



POTSDAM INSTITUTE FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH

Klima, Kohle, Kapital – Herausforderungen der gegenwärtigen Klimapolitik

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

ENERGI3: Integriert, intelligent, international –
die nächste Phase der Energiewende
ESYS-Energiesymposium

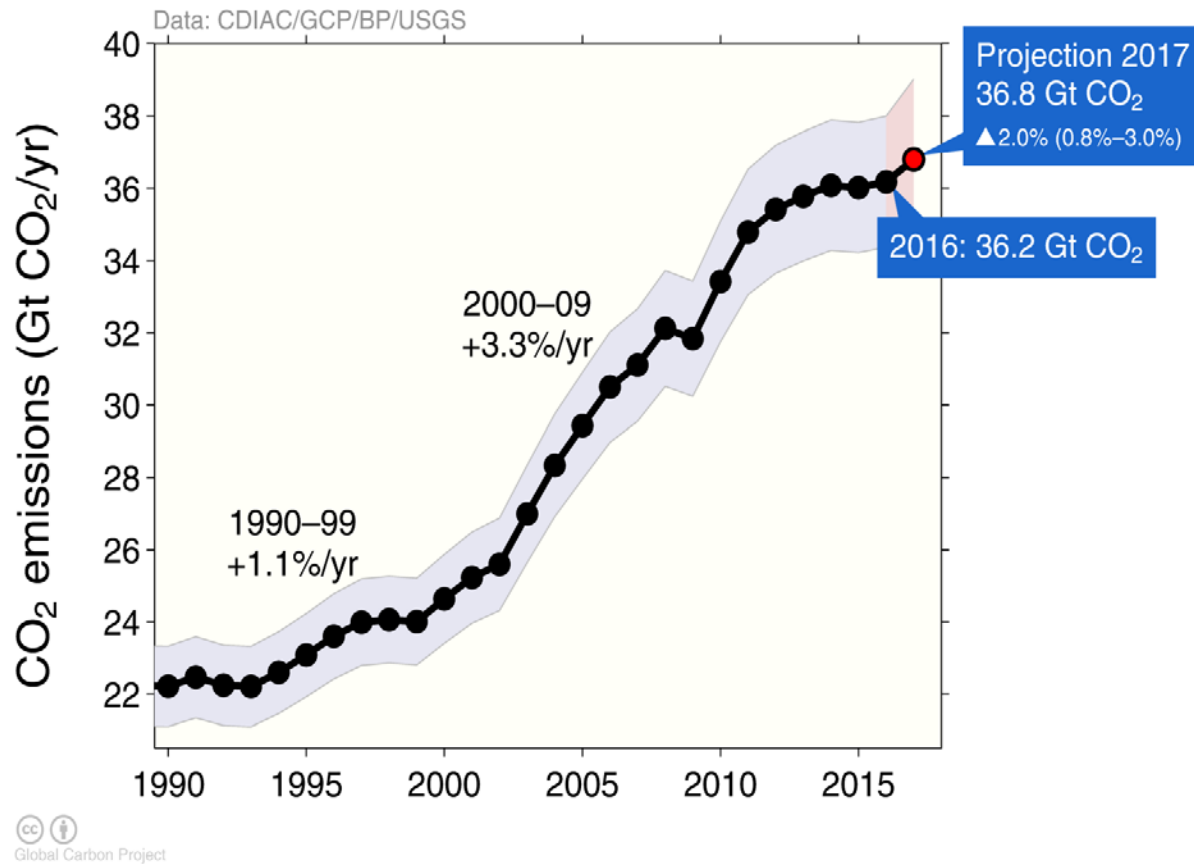
Berlin, 12.09.2018

Im Buchhandel erhältlich

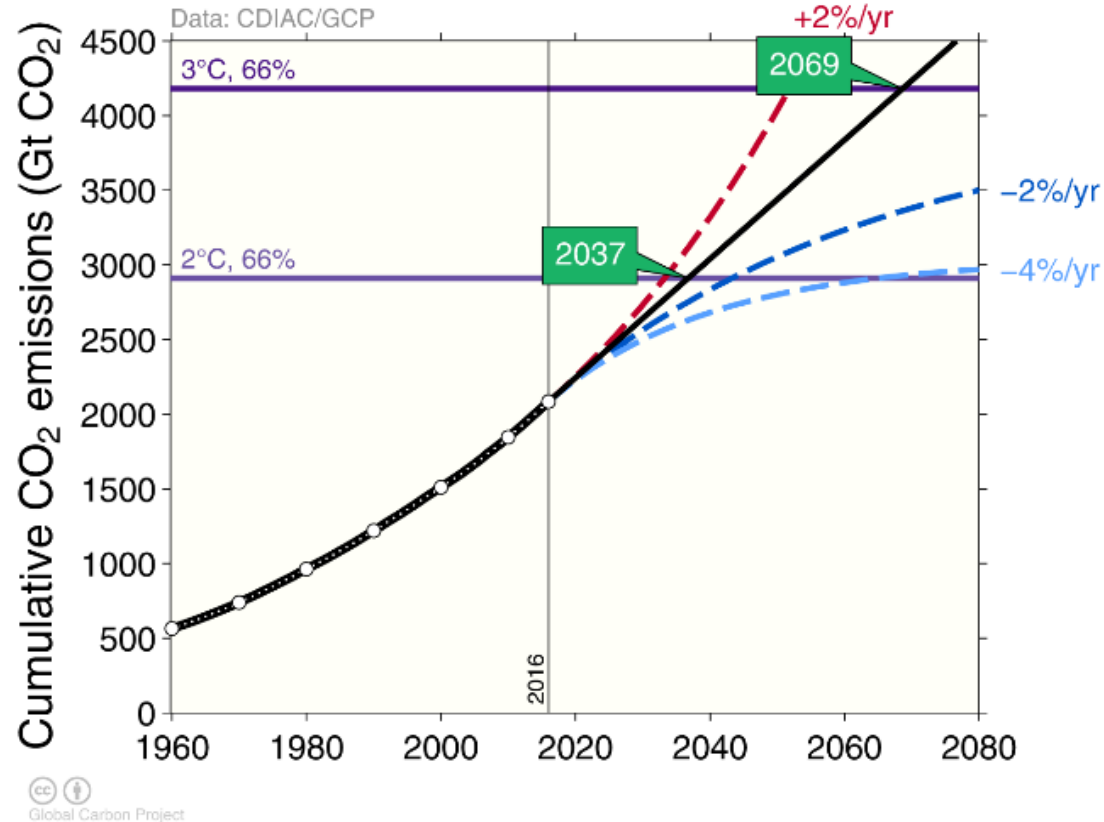


www.mcc-berlin.net/klimabuch

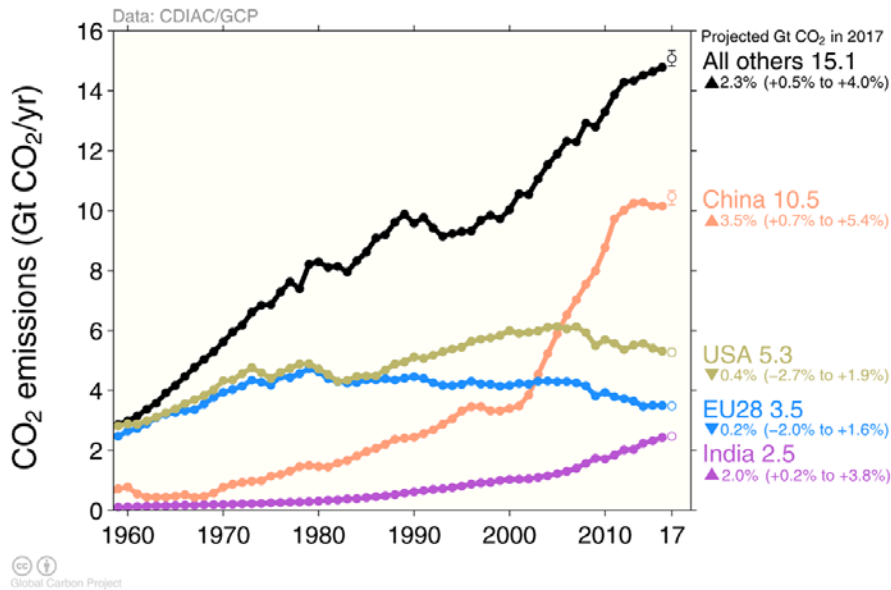
Die Emissionen steigen!



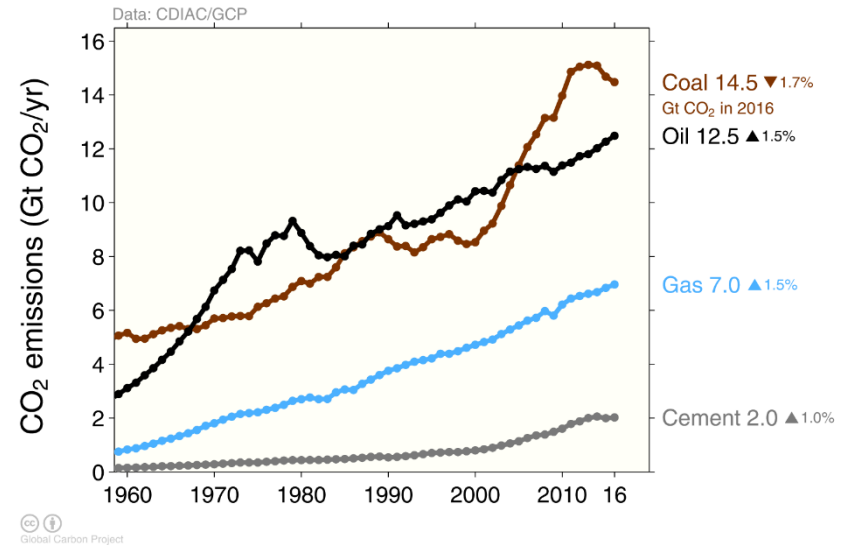
Wir sind nicht auf dem richtigen Weg.



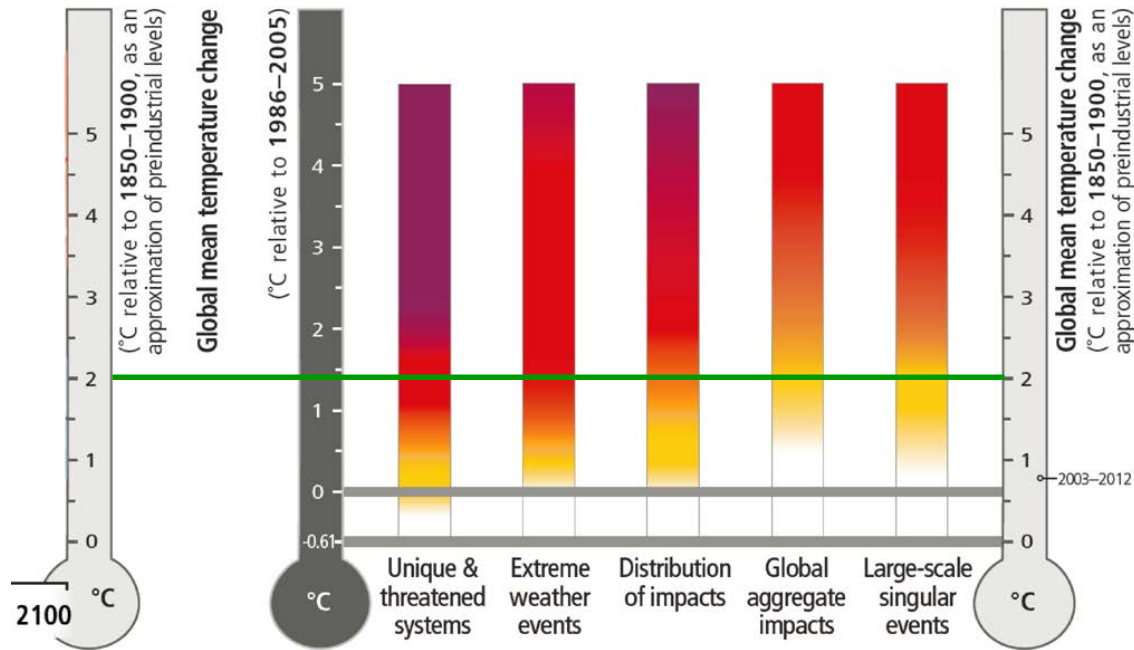
Zeigt die Klimapolitik bereits Wirkungen?



