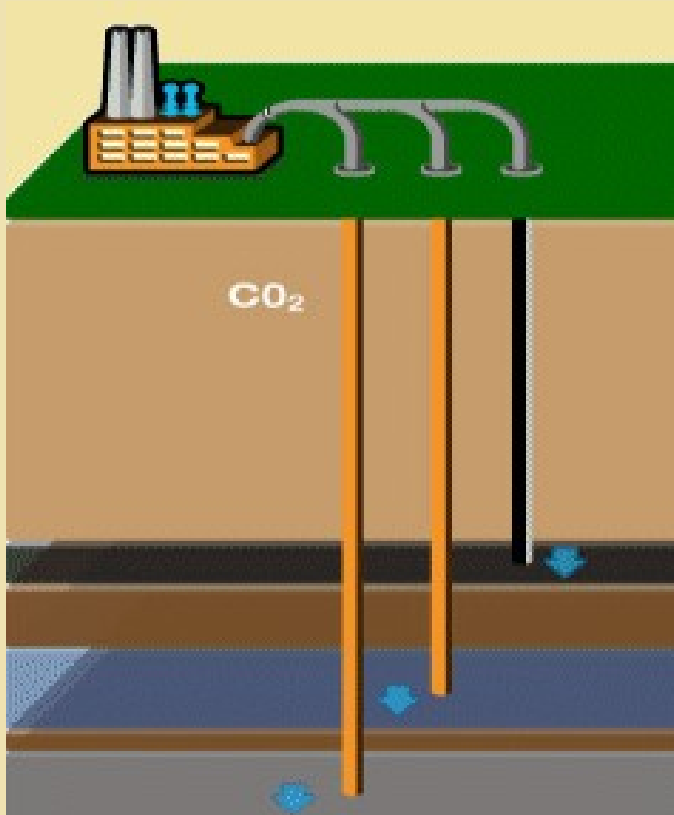


CCS: wirkungslos für den globalen Klimaschutz

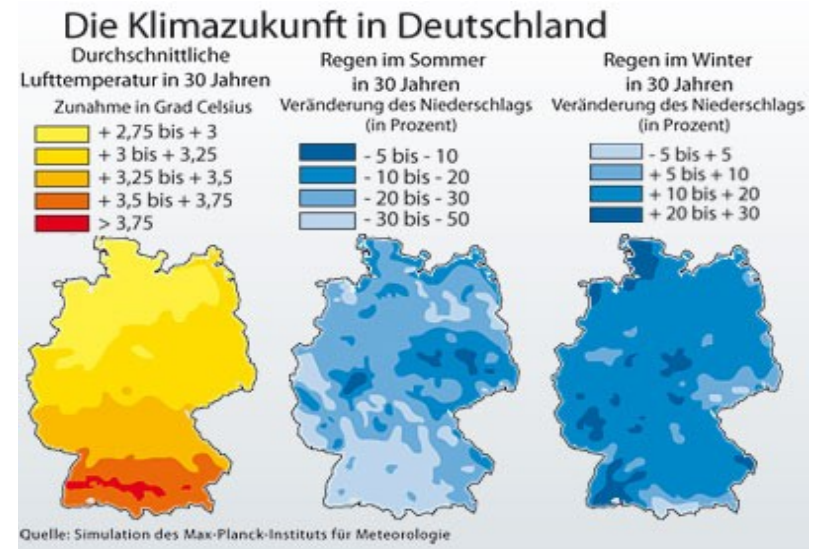
Probleme des Braunkohlen-Bergbaus in Brandenburg

Guben, 28. Mai 2011

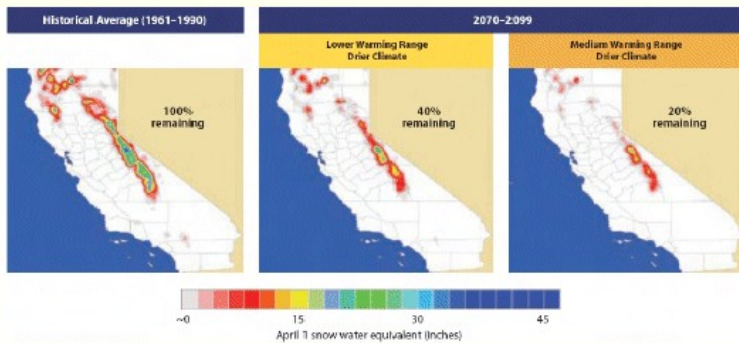


Jeffrey H. Michel, MSc.
Sommerhuder Straße 23
22769 Hamburg
jeffrey.michel@gmx.net

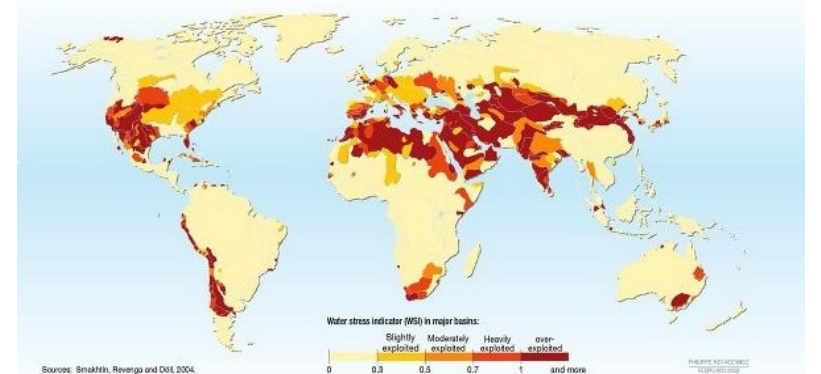
Die Welt ist zunehmend von Klimaerwärmung und Süßwasserverknappung gezeichnet.



Gebirgsschnee Kalifornien 1961 - 2099



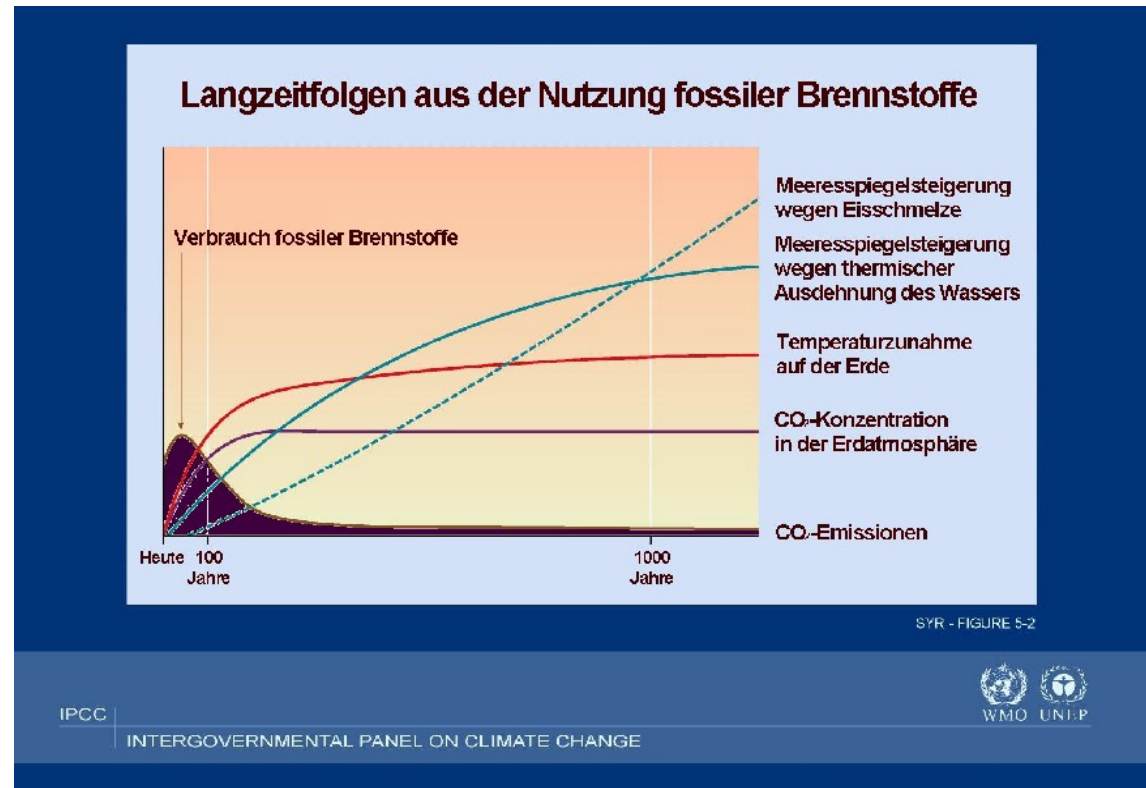
Globale Wasserübernutzung (Water Stress)



Treibhausgasemissionen wirken sich noch lange nach Erschöpfung fossiler Brennstoffe aus.

