



Moving towards a sustainable world



Sinn und Unsinn der Speicherung von Kohlendioxid (CO₂) in Schleswig-Holstein

Prof. Dr. Olav Hohmeyer

Universität Flensburg

Former Vice Chair WG III IPCC

Mitglied des Sachverständigenrates für Umweltfragen



Struktur des Vortrags (Was erwarten Sie?)

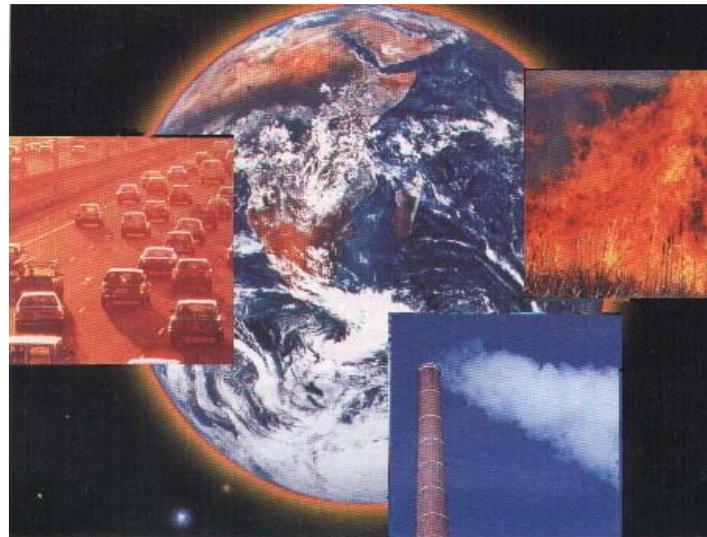


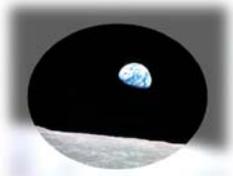
- Sinn:
 - Der vom Menschen verursachte Klimawandel
 - Was ist zu tun?
 - Vier Möglichkeiten CO₂ aus dem Energiebereich zu vermeiden
- Unsinn:
 - Ist CCS in Schleswig-Holstein ein Beitrag zur Lösung des Klimaproblems?
 - Warum CCS für Kohlekraftwerke dem Klimaschutz schadet?



Moving towards a sustainable world

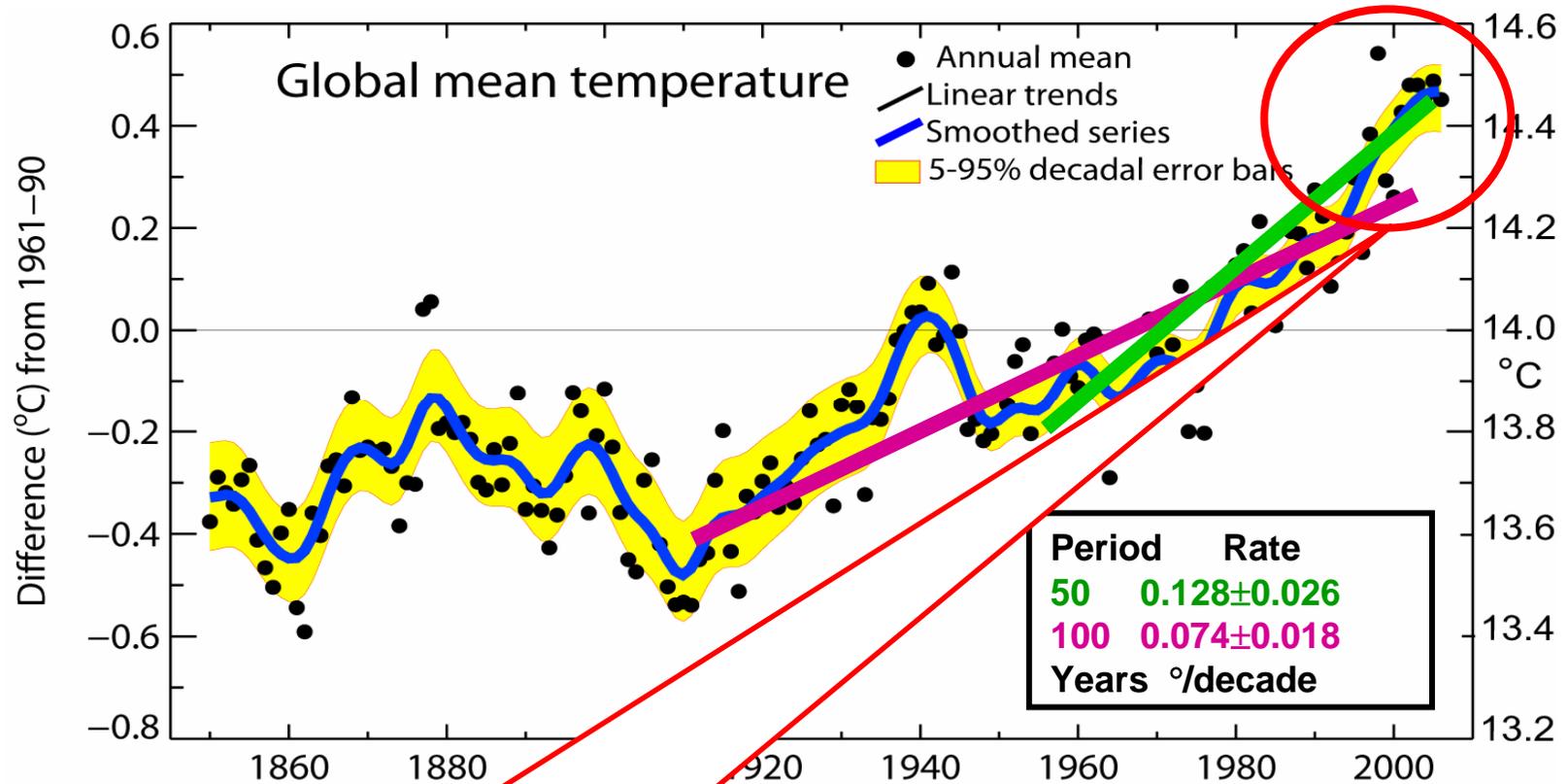
Der vom Menschen verursachte Klimawandel





Moving towards a sustainable world

Beschleunigter globaler Temperaturanstieg



Wärmste 12 Jahre seit 1850:
1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006,
2001, 1997, 1995, 1999, 1990, 2000