Quelle: Global Carbon Project 2017

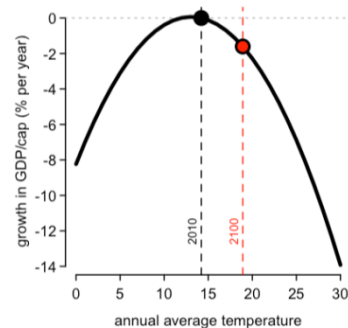
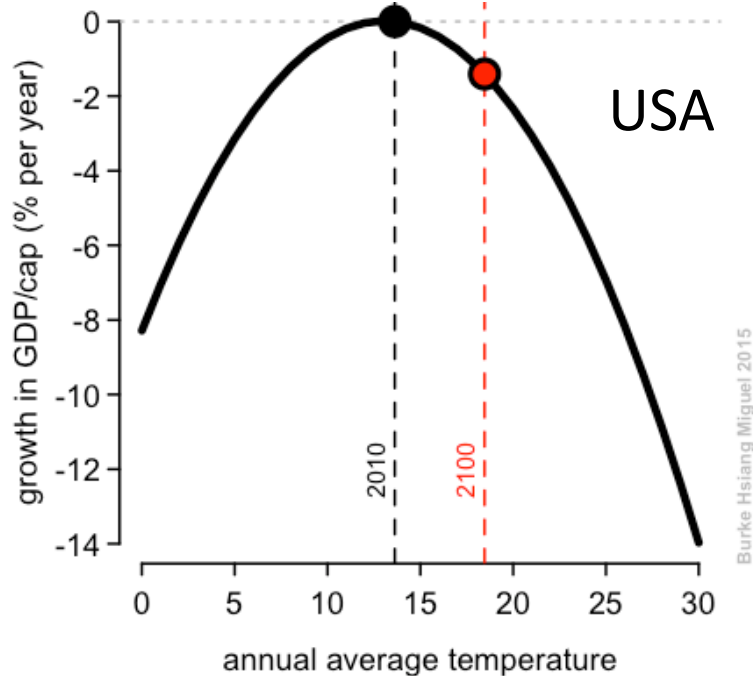


Die Risiken des ungebremsten Klimawandels

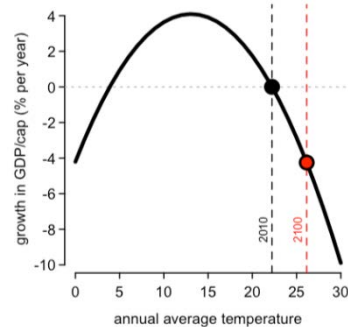


Quelle: Darstellung von H. J. Schellnhuber

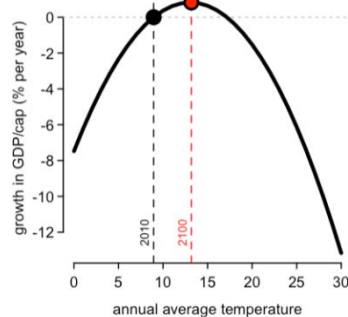
Wachstum vs. Temperatur



Chi
na



Braz
il



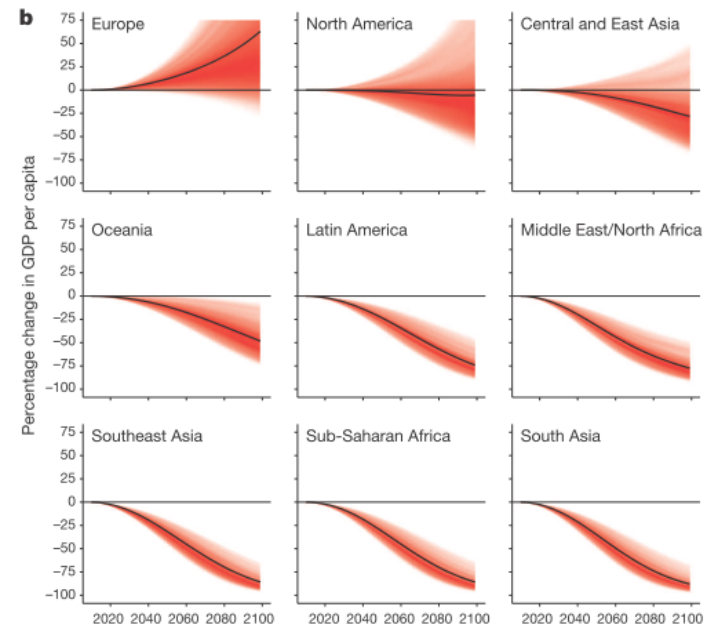
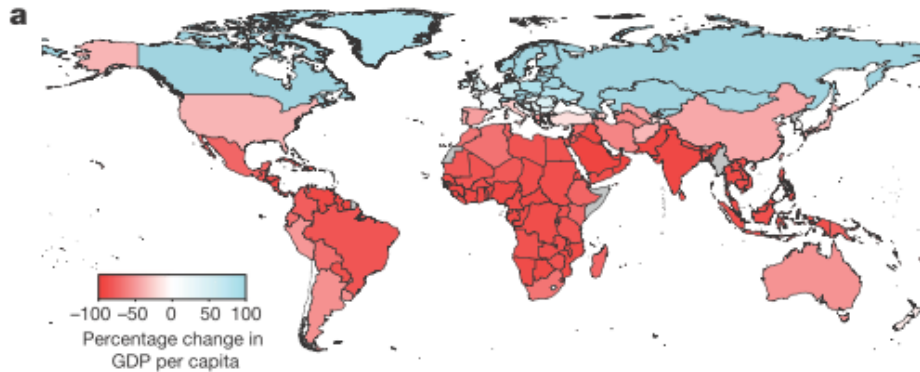
German
y

LETTER

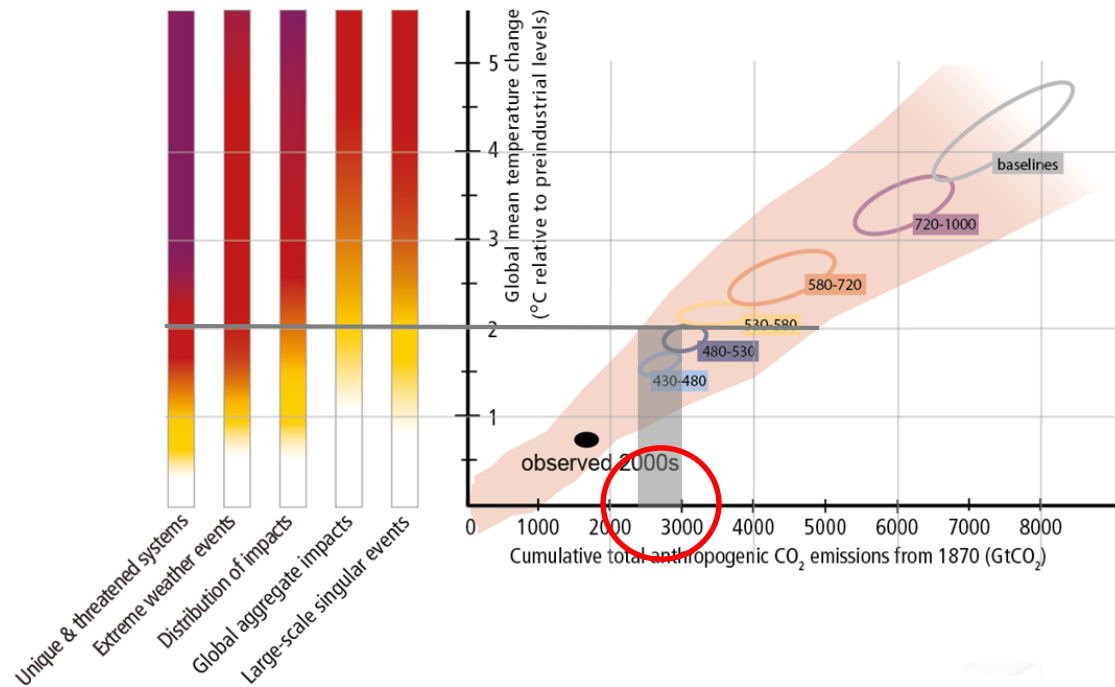
Global non-linear effect of temperature on economic production

Marshall Burke^{1,2*}, Solomon M. Hsiang^{3,4*} & Edward Miguel^{4,5}

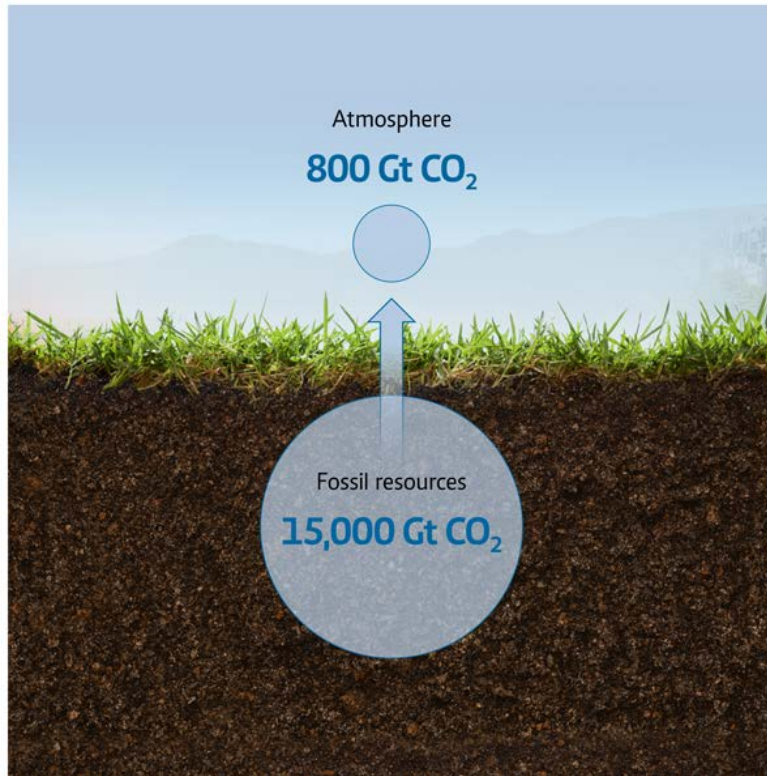
nature



Die Risiken des Klimawandels hängen von den kumulativen CO₂-Emissionen ab...