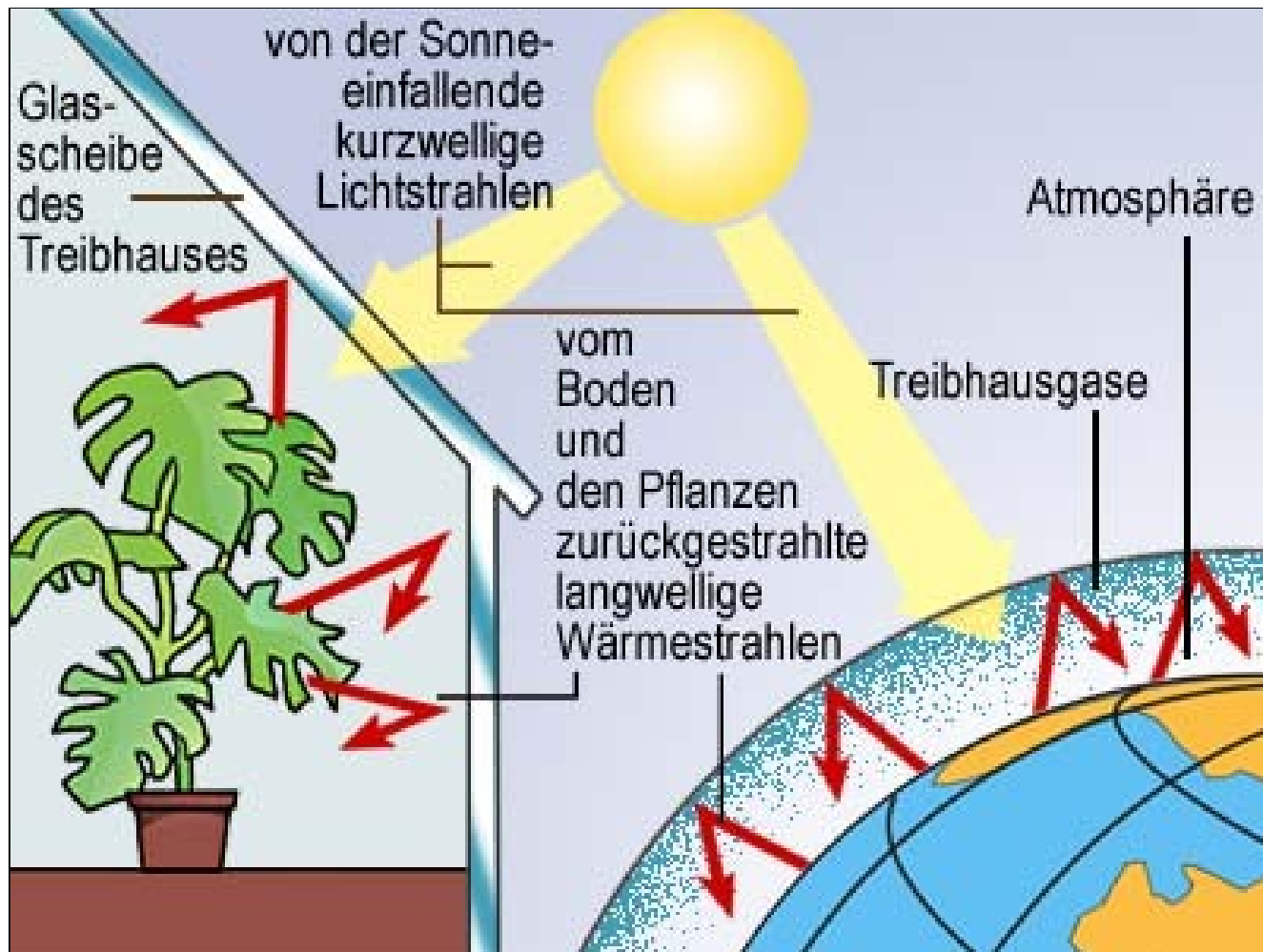
**Stern Review
(Großbritannien 2006):
Der wirtschaftliche
Aspekt des
Klimawandels**

„... was wir in den nächsten 10 oder 20 Jahren tun, (kann) einen tief greifenden Einfluss auf das Klima in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts und im nächsten haben.“

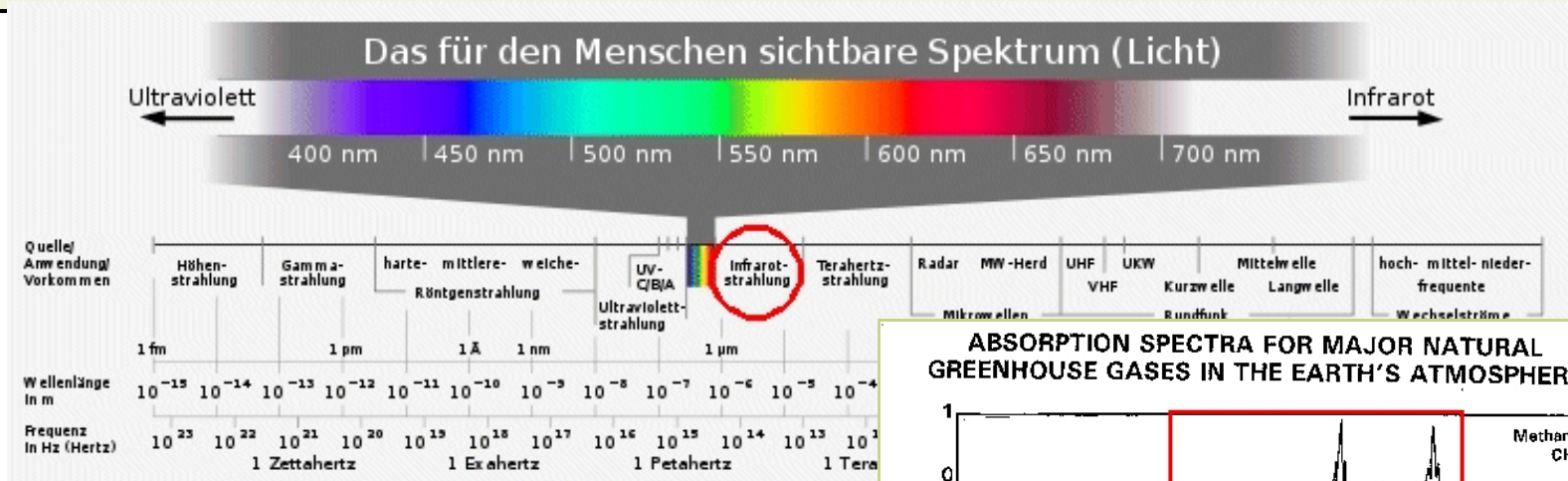


→ EU-Richtlinie 2009/31/EG: CO₂-Speicherung

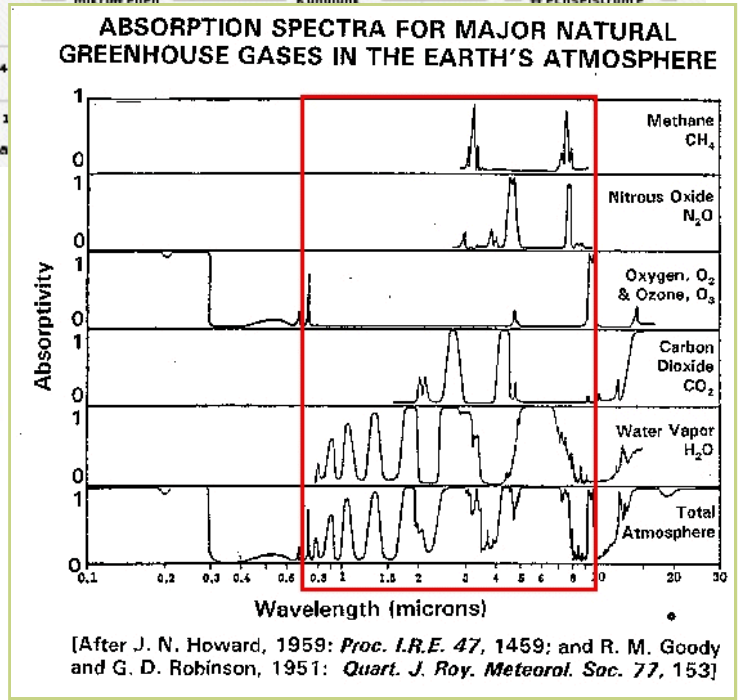
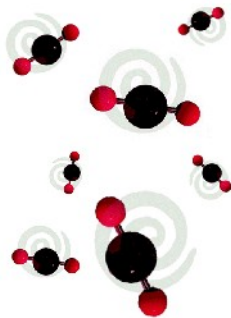
Der Treibhauseffekt wird durch den Vergleich mit einem Gewächshaus veranschaulicht.



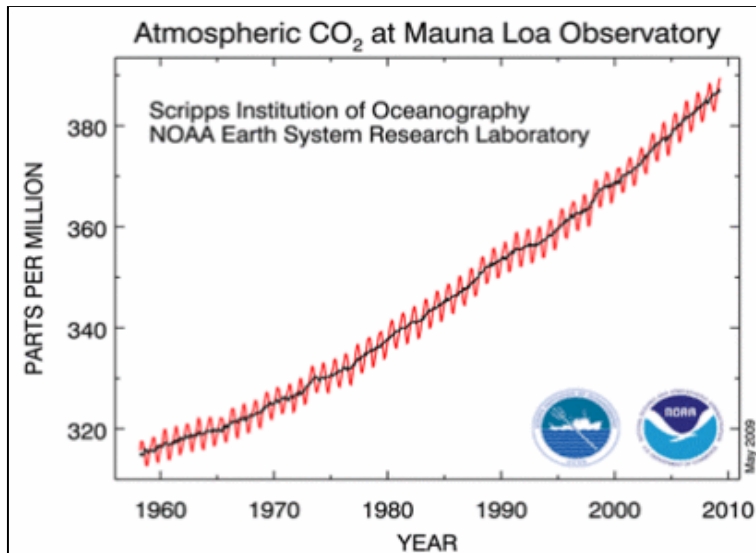
Die Erwärmung der Erde geht mit der Abstrahlung von Infrarotlicht durch einzelne Gase einher.