Quelle: Pachauri und Jallow, 6.2.2007



Menschlicher Einfluss auf den Klimawandel

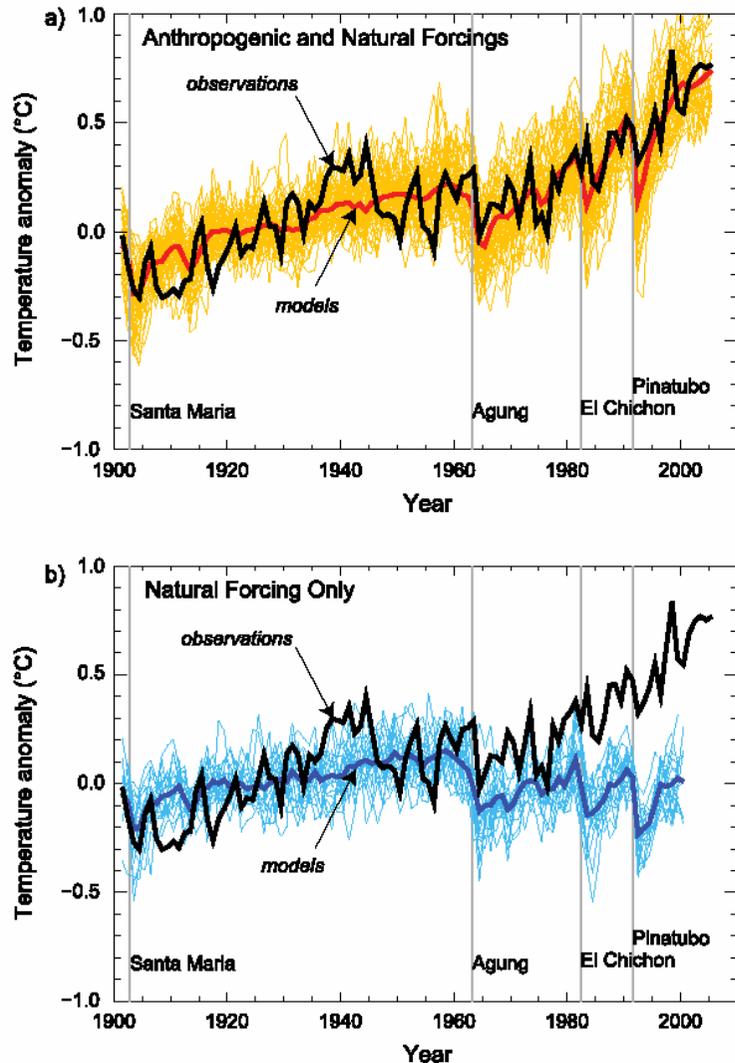


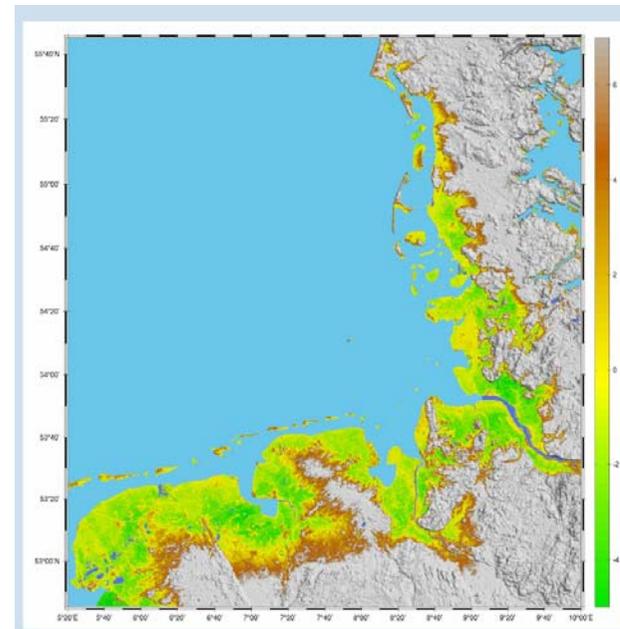
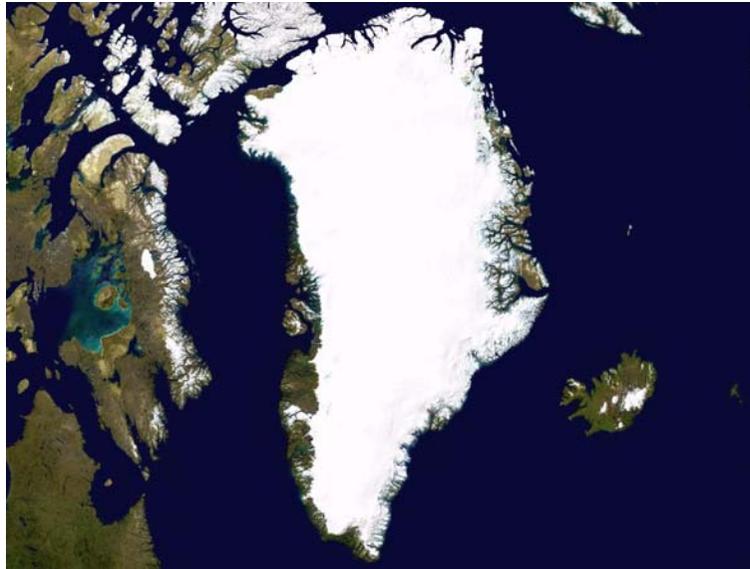
Figure TS.23. (a) Global mean surface temperature anomalies relative to the period 1901 to 1950, as observed (black line) and as obtained from simulations with both anthropogenic and natural forcings. The thick red curve shows the multi-model ensemble mean and the thin lighter red curves show the individual simulations. Vertical grey lines indicate the timing of major volcanic events. (b) As in (a), except that the simulated global mean temperature anomalies are for natural forcings only. The thick blue curve shows the multi-model ensemble mean and the thin lighter blue curves show individual simulations. Each simulation was sampled so that coverage corresponds to that of the observations. {Figure 9.5}

Quelle: IPCC 2007a (WG I TS S.62)



Moving towards a sustainable world

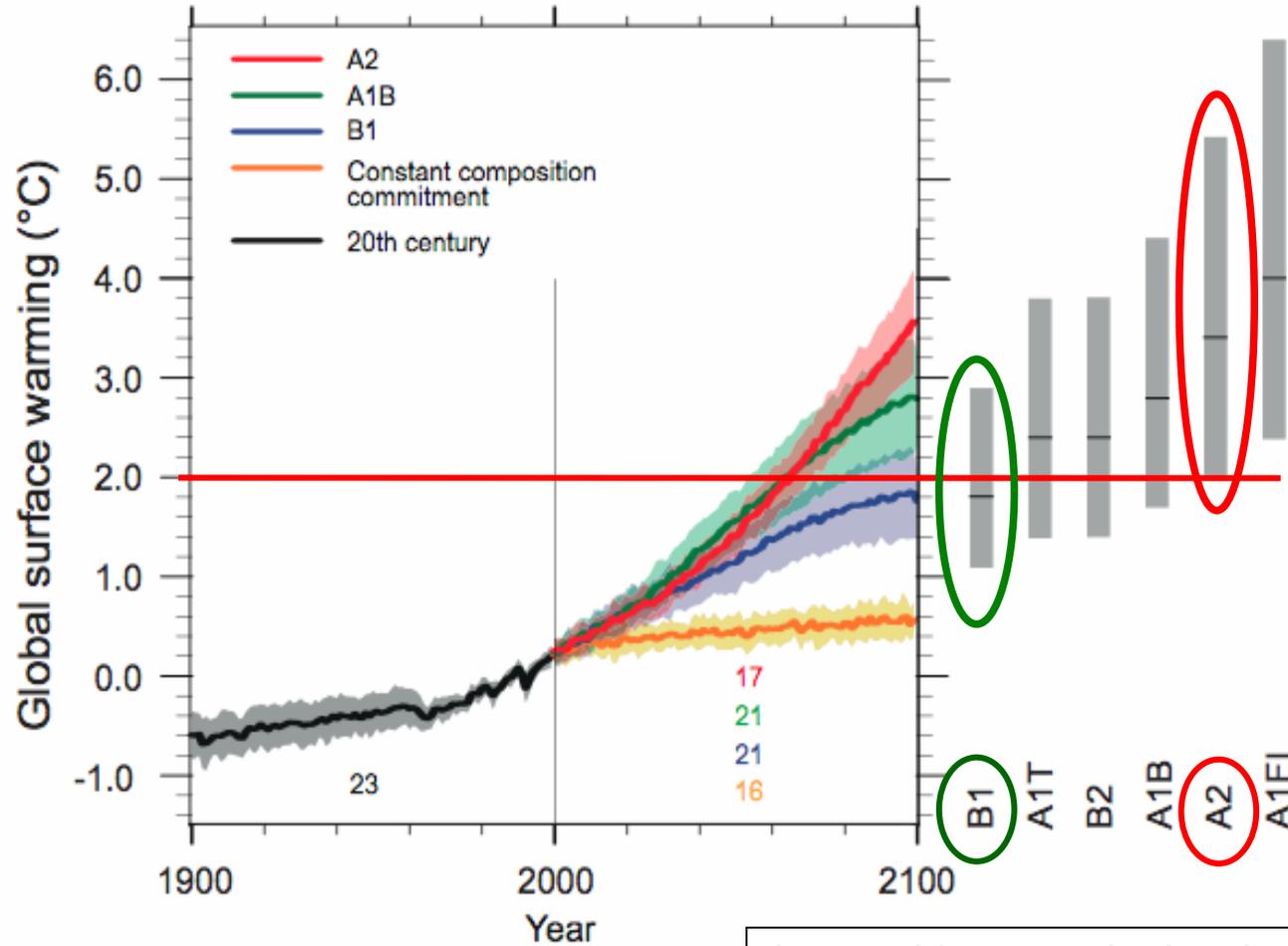
Auswirkungen des Klimawandels





Moving towards a sustainable world

Temperaturanstiegsszenarien bis 2100 (AR4)



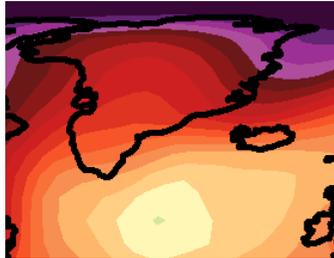
Quelle: IPCC 2007a (WG I, SPM S.14)



Temperaturanstieg bis 2100 nach Szenario A2 und B1 (AR4)

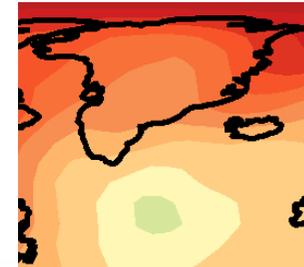
Erwärmung über Grönland 2090-2099:

- B1: 1 – 3°C (Süd- bis Nordspitze)
- A2: 2,5 – 7,5°C (,Weiter so!')