Das Klimaproblem auf einen Blick



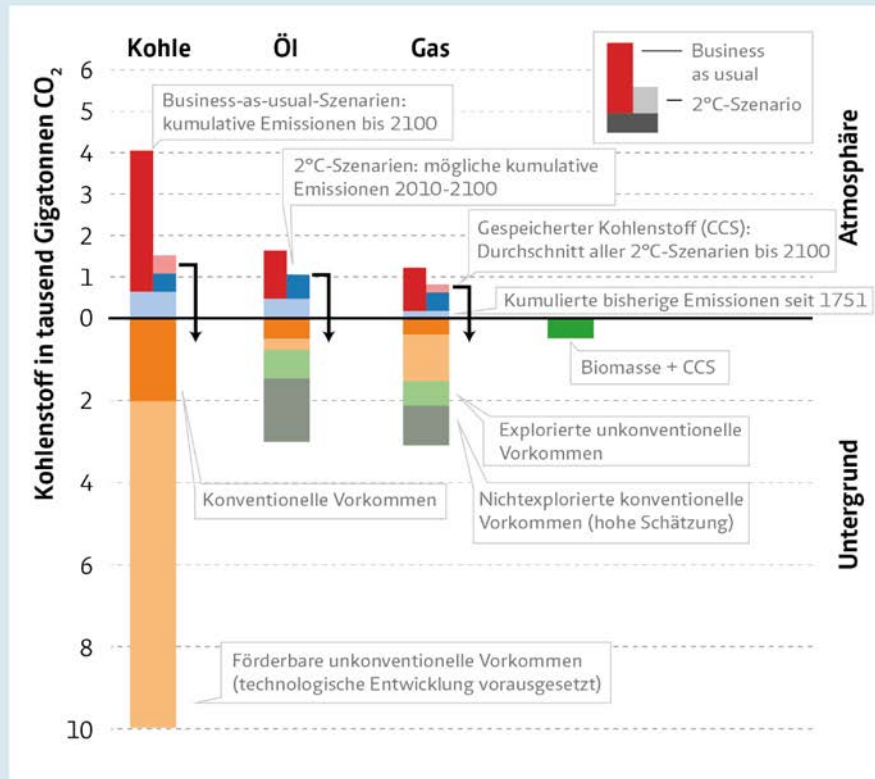
Ressourcen und Reserven, die bis 2100 im Boden bleiben müssen

(Median im Vergleich zur Baseline, AR5 Database)

bis 2100	mit CCS [%]	ohne CCS [%]
Kohle	70	89
Öl	35	63
Gas	32	64

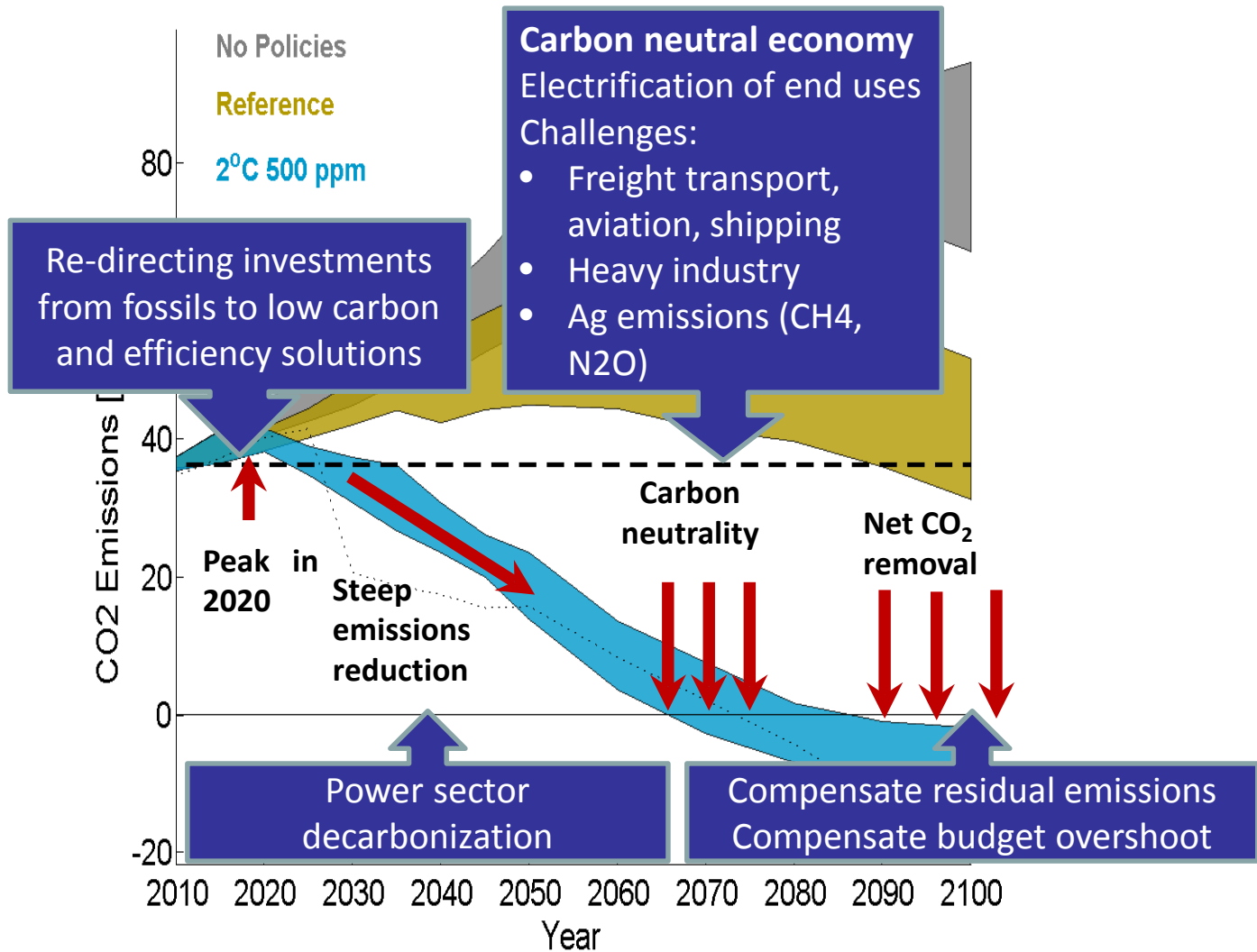
Knapper Deponieraum der Atmosphäre – Überangebot an fossilen Energieträgern

Vorhandene Reserven an fossilen Energieträgern im Vergleich mit der Menge, die noch benutzt werden kann, um das 2°C-Ziel zu erreichen



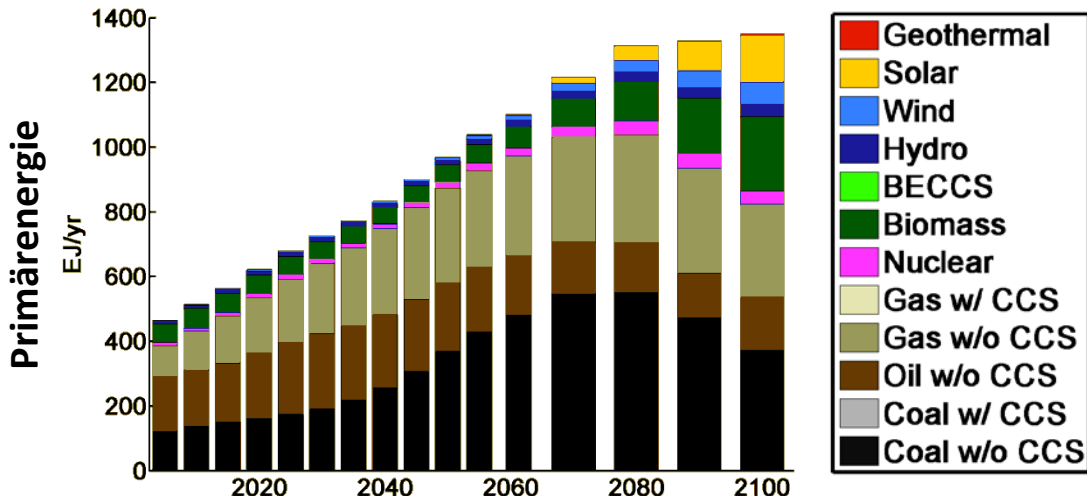
© 2017 MCC

Die langfristigen Vermeidungspfade



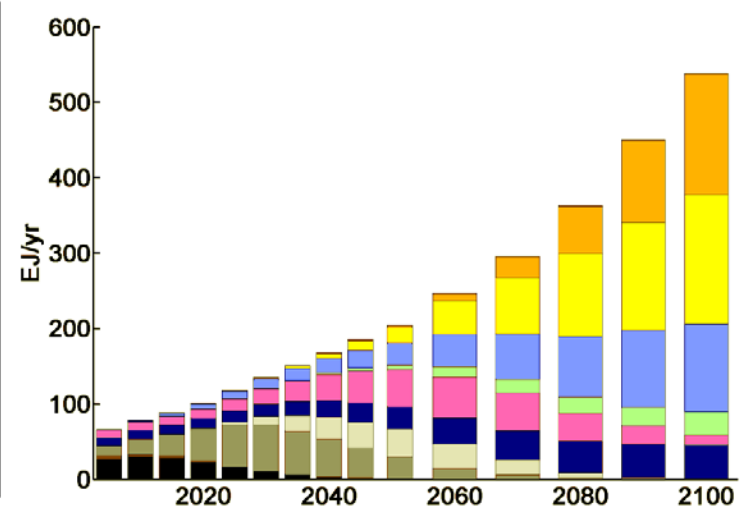
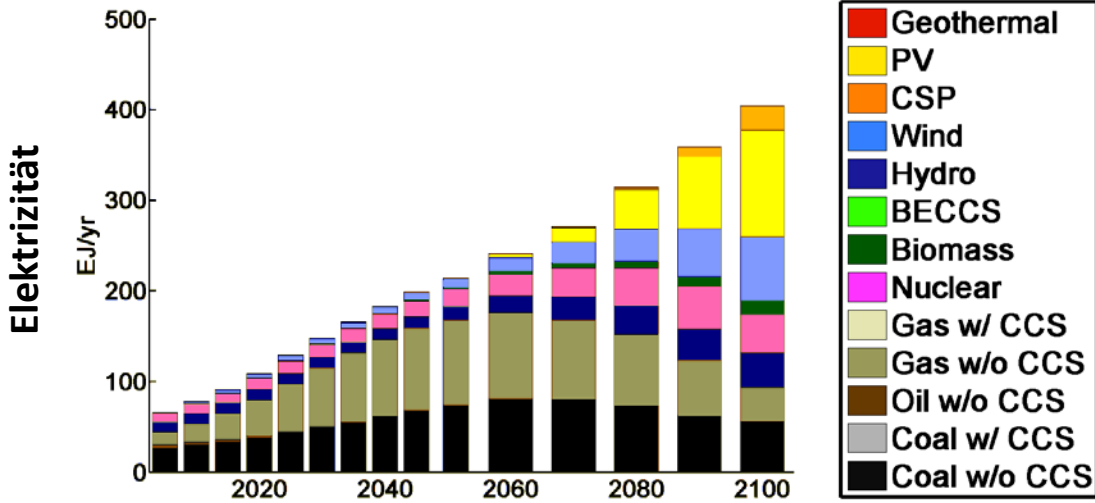
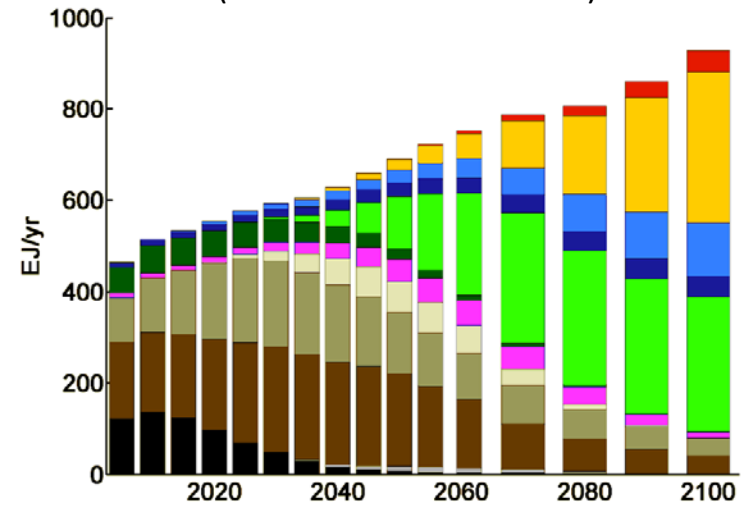
Transformationspfade im globalen Energiesystem