Treibhausgase in der Luft schwingen mit absorbierte Energie von der Erde im Infrarot-Bereich und geben diese als Wärmeenergie zur Hälfte in Richtung Erde wieder ab.



CO₂-Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe tragen zur Meeresversauerung bei.

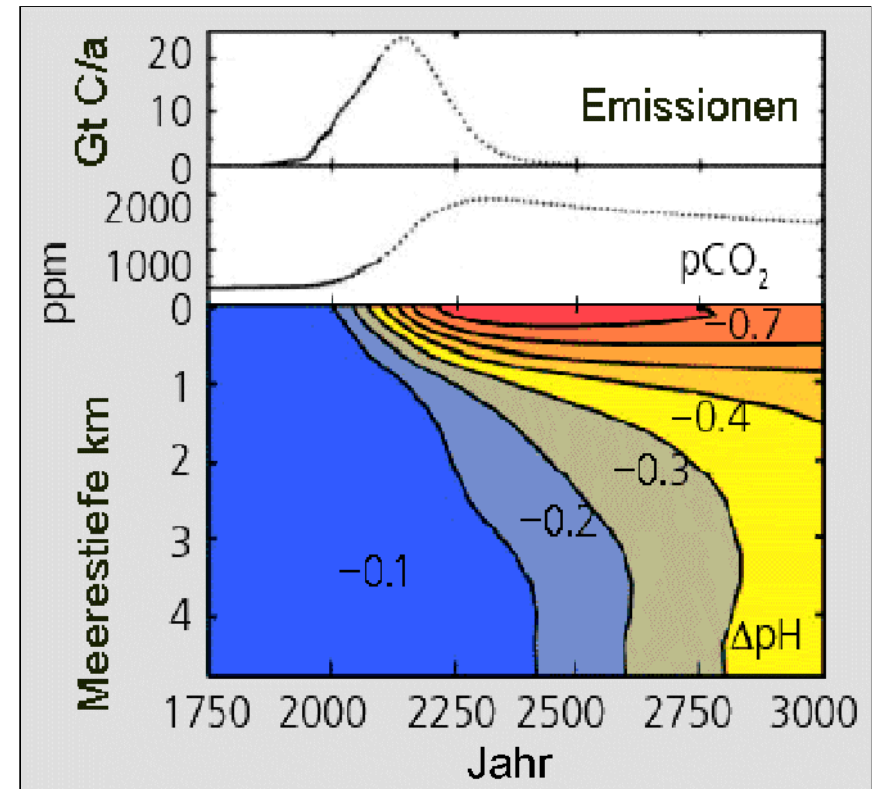


pH-Wert an der Meeresoberfläche

vorindustrieller Zeitalter: **8,25**

heutiger Durchschnittswert: **8,14**

bis 2100: **7,74** bei Fortsetzung bisheriger CO₂-Trends

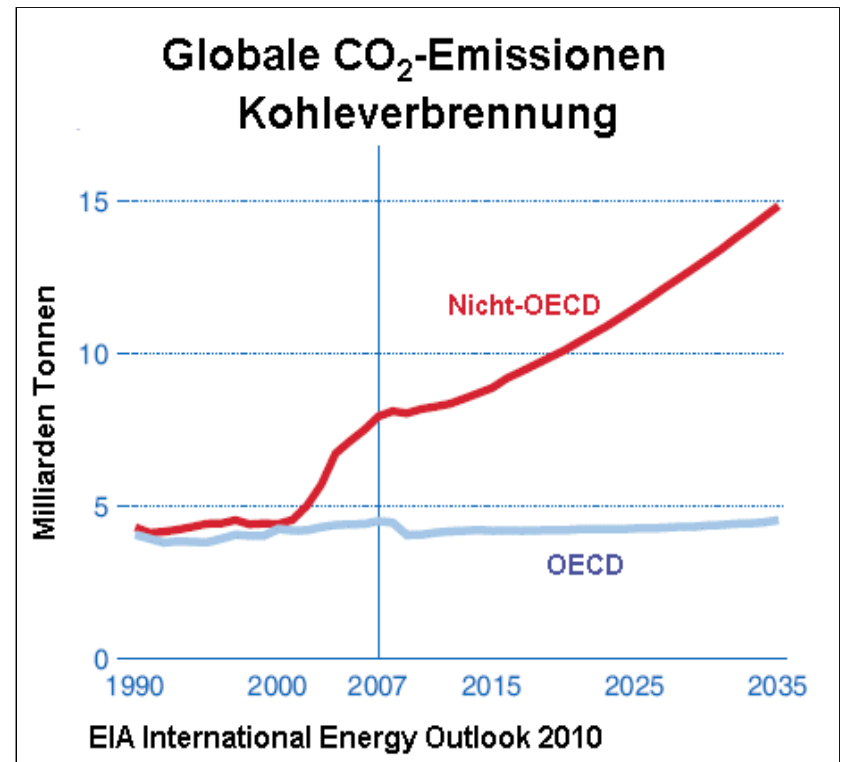
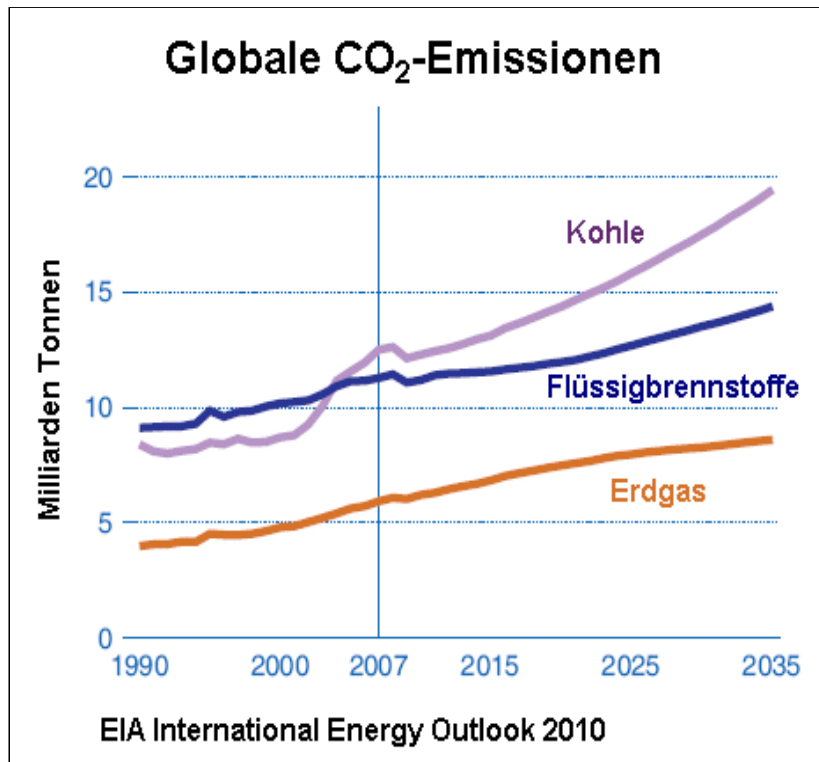


Jede pH-Abnahme verringert die Überlebensraten von Korallen, Schalenweichtieren und Fischlarven.

Die CO₂-bedingte Veränderung der Meereschemie bedroht die Welternährungslage.

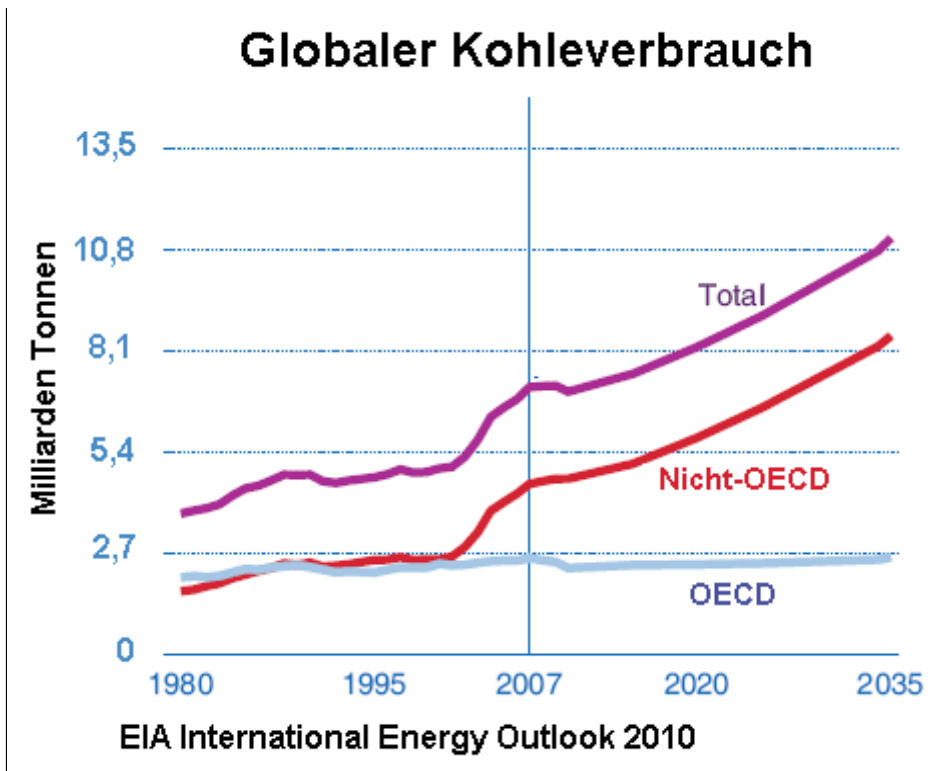
- Der anhaltende Versauerungstrend in den Weltmeeren ist inzwischen „unumkehrbar über einen Zeitraum von mindestens mehreren zehntausend Jahren“ (UN Secretariat of the Convention on Biological Diversity).
- Eine versauerungsbedingte Unterdeckung mit den wesentlichen karbonathaltigen Mineralien tritt bis 2032 in der Arktis und bis 2050 im Südlichen Ozean ein.
- Bei atmosphärischen CO₂-Konzentrationen oberhalb von 450 – 500 ppm werden die aus Kalziumkarbonat bestehenden Skelette von Korallen nicht mehr gebildet.
- Länder mit den höchsten CO₂-Emissionen werden auch von der Verarmung der Meeresnahrungsketten empfindlich betroffen.
- Die Erde befindet sich in diesem Bereich „bereits auf dem Weg in die nächste bedeutende Artenausrottung“ (Ove Hoegh-Guldberg).