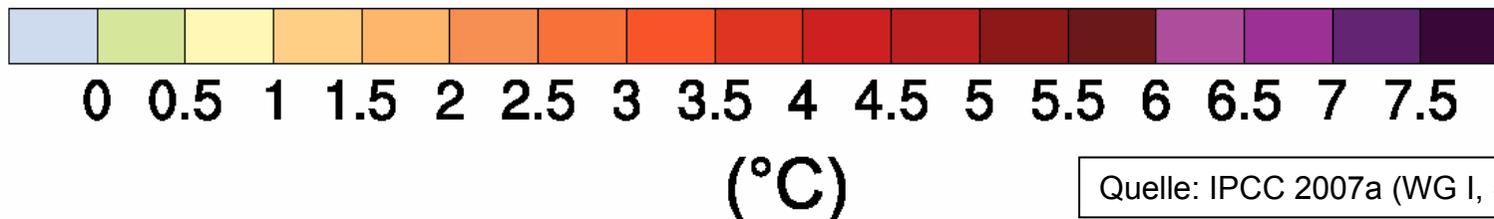
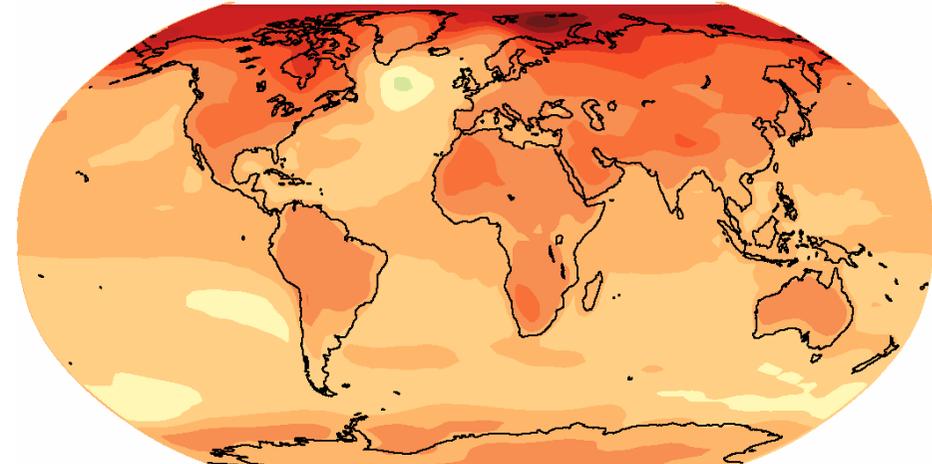
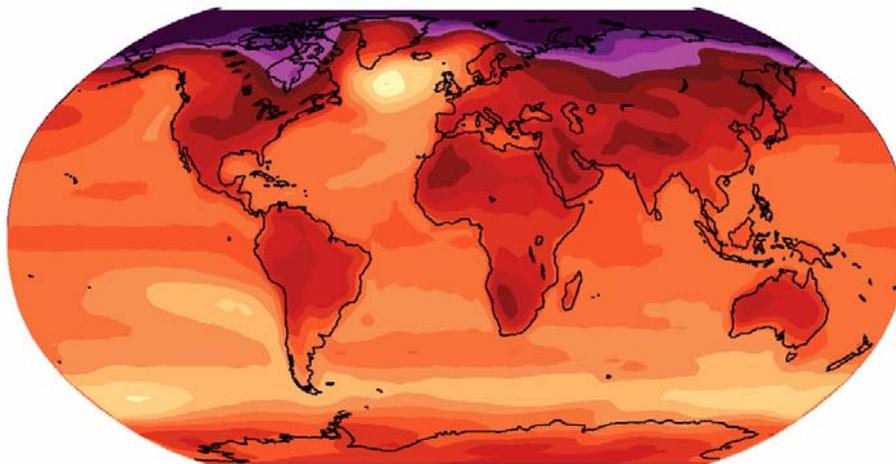


A2

Kritischer Wert 3°C (TAR)
Eisvolumen für
7m Meeresspiegelanstieg



B1



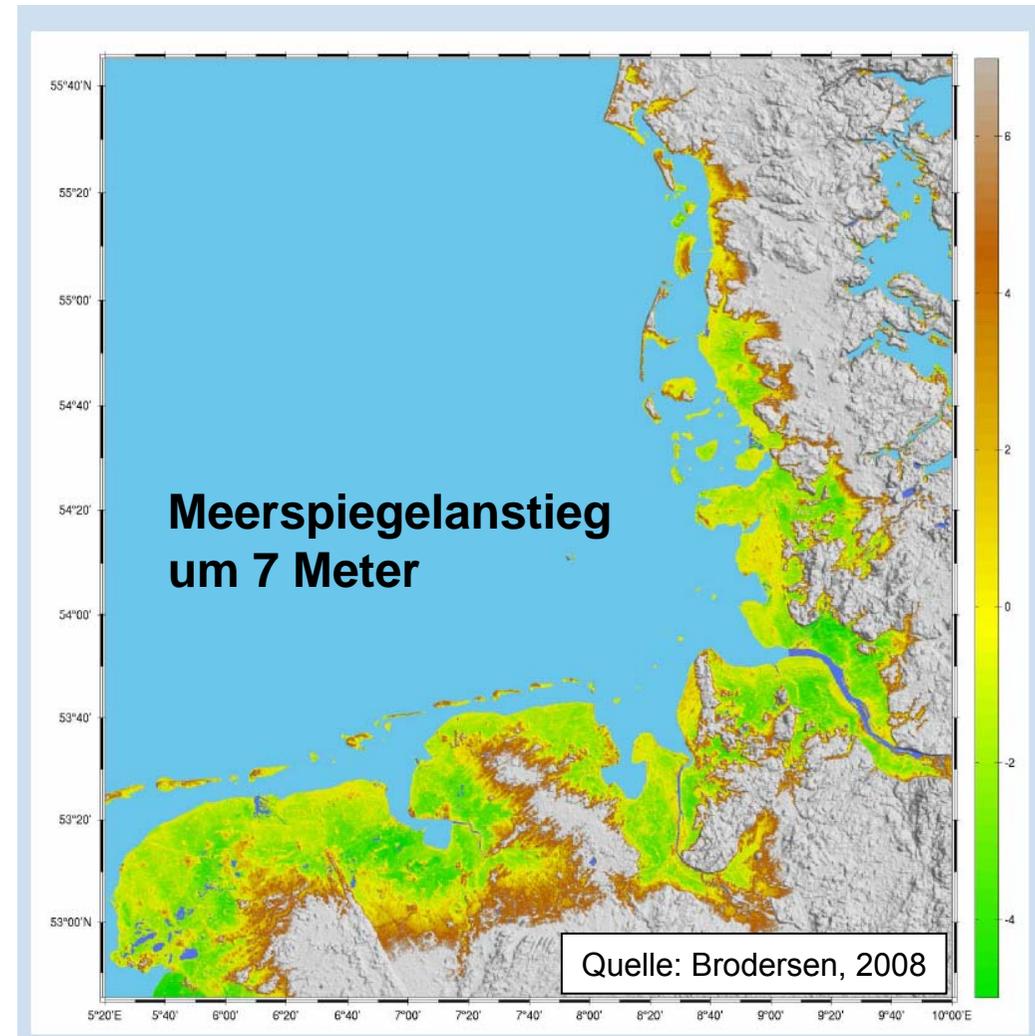
Quelle: IPCC 2007a (WG I, SPM S.15)



Moving towards a sustainable world

Grönland und die Nordseeküste

- Überflutungen in den Nordseeküstenländer als Auswirkung eines Anstiegs des Meeresspiegels um sieben Meter
- der Anstieg wird einige Jahrhunderte dauern, wird aber in den nächsten 40 Jahren ausgelöst!

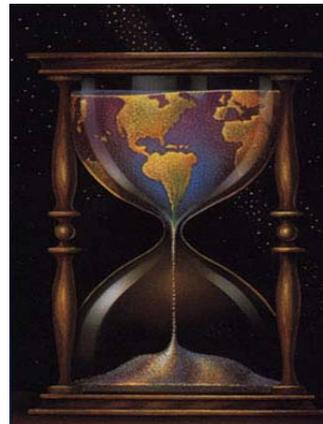




Moving towards a sustainable world

Was ist zu tun?

Die verbleibende Zeit zu handeln





Welche Entwicklungspfade vermeiden die schlimmsten Klimafolgen?