Baseline



Klimapolitik

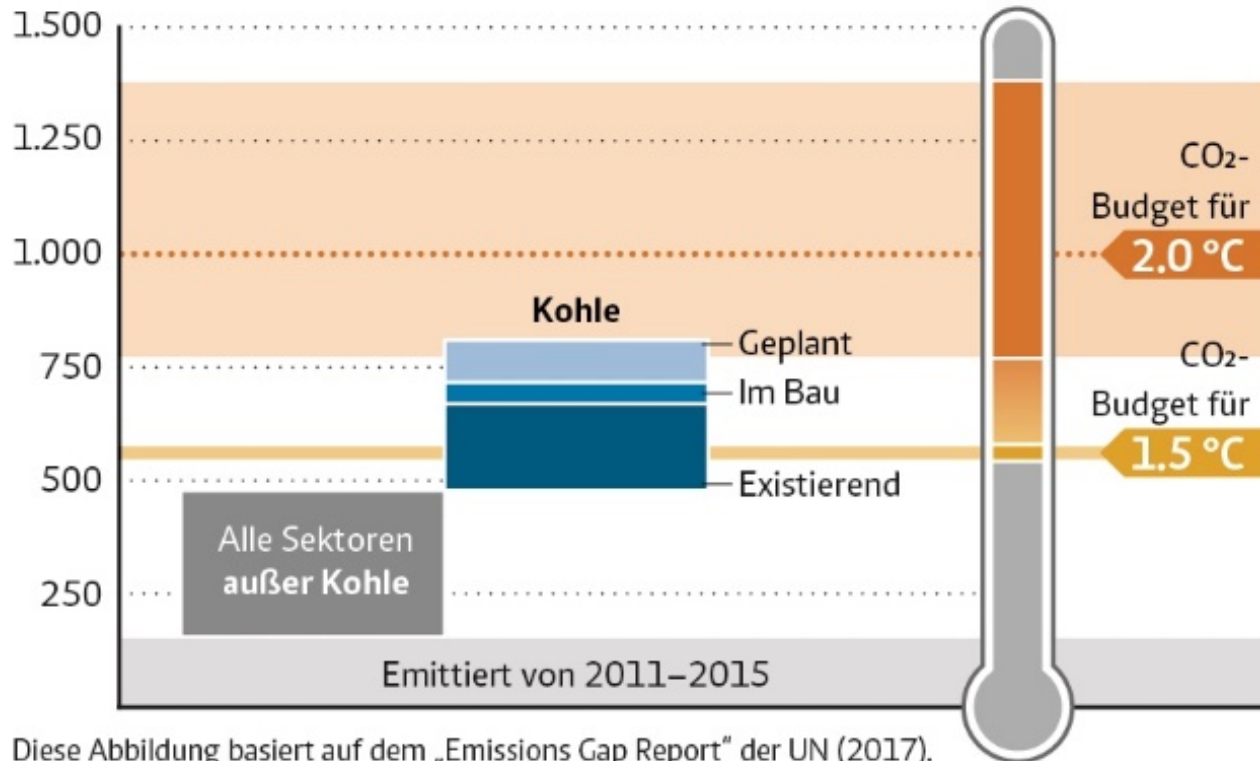
2°C (50% Wahrscheinlichkeit)



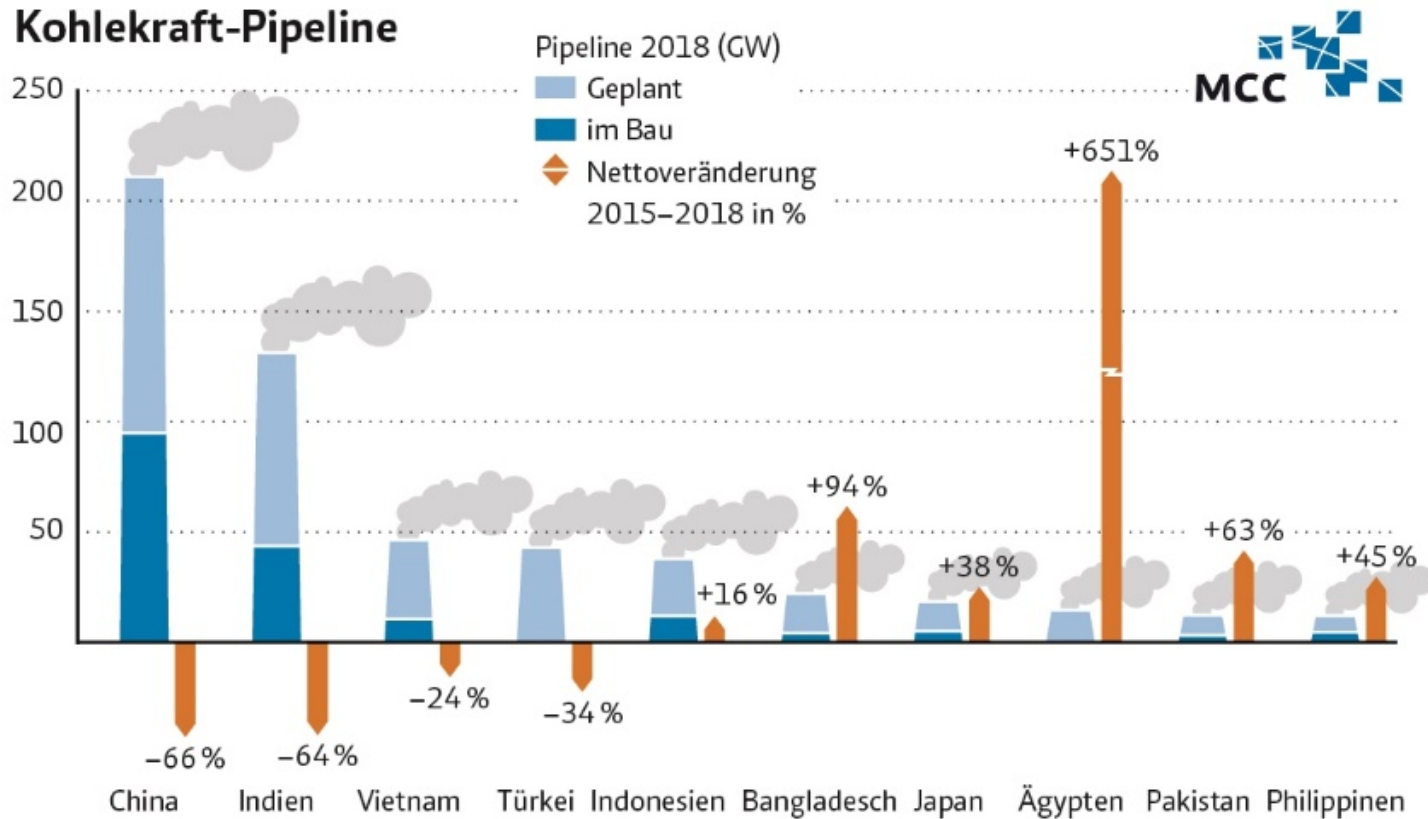
Kohle zehrt CO₂ Budget auf

Kohle zehrt CO₂-Budget auf

Zu erwartende globale Emissionen (Gt CO₂)