Die globalen CO₂-Emissionen steigen insbesondere im Kohlensektor an.



Vor 2025 gibt es keine Aussicht auf den Beginn einer kommerziellen Realisierung von CCS. Die zuvor gebauten Kohlekraftwerke können ggf. bis 2065 ohne CO₂-Abscheidung weiter betrieben werden.

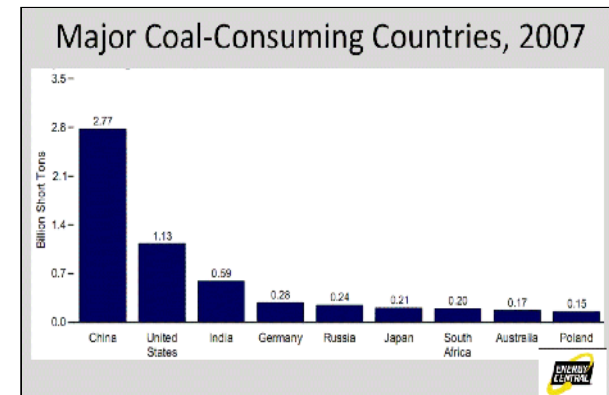
Der weltweite Kohleverbrauch führt bereits ohne CCS zu Versorgungsengpässen.



Indien erwartet bis 2012 ein Bedarfsdefizit von 200 Millionen Tonnen Kesselkohle und bis 2017 eine Deckungslücke von ca. 1/3. Der jährliche Kohleverbrauch Chinas steigt bis 2015 auf über 4 Milliarden Tonnen. Der zukünftige Importbedarf von China und Indien übertrifft das derzeitige weltweite Kohlehandelsvolumen.

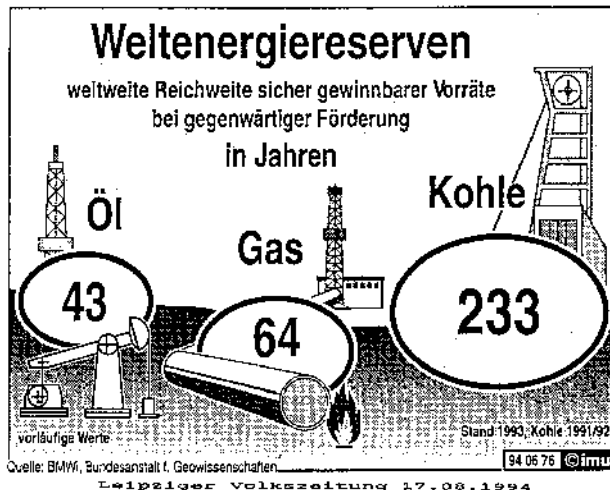
Wird CCS eingeführt, erhöht sich der Kohleverbrauch aufgrund von Prozessverlusten um weitere 25% -

40%.

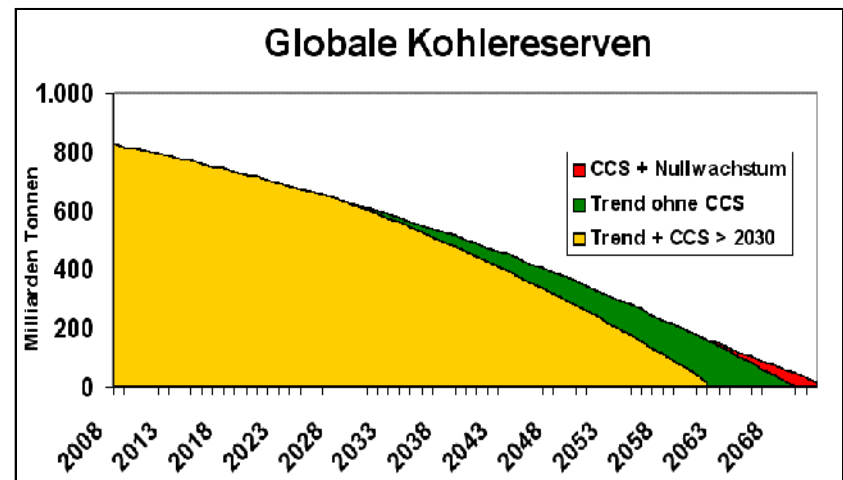


Die globalen Kohlereserven könnten bis 2070 weitestgehend erschöpft sein.

Jahr der Prognose	1993	2007	2009	2011
Quelle	IEA	Europäische Kommission	World Coal Institute	China, USA, Indien
Kohlereichweite Jahre	233	155	122	~ 60

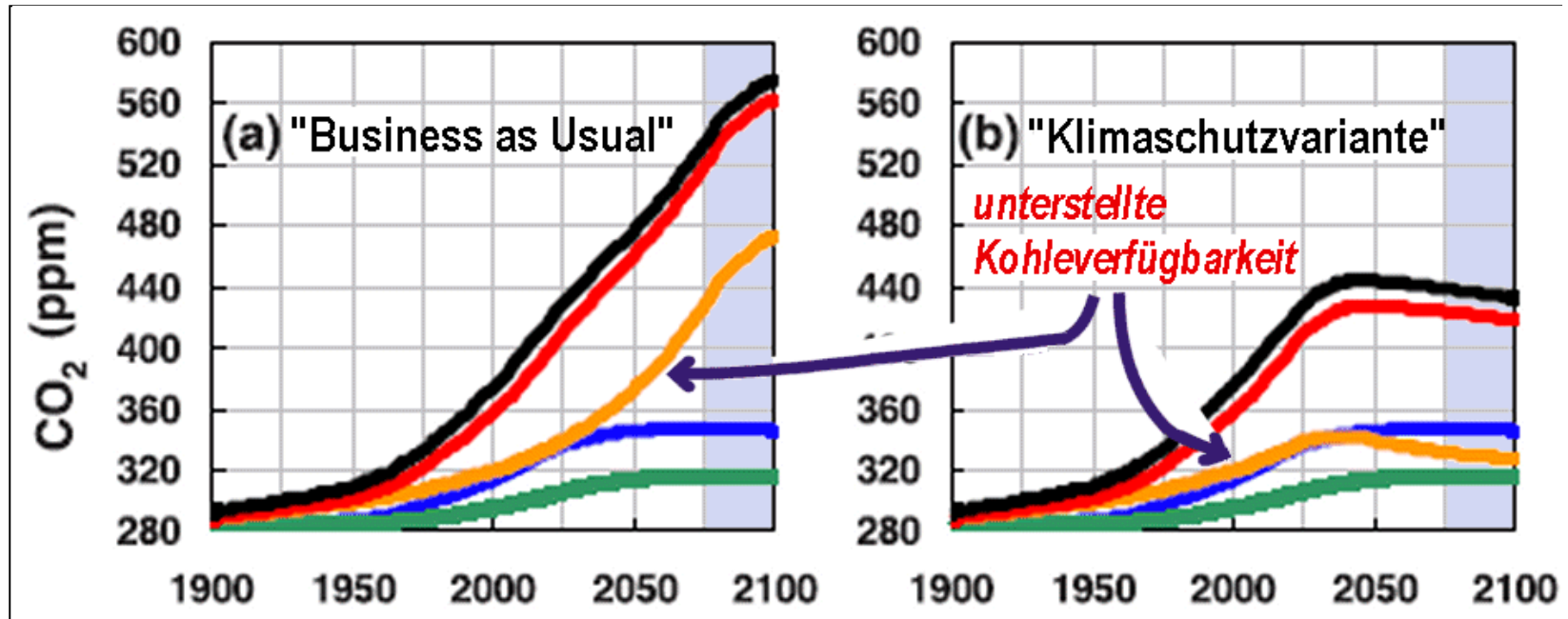


1993



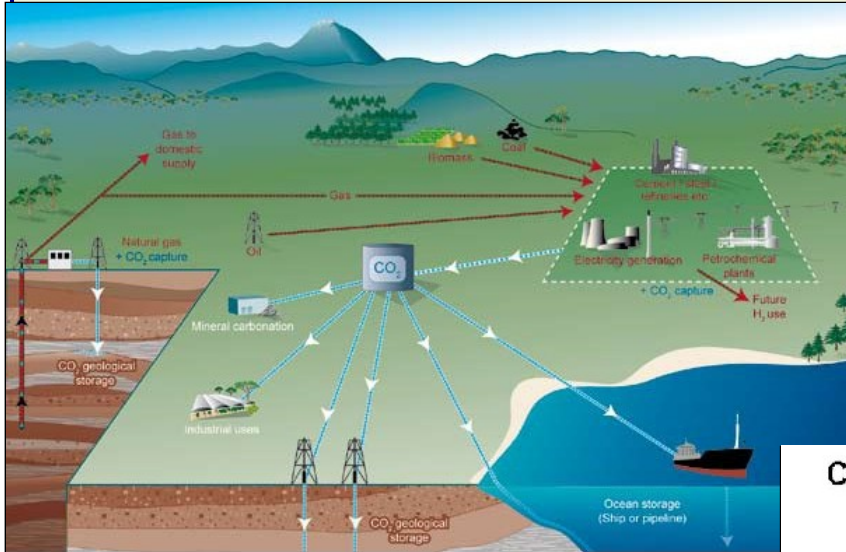
2011

Die gängigen Klimamodelle haben den stark gestiegenen Kohleverbrauch nicht berücksichtigt.