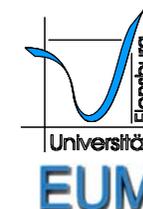


Table SPM.5: Characteristics of post-TAR stabilization scenarios [Table TS 2, 3.10]^{a)}

Category	Radiative forcing (W/m ²)	CO ₂ concentration ^{c)} (ppm)	CO ₂ -eq concentration ^{c)} (ppm)	Global mean temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using “best estimate” climate sensitivity ^{b), c)} (°C)	Peaking year for CO ₂ emissions ^{d)}	Change in global CO ₂ emissions in 2050 (% of 2000 emissions) ^{d)}	No. of assessed scenarios
I	2.5-3.0	350-400	445-490	2.0-2.4	2000-2015	-85 to -50	6
II	3.0-3.5	400-440	490-535	2.4-2.8	2000-2020	-60 to -30	18
III	3.5-4.0	440-485	535-590	2.8-3.2	2010-2030	-30 to +5	21
IV	4.0-5.0	485-570	590-710	3.2-4.0	2020-2060	+10 to +60	118
V	5.0-6.0	570-660	710-855	4.0-4.9	2050-2080	+25 to +85	9
VI	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060-2090	+90 to +140	5
Total							177

a) The understanding of the climate system response to radiative forcing as well as feedbacks is assessed in detail in the AR4 WGI Report. Feedbacks between the carbon cycle and climate change affect the required mitigation for a particular stabilization level of atmospheric carbon dioxide concentration. These feedbacks are expected to increase the fraction of anthropogenic emissions that remains in the atmosphere as the climate system warms. Therefore, the emission reductions to meet a particular stabilization level reported in the mitigation studies assessed here might be underestimated.

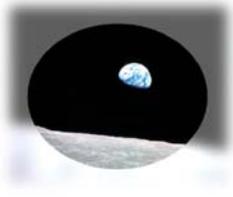
b) The best estimate of climate sensitivity is 3°C [WG 1 SPM].

c) Note that global mean temperature at equilibrium is different from expected global mean temperature at the time of stabilization of GHG concentrations due to the inertia of the climate system. For the majority of scenarios assessed, stabilisation of GHG concentrations occurs between 2100 and 2150.

d) Ranges correspond to the 15th to 85th percentile of the post-TAR scenario distribution. CO₂ emissions are shown so multi-gas scenarios can be compared with CO₂-only scenarios.

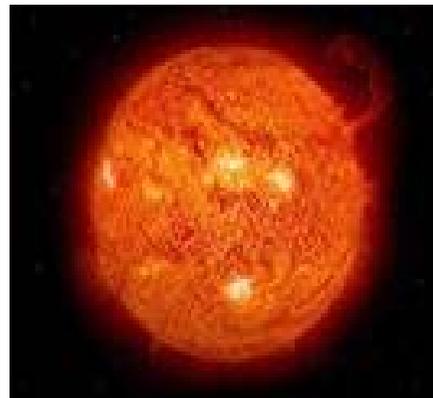
(Vorindustrielle Temperatur ca. -0,4°C unter 1960-1990)

Quelle: IPCC 2007 (TS WG III, S. 19)



Was ist zu tun?

Welche Möglichkeiten haben wir?





Fossile Energieträger – der Kern des Problems (Beispiel Deutschland)

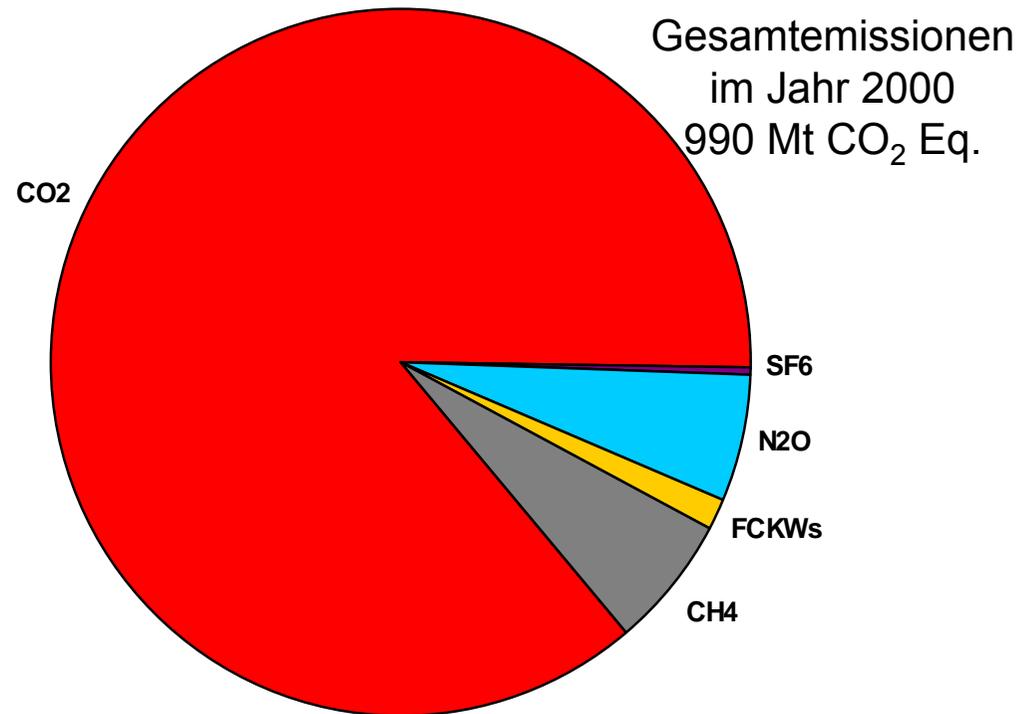


Treibhausgasemissionen in D 2000

Anteile GHGs in D 2000:

- CO₂: 87%
- CH₄: 6%
- N₂O: 6%
- HFCS/PFCS: 1%
- SF₆: 0,25%

CO₂ zu 97% aus
Energieumwandlung!



**Fossile Energieträger
sind 85% des Problems**

Quelle: BMU 2003, S. 32 und
UBA 2002, S. 31



Moving towards a sustainable world

Dekarbonisierung der Energieversorgung Vier Optionen



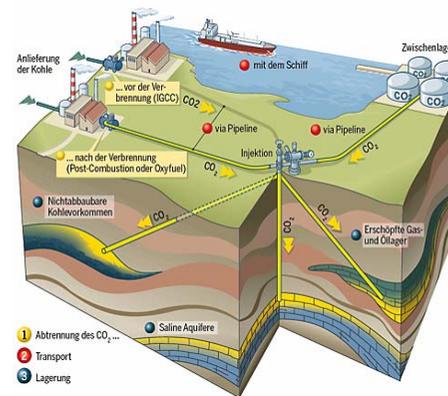
- Kernenergie
- ‚Saubere‘ fossile Brennstoffnutzung (CCS)
- Effizienzsteigerung und Einsparung
- Regenerative Energiequellen
 - Solarenergie
 - Windenergie
 - Biomasse
 - Wasserkraft
 - Geothermie



Moving towards a sustainable world

Was ist zu tun?

Die Rolle von CCS





Moving towards a sustainable world

„Clean“ Fossil Fuels (CCS)

- Abtrennung des CO₂ vor oder nach der Verbrennung

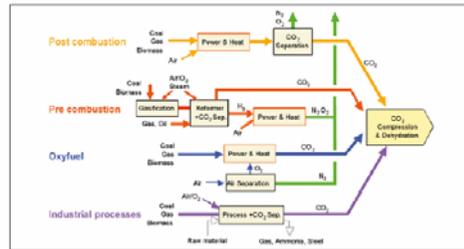
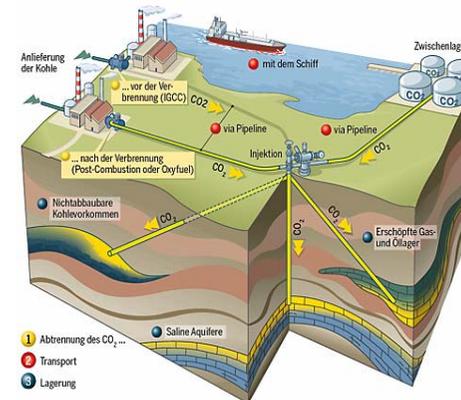


Figure T5.3 Overview of CO₂ capture processes and systems

- Langfristige (?) Lagerung von CO₂ ohne Kontakt zur Atmosphäre
 - Alte Öl- und Gaslagerstätten
 - Saline Tiefenaquifere
 - Einbringung in Ozeane





Moving towards a sustainable world

Was ist zu tun?