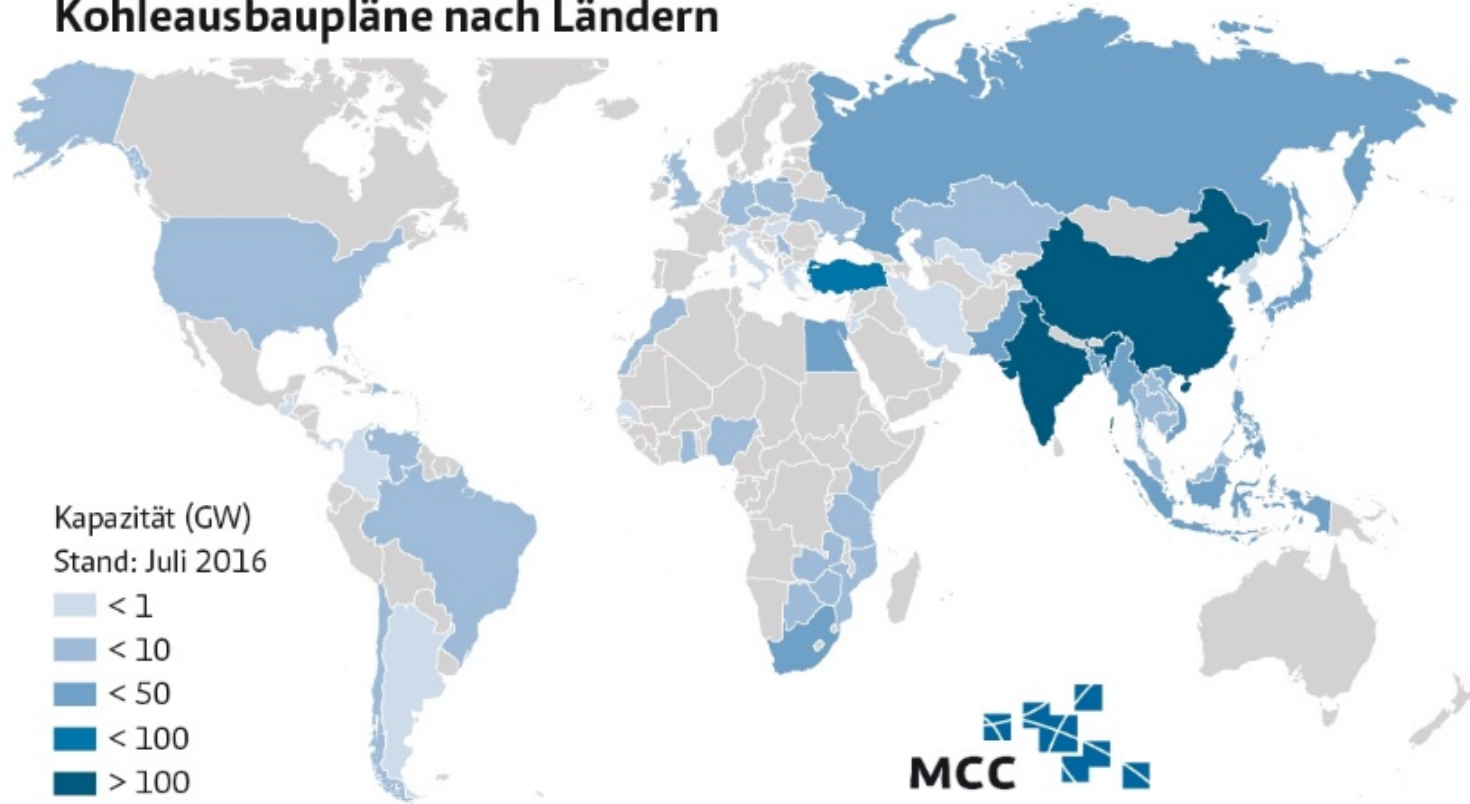


Kohlekraft-Pipeline



Kohleausbaupläne nach Ländern

Kohleausbaupläne nach Ländern



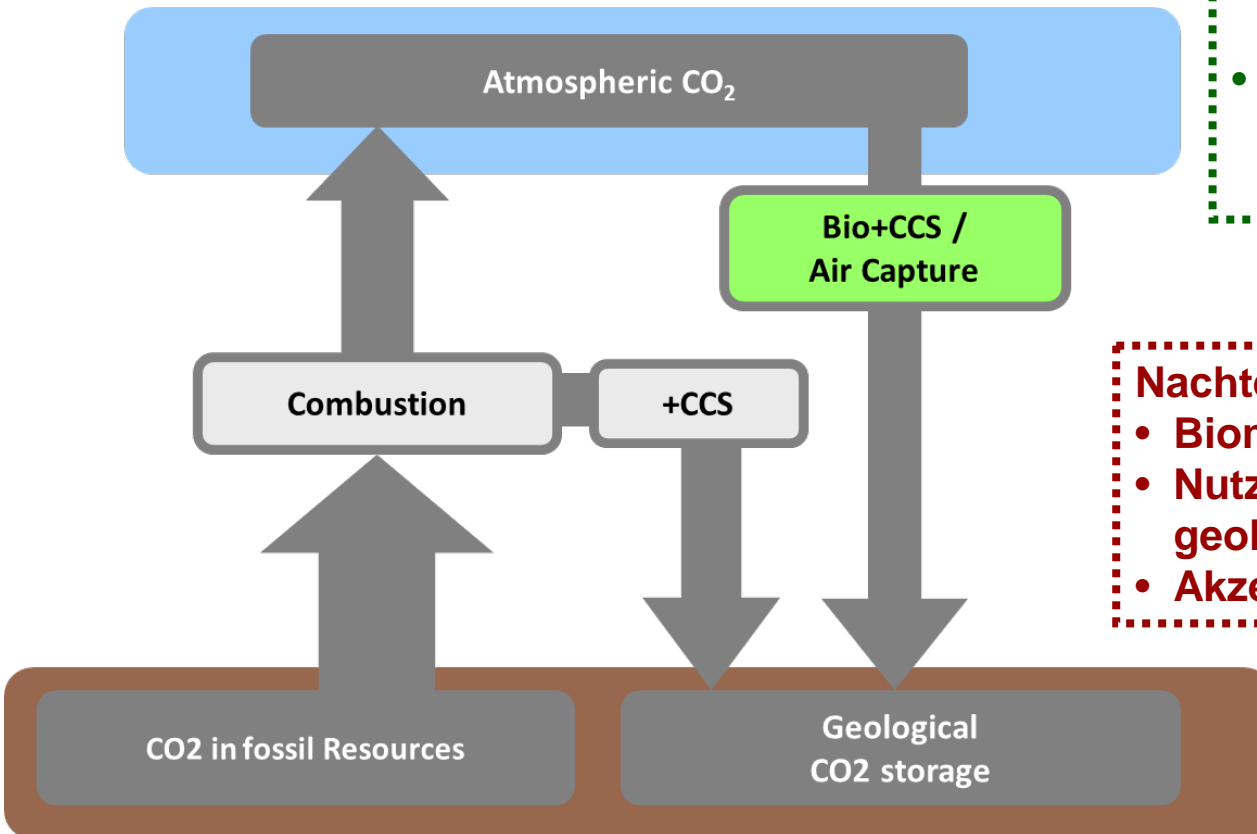
Alternative CCX-Visionen: Carbon Capture and Storage (CCS)

Vorteile

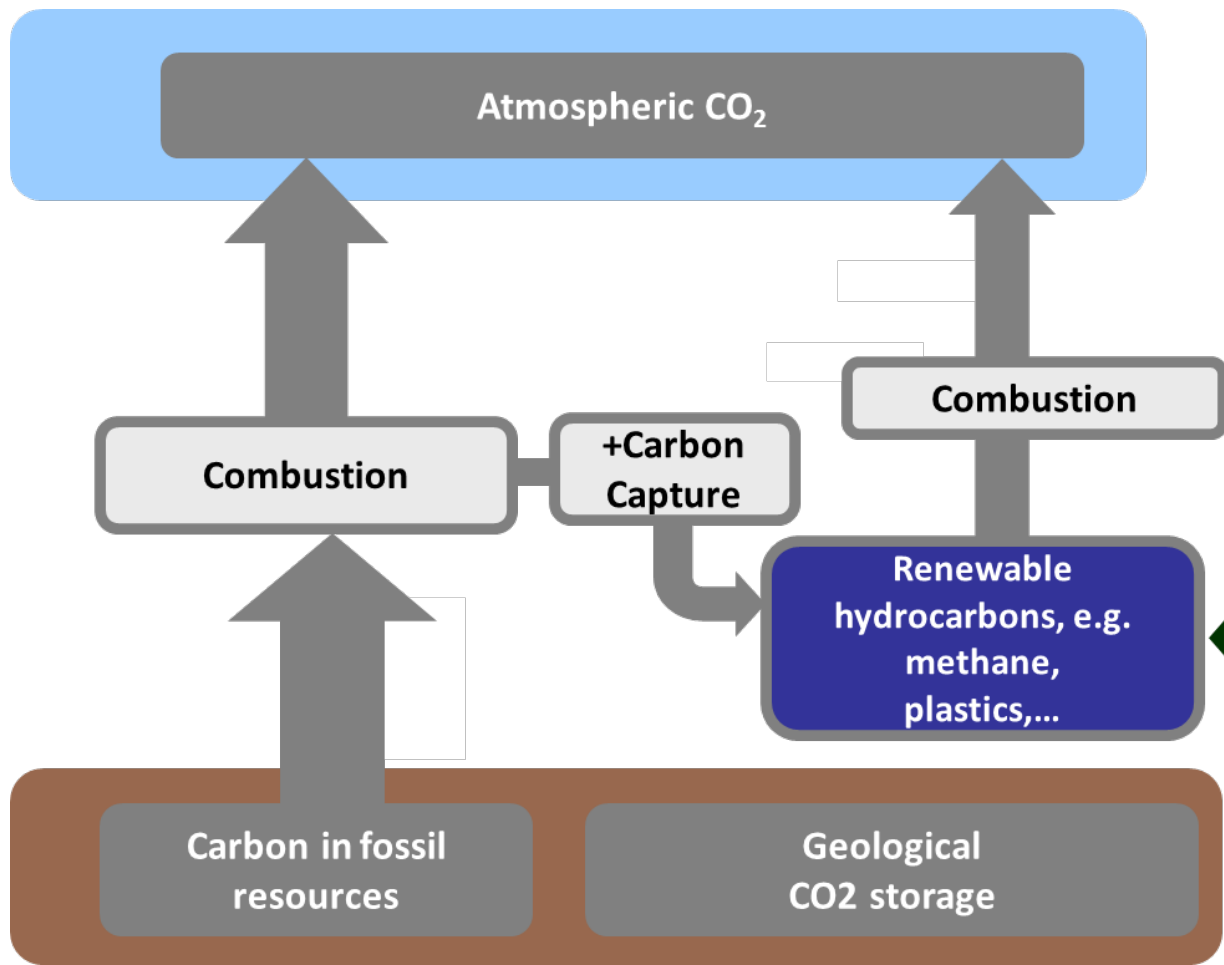
- Relativ günstige CO₂-Vermeidung
- Potential für netto negative Emissionen auf Systemebene

Nachteile:

- Biomassenutzung
- Nutzung erschöpflicher geologischer Ressourcen
- Akzeptanzprobleme



Alternative CCX-Visionen: Carbon Capture and Utilization (CCU)



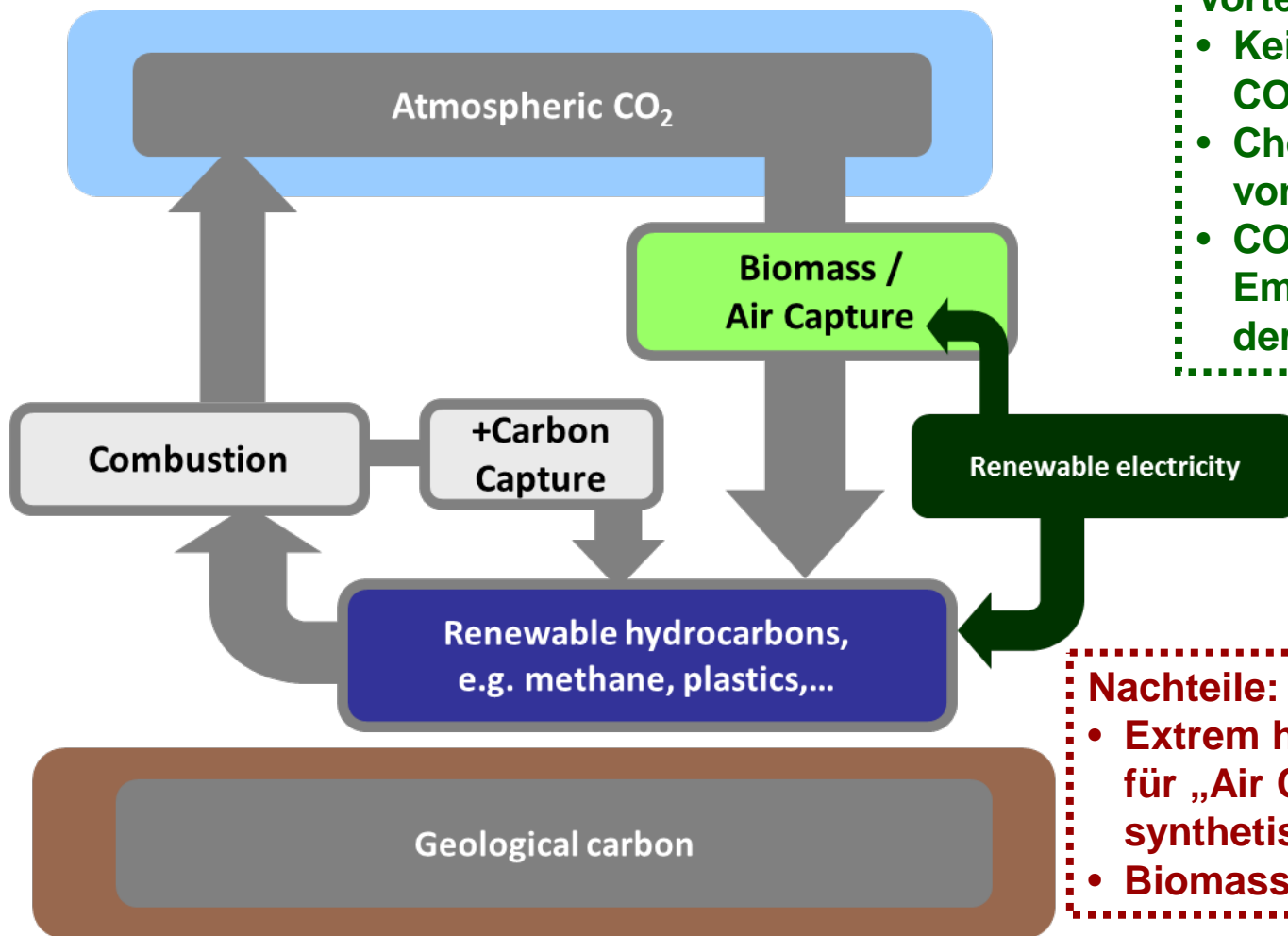
Vorteile:

- Keine geologische CO₂-Speicherung
- Chemische Speicherung erneuerbaren Stroms

Nachteile:

- Substantielle Restemissionen
- Hoher Energieaufwand für CO₂-Abscheidung und synthetische Kraftstoffe

Alternative CCX-Visionen: Carbon Capture and Cycling (CCC)