Quelle: Kharecha, Pushker A. and James E. Hansen (2008): "Implications of 'peak oil' for atmospheric CO₂ and climate". *Global Biogeochemical Cycles*, 22, GB3012, doi:10.1029/2007GB003142

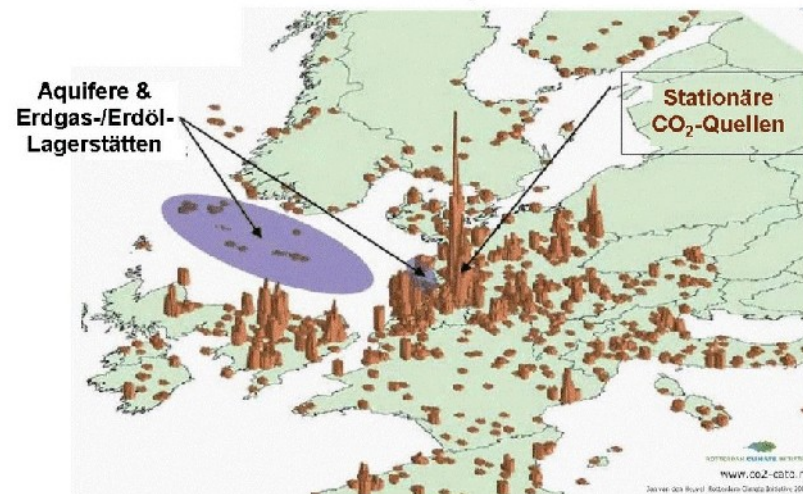
Eine rasche CO₂-Speicherstrategie (CCS) erfordert die Nachrüstung bestehender Kraftwerke.



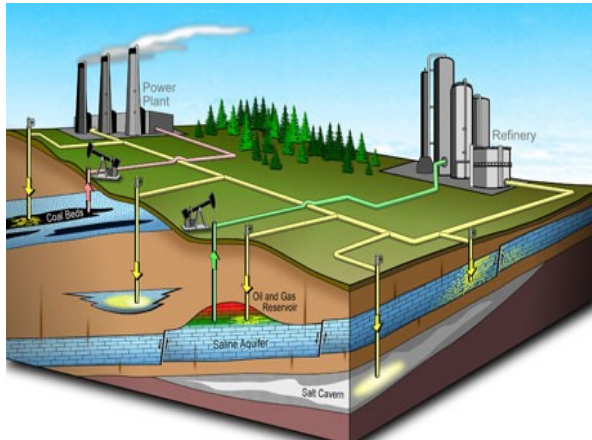
Nach Erkenntnis des schottischen „Centre for Carbon Storage“ genügt die Nordsee vornehmlich als CO₂-Speicherraum für Großbritannien und Norwegen.

Die meisten stationären CO₂-Emissionsquellen in Europa liegen in großer Entfernung von geeigneten geologischen Speicherstätten.

CO₂-Speicherstätten und stationäre Emissionsquellen in Europa



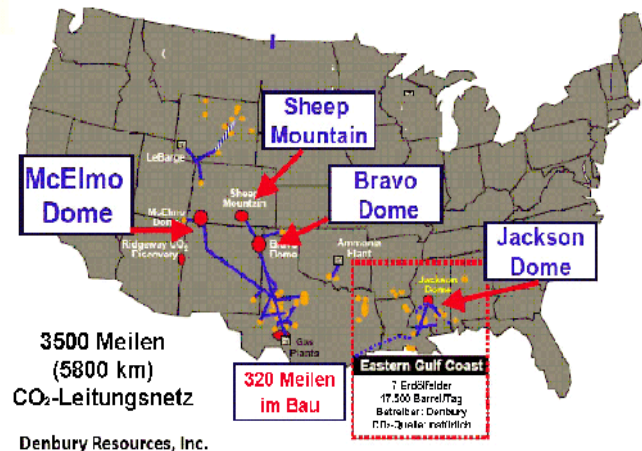
In Nordamerika werden die Kosten der CCS-Prozesskette durch Erdöleinnaahmen kompensiert.



Bestehendes 6.000+ km
CO₂-Pipelinennetz

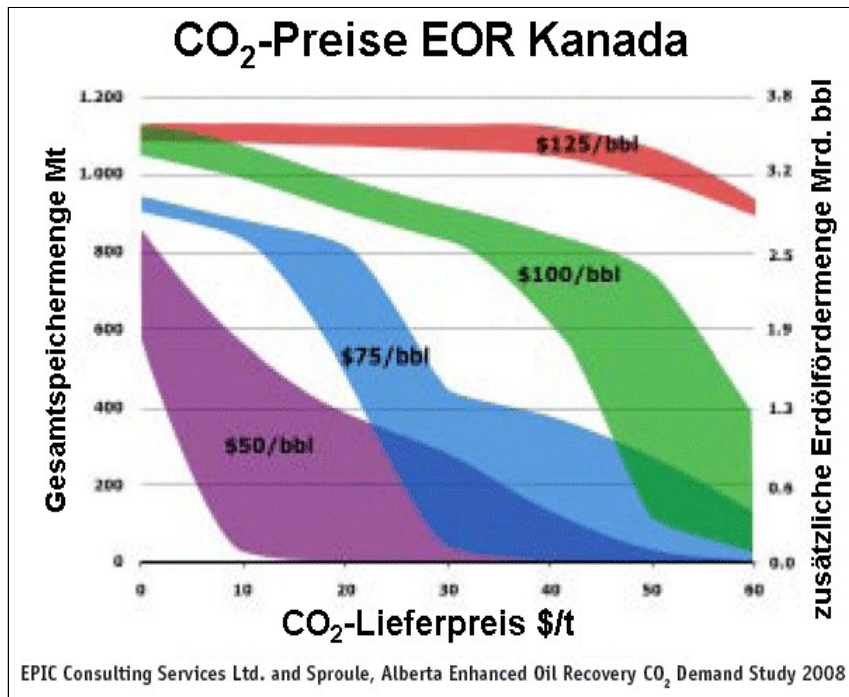
240 km CO₂-Pipelinennetz
Alberta

Enhanced Oil Recovery (EOR) in den USA



Voraussichtliche CO₂-Pipelineerweiterung von
Louisiana & Mississippi nach Illinois & Indiana

Die CO₂-Preise werden durch den Erdölhandel auf Kosten des Klimaschutzes bestimmt.



Der Lieferpreis für CO₂ richtet sich nach dem aktuellen Erdölpreis, z. B. \$ 20/t bei \$75/Barrel. Steigende Marktpreise bedeuten erhöhte Fördermengen.