Die Gefahren der Speicherung von CO₂

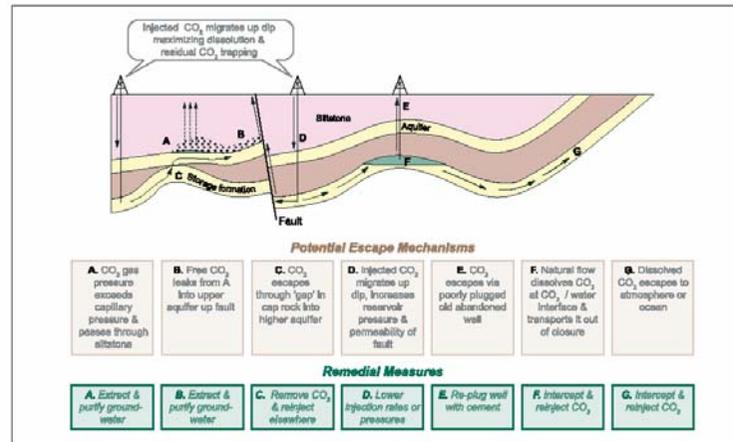


Figure TS.8. Potential leakage routes and remediation techniques for CO₂ injected into saline formations. The remediation technique would depend on the potential leakage routes identified in a reservoir (Courtesy CO₂CRC).

Gefahren von CCS

CO₂-Speicherung: Austrittspfade

- A Durch Kapillaren im Deckgebirge
- B Freies CO₂ leckt in oberen Aquifer (Verbindung)
- C CO₂ dringt durch Öffnungen im Deckgebirge in oberen Aquifer
- D CO₂ bewegt sich zur Gasblase und erhöht dort den Gasdruck und die Durchlässigkeit des Einschlusses
- E CO₂ entweicht durch schlecht verschlossenes oder unverschlossenes altes Bohrloch
- F Lösung des CO₂ in Wasser, das es aus dem Bereich des Einschlusses transportiert
- G Natürlicher Wasserfluss transportiert CO₂ an die Oberfläche

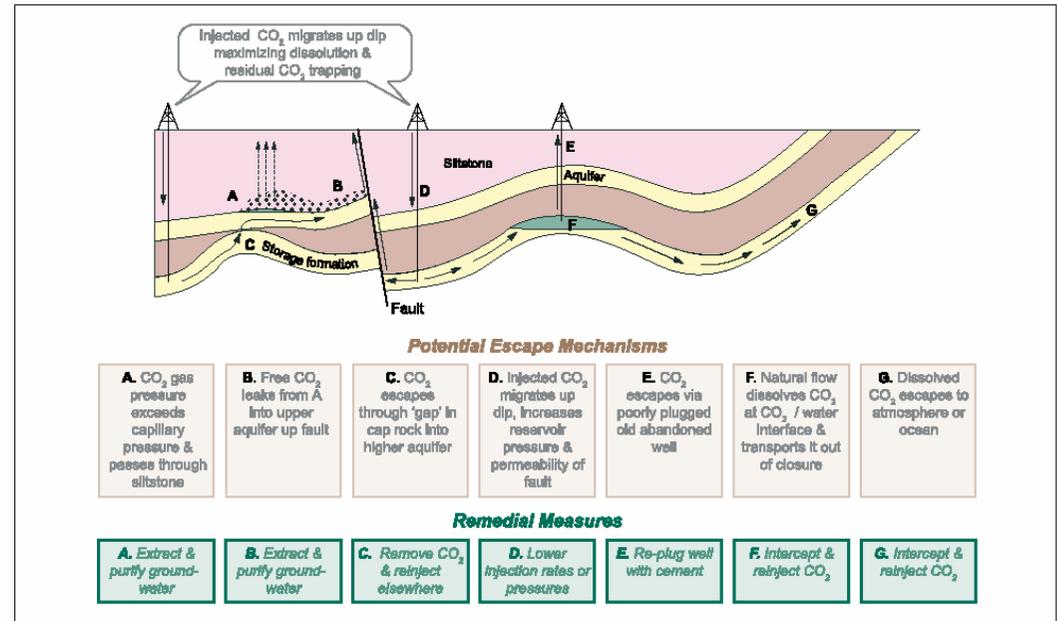


Figure TS.8. Potential leakage routes and remediation techniques for CO₂ injected into saline formations. The remediation technique would depend on the potential leakage routes identified in a reservoir (Courtesy CO2CRC).

Quelle: IPCC 2005 (TS SR CCS, S. 26)



Moving towards a sustainable world

CCS: Zu unsicher und zu früh



- CO₂-Speicherung in Aquiferen ist nicht erprobt
- Die Dichtigkeit des Deckgebirges der Aquifere ist unbekannt
- Geologische Reaktionen von CO₂ und Deckgebirge sind nicht erforscht
- Austritt von CO₂ kann für Menschen gefährlich werden
 - 100% CO₂ führen zum Erstickten (Senken, Kanäle, Brunnen)
 - weniger als 10% können bereits erhebliche Gesundheitsschäden verursachen



Gefahren von CCS

Wie wirkt CO₂ auf den Menschen?



- 0,038%: Konzentration in der Luft
- 0,15%: Hygienischer Innenraumluftrichtwert für frische Luft
- 0,3%: MIK-Wert, unterhalb keine Gesundheitsbedenken bei dauerhafter Einwirkung (max. Innenraumkonz.)
- 0,5%: Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert)
- 1,5%: Zunahme des Atemzeitvolumens um mehr als 40%
- 4%: Konzentration in der Atemluft beim Ausatmen
- 5%: Auftreten von Kopfschmerzen, Schwindel, Bewusstlosigkeit
- 8%: Bewusstlosigkeit, Krämpfe, Eintreten des Todes nach 30 – 60 Minuten



Wo können schon jetzt höhere CO₂ Konzentrationen auftreten?

CO₂ als Produkt von Gärprozessen z.B. in:

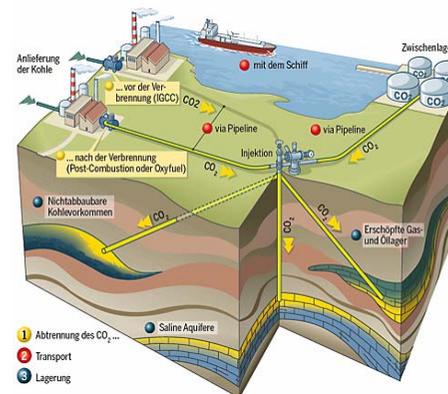
- Futtersilos
- Weinkeller
- Jauchegruben
- Biogasanlagen

Bei unzureichender Lüftung können sich CO₂-Seen bilden, da CO₂ schwerer ist als Luft



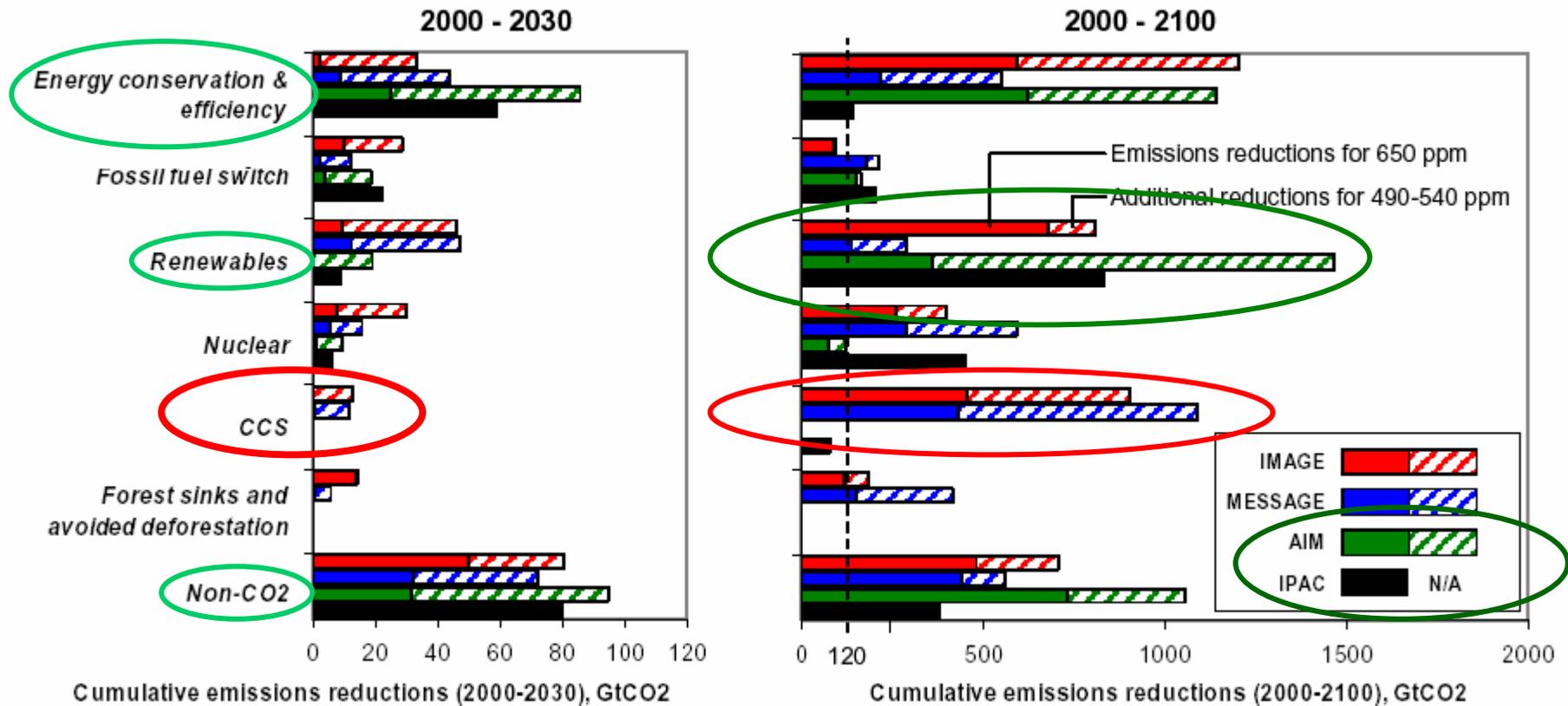
Moving towards a sustainable world

Ist CCS in Schleswig-Holstein ein Beitrag zu Lösung des Klimaproblems?





