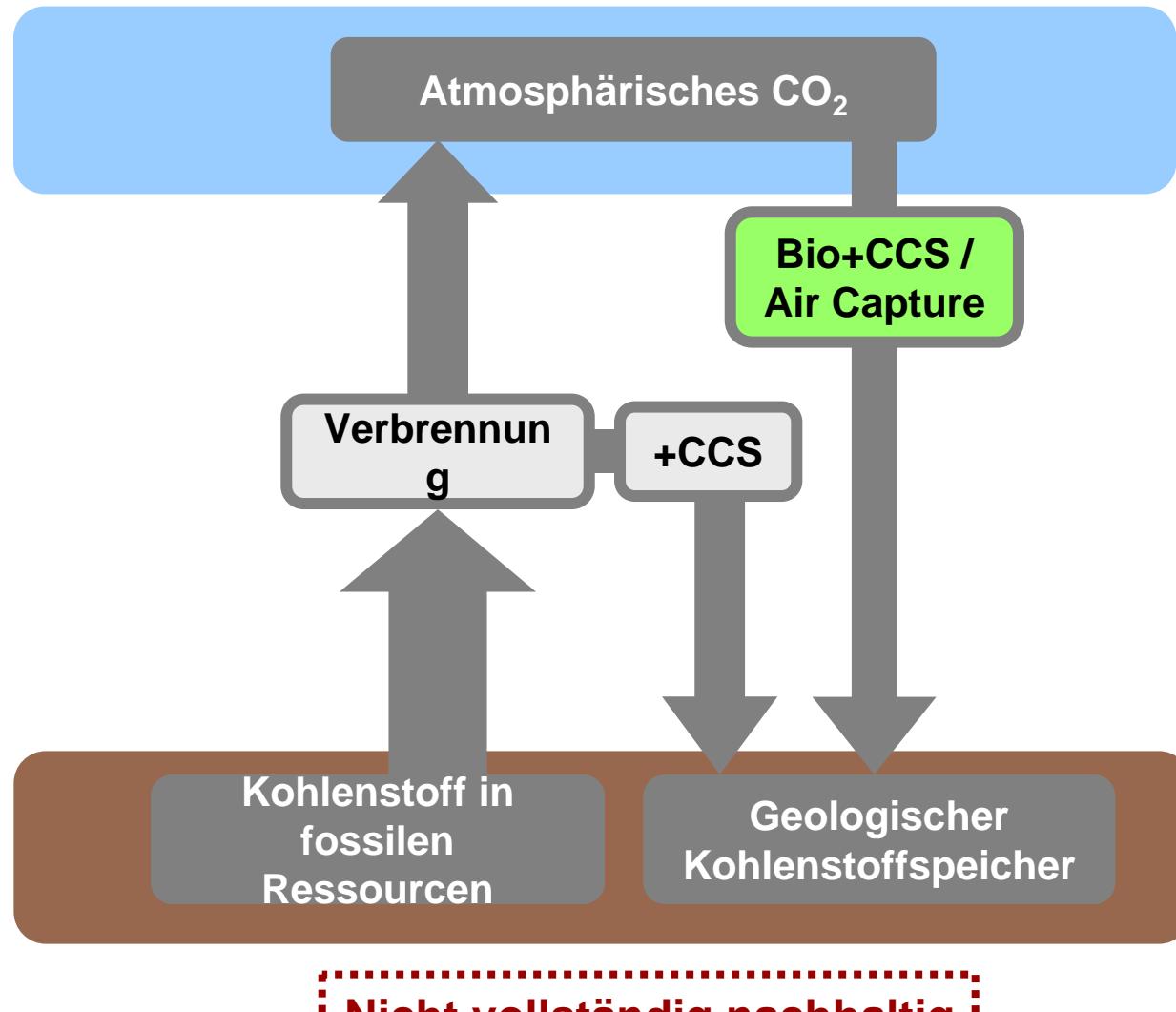
Was kostet Methanisierung?

Ist sie in globalem Maßstab umsetzbar?

Wie ist die Emissionsbilanz?

Carbon Capture and ...