**USA: EOR-
Verpressung 1 t CO₂
= 3,6 Barrel Erdöl**

**Verbrennung → 1,8 t
CO₂-Emissionen (*life
cycle analysis*)**

**Nettobilanz
Erdatmosphäre
+0,8 t CO₂**

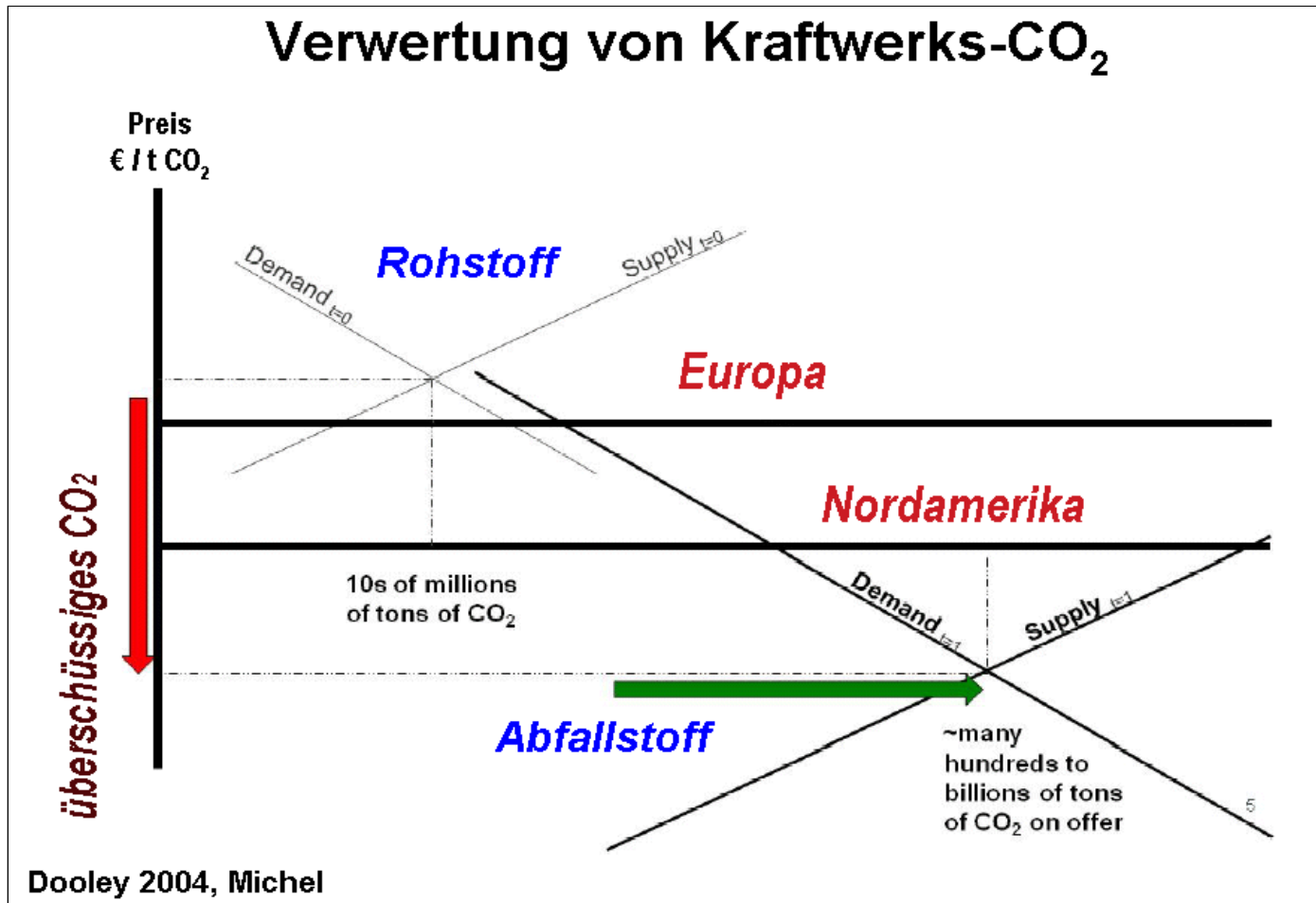


**Nettoertrag
\$50 > \$300/t CO₂**

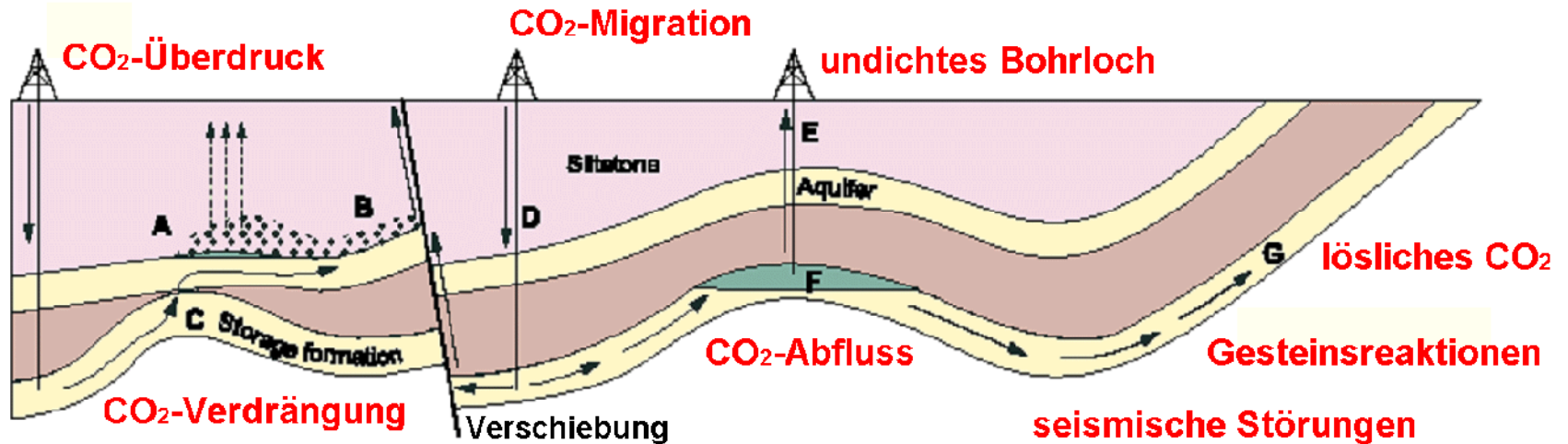
CCS in Deutschland würde Klimaschutzwidrige Exportperspektiven erschließen.

- Die CO₂-gestützte Gewinnung von Erdöl (EOR) in bestehenden Fördergebieten überwiegt beim globalen Einsatz von CCS wegen hoher zusätzlicher Einnahmen.
- Pro Barrel Erdöl werden bei Verarbeitung und Verbrennung bis zu 500 kg CO₂ emittiert.
- Der Export von deutscher CCS-Technik an die Erdölförderländer würde die Verfügbarkeit von Heizöl und Kraftstoff weiter erhöhen und den globalen Klimaschutzziele zuwiderlaufen.

Ohne kommerzielle Verwertung wird abgeschiedenes Kohlendioxid zum Abfallstoff.



Die Speicherung von Kohlendioxid unterliegt mehreren geologischen Unsicherheiten.



IPCC 2005 (TS SR CCS, S. 26)

Nach Erkenntnis des Potsdam Institut für Klimafolgenforschung muss die Leckage-Rate auf weniger als 0,1%/a begrenzt werden. Andernfalls würde CCS zu einer Zunahme der CO₂-Konzentrationen in der Erdatmosphäre führen, da Abscheidung und Verpressung des Gases sehr energieintensiv sind und damit zusätzliche gespeicherte Emissionen mit sich bringen.

Die staatliche Nachsorgepflicht setzt eine bislang nicht belegte politische Stabilität voraus.

Staatspolitische Regime in Deutschland

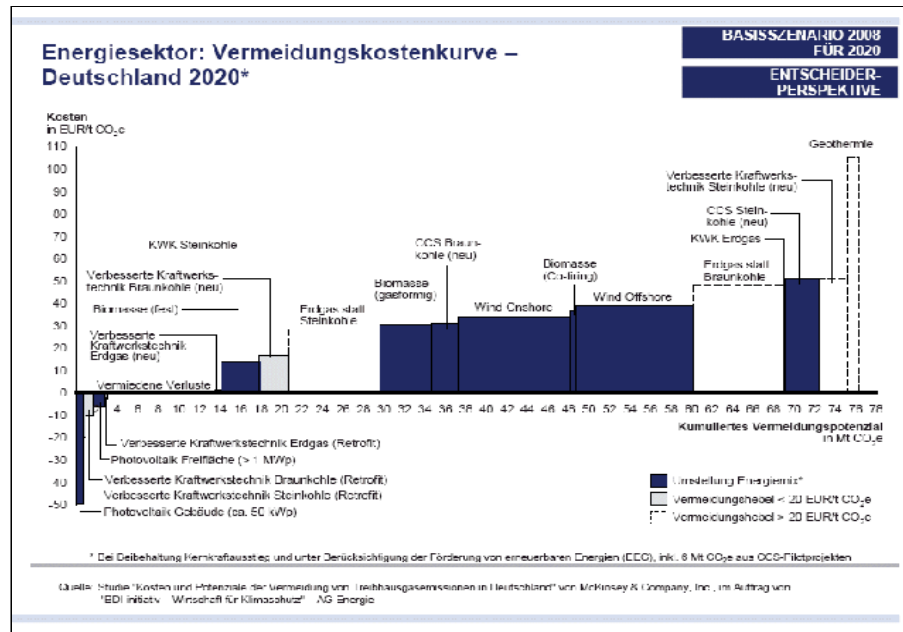
Westdeutschland im 20. Jahrhundert	Ostdeutschland im 20. Jahrhundert	Atom- & CO₂-Endlager Deutschland auf Dauer
Kaiserreich bis 1918		10.000jährige Bundesrepublik
Weimarer Republik 1919 - 1933		
Drittes Reich 1933 - 1945		
Dreimächte-Besatzung 1945 - 1949	Sowjetische Besatzung 1945 - 1949	Nach 10.000 Jahren: Übergang von Geologie zu Theologie
Bundesrepublik Deutschland ab 1949	DDR 1949 - 1990	
	Bundesrepublik Deutschland ab 1990	

Die bisherigen CO₂-Speicher weltweit werden nur in Einzelfällen fachgerecht überwacht.

Umfang von CO₂-Speicherüberwachung im internationalen Vergleich

	Geological Data Availability		Baseline data	Reservoir Geochem	Geo-physics	Ground water monitoring		Soil Gas	Atmos	Containment Risk Ass. prior to project start
	Regional	Reservoir				Hydrology	Geochem			
West Texas	✓	weitestgehend vertraulich		sehr begrenzt	begrenzt					
Alberta Basin	✓	begrenzt		sehr begrenzt						
Sleipner	✓	begrenzt	begrenzt		✓					
Weyburn	✓	weitestgehend vertraulich	✓	✓	✓			begrenzt		
Frio	✓	✓	✓	✓	✓	begrenzt	begrenzt	begrenzt		
Japanese	✓	✓	✓		✓					

CCS wäre in Deutschland voraussichtlich teurer, als der Bezug von CO₂-Berechtigungen.