Die Rolle von CCS bis 2030 und 2100 (650 / 490-550ppmv CO₂-eq)



Quelle: IPCC 2007 (SPM WG III, S. 25)



Geologische Formationen für die Speicherung von CO2



Sedimentbecken sind die Formation der Wahl

PROVINCES

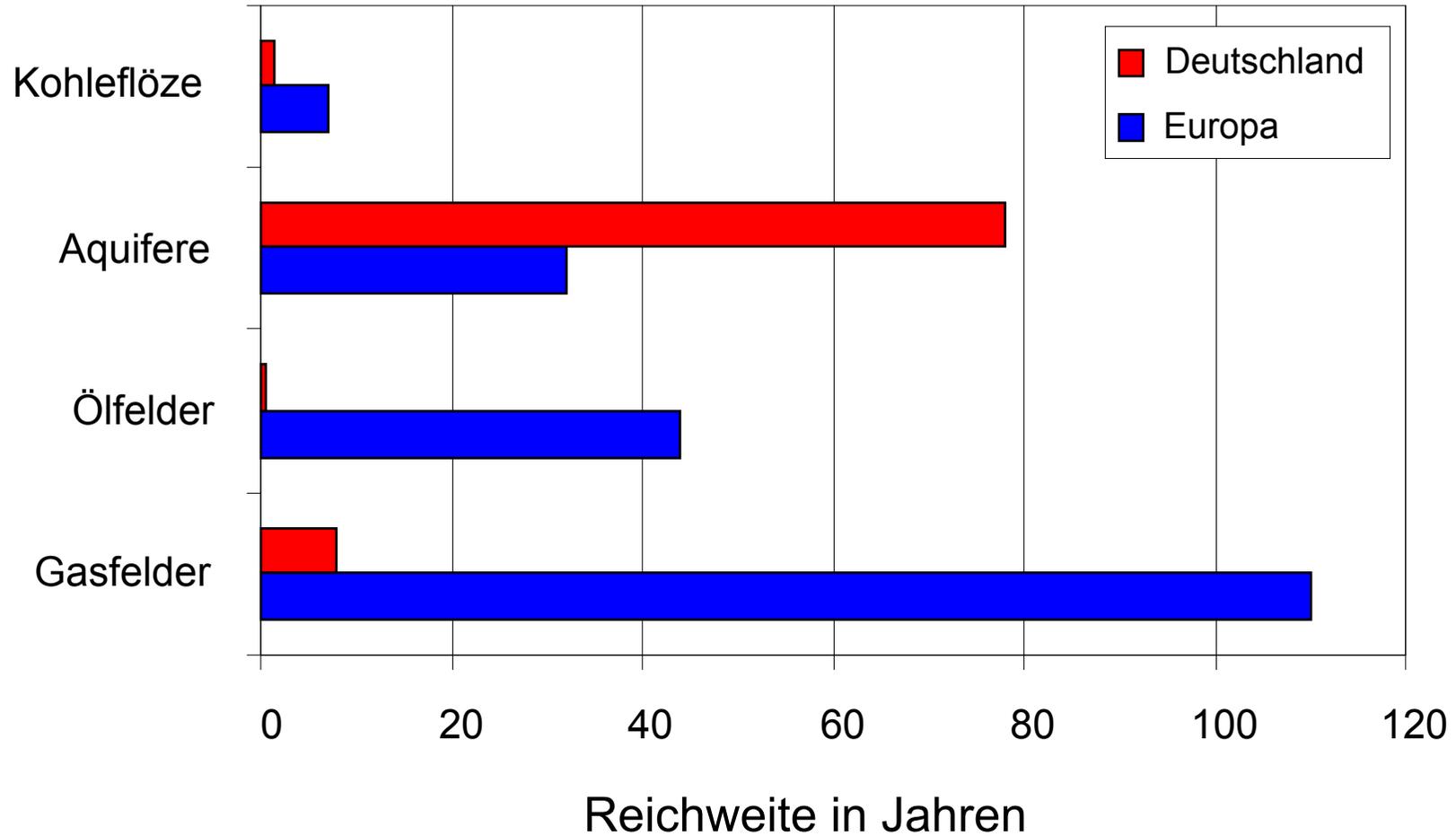
-  Sedimentary basins
-  Highs
-  Fold belts
-  Shields



Quelle: IPCC 2005 (SR CCS, S. 214)



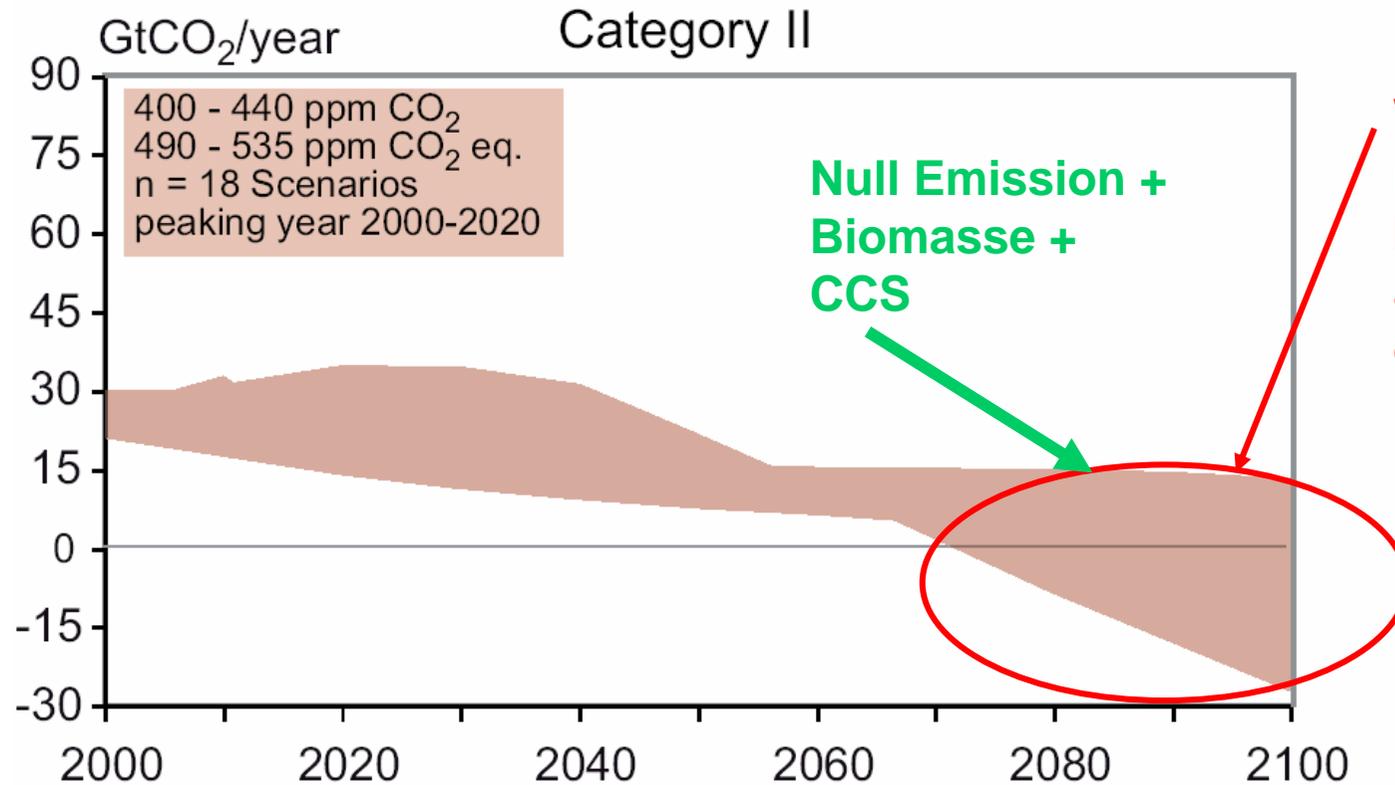
Speicherkapazitäten für CO2



Quelle: Linßen et al. 2006



CCS Speicherkapazität benötigen wir für notwendige negative Emissionsbilanz



Speicher dürfen nicht schon mit CO₂ aus der Kohle voll sein!