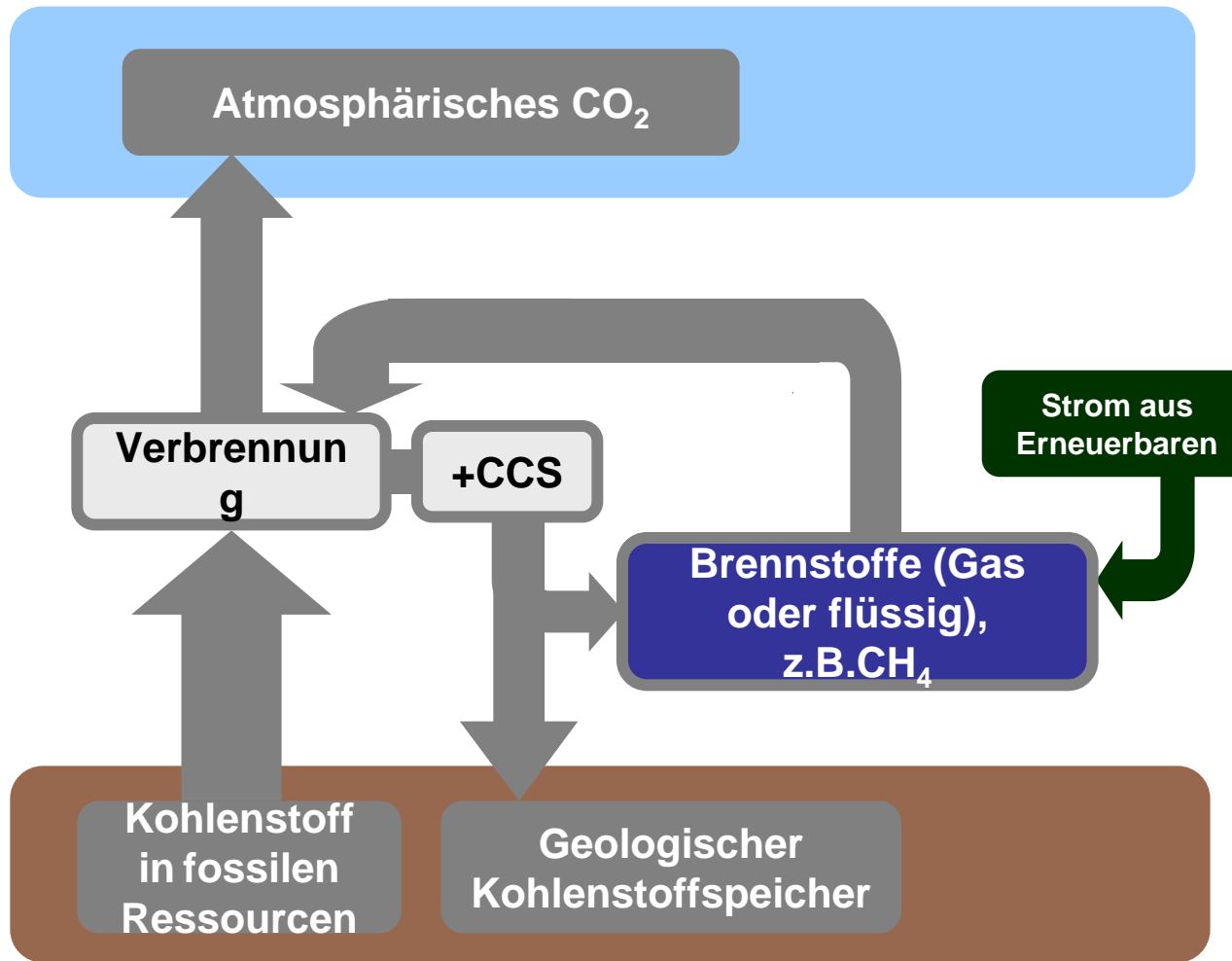
...storage (CCS) (Abscheidung und Speicherung von CO₂)



Nicht vollständig nachhaltig

Carbon Capture and ...