**EU-Prognose über CO₂-
Allokationspreise:**

2020: 16,5 €/t

2030: 18,7 €/t

Quelle: Europäische Kommission
(04.10.2010): *EU energy trends to 2030*
- Update 2009, S. 38

Beirat für Nachhaltige Entwicklung und Ressourcenschutz Brandenburg: „Die Realisierungsprobleme von CCS sind mit enormen Investitions-, Abscheidungs-, Transport-, Verbringungs- und Sicherheitskosten verbunden, so dass dieser Weg des Klimaschutzes erheblich teurer werden dürfte als der Pfad der Energieeffizienz, der regenerativen Energien und neuer Speichertechnologien.“

Die deutsche Braunkohle ist vor allem ohne CCS der Import-Steinkohle preislich überlegen.

Brennstoff	Marktpreis 2005 €/GJ	Marktpreis 2010 €/GJ	€/MWhel 2010 $\eta = 43\%$	€/MWhel 2010 CCS $\eta = 35\%$
Import-Steinkohle	1,64	3,81	31,90	39,19
Heimische Braunkohle	1,06	1,30	10,88	13,37
Vorteil Braunkohle	0,58	2,51	22,59	25,87

Der eingesetzte Brennstoff eines konventionellen Braunkohlekraftwerks kostet 28,31 €/MWh weniger als bei Steinkohle mit CCS. Bei 900 kg CO₂/MWh ist die Braunkohle bis zu einem CO₂-Handelspreis von 31,46 €/t im Vorteil, auch ohne Berücksichtigung unterschiedlicher Technikkosten.

Die CO₂-Abscheidung erfordert einen höheren Brennstoffaufwand.

Foster Wheeler Flexi-Burn (CCS-Pilotanlage CIUDEN Spanien)			
Parameter	Einheit	Luftmodus	Oxyfuel
Turbinenleistung	MWe	464	562
Wasserspeisepumpe	MW	15,7	18
Interner Verbrauch	MWe	44	170
Nettoleistung	MWe	436	410
Wirkungsgrad	%	43,5	33,5
CO ₂ -Emission	g/kWh	878	90
CO ₂ -Abscheidung	%	0	91,0

Die gleiche Nettoleistung (436 MWe) bei 91%iger CO₂-Abscheidung (jedoch ohne Verdichtung) erhöht den Brennstoffbedarf um ca. 32%.

Der Kompressionsdruck für den CO₂-Transport verursacht zusätzliche Effizienzverluste.

Benötigt werden 0.089 kWh/kg zur Komprimierung reinen CO₂ auf 120 bar = 89 kWh/t CO₂

Kuckshinrichs, Wilhelm et al. (März 2010): *Weltweite Innovationen bei der Entwicklung von CCS-Technologien und Möglichkeiten der Nutzung und des Recyclings von CO₂*. Jülich: Institut für Energieforschung - Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEF-STE): 35.

Bei 900 g CO₂/kWh im Braunkohlekraftwerk

= 1.111 kWh/t CO₂

89/1.111 = 8% Leistungsverlust wegen CO₂-Verdichtung

In der Praxis wird ein höherer Kompressionsdruck benötigt, etwa durch:

- größere Entfernungen
- niedrige Bodentemperaturen
- mehrere angeschlossene CO₂-Quellen
- mindere Gasreinheit infolge eines

unzureichenden CO₂-Abscheidegrads, durch den Phasenveränderungen (Übergang in Gaszustand) erfolgen

Ein Pipelinedruck von 120 bar erfordert eine um 9% erhöhte Kraftwerksleistung zur Wiederherstellung der Netzeinspeisung.

Der Energieaufwand einer CO₂-Pipeline mindert die effektive Kraftwerksleistung.

Texas USA: Canyon Reef Pipeline

Länge 352 Kilometer

60 MW Kompressorleistung

12.000 t CO₂/d = 500 t CO₂/h

120 kWh pro Tonne CO₂ über die Gesamtdistanz

= 0,34 kWh pro Tonne und

Kilometer (Maximalwert)

IPCC-Sonderbericht „Carbon Capture and Storage“ (2005), S. 182.

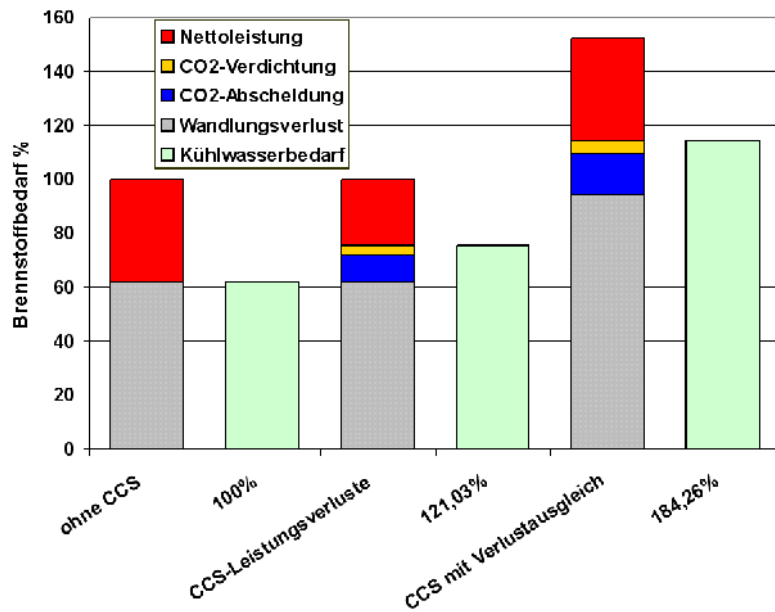
RWE: Hürth → Schleswig Holstein



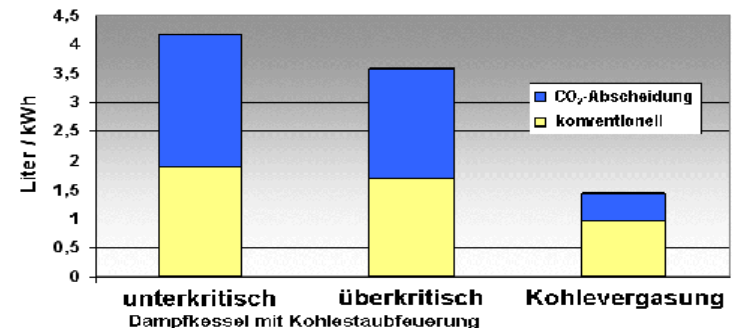
Bis zu 23% der Leistung des CCS-Braunkohlekraftwerks?

CCS erfordert mehr Kohleenergie und verursacht einen erhöhten Wasser- und CO₂-Speicherbedarf.

Brennstoff- und Kühlwasserbedarf eines CCS-Braunkohlekraftwerks ($\eta = 38\%$)



Wasserverbrauch Kohlekraftwerke mit CO₂-Abscheidung



Quelle: US Energieministerium DOE

Ein CCS-Kraftwerk kann 50% mehr Kohle und zweimal soviel Kühlwasser für die gleiche Erzeugungsleistung benötigen.

Der energetische Mehrverbrauch von CCS steht dem Ziel der Versorgungssicherheit entgegen.

Die Braunkohlenwirtschaft befürwortet die Abbaggerung von Siedlungsräumen für die Versorgungssicherheit, während sie aber das gleiche Kriterium bei CCS unterschlägt.

DEBRIV-Werbung

11.01.2011
DIE VERLETZBARKEIT UNSERER ENERGIEVERSORGUNG STEIGT
EIN BEITRAG VON VON DIPLOM-ÖKONOM HANS GEORG BUTTERMANN, EEFA INSTITUT, MÜNSTER



Umfang und Bedeutung der Elektrizität im Energiemix wachsen stetig. Außer für Licht, Wärme und Kraft sorgt elektrischer Strom zunehmend auch für Mobilität. Strom ist Grundlage aller modernen Kommunikationstechnologien. Strom löst Primärenergieträger in der Produktion ab und sorgt für effiziente und wettbewerbsfähige Unternehmen. Strom ist damit Basis für jede moderne Volkswirtschaft. Die Deckung des Strombedarfs zählt zu den prioritären Aufgaben für Energiepolitik und Energiewirtschaft.

WILLKOMMEN IM BRAUNKOHLE-FORUM!

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: „Als kritisch anzusehen ist die geplante Evaluierung der Technik erst im Jahr 2017. Dies schafft nicht die notwendige Planungssicherheit für den großtechnischen Einsatz der Technologie in Deutschland.“

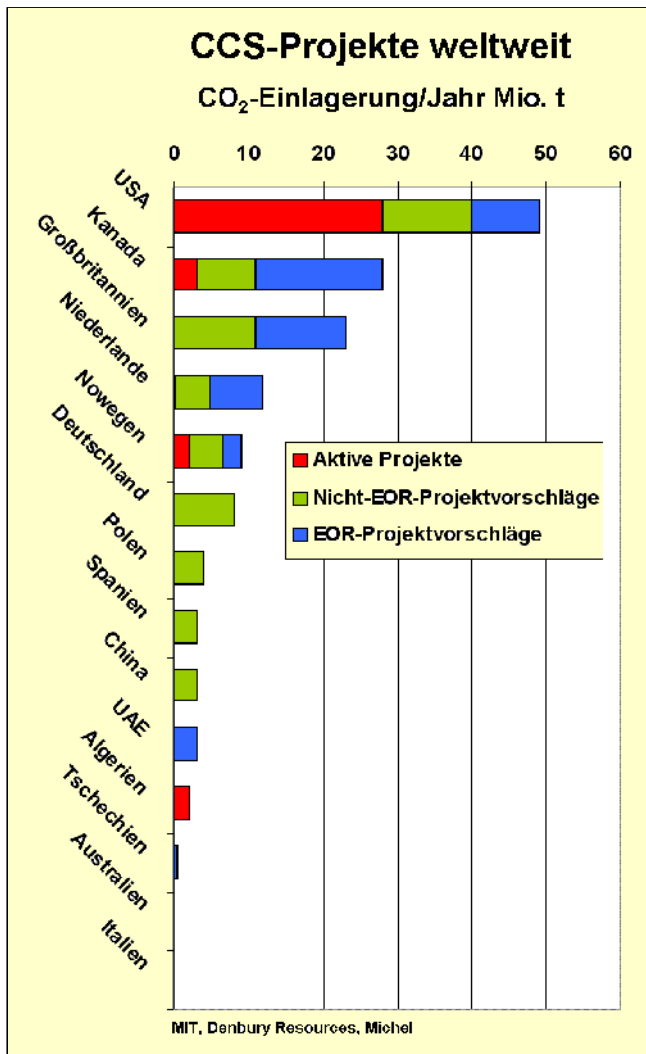
Mehrere CCS-Vorzeigeprojekte sind weltweit vor allem aus Kostengründen abgebrochen worden.