Treibhausgasemissionen bis 2100 zur Einhaltung einer CO₂-Stabilisierungskonzentration von 400 – 440 ppm CO₂

Quelle: IPCC 2007 (SPM WG III, S. 7)

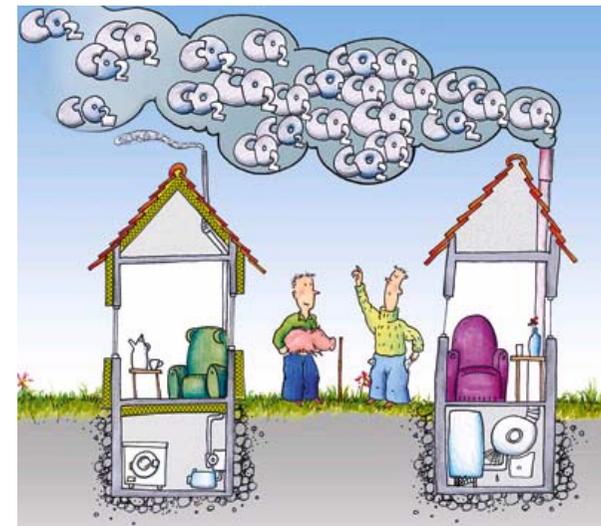


Moving towards a sustainable

Was ist zu tun?

Welche Möglichkeiten haben wir?

Regenerative Energiequellen und rationelle Energienutzung



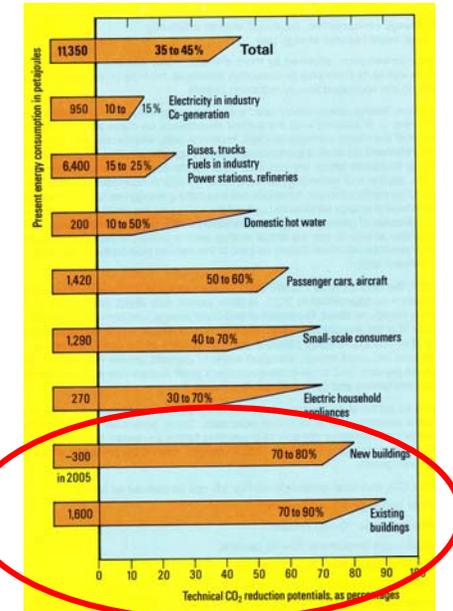


Moving towards a sustainable world

Alternativen zu CCS

1. Effizienzsteigerung

- Energieeffizienzsteigerungen sind auf allen Stufen der Nutzungsketten möglich
- Je nach Bereich kann der spezifische Primärenergiebedarf um bis zu 90% gesenkt werden (Raumwärme)
- Im Schnitt ist eine Reduzierung des spezifischen Energiebedarfs um 35-50% möglich
- Der Raumwärmebedarf macht ca. 1/3 unseres Endenergiebedarfs in Deutschland aus (3.300 PJ)





Alternative zu CCS

2. Regenerative Energiequellen

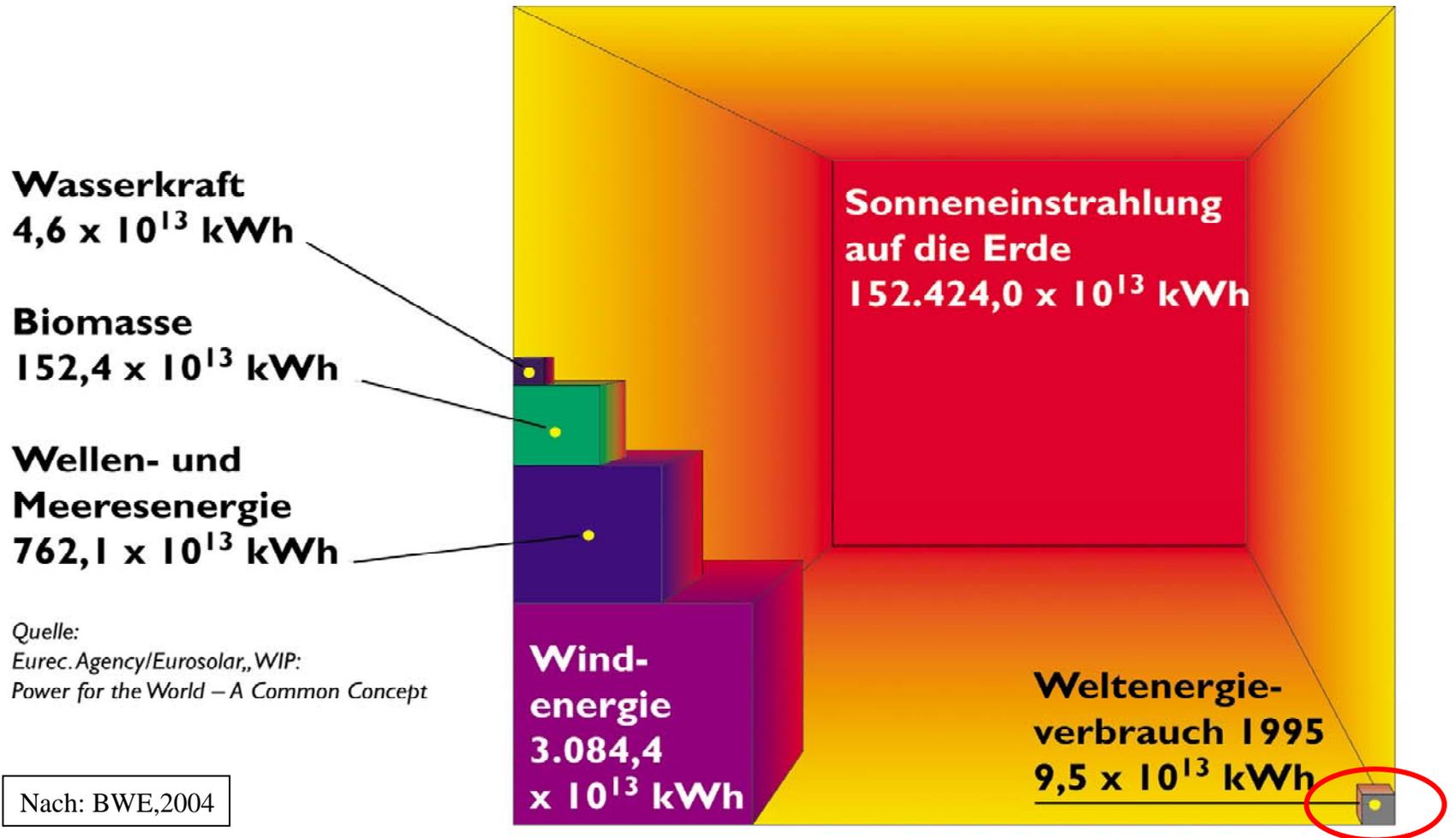


Regenerative Energiequellen:

- sind relativ teuer zu nutzen (ca. gleiche Kosten wie CCS!)
- Sonnen-, Wind- und Wellenenergie schwanken im Angebot
- bei hohem Marktanteil Speicherung notwendig
- stehen noch Milliarden Jahre zur Verfügung
- emittieren kein zusätzliches CO₂
- die jährliche Sonneneinstrahlung beträgt das 10.000-fache des Weltenergieverbrauchs (3,5 Mill. EJ/a)



Das Angebot erneuerbarer Energien



1/10000 der eingestrahltten Solarenergie kann unseren gesamten Energiebedarf decken!