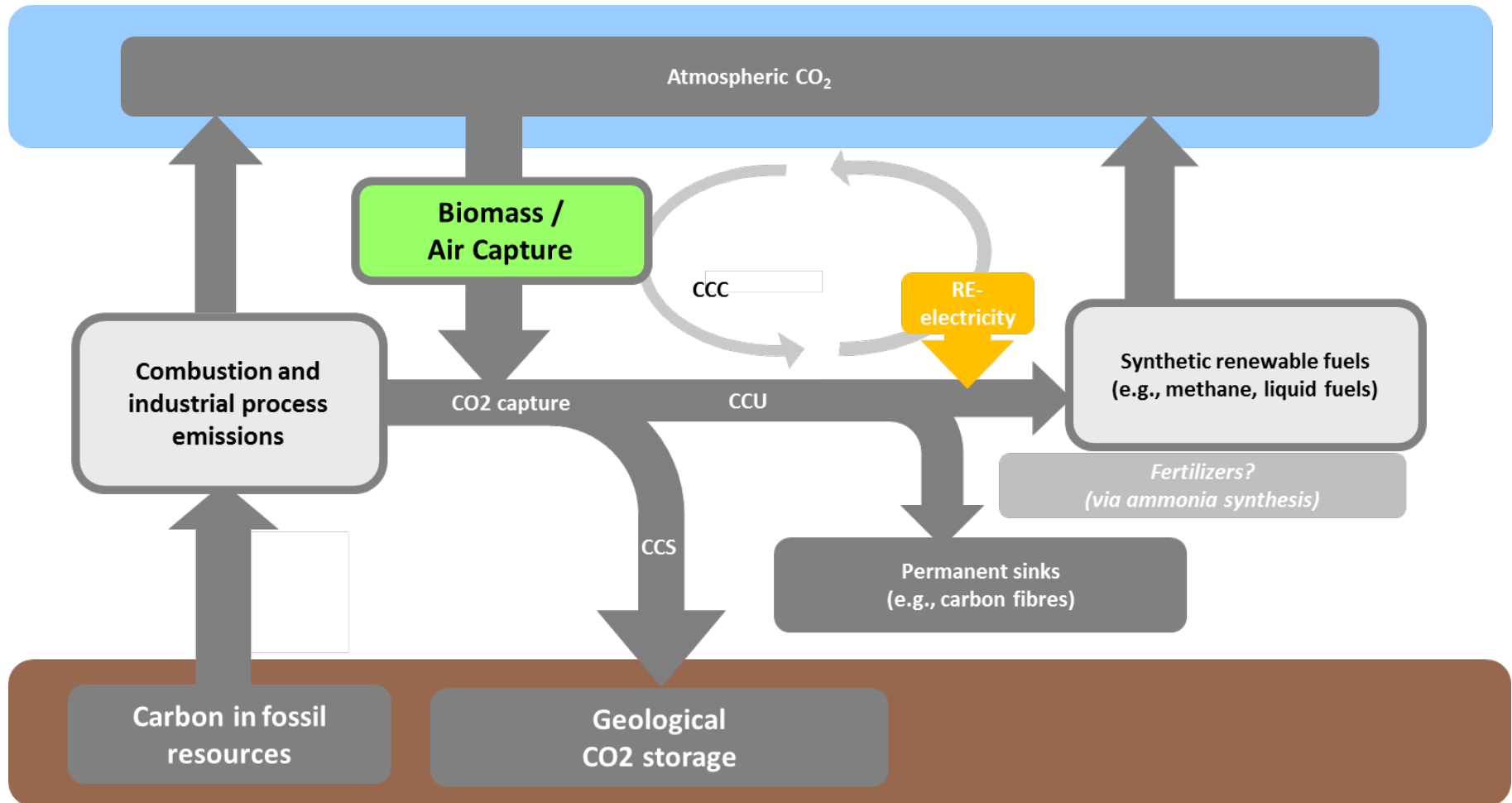
Vorteile:

- Keine geologische CO₂-Speicherung
- Chemische Speicherung von erneuerbarem Strom
- CO₂-Kreislauf, Emissionsneutralität auf der Systemebene

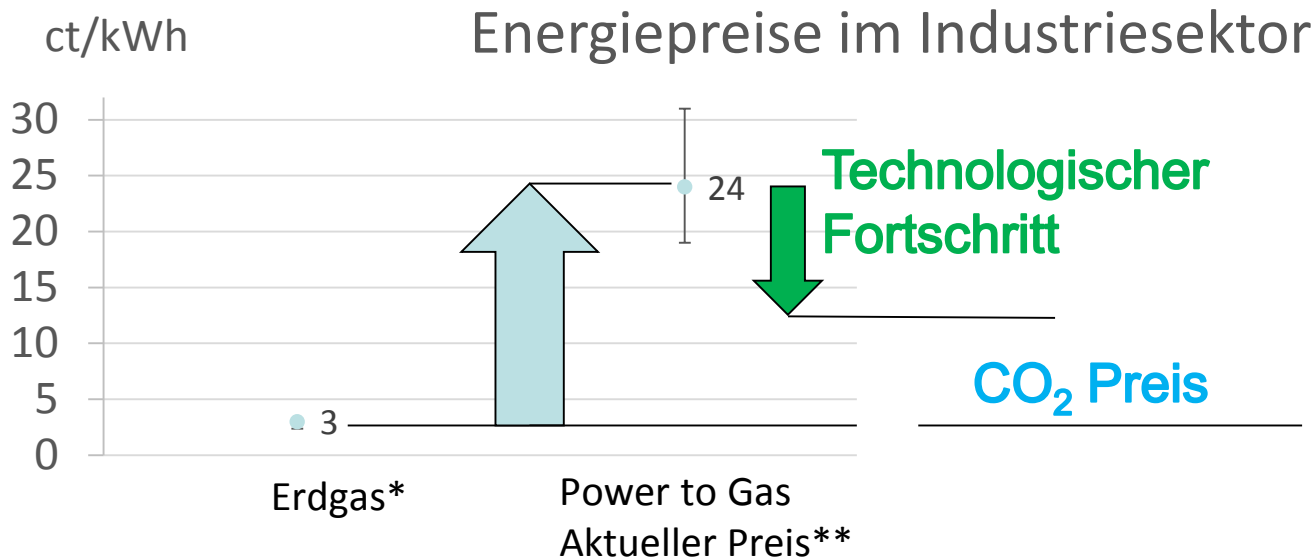
Nachteile:

- Extrem hoher Energieaufwand für „Air Capture“ und synthetische Kraftstoffe
- Biomassenutzung

Wege zum integrierten Kohlenstoffmanagement?



CO₂-Vermeidungskosten - Kosteneffizienz



- Sehr hoher Primärenergieaufwand für PtG, aber Technologiefortschritt könnte die Preise deutlich senken.
- CO₂-Preis von ca. 500€ /t CO₂ notwendig.
- PtG konkurriert in vielen Anwendungen mit Direktelektrifizierung (z.B., „Power-to-Heat“) – diese ist oft günstiger.

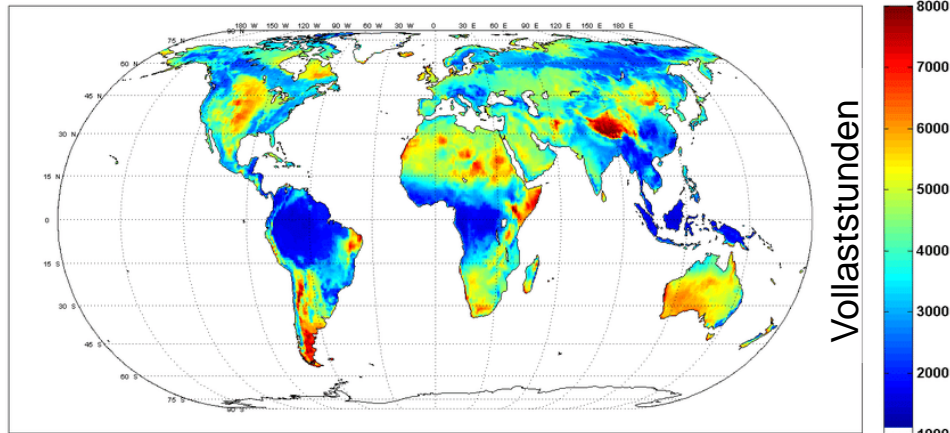
Quellen: * Erdgaspreis in DE 2015/2016 für Industriekunden, Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018, Data on energy price trends

**Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018): The Future Cost of Electricity-Based Synthetic Fuels.

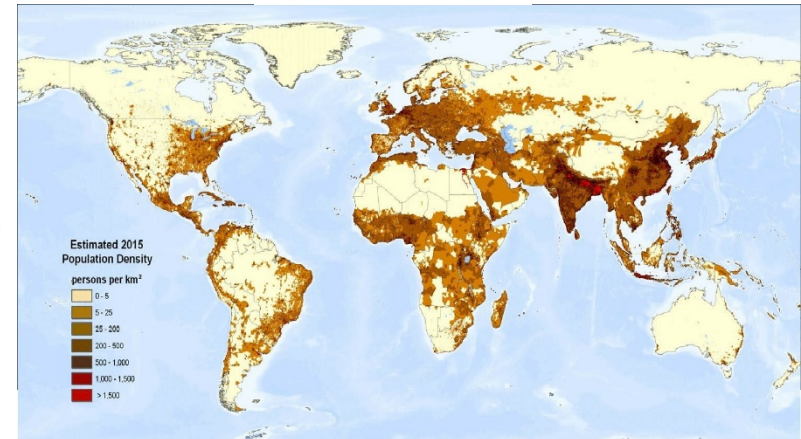
*** Estimate

Erneuerbare Energieressourcen und Bevölkerung

EE-Ressourcen (Wind-Solar kombiniert)



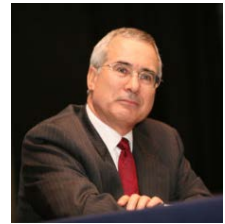
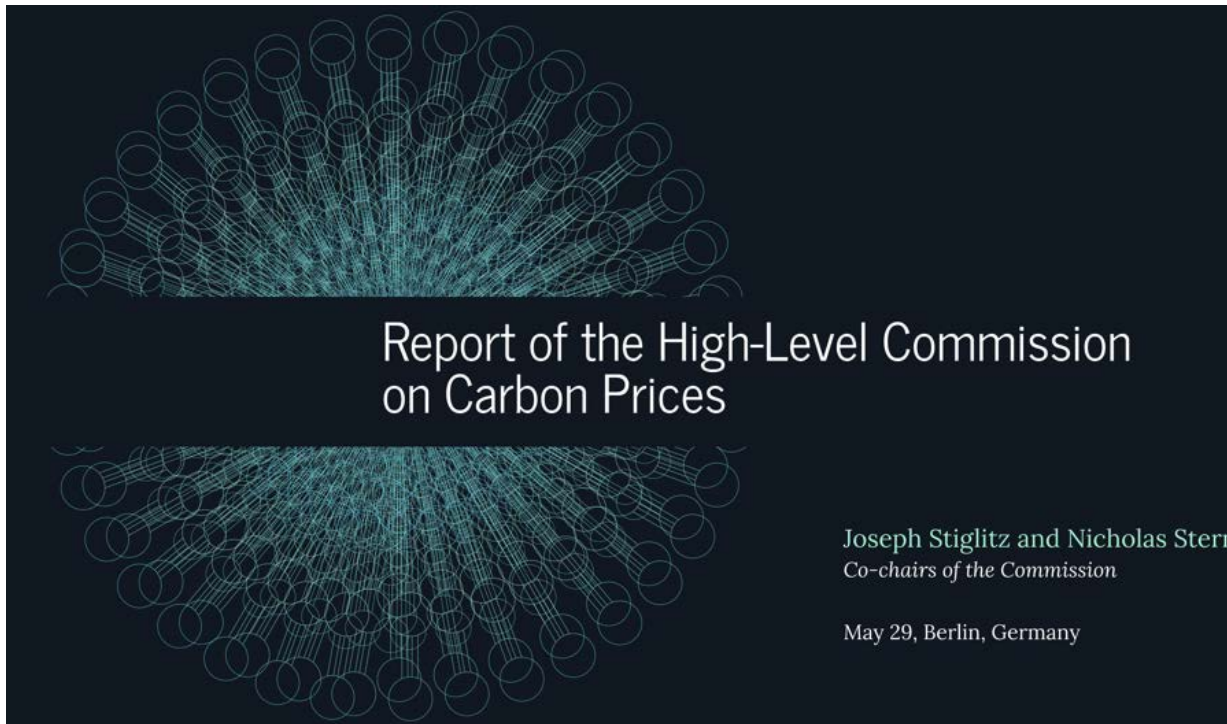
Bevölkerung



- Verfügbarkeit von Erneuerbarer Energie aus Wind und Sonnenstrom und Energienachfrage klaffen räumlich stark auseinander
- Power-to-gas kann eine wichtige Rolle spielen, um Erneuerbare Energie zu speichern und zu transportieren.