- **Norwegen.** European CO₂ Test Centre Mongstad bis 2018 zurückgestellt.
- **Dänemark.** CO₂-Abscheidung an den Kraftwerken Nordjyllandsværket und North Jutland zurückgestellt.
- **Vereinigtes Königreich.** Ausstieg von BP, RWE und DONG beim CCS-Kraftwerk Hunterston.
- **Deutschland.** Rücknahme von CCS-Planungen in Hürth (RWE) und Moorburg (Vattenfall).
- **USA.** Ersatz des FutureGen-Vergasungskraftwerks durch vereinfachte Oxyfuel-Nachrüstung, Taylorville-Vergasungskraftwerk nicht genehmigt.
- **Australien.** Aufgabe des Projektes „ZeroGen Flagship“ wegen fehlender kommerzieller Einsatzfähigkeit.

Hoher Planungsaufwand und Mindereinnahmen von CCS belasten die Volkswirtschaft.

Bedingung	Voraussetzung	Auswirkung
Verkauf von CO ₂ -Berechtigungen	Geordneter Emissionshandel	Unzureichender Kostenausgleich, derzeit ~ 15 €/t CO ₂
Erhöhter Wasserverbrauch	Erweiterbare Wasserversorgung	Mögliche Verdopplung des Wasserbedarfs für gleiche Nettoleistung
Erhöhter Brennstoffverbrauch	Steigerungsfähiger Braunkohleabbau	Bau zusätzlicher Kraftwerke für gleiche Versorgungssicherheit
Zunahme der Generatorleistung pro kWh Nettoerzeugung	Zusätzliche Standorte verfügbar	Netzausbau für gleiche Nettoleistung
Intensivierung des Ressourcenverbrauchs	Erweiterungsfähige Ressourcennutzung	Perspektivische Einschränkung der Versorgungssicherheit

Technologien zur CO₂-Abscheidung kommen vor allem in Nordamerika zum Einsatz.



Deutschland steht erst an 6. Stelle unter den Ländern mit CCS-Projekten.

Der erhofften Exportfähigkeit von CCS-Technik steht ein Mangel an ausländischen Absatzmärkten gegenüber:

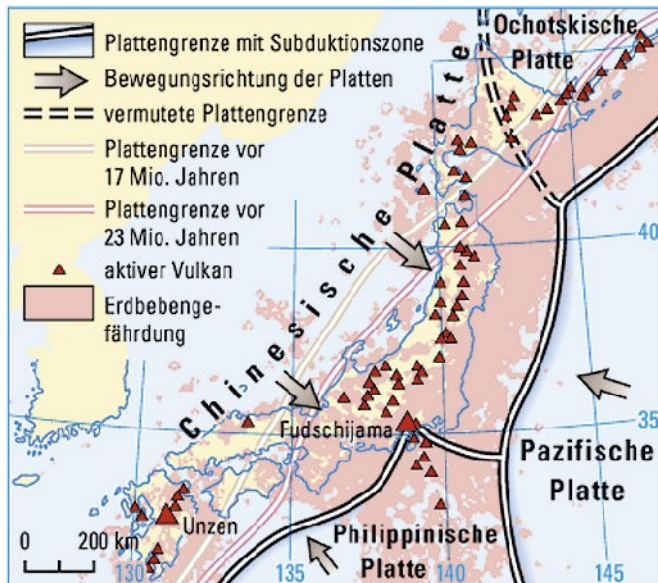
USA und Kanada: bereits seit Jahrzehnten CCS mit eigener Technik für EOR

China und Indien: Bevölkerungswachstum, steigende Kohleimporte, keine Kapazitätsreserven für energieintensive CCS-Verfahren

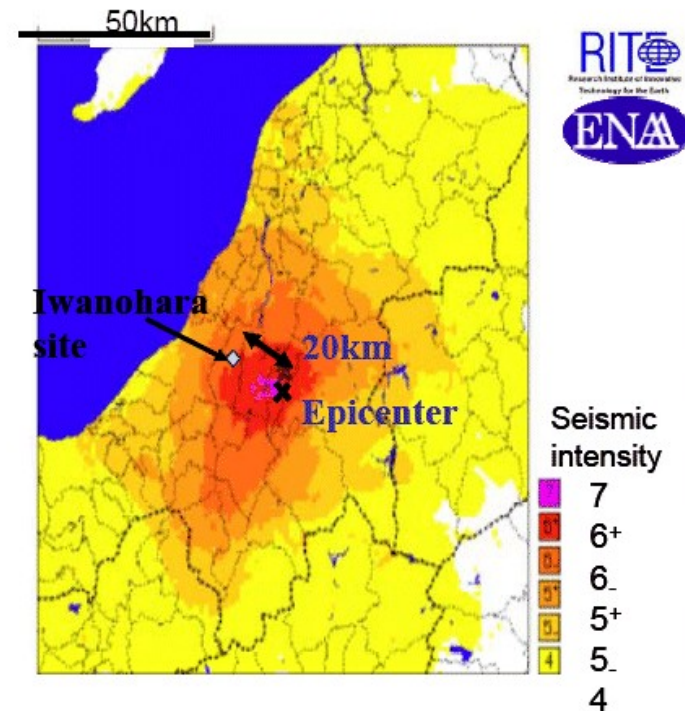
Russland und Osteuropa: CCS nicht erforderlich aufgrund von starkem CO₂-Rückgang seit 1990

Japan mit bislang 5% der globalen CO₂-Emissionen ist als CCS-Standort fraglich.

Japan wird von zahlreichen Erdbeben heimgesucht, die sich weiterhin nicht prognostizieren lassen. CCS ist in einem erschütterungsreichen Gebiet erforscht worden.



Erdbeben-Epizentrum in 20 km Entfernung vom Iwanohara CO₂-Lagerstandort (40 t/d)
23. Oktober 2004



Japan CCS Co., Ltd.



2008 gegründet

CCS liefert keine globale Klimaentlastung und entfaltet entgegengesetzte Exportperspektiven.

- 28 Millionen Tonnen Kohlendioxid werden jährlich in den USA zur Steigerung der Erdölproduktion (EOR) gespeichert. Die anschließende Verbrennung der gewonnenen Erdölprodukte verursacht Netto-CO₂-Emissionen von über 20 Millionen Tonnen.
- Alle weltweit umgesetzten und geplanten CCS-Projekte entsprechen einer Speicherung von ca. 145 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr. Das ist weniger als 0,5 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen von ca. 35 Milliarden Tonnen.
- EOR überwiegt bei den gegenwärtigen und geplanten Projekten wegen hoher Einnahmen aus dem Erdölabsatz.

CCS-Kohlekraftwerke sind kein effizienter Ersatz für die atomare Stromerzeugung in Deutschland.

- Die Elektrizitätsversorgung wurde bislang zu 22,6% aus Atomkraft (140,5 TWh), 23,7% aus Braunkohle (147 TWh) und 18,6% aus Steinkohle (116 TWh) bestritten.
- Wird nunmehr die Atomkraft durch Kohleverstromung ersetzt, und sollen alle Kraftwerke mit CO₂-Abscheidung ausgestattet werden, müssen über 200 TWh Strom (bei einem um 50% erhöhten Energiebedarf für die CCS-Prozesskette) zusätzlich bereitgestellt werden.
- Die benötigte Leistung entspricht gut 100.000 neuen Windturbinen (derzeit ca. 22 tausend) bzw. der vierfachen Erzeugung aller ostdeutschen Vattenfall-Braunkohlekraftwerke.

Anhaltspunkte für energiepolitische Entscheidungen zur CO₂-Reduzierung.

- Der globale Kohleverbrauch übertrifft frühere Prognosen und verursacht ein intensiviertes, aber nunmehr auf wenige Jahrzehnte komprimiertes Kohlezeitalter.
- Erhöhte CO₂-Emissionen aus der Kohlenutzung machen daraus abgeleitete Klimamodelle erforderlich.
- CCS-Technologien beeinflussen die kumulierte CO₂-Konzentrationen in der Erdatmosphäre kaum, schränken aber die Versorgungssicherheit wesentlich ein.
- Der Zusammenhang zwischen kohlebedingten Emissionen und schwindenden Brennstoffreserven stellt ein ausschlaggebendes Kriterium der Umweltethik dar.

Kontakt:

**Ing.-Büro
Jeffrey H. Michel, MSc.
Sommerhuder Straße 23
22769 Hamburg
jeffrey.michel@gmx.net
Tel.: 040 – 51906826
Mobil: 0176 – 28061314**