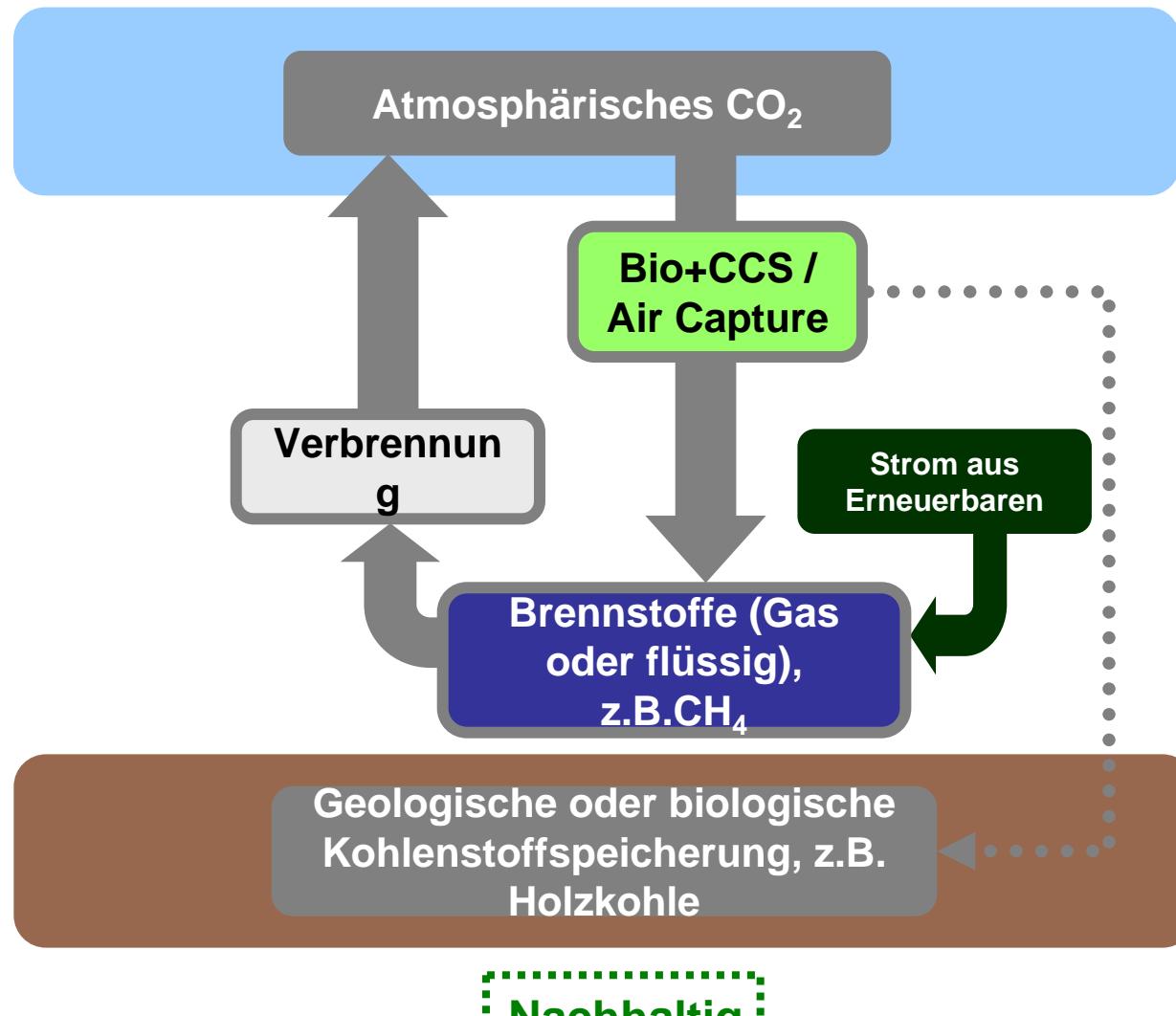
...use (CCU)



Übergang

Carbon Capture and ...