Quellen: Fasihi, Mahdi & Breyer, Christian. (2018). Synthetic Fuels and Chemicals: Options and Systemic Impact. 10.13140/RG.2.2.10122.77763, Map of World Population Density. Accessed September 6, 2018. <http://www.freshplaza.com/article/8419/Map-of-world-population-density>.

Bericht der High-Level Commission on Carbon Prices

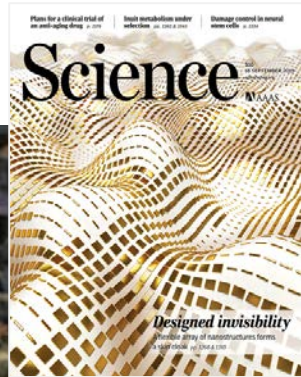
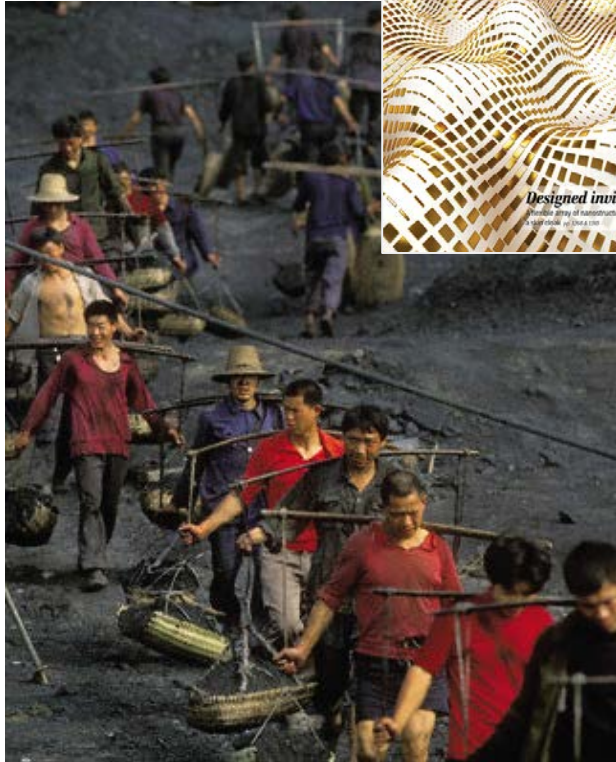


Ergebnis der Stiglitz-Stern-Kommission

- Basierend auf der Analyse von drei Ansätzen:
technische Roadmaps, nationale Roadmaps, globale Modelle
- Benötigter CO₂-Preis zur Umsetzung des Paris-Abkommens:
40-80 \$/t CO₂ bis 2020 und 50-100 \$/t CO₂ bis 2030
- Dabei wird angenommen, dass die Bepreisung komplementiert wird durch
Aktivitäten und Politiken wie Effizienzstandards, R&D, Stadtentwicklung,
gutes Investitionsklima, etc.
- Betonung der Relevanz der Einnahmenseite. Verwendung z.B. zur
Reduktion von anderen Steuern, Investitionen in saubere Infrastruktur,
etc.

Renaissance der Kohle

Soziale Kosten vs. Subventionen



ENERGY

King Coal and the Queen of Subsidies

The window for fossil fuel subsidy reform is closing fast

By Ottmar Edenhofer

Coal is the most important energy source for the Chinese economy (see the photo). Other rapidly growing economies in Asia and Africa also increasingly rely on coal to satisfy their growing appetite for energy. This renaissance of coal is expected to continue in the coming years (1) and is one of the reasons that global greenhouse gas (GHG) emissions are increasing despite the undisputed worldwide technological progress and expansion of

wide emissions are expected to continue to rise. After all, a reduction in coal demand in one region reduces world market prices, incentivizing an increasing demand in other regions (6).

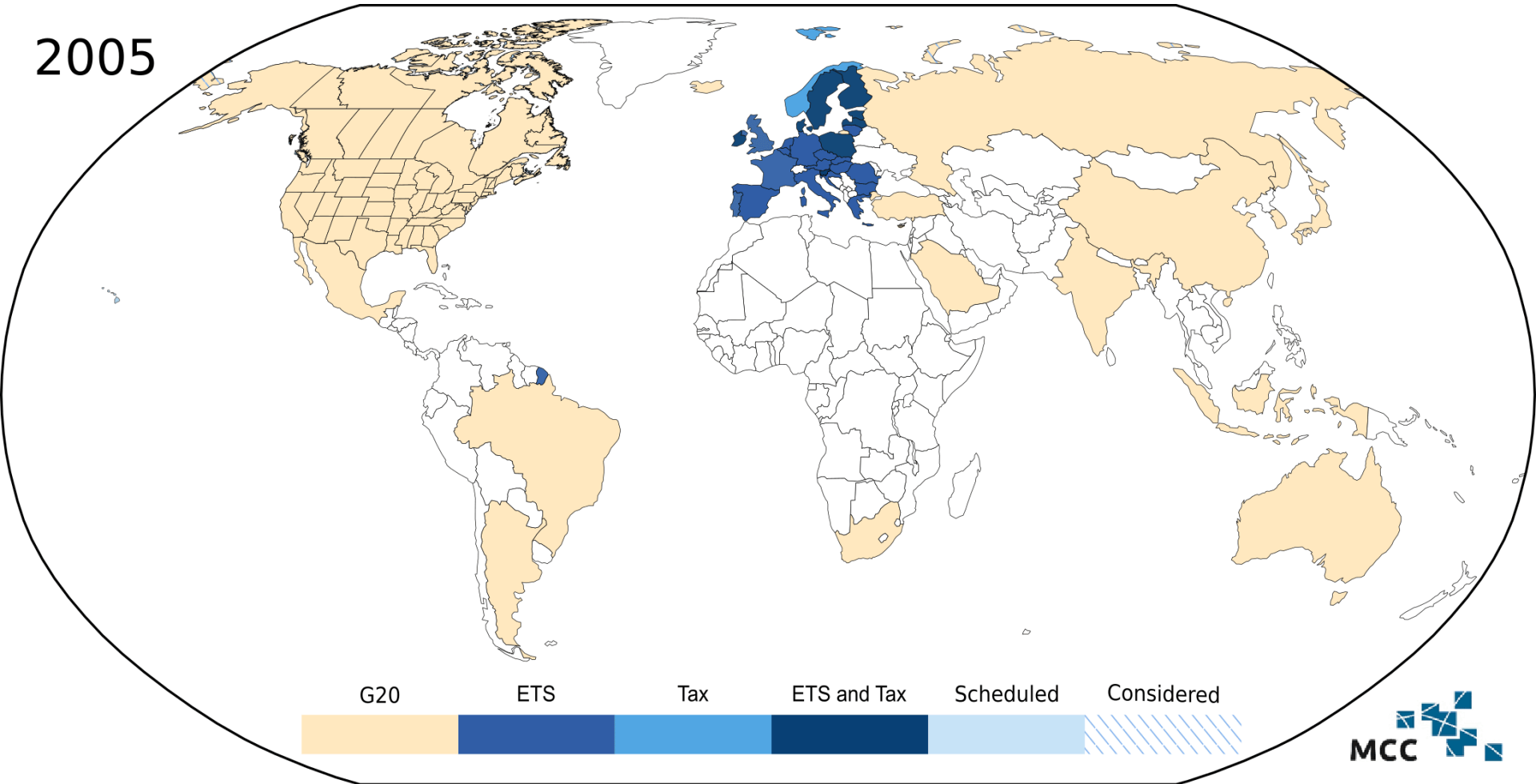
What explains this renaissance of coal? The short answer is the relative price of coal. The price of coal-based electricity generation remains much lower than that of renewable power when the costs of renewable intermittency are taken into account.

As a result of technological progress and economies of scale, the costs of generating

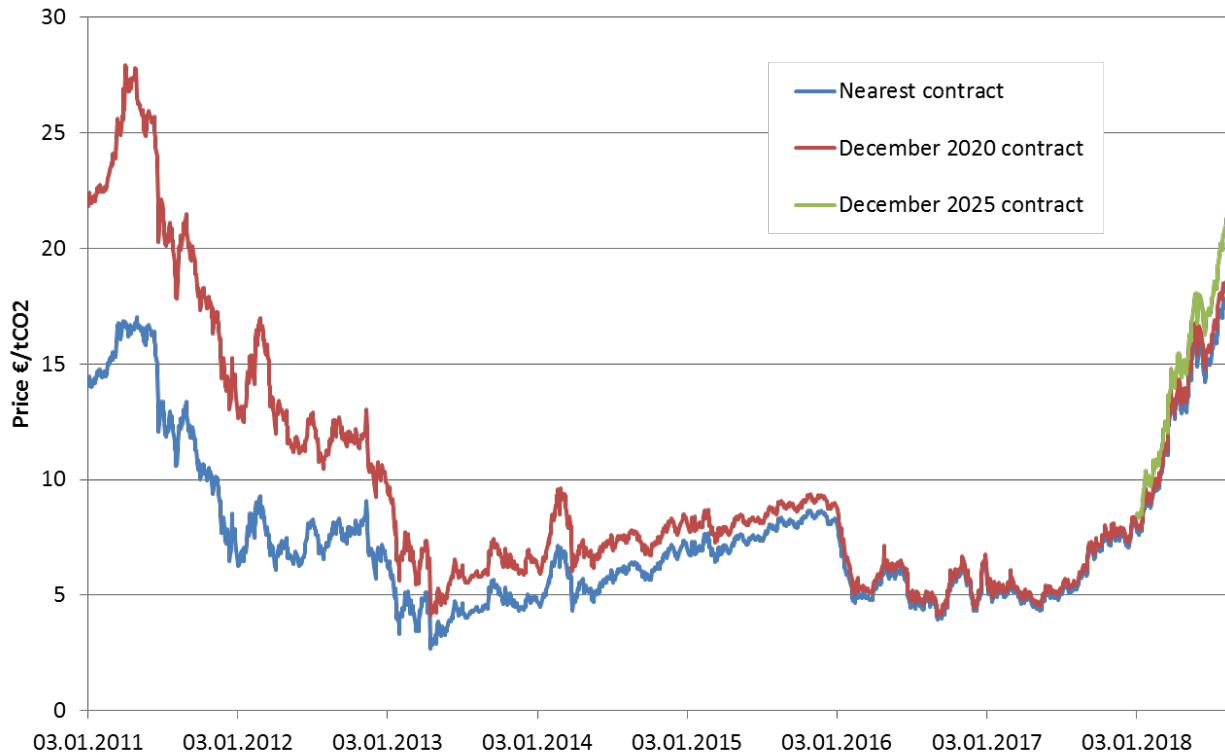
“eine Tonne CO₂ wird durchschnittlich mit mehr als 150 US\$ subventioniert”