Konsequenz:

Wir brauchen kein CCS für Kohlekraftwerke



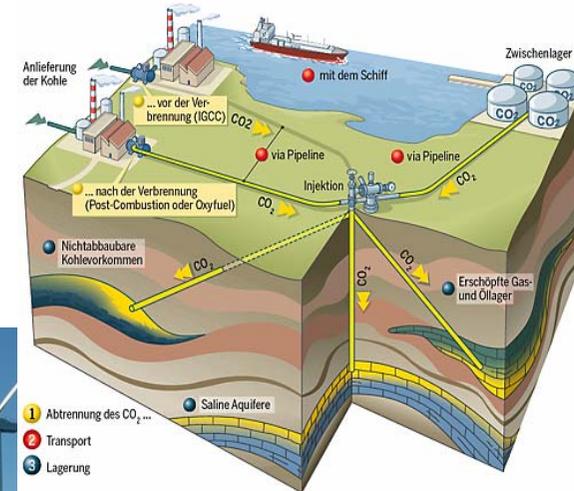
- Effizienz und regenerative Energiequellen können unseren gesamten Energiebedarf decken
- Sie kosten nicht mehr als Kohle mit CCS
- CCS kann die Nutzung regenerativer Energiequellen behindern:
 - Druckluftspeicher für Wind
 - Geothermie
 - Wasserstoffspeicher



Moving towards a sustainable

Warum CCS den Ausbau regenerativer Energiequellen verhindert?

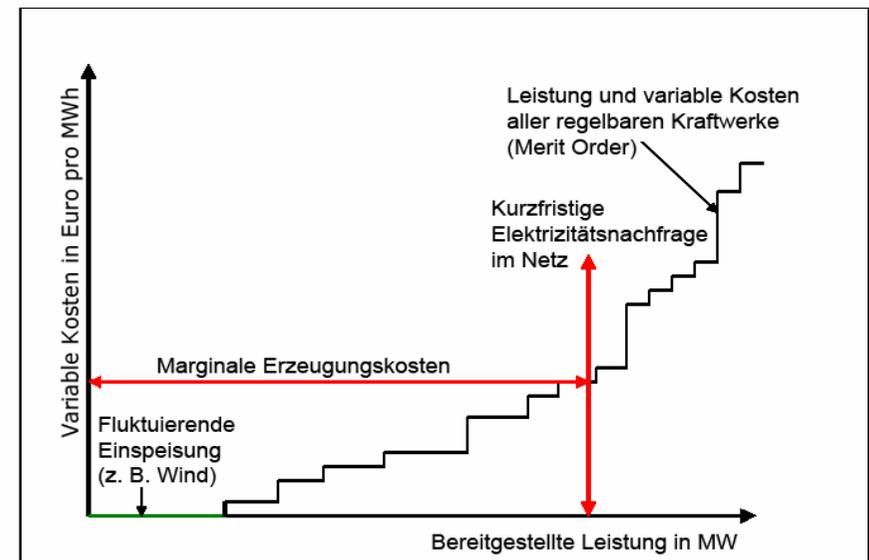
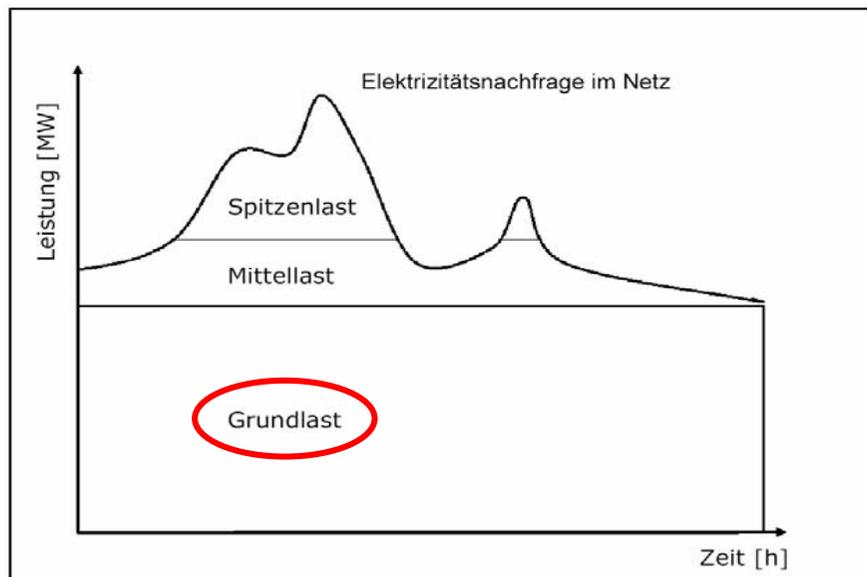
Grundlast (CCS) oder Regenerative!





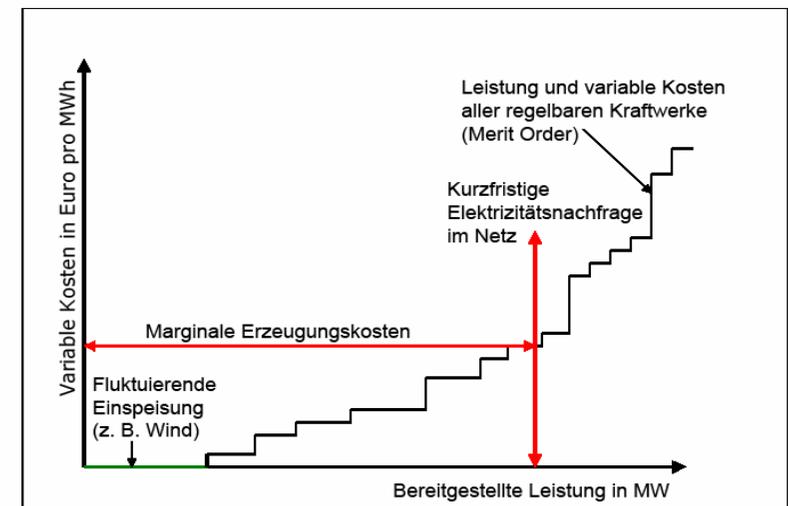
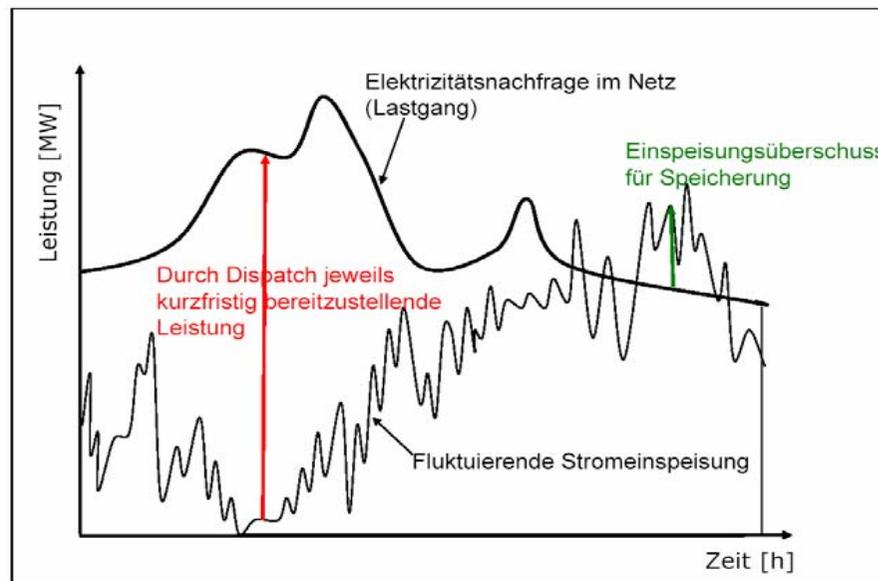
Übergang auf die neuen Strukturen

- **Kraftwerkseinsatz (bisher):**
 - hoher Sockel
 - **Grundlast läuft praktisch das ganze Jahr durch**



Übergang auf die neuen Strukturen

- **Fluktuierende Einspeisung: Herausforderung für den Kraftwerkseinsatz der Zukunft**





Moving towards a sustainable world

Eine notwendige Pfadentscheidung: Regenerative oder Grundlastkraftwerke/CCS?



- **Der Bau erheblicher neuer Kohlekraftwerkskapazitäten ist mit dem Ausbau der regenerativen Energiequellen nicht vereinbar!**
- **(Auch ein Ausstieg aus dem Kernenergieausstieg passt nicht zum notwendigen Ausbau der Regenerativen!)**
- **Der geplante massive Bau (ca. 30 GW) von Kohlekraftwerken auch mit CCS verhindert die Lösung des Klimaproblems!**
- **Die Speicherung von CO₂ aus Kohle CCS verhindert die Lösung des Klimaproblems in Deutschland!**



Moving towards a sustainable world



Schlussfolgerungen



Moving towards a sustainable world

Schlussfolgerungen



- Wir brauchen dringend durchgreifenden Klimaschutz
- Wir brauchen Klimaschutz auf der Basis regenerativer Energiequellen wie Wind, Sonne und Biomasse
- CCS in Schleswig-Holstein für Kohlekraftwerke ist Kohleschutz aber kein Klimaschutz
- Trotzdem: Forschung zu CCS kann wichtig werden
- Alle weiteren Schritte sollten erst nach einer breiten öffentlichen Debatte getan werden



Moving towards a sustainable world



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!