...cycling (CCC) (Kreislaufwirtschaft)



Die deutsche Energiewende muss im europäischen Kontext gedacht werden



EUROPÄISCHE KOMMISSION – PRESSEMITTEILUNG

Energiefahrplan 2050: ein sicherer, wettbewerbsfähiger und CO₂-armer Energiesektor ist möglich

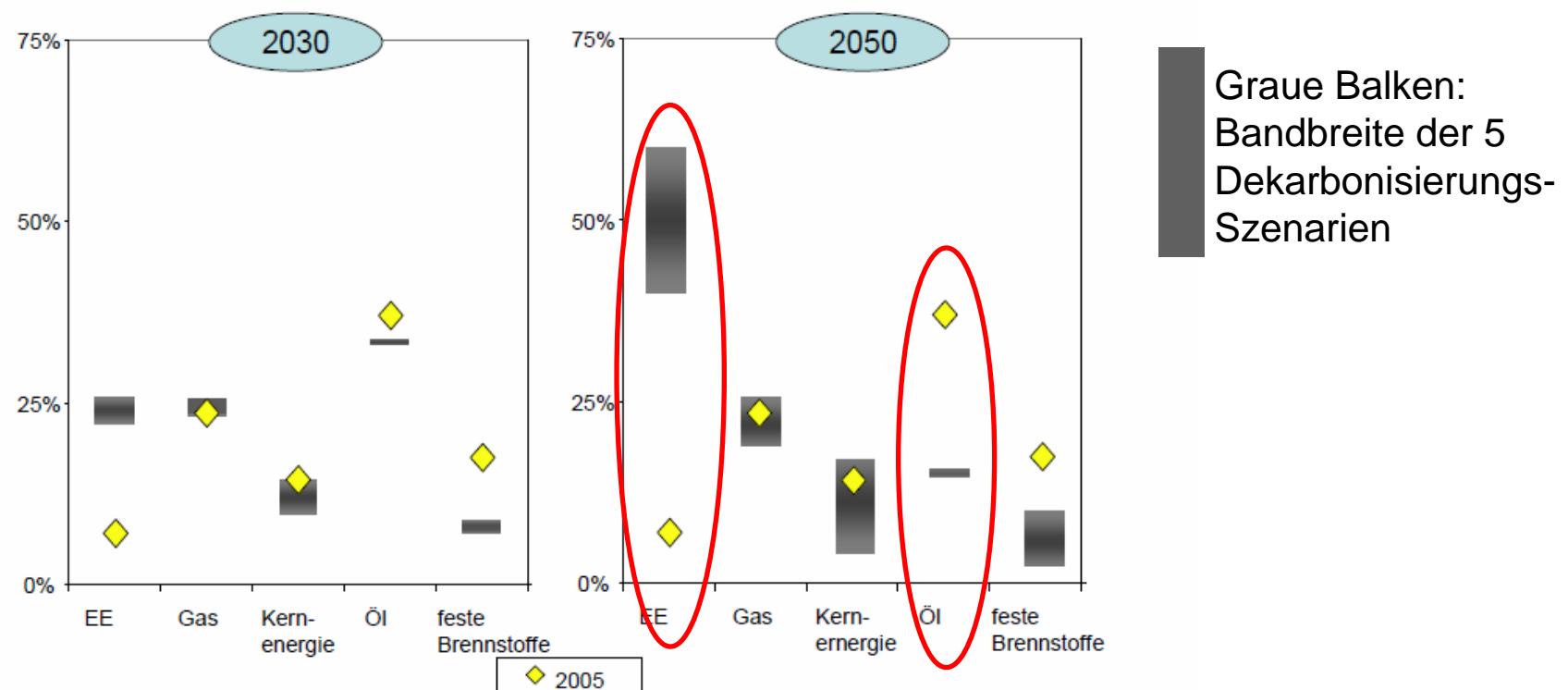
Brüssel, 15. Dezember 2011 - Um das Ziel „Emissionssenkung um mehr als 80 % bis 2050“ zu erreichen, muss die Energieproduktion in Europa nahezu CO₂-frei werden. In dem Energiefahrplan 2050, den die Kommission heute vorstellt, wird dargelegt, wie dies ohne eine Beeinträchtigung der Energieversorgung und der Wettbewerbsfähigkeit möglich ist. Ausgehend von der Analyse mehrerer Szenarios werden die Auswirkungen eines CO₂-freien Energiesystems und des dafür erforderlichen politischen Rahmens beschrieben. Auf dieser Basis sollten die Mitgliedstaaten die notwendigen energiepolitischen Entscheidungen treffen und ein stabiles Geschäftsumfeld für private Investitionen, insbesondere bis 2030, schaffen können.