CO₂-Preise in der G 20

2005



Dem ETS fehlt die dynamische Kosteneffizienz



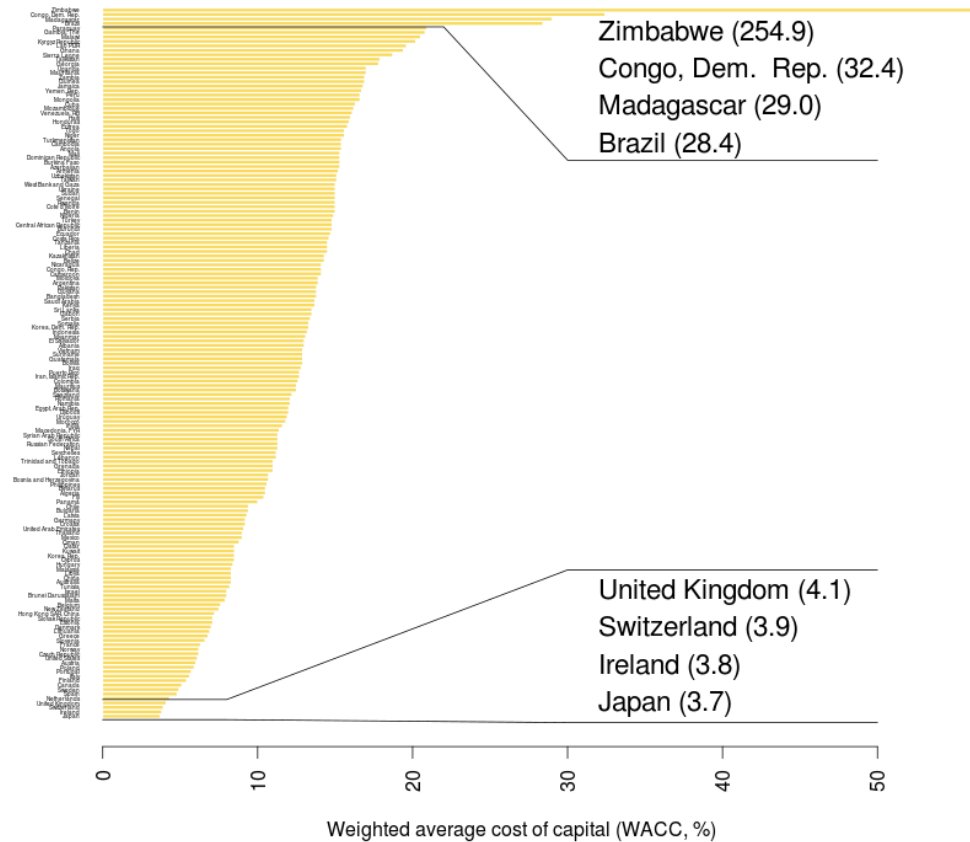
Quelle: ICE Futures Europe

- Steigender CO₂-Preis
- Händler erwarten Knappheit
- Emissionshandelsreform aber könnte nur vorübergehend wirken
- Daher Mindestpreis einführen

Kapitalbeschaffungskosten für Erneuerbare

Kapitalkostensatz (*weighted average cost of capital, WACC*) für...

(a) Photovoltaic (weltweit)

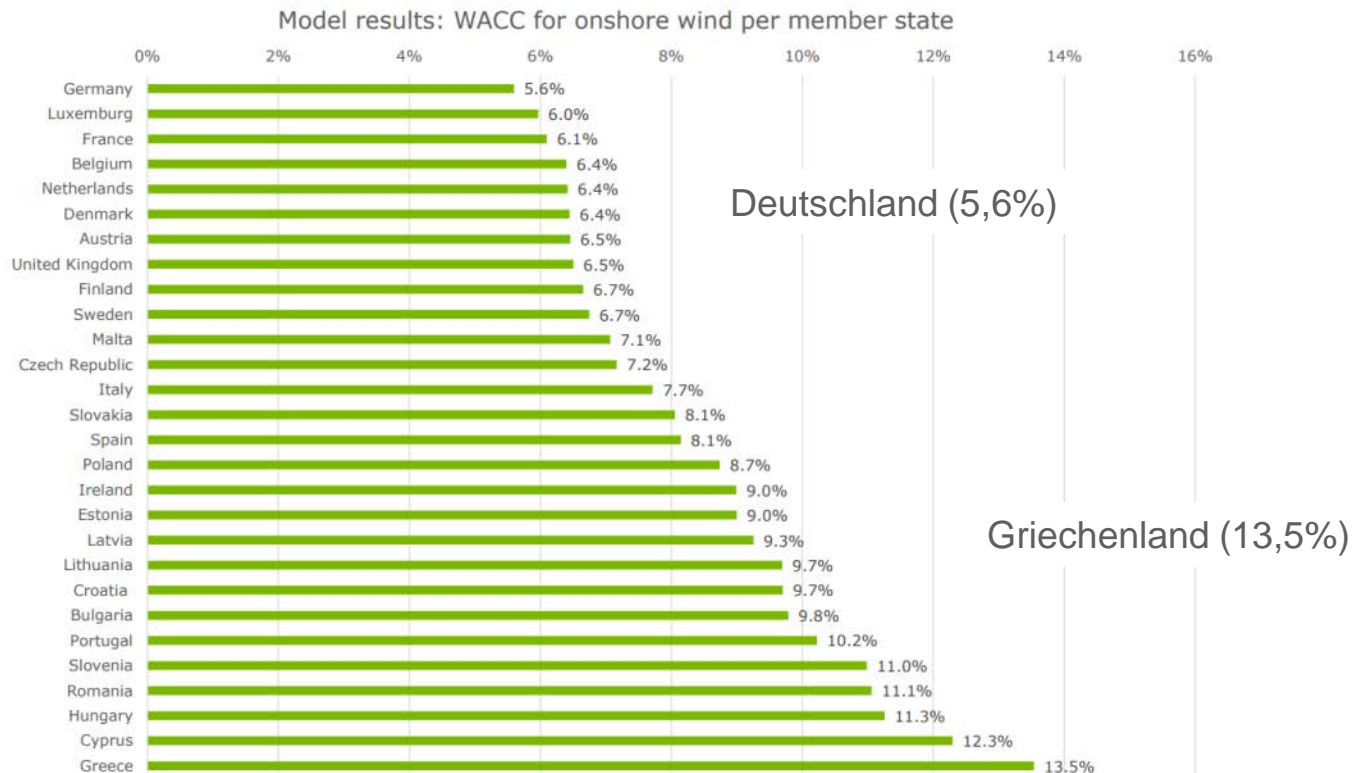


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Ondraczek et al. 2013

Kapitalbeschaffungskosten für Erneuerbare

Kapitalkostensatz (*weighted average cost of capital, WACC*) für...

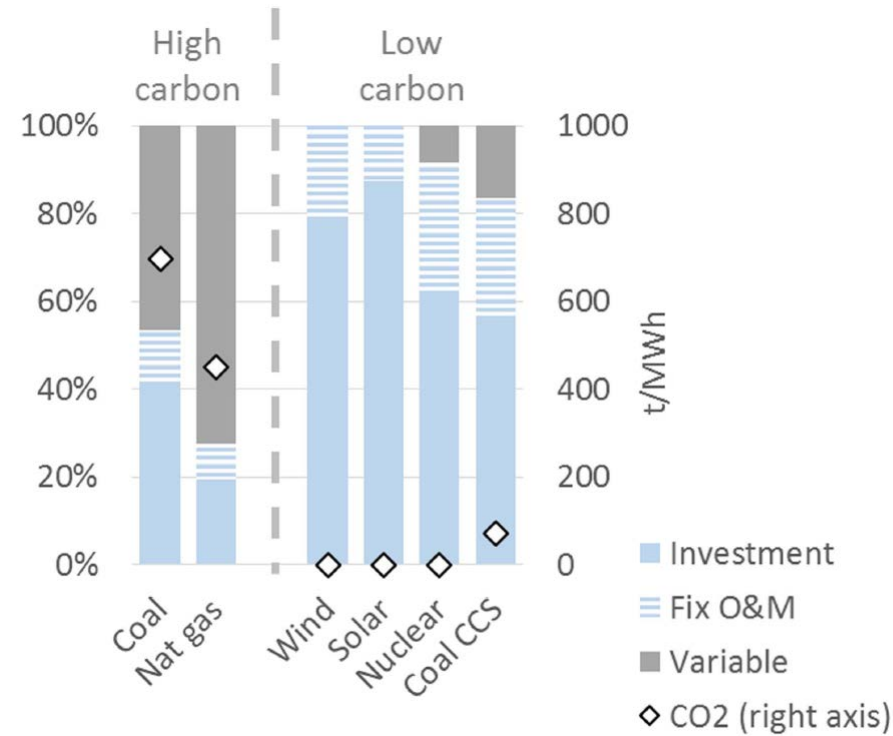
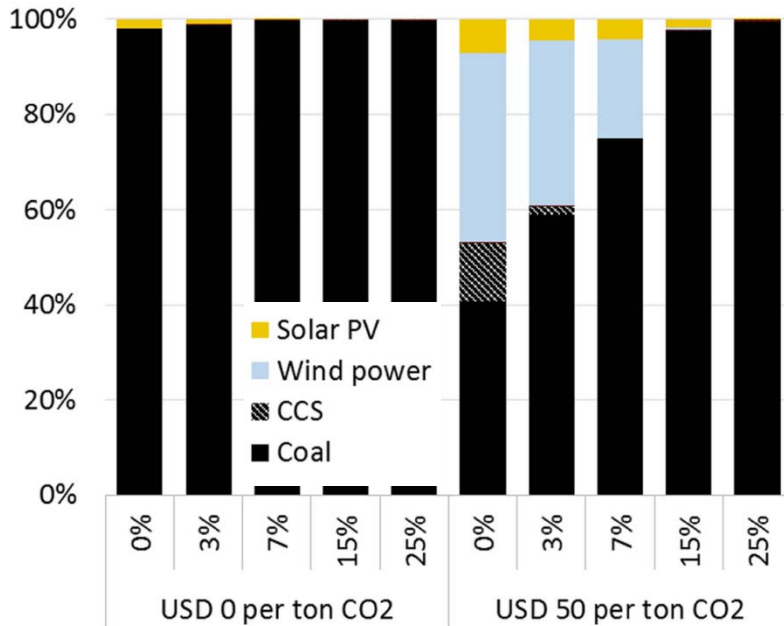
(b) Wind (“onshore” in Europa)



Quelle: Noothout et al. 2016

Hürde Kapitalbeschaffungskosten

Dekarbonisierung des Elektrizitätssystems für unterschiedliche Kapitalbeschaffungskosten



Hohe Kapitalintensität der Niedrigemissions-Energien

Zusammenfassung

- Ein ungebremster Klimawandel verursacht hohe ökonomische Kosten; die Kosten der Vermeidung sind geringer.
- Schwache Selbstverpflichtung (INDCs) und die zu beobachtende Renaissance der Kohle sind mit dem 2°C-Ziel unvereinbar.
- Die notwendige Reduktion der weltweiten CO₂-Emissionen könnte effizient durch eine Bepreisung der Emissionen reguliert werden.
- CCX Optionen sind ökonomisch nur machbar bei hohen CO₂-Preisen.
- Die Mobilisierung der für die Emissionsminderung notwendigen Investitionen ist eine gemeinsame Herausforderung für Klimapolitik und Finanzsystem.