Energiekommissar Günther Oettinger erklärte dazu: „*Nur ein neues Energiemodell wird langfristig dafür sorgen, dass unser System sicher, wettbewerbsfähig und nachhaltig ist. Wir verfügen jetzt über einen europäischen Rahmen dafür, dass die politischen Maßnahmen zur Sicherung der notwendigen Investitionen getroffen werden.*“

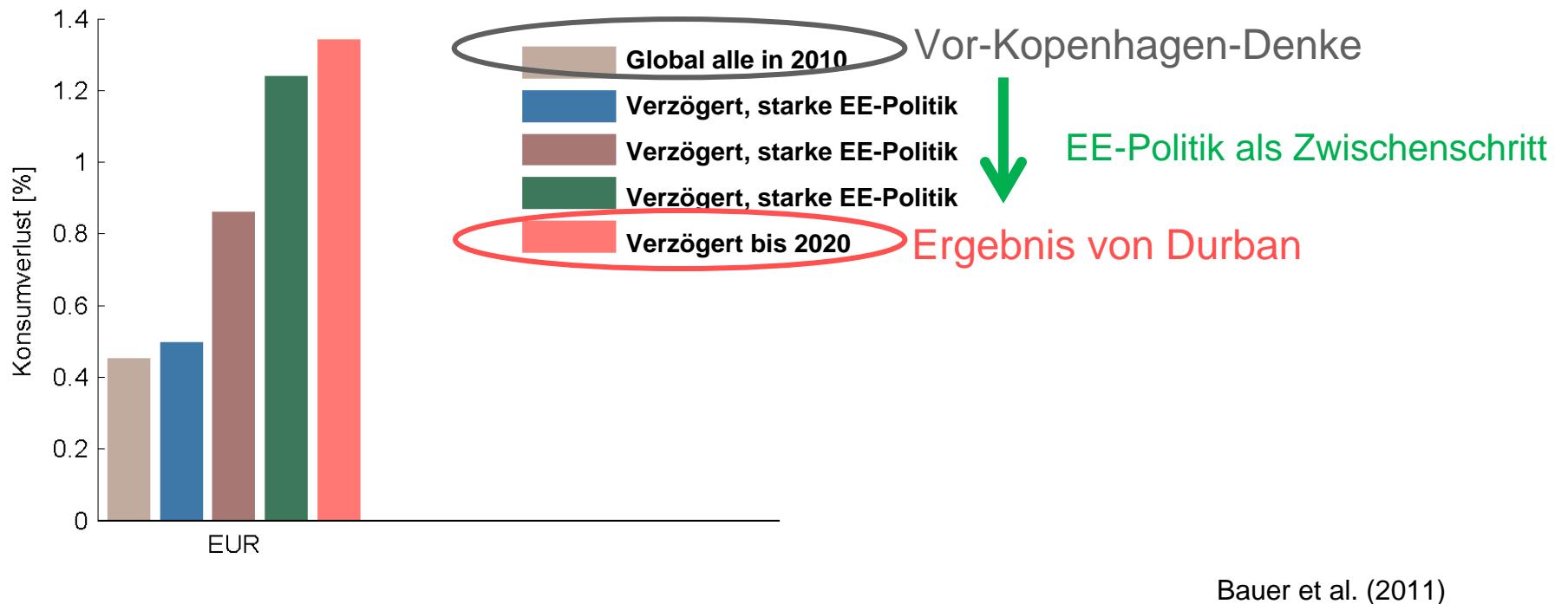
Die deutsche Energiewende muss im europäischen Kontext gedacht werden

EU Energy Roadmap als Basis für die Entwicklung eines langfristigen Europäischen Rahmens

Abbildung 1: EU-Dekarbonisierungsszenarios – Spanne des Brennstoffanteils am Primärenergieverbrauch 2030 und 2050 gegenüber 2005 (in %)



Europa profitiert von frühzeitiger EE-Politik



- Eine frühzeitige Erneuerbare-Politik kann die Kosten senken und als kurzfristiges Substitut für einen globalen CO₂ Preis dienen
- Weitere Ergebnisse zeigen: Europa profitiert von einer Vorreiterrolle

Die deutsche Energiewende muss im europäischen Kontext gedacht werden

Es kommt aber nicht nur auf Europa an, sondern auch ...

...auf Bayern



http://www.toonpool.com/cartoons/CSU%20Energiewende